

塩屋湾水環境再生事業業務委託

報告書

令和6年6月

大宜味村 企画観光課 プロジェクト推進室

(空白ページ)

目 次

I 業務概要

1. 業務の目的	1
2. 業務項目	1
3. 業務構成	2
4. 業務全体スケジュール	3
5. 各業務項目の実施概要	4

II 業務内容

1. 現地調査	9
(1) 現地調査計画の策定	9
(2) 地形・堆積物調査	10
(3) 流況調査	15
(4) 水底質調査	30
2. 赤土を含む汚染源等流域環境調査	75
3. 水質汚染及び赤土流入拡散メカニズムの検討	88
4. 水質予測モデルの検討	90
5. 水質改善技術・赤土影響低減技術及び改善目標の検討	99
6. フィジカル模型製作	108
7. その他必要事項	111
(1) 打合せ・協議	111
(2) 委員会等開催支援	112
(3) 報告書のとりまとめ・成果物	114

(空白ページ)

I 業務概要

(空白ページ)

1. 業務の目的

塩屋湾は、沖縄八景の一つにも選定され、緑の山に囲まれ静かな入り江が広がる風光明媚な景勝地である。また、塩屋湾沿岸の集落で受け継がれている塩屋湾のウンガミ（海神祭）は、国の重要無形民俗文化財にも指定されているなど、塩屋湾は大宜味村民にとっての貴重な財産である。

令和5年5月には、「塩屋湾周辺利活用推進事業」の一環として、塩屋湾一帯の優れた資源を活かした魅力ある広域的な観光・レクリエーション拠点と共に水産業の発展拠点の形成に向けた「塩屋湾周辺利活用推進基本構想」（以下、「基本構想」という。）が策定されたところである。

基本構想では、基本コンセプト及び基本方針の達成に向けて、環境再生が位置付けられているところであるが、現状、塩屋湾の水質は決して良好とは言えない状況にあり、利活用を推進するためには、適切な水質に改善していくことが必要である。

令和5年度業務では、水質改善策の検討及び実施に必要な現況環境を把握することを目的に調査業務を実施した。

2. 業務項目

本業務の項目は、下記の7項目（現地調査の4細目を含む）である。

（1）現地調査

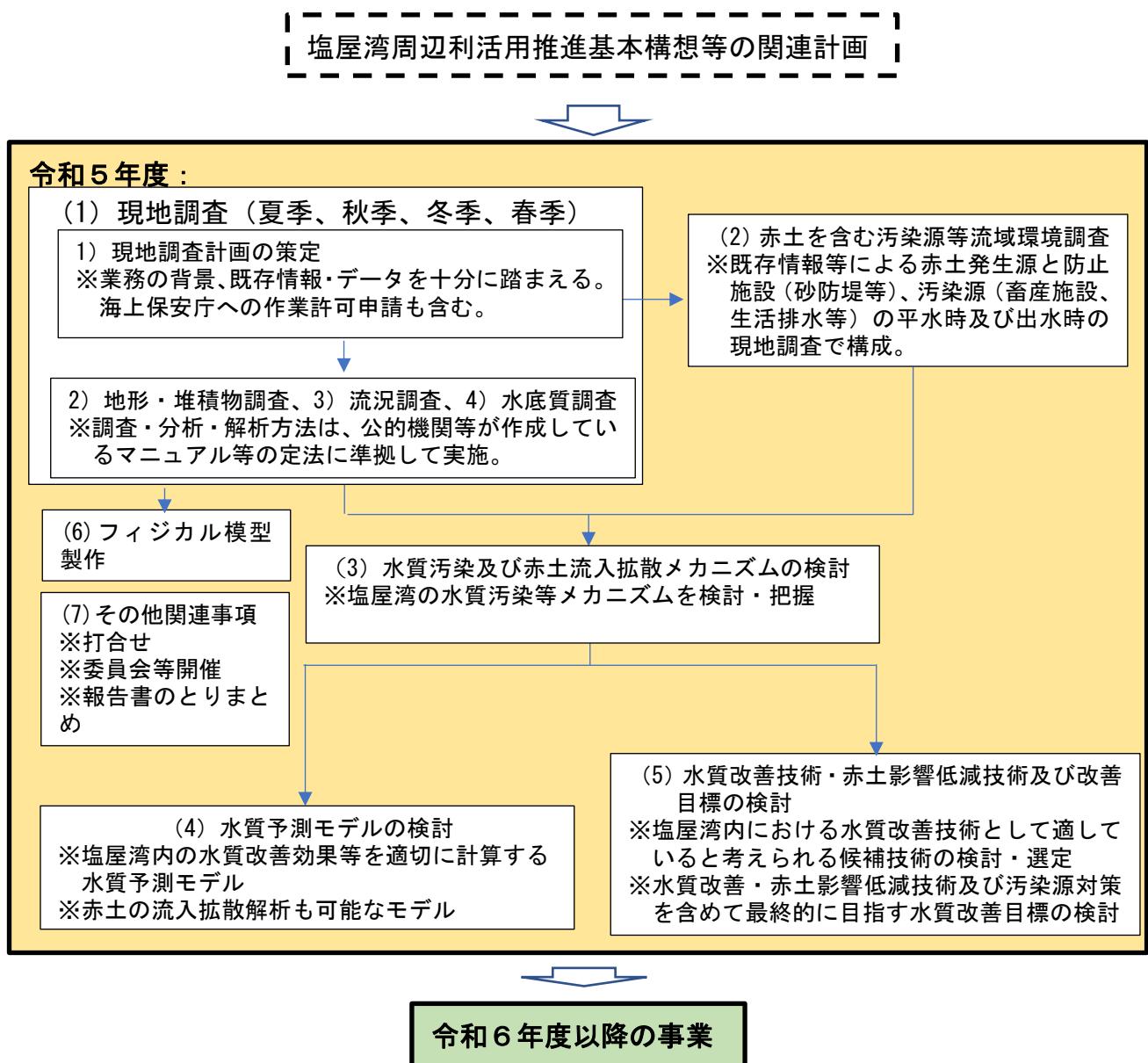
- ①現地調査計画の策定
- ②地形・堆積物調査
- ③流況調査
- ④水底質調査

（2）赤土を含む汚染源等流域環境調査

- （3）水質汚染及び赤土流入拡散メカニズムの検討
- （4）水質予測モデルの検討
- （5）水質改善技術・赤土影響低減技術及び改善目標の検討
- （6）フィジカル模型製作
- （7）その他必要事項

3. 業務構成

本業務の構成は下記のフローの通りである。



業務構成フロー

4. 業務全体スケジュール

本業務は、表 I-4-1 の工程で、令和5年6月30日から令和6年6月14日までの期間で実施した。

表 I-4-1 塩屋湾水環境再生事業業務委託 工程表

内容	令和5年						令和6年						備考
	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	
(1) 現地調査													
①現地調査計画の策定	---	-	---	---					-				■■■ 実施状況に基づき、計4回 の主要変更を実施
②地形・堆積物調査	—												
③流況調査		—	—		—				—				
④水底質調査		—		—		—			—				
(2) 赤土を含む汚染源等流域環境調査			平水時 —										異常時 —
(3) 水質汚染及び赤土流入拡散メカニズムの検討							—	—					—
(4) 水質予測モデルの検討						—	—						—
(5) 水質改善技術・赤土影響低減技術及び改善目標の検討						—	—						—
(6) フィジカル模型製作									—	—			
(7) その他関連事項													
検討委員会				—			—						
報告書作成										—			
打合せ・協議	■ 初回	■ 第2回					■ 第3回 ■				■ 第4回 ■ 第5回 ■	■ 第6回	

5. 各業務項目の実施概要

各業務項目の実施概要は以下のとおりである。

(1) 現地調査

①現地調査計画の策定

現地調査計画の策定は、令和5年7月の夏季調査開始に間に合うように、最優先作業として実施した。

策定した現地調査計画書（事業実施計画書）は、海上保安庁名護海上保安署の作業届出、沖縄県北部土木事務所等及び羽地漁協への各種手続きにも使用した。

なお、本業務の対象は、図 I-5-1 に示す塩屋内湾及び湾外と塩屋湾に流入する河川等の流域の範囲に設定した。

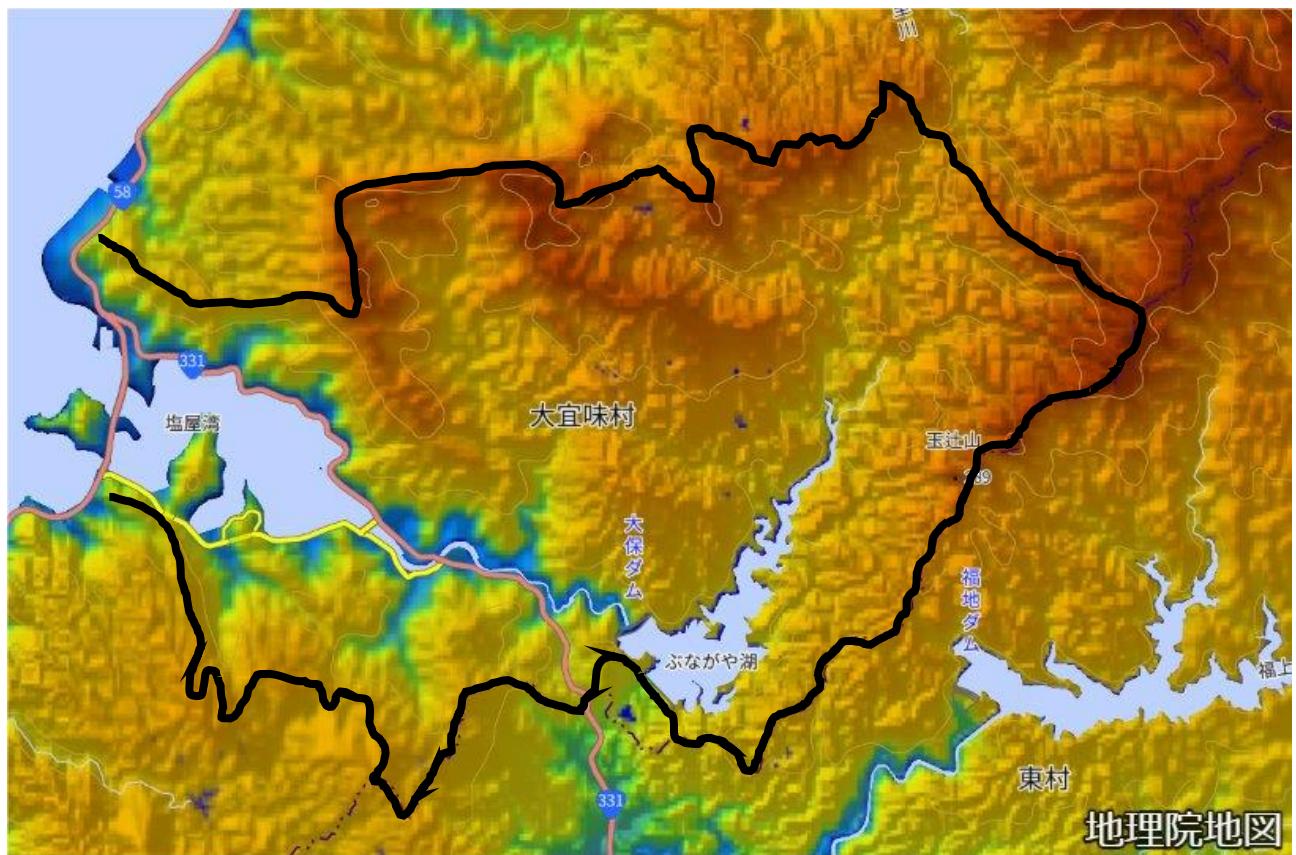


図 I-5-1 本業務の対象範囲

②地形・堆積物調査

地形・堆積物調査は、塩屋湾内及び湾口部を対象海域として、令和5年7月に実施した。

海底地形（測深）に使用した機器は音響測深機（PDR-1300）、堆積層厚（シルト分の層厚）に使用した機器は、音波探査機（SH-20型）である。

調査の結果、塩屋湾内の最大水深は15mを超え、10m以上の水深帯が広がっていることが明らかになった。また、広範囲にシルト分が堆積していることも明らかになった。

③流況調査

流況調査は、湾内2地点（内、1地点は上層と下層）、湾外1地点において、四季に電磁流向・流速計を設置し、15昼夜連続観測を行った。

調査の結果、湾外の平均流は、1.1～4.2cm/secの流速で比較的速く、一般的なサンゴ礁域の流速と同じレベルであった。一方、湾内の平均流は、0.1～1.6cm/secで遅く、滞留状態であった。

④水底質調査

水底質調査は、湾内3地点、湾外1地点において、四季に調査を実施した。調査は、計器による水温・塩分・pH・DO（溶存酸素）の鉛直分布計測、上・下層で採水したサンプルの有機物指標及び栄養塩類等の分析、及び底質の採泥と赤土堆積指標（SPSS）、有機物指標、栄養塩類、硫化物等の含有量と溶出量の分析である。

調査の結果、水深が-10m以上の湾内地点においては、夏季の下層で低酸素が確認され、これらの地点の底質は赤土等や有機物が多く堆積している状況が確認された。

（2）赤土を含む汚染源等流域環境調査

塩屋湾の水質悪化及び赤土による影響要因及びメカニズムを検討・把握するため、大保大川及び周辺中小河川を通じて塩屋湾に流入する集落からの生活排水、家畜飼育

施設等からの排水、砂防ダムの状況、その他農地等について、下記の内容の調査を行った。

- ①大保大川の流量・水質等
- ②その他流入河川の流量・水質等
- ③砂防ダムの状況
- ④赤土拡散状況
- ⑤流域土地利用状況・人口等

調査・検討の結果、出水時においては、大保大川本川の他、イーシ川等の支川からの有機物や栄養塩類の流入が赤土等と共に主な流入負荷源になっていることが確認された。

(3) 水質汚染及び赤土流入拡散メカニズムの検討

「(1) 現地調査」及び「(2) 赤土を含む汚染源等流域環境調査」の結果、塩屋湾における水質汚染源は、主に塩屋湾南側から東側の圃場を含む陸域であり、それら陸域から流入する有機物、栄養塩類及び赤土等は、水深の深い海底に堆積すると考えられた。

また、それら堆積した有機物が密度成層の形成される温暖期の海底付近で微生物分解される時に、海底付近の溶存酸素が消費され、水生生物の生育・生息に適さない貧酸素水塊が形成されるものと推測された。

(4) 水質予測モデルの検討

「(1) 現地調査」、「(2) 赤土を含む汚染源等流域環境調査」及び「(3) 水質汚染及び赤土流入拡散メカニズムの検討」結果及び既存知見を基に、塩屋湾内における水質改善策効果等を適切に計算する水質予測モデルを検討した。

検討の結果、水質予測モデルは、水質汚染と赤土拡散を評価できるモデルが必要であると判断された。

モデルの基本構造は、下記3点を反映したモデルが適していると考えられた。

- ①水平及び鉛直方向の流れが計算できる三次元モデル
- ②湾内の水平方向の格子サイズは湾口の開口幅が考慮できる設定
- ③鉛直方向は最下層で貧酸素化に対応できる間隔を設定

そのうち水質予測モデルでは、下記の3点を反映するモデルが適していると考えられた。

- ①主に窒素、リン、溶存酸素で構成
- ②溶存酸素は、植物プランクトンの光合成により生成され、呼吸や有機物の分解などで消費
- ③溶存酸素の底泥による酸素消費には、底質の有機物量を考慮

赤土等の流入拡散解析では、下記の内容を反映するモデルが適していると考えられた。

- ①浮遊物質（SS）として解析
- ②浮遊物質（SS）に複数の粒径帯を設定し、粒径に応じた沈降速度を設定
- ③重い粒子は河口近くに堆積、軽い粒子は河口から離れた場所に堆積する設定

（5）水質改善技術・赤土影響低減技術及び改善目標の検討

前記、「(1) 現地調査」、「(2) 赤土を含む汚染源等流域環境調査」及び「(3) 水質汚染及び赤土流入拡散メカニズムの検討」結果を基に、他の閉鎖性海域で実施あるいは検討中の既存の水質改善技術から、塩屋湾内における水質改善技術として適していると考えられる候補技術を検討・選定した。

塩屋湾内における水質改善技術としては、湾内と湾外の海水交換を促進する技術が候補になると考えられた。

さらに、大宜味村内においても陸域の負荷発生抑制対策の必要性が十分に認識されていることから、湾内対策実施後の改善目標に加え、周辺陸域における汚染源（負荷源）と砂防ダムや沈砂池等の施設を含めた総合的な対策で最終的に目指す水質改善目標も検討した。

水質改善目標は、本業務の上位計画である「塩屋湾周辺利活用推進基本構想（2023）」のゾーン別に検討し、水質は透明度、化学的酸素要求量（COD）、溶存酸素（DO）、栄養塩類の全窒素（T-N）、全りん（T-P）、それに底質の化学的酸素要求量（COD）、全硫化物（TS）、赤土堆積状況指標（SPSS）で設定した。

(6) フィジカル模型製作

前記「(1) 現地調査、②地形・堆積物調査」の結果を用いて、塩屋湾を中心とする湾内海底地形及び周辺地形等を再現するフィジカル模型（800 mm×500 mm程度）を製作した。

(7) その他必要事項

①打合せ

本業務の打合せは、令和5年7月7日（業務着手時）、令和5年8月10日（中間報告、現地調査・夏季の実施中）、令和5年12月25日（中間報告、現地調査・冬季の実施中）、令和6年4月2日（契約変更後初回）、令和6年4月11日（契約変更後第2回）、令和6年6月11日（成果物、報告書内容の協議）の計6回実施した。

②委員会開催支援

検討委員会は、第1回：令和5年9月25日（委員委嘱、事業実施計画の確認等）、第2回：令和5年12月5日（夏季及び秋季の現地調査報告、水質汚染及び赤土拡散等メカニズムについて、水質予測モデルについて、水質改善目標（案）等）、令和6年2月7日（夏季、秋季及び冬季現地調査結果報告、水質汚染及び赤土拡散等メカニズムについて、水質予測モデルについて、水質改善目標（案）、その他関連事項について、その他（今後のスケジュール）の計3回開催した。

また、各検討委員会の前には、検討委員会の内容を事前協議する府内検討会を開催した。

③報告書のとりまとめ

以上の内容を本報告書に取りまとめた。

II 業務内容

(空白ページ)

1. 現地調査

(1) 現地調査計画の策定

現地調査計画は、令和5年7月の夏季調査開始に間に合うように最優先の作業として実施した。

策定した現地調査計画書（事業実施計画書）は、海上保安庁名護海上保安署の作業届出、沖縄県北部土木事務所等及び羽地漁業協同組合への各種手続きに使用した。

なお、現地調査等で業務開始後に新たに得られた情報や変更契約等に伴い令和6年4から5月に春季調査を実施することになるなどの状況変化に応じて、本計画書は4回にわたり修正を加えた。各現地調査計画の内容は、以降に示す各項目の調査方法である。

(2) 地形・堆積物調査

①調査方法

1) 調査実施時期

地形・堆積物調査は、令和5年7月25日から26日で実施した。

2) 調査実施海域

調査実施海域（範囲）は、図II-1-(2)-1に示す①-②-③を境界とする東側の塩屋湾内外である。

なお、以降、本業務では、塩屋大橋及び宮城橋から東側の海域を湾内、西側の海域を湾外と称す。



①北緯26度40分46.94秒、東経128度05分53.87秒

②北緯26度40分02.05秒、東経128度05分50.19秒

③北緯26度39分42.81秒、東経128度05分48.21秒

図II-1-(2)-1 地形・堆積物調査範囲

3) 計測方法

海底地形（測深）に使用した機器は音響測深機（千本電機（株）製：PDR-1300）、堆積層厚（シルト分の層厚）に使用した機器は音波探査機（千本電機（株）製：SH-20型）である。

計測は、図 II-1-(2)-2 により作業船の舷側に音響測深機及び音波探査機のセンサー部を取付て、図 I-1-(2)-3 に示す 100m 間隔を基本とする南北方向等の測線上を 3 ノット程度の微速で航行して実施した。



図 II-1-(2)-2 音響測深機及び音波探査機のセンサー取付と計測・記録風景



図 II-1-(2)-3 音響測深機及び音波探査機の計測測線

②調査結果

図 II-1-(2)-4 には、地形計測結果（水深図）を示す。

塩屋大橋及び宮城橋より西側の湾外は、航路部を含めて-3m 以浅である。それが両橋から塩屋湾内に入ると急激に深くなり、-15m 付近となる。また、-10m の水深帯は湾奥部まで広がっていた。

なお、宮城橋付近は、調査船が侵入できないほどの浅瀬となっていた。



図 II-1-(2)-4 地形計測結果（水深図）

図 II-1-(2)-5 には、赤土等を含むシルト分（粒径 $75\mu\text{m}$ 未満の微細粒子）が 3m 以上堆積している海底（平面図）、図 II-1-(2)-6 には、塩屋湾内の代表的な南北方向断面の堆積層厚を示す。

赤土等を含むシルト分は、湾内に広く堆積していた。特に、湾口部（白浜半島から湾口部の間）の水深-10m 以深の海底に多く堆積していた。

湾口部の堆積層厚は、最大で約8mに至っており、湾奥部の-2～-3mに比べて顕著である。

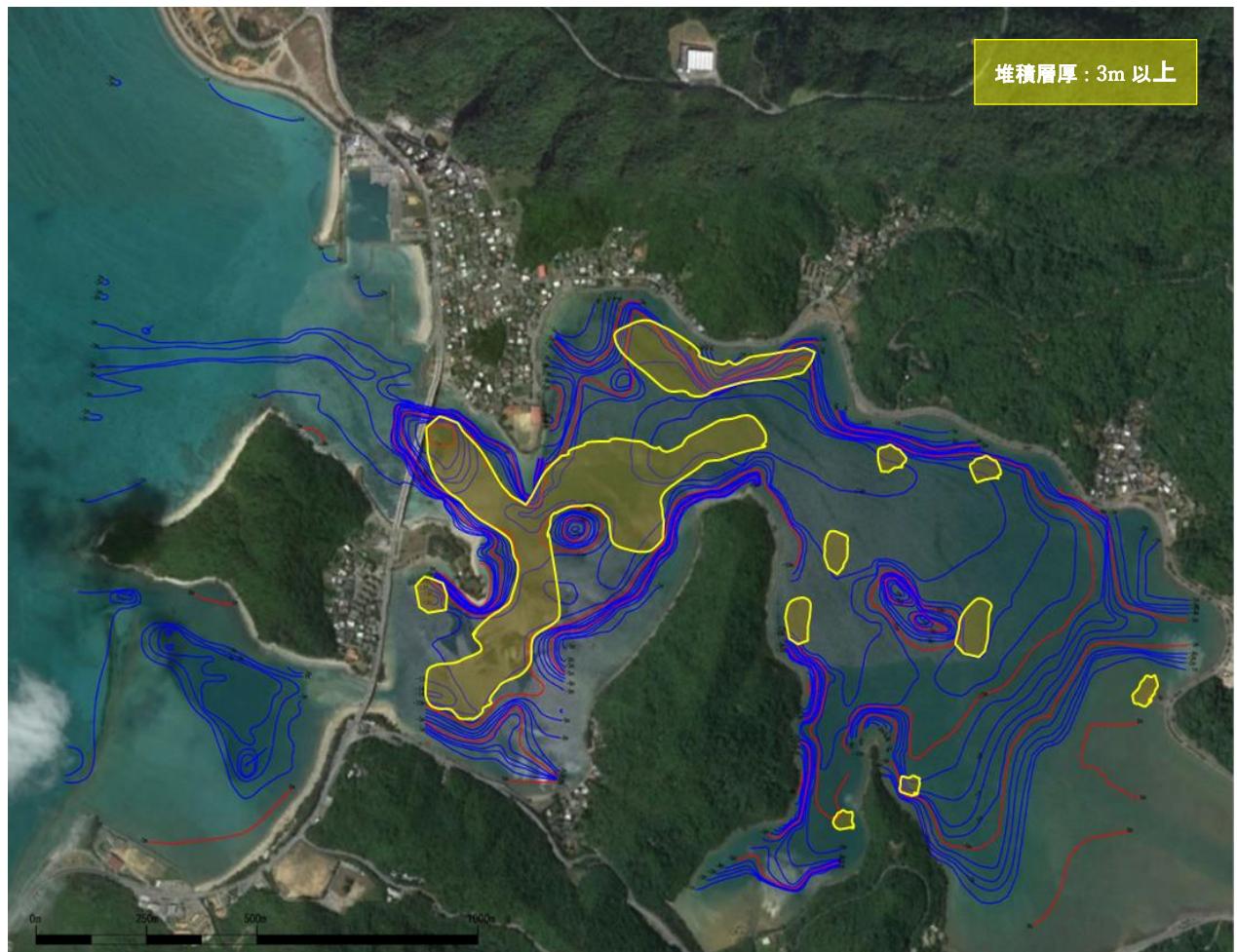


図 II-1-(2)-5 シルト分（粒径 $75\mu\text{m}$ 未満の微細粒子）の堆積層厚（平面図）

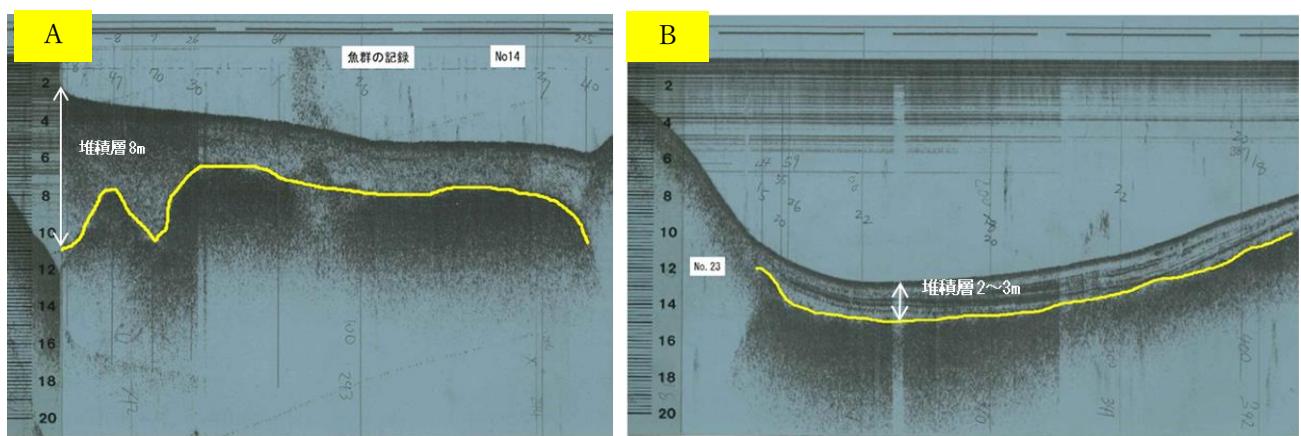
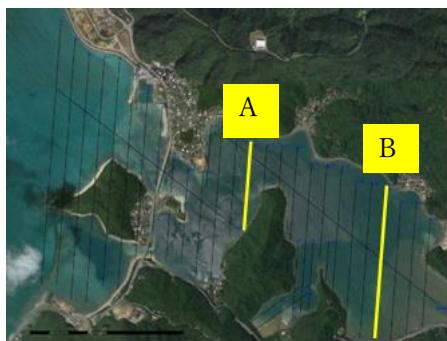


図 II - 1 - (2) - 6 シルト分の堆積層（断面図）

(3) 流況調査

①調査方法

1) 調査実施時期

流況調査は、表 II-1-(3)-1 に示す期間で観測した。

表 II-1-(3)-1 流況観測期間

季 節	観 測 期 間
夏 季	令和5年8月16日から8月31日
秋 季	令和5年10月3日から10月19日
冬 季	令和5年12月13日から12月28日
春 季	令和6年4月10日から4月26日

2) 調査実施海域

流況観測地点は、図 II-1-(3)-1 に示す湾外 1 地点、湾内 2 地点の計 3 地点である。



図 II-1-(3)-1 流況観測地点

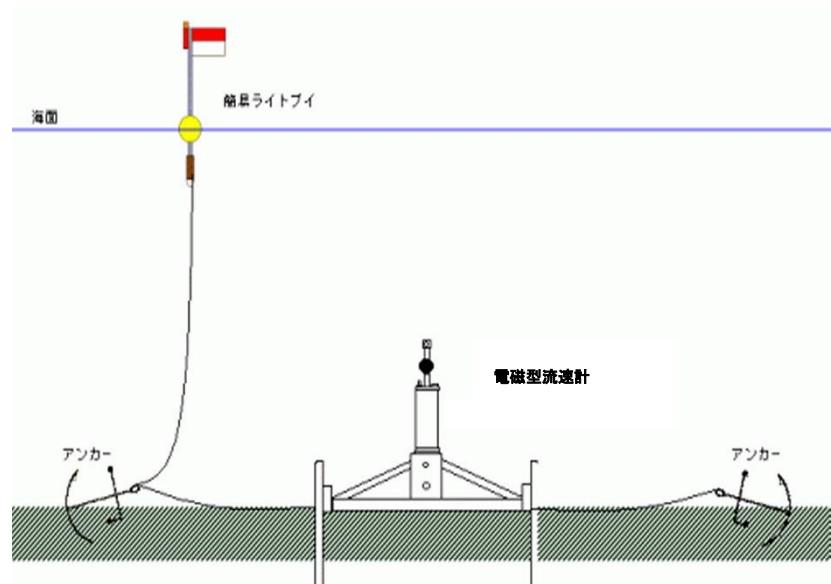
3) 観測方法

流況調査に使用した機器は電磁式流向・流速計（JFE アドバンテック社製、小型メモリーフローメーター INFINITY-EM AEM-USB）である。

計測は、図 II-1-(3)-2 のセンサーを図 II-1-(3)-3 のように設置した。水深が浅い地点①及び③は、一層観測とし、水深が深い地点②は海面下-2 m と海底上+2 m の 2 層観測とした。



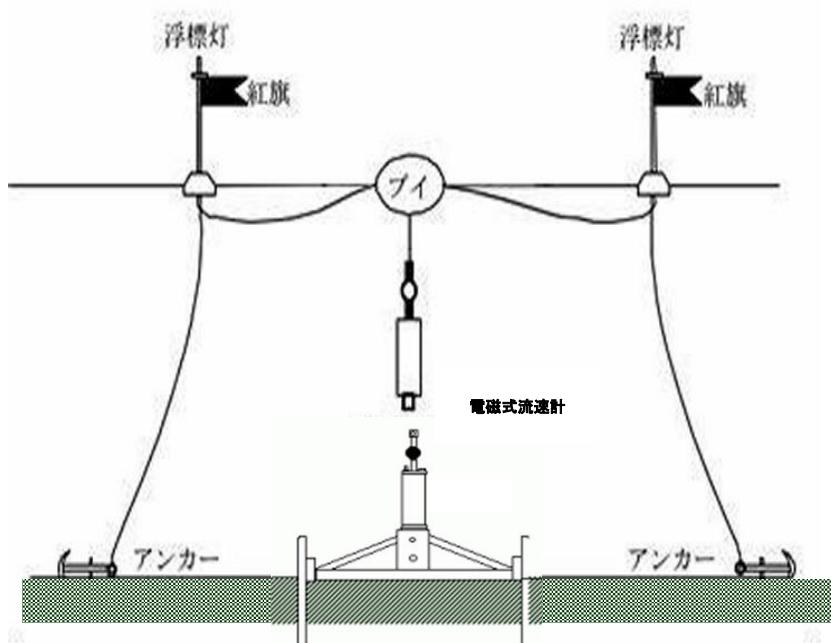
図 II-1-(3)-2 電磁式流向・流速計のセンサー



出典：

https://dwww.chouwa-kaiseki.co.jp/kck/cyousa/cyousa_kaisetu.html (一部編集)

1層観測（地点①、③）



出典:ntsc.co.jp (一部編集)

2層観測（地点②）

図 II-1-(3)-3 電磁式流向・流速計の設置摸式

②調査結果

流況調査結果として、「各地点（層）における25時間移動平均ベクトル図（時間毎の流向流速）」、「平均大潮期流況（満潮時と下げ潮となった1時間後、及び干潮時と上げ潮となった1時間後）」、及び「平均流（恒流）」の季節別結果を図Ⅱ-1-(3)-4から9に示した。

各観測地点の流況の特徴は、以下のようにまとめられる。

1) 流況観測地点①（湾外）

25時間移動平均ベクトルを見ると、夏季は湾内方向の流れが卓越、秋季は湾外方向の流が多くなりはじめ、冬季及び春季は湾内外両方向の流れが交互に拮抗する。

平均大潮期の流況図では、満潮時には四季を通じて停滞状態を示すが、下げ潮になると湾外方向、すなわち湾内水の流出が始まる。干潮時も夏、冬、春は停滞状態を示し、上げ潮になると湾内方向の湾外水の流入が始まる。

平均流（恒流）図では、夏季、秋季、春季は湾内方向の流れとなっており、やや滞留状態を示す冬季を含めて、それら流速は $1.1\text{cm/sec} \sim 4.2\text{cm/sec}$ である。この流速範囲はサンゴ礁の一般的な流速の範囲である。

2) 流況観測地点②（湾内・白浜沖）

25時間移動平均ベクトルを見ると、上層部は夏季、秋季、春季は北東方向、すなわち湾奥方向の流れである。冬季だけは、北東の他、北西、南西方向の流れが交互に発生している。

上層部の平均大潮期の流況は、満潮時、下げ潮時、干潮時、上げ潮時共に、また四季を通じて停滞状態を示す。

上層部における平均流（恒流）は、四季を通じて $0.6\text{ cm/sec} \sim 1.0\text{ cm/sec}$ であり、停滞状態を示している。

なお、上層部の流況データからは、宮城橋付近で出入りする流れは観測されなかった。

下層部の流況は、上層部とは異なる。25時間移動平均ベクトルを見ると、秋季はほとんどが南西方向の流れであり、平均大潮期の満潮時、下げ潮時、干潮時ににおいて南西方向には2.4 cm/sec～4.8cm/secの比較的速い流れが発生している。

3) 流況観測地点③（湾内・湾奥部）

25時間移動平均ベクトルを見ると、他の地点に比べて四季を通じて流速が遅い。特に夏季は、南向きの流れではあるものの、その流速は一貫して1cm/sec程度であり、極めて微弱な流れである。

