参　考　資　料

平成27年3月10日
高知県
国土交通省　四国地方整備局

地震・津波防護対策　計画方針（H26年5月20日）

○平成25年6月に公表した「三重防護※1」の考え方に基づき、防災※2・減災※3対策を行う。

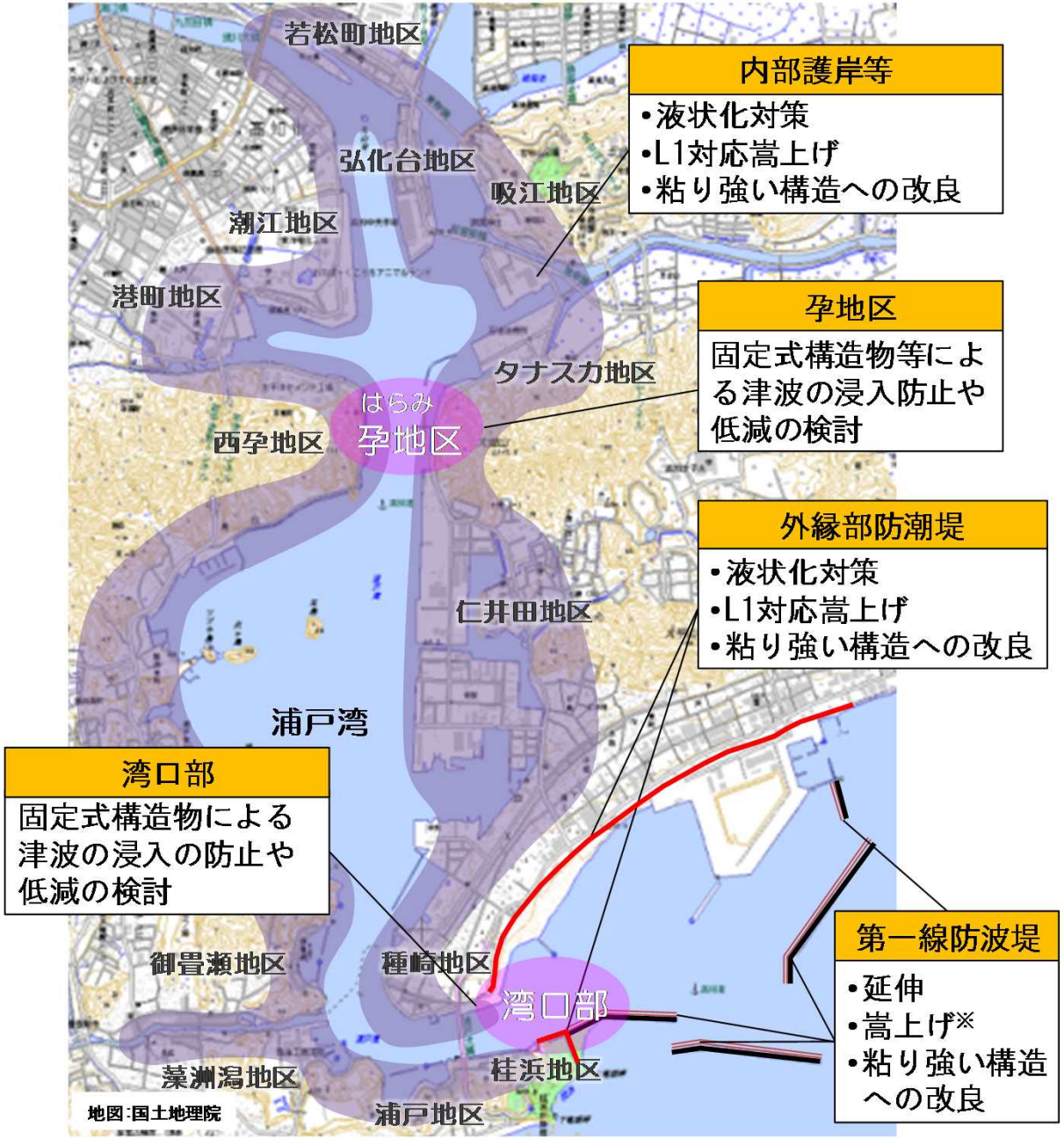
※1三重防護：　①高知新港の防波堤、②浦戸湾外縁部・湾口部の防波堤や防潮堤、③浦戸湾内部護岸等の改良、補強等を行うことにより、津波からの防護を重層的に行うもの

※2防災：堤内地（津波防護ラインより陸側）への津波の浸入を防ぐ

※3減災：できる限り浸水深や浸水面積を低減するとともに、津波到達時刻の遅延を図る

○海岸保全施設の整備にあたっては、これまでの中央防災会議等での議論を踏まえ、発生頻度の高い津波（Ｌ１）に対しては、津波防護ラインより陸側への津波の浸入を防ぐとともに、最大クラスの津波（Ｌ２）に対しては、浸水面積や浸水深の低減、津波到達時刻の遅延等の減災対策を図る。

○湾口部への可動式防波堤設置案については、湾口部や孕地区への固定式防波堤の設置案と比較して、とりわけＬ２津波に対する防護効果が劣ることから、今回は採用を見送る。なお、固定式防波堤の設置箇所や構造等については、今後、費用対効果、船舶の航行や河川・湾内環境への影響等を総合的に勘案して決定する。



※ 第一線防波堤の嵩上げについては、別途地震時の地盤沈下量を求め、地震後においても港内の静穏度を確保するのに必要な高さに事前対策する。

対策案の検討ケース

①湾口部固定式案

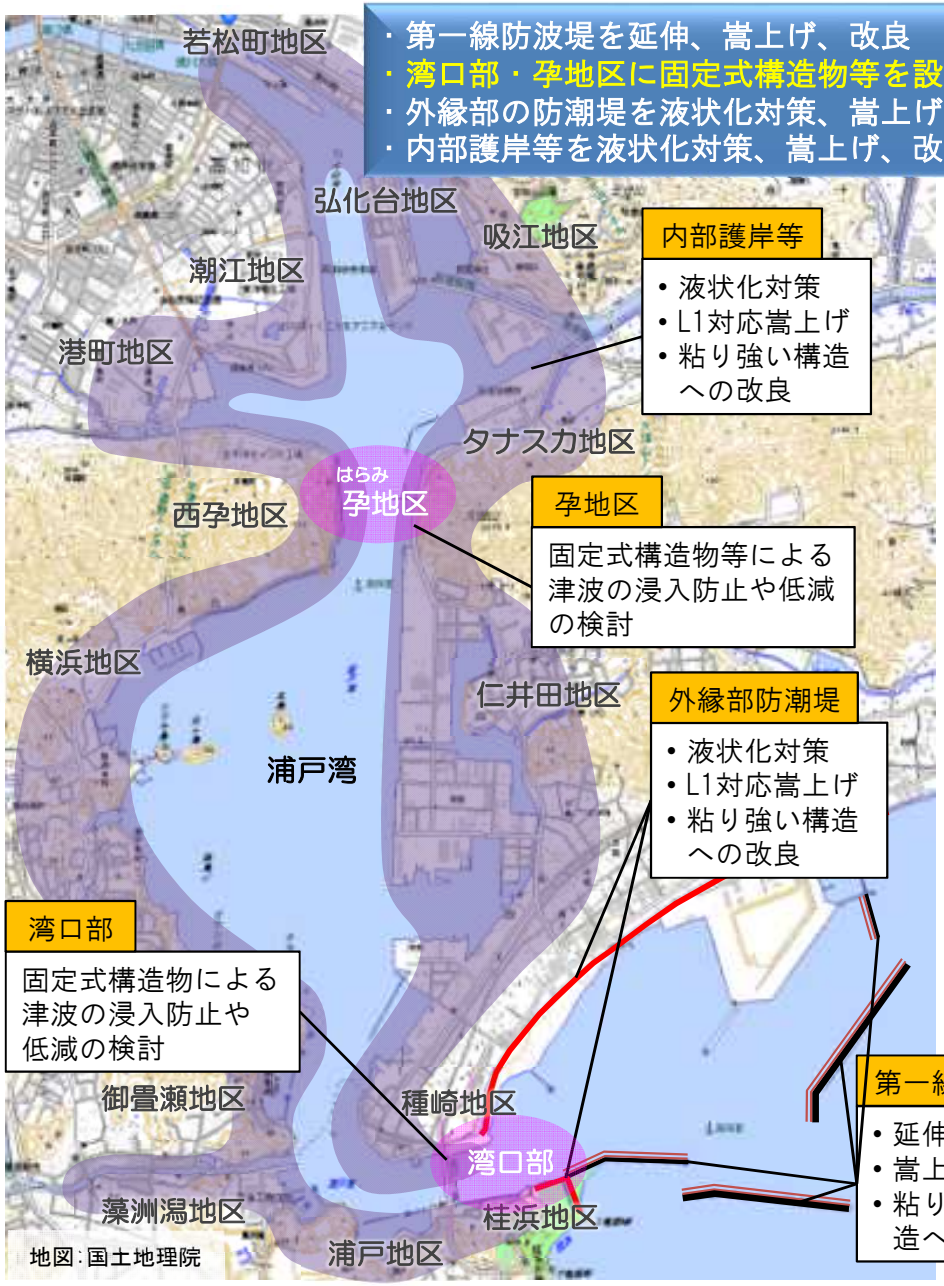
②孕地区固定式案

※ 第一線防波堤の嵩上げについては、別途地震時の地盤沈下量を求め、地震後においても港内の静穏度を確保するのに必要な高さに事前対策する。

対策案の検討ケース

③湾口部・孕地区固定式案

・第一線防波堤を延伸、嵩上げ、改良
・湾口部・孕地区に固定式構造物等を設置
・外縁部の防潮堤を液状化対策、嵩上げ、改良
・内部護岸等を液状化対策、嵩上げ、改良



内部護岸等
- 液状化対策
- L1対応嵩上げ
- 粘り強い構造への改良

孕地区
固定式構造物等による津波の浸入防止や低減の検討

外縁部防潮堤
- 液状化対策
- L1対応嵩上げ
- 粘り強い構造への改良

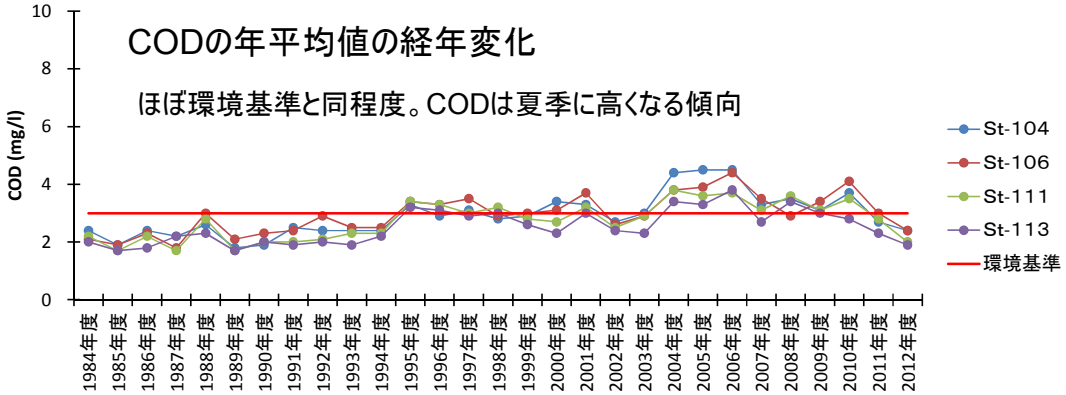
湾口部
固定式構造物による津波の浸入防止や低減の検討

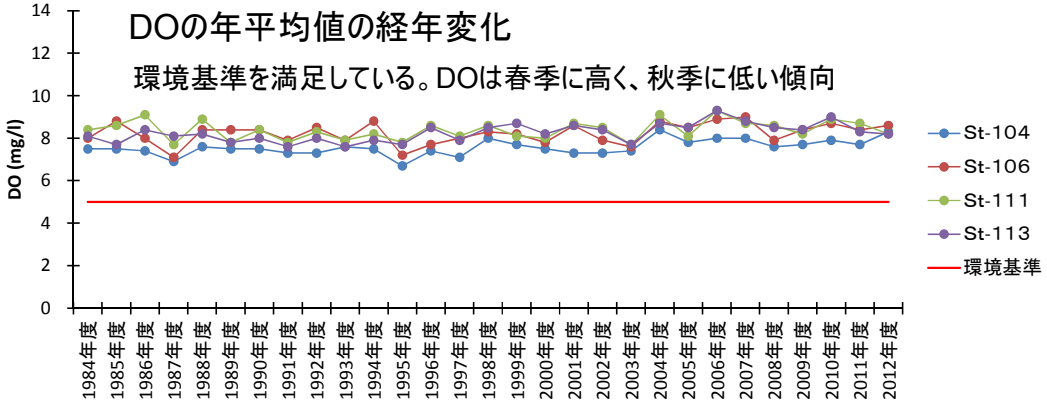
第一線防波堤
- 延伸
- 嵩上げ※
- 粘り強い構造への改良

※ 第一線防波堤の嵩上げについては、別途地震時の地盤沈下量を求め、地震後においても港内の静穏度を確保するのに必要な高さに事前対策する。

浦戸湾における水質の現況

・浦戸湾では、環境基本法第16条により水質汚濁にかかる環境基準が設定され、公共用水域の利用目的に応じて水質測定を実施している。4地点を代表に水質観測の経年変化を以下に示す。

