

I 調査課題名：

アサリ漁場における淡水影響緩和対策調査

II 実施機関：

財団法人漁港漁場漁村技術研究所 漁場と海業研究室 伊藤 靖・中野喜央

III 実施年度：平成19年度～21年度

IV 緒言：

アサリ類の漁場は河口域に存在することが多く、閉鎖性が高い湾奥部では降雨により増大した河川からの淡水流入による影響が問題となっている。八代海奥部河口域のアサリ漁場においては、降雨時の出水等に伴う影響が指摘されており、淡水流入による影響を緩和するための対策を講じることが求められている。

そこで、本調査では、八代海奥部河口域を対象として、アサリ漁場への淡水の影響を緩和するための実施可能な対策について、数値シミュレーションモデルを用いて検討し、八代海の淡水影響緩和対策を提案することを目的とした。

V 調査方法：

1. 調査海域

図-1.1 に示す八代海奥部河口域とする。なお、対策の検討は熊本県八代市の旧鏡町地先のアサリ漁場を対象とする。

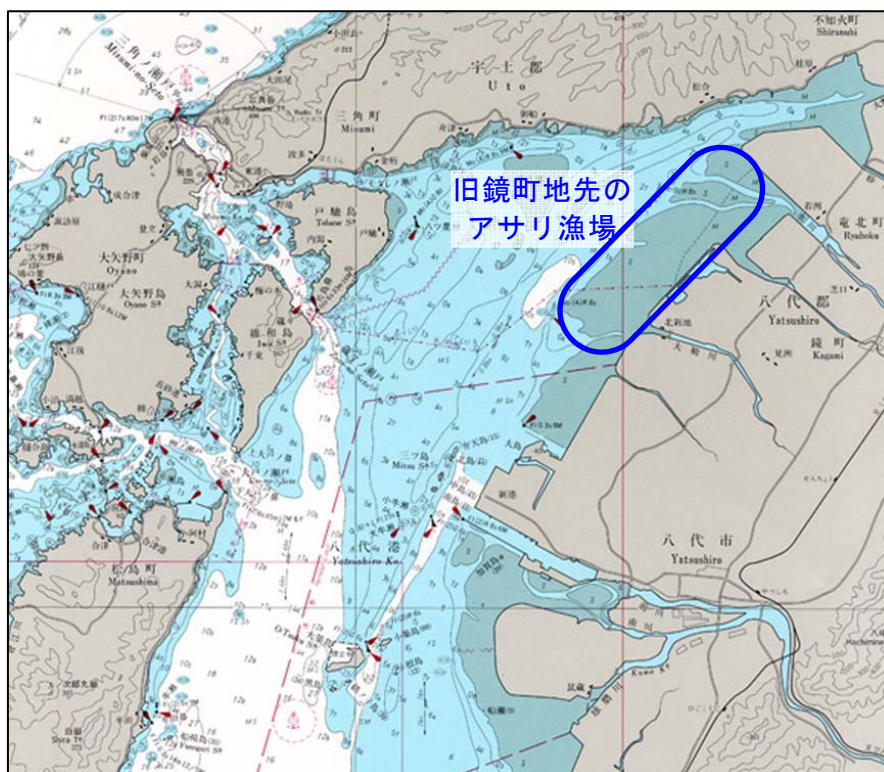


図-1.1 調査海域（八代海奥部河口域）

2. 調査の構成

調査の構成は、図-1.2 に示すとおりである。

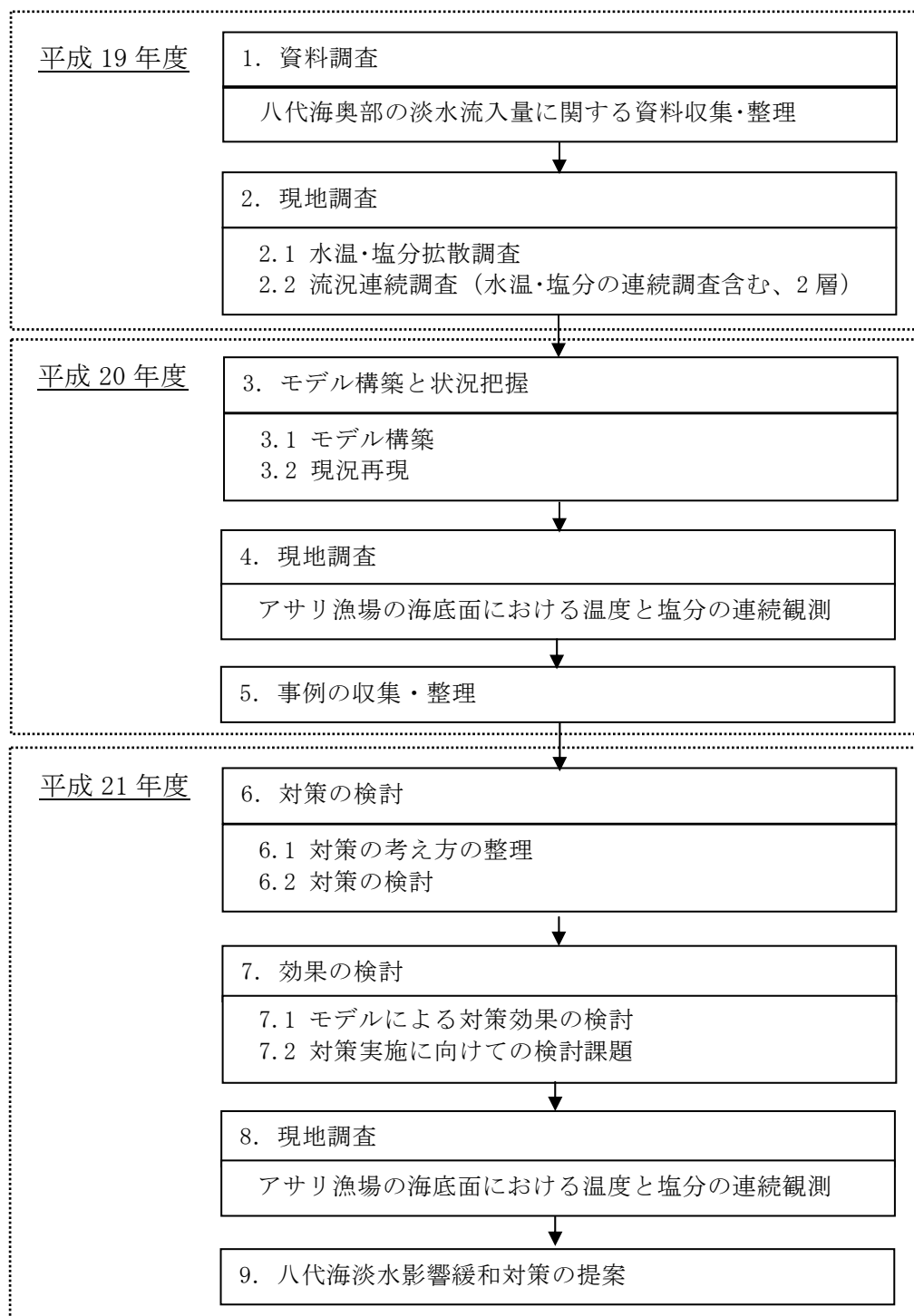


図-1.2 調査構成

平成 19 年度は、八代海奥部河口域を対象とした数値シミュレーションモデル構築に必要な、淡水流入量に関する資料収集整理、ならびに水温・塩分及び流況データ取得のための現地調査を行った。

平成 20 年度は、それらのデータをもとに調査海域を対象としたモデルを構築し、現況再現を行った。また、昨年度の現地調査では実態が把握できなかったアサリ漁場（干潟域の海底面）における温度（水温、泥温）と塩分の変化状況について、機器設置による連続観測を行うことにより、昨年度に取得したデータを補完するとともに、モデルの精度向上に用いた。

平成 21 年度は、引き続きアサリ漁場（干潟域の海底面）における温度（水温、泥温）と塩分の連続観測を行うとともに、淡水流入の影響緩和対策に対する考え方を整理した上で、具体的な対策を検討し、構築したモデルを用いて対策を講じた場合の効果の検討を行った。

3. 調査方法

3.1 現地調査

(1) 平成 19 年度

平成 19 年度は、八代海奥部のアサリ漁場における河川水流入の影響対策を検討するため、降雨後の淡水の拡散状況を調査した。

調査時期は、流況連続調査については平成 19 年 6 月 27 日から 7 月 12 日の 15 昼夜連続、水温・塩分拡散調査については平成 19 年 7 月 5 日とした。調査地点を図-1.3、調査方法を図-1.4 に示した。

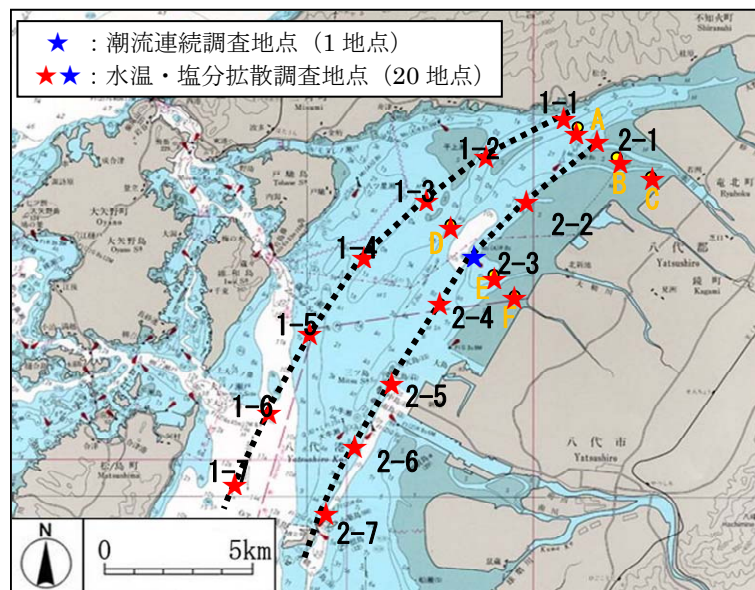


図-1.3 流況連続及び水温・塩分拡散調査の調査位置

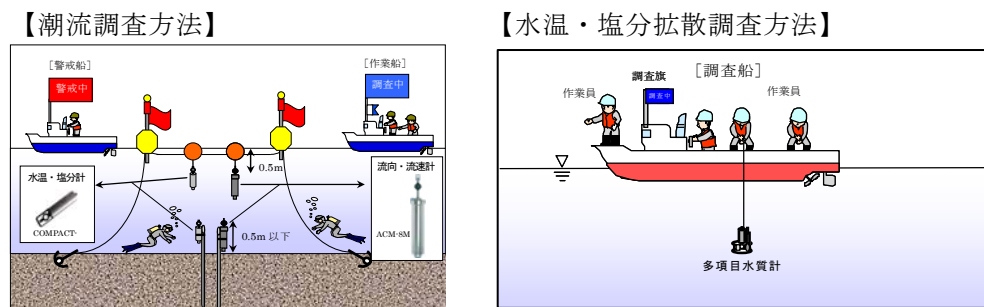


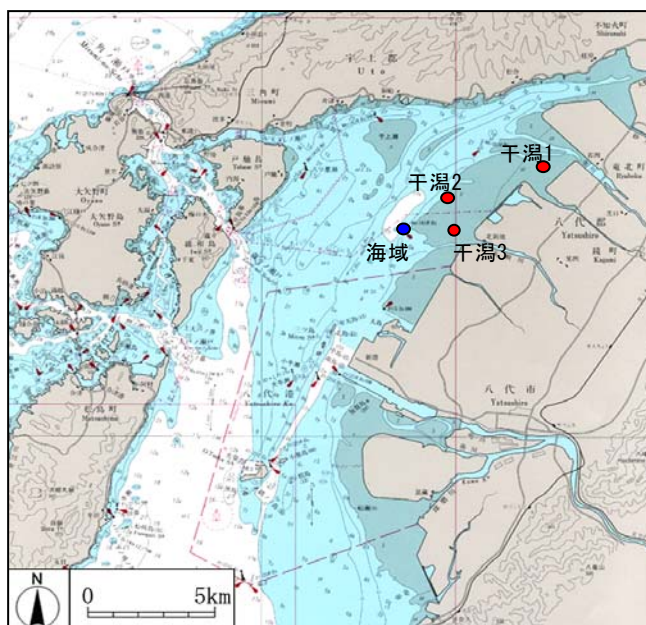
図-1.4 流況連続及び水温・塩分拡散調査の調査方法

(2) 平成 20 年度

平成 20 年度は、調査対象海域における主要なアサリ漁場である鏡町地先前面の干潟域における降雨に伴う温度（水温、泥温）と塩分の変化状況を把握するため、干潟域において温度（水温、泥温）と塩分の連続観測を行った。また、平成 19 年度の現地調査で連続観測を行った位置においても水温・塩分の連続観測を実施した。

調査時期は、アサリ漁場への淡水流入の影響が最も大きい梅雨時期およびその後の高水温時期を対象として、平成 20 年 6 月 20 日から 8 月 20 日とした。

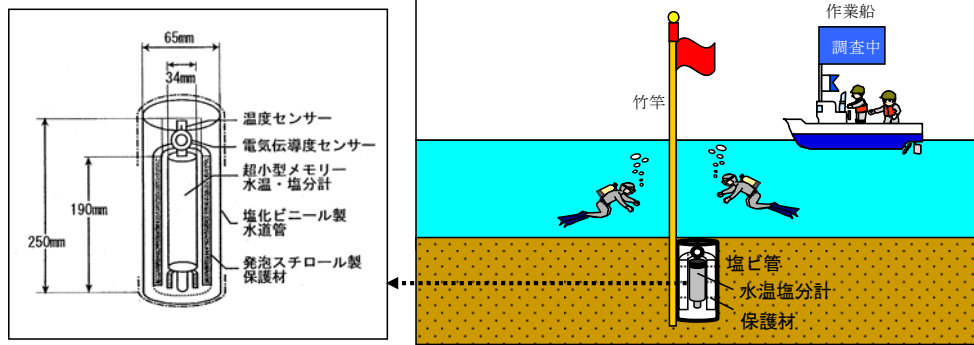
調査地点は、干潟域における温度と塩分の変化状況については、図-1.5 に●で示した 3 地点、観測期間中の海域における水温・塩分の変化状況については、昨年度と同位置（図-1.5 に●で示した地点）の上層・下層の 2 層とした。調査方法は図-1.6 に示した。



- 注) 1. ●で示した 3 地点(アサリ漁場)では、水温・塩分計を海底面付近に埋設し、海底面の温度と間隙水の塩分濃度を連続観測した。
2. ●で示した 1 地点では、上層（海面下 0.5m）、下層（海底面上 0.5m）の 2 層において水温・塩分を連続観測した。

図-1.5 水温・塩分調査位置

【干潟域（アサリ漁場）の海底面における温度と塩分の連続観測】



資料：「埋設データロガーによるカブトガニ産卵地および幼生生息地の温度・塩分環境の計測」（清野ら、平成12年、海岸工学論文集 Vol. 47、pp. 1216-1220）

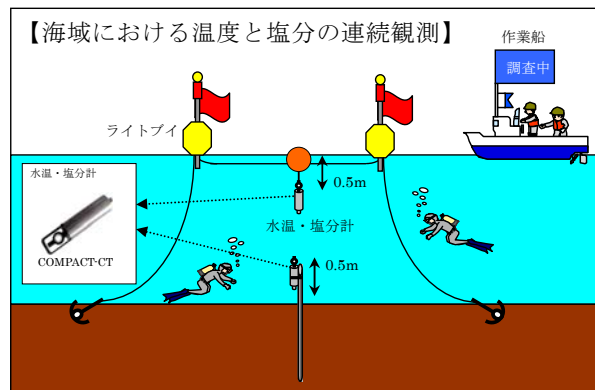


図-1.6 水温・塩分調査方法

(2) 平成21年度

主要なアサリ漁場である鏡町地先前面の干潟域における、降雨に伴う温度（水温、泥温）と塩分の変化状況を把握するため、干潟域において温度（水温、泥温）と塩分の連続観測を行った。また、得られた結果を構築したモデルによる再現シミュレーションと比較・検討するため、昨年度の現地調査と同位置において昨年度と同様の水温・塩分の連続観測をあわせて実施した。

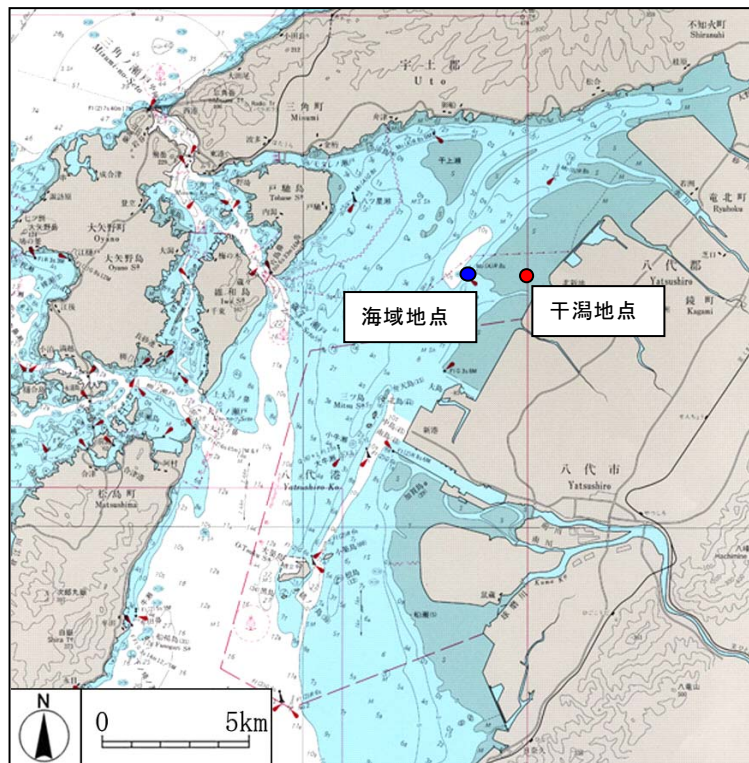
調査時期については、梅雨時期など淡水流入のアサリ漁場への影響が最も大きい時期および高水温時期を対象とすることから、調査期間は梅雨期間中の6月24日から8月25日までの60昼夜観測とした。

干潟域における温度（水温、泥温）と塩分の調査については、図-1.7に●で示した1地点において実施した。この地点は、平成20年度調査の3地点のうちの1つで、3地点中でアサリの生息密度が最も高く、河口部の前面に位置しているため降雨後に水温、塩分の低下が確認されていることから、斃死が起きやすい場であると考えられたため選定した。

また、観測期間中の海域における水温・塩分の変化状況については、昨年度と同位置（図-1.7に●で示した1地点）の上層・下層の2層において実施した。

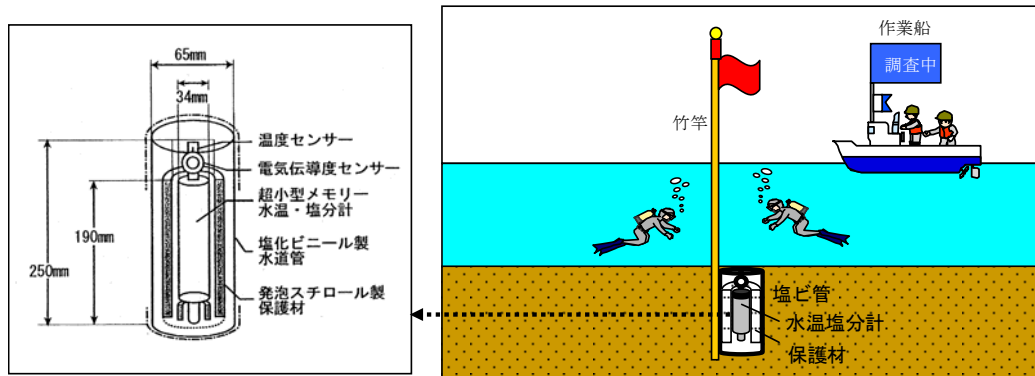
干潟域における連続観測は、水温・塩分計を海底面付近に埋設し、海底面の温度と間隙水の塩分濃度を連続観測（10分毎に1データ取得）した。水温・塩分計は海底面を掘削して地中に設置し、センサー部がごく表層に位置するように設置することとした（図-1.8）。なお、現地における機器の設置及び撤収は、調査員2名及び潜水士2名からなるパーティにより行った。

海域における水温・塩分の連続観測は、水温塩分計を上層（海面下 0.5m）及び下層（海底面上 0.5m以下）の 2 層に設置した（図-1.9）。



- 注) 1. ●で示した 1 地点(アサリ漁場)では、水温・塩分計を海底面付近に埋設し、海底面の温度と間隙水の塩分濃度を連続観測する。
2. ●で示した 1 地点では、上層（海面下 0.5m）、下層（海底面上 0.5m）の 2 層において水温・塩分を連続観測する。

図-1.7 調査地点



資料:「埋設データロガーによるカブトガニ産卵地および幼生生息地の温度・塩分環境の計測」(清野ら、平成 12 年、海岸工学論文集 Vol.47、pp.1216-1220)

図-1.8 干潟地点（アサリ漁場）の海底面における温度と塩分の連続観測状況

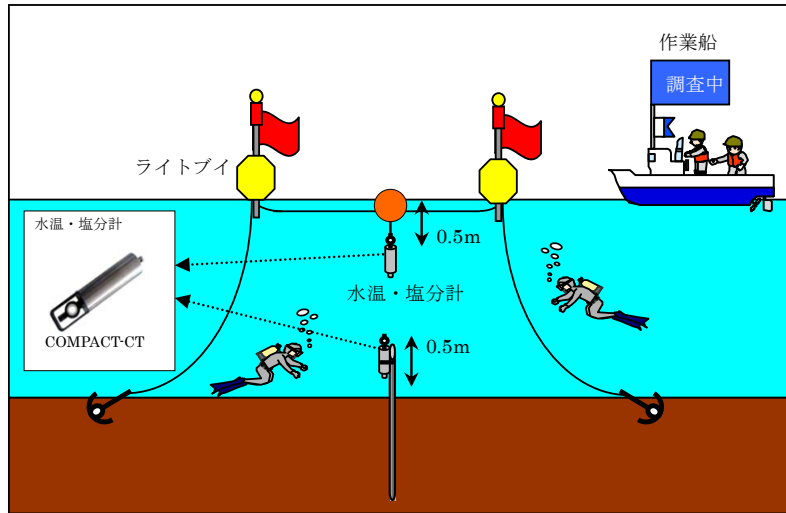


図-1.9 海域地点における水温・塩分の連続観測状況

3.2 シミュレーションモデルの構築と淡水影響緩和策の効果検討

(1) 検討手順

まず、調査海域を対象としたモデルを構築し、平成 19 年度に実施した水温・塩分及び流況データをもとに現況再現を行って、モデルの再現性を確認した。その上で、構築したモデルを用いて対策を講じた場合の効果について検討を行った。

モデルを用いた検討のフローを図-1.10 に示す。

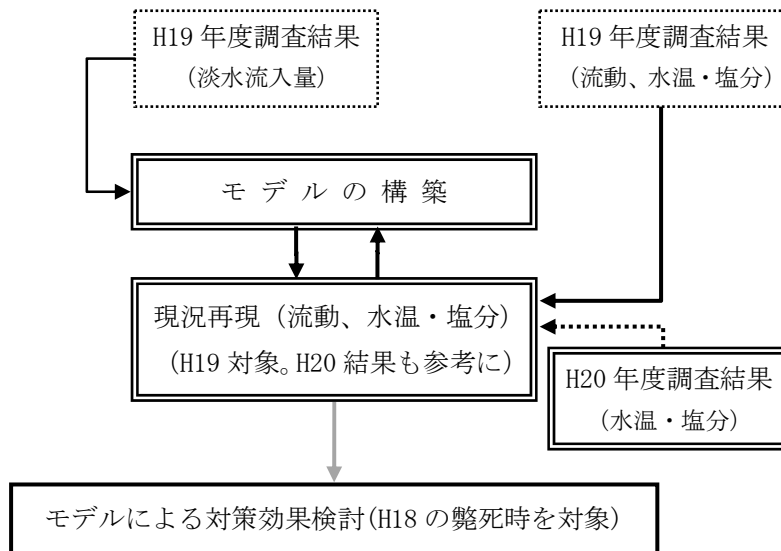


図-1.10 検討のフロー

(2) 使用するモデル

使用するシミュレーションモデルは、POM (Princeton Ocean Model) を基本とする鉛直座標に σ 座標系を用いた σ 座標系流動モデルであり、基本式は、回転系の非圧縮流体を仮定した運動方程式、連続の式および水温・塩分の保存式であり、静水圧近似が施されてい