停滞状態は、平均大潮期の流況でも明らかであり、また、四季を通じた平均流（恒流）は、0.2 cm/sec～0.6cm/secであった。

地名：盐屋湾

2023年

8月

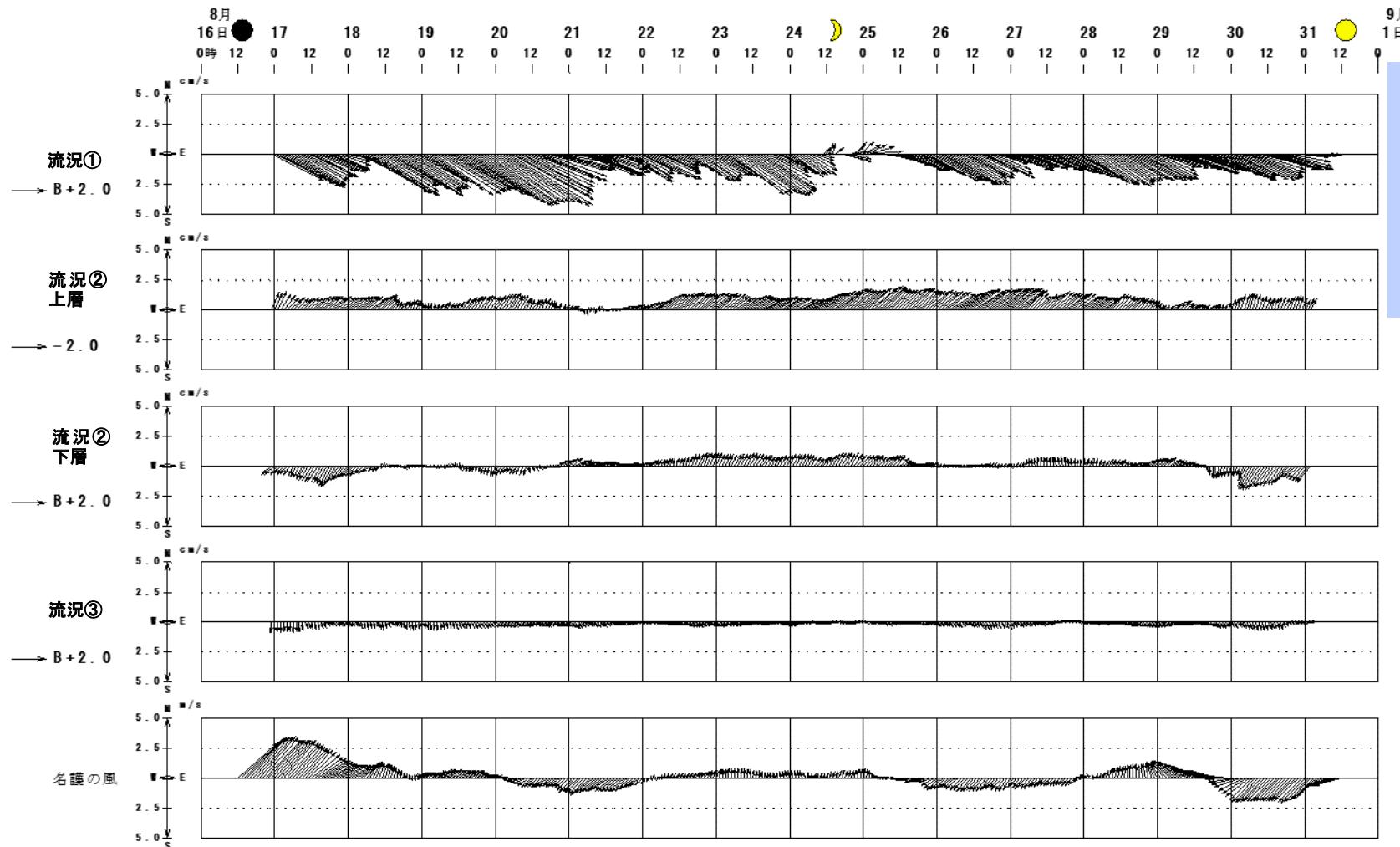
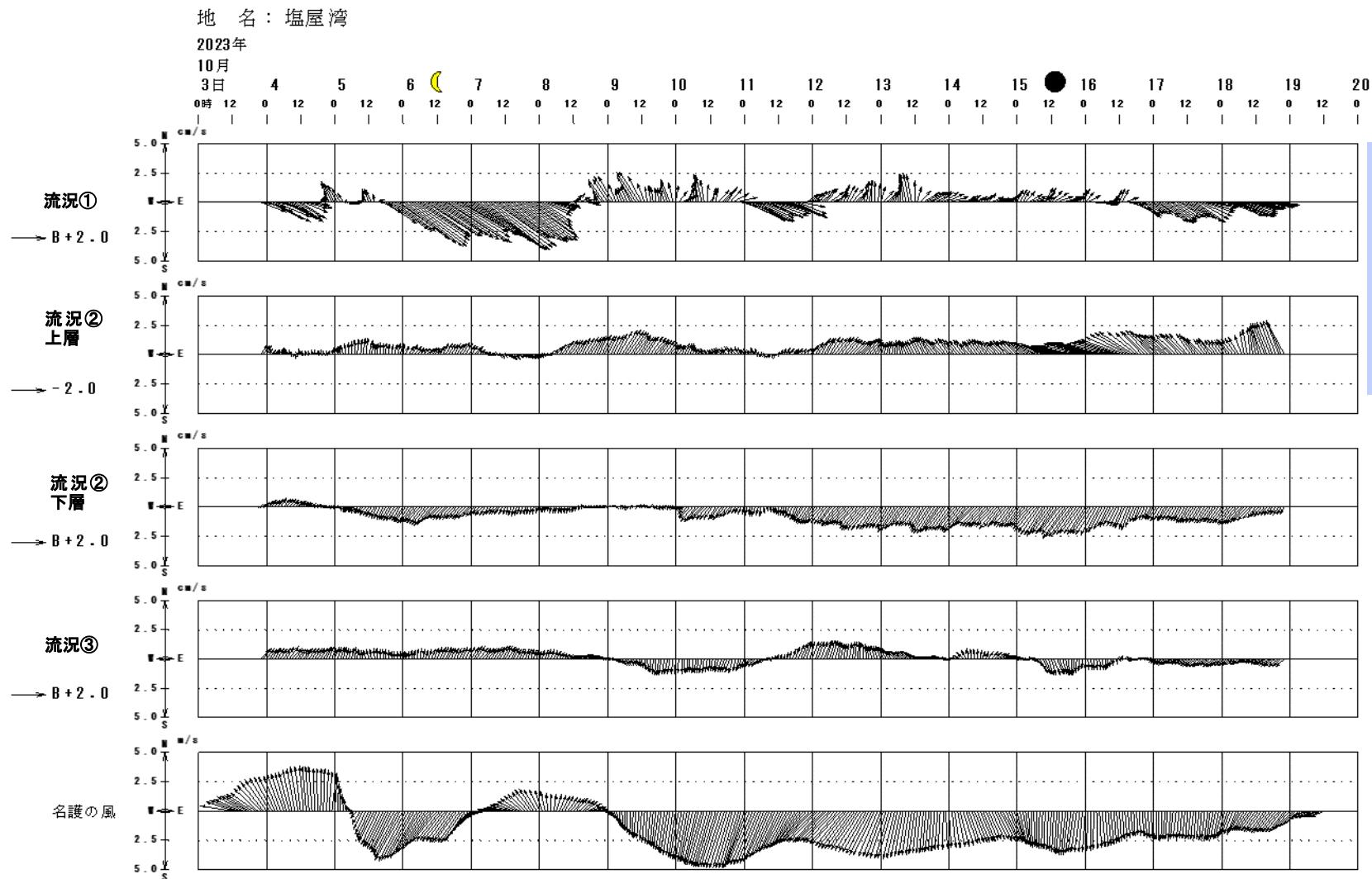
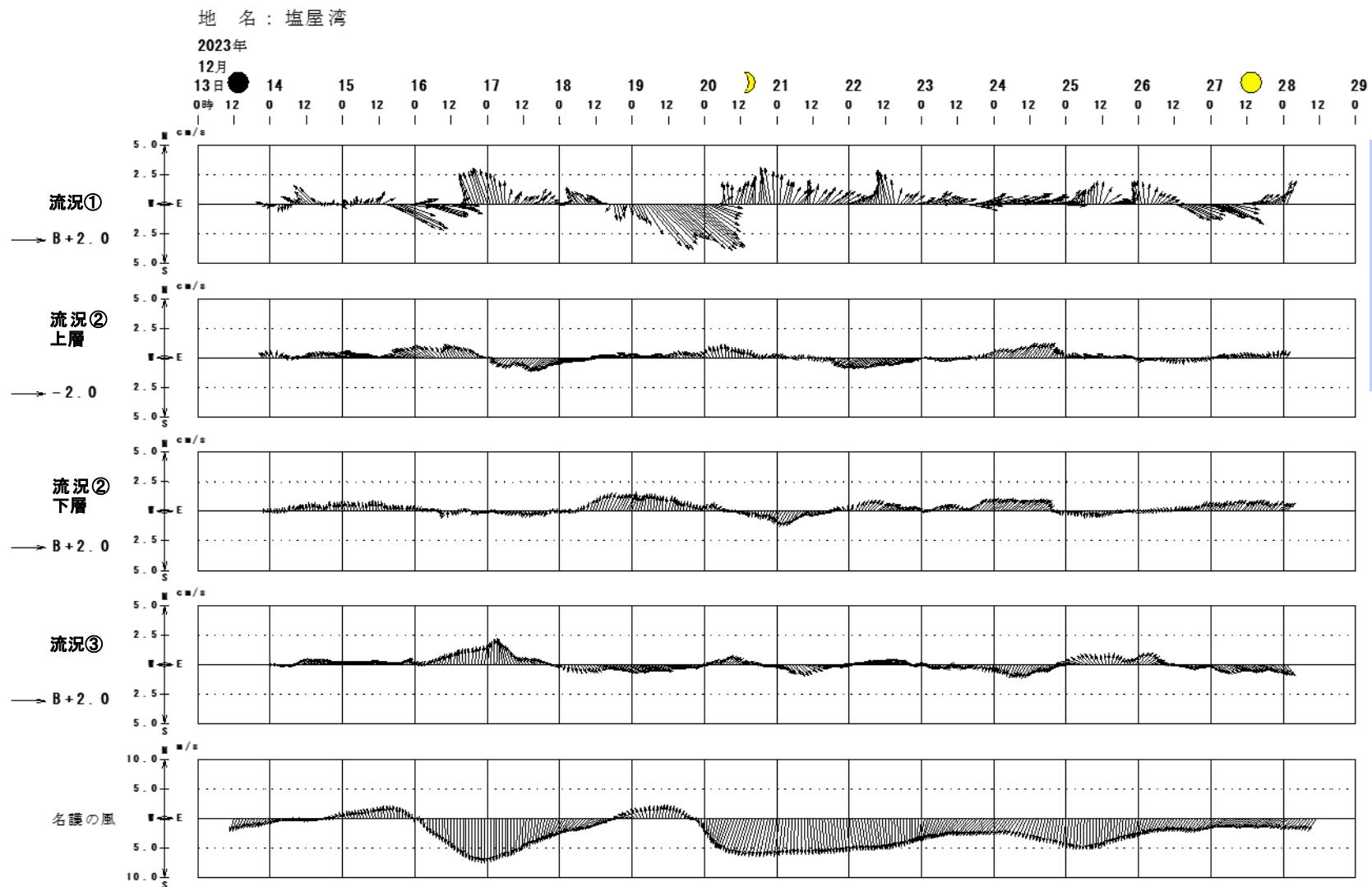


図 II-1-(3)-4 各地点(層)における25時間移動平均ベクトル図(時間毎の流向流速及び名護の風)-1:夏季



図II-1-(3)-4 各地点（層）における25時間移動平均ベクトル図（時間毎の流向流速及び名護の風）-2：秋季



図II-1-(3)-4 各地点（層）における25時間移動平均ベクトル図（時間毎の流向流速及び名護の風）-3：冬季

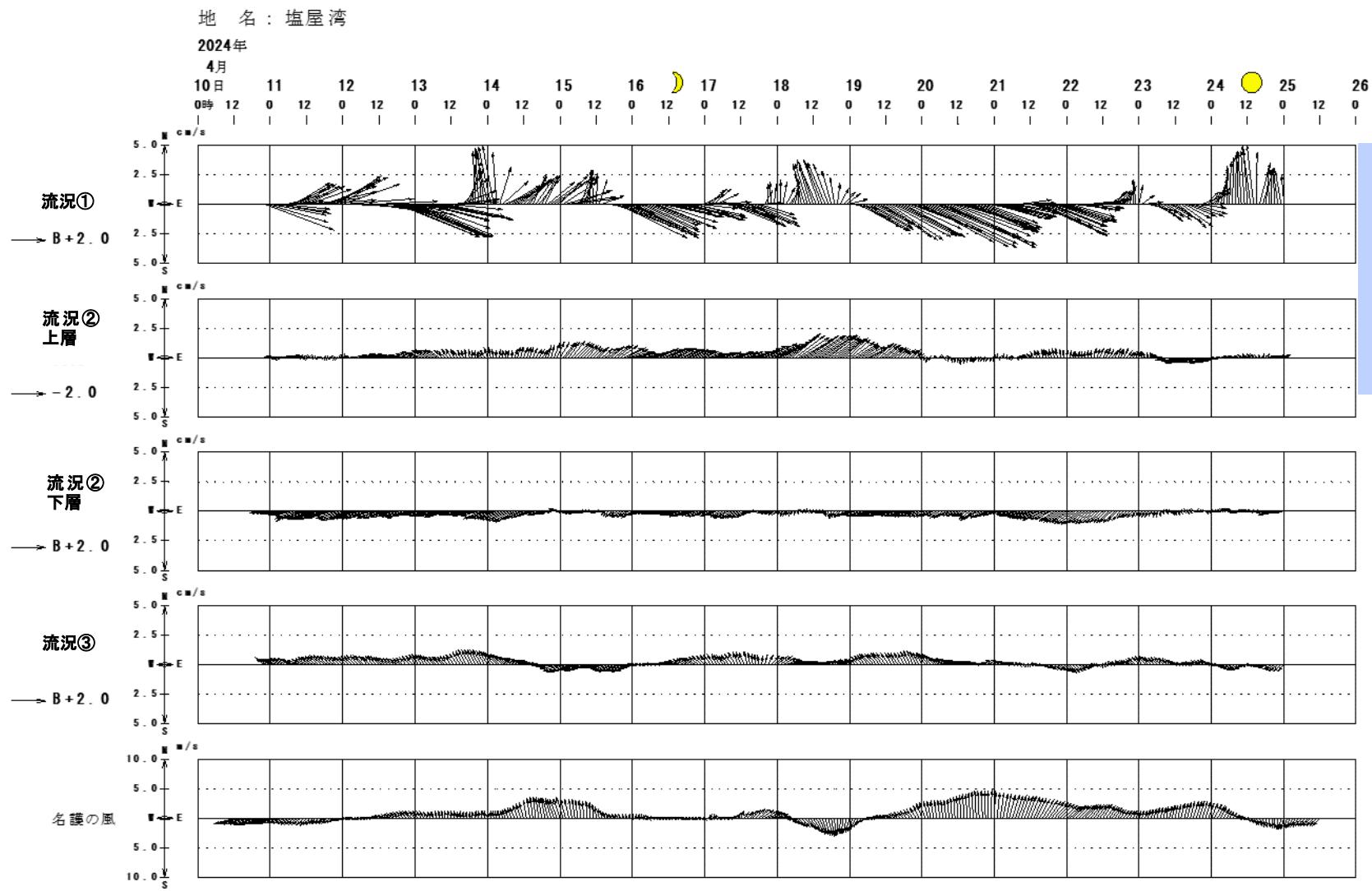


図 II-1-(3)-4 各地点（層）における25時間移動平均ベクトル図（時間毎の流向流速及び名護の風）-4：春季

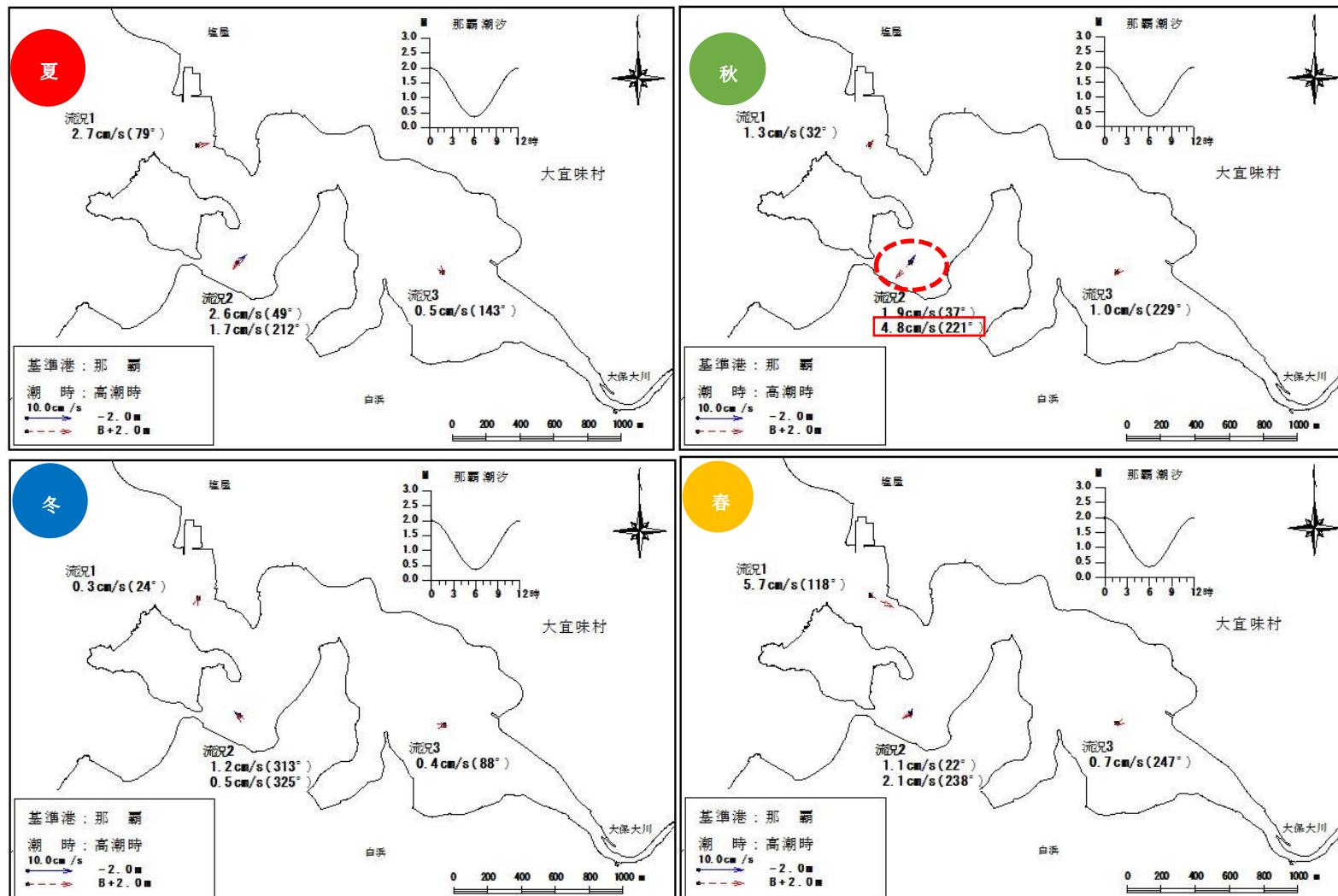


図 II - (3) - 5 平均大潮期流況（満潮時）

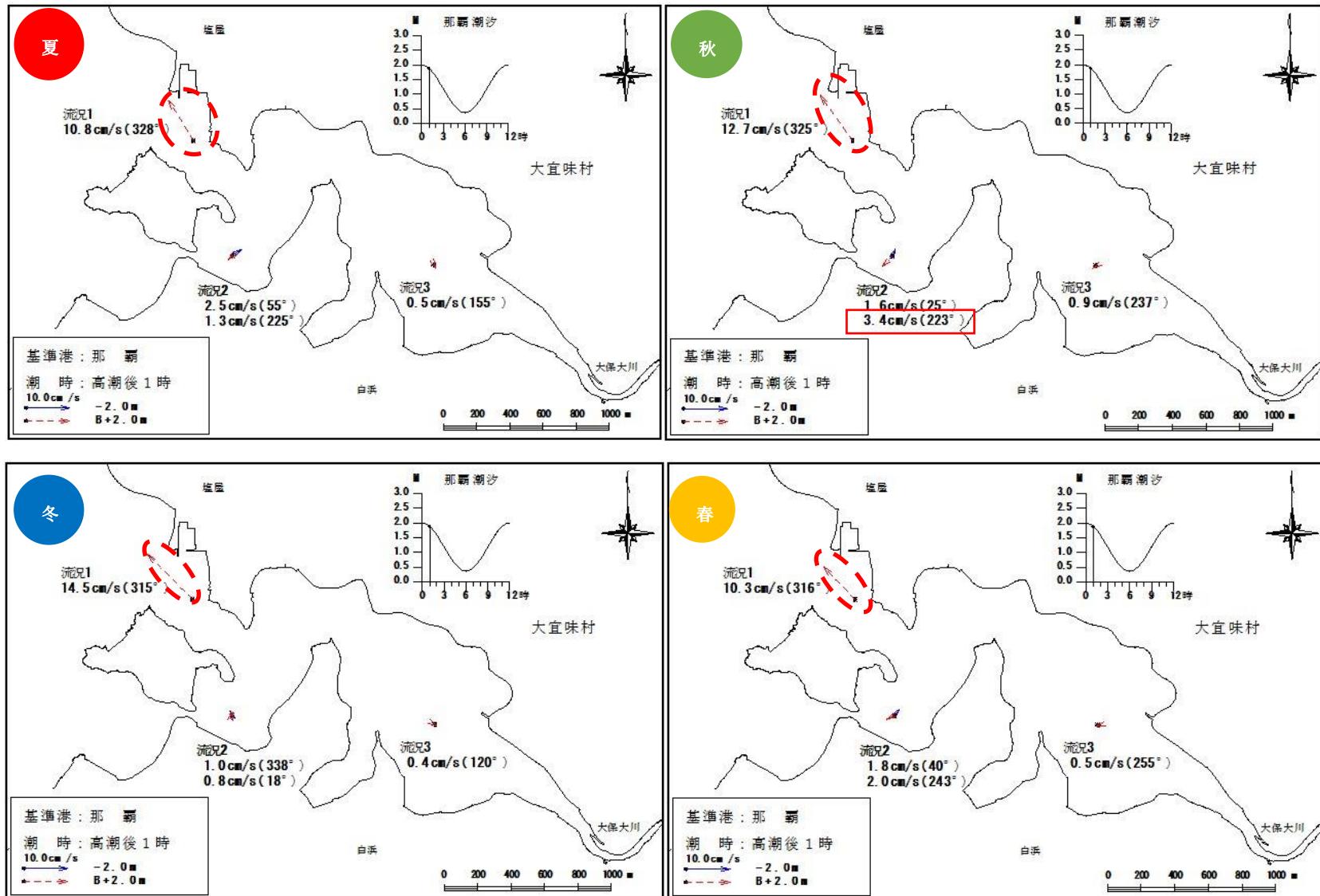


図 II-1-(3)-6 平均大潮期流況（下げ潮となった 1 時間後）

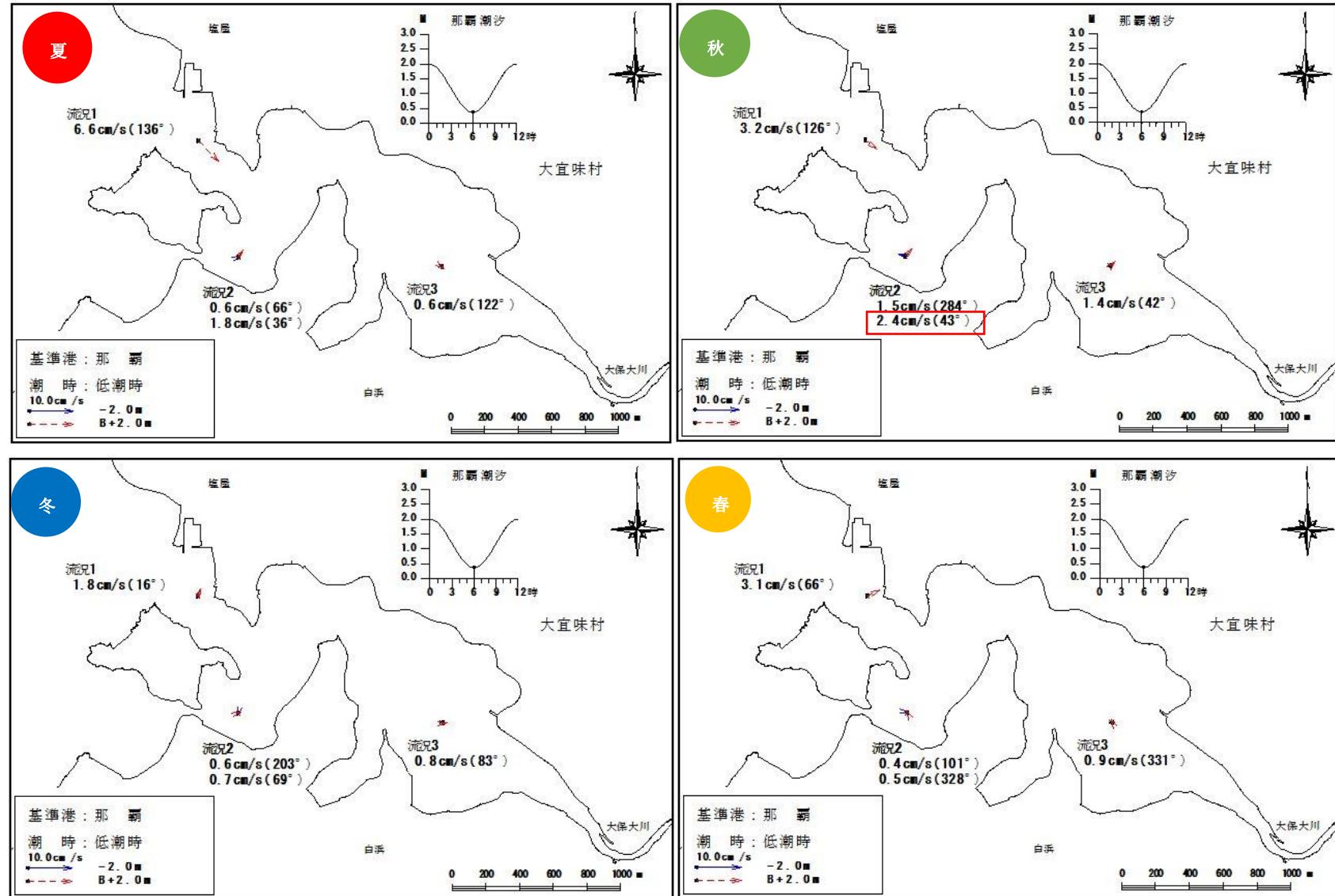


図 II-1-(3)-7 平均大潮期流況（干潮時）

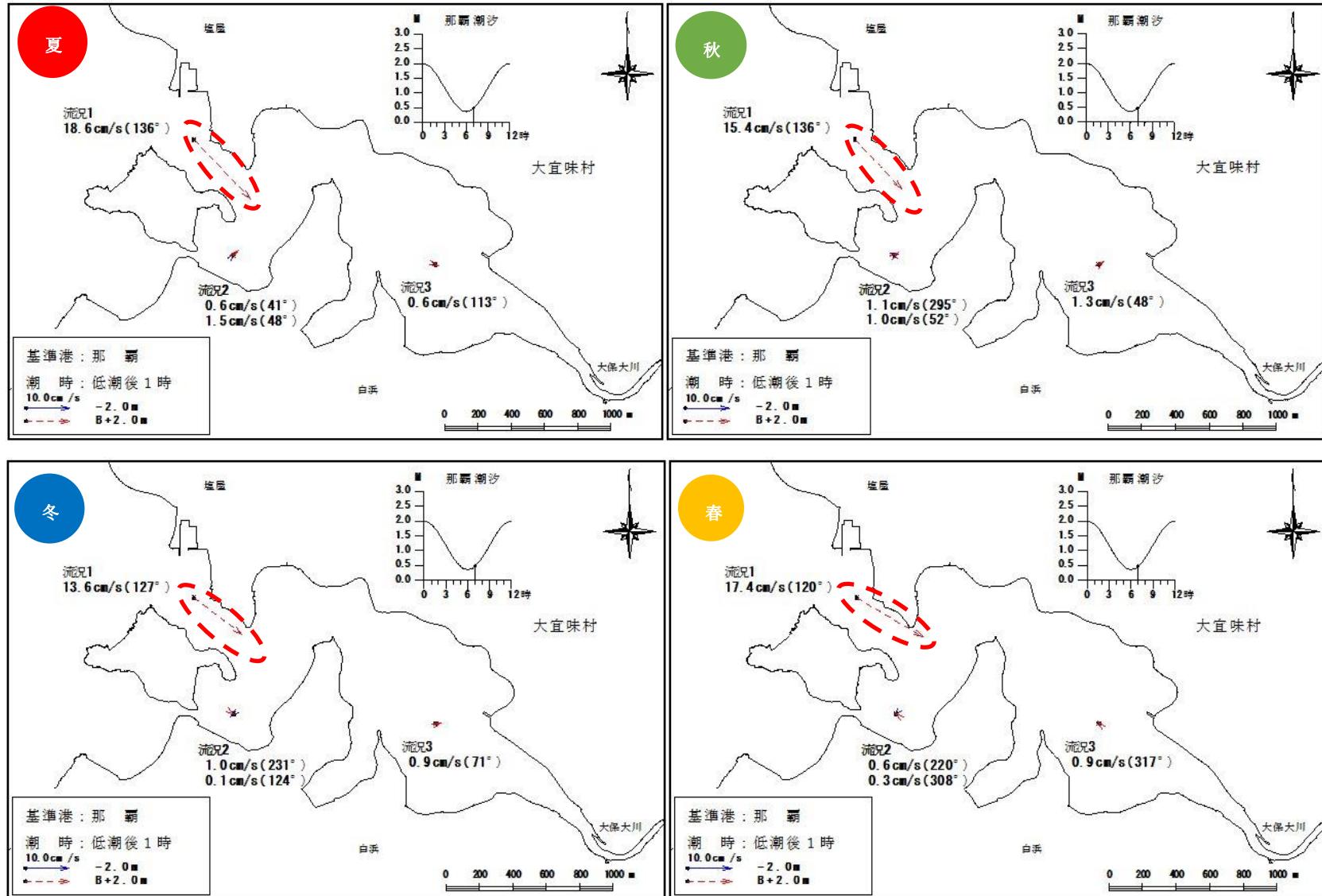


図 II-1-(3)-8 平均大潮期流況（上げ潮となった1時間後）

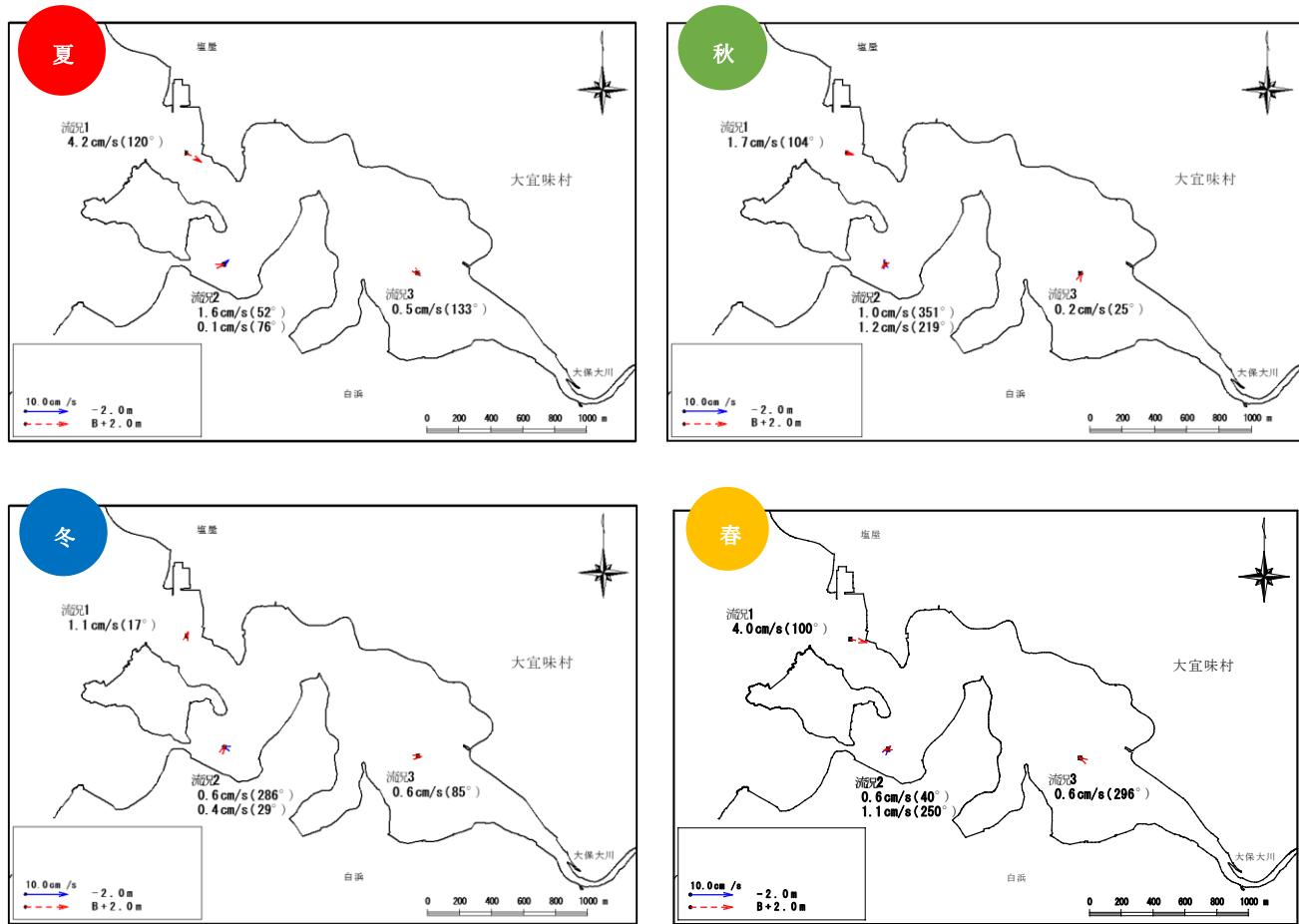


図 II-1-(3)-9 平均流（恒流）

(4) 水底質調査

①調査方法

1) 調査実施時期

水底質の観測及びサンプリングは、表Ⅱ-1-(4)-1の日程で実施した。

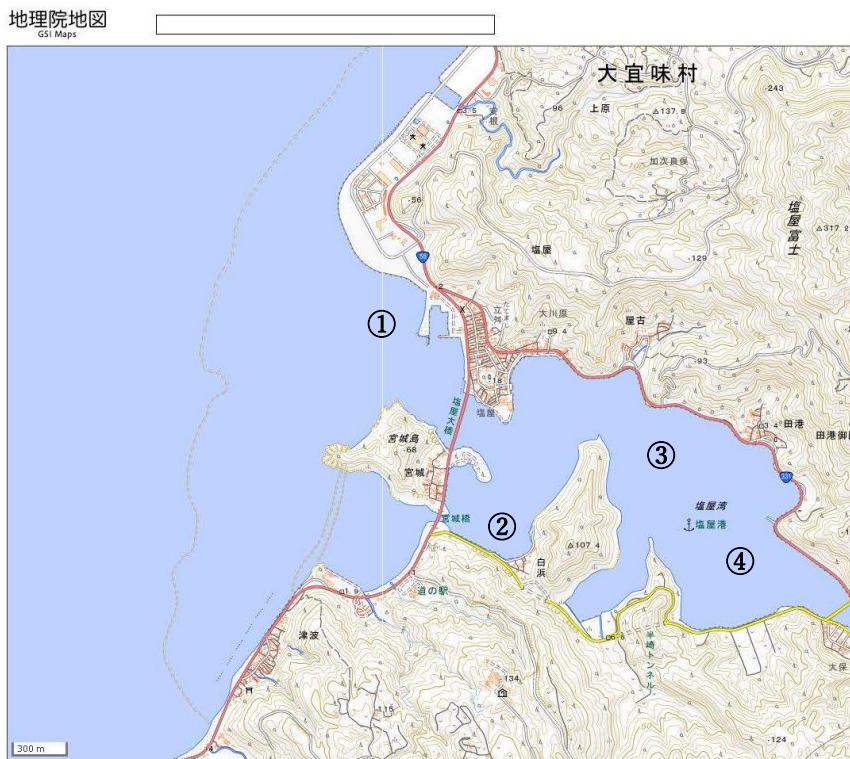
表Ⅱ-1-(4)-1 水底質の観測及びサンプリング日程

季 節	観測サンプリング年月日等
夏 季	令和5年8月24日（水底質地点における水温、塩分、DO、pH観測とサンプリング）
秋 季	令和5年10月4日（水底質地点における水温、塩分、DO、pH観測とサンプリング）
冬 季	令和5年12月14日（水底質地点による水温、塩分、DO、pH観測とサンプリング、及び底質粒度組成及び潜水による底泥 SPSS コアパイプサンプリングを含む）
春 季	令和6年4月11日（水底質地点による水温、塩分、DO、pH観測とサンプリング）