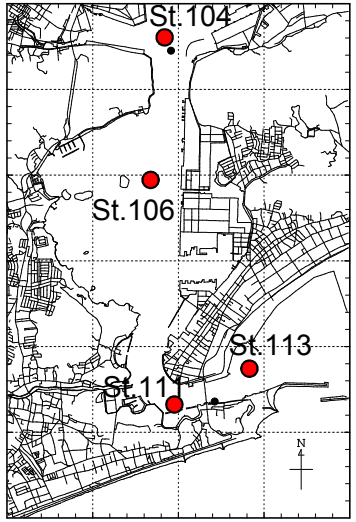


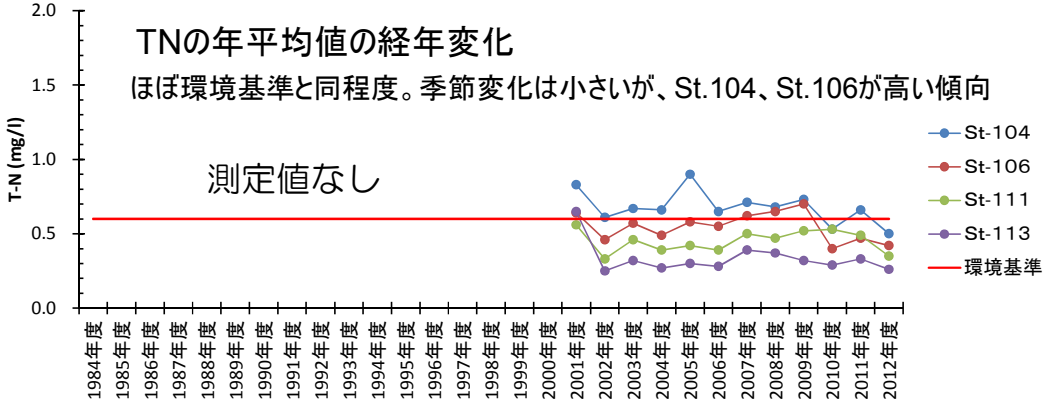


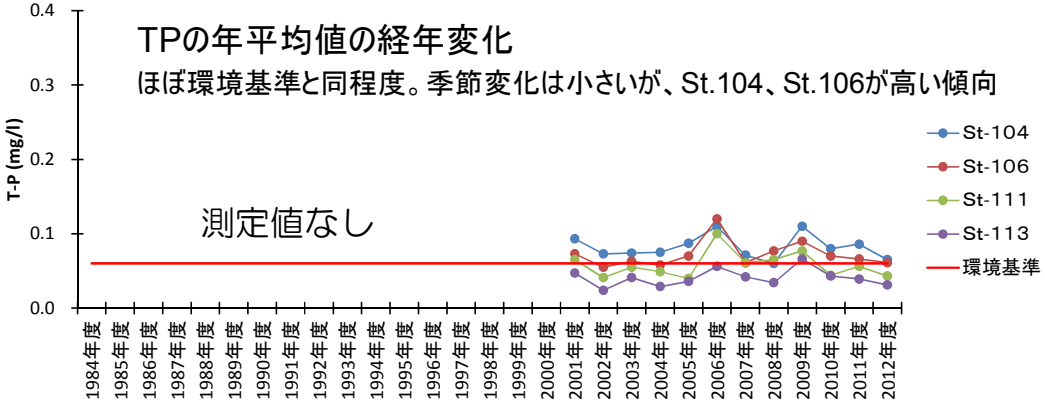
浦戸湾における環境基準

類型	生活環境項目	基準値
類型Ｂ※	COD（化学的酸素要求量）	3mg/ﾘｯﾄﾙ以下※
	DO（溶存酸素量）	5mg/ﾘｯﾄﾙ以上※
類型Ⅲ※※	TN（総窒素）	0.6mg/ﾘｯﾄﾙ以下
	TP（全リン）	0.06mg/ﾘｯﾄﾙ以下（暫定）

※St.113は類型Aの区分でCODの環境基準2mg/L、
　DOの環境基準7.5mg/L以上
※※類型Ⅲは浦戸湾の海域を類型指定しており、St.113は指定外







出典：公共水域水質測定結果表（高知県公表）を基に事務局が作成

環境基準（生活環境項目）の用語解説

・化学的酸素要求量（ＣＯＤ）
水の汚れを表す指標のひとつで、水中にある被酸化性物質を、酸化剤を用いて酸化分解したときに消費された酸化剤の量から換算された酸素の量を表したもの。
CODが大きいことは水中の有機物が多いことを意味し、汚濁の程度も大きい傾向がある。

・溶存酸素量（ＤＯ）
水に溶解している酸素の量。酸素は１気圧２０℃の水に約９mg/L溶解する。DOは気圧が高いほど、また温度は低いほど多くなる。DOは、河川や海域の自浄作用、魚類等の水性生物の生活には不可欠なもので、DOの数値が低いほど水質は悪いことになる。

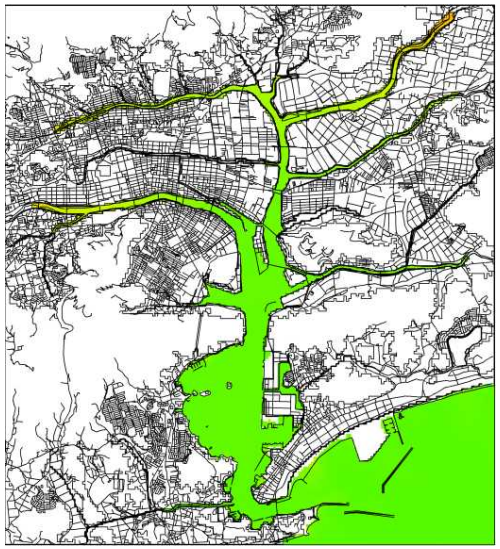
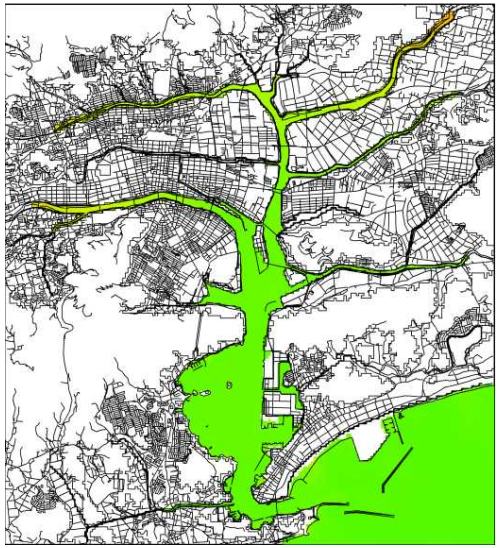
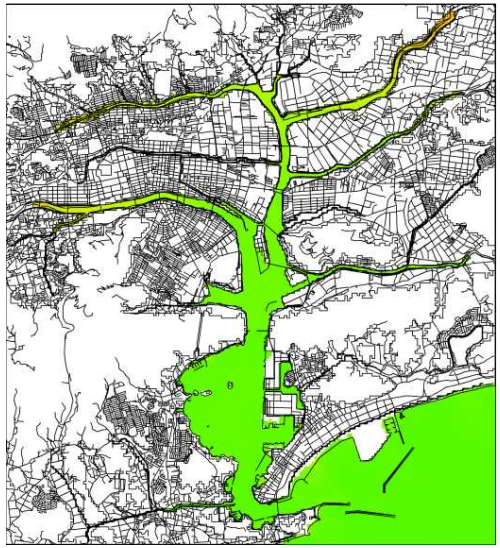
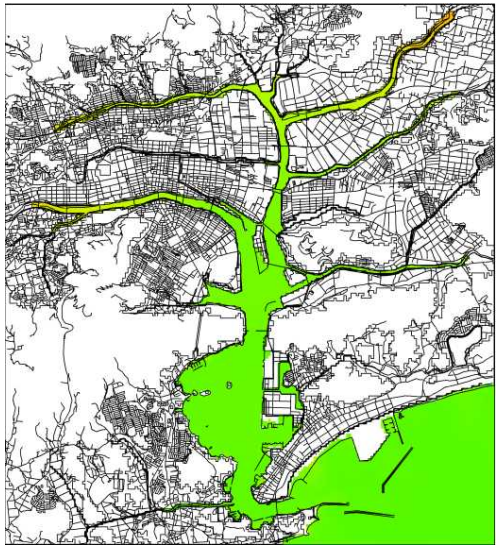
・全窒素（ＴＮ）
水中に存在する色々な形態の窒素化合物の全体をさし、富栄養化の指標となる項目。窒素はリンと並んで動植物の生育にとって必須の元素であるが、窒素過多になるとかえって赤潮の発生など悪影響を与えることがある。

・全リン（ＴＰ）
全窒素と同様に色々な形態のリン化合物全体のことをさし、富栄養化の指標となる項目である。自然界におけるリンは、地殻を構成する岩石や土壌を出発点として雨水や流水中に移動し、その大半は沈降して底泥となり、水中にとどまるのは一部にすぎないが、し尿、工場排水、肥料等からの混入により、水中のリン化合物の含有量が増加し、富栄養化を促進する一因となる。

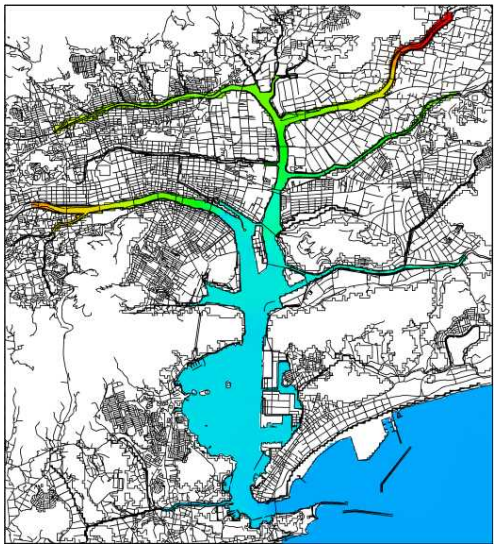
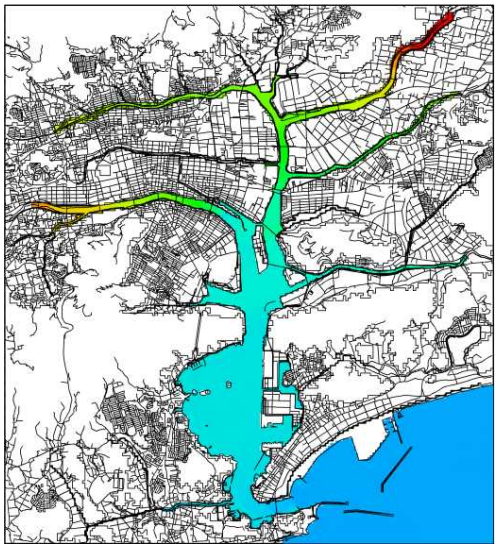
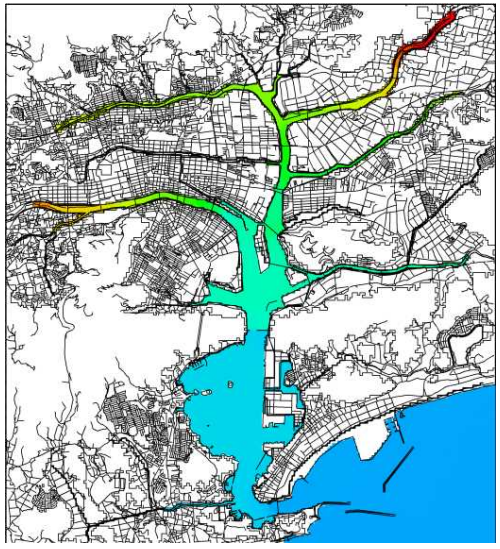
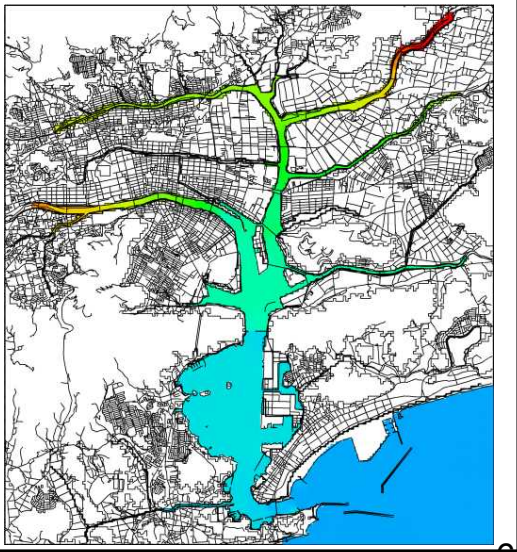
洪水シミュレーション結果（最大水位，基準：T.P.）

0.0　1.0　2.0　3.0　4.0　5.0　6.0m

洪水シミュレーション　10年確率降雨　出発水位　T.P.+3.5m　「各対策案とも越流しない」

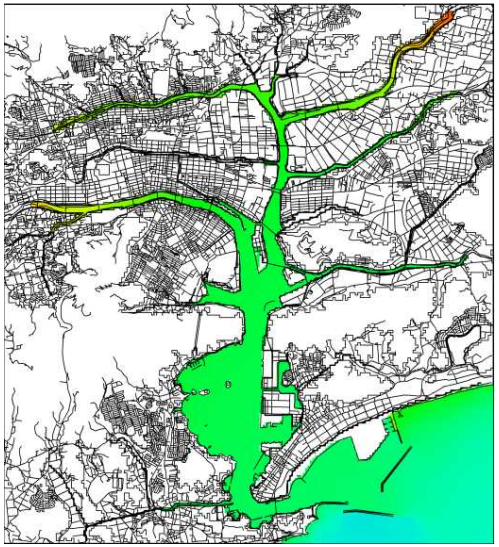
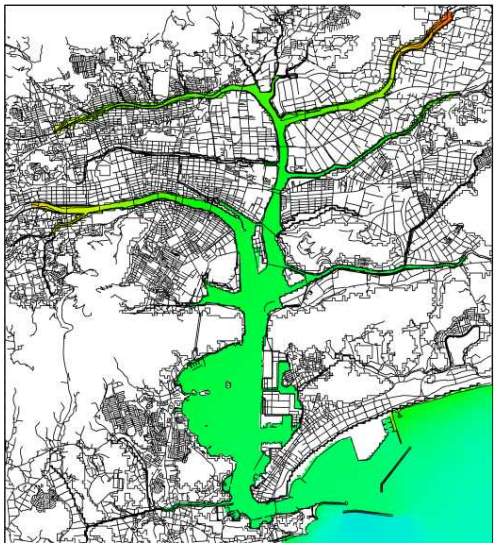
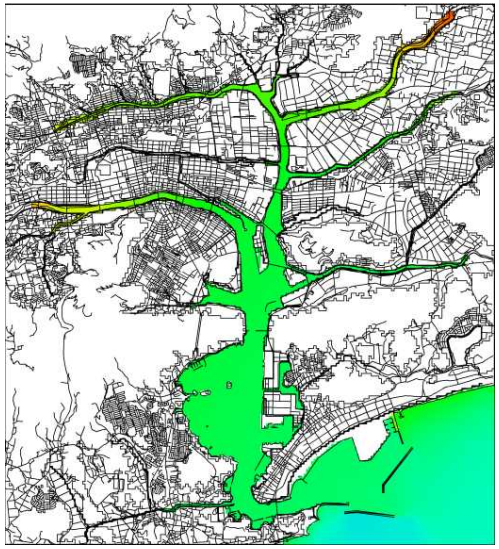
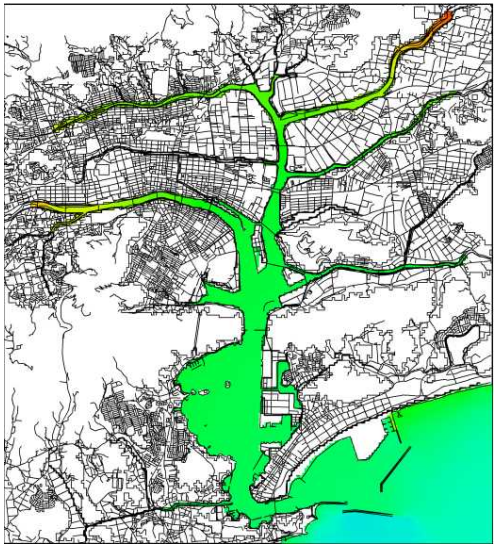
基本ケース	対策案①（2cm程度）	対策案②（6cm程度）	対策案③（9cm程度）
			