る。

八代海の大きな潮位変動および干潟の干出に対応でき、表層の淡水層が表現できるとともに、局所的な空間スケールが可変であるという特徴を持っており、アサリ漁場に対する淡水の影響を把握・検討することが可能なモデルである。

(3) 計算範囲と格子分割

図-1.11 に示すように八代海全域を計算範囲とし、淡水影響緩和対策を想定する八代海奥部アサリ漁場周辺を最小の 100m に分割し、周辺に向かって徐々に格子サイズを大きくして八代海の大部分は 500m に分割した。

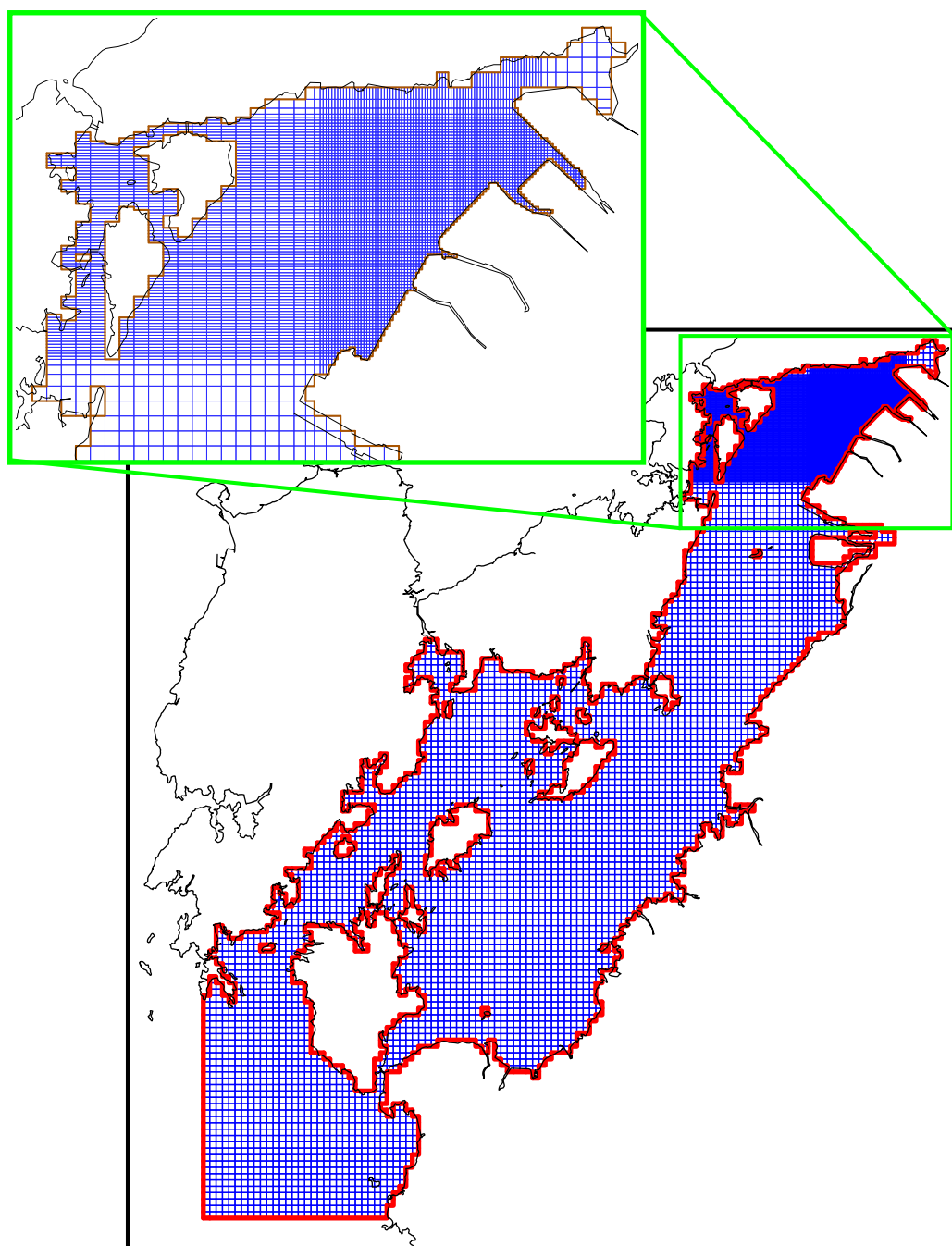


図-1.11 計算範囲及び格子分割

(4) 鉛直層分割

出水時に表層に形成されると考えられる低塩分層を考慮して11層に分割した(表-1.1)。

表-1.1 計算層(σ座標系)

層	水深区分	層	水深区分
1層	0.0～0.6 m	7層	5.0～7.0 m
2層	0.6～1.2 m	8層	7.0～9.0 m
3層	1.2～1.8 m	9層	9.0～11.0 m
4層	1.8～2.4 m	10層	11.0～15.0 m
5層	2.4～3.0 m	11層	15.0m～
6層	3.0～5.0 m		

(5) 対策効果検討の対象期間

対策実施時の効果の検討については、直近10年のうちで最も斃死による被害額の大きかった年であり、八代海の海域において再現性の参考となる観測データの存在する平成18年夏季を対象とした。

(6) 計算条件

海域における非定常な流況を表現するために、流動モデルの計算に用いる潮汐、気象、淡水流入などの外力は時々刻々と変化させた条件を考慮した。設定方法や使用するデータの概要について表-1.2に示し、いくつかの項目についての詳細は、次に示した。

表-1.2 流動モデルに用いる計算条件等の設定方法及びデータの概要

計算条件項目	計算条件設定に必要な基礎資料	備考
計算範囲および水深	海図	W206:天草諸島及八代海 W169:島原湾
計算期間	2006/6/25 から 7/31 を計算期間とする	平成18年度アサリ斃死時期を含む出水期前後
気象条件	気温、風速・風向(アメダス・八代) 日射量、雲量(地上気象実況報・熊本)	気象庁 webpage から入手
潮位条件	潮汐調和定数	日本沿岸潮汐調和定数表(海上保安庁水路部)による
初期水温・塩分 境界水温・塩分	公共用水域水質調査結果(～2005)	環境省 webpage から入手
淡水流入	計算領域に流入する一級および二級河川の淡水流入量を与えた。 なお、一級河川である球磨川については実測流量に基づいて、二級河川は球磨川の比流量と流域面積に応じて設定した。	流入水温は、公共用水域水質調査の球磨川下流・横石地点の結果から6月、7月の直近5ヵ年の平均水温(23.46℃)を設定した。
パラメータ等	タイムステップ	モデルの安定性を考慮して設定した。
	海面摩擦係数	本多・光易 ¹⁾ による風速に応じた経験式を用いた。
	海底摩擦係数	海底近傍での流速分布をカルマン定数と粗度高さをを用いた対数分布則により仮定することにより得られる値を設定した。
	水平渦動粘性係数 水平渦動拡散係数	Smagorinsky ²⁾ の方法により設定した。また、この方法の中で用いられる比例係数 $C_{M,H}$ は既往の文献値等を参考に設定した。
	鉛直渦動粘性係数 鉛直渦動拡散係数	Mellor and Yamada ³⁾ による2方程式乱流クロージャーモデルにより算定した。

① 水位境界条件

湾口境界における水位境界条件は、図-1.12 に示す境界位置の近傍における調和定数(表-1.3、日本沿岸潮汐調和定数表(海上保安庁水路部, 1992))を参考に主要4分潮の潮位変動を設定する。

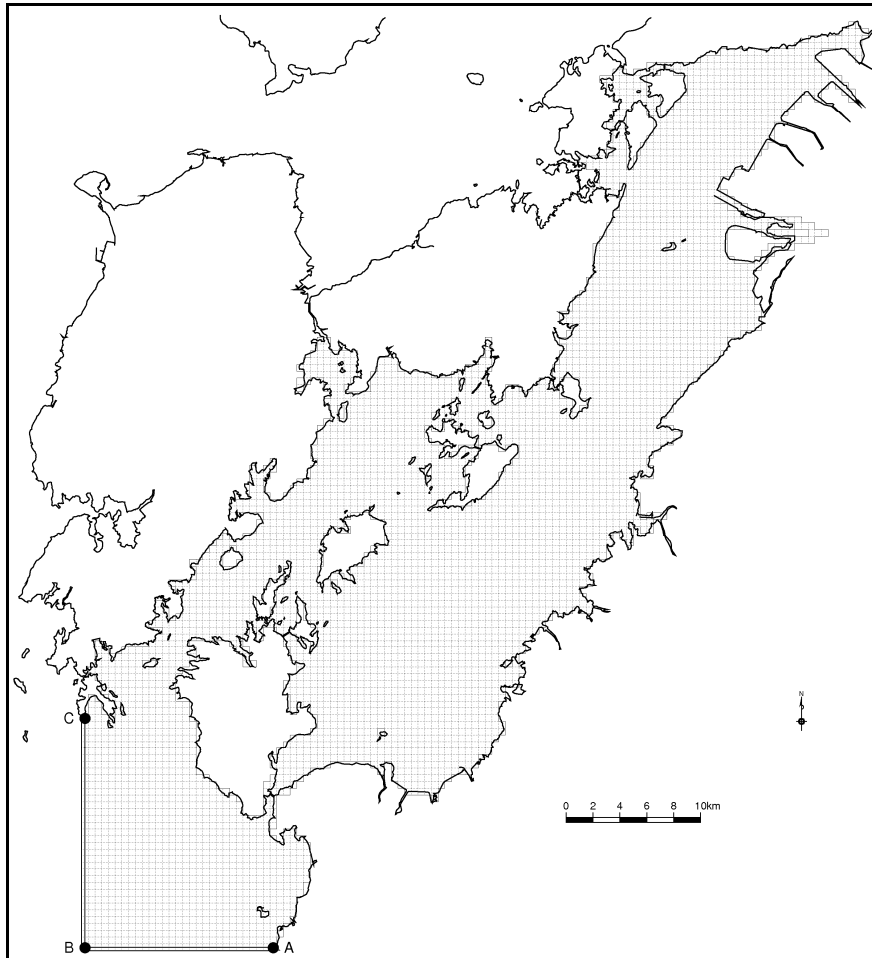


図-1.12 境界位置

表-1.3 境界における調和定数

境界位置	分潮名	振幅[cm]	遅角[deg]	備考
A	M ₂ 分潮	79.7	221	阿久根を参照
	S ₂ 分潮	34.9	247	
	O ₁ 分潮	25.4	206	
	K ₁ 分潮	19.7	185	
B	M ₂ 分潮	78.0	219	阿久根、牛深等近傍の値から推定
	S ₂ 分潮	34.0	247	
	O ₁ 分潮	27.0	205	
	K ₁ 分潮	20.0	185	
C	M ₂ 分潮	85.0	226	牛深を参照
	S ₂ 分潮	36.0	255	
	O ₁ 分潮	26.0	209	
	K ₁ 分潮	20.0	189	

② 水温・塩分境界条件

湾口における水温・塩分の境界条件は、図-1.12 に示す境界位置において、水平方向には一様とするとともに、鉛直方向及び時間方向に補間（図-1.13）して設定する。

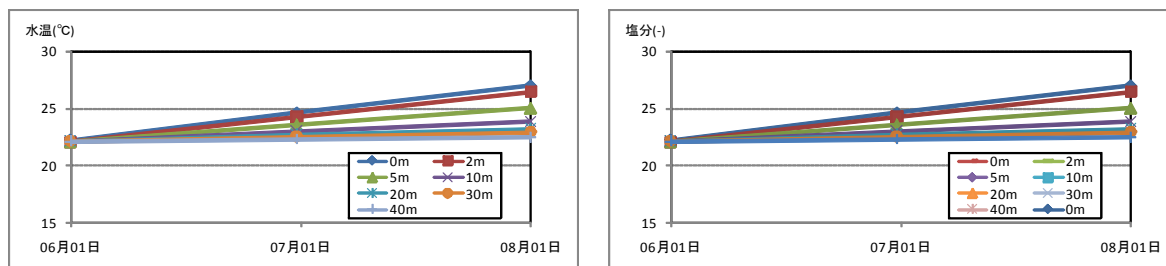


図-1.13 境界における水温・塩分の設定値

④ その他パラメータなど

ア. 海面摩擦係数

本多・光易¹⁾の経験式を用い、風速に比例した摩擦係数を設定する。

イ. 海底摩擦係数

海底近傍での流速分布を粗度高さを用いた対数分布測により仮定し得られる値を設定する。なお、粗度高さは海域で一般的に用いられる 1cm とする。

ウ. 水平渦粘性係数・水平渦拡散係数

Smagorinsky²⁾の方法により設定する。

エ. 鉛直渦粘性係数・鉛直渦拡散係数

Mellor and Yamada³⁾による 2 方程式乱流クロージャーモデルにより算定する。

3.3 アサリ斃死、対策等の収集・整理

淡水影響の緩和対策として、本検討では施工が簡易な手法を想定しているため、八代海全域に淡水が広がるような大規模出水後の塩分低下対策をとるものではなく、年間を通して通常にみられる降雨時に八代海奥部のアサリ漁場において低塩分域が滞留しないような工法について検討することを基本とした。そこで、現在のところでは、のりひびの設置によって流入する淡水の速やかな沖合への放出と作濘等による海水交換の促進、また、それらを組み合わせた対策が考えられる。

そこで、これらの対策以外について、国内でのアサリの斃死事例や要因を整理し、その対策事例の有無を確認した。また、併せて八代海におけるアサリの斃死とその要因についても環境条件を整理した。

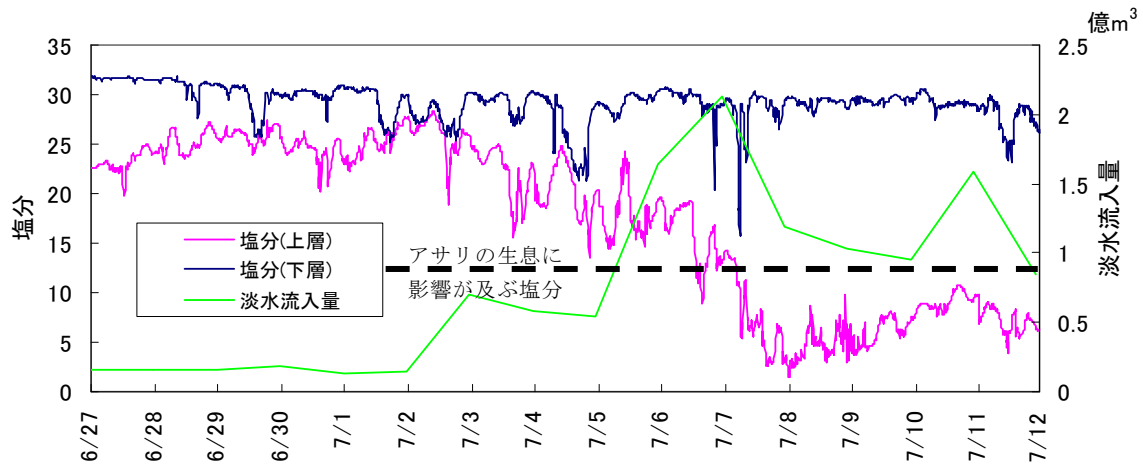
VI 調査結果および考察

1. 現地調査

1.1 平成 19 年度調査

平成 19 年 7 月 5 日における、干潮時および満潮時における八代海奥部の表層の塩分分布および流況を図-2.1 (p. 13~14) に示した。

また、平成 19 年 6 月 27 日から 7 月 12 日における、八代海奥部の塩分と流入河川による淡水流入量の経時変化を図-2.2 に示した。



注)ここでの淡水流入量は2-3地点周辺の河川(球磨川・大野川・西浦川・長崎川・浦上川・五丁川・八枚戸川・砂川・八間川・氷川・鏡川・大韃川・水無川)の合計である。

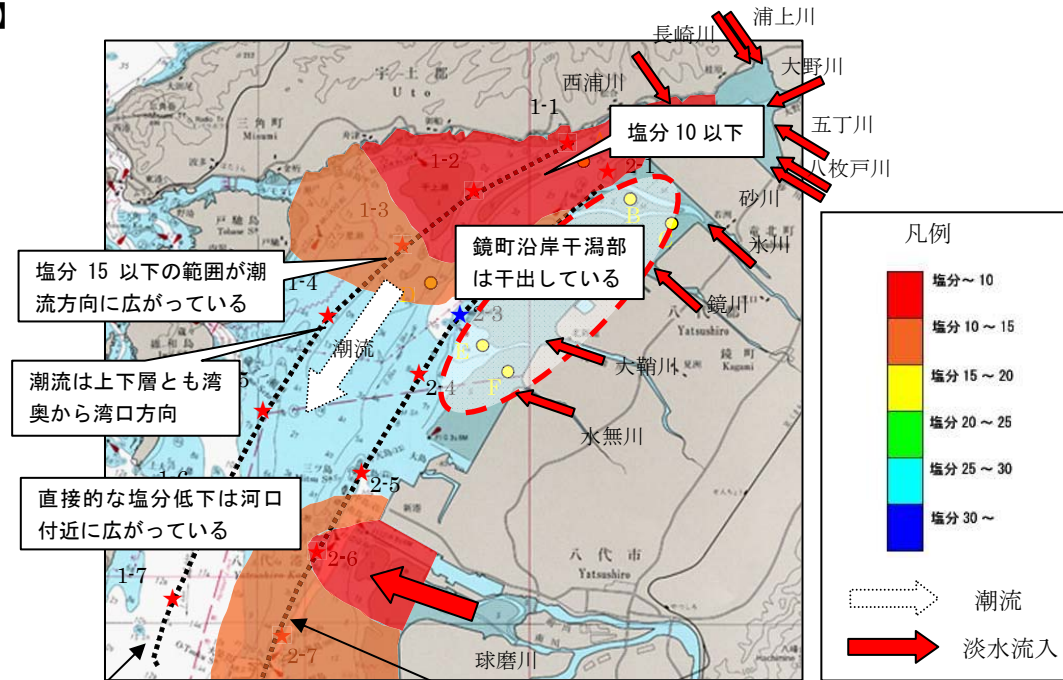
図-2.2 流況連続調査期間の塩分と淡水流入量の経時変化 (平成 19 年)

1.2 平成 20 年度調査

平成 20 年 6 月 20 日から 8 月 19 日における、八代海奥部の干潟および海域の水温・塩分の経時変化を図-2.3 に示した。

また、同期間の水温と潮汐および気象との関係を図-2.4 に示した。

【干潮時（平成 19 年 7 月 5 日）】



塩分 15 以下の範囲が潮流方向に広がっている

鏡町沿岸干潟部は干出している

潮流は上下層とも湾奥から湾口方向

直接的な塩分低下は河口付近に広がっている

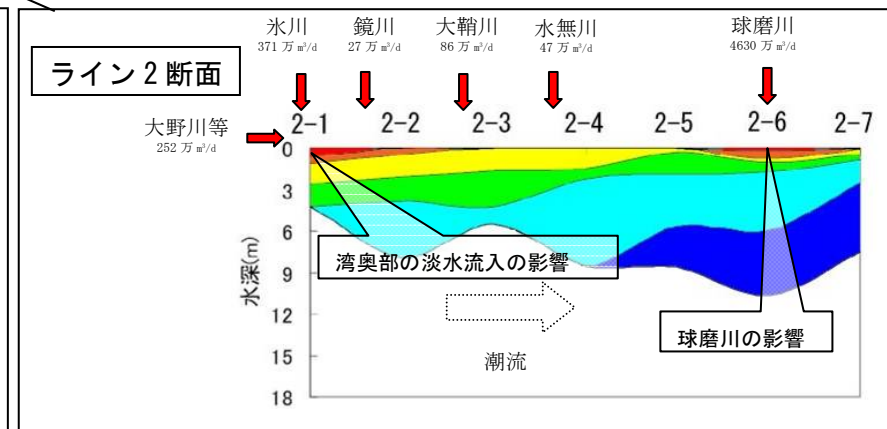
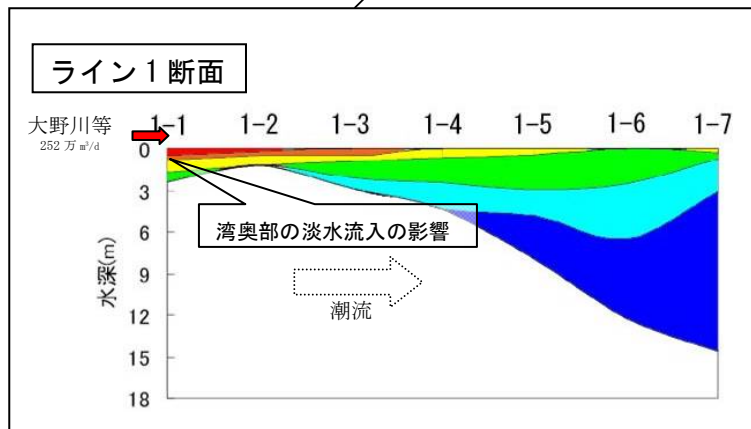


図-2.1(1) 干潮時における表層の塩分分布と流況（平成 19 年）

【満潮時（平成 19 年 7 月 5 日）】

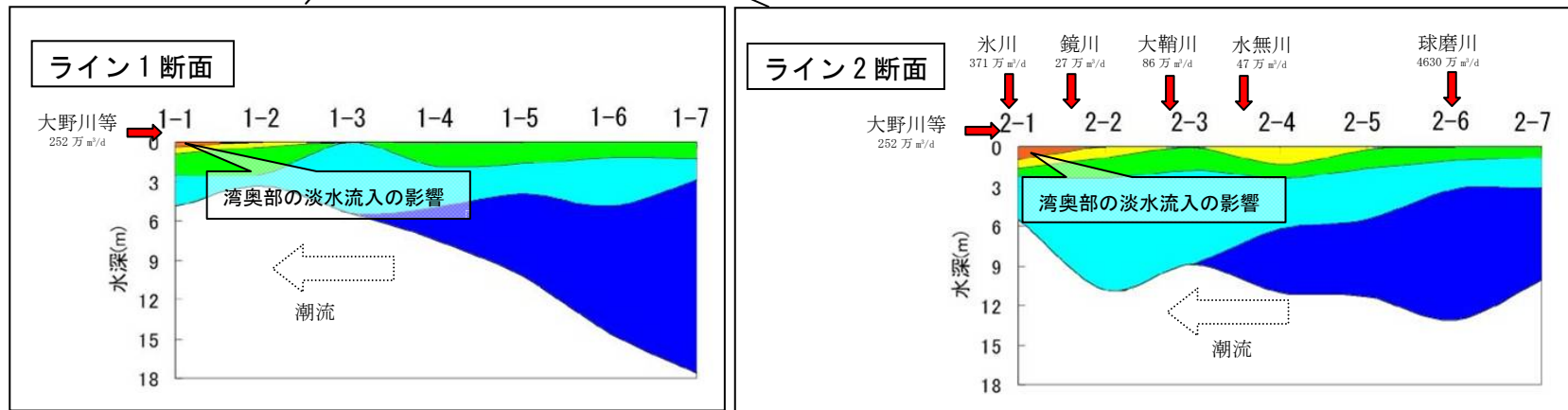
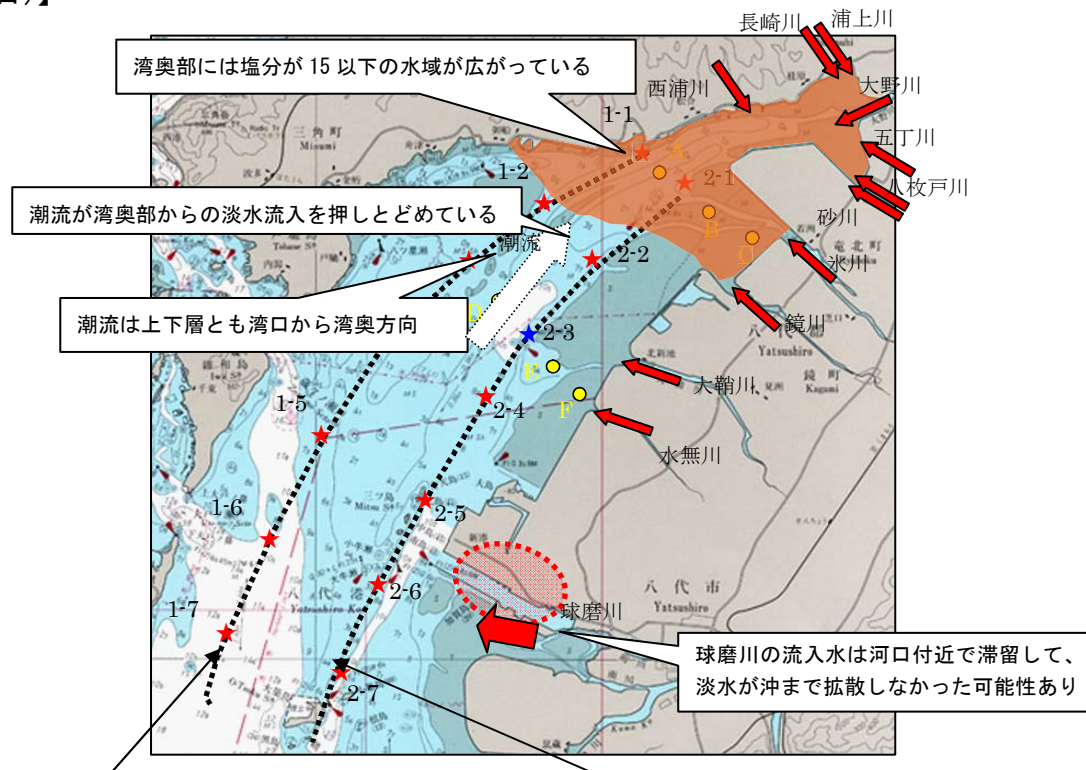