注：潜水による底泥 SPSS 分析用コアパイプサンプリングは、当初計画では実施内容としていなかったが、エックマンバージ式採泥器で採泥した底泥サンプルの SPSS 値の適正確認のために追加した内容である。

2) 調査実施海域

水底質観測及びサンプリング地点は、図 II-1-(4)-1 に示す湾外 1 地点、湾内 3 地点の計 4 地点である。



- ①北緯 26 度 40 分 25.45 秒、東経 128 度 05 分 59.23 秒
- ②北緯 26 度 39 分 51.48 秒、東経 128 度 06 分 22.78 秒
- ③北緯 26 度 40 分 06.00 秒、東経 128 度 06 分 51.00 秒
- ④北緯 26 度 39 分 45.68 秒、東経 128 度 07 分 10.52 秒

図 II-1-(4)-1 水底質観測及びサンプリング地点

3) 観測・サンプリング方法

図 II-1-(4)-2 には、水底質観測及びサンプリング方法の模式を示した。

透明度の観測は直径 30 cm の透明度板を船上（水面）から沈下させ目視できなくなる水深を記録した。水温、塩分、DO、pH は多項目水質計（JFE アドバンテック社製：AAQ176）を船上（水面）から沈下させ、水深 1 m ピッチで計測した。

水質サンプルの採水方法は、バンドーン型採水器を用いて、各地点の表層と海上1mから必要量を採水した。底質サンプルはエックマンバージ式採泥器を用いて、必要量を採泥した。

なお、冬季調査の地点③においては、エックマンバージ式採泥器で採泥した場合と潜水してコアパイプを用いて採泥した場合におけるSPSS値の違いを検証した。

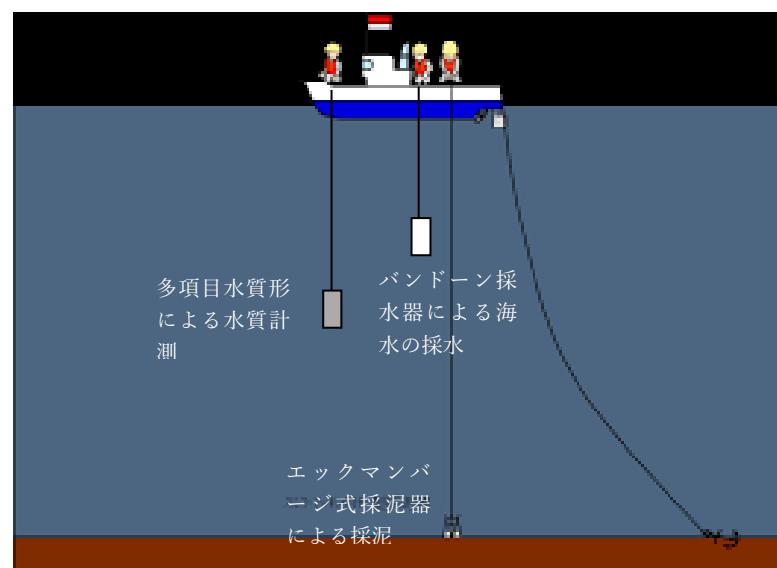


図 II-1-(4)-2 水底質観測及びサンプリング方法の模式

4) 分析方法

サンプリング後、冷暗状態で保存して速やかに分析室に持ち帰り分析に供した。

分析した水質項目は、化学的酸素要求量 (COD)、懸濁物質量 (SS)、全有機物量 (TOC)、溶存態有機物量 (DOC)、粒子態有機物量 (POC)、栄養塩類の全窒素 (T-N)、硝酸態窒素 ($\text{NO}_2\text{-N}$)、亜硝酸態窒素 ($\text{NO}_3\text{-N}$)、アンモニア態窒素 ($\text{NH}_4\text{-N}$)、全リン (T-P)、リン酸態リン ($\text{PO}_4\text{-P}$) である。

底質の分析項目は、底質（表層）含有量として、赤土等を指標する SPSS、化学的酸素要求量 (COD)、全有機物量 (TOC)、溶存態有機物 (DOC)、粒子態有機物 (POC)、栄養塩類の全窒素 (T-N)、硝酸態窒素 ($\text{NO}_2\text{-N}$)、亜硝酸態窒素 ($\text{NO}_3\text{-N}$)、アンモニア態窒素 ($\text{NH}_4\text{-N}$)、全リン (T-P)、リン酸態リン ($\text{PO}_4\text{-P}$)、全硫化物 (TS) である。また、底質は、含有量と同じサンプルを用いて、底質調査法（環境省水大気局：平成 24 年 8 月）の方法で、溶出液を作成し SS、COD、TOC、DOC、POC、T-N、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、T-P、 $\text{PO}_4\text{-P}$ 、TS 濃度を分析した。

水質分析方法は、環境基準（昭和 46 年 12 月 28 日環境庁告示第 59 号、最終改訂令 5 環告 6）の別表 1 及び 2 に記載されている方法を基本とし、基準に設定されていない項目は JIS K 0102 (2019) 等の公定法を参照して実施した。

底質の試験分析方法は、底質調査法（環境省水大気局：平成 24 年 8 月）及び同法に設定されていない項目は JIS K 0102 (2019) 等の公定法を用いて実施し、SPSS に関しては沖縄県衛生環境研究所が実施している方法である。

②調査結果

1) 水質

a. 透明度

表Ⅱ-1-(4)-2には、透明度の観測結果を測定時の水深と共に示した。

湾外地点①及び湾奥の地点④は、水深が浅いこともあり、4季を通じて透明度は水深よりも高く、透明度板は常に海底に着底した。

湾内の地点②及び③は、4.0m～5.7mであり、概ね同レベルの透明度であった。

表Ⅱ-1-(4)-2 透明度観測結果と水深

地 点	夏季		秋季		冬季		春季	
	透明度 (m)	水深 (m)	透明度 (m)	水深 (m)	透明度 (m)	水深 (m)	透明度 (m)	水深 (m)
①	着底	2.4	着底	2.8	着底	3.2	着底	2.9
②	4.0	12.2	4.9	12.4	4.9	12.9	5.6	12.9
③	5.7	15.1	5.0	15.1	5.0	15.3	4.9	15.4
④	着底	1.7	着底	1.8	着底	1.8	着底	2.0

b. 水温

図Ⅱ-1-(4)-3には、各地点・四季の水温鉛直分布を示した。

季節別の特徴は、以下のとおりである。

夏季は、湾外の地点①では30°C弱である。一方、湾内の地点は、表層付近では30°Cを超え、下層になるに従い低下し、最も水深が深い地点③の水深14mでは約27°C付近になる。

秋季は、湾外の地点①では28°C付近である。湾内の地点は表層から底層までほぼ30°C弱でほぼ一様である。

冬季は、湾外の地点①では約22°Cである。湾内の地点は表層では湾外とほぼ同じ約22°Cであるが、下層になるに従い徐々に高くなり、夏季とは反対の様相を示す。

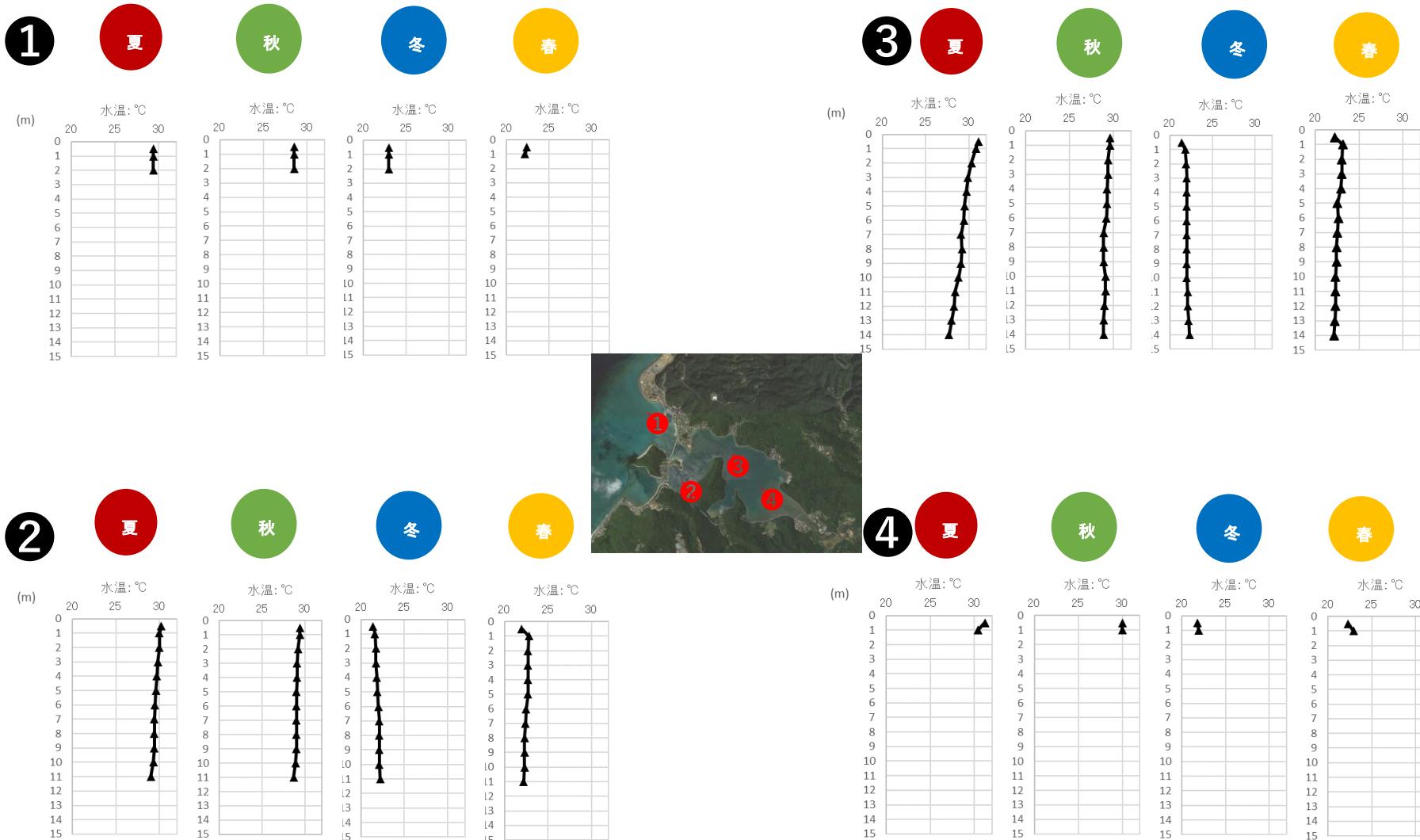


図 II-1-(4)-3 各地点・四季の水温鉛直分布図

C. 塩分

図 II-1-(4)-4 には、各地点・四季の塩分鉛直分布を示した。

季節別の特徴は、以下のとおりである。

夏季は、湾外の地点①は表層では 33psu 強であるが水深-2m では 34psu 近くになる。湾内の地点は、表層では 31psu~32psu 台と低いが、水深が深くなるに従い高塩分となり、水深-10m よりも深い水深帯は約 33.5psu になる。

秋季は、湾外の地点①は 34psu の高塩分であった。湾内の地点は、表層付近は 33psu を下回るが、下層では 34psu 前後と高くなる。

冬季は、湾外の地点①は四季を通じて最も高く 34.5psu を超えている。湾内の地点は、表層付近は 33psu を多少超える程度であるが、下層になるに従い高くなり、水深-5m からは 34psu を上回っている。

春季は、湾外の地点①は 33psu~34psu を超えるレベルである。一方、湾内の地点の表層は低く地点②では 29psu を下回っている。なお、下層になるに従い塩分は上昇し、10m 前後では 34psu に近くなる。

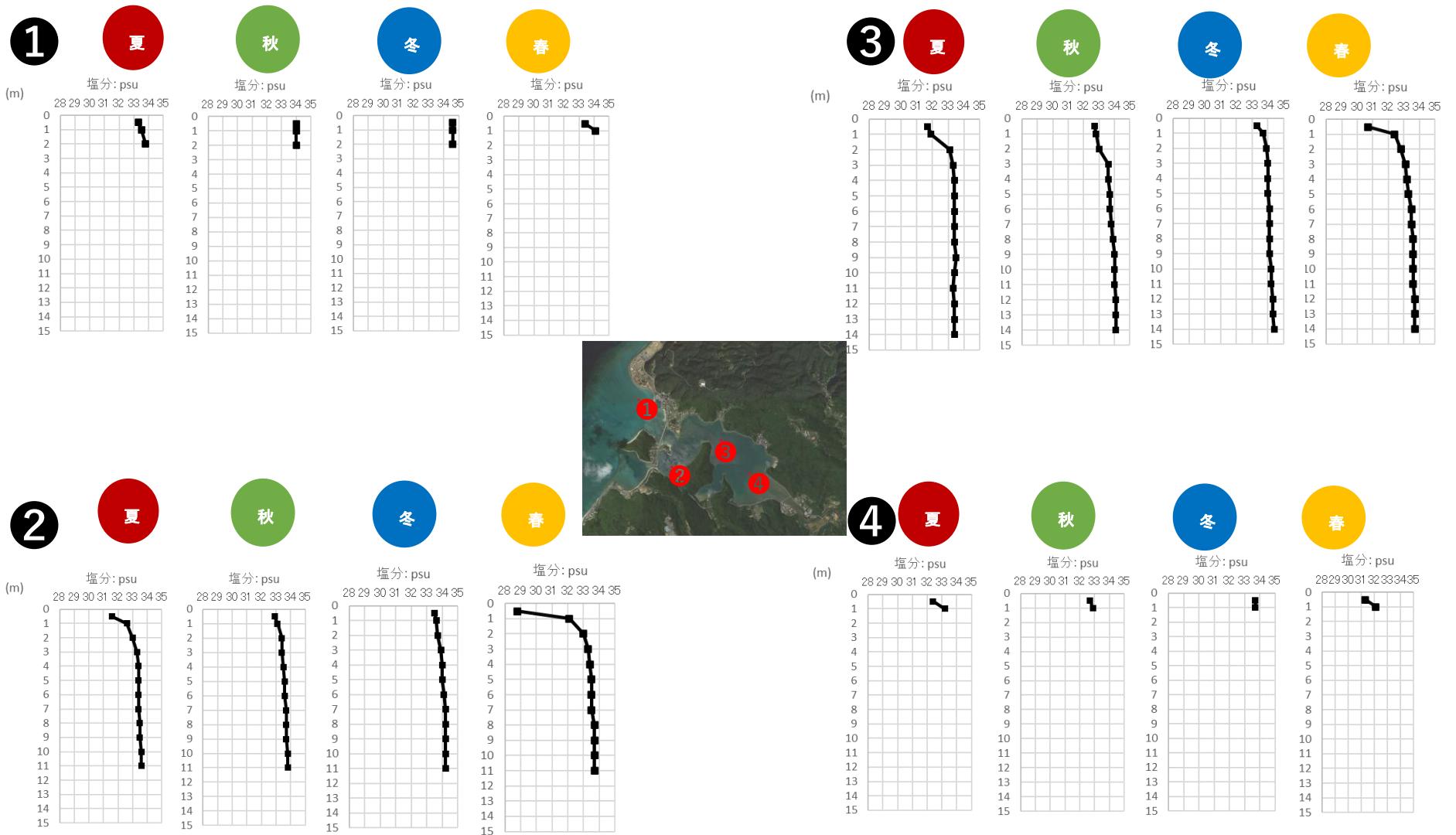


図 II-1-(4)-4 各地点・四季の塩分鉛直分布図

d. pH

図Ⅱ-1-(4)-5には、各地点・四季のpH鉛直分布を示した。

pHは、四季を通じて、多くが8.0及び若干上回る値を示していた。その中で特徴的なのは、1つは夏季の湾内の深い水深帯のpHで、地点③では-10mより深くなると7.7付近まで低下している。この結果は、低い生物生産性を反映したものと推測される。2つ目は、春季の湾内表層部で、8.2~8.4と比較的高い値を観測した。この結果は、春季の湾内表層部は低塩分であったことを考えると河川水の影響を受けているものと推測される。

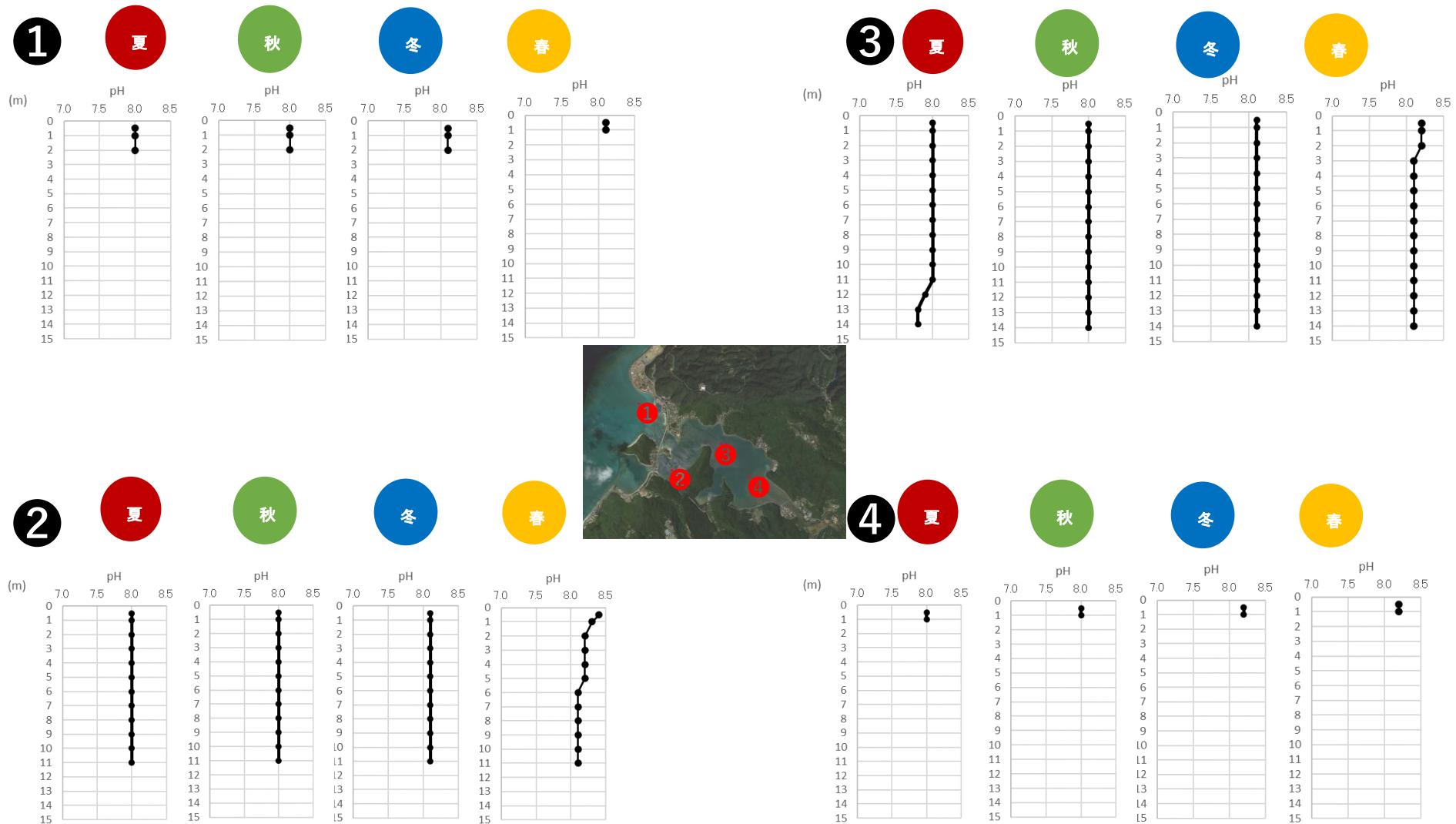


図 II-1-(4)-5 各地点・四季の pH 鉛直分布図

e. 溶存酸素 (DO)

図 II-1-(4)-6 には、各地点・四季の溶存酸素 (DO) 鉛直分布を示した。

湾外の地点①は、四季を通して、5mg/L 以上 の比較的高濃度であった。

一方、湾内の地点は、表層部は四季を通じて 6mg/L 以上でむしろ湾外よりも高く、特に春季には 8mg/L～10mg/L の高い値を観測した。しかし、夏季の下層部は低く、特に水深-10m 以深では急激に低下する。水深-14m では、3mg/L を下回り低酸素化しており、ボラ、ノリ等の水産生物用とされる環境基準・水産 2 級の 5mg/L 以上に達していなかった。

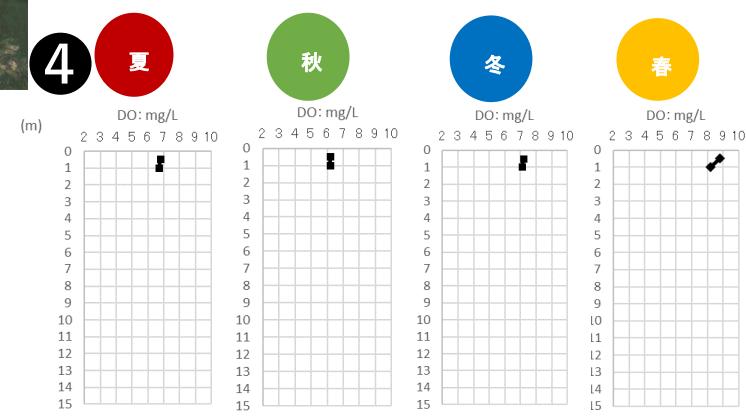
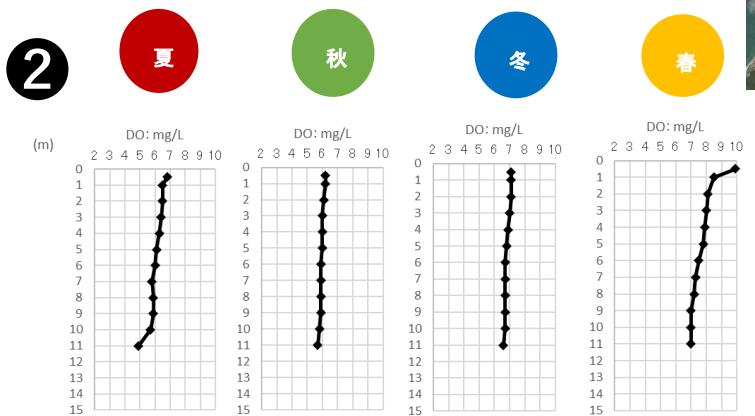
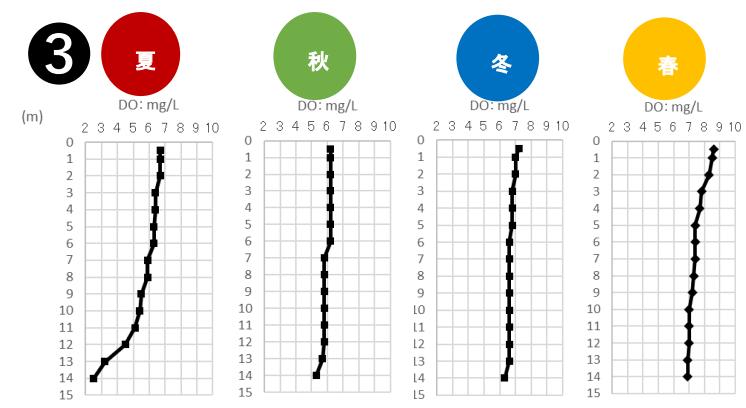
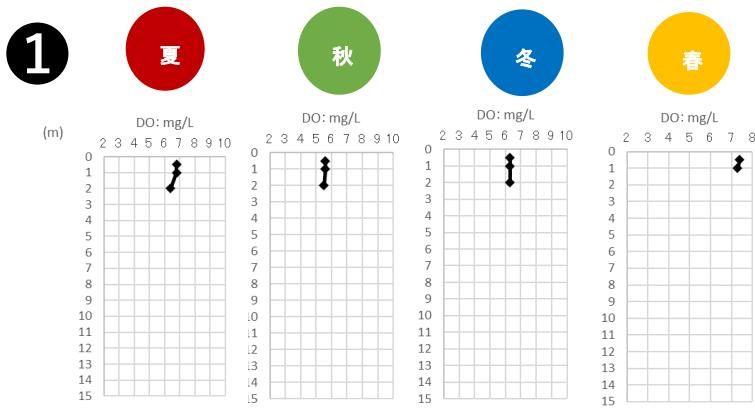


図 II-1-(4)-6 各地点・四季の溶存酸素(DO)鉛直分布図

f. 懸濁物質、有機物（指標）及び栄養塩類等

図 II-1-(4)-7 には、各地点・四季の懸濁物質、有機物及び栄養塩類等の濃度を示した。なお、アンモニア態窒素 ($\text{NH}_4\text{-N}$) は、全地点の四季を通じて検出されなかった。

以下には、各項目別の特徴を示す。

SS は、全般的に湾外地点①よりも湾内地点の②から④で高い。特に秋季の地点②上層及び地点③の下層では高い値が観測された。

COD には、地点及び季節的に明瞭な傾向は認められない。ただし、環境基準の水産1級（マダイ、ブリ、ワカメ等用）の COD 濃度である 2.0mg/L 以下を超える値が地点①の秋季表層、地点③の夏季下層と春季表層、地点④の春季表層と下層で検出された。

TOC 及び DOC には、地点及び季節的に明瞭な傾向は認められなかった。POC に関しては、湾外地点①で他の地点よりも高い傾向が確認された。これは、速い流れや波浪の影響で粒子状の有機物が撒き上がりやすい状況を反映しているものと思われる。

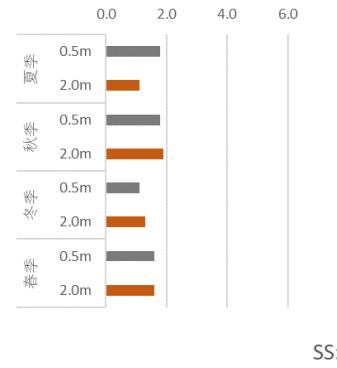
T-N は、湾内地点の②及び④で若干高い傾向があるものの、環境基準の水産1種（全魚種の生息に適）T-N : 0.3mg/L を超える値は観測おらず、全体的に水生生物の生息に適した状況であると考えられる。

無機態窒素の栄養塩類である $\text{NO}_2\text{-N}$ 及び $\text{NO}_3\text{-N}$ は、湾内地点で高い傾向が見られる。特に、秋季に比較的高い値が検出された。なお、 $\text{NH}_4\text{-N}$ は、各地点・四季を通じて検出されなかった。

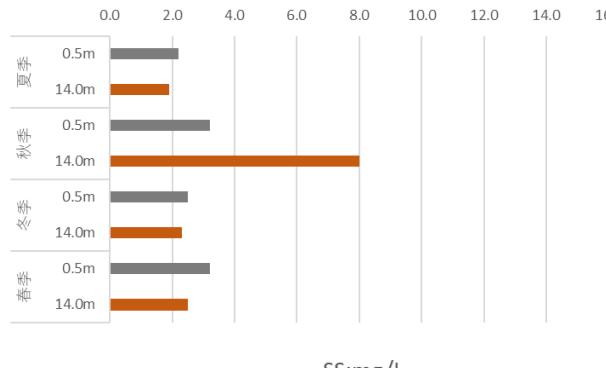
T-P は、湾外地点の①と湾外地点の④で高い値が検出されており、湾外地点①の冬季上層及び湾内地点④の冬季上層と春季下層では、環境基準の水産1種（全魚種の生息に適）T-P:0.03mg/L を超える値が検出された。なお、両地点とも水深が浅いことから、波浪等による底泥の撒き上がりが要因として推定され、湾奥部の地点④の春季に関しては、大保大川からの流入河川の影響を反映している可能性も考えられる。

無機態リンの栄養塩類である $\text{PO}_4\text{-P}$ に関しては、湾外地点①の冬季上層、湾内最奥部の地点④の上層で高い値が検出されている。やはり、水深が浅い両地点では、底泥の撒き上がりの影響を受けやすいものと推測される。

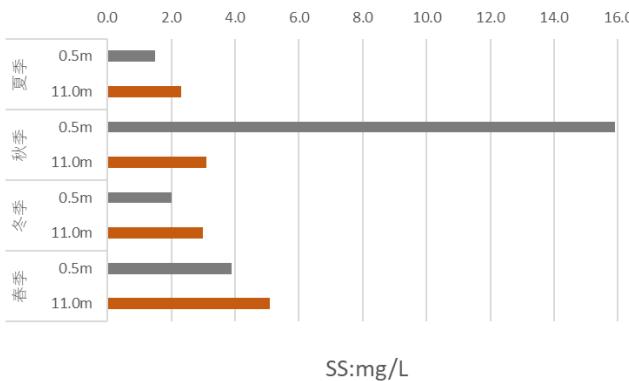
1



3



2



4

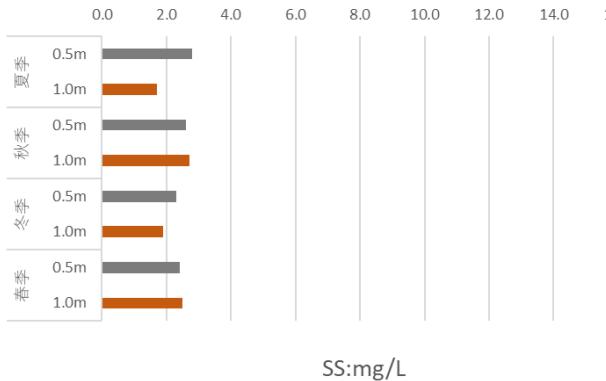
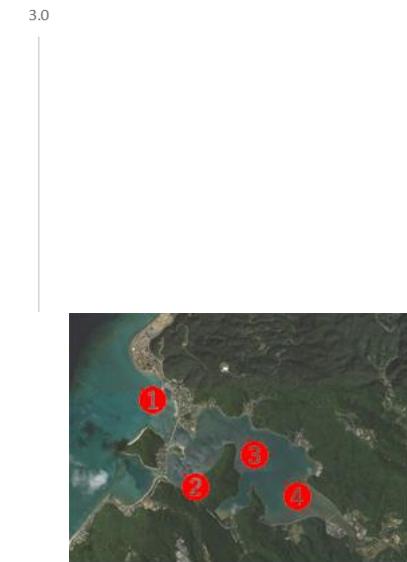
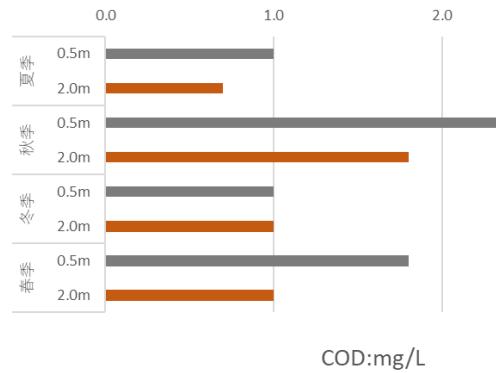
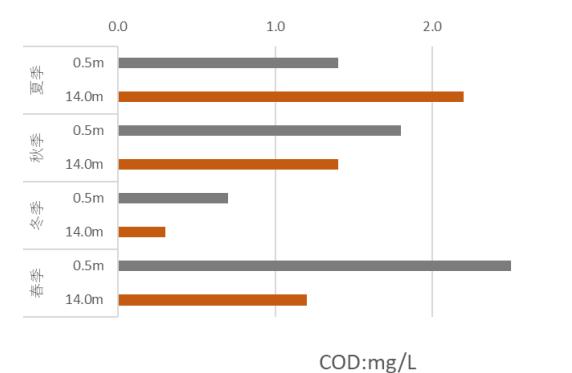


図 II-1-(4)-7 各地点・四季の有機物及び栄養塩類等の濃度 (SS)