洪水シミュレーション　50年確率降雨　出発水位　T.P.+1.0m　「各対策案とも越流しない」

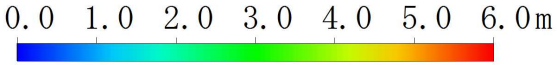
基本ケース	対策案①（9cm程度）	対策案②（30cm程度）	対策案③（40cm程度）
			

（　）の数値は、各対策案－基本ケースの値であり、各河川区域のなかで最大値を表記

高潮シミュレーション結果（最大水位，基準：T.P.）

10年確率降雨＋台風7010号高潮推算　出発水位T.P.+1.0m　「各対策案とも越流しない」			
基本ケース	対策案①（4cm程度）	対策案②（10cm程度）	対策案③（15cm程度）
			

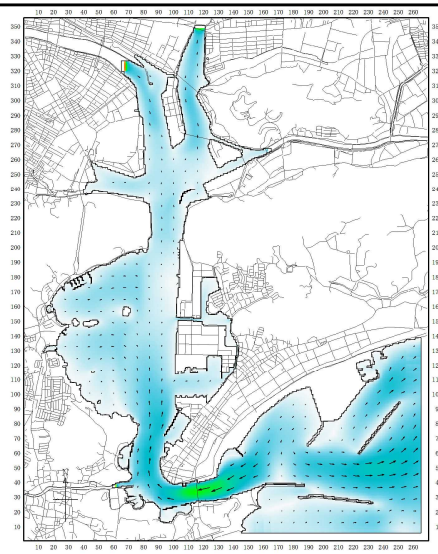
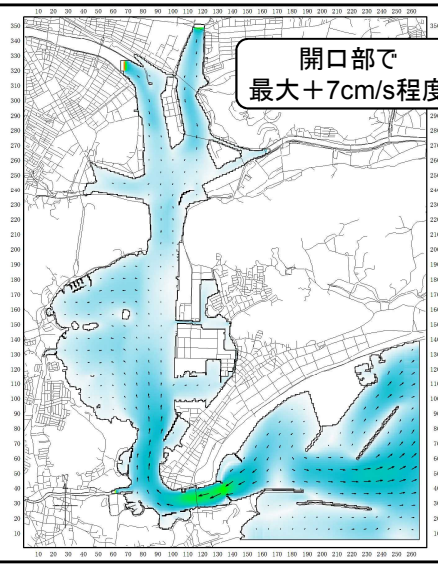
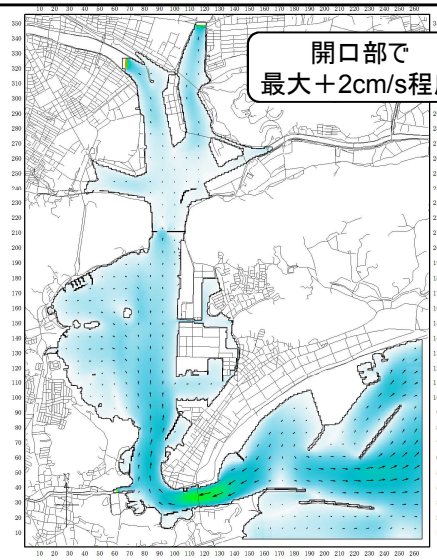
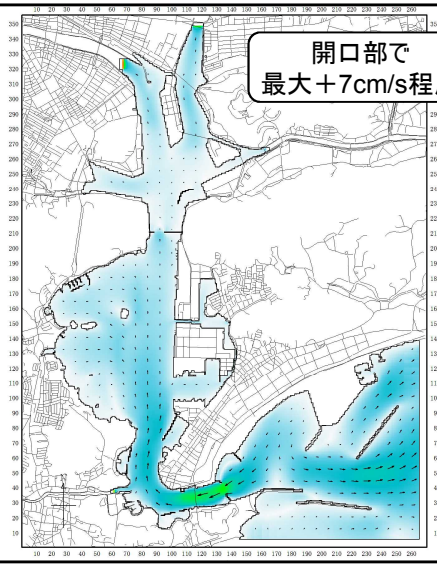
（　）の数値は、各対策案－基本ケースの値であり、各河川区域のなかで最大値を表記



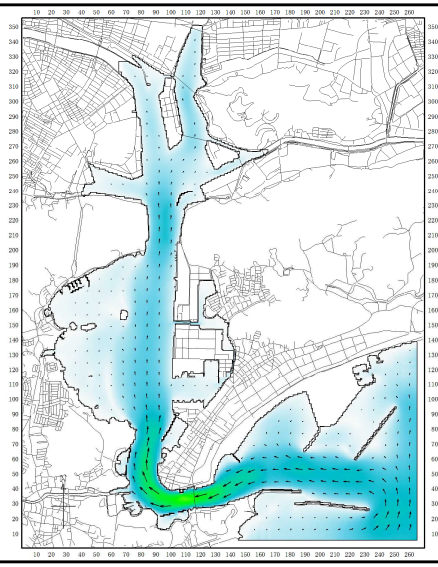
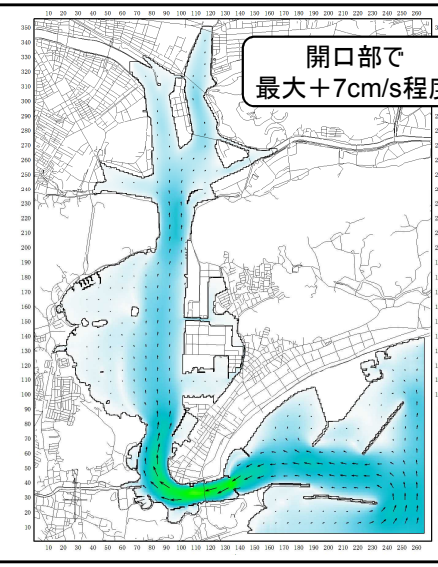
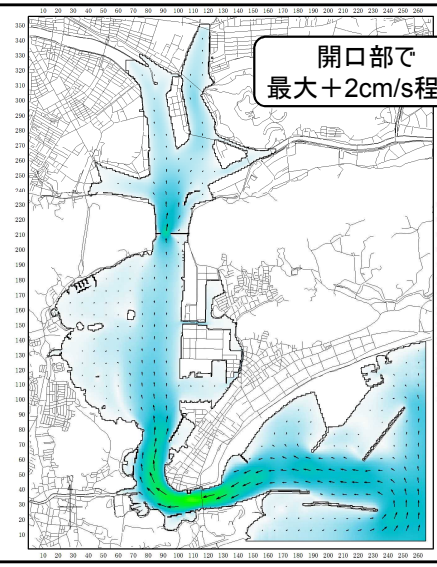
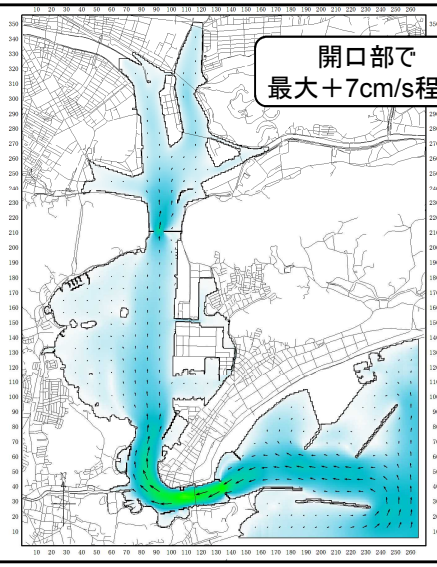
潮流シミュレーション予測結果（上げ潮時, cm/s）

0 10 20 30 40 50 cm/s　→ 100 cm/s

上げ潮時の流速ベクトル図（上層：1層目） 最大流速約25cm/s（湾口部）と基本ケース含め共通

基本ケース	対策案①	対策案②	対策案③
			

上げ潮時の流速ベクトル図（下層：12層目） 最大流速約27cm/s（湾口部）と基本ケース含め共通

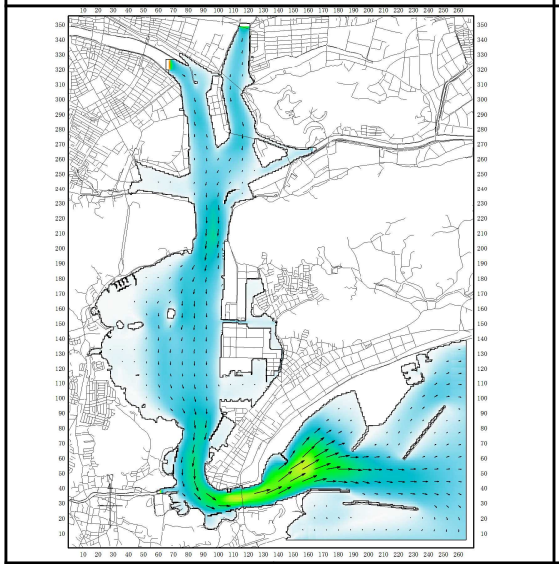
基本ケース	対策案①	対策案②	対策案③
			

潮流シミュレーション予測結果（下げ潮時, cm/s）

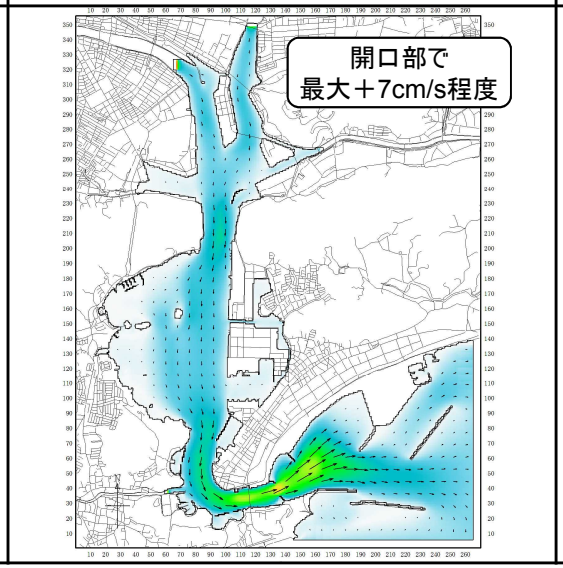
→ 100 cm/s

下げ潮時の流速ベクトル図（上層：1層目） 最大流速約35cm/s（湾口部）と基本ケース含め共通

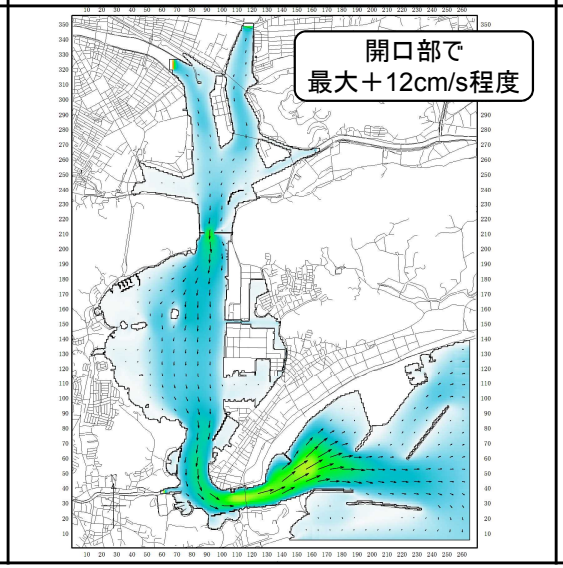
基本ケース



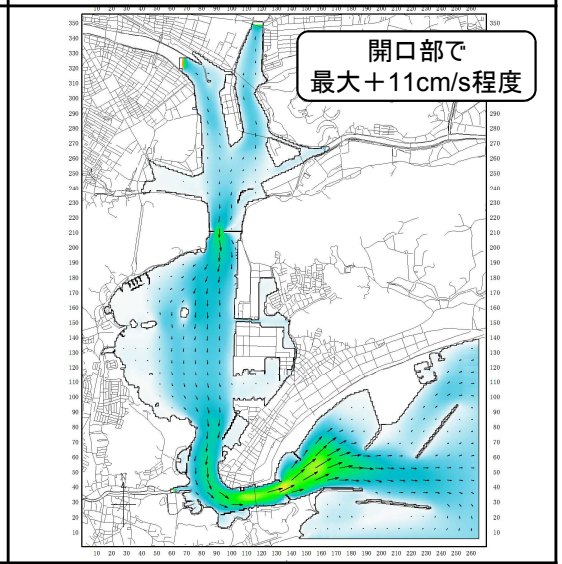
対策案①



対策案②

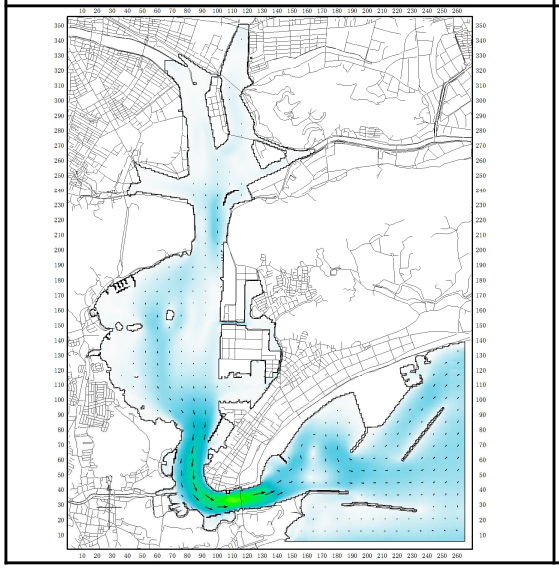


対策案③



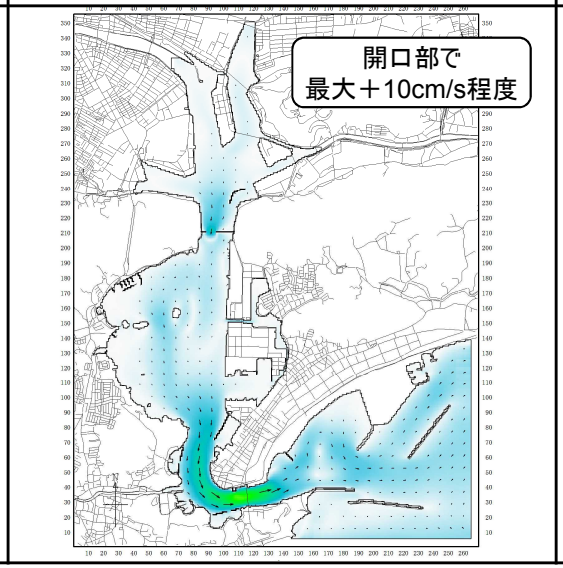
下げ潮時の流速ベクトル図（下層：12層目） 最大流速約27cm/s（湾口部）と基本ケース含め共通

