

平成16～25年度における海域環境調査のまとめ



平成29年3月



国土交通省九州地方整備局
熊本港湾・空港整備事務所

目次

1	はじめに.....	1
2	海洋環境整備船を用いた環境調査.....	5
2.1	海洋環境整備船を用いた環境調査の概要.....	5
(1)	調査内容(平成16年度～平成21年度).....	7
(2)	調査計画の見直し.....	9
2.2	調査内容(平成22年度～).....	10
(1)	水塊構造調査.....	10
(2)	底質・底生生物調査.....	14
(3)	八代海定点連続水質調査.....	14
3	気象・河川の状況.....	16
3.1	気象状況.....	16
3.2	河川の状況.....	20
4	定期環境調査10年間のとりまとめ.....	33
4.1	水塊構造調査結果の概要.....	33
(1)	季節変化.....	33
(2)	有明海の2ラインにまたがった貧酸素水塊.....	38
(3)	成層の状況.....	40
1)	成層度の算定.....	41
2)	成層度等の時系列変化.....	43
3)	成層度と各要因との解析.....	47
4)	底層DOと成層度との解析.....	61
5)	まとめと課題.....	66
(4)	プランクトン調査結果の概要.....	67
4.2	流量・フラックス調査結果の概要.....	86
4.3	底質・底生生物調査結果の概要.....	90
(1)	底質性状.....	90
(2)	底質項目間関係.....	105
(3)	底生生物.....	108
(4)	底質と底生生物との関係.....	115
1)	散布図.....	115
2)	レーダーチャート.....	118
4.4	定点連続水質調査結果の概要.....	122
4.5	調査項目間関係.....	131
5	調査結果及び課題の整理・今後の調査方針(案).....	132

資料編(水塊構造調査結果関連)

1 はじめに

(海洋環境整備船による調査の背景)

有明海・八代海は、水域面積 2,900km² (有明海:1,700km²、八代海:1,200km²) で、我が国最大の潮位差(5.4m:住之江港¹⁾)により広大な干潟を有する、閉鎖度の非常に高い閉鎖性海域である。また、それら干潟には、ムツゴロウをはじめ独特な生物が生息している。しかしながら、近年この海域では赤潮の発生や貧酸素水塊の発生、二枚貝の生産量の減少、養殖ノリの色落ちなど、種々の海域の環境問題が発生している。

このような背景の中、平成 12 年の養殖ノリの大不作を契機に平成 14 年 11 月に「有明海及び八代海を再生するための特別措置に関する法律²⁾」(以下、「特措法」という。)が公布・施行され、現在、関係省庁・大学・自治体・NPO などが連携して多くの調査研究が進められている。

一方、国土交通省九州地方整備局では、閉鎖性水域である有明海及び八代海等において、国土交通省設置法に基づく海洋環境整備事業として、海洋環境整備船「海輝」を平成 15 年 11 月に、「海煌」を平成 24 年 4 月にそれぞれ配備し、同海域の海洋汚染防除、航行安全の確保のための海面清掃、船の機動力を活かした海域環境を把握するための環境調査等を行っている。また、特措法基本方針で漂流物の除去や海域環境の監視調査が位置づけられており、海洋環境整備船はこれらの役割も担っている。

(海洋環境整備船による定期環境調査の 10 年間のとりまとめの目的)

海洋環境整備船による環境調査のうち、「海輝」を用いた調査は、調査開始から 10 年以上が経過し、また「海煌」が就航した平成 24 年度以降は 2 隻体制の調査を実施しており、その間に多量の、かつ貴重な調査結果を得ることができた。

本検討においては、これら平成 16 年度～平成 25 年度における 10 年間の調査結果について、有明海・八代海の環境の 10 年間の推移や現状に関しての成果の一つとしてとりまとめるとともに、明らかとなったことや十分には明らかにはならなかったことを整理することで、今後の調査方針や調査計画の検討に反映させることとした。

また、これらの調査データ及び解析結果は、有明海・八代海の再生に向けた貴重な情報であるとともに、特措法基本方針における調査研究に資するデータの一助と位置付けられるものである。

¹ 「委員会報告」(平成 18 年 12 月、環境省有明海・八代海総合調査評価委員会)

² 平成 23 年 8 月に改正され、「有明海及び八代海等を再生するための特別措置に関する法律」となっている。

(10年間のとりまとめの検討の経緯)

この「平成16～25年度における海域環境調査のまとめ」(10年間のとりまとめ)に関する検討は、平成27年度～平成28年度の2カ年あたり、「有明・八代海海域環境検討委員会」、及び「環境再生技術等検討ワーキンググループ」の助言・指導を受けて行ったものである。

委員会、及びワーキンググループの委員名簿を表2.1.1、表2.1.2に、平成27年度～平成28年度における10年間のとりまとめ作成にあたっての検討経緯を表2.1.3に示す。

表 2.1.1(1) 有明・八代海海域環境検討委員会委員名簿(平成27年度)

区分	氏名	部署・役職
委員長	滝川 清	熊本大学 沿岸域環境科学教育研究センター 特任教授 熊本大学 名誉教授
委員	大串 浩一郎	佐賀大学 大学院工学系研究科 教授
	岡田 知也	国土交通省 国土技術政策総合研究所 沿岸海洋・防災研究部 海洋環境研究室長
	楠田 哲也	九州大学 名誉教授
	中川 康之	国立研究開発法人港湾空港技術研究所 沿岸環境研究領域長(沿岸土砂管理研究チームリーダー兼務)
	中田 英昭	長崎大学 副学長
	長崎 慶三	国立研究開発法人水産総合研究センター 西海区水産研究所 有明海・八代海漁場環境研究センター長
	逸見 泰久	熊本大学 沿岸域環境科学教育研究センター長 教授

合計：8名

(五十音順・敬称略)

表 2.1.1(2) 有明・八代海海域環境検討委員会委員名簿(平成28年度)

区分	氏名	部署・役職
委員長	滝川 清	熊本大学 名誉教授
委員	大串 浩一郎	佐賀大学 大学院工学系研究科 教授
	岡田 知也	国土交通省 国土技術政策総合研究所 沿岸海洋・防災研究部 海洋環境研究室長
	楠田 哲也	九州大学 高等研究院 特別顧問
	樽谷 賢治	国立研究開発法人水産研究・教育機構 西海区水産研究所 有明海・八代海漁場環境研究センター長
	中川 康之	国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所 港湾空港技術研究所 沿岸環境研究領域長
	中田 英昭	長崎大学 副学長
	逸見 泰久	熊本大学 沿岸域環境科学教育研究センター 教授

合計：8名

(委員：五十音順・敬称略)

表 2.1.2(1) 環境再生技術等検討ワーキンググループ委員名簿(平成 27 年度)

区分	氏名	部署・役職
委員長	滝川 清	熊本大学 沿岸域環境科学教育研究センター 特任教授 熊本大学 名誉教授
委員	岡田 知也	国土交通省 国土技術政策総合研究所 沿岸海洋・防災研究部 海洋環境研究室長
	長崎 慶三	国立研究開発法人水産総合研究センター 西海区水産研究所 有明海・八代海漁場環境研究センター長
	逸見 泰久	熊本大学 沿岸域環境科学教育研究センター 教授
	増田 龍哉	熊本大学 沿岸域環境科学教育研究センター 特別研究員
	皆川 朋子	熊本大学 大学院自然科学研究科 准教授

合計：6名

(委員：五十音順・敬称略)

表 2.1.2(2) 環境再生技術等検討ワーキンググループ委員名簿(平成 28 年度)

区分	氏名	部署・役職
委員長	滝川 清	熊本大学 名誉教授
委員	伊豫岡 宏樹	福岡大学 工学部 助教
	岡田 知也	国土交通省 国土技術政策総合研究所 沿岸海洋・防災研究部 海洋環境研究室長
	鈴木 誠二	長崎大学 大学院工学研究科 准教授
	樽谷 賢治	国立研究開発法人水産研究・教育機構 西海区水産研究所 有明海・八代海漁場環境研究センター長
	辻本 剛三	熊本大学 大学院先端科学研究部 教授

合計：6名

(委員：五十音順・敬称略)

表 2.1.3 10年間のとりまとめ作成にあたっての検討経緯

年度	委員会/WG (時期)	検討内容	委員会・WGでの主な指摘事項
平成 27年度	第1回 WG (H27.8.21)	10年間のとりまとめ方針 (案)	【水塊構造調査】 ・鉛直断面図での定性的な評価だけではなく、密度等による定量的な評価が必要である。 【底質・底生生物調査】 ・底質の粒度組成は、中央粒径(Md ϕ)や含泥率などの数値で示すことにより今後の検討につながりやすくなる。 ・底質項目間の関係を一律に示すと海域ごとの特性がみえなくなるため、適当ではない。
	第2回 WG (H27.12.17)	10年間のとりまとめ (進捗報告)	
	委員会 (H28.3.17)	10年間のとりまとめ(案)	
平成 28年度	第1回 WG (H28.9.29)	昨年度検討結果を踏まえた整理方針(案)	【水塊構造調査】 ・元のデータセットの潮時がバラバラであると誤った解析につながりかねないため、留意が必要である。
	第2回 WG (H29.1.18)	10年間のとりまとめ(案)	【水塊構造調査】 ・時系列データではないので、平均的な分析方法が中心にならざるを得ない。今回の分析の位置づけを明記ししたうえで、今後の課題はこういう対応が取ればということに記載しておかれたい。 【底質・底生生物調査】 ・物理的な環境と底生生物との関係についてはレーダーチャートで整理し、考察を加えられたい。
	委員会 (H29.2.18)	10年間のとりまとめ(案)	-

2 海洋環境整備船を用いた環境調査

2.1 海洋環境整備船を用いた環境調査の概要

国土交通省九州地方整備局は、平成 15 年 11 月に海洋環境整備船「海輝」を配備し、翌平成 16 年度から海洋環境整備船を用いた環境調査を開始した。

平成 16 年度の調査開始当初の「海輝」による環境調査は、海洋環境整備船の特徴を活かし、「広域におけるライン調査等の概況調査」、「調査目的を絞った詳細な調査」を基本に、当時、環境データが十分ではなかった有明海・八代海の「水塊構造特性の把握」、「底質・底生生物の経年変化の把握」、「異常時の海域環境（赤潮・貧酸素水塊・出水時の河川水等）の把握」とデータの蓄積を目的とし、平成 21 年度まで実施した（図 2.1.1）。

その後、平成 22 年度には、これまでの調査で得られた課題とともに、環境省の有明海・八代海総合調査評価委員会の「委員会報告」（平成 18 年 12 月）も考慮しつつ、「貧酸素水塊」、「赤潮」、「底質・底生生物」を重点項目とした新たな調査計画を策定し、調査を実施した。

さらに、近年の集中豪雨の頻発や台風の大型化等に伴い、有明海・八代海へ流れ込むゴミや風倒木等の増加に対し、国土交通省九州地方整備局は、平成 24 年度に外洋での流木等の浮遊ゴミの回収と調査観測を行う海洋環境整備船「海煌」を配備した。それにより、「海輝」、「海煌」の 2 隻の海洋環境整備船を用いた調査計画を策定し、平成 28 年現在も調査を継続している。

また同時に学識経験者による「有明・八代海海域環境検討委員会」を組織し、毎年の調査結果や翌年の調査計画案等について助言を受けている。

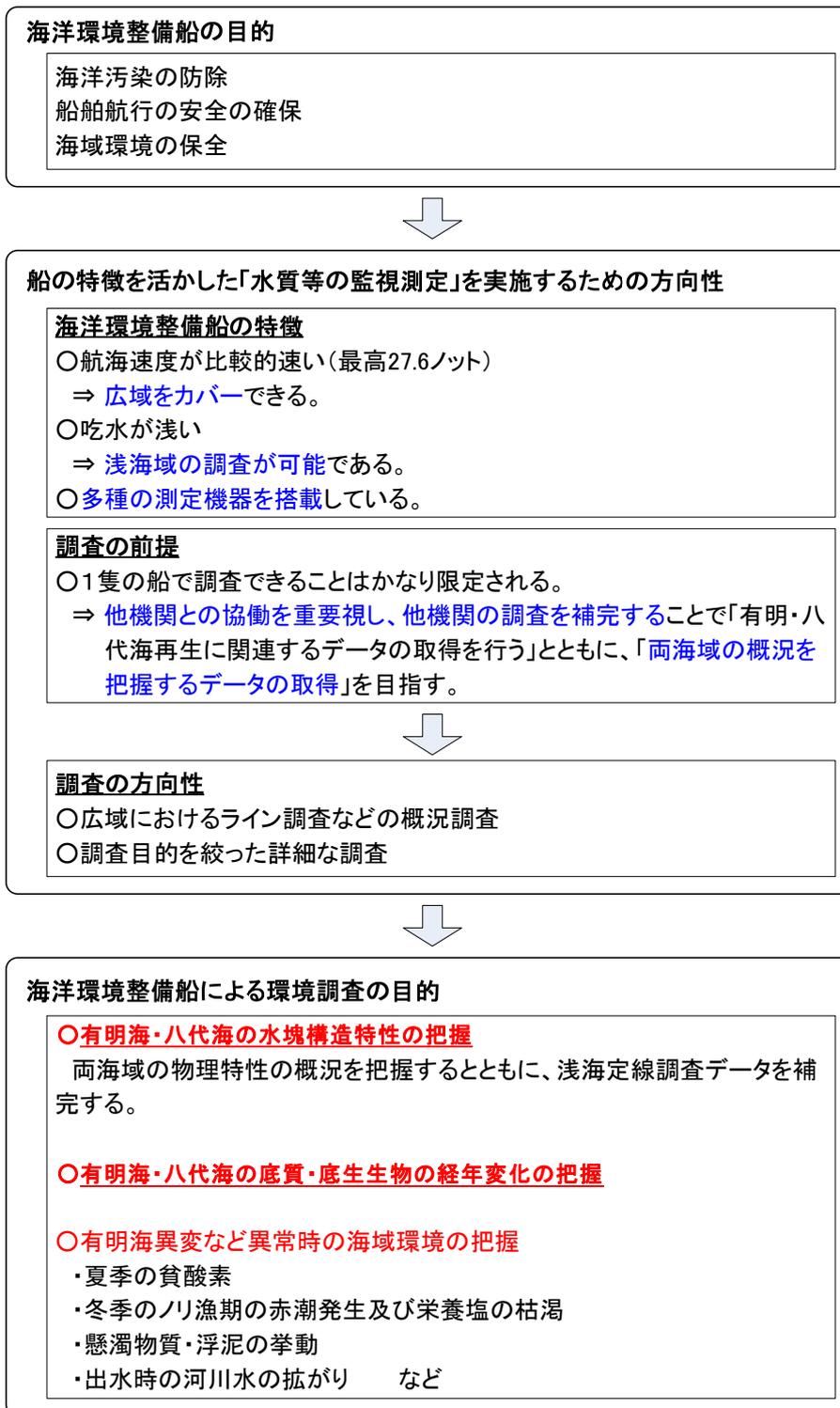


図 2.1.1 海洋環境整備船による環境調査の考え方(平成 16 年度-平成 21 年度)

(1) 調査内容(平成 16 年度～平成 21 年度)

平成 16 年度～平成 21 年度における各調査の内容は表 2.1.1 に示すとおりである。

水塊構造調査は、水温・塩分の鉛直断面特性から水塊構造の季節変化を把握するため、有明海・八代海の湾軸方向に観測ラインを設定して調査を行った。流量フラックス調査では、有明海・八代海を環境特性によって区分したゾーンの境界における物質収支の季節変化を把握した。底質・底生生物調査では、有明海・八代海の分布状況と経年変化を確認した。定点連続水質調査では、有明海・八代海湾奥部において水質の潮汐周期・日周変動を把握した。

表 2.1.1 環境調査の内容(平成 16 年度～平成 21 年度)

調査名	目的	調査内容	調査範囲設定の根拠
水塊構造調査	水温・塩分の鉛直断面特性から水塊構造の季節変化を把握	有明海・八代海の湾軸方向の観測ラインで、水温・塩分等の鉛直分布を計測	湾奥から湾口までの湾全体の水塊特性を把握するため、湾軸に沿ったラインを設定
流量・フラックス調査	各海域の主要ゾーンの境界での流量及び物質収支の季節変化を把握	観測ラインで流動の縦走観測、栄養塩の採水を実施し、ラインを通過する流量・栄養塩量を把握	<有明海> 湾奥の反時計回りの還流を含む範囲湾口部は湾全体の収支を評価できる範囲 <八代海> 球磨川の河口域を大きく含む範囲
底質・底生生物調査	両海域の底質・底生生物の分布及び経年変化を把握	<ul style="list-style-type: none"> 両海域のゾーン毎に1点ずつ採取・分析。 底質調査は1地点1回採取、底生生物は1地点10回採取(混合して1検体) 	環境特性の違いから区分したゾーン毎の代表的な底質性状の地点を設定
定点連続水質調査	湾奥部での水質の潮汐周期変動、日周期変動を把握	<ul style="list-style-type: none"> 海洋環境整備船を係留し、流動、水質、採水による栄養塩・プランクトンの多層観測 観測は満潮～満潮、干潮～干潮に実施 	<有明海> 貧酸素が問題である湾奥西部 <八代海> 八代海域調査委員会の提言にある連続観測地点

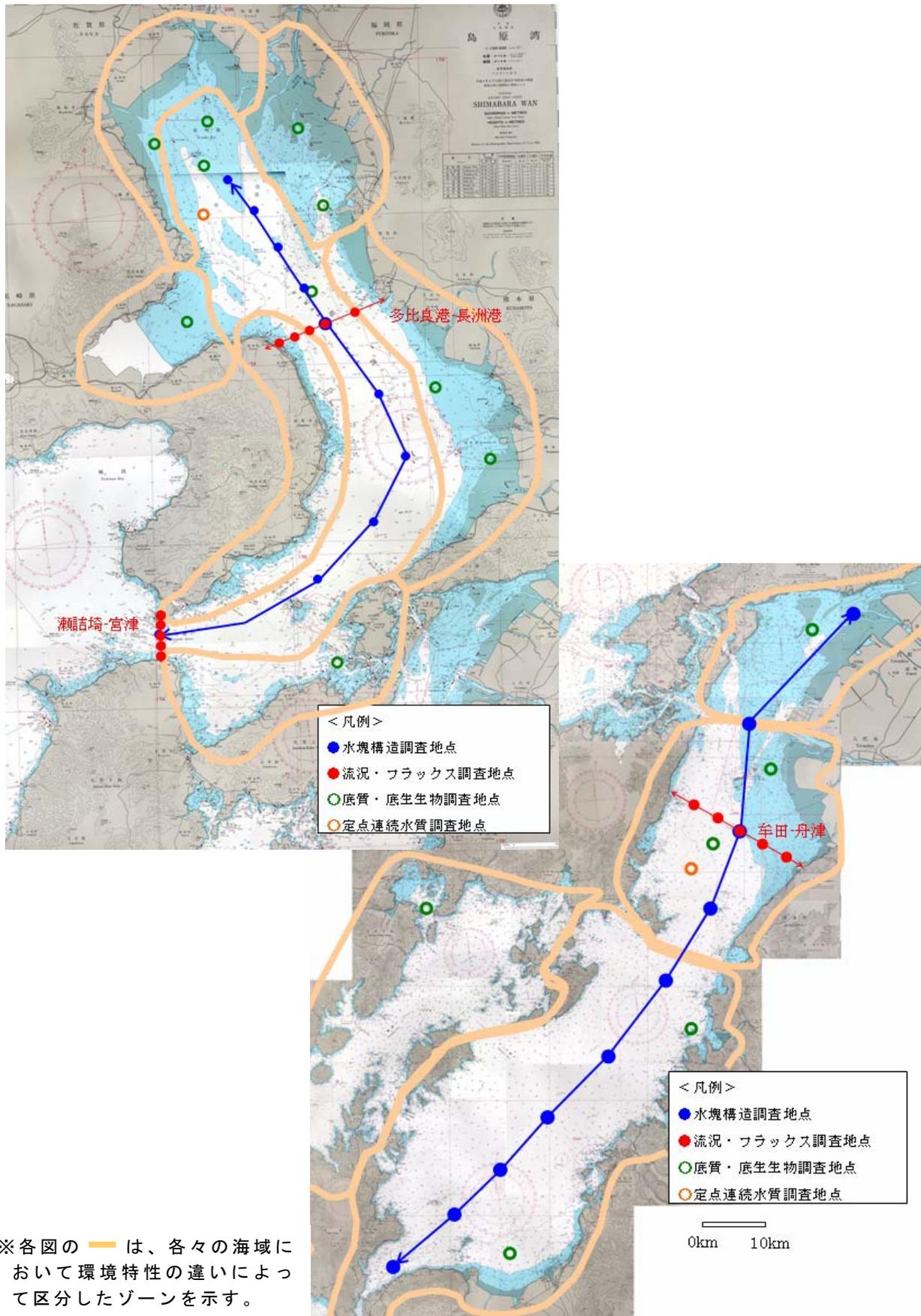
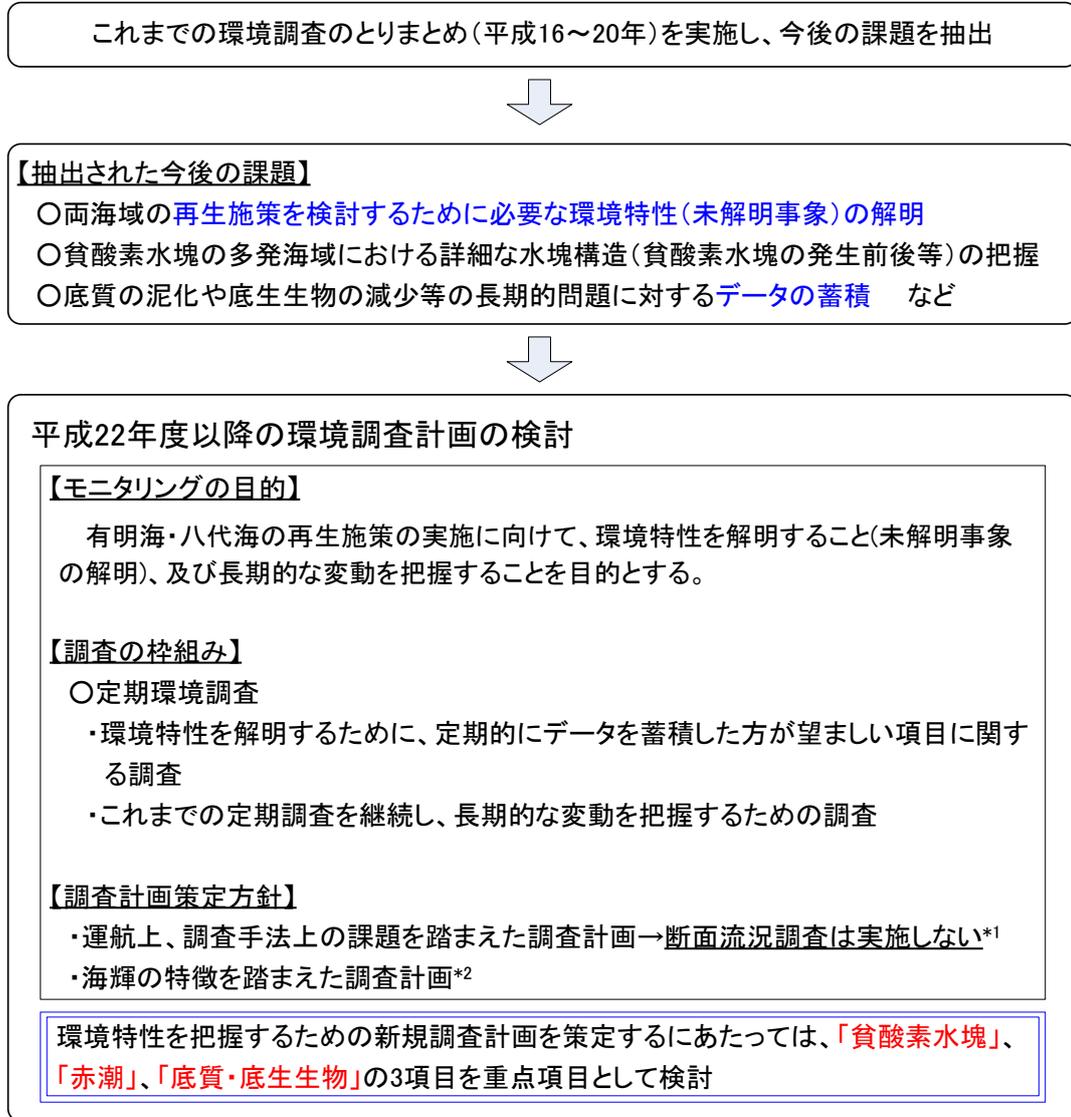


図 2.1.2 各環境調査の調査地点

(2) 調査計画の見直し

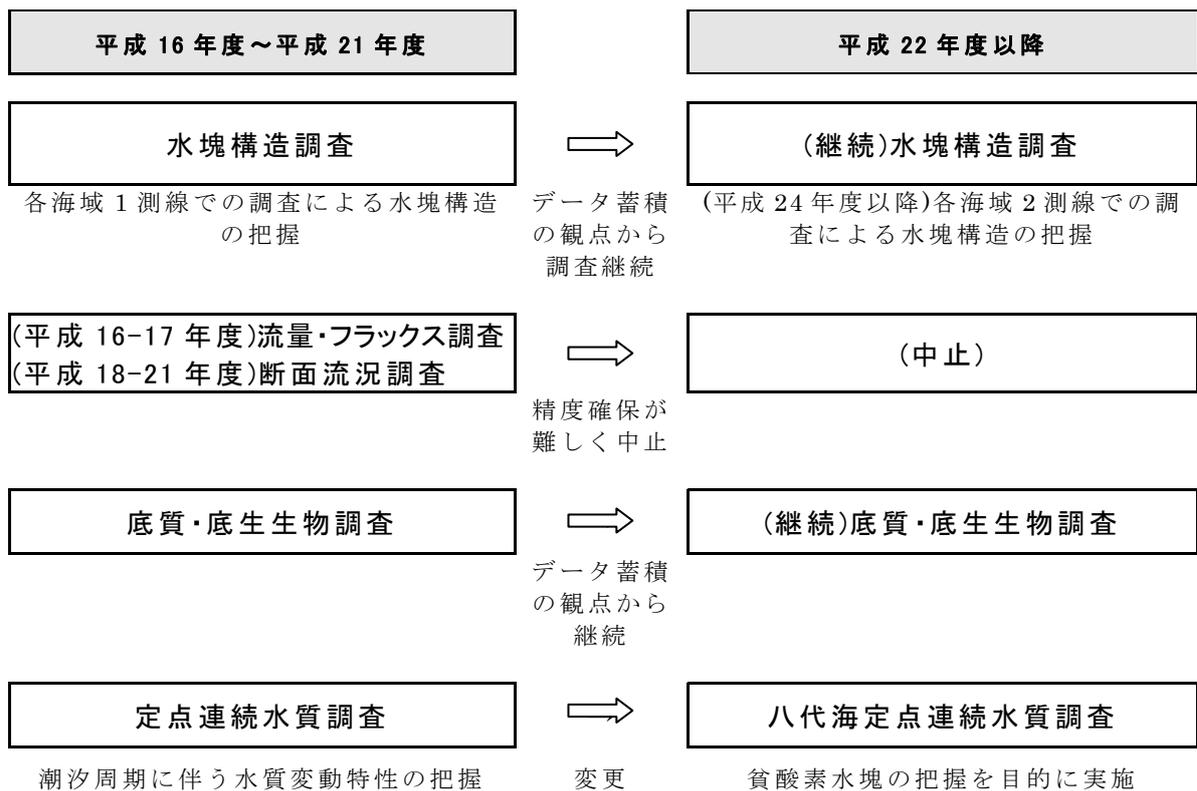
平成 21 年度において、平成 16～20 年度までの調査結果のとりまとめを通じて抽出された課題を踏まえて調査計画の見直しを行った。見直しの考え方を図 2.1.3 に示す。



*1: 海洋環境整備船による調査では、流況と水質を同時に同じ地点で調査することが困難であり、運行の制約上、調査時間が日中に限られる。

*2: 運行計画は、ドック入りの期間も含め、年間のスケジュールが事前に定められている。また、主に出水後を中心とした浮遊ゴミの回収作業もあわせて実施していることから、年ごとに異なる貧酸素水塊発生時の調査の実施、赤潮発生時の調査の実施など、不規則な調査の実施は困難である。

図 2.1.3 調査計画見直しの考え方



2.2 調査内容(平成 22 年度～)

有明海・八代海における海域環境を把握するため、以下に示す(1)水塊構造調査、(2)底質・底生生物調査、(3)八代海定点連続水質調査を実施した。

(1) 水塊構造調査

水塊構造調査は、海洋環境整備船「海輝」を用いて水温・塩分等の観測を行い、得られた水質の鉛直断面特性から水塊構造の季節変化や、貧酸素水塊の発生と水塊構造との関係を把握することを目的とした。

なお、これまでの他省庁等による調査では、貧酸素水塊の挙動把握等を目的に観測ブイの常設や関係機関による夏季の一斉調査など、多くの取り組みがなされているものの、調査対象は有明海湾奥部（特に西部海域）に偏っていた。

よって、平成 22 年度以降の水塊構造調査では、有明海東部海域、熊本港沖を観測する新規ライン(有明東ライン)を追加し、有明中央ラインの調査日の前日または翌日に調査を実施した。その結果、三池港や熊本沖の下層で DO が 3mg/L を下回る貧酸素水塊等が観測された。

平成 24 年度より海洋環境整備船「海煌」を配備し、2 隻の海洋環境整備船を用いることで、有明海では 2 つの調査ラインを概ね同時に観測した調査データにより、有明海湾奥部から熊本港にかけての水塊構造の平面的な広がりを把握することができるようになった。

一方八代海では、特に西部海域においては、これまでにも赤潮の発生が度々

確認されているものの、公共用水域水質測定を除いては調査データに乏しい海域であった。そこで、八代海の海域環境特性を把握するため、平成 24 年度より八代海西部海域(天草下島側)に南北方向の調査ライン(八代西ライン)を追加し、2つの調査ラインにおける水塊構造調査を実施した。また、東部海域との海水交換量が多い獅子島と御所浦島の海峡付近にも観測地点(St.35)を設けた。

2 隻体制における水塊構造調査の概要を表 2.2.1 に、調査地点を図 2.2.1 に示す。

表 2.2.1 2 隻体制による水塊構造調査(平成 22 年度以降)

調査目的	水温・塩分等の水質の鉛直断面特性から水塊構造の季節変化、経年変化を把握する。また、貧酸素水塊や赤潮の発生と水塊構造の関係を把握する。
2 隻体制の目的	2 隻の海洋環境整備船が 2 つの調査ラインで同時に調査を行い、水塊構造の空間的なデータを取得する。
調査頻度	月 2 回(大潮期、小潮期) ※有明東ラインは 5～9 月のみ
調査地点 調査方法	<p>(機器計測)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・有明海：有明中央ライン 10 地点(St.1～10)、有明東ライン 8 地点(St.21～28) (図 2.2.1(1)) ・八代海：八代中央ライン 10 地点(St.11～20)、八代西ライン 6 地点(St.29～34)、及び両ラインの間に位置する 1 地点(St.35) (図 2.2.1(2)) <p>水温・塩分等の鉛直分布を多項目水質計を用いて計測する。なお、有明海については、可能な限り有明中央ライン、有明東ラインの 2 ライン同時に計測を実施する。</p> <p>(採水分析)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・有明海：St.1、St.4、St.10、St.23* ・八代海：St.11、St.13、St.17、St.31* <p>SS 等の採水・室内分析を行い、鉛直分布(機器測定)データの補正を行う。また、同地点・同層において植物プランクトンの採水・室内分析を行う。動物プランクトンについては、同地点各 1 回の鉛直引きを行う。</p>
調査項目	<ul style="list-style-type: none"> ・多項目水質計による 0.5m 間隔の鉛直測定： 水温、塩分、DO、pH、ORP、濁度、クロロフィル a ・採水分析：(水質)濁度、SS、クロロフィル a、 (プランクトン)植物プランクトン、動物プランクトン

