

## b) 恒流（平均流）の特徴

潮流の調和解析結果によると、辺野古前面海域のリーフ上や大浦湾内の潮流は数 cm/s 程度であり、前述した流れの季節的な変化、場所的な変化は海浜流や吹送流等に起因する恒流（平均流）によるものと考えられます。

そこで、潮汐周期変動を除去するため、25 時間移動平均を施した流速ベクトルと外力条件（波浪や風）の経時変化を図-6.6.1.65に、調和解析により得られた恒流（平均流）の水平分布を図-6.6.1.66に示し、その特徴を以下に示します。

### (ア) 気象・海象と恒流(平均流)の時間変化

辺野古崎と長島の間（K-16）では、波浪条件が静穏な時期は風の影響（吹送流）を受けていますが、高波浪時には海浜流に起因する北流が強められています。ただし、高波浪の継続期間は数日程度であり、波浪の低下とともに恒流（平均流）の強さは静穏期と同じ状況になっています。また、冬季は常時 1m 程度の波浪が来襲しており、夏季に比べて大浦湾の奥部に向かう北流が顕著となっています。

辺野古前面のリーフ内（辺野古漁港前面の K-19、豊原前面の K-22）の平均流速は K-16 に比べると小さい傾向ですが、高波浪時には南流（離岸流）が強まる様子がみられています。

### (イ) 恒流（平均流）の空間分布

辺野古リーフ上では西向きの流れと東向きの流れが混在し、複雑な流れの様子がみられています。夏季については、東向きの流れが多くみられ、観測期間中に連吹していた南西風の影響と考えられます。冬季については、西向きの流れが多くみられました。また、辺野古崎と長島の間では、夏季及び冬季ともに北流傾向となっており、夏季よりも冬季の方が顕著となっています。これらの季節的な流れの違いは、冬季の波高が夏季にくらべて高い傾向であることから、海浜流の影響が夏季よりも大きいためと考えられます。

大浦湾においては、夏季と冬季で流れの傾向が明瞭に異なっています。夏季については、大浦湾西部の表層では、水深の深い水路部に沿って概ね流出する流れの様子が確認できます。また、底層では表層とは逆に概ね流入傾向の流れとなっており、大浦湾東部でも同様に、表層で流出、底層で流入する流れとなっています。一方、冬季については、大浦湾の表層では、東西の水深の深い谷地形部を中心として湾全体で流入する流れとなっています。底層では大浦湾西部で流出する流れが明瞭にみられています。大浦湾東部では、海面下 10～20m では流入する傾向となっていますが、20m 以深では流出する流れとなっています。

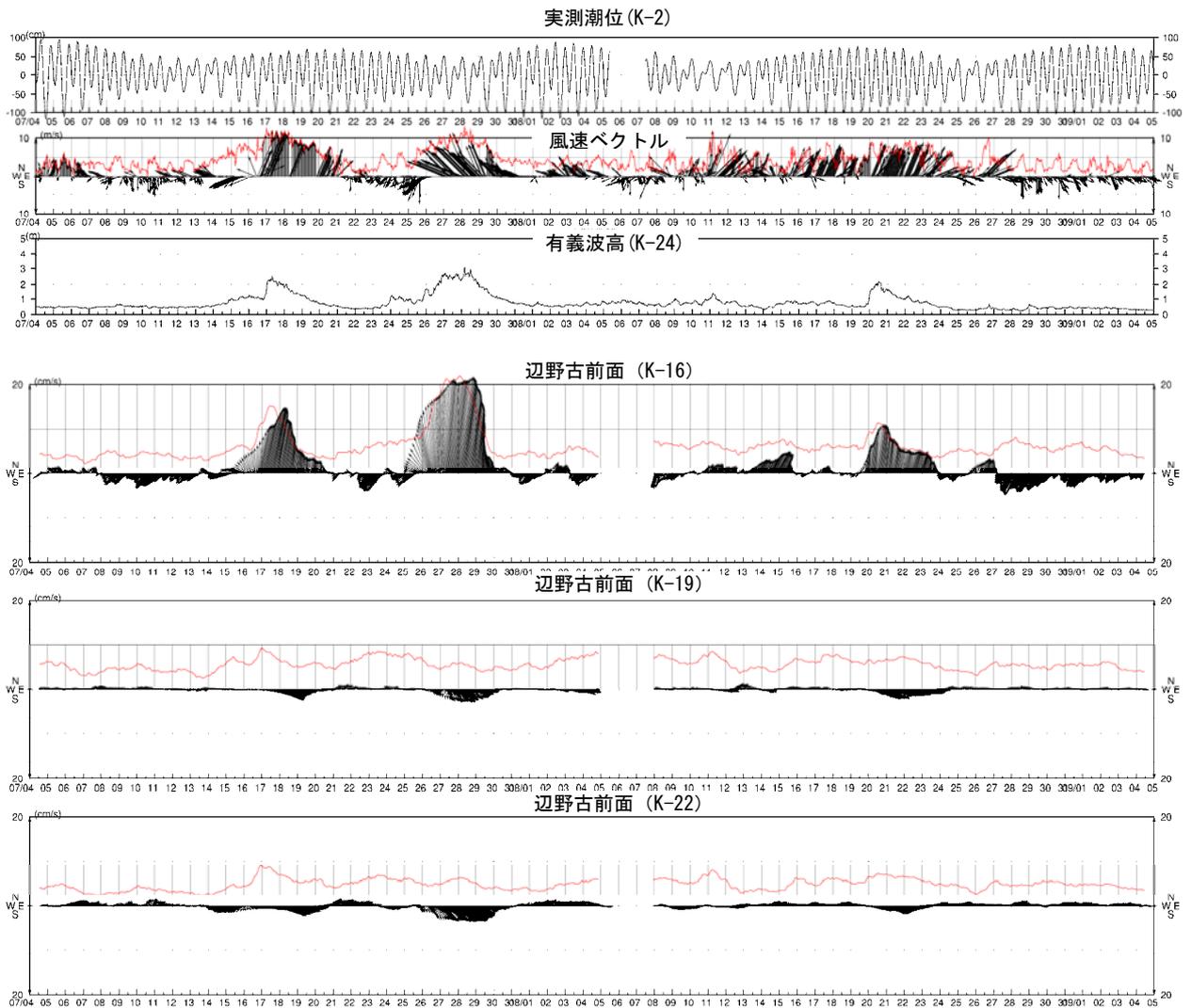
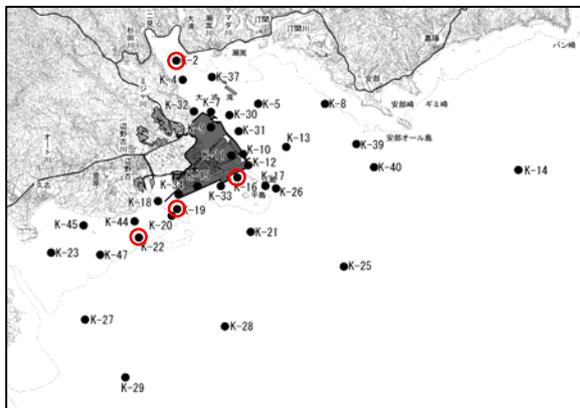


図-6.6.1.65(1) 気象・海象と恒流(平均流)の経時変化(平成20年度、夏季)

注) 10分間隔で測定された流向・流速データに対し、25時間の移動平均を施して潮汐成分を除去した後、60分間隔で描画しています。



《潮流調査地点》



《波浪調査地点》

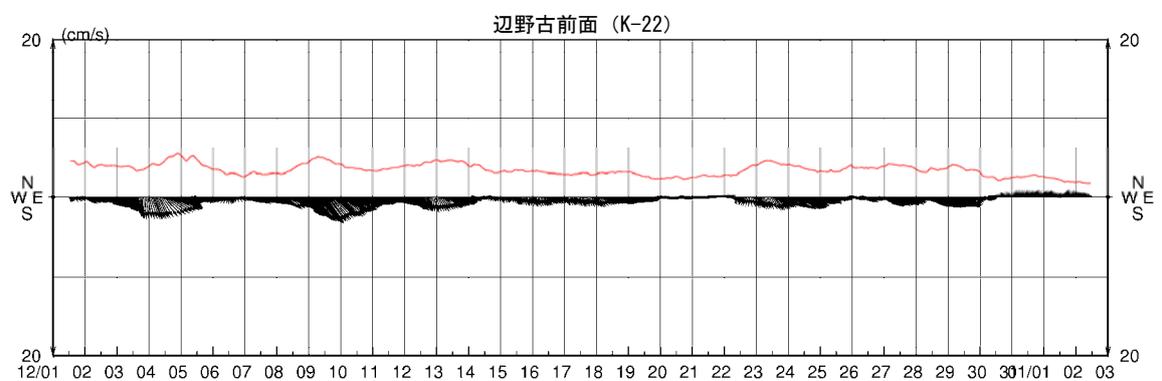
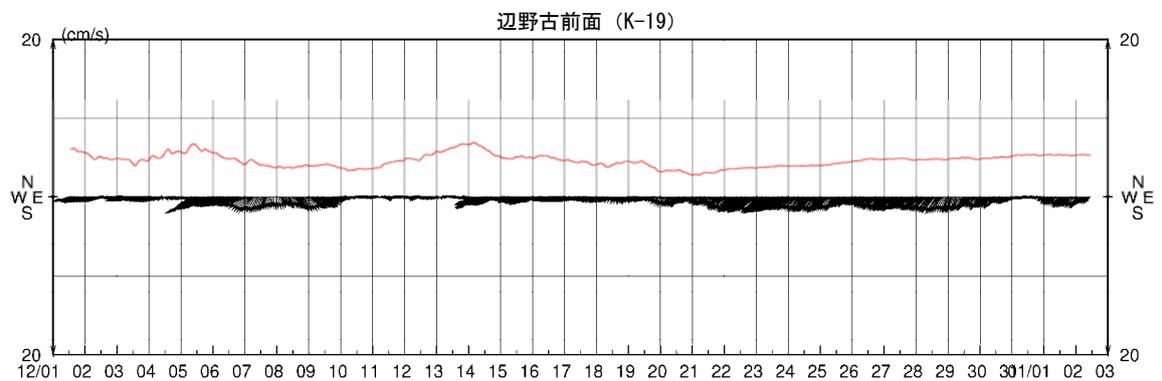
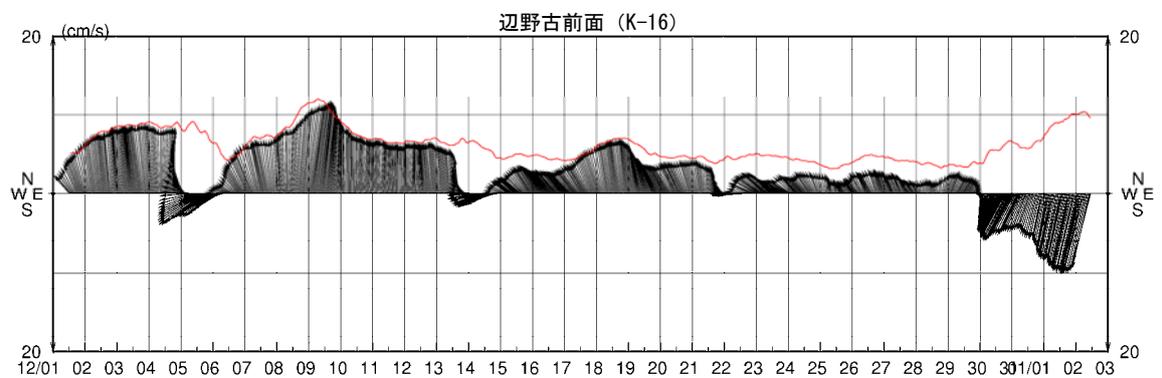
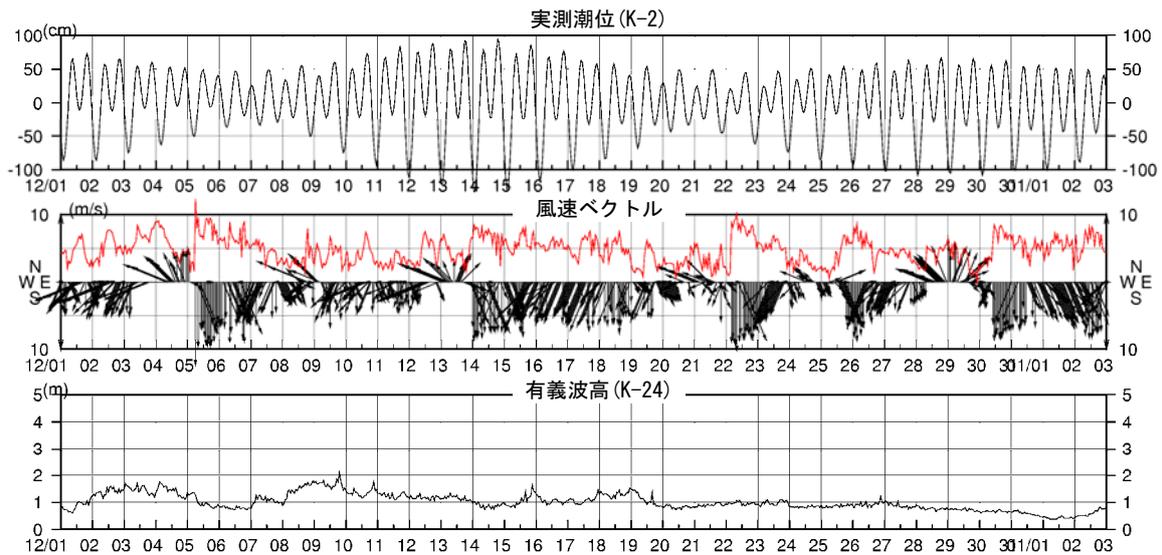
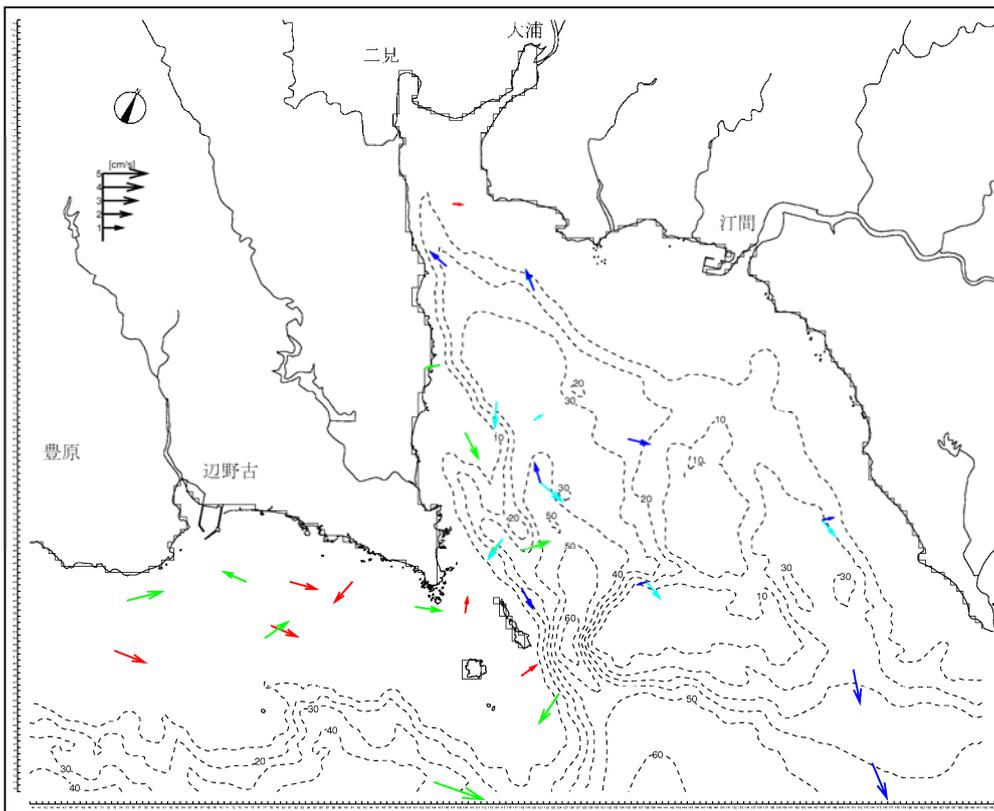