基本ケース

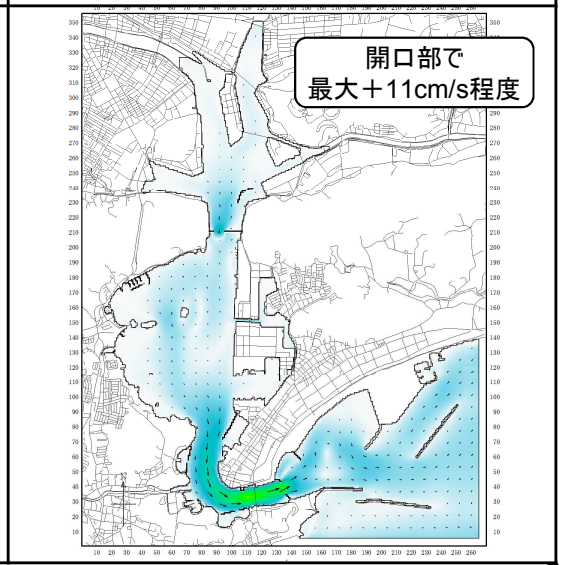


対策案①

対策案②



対策案③

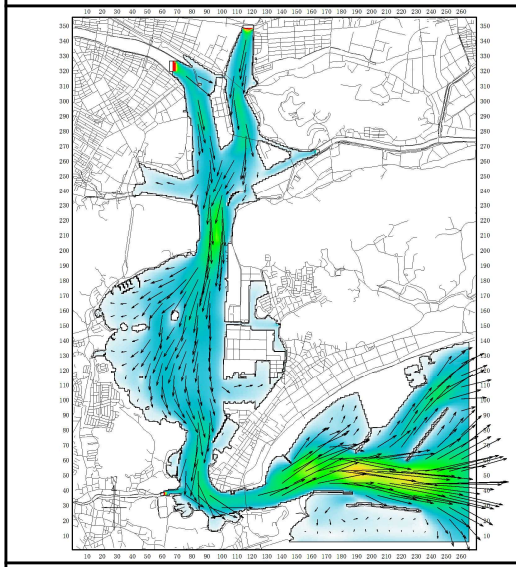
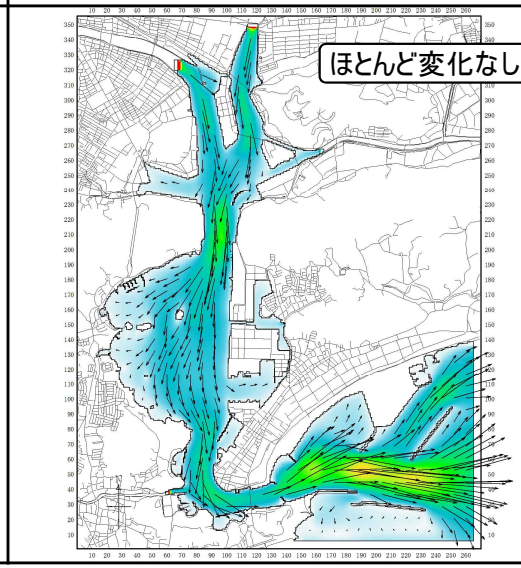
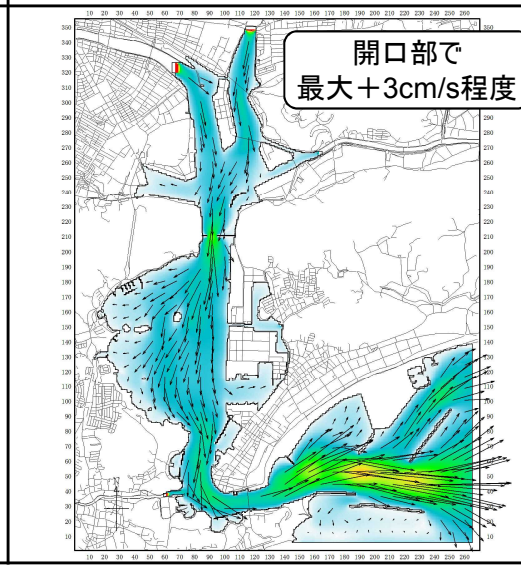
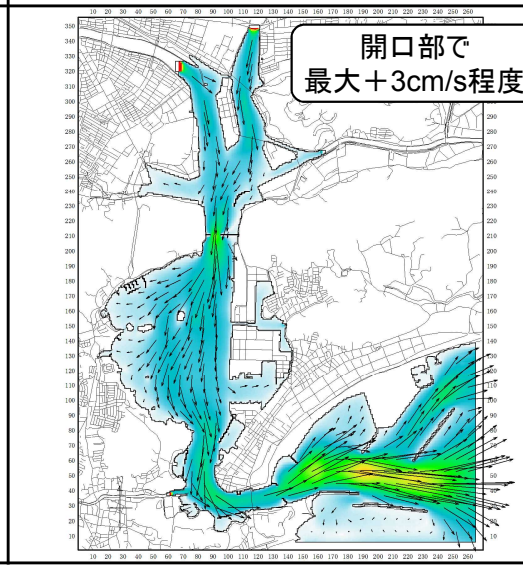


潮流シミュレーション予測結果（平均流, cm/s）

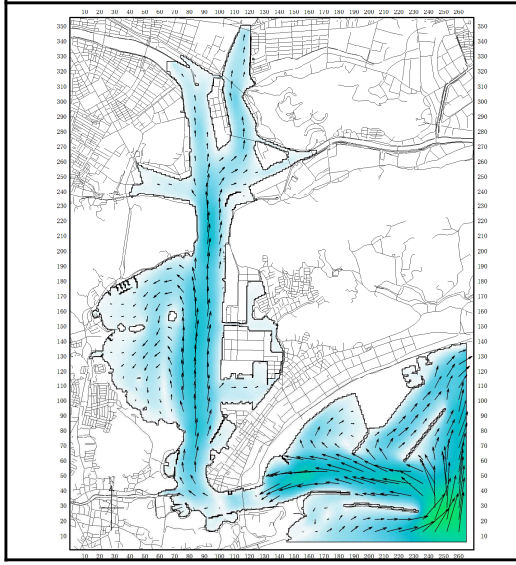
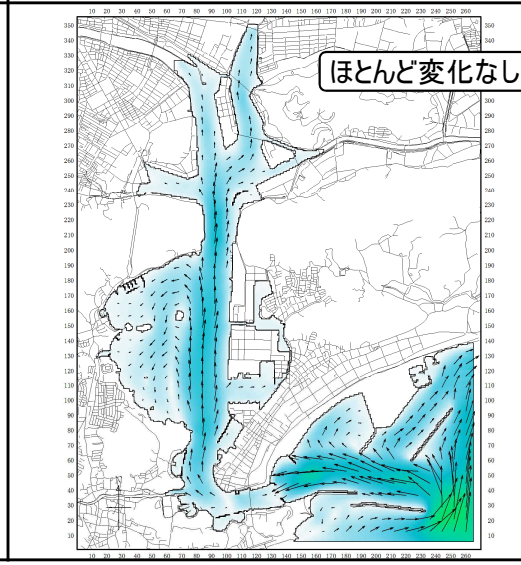
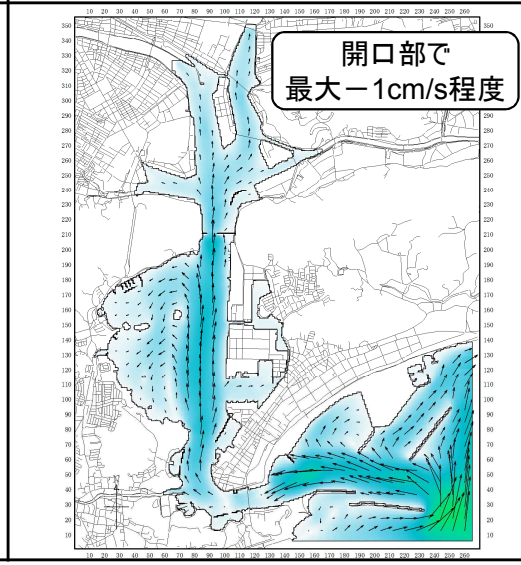
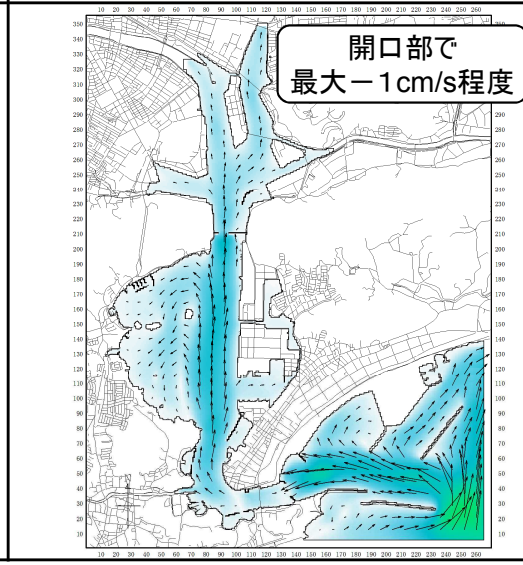
0 4 8 12 16 20cm/s

→ 10 cm/s

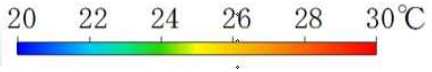
1日平均流の流速ベクトル図（上層：1層目）

基本ケース	対策案①	対策案②	対策案③
	 ほとんど変化なし	 開口部で 最大＋3cm/s程度	 開口部で 最大＋3cm/s程度

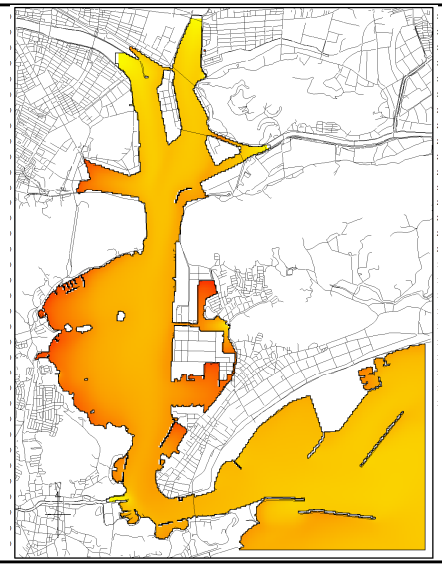
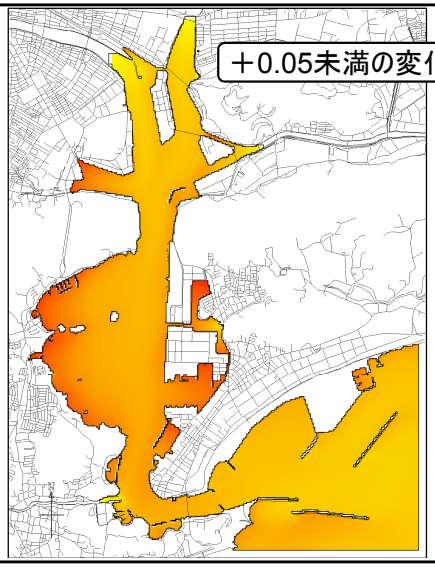
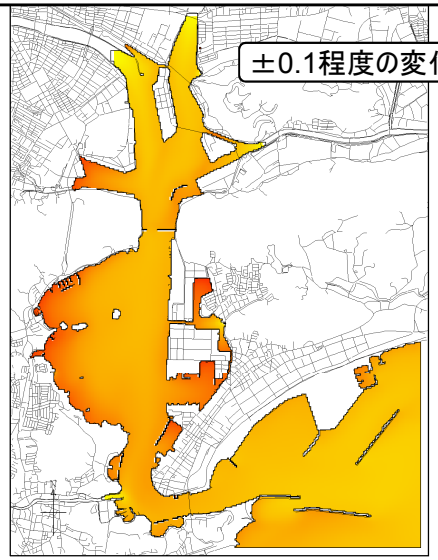
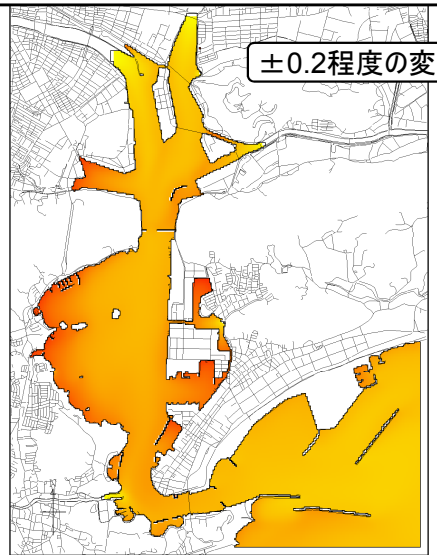
1日平均流の流速ベクトル図（下層：12層目）

基本ケース	対策案①	対策案②	対策案③
	 ほとんど変化なし	 開口部で 最大－1cm/s程度	 開口部で 最大－1cm/s程度

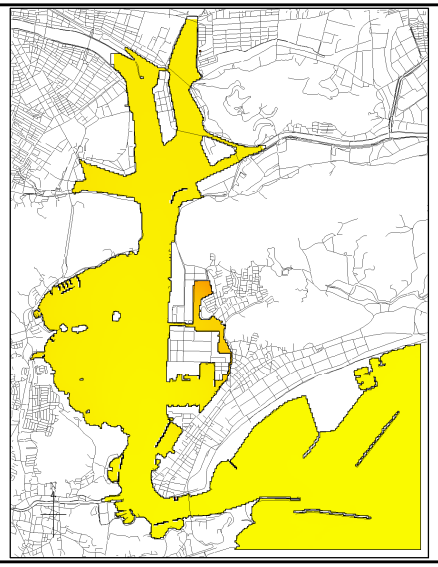
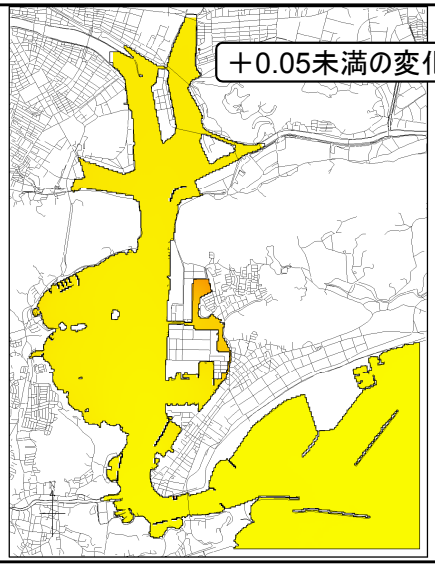
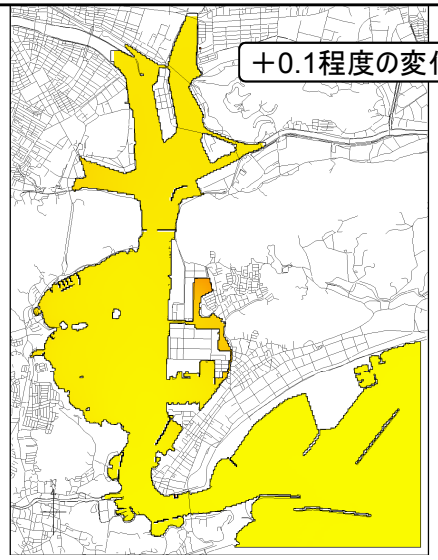
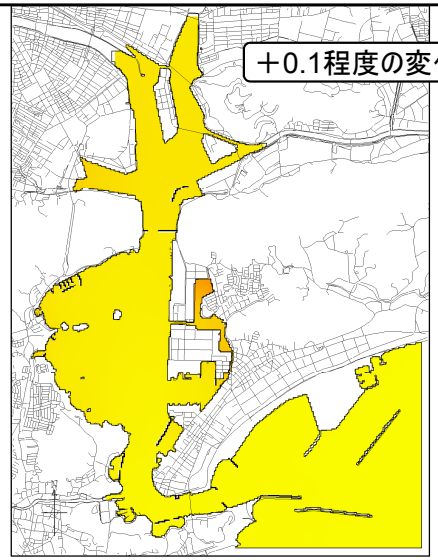
潮流シミュレーション予測結果（水温, ℃）