*：St.23、St.31 は平成 25 年度のみ実施。

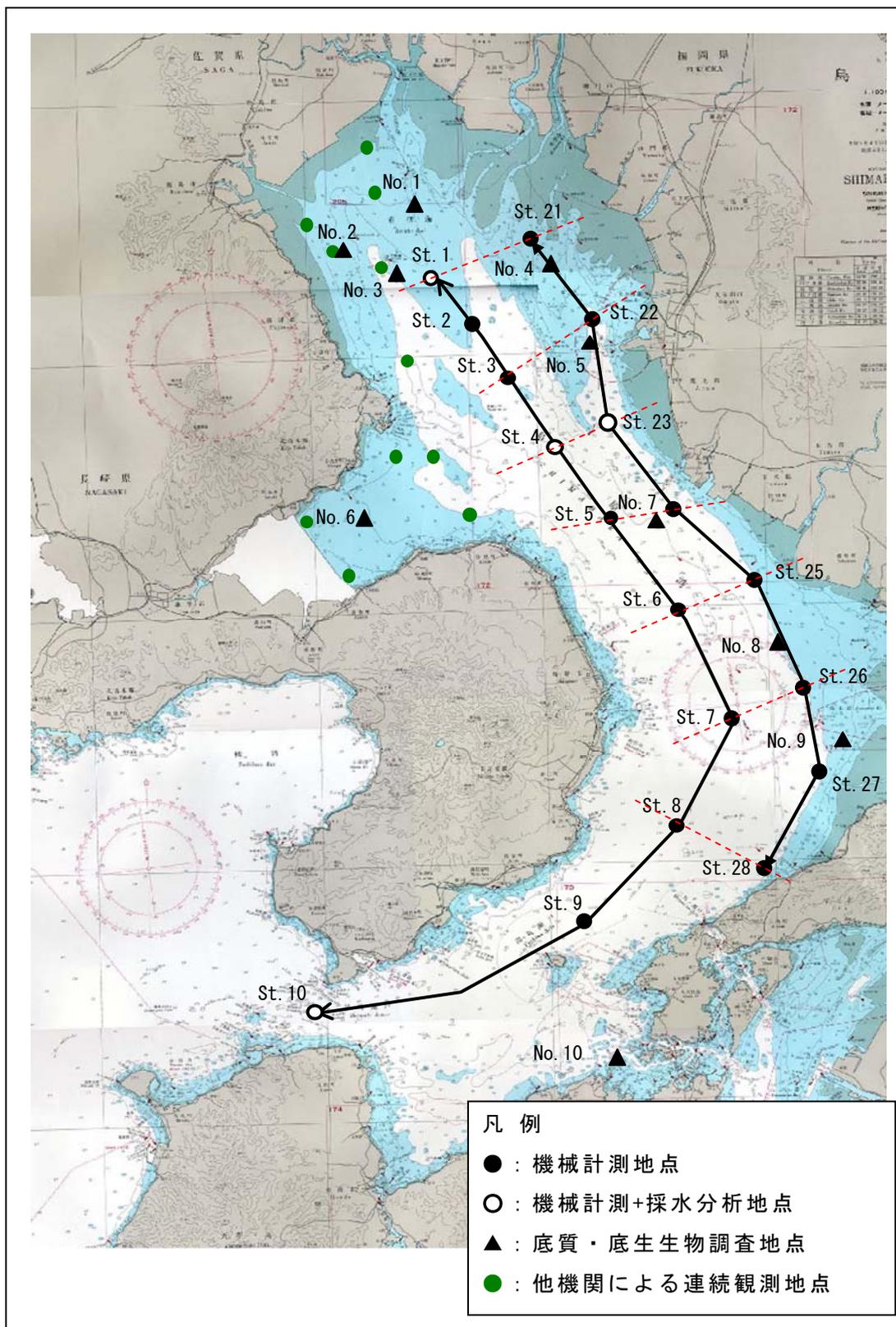


図 2.2.1(1) 2隻体制による水塊構造調査地点 (有明海)

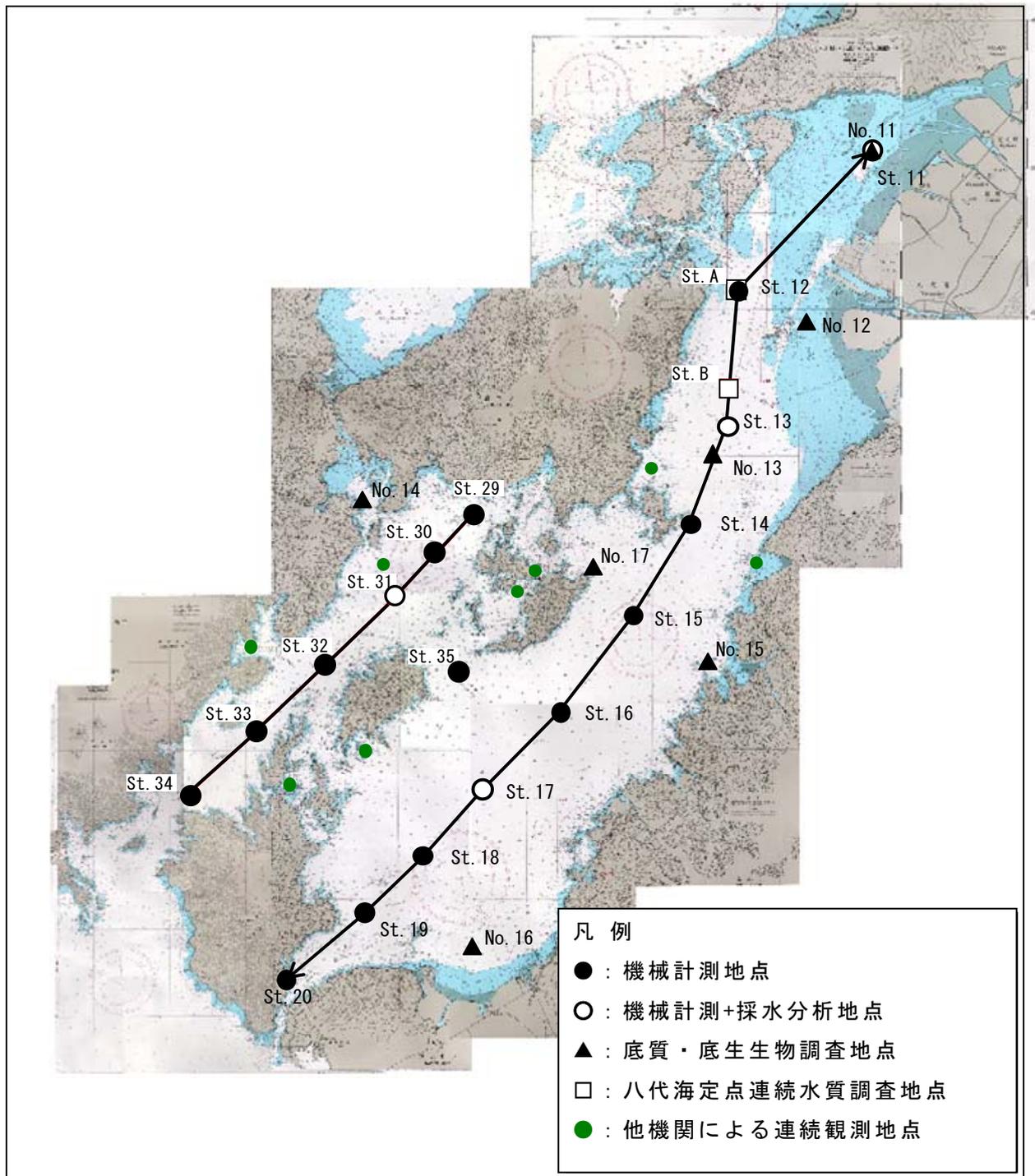


図 2.2.1(2) 2隻体制による水塊構造調査地点（八代海）

(2) 底質・底生生物調査

底質・底生生物調査は、底質・底生生物の分布や経年変化の把握と、底質の変化と底生生物の増減との関係把握を目的に、過年度からの調査を継続して実施した。

なお、八代海の御所浦周辺は、底質が悪化している可能性があること、及び赤潮の発生頻度が高いことから、平成 22 年度より御所浦地区に調査地点を 1 地点追加した（図 2.2.1(2)、No.17）。

底質・底生生物調査の概要を表 2.2.2 に示す。

表 2.2.2 底質・底生生物調査

調査目的	底質・底生生物の分布、経年変化を把握する。 底質の変化と底生生物の増減との関係について把握する。
調査頻度	年 1 回(春季)
調査地点 調査方法	有明海：No.1～10 八代海：No.11～17* 採泥はスミス・マッキンタイヤ型採泥器(採取面積約 0.05m ²)を用いて行う。1 地点における採泥回数は、底質調査は 1 回、底生生物調査は 10 回とし、底生生物の 10 回の採泥で得られた海底土は混合して 1 検体とする。なお、採泥厚は 8-10cm 程度。
調査項目	<機器計測>多項目水質計：水温、塩分、DO、pH、ORP、濁度、クロロフィル a <底質>粒度組成、全硫化物、含水率、湿潤密度、強熱減量、T-N、T-P、COD、クロロフィル a、ORP、TOC** <底生生物>マクロベントス

※ No.17 は平成 22 年度から調査を実施

※※TOC は平成 21 年度から調査を実施

(3) 八代海定点連続水質調査

八代海における水質の時間的変動の詳細を把握するとともに、貧酸素水塊の発生の有無等について把握することを目的とした。また、貧酸素の広がり等を把握するため、新規に地点を追加し、2 隻の海洋環境整備船を用いて同時に定点連続水質調査を行う。

2 隻体制による八代海定点連続水質調査の概要を表 2.2.3 に示す。

表 2.2.3 八代海定点連続水質調査

調査目的	八代海における水質の時間的変動の詳細を把握するとともに、貧酸素水塊の発生の有無等について把握する。
2 隻体制の 目的	新規に調査地点を追加し、2 隻の海洋環境整備船で 2 地点(現行の地点と新規の地点)同時に定点連続観測水質調査を行うことにより、球磨川河口部沖で水質の時間的変動の詳細を把握する。
調査頻度	年 2 回(夏季の大潮期、小潮期)
調査地点 調査方法	新規に調査地点を設定し、2 隻の海洋環境整備船で 2 地点同時に鉛直観測を行う(図 2.2.1(2))。
調査項目	・超音波式多層流速計：流動の鉛直断面 ・多項目水質計：水温、塩分、DO、pH、ORP、濁度、クロロフィル a

定期環境調査の内容とその変遷を表 2.2.4 に示す。

表 2.2.4 定期環境調査の内容

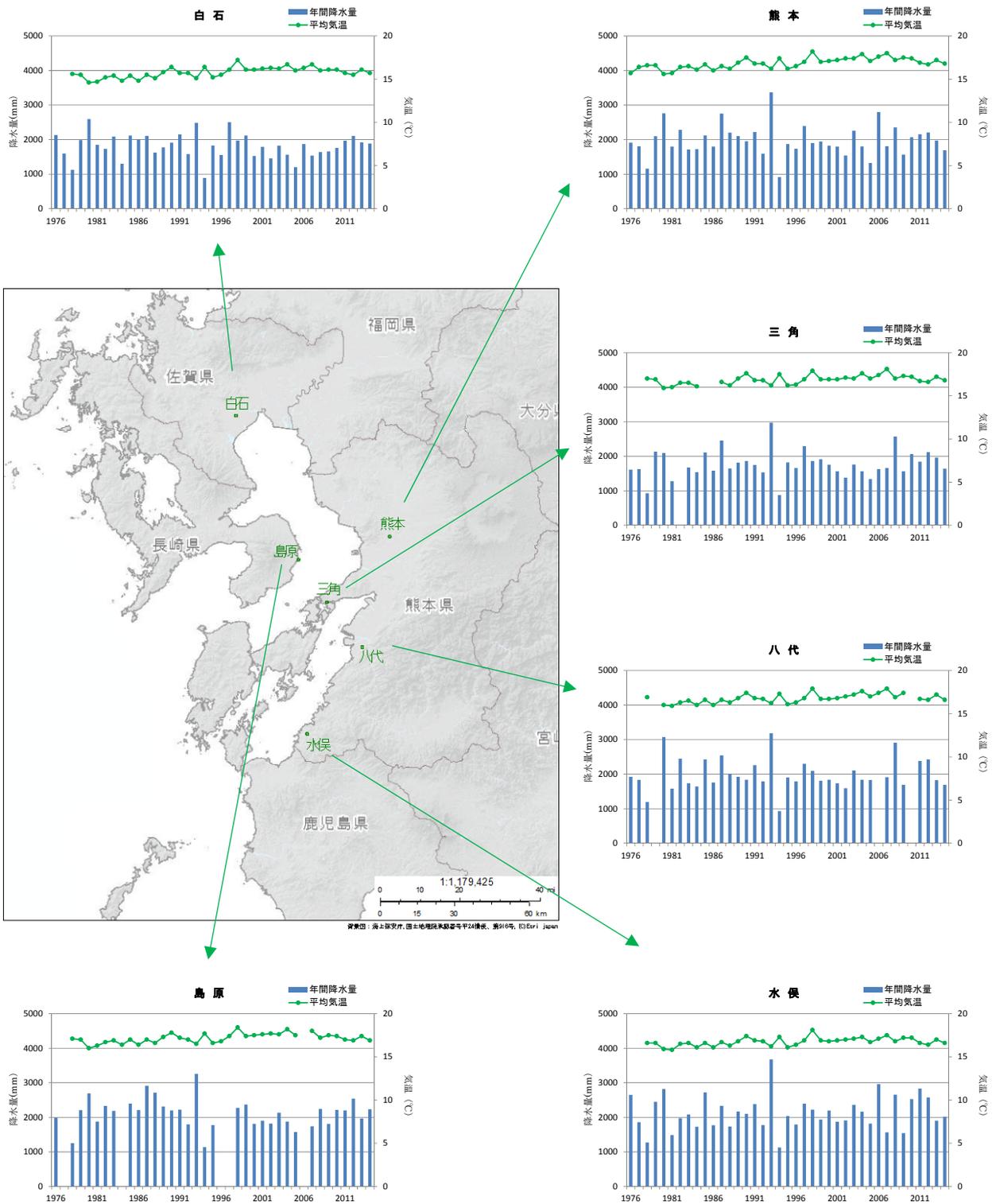
区分	目的	調査項目（当初）	調査の内容				
			平成 16 年度～	平成 18 年度～	平成 19 年度～	平成 22 年度～	平成 24 年度～
水塊構造調査	水温・塩分等の鉛直断面特性から、水塊構造の季節変化、経年変化を把握する。また、貧酸素水塊や赤潮の発生と水塊構造との関係を把握する。	有明海・八代海の湾軸方向にそれぞれ観測ラインを 1 ラインずつ設定し、水温・塩分等の鉛直分布を計測する。 <調査項目> 水質：水温、塩分、DO、pH、クロロフィル a、濁度、ORP 植物プランクトン：出現種類数、細胞数 動物プランクトン(H19～)：出現種類数、個体数 <観測機器> 多項目水質計	調査は各県が実施する浅海定線水質調査にあわせ、 <u>毎月の朔（新月）の頃に実施</u> 。ただし、8 月及び 2 月には大潮期・小潮期の 2 回調査を実施。 <調査地点> 湾奥から湾口へ向かう湾軸に沿ったラインでそれぞれ 10 地点、計 20 地点を配置。このうち、各湾それぞれ代表 3 地点で植物プランクトン調査を実施。 <調査方法> 全地点で水温・塩分等を計測（0.5m 毎）。植物プランクトンについては表層（0.5m）・中層（5.0m）・下層（海底面上 1.0m）の 3 層で採水し、同定・計数を実施。	同左	新たに <u>動物プランクトン</u> を調査項目に追加。 <調査地点> 植物プランクトンと同じ。 <調査方法> 植物プランクトンと同じ。出現種類数、個体数を計数。	水塊構造の平面的な広がりを把握するため、 <u>有明海に新たな調査ラインを設定し、調査は原則月 2 回（大潮期・小潮期）実施</u> （新設の有明東ラインは 5～9 月のみ調査を実施）。 <調査地点> 新設のライン上に新たに 8 地点を配置。このうち、代表 1 地点で植物・動物プランクトン調査を実施（図 2.2.1）。 <調査方法> 従来と同じ。	水塊構造の平面的な広がりを把握するため、 <u>八代海に新たな調査ラインを設定</u> 。 <調査地点> 新設のライン上に新たに 6 地点を配置。このうち、代表 1 地点で植物・動物プランクトン調査を実施（図 2.2.1）。 <調査方法> 従来と同じ。
流量・フラックス調査（断面流況調査）	環境特性によって区分したゾーンのうち、主要なゾーン境界での流量及び物質収支の季節変化を把握する。	有明海、八代海で、満潮時・下げ潮時・干潮時・上げ潮時に超音波式多層流速計を用いた航走調査を行うとともに、水質（栄養塩類）の分析を行う。 <観測機器> 流向・流速：超音波式多層流速計 水質：多項目水質計 <採水分析> 塩分、DO、pH、SS、濁度、クロロフィル a、無機三態窒素、PO ₄ -P、T-N、T-P、SiO ₂ -Si、COD	調査は年 4 回(6,8,10,2 月)を基本に、出来るだけ等潮となる中潮から大潮の時期に実施。 <調査地点> 有明海は湾奥部と湾口部の 2 ライン、八代海は湾奥部の 1 ラインを設定。 <調査方法> 調査ラインを航走しながら <u>満潮時・下げ潮時・干潮時・上げ潮時の 4 回</u> 、流況観測を実施。多項目水質計による水質の鉛直観測（項目は水塊構造調査と同様）を代表 5 地点で行うとともに、その内 3 地点では表層・中層・下層の 3 層で採水を行い、 <u>水質の分析</u> を実施。	調査内容の一部を変更し、流量及び水質の季節変動を目的とした断面流況調査として実施。 <調査時期及び頻度> 変更なし <調査地点> 調査ラインの変更なし。 <調査方法> 日出～日没までの可能な時間帯に流況観測のみ実施。水質は満潮時または干潮時に多項目水質計による水温・塩分の鉛直観測のみとした。	同左	定期環境調査としての実施を終了。	
底質・底生生物調査	底質・底生生物の分布及び経年変化を把握するために更なるデータを蓄積する。また、得られたデータから底質の変化と底生生物の増減との関係について把握する。	<調査項目> 底質：粒度組成、全硫化物、含水率、単位体積重量、強熱減量、T-N、T-P、COD、クロロフィル-a、ORP、(H21～)TOC 底生生物（マクロベントス）：出現種類数、個体数、湿重量	調査は年 1 回、底生生物の個体数が多くなる <u>春季（5 月下旬頃）</u> に実施。 <調査地点> 湾内代表海域での分布特性・経年変化を把握するため、環境特性の違いを考慮しつつ、 <u>有明海 10 地点、八代海 6 地点</u> の計 16 地点を設定。 <採泥方法> グラブ型表層採泥器による採泥。底生生物調査用試料については、1 地点あたり 10 回採泥(混合して 1 検体)。	同左	同左	八代海の御所浦周辺部で底質が悪化している可能性があること、赤潮の発生が多いことから、同地区に新たに <u>1 地点 (No.17)</u> を追加。 <調査地点> 有明海・八代海の計 17 地点（図 2.2.1） <調査方法> 従来と同じ。	同左
定点連続水質調査	水質の時間的変動を把握し、貧酸素水塊の発生の有無等について把握する。	有明海・八代海の両湾奥部に海洋環境整備船を係留し、流動、水質、採水による栄養塩・プランクトンの多層観測を実施する。 <調査項目> 流動：流向・流速 水質：水温、塩分、pH、濁度、DO、クロロフィル a、(H22～)ORP <観測機器> 流向・流速：超音波式多層流速計 水質：多項目水質計	水質の特徴が大きく異なる夏季と冬季の年 2 回（8 月、2 月）、大潮期に実施することを基本とし、夏季は日中の 12 時間、冬季は日中の 9 時間、可能な限り満潮～満潮、または干潮～干潮に実施。 <調査地点> 有明海・八代海の <u>両湾奥部のそれぞれ 1 地点</u> <調査方法> 流況は 15 秒毎に海面下 4m から以深 3 m 間隔で計測、水質は 1 時間毎に多項目水質計により 0.5m 毎に計測。また、2 時間毎に表層・中層・下層の 3 層で採水し、水質、植物プランクトンの分析を実施。	同左	同左	有明海での定点連続調査を終了。 八代海における貧酸素水塊の発生の有無、発生状況の基礎データを収集すべく、八代海での調査は貧酸素水塊が発生する可能性の高い <u>夏季に 2 回</u> 実施。 <調査地点> 八代海湾奥部の 1 地点（図 2.2.1） <調査方法> 従来と同じ。	球磨川河口部沖で水質の時間的変動や広がりを把握するために、 <u>新たな調査地点（1 地点）を設定し、「海輝」「海煌」の 2 隻の海洋環境整備船で、2 地点同時観測</u> を実施。 <調査地点> 八代海湾奥部の 2 地点（図 2.2.1） <調査方法> 従来と同じ。

3 気象・河川の状況

3.1 気象状況

有明海・八代海沿岸における気象として気温、降水量の年間値を図 3.1.1 に示す。また、調査期間中(平成 16 年度～平成 25 年度)における熊本气象台及び八代気象観測所における月別データの変化を図 3.1.2 に示す。

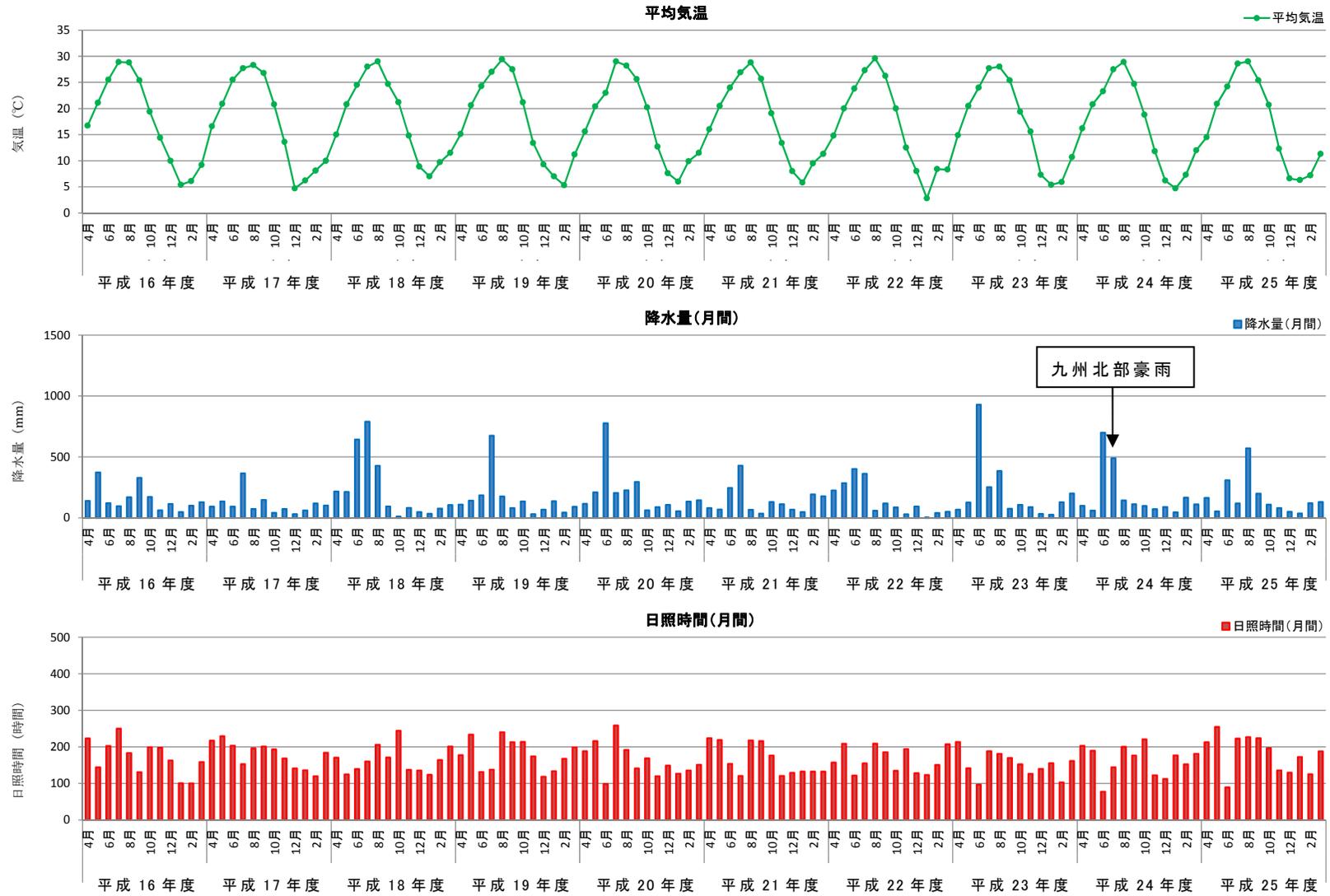
各年次とも、気温は 7 月、8 月が最も高く、降水量は 6 月、7 月に多い。日照時間は例年、梅雨時の 6 月を除く 5～9 月頃が長くなっているが、平成 16 年及び 17 年には、熊本气象台において、6 月でも月間 200 時間を超える日照が観測された。



注) 以下の地点・年度については、統計資料の不足等により欠測とした。
 白石：平均気温（1976-1977）
 三角：平均気温（1976-1977、1985-1986）、降水量（1982）
 八代：平均気温（1976-1977、1979、2010）、降水量（1979、2006、2010）
 水俣：平均気温（1976-1977）
 島原：平均気温（1977、1984、1996-1997、2006）、降水量（1996-1997、2006）

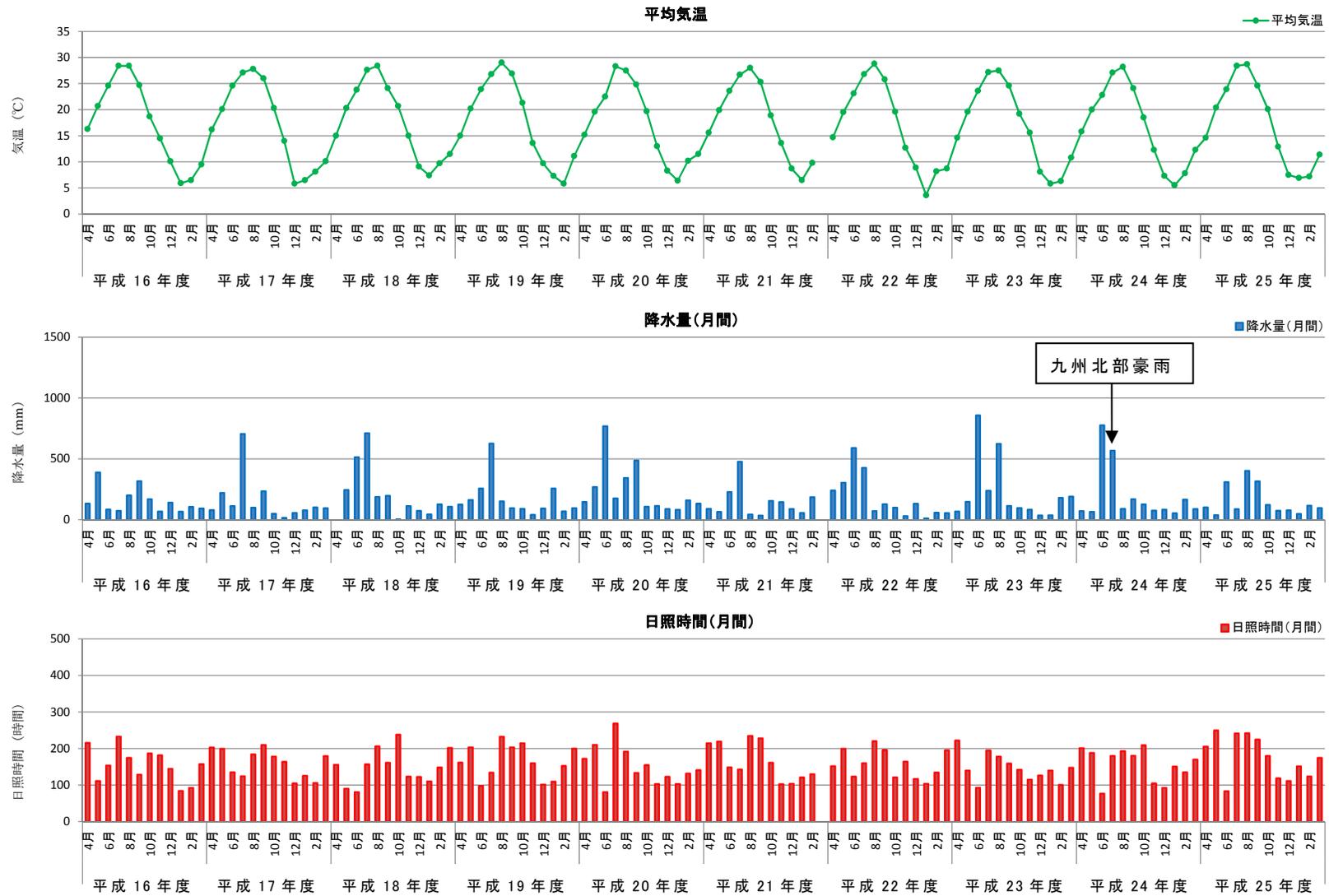
出典)「アメダスデータ」気象庁より作成

図 3.1.1 有明海・八代海沿岸の気象状況（年間値の経年変化）



出典)「アメダスデータ」気象庁より作成

図 3.1.2(1) 有明海・八代海沿岸の気象状況 (月別変化、熊本气象台)



注) 以下の年度については統計資料が不足している、または欠測のため対象外とした。

平均気温：2010年3月 降水量：2006年4月及び2010年3月 日照時間：2010年3月

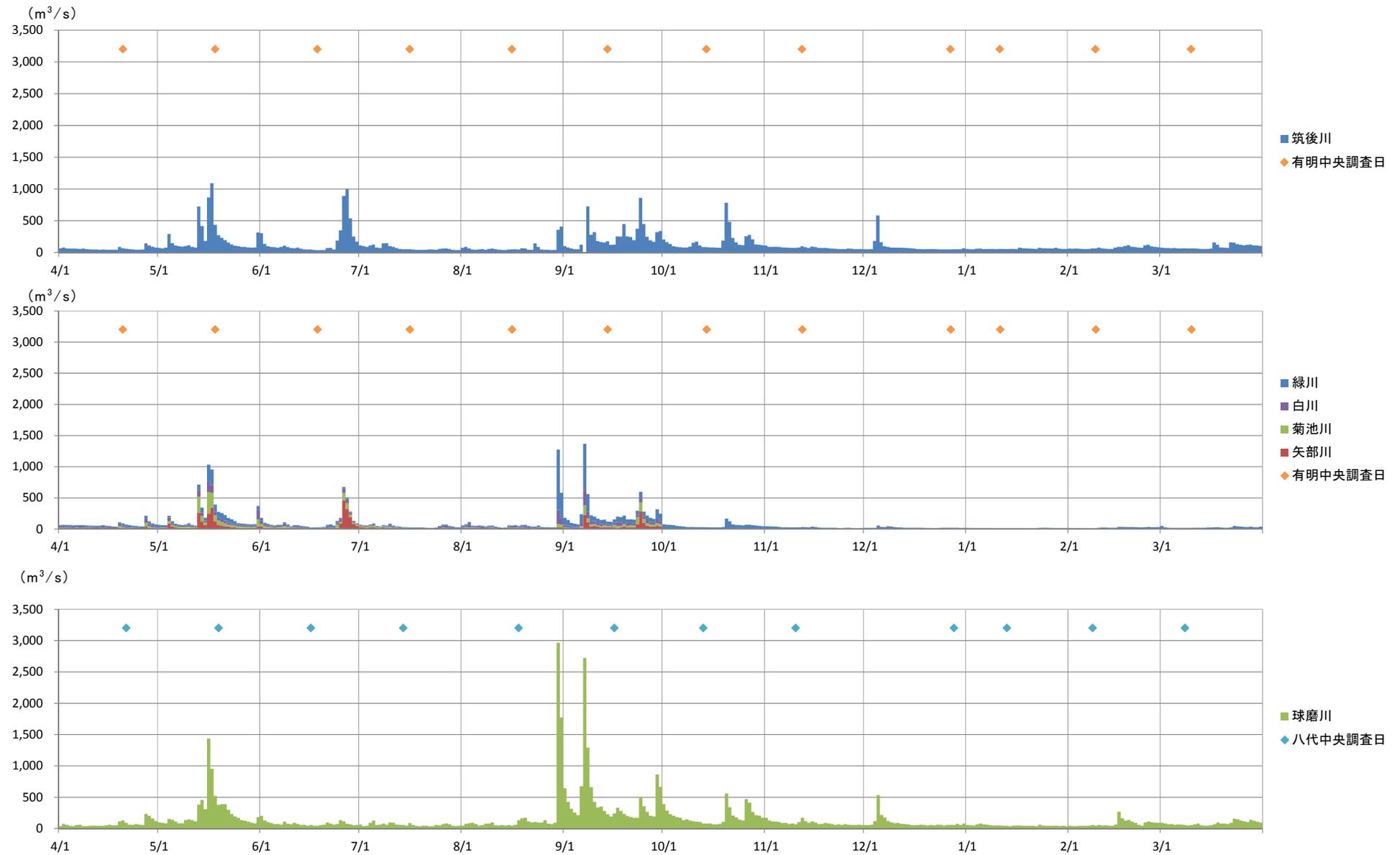
出典)「アメダスデータ」気象庁より作成

図 3.1.2(2) 有明海・八代海沿岸の気象状況 (月別変化、八代気象観測所)