図-2.1(2) 満潮時における表層の塩分分布と流況（平成 19 年）

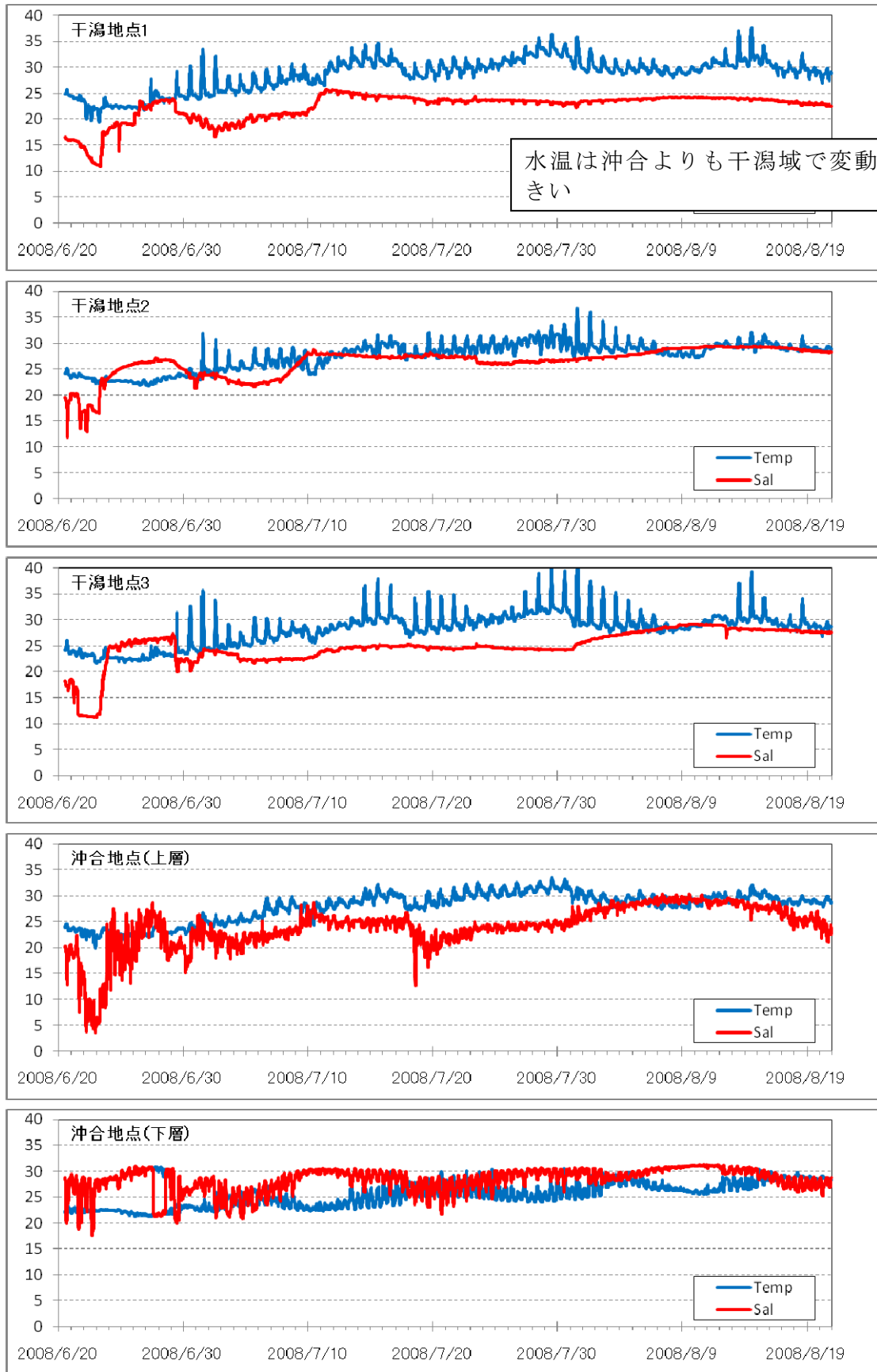


図-2.3 水温・塩分の連続観測結果（平成 20 年）

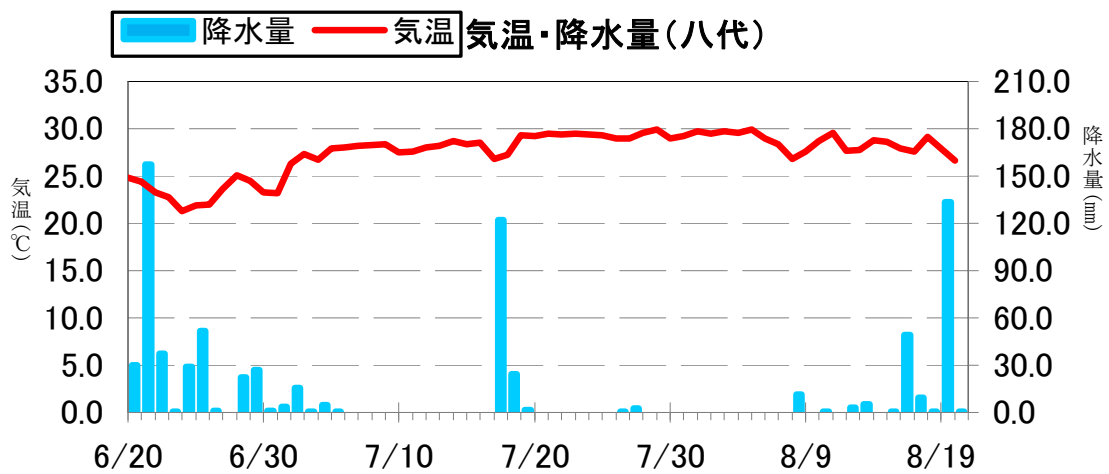
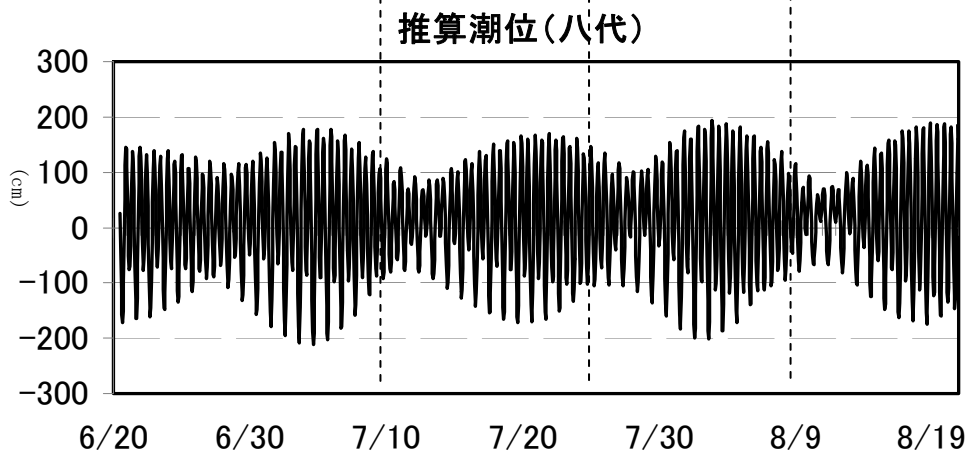
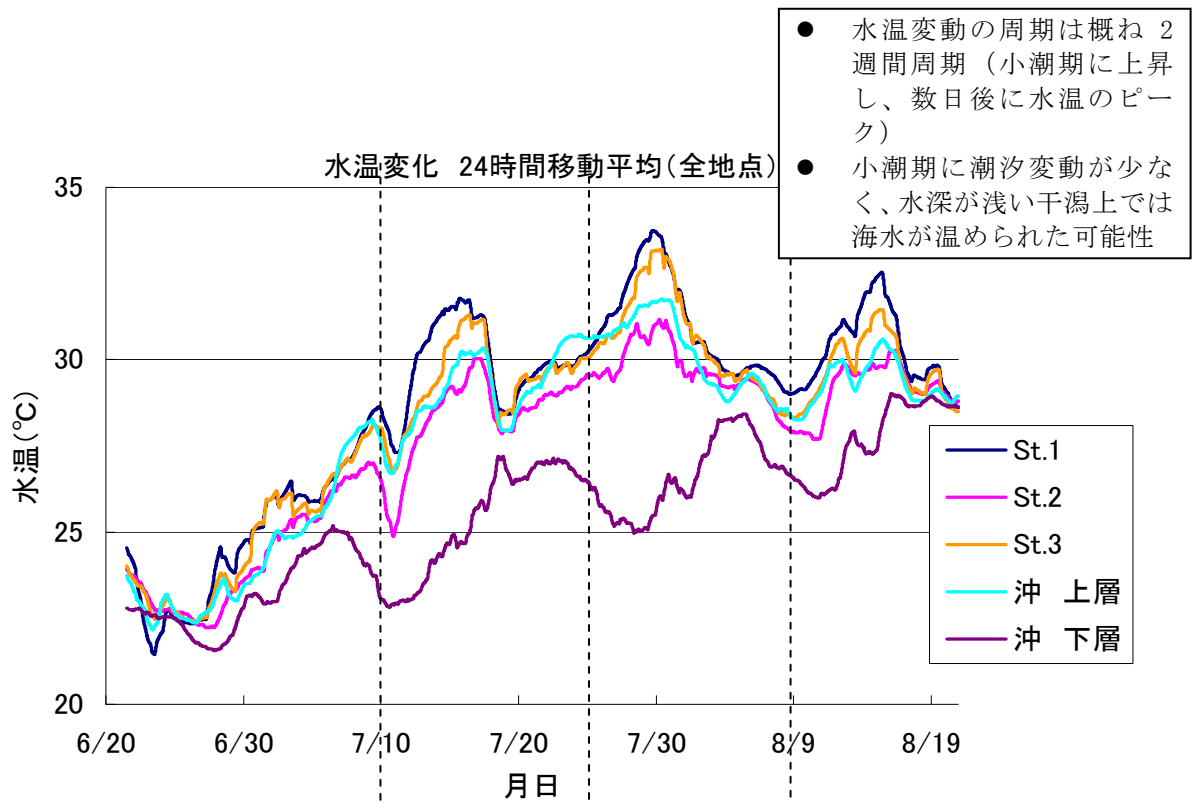


図-2.4 水温観測結果(24時間移動平均)と潮汐、気象条件(平成20年)

1.3 平成 21 年度

(1) 調査時の気象状況

調査期間（6月24日から8月25日）における気象の状況を図-2.5に示す。

降雨は、6月下旬から7月下旬にかけて、日降雨量50mm以上のまとまった降雨が間隔をあけて3回観測され、最大の日降雨量は7月11日の225mmであった（いずれも八代観測所）。平成21年の夏季（6月から8月）の降雨量は、過去20年間の平均に比べやや少なく、調査期間中（平成21年6月24日から8月25日）の降雨量は628mmで、昨年の調査期間（平成20年6月20日から8月21日）の720mmに比べても若干少なかった（表-2.1）。気温は20～35℃の範囲で変動しており、8月には入ってからは日中の最高気温は30℃を上回る日が続いた。

風況は南寄りの風の頻度が多く、風速は5m/s以下であり、ほとんどが3m/sを下回っていた。

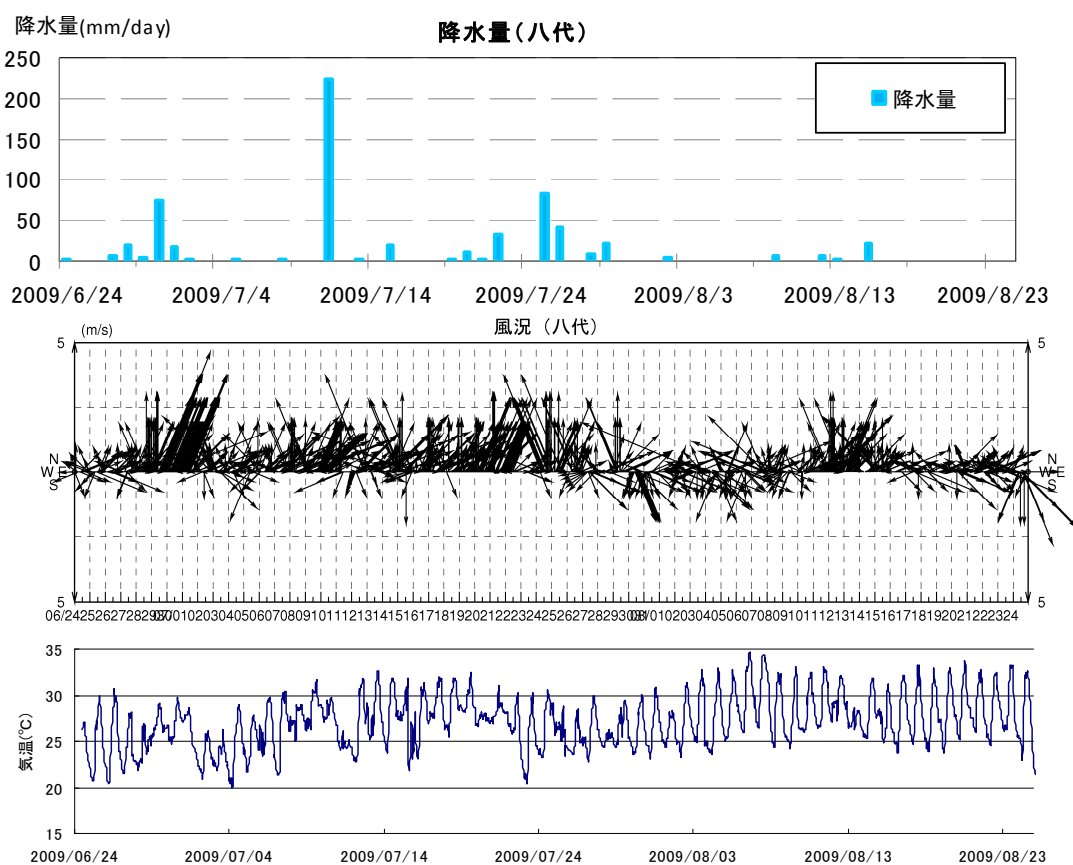


図-2.5 調査期間の降雨量、風況、気温（八代観測所）（平成21年）

表-2.1 降水量の平均値と調査期間の降水量

月	平均降水量(mm) 1979～2000年平均	平成20年	平成21年
6月	386.5	768.5	228.0
7月	422.8	175.5	477.0
8月	208.0	342.0	42.0
合計	1017.3	1286.0	747.0
調査期間中の 降雨量	—	722.0 (2008.6.20～8.21)	628.0 (2009.6.24～8.25)

(2) 水温・塩分観測結果

連続観測した水温・塩分の観測結果を図-2.6 に示す。

水温は、海域地点の上層、下層に比べ干潟地点では変動幅が大きかった。これは干潟地点が干出域にあり、とくに大潮時の干出時には底質中に埋めた機器を収容した容器内の海水が温められたため、日中に 10℃程度高くなったと考えられる。海域地点の水温は、上層、下層ともに 23～32℃程度の範囲を緩やかに変動していた。

塩分は、海域地点の上層、干潟地点で変動が大きく、塩分低下の程度に差はあるが降雨が観測された日と塩分の低下が一致する傾向がみられた。海域地点の下層は、塩分の変動は小さく 25～33 の範囲で推移していた。

(3) 水温、塩分の変化傾向

調査期間の水温、塩分の変動傾向を把握するために、観測結果の塩分、水温について、24 時間移動平均値を、図-2.7、図-2.8 に示した。

塩分は、干潟地点と海域地点上層においては、降雨によって当日から 3 日程度かけて低下する傾向がみられた。海域地点上層は、降雨と塩分の変化傾向はよく対応しており、降雨による塩分低下がみられても、その後降雨がなければ徐々に塩分が回復した。干潟地点では、塩分の低下は降雨量とは一致しておらず、降雨がない期間も回復状況は一定ではなかった。また、7 月 25 日には干潟地点のみ顕著な塩分低下がみられ、1 日程度で回復したものの海域地点ではそれほど塩分の低下はみられなかったことから、局所的に干潟域で低塩分の水塊ができたと考えられる。干潟地点では、塩分の変動が海域地点に比べ規則性がみられなかったことから、地形や流入水量などが複雑に影響し塩分が変化していると考えられる。そのため、干潟域では局所的に塩分低下が起きる可能性があり、回復が遅れば状況によっては斃死に繋がる可能性があるといえる。

水温は、干潟地点と海域地点上層においては、周期的に増減がみられた。この水温変動は、気温との関連はみられず概ね 2 週間周期であり、小潮期に水温が上昇していた。潮汐変動が大きい大潮期には再び水温の低下する変動がみられた。この変動の要因として、小潮期に潮汐変動が小さくなり湾内で海水が停滞しやすくなり、水深が浅い干潟上では海水が温められ、海水温が上昇したと考えられる。

(4) アサリの生息密度の変化

干潟地点の機器設置場所近傍 2 ヶ所で、30cm 四方内のアサリの生息個体数をカウントし、水温、塩分とともにアサリの生息密度の推移も同時に調査した（図-2.9）。

その結果、アサリは常に 60 個体/0.09 m²以上確認され、非常に生息密度が高いことが確認された。調査期間中は、とくに減少傾向などの変化はみられず、生息密度は維持されており斃死は起きなかったと考えられた。

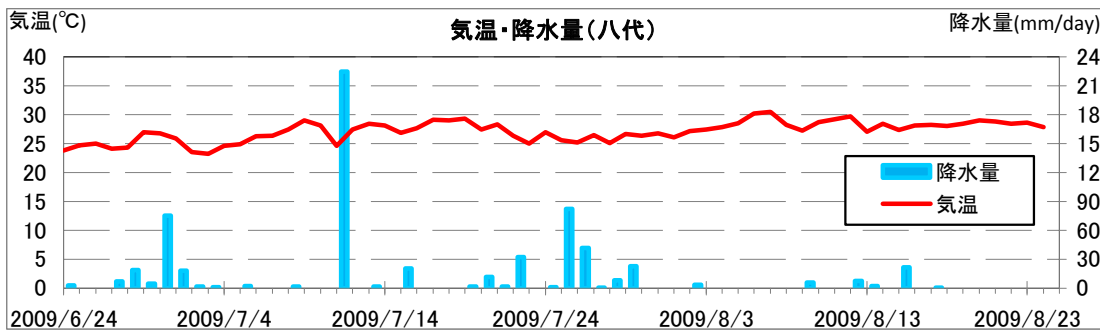
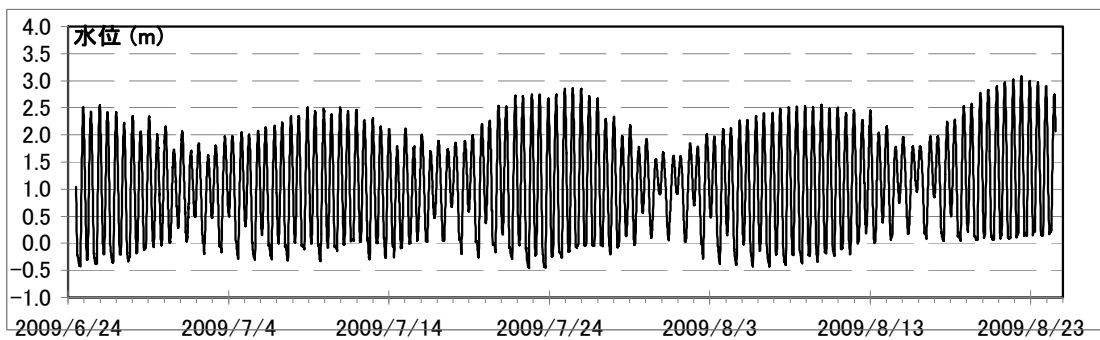
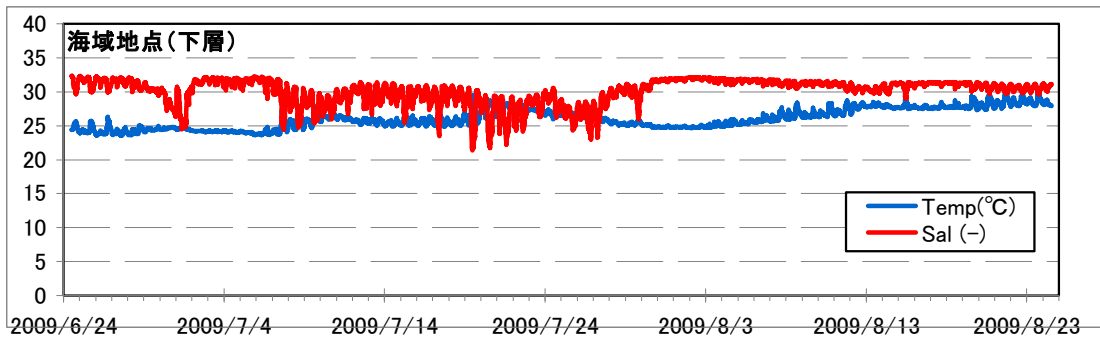
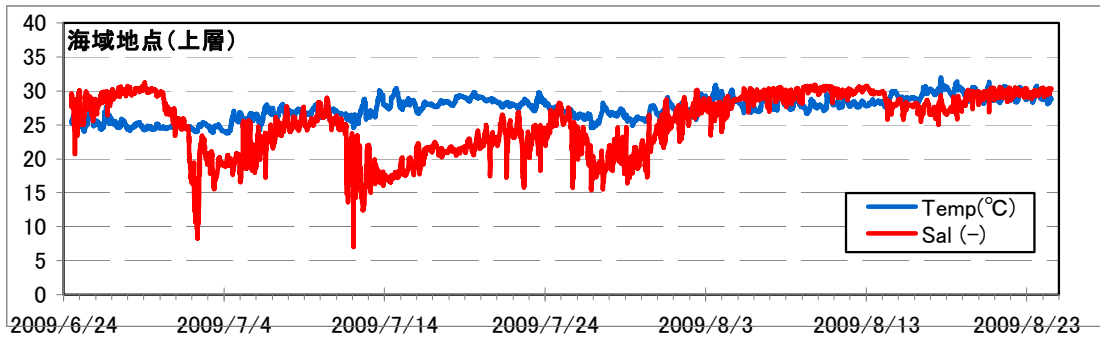
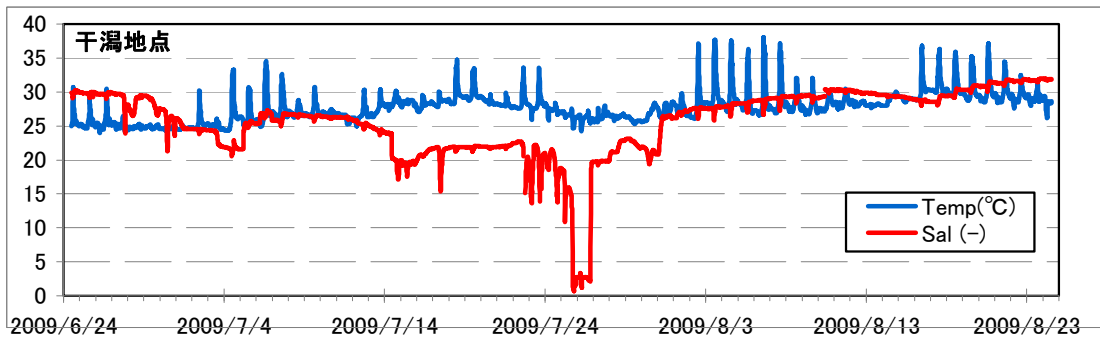