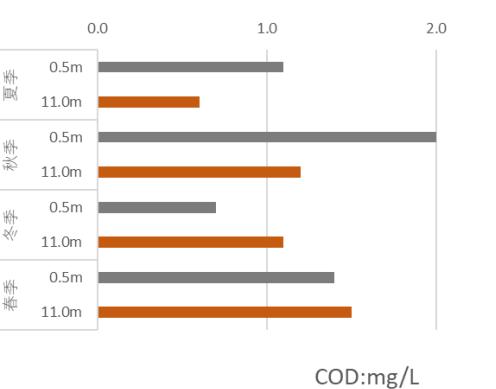
1



3



2



4

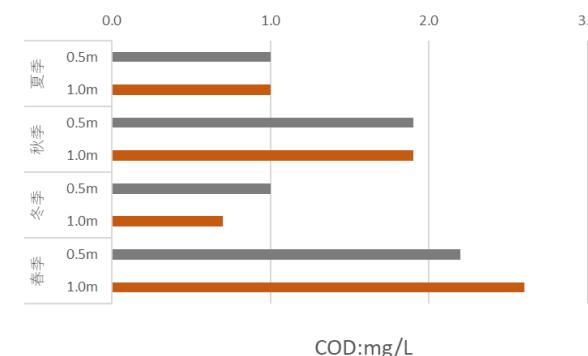
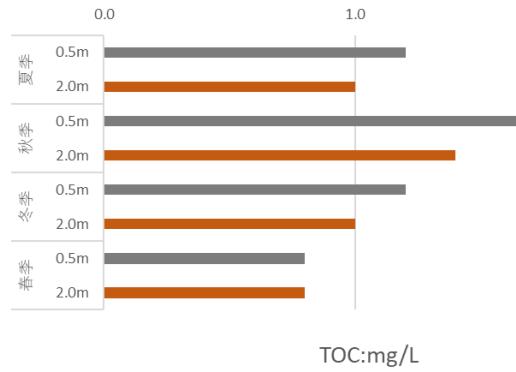


図 II - 1 - (4) - 7 各地点・四季の有機物及び栄養塩類等の濃度 (COD)

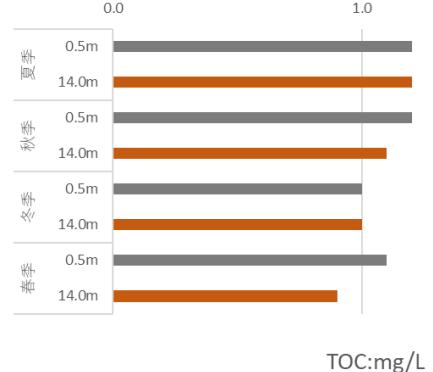
1



2.0

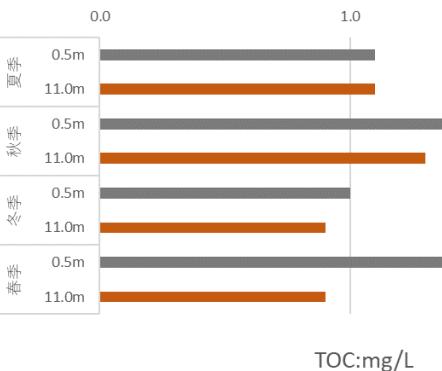


3



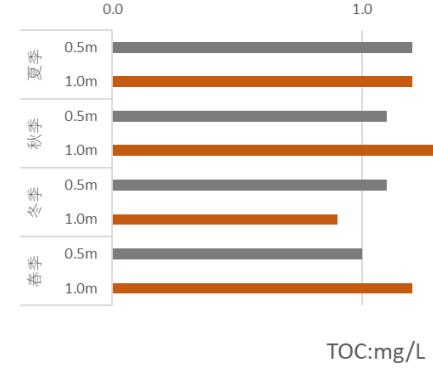
2.0

2



2.0

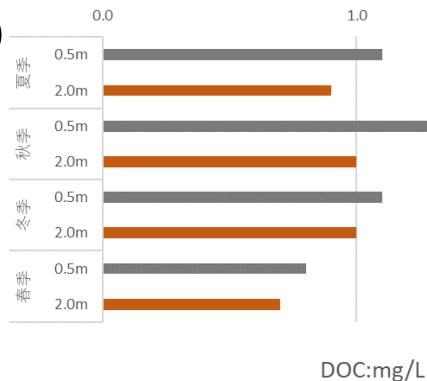
4



2.0

図 II - 1 - (4) - 7 各地点・四季の有機物及び栄養塩類等の濃度 (TOC)

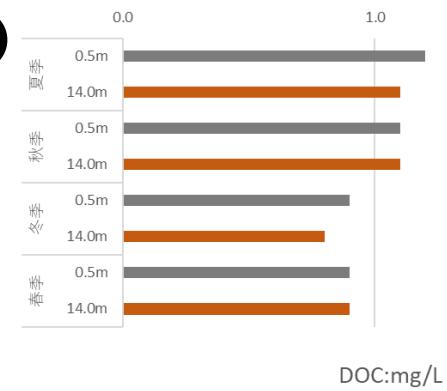
1



2.0

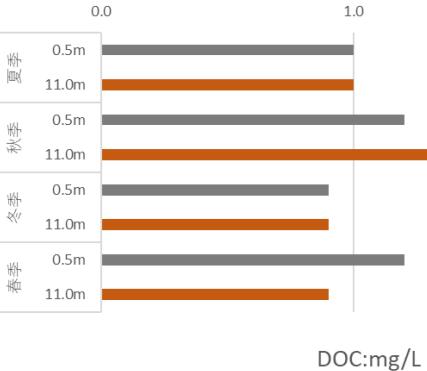


3



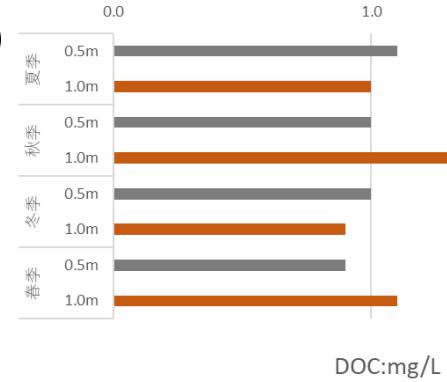
2.0

2



2.0

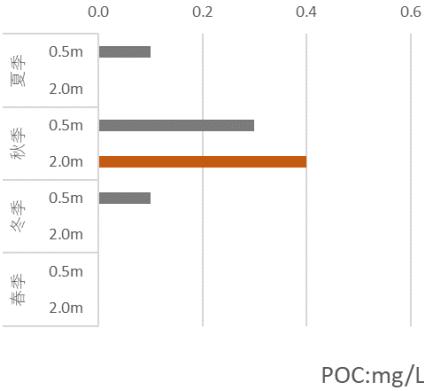
4



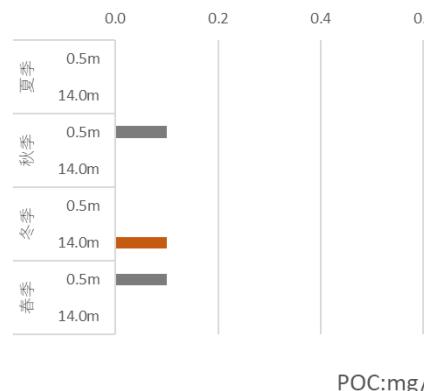
2.0

図 II - 1 - (4) - 7 各地点・四季の有機物及び栄養塩類等の濃度 (DOC)

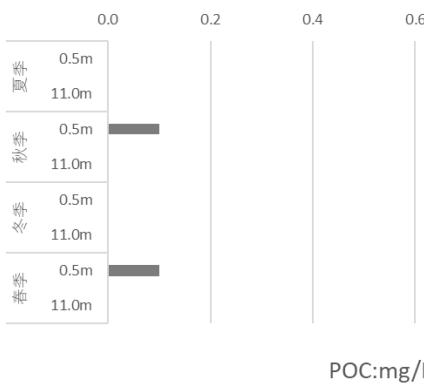
1



3



2



4

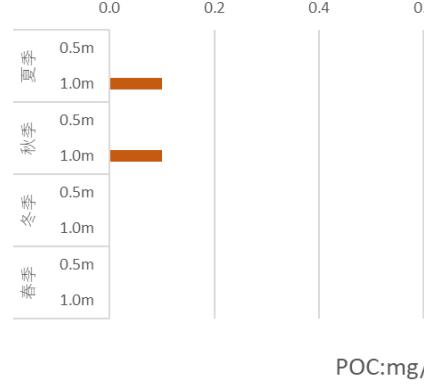
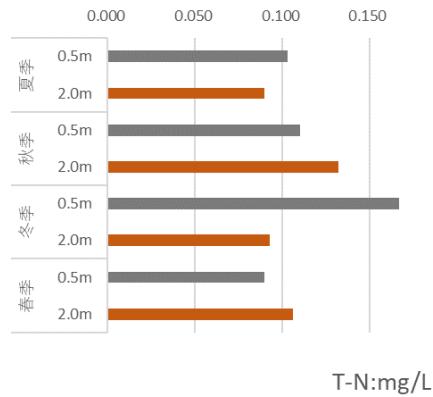
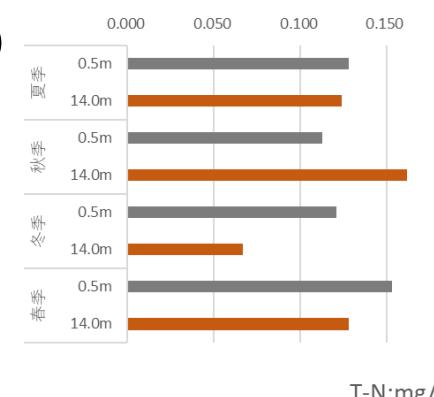


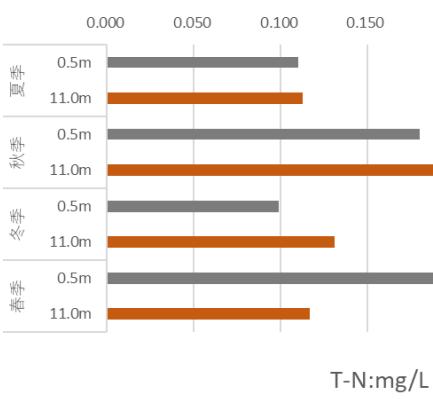
図 II - 1 - (4) - 7 各地点・四季の有機物及び栄養塩類等の濃度 (POC)

1

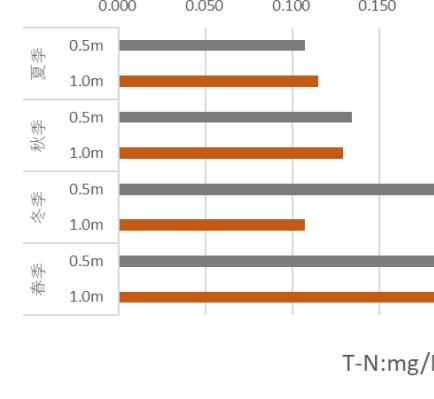
T-N:mg/L

**3**

T-N:mg/L

2

T-N:mg/L

4

T-N:mg/L

図 II - 1 - (4) - 7 各地点・四季の有機物及び栄養塩類等の濃度 (T-N)

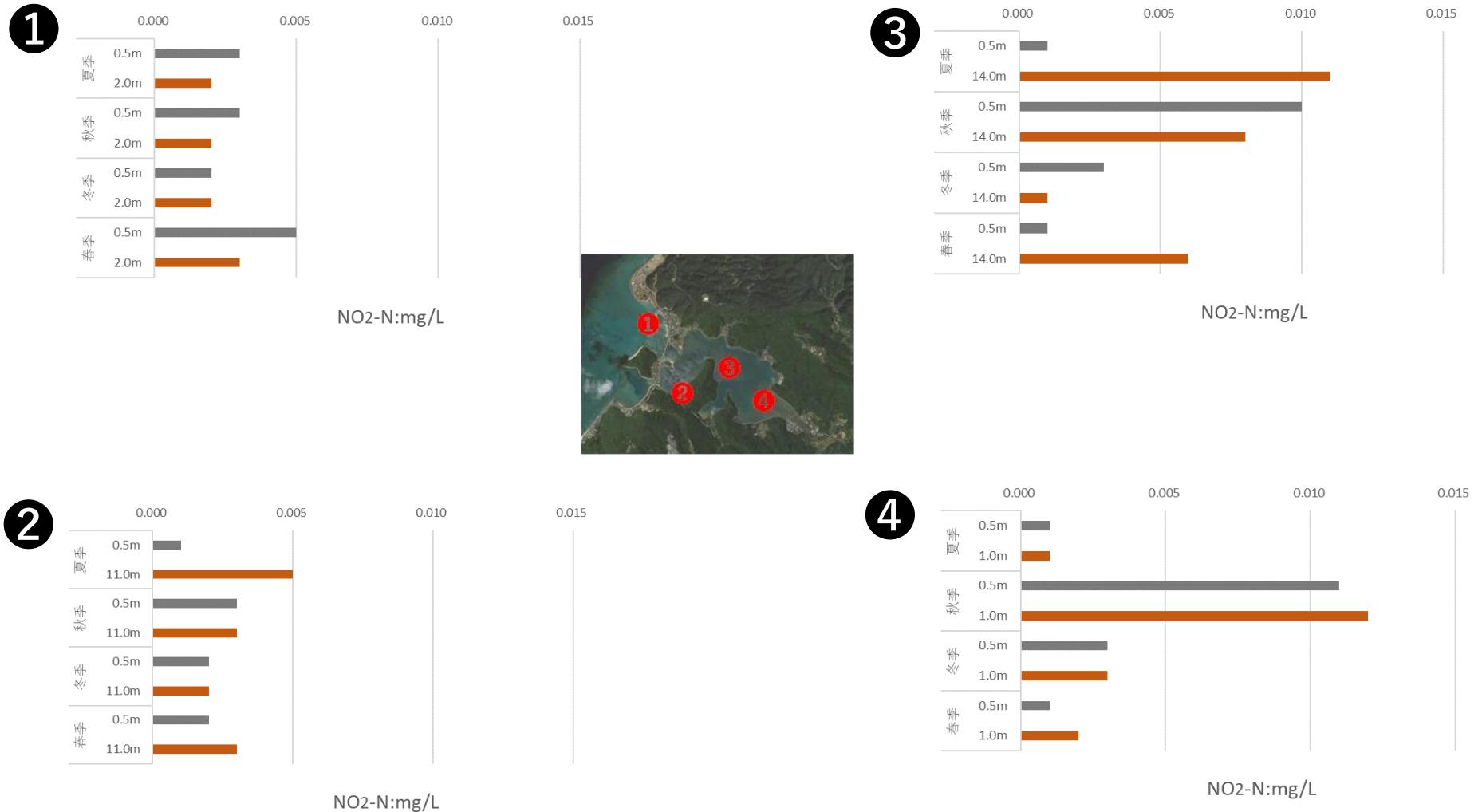


図 II-1-(4)-7 各地点・四季の有機物及び栄養塩類等の濃度 (NO₂-N)

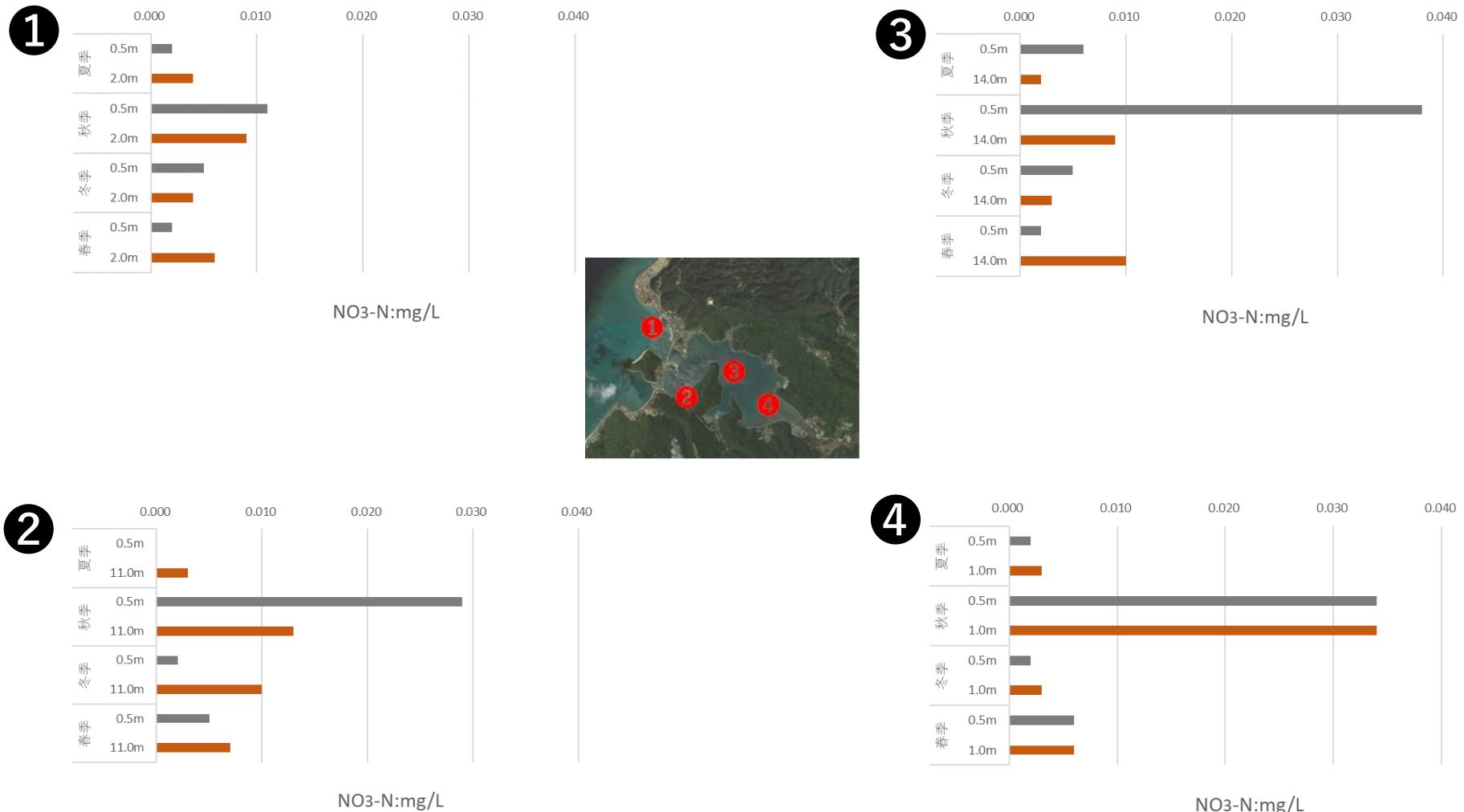


図 II-1-(4)-7 各地点・四季の有機物及び栄養塩類等の濃度 (NO₃-N)

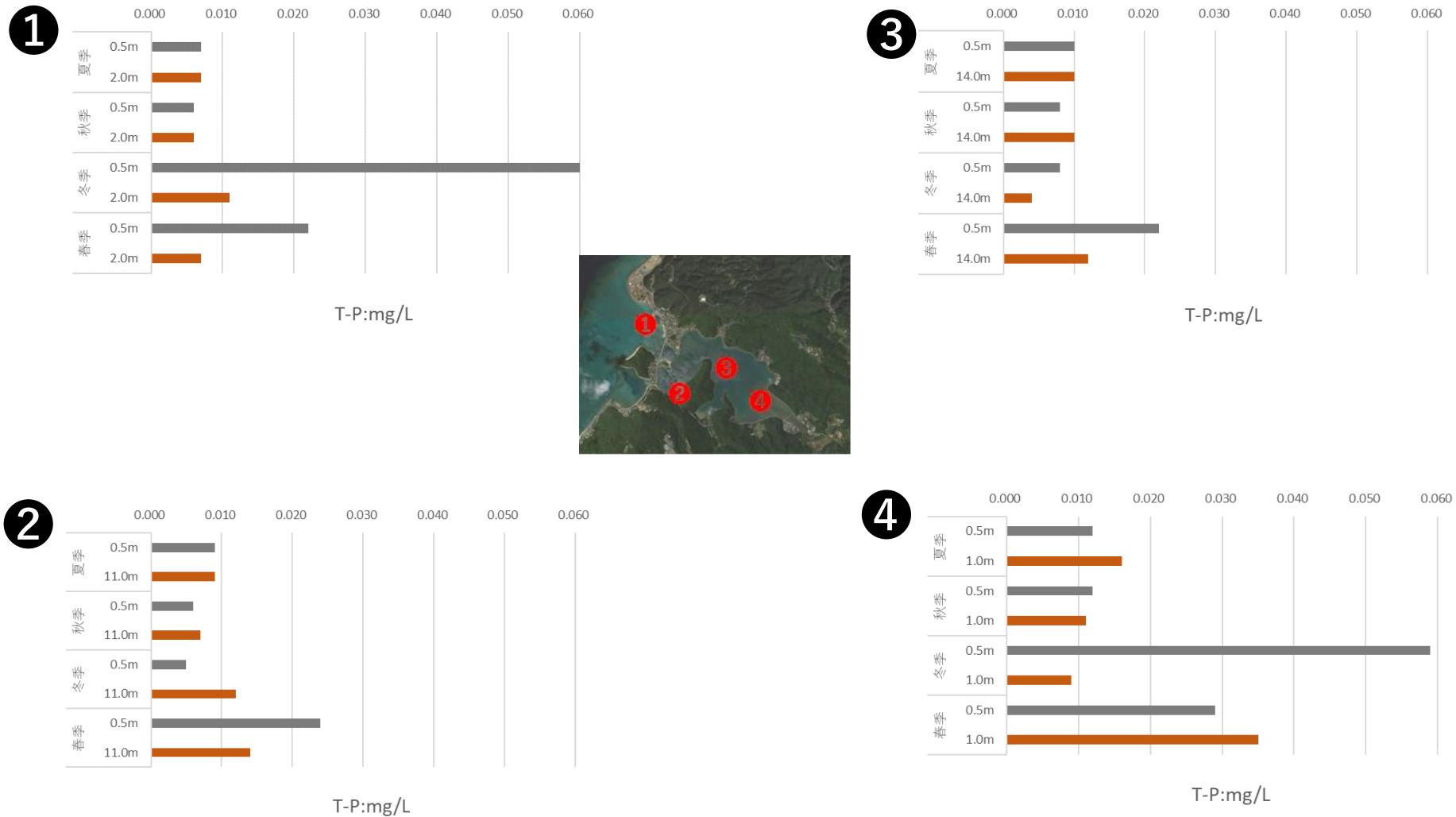


図 II - 1 - (4) - 7 各地点・四季の有機物及び栄養塩類等の濃度 (T-P)

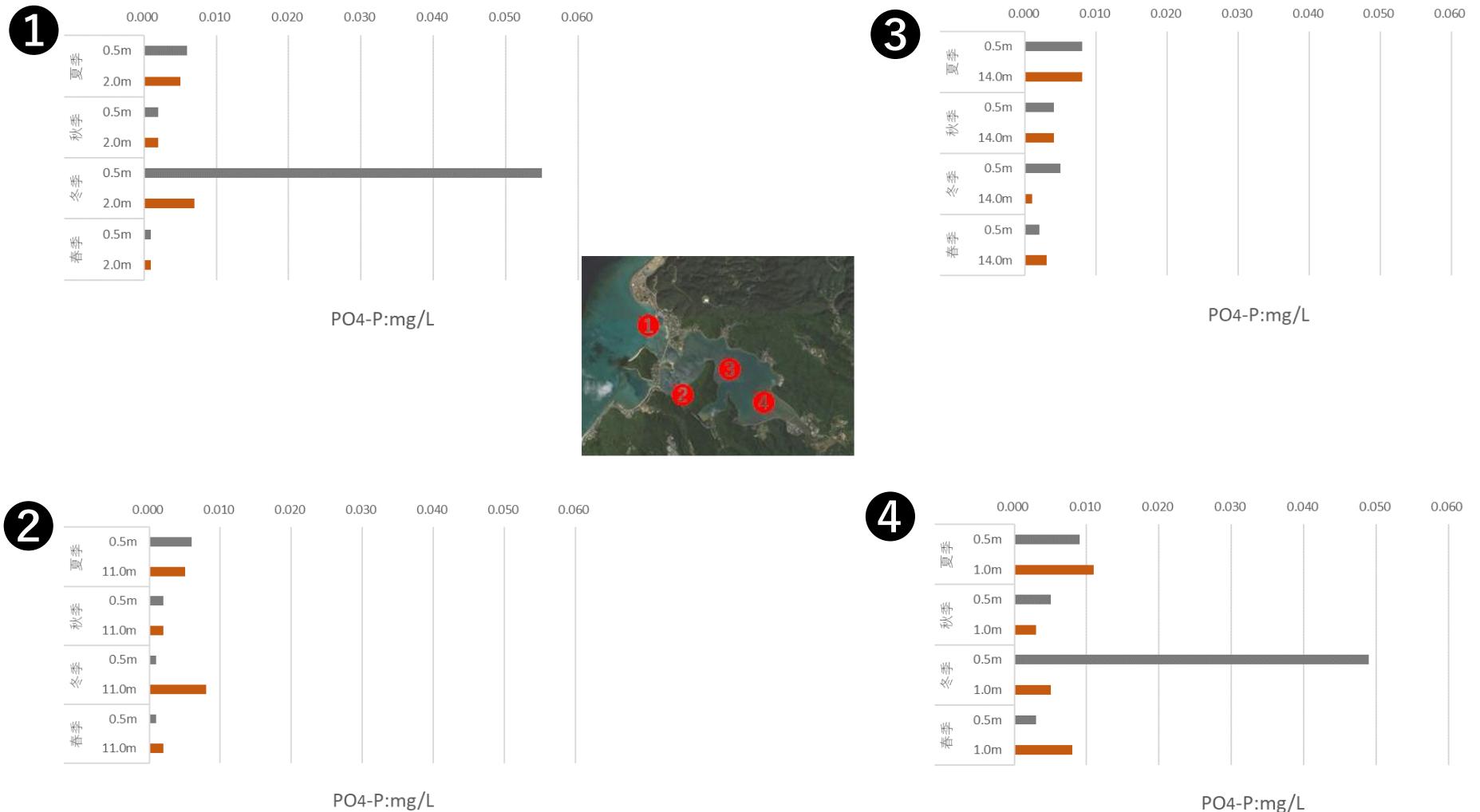


図 II-1-(4)-7 各地点・四季の有機物及び栄養塩類等の濃度 (PO₄-P)

2) 底質

図Ⅱ-1-(4)-8には、各地点・四季の底質含有量の分析結果を示した。また、図Ⅱ-1-(4)-9には、各地点・四季の底質溶出量の分析結果を示した。

以下には、各項目別の含有量の特徴を示す。なお、DOC、NO₂-N及びNO₃-Nの含有量は検出されなかった。

SPSSは、湾外地点①よりも湾内地点で顕著に高く、特に水深が-10m以上の地点②と③は四季を通じて1000kg/m³を超えており、この検出値は、沖縄県の第2次赤土等流出防止対策基本計画で最も高い目標値となっているB類型の干潟の100kg/m³をもはるかに超えている値である。なお、湾内地点③の冬季では、潜してコアパイプでサンプリングした底泥も分析している。その値は1300 kg/m³であり、エックマンバージ式採泥器で採泥したサンプルの1320 kg/m³とほぼ同じであった。その結果は、エックマンバージ式採泥器で採泥したサンプルのSPSS値の有効性を示すものである。

CODも湾外地点①よりも湾内地点で高く、湾内での有機物が多く堆積していることを示す結果であった。また、SPSSと同様に水深が-10m以上の地点②と③が高い。なお、水産用水基準のCOD:20mg/g乾泥以下は、湾内地点でも四季を通じて、達成していた。

硫化物は、湾内地点の③及び④が多く、特に地点③は夏季、春季、冬季の3季において水産用水基準の0.2mg/g乾泥以下と同レベルかそれ以上の検出値であった。

TOC及びPOCも湾外地点①よりも湾内地点で高く、湾内での有機物が多く堆積していることを示す結果であった。また、水深が-10m以上の地点②と③が高い。

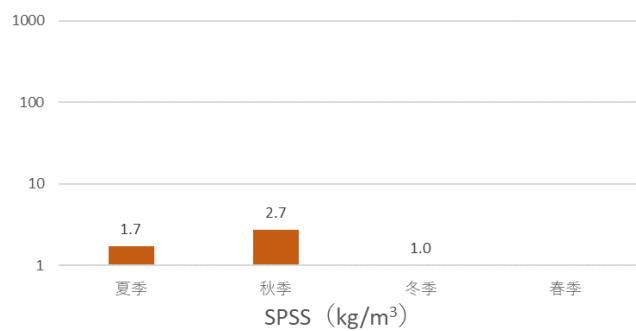
T-NもCOD、TOC及びPOCの有機物量を表す結果と同様に、湾外地点①よりも湾内地点で高く、湾内での多く堆積していることを示す結果であった。また、水深が-10m以上の地点②と③がやはり高濃度である。

無機態窒素では、唯一、NH₄-Nが0.01mg/g乾泥と微量であるものの湾内地点②で検出された。

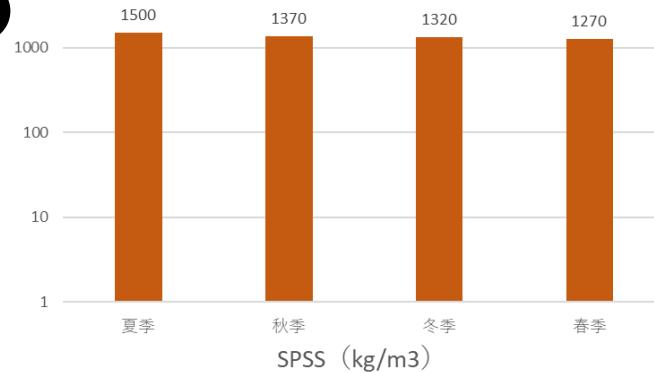
T-Pも他の項目と同様に、湾外地点①よりも湾内地点で高く、湾内での多く堆積していることを示す結果であった。その中でも、やはり水深が-10m以上の地点②と③が高濃度の結果であった。

無機態リンの PO_4P は、湾内の水深-10m を超える地点②及び③だけで検出されている。

1

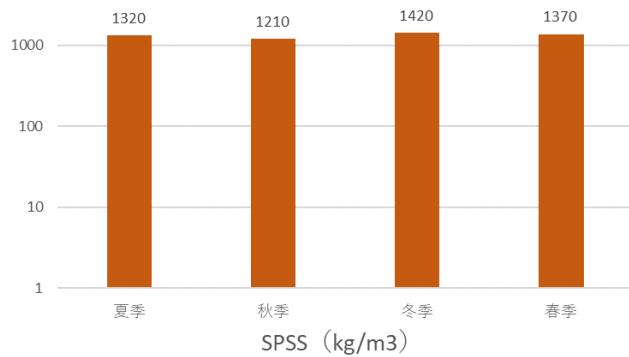


3



冬季潜水コアパイプ採取 S : 1300 kg/m³

2



4

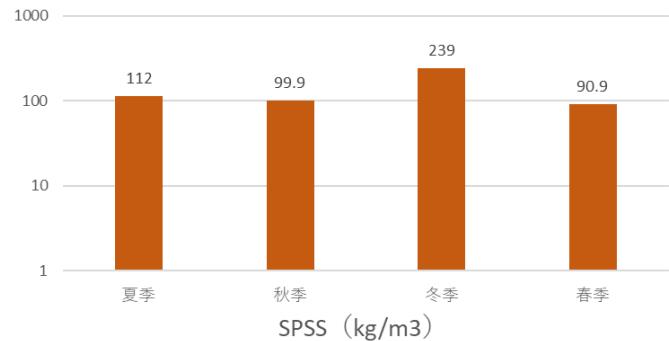


図 II-1-(4)-8 各地点・四季の底質含有量 (SPSS)

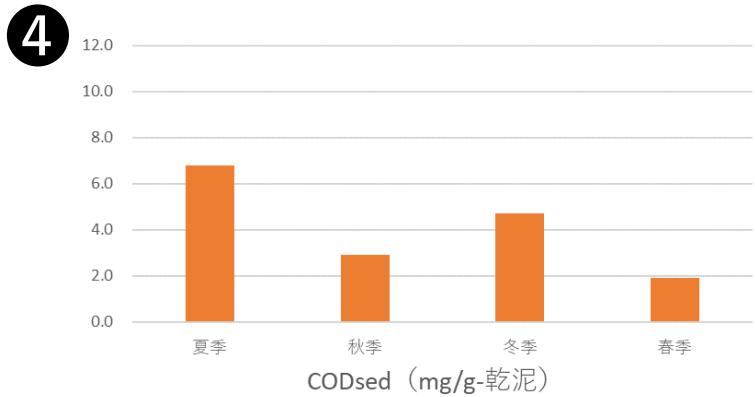
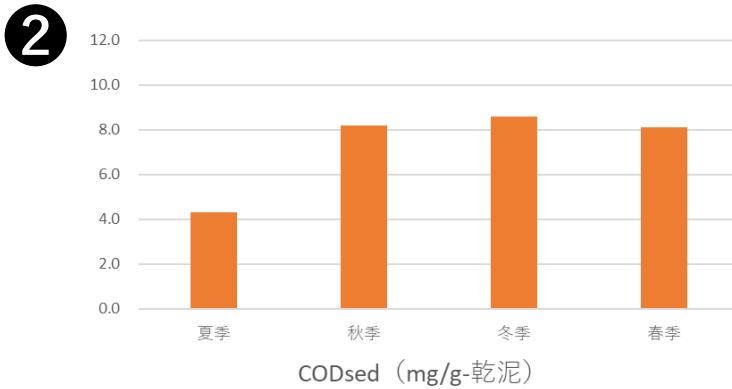
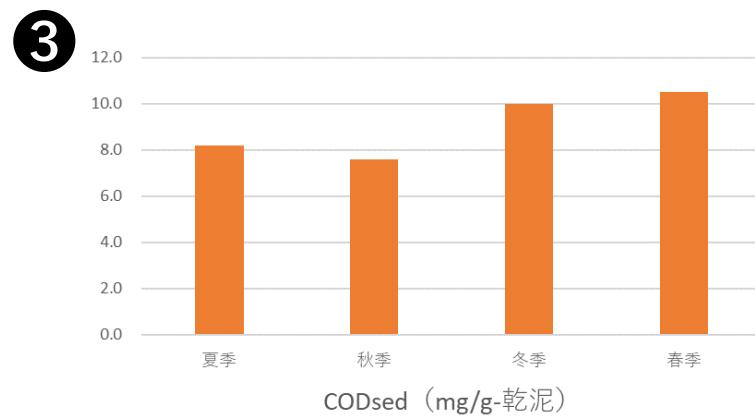
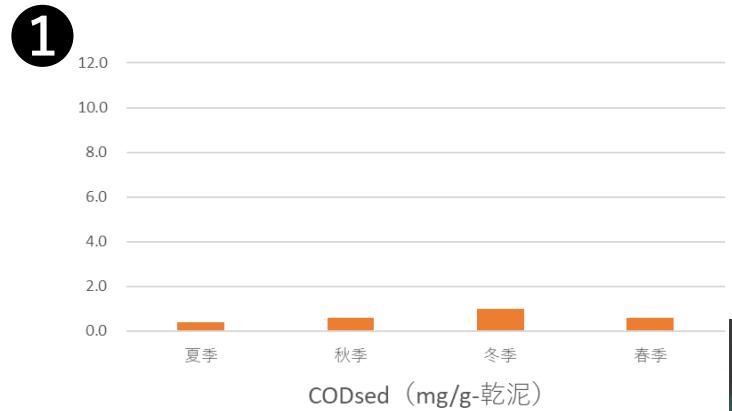
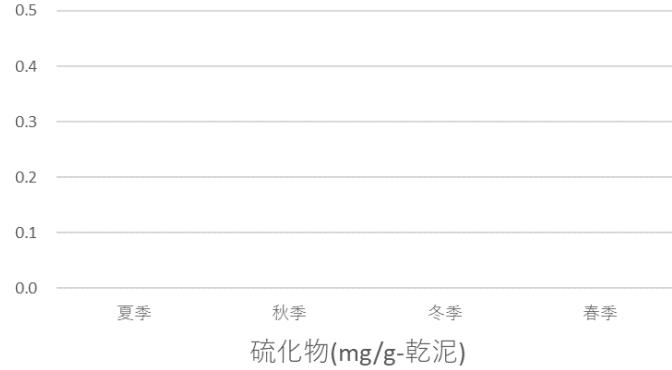
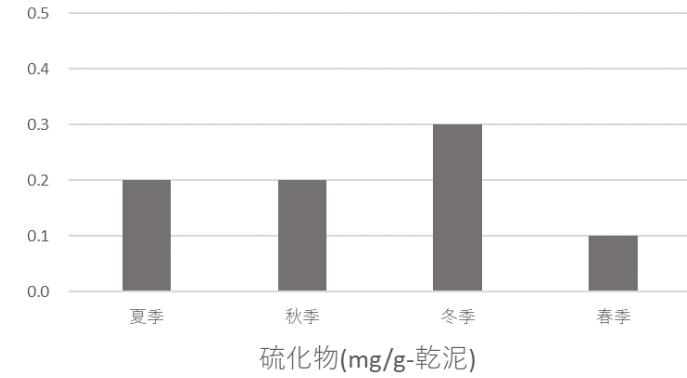