3.2 河川の状況

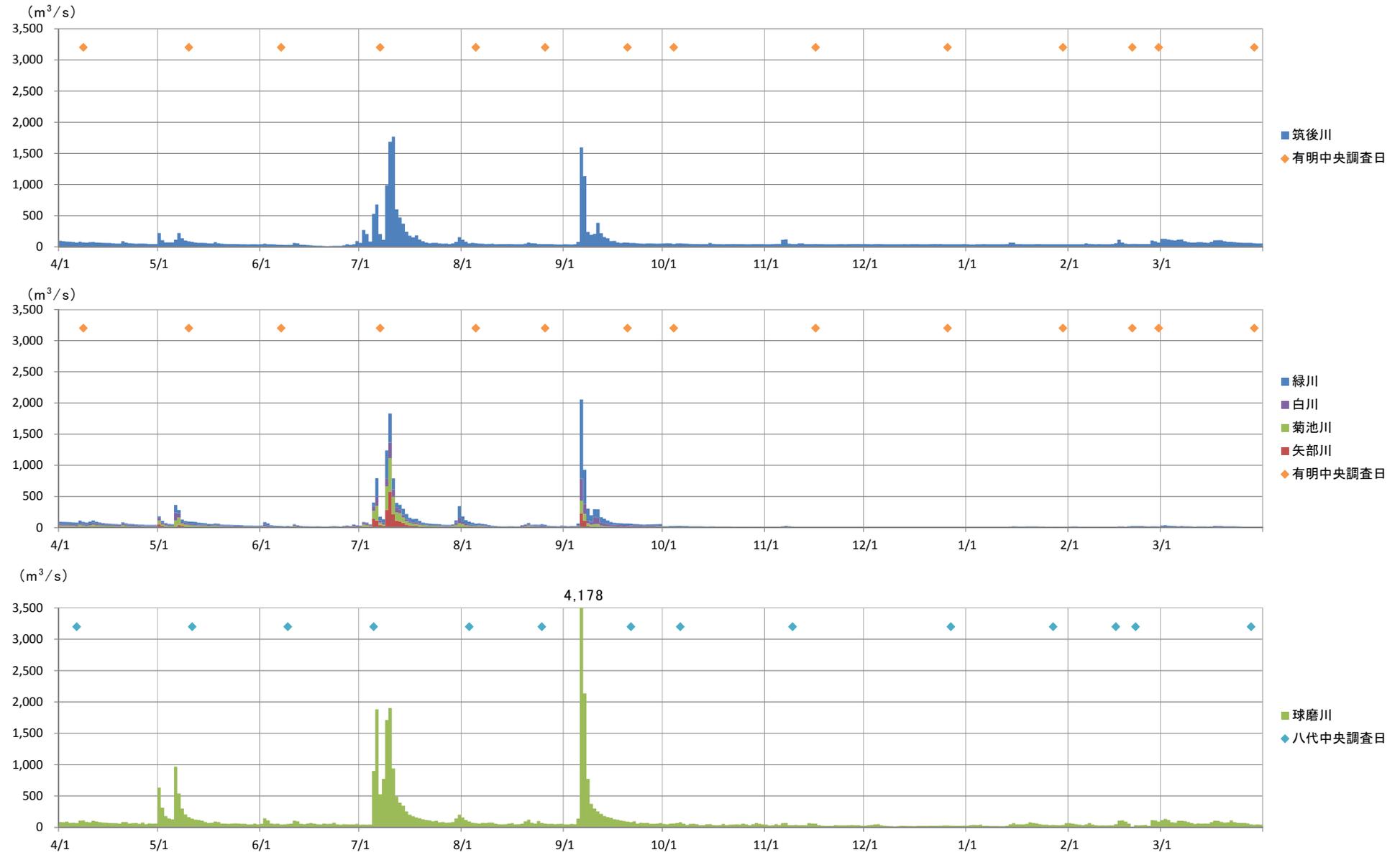
有明海及び八代海に流入する一級河川のうち、特に流量の多い筑後川、矢部川、菊池川、白川、緑川、球磨川について、平成16年度～平成25年度の日々の日流量を整理し、図3.2.1に示す。

また、平成24年7月の九州北部豪雨については、その詳細を参考として示した。



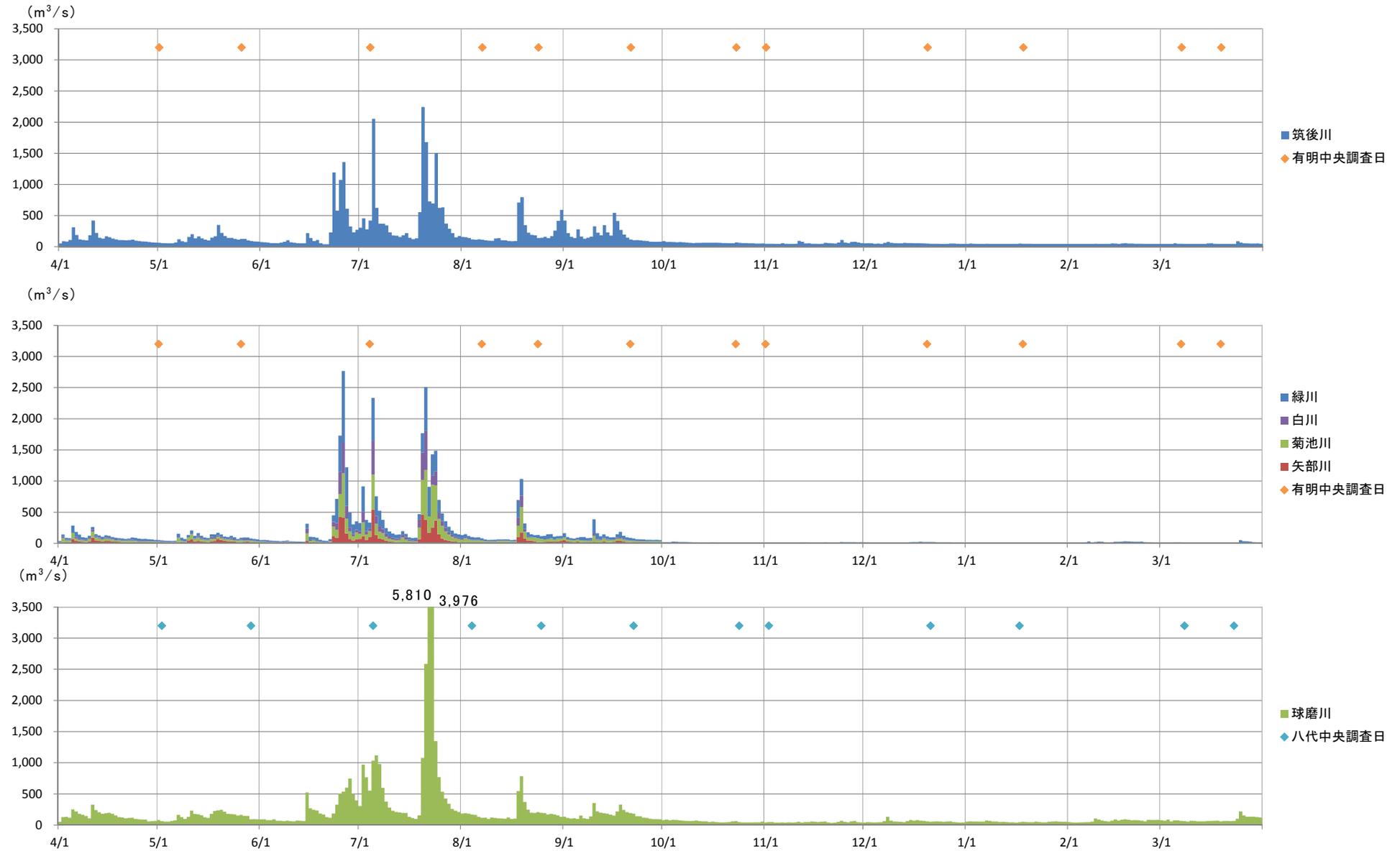
出典：国土交通省 水文水質データベースより作成

図 3.2.1(1) 主な一級河川の日流量(平成 16 年度)



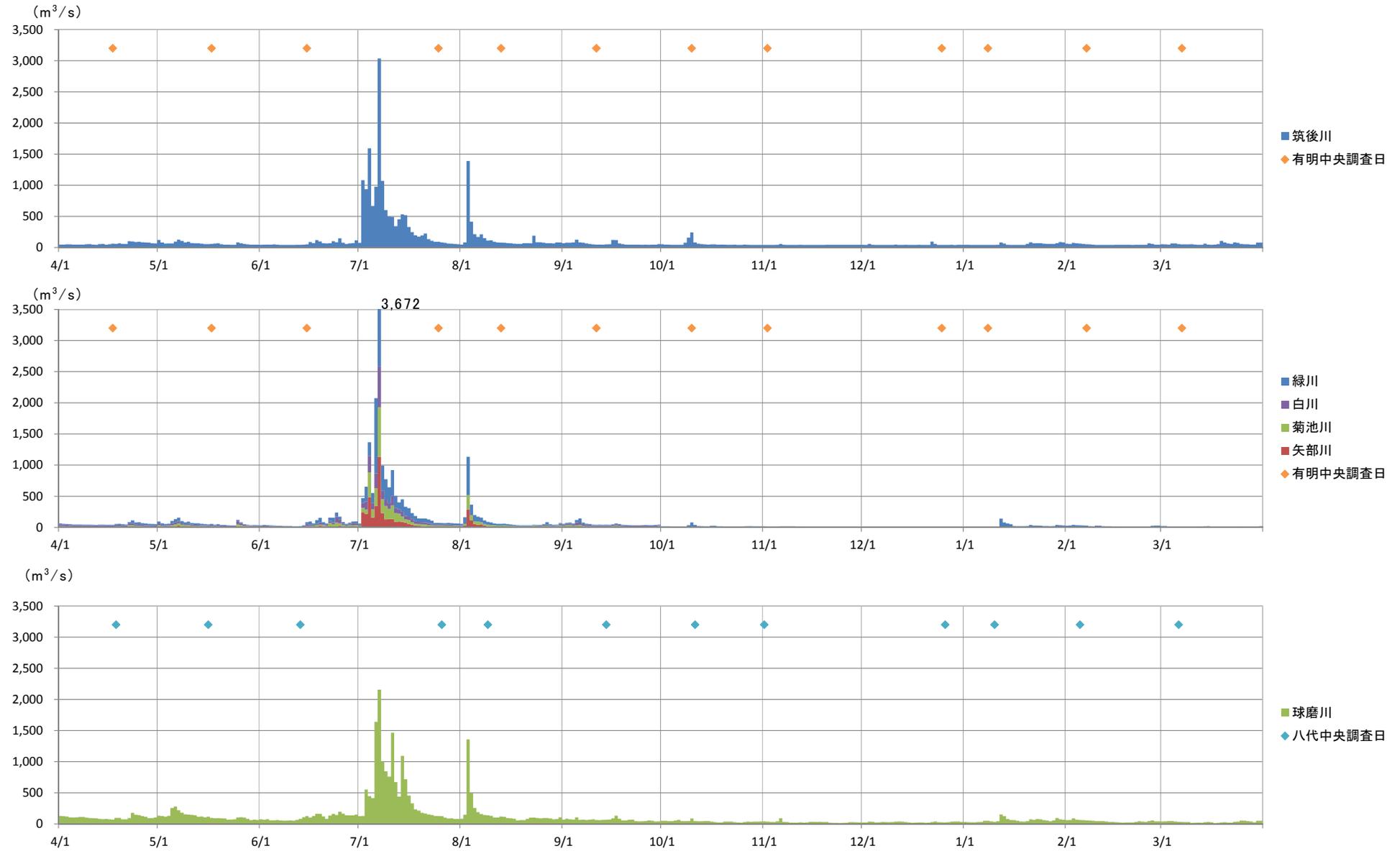
出典：国土交通省 水文水質データベースより作成

図 3.2.1(2) 主な一級河川の日流量(平成 17 年度)



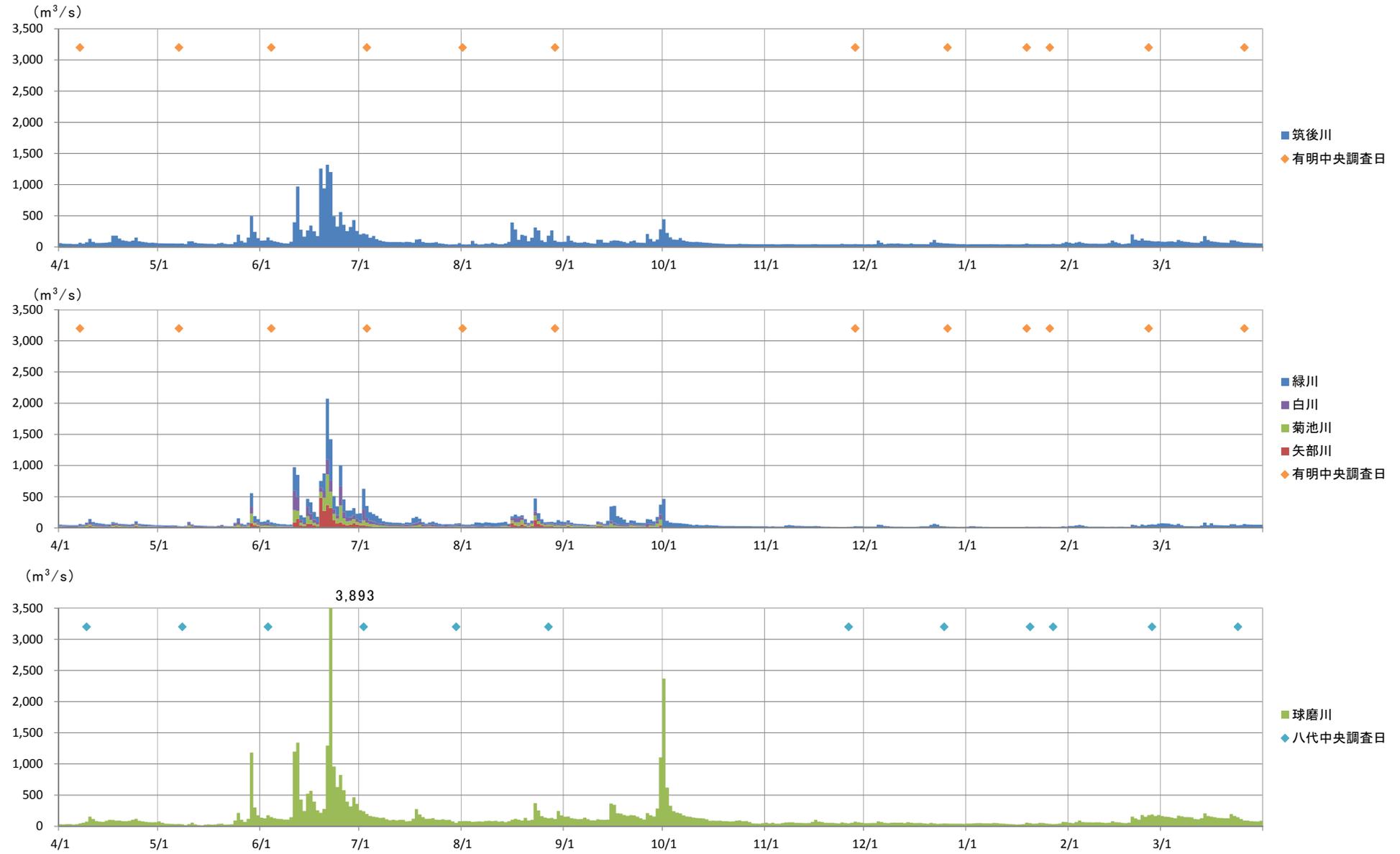
出典：国土交通省 水文水質データベースより作成

図 3.2.1(3) 主な一級河川の日流量(平成 18 年度)



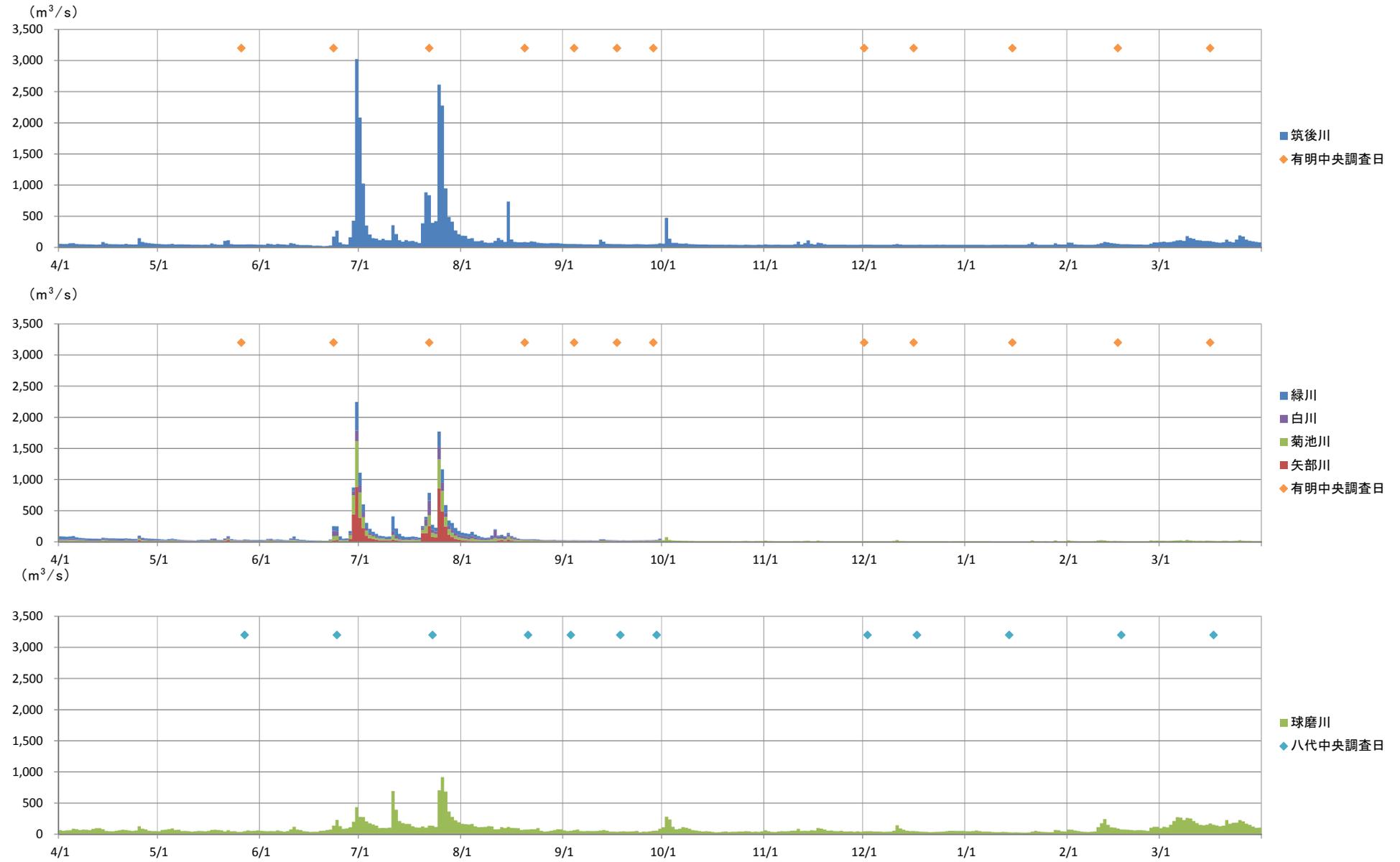
出典：国土交通省 水文水質データベースより作成

図 3.2.1(4) 主な一級河川の日流量(平成 19 年度)



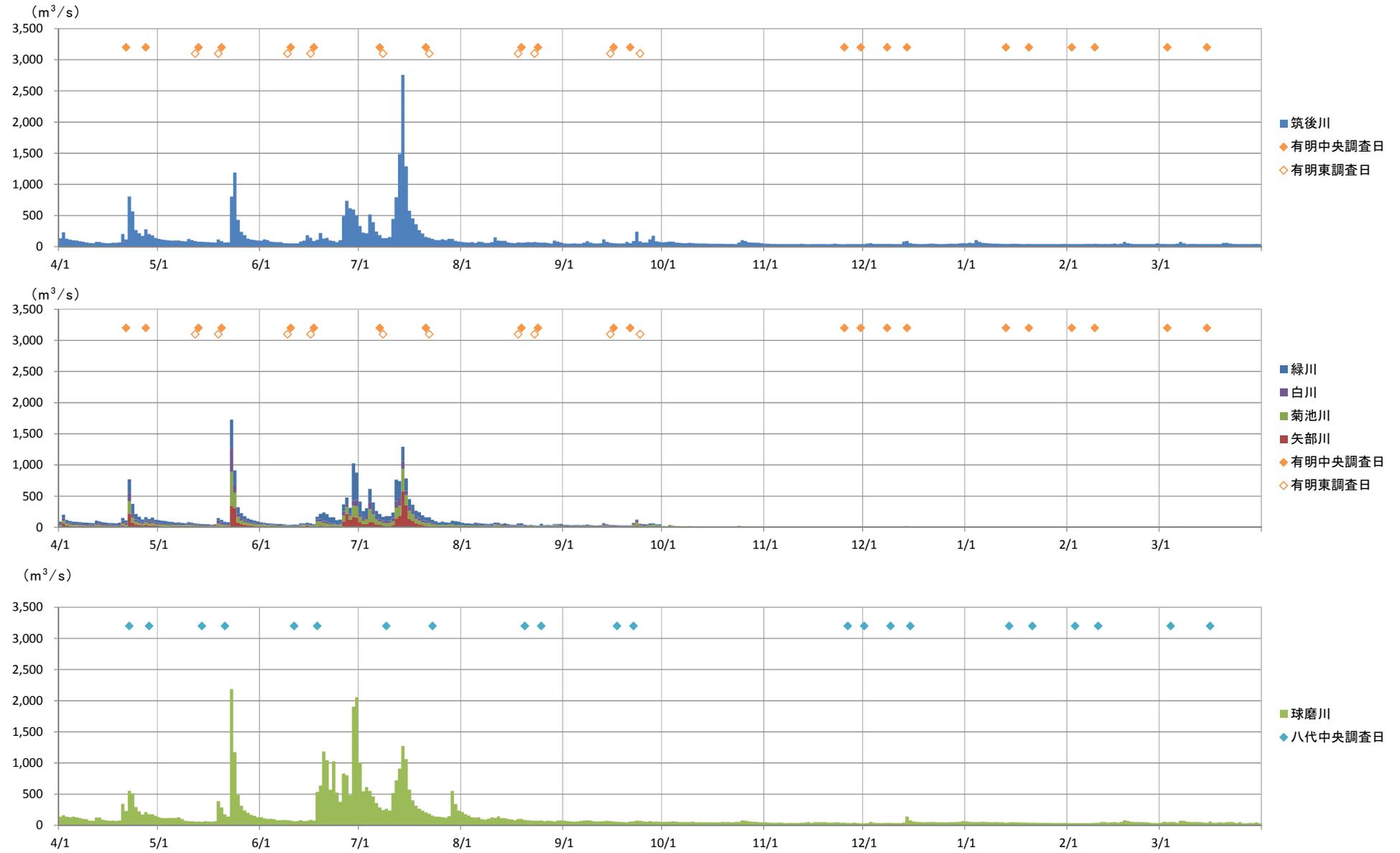
出典：国土交通省 水文水質データベースより作成

図 3.2.1(5) 主な一級河川の日流量(平成 20 年度)



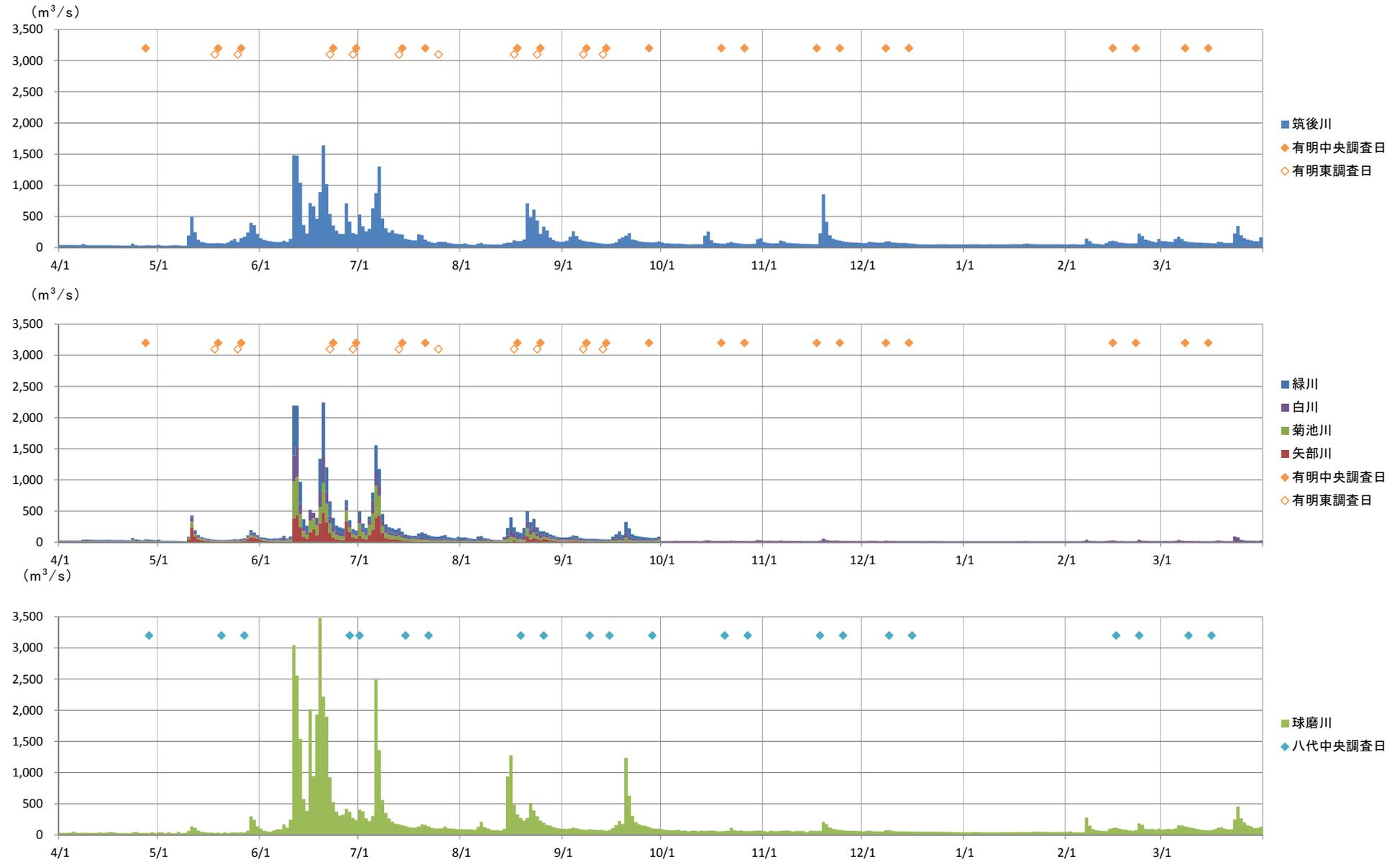
出典：国土交通省 水文水質データベースより作成

図 3.2.1(6) 主な一級河川の日流量(平成 21 年度)



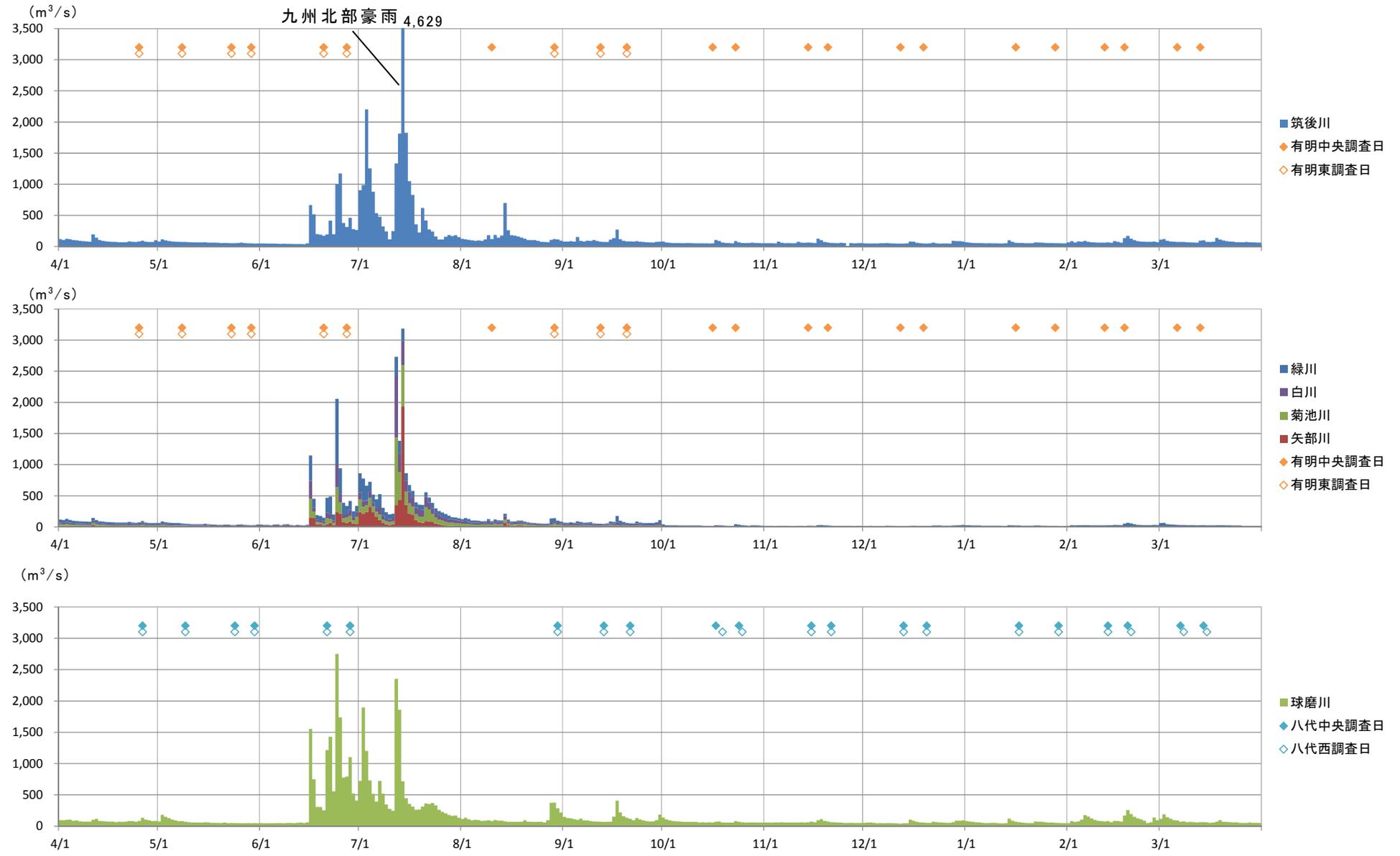
出典：国土交通省 水文水質データベースより作成

図 3.2.1(7) 主な一級河川の日流量(平成 22 年度)