図-6. 6. 1. 65(2) 気象・海象と恒流(平均流)の経時変化(平成20年度、冬季)

注) 10 分間隔で測定された流向・流速データに対し、25 時間の移動平均を施して潮汐成分を除去した後、60 分間隔で描画しています。

【表層 (→ : 海面下 0~2m、→ : 2~4m、→ : 4~6m、→ : 6~10m)】



【底層 (→ : 海面下 10~20m、→ : 20~30m)】

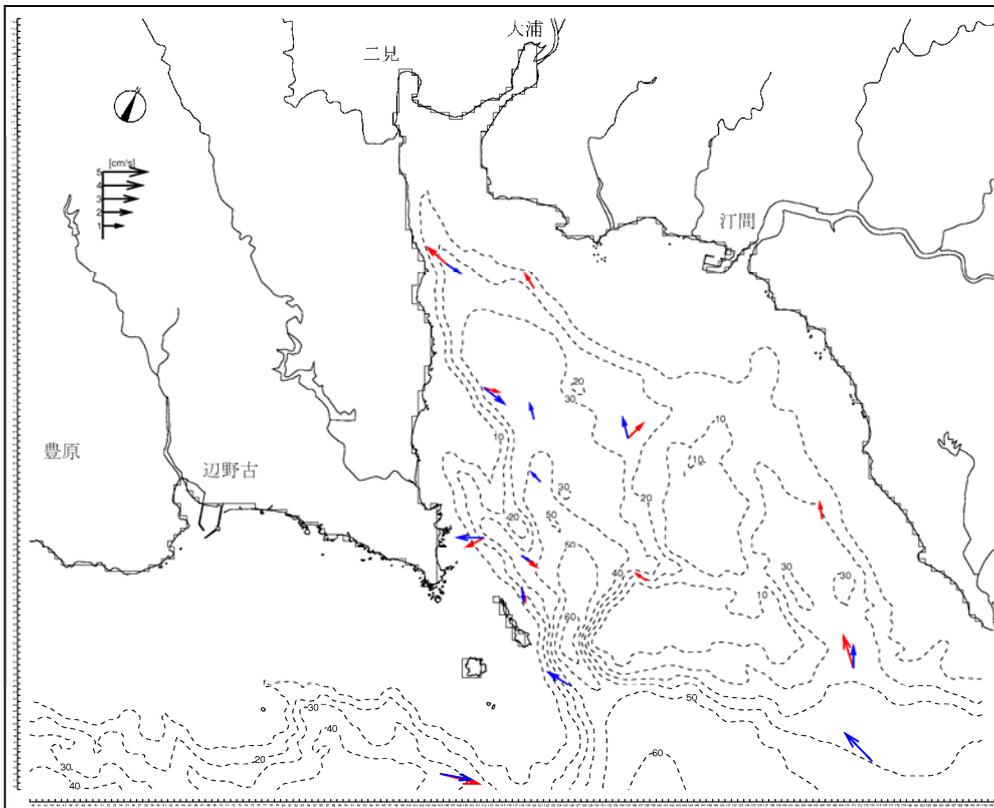
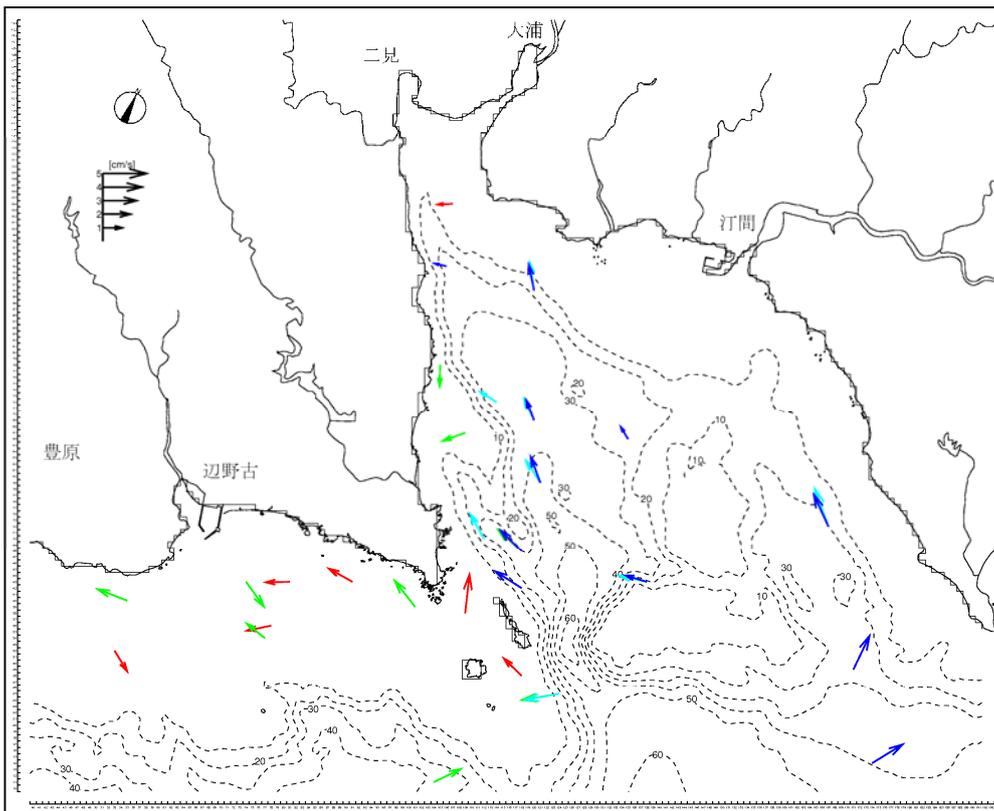


図-6.6.1.66(1) 恒流(平均流)分布 (平成20年度、夏季)  
 注) 平成20年8月の30昼夜を対象に解析した結果を示しています。

【表層 (→ : 海面下 0~2m、→ : 2~4m、→ : 4~6m、→ : 6~10m)】



【底層 (→ : 海面下 10~20m、→ : 20~30m)】

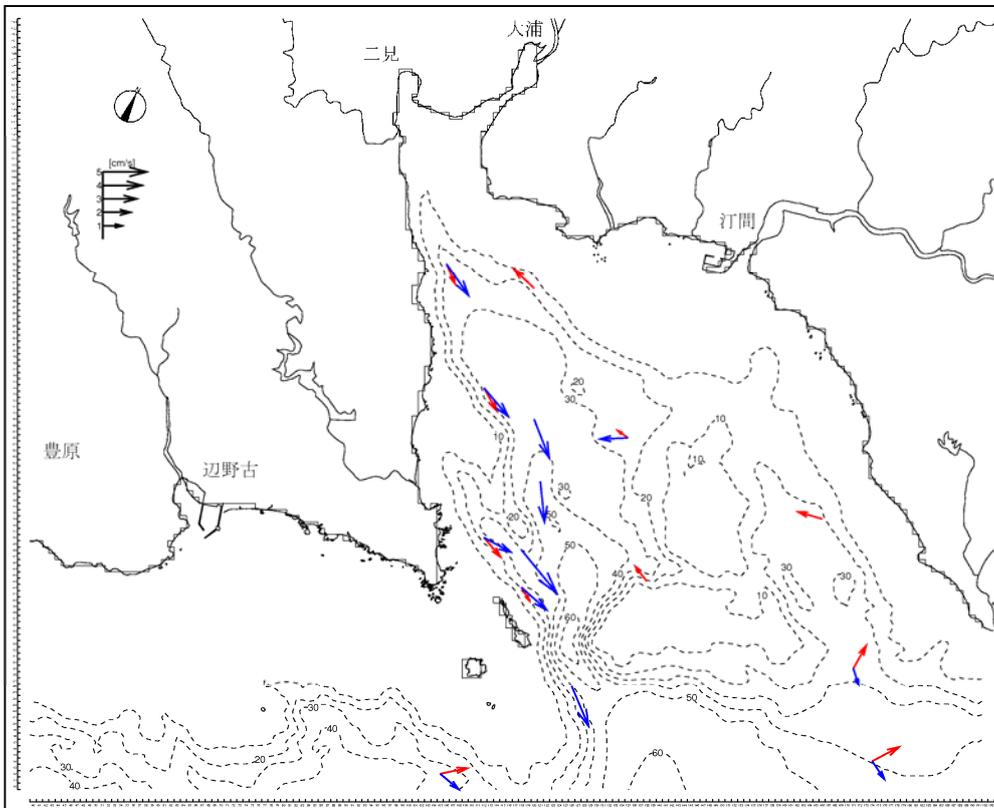


図-6.6.1.66(2) 恒流(平均流)分布 (平成20年度、冬季)  
 注) 平成20年8月の30昼夜を対象に解析した結果を示しています。

## 6.6.2 予測

### 6.6.2.1 工事の実施

#### (1) 予測の概要

対象事業における工事の実施が水質に及ぼす影響の予測概要は表-6.6.2.1.1に示すとおりであり、コンクリート工事に伴う pH 変化及び底質の巻き上げによる水質変化を予測しました。

表-6.6.2.1.1 予測概要（工事の実施）

項目	内容	
予測項目	コンクリート工事に伴う pH 変化	底質の巻き上げによる水質変化
影響要因	<ul style="list-style-type: none"><li>護岸の工事 代替施設本体 辺野古地先水面作業ヤード</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>護岸の工事 代替施設本体 辺野古地先水面作業ヤード 海上ヤード</li><li>造成等の施工による一時的な影響 進入灯（燃料栈橋を含む）の工事</li></ul>
予測地域	事業実施区域周辺海域	事業実施区域周辺海域
予測地点	事業実施区域周辺海域	事業実施区域周辺海域
予測対象時期	コンクリート工事の実施に伴うアルカリ負荷による水質変化については施工計画に基づいて、環境影響が適切に予測できる時期としました。	工事に伴う底質の巻き上げによる水質の変化については、環境影響が最大となる時期としました。
予測方法	工事中のアルカリ負荷による水質変化は、アルカリ度を指標として数値シミュレーションにより予測しました。予測にあたっては、保存系物質の移流拡散モデル（多層モデル）を用いました。	底質の巻き上げによる影響については、底質の状況に関する調査結果をもとに定性的に予測しました。

#### (2) 予測方法

##### 1) コンクリート工事に伴う pH の変化

###### (a) 予測の前提

コンクリート工事に伴う pH 上昇については、施工計画に基づき、影響予測の対象となる工事を水中コンクリートの打設工事としました。なお、コンクリートブロックの養生水、コンクリートプラントからの洗浄水、飛行場の舗装面の養生水などのアルカリ排水については、適切に処理し、海域への直接排水は行わないことを予測の前提としました。

アルカリ排水の処理内容については、コンクリートプラントからの洗浄水は濁水処理設備により処理後、洗浄水として再利用します。また、養生水は必要最低限の水量を使用することとし、その排水は濁水処理及び pH 中和処理を行った後に海域へ放流する予定であり、アルカリ排水を直接海域に流出させないよう配慮します。

(b) 予測手順

コンクリート工事に伴う pH の変化の予測手順は、図-6.6.2.1.1に示すとおりです。

水中コンクリート工事の施工に伴う pH への変化は、海水中のアルカリ度を指標として拡散計算を行い、その結果を pH に換算する手法を用いました。

予測に当たっては、現況と整合した流動モデルを用いて、事業計画に基づき将来の計算条件を設定して、pH を予測しました。

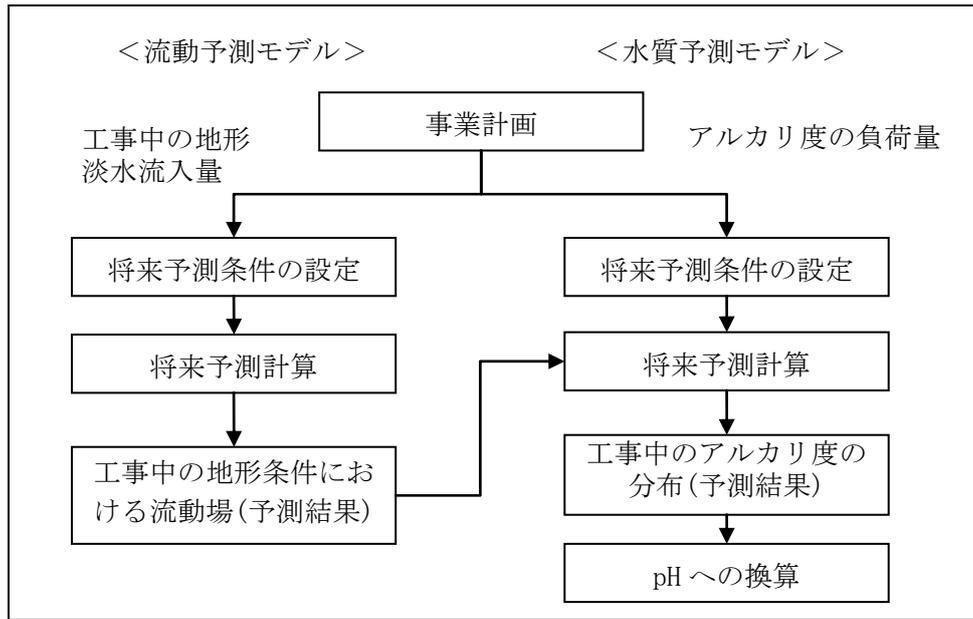


図-6.6.2.1.1 pH の予測手順

(c) 予測モデル

a) 予測の考え方

一般に、海水の pH は弱アルカリ性を示し、海水中の陽イオンと陰イオンの電荷バランスに依存しています。工事中は、水中コンクリートからカルシウムなどのアルカリイオンが溶出することによって海水中の pH が上昇することが考えられますが、pH の指標となる水素イオン濃度は、海水中では様々な化学反応によりその形態が変化して、保存物質とならないため直接的に拡散計算を行うことは困難です。