1日平均した水温予測分布図（上層：1層目）

基本ケース	対策案①	対策案②	対策案③
	 ＋0.05未満の変化	 ±0.1程度の変化	 ±0.2程度の変化

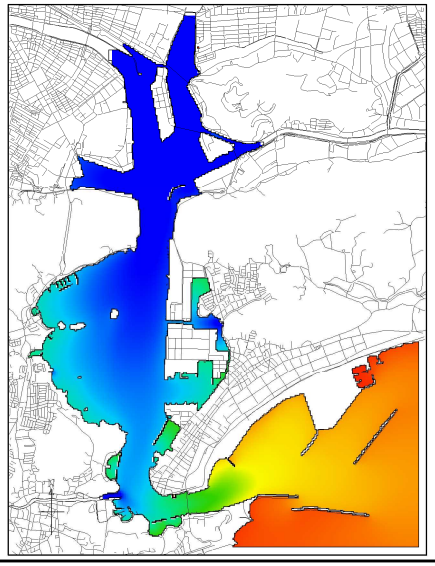
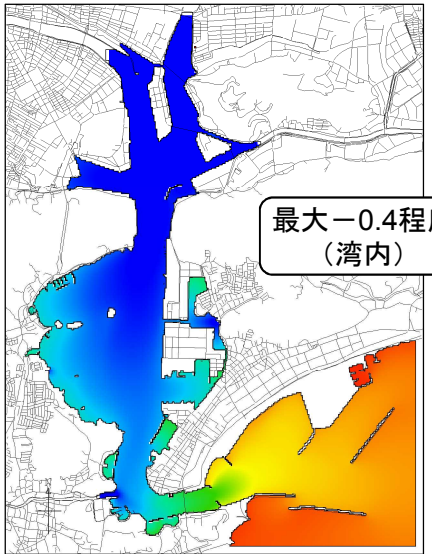
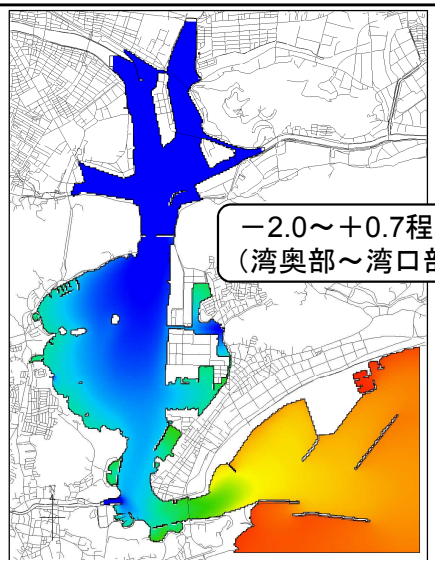
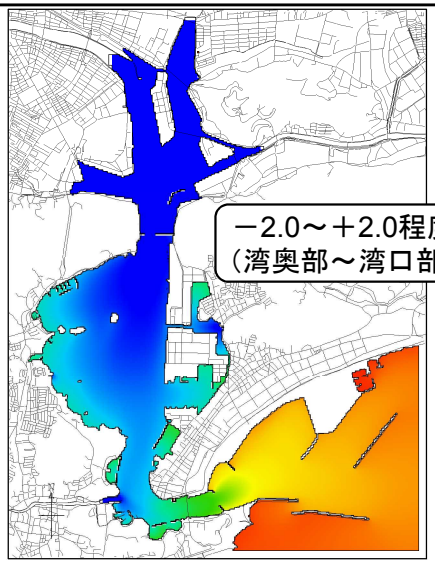
1日平均した水温予測分布図（下層：12層目）

基本ケース	対策案①	対策案②	対策案③
	 ＋0.05未満の変化	 ＋0.1程度の変化	 ＋0.1程度の変化

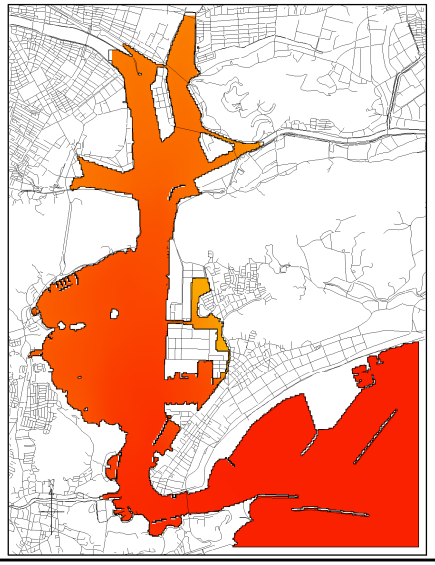
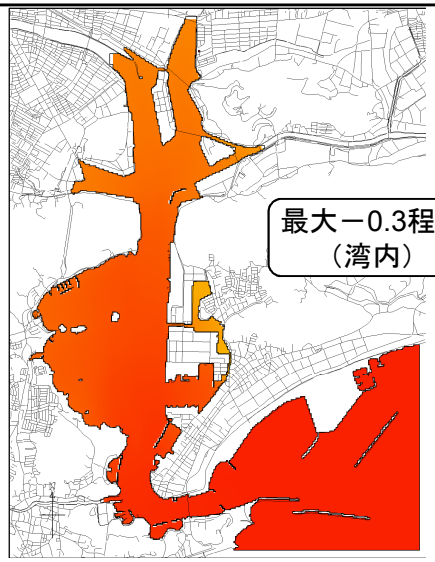
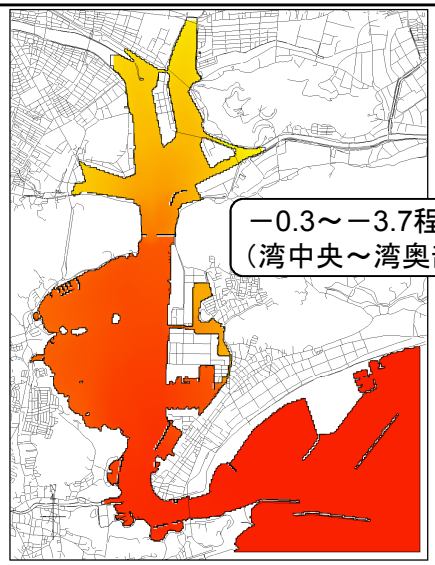
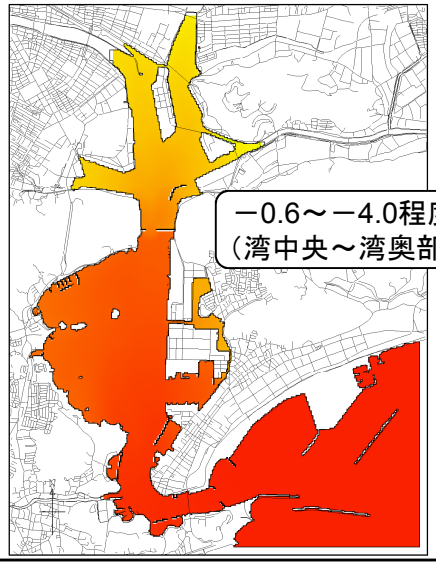
潮流シミュレーション予測結果（塩分，psu）

5 10 15 20 25 30 35PSU

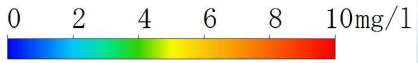
1日平均した塩分予測分布図（上層：1層目）

基本ケース	対策案①	対策案②	対策案③
	 最大－0.4程度（湾内）	 －2.0～＋0.7程度（湾奥部～湾口部）	 －2.0～＋2.0程度（湾奥部～湾口部）

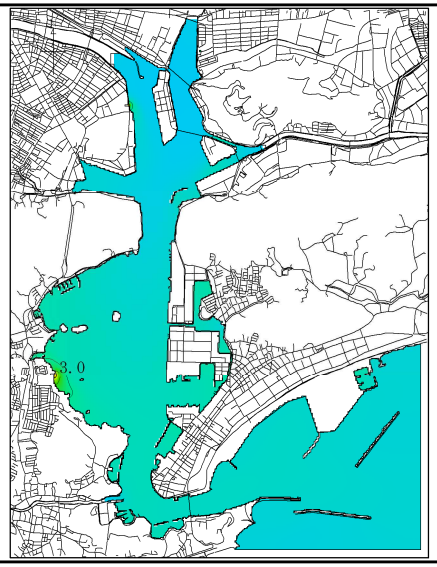
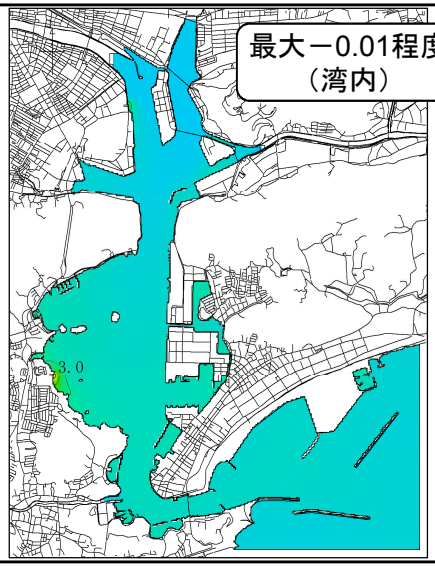
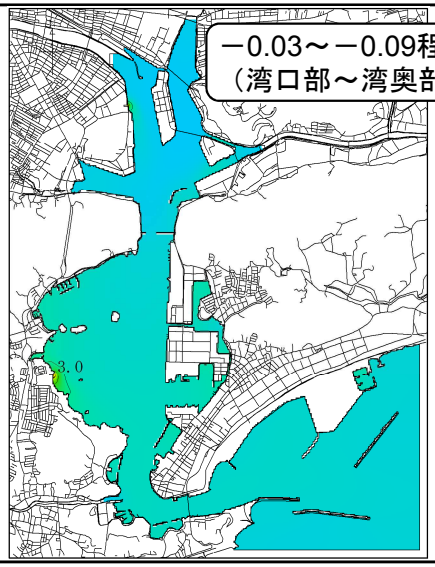
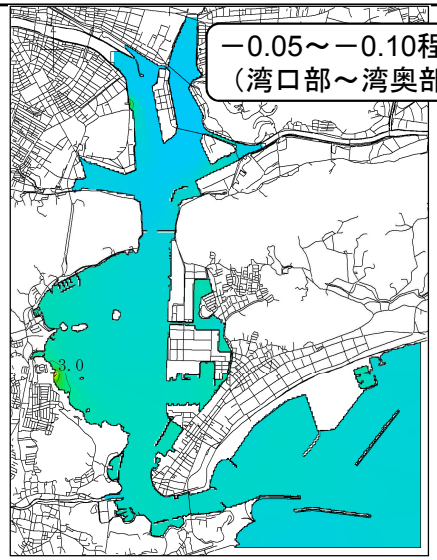
1日平均した塩分予測分布図（下層：12層目）

基本ケース	対策案①	対策案②	対策案③
	 最大－0.3程度（湾内）	 －0.3～－3.7程度（湾中央～湾奥部）	 －0.6～－4.0程度（湾中央～湾奥部）

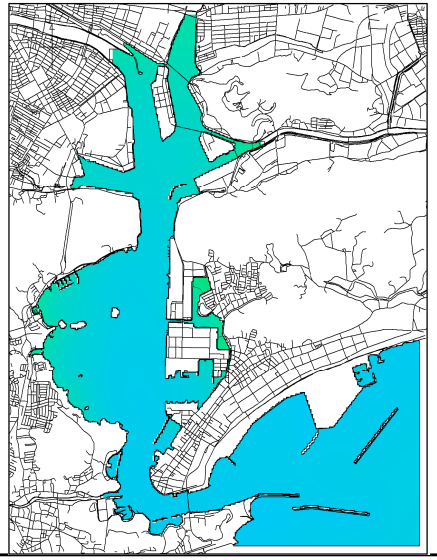
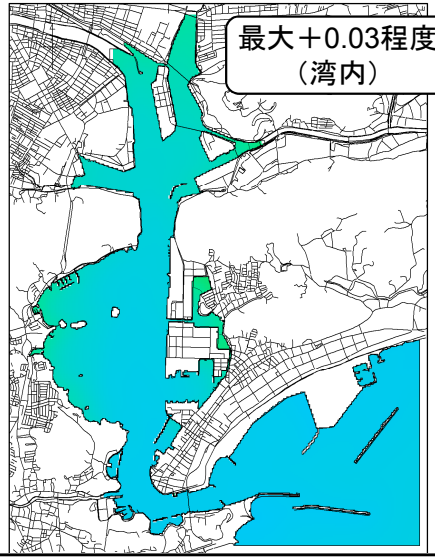
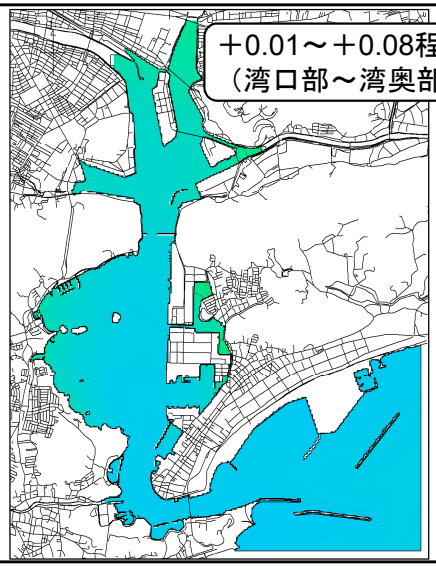
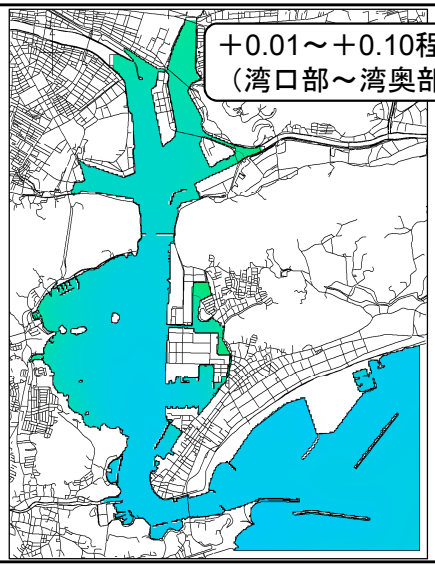
水質シミュレーション予測結果（COD（化学的酸素要求量），mg/L）