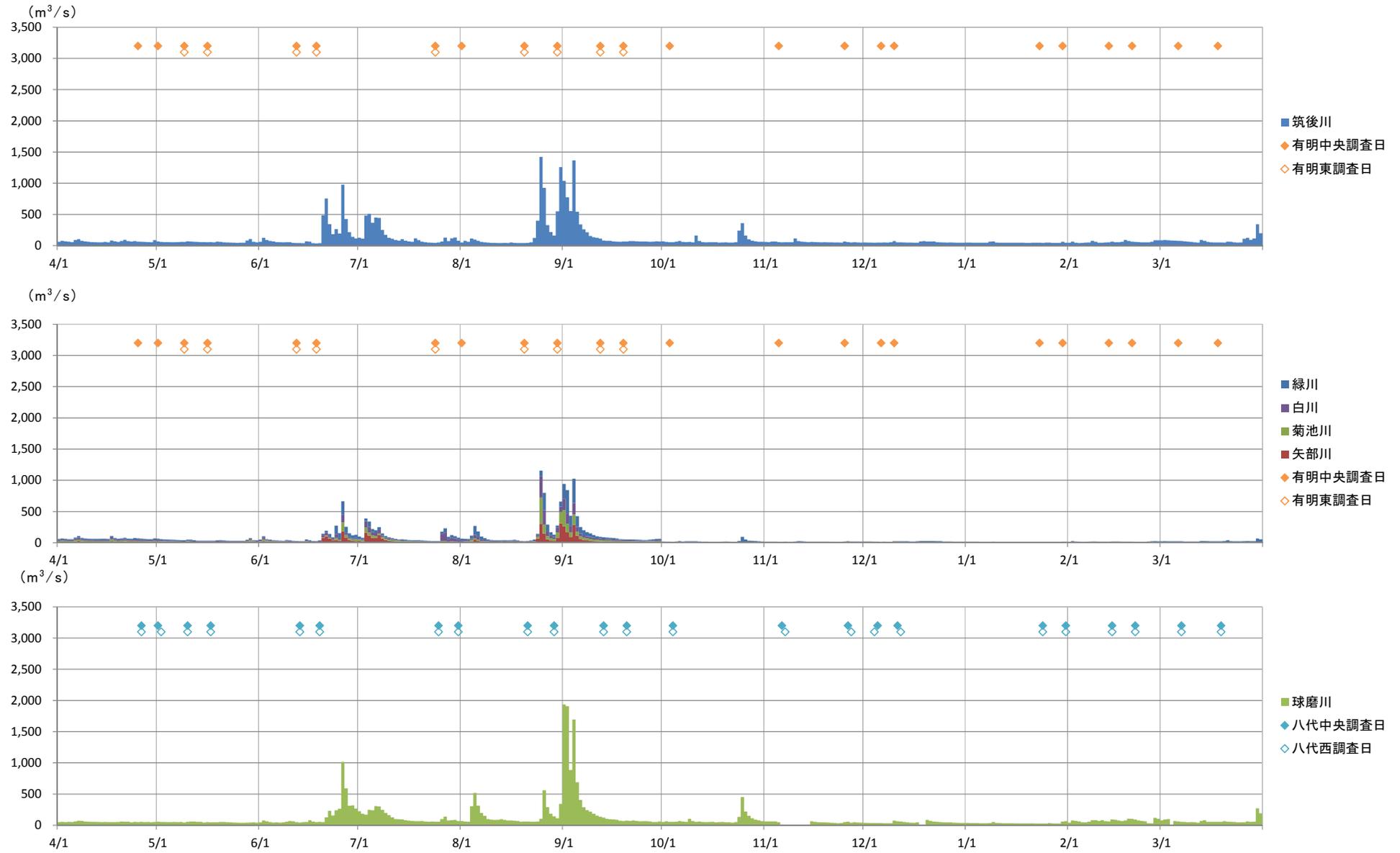
出典：国土交通省 水文水質データベースより作成

図 3.2.1(8) 主な一級河川の日流量(平成 23 年度)



出典：国土交通省 水文水質データベースより作成

図 3.2.1(9) 主な一級河川の日流量(平成 24 年度)



出典：国土交通省 水文水質データベースより作成

図 3.2.1(10) 主な一級河川の日流量(平成 25 年度)

【参考】平成 24 年 7 月 九州北部豪雨について³⁾

平成 24 年 7 月 11 日（水）から 14 日（土）にかけ、本州付近に停滞した梅雨前線に向かって南から湿った空気が流れ込んだ影響で、西日本から東日本にかけての広い範囲で大雨となった。特に九州北部地方では、断続的に雷を伴った非常に激しい雨が降った。

以下に、九州北部地方における降雨の概要等について示す。

●降雨の概要

〈7 月 12 日 2:00～6:00〉

7 月 12 日の深夜から早朝にかけて、九州中部の熊本県から大分県にかけて強い雨域がかかり、短時間に記録的な雨量を記録した。

◆菊池川水系合志川（平真城雨量観測所）

1 時間雨量：98mm(7/12 3:00～4:00) 観測史上最多

3 時間雨量：263mm(7/12 2:00～5:00) 観測史上最多

◆白川水系白川（坊中雨量観測所）

1 時間雨量：124mm(7/12 5:00～6:00) 観測史上最多

3 時間雨量：315mm(7/12 3:00～6:00) 観測史上最多

〈7 月 12 日 6:00～12:00〉

7 月 11 日深夜から 12 日にかけて九州中部で発達した強い雨域が南下、朝から昼過ぎにかけて球磨川流域に強い雨が降り、^{こうのせ}神瀬雨量観測所（球磨村神瀬）では、時間雨量 117 ミリという記録的な雨量を記録した。

〈7 月 13 日 13:00～16:00〉

7 月 13 日の昼から夕方にかけて、九州北部の佐賀県から福岡県にかけて強い雨域がかかり、短時間に記録的な雨量を記録した。

◆六角川水系牛津川（小城雨量観測所）

1 時間雨量：66mm(7/13 13:00～14:00)

3 時間雨量：168mm(7/13 12:00～15:00) 観測史上最多

◆六角川水系牛津川（西多久雨量観測所）

1 時間雨量：63mm(7/13 13:00～14:00) 観測史上最多

3 時間雨量：153mm(7/13 12:00～15:00) 観測史上最多

〈7 月 14 日 4:00～10:00〉

7 月 14 日の未明から昼頃にかけて、北部九州に強い雨域がかかり、短時間に記録的な雨量を記録した。

◆矢部川水系矢部川（黒木雨量観測所）

1 時間雨量：94mm(7/14 9:00～10:00) 観測史上最多

3 時間雨量：183mm(7/14 8:00～11:00) 観測史上最多

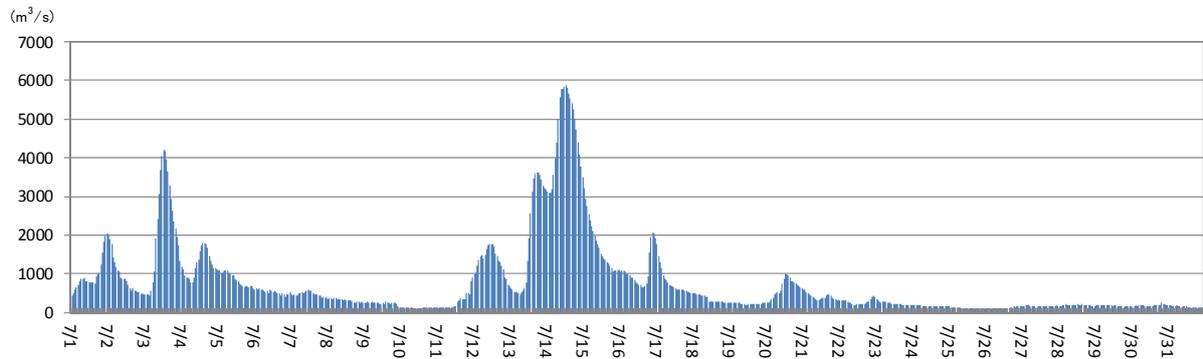
6 時間雨量：303mm(7/14 5:00～11:00) 観測史上最多

9 時間雨量：365mm(7/14 1:00～10:00) 観測史上最多

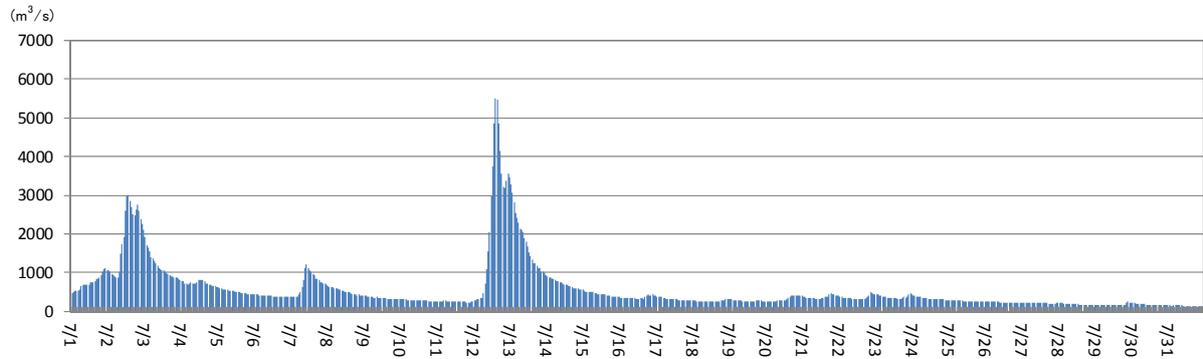
³⁾ 「九州北部豪雨による影響について」有明海・八代海等総合調査評価委員会生物・水産資源・水環境問題検討作業小委員会(第 2 回)資料を基に、速報値を確定値に修正

● 筑後川、球磨川の流量

⇒ 筑後川・瀬の下の流量（平成 24 年 7 月）



⇒ 球磨川・横石の流量（平成 24 年 7 月）



出典：国土交通省 水文水質データベース より作成

4 定期環境調査 10 年間のとりまとめ

4 章では、定期環境調査として実施してきた水塊構造調査結果、流量・フラックス調査結果、底質・底生生物調査結果、定点連続水質調査結果を整理した。

「4.1 水塊構造調査結果の概要」では、水温・塩分や成層の状況、植物プランクトンの経年変化を、「4.2 流量・フラックス調査結果の概要」では、流向・流速調査結果や平成 16 年度に行ったフラックスの計算結果を、「4.3 底質・底生生物調査結果の概要」では、底質、底生生物のそれぞれの経年的な変化や、底質-底生生物間の関係をそれぞれ整理した。また、「4.5 調査項目間の関連」では、それぞれの調査結果をもとに、貧酸素水塊の発生メカニズムや 10 年間の海域環境の変化についてまとめた。

4.1 水塊構造調査結果の概要

水塊構造調査結果では、平成 16 年度～平成 25 年度に実施された水塊構造調査結果について、(1)水温・塩分等の季節変化、(2)2 ラインにまたがった貧酸素水塊の発生の状況、(3)成層の状況と河川流量や貧酸素の状況等との関係、(4)水塊構造調査時に採集した植物プランクトンの経年的な変化について整理した。

このうち、「(1)季節変化」では、有明海・八代海の夏季及び冬季の水塊構造の特徴を提示し、「(2)有明海の 2 ラインにまたがった貧酸素水塊」では、海輝、海煌 2 隻の海洋環境整備船を用いた調査によって得られた広域にわたる夏季の貧酸素の状況等を提示した。また、「(3)成層の状況」では、水温・塩分等から得られた成層度の指標を用いて成層の強さを表現し、河川流量等との関係を整理した。「(4)プランクトン調査結果の概要」では、地点ごと調査年ごとの植物プランクトンの季節変化、優占種を整理した。

(1) 季節変化

水塊構造の季節変化の代表的な例を図 4.1.1、図 4.1.2 に示す。

有明海・八代海ともに、夏季は湾奥の表層を中心に高水温、低塩分の躍層が確認できた。このうち、水温による躍層は 7-8 月に、塩分による躍層は降水時期にもよるが、5-9 月を中心に確認できた。また、冬季は水温・塩分ともに平面的には湾奥部で低く、湾口部で高い傾向にあり、鉛直的には一様であった(図 4.1.1、図 4.1.2)。夏季は河川等からの淡水の流入や、河川水温・気温等の上昇により表層に低塩分高水温の躍層ができやすい状況にあり、冬季は淡水流入量が少なく、河川水温・気温も低いことから、鉛直的に一様になりやすい状況にあったと考えられる。

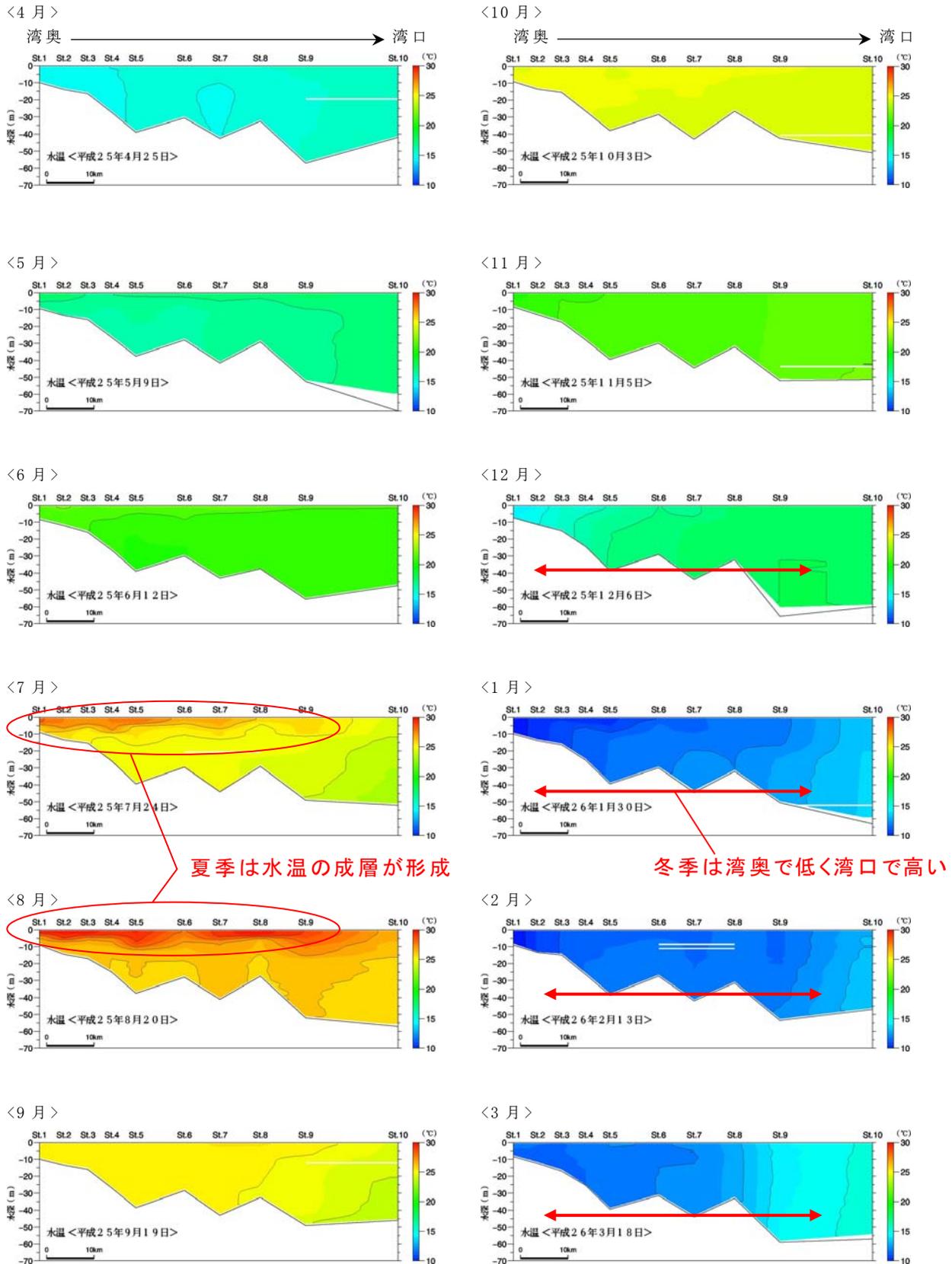


図 4.1.1(1) 水塊構造の季節変化 (水温/有明中央ライン/平成 25 年度)

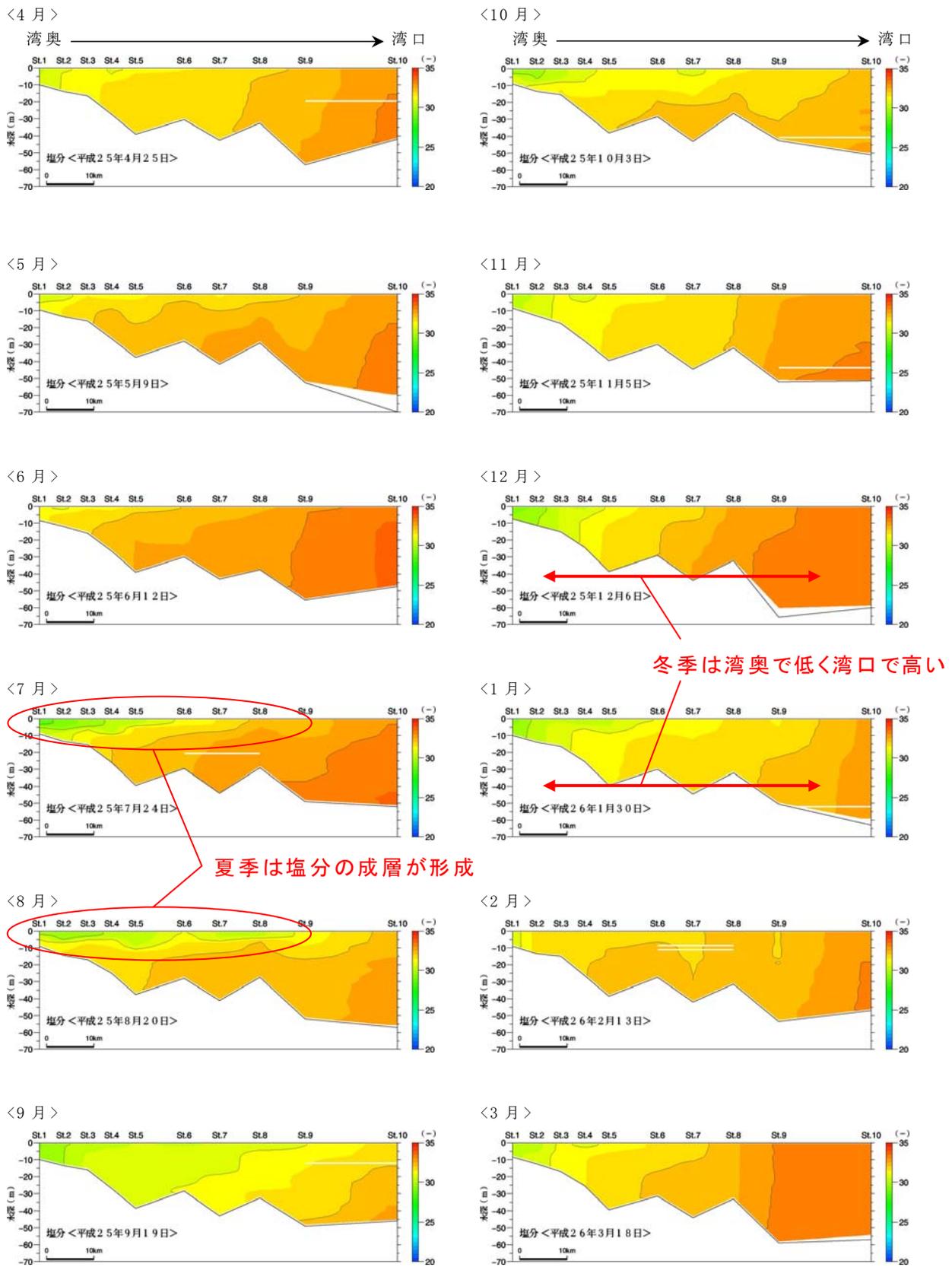


図 4.1.1(2) 水塊構造の季節変化 (塩分/有明中央ライン/平成25年度)

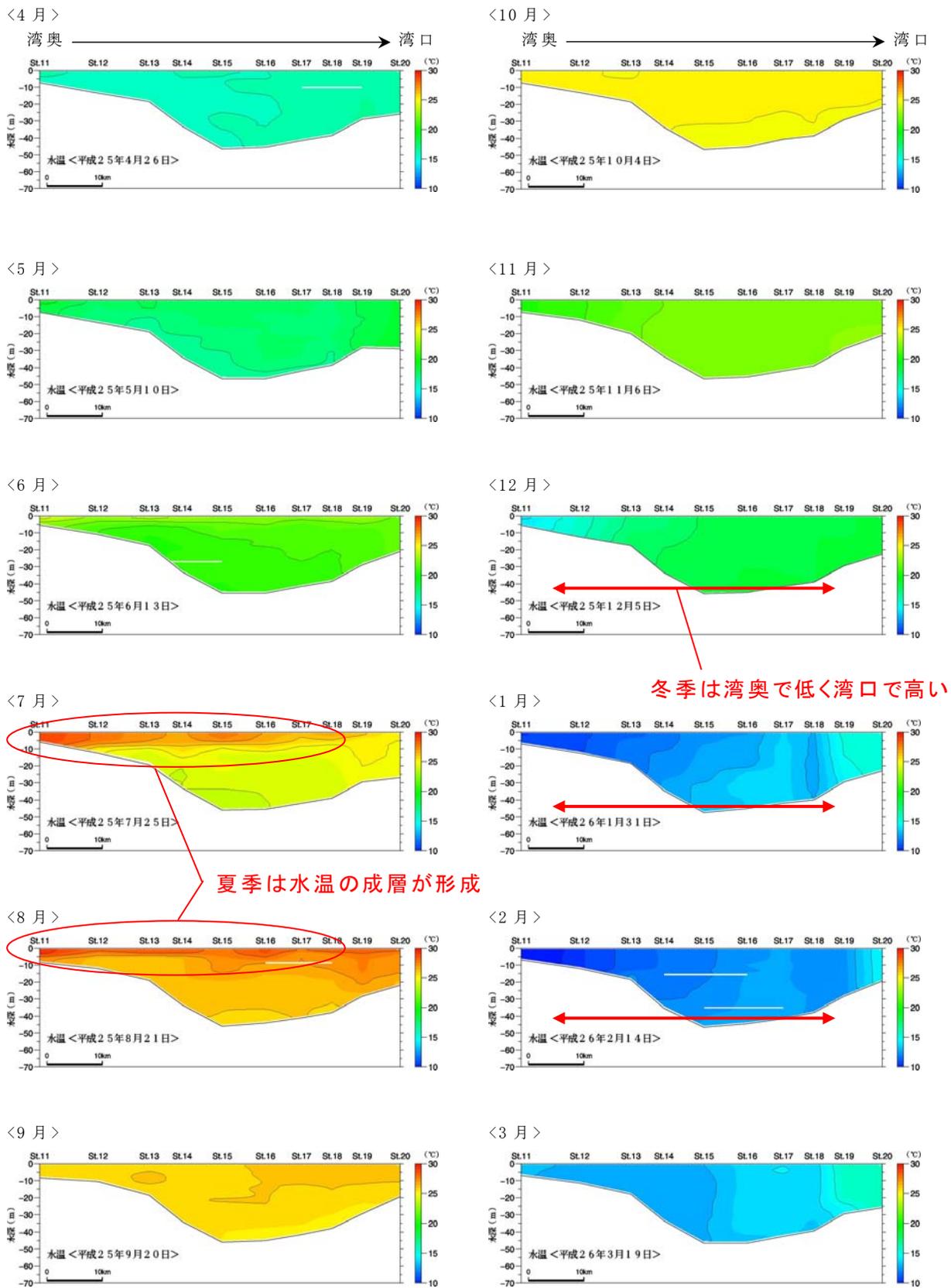


図 4.1.2(1) 水塊構造の季節変化 (水温/八代中央ライン/平成25年度)

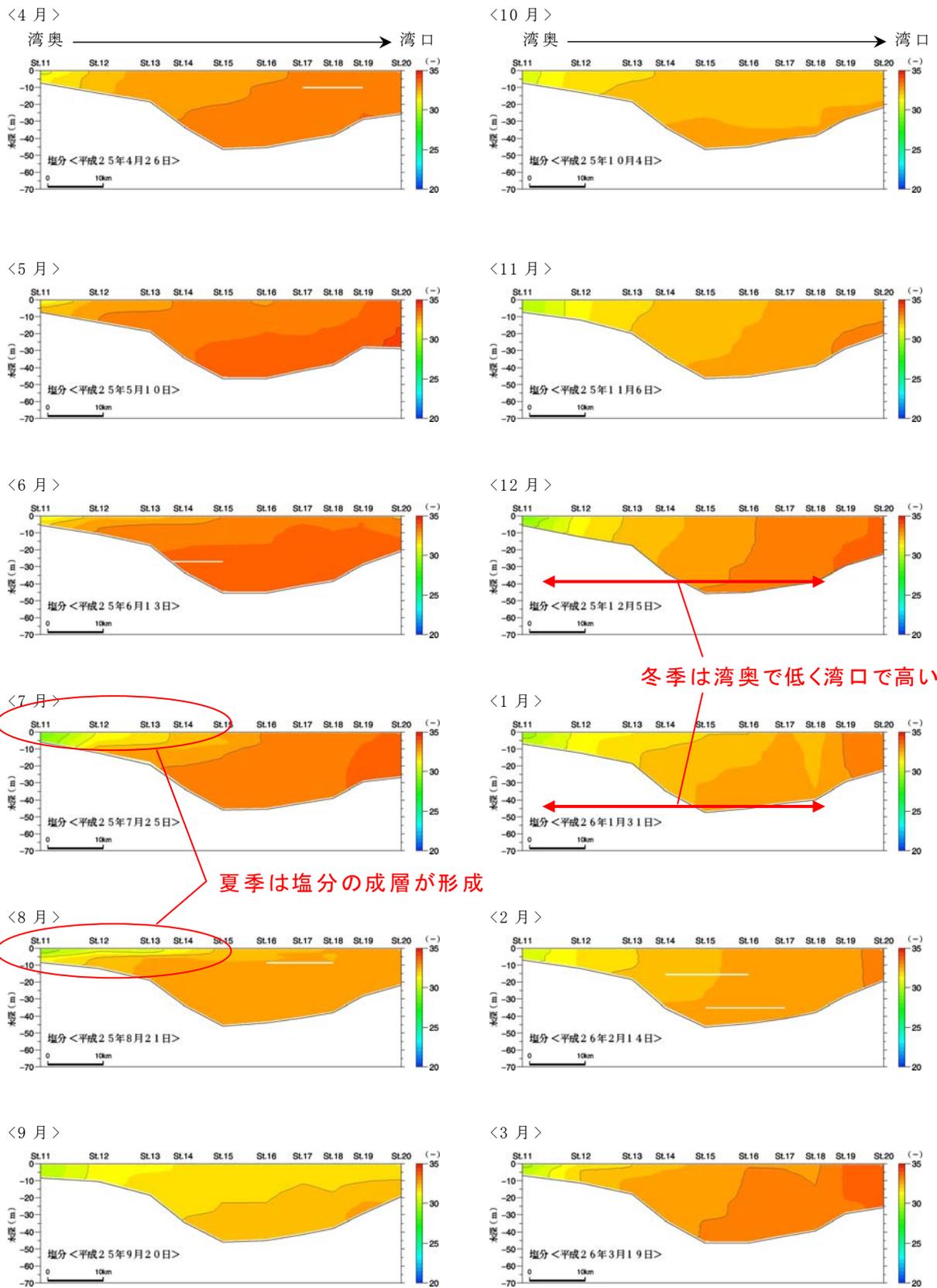


図 4.1.2(2) 水塊構造の季節変化 (塩分/八代中央ライン/平成25年度)

(2) 有明海の2ラインにまたがった貧酸素水塊

貧酸素水塊の広がりを図 4.1.3 に、熊本沖における貧酸素水塊の状況を表 4.1.1 に示す。

2隻体制の調査により、湾奥中央から東側にかけての有明海湾奥の水域で貧酸素水塊が分布していることが明らかとなった(図 4.1.3)。

熊本沖(St.25-26-27 周辺)においても貧酸素水塊が確認できた。いずれも湾奥にも貧酸素が発生した時期であることから、塩分躍層が起因したものと考えられるが、湾奥における貧酸素水塊とは存在する箇所が異なることから、熊本沖での発生メカニズムがあるものと推察できた(表 4.1.1)。

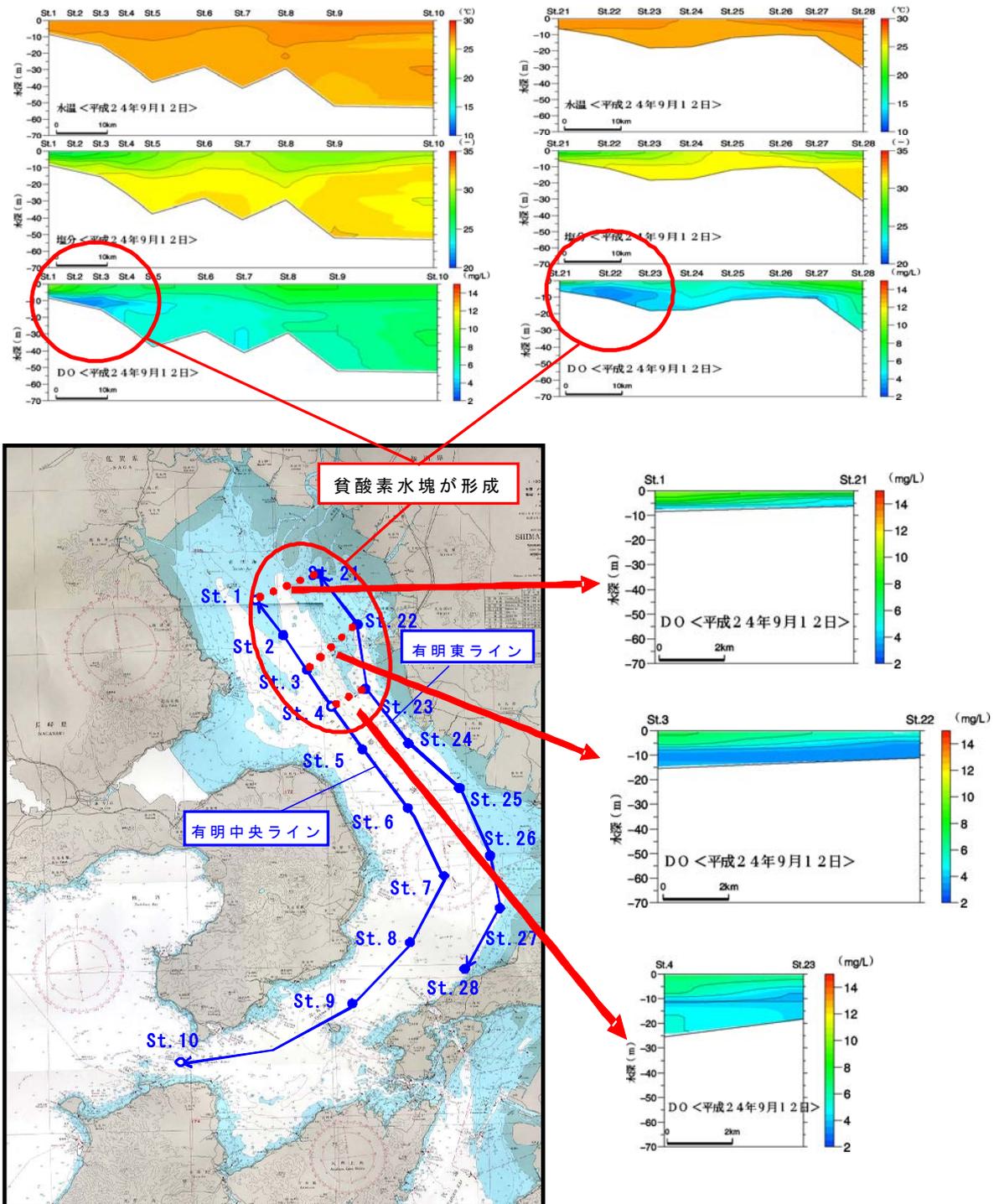


図 4.1.3 貧酸素水塊の広がり (有明海、平成 24 年 9 月 12 日)