そこで、pH 予測に際しては、コンクリート工事に伴う pH の変化要因を予測手法に反映させるため、コンクリートを用いた室内実験によって、コンクリートからのアルカリ負荷の原単位の把握を行いました。室内実験の概要を表-6.6.2.1.2に示しました。

室内実験を整理・解析した結果、コンクリート工事による pH 上昇の機構は、水中コンクリートからのカルシウムの溶出により水中のカルシウムイオン濃度が増加し、アルカリ度が上昇したことによるものであることがわかりました。

海水中のアルカリ度は、炭酸カルシウム、水酸化マグネシウムなどの析出が生じないかぎり保存物質と考えられるため、流れによる影響のみを考慮した移流・拡散モデルで解析することが可能と考えられます。実験の初期段階では、水酸化マグネシウムの析出は生じていなかったことから、実験で得られた pH とアルカリ度の関係を用いて、海水中のアルカリ度を計算項目として行った拡散計算結果であるアルカリ度の分布から pH の値の変化とその範囲を評価する方法を採用しました。

表-6.6.2.1.2 室内実験の概要

実験方法	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 実験で使用する水中コンクリートを調整する。</li> <li>2. 直径 10cm、長さ 50cm のアクリルコア内に水中コンクリートを敷き詰める。</li> <li>3. コンクリート表面を乱さないようにフロート盤を置き、サイホンを用いて人工海水を少しずつ流し込む。</li> <li>4. 直径 10cm のアクリルパイプの上部に空気が入らないようにゴム栓をかぶせる。</li> <li>5. 海水注入後、3 日間一定時間ごと (全 11 回) に海水をコンクリート表面より 2cm 上層まで採水し、pH、アルカリ度、カルシウム、マグネシウムを測定する。</li> </ol>																										
水中コンクリートの配合率	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 30%;">材料</th> <th style="width: 30%;">単用量(kg/m<sup>3</sup>)</th> <th style="width: 40%;">摘要</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>セメント</td> <td>372</td> <td></td> </tr> <tr> <td>水</td> <td>218</td> <td></td> </tr> <tr> <td rowspan="2">細骨材</td> <td>砂</td> <td>348</td> </tr> <tr> <td>砕砂</td> <td>352</td> </tr> <tr> <td>粗骨材</td> <td>砕石</td> <td>994</td> </tr> <tr> <td>AE 減水剤</td> <td>0.744</td> <td>標準使用量 (セメント質量の 0.2%)</td> </tr> <tr> <td>水中不分離性混和剤</td> <td>2.5</td> <td>標準使用量 (2.5kg/m<sup>3</sup>)</td> </tr> <tr> <td>流動化剤</td> <td>7.440</td> <td>セメント質量の 2.0%</td> </tr> </tbody> </table>	材料	単用量(kg/m <sup>3</sup> )	摘要	セメント	372		水	218		細骨材	砂	348	砕砂	352	粗骨材	砕石	994	AE 減水剤	0.744	標準使用量 (セメント質量の 0.2%)	水中不分離性混和剤	2.5	標準使用量 (2.5kg/m <sup>3</sup> )	流動化剤	7.440	セメント質量の 2.0%
材料	単用量(kg/m <sup>3</sup> )	摘要																									
セメント	372																										
水	218																										
細骨材	砂	348																									
	砕砂	352																									
粗骨材	砕石	994																									
AE 減水剤	0.744	標準使用量 (セメント質量の 0.2%)																									
水中不分離性混和剤	2.5	標準使用量 (2.5kg/m <sup>3</sup> )																									
流動化剤	7.440	セメント質量の 2.0%																									
実験結果	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 実験開始から時間の経過とともに pH 及びアルカリ度、カルシウムが増加し、マグネシウムには変化がみられませんでした。</li> <li>• マグネシウムについては、実験開始から 1~2 日経過した後に減少しましたが、これは pH の上昇により水酸化マグネシウムが析出したことを表しています。この現象は一般的によく知られているもので、水酸化マグネシウムの析出は pH に対して緩衝作用として働きます。</li> <li>• 実験ではコンクリートからマグネシウムの溶出はみられなかったことから、海水中のマグネシウムが大きく増加することはなく、水酸化マグネシウムの析出は促進されないと考えられます。</li> </ul>																										

b) 基本式

工事の実施に伴う pH の変化は、アルカリ度を指標として、水質汚濁拡散予測手法により検討しました。予測モデルは、保存系物質の移流拡散方程式を基本式とし、次式で表されます。

$$\frac{\partial C}{\partial t} + u \frac{\partial C}{\partial x} + v \frac{\partial C}{\partial y} + w \frac{\partial C}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial x} \left( K_x \frac{\partial C}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( K_y \frac{\partial C}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( K_z \frac{\partial C}{\partial z} \right) + q$$

- C : 水質濃度(アルカリ度)
- u, v, w : x, y, z 方向の流速
- K<sub>x</sub>, K<sub>y</sub> : 水平渦拡散係数
- K<sub>z</sub> : 鉛直渦拡散係数
- q : 負荷量(アルカリ度)

(d) 計算条件

a) 負荷量の算定と予測対象時期

水中コンクリートの施工量に対するアルカリ負荷の原単位を把握するため、室内実験を行いました。室内実験では pH の上昇とともにアルカリ度が上昇し、このアルカリ度の上昇はカルシウムイオンの溶出によるものでした。また、マグネシウムイオンの溶出は確認されませんでした。

したがって、水中コンクリートの打設による pH の上昇を予測するために、水中コンクリートから溶出するアルカリ負荷の原単位としてカルシウムイオンの溶出量について室内実験の結果から、表-6.6.2.1.3に示すとおり把握しました。

表-6.6.2.1.3 アルカリ負荷の原単位

項目	原単位 (kg/m <sup>3</sup> /日)
アルカリ負荷 (カルシウムイオンの溶出量)	2.083

注) 原単位はコンクリートの単位体積当たりのアルカリ度で、コンクリート工事によるアルカリ度の増加は、カルシウムイオンの溶出量で表されます。

施工計画から得られる水中コンクリートの施工量とアルカリ負荷の原単位から、水中コンクリートの打設に伴い発生するアルカリ度の負荷量を求め、図-6.6.2.1.2に示す結果となりました。その結果、負荷量が最も多い時期である4年次9ヶ月目を予測対象時期としました。

4年次9ヶ月目の工事中の地形及び水中コンクリートの打設位置は図-6.6.2.1.3に示すとおりです。

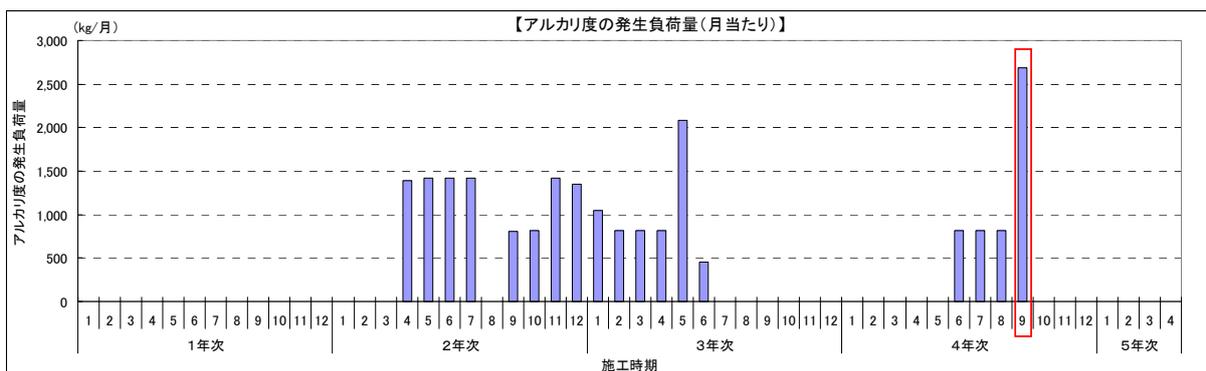


図-6.6.2.1.2 アルカリ度の発生負荷量



b) アルカリ度の初期値

アルカリ度の拡散計算では、人為的に加えられたアルカリ負荷の拡散を対象としていることから、初期値はゼロとしました。

c) アルカリ度の境界値

アルカリ度の境界条件は、初期値で固定しました。

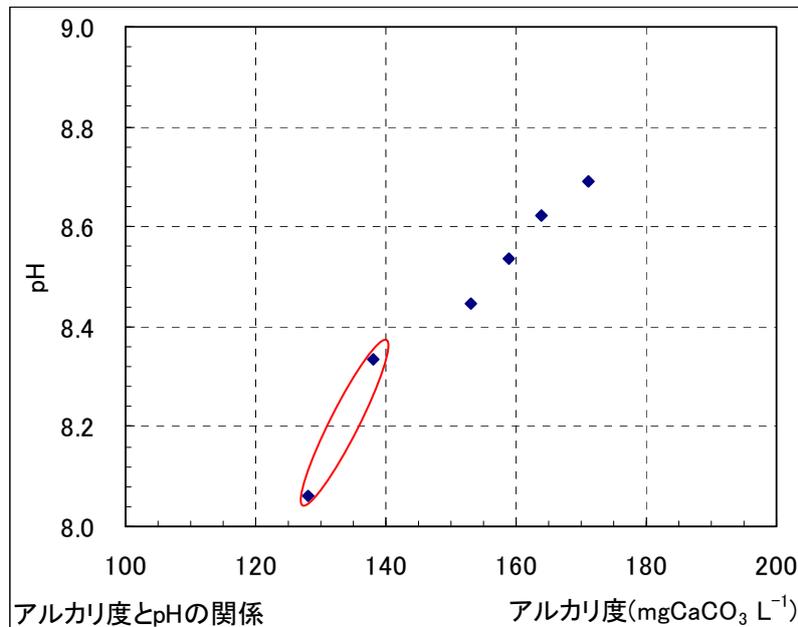
d) アルカリ度から pH への換算

アルカリ度と pH の関係は、室内実験から図-6.6.2.1.4に示す結果が得られました。pH はアルカリ度の上昇とともに増加しますが、増加率は時間が経過すると低下する傾向がみられます。

したがって、環境影響評価の観点から pH に対して厳しい条件（アルカリ度の変化に対する pH の変化が大きい条件）で評価することとし、実験の初期にみられた濃度変化の勾配が大きい場合を考慮した関係式を用いました。

$$\text{pH} = 0.0276 \times (\text{アルカリ度}) + 4.5272$$

アルカリ度の拡散計算結果から pH に換算する際には、バックグラウンドの海水の pH を平成 20 年度の現地調査結果から夏季 8.1、冬季 8.2 と設定し、計算結果のアルカリ度にバックグラウンドの pH に相当するアルカリ度を加えることによって、海域全体のアルカリ度とした後に、関係式から pH を求めました。



注) 図中の○は、実験の初期段階の濃度変化の勾配が大きい

図-6.6.2.1.4 室内実験で得られたアルカリ度と pH の関係

e) その他の計算条件

水質予測計算に必要なその他の計算条件を表-6.6.2.1.4に示しました。

表-6.6.2.1.4 水質予測計算に必要なその他の計算条件

項目	設定値及び設定方法						
格子間隔	計算範囲は流動モデルと同様とし、事業実施区域周辺海域を150m 格子に分割し、代替施設周辺海域を50m 格子に分割しました。また、計算を安定に実施するため、150m 格子の外側に450m 格子の緩衝領域を設定しました。						
鉛直層分割	層分割は流動モデルと同様とし、水深10m 以浅までが4層、10m 以深が2層の全6層としました。 各層の水深分割は以下に示すとおりです。 <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%;">第1層 : 0.0~2.0m</td> <td style="width: 50%;">第4層 : 6.0~10.0m</td> </tr> <tr> <td>第2層 : 2.0~4.0m</td> <td>第5層 : 10.0~20.0m</td> </tr> <tr> <td>第3層 : 4.0~6.0m</td> <td>第6層 : 20.0m 以深</td> </tr> </table>	第1層 : 0.0~2.0m	第4層 : 6.0~10.0m	第2層 : 2.0~4.0m	第5層 : 10.0~20.0m	第3層 : 4.0~6.0m	第6層 : 20.0m 以深
第1層 : 0.0~2.0m	第4層 : 6.0~10.0m						
第2層 : 2.0~4.0m	第5層 : 10.0~20.0m						
第3層 : 4.0~6.0m	第6層 : 20.0m 以深						
タイムステップ	水質計算のタイムステップは、計算の安定性を考慮して、緩衝領域(450m 格子)が18秒、事業実施区域周辺海域(150m 領域)が6秒、代替施設周辺海域(50m 領域)が2秒としました。						
計算時間	計算時間は、流動モデルで得られた周期的に定常な流れの場合(12時間周期の流れ)を入力条件とし、その流れの場合において、コンクリート工事によるアルカリの負荷が海域で拡散していく様子を繰り返し計算し、水質の場が周期的に定常な状態になるまでを計算時間としました。 計算時間は、図-6.6.2.1.5に示しますように、数値シミュレーションによる計算結果が収束する時間を検討した結果、濃度変化が概ね定常になるまでの時間として240時間(10日間)に設定しました。						
水平渦動拡散係数	「6.9 水象」の流動モデルにおいて求められた値を使用しました。						
鉛直渦動拡散係数	「6.9 水象」の流動モデルにおいて求められた値を使用しました。						