図-2.6 水温・塩分の連続観測結果 (平成 21 年)

干潟地点、海域地点上層は、降雨後塩分の低下が確認され

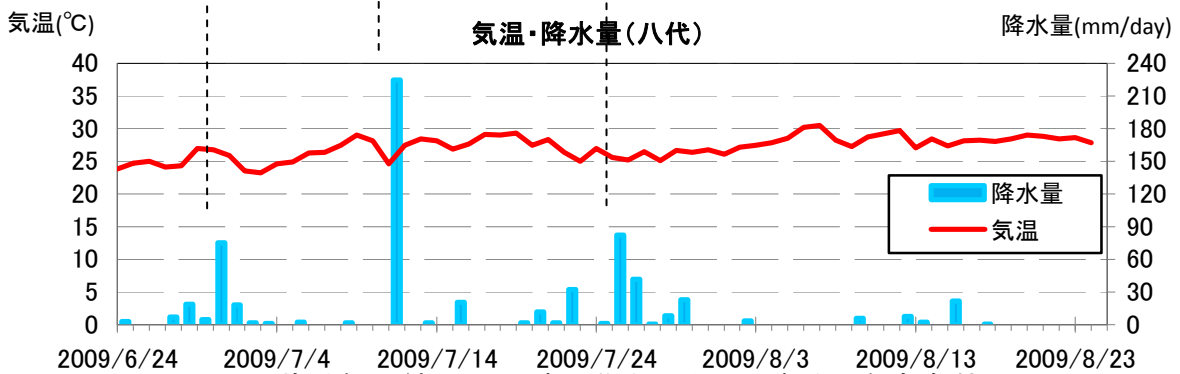
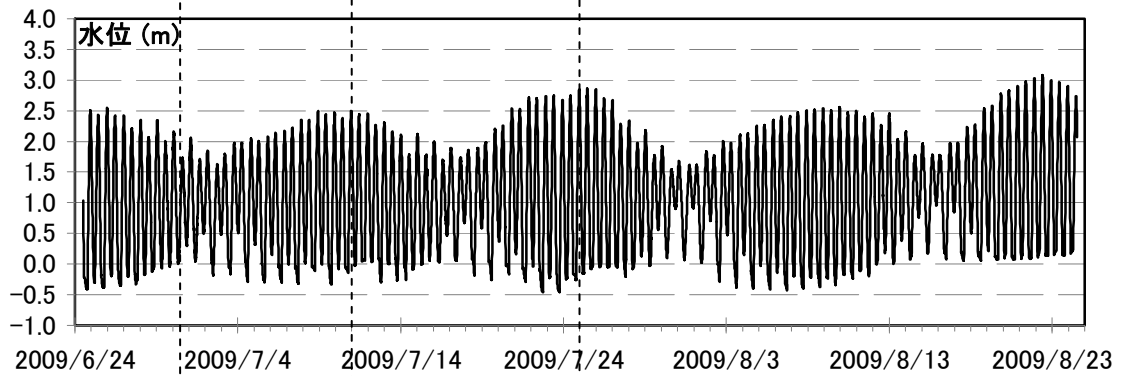
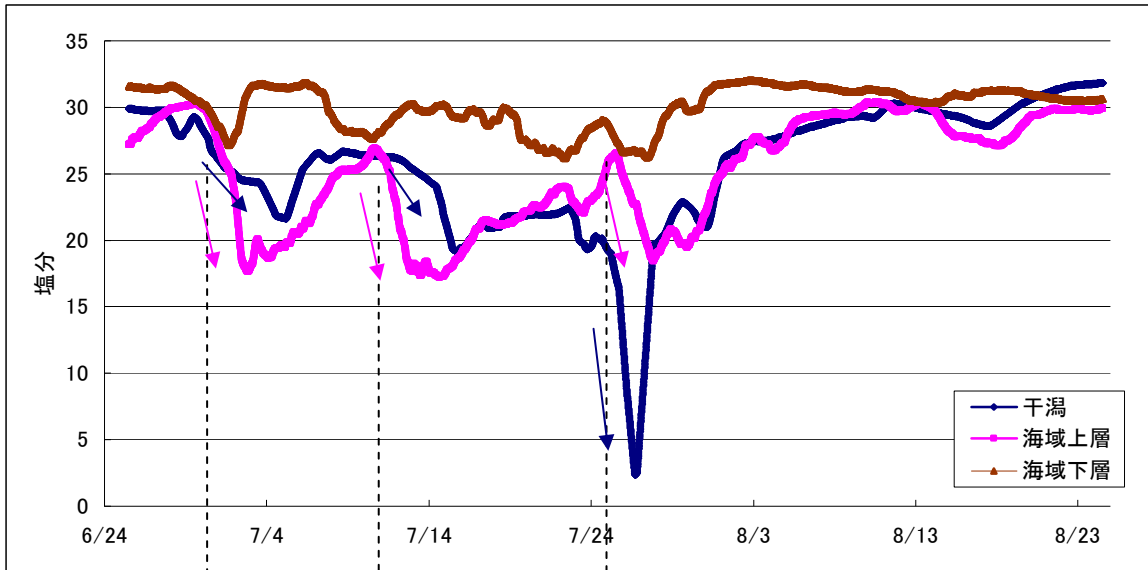
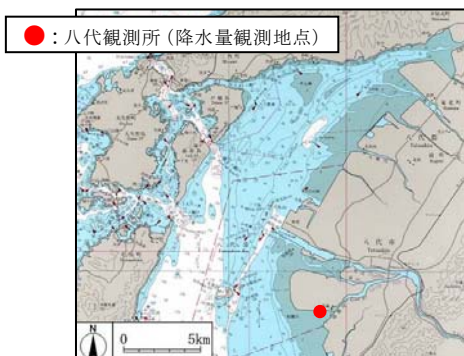


図-2.7 塩分観測結果 (24 時間移動平均) と潮汐、気象条件



【八代観測所の位置】

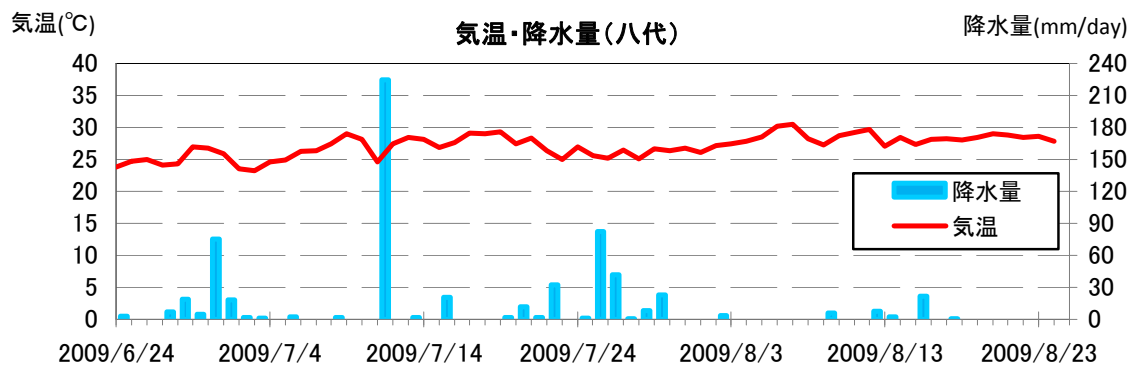
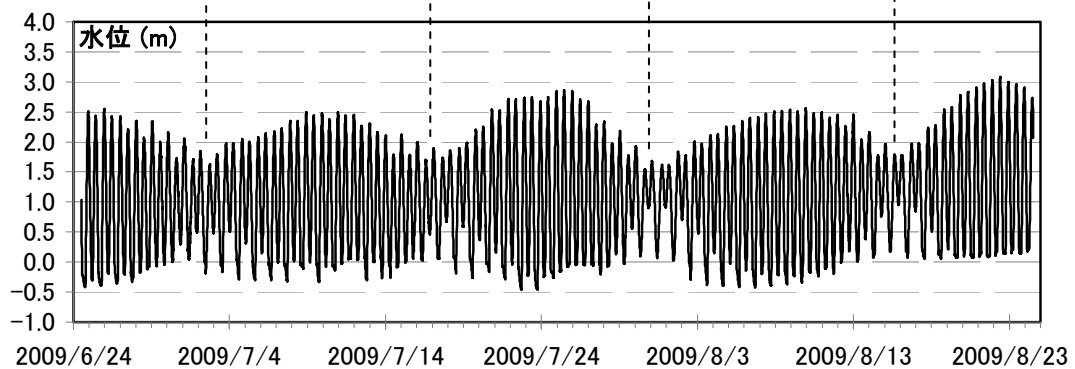
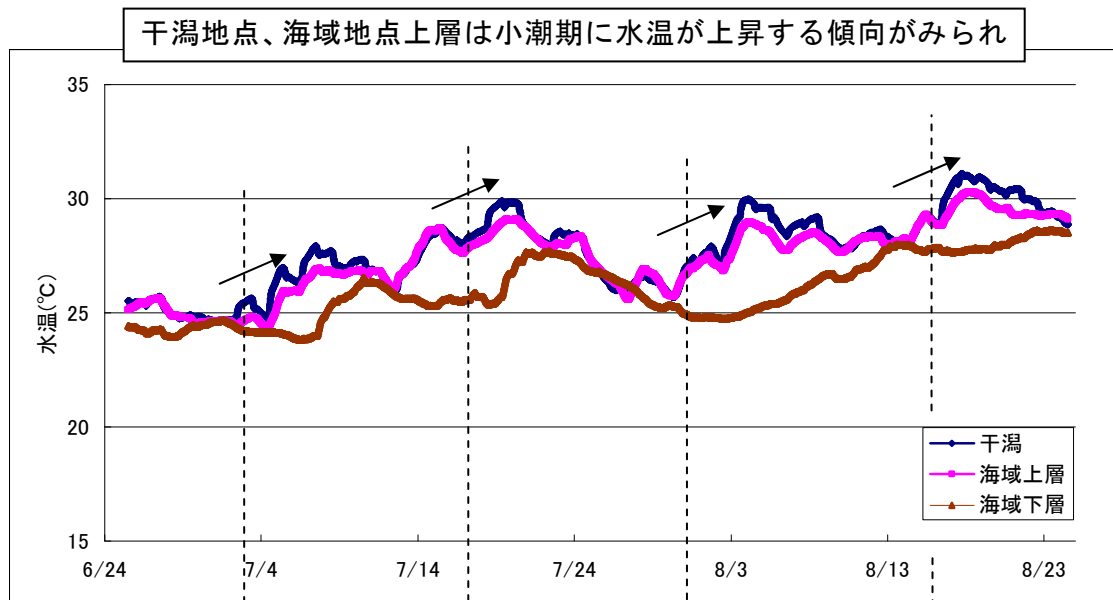


図-2.8 水温観測結果 (24 時間移動平均) と潮汐、気象条件

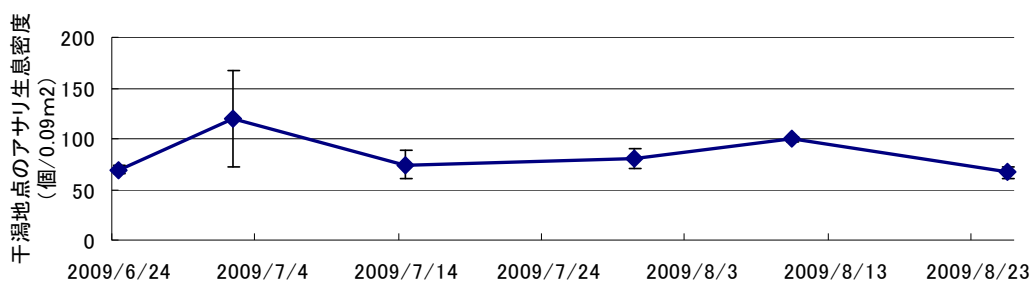


図-2.9 干潟地点周辺のアサリの生息密度 (30cm 四方内)

2. シミュレーションモデルの構築と淡水影響緩和策の効果検討

2.1 対策効果検討のための再現計算

(1) 再現性の確認

アサリ斃死が発生したと考えられる期間を含む平成 18 年 6 月 25 日から 7 月 31 日を対象として再現計算を行った。

再現計算の再現性を検討するために、熊本県水産研究センター自動海況観測データ・田浦局（図-2.10）で得られた平成 18 年度の水温・塩分連続観測結果（表層 0.5m）と計算値（第 1 層：0～0.6m）との比較を行い、図-2.11 に示す。

細かな変動は違いが見られるものの、水温や塩分のレベルおよび変化傾向を概ね再現できていると考えられた。



出典) 熊本県水産研究センターHP

図-2.10 熊本県水産研究センター 自動海況観測地点

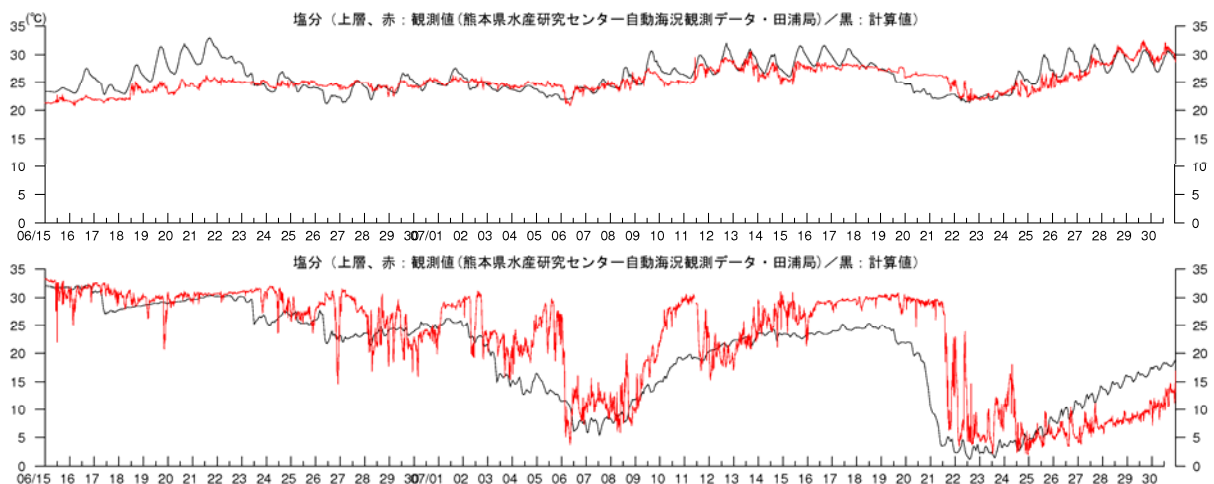


図-2.11 既往調査結果と計算結果との比較（上段：水温、下段：塩分）

(2) 再現計算の結果

過年度に実施した現地調査の測点である、海域地点及び干潟地点（図-2.12）における水温・塩分計算値を図-2.13に示す。

なお、水温計算結果には、高水温の目安として 30℃を示す赤の破線を表示しており、また、塩分計算結果には、アサリの低塩分耐性の実験結果から斃死が発生する目安と考えられた塩分 10 を示す青の破線を表示している。

アサリ斃死が発生した平成 18 年を対象とした再現計算の結果によると、図-2.12 に示す干潟地点においては上層、下層とも平成 18 年 7 月 21 日から 7 月 27 日にかけての 7 日間にわたって継続的に塩分 10 を下回っていた。また、海域地点においては下層において継続的に塩分 10 を下回っていたのは、平成 18 年 7 月 22 日から 7 月 25 日にかけての 3 日間程度に限られていた。



図-2.12 計算結果表示地点

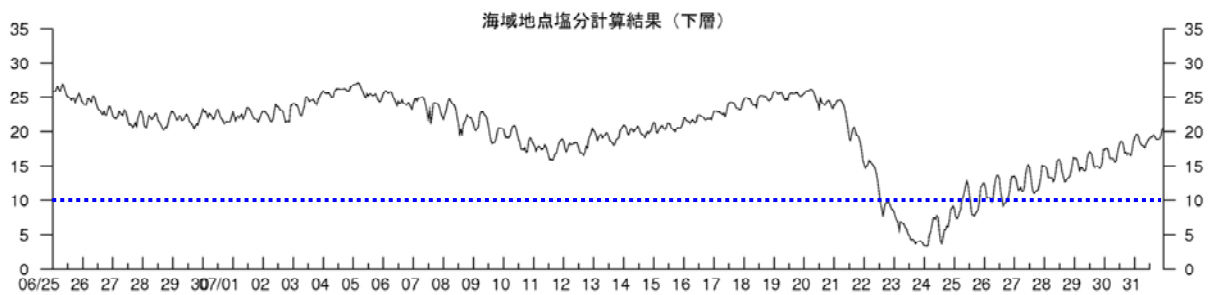
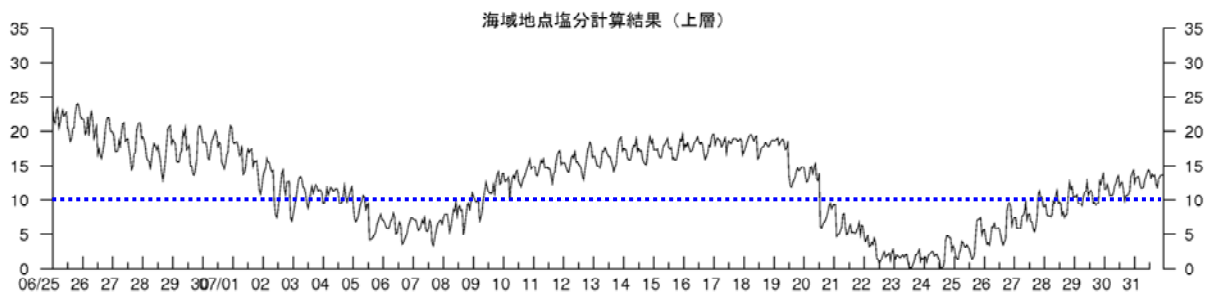
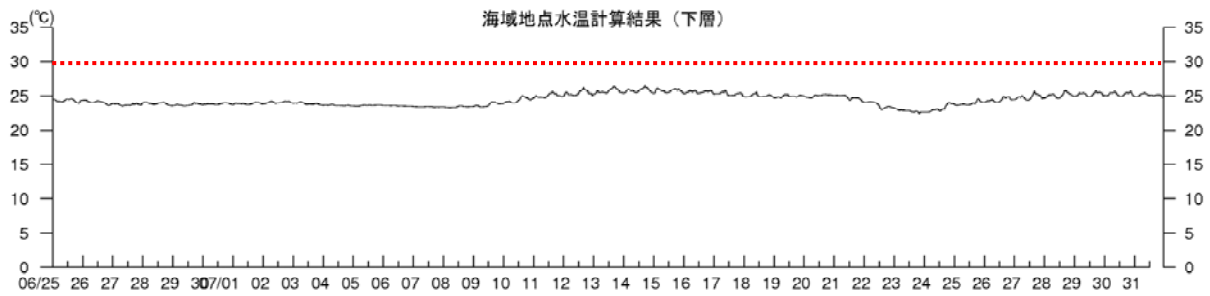
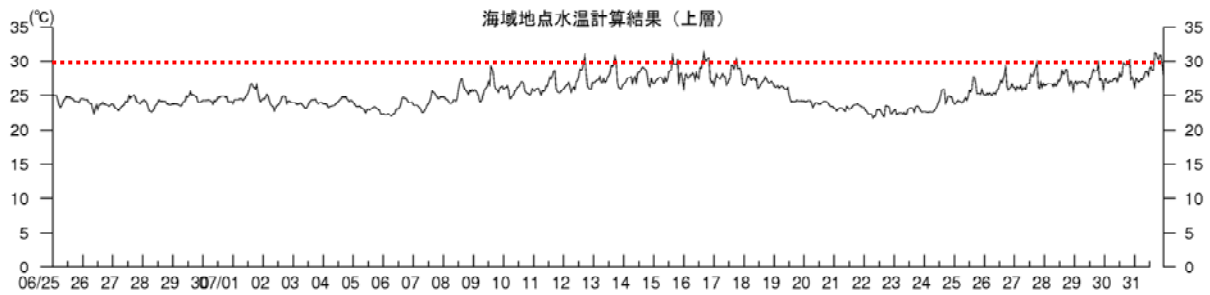


図-2.13(1) 平成18年を対象とした計算結果1（海域地点）

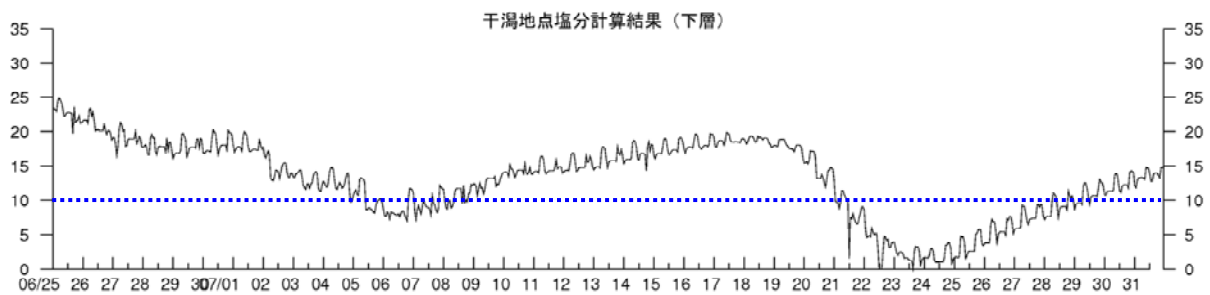
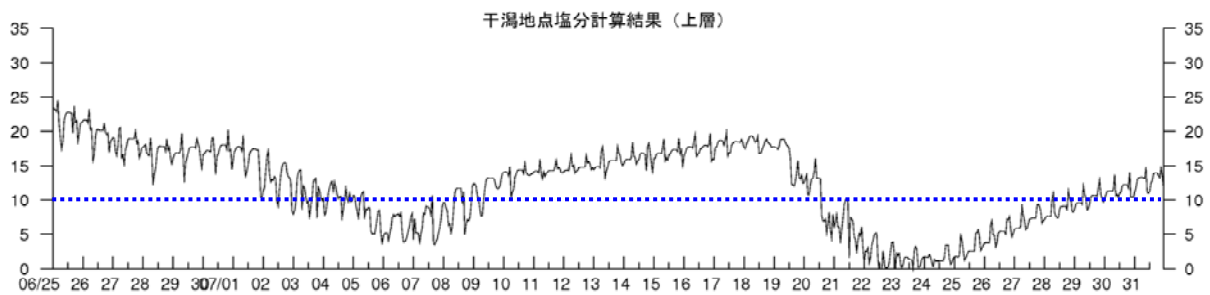
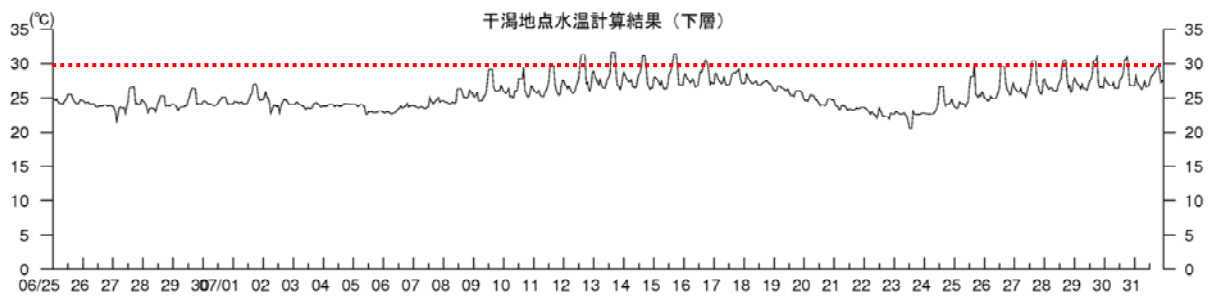
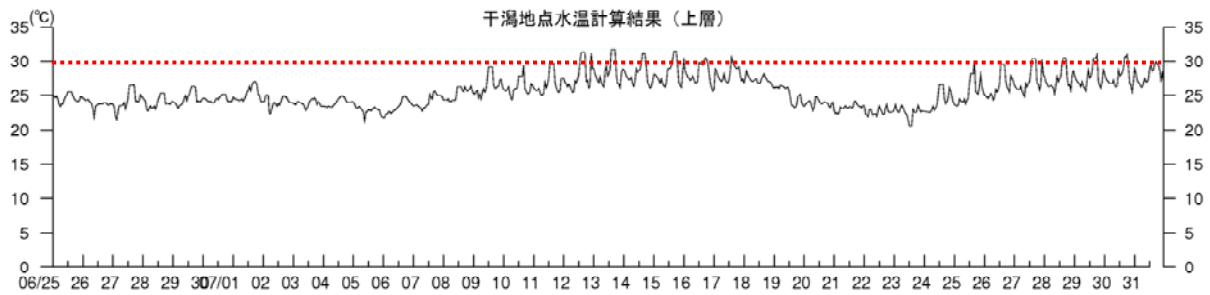