表 4.1.1 熊本沖における貧酸素水塊の状況

年度	調査日	潮汐／潮時	有明東ラインの DO の分布
平成 22 年度	7/22	小潮期 下げ潮時	<p>DO <平成22年7月22日></p>
	8/18	小潮期 上げ潮時	<p>DO <平成22年8月18日></p>
	8/23	大潮期 下げ潮時	<p>DO <平成22年8月23日></p>
平成 23 年度	8/24	小潮期 上げ潮時	<p>DO <平成23年8月24日></p>
平成 24 年度	9/12	大潮期 下げ潮時	<p>DO <平成24年9月12日></p>
平成 25 年度	8/20	大潮期 下げ潮時	<p>DO <平成25年8月20日></p>

(3) 成層の状況

過年度の検討では、過去 10 年間の観測から観測結果の変化傾向や観測項目間の関連性などを、鉛直断面図によって定性的な評価を行ってきた。特に、有明海湾奥部での底層における貧酸素水塊の発生が知られていることから、DO と水温および塩分成層との関係性等に着眼した検討を行ってきた。一般的に、水柱が成層することによって鉛直的な DO 輸送が妨げられると、底層水への DO 供給速度が小さくなり、底層で貧酸素化しやすくなることが言われている⁴⁾。このことから、本検討では鉛直的な成層の強さを表す指標である成層度⁵⁾を用いることで、成層と成層化の要因との関係性を定量的に評価した。また、DO に関しては、表層の植物プランクトンの増殖により生産され、鉛直的な輸送によって底層へ運ばれるため、観測項目であるクロロフィル a との関係についても検討した。

成層度が決まる主な要因は、図 4.1.4 に示す①～④と考えた。

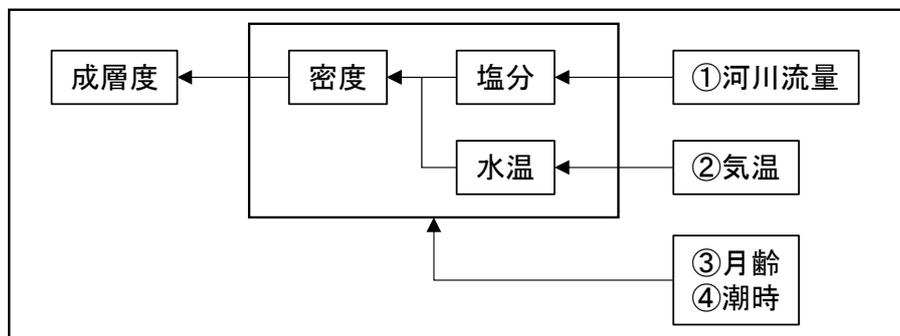


図 4.1.4 成層度と成層度が決まる主な要因との関係図

① 河川流量（塩分に影響）

河川水（低塩分水）が湾内へ流入し、海水の密度が変化することで、成層度が変化すると考えられる。

② 気温（気象状況等の変化による水温への影響）

気温などの気象状況の変化などを通して水温が変化し、海水の密度が変化することで、成層度が変化すると考えられる。

③ 月齢(大潮・小潮)

月齢が変わることで、一定時間内の潮位変動量が増減し、鉛直混合の強さと同時に成層度が変化すると考えられる。

④ 潮時

潮時が変わることで、海水が湾内へ流入および流出し、海水の密度が変化することで、成層度が変化すると考えられる。

なお、有明海の流れは主に潮汐、河川水、風によって駆動されているが、貧酸素化する夏季においては、風が弱くなり、流れに対する吹送流の寄与率が小さくなる

⁴ 速水祐一(2007):「有明海湾奥部の貧酸素水塊」, 海洋と生物, 173, 577-583

⁵ 柳哲雄・下村真由美(2004):「有明海における成層度の経年変動」, 海の研究, 13(6), 575-581

と考えられている⁶⁾。したがって、成層度と関連のある要因を定量的に評価するため、成層度と上記の 4 つの要因について解析を行った。また、貧酸素との関係についても議論するため、底層 DO と成層度についても解析を行った。

1) 成層度の算定

① 密度について

密度とは、水温、塩分、圧力から求められる値(ρ)を指すが、海洋では一般的に水温、塩分から求められる(σ_t)を密度として表すことが多い。よってここでは、 σ_t を用いた検討を行った。 σ_t は以下の式で表される。

$$\sigma_t = \rho(T, S, 0) - 1000$$

$$\begin{aligned} \rho(T, S, 0) = & \\ & + 999.842594 + 6.793952 \times 10^{-2}T \\ & - 9.095290 \times 10^{-3}T^2 + 1.001685 \times 10^{-4}T^3 \\ & - 1.120083 \times 10^{-6}T^4 + 6.536332 \times 10^{-9}T^5 \\ & + 8.24493 \times 10^{-1}S - 4.0899 \times 10^{-3}TS \\ & + 7.64380 \times 10^{-5}T^2S - 8.2467 \times 10^{-7}T^3S \\ & + 5.38750 \times 10^{-9}T^4S - 5.72466 \times 10^{-3}S^{1.5} \\ & + 1.02270 \times 10^{-4}TS^{1.5} - 1.6546 \times 10^{-6}T^2S^{1.5} \\ & + 4.83140 \times 10^{-4}S^2 \end{aligned}$$

ここで、T は水温、S は塩分を示す。

なお、 σ_t は塩分が 0~42、水温が-2~40℃、圧力が 0~10,000dbar の範囲で有効である。

⁶⁾ 松野健・中田英昭(2004):「有明海の流れ場を支配する物理過程」, 沿岸海洋研究 第 42 巻, 第 1 号, 11-17

② 成層度について

成層の強さについては、水柱のポテンシャルエネルギー S を成層度とし、その大小によって判断することとする。 S は以下の式で表される。

S が大きいほど水柱のポテンシャルが大きく、成層が発達していることを表す。一方、成層していても S が小さい水域では、弱い風などで容易に成層が破壊される。

$$S = \int_0^H |\rho(z) - \bar{\rho}| g dz$$

$$\bar{\rho} = \frac{1}{H} \int_0^H \rho(z) dz$$

ここで、 H は水深、 ρ は密度、 g は重力加速度、 z は深さ方向の座標を示す。

成層度のイメージを図 4.1.5 に示す。

なお、平均密度 $\bar{\rho}$ および平均密度の水深 η についても併せて整理した。

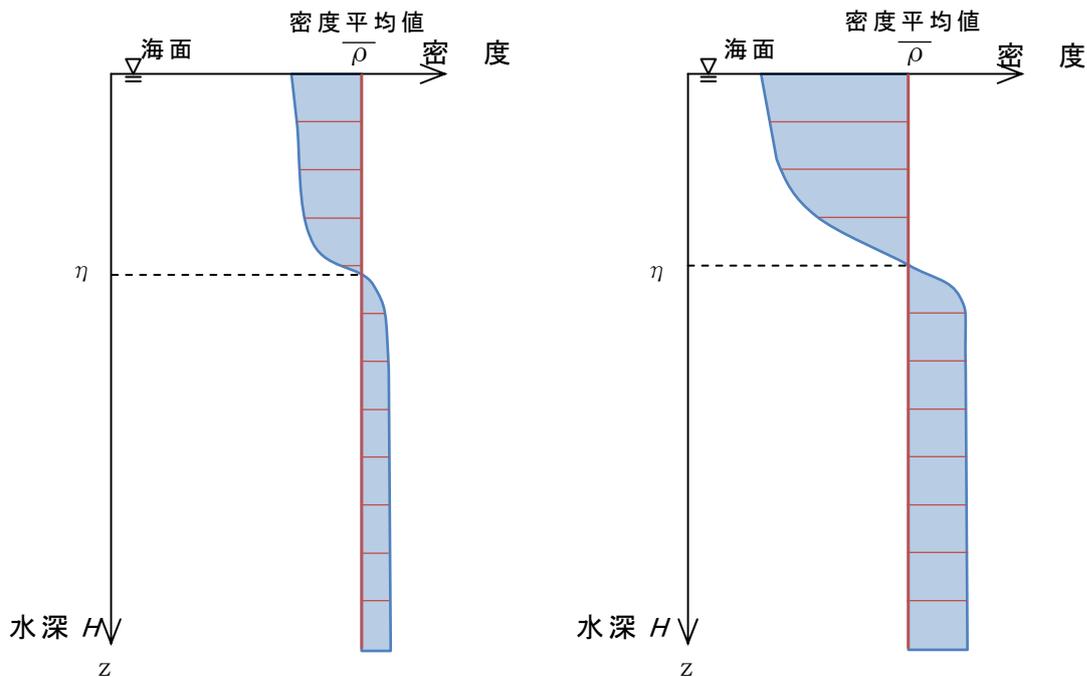


図 4.1.5 成層度のイメージ

2) 成層度等の時系列変化

成層度の時系列変化の中で、全年で最大値が最も高い測点であった有明中央ラインの St.5、八代中央ラインの St.15 の各項目（成層度、平均密度の水深 η 、平均密度 $\bar{\rho}$ および底層 DO）の時系列変化図を図 4.1.6 に示す（平成 22 年度から観測の有明東ライン、平成 24 年度から観測の八代西ラインについては資料編に示す）。また、後述する 1 級河川流量を合計した河川流量も同時に示している。なお、河川流量は水文水質データベース⁷⁾のデータを使用した。

※ 1 級河川は以下のとおりであり、流入位置は図 4.1.7 に示すとおりである（以降、同様）。

有明海：六角川、嘉瀬川、筑後川、矢部川、菊池川、白川、緑川

八代海：球磨川

- ✓ 成層度が比較的高い年は、平成 18 年、平成 22 年および平成 23 年である。
- ✓ 平成 16 年度～平成 25 年度における河川流量の年間総流量は、前半（平成 16 年度～平成 20 年度）に比べて、後半（平成 21 年度～平成 25 年度）のほうが多く、それに伴って成層度も後半で高い傾向が見られた。
- ✓ 成層度が高い時期は、どの海域においても各年の夏季である。
- ✓ どの海域においても成層度と河川流量との対応が明瞭であった。
- ✓ 平均密度の水深（ η ）は、有明中央ラインにおいては、河川流量と明瞭な対応が見られなかった。また、八代中央ラインでは夏季に η が小さくなる傾向が見られたが、成層度ほど明瞭な対応は見られなかった。
- ✓ 平均密度（ $\bar{\rho}$ ）は、夏季に低下し冬季に上昇する明瞭な季節変化を示したが、河川流量の多寡に応じた年ごとの変動についてはあまり明瞭でなかった。

⁷⁾ <<http://www1.river.go.jp/>>

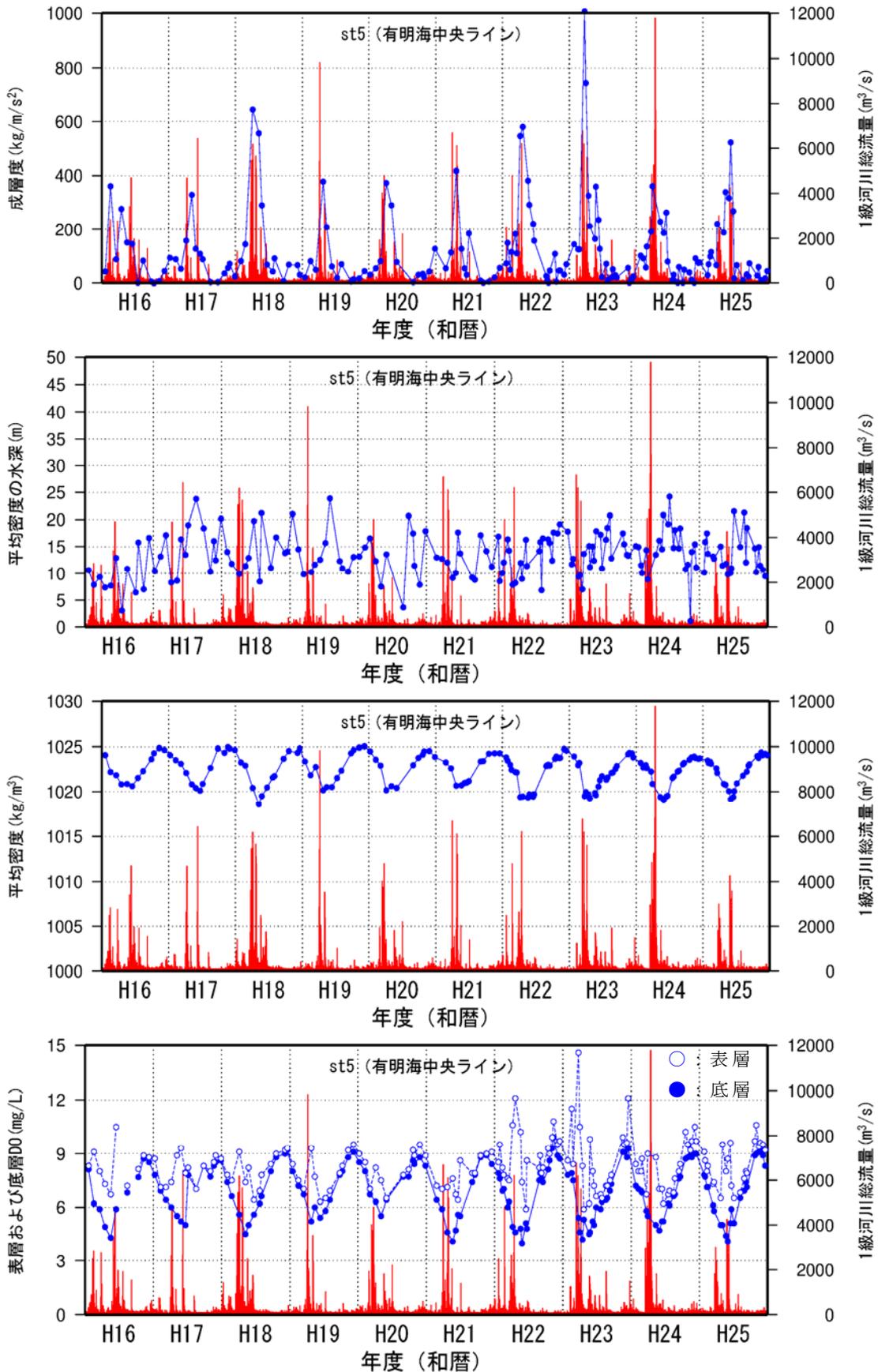


図 4.1.6(1) 各要因 (青) と 1 級河川総流量 (赤) の時系列変化 (有明中央ライン、St.5)

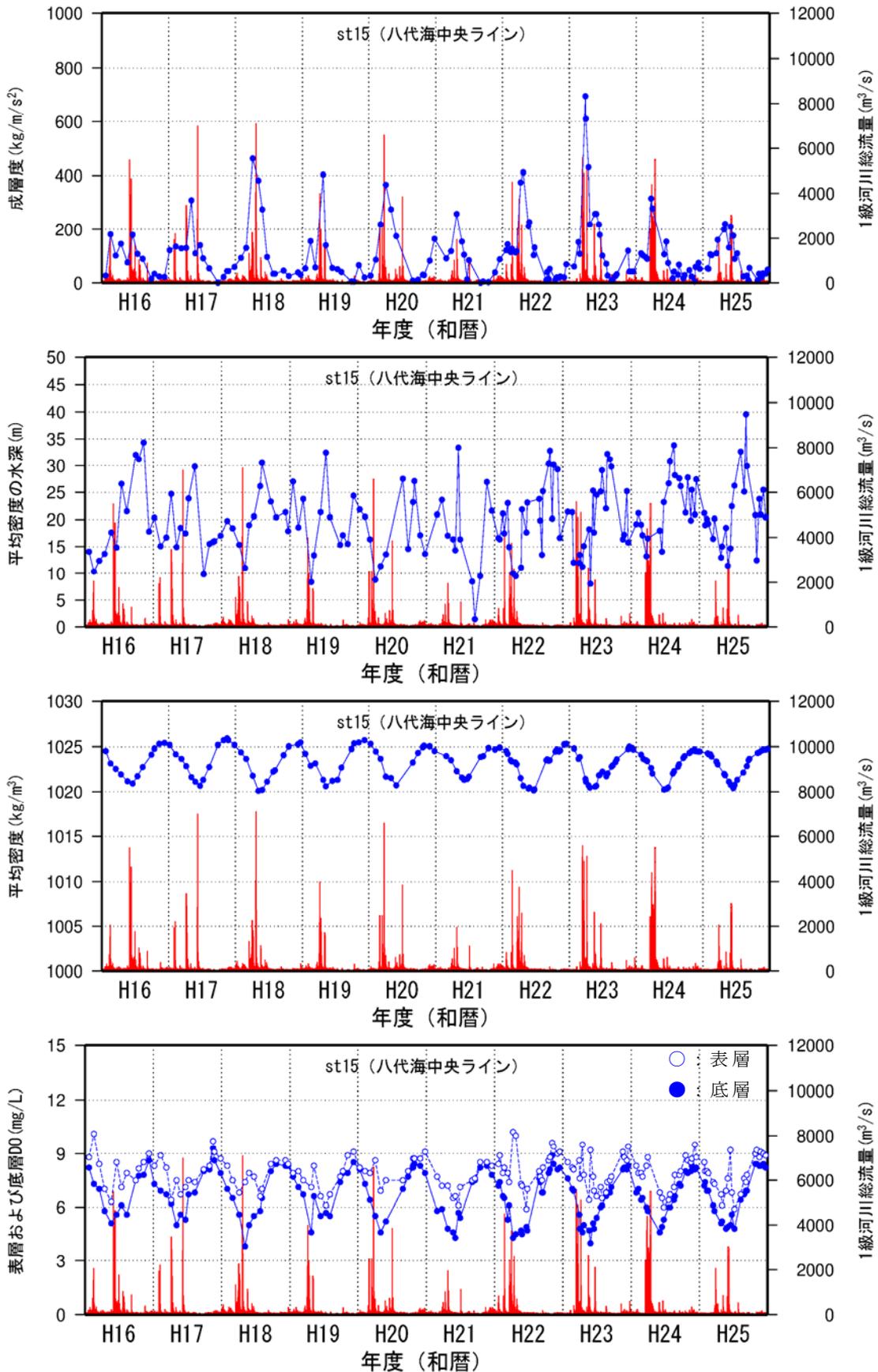


図 4.1.6(2) 各要因 (青) と 1 級河川総流量 (赤) の時系列変化
(八代中央ライン、St.15)

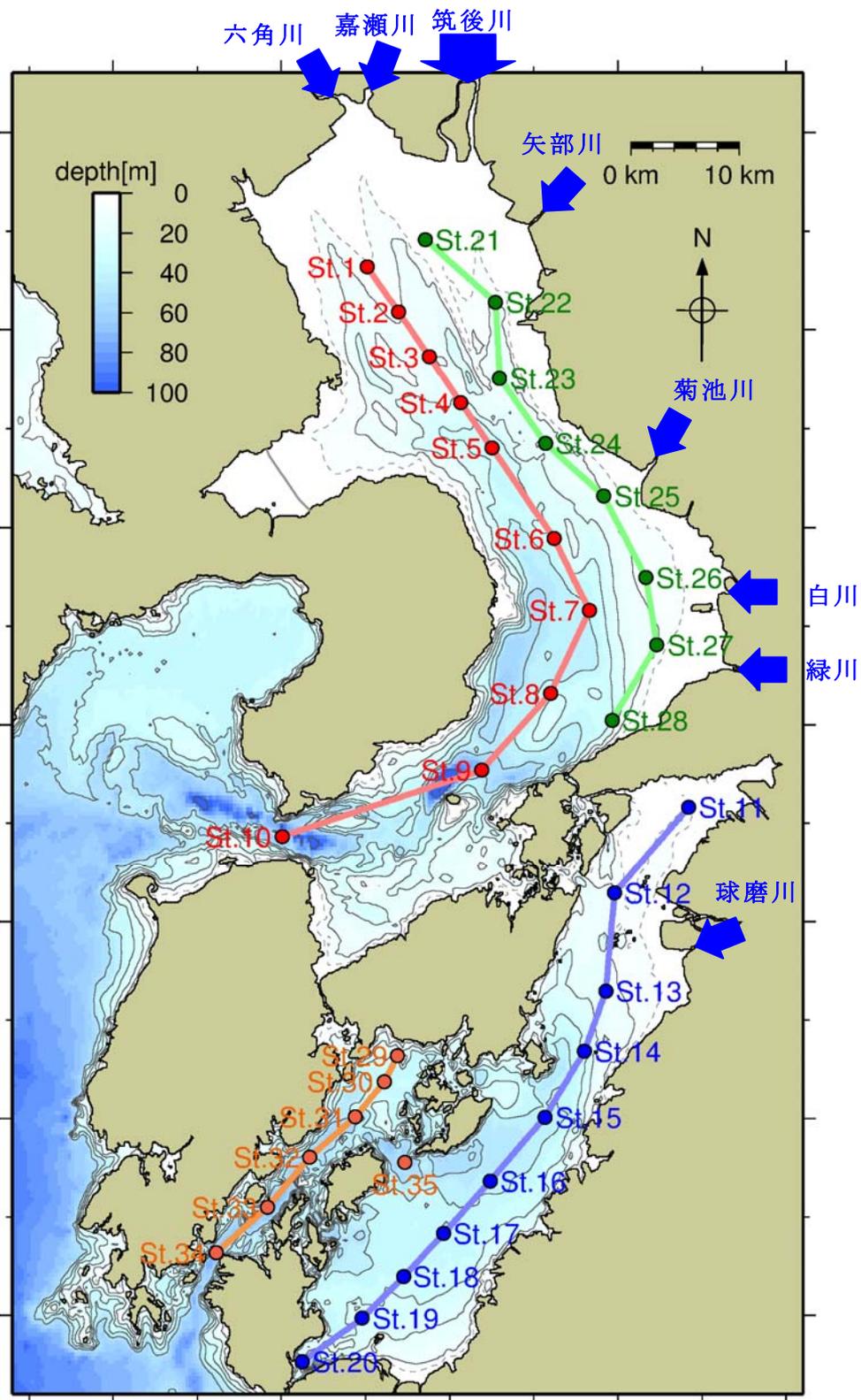


図 4.1.7 1級河川の流入位置

3) 成層度と各要因との解析

成層度と図 4.1.4 で示した各要因との直接的な関係について検証するため、成層度と各要因との相関解析を行った。また、全観測期間データ以外に、月齢別・潮時別および季節別によって変化する相関関係を検討するため、月齢別・潮時別データおよび季節別データに分類した後に解析し、データ間の違いを検討した。

なお、有明東ラインおよび八代西ラインのデータは、データ数が少なく不均一であったため、有明中央ラインおよび八代中央ラインについて解析した。

① 全観測期間データによる成層度と各要因との解析

ア. 成層度と積算河川流量との解析

成層度と河川流量の時系列変化から明瞭な関係が見られたため、成層度と河川流量との相関解析を行った。河川流量については、積算河川流量を算定し用いた。なお、成層度および積算河川流量に関して、下記に示すとおりの手順でデータ処理を行った。

1. 月次データに変換、同月のデータは平均処理を行った
2. 欠損値には、積算河川流量に関しては平年値を、その他の項目に関しては線形補間した値を代入
3. 季節変動成分、トレンド成分および残差成分に分解
$$\text{data} = \text{seasonal} + \text{trend} + \text{remainder}$$
 (図 4.1.8 および図 4.1.9)
4. 残差成分を用いて相関解析

積算日数は以下の 8 通りである。

積算日数：0 日（積算無し）、5 日、10 日、15 日、20 日、25 日、30 日、35 日前

算定した各積算河川流量と成層度との相関係数を算定した結果を図 4.1.10 および図 4.1.11 に、相関図を図 4.1.12 に示す。図 4.1.10 の各地点における相関係数の算定結果から以下の特徴が示された。なお、以下で議論する相関係数はいずれも $p < 0.05$ で有意であった。

- ✓ 相関係数の最大値は多くの測点で 0.7（決定係数で 0.49）以上と、積算河川流量との相関関係が非常に高い。これは、成層度の変動の 49%以上が積算河川流量で説明できることを示している。
- ✓ 各測点ごとの相関係数の最大値の傾向は、以下のとおりである。
 - ・湾奥の地点ほど積算日数が短く、湾口の地点ほど積算日数が長い。
 - ・有明中央ラインでは、積算日数が概ね 5 日～20 日
 - ・八代中央ラインでは、積算日数が概ね 10 日～35 日
- ✓ 八代中央ラインの測点 St.13 および St.14 では、球磨川の河口に近く、河川流入の影響を最も受けやすいため積算日数が短くなったと考えられる。

塩分成層が卓越した例を図 4.1.13 に示す。

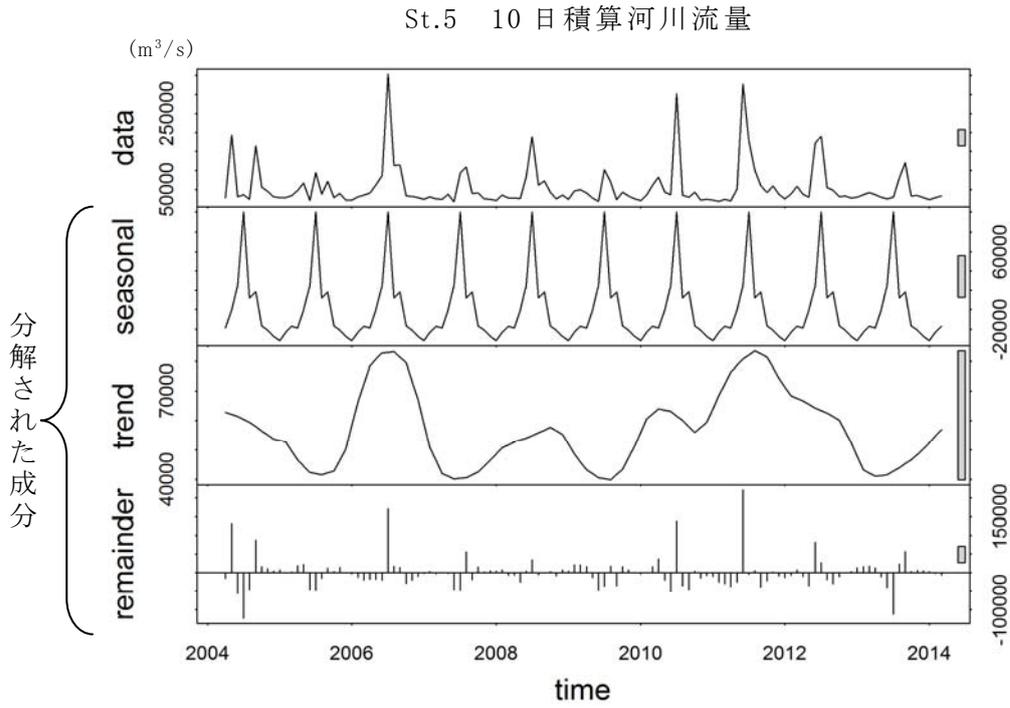


図 4.1.8 10日積算河川流量と分解した成分 (St.5)

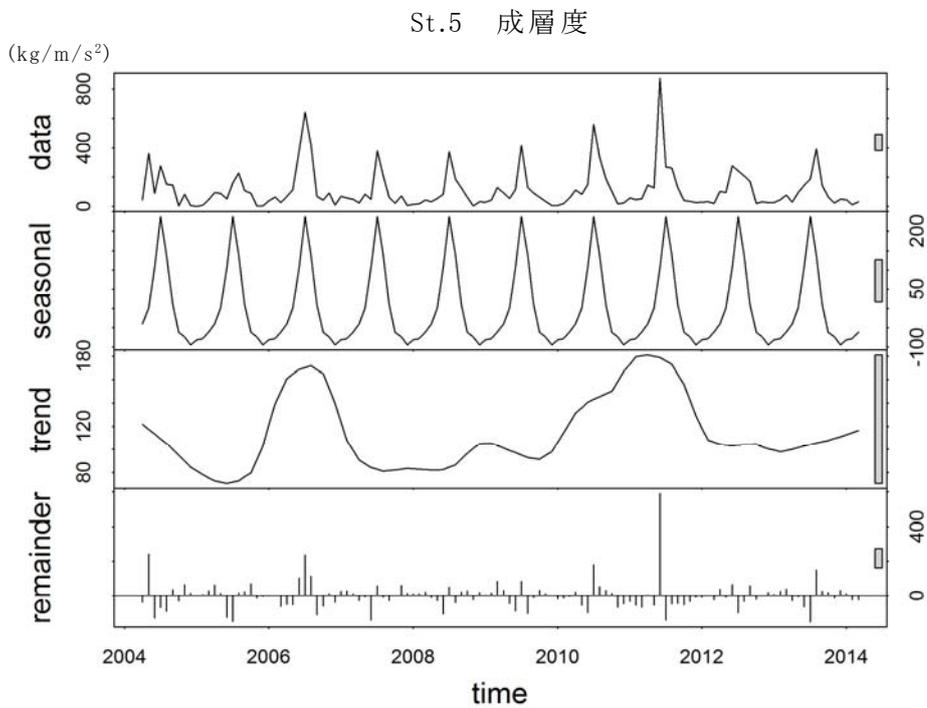


図 4.1.9 成層度と分解した成分 (St.5)

海域	St.	河川流量の積算日数(日)							
		0	5	10	15	20	25	30	35
有明中央 ライン	1	0.43	0.81	0.73	0.69	0.61	0.56	0.50	0.49
	2	0.42	0.81	0.79	0.70	0.60	0.53	0.49	0.47
	3	0.34	0.75	0.78	0.71	0.64	0.57	0.54	0.49
	4	0.32	0.72	0.80	0.75	0.67	0.59	0.53	0.46
	5	0.38	0.70	0.75	0.73	0.69	0.61	0.52	0.43
	6	0.26	0.68	0.76	0.71	0.71	0.65	0.58	0.53
	7	0.32	0.63	0.76	0.74	0.71	0.66	0.59	0.58
	8	0.05	0.54	0.71	0.71	0.72	0.62	0.54	0.48
	9	0.09	0.49	0.66	0.65	0.67	0.61	0.51	0.44
	10	0.09	0.36	0.35	0.42	0.47	0.48	0.47	0.49
八代中央 ライン	11	0.25	0.39	0.75	0.78	0.78	0.79	0.76	0.70
	12	0.45	0.64	0.80	0.81	0.79	0.78	0.74	0.68
	13	0.32	0.54	0.85	0.84	0.84	0.84	0.81	0.73
	14	0.42	0.63	0.86	0.81	0.80	0.79	0.75	0.66
	15	0.36	0.52	0.81	0.84	0.84	0.83	0.79	0.72
	16	0.15	0.59	0.81	0.86	0.85	0.85	0.83	0.79
	17	0.01	0.56	0.77	0.80	0.78	0.80	0.80	0.79
	18	0.06	0.63	0.77	0.79	0.77	0.77	0.76	0.74
	19	-0.02	0.48	0.53	0.67	0.61	0.62	0.64	0.69
	20	0.02	0.29	0.35	0.55	0.48	0.50	0.55	0.62