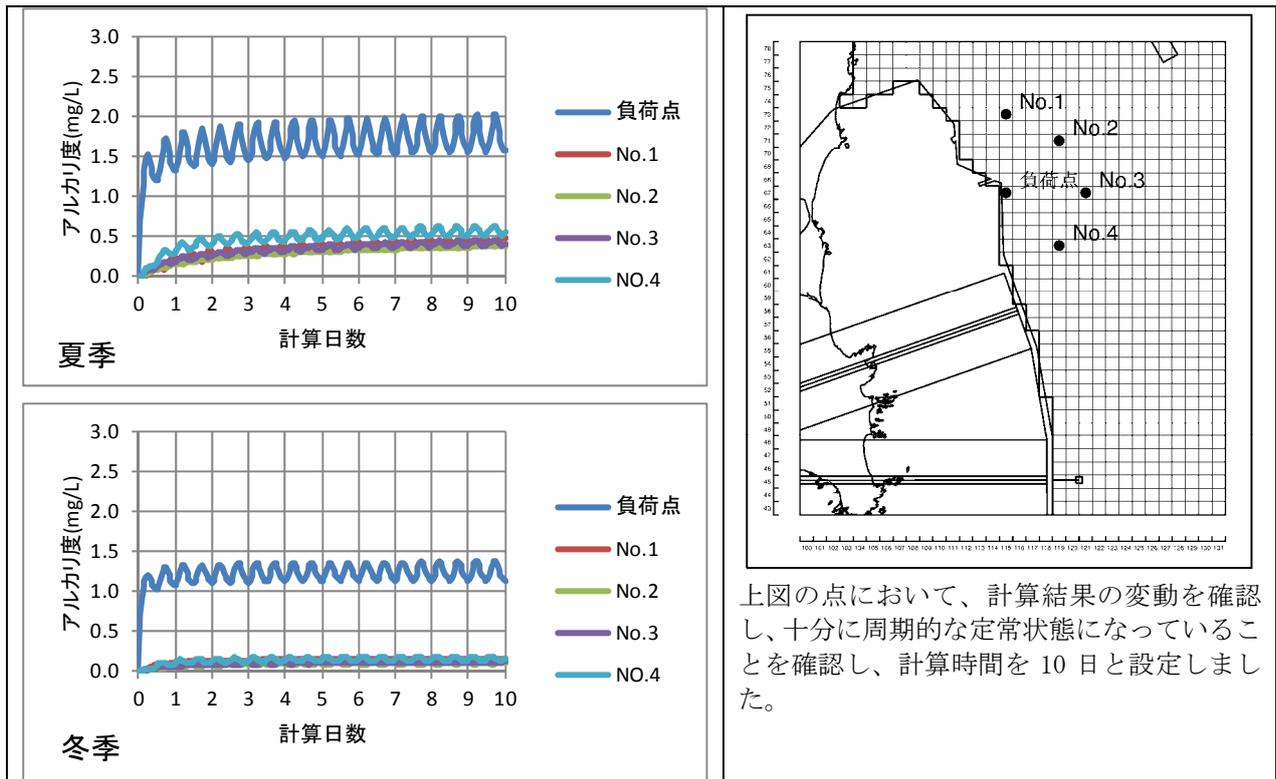


図-6.6.2.1.5 計算時間の設定根拠

2) 工事に伴う底質の巻き上げによる水質の変化

工事に伴う底質の巻き上げによる水質の変化については、施工区域周辺における底質の調査結果をもとに予測を行いました。

### (3) 予測結果

#### 1) コンクリート工事に伴う pH の変化

工事中の pH 予測結果として、夏季と冬季の 4 年次 9 ヶ月目の pH 分布を図 6.6.2.1.6 に示しました。

夏季の結果をみると、pH の日最大濃度及び日平均濃度はともに、第 1 層 (0～2m) ～第 4 層 (6～10m) でバックグラウンドの 8.1 に対して 0.1 増加し、8.2 となっています。また、第 5 層 (10～20m) 及び第 6 層 (20m 以深) では、バックグラウンドの 8.1 に対して 0.1 未満の変化となっています。

冬季の結果をみると、pH の日最大濃度及び日平均濃度はともに、第 3 層 (4～6m) でバックグラウンドの 8.2 に対して 0.1 増加し 8.3 となっており、その他の層ではバックグラウンドの 8.2 に対して 0.1 未満の変化となっています。

以上の結果、コンクリート工事に伴う pH の変化は、夏季及び冬季ともにバックグラウンドの値 (夏季 : 8.1、冬季 : 8.2) から 0.1 の増加がみられ、夏季で 8.2、冬季で 8.3 となっていました。予測結果で得られた pH の増加域は、コンクリート工事の施工場所のごく近傍に限られており、周辺海域に広く拡散することはありませんでした。

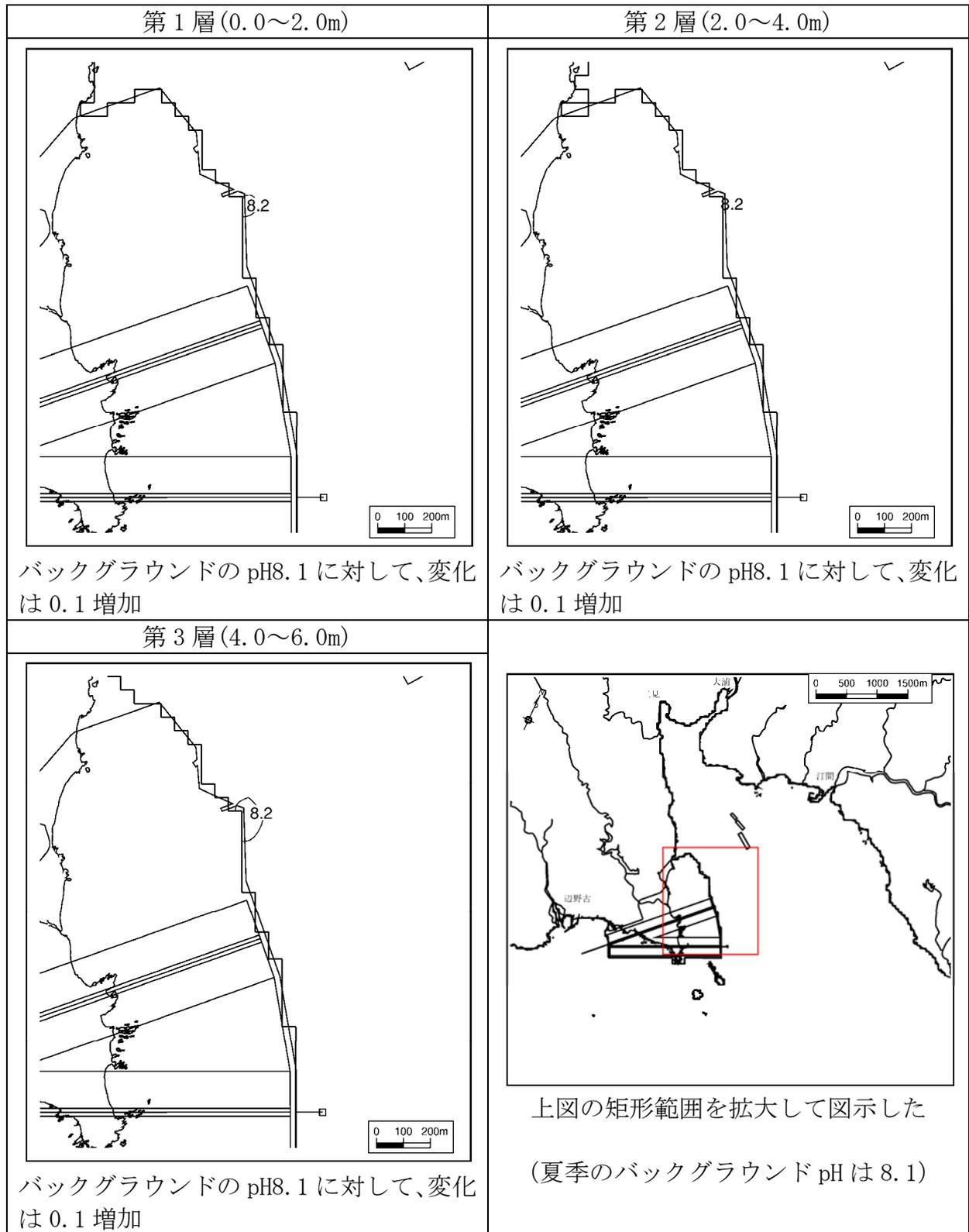


図-6.6.2.1.6(1) 工事中の pH 分布 (4 年次 9 ヶ月目、夏季、日最大濃度)

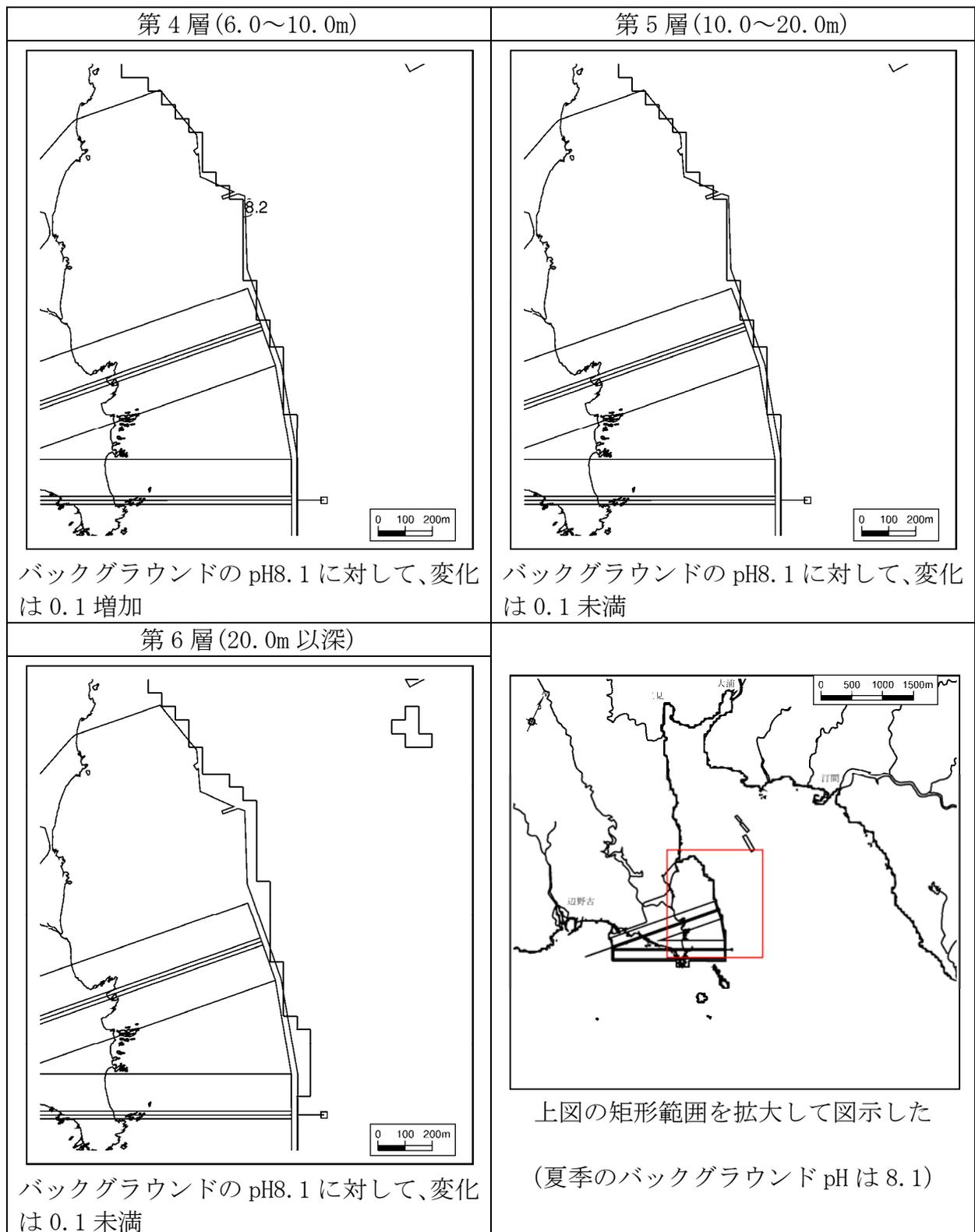


図-6.6.2.1.6(2) 工事中の pH 分布 (4 年次 9 ヶ月目、夏季、日最大濃度)

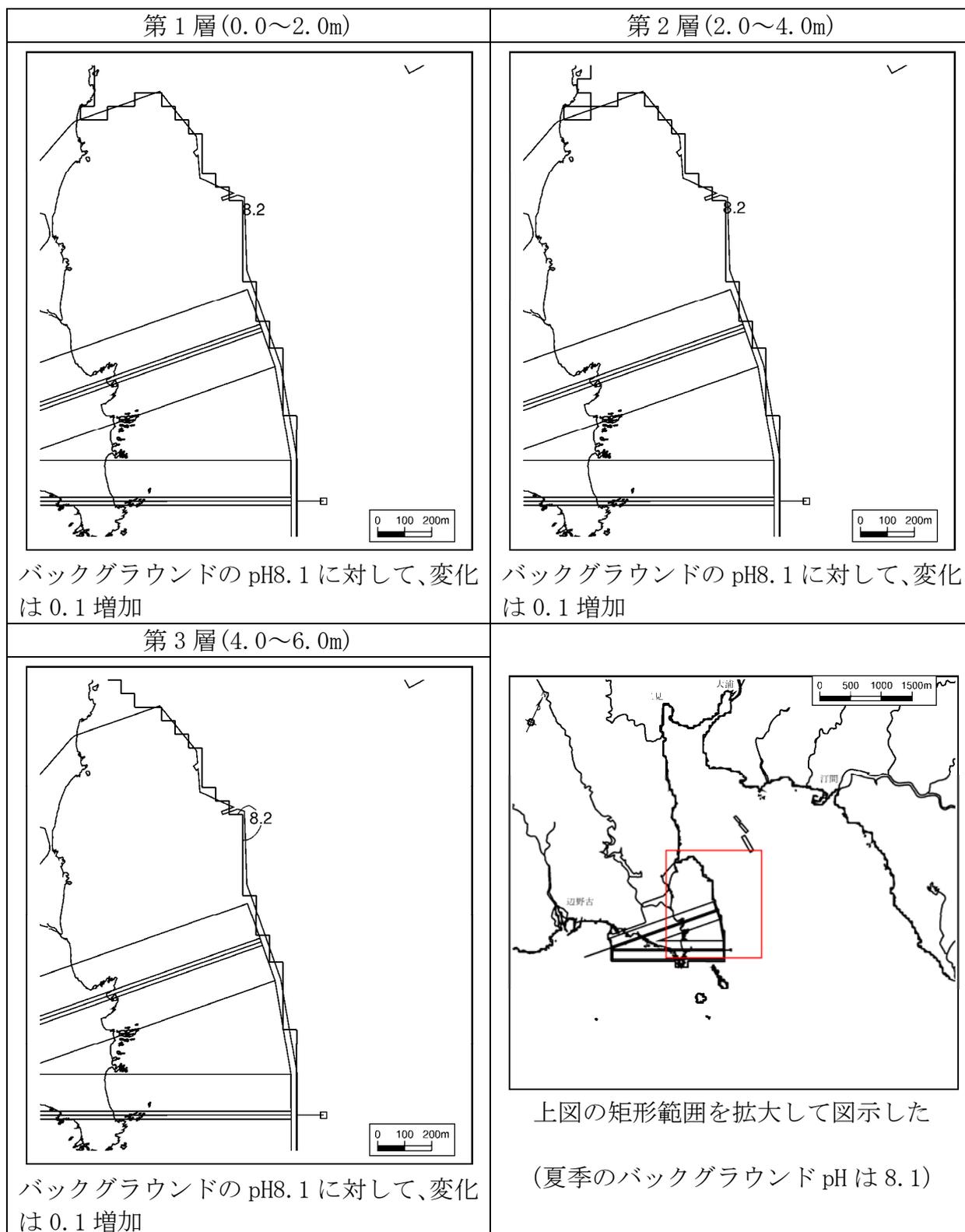


図-6.6.2.1.6(3) 工事中の pH 分布 (4 年次 9 ヶ月目、夏季、日平均濃度)