図-2.13(2) 平成18年を対象とした計算結果2（干潟地点）

平成 18 年を対象とした計算結果で塩分低下が最も顕著であった平成 18 年 7 月 23 日における塩分分布計算結果を図-2.14 に示す。

河川から流入する淡水によって低塩分の領域が広がっているが、干潮時においても湾奥の低塩分水と球磨川の低塩分水は独立して存在する傾向が見られた。また、湾奥部表層の低塩分水は水深の深い溝筋に沿って張り出している傾向が見られるが、底層では溝筋に沿ってやや塩分の高い水が入り込んでくる傾向も確認される。

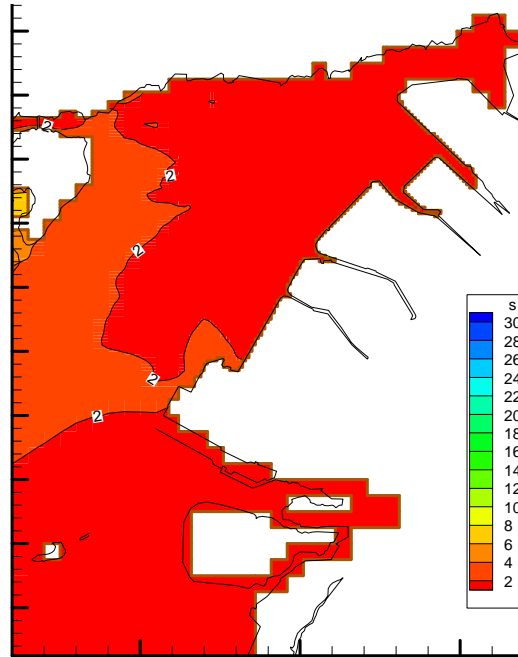


図-2.14(1) 塩分低下時における塩分分布計算結果（干潮時・表層、2006/7/23 14:00）

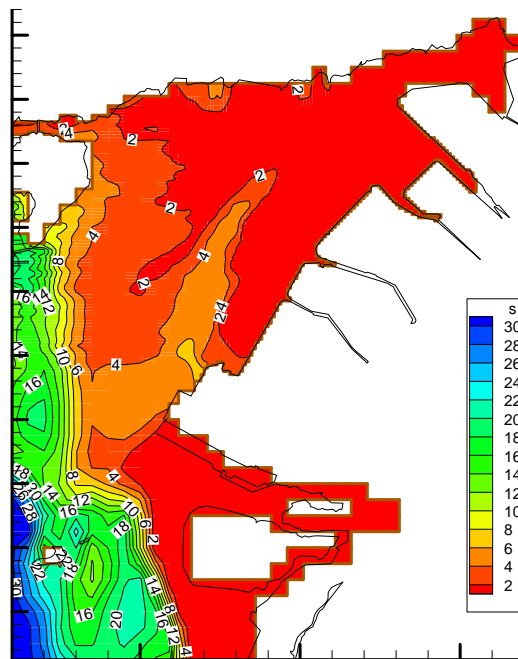


図-2.14(2) 塩分低下時における塩分分布計算結果（干潮時・底層、2006/7/23 20:00）

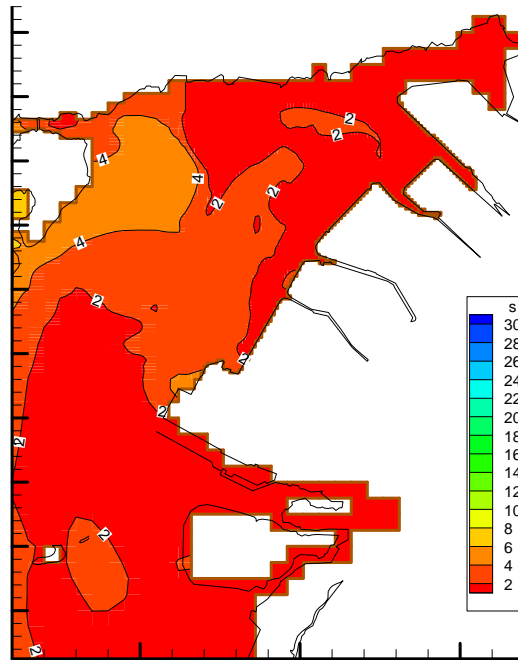


図-2.14(3) 塩分低下時における塩分分布計算結果（満潮時・表層、2006/7/23 14:00）

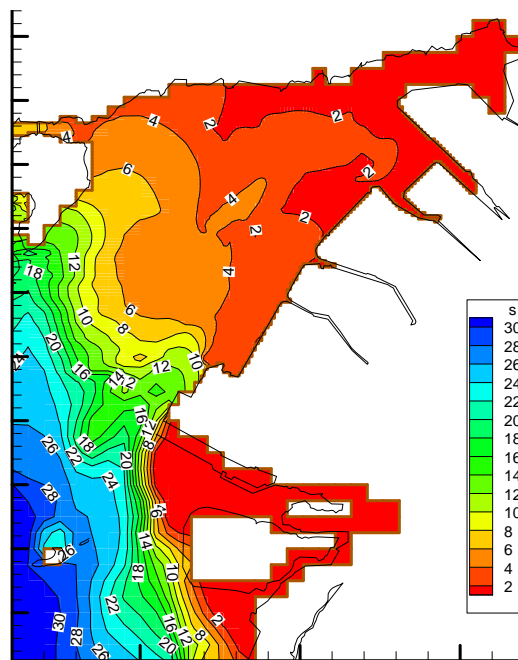


図-2.14(4) 塩分低下時における塩分分布計算結果（満潮時・底層、2006/7/23 20:00）

2.2 対策効果の検討

平成 18 年度の状況を再現した計算に対して、ノリひびや作濤などの対策を実施した条件で検討ケースの計算を実施した。検討するアサリ漁場における淡水影響緩和対策については、既往事例等を参考に設定することとした。

(1) 一般的な対策案

アサリ漁場における海域環境（水質）の改善については、一般的に表-2.2 のような対策がとられている。

表-2.2(1) 土木的な手法

工法	内容	デメリット
導流堤	主に河口域に設置され、河川からの淡水を干潟域に拡散するのを防ぐ	費用が甚大であり、土砂の供給を妨げる・干潟浸食等の可能性がある
作濤	淡水を干潟外へ早急に排除させるために行う	淡水の滞留域が形成される可能性がある
覆砂（客土）	悪化した底質改善を目的に実施する	底質そのものには問題がない場合には効果が期待できない
盛り土	アサリの生息に適した地盤高とし、干出時間や波浪、維持管理等を考慮して決定	淡水は表層を流出する性質があるため、効果が期待できない

表-2.2(2) その他の簡便な手法

手法	内容	デメリット
ポール（のりひび）、竹柵等	有明海等では、稚貝の着底やノリ養殖の淡水影響緩和のために設置されている。オイルフェンスや FRP 板を使用する場合もある	効果は一定でなく、遮蔽効果を持たせるためには密に設置する必要がある

(2) 淡水影響対策検討の課題

上記の一般的な対策案を検討する際には、下記のような課題が考えられた。

- ・八代海奥部において度々発生するアサリの大量斃死は、淡水流入による大規模な低塩分化が主要因と考えられるが、他海域では低塩分によるアサリの斃死事例は見られないため、その対策については手探り状態である。
- ・これまでの調査結果から、低塩分となる海域は広範囲に亘り、大規模な対策でなければ効果が得られないことが予測される。
- ・対策の検討に当たり、実現性を優先させて検討すると、手法やその効果は限定的になる可能性があり、効果についても特性が把握しにくい。
- ・対策の事例や情報が少ない中で、シミュレーション計算上の対策の規模や配置条件を詳細に設定する根拠がない。

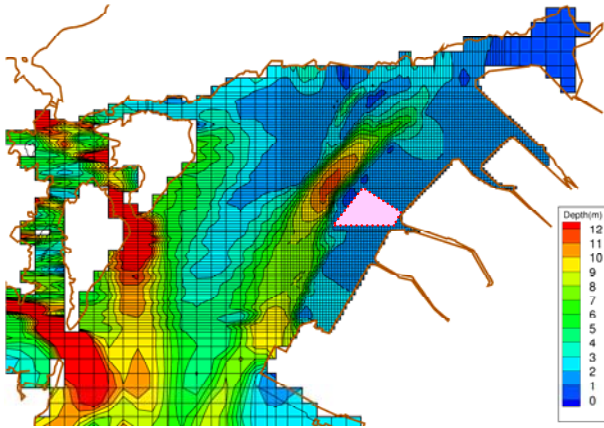
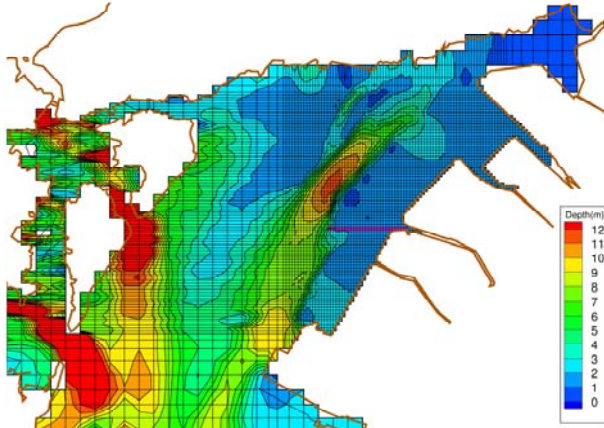
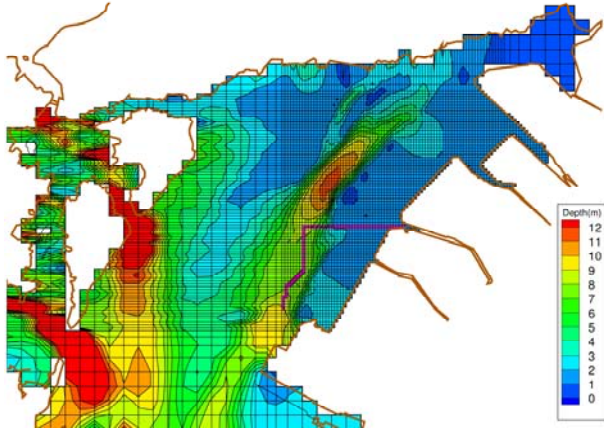
(3) 対策検討の方針

上記の課題を踏まえて、検討を実施する対策案として以下の 2 つが考えられた。

- ・平成 18 年度を対象に作濤を考慮（作濤ケース）
- ・平成 18 年度を対象にノリひびを考慮（ノリひびケース）

このうちから規模等を変えて3つのケースについて計算を実施することとした。想定する対策の計算条件を表-2.3に示し、モデル上での考慮の考え方を次に示す。

表-2.3 八代海で考えられる対策と想定する計算条件

手法	規模・配置	効果の見込み
ノリひびの設置	<p>右図の赤線に沿って干潟を囲むようにノリひびを設置した。ノリひび設置密度は「平成14年度国土総合開発事業調整費 有明海海域環境調査報告書(水産庁ほか)」に示された熊本県有明海の例(16.5本/100㎡)に基づき設定した。</p> 	<p>陸からの淡水の流入を抑制することによって、塩分低下防止を図る。デメリットとして、滞留域が形成される可能性が考えられる。</p>
作濤1	<p>幅100m×平均掘削深0.7m×延長2.5km(掘削量175,000㎡)の作濤とした。右図の桃色部分がシミュレーション上で設定した作濤箇所を示す。作濤規模は八代海等における既往の事例に基づいて現実的な設定した。</p> 	<p>淡水の速やかな沖合への放出及び干潟域の海水交換の促進が期待され、塩分低下防止や低塩分になった際の回復促進が期待される。</p>
作濤2	<p>幅100m×平均掘削深7.45m×延長6.7km(掘削量5,000,000㎡)の作濤とした。右図の桃色部分がシミュレーション上で設定した作濤箇所を示す。作濤規模は、水深10m程度に存在する塩分に富んだ海水の導入を想定して設定した。</p> 	<p>淡水の速やかな沖合への放出及び干潟域の海水交換の促進が期待され、塩分低下防止や低塩分になった際の回復促進が期待される。</p>

① ノリひびの抵抗

ノリひびの設置による効果として、支柱の抵抗を考慮することとし、その値については、開水路に樹木が繁茂している場合の抵抗の導入と同様の扱いとした。水理公式集（平成11年度版）⁴⁾によると、開水路に樹木が繁茂している場合の等価摩擦損失係数 f_w' は次式で表される。

$$f_w' = f_b' + C_d \cdot a_w \cdot h$$

ここで、

f_b' : 水路底面の粗度についての摩擦損失係数

C_d : 幹や枝についての抵抗係数

a_w : 投影面積密生度であり、単位体積の流体塊中にある幹と枝の総投影面積（単位河床面積当たりの円柱の本数×円柱の直径）

h : 水深

である。

ノリ養殖において、1 さくは約2m×20mである。これを長い方に2つ短い方に5つ繋がれた5連×2の10 さくを1こまといい、1こまの面積は400 m²となる。支柱式の場合、1こまの支柱の数は66本とされ、また、支柱の直径は太いもので0.04m程度である。したがって、

$$a_w = 0.04\text{m} \times 66 \text{本} / 400 \text{ m}^2 = 6.6 \times 10^{-3} \text{ m}^{-1}$$

となる。 C_d は1.2で実験をよく説明できるとされている。仮に水深6mの場所で考えると、

$$(1/2)C_d \cdot a_w \cdot h = 0.5 \times 1.2 \times 6.6 \times 10^{-3} \text{ m}^{-1} \times 6\text{m} = 0.024$$

となり、水底摩擦に比べ10倍オーダーの抵抗に相当する。

こうして得られるノリ支柱による流体抵抗をすべてのノリひび設置格子にそれぞれ与えることとした。

② 作濇

作濇の効果については、数値シミュレーションに用いる地形条件に、表-2.3に示した水深の変化を与えることとした。

(4) 対策ケースの計算結果

① ノリひび設置ケース

図-2.15 にノリひびを設置した場合と現況の任意地点（図-2.12 に示す海域地点と干潟地点）における水温、塩分の比較を示す。海域地点と干潟地点のいずれともノリひびを設置した場合の水温、塩分は、ノリひびを設置しない場合と違いが見られなかった。

また、塩分低下が最も顕著であった平成 18 年 7 月 23 日における塩分分布計算結果の比較を図-2.16 に示す。ノリひびを設置した場合の塩分分布は、ノリひびを設置しない場合とほとんど違いが見られなかった。

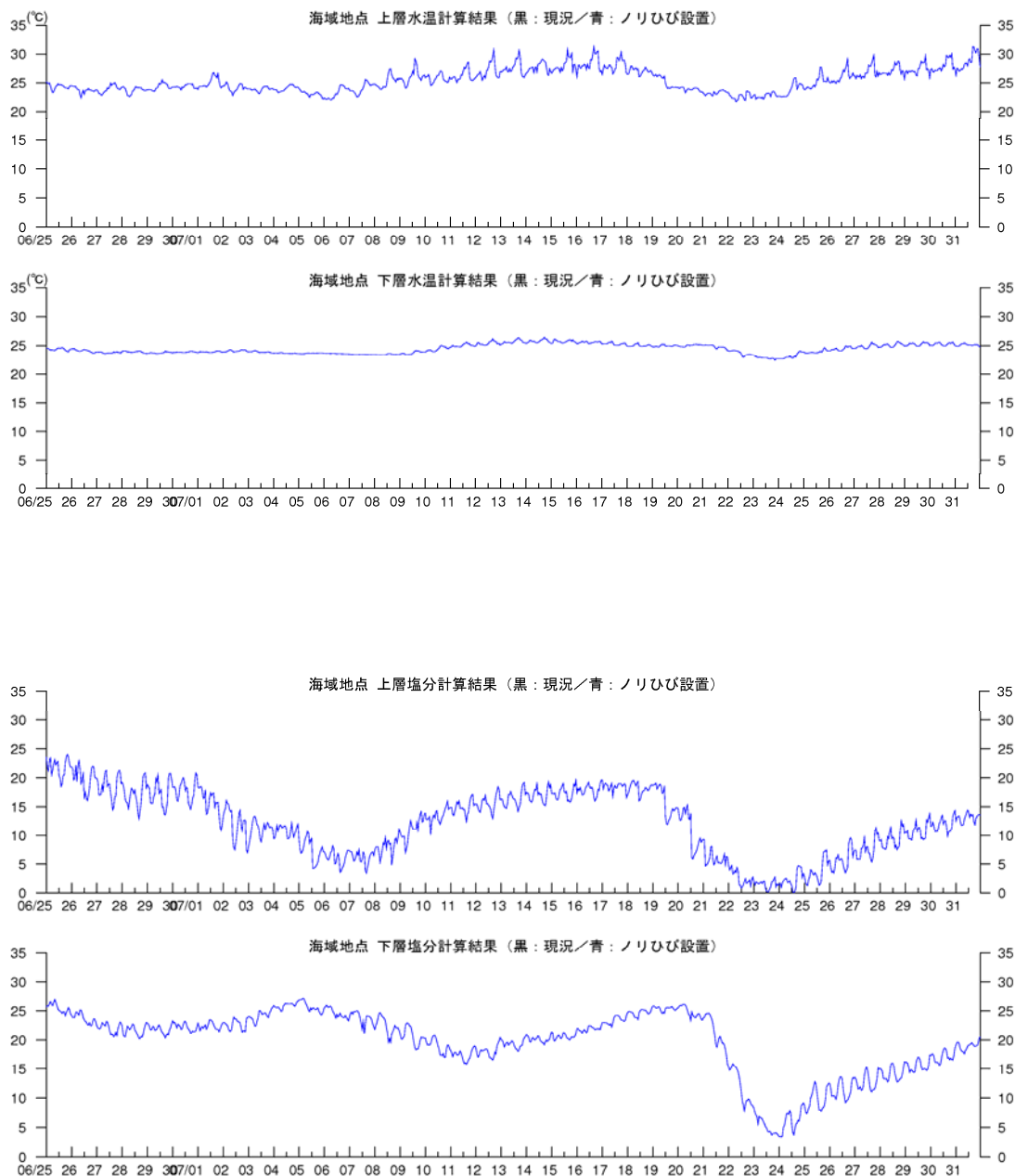


図-2.15(1) 水温および塩分の経時変化の比較（海域地点）

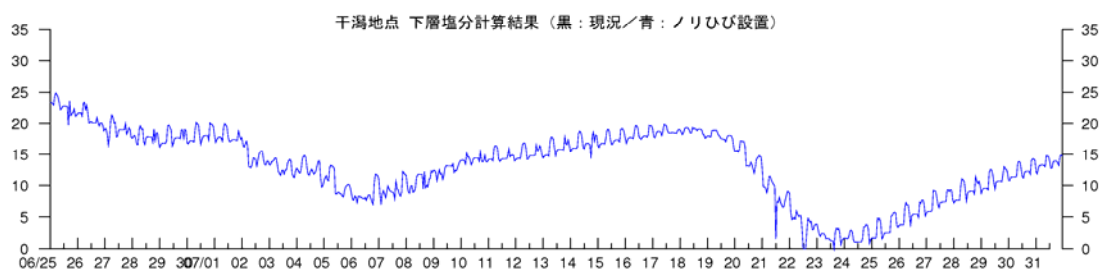
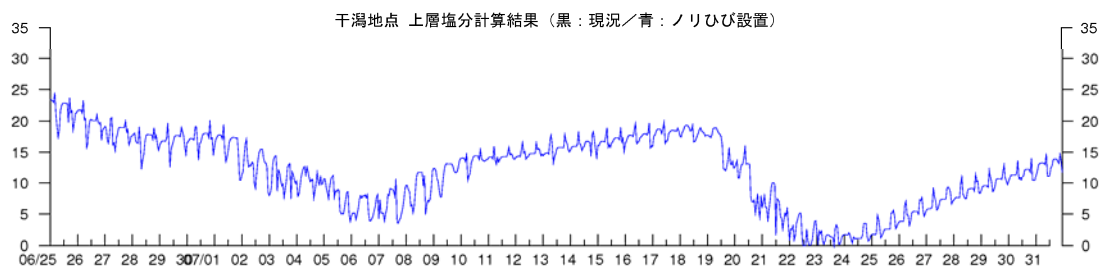
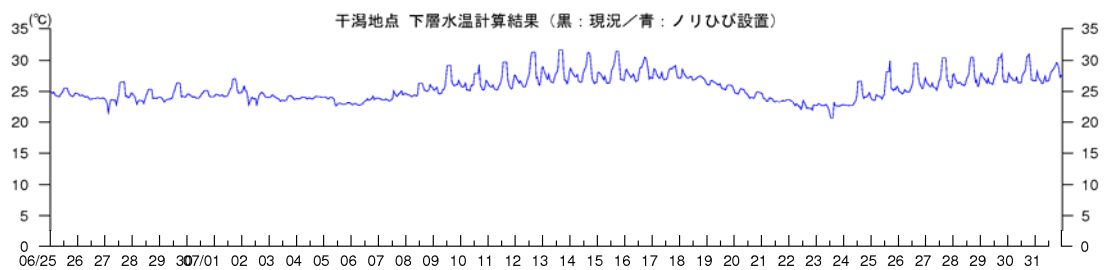
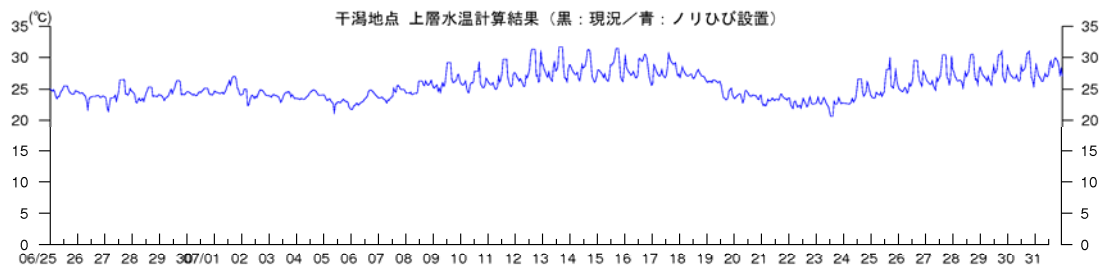


図-2.15(2) 水温および塩分の経時変化の比較 (干潟地点)