相関係数

1
0.5
0
-0.5
-1

図 4.1.10 成層度と積算河川流量との相関係数

海域	St.	河川流量の積算日数(日)							
		0	5	10	15	20	25	30	35
有明中央 ライン	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	8	0.56	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	9	0.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	10	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
八代中央 ライン	11	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	16	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	17	0.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	18	0.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	19	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	20	0.86	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

p値

0.1
0.075
0.05
0.025
0

図 4.1.11 成層度と積算河川流量との相関係数の p 値

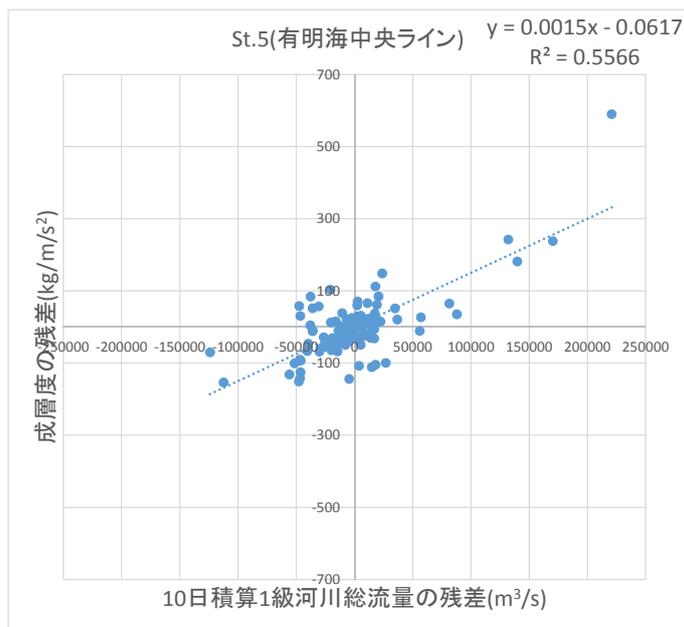


図 4.1.12 成層度と積算河川流量との相関(St.5)

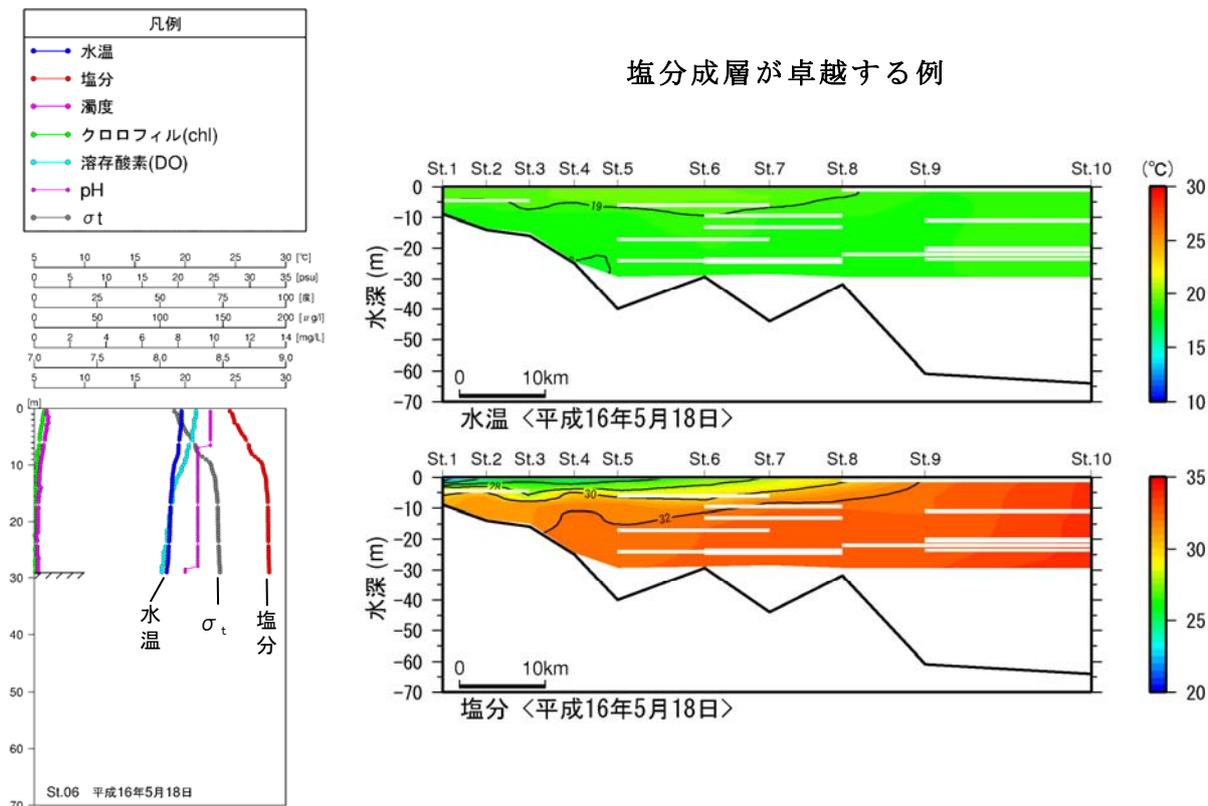


図 4.1.13 鉛直プロファイル (St.6) と鉛直断面図 (有明中央ライン)
(平成 16 年 5 月 18 日)

イ. 成層度と積算気温との解析

成層度（密度）は、塩分と水温の関数であることから、水温に影響を及ぼす気温についても同様の相関解析を行った。気温については、佐賀の気温データ⁸⁾から積算気温を算定し用いた。なお、成層度および積算気温に関して、下記に示すとおりの手順でデータ処理を行った。

1. 月次データに変換、同月のデータは平均処理を行った
2. 欠損値には、積算気温に関しては平年値を、その他の項目に関しては線形補間した値を代入
3. 季節変動成分、トレンド成分および残差成分に分解
$$\text{data} = \text{seasonal} + \text{trend} + \text{remainder} \quad (\text{図 4.1.14 および図 4.1.15})$$
4. 残差成分を用いて相関解析

積算日数は「ア 積算河川流量との解析」と同様の8通りとした。

算定した各積算気温と成層度との相関係数を算定した結果を図 4.1.16 および図 4.1.17 に、相関図を図 4.1.18 に示す。

- ✓ St.15 以外の測点において、p 値が全積算日数で 0.1 を超えており、有意な相関係数が得られなかった。
- ✓ St.15 では、積算日数が 5 日で有意な相関が見られたが、河川流量に比べると非常に低い相関係数であった。

水温成層が卓越した例を図 4.1.19 に示す。

⁸⁾ 気象庁 <<http://www.jma.go.jp/jma/index.html>>

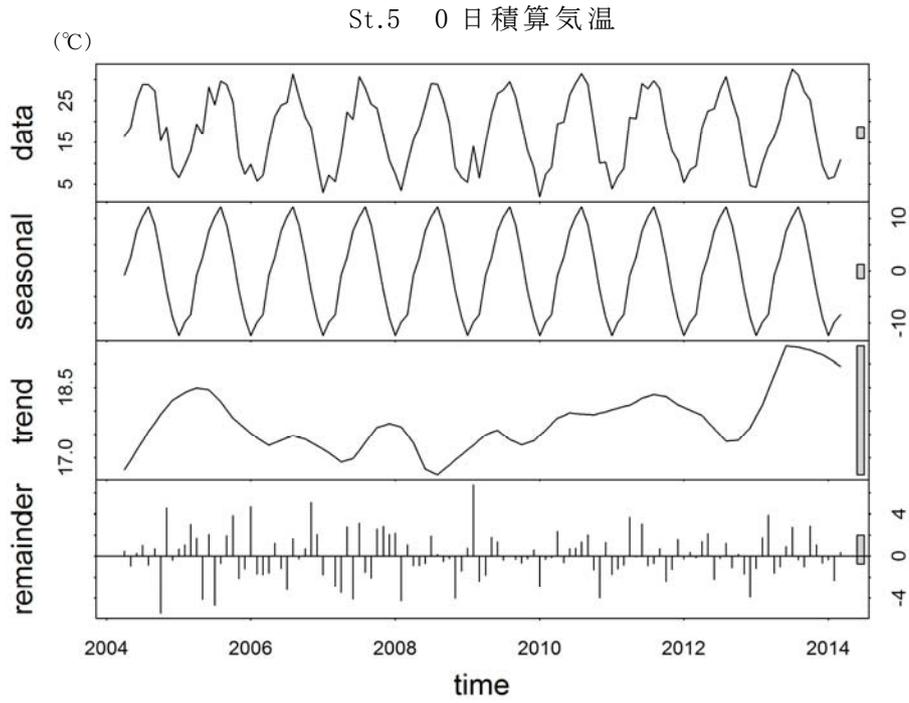


図 4.1.14 気温データと分解した成分 (St.5)

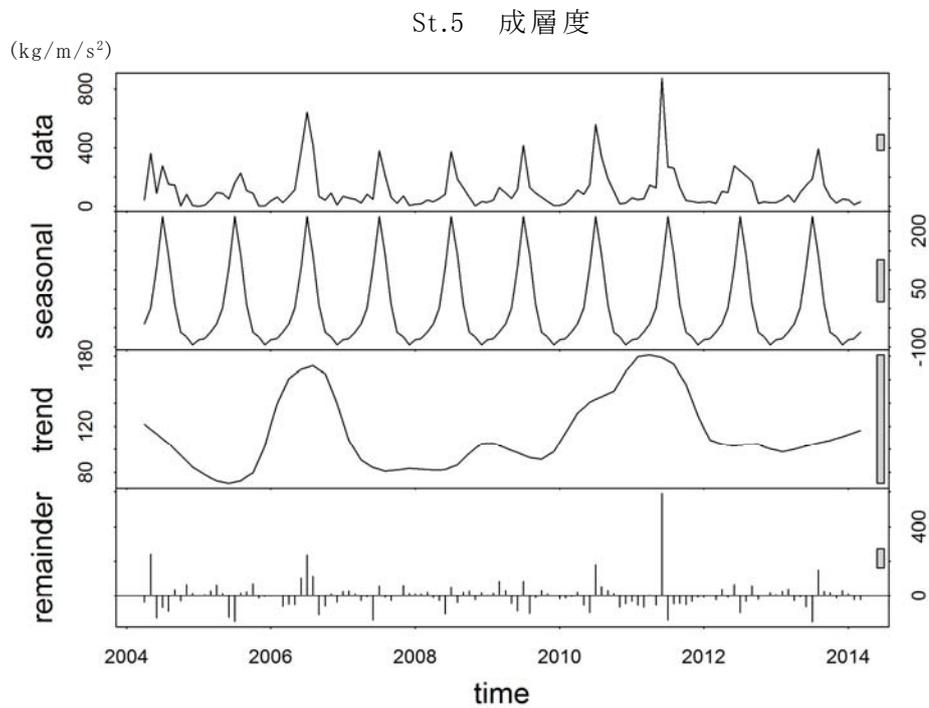


図 4.1.15 成層度と分解した成分 (St.5) (再掲)

海域	St.	気温の積算日数(日)							
		0	5	10	15	20	25	30	35
有明中央 ライン	1	0.05	0.02	-0.13	-0.04	-0.04	-0.06	-0.03	-0.02
	2	0.05	0.01	-0.12	-0.06	-0.04	-0.06	-0.03	-0.03
	3	0.06	0.01	-0.07	-0.03	-0.03	-0.04	0.00	0.01
	4	0.12	0.06	-0.02	0.02	0.02	0.01	0.04	0.06
	5	0.17	0.15	0.03	0.10	0.08	0.08	0.11	0.12
	6	0.11	0.08	-0.07	0.00	-0.02	-0.02	0.01	0.03
	7	0.18	0.14	-0.03	0.05	0.03	0.01	0.03	0.05
	8	0.14	0.04	-0.09	0.04	0.03	0.04	0.07	0.08
	9	0.20	0.06	0.05	0.00	-0.03	-0.03	0.00	0.02
	10	0.20	0.16	0.13	0.12	0.08	0.09	0.11	0.10
八代中央 ライン	11	0.18	0.15	-0.07	0.00	-0.01	-0.01	0.01	0.01
	12	0.14	0.12	-0.09	-0.01	-0.01	-0.01	0.00	0.02
	13	0.20	0.20	-0.05	0.05	0.04	0.03	0.03	0.05
	14	0.17	0.20	-0.01	0.06	0.06	0.04	0.04	0.06
	15	0.18	0.31	0.08	0.12	0.12	0.11	0.11	0.12
	16	0.14	0.23	0.03	0.07	0.07	0.06	0.05	0.06
	17	0.13	0.19	0.03	0.05	0.05	0.05	0.03	0.04
	18	0.13	0.20	0.05	0.06	0.04	0.04	0.01	0.01
	19	0.12	0.12	0.03	0.02	0.01	0.02	0.00	-0.01
	20	0.09	0.10	0.12	0.10	0.04	0.06	0.06	0.05

相関係数

1
0.5
0
-0.5
-1

図 4.1.16 成層度と積算気温との相関係数

海域	St.	気温の積算日数(日)							
		0	5	10	15	20	25	30	35
有明中央 ライン	1	0.61	0.86	0.15	0.64	0.67	0.53	0.73	0.79
	2	0.59	0.94	0.20	0.54	0.65	0.54	0.71	0.72
	3	0.49	0.91	0.45	0.73	0.74	0.68	0.97	0.93
	4	0.20	0.49	0.82	0.79	0.86	0.92	0.67	0.54
	5	0.07	0.10	0.72	0.29	0.38	0.40	0.25	0.19
	6	0.24	0.36	0.47	0.97	0.83	0.79	0.88	0.73
	7	0.05	0.12	0.77	0.57	0.78	0.87	0.72	0.61
	8	0.13	0.64	0.35	0.66	0.72	0.64	0.45	0.37
	9	0.03	0.55	0.60	0.99	0.75	0.78	0.97	0.87
	10	0.03	0.09	0.16	0.20	0.37	0.32	0.24	0.27
八代中央 ライン	11	0.05	0.10	0.47	0.98	0.93	0.91	0.94	0.89
	12	0.13	0.18	0.31	0.92	0.95	0.88	1.00	0.81
	13	0.03	0.03	0.57	0.59	0.63	0.73	0.72	0.58
	14	0.07	0.03	0.92	0.49	0.51	0.64	0.66	0.52
	15	0.05	0.00	0.39	0.19	0.20	0.22	0.25	0.18
	16	0.14	0.01	0.78	0.46	0.46	0.53	0.62	0.52
	17	0.15	0.03	0.74	0.58	0.61	0.58	0.71	0.67
	18	0.16	0.03	0.56	0.54	0.63	0.66	0.96	0.89
	19	0.20	0.19	0.74	0.81	0.89	0.79	0.96	0.95
	20	0.35	0.30	0.20	0.30	0.64	0.53	0.54	0.61

p値

0.1
0.075
0.05
0.025
0

図 4.1.17 成層度と積算気温との相関係数の p 値

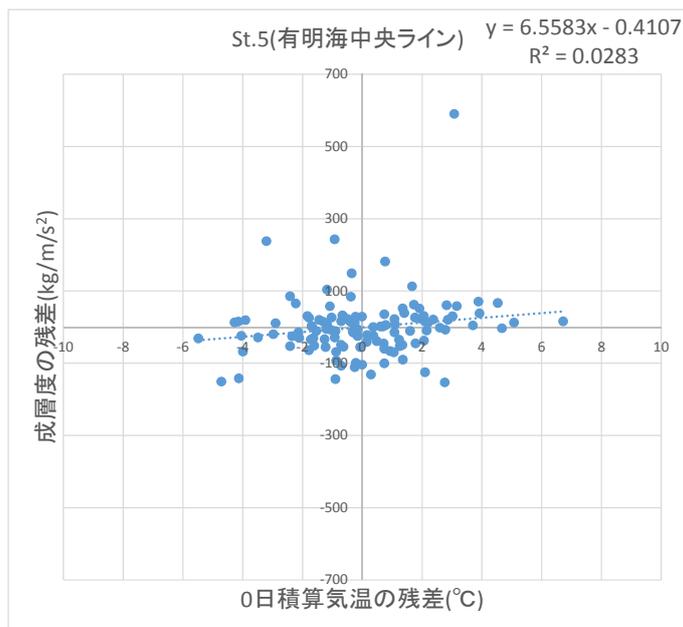


図 4.1.18 成層度と積算気温との相関(St.5)

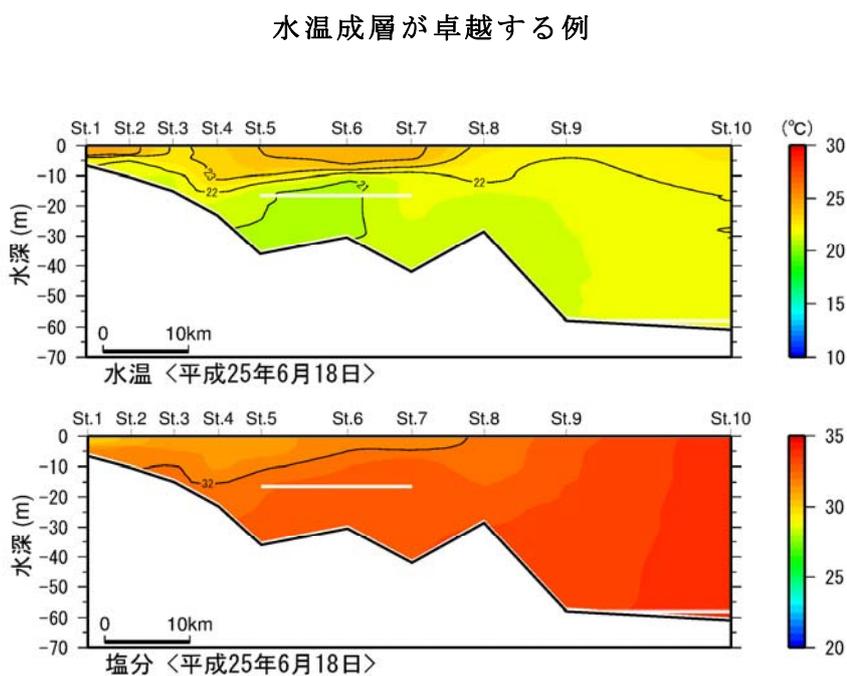
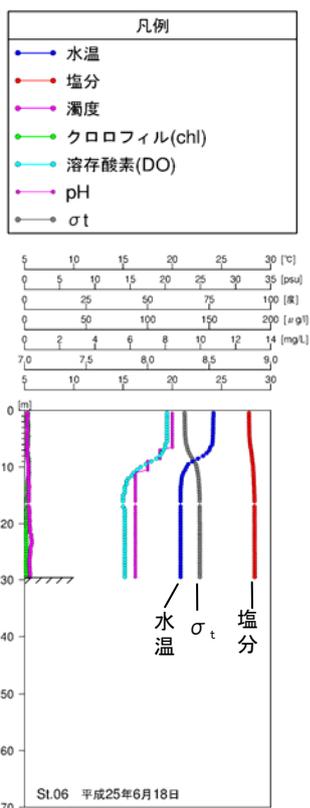


図 4.1.19 鉛直プロファイル (St.6) と鉛直断面図 (有明中央ライン)
 (平成 25 年 6 月 18 日)

ウ. 成層度と月齢との解析

大潮から小潮にかけて強い鉛直混合から弱い鉛直混合へと変化することによる成層度の変化を検討するため、成層度と月齢との解析を行った。月齢は、新月を 0 として満月を約 29.5 とする値の範囲をもつ。月齢から小潮および大潮を表 4.1.2 のように定義した。また、図 4.1.20 に示す関数を使用して小潮(-1)、中潮(0)、大潮(+1)と定義した値を使用して相関図を描いた (図 4.1.21)。

表 4.1.2 大潮および小潮の定義

月齢 (小数点以下切捨て)	潮名
29, 0 ~ 2, 14 ~ 17	大潮
7 ~ 9, 22 ~ 24	小潮

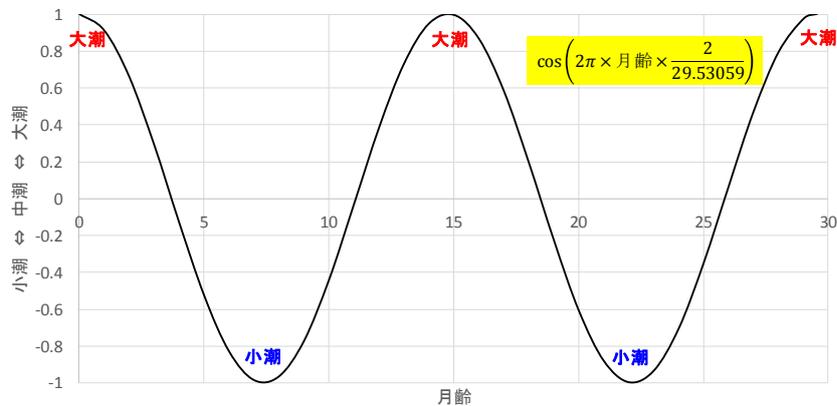


図 4.1.20 月齢の定義および変換関数

- ✓ 相関図より、大潮時に比べて小潮時のほうが成層度が高い傾向が確認できた。これより、小潮時の弱い鉛直混合によって成層が強く、大潮時の強い鉛直混合によって成層が弱くなる傾向であることが示唆された。

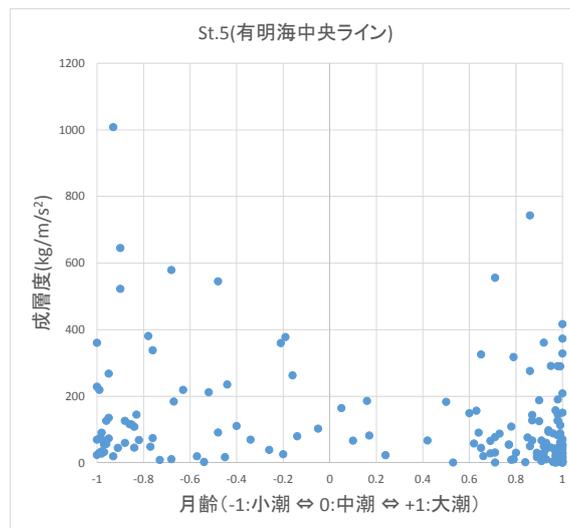


図 4.1.21 成層度と月齢との相関(St.5)

エ. 成層度と潮時（潮位差）との解析

潮時の違いによる流速の変化が、成層度に変化を与えるのかを検討するため、成層度と潮時（潮位差）との解析を行った。潮時（満潮、下げ潮、干潮および上げ潮）を数値化するため、潮時を潮位差として算定した。潮位差に関して、観測時点を t (時) として、以下のとおり算定した。潮位差算定の例を図 4.1.22 に示す。潮時の定義は次節の図 4.1.24 に示している。

$$\text{潮位差} = \min(|\text{潮位差①}|, |\text{潮位差②}|)$$

$$\text{潮位差①} = t\text{の潮位} - \text{満潮時の潮位}$$

$$\text{潮位差②} = t\text{の潮位} - \text{干潮時の潮位}$$

潮位差と各潮時における潮位との関係は以下のとおりである。

$$0 \leq (\text{満潮または干潮}) < (\text{上げ潮または下げ潮}) \leq \frac{(\text{満潮} + \text{干潮})}{2}$$

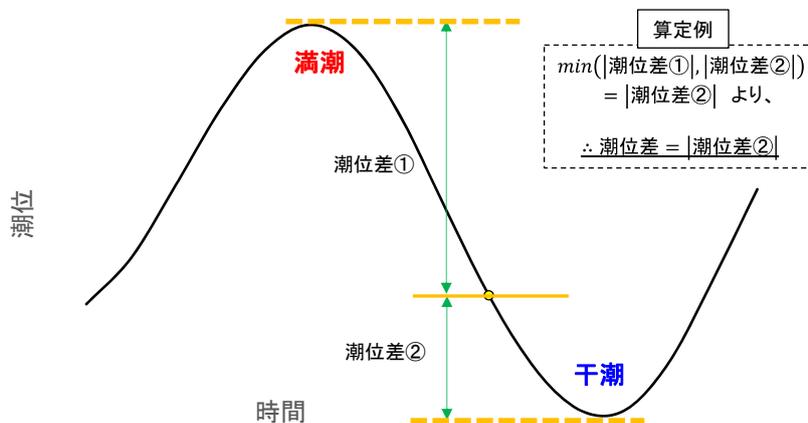


図 4.1.22 潮位差の例

- ✓ 相関図より、潮位差が小さい（満潮時および干潮時）ほど、成層度が大きくなる場合があることが示唆された。
- ✓ 上げ潮時と下げ潮時の成層度を比較すると、上げ潮時に比べて、下げ潮時のほうが成層度が高い傾向が示唆された。これは、上げ潮時に比べて下げ潮時のほうが、表層の河川水がより広範囲に輸送されることで、塩分が低下するためと考えられる。

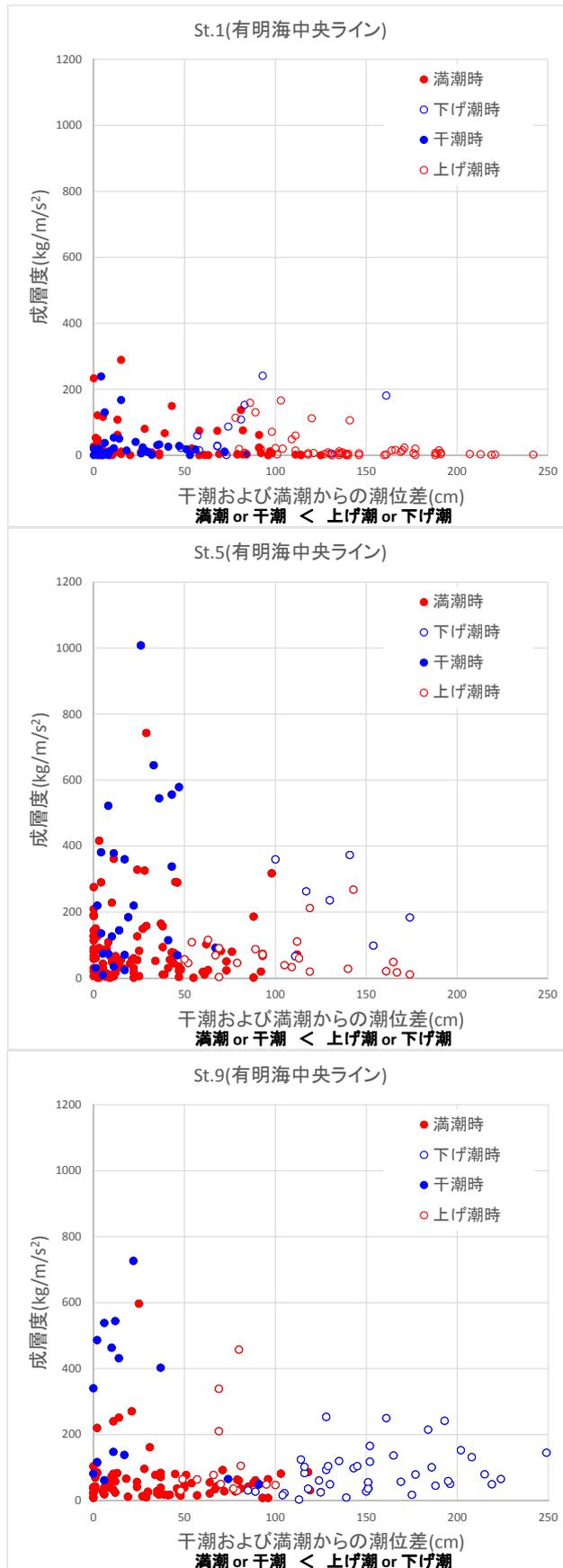


図 4.1.23 成層度と潮位差との相関(St.1, St.5, St.9)

② 月齢別・潮時別データによる成層度と積算河川流量との解析

「①全観測期間データによる解析」では、全ての月齢・潮時が混在した状態で解析を行ったが、月齢及び潮時それぞれに分けたデータで成層度と河川流量との解析を行うことで、相関の高低から月齢・潮時を分けるべきか否かを判断することができる。よってここでは、月齢別・潮時別にデータを分類した後、月齢別・潮時別に解析を行った。なお、潮時の定義は図 4.1.24 に示すとおりとした。

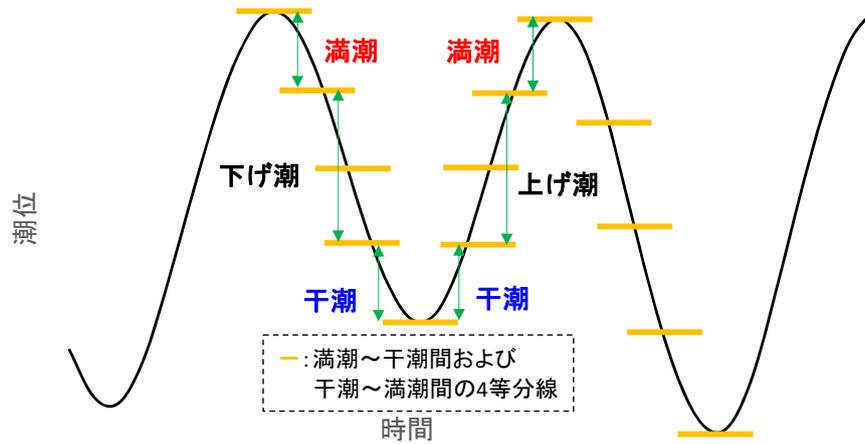


図 4.1.24 潮時の定義

- ✓ 観測されたデータは、大潮時に観測されたものが多く、また、上げ潮時に湾奥、満潮時に湾中央、下げ潮時に湾口の地点で観測されたものが多い。これらを月齢別・潮時別に分類すると、各海域内のデータ数にばらつきができ、データ数が均等でなかった。
- ✓ 例として St.5 での大潮満潮時と全観測期間データに対する積算河川流量と成層度の相関図を図 4.1.25 に示す。この図から、必ずしも同じ観測条件をそろえたほうが相関関係が明瞭に見られるわけではないことが分かる。

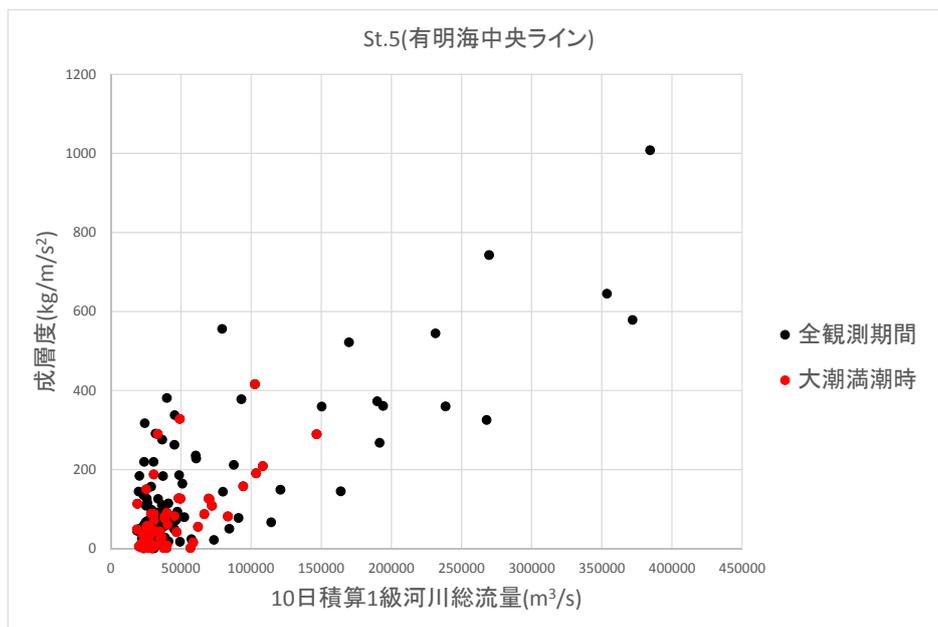


図 4.1.25 成層度と積算河川流量との相関(全観測期間と大潮満潮時、St.5)