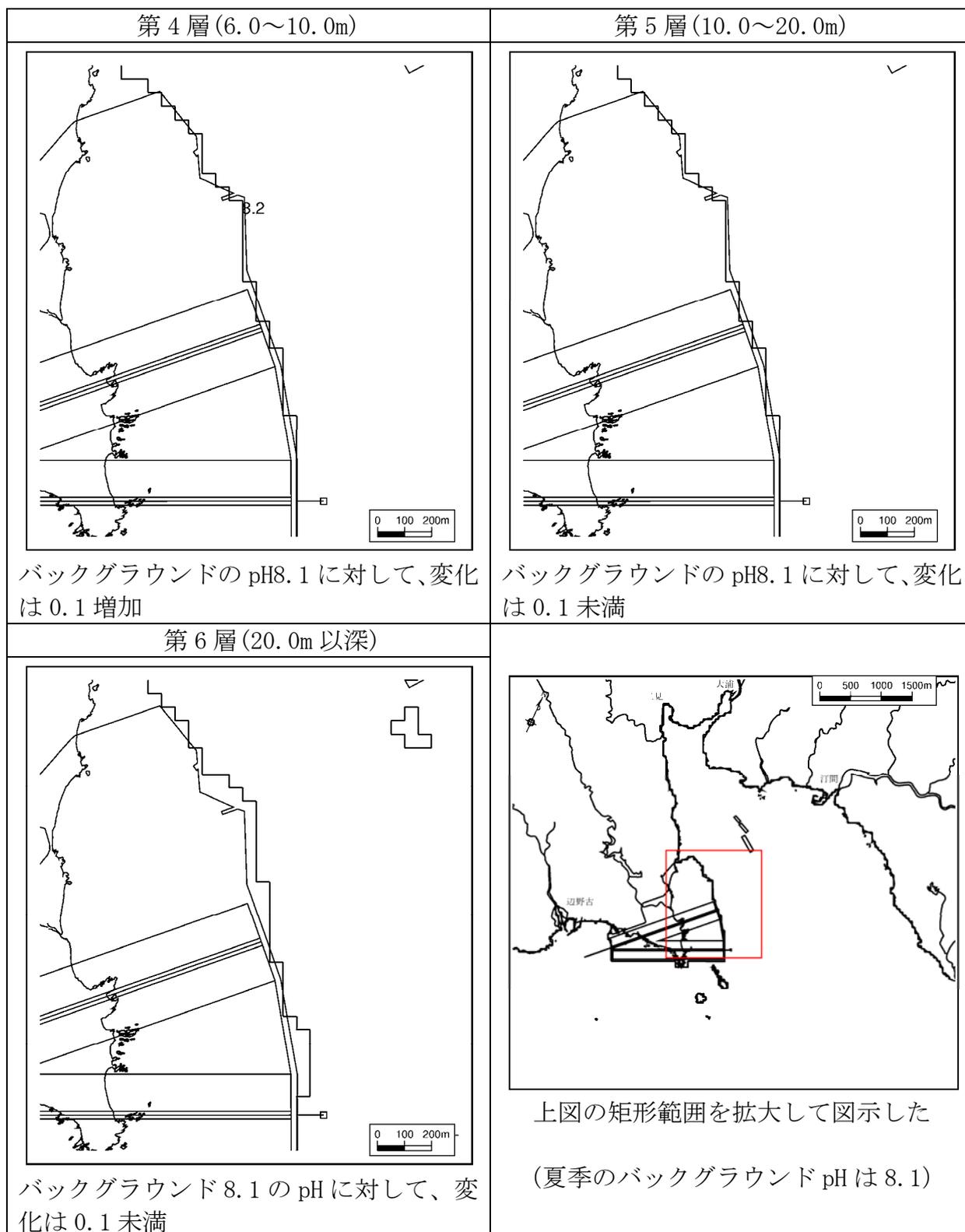


図-6.6.2.1.6(4) 工事中の pH 分布 (4 年次 9 ヶ月目、夏季、日平均濃度)

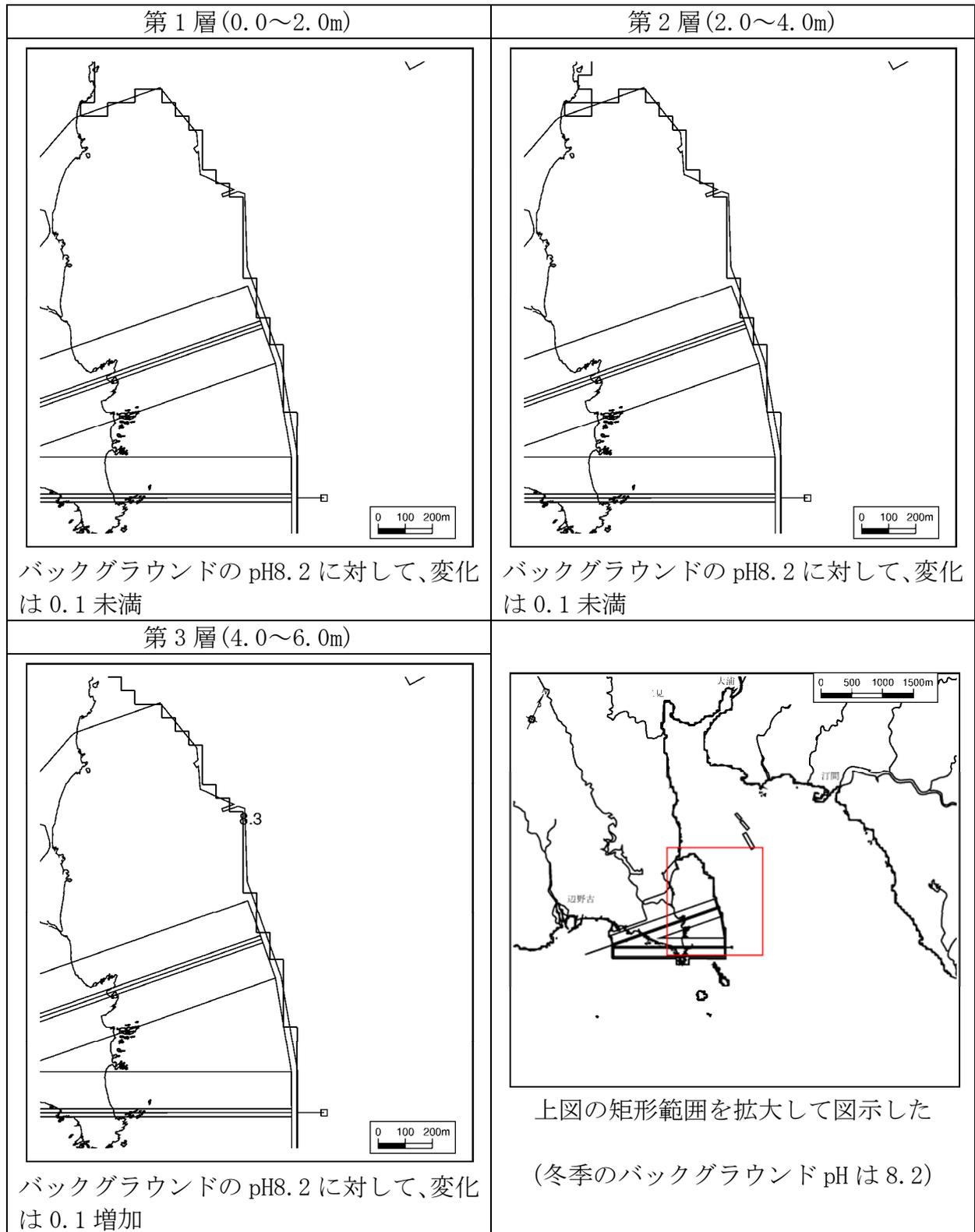


図-6.6.2.1.6(5) 工事中の pH 分布 (4 年次 9 ヶ月目、冬季、日最大濃度)

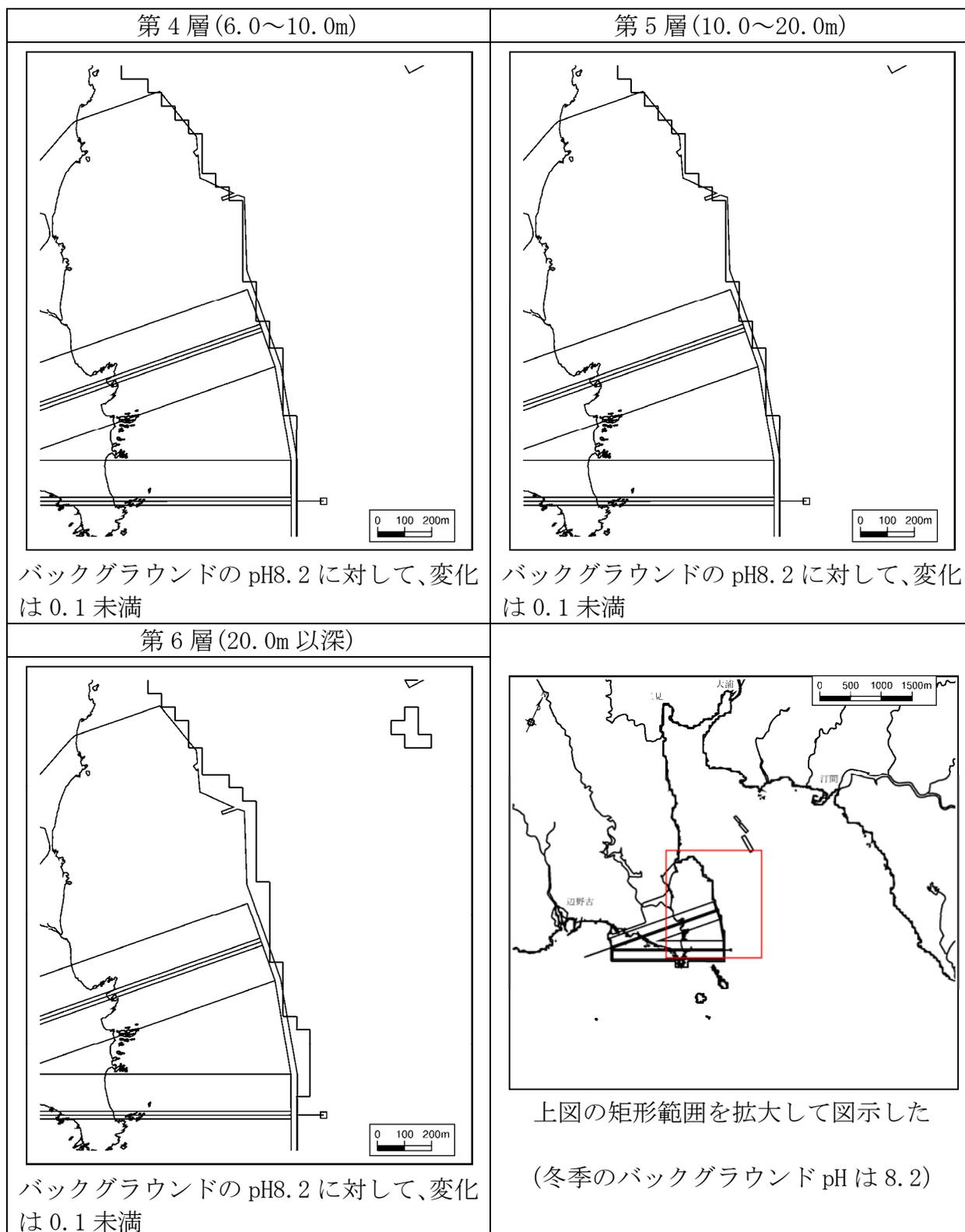


図-6.6.2.1.6(6) 工事中の pH 分布 (4 年次 9 ヶ月目、冬季、日最大濃度)

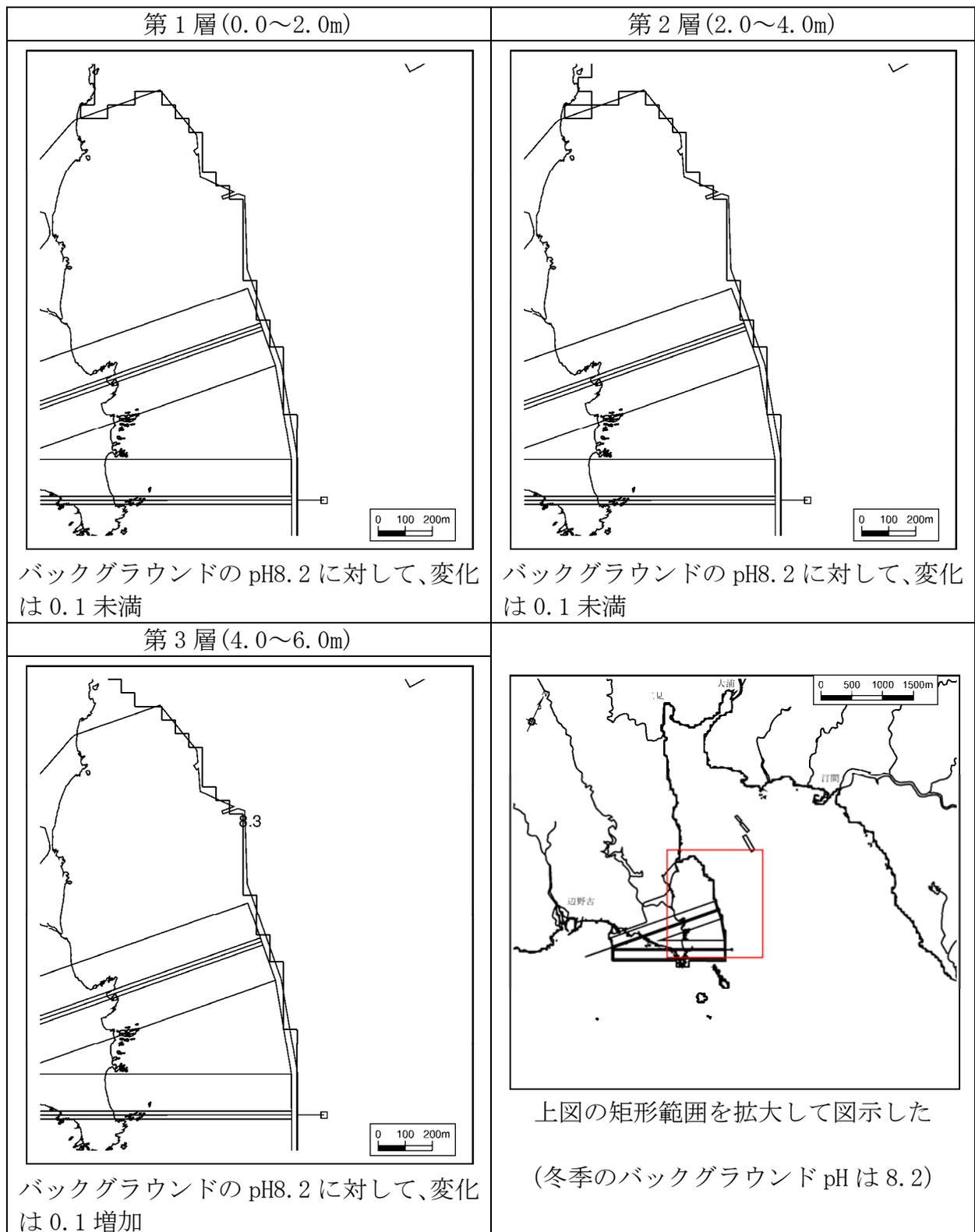


図-6.6.2.1.6(7) 工事中の pH 分布 (4 年次 9 ヶ月目、冬季、日平均濃度)