図 II-1-(4)-8 各地点・四季の底質含有量 (COD)

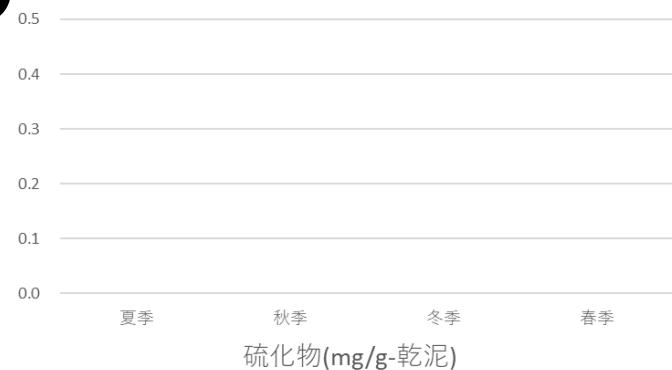
1



3



2



4

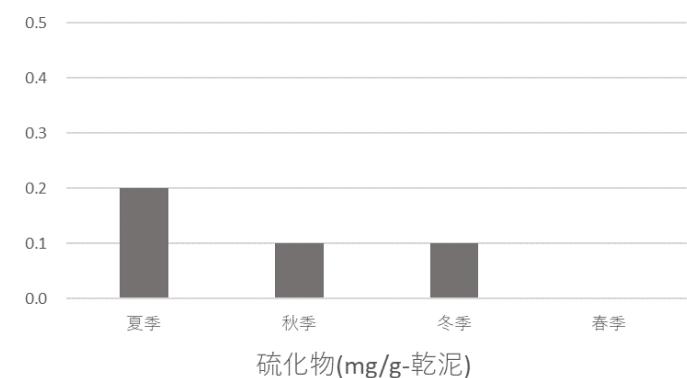


図 II-1-(4)-8 各地点・四季の底質含有量（硫化物）

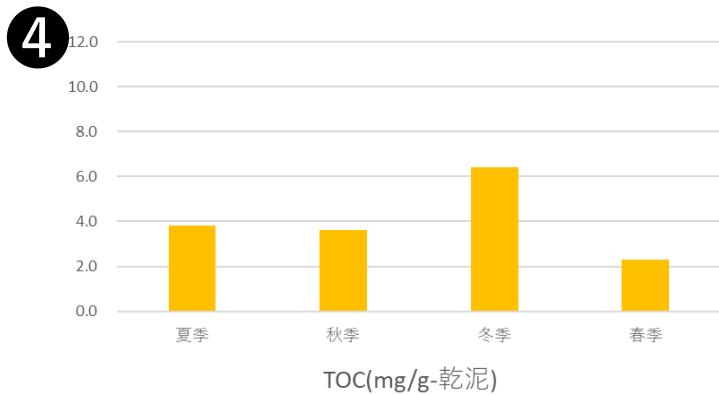
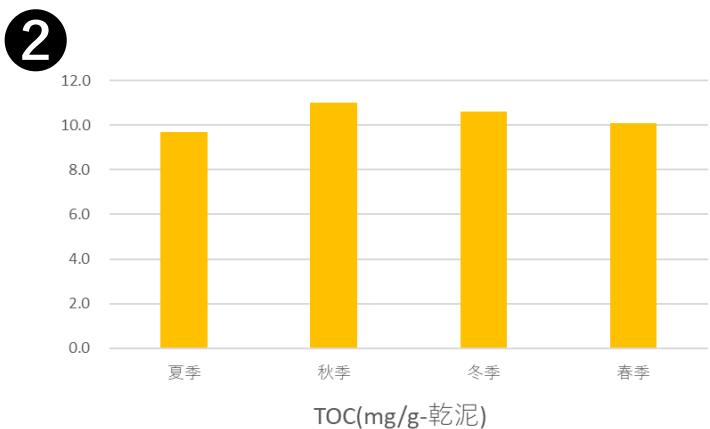
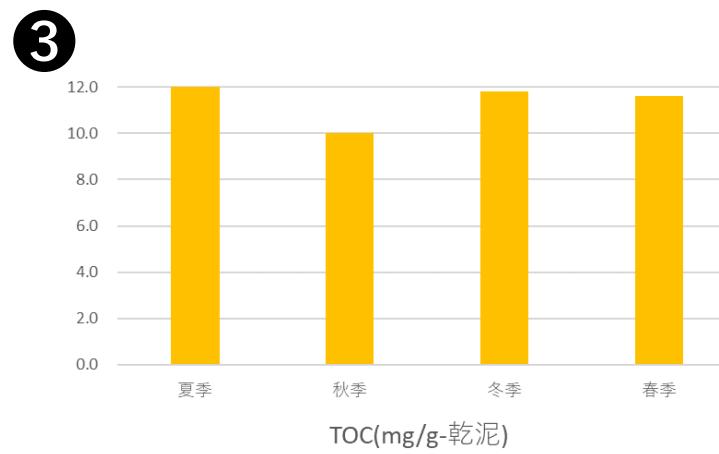
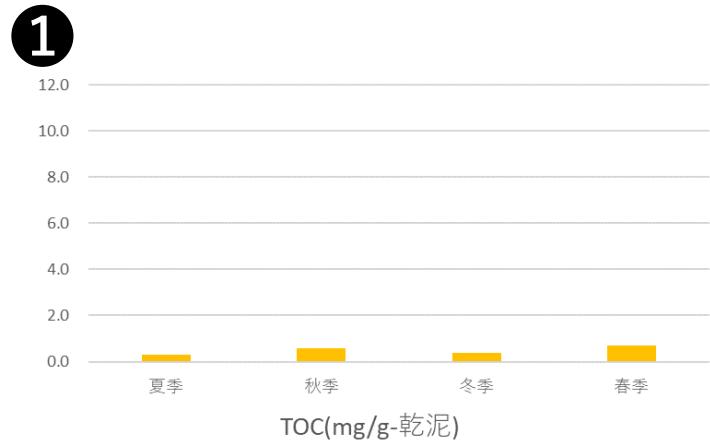
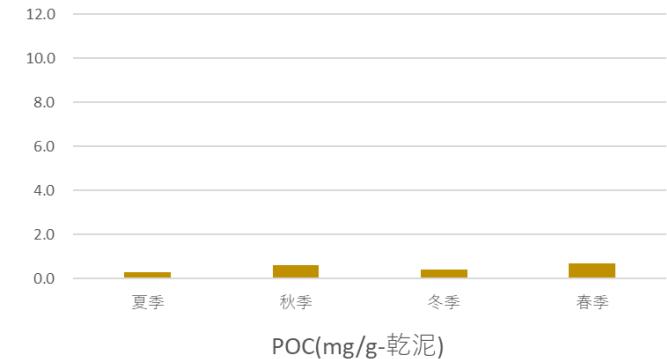
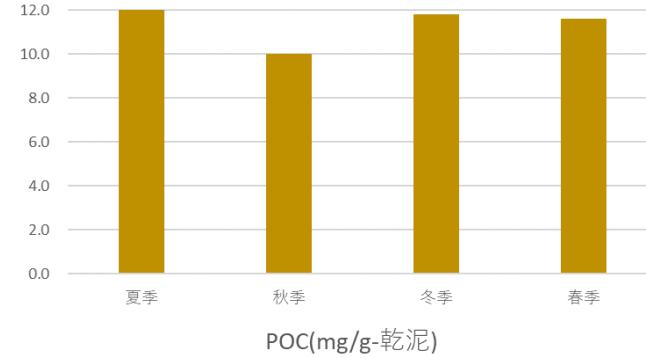


図 II-1-(4)-8 各地点・四季の底質含有量 (TOC)

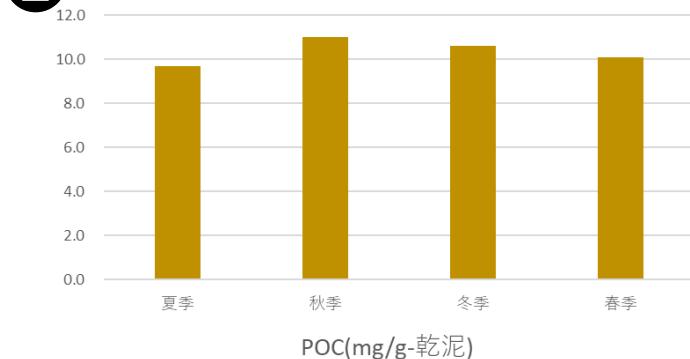
1



3



2



4

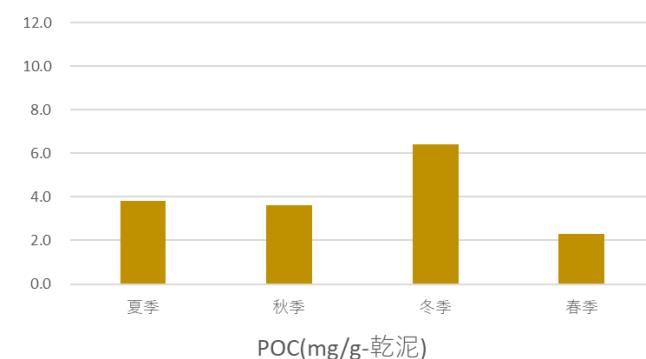
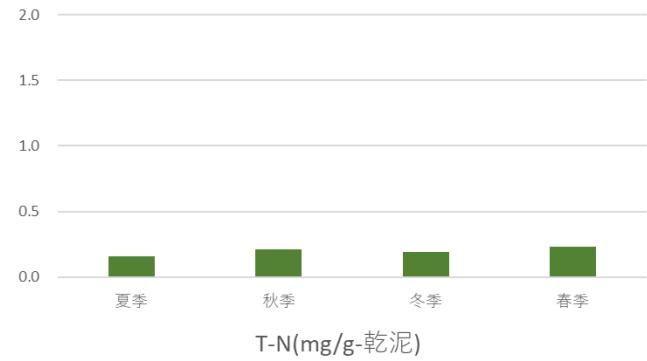
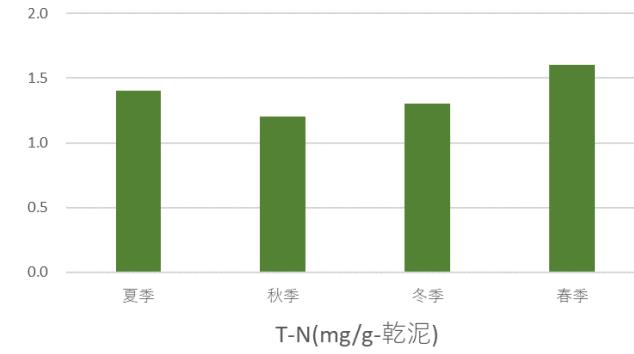


図 II-1-(4)-8 各地点・四季の底質含有量 (POC)

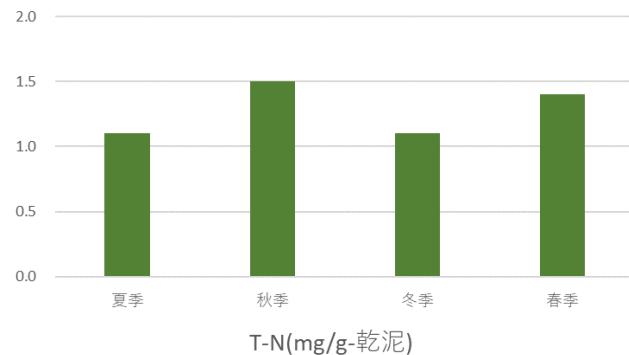
1



3



2



4

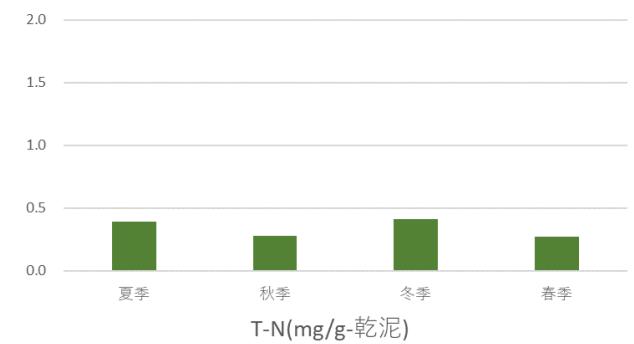
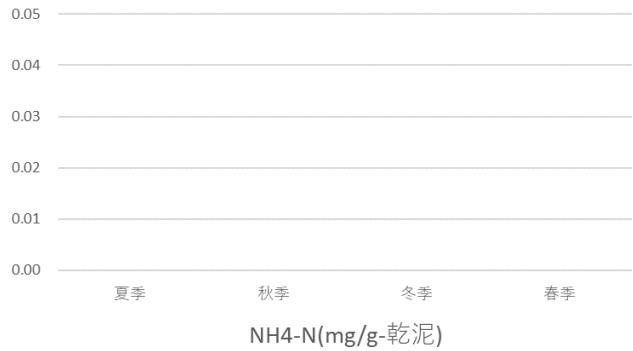
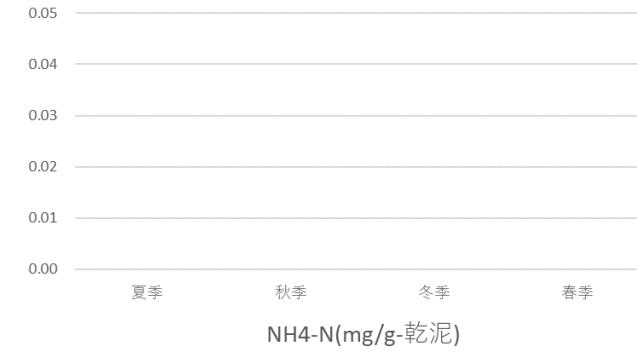


図 II-1-(4)-8 各地点・四季の底質含有量 (T-N)

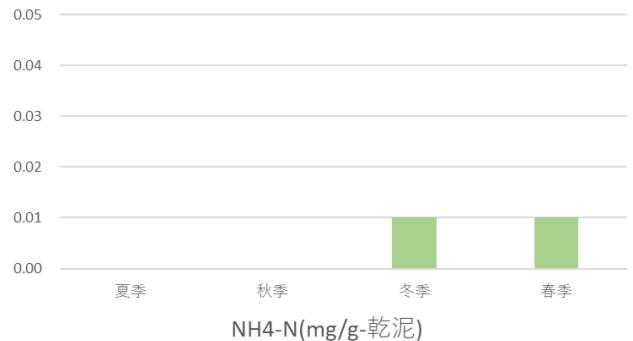
1



3



2



4

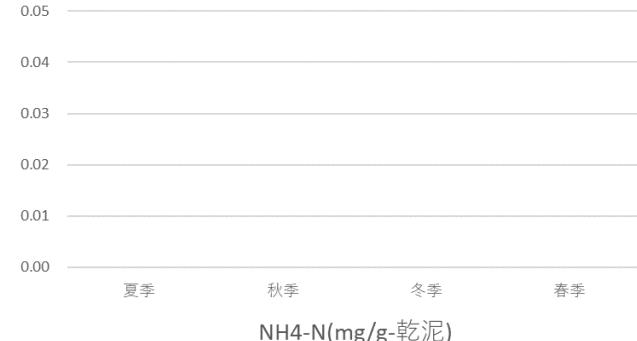
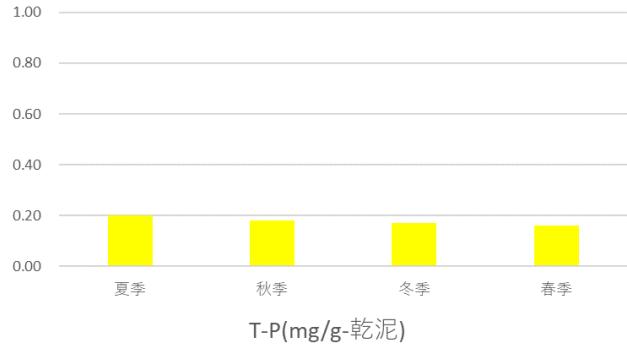
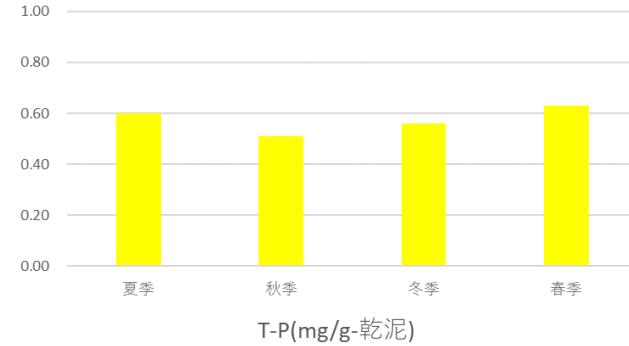


図 II-1-(4)-8 各地点・四季の底質含有量 (NH₄-N)

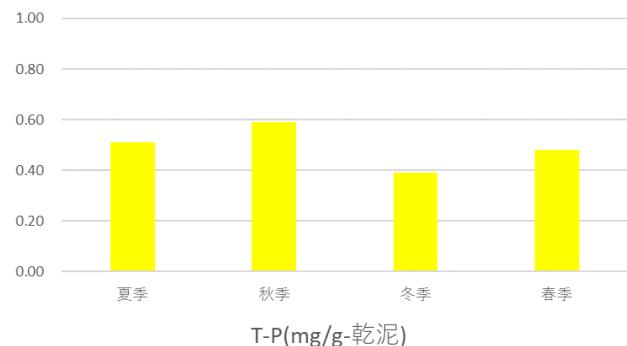
1



3



2



4

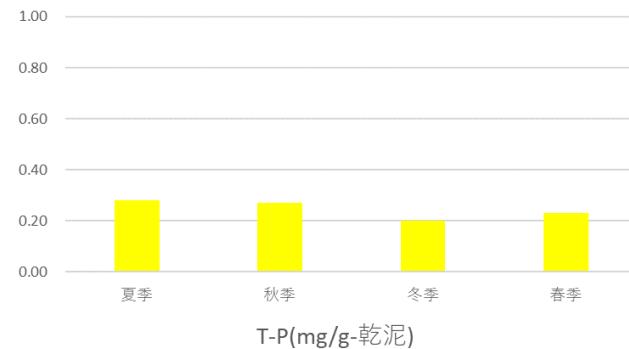
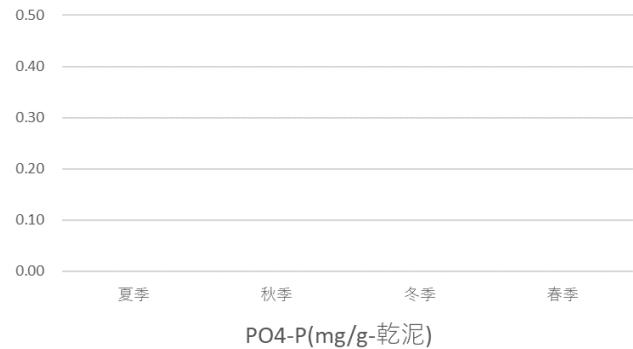
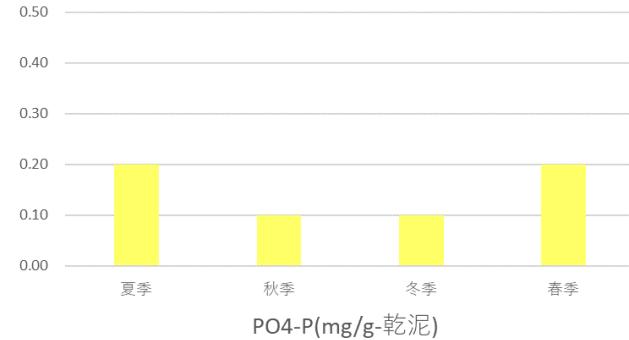


図 II-1-(4)-8 各地点・四季の底質含有量 (T-P)

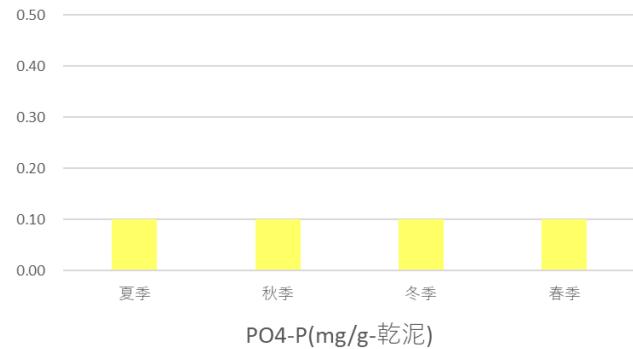
1



3



2



4



図 II-1-(4)-8 各地点・四季の底質含有量 (PO₄-P)

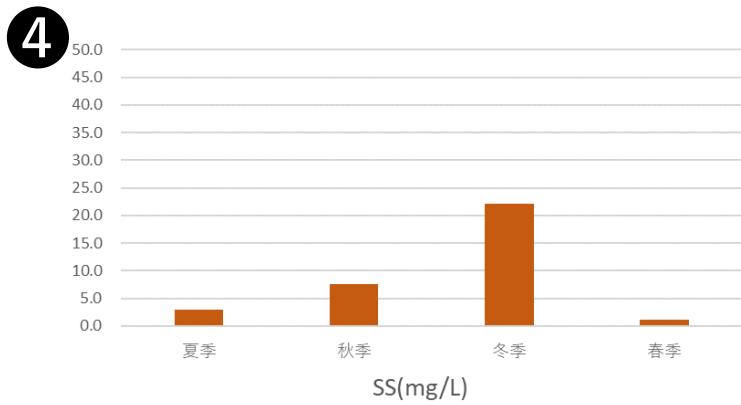
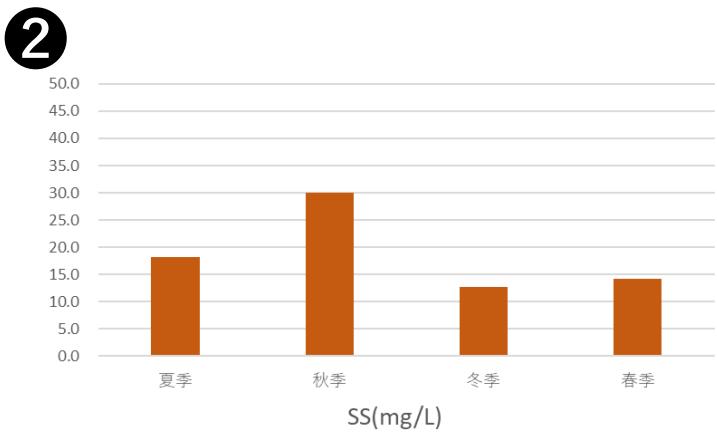
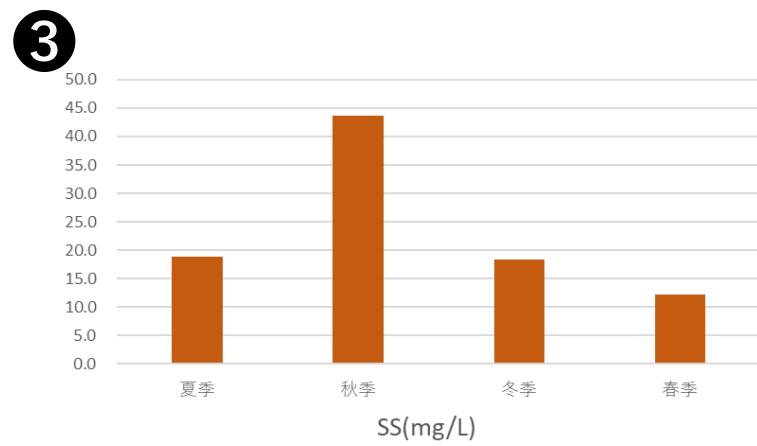
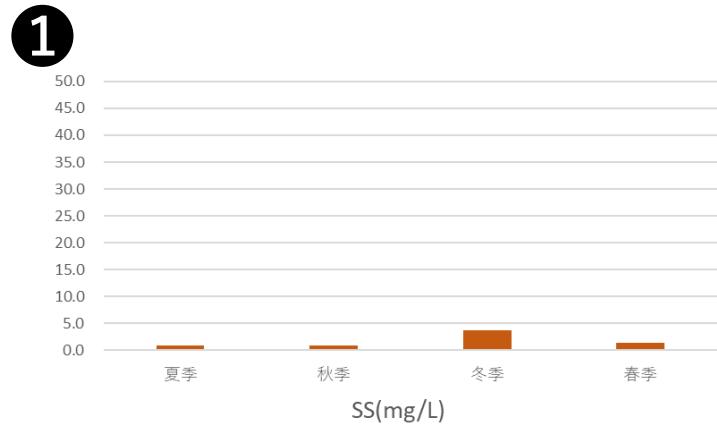
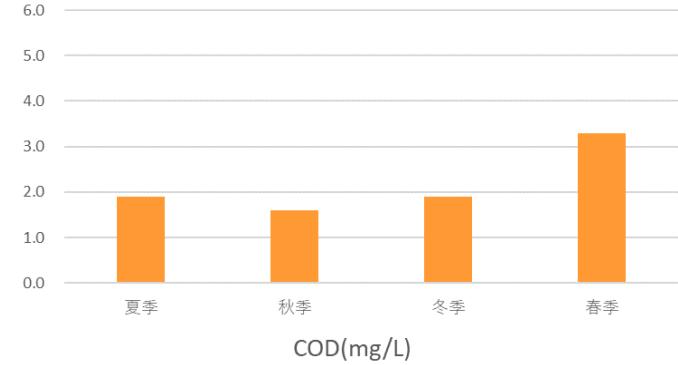
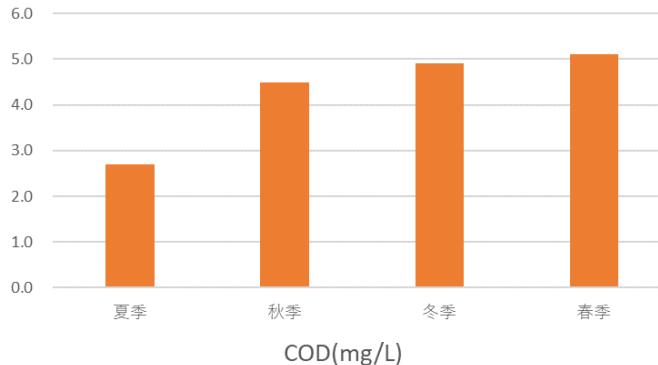


図 II - 1 - (4) - 9 各地点・四季の底質溶出量の分析結果 (SS)

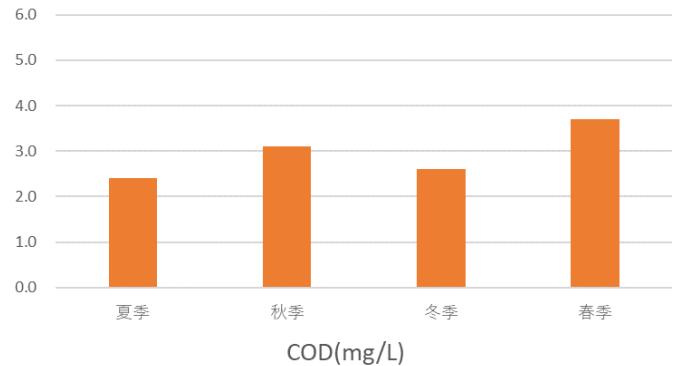
1



3



2



4

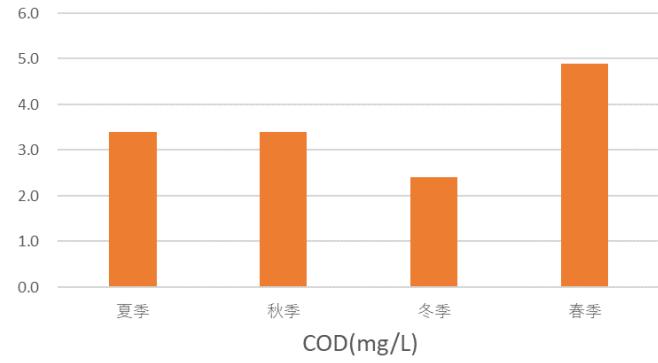
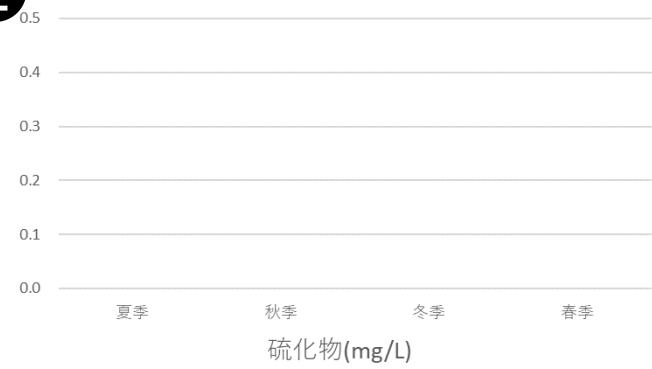
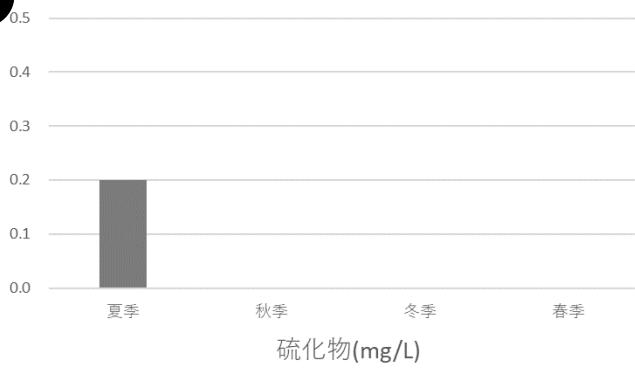


図 II-1-(4)-9 各地点・四季の底質溶出量の分析結果 (COD)

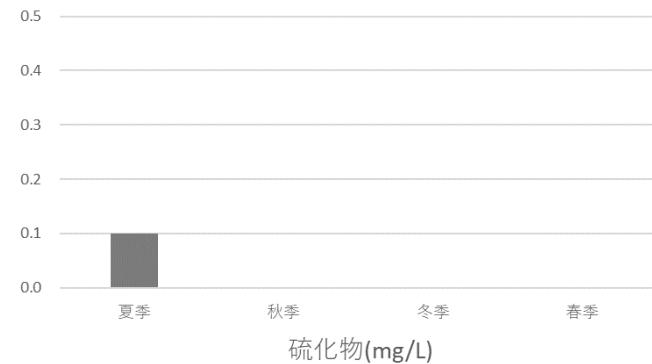
1



3



2



4

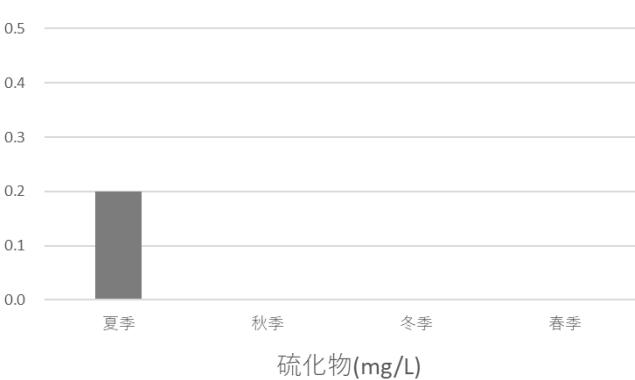
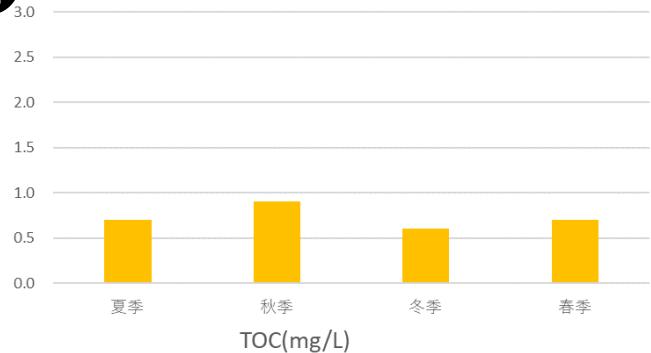
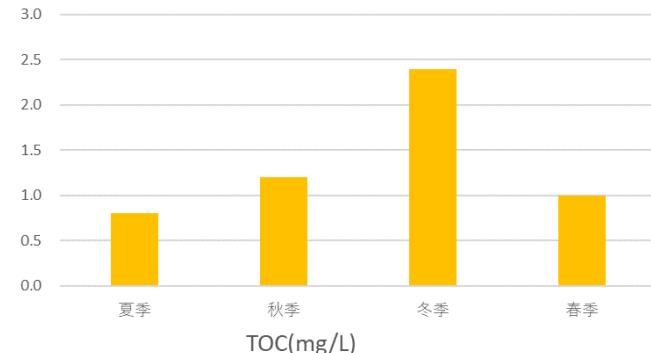