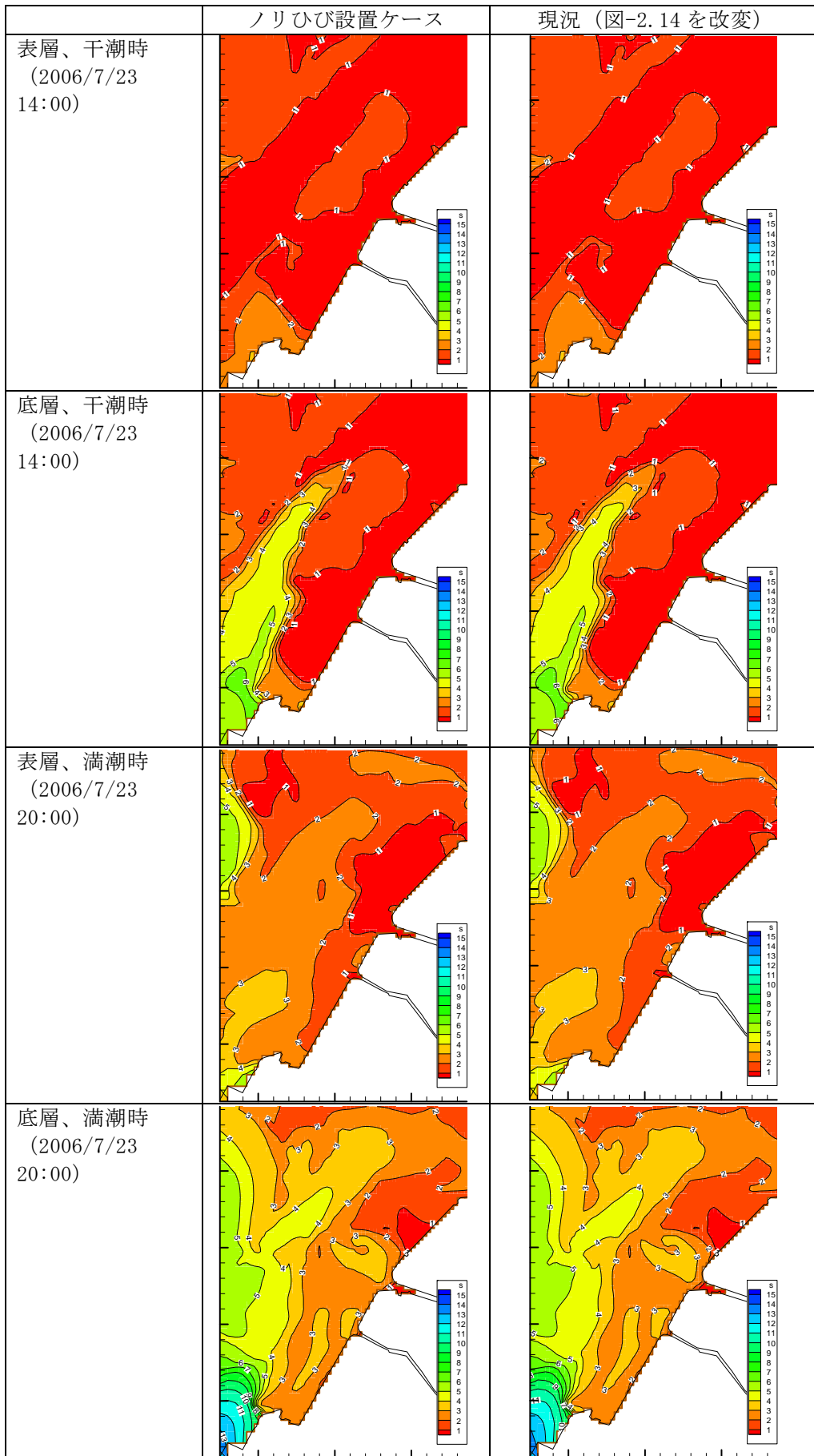


図-2.16 塩分低下時における塩分分布計算結果の比較

② 作濤ケース

図-2.17 に作濤を行った場合と現況の任意地点における水温、塩分の比較を示す。特に干潟地点の塩分で作濤した場合としない場合とで違いがみられる。

また、塩分低下が最も顕著であった平成 18 年 7 月 23 日における干潮時と満潮時の塩分分布計算結果の比較を図-2.18 に示す。塩分分布は作濤した場合としない場合での違いはほとんどみられなかった。

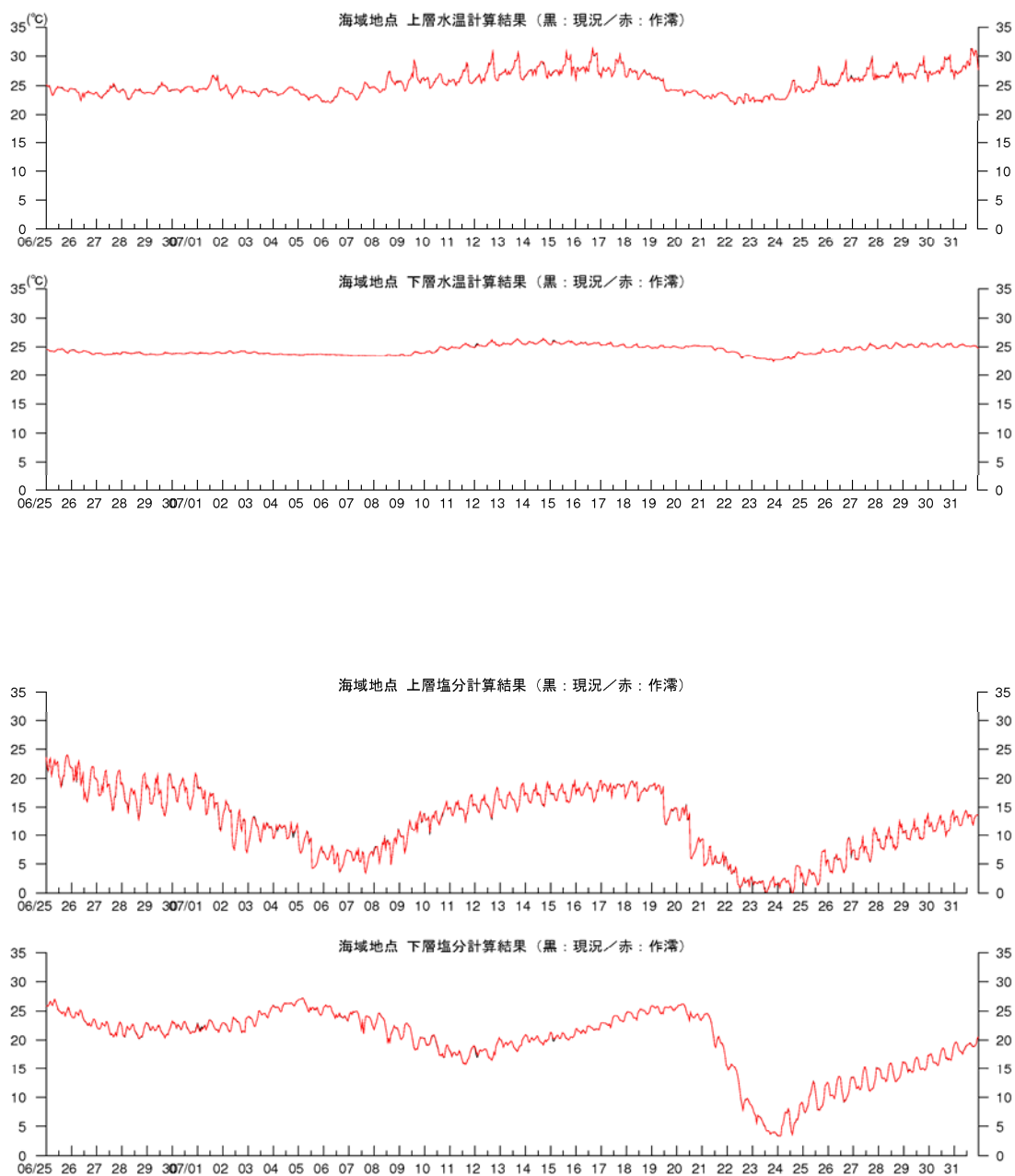


図-2.17(1) 水温および塩分の経時変化の比較 (海域地点)

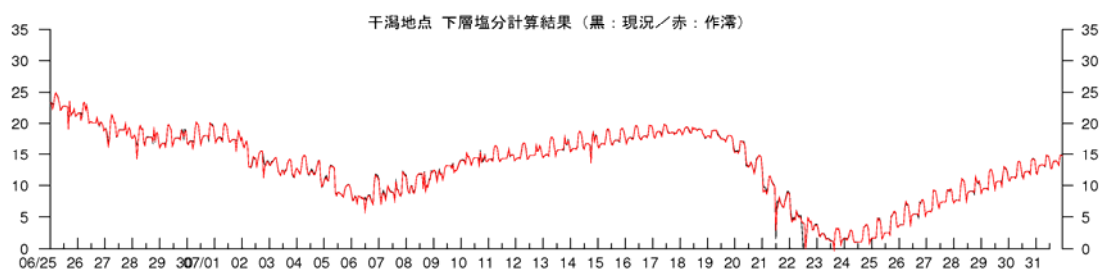
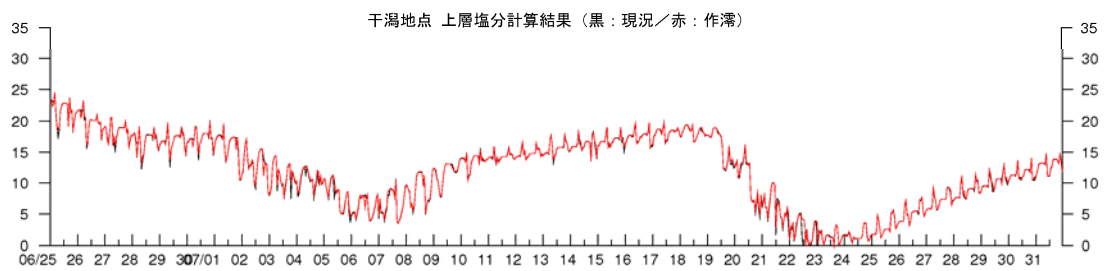
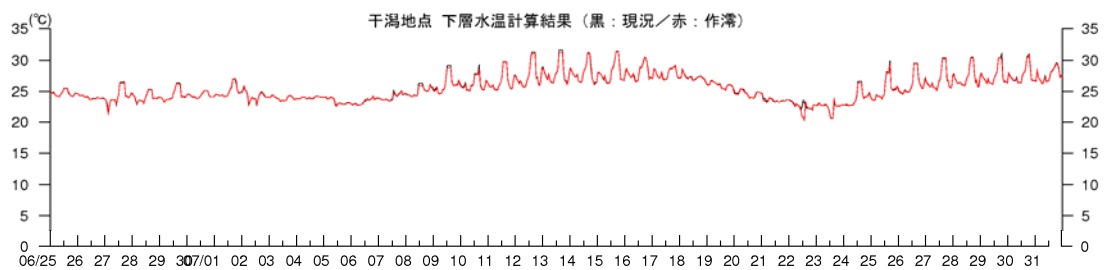
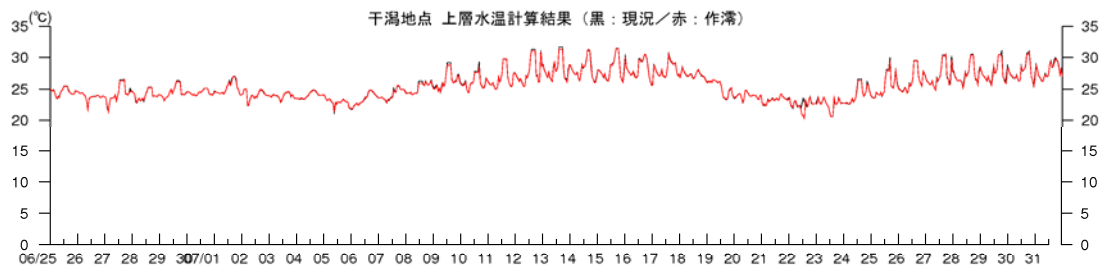


図-2.17(2) 水温および塩分の経時変化の比較 (干潟地点)

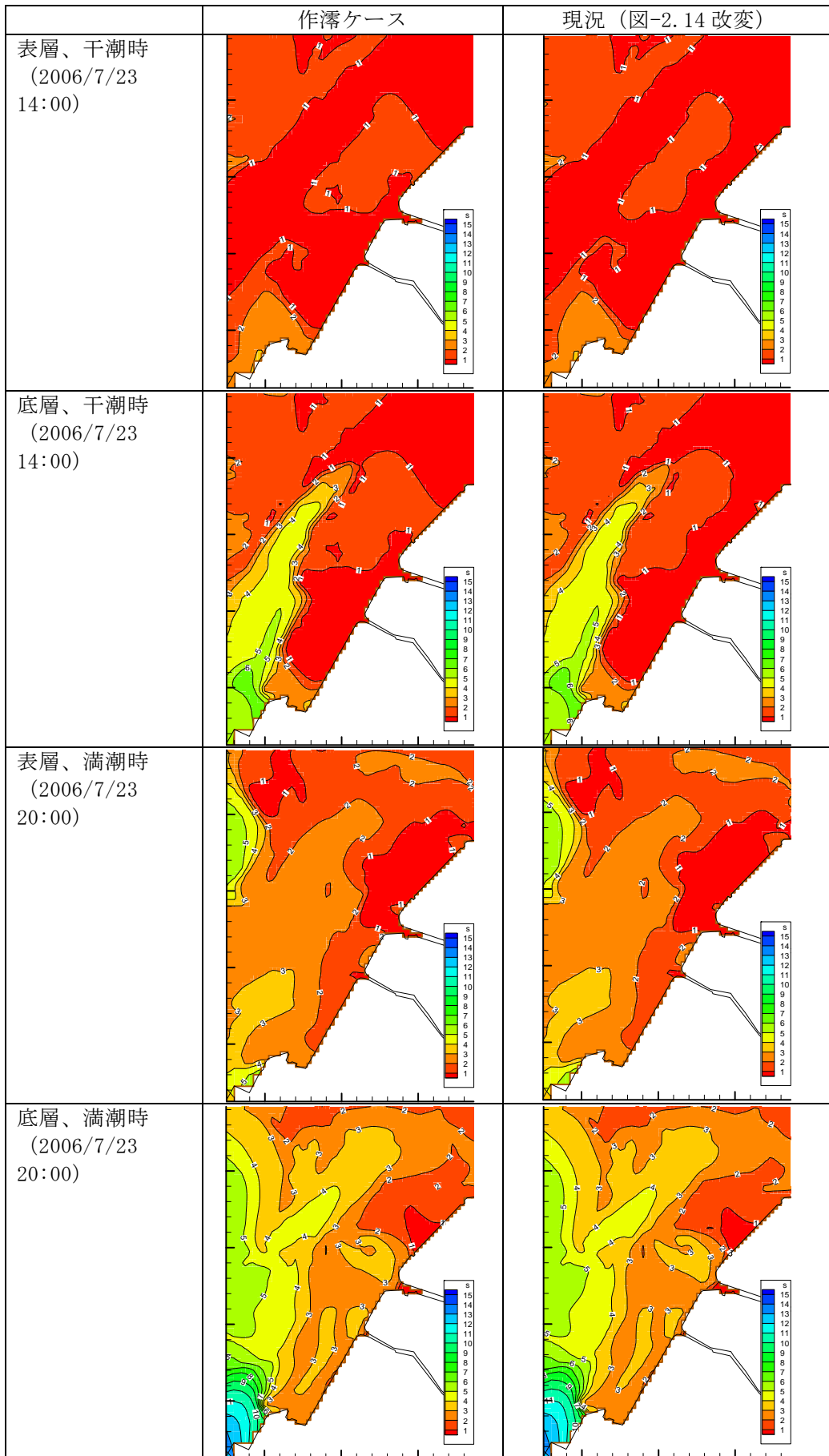


図-2.18 塩分低下時における塩分分布計算結果の比較

③ 大規模作濤ケース

図-2.19 に大規模作濤を行った場合と現況の任意地点における水温、塩分の比較を示す。特に干潟地点の塩分で作濤した場合としない場合とで違いがみられる。

また、塩分低下が最も顕著であった平成 18 年 7 月 23 日における干潮時と満潮時の塩分分布計算結果の比較を図-2.20 に示す。塩分分布は作濤した場合としない場合での違いはほとんどみられなかった。

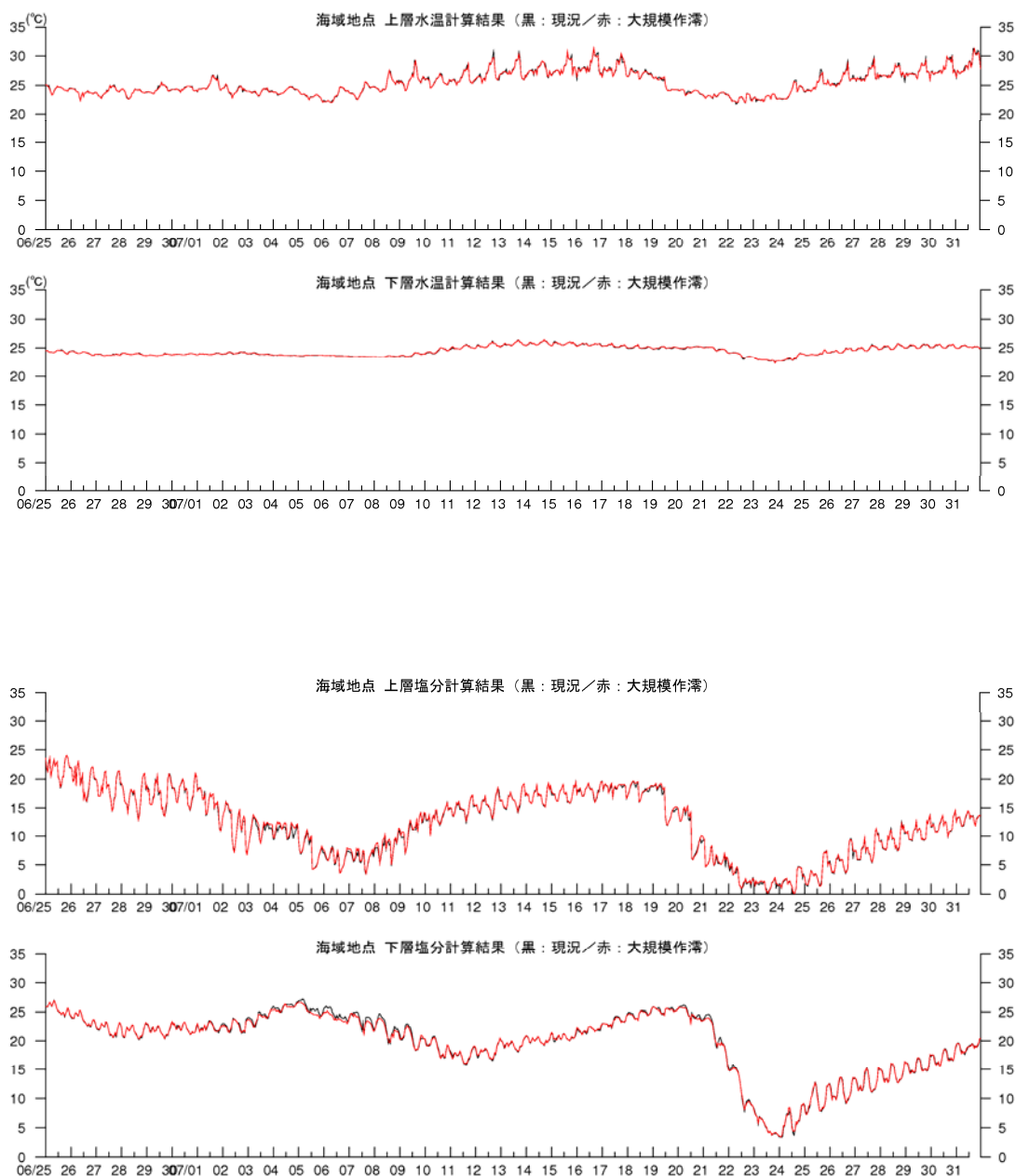


図-2.19(1) 水温および塩分の経時変化の比較 (海域地点)

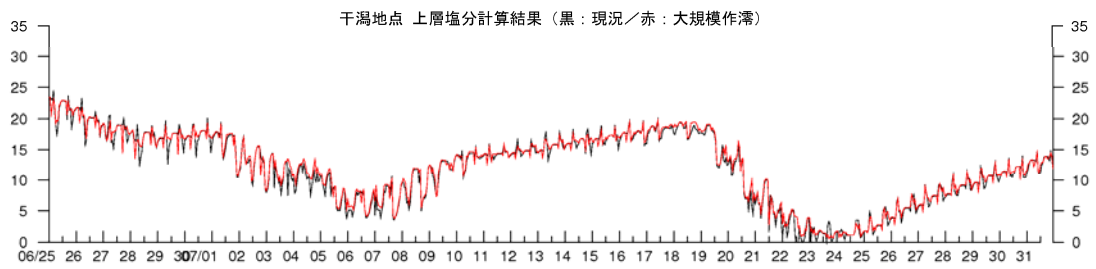
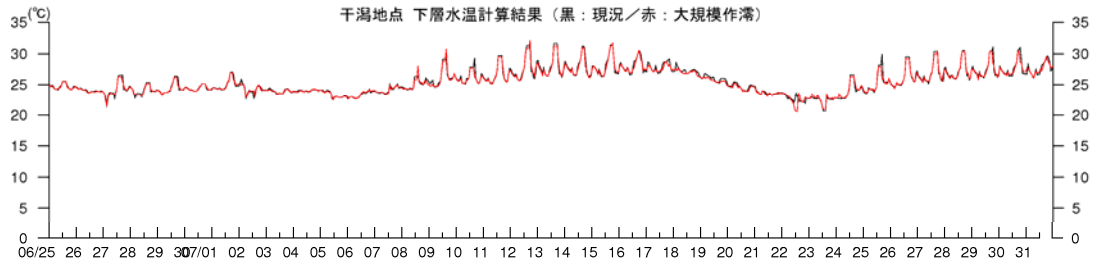
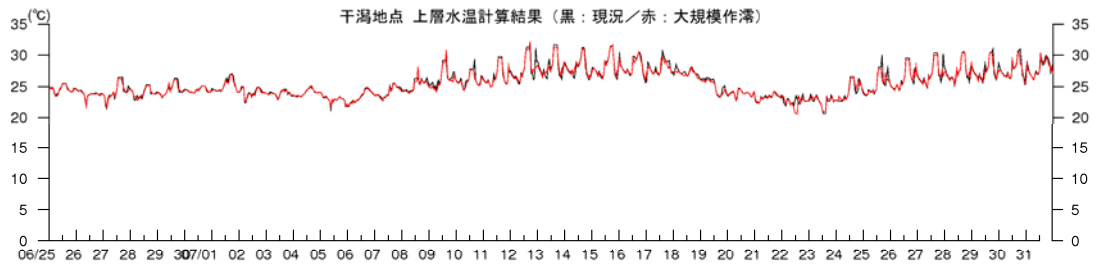


図-2.19(2) 水温および塩分の経時変化の比較 (干潟地点)

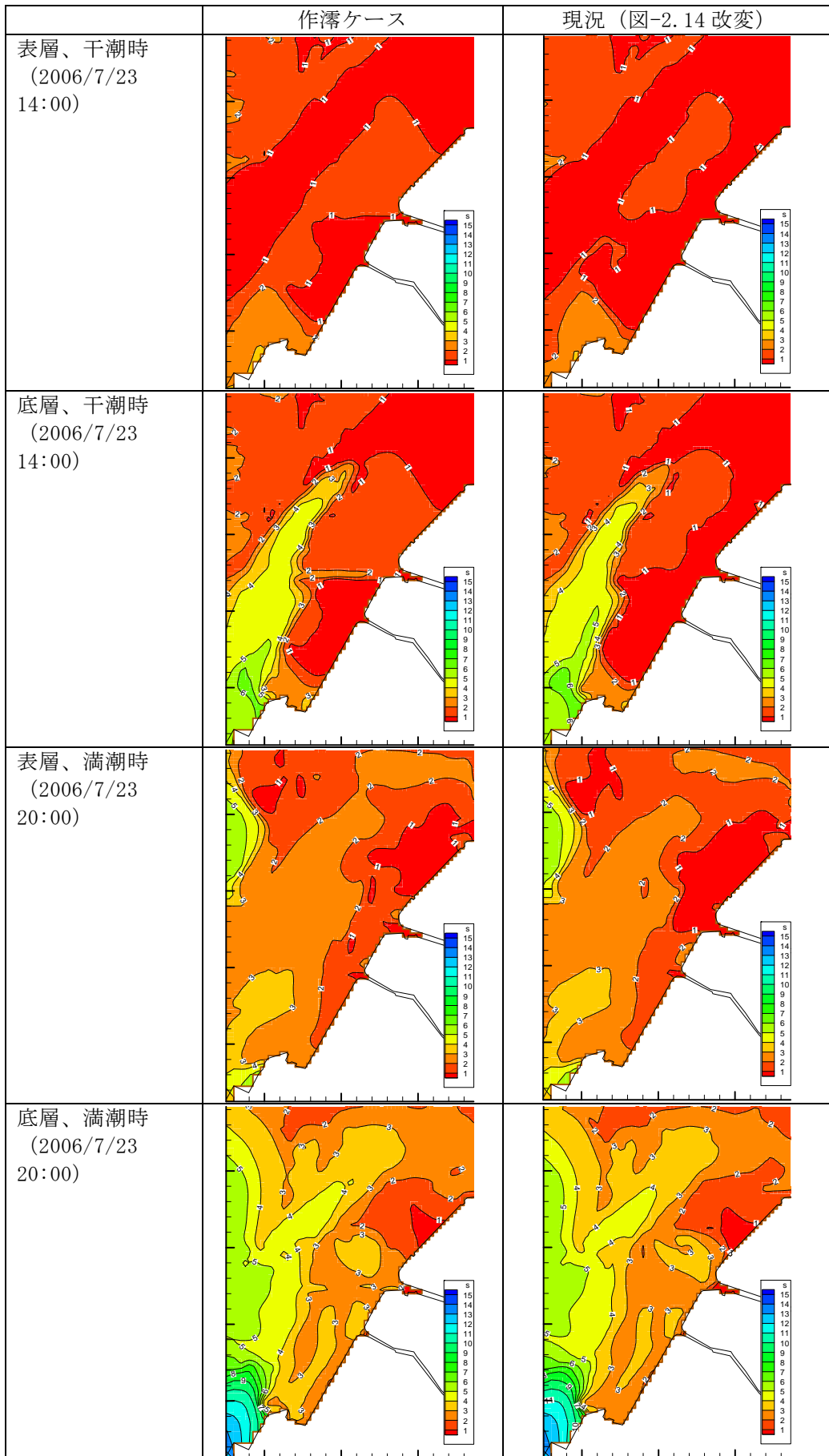


図-2.20 塩分低下時における塩分分布計算結果の比較

(5) 対策の効果

対策した場合としない場合とで違いが見られた作滞を行ったケースについて、対策による淡水影響緩和効果の検討を行った。

① 作滞ケース

任意地点（図-2.12 に示す干潟地点）における水温、塩分についての現況からの変化値を図-2.21 に示す。

干潟地点表層における水温は、現況と比べると $+0.59^{\circ}\text{C}$ ～ -2.79°C の範囲で変化しており、平均では -0.05°C の違いであった。また、塩分は、現況と比べると $+4.15$ ～ -2.84 の範囲で変化しており、平均では $+0.06$ の違いであった。