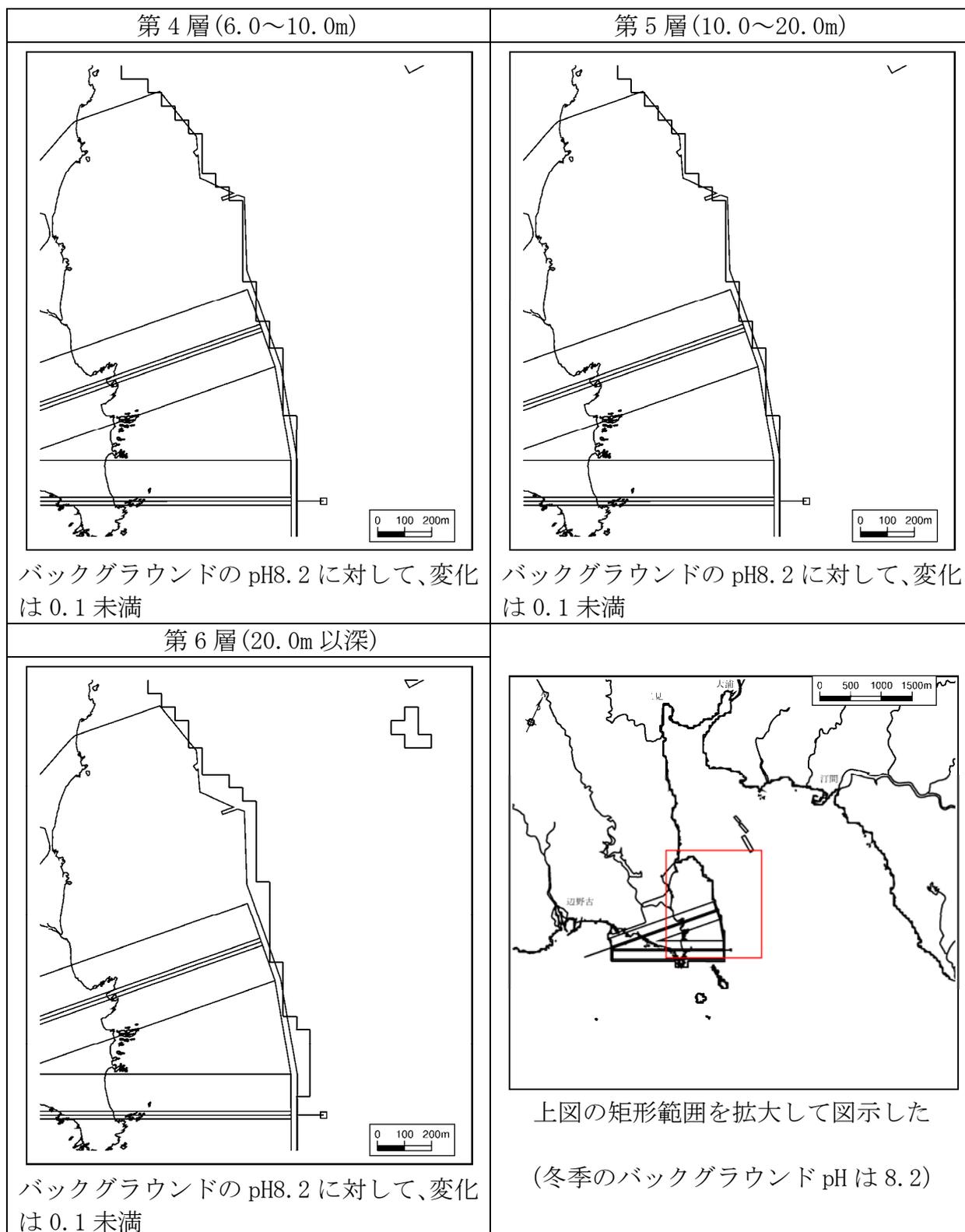


図-6.6.2.1.6(8) 工事中の pH 分布 (4 年次 9 ヶ月目、冬季、日平均濃度)

## 2) 工事に伴う底質の巻き上げによる水質の変化

海上ヤードの設置区域及び代替施設本体の設置に係る浚渫区域周辺における底質調査の結果によると、海上ヤードの設置区域周辺は細砂分が主体の底質ですが、捨石投入時の水の濁りの拡散状況の予測結果（「6.7 土砂による水の濁り」, 図-6.7.2.2.11 参照）をみますと、濁りの濃度は海上ヤード周辺において2mg/L程度であり、大きな濁りの発生はみられないものと予測されています。このため、捨石投入に伴う底質の巻き上げに伴う水質の変化は小さいものと考えました。

また、代替施設本体の設置に係る浚渫区域周辺においては、シルト・粘土分が30%程度を占める調査地点がみられますが、全般には中砂分や粗砂分が卓越する砂質底である（表-6.6.1.23 及び表-6.6.1.24 参照）ため底質中の有機物等の含有量は少なく、工事に伴う底質の巻き上げによる水質の変化は小さいものと考えました。

なお、大浦湾奥部において底質からの溶出実験を行った結果によると、ダイオキシン類を含むいずれの項目も定量限界値未満もしくは水底土砂の判定基準を満たしており、巻き上げによる有害物質の影響はないものと考えました。

## 6.6.2.2 施設等の存在及び供用

### (1) 予測の概要

対象事業による施設等の存在及び供用が水質に及ぼす影響の予測概要を表-6.6.2.2.1に示しました。

代替施設等の存在に伴う影響は、代替施設本体の存在、切替え後の美謝川の存在、辺野古地先水面作業ヤードの存在、海上ヤードの存在による流れの変化に伴う水の汚れ（COD）や塩分の分布状況の変化を予測しました。

飛行場の施設の供用に伴う影響は、飛行場の施設から発生する汚水及び雨水排水に伴う水の汚れ（COD）や塩分の分布状況の変化を予測しました。また、サンゴ類の予測に資するため、汚水排水に伴う全窒素及び全リンの分布状況の変化を予測し、その結果を資料編に示しました。

表-6.6.2.2.1 予測概要（施設等の存在及び供用）

項目	内容	
	存在時	供用時
予測項目	化学的酸素要求量（COD） 塩分の変化	化学的酸素要求量（COD） 塩分の変化
影響要因	<ul style="list-style-type: none"> <li>代替施設等の存在</li> <li>代替施設本体の存在</li> <li>切替え後の美謝川の存在</li> <li>辺野古地先水面作業ヤードの存在</li> <li>海上ヤードの存在</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>飛行場の施設の供用</li> <li>飛行場の施設から発生する汚水及び雨水排水</li> </ul>
予測地域	事業実施区域周辺	事業実施区域周辺
予測地点	事業実施区域周辺	事業実施区域周辺
予測対象時期	工事が完了し、埋立地が存在する時期の夏季及び冬季	飛行場の施設の供用が最大となる時期の夏季及び冬季
予測方法	埋立地の存在及び飛行場の施設の供用による水質変化は、化学的酸素要求量（COD）の物質の収支に関する数値シミュレーションにより予測しました。 塩分の変化については、平常時及び降雨時を対象として、流動モデルにより予測しました。 なお、全窒素及び全リンの予測方法はCODと同様とし、その詳細については資料編に示しました。	

### (2) 予測方法

#### 1) 予測の前提

存在時については、流入する化学的酸素要求量（COD）の負荷量は現況と変わらないことを予測の前提としました。

供用時については、代替施設本体からの生活排水及び工業排水を汚水処理場に集め、膜分離活性汚泥法による汚水処理後、前面海域に排水する計画を予測の前提としました。計画汚水量及び計画汚水処理水質を表-6.6.2.2.2に示しました。

表-6. 6. 2. 2. 2 供用時の代替施設本体からの排水量及び排水水質

項目	設定値
計画汚水量(m <sup>3</sup> /日)	2,600
計画汚水処理水質(mg/L) COD	10.0

注)汚水排水計画の詳細については、「第2章 対象事業の目的及び内容」に記載しています。

2) 予測手順

水の汚れの予測手順は、図-6. 6. 2. 2. 1に示すとおりです。

予測に当たっては、現況と整合した流動モデルを用いて、事業計画に基づき将来の計算条件を設定して、水質予測モデルにより将来水質濃度(COD)を予測しました。塩分については、流動モデルを用いて、将来の塩分濃度を予測しました。

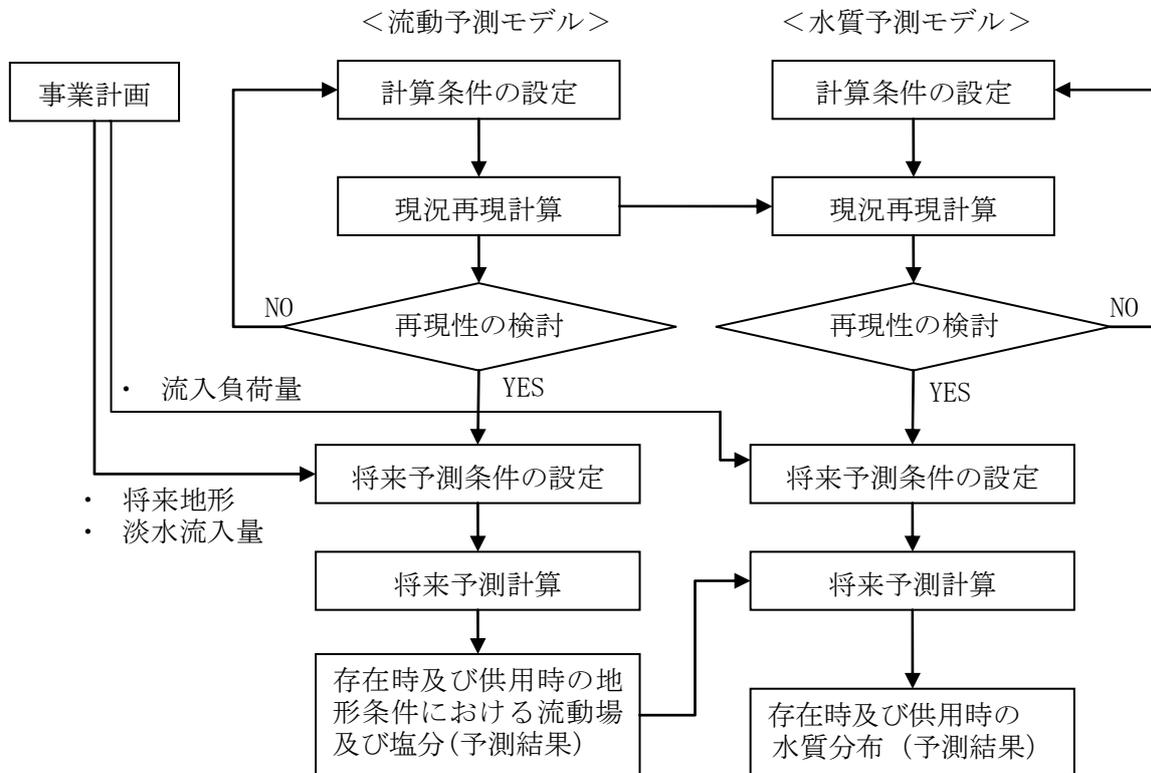


図-6. 6. 2. 2. 1 水の汚れの予測手順

3) 予測モデル

(a) 化学的酸素要求量(COD)

a) 予測の考え方

当該海域の水質調査結果として、COD、T-N、T-P、クロロフィル a の四季の調査結果を図-6. 6. 2. 2. 2に示しました。

当該海域の COD 濃度は、現地調査結果で四季を通じて 0.5 (定量下限値) ~ 1.9mg/L で、四季の中で COD 濃度が最も高いのは夏季となっていました。

COD 濃度の分布は、大浦川河口や汀間川河口において 1.3~1.9mg/L となっており、大浦湾内のその他の地点では概ね 0.5~1.0mg/L 前後と一様な分布傾向となっていました。また、辺野古リーフにおいても 0.5~1.8mg/L となっており、一部の地点でやや高い傾向が確認されました。沖合の調査地点では、0.7~1.3mg/L の範囲で、概ね 1mg/L 前後と大浦湾の濃度と大きく変わらない結果となっていました。

以上のように、当該海域の COD の分布の特徴は、大浦川や汀間川の河口で濃度が高く、大浦湾や沖合では河口よりも濃度が低く、概ね一様な分布となっていました。T-N 及び T-P では、大浦川河口や辺野古川河口で高い傾向が顕著にみられています。

これに関連して、当該海域のクロロフィル a は概ね 1 µg/L 以下となっており、大浦川河口で 1 µg/L 以上とやや高い傾向となっていました。大浦川河口域のクロロフィル a がやや高いことは、植物プランクトンによる内部生産の寄与が考えられますが、大浦川河口域で最大 1.4 µg/L、大浦湾全体では概ね 1 µg/L で、透明度も非常に高く、有機物の指標である COD 濃度も河口域でやや高い程度であり、内部生産が高い状態はみられていないことから、当該海域の水質汚濁は、植物プランクトンによる内部生産よりも、海域に流入する河川を起源とする負荷の拡散が主であると考えられます。

上記の水質の特徴を踏まえて、水の汚れに関して、海域の COD を予測する方法は、保存系物質の移流・拡散方程式により海域の COD 濃度を予測する方法を採用しました。なお、この方法は、陸域等外部からの有機物質の流入（一次汚濁）が支配的と考えられる水域での水質予測を行う一般的な手法として知られています\*。

## b) 基本式

埋立地等の存在時及び供用時における COD の変化は、水質汚濁拡散予測手法により予測しました。予測モデルは、保存系物質の移流拡散方程式を基本式とし、次式で表されます。

なお、次式で与えられる負荷量は、海域においては沈降しないものとして計算を実施しており、妥当性の評価を p. 6-6-202 に記載しました。

$$\frac{\partial C}{\partial t} + u \frac{\partial C}{\partial x} + v \frac{\partial C}{\partial y} + w \frac{\partial C}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial x} \left( K_x \frac{\partial C}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( K_y \frac{\partial C}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( K_z \frac{\partial C}{\partial z} \right) + q$$

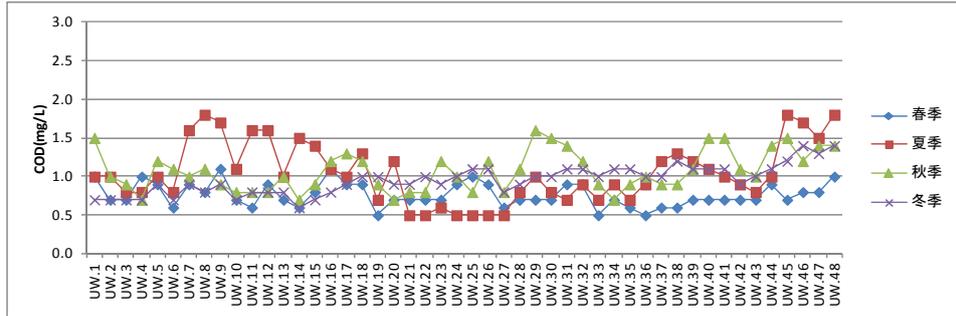
\* 環境省総合環境政策局編(2001)：環境省環境影響評価技術検討会中間報告書 大気・水・環境負荷の環境アセスメント（Ⅱ） 環境影響評価の進め方