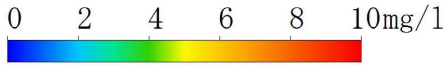
１日平均したCOD予測分布図（上層：１層目）

基本ケース	対策案①	対策案②	対策案③
	 最大－0.01程度（湾内）	 －0.03～－0.09程度（湾口部～湾奥部）	 －0.05～－0.10程度（湾口部～湾奥部）

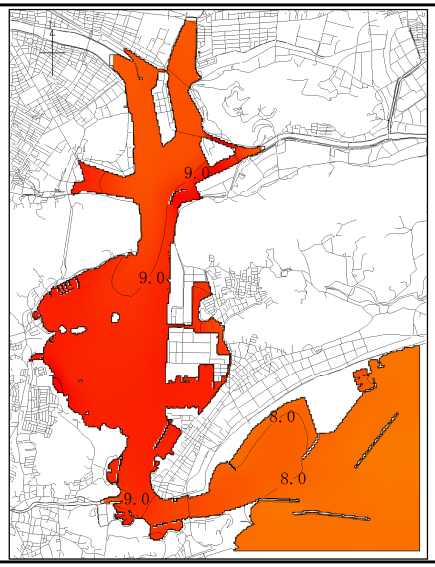
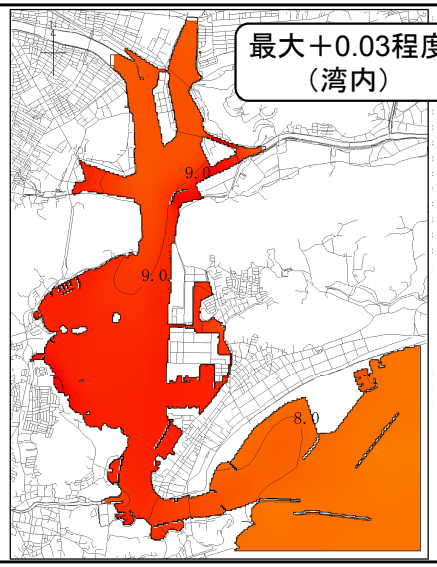
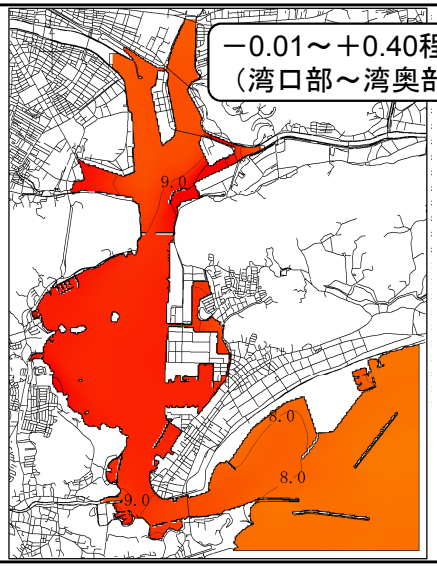
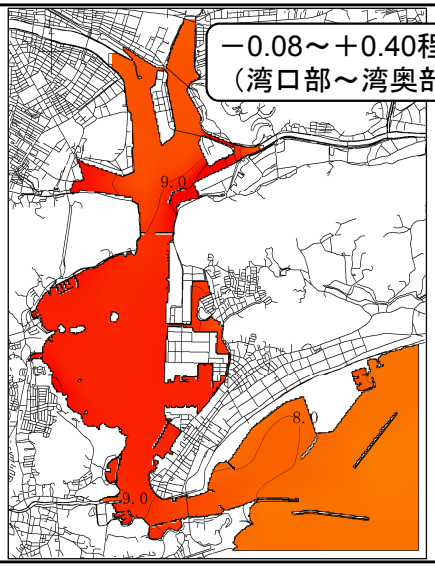
１日平均したCOD予測分布図（下層：１２層目）

基本ケース	対策案①	対策案②	対策案③
	 最大＋0.03程度（湾内）	 ＋0.01～＋0.08程度（湾口部～湾奥部）	 ＋0.01～＋0.10程度（湾口部～湾奥部）

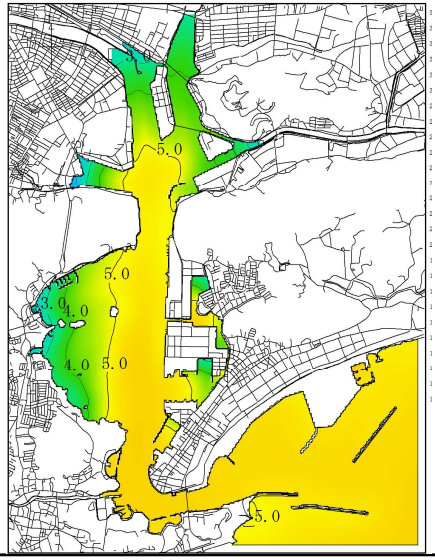
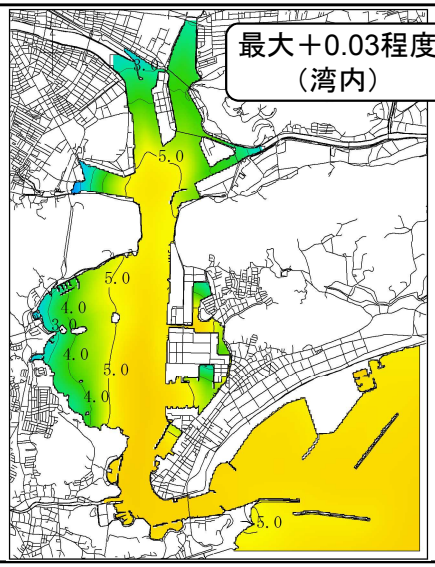
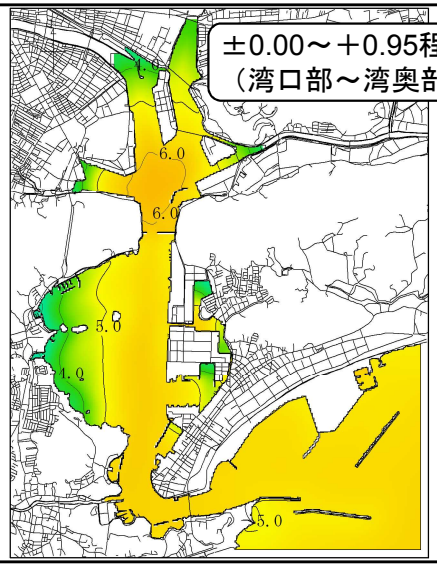
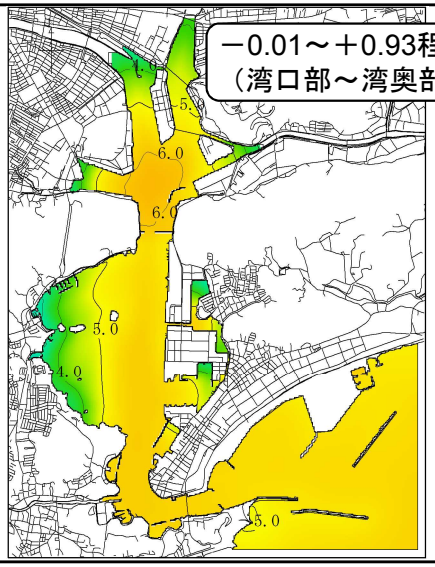
水質シミュレーション予測結果（DO（溶存酸素濃度），mg/L）



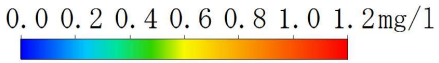
1日平均したDO予測分布図（上層：1層目）

基本ケース	対策案①	対策案②	対策案③
	 最大＋0.03程度（湾内）	 −0.01～＋0.40程度（湾口部～湾奥部）	 −0.08～＋0.40程度（湾口部～湾奥部）

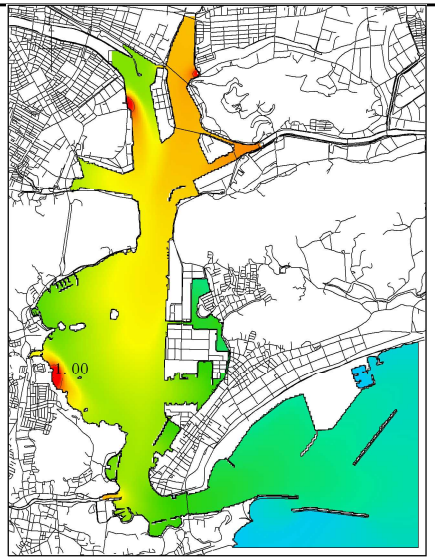
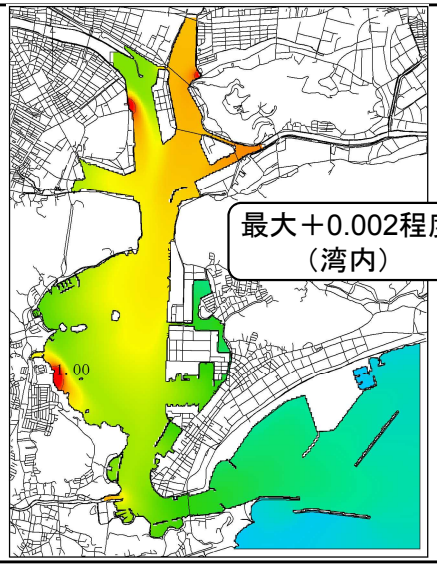
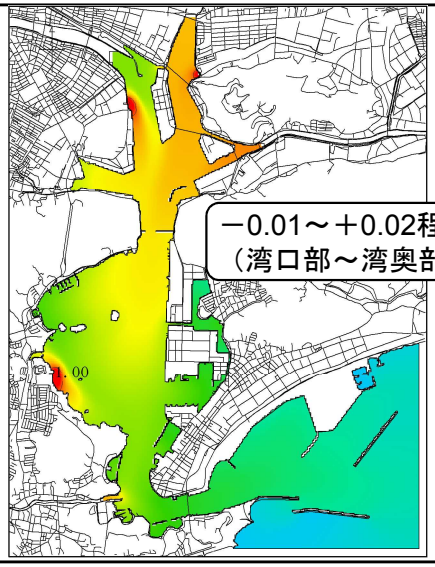
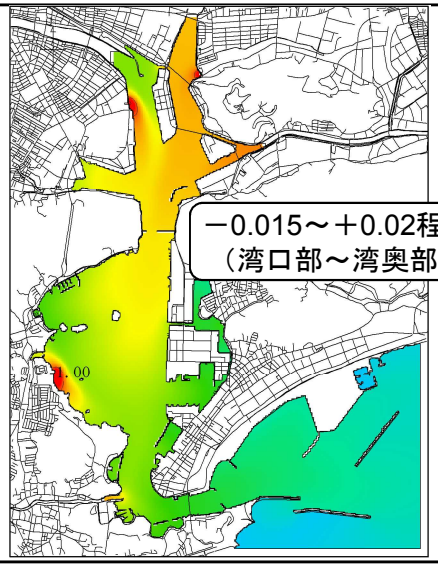
1日平均したDO予測分布図（下層：12層目）

基本ケース	対策案①	対策案②	対策案③
	 最大＋0.03程度（湾内）	 ±0.00～＋0.95程度（湾口部～湾奥部）	 −0.01～＋0.93程度（湾口部～湾奥部）

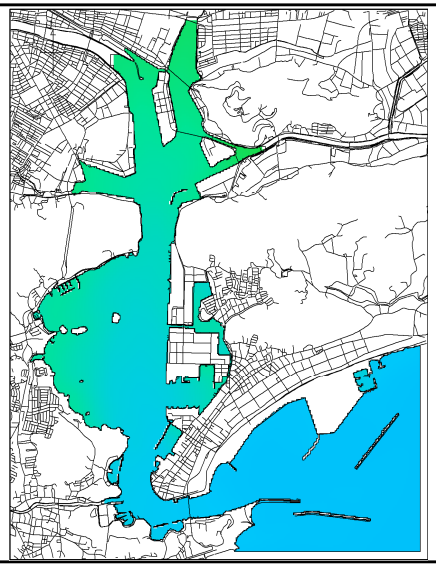
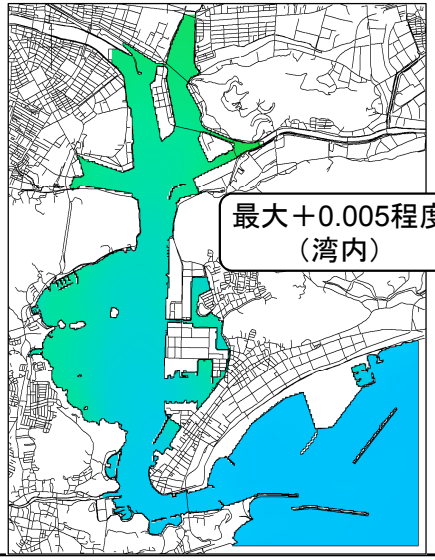
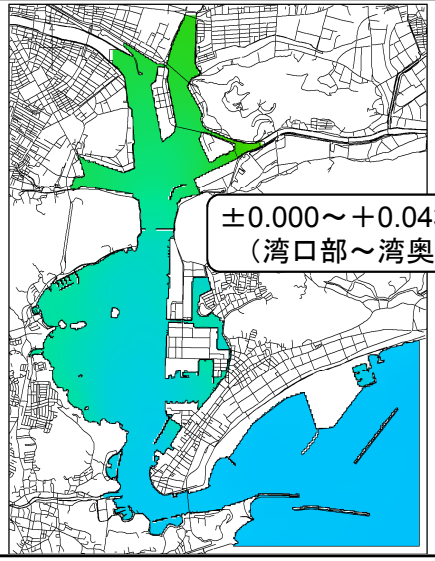
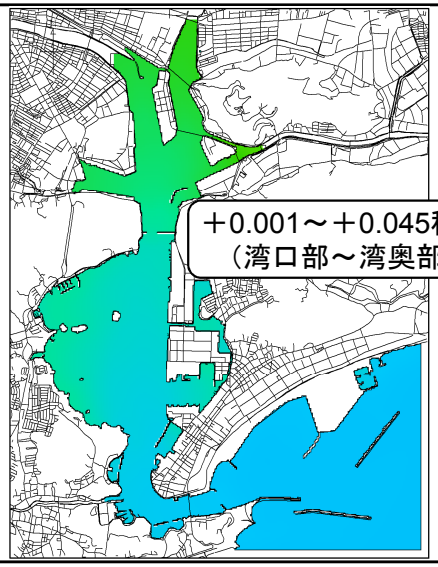
潮流・水質シミュレーション予測結果（TN（全窒素），mg/L）