干潟地点底層における水温は、現況と比べると $+0.60^{\circ}\text{C}$ ～ -2.82°C の範囲で変化しており、平均では -0.04°C の違いであった。また、塩分は、現況と比べると $+4.15$ ～ -2.92 の範囲で変化しており、平均では -0.04 の違いであった。

表層、底層とも最も変化が大きくなっていたのは7月22日の13時であり、このときには水温が低下し、塩分が高くなっていた。

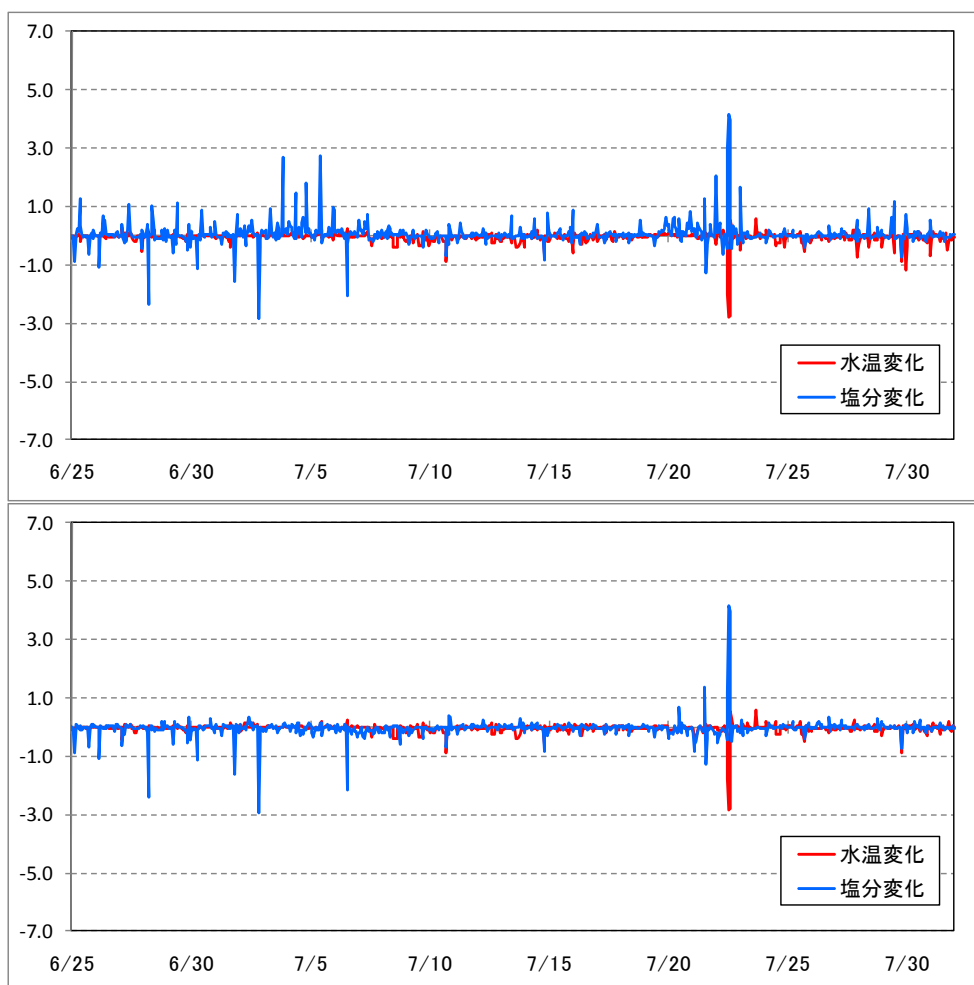


図-2.21 任意地点における水温、塩分の変化値（作滞ケース—現況、上：表層、下：底層）

表層、底層とも最も変化が大きくなっていた、7月22日13時における塩分の変化値の分布を図-2.22に示す。作濤を設定した箇所の背後に塩分が高くなっている部分が見られ、高いところでは塩分が4以上高くなっていた。また、わずかな範囲であるが、塩分が高くなっていた範囲の周辺に塩分が低下していた部分も見られた。

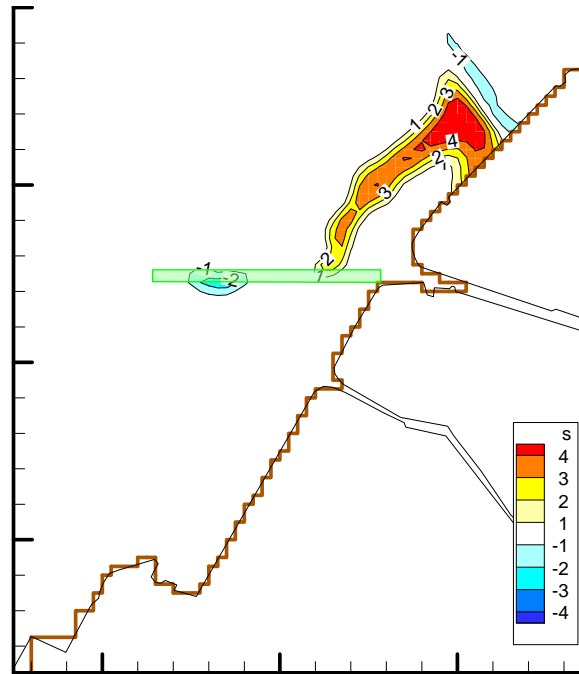


図-2.22(1) 現況からの塩分変化値の分布（作濤ケースー現況、7月22日13時、表層）
注）緑色は作濤箇所を示す

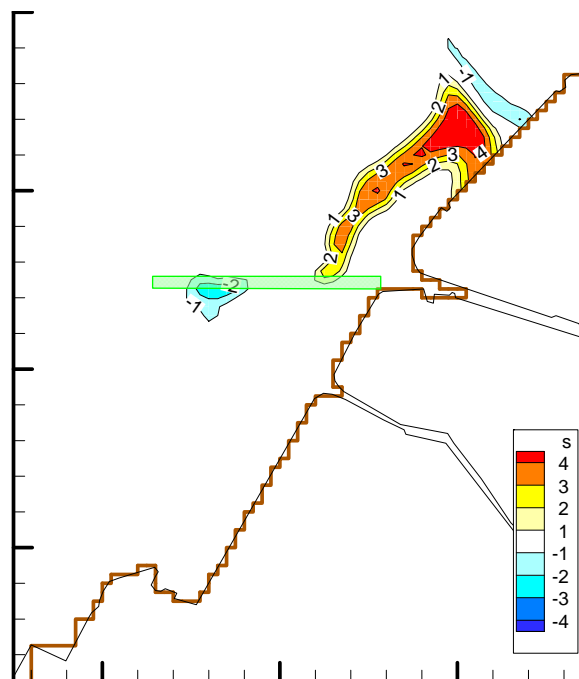


図-2.22(2) 現況からの塩分変化値の分布（作濤ケースー現況、7月22日13時、底層）
注）緑色は作濤箇所を示す

② 大規模作濇ケース

任意地点（図-2.12 に示す干潟地点）における水温、塩分についての現況からの変化値を図-2.23 に示す。

干潟地点表層における水温は、現況と比べると $+2.13^{\circ}\text{C}$ ～ -4.10°C の範囲で変化しており、平均では -0.11°C の違いであった。また、塩分は、現況と比べると $+6.10$ ～ -4.60 の範囲で変化しており、平均では $+0.24$ の違いであった。

干潟地点底層における水温は、現況と比べると $+1.75^{\circ}\text{C}$ ～ -4.03°C の範囲で変化しており、平均では -0.10°C の違いであった。また、塩分は、現況と比べると $+4.07$ ～ -4.58 の範囲で変化しており、平均では -0.03 の違いであった。

底層で最も変化が大きくなっていたのは7月22日の13時であり、このときには表層、底層ともに水温が低下し、塩分が高くなっていた。

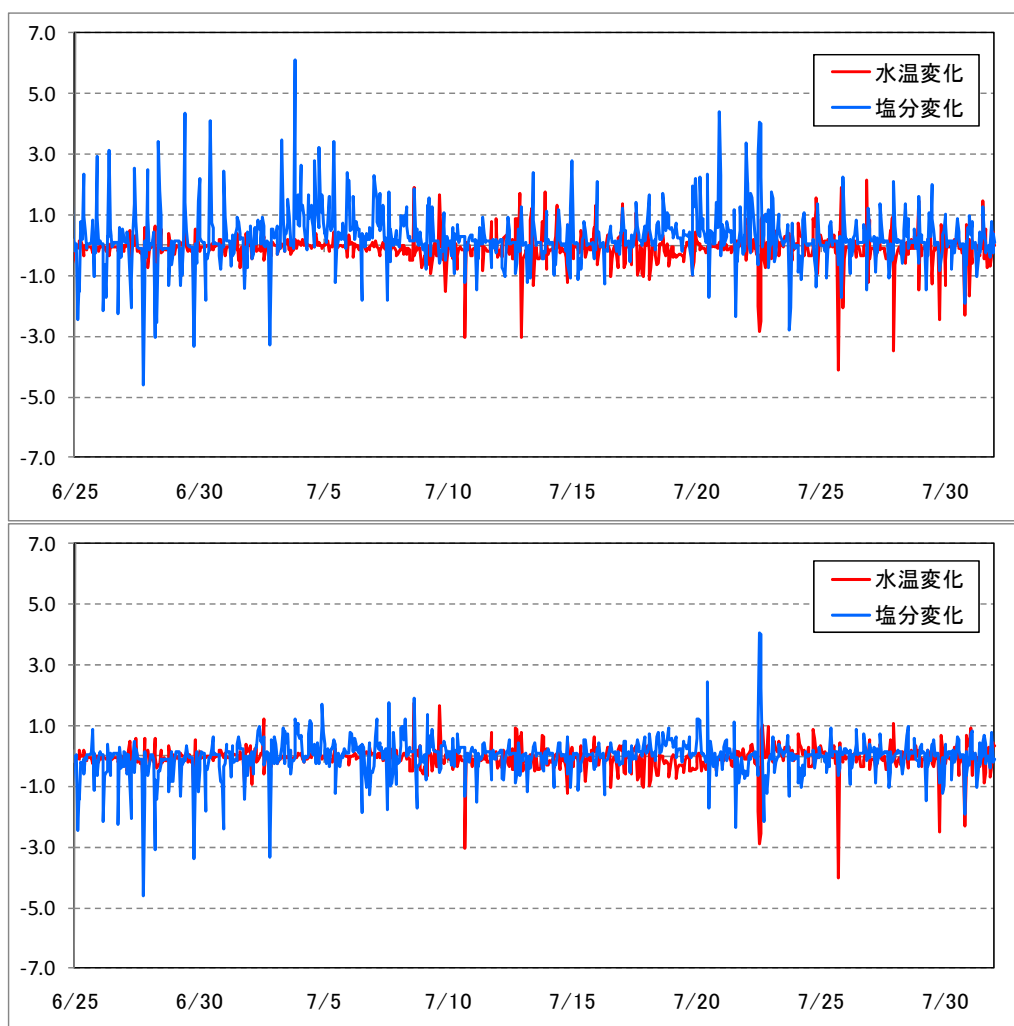


図-2.23 任意地点における水温、塩分の変化値（大規模作濇—現況、上：表層、下：底層）

表層、底層とも変化が大きくなっていた7月22日13時における塩分の変化値の分布を図-2.24に示す。作濤を設定した箇所背後に塩分が高くなっている部分が見られ、高いところでは塩分が4以上高くなっていた。また、わずかな範囲であるが、塩分が高くなっていた範囲の周辺に塩分が低下していた部分も見られた。

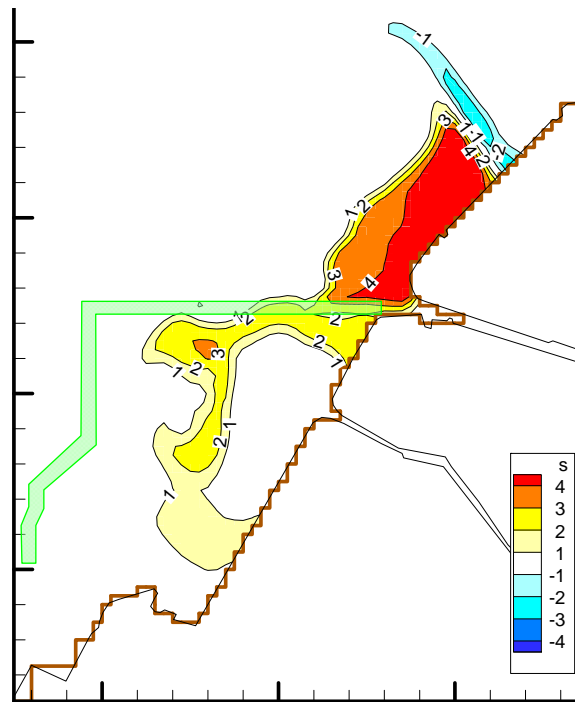


図-2.24(1) 現況からの塩分変化値の分布（大規模作濤—現況、7月22日13時、表層）
注）緑色は作濤箇所を示す

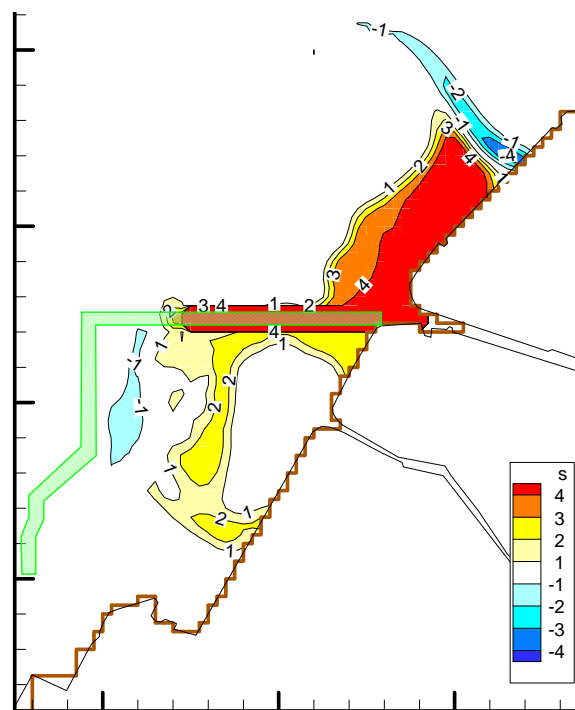


図-2.24(2) 現況からの塩分変化値の分布（大規模作濤—現況、7月22日13時、底層）
注）緑色は作濤箇所を示す

作濤ケースの効果は干潮時にみられている。通常、干潮時には八代海に対して西向きに流入している河川水は平らな干潟上を南北に広がって流れている（図-2.25 右側）。

一方、作濤を行った場合には、河川水は周囲より水深の深い濤筋に沿って流れながらさらに水深の深い南西方向に向かって広がりながら流れるため（図-2.25 左側、図-2.26 左側）、河川水は北に広がらなくなり作濤箇所より北側（湾奥寄り）の沿岸部で塩分が高くなるところが出現している。この際、干潮時であるため干潟上では水深が浅く、底層においても表層と同様な傾向がみられており、作濤箇所の北側で塩分上昇部分がみられた。

さらに、大規模な作濤を行った場合には、作濤部分の水深が深くなったことにより底層からの塩分の供給がみられ、作濤箇所の北側および作濤箇所底層において塩分上昇部分が拡大している。

なお、表層を流れる河川からの淡水と底層の海水との密度差が生じて、表層では沖合へ流れるとともに底層では河口に向かって逆方向へ流れる、いわゆる鉛直循環流が発生する可能性が考えられるが、今回の検討結果からはそのような鉛直循環流の発生を明確に確認することはできなかった。

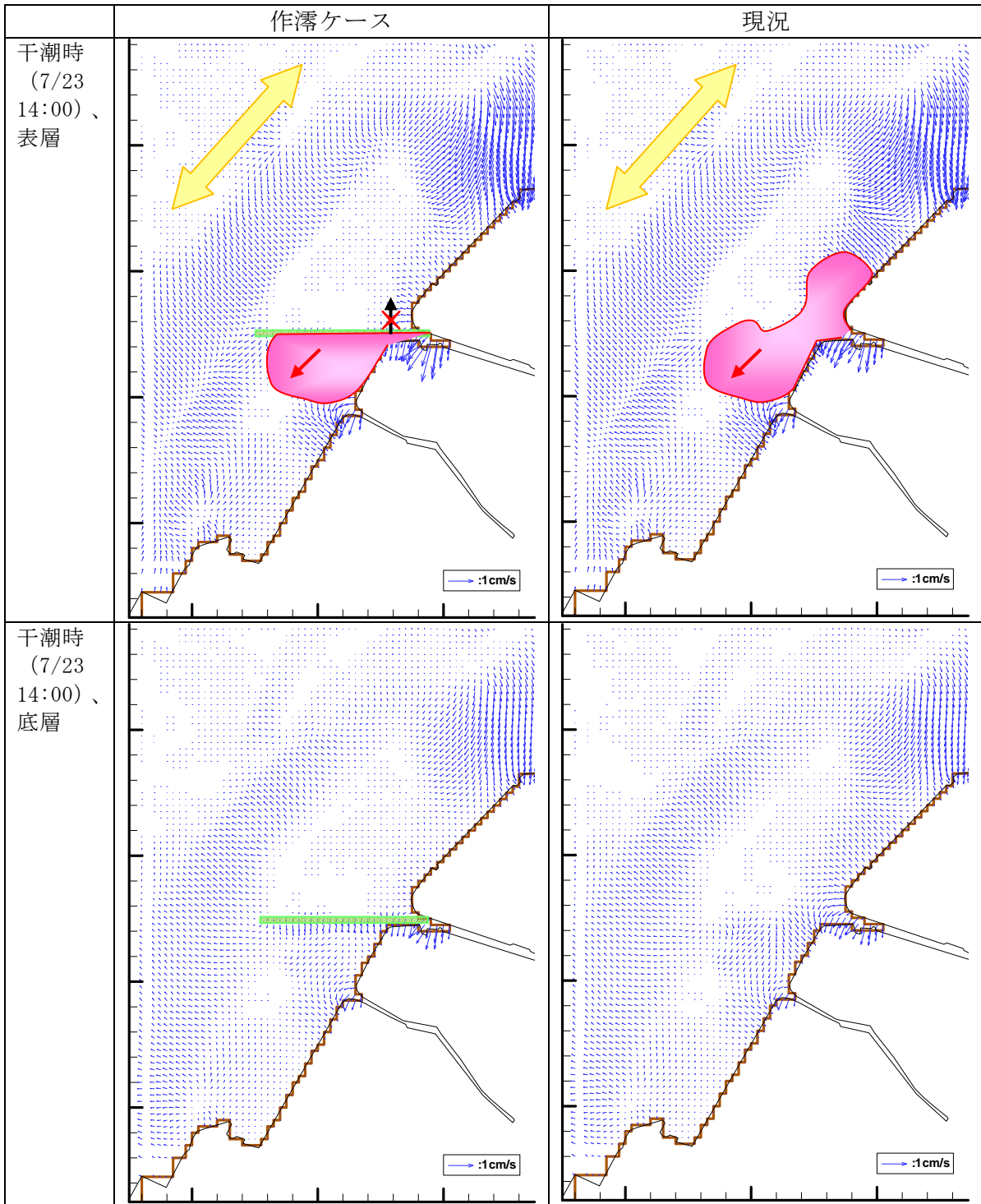


図-2.25 塩分低下時における流動ベクトルの比較（作濇ケース、緑色は作濇箇所を示す）

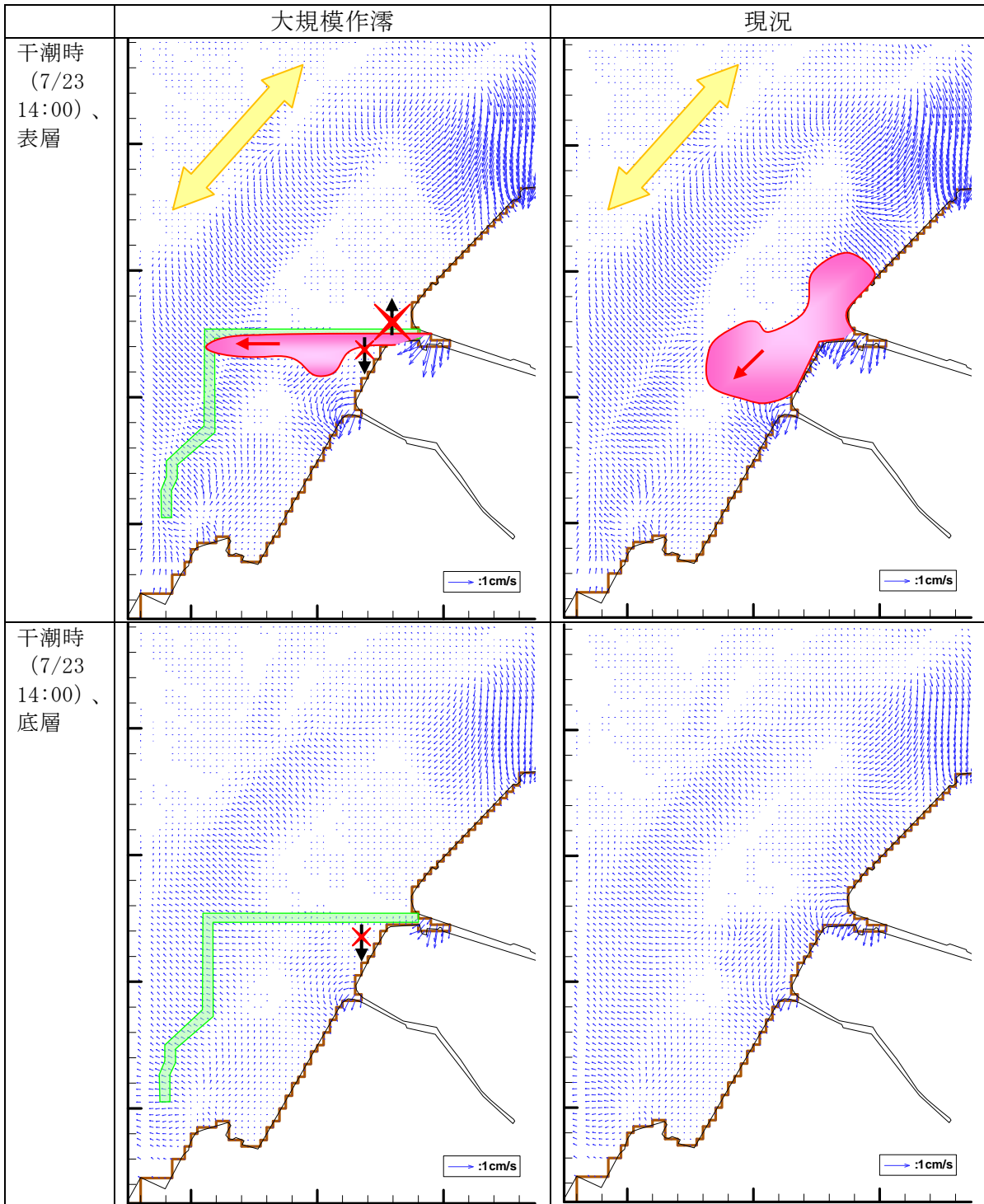


図-2.26 塩分低下時における流動ベクトルの比較（大規模作濇、緑色は作濇箇所を示す）

(6) 対策効果のまとめ

以上、数値シミュレーションモデルを用いた検討結果によれば、平成 18 年のアサリ斃死時期を対象とした淡水影響緩和対策（ノリひびの設置および作濘）による効果は以下の通りとなった。