$C$  : 水質濃度(COD)  
 $u, v, w$  :  $x, y, z$  方向の流速  
 $K_x, K_y$  : 水平渦拡散係数  
 $K_z$  : 鉛直渦拡散係数  
 $q$  : 負荷量(COD)

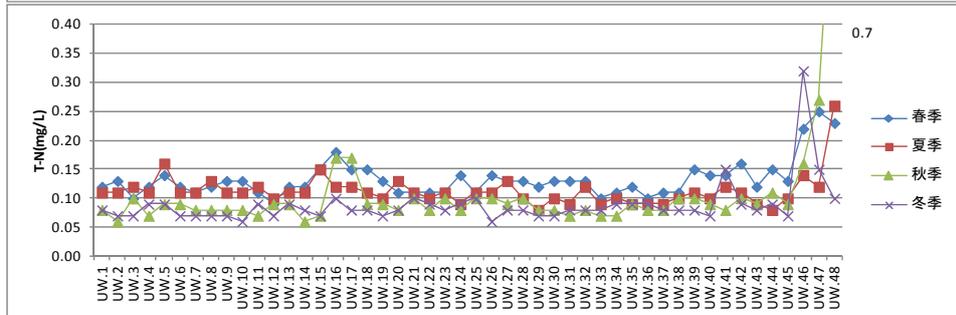
(b) 塩分

埋立地等の存在時及び供用時における塩分分布の変化については、「6.9 水象」の予測に用いている流動モデルにより予測しました。流動モデルの詳細については「6.9 水象」に示しました。

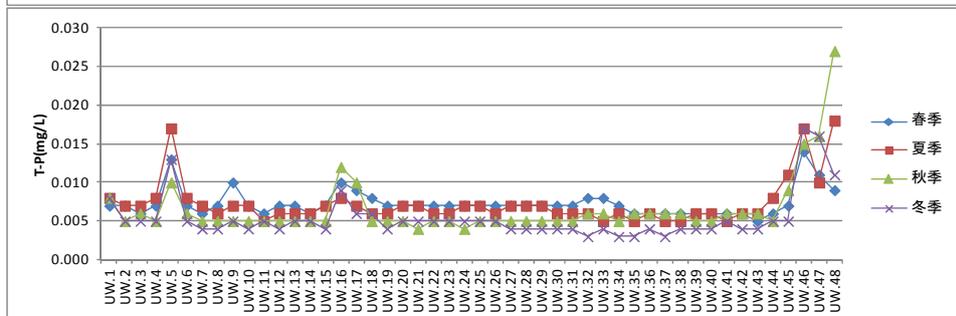
COD



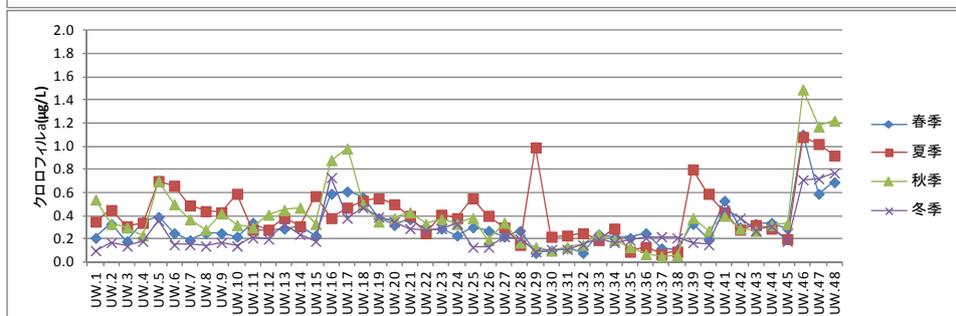
T-N



T-P



クロロフィル a



調査地点

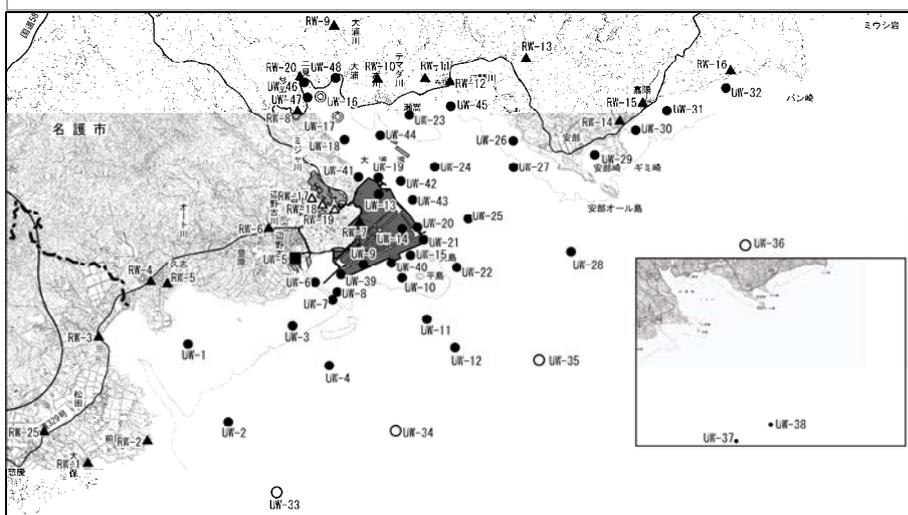


図-6.6.2.2.2 地点別・四季別の水質調査結果 (平成 20 年度)

#### 4) 計算条件

##### (a) 化学的酸素要求量(COD)

##### a) 流入負荷量

##### (ア) 現況

事業実施区域周辺海域の主な流入河川は、図-6.6.2.2.3に示すとおりです。

河川からのCODの流入負荷量については、平成19年度の既往調査及び平成20年度の現地調査を実施しています。平成19年度に実施した既往調査結果（「6.6.1 調査」参照）をみると、平成20年度の現地調査結果とくらべて、平成19年度の方が淡水流入量が比較的大きい傾向にあり、流入負荷量とした場合は、平成19年度と平成20年度では違いがあることとなります。水の汚れについての現況再現の対象は、平成20年度の現地調査で把握した海域のCOD濃度としていることから、計算に用いるCODの流入負荷量は、平成20年度に実施された淡水流入量とCOD濃度の現地調査結果を用いて表-6.6.2.2.3に示すとおり設定しました。

なお、美謝川については、現地調査において、ある時期には美謝川の河口閉塞の状況が確認されていますが、美謝川の切替えによる影響を予測・評価するため、予測条件として、河口閉塞はないものとししました。

##### (イ) 存在時

存在時の水質予測においては、代替施設本体の埋立てに伴って移設される美謝川の河口（図-6.6.2.2.4参照）を考慮しました。

美謝川の流入負荷量については、美謝川の切替えによる影響を予測・評価するため、切替え工事後の流量、水質濃度は現況から変化は生じないものと仮定しました。

なお、本予測では美謝川の切替え工事に伴う工事中の水の汚れは予測の対象としていません。その理由としては、当該海域に流入する河川の底質は、強熱減量は4%以下、硫化物は0.08mg/g以下であり、河川の底質の有機汚濁はみられていないため、美謝川の切替え工事が水の汚れに影響を及ぼすことはないと考えています。

##### (ウ) 供用時

供用時の水質予測においては、代替施設本体の埋立てに伴って移設される美謝川の河口（図-6.6.2.2.4参照）及び代替施設本体からの汚水処理水の排水（図-6.6.2.2.5参照）を考慮しました。

代替施設本体の汚水排水計画については、「6.1 予測の前提」に示したように生活排水及び工業排水を汚水処理場に集め、膜分離活性汚泥法による汚水処理

を行ったのち、前面海域に排水する計画としました。計画汚水量及び計画汚水処理水質を表-6.6.2.2.4に示しました。

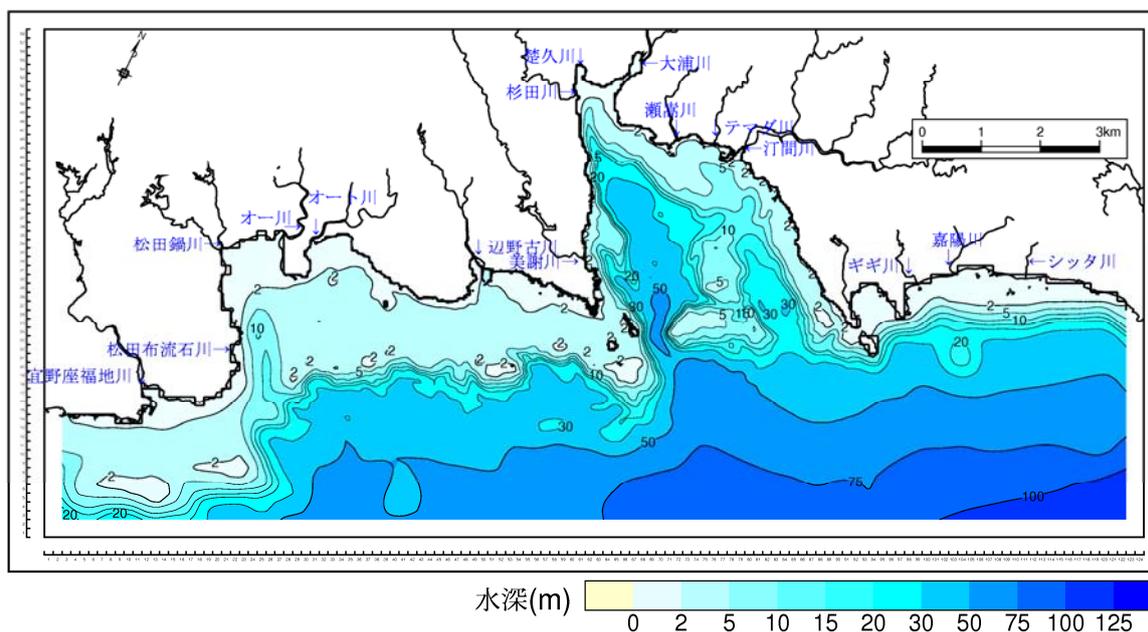


図-6.6.2.2.3 流入河川の位置

表-6.6.2.2.3 COD 流入負荷量の設定値

項目 河川名	COD 流入負荷量 (kg/日)		備考
	夏季 (平成 20 年 7 月 22 日調査) 調査時の天候：晴	冬季 (平成 20 年 12 月 3 日調査) 調査時の天候：晴	
宜野座福地川	12.5	31.8	注)1
松田布流石川	1.9	1.8	
松田鍋川	1.1	6.7	
オー川	14.7	35.4	
オート川	3.7	0.0	注)2
辺野古川	5.1	5.4	
美謝川	9.3	18.9	
杉田川	9.4	6.3	
大浦川	38.3	9.4	
瀬嵩川	0.0	2.3	注)2
テマダ川	4.3	3.7	
汀間川	16.0	14.6	注)1
ギギ川	1.9	0.7	
嘉陽川	85.2	3.2	
シッタ川	0.6	0.4	
楚久川	0.0	0.1	注)2

注)1. 宜野座福地川、汀間川は上下流で流量調査が実施されたが、下流の調査地点は感潮域であること、調査が下げ潮時に実施されたことから潮汐の影響を除去した流量を把握することが困難であるため、上流の調査地点における流量と下流の COD 濃度から流入負荷量を算定しました。

2. オート川(冬季)と瀬嵩川(夏季)、楚久川(夏季)は表流水が確認できず河川流量が 0 であったため、COD 流入負荷量も 0 としました。

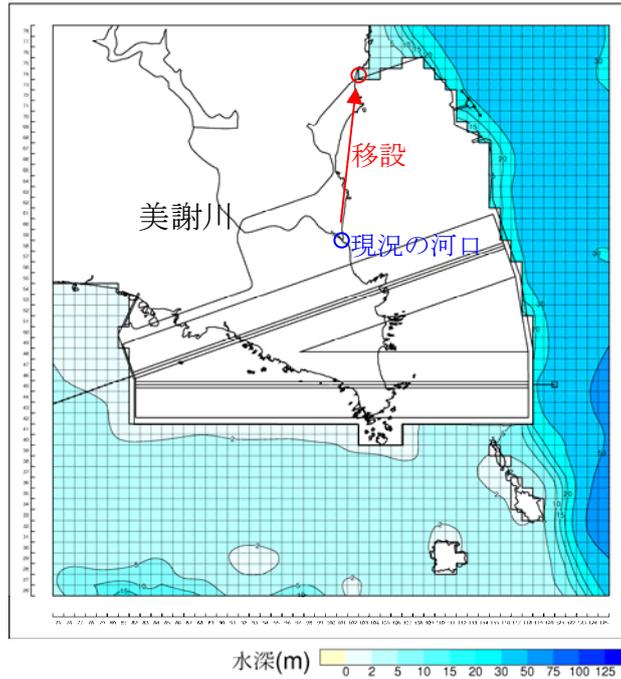


図-6. 6. 2. 2. 4 美謝川の流入位置（存在時及び供用時）



図-6. 6. 2. 2. 5 汚水処理水の排水位置（供用時）

表-6. 6. 2. 2. 4 供用時の代替施設本体からの排水量及び排水水質

項目	設定値
計画汚水量(m <sup>3</sup> /日)	2,600
計画汚水処理水質(mg/L) COD	10.0

注)汚水排水計画の詳細については、「第2章 対象事業の目的及び内容」に記載しています。

b) 初期値・境界値

計算の初期値及び境界値の設定は、平成 20 年 7 月(夏季)及び平成 20 年 12 月(冬季)の調査結果(表-6.6.1.18 参照)を参考に設定しました。

これらの値を参考にして、初期値は各領域内で一様として表-6.6.2.2.5に示した値を設定し、開境界(図-6.6.2.2.6参照)における境界値は表-6.6.2.2.6に示した値を境界濃度として設定しました。

表-6.6.2.2.5 初期値(単位: mg/L)

計算領域	夏季	冬季
緩衝領域(450m領域)	1.0	0.8
事業実施区域周辺海域(150m領域)	1.0	0.8
代替施設本体周辺海域(50m領域)	1.2	1.2

表-6.6.2.2.6 境界値(単位: mg/L)