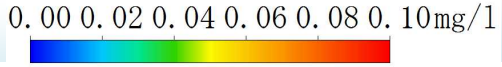
1日平均したTN予測分布図（上層：1層目）

基本ケース	対策案①	対策案②	対策案③
	 最大＋0.002程度（湾内）	 −0.01～＋0.02程度（湾口部～湾奥部）	 −0.015～＋0.02程度（湾口部～湾奥部）

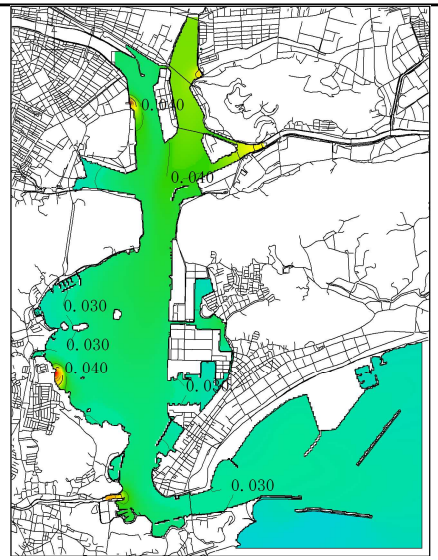
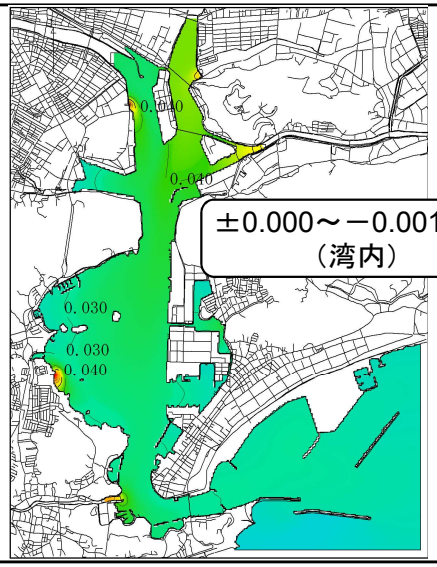
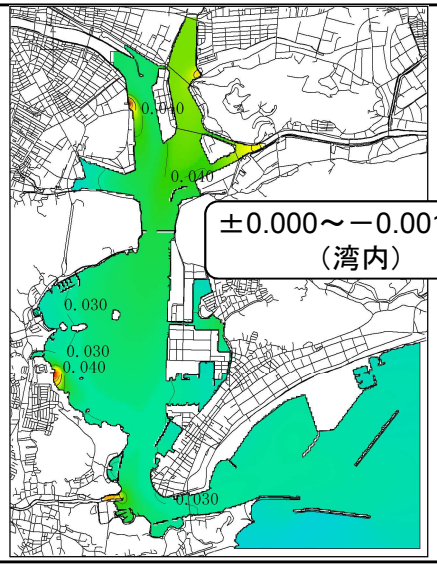
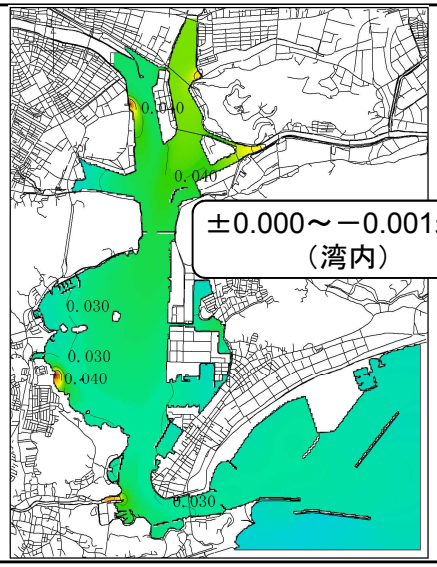
1日平均したTN予測分布図（下層：12層目）

基本ケース	対策案①	対策案②	対策案③
	 最大＋0.005程度（湾内）	 ±0.000～＋0.043程度（湾口部～湾奥部）	 ＋0.001～＋0.045程度（湾口部～湾奥部）

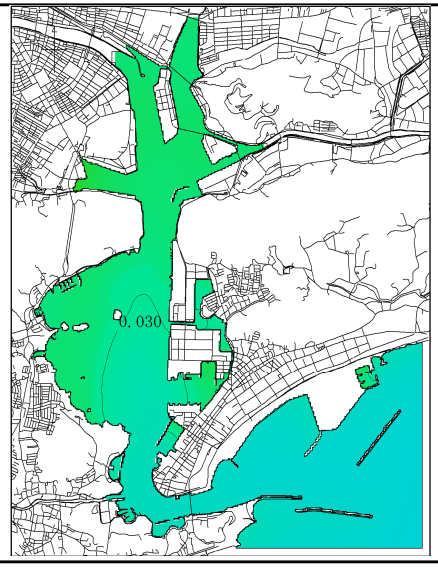
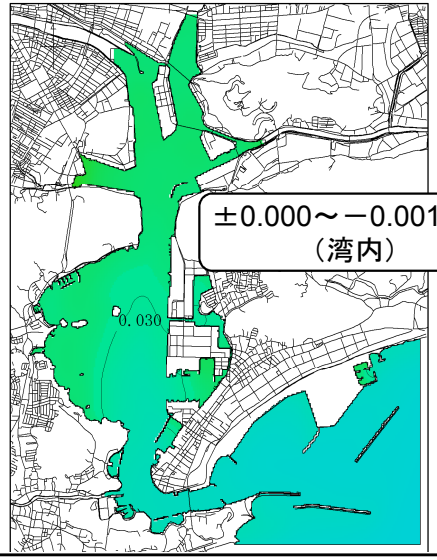
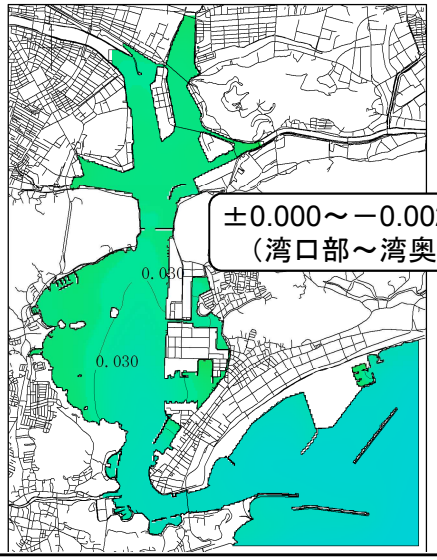
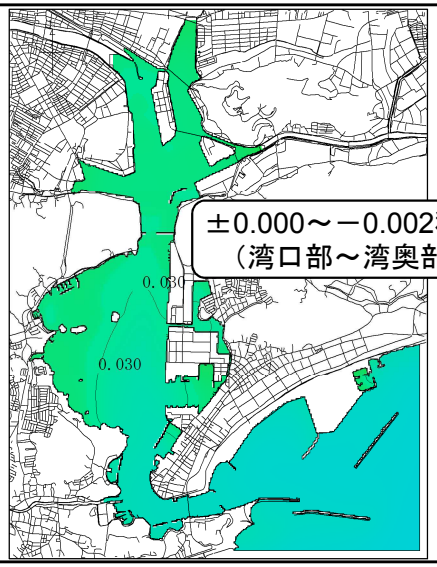
潮流・水質シミュレーション予測結果（TP（全リン），mg/L）



1日平均したTP予測分布図（上層：1層目）

基本ケース	対策案①	対策案②	対策案③
	 ±0.000～－0.001未満（湾内）	 ±0.000～－0.001未満（湾内）	 ±0.000～－0.001未満（湾内）

1日平均したTP予測分布図（下層：12層目）

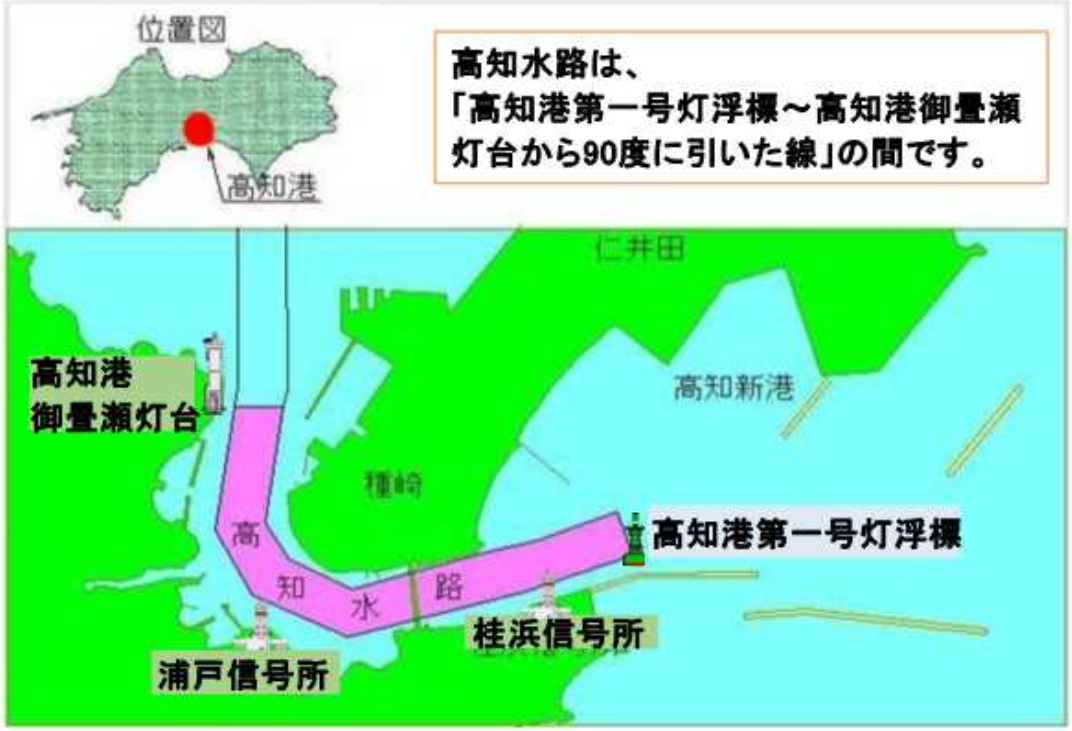
基本ケース	対策案①	対策案②	対策案③
	 ±0.000～－0.001未満（湾内）	 ±0.000～－0.002程度（湾口部～湾奥部）	 ±0.000～－0.002程度（湾口部～湾奥部）

高知港における航行管制区域

- 高知港における管制区域は湾口部に位置する高知水路であり、高知水路を航行しようとする船舶は、桂浜信号所及び浦戸信号所が行う信号に従って入出港している。
- 孕地区は油槽船や石炭船などが四方から航行することに加え、航行管制を行っていない。

高知港の管制区域、管制信号の形式と意味

管制区域：高知水路（下図の部分）（港則法施行規則第43条）



管制信号の形式と意味（港則法施行規則第20条の2：別表第4）

種類 ＼ 形式及び意味	管制信号の形式：灯火による信号（昼夜間とも）	管制信号の形式：形象物による信号	管制信号の意味：航行できる船舶	管制信号の意味：航行できない船舶
入航信号	2秒 2秒 毎2秒に白色光1閃	黒色の上向き円錐形	入航船は、入航することができる。 総トン数100トン未満の出航船は、出航することができる。	総トン数100トン以上の出航船は、運航を停止して待たなければならない。
出航信号	2秒 2秒 毎2秒に赤色光1閃	黒色の方形	出航船は、出航することができる。 総トン数100トン未満の入航船は、入航することができる。	総トン数100トン以上の入航船は、水路外において出航船の進路を避けて待たなければならない。
総トン数1，000トン（油送船にあっては500トン）以上の船舶の入出航禁止信号	3秒 3秒 毎3秒に順次、赤色光1閃及び白色光1閃	黒色の菱形	総トン数1，000トン（油槽船にあっては500トン）未満の入出航船は、入出航することができる。	・総トン数1，000トン（油送船にあっては500トン）以上の入航船は、水路外において出航船の進路を避けて待たなければならない。 ・総トン数1，000トン（油送船にあっては500トン）以上の出航船は、運航を停止して待たなければならない。
入出航禁止信号	6秒 6秒 毎6秒に順次、赤色光3閃及び白色光3閃	黒色の菱形及び赤色の方形の旗	港長の指示を受けた船舶のみ入出航できる。	港長の指示を受けた船舶以外の船舶は入出航できない。