図 II-1-(4)-9 各地点・四季の底質溶出量の分析結果（硫化物）

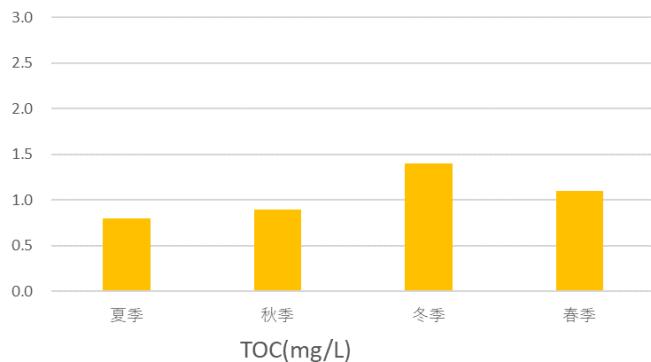
1



3



2



4

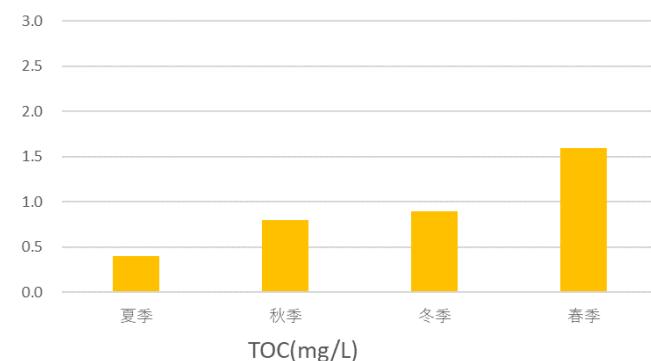


図 II-1-(4)-9 各地点・四季の底質溶出量の分析結果 (TOC)

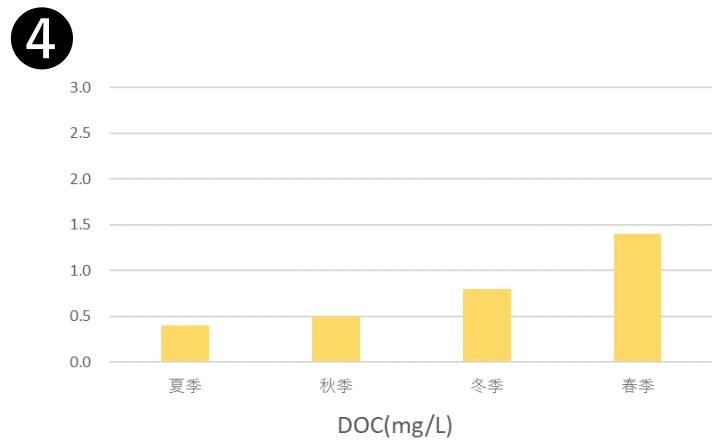
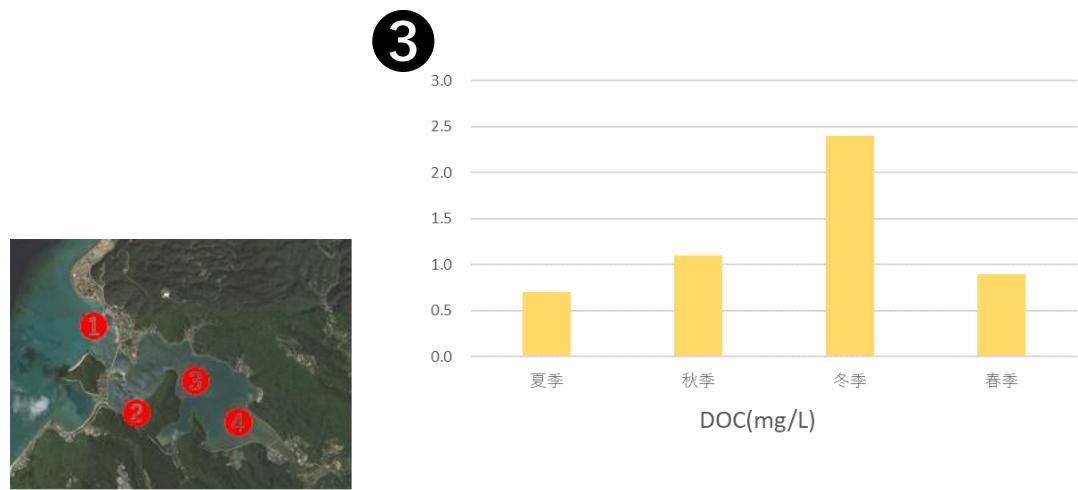
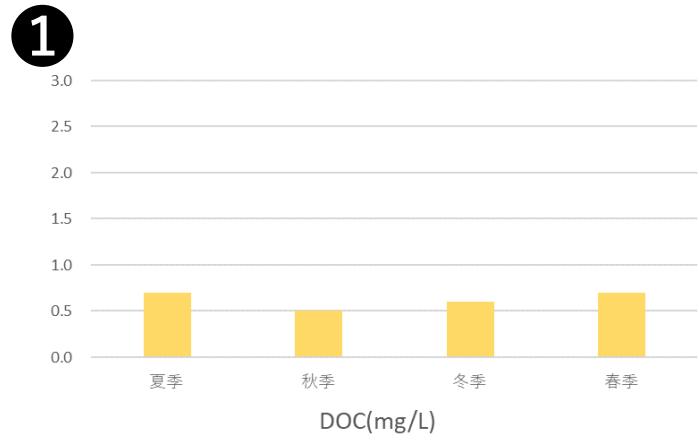
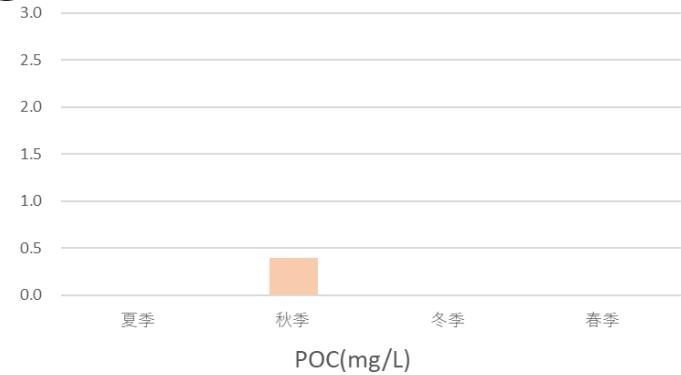
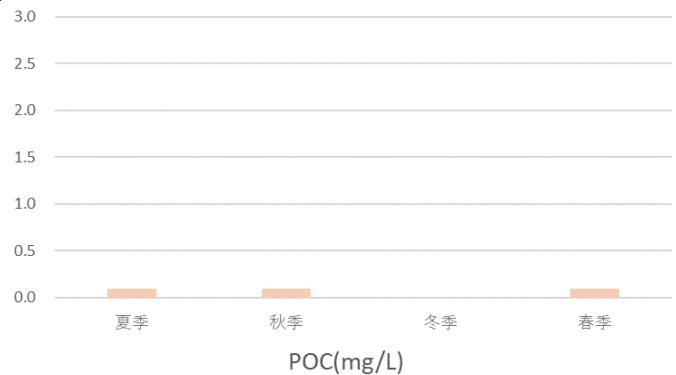


図 II-1-(4)-9 各地点・四季の底質溶出量の分析結果 (DOC)

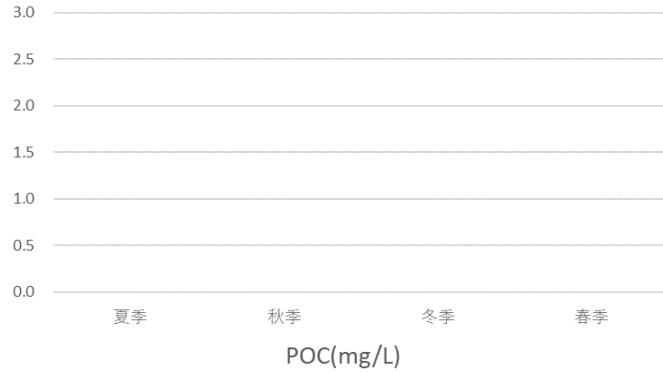
1



3



2



4

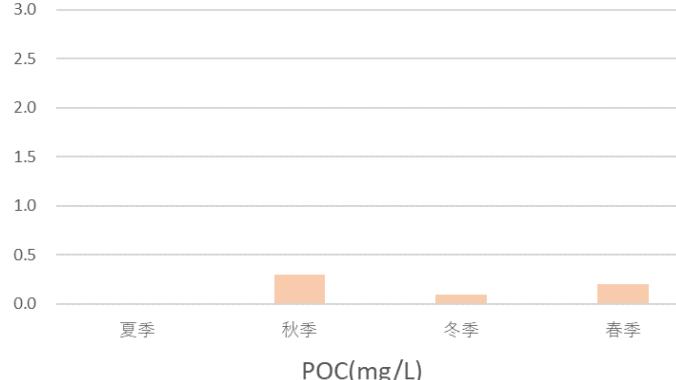


図 II-1-(4)-9 各地点・四季の底質溶出量の分析結果（POC）

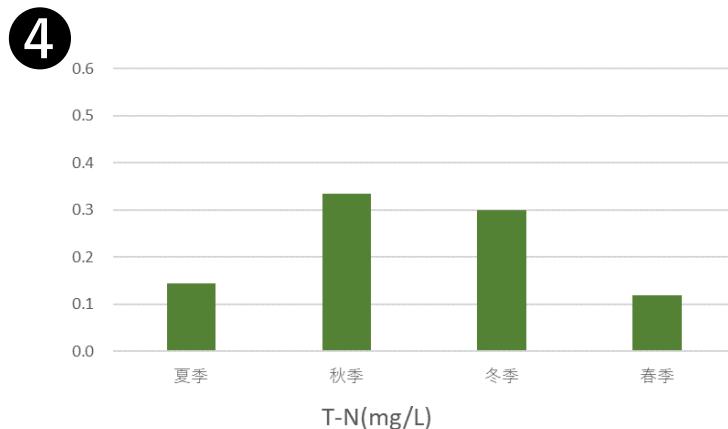
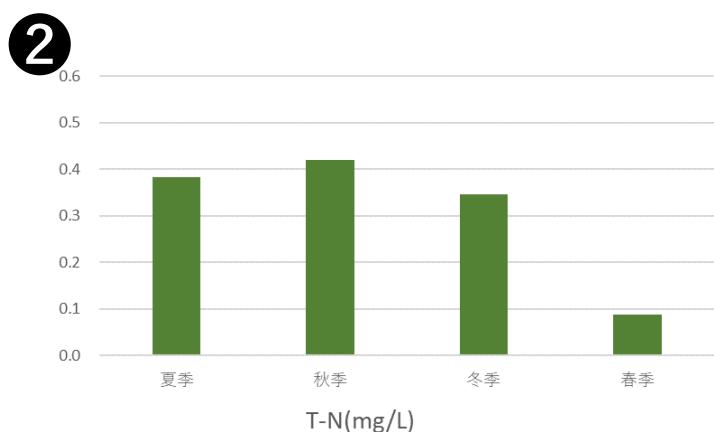
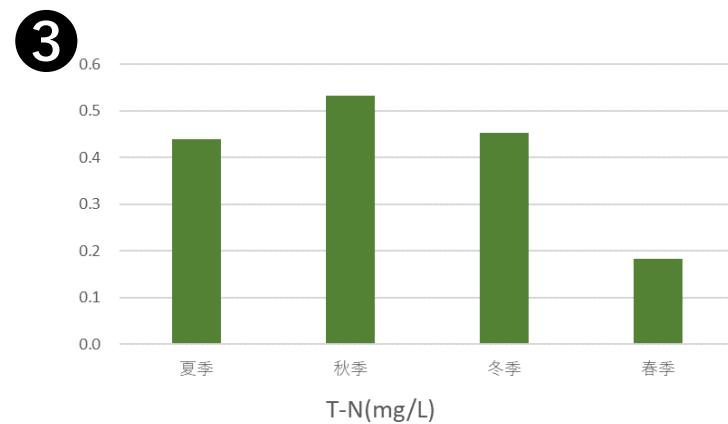
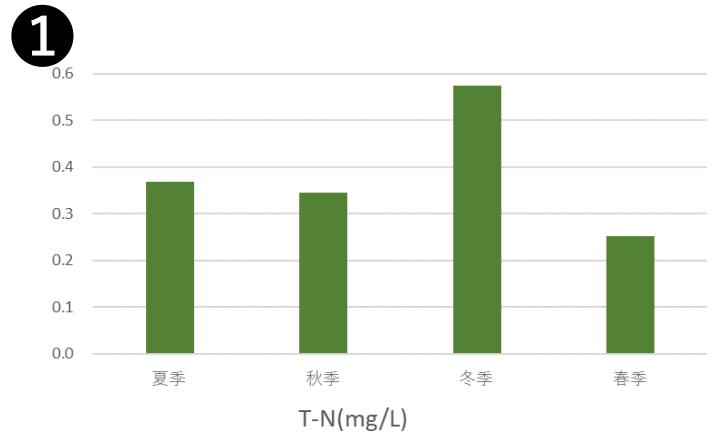
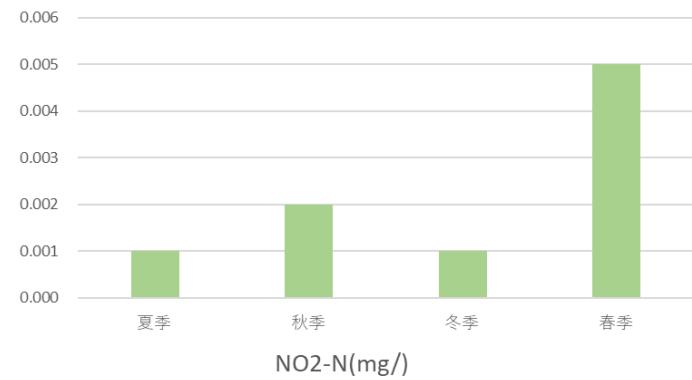
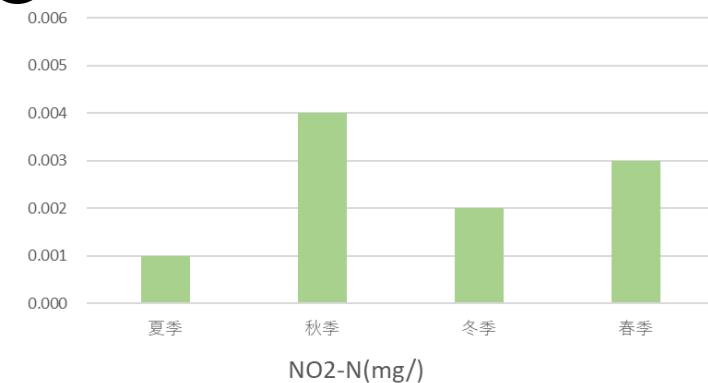


図 II-1-(4)-9 各地点・四季の底質溶出量の分析結果 (T-N)

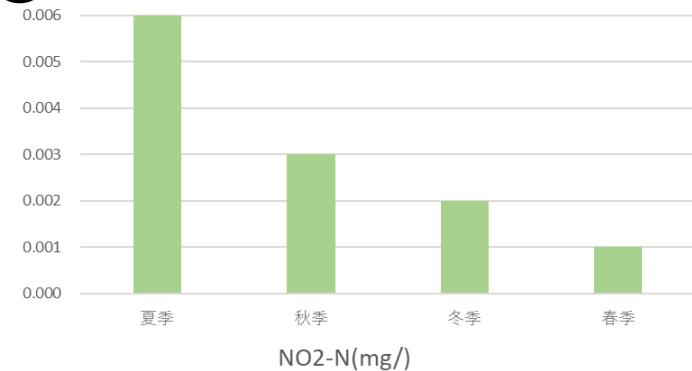
1



3



2



4

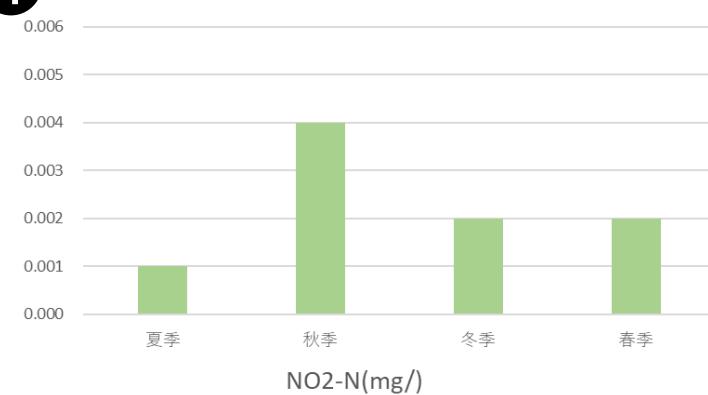
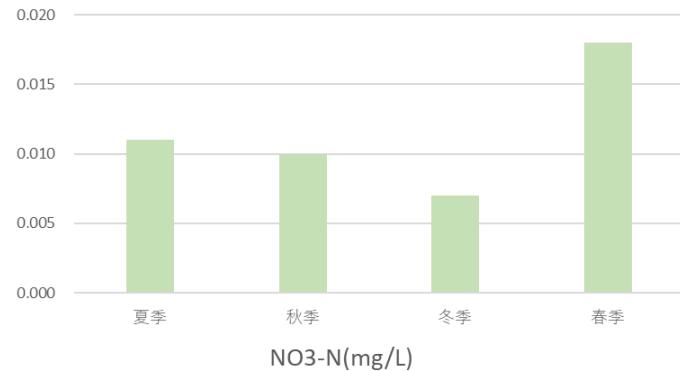
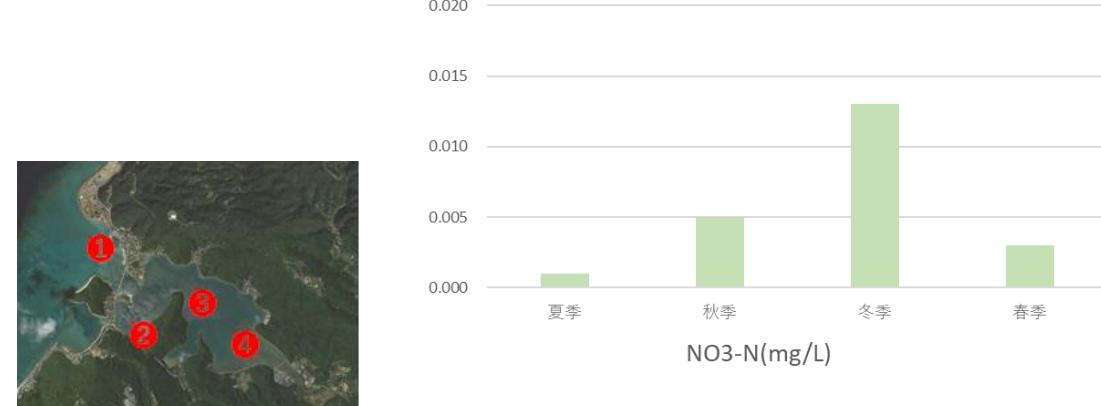


図 II-1-(4)-9 各地点・四季の底質溶出量の分析結果 (NO₂-N)

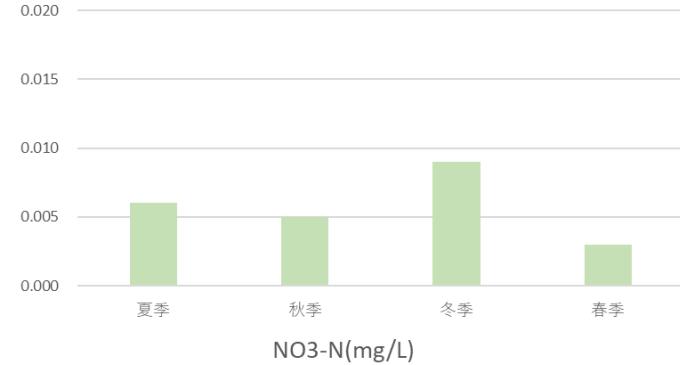
1



3



2



4

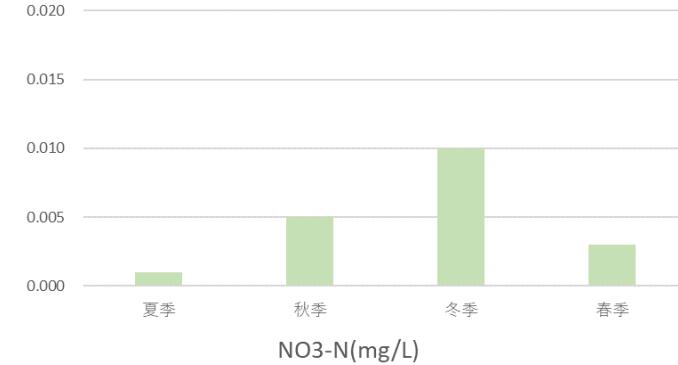
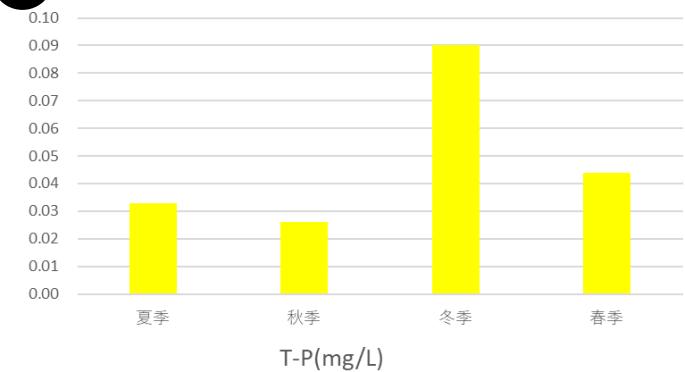
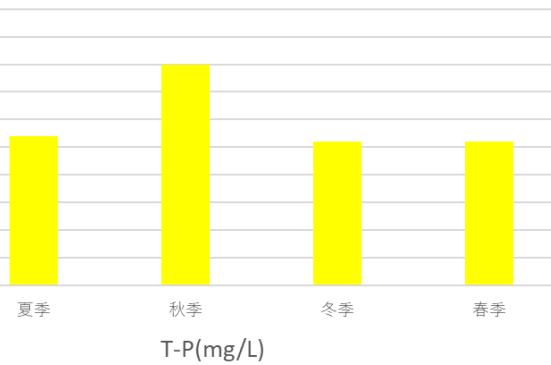


図 II-1-(4)-9 各地点・四季の底質溶出量の分析結果 ($\text{NO}_3\text{-N}$)

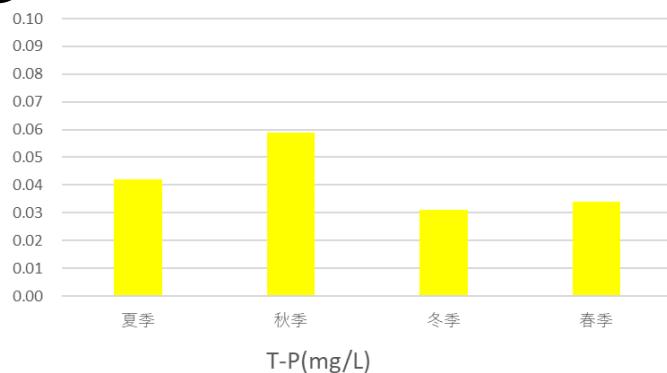
1



3



2



4

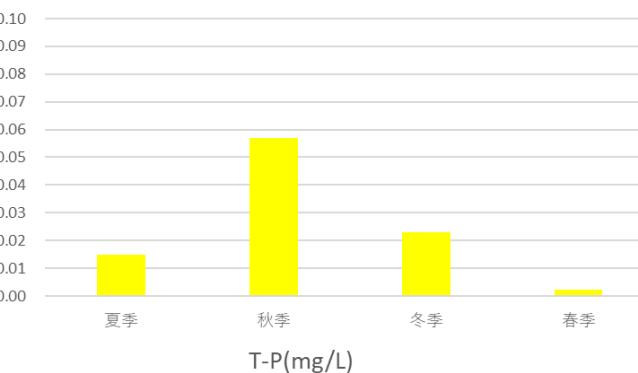
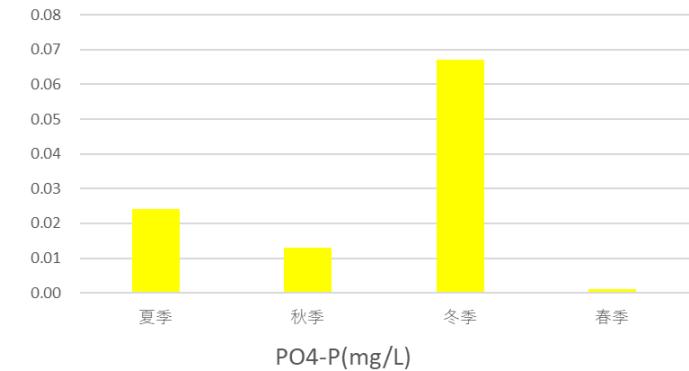
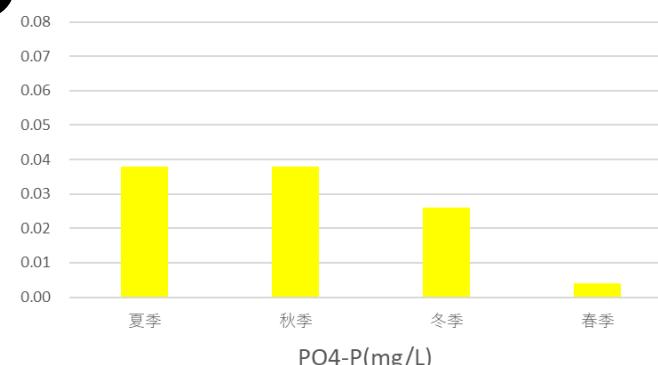


図 II-1-(4)-9 各地点・四季の底質溶出量の分析結果 (T-P)

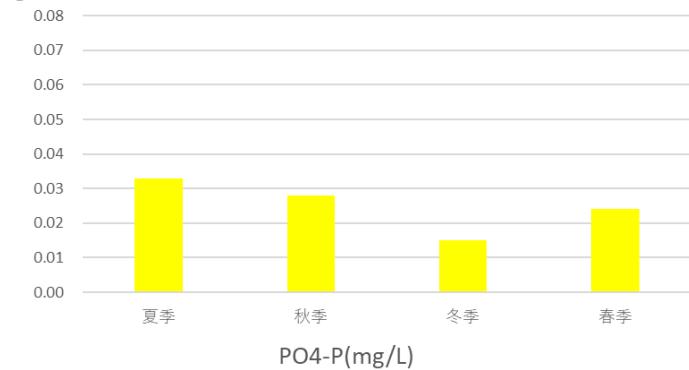
1



3



2



4

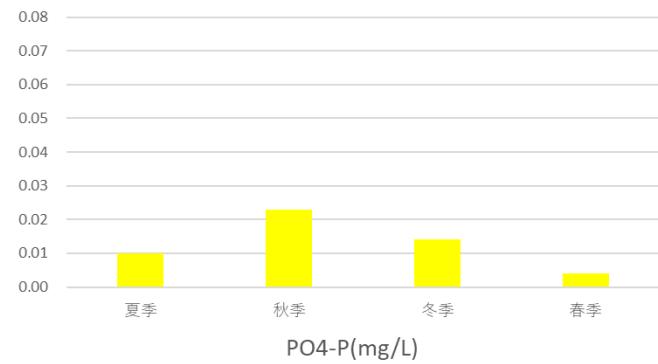


図 II-1-(4)-9 各地点・四季の底質溶出量の分析結果 (T-P)

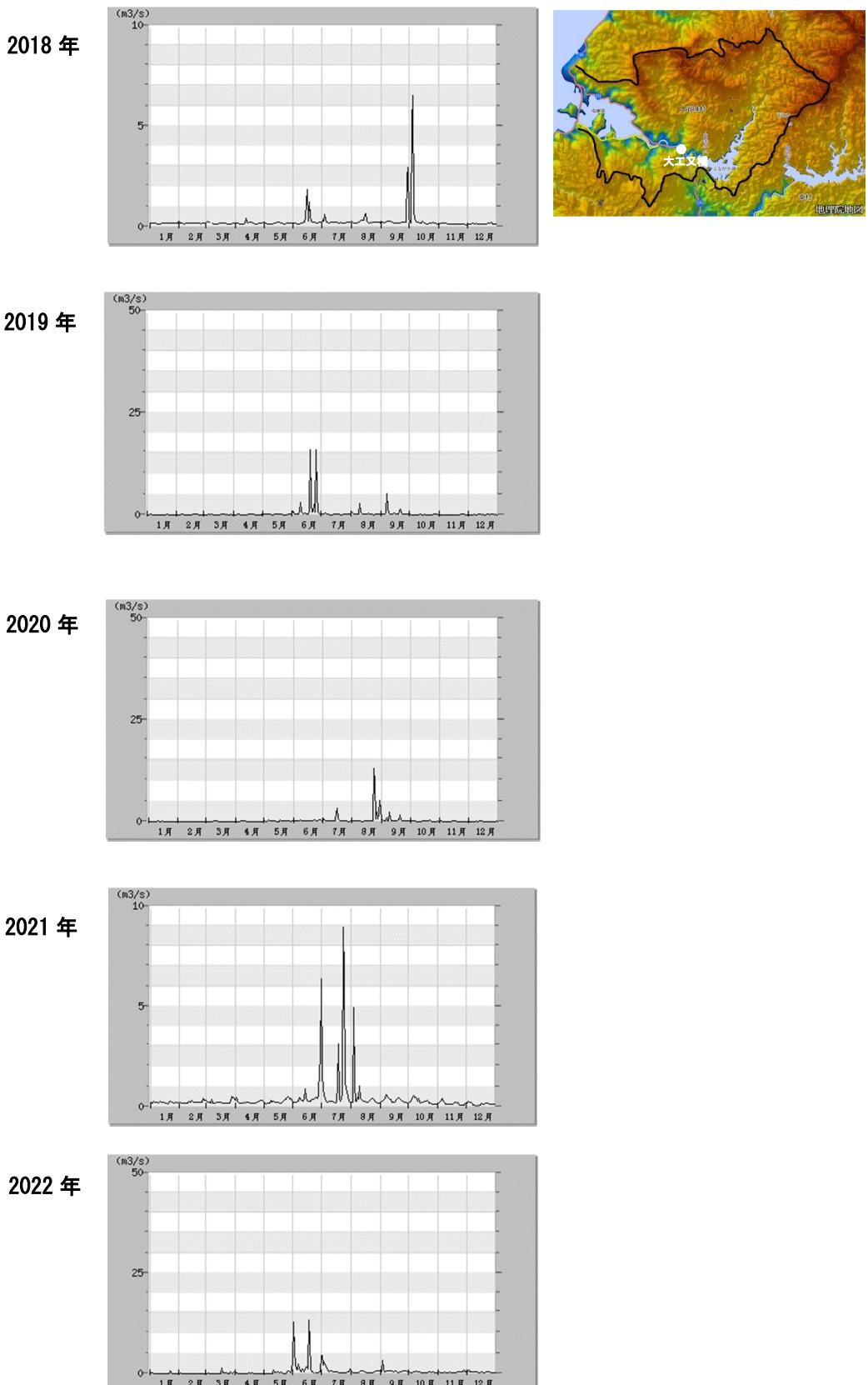
2. 赤土を含む汚染源等流域環境調査

(1) 大保大川の流量と水質

最初に塩屋湾への流入負荷量が最も多いと想定される大保大川（大工又川）の流量（過去5年間）及び大工又川合流後の水質（過去11年間）の状況を図II-2-(1)-1及び図II-2-(1)-2に整理した。なお、いずれも国土交通省・水文水質データベースからの図面あるいはデータを引用している。

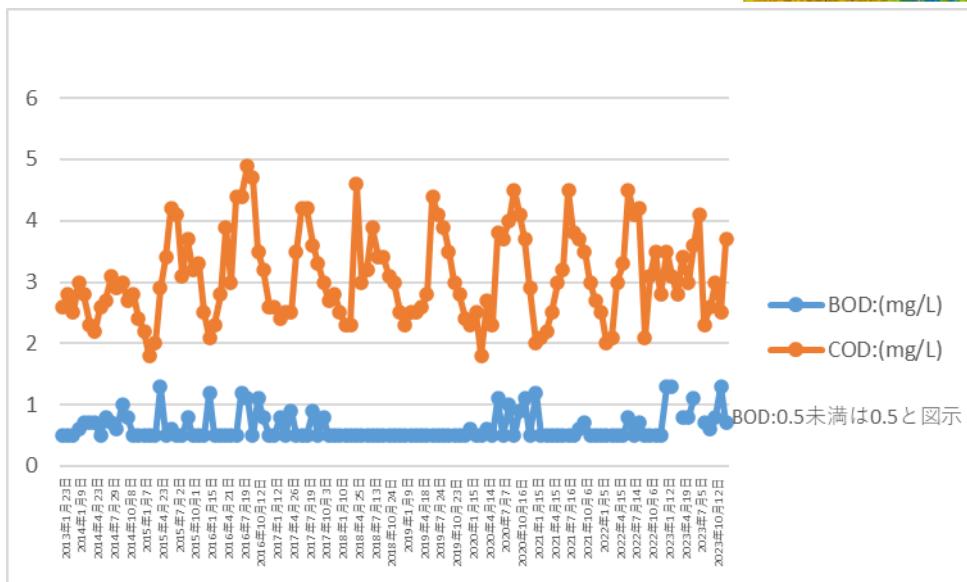
大保大川の流量は、通常は $1\text{m}^3/\text{s}$ 未満である。一方、梅雨時期から台風シーズンには出水（異常出水）する時があり、 $1\text{m}^3/\text{s}$ を超える。2018年から2022年の間での最大は、2019年6月の約 $16\text{m}^3/\text{s}$ である。