境界位置	夏季	冬季
A	1.0	0.8
B	1.0	0.8
C	1.0	0.8
D	1.0	0.8

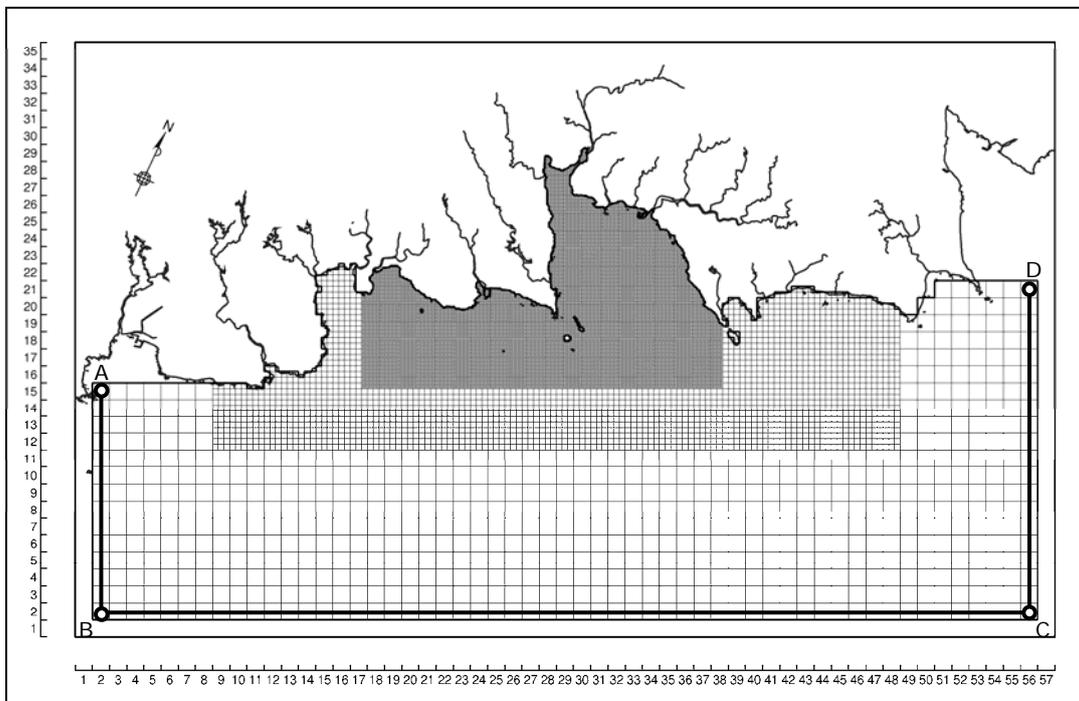


図-6.6.2.2.6 開境界の設定位置(450m領域)

c) その他の計算条件

水質予測計算に必要なその他の計算条件を表-6.6.2.2.7に示しました。

表-6.6.2.2.7 水質予測計算に必要なその他の計算条件

項目	設定値及び設定方法						
格子間隔	<p>計算範囲は流動モデルと同様とし、事業実施区域周辺海域を150m格子に分割し、代替施設周辺海域を50m格子に分割しました。また、計算を安定に実施するため、150m格子の外側に450m格子の緩衝領域を設定しました。</p> <p>なお、異なる計算格子を接続している境界では、各領域間の情報を相互に受け渡す2-wayのネスティング手法を採用しています。</p>						
鉛直層分割	<p>層分割は流動モデルと同様とし、水深10m以浅までが4層、10m以深が2層の全6層としました。各層の水深分割は以下に示すとおりです。</p> <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%;">第1層 : 0.0~2.0m</td> <td style="width: 50%;">第4層 : 6.0~10.0m</td> </tr> <tr> <td>第2層 : 2.0~4.0m</td> <td>第5層 : 10.0~20.0m</td> </tr> <tr> <td>第3層 : 4.0~6.0m</td> <td>第6層 : 20.0m以深</td> </tr> </table>	第1層 : 0.0~2.0m	第4層 : 6.0~10.0m	第2層 : 2.0~4.0m	第5層 : 10.0~20.0m	第3層 : 4.0~6.0m	第6層 : 20.0m以深
第1層 : 0.0~2.0m	第4層 : 6.0~10.0m						
第2層 : 2.0~4.0m	第5層 : 10.0~20.0m						
第3層 : 4.0~6.0m	第6層 : 20.0m以深						
タイムステップ	<p>水質計算のタイムステップは、計算の安定性を考慮して、緩衝領域(450m格子)が18秒、事業実施区域周辺海域(150m領域)が6秒、代替施設周辺海域(50m領域)が2秒としました。</p>						
計算時間	<p>計算時間は、流動モデルで得られた周期的に定常な流れの場(12時間周期の流れ)を入力条件とし、その流れの場において、河川から流入する負荷が海域で拡散していく様子を繰り返し計算し、水質の場が周期的に定常な状態になるまでを計算時間としました。</p> <p>計算時間は、数値シミュレーションによる計算結果が収束する時間を検討した結果、濃度変化が概ね定常になるまでの時間として240時間(10日間)に設定しました。</p>						
水平渦動拡散係数	「6.9水象」の流動モデルにおいて求められた値を使用しました。						
鉛直渦動拡散係数	「6.9水象」の流動モデルにおいて求められた値を使用しました。						

(b) 塩分

塩分の予測は、施設等の存在時及び供用時における夏季及び冬季の平均場として降雨がない条件(平常時)に加えて、降雨時の雨水排水施設からの排水による塩分の変化を予測しました。

平常時の塩分予測に関する計算条件は、「6.9 水象」で述べているとおりですが、降雨時における雨水排水及び河川流量に関する条件を以下に示しました。

a) 雨水排水施設の排水条件

降雨時における代替施設本体からの雨水排水の条件は、以下に示す方法で算定しました。

$$\begin{aligned} \text{排水量} &= \text{名護測候所における過去 30 年間での日最大降水量(mm)} \\ &\quad \times \text{流域面積(ha)} \times \text{平均流出係数} \end{aligned}$$

名護測候所における過去 30 年間での日最大降水量は、1997 年 8 月 7 日の 274.5mm となっており、この降水量を基に求めた飛行場施設からの雨水の排水条件を表-6.6.2.2.8、雨水排水計画概略図を図-6.6.2.2.7に示しました。

雨水排水の水温については流入河川の平均値とし、塩分はゼロとしました。

b) 降雨時の河川の流量条件

事業実施区域周辺海域に流入する主な河川は、図-6.6.2.2.8に示す 16 河川です。淡水流入条件(現況、存在時及び供用時)の詳細については、「6.9 水象」に示しました。

降雨時における各河川の流量条件については、雨水排水施設の排水量の算定方法と同様としました。各河川の流域面積、流出係数を基に算出した河川流量を表-6.6.2.2.9に示しました。

表-6.6.2.2.8 存在、供用時における飛行場施設からの雨水の排水条件

流域区分	地表面の種類別面積 (ha), f は流出係数					流域面積計 (ha)	平均流出係数	排水量 (m <sup>3</sup> /s)
	路面舗装	芝地	建物	勾配の急な山地	グラウンド			
	f=0.90	f=0.20	f=0.85	f=0.50	f=0.50			
A-1	24.9	57.2	2.9	14.1	0.2	99.3	0.44	1.39
A-1-1	15.3	38.2				53.5		
A-1-2	5.8	8.7	1.8	7.6	0.2	24.1		
A-1-3	3.8	10.3	1.1	6.5		21.7		
A-2	2.4	6.4				8.8	0.39	0.11
B-1	25.7	17.4	6.5	0.8		50.4	0.65	1.04
B-2	23.6	12.0				35.6	0.66	0.75
B-3	9.9	26.2				36.1	0.39	0.35
B-4	3.7	8.8				12.5	0.41	0.16

注) 地表面の種類別の流出係数は「下水道施設設計要領 (防衛省)」を参考に設定しました。

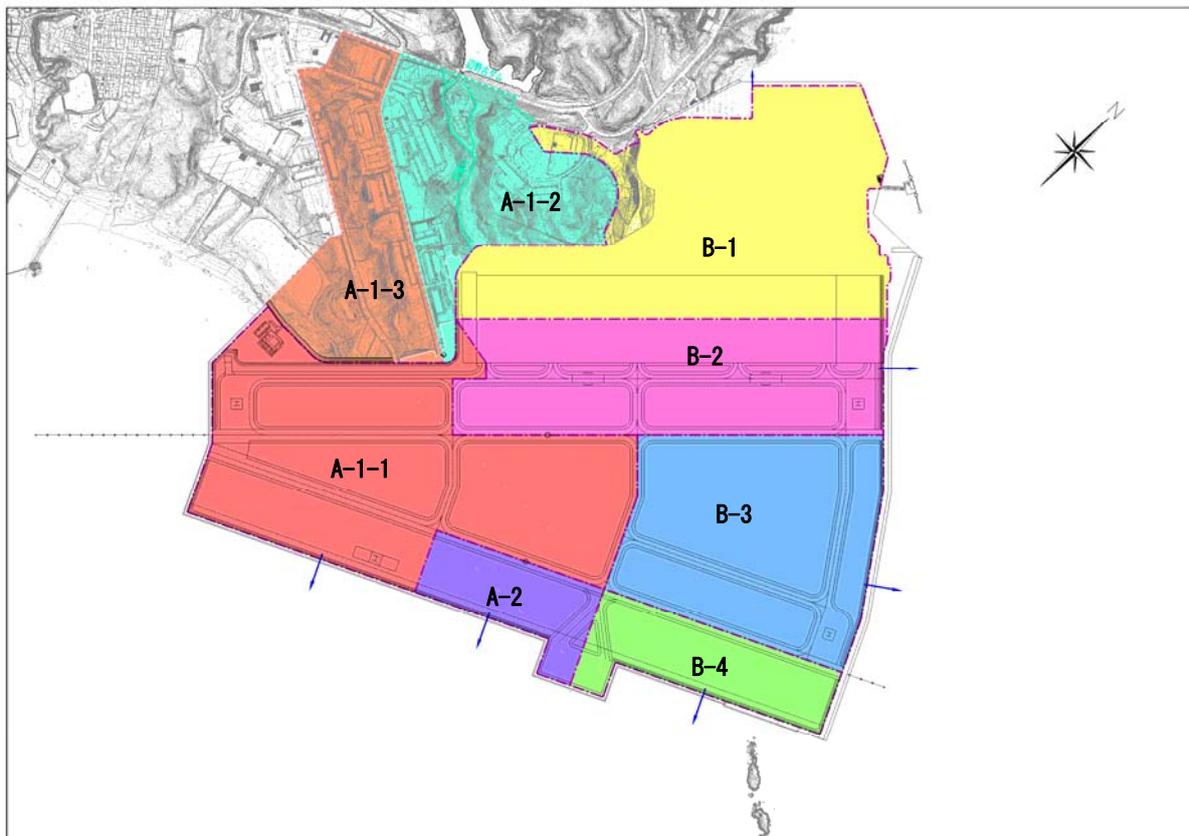


図-6.6.2.2.7 飛行場施設からの雨水排水計画概略図

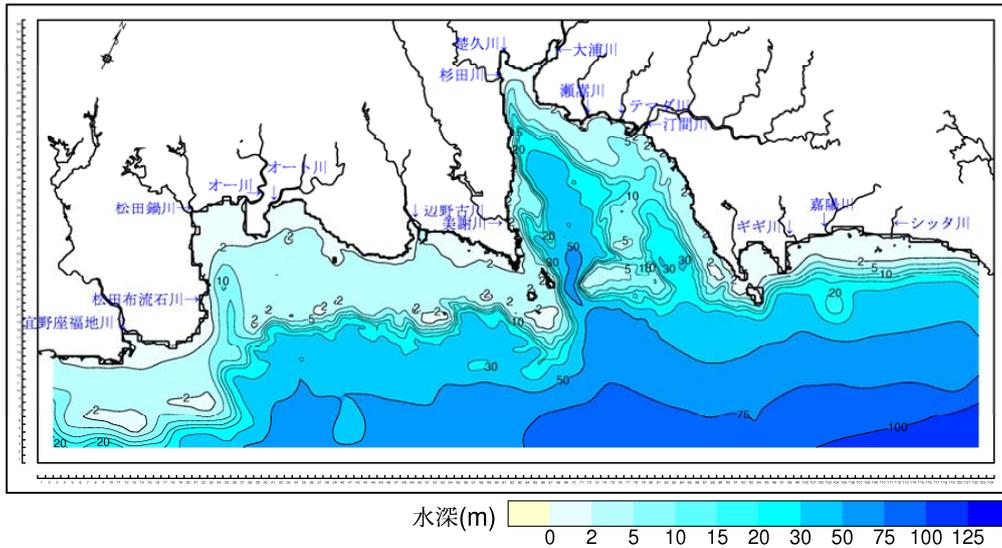


図-6.6.2.2.8 流入河川と流入位置（現況）

表-6.6.2.2.9 降雨時の淡水流入量

河川	土地利用面積割合											平均流出係数	流域面積 (km <sup>2</sup> )	河川流量 (m <sup>3</sup> /s)
	田	その他の農用地	森林	荒地	建物用地	幹線交通用地	その他の用地	河川地及び湖沼	海浜	ゴルフ場	海水域			
	0.7	0.6	0.7	0.6	0.8	0.9	0.8	0.8	1.0	0.2	1.0			
宜野座福地川	0.0%	23.4%	64.6%	1.4%	5.3%	0.6%	2.5%	2.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.69	8.68	18.9
松田布流石川	0.0%	3.1%	87.7%	0.0%	0.0%	0.0%	7.4%	0.7%	0.0%	0.0%	1.2%	0.71	0.37	6.2
松田錦川	0.0%	2.8%	84.7%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	2.8%	0.0%	9.0%	0.2%	0.66	2.06	4.3
オー川	0.0%	7.1%	84.9%	1.0%	1.8%	0.0%	1.6%	1.4%	0.0%	2.4%	0.0%	0.69	6.82	14.8
オート川	0.0%	14.8%	82.3%	0.0%	2.2%	0.0%	0.8%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.69	2.58	5.6
辺野古川	0.0%	0.5%	86.1%	0.9%	8.1%	0.0%	4.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.71	3.79	8.6
美謝川	0.0%	0.2%	93.8%	0.0%	2.3%	0.0%	3.0%	0.7%	0.0%	0.0%	0.0%	0.71	5.17	11.6
杉田川	0.0%	1.5%	92.7%	0.0%	0.7%	0.0%	4.7%	0.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.70	3.02	6.8
大浦川	0.0%	3.4%	95.0%	0.1%	0.6%	0.0%	0.0%	0.9%	0.0%	0.0%	0.0%	0.70	9.84	21.8
瀬高川	0.7%	5.8%	86.1%	0.7%	5.0%	0.0%	1.5%	0.0%	0.2%	0.0%	0.0%	0.70	1.65	3.7
テマダ川	0.0%	3.4%	91.8%	3.0%	1.1%	0.0%	0.6%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.70	2.10	4.6
汀間川	0.2%	4.6%	92.6%	0.2%	1.0%	0.0%	0.3%	0.9%	0.0%	0.3%	0.0%	0.70	12.91	28.6
ギギ川	0.0%	9.6%	86.6%	0.0%	0.0%	0.0%	3.0%	0.0%	0.2%	0.7%	0.0%	0.69	1.12	2.5
嘉陽川	4.0%	5.4%	87.3%	1.5%	1.7%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%	0.1%	0.70	2.05	4.5
シッタ川	0.0%	1.0%	98.2%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.3%	0.70	0.67	1.5
楚久川	0.0%	8.1%	91.9%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.69	0.37	0.8

- 注)1. 各河川の流域面積は、国土地理院 基盤地図情報 10mメッシュ（標高）を用いて、概算値を算定しました。  
 2. 土地利用データについては、国土数値情報土地利用細分メッシュデータ第2.2版(平成21年度)を用いました。  
 3. 各土地利用区分の流出係数は、「国土交通省河川砂防技術基準同解説 計画編」及び「下水道施設設計要領(防衛省)」を参考に設定しました。なお、海浜及び海水域の流出係数は1.0としました。  
 3. 各河川の水温については、平成20年度の現地調査（降雨時）を用いました。