注）管制信号は、昼夜間とも灯火（閃光信号）で行います。
ただし、桂浜信号所にあっては、昼間のみ形象物で行うことがありますのでご注意ください。

出典：海上保安庁ＨＰ

岩手県における粘り強い構造化への検討

□ 出典：H24年10月26日岩手県津波防災技術専門委員会資料抜粋

【被災メカニズム】

・津波が海岸堤防を越流した後、裏法尻部の地面等を洗掘。これをきっかけに裏法被覆工等の損壊、流失等を引き起こす。

・津波の高速な水流による天端保護工、裏法被覆工の流失や堤体土の吸出し。（引き波の場合表法が同様な被災）

【粘り強い構造の考え方】

構造上の工夫＜洗掘防止＞

・裏法尻部に保護工を設置すること等により洗掘を防止。

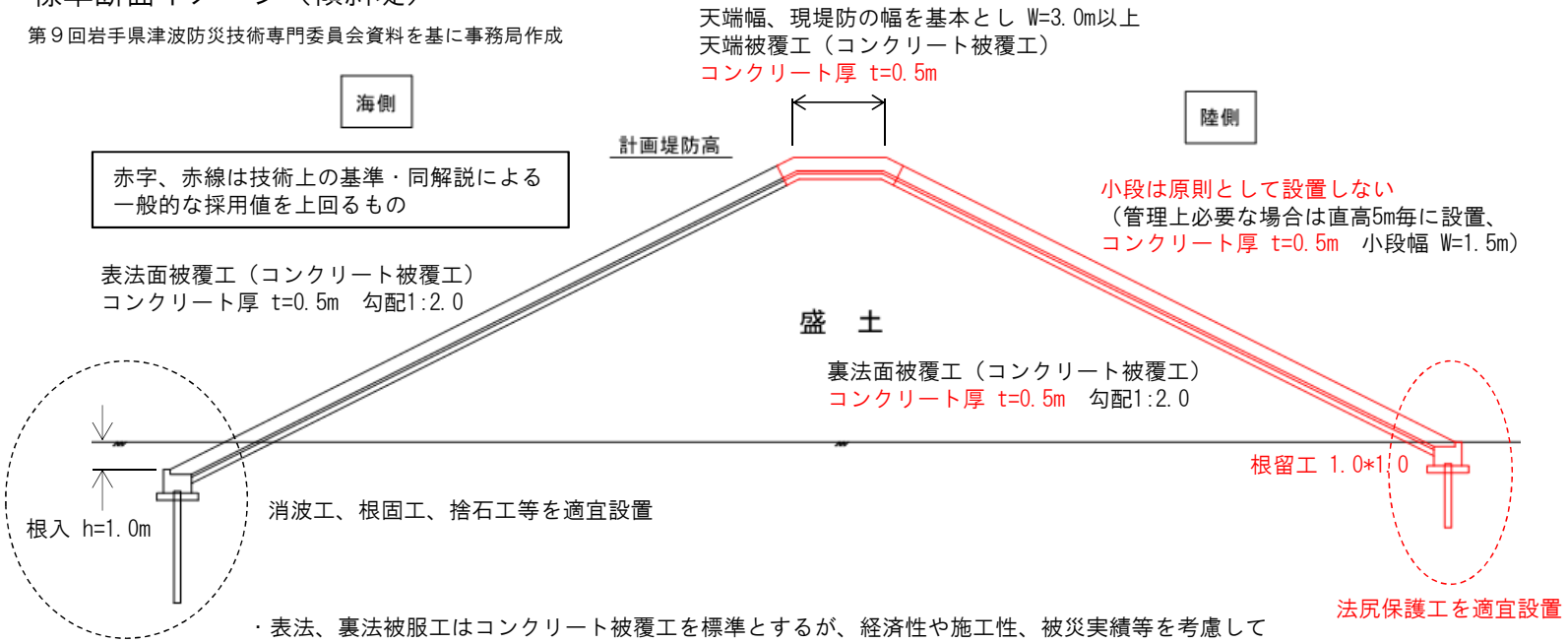
・裏法を緩勾配化することにより、水流を減勢させ、裏法尻部における衝撃を抑える。

構造上の工夫＜重量や強度の確保＞

・天端保護工や裏法被服工、表法被服工を厚くする、部材間を連結し剥離しにくくする。

標準断面イメージ（傾斜堤）

第９回岩手県津波防災技術専門委員会資料を基に事務局作成



・表法、裏法被服工はコンクリート被覆工を標準とするが、経済性や施工性、被災実績等を考慮してブロック張等を採用してもよい

・天端、裏法被服工は被災規模が小さい箇所や復旧後の越流水深が小さい箇所については、コンクリート被覆20cmとする

・法尻保護工は鋼矢板を標準とするが、経済性や施工性、被災実績等を考慮して、ブロック被覆等を採用してよい

・耐震性照査を実施し、必要がある場合には沈下対策や液状化対策等の対策工を実施すること

※法面被覆構成

○法面被覆工、天端保護工、小段工（コンクリート被覆式）

ｺﾝｸﾘｰﾄ被覆 t=50cm
裏込ｺﾝｸﾘｰﾄt=10cm
裏込材(RC-40)t=20cm

宮城県における粘り強い構造化への検討

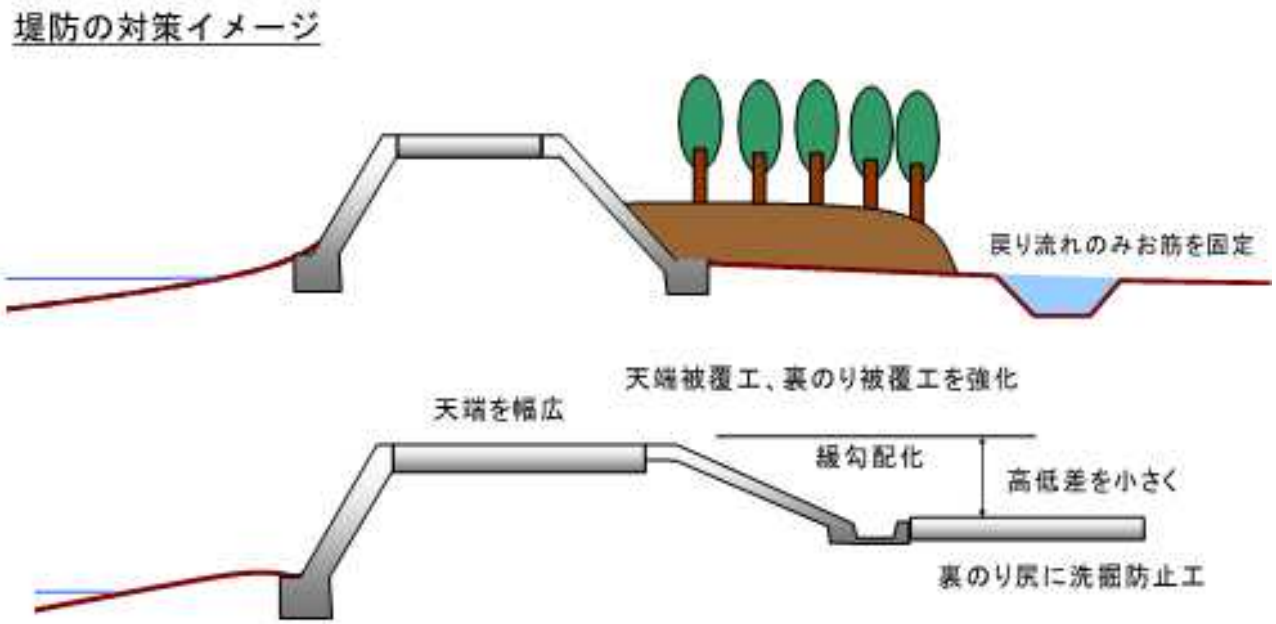
□　出典：H24年3月31日宮城県公共土木施設構造検討会報告書抜粋

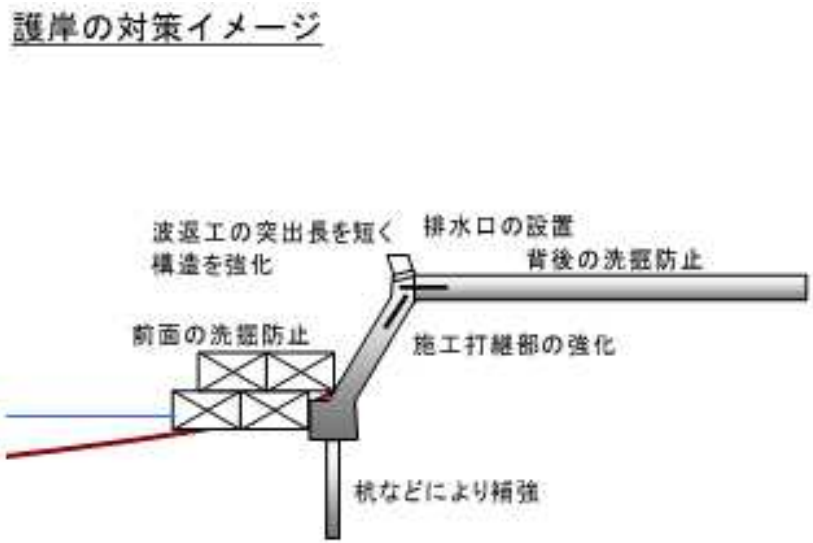
【被災メカニズム】

・押し波時に裏法尻が洗掘され、堤体吸い出し・浸食が進行し、全壊に至っている。破堤箇所に集中する戻り流れによっても裏法尻の浸食が進行し、被害が拡大。（施設は、裏法尻背後の浸食を主な要因として被災している）

【検討会報告書における対策案】

・裏法尻の水叩き設置、侵食しろ確保等の侵食対策、比高を小さくする等による粘り強い構造を提案。





福島県における粘り強い構造化への検討

□出典：H24年5月31日粘り強い海岸保全施設の構造について(堤防・護岸)(改定版)抜粋

【①天端構造の工夫】

・青森県から千葉県の堤防被災事例では天端幅3m未満のものは全壊が比較的多く、3m以上になると全壊の箇所が少なくなることから、天端幅を3m以上確保。

・福島県沿岸の護岸の被災事例では、アスファルト舗装の場合、津波の越流によるアスファルト剥がれや流出、天端の洗掘が認められた。このことから、天端舗装は厚さ50cmのコンクリート舗装とする。

・裏法肩処理として、裏法被覆工を0.5m程度天端まで施工する。

【②嵩上げ構造の工夫】

福島県全域で地盤が沈降しており、全ての堤防・護岸は計画天端高さ以下のため嵩上げは必要となっており、嵩上げ時における設計の考え方について検討している。

・腹付けコンクリート厚さ：最小厚は施工性より20cm以上とし、津波波圧に対する必要厚から決定。

・押し波、引き波対抗鉄筋：津波の押し波、引き波の波力に対して、嵩上げパラペットを片持ち梁として鉄筋量を設計。

・差筋：腹付けコンクリート重量によるせん断に対して鉄筋量を設計。

・パラペット背後の張り出し：波力への抵抗としてパラペット背後に0.5m程度の張り出しを設ける。

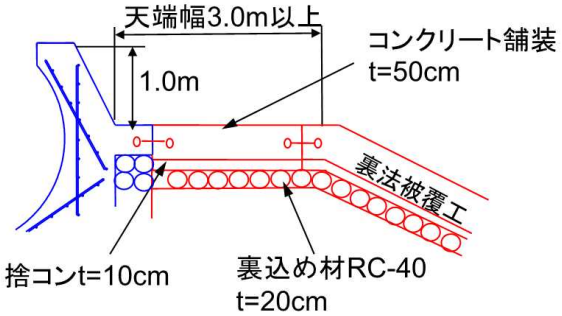
【③裏法、裏法尻の工夫】

・法枠構造の裏法は津波の越流により法枠内の詰石が流出し、堤体土まで浸食されているため、越流による流出や浸食が生じないコンクリート被覆構造を採用し、傾斜型堤防の表法被覆工厚と同等の50cmとする。

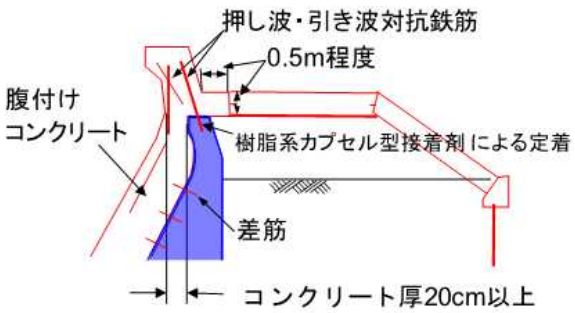
・また、被災事例から、被災が少なくなる2割勾配を採用し、越流の強い流れによる目地の間隙からの堤体土吸い出しを防ぐため目地処理を実施。

・津波の越流により裏法背後が洗掘や浸食を受け、堤防・護岸が全壊、半壊したケースが多いことから、裏法尻の洗掘・浸食防止対策として、現場条件を考慮しつつ、裏法根入れ、裏法止め鋼矢板、裏法被覆（被災実績の洗掘幅）のいずれかを採用。

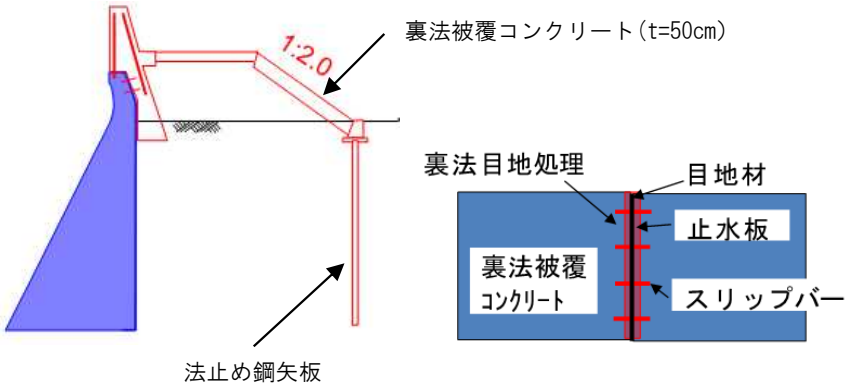
①天端構造の工夫（イメージ）



②嵩上げ構造の工夫（イメージ）



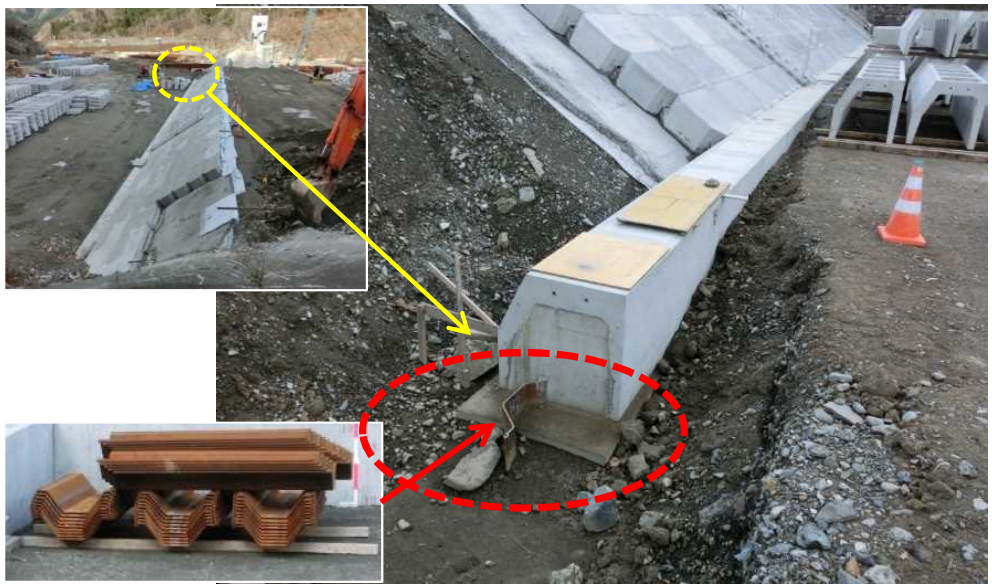
③裏法、裏法尻の工夫（イメージ）



粘り強い構造の施工事例

◻ 粘り強い構造の施工事例

ほぞ及び差筋設置事例（釜石港）



止水矢板設置事例（釜石市領国町）

小口の鋼管矢板による洗掘防止事例（いわき市）

※写真：(一財)沿岸技術研究センター