ノリひびの設置による塩分低下対策の効果はほとんど見られなかった（図-2.15 および図-2.16）。また、水温に対してもほとんど影響を与えていなかった。

作濘による塩分低下対策では、作濘箇所周辺で最大 4 程度塩分低下が抑制される範囲が見られ（図-2.22）、さらに大規模な作濘の場合には作濘箇所周辺で最大 6 程度塩分低下が抑制される範囲が見られたが（図-2.24）、その変化は一時的なものであり（図-2.21 あるいは図-2.23）、アサリ斃死が発生する目安と考えられた塩分 10 を下回らないようにするまでの効果は見られなかった（図-2.17 および図-2.19）。

3. アサリ斃死。対策等事例の収集・整理

3.1 アサリの斃死事例・斃死要因の整理

アサリの斃死は各地で発生しているものの、その要因は複合的に関連して生じることが多く、死亡原因が特定できない事例が多い。その中でも過去に起きた斃死について、ある程度要因が推察されているものを以下に示した（表-2.4）。

斃死要因としては、貧酸素や出水時の浮泥の堆積、食害、高水温などがあり、近年は温暖化との関連が示されている南方系種のナルトビエイなどの食害も各地で目立っている。

なお、本検討海域である八代海では、平成7年以降にまとまったアサリの斃死は5回確認されている（表-2.6）。八代海における斃死事例および斃死時の環境条件等については、「3.3 八代海奥部におけるアサリ斃死時の環境条件」で詳しく述べる。

表-2.4 アサリの大量斃死の要因

要因	海域	斃死時期
青潮 貧酸素	東京湾千葉市沖	1955.8
	東京湾羽田洲、三枚洲	1960.7
	東京湾検見川から浦安	1969.8
	東京湾千葉北部	1970.8
	東京湾千葉北部	1975.9
	東京湾千葉北部	1976.8
	東京湾千葉北部	1978.7
	東京湾富津市地先	1981.8
	東京湾千葉北部	1982.7
	東京湾富津市、木更津市	1985.8
	東京湾木更津市	1987.8
	東京湾千葉北部	1988.8
	東京湾千葉北部	1991.8
	東京湾お台場	2002.9
	三河湾六条潟	2005.8
	三河湾六条潟	2006.8
出水(浮泥堆積)	東京湾千葉北部	1982.8
	東京湾千葉北部	1991.8
	東京湾木更津市	1989.8
	東京湾木更津市	1989.9
食害 (サキグロツメタガイ、ツメタガイ、ヒトデ、ナルトビエイ)	宮城県松島湾	1999
	山口県	2002
	広島県	2002
	大分県	2003
	三河湾	2005
	有明海	2002
高水温、シャトネラ赤潮	有明海諫早湾	2007.8
	有明海諫早湾	2004.8
カイヤドリグモ寄生	東京湾木更津市	2007.7
餌量不足	東京湾木更津市	1989.2
底質中のマンガン濃度	熊本県緑川	

(アサリの大量斃死に関する参考文献)

- 内田晃 (1962) : 千葉県検見川地先の被泥によるアサリ被害調査、千葉県内湾水産試験場調査報告書、4、125-132.
- 川本信之 (1966) : 千葉県沿岸における蛤大量斃死原因調査報告、千葉県沿岸における蛤大量斃死原因調査報告書、1-32.
- 津田平蔵・河合博 (1980) : 木曾三川河口域における貝類の衰弱・斃死原因について、三重県伊勢湾水産試験場年報、昭和 53 年度、72-83.
- 梶山実・藤森常生・野尻節郎 (1983) : 畠口地先のアサリ斃死調査 (その 1) 熊本県のり研究報告書、昭和 57 年度、197-200.
- 独立行政法人水産総合研究センター養殖研究所生産システム部 (2004) : 諫早湾アサリ養殖場におけるアサリ大量へい死原因の究明、農林水産研究情報ホームページより.
- 水産庁 (2006) : シンポジウム「アサリ等二枚貝の食害問題の解決に向けて」、水産総合研究センター東北区水産研究所ホームページより.
- 松田正彦 (2008) : アサリ養殖漁場における夏季大量へい死要因の検討、長崎大学ホームページより.

3.2 アサリ斃死の対策事例について

アサリの大量斃死の要因が特定できた事例においても、それを防ぐための対策で効果が得られている事例は少なかった。現時点では、海水交換を促すための作霽や食害生物の駆除等が行われている程度である。

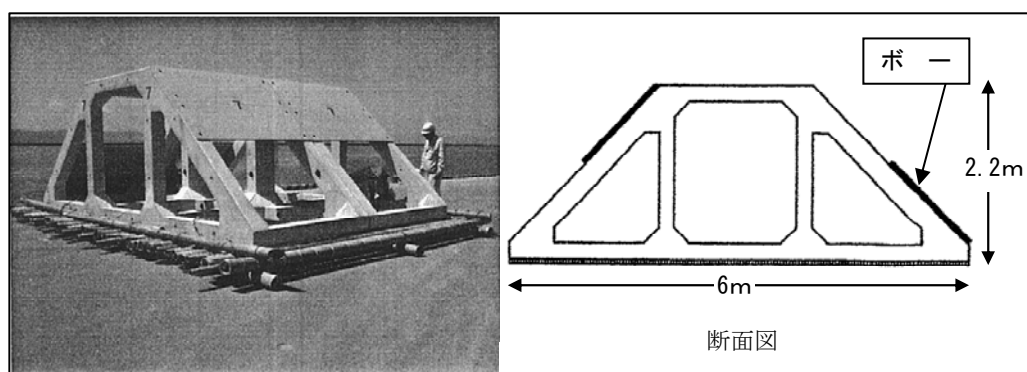
八代海奥部では、アサリの大量斃死の要因が長期間の塩分低下であると推察されているが、他地域では低塩分が主要因と考えられる斃死事例はほとんど見当たらなかった。斃死要因は単一の要因ではなく多くの場合が複合的に作用していることが多いと考えられるため、低塩分が関与している斃死事例も含まれると考えられるが、低塩分による斃死は八代海の地形等に起因する特有の事象と考えられる。

八代海と同様に内湾性で降雨後に淡水流入による低塩分の漁業影響が懸念される有明海において、漁業協同組合へその対策事例についてヒアリングを行った。その結果、河口部においてのり養殖をしている組合では、降雨後の表層の塩分を回復させるために、水中に攪拌礁を設置していた（下写真）。これは潮流を受けて下層の海水が上層に湧昇することで表層の低塩分を回復させる効果があるとのことで、表層で養殖するのりを対象としている。アサリが生息する底層の塩分回復の効果は不明であるが、ノリ養殖では効果がみられているとのことであった。

以上から、八代海奥部における淡水影響対策としては、現時点で考えられる対策としては、ノリひび等による流入水の沖合放出促進や作霽による海水交換促進、攪拌礁等の設置による低塩分水塊の解消が考えられる（表-2.5）。

表-2.5 淡水影響対策例

対 策	期待する効果
ノリひび設置	流入する淡水の速やかな沖合への放出
作 霽	海水交換の促進
攪 拌 礁	河口部などに設置し、河川水と海水の攪拌をはかり、特に表層ののり養殖の淡水被害（芽流れ現象）防止を図る。



[写真] 有明海に設置されていた攪拌礁

3.3 八代海奥部におけるアサリ斃死時の環境条件

(1) 過去の斃死時の環境条件

八代海奥部においてアサリの大量斃死が起きる条件を整理するために、アサリの斃死が確認された平成7年、8年、9年、17年、18年の当該月（表-2.6）について、気象や潮汐データを整理した。

表-2.6 八代海におけるアサリ等二枚貝類の大量斃死発生状況

斃死発生年月
平成7年6月～7月
平成8年6月～7月
平成9年7月
平成17年7月
平成18年6月～7月

熊本県の八代観測所における降水量データについて、昭和63年以降の6月、7月について月間の降水量を整理し、降水量が多い順に並べた（表-2.7）。6月、7月の降水量と斃死状況を整理すると、7月の降水量が多い年に斃死が起きることが多いが、7月の月間の降水量が多くても必ずしも斃死が起きないことも分かった。また、斃死は単純に6月、7月の合計降水量が多い年よりも、連続して400mm程度の多量の降雨があった年に発生していた。

表-2.7 八代観測所における6～7月の降水量の順位（昭和63年～平成20年）

順位	6月の降水量		7月の降水量		6月+7月の降水量		6～7月の連続降雨時の合計降水量最大値※	
	年	降水量(mm)	年	降水量(mm)	年	降水量(mm)	年	降水量(mm)
1	平成20	769	平成9	892	平成5	1369	平成9	714
2	平成5	629	平成5	740	平成18	1223	平成19	554
3	平成3	612	平成18	710	平成9	1142	平成7	518
4	平成10	547	平成17	705	平成20	948	平成17	505
5	平成11	543	平成19	626	平成8	907	平成18	462
6	昭和63	523	平成7	560	平成19	882	平成2	436
7	平成18	513	平成8	406	昭和63	863	平成8	401
8	平成8	501	平成15	387	平成3	861	平成5	361
9	平成13	436	昭和63	340	平成7	844	平成3	352
10	平成2	404	平成元	330	平成17	817	平成11	342
11	平成12	349	平成12	253	平成10	741	平成20	336
12	平成15	310	平成3	249	平成11	698	平成10	291
13	平成4	306	平成4	248	平成15	697	平成13	282
14	平成7	284	平成13	243	平成13	679	昭和63	269
15	平成6	281	平成2	213	平成2	617	平成15	226
16	平成14	271	平成10	194	平成12	602	平成4	184
17	平成19	256	平成20	179	平成4	554	平成6	181
18	平成9	250	平成14	170	平成元	524	平成14	166
19	平成元	194	平成11	155	平成14	441	平成12	143
20	平成17	112	平成16	73	平成6	298	平成元	116
21	平成16	84	平成6	17	平成16	157	平成16	41

注) アメダスデータ（気象庁）をもとに作成。 は斃死が起きた月を示す。

※6～7月で、途切れずに数日間降り続いた降雨の合計降水量のうちの最大値を示す。

これらを整理すると、斃死が起きた月にはいくつかの共通点がみられた（表-2.8）。共通する事項としては、降水量以外に潮汐、気温、風況が挙げられ、多量の降雨が大潮期から小潮期の潮汐変動が小さくなる時期に重なり、降雨後に気温が上昇し最高気温が 30℃を超える日が続いている。さらに、淡水が湾奥に押し込まれる南より比較的強い風が断続的に吹いていた。

これらの状況が重なった場合にアサリが大量に斃死することが示唆された。精度にはまだ課題があると考えられるが、これらの斃死発生時の条件が重なることが予測される場合には、予め漁獲してしまうことで漁業被害を最小限にとどめることが可能になる。

表-2.8 斃死発生時の気象、潮汐状況の共通点

環境条件	状況
降水量	降水量が日最大 100mm/日を超えるような降雨がある。かつ、50mm/日を超えるある程度まとまった降雨も数日間続き、その数日間で合計 400mm 以上の降雨がある。
潮汐	降雨が小潮期、もしくは大潮から小潮期に向かう時期に重なる（潮位差が縮小する時期に重なる）。
気温	降雨後の数日間に気温が上昇し、最高気温が 30℃を超えている。降雨後の小潮期は、気温の上昇と共に水温も上昇していると考えられる。
風況	降雨中、降雨後に南よりの比較的強い風（平均風速 3～6m/s 程度）が断続的に吹く。

(2) 八代海奥部におけるアサリ斃死時の環境条件と平成 21 年度調査時の比較

平成 21 年度の調査結果を斃死発生時の気象、潮汐状況に照らし合わせると、7 月の降雨量は表-2.9 に示すように過去 20 年間のうちでは多い方であったが、降雨が大潮期と重なっていたことから、塩分が低下しにくく、低下しても短期間で回復しやすい状況であり、今年には斃死が起きなかったと考えられる（表-2.10）。

アサリの大量斃死は、複数の要因が複合的に作用して発生すると考えられるが、過去の斃死発生年次の状況から推定した斃死発生条件は、今後精度を高める必要はあるものの、平成 21 年度の結果と照らしても矛盾はなく、これらの条件が重なることが予想される際には、大量斃死発生前の予測に用いることが可能であると考えられる。

表-2.9 八代観測所における6～7月の降水量の順位（昭和63年～平成21年）

順位	6月の降水量		7月の降水量		6月+7月の降水量		6～7月の連続降雨時の合計降水量最大値*	
	年	降水量(mm)	年	降水量(mm)	年	降水量(mm)	年	降水量(mm)
1	平成20	769	平成9	892	平成5	1369	平成9	714
2	平成5	629	平成5	740	平成18	1223	平成19	554
3	平成3	612	平成18	710	平成9	1142	平成7	518
4	平成10	547	平成17	705	平成20	948	平成17	505
5	平成11	543	平成19	626	平成8	907	平成18	462
6	昭和63	523	平成7	560	平成19	882	平成2	436
7	平成18	513	平成21	477	昭和63	863	平成8	401
8	平成8	501	平成8	406	平成3	861	平成5	361
9	平成13	436	平成15	387	平成7	844	平成3	352
10	平成2	404	昭和63	340	平成17	817	平成11	342
11	平成12	349	平成元	330	平成10	741	平成20	336
12	平成15	310	平成12	253	平成21	705	平成10	291
13	平成4	306	平成3	249	平成11	698	平成13	282
14	平成7	284	平成4	248	平成15	697	昭和63	269
15	平成6	281	平成13	243	平成13	679	平成15	226
16	平成14	271	平成2	213	平成2	617	平成4	184
17	平成19	256	平成10	194	平成12	602	平成6	181
18	平成9	250	平成20	179	平成4	554	平成14	166
19	平成21	228	平成14	170	平成元	524	平成21	158
20	平成元	194	平成11	155	平成14	441	平成12	143
21	平成17	112	平成16	73	平成6	298	平成元	116
22	平成16	84	平成6	17	平成16	157	平成16	41

注) アメダスデータ（気象庁）をもとに作成。 は斃死が起きた年を示す。

※6～7月で、途切れずに数日間降り続いた降雨の合計降水量のうちの最大値を示す。

表-2.10 斃死発生条件と今年度調査結果との比較

項目	斃死発生条件（推定）	今年度調査時の状況と斃死発生条件該当の有無
降水量	降水量が日最大 100mm/日を超えるような降雨がある。かつ、50mm/日を超えるある程度まとまった降雨も数日間続き、その数日間で合計 400mm 以上の降雨があったか。	× 最大日降雨量 225mm を観測したが、その前後で 50mm 以上の降雨はなかった。
潮汐	降雨が小潮期、もしくは大潮から小潮期に向かう時期に重なったか（潮位差が縮小する時期に重なる）。	× 小潮期に 75mm の降雨が観測されたが、その前後でまとまった降雨はなく、その他の降雨日は大潮期に重なっていた。
風況	降雨中、降雨後に南寄りの比較的強い風（平均風速 3～6m/s 程度）が断続的に吹いたか。	○ 南寄りの風の頻度が高かった。
気温	降雨後の数日間に気温が上昇し、最高気温が 30℃を超えたか。 水温の観測結果がないが、小潮期は水温が上昇すると考えられ、気温上昇が重なると水温がさらに上昇しやすいと考えられる。	○ 調査期間中、日中の気温は 30℃を超える日が多く、干潟地点の水温も小潮期には 30℃を上回った。

Ⅶ 摘 要

- ・アサリ漁場における淡水影響緩和対策は、他海域ではほとんど該当事例が見つからなかった。
- ・そこで、本業務では、降雨後のアサリ漁場の塩分低下を防止する、あるいは塩分低下状態から速やかに回復させるための基本的な考え方として、海域に流入する淡水を干潟域に拡散する前に沖合に放出するか、海水交換を良くして沖合の高塩分水を干潟域に引き込む手法を中心に検討することとした。
- ・上記の考えに従い、干潟域の淡水拡散防止策としてノリひびの設置、ならびに降雨後の流入淡水の速やかな沖合への放出や沖合の高塩分水の干潟域への引き込みが期待できる作滯の2つの対策を対象として、シミュレーションモデルを用いてその効果を検討した。
- ・計算の結果、類似の施工事例等にもとづく現実的な規模で対策を実施しても、斃死を防止するほどの淡水影響の緩和効果は期待できないことが確認された。これらの対策で淡水影響緩和を発揮するためにはかなり大規模な対策が必要と予想され、対策の実行可能性に欠けることが考えられた。
- ・上記以外の対策工法としては、流入する淡水を直接沖合へ放出するために、河口部に導流堤を設置する案が考えられる。導流堤の構造も一般的な恒久的な構造物として設置する方法以外に、表層の低塩分水を沖合へ放出するために汚濁防止幕のように一時的に河口部に展張する方法が考えられる。ただし、この方法でもある程度大規模で実施しないと効果は期待できないと予想される。
- ・一方、過去の斃死がみられた年の降雨量、風況、気温等を整理し、斃死が発生する場合の共通の条件をある程度絞り込むことができた。今後もこれらの条件が重なる場合は、アサリ等の大量斃死が起きる可能性が高いと考えられ、このような条件が重なる可能性が高いと考えられる場合には予め漁獲をして被害を最小限に抑える、といった斃死発生予測の判断材料としての使い方も可能と考えられる。精度の問題は残るが、現場で活用できれば幸いである。
- ・八代海奥部のアサリ漁場は、本調査時にも確認したがアサリの生息密度は 1,000 個体/m²近くと非常に高かった。このようにアサリが高密度で生息できる背景には、河川から淡水とともに流入する栄養塩類によって海域で植物プランクトンが発生し、アサリの餌が豊富であるからであると考えられる。そのため、この海域の豊かなアサリ生産を支えるためには適度な淡水の流入が必要であり、流入する量やタイミングが悪いと悪影響がみられるものの、基本的には周辺の河川からの淡水流入は非常に重要な要素であると考えられる。
- ・以上のように、八代海奥部における淡水影響緩和対策としては多量の降雨に対して効果が期待できる対策は限られていると考えられる。対策の実施にあたっては、ある程度の規模が必要と考えられることから、コストと効果を精査して実施することが重要であると考えられる。

VIII 引用文献

- 1) 本多忠夫・光易 恒(1980) : 水面に及ぼす風の作用に関する実験的研究, 第 27 回海講論文集, pp. 90-93.
- 2) Smagorinsky, J. (1963) : General Circulation Experiments with the Primitive Equations I. The Basic Experiment, Monthly Weather Review, 91, 99-164.
- 3) Mellor, G. L., and T. Yamada (1982) : Development of a turbulence closure model for geophysical fluid problems, Rev. Geophys. Space Phys., 20, 851-875.
- 4) (社)土木学会(1999) : 水理公式集(平成 11 年度版).

【参考】アサリの低塩分耐性について

アサリの低塩分に対する耐性を確認した実験例を示す。既往文献によればアサリが成長するには塩分 25‰が望ましく、塩分 15‰では多少の斃死がみられ始めるとされている（参考表-1）。しかし、低塩分による斃死については、水温やそのときのアサリの活力、潜砂している状況等により差異が見られるとされている。そこで、八代海産のアサリを使用し、塩分低下による生残率を確認した実験を以下に示す。

○ 実験方法：

1. 八代海で採取したアサリを現地海水（塩分濃度 23‰）を入れた水槽で飼育し、3、4 日程度馴致させる。
2. 1 のアサリの中から同程度の大きさのアサリを 300 個体選別し、100 個体ずつ 3 つに分け、体長と体重を測定する。
3. 現地海水濃度、塩分濃度 15‰、10‰、5‰に調整した実験水を水槽（60×45×35cm）に入れ、全て 25℃（6～7 月の現地水温）で等温とした後、各水槽に 100 個体のアサリを入れる。
4. 水槽設置後翌日より、定期的に水槽内の観察を行い、それぞれの水槽で死亡したアサリをカウントするとともに、死んだアサリは取り除いていく。

○ 実験水槽

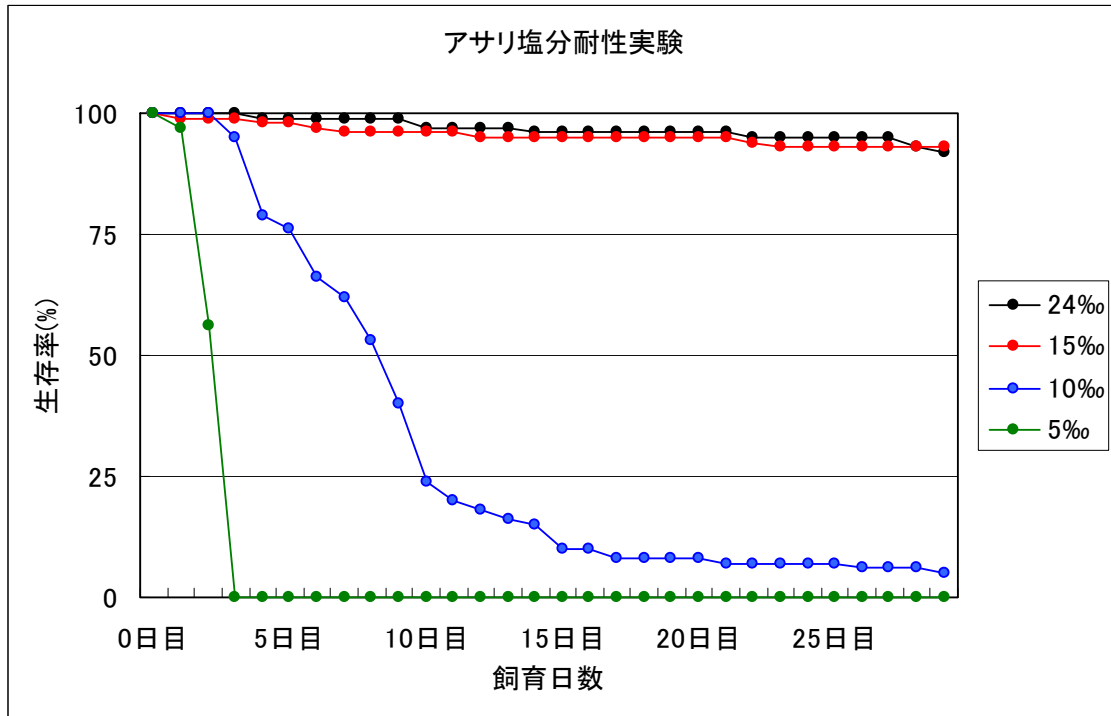
ガラス製：縦 60cm×横 45cm×高さ 35cm の水槽に 20cm まで海水を入れる。

○ その他の条件

- ・砂や泥等はいれない。
- ・試験期間中は給餌する。
- ・実験は室内で実施。
- ・ポンプによるエアレーション及び濾過装置使用。

○ 実験結果

- ・塩分 10‰では実験開始 3 日後から斃死が確認され、約 2 週間以上経過すると生残率は 10%以下まで低下した。
- ・塩分 15‰では多少の斃死個体は見られるものの、2 週間経過しても 95%の個体が生残した。
- ・本実験から、アサリの生息環境としては塩分 15‰を下回らないことが重要と考えられ、既往の文献と概ね一致した結果が得られた。



参考図-1 塩分濃度とアサリの生残率

出典)「国土交通省九州地方整備局下関港湾空港技術調査事務所資料(平成19年度実験結果)」

参考表-1 既往文献によるアサリ塩分耐性に関する知見

塩分	変態: 20‰以上で変態可能 ¹⁾ 成長・生残: 25‰以上が望ましい ¹⁾ (成貝) 18~27の範囲では正常に生存、15になると多少の斃死、10では9日後に50%斃死、5では8~9日で全滅、淡水では8時間で全滅 (稚貝) 10では13日で30%死滅、5では7日で70%死滅、淡水では8時間で全滅 ²⁾
----	--

出典) 1) 沿岸漁場整備開発事業 増殖場造成計画指針 ヒラメ・アサリ編 平成8年度版(社団法人全国沿岸漁業振興開発協会、平成9年)

2) くまもとのあさり(熊本県林務水産部、昭和62年)