水質のうち、CODは 2mg/L 前後～ 5mg/L で変動しており、夏季に高い傾向がある。BODは概ね 1mg/L 未満であり、基本的には河川の環境基準（AA類型）を満たしている。SSは、 7mg/L 未満で推移しており、河川の環境基準（AA類型）の 25mg/L 未満である。DOは、近年、低下傾向にあり、 8mg/L を下回る場合も見受けられる。なお、河川の環境基準（AA類型）は 7.5mg/L 以上であるが、下回る時も見られる状態である。



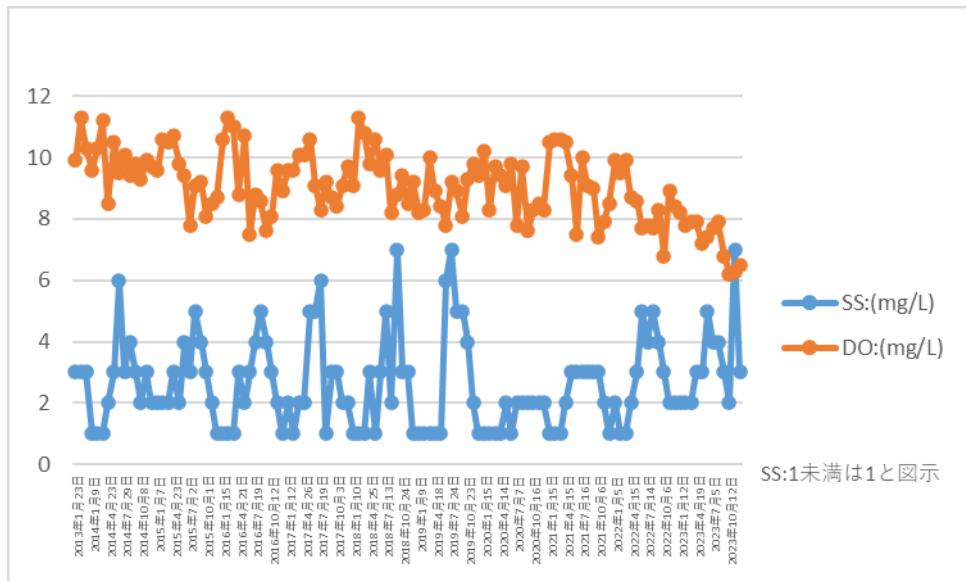
引用：国土交通省・水文水質データベース：<http://www1.river.go.jp/>

図 II-2-(1)-1 大保大川（大工又橋）の流量（日流量、2018年から2022年）



データ引用：国土交通省・水文水質データベース：<http://www1.river.go.jp/>

図 II-2-(1)-2 大保大川（大工又川合流後）の水質
(2013年から2023年のCOD・BOD)



データ引用：国土交通省・水文水質データベース：<http://www1.river.go.jp/>

図 II-2-(1)-2 大保大川（大工又川合流後）の水質（2013年から2023年のSS・DO）

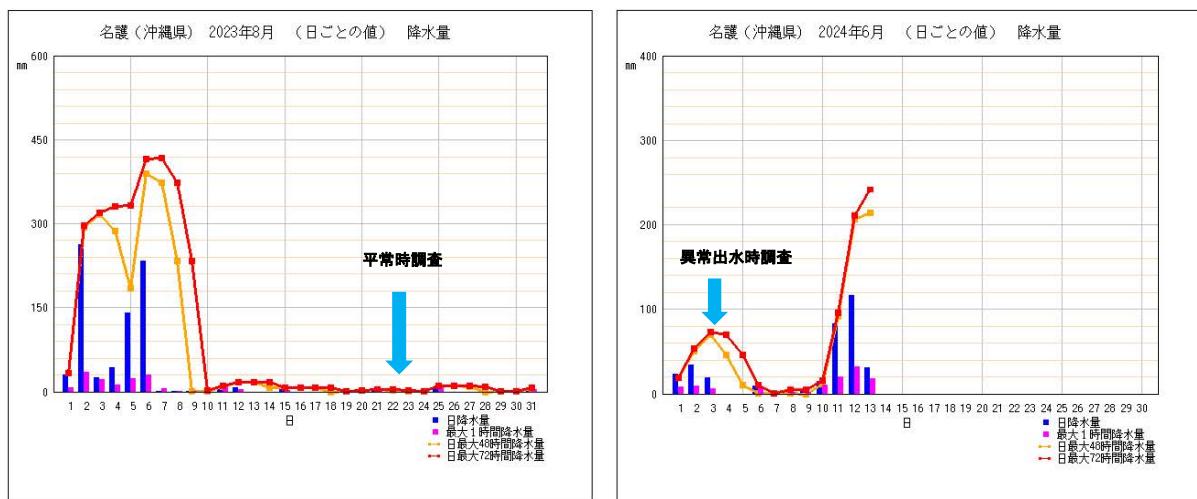
(2) その他流入河川の流量・水質等、砂防ダムの状況、赤土拡散状況、特定汚染源

大保大川本川以外の状況は、2023年8月22日から23日に平常時、2024年6月3日の異常出水時に現地調査を実施した。

①気象条件

図II-2-(2)-1には、現地調査時の気象条件として2023年8月と2024年6月の名護の日降水量を示した。

調査時の日降水量は、平常時の調査を実施した2023年8月22日から23日はほぼ0mm、異常出水時の調査を実施した2024年6月3日は、前日の2日に約40mm、当日の3日には20mmの降水があった条件である。



引用：気象庁、

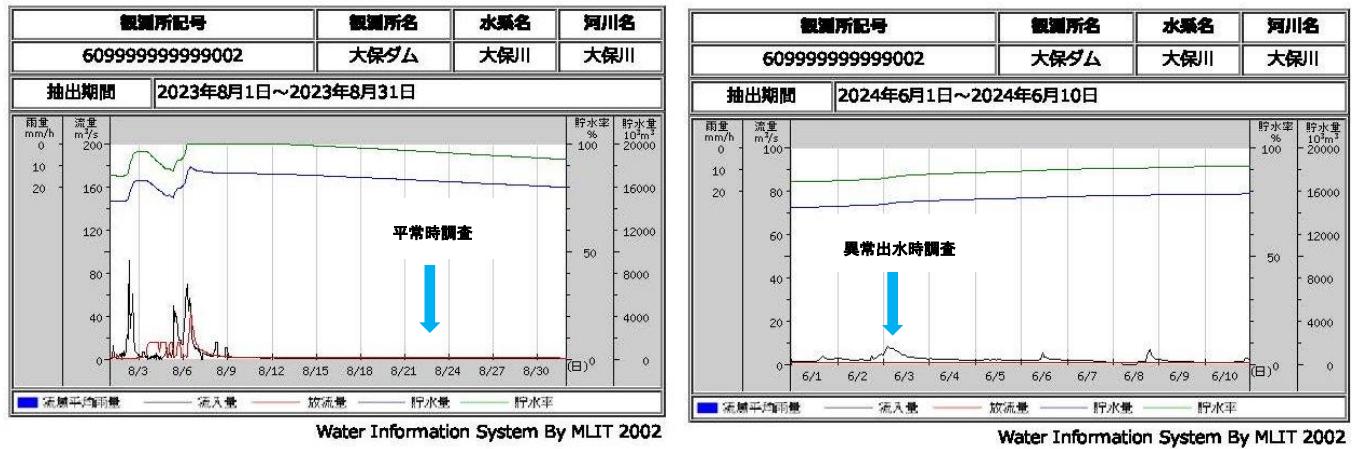
https://www.data.jma.go.jp/stats/etrn/view/daily_s1.php?prec_no=91&block_no=47940&year

図II-2-(2)-1 調査時における名護の降水量

②大保ダムからの放流

図Ⅱ-2-(2)-2には、参考情報として大保ダムから放流状況等を示した。

平常時の調査を実施した2023年8月22日から23日には放流されておらず、異常出水時の調査を実施した2024年6月3日もダムからの放流はされていない。



平常時：2023年8月22・23日

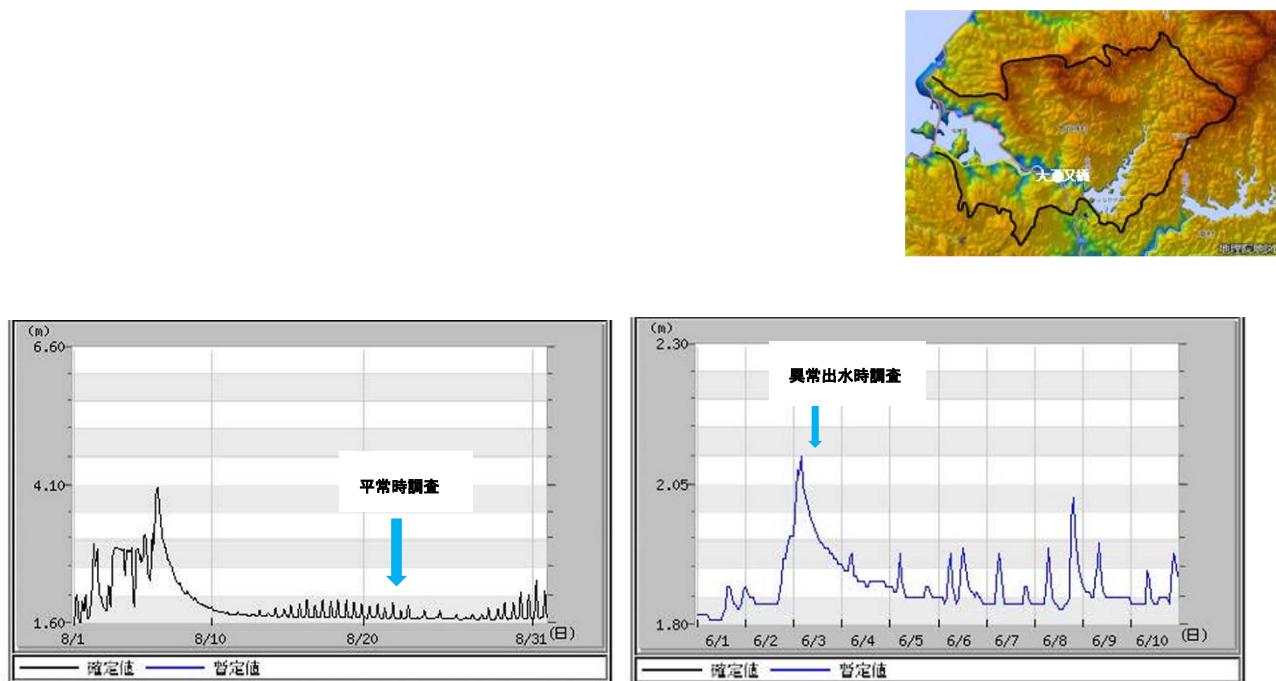
異常時：2024年6月3日

引用：国土交通省・水文水質データベース、<http://www1.river.go.jp/cgi-bin/DspDamGraph.exe?KIND=1&PID=26784&ID=609999999999002&BGNDATE>

図Ⅱ-2-(2)-2 調査時における大保ダムの諸量

図Ⅱ-2-(2)-3には、同じく参考情報として、平水時及び異常出水時の大工又橋の水位を示した。

平常時の調査を実施した2023年8月22日から23日の水位は1.6m～1.7mであった。一方、異常出水時の調査を実施した2024年6月3日の水位は、最大で2.1mである。なお、この水位上昇は、大保ダムからは放流されていないことから、大保ダムから下流の流域への降水が要因となる。



平常時：2023年8月22・23日

異常時：2024年6月3日

引用：国土交通省・水文水質データベース、<http://www1.river.go.jp/cgi-bin/DspDamGraph.exe?KIND=1&PID=26784&ID=609999999999002&BGNDATE>

図Ⅱ-2-(2)-3 調査時における大保大川（大工又橋）の水位

③調査方法

1) 調査実施時期

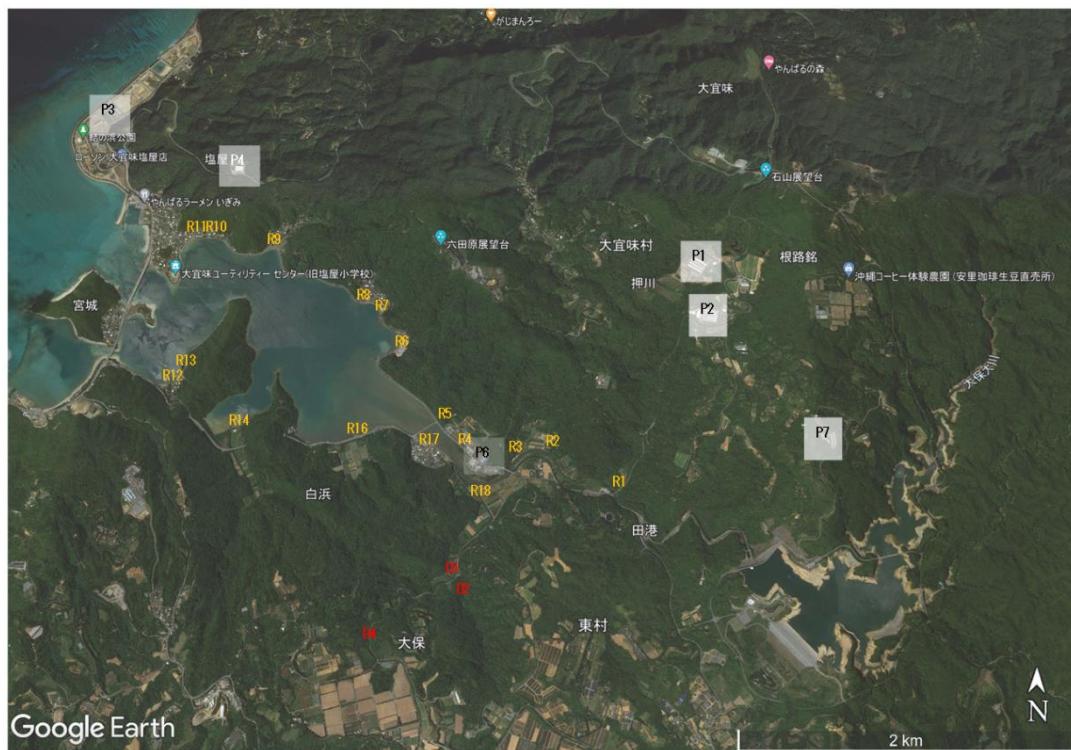
その他流入河川の流量・水質等、砂防ダムの状況、赤土拡散状況の調査時期は、先に示した平常時が2023年8月22日から23日、異常出水時が2024年6月3日である。

特定汚染源の調査は、2023年8月22日に実施した。

2) 調査実施地点

図II-2-(2)-4には、調査実施地点を示した。その他流入河川は、Rで示す18地点である。砂防ダムは、Dで示す3地点である。なお、当初はD3を加えた4地点で実施する予定であったが、D3は自然の滝上であると想像されること、また、安全な状況で地点に近寄ることができなかったため、対象から除外した。

特定汚染源は、流域内及び近傍に存在する施設のうち、閉鎖されていることを確認した施設を除く、5施設の確認を行った。



図II-2-(2)-4 赤土を含む汚染源等流域環境調査実施地点

3) 観測方法

観測は、目視観察や写真撮影の他、河川の流量に関しては、流速計等とメジャー、水質は pH 及び DO の計器で計測した。

④調査結果

1) その他流入河川（砂防ダム地点を含む）

図 II-2-(2)-5 には、その他流入河川の平水時及び異常出水時の流量を示した。

平水時は、R1（大工又川）の流量が最も多く 260L/sec で、その他の河川（地点）は、流水が確認されないか、多くが数 10L/sec のレベルである。

異常出水時の流量は、平水時と同様に R1（大工又川）が 2,700L/sec と最も多い。なお、湧水も含まれる北岸の支川の流量には、大きな増加が見られないが、南岸の R14、R18、D1 及び D4 の流量は数 10L/sec レベルから 100L/sec を超えるレベルまで増加している。

図 II-2-(2)-6 には、その他流入河川の平水時及び異常出水時の pH と DO を示した。

pH と DO で見る限りにおいては、平常時と出水時で顕著な変動は見られなかった。

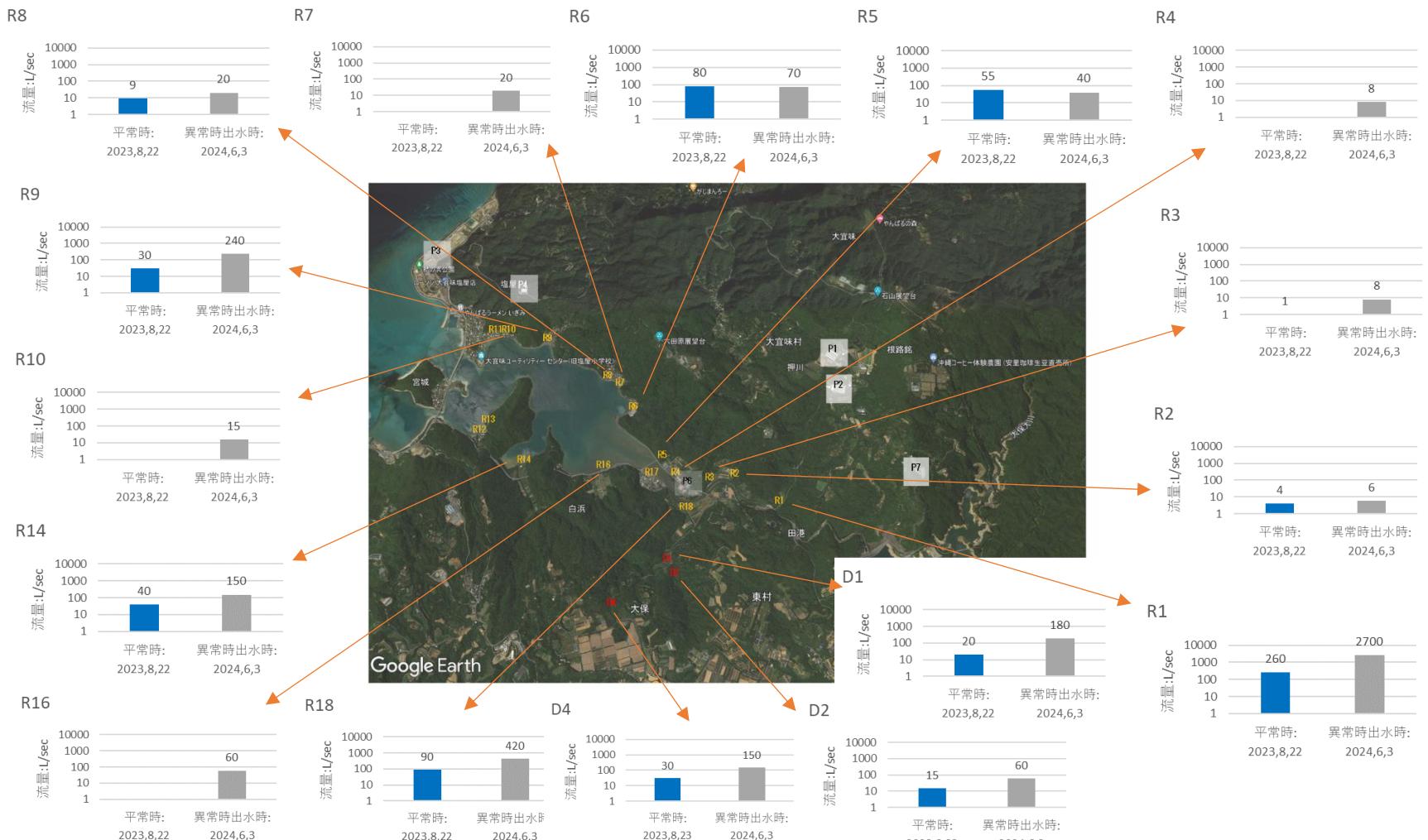


図 II-2-(2)-5 その他流入河川の流量（平水時及び異常出水時）

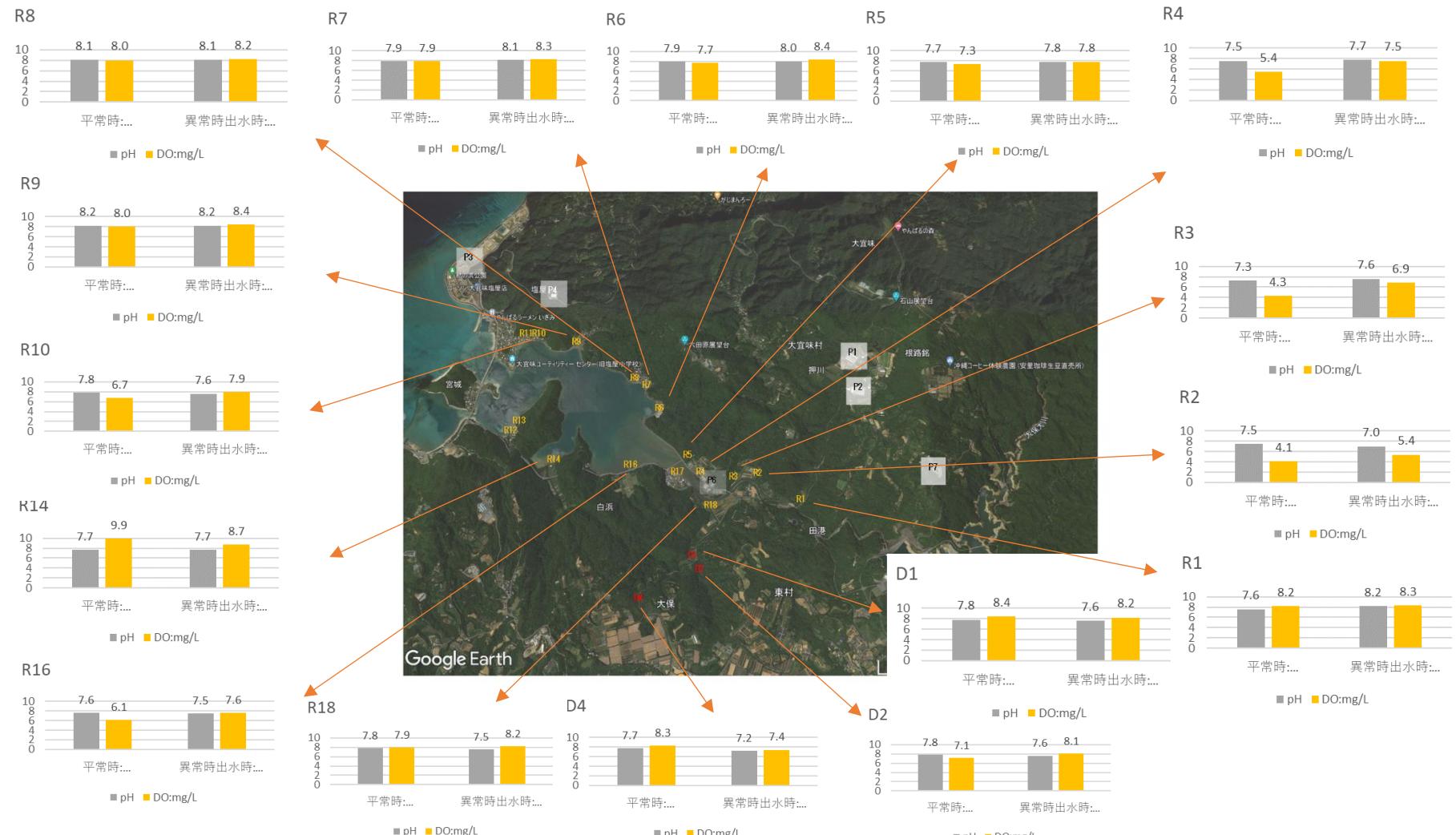


図 II-2-(2)-6 その他流入河川の水質（平水時及び異常出水時）

2) 砂防ダムの状況

平常時と異常出水時における3箇所の砂防ダムの状況を図II-2-(2)-7に示した。

3箇所の砂防ダム共に、堰堤の上流部には、すでに土砂が堆積している。また、異常出水時には、赤土等を含む濁水が流下している状況が観察された。



平水時: 2023, 8, 22-23

異常出水時 : 2023, 6, 3

図II-2-(2)-7 砂防ダムの平水時及び異常出水時の状況

3) 赤土等拡散状況

図Ⅱ-2-(2)-8には、六田原展望台からの調査時の状況を示した。異常出水時において、塩屋湾内に濁水が拡散している状況が伺える。



平水時：2023, 8, 22



異常出水時：2023, 6, 3

図Ⅱ-2-(2)-8 六田原展望台からの状況

4) 特定汚染源

調査対象とした特定汚染源は、現状で流域内及び近傍で営業あるいは稼働している養豚場2施設、大宜味村浄化センター、堆肥製造工場1施設、孵卵場1施設の計5施設である。

そのうち、大宜味村浄化センター、堆肥製造工場は、塩屋湾に流入する河川の流域外にあり、排水等が塩屋湾に流入する位置でないことを確認した。そのほかの養豚場及び孵卵場は、周辺小水路等においても外観や臭気に異常は無く、塩屋湾の汚染源にはなっていないと考えられた。

なお、その他流入河川の現地調査時には、塩屋湾沿岸に位置する塩屋、屋古、田港、大保、白浜、宮城地区の集落地内を踏査している。これら踏査の際にも、それら集落からの生活排水が汚染源になっている状況等は見受けられなかった。

(3) 流域土地利用状況・人口等

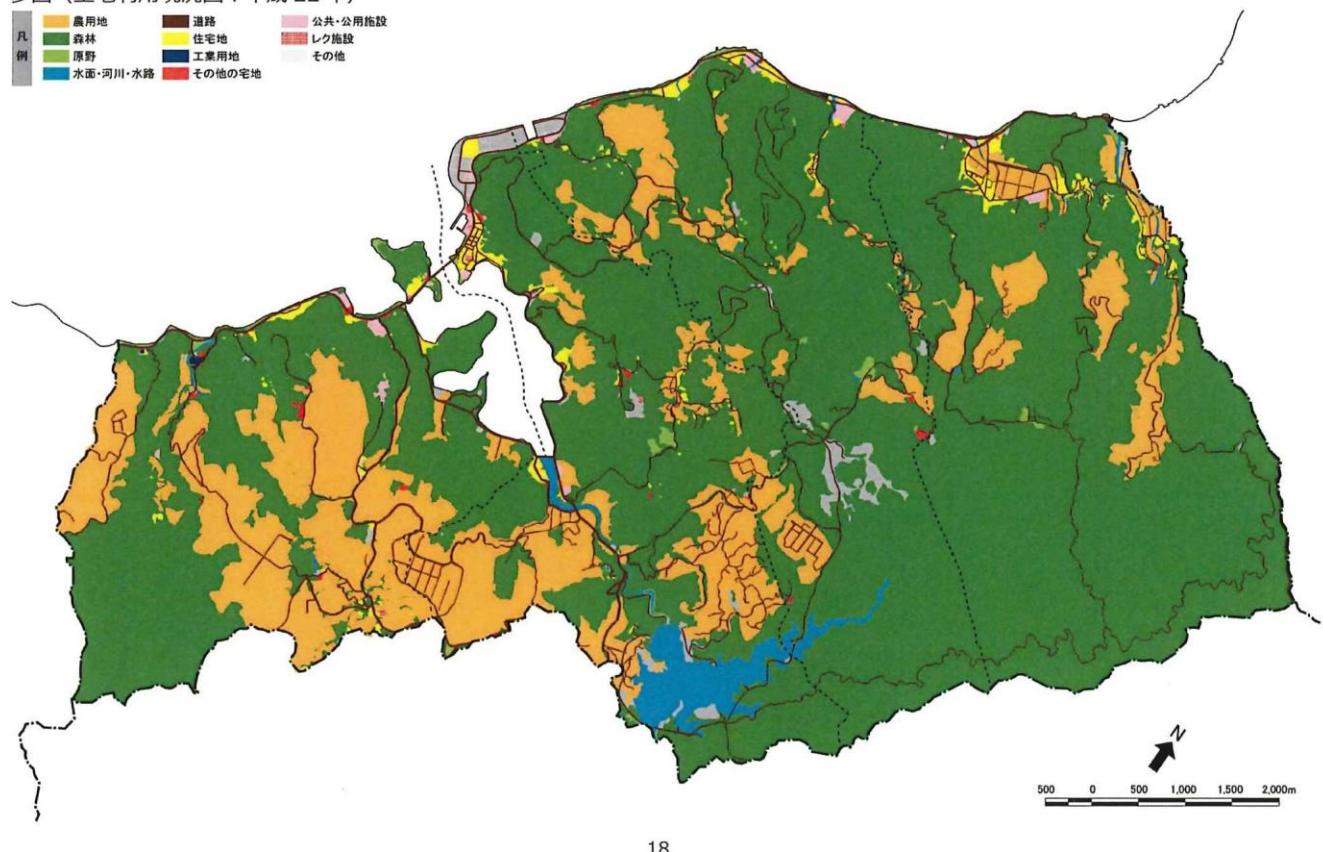
図 II-2-(3)-1 には、塩屋湾の流域を含む大宜味村の土地利用状況を示す。

塩屋湾流域の多くは森林で占められている。その中で、南側及び北側には農用地があり、特に南側に比較的広い農用地が存在する。

大宜味村の人口は、令和2年（2020年）国勢調査で3,092人、2023年10月（広報大宜味：No. 346）では2,995人である。

なお、第3次国土利用計画平成27年3月における塩屋湾流域の人口は、塩屋住区924人、津波住区735人であった。

参図（土地利用現況図：平成22年）



引用：大宜味村第3次国土利用計画（平成27年3月）

図 II-2-(3)-1 土地利用状況

3. 水質汚染及び赤土流入拡散メカニズムの検討

前記「1. 現地調査」、「2. 赤土を含む汚染源等流域環境調査」における各種調査結果から、推定されるメカニズムは下記の通りである。

- . 1 大保大川本川の他、出水時に大工又川やイーシ川等の支川からの赤土等が流入
- . 2 流入した河川水に含まれる有機物や栄養塩類を含む微粒子（シルト分）の多くは、湾内の深い水深帯に堆積
- . 3 密度成層が形成され鉛直混合がなくなる夏季を中心とする温暖期に、堆積した有機物の分解が進み、低酸素化し、湾内の-10m 以深の海底付近は 3mg/L 以下となる
- . 4 海水上下混合が始まる秋季以降は、底層の低酸素化は解消に向かう。また、海底の微粒子も浮上（湾外流出に向う）する傾向が見られる
- . 5 湾外水との海水交換量は限られ、冬季においても有機物を含む微粒子の堆積量は減少しない。

図 II-3-(1)-1 には、水質汚染及び赤土流入拡散の推定メカニズム概略図を示した。



写真引用：日本の地形千景 沖縄県：喜如嘉海岸と津波海岸のビーチロック

図 II-3-(1)-1 推定メカニズム概略図

4. 水質予測モデルの検討

(1) 水質予測モデルの検討

塩屋湾内における水質改善策の効果予測に用いるための水質予測モデルについて検討した。

本事業で実施した現地調査結果より、塩屋湾内の全域に渡って赤土等シルト分が約2～8mの厚さで堆積していることが確認された。特に湾中央部で厚く堆積しており、SPSSのランクは8であり赤土等の汚染が進んだ環境であった。また、塩屋湾への赤土等の流入は、イーシ川の砂防堤上流に赤土の堆積が確認されたことから、出水時には大保川本川の他、イーシ川等を含む支川から流入していることが考えられた。

夏季の水質調査において、湾中央部の底層で水生生物への影響が懸念される低い溶存酸素濃度(2.5mg/L)が観測され、貧酸素化している状況にあった。海水の貧酸素化は、上下層間の密度差により上層から酸素が供給(拡散)されない環境で、底泥の有機物の分解に伴う溶存酸素の消費により発生する。ここで分解される有機物は、流域から湾内に流入し海底に沈降した物質のほか、増殖した植物プランクトン等の湾内で生成された物質である。

上記した赤土等の流入拡散や水質汚染状況を表現する水質予測モデルを設定するため、赤土等の微細土砂の拡散解析や、貧酸素化の水質解析を実施している既往知見を整理し、モデル構造および計算条件について検討した。

① 既往知見の整理

1) 赤土等の拡散解析について

海域に流入した赤土の外洋への拡散には、潮流が強く影響していることが明らかにされているが、サンゴ礁海域における赤土の拡散及び堆積には波及び海浜流の影響の大きいことも報告されている(津嘉山ほか1991)。また、津嘉山ほか(1992)が、沖縄本島中部西岸の谷茶海岸での波浪環境が穏やかな時期の観測結果より、河川より流入した赤土は、主として潮流により移流拡散していることを考察している。赤土の移流拡散には地形の影響も考えられ、山本ほか(2000)は、国頭郡恩納村の屋嘉田海岸での調査結果より、河川から流出した赤土の殆どは南北に位置する岬間に堆積する。また、流れの下手側では岬を超えて沖へ流出する流れもあり、沖に急峻な海底谷が存在するとそこへ堆積することを考察している。

塩屋湾は、奥行約3km、幅最大約1.3km、周囲約8kmの広さであり、湾口部に宮城島が位置する。宮城島の南北の開口部を通じて外海水と海水交換が行われるが、北側の開口部が約300m、南側の開口部が約40mと狭く、水深も浅くなっている。沖縄県赤土等流出防止対策基本計画（沖縄県2013）においても、塩屋湾は閉鎖性が強く、地形上拡散がない海域（内湾型）として設定されている。

赤土の海域拡散解析を実施している知見は、赤松ほか（2006）が、石垣島名蔵湾を対象にした解析はあるが、これは外海に開けた湾であり、塩屋湾とは地形条件が異なる。閉鎖性の強い水域を対象に、赤土等の微細土砂の拡散解析を実施した知見として、望月ほか（2013）による青森県の日本海側に面する十三湖を対象とした解析がある。十三湖は汽水湖であり、面積が約18km²、中央部における最大水深が約2mと浅く、日本海とは水戸口と称する幅約165m、水深約3.5m、延長約800mの水路で接続されている。十三湖に流入する土砂動態の解析のために、流入土砂を粒径帯で6区分設定しており、各粒径帯の中央粒径に応じた沈降速度を設定して、懸濁物質濃度として解析を実施している。解析は、水平方向を50m格子に区分し、水深方向に5層とした準三次元モデルを用いて、2007年5月から2008年6月までの1年2ヶ月間を対象に流動解析と土砂動態解析を実施している。得られた結果より、各粒径帯の堆積量が多くなるエリアの検討を実施している。この他、内湾を対象に流入土砂の拡散解析を実施している知見が多く存在するが、利用するモデルは異なるものの、土砂動態の解析は懸濁物濃度として解析し、濃度分布や堆積場所等を検証している（濱田ほか2011、吉田ほか2012、杏永ほか2021）。

以上より、塩屋湾における赤土の拡散解析で設定および検討が必要な事項は表II-4-(1)-1に示す通りであり、塩屋湾内の潮流等の流動を再現し、狭い湾口部や急峻な地形を考慮できるモデル設定が必要である。また、流出した赤土等については、現地調査結果を参考に複数区分の設定の検討が望まれる。