③ 季節別データによる成層度と積算河川流量との解析

季節別に異なる成層の形成過程や気象状況を考慮しながら相関関係の変化について検討するため、季節別（5-6月、7-8月および9月）にデータを分類した後、季節別に解析を行った。

St.5、St.15の成層度と積算河川流量との相関図を、全観測期間データと季節別データを重ねて図 4.1.26 に示す。

- ✓ 5-6月は、最大の成層度および最大の河川流量が見られるが、平均的な成層度および河川流量は低い傾向であった。
- ✓ 7-8月は、5-6月と比べると平均的に成層度および河川流量が高い傾向であった。
- ✓ 9月は、成層度および河川流量は低い傾向であった。

- ✓ 一般的に、5-6月は、春から夏（梅雨）にかかる時期であるため、他の季節より平均河川流量が少ない傾向である。一方で、急激な河川出水も見られる時期である。そのため、5-6月は成層度が低いことが多いが、そこに河川水が流入することで、成層度が急激に高くなると考えられる。
- ✓ 7-8月は、梅雨に加えて台風の高頻度も増えるため、5-6月に比べて平均河川流量が多い傾向である。5-6月に形成された成層に加えて、河川水が多頻度に湾内へ流入することで、さらに成層度が高くなると考えられる。
- ✓ 9月は夏から秋にかかる時期であり、上下層の密度差が小さくなり、成層度が低くなると考えられる。

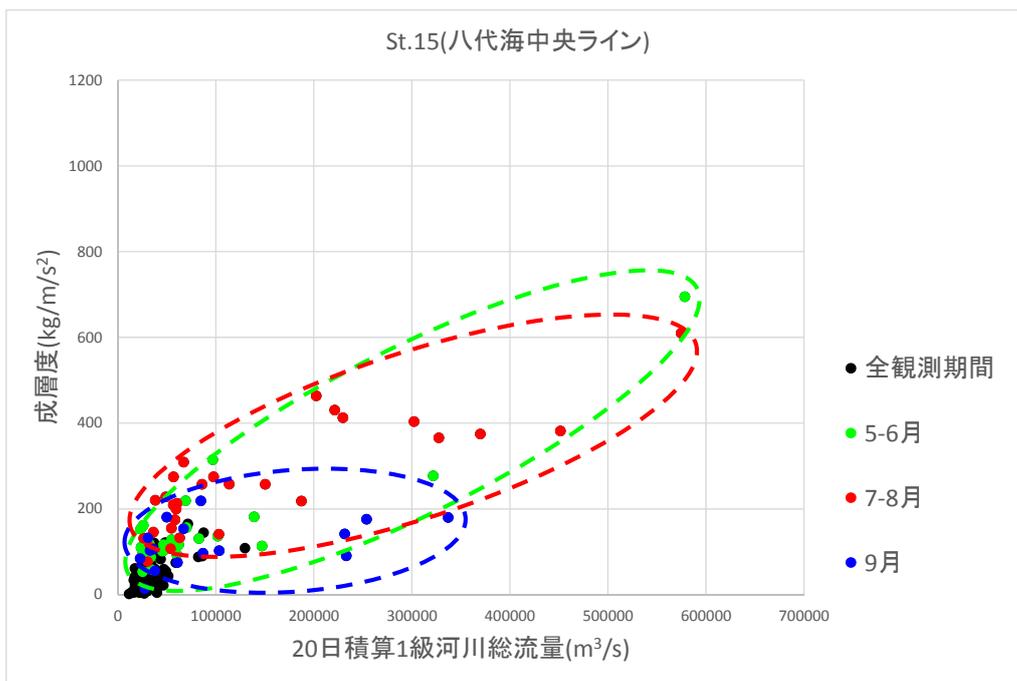
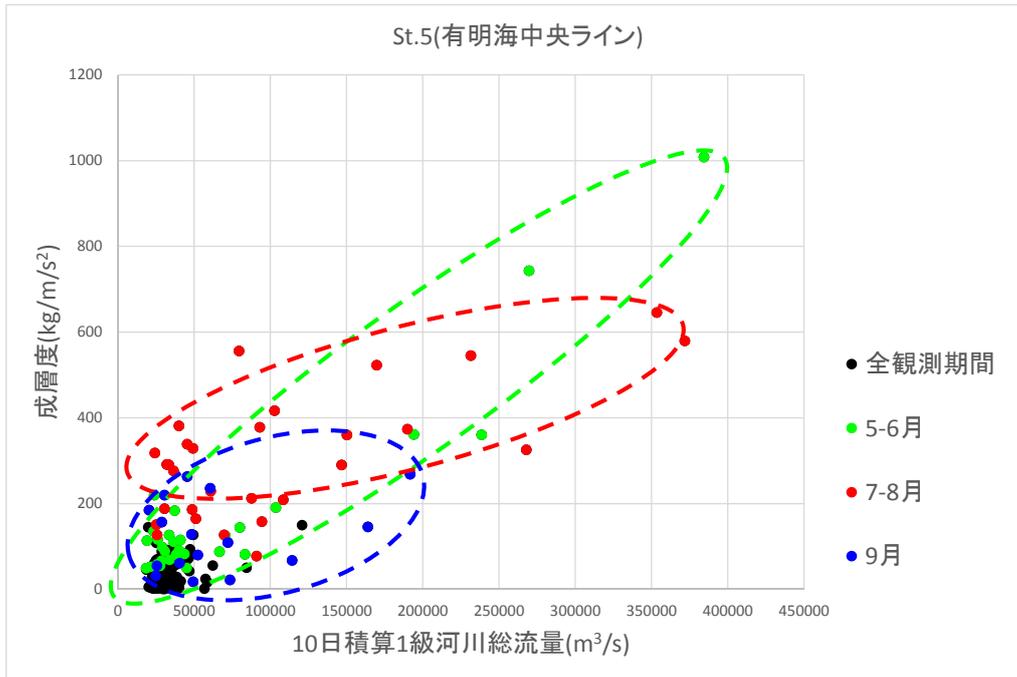


図 4.1.26 成層度と積算河川流量との相関（季節別、St.5, St.15）

4) 底層 DO と成層度との解析

成層度が高いと表層 DO が底層へ輸送されにくくなる現象を検討するため、底層 DO と成層度との解析を行った。また、季節ごとの相関関係の違いを検討するため、全観測期間データだけでなく、季節別データに分けて同様の解析を行った。季節別データを検討した際、底層 DO とクロロフィル a との関係についても検討した。

① 全観測期間データによる底層 DO と成層度との解析

成層度と底層 DO の相関係数および p 値を図 4.1.27 に示す。なお、底層 DO および成層度に関して、下記に示すとおりの手順でデータ処理を行った。

1. 月次データに変換、同月のデータは平均処理を行った
2. 欠損値には、線形補間した値を代入
3. 季節変動成分、トレンド成分および残差成分に分解

$data = seasonal + trend + remainder$ (図 4.1.28 および図 4.1.29)

4. 残差成分を用いて相関解析

なお、以下に示す相関係数は St.10, St.19, St.20 を除いて、いずれも $p < 0.05$ で有意であった。

- ✓ 有明中央ラインでは、湾奥の地点で負の相関が強い傾向であり、湾口の地点ほど負の相関が弱くなる傾向であった。
- ✓ 八代中央ラインでは、湾奥の地点で負の相関が強く、湾口の地点ほど負の相関が弱くなる傾向であった。

- ✓ 成層度と底層 DO との相関係数が負の相関であることは、成層度が低いときは鉛直混合が強く表層 DO と混合した状態であり、成層度が高いときは鉛直混合が弱く底層で貧酸素状態であると考えられる。
- ✓ 湾口付近の地点で負の相関が低いのは、湾口付近の地点では河川からの淡水が十分に届いていないことと、潮汐によって鉛直混合されることによって、成層が保たれにくい状態にあるためと考えられる。

海域	St.	底層DOとの相関	p値
有明中央ライン	1	-0.44	0.00
	2	-0.35	0.00
	3	-0.25	0.01
	4	-0.34	0.00
	5	-0.28	0.00
	6	-0.26	0.00
	7	-0.26	0.00
	8	-0.23	0.01
	9	-0.24	0.01
	10	-0.07	0.48
八代中央ライン	11	-0.36	0.00
	12	-0.43	0.00
	13	-0.31	0.00
	14	-0.28	0.00
	15	-0.38	0.00
	16	-0.38	0.00
	17	-0.26	0.00
	18	-0.24	0.01
	19	0.02	0.85
	20	0.01	0.90

相関係数

1
0.5
0
-0.5
-1

p値

0.1
0.075
0.05
0.025
0

図 4.1.27 底層 DO と成層度との相関係数および p 値

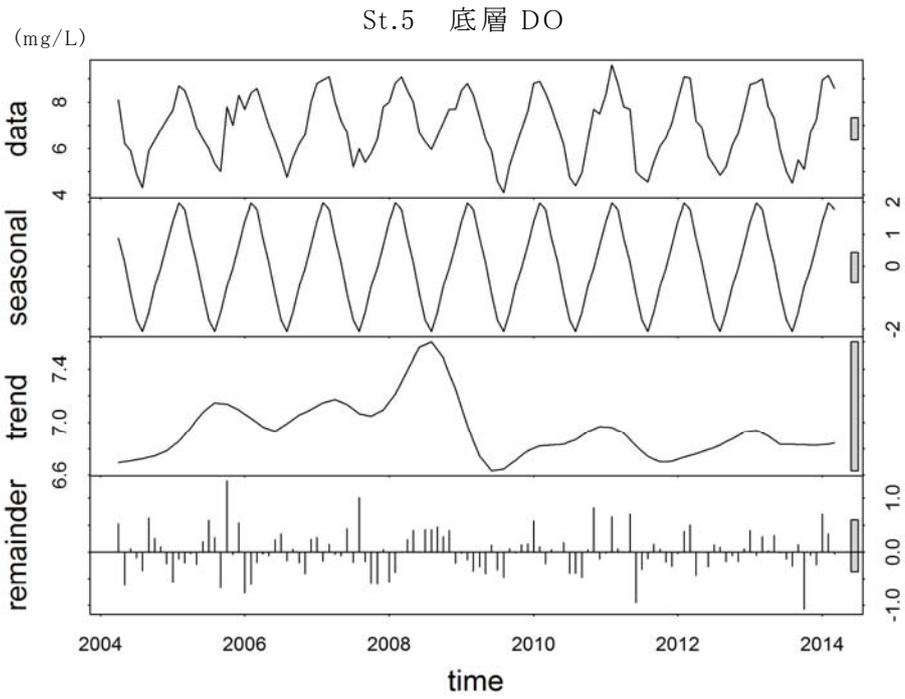


図 4.1.28 底層 DO と分解した成分 (St.5)

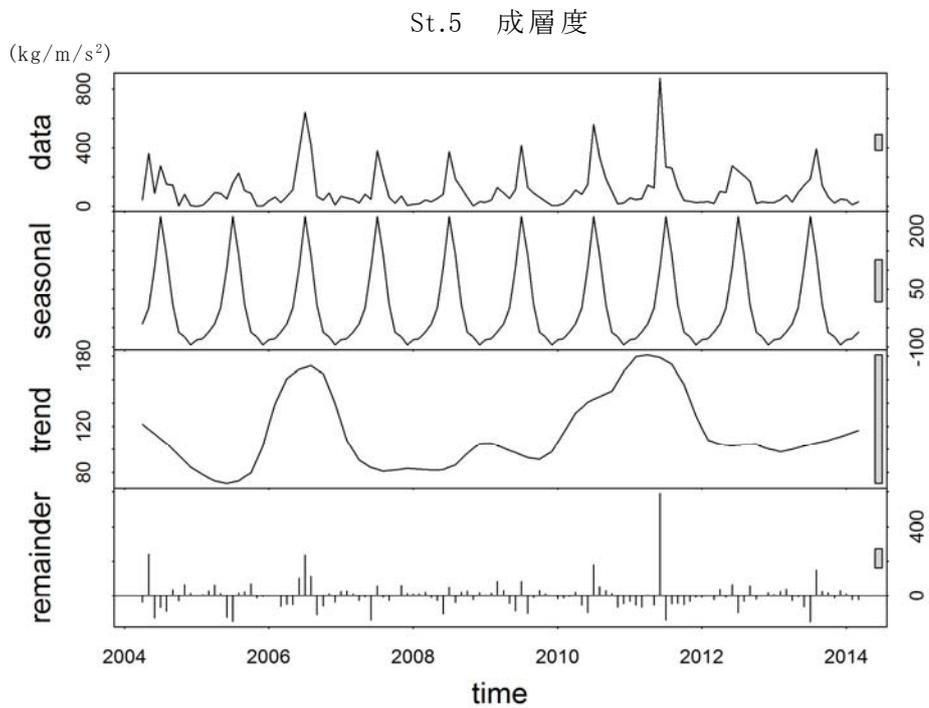


図 4.1.29 成層度と分解した成分 (St.5) (再掲)

② 季節別データによる底層 DO と成層度との相関解析

季節別にデータを分けることで、季節ごとの異なる水環境における相関関係の違いを検討するため、季節別（5-6月、7-8月および9月）にデータを分類した後、季節別に解析を行った。

※ 本章では、成層度に対して、グラフを見やすくするために対数 ($\log_{10}(x+1)$) 変換を行った。

✓ 図 4.1.30 より、以下のことが示されている。

- ・ 5-6月 : 成層度の大小の幅が広く、7-8月、9月の次に底層 DO が低い傾向
- ・ 7-8月 : 成層度が高く、底層 DO が低い傾向
- ・ 9月 : 7-8月の次に成層度が高く、底層 DO が低い傾向

底層 DO の季節変化には、季節毎に生化学過程が関与していると考えられるため、クロロフィル a と底層 DO との解析も行った。参考として St.1 の結果を図 4.1.31 に示すが、相関図から明瞭な関係性は見られなかった。

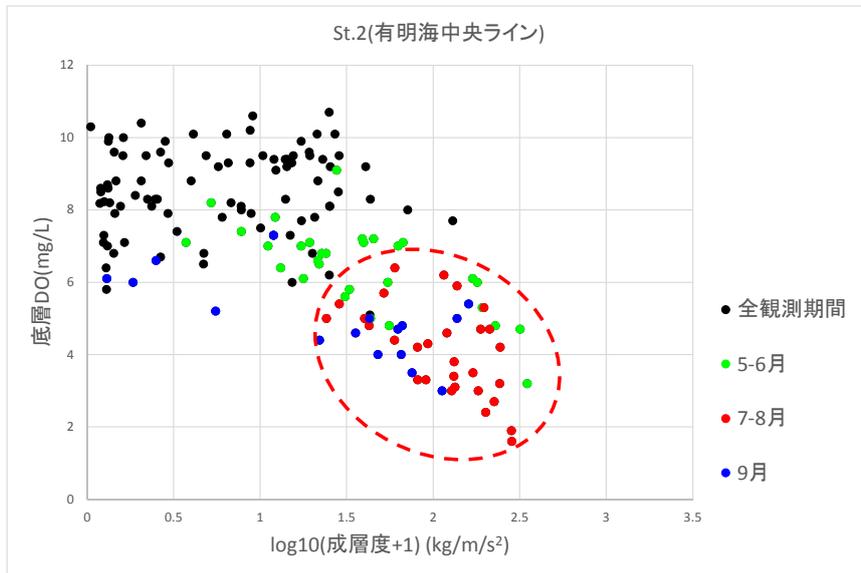
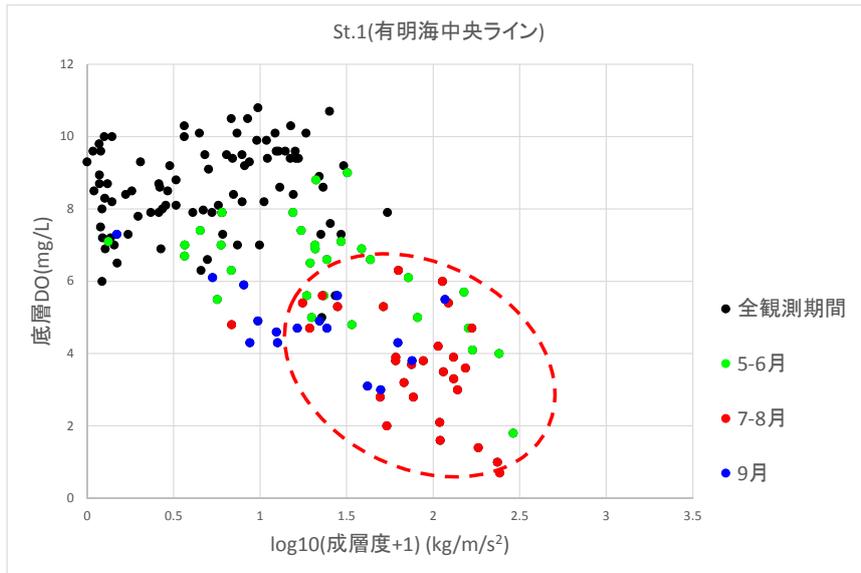


図 4.1.30 底層 DO と成層度との相関 (季節別、St.1, St.2)

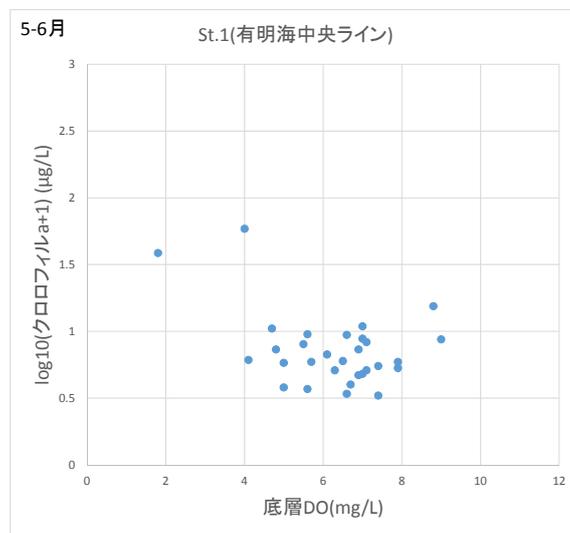


図 4.1.31 クロロフィル a と底層 DO との相関(5-6月、St.1)

5)まとめと課題

ここまでの成層度の解析より、以下の結果が得られた。

- ✓ 河川流量との相関解析では、相関係数の最大値が多くの測点では0.7（決定係数で0.49）以上と、積算河川流量との相関関係が非常に高い。これは、成層度の変動の49%以上が積算河川流量で説明できることを示している。また、平成16年度～平成25年度における河川流量の年間総流量は、前半（平成16年度～平成20年度）に比べて、後半（平成21年度～平成25年度）のほうが多く、それに伴って成層度も後半で高い傾向が見られた。
- ✓ 気温との相関解析では、p値が高い測点が多く、有意な結果は得られなかった。
- ✓ 月齢との解析および潮時との解析によると、小潮時で大潮時より成層度が高く、満潮・干満時で上げ潮・下げ潮時より成層度が高いなどの平均的な特徴が見られた。月齢別・潮時別データによる河川流量との解析で見ると、データ数が少なく、全観測期間データで見たほうが河川流量との関係が明瞭に見られた。
- ✓ 季節別データによる河川流量との解析では、以降のような季節変動が見られた。5～6月は海域の密度差（成層度）が小さい状態に河川水が流入するため、流量が多くなると成層度も高くなる傾向が見られた。7～8月には成層度が高い状態に河川水が多頻度に湾内へ流入するようになるため、平均して成層度が高くなる傾向が見られた。9月になると鉛直混合により成層度が低くなる傾向が見られた。
- ✓ 底層DOと成層度の相関解析では、全海域で成層度との関係は有意な負の相関を示していた。これは、成層度が低いときは鉛直混合が強く表層DOと混合した状態であり、成層度が高いときは鉛直混合が弱く底層で貧酸素状態であるためと考えられる。

一方、解析を通じた今後の課題として、以下の点が挙げられる。

- ✓ 水塊構造調査は、調査船の運航の制約等により、調査間隔が数日以上あり、連続観測が難しい。そのため、調査間隔における成層破壊や再形成などの時間スケールの短い現象を把握するには限界がある。これらの状況から、本検討によって得られた成層度とその変動に関する特徴等の解析結果は、平均的な特徴を把握したものである点に留意が必要である。
- ✓ 河川流量との相関解析では、1級河川ごとに測点を対応させて解析することで、より精度の高い相関関係が得られる可能性があるとともに、成層度と各要因との重回帰分析を行い、より定量的な解析となる可能性がある。

(4) プランクトン調査結果の概要

有明海における植物プランクトンの種類数の経年変化を図 4.1.32、細胞数の経年変化を図 4.1.33 に、地点別の最優占種の変化を表 4.1.3 に示す。また、八代海における図表をそれぞれ図 4.1.34、図 4.1.35、表 4.1.4 に示す。

有明海・八代海の種類数及び細胞数の多くは珪藻類であり、また、両海域ともに湾奥の夏季を中心に渦鞭毛藻類が増加する傾向にあった(図 4.1.32、図 4.1.33、図 4.1.34、図 4.1.35)。なお、渦鞭毛藻類の種類数の増加は、特に有明海で平成 21 年度以降、その傾向がより明確になっている(図 4.1.32(1)、(2))。一方、八代海湾奥部では平成 23 年度以降、1 月～3 月において珪藻類の細胞数の増加傾向が認められた(図 4.1.35(1))。一般的に珪藻類は水温の低い時期にも発生しやすいことが知られている。気象の状況(図 3.1.2)をみると、平成 22 年度までの 1～3 月の状況と平成 23 年度以降の 1～3 月の状況とに大きな差は認められなかったものの、気象条件や河川からの栄養塩の供給等、珪藻類が発生しやすい状況にあったものと考えられる。

また、両海域ともに水塊構造調査において顕著なクロロフィル a の増殖が認められた平成 18 年度、平成 22 年度～25 年度の夏季の湾奥部を中心とした水域において、顕著な細胞数の増加が確認できた。これらはいずれも珪藻類であった(図 4.1.33、図 4.1.35)。

細胞数からみた最優占種は、両海域ともに湾奥部・湾中央部では、年間を通して珪藻綱のスケルトネマ属が多く確認できた(表 4.1.3、表 4.1.4)。なお、有明海では平成 23 年度以降、1～3 月を中心に珪藻綱のユーカンピア ゴディアクスの出現頻度が高くなっていた(表 4.1.3)。この種は大型の珪藻類であり、既存資料によると、低水温下でも高い窒素取り込み能を維持でき、近年、ノリの色落ちを引き起こす原因プランクトンの一種とされている⁹⁾¹⁰⁾。また、別途調査において有明海奥部で平成 23 年度(平成 24 年 3 月)にこの種の大規模な発生が確認されており、その要因として河川流量の増加(栄養塩の供給)が挙げられている⁹⁾。

⁹⁾ 「冬季の珪藻赤潮とノリの色落ちについて」有明海・八代海等総合調査評価委員会生物・水産資源・水環境問題検討作業小委員会(第 10 回)資料

¹⁰⁾ 兵庫県立農林水産技術総合センター「私の試験研究 瀬戸内海の赤潮」
<<http://hyogo-nourinsuisangc.jp/19-kenkyu/26/kenkyu-2607.html>>

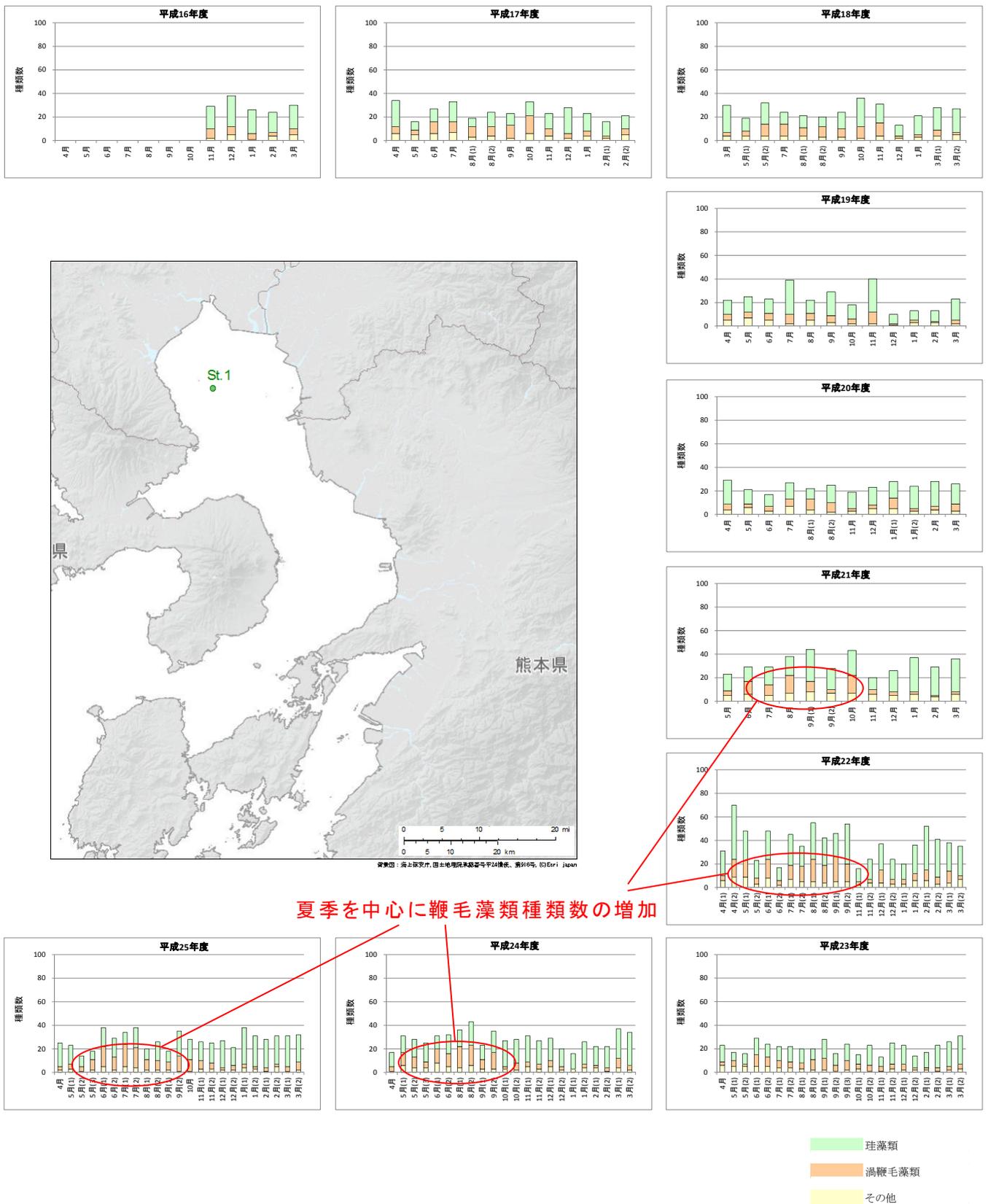


図 4.1.32(1) 植物プランクトンの種類数の経年変化（有明海：St.1、表層）

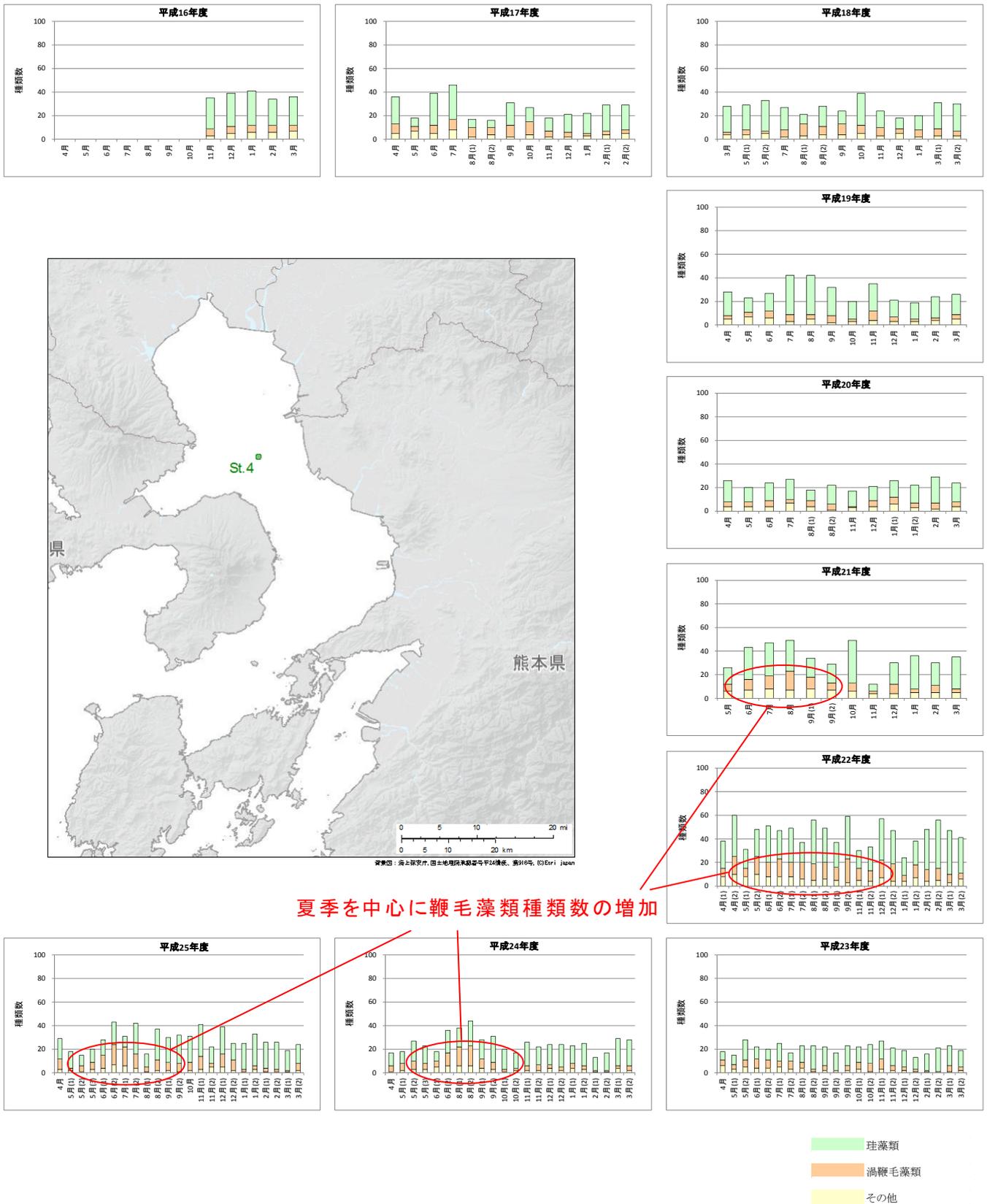


図 4.1.32(2) 植物プランクトンの種類数の経年変化（有明海：St.4、表層）

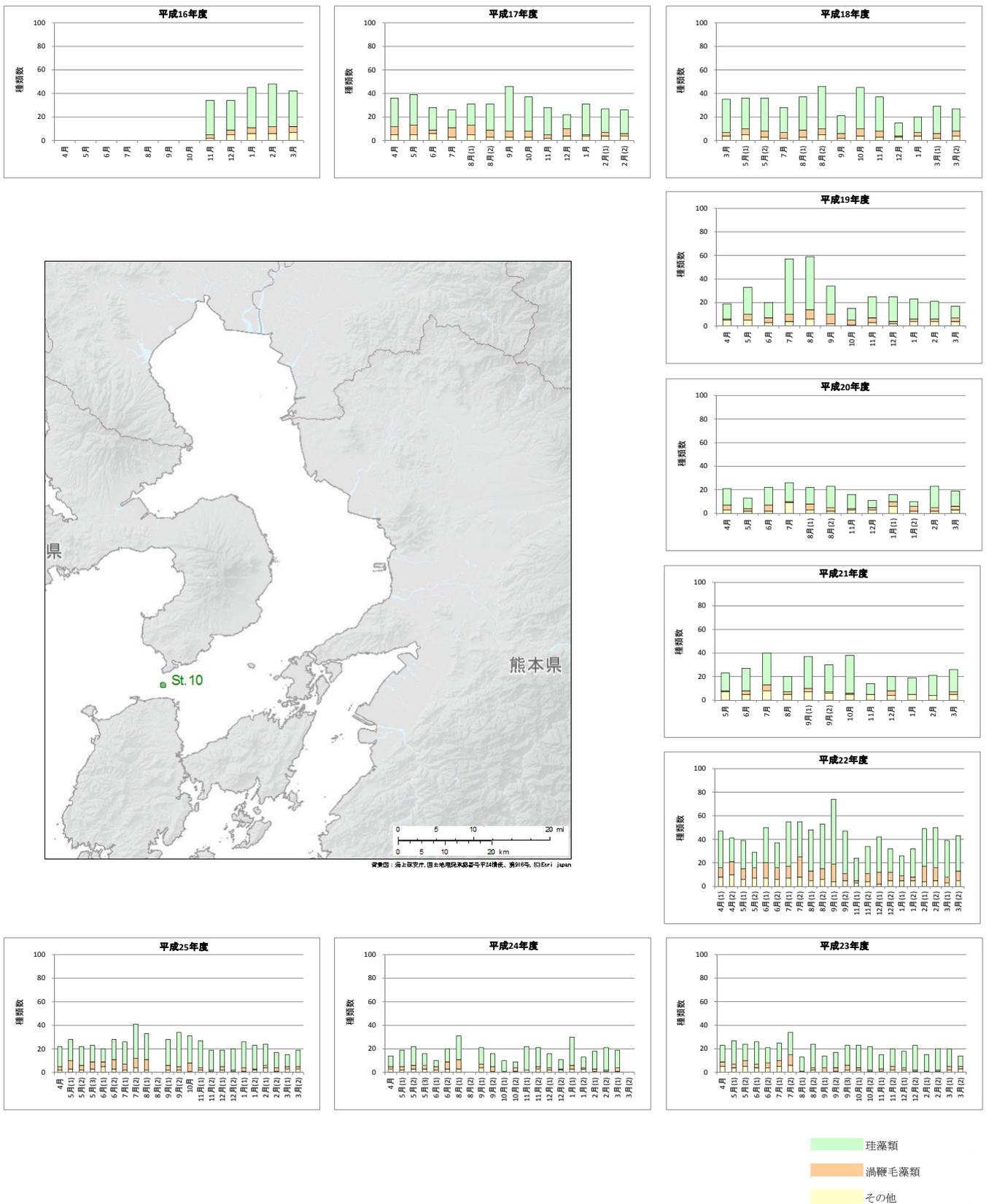


図 4.1.32(3) 植物プランクトンの種類数の経年変化（有明海：St.10、表層）

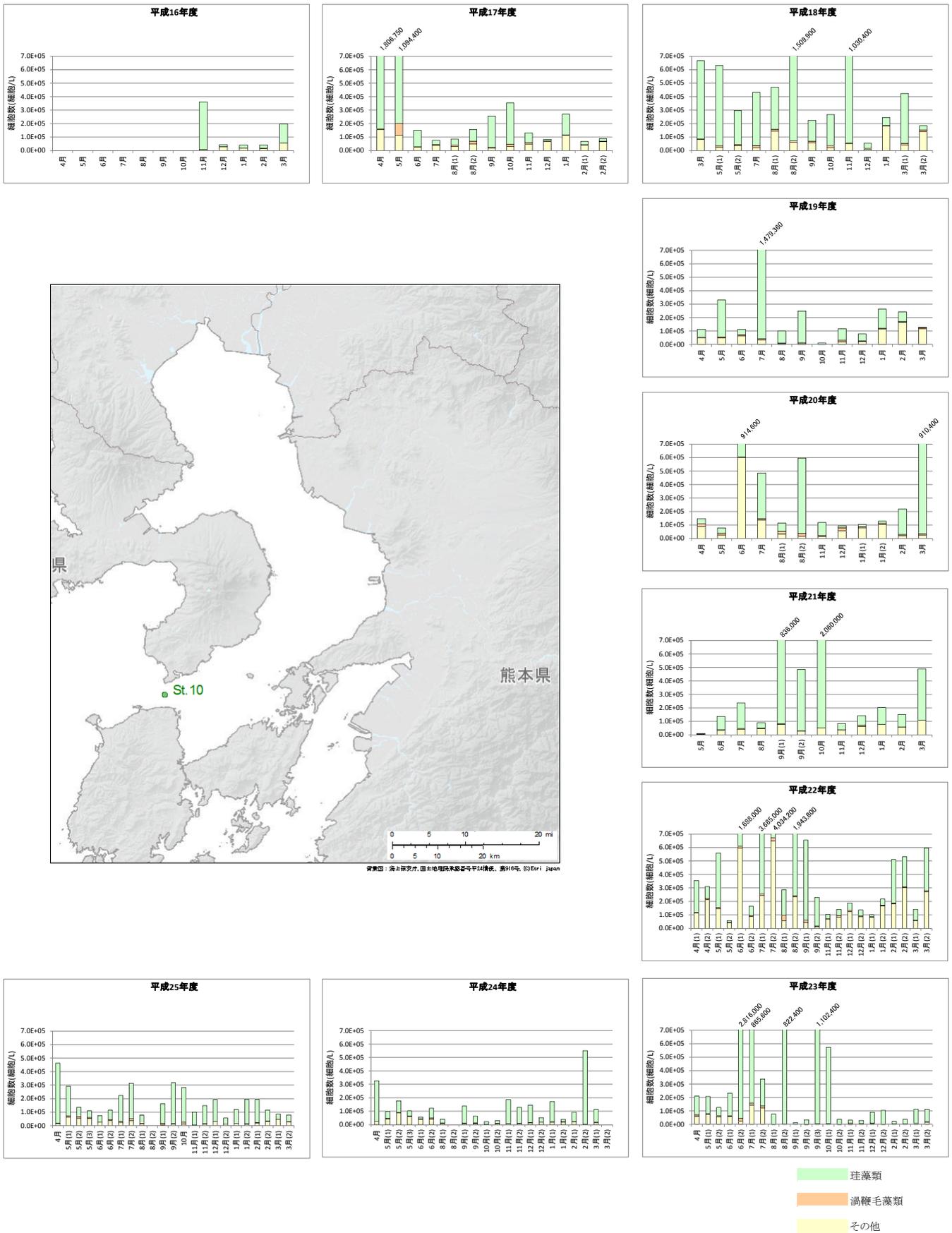


図 4.1.33(3) 植物プランクトンの細胞数の経年変化 (有明海: St.10、表層)

表 4.1.3(1) 植物プランクトンの地点別最優占種の変化（有明海：St.1、表層）

	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24	H25
4月		ハプト藻綱	スケレトネマ属	スケレトネマ属	スケレトネマ属		スケレトネマ属 スケレトネマ属	矽藻綱	スケレトネマ属	スケレトネマ属
5月		ハプト藻綱	タラシオネマ ニッチオイデス スケレトネマ属	矽藻綱	矽藻綱	スケレトネマ属	ヘテロシガマアカシオ スケレトネマ属	矽藻綱 矽藻綱	矽藻綱 スケレトネマ属	スケレトネマ属 矽藻綱
6月		スケレトネマ属		矽藻綱	矽藻綱	スケレトネマ属	ニッチア属 矽藻綱	スケレトネマ属 スケレトネマ属	スケレトネマ属 スケレトネマ属	スケレトネマ属 スケレトネマ属
7月		矽藻綱	スケレトネマ属	スケレトネマ属	矽藻綱	スケレトネマ属	シクトネラ属 スケレトネマ属	プロケトルム ミニム 矽藻綱		矽藻綱 スケレトネマ属
8月		クラチカム フルカ ギム/ディニウム サングイネウム	タラシオネマ属 キートケロス属	スケレトネマ属	スケレトネマ属	スケレトネマ属	スケレトネマ属 分類群不明の鞭毛藻類	矽藻綱 矽藻綱	スケレトネマ属 キートケロス属	スケレトネマ属 スケレトネマ属
9月		矽藻綱	タラシオネマ属	スケレトネマ属	スケレトネマ属	タラシオネマ ニッチオイデス 矽藻綱	キートケロス属 (ヒアロキータ亜属) スケレトネマ属	タラシオネマ属 ブセグドニッチア ムルチストリアタ キートケロス属	スケレトネマ属 スケレトネマ属	スケレトネマ属 スケレトネマ属
10月		ギム/ディニウム サングイネウム	スケレトネマ属	分類群不明の鞭毛藻類		スケレトネマ属		矽藻綱 スケレトネマ属	スケレトネマ属 スケレトネマ属	スケレトネマ属 スケレトネマ属
11月	スケレトネマ属	矽藻綱	スケレトネマ属	スケレトネマ属	キートケロス ソシアル	矽藻綱	矽藻綱 矽藻綱	矽藻綱 スケレトネマ属	スケレトネマ属 スケレトネマ属	スケレトネマ属 スケレトネマ属
12月	スケレトネマ属	キートケロス デヒレ	スケレトネマ属	スケレトネマ属	矽藻綱	矽藻綱	分類群不明の鞭毛藻類 矽藻綱	矽藻綱 矽藻綱	スケレトネマ属 スケレトネマ属	矽藻綱 矽藻綱
1月	スケレトネマ属	矽藻綱	スケレトネマ属	矽藻綱	矽藻綱 スケレトネマ属	スケレトネマ属	アステリオネラ カリアナ 矽藻綱		スケレトネマ属 スケレトネマ属	スケレトネマ属 ユーカンピアゾディアクス
2月	ハプト藻綱	矽藻綱		スケレトネマ属	スケレトネマ属	スケレトネマ属	スケレトネマ属 スケレトネマ属	スケレトネマ属 スケレトネマ属	スケレトネマ属 スケレトネマ属	ユーカンピアゾディアクス ユーカンピアゾディアクス
3月	スケレトネマ属	矽藻綱	矽藻綱 スケレトネマ属	矽藻綱	スケレトネマ属	スケレトネマ属	スケレトネマ属 アステリオネラ カリアナ	ユーカンピアゾディアクス ユーカンピアゾディアクス	スケレトネマ属 ユーカンピアゾディアクス	ユーカンピアゾディアクス ユーカンピアゾディアクス

■のセルは、最優占種が全植物プランクトンの総細胞数の50%を超えて出現したことを示す。

近年は1-3月にユーカンピアが最優占種

表 4.1.3(2) 植物プランクトンの地点別最優占種の変化（有明海：St.4、表層）

	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24	H25
4月		スケレトネマ属	スケレトネマ属	羽ブト藻綱	スケレトネマ属		羽ブト藻綱 スケレトネマ属	羽ブト藻綱	スケレトネマ属	スケレトネマ属
5月		スケレトネマ属	スケレトネマ属 スケレトネマ属	羽ブト藻綱	スケレトネマ属	スケレトネマ属	羽ブト藻綱 羽ブト藻綱	羽ブト藻綱 スケレトネマ属	羽ブト藻綱 スケレトネマ属	スケレトネマ属 羽ブト藻綱 スケレトネマ属
6月		スケレトネマ属		羽ブト藻綱	羽ブト藻綱	スケレトネマ属	ニッチア属 羽ブト藻綱	スケレトネマ属 スケレトネマ属	羽ブト藻綱 スケレトネマ属	スケレトネマ属 レプトキント'ルス'ダニクス
7月		羽ブト藻綱	タラシオシーラ属	キートケロス クルビ'セツム	羽ブト藻綱	スケレトネマ属	シャトネア属 スケレトネマ属	レプトキント'ルス'ダニクス 羽ブト藻綱		クラチウム フルカ スケレトネマ属
8月		タラシオシーラ科 羽ブト藻綱	分類群不明の鞭毛藻類 キートケロス属	ラフト'藻綱 (シャトネア属)	スケレトネマ属	スケレトネマ属	スケレトネマ属 スケレトネマ属	羽ブト藻綱 スケレトネマ属	スケレトネマ属 スケレトネマ属	クラチウム フルカ スケレトネマ属
9月		スケレトネマ属	キートケロス属	スケレトネマ属	スケレトネマ属	スケレトネマ属 スケレトネマ属	分類群不明の鞭毛藻類 スケレトネマ属	タラシオシーラ属 ブセグ'ニッチア'ムルチストリアタ キートケロス シュート'カービ'セツム	スケレトネマ属 スケレトネマ属	スケレトネマ属 スケレトネマ属
10月		キートケロス プ'セツト'クルビ'セツム	スケレトネマ属	コスキノ'ディスタス'グラニイ		スケレトネマ属		羽ブト藻綱 リゾ'ソレニア'フラギリシマ	キートケロス属 スケレトネマ属	ユーカンピ'ア'ゾ'ディ'イ'ク'ス
11月	スケレトネマ属	羽ブト藻綱	羽ブト藻綱	スケレトネマ属	キートケロス ソシ'アル	羽ブト藻綱	分類群不明の鞭毛藻類 分類群不明の鞭毛藻類	タラシオネマ ニッチ'オ'イ'デ'ス スケレトネマ属	スケレトネマ属 スケレトネマ属	キートケロス属 羽ブト藻綱
12月	ハブト藻綱	キートケロス デ'ヒ'レ	スケレトネマ属	羽ブト藻綱	羽ブト藻綱	スケレトネマ属	分類群不明の鞭毛藻類 スケレトネマ属	羽ブト藻綱 羽ブト藻綱	スケレトネマ属 羽ブト藻綱	キートケロス属 羽ブト藻綱
1月	スケレトネマ属	羽ブト藻綱	羽ブト藻綱	羽ブト藻綱	羽ブト藻綱 羽ブト藻綱	羽ブト藻綱	羽ブト藻綱 羽ブト藻綱		タラシオシーラ マ'ラ タラシオシーラ マ'ラ	タラシオシーラ属 ユーカンピ'ア'ゾ'ディ'イ'ク'ス
2月	ハブト藻綱	スケレトネマ属		スケレトネマ属	スケレトネマ属	タラシオネマ属	スケレトネマ属 リゾ'ソレニア'テ'リ'カ'ツ'テ	ユーカンピ'ア'ゾ'ディ'イ'ク'ス ユーカンピ'ア'ゾ'ディ'イ'ク'ス	羽ブト藻綱 キートケロス ソシ'アル	ユーカンピ'ア'ゾ'ディ'イ'ク'ス ユーカンピ'ア'ゾ'ディ'イ'ク'ス
3月	タラシオシーラ ロ'ツ'ラ	羽ブト藻綱	キートケロス ソシ'アル 羽ブト藻綱	羽ブト藻綱	スケレトネマ属	ユーカンピ'ア'ゾ'ディ'イ'ク'ス	スケレトネマ属 スケレトネマ属	ユーカンピ'ア'ゾ'ディ'イ'ク'ス ユーカンピ'ア'ゾ'ディ'イ'ク'ス	ユーカンピ'ア'ゾ'ディ'イ'ク'ス ユーカンピ'ア'ゾ'ディ'イ'ク'ス	ユーカンピ'ア'ゾ'ディ'イ'ク'ス ユーカンピ'ア'ゾ'ディ'イ'ク'ス

■のセルは、最優占種が全植物プランクトンの総細胞数の50%を超えて出現したことを示す。

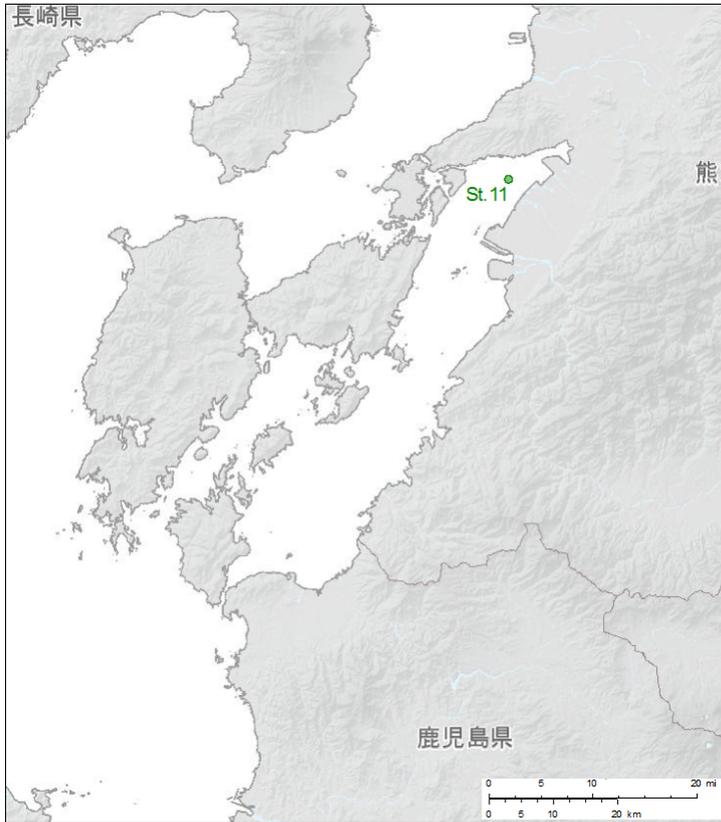
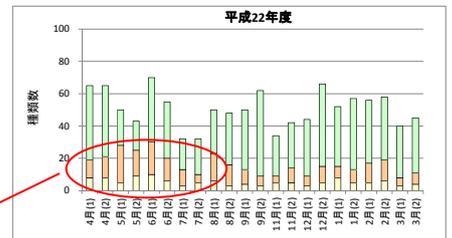
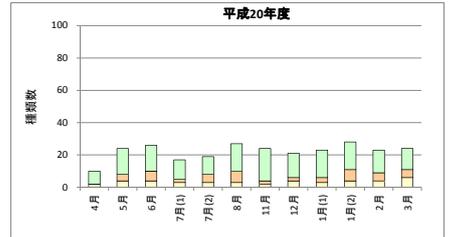
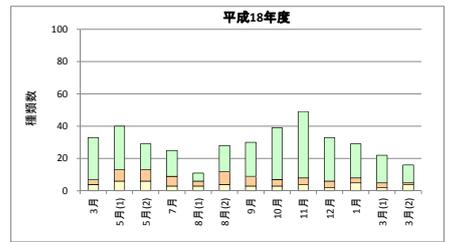
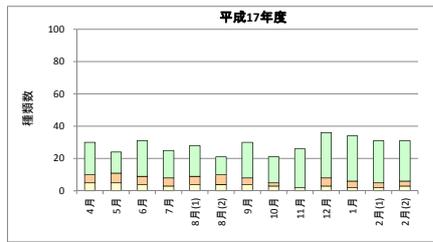
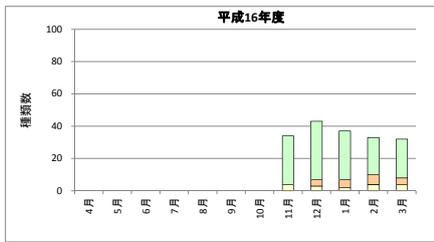
近年は 1-3 月にユーカンピ'ア'が最優占種

表 4.1.3(3) 植物プランクトンの地点別最優占種の変化 (有明海: St.10、表層)

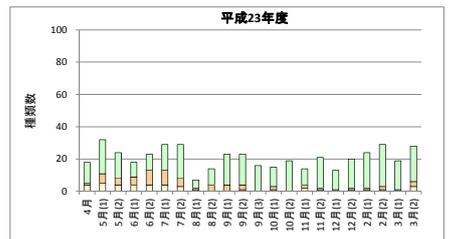
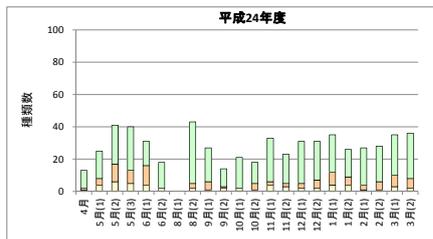
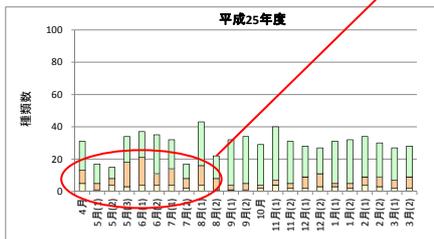
	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24	H25
4月		スケレトネマ属	スケレトネマ属	スケレトネマ属	羽ブ藻綱		スケレトネマ属 羽ブ藻綱	スケレトネマ属	スケレトネマ属	スケレトネマ属
5月		レプトキント'ルス ミニムス	スケレトネマ属 スケレトネマ属	プセウド'ニッチア属	レプトキント'ルス ダニクス	羽ブ藻綱	タラシオネマ ニッチオイデス 羽ブ藻綱	羽ブ藻綱 羽ブ藻綱	羽ブ藻綱 羽ブ藻綱 羽ブ藻綱	スケレトネマ属 羽ブ藻綱 羽ブ藻綱
6月		スケレトネマ属		羽ブ藻綱	羽ブ藻綱	キートクロス デヒレ	ニッチア属 羽ブ藻綱	スケレトネマ属 スケレトネマ属	羽ブ藻綱 スケレトネマ属	羽ブ藻綱 羽ブ藻綱
7月		羽ブ藻綱	スケレトネマ属	ニッチア'ブンゲンス	羽ブ藻綱	キートクロス属	スケレトネマ属 スケレトネマ属	レプトキント'ルス ダニクス 羽ブ藻綱		キートクロス kulbi'setsum キートクロス属
8月		羽ブ藻綱 羽ブ藻綱	羽ブ藻綱 キートクロス プセウド' kulbi'setsum	スケレトネマ属	キートクロス属	羽ブ藻綱	キートクロス属 (ヒアロキテ'重属) スケレトネマ属	キートクロス シュート'カー'ビ'セツム スケレトネマ属	羽ブ藻綱	スケレトネマ属
9月		スケレトネマ属	ニッチア属	スケレトネマ属	スケレトネマ属	スケレトネマ属 スケレトネマ属	スケレトネマ'トロビ'クム スケレトネマ'トロビ'クム	タラシオ'シ'ラ属 ユー'カン'ピ'ア'ゾ'ディ'ア'ク'ス キートクロス シュート'カー'ビ'セツム	キートクロス属 スケレトネマ属	スケレトネマ属 スケレトネマ属
10月		キートクロス プセウド' kulbi'setsum	スケレトネマ属	コス'キ'デ'イ'ク'ス グラ'ニ'イ		スケレトネマ属		キートクロス シュート'カー'ビ'セツム タラシオネマ ニッチオイデス	ニッチア属 キートクロス シュート'カー'ビ'セツム	レプトキント'ルス ダニクス スケレトネマ属
11月	キートクロス ソシ'ル	分類群不明の鞭毛藻類	スケレトネマ属	スケレトネマ属	キートクロス ソシ'ル	羽ブ藻綱	分類群不明の鞭毛藻類 羽ブ藻綱	プロケント'ル'ム トリ'エ'ス'テ'イ'ク'ス スケレトネマ属	タラシオ'シ'ラ マ'ラ キートクロス シュート'カー'ビ'セツム	キートクロス デ'イ'テ'イ'ク'ム プロ'ツ'ペ'ラ'ン'ス'変'種 キートクロス シュート'カー'ビ'セツム
12月	ハ'ブ'藻'綱	羽ブ藻綱	スケレトネマ属	分類群不明の鞭毛藻類	羽ブ藻綱	羽ブ藻綱	分類群不明の鞭毛藻類 分類群不明の鞭毛藻類	キートクロス デヒレ キートクロス ソシ'ル	タラシオ'シ'ラ マ'ラ 羽ブ藻綱	キートクロス属 羽ブ藻綱
1月	ハ'ブ'藻'綱	スケレトネマ属	羽ブ藻綱	キートクロス デヒレ	羽ブ藻綱 羽ブ藻綱	羽ブ藻綱	分類群不明の鞭毛藻類 分類群不明の鞭毛藻類		スケレトネマ属 羽ブ藻綱	キートクロス ソシ'ル キートクロス ソシ'ル
2月	ハ'ブ'藻'綱	羽ブ藻綱		分類群不明の鞭毛藻類	キートクロス ソシ'ル	羽ブ藻綱	リ'ゾ'ソ'レ'ニ'ア デ'リ'カ'ツ'ラ 分類群不明の鞭毛藻類	羽ブ藻綱 ユー'カン'ピ'ア'ゾ'ディ'ア'ク'ス	羽ブ藻綱 スケレトネマ属	ユー'カン'ピ'ア'ゾ'ディ'ア'ク'ス ユー'カン'ピ'ア'ゾ'ディ'ア'ク'ス
3月	ハ'ブ'藻'綱	羽ブ藻綱	キートクロス ソシ'ル 羽ブ藻綱	分類群不明の鞭毛藻類	スケレトネマ属	スケレトネマ属	羽ブ藻綱 スケレトネマ属	ユー'カン'ピ'ア'ゾ'ディ'ア'ク'ス ユー'カン'ピ'ア'ゾ'ディ'ア'ク'ス	ユー'カン'ピ'ア'ゾ'ディ'ア'ク'ス	羽ブ藻綱 羽ブ藻綱

■のセルは、最優占種が全植物プランクトンの総細胞数の50%を超えて出現したことを示す。

近年は 1-3 月にユーカンピアが最優占種

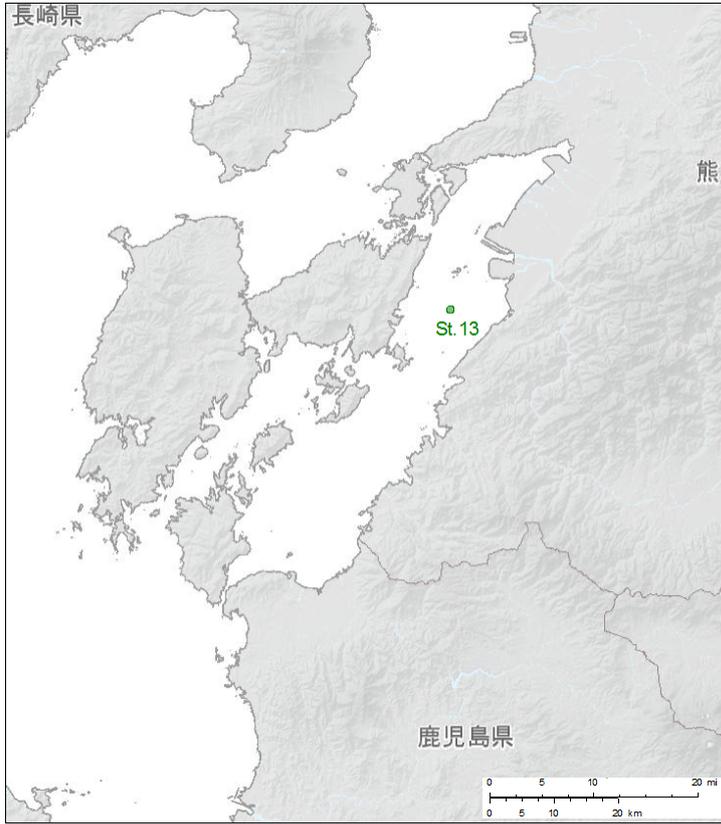
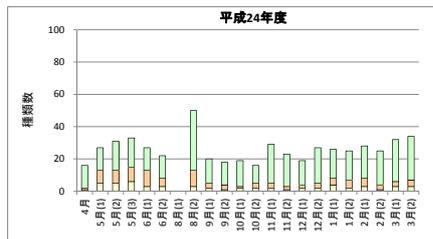
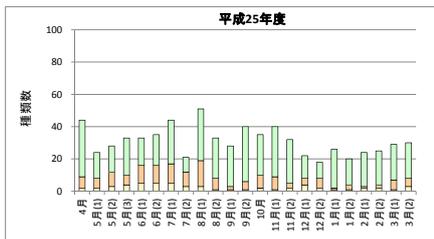
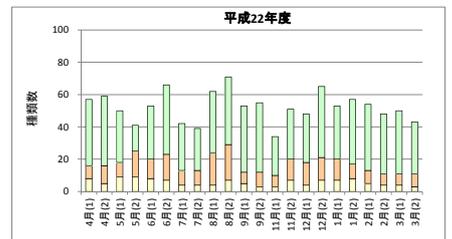
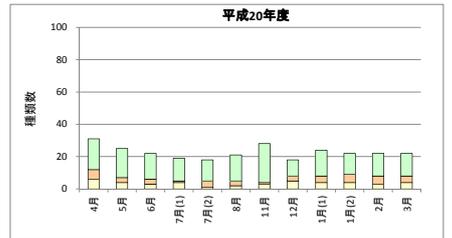
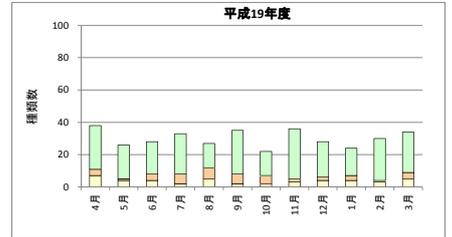
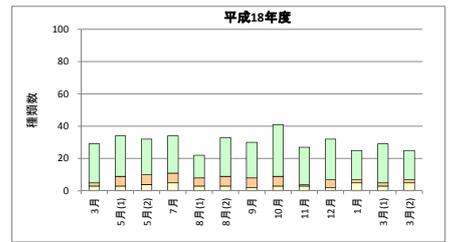
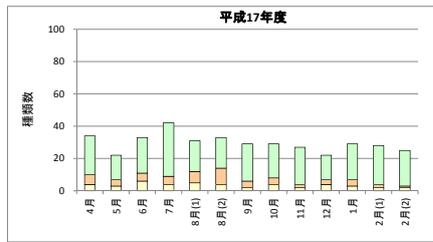
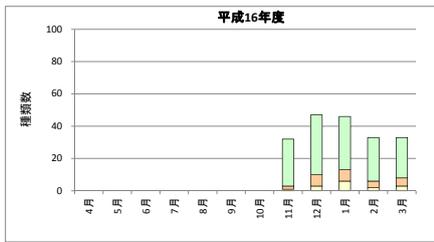


夏季を中心に鞭毛藻類種類数の増加



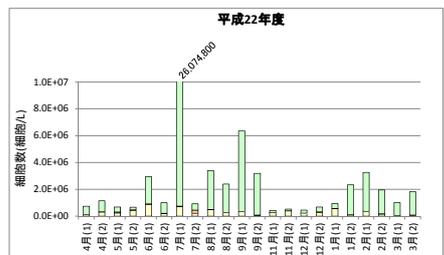
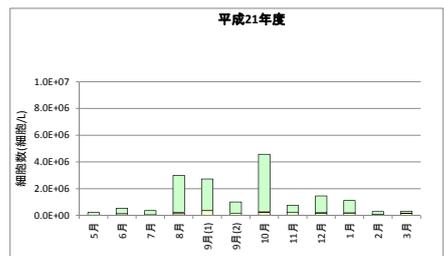
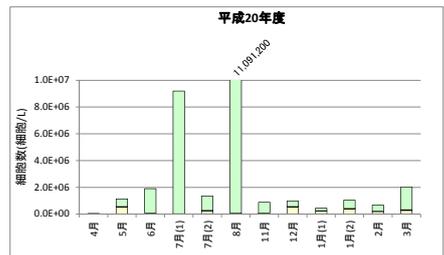
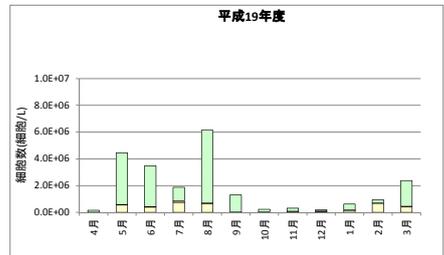