表 II - 4 - (1) - 1 赤土等の拡散解析で設定および検討が望まれる事項

項目	設定および検討が望まれる事項
流れ	塩屋湾内の潮流や河川水流を再現するモデルであること
地形	狭い湾口部や岸近くの急勾配な地形を考慮できる条件
赤土等	流入する赤土等を複数の粒径帯で解析できること

2) 貧酸素化の水質解析について

海域の貧酸素化は、各地の閉鎖性内湾で夏季に頻発しており、水産有用種など水生生物への影響が懸念されている。そのため、発生機構の解明や、影響軽減策の検討のために水質予測モデルによる解析が数多く実施されている。ここでは、貧酸素化を解析するために設定されたモデルのうち、モデル構造の異なる知見を整理し、塩屋湾における解析で望まれる設定について検討した。

水質予測モデルでは、表 II-4-(1)-2に示すように浮遊系（水質）のみを考慮したモデルと、底生系（底質）も考慮したモデルが存在している。浮遊系の構成要素は、植物プランクトン、有機態の窒素およびリン、無機態の窒素およびリン、溶存酸素などを考慮しており（入江ほか 2004、北原ほか 2008）、加えて動物プランクトン（塚田ほか 1997、山口ほか 2015）、さらに相馬ほか（2010）は還元物質を考慮している。これら各項目の溶存酸素の生成・消費に関わる反応は、植物プランクトンによる光合成、植物プランクトン等による呼吸、有機物分解時の消費、無機態窒素を NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- に分けて考慮していた場合の硝化や脱窒素、還元物質の酸化である。また、浮遊系のみを考慮したモデルでの水中と底質とのやり取りは、植物プランクトンや有機物等の沈降、無機態の窒素およびリンの溶出、底質による酸素消費である。無機態窒素およびリンの溶出と底質による酸素消費は温度関数で設定されているものの他、山口ほか（2015）は底質中の有機物の分布も考慮した関数を設定している。

底生系（底質）も考慮したモデルでは、水中から沈降してきた有機態の窒素およびリンが、分解されて無機態の窒素およびリンとなり、水中へ溶出することを考慮している（入江ほか 2004）。また、水中の有機物を摂餌する懸濁物食者を考慮したモデル（山口ほか 2015）、さらに堆積物食者や底生藻類を考慮したモデルも存在する（相馬ほか 2010）。底生系においても水中の溶存酸素は影響しており、有機物の分解による消費、堆積物食者や懸濁物食者の呼吸、底生藻類の光合成などを考慮している。

各モデルともに対象海域の水質調査結果を再現しており、各モデルの構成要素に応じて考察を実施している。塚田ほか（2004）や北原ほか（2008）は貧酸素水塊の湧昇現象を考察し、入江ほか（2004）は貧酸素水塊の分布に及ぼす風や出水の影響を考察している。また、山口ほか（2015）は、懸濁物食者として考慮したカキ（二枚貝）の摂餌による貧酸素水塊の抑制効果を推測している。そして、相馬ほか（2010）は、干潟・浅海域が「貧酸素化の改善」及び「生態系バランスの変化」に与える機能を明らかにし、「豊かな海」再生に向けた干潟・浅海域の役割を検討している。

物質循環モデルは、構成要素が多くなれば、設定するパラメータも多くなる。対象とする湾沿岸の開発が進み、海域の富栄養化等の問題が発生した場所では、多くの調査研究がなされて水質や底質、生息生物の情報も多く存在する。塩屋湾においても、水質調査結果は経年に存在する。しかし、底質や底生生物の調査結果などの情報が少ないとから、浮遊系のみを考慮したモデルを設定することが望まれる。

また、夏季の水質調査結果では、湾中央部の調査地点③の最下層（水深14m）のみで貧酸素化（2.5mg/L）が確認された。浮遊系のみを考慮したモデルでは、底質による酸素消費を水温の関数で表現し、水温が高いほど酸素消費速度も高まることがある。同水質調査で宮城橋に近い調査地点②の最下層（水深11m）では、溶存酸素濃度が4.9mg/Lであった。また、水温も調査地点③が27.7°Cであり、調査地点②の29.0°Cよりも低い状況であった。底質による酸素消費速度関数は全域一様に設定するため、水温関数のみで計算した場合、調査地点②の方が貧酸素化した結果になる可能性が考えられる。なお、水深が浅く、水温が比較的高い場所は、底質による酸素消費量よりも上層や周辺からの酸素供給量が多くなると考えられ、既往知見においても貧酸素化しない結果となっている。ここで、夏季の底質調査結果を確認すると、有機物量の指標となるCODが、調査地点②よりも③で約2倍高い値となっており、貧酸素化している調査点で有機物量の多いことが確認された。したがって、山口ほか（2015）が設定している有機物量も考慮した酸素消費速度関数の利用が望まれた。

表Ⅱ-4-(1)-3には、貧酸素化の水質解析において設定が望まれる事項を示した。

表 II - 4 - (1) - 2 既往の水質予測モデルで考慮されている構成要素

	塚田ほか (1997)	北原ほか (2008)	山口ほか (2015)	入江ほか (2004)	相馬ほか (2008)
浮遊系 (水質)	動物プランクトン 植物プランクトン 懸濁態有機物 溶存態有機物 全無機態窒素 リン酸塩 溶存酸素 化学的酸素要求量	植物プランクトン 懸濁態有機窒素 溶存態有機窒素 懸濁態有機リソルブ 溶存態有機リソルブ アンモニア態窒素 亜硝酸態窒素 硝酸態窒素 リン酸態リソルブ 溶存酸素 化学的酸素要求量	動物プランクトン 植物プランクトン 懸濁態有機炭素 溶存態有機炭素 懸濁態有機リソルブ 溶存態有機リソルブ アンモニア態窒素 亜硝酸態窒素 硝酸態窒素 リン酸態リソルブ 溶存酸素 化学的酸素要求量	植物プランクトン 有機窒素 有機リソルブ アンモニア態窒素 亜硝酸態窒素 硝酸態窒素 リン酸態リソルブ 溶存酸素 化学的酸素要求量	動物プランクトン 植物プランクトン デトリタス 溶存態有機物 アンモニア態窒素 硝酸態窒素 リン酸態リソルブ 全炭酸 溶存酸素 還元物質
底生系 (底質)			カキ 堆積した植物プランクトン 堆積した懸濁態有機物	底泥中有機態窒素 間隙水中無機態窒素 底泥付着無機態窒素 底泥中有機態リソルブ 間隙水中無機態リソルブ 底泥付着無機態リソルブ	懸濁物食者 堆積物食者 底生藻類 デトリタス 溶存態有機物 アンモニア態窒素 硝酸態窒素 リン酸態リソルブ 全炭酸 溶存酸素 還元物質

※相馬ほか(2010)は、植物・動物プランクトン、デトリタス、懸濁物食者、堆積物食者、底生藻類に易分解成分、難分解成分、不活性成分を考慮し、溶存態有機物には易分解性DOM、難分解性DOMを考慮している。

表 II - 4 - (1) - 3 貧酸素化の水質解析で設定及び検討が望まれる事項

項目	設定および検討が望まれる事項
構成要素	浮遊系(水質)のみを考慮
留意点	溶存酸素の反応式に設定する底質による酸素消費速度関数には、底質の有機物濃度が考慮できること

(2) モデル構造および計算条件について

① モデル構造について

前節までの検討結果より、利用するモデルには赤土や水質項目等の塩屋湾内の移流・拡散を水平および鉛直方向に計算するための三次元モデルの利用が必要である。また、格子分割には、塩屋湾の地形特性である沿岸部の急峻な地形や、狭い湾口部を反映することが望まれる。なお、格子サイズが細かくなるほど、計算点数も増加し、計算に要する時間も必要となる。そのため、湾外は格子サイズを拡大して計算点数を減少させる設定も考えられる。鉛直方向は、利用モデルにより異なる。

赤土等の拡散は、望月ほか（2013）を参考に、現地調査結果より複数の粒径帯を設定し、SSとして解析することも可能である。この時のSSは次式のように各粒径帯 (SS_1, SS_2, \dots, SS_i) 総量として求まるものとする。なお、計算は出水により赤土流出が発生した時期を対象とし、流出した各粒径帯が沈降堆積する状況を解析するモデル構造とする。また、次章で検討する対策を想定した条件で計算した結果と比較することで、対策効果の検討にも利用できる。

$$SS = SS_1 + SS_2 + \dots + SS_i$$

水質予測モデルに設定する項目は、浮遊系を対象とし現地調査項目も含めて考慮すると、表 II-4-(1)-2に整理した北原ほか（2008）と同様とすることが望まれる。図II-4-(2)-1から図II-4-(2)-3に、浮遊系の各項目を考慮した物質循環概念図を窒素、リン、溶存酸素に分けて示した。塩屋湾で確認された貧酸素化に関わる溶存酸素は、植物プランクトンの光合成で生成され、植物プランクトンの呼吸や有機物の分解、アンモニア態窒素の硝化、底泥の酸素消費に利用される。なお、底泥の酸素消費に関しては、前節で検討した様に水温のみを考慮した関数ではなく、底質の有機物量を考慮した関数を設定することが現象再現のためには必要と考えられた。

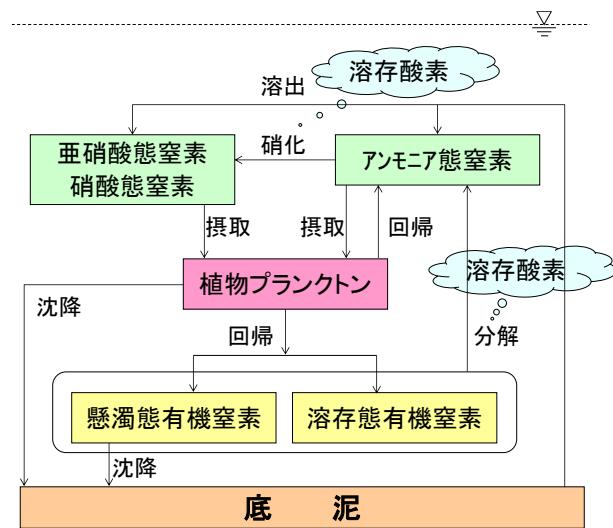


図 II - 4 - (2) - 1 窒素の循環概念図

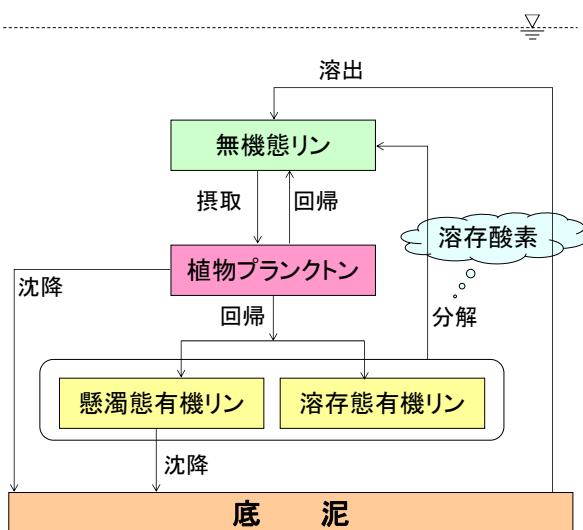


図 II - 4 - (2) - 2 リンの循環概念図

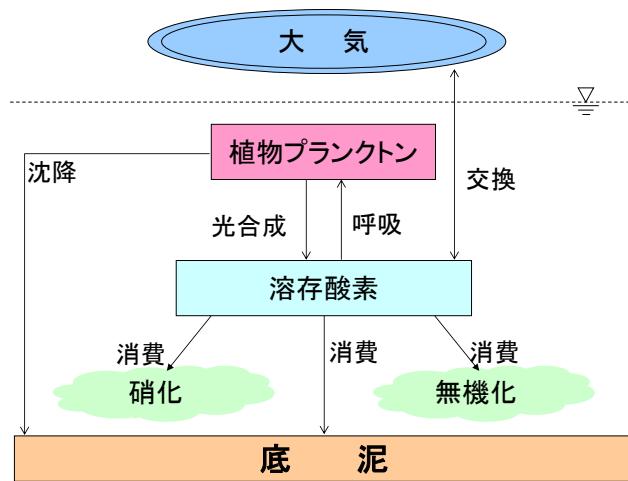


図 II - 4 - (2) - 3 溶存酸素の循環概念図

②主な計算条件について

赤土等の拡散や水質項目の移流拡散に必要な流動の計算には、上記格子分割で利用する地形条件の他、潮位変動や気象条件、そして河川条件などが挙げられる。また、河川条件については、赤土の流入条件や各水質項目の流入条件も必要となる。

これら解析に利用する主な計算条件を表 II-4-(2)-1に整理した。

表 II-4-(2)-1 主な計算条件

項目	条件データの入手先	備考
地形	本事業調査結果および海図	海図(W222B 沖縄島北部)：海上保安庁
潮位	潮汐調和定数 (国頭村辺土名、名護市運天)	日本沿岸潮汐調和定数表：海上保安庁
気象	気象庁HP(沖縄気象台、名護特別地域 気象観測所)	気温、風向・風速、雲量、降水量、全天日射量、湿度
河川	国土交通省水文水質データベース	流量*、水温、水質項目 ※流量は提供依頼が必要
赤土等	本事業調査結果	流入河川

上記した計算条件の他、水質予測モデルに設定する各種パラメータについては、既往知見を参考に設定し、現地調査結果との再現性を確認しつつチューニングを行うことも望まれる。

5. 水質改善技術・赤土影響低減技術及び改善目標の検討

(1) 水質改善技術・赤土影響低減技術

表Ⅱ-5-(1)-1 及び表Ⅱ-5-(1)-2には、既存の水質改善技術及び村民等からのヒアリング等で聞かれた汚染原因と水質改善技術等を参考までに示した。

候補となる湾内対策の水質改善技術・赤土影響低減技術は、異常出水時に流入する有機物や栄養塩類を含む赤土等の湾外流出を促進し、また、夏季等の温暖期に湾内底層に形成される貧酸素水塊の解消を促す技術と考えられる。

表Ⅱ-5-(1)-1 既存の水質改善技術

区分	水質改善技術
直接浄化	浄化水導水（外海水流入促進）、藻類分離
溶出抑制	浚渫、覆砂、深層エアレーション
生物抑制	浅海エアレーション、養浜、生物体採取、バイオマニュピレーション

参考：環境省 水・大気環境局水環境課 閉鎖性海域対策室（2018年）

表 II-5- (1) -2 村民等からのヒアリング等で聞かれた
汚染原因及び水質改善技術等

区分	水質改善技術
負荷発生抑制	<ul style="list-style-type: none"> ・大保～田港にかけて赤土が堆積しており、風が吹くだけで濁る。赤土流入防止の解決が課題である。 ・県管理の既存の砂防ダムがあるが、大雨時はオーバーフローする。砂防ダムの健全化。 ・おそらく生活排水が原因なのではないかと思うが、詳しい調査を行っていただきたい。水質保全において、浄化槽は非常に重要な設備になると思うので、指導なども含めて、浄化槽整備を徹底してやっていくことも重要な課題であると考える。 ・環境に優しい洗剤を選ぶなど、地元の人々の地道な活動も大事になってくると思う。 ・合併浄化槽の普及
直接浄化	<ul style="list-style-type: none"> ・干潮時は船、ボート等が通れなくなること及び水循環の促進のため、宮城橋等の湾口部の浚渫。
溶出抑制	<ul style="list-style-type: none"> ・赤土対策と湾内の浚渫を望む。 ・ナノバブルを用いた水質改善を研究開発中であり、塩屋湾の水質改善に協力したい。
生物抑制	<ul style="list-style-type: none"> ・昔は貝が多くとれた。貝は水質を改善するので増やしたい。

参考：大宜味村企画観光課 プロジェクト推進室（2023）：塩屋湾周辺利活用推進基本構想

(2) 改善目標

① 塩屋湾内のゾーン区分

水質改善目標は、塩屋湾周辺利活用推進基本構想で設定されている塩屋湾内3ゾーン毎に、公共用水域である塩屋湾内で行政が主体的に進める改善対策及び周辺陸域等で地域住民等と協働で進める流域対策の両面での目標とするものである。

図II-5-(2)-1には、塩屋湾周辺利活用推進基本構想における塩屋湾内のゾーン区分を示す。また、各ゾーンにおける利活用は、下記の内容が設定されている。

水面活用ゾーン①：

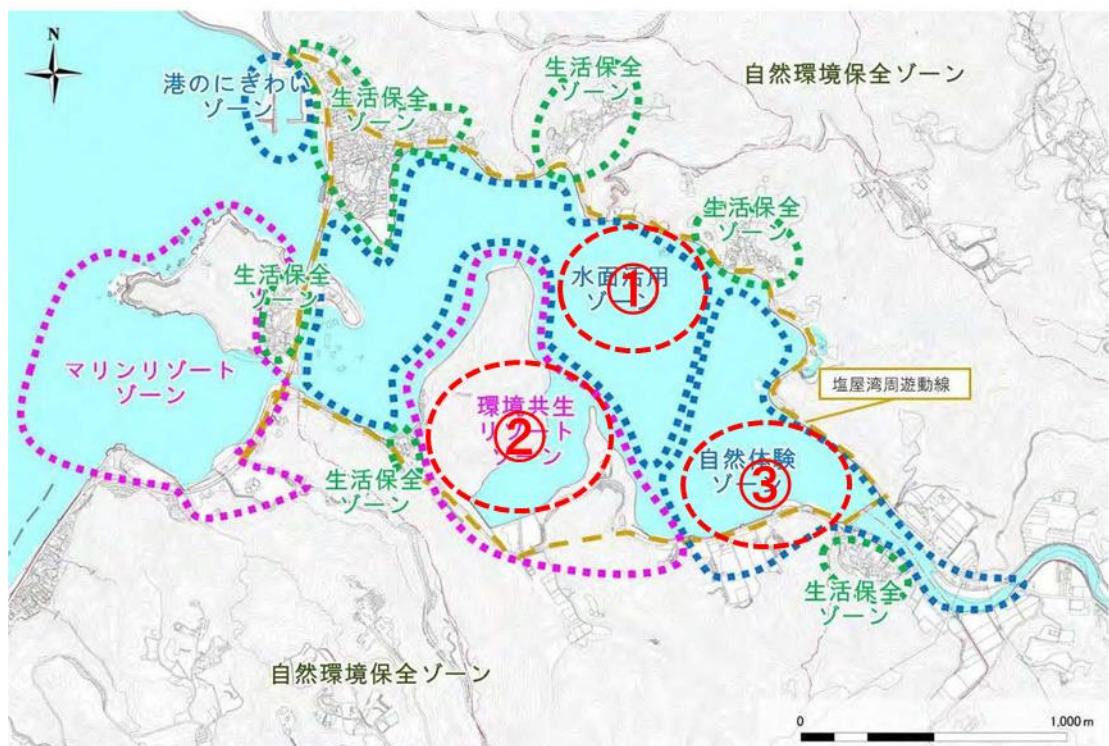
水上レクリエーション、カヌー等のスポーツ、海面養殖等、様々な水面活用を行う場として活用する。

環境共生リゾートゾーン②：

佐場崎の標高、自然環境、半島地形からの景観等を活かし、遊歩道や展望台、小規模な環境共生型ホテル等の設置・誘致を検討し、これまで誘客に至らなかった層の観光客等を呼び込む。

自然体験ゾーン③：

塩屋湾の干潟の生き物の観察や、マングローブ植樹等の自然体験が行える場として活用する。



引用：大宜味村 企画観光課 プロジェクト推進室（2023）：塩屋湾周辺利活用推進基本構想（一部改変）

図 II-5-(2)-1 塩屋湾内のゾーン区分

②参照する基準

前記、各ゾーンの改善目標は、水質と底質の両方で検討・設定するのが適切である。検討に際して参考する既存の基準を以下に整理した。

1) 水質

表II-5-(2)-1には、水質の参考基準を取りまとめた。なお、表中の赤ラベルは、本業務の現地調査において、基準値をクリアしていない値が確認されたものである。

表Ⅱ-5-(2)-1 参考とする水質基準

	基 準		
	環境省(2018)： 沿岸透明度設定ガイド イン	環境省(1971制定、2023 最終改正)： 環境基準(海域)	日本水産資源保護協会 (2018)： 水産用水基準
透明度	<ul style="list-style-type: none"> ●親水・水浴利用：1m ●親水・親水公園等からの眺望：3m ●植物・アラメ：4.2m ●植物・アマモ：4.8m ●植物・カジメ：9.6m ●親水・ダイビング：10m 		
COD		<ul style="list-style-type: none"> ●水産1級水浴等：2mg/L 以下 ●水産2級工業用水：3mg/L 以下 	
D0		<ul style="list-style-type: none"> ●水産1級水浴等： 7.5mg/L 以上 ●水産2級工業用水： 5mg/L 以上 	<ul style="list-style-type: none"> ●一般：6mg/L 以上
D0 底層		<ul style="list-style-type: none"> ●生物1：4.0mg/L 以上 ●水産2：3.0mg/L 以上 	<ul style="list-style-type: none"> ●内湾夏季底層：4.3mg/L 以上
T-N		<ul style="list-style-type: none"> ●水産1種水浴等： 0.3mg/L 以下 ●水産2種：0.6mg/L 以下 	<ul style="list-style-type: none"> ●水産1種：0.3mg/L 以下 ●水産2種：0.6mg/L 以下
T-P		<ul style="list-style-type: none"> ●水産1種水浴等： 0.03mg/L 以下 ●水産2種：0.05mg/L 以下 	<ul style="list-style-type: none"> ●水産1種水浴等：0.03mg/L 以 下 ●水産2種：0.05mg/L 以下

注：表中の赤ラベルは、本業務の現地調査において、基準値をクリアしていない値が確認された基準

●水産1級：マダイ、ブリ、ワカメ等の水産生物用及び水産2級の水産生物用

●水産2級：ボラ、ノリ等の水産生物用

●水産1種：底生魚介類を含め多様な水産生物がバランス良く、かつ、安定して漁獲される

●水産2種：一部の底生魚介類を除き、魚類を中心とした水産生物が多獲される

●生物1：生息段階において貧酸素耐性の低い水生生物が生息できる場を保全・再生する水域又は再生段階において貧酸素耐性の低い水生生物が再生産できる場を保全・再生する水域

●水産2：生息段階において貧酸素耐性の低い水生生物を除き、水生生物が生息できる場を保全・再生する水域又は再生段階において貧酸素耐性の低い水生生物を除き、水生生物が再生産できる場を保全・再生する水域

2) 底質

底質に関する既存の基準は、日本水産資源保護協会（2018）の水産用水基準では乾泥中の濃度として下記の値が設定されており、参照する。

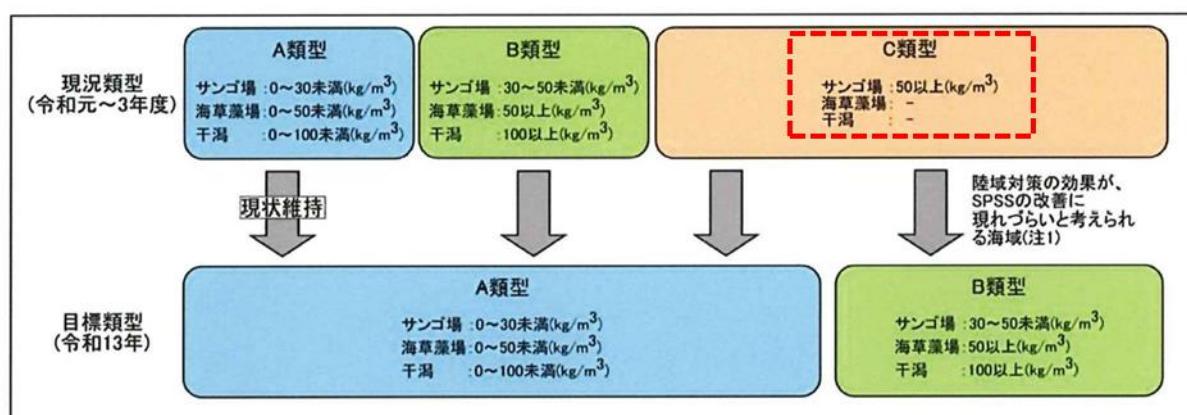
. 1 COD : 20mg/乾泥 g 以下

. 2 硫化物 : 0.2mg/乾泥 g 以下

また、塩屋湾の水環境には、周辺陸域からの赤土等の流入が大きな影響を及ぼしていることは、明らかである。

赤土等流出防止対策については、沖縄県が令和5年3月に「第2次赤土等流出防止対策基本計画」を策定し、塩屋湾に関しては、流域となる周辺陸域と共に重点監視地域に指定されている。この計画による各種対策を実施することによって、陸域から流出する赤土等を令和3年の744t/年から令和13年度には50%削減し、372t/年にする目標が定められている。

なお、本計画では環境保全目標をSPSSで設定しており、塩屋湾に関しては、閉鎖性が強く海底地形上明らかに改善に時間がかかることから現状と同じC類型（サンゴ場で50kg/m³以上）を目標とすることに定められている。



注1:現況C類型で目標B類型とする海域は、陸域対策の効果がSPSSの改善に現れづらいと考えられる以下の2パターンが存在する。
 ・SPSS将来予測を行うと、流出量を9割削減したとしてもA類型に到達しないと予測される海域
 ・SPSS将来予測を行えない(旧基本計画時も含む)海域の内、旧基本計画当初・最終時ともC類型の海域

注2:例外的に「塩屋湾」と「羽地内海」については、閉鎖性が強く海底地形上明らかに改善に時間がかかることから、現状と同じ類型を設定した(塩屋湾:サンゴ場C類型、羽地内海:干潟B類型)。

図 II-5- (2) -2 沖縄県2次赤土等流出防止対策基本計画におけるSPSSの海域類型と基準値

③改善目標

②の参考基準及び塩屋湾の現状を踏まえ、水質と底質の改善目標は、下記の通り設定する。

1) 水質

各ゾーンの改善目標（水質）は、表Ⅱ-5-(2)-2の内容で設定する。

なお、改善目標値は、行政が実施する湾内対策実施時の目標値の他、周辺陸域での対策を対象にしている沖縄県の2次赤土等流出防止対策基本計画の目標年（令和13年頃）を加えたものとしている。

表Ⅱ-5-(2)-2 改善目標（水質）

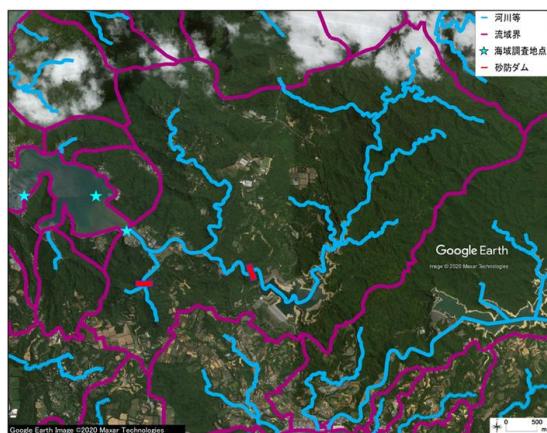
ゾーン	目標値（赤字以外は、塩屋湾内での水質改善実施時の目標値）				
	透明度	COD	DO	T-N, T-P	底質
①水面活用ゾーン：水上レクリエーション、スポーツ、海面養殖等	<ul style="list-style-type: none"> ●水上レクリエーション・水浴利用及び親水公園からの眺望（ダイビングは行わない）：3m以上 ●海草類（アマモ等）の生育：4.8m以上 	<ul style="list-style-type: none"> 2mg/L以下 	<ul style="list-style-type: none"> ●5mg/L以上 ●陸域対策推進後（令和13年頃）：7.5mg/L以上 ●底層：4.3mg/L以上 	<ul style="list-style-type: none"> ●T-N：0.3mg/L以下 ●T-P：0.03mg/L以下 	<ul style="list-style-type: none"> ●COD：20mg/g以下 ●硫化物：0.2mg/g以下 ●SPSS：海岸部・陸域対策推進後（令和13年頃）：50kg/m³未満
②環境共生リゾートゾーン：景観	景観・親水公園からの眺望：3m以上	同上	同上	同上	同上
③自然体験ゾーン：干潟の生き物観察等の自然体験	親水・水浴：1m以上	同上	同上	同上	同上

2) 底質

前記、沖縄県の2次赤土等流出防止対策基本計画における令和13年度の環境保全目標は、SPSS : 50kg/m³である。ただし、沖縄県の観測定点は図II-5-(2)-3の左図のように湾内の岸近くのものである。図II-5-(2)-3の右図に示す本業務の現地調査地点で言えば、湾奥部の水深が浅くSPSSも水深が深い地点よりもかなり低い地点④が該当 (SPSS: 99.9~230kg/m³) が該当する。

地点④は「塩屋湾周辺利活用推進基本構想」では「自然体験ゾーン③：塩屋湾の干潟の生き物の観察や、マングローブ植樹等の自然体験が行える場として活用する。」に該当している。この地点及び他の海岸部の改善目標は、今後、様々な陸域での対策が進められる沖縄県の2次赤土等流出防止対策基本計画の令和13年で50kg/m³未満とする。上記の現状値から考えても達成可能なレベルと考えられる。

一方、①水面活用ゾーンは、「水上レクリエーション、カヌー等のスポーツ、海面養殖等、様々な水面活用を行う場として活用する。」が該当する。ただし、湾内の地点②及び地点③の現状SPSSは1,000kg/m³を超える値である。これに対して、沖縄県が設定する赤土堆積指標の最大値は、400kg/m³以上である。地点②及び地点③のSPSS値が沖縄県内でも極めて稀な値であることは明らかである。そこで、今後の湾内対策や陸域対策の進捗による改善状況等のデータの蓄積を待つことにし、当面はSPSSの改善目標値を改めて検討する地点・ゾーンと位置付ける。



第2次赤土等流出防止対策基本計画 (★)



本業務の現地調査地点

図II-5-(2)-3 第2次赤土等流出防止対策基本計画及び本業務の現地調査地点

6. フィジカル模型製作

フィジカル模型は、これまで不明であった塩屋湾全体の海底地形や赤土等のシルト分の堆積状況が初めて明らかになったことで、村民を主な対象にこの事実を周知するために作成したものである。

表Ⅱ-6-1には、作製した塩屋湾のフィジカル模型の内容を示した。

また、作製フィジカル模型には、触れることができ、塩屋湾と周辺の山々の起伏等を触感できる特徴を持つものである。

表Ⅱ-6-1 作製したフィジカル模型

画像・映像番号	内 容	特記内容	画像
画像①	全景①		
画像②	全景②		
画像③	全景_斜め_南から北①		
画像④	全景_斜め_南から北②		
画像⑤	全景_斜め_南から北③	海表面を模擬するアクリル板（湾内の他、湾外部も作成）を設置、湾口部を含む海底地形が分かりやすい。	
画像⑥	全景_斜め_南から北④	写真奥は、納品時に使用する収納箱	
写真⑦	全景_東から西	湾口部の窪みが分かる	
写真⑧	全景_斜め_東から西	海底の凹凸が分かる	

画像・映像番号	内 容	特記内容	画像
写真⑨	全景_西から東		
写真⑩	全景_斜め_西から東	湾口部の壅みが分かる	
写真⑪	全景_湾奥から湾口	全体的に海底凹凸が分かる	
写真⑫	全景	表面に海面を模擬するアクリル板（湾外も作成）を設置	
写真⑬	全景_斜め_東から西	海底全体の凹凸が分かる	
写真⑭	アップ_斜め_湾奥部から湾口部	湾口部の壅みが良く分かる	
写真⑮	説明板		

7. その他必要事項

(1) 打合せ・協議

表Ⅱ-7-(1)-1には、打合せ・協議日程と議題を示した。計6回の打合せ・協議を実施した。

表Ⅱ-7-(1)-1 打合せ・協議日程と議題

回次	実施日	議題
第1回	令和5年7月7日 (金)	1. 県港湾課訪問の報告 2. 実施計画書案について 3. 今後の予定 (LASC)
第2回	令和5年8月10日 (木)	1. 夏季調査進捗状況 2. 検討委員会の準備対応 3. 沖縄県庁関係各課との意見交換
第3回	令和5年12月25日 (月)	1. 冬季調査結果について 2. 変更契約について 3. 第3回庁内検討会議について 4. 第3回検討委員会について
第4回	令和6年4月2日 (火)	1. 変更契約に関する各種文書内容に関する確認 2. 春季現地調査の手続き文書の確認と最終化 3. 業務実施計画書の確認
第5回	令和6年4月11日 (火)	海洋教育に関する意見交換
第6回	令和6年6月11日 (火)	報告書内容の確認

(2) 委員会等開催支援

表Ⅱ-7-(2)-1には、委員会開催日程と議題を示した。委員会は3回開催し、また、開催前には庁内の検討会において、委員会内容・資料等の事前確認を行った。

表Ⅱ-7-(2)-1 委員会開催日程と議題

回次	開催日程	議題
第1回	令和5年9月25日	<ol style="list-style-type: none"> 1. 主催者挨拶 2. 「塩屋湾水環境再生事業検討委員会 設置要綱」の確認 3. 「塩屋湾水環境再生事業検討委員会 委員」の紹介 4. 委嘱状交付 5. 委員長及び副委員長の選任 6. 議事 <ol style="list-style-type: none"> (1) 塩屋湾水環境再生事業 実施計画書の確認 (2) 夏季調査等による塩屋湾の現状等と今後の検討方針 (3) 今後のスケジュール等 (4) その他 7. 閉会の挨拶
第2回	令和5年12月5日	<ol style="list-style-type: none"> 1. 主催者挨拶 2. 出席者委員の紹介 3. 配布資料の確認 4. 議事 <ol style="list-style-type: none"> (1) 夏季及び秋季調査結果等の中間報告 (2) 水質汚染及び赤土拡散等メカニズムについて (3) 水質予測モデルについて (4) 水質改善目標（案） (5) その他（今後のスケジュール） 5. 閉会の挨拶
第3回	令和6年2月7日	<ol style="list-style-type: none"> 1. 主催者挨拶 2. 出席者委員の紹介 3. 配布資料の確認 4. 議事 <ol style="list-style-type: none"> (1) 夏季、秋季及び冬季現地調査結果報告 (2) 水質汚染及び赤土拡散等メカニズムについて (3) 水質予測モデルについて (4) 水質改善目標（案）

回次	開催日程	議題
		(5) その他関連事項について (6) その他（今後のスケジュール） 5. 閉会の挨拶

(3) 報告書のとりまとめ・成果物

以上の業務を取りまとめた成果物として、本報告書を作成すると共に、打合せ記録簿、電子データを各1部、フィジカル模型一式を提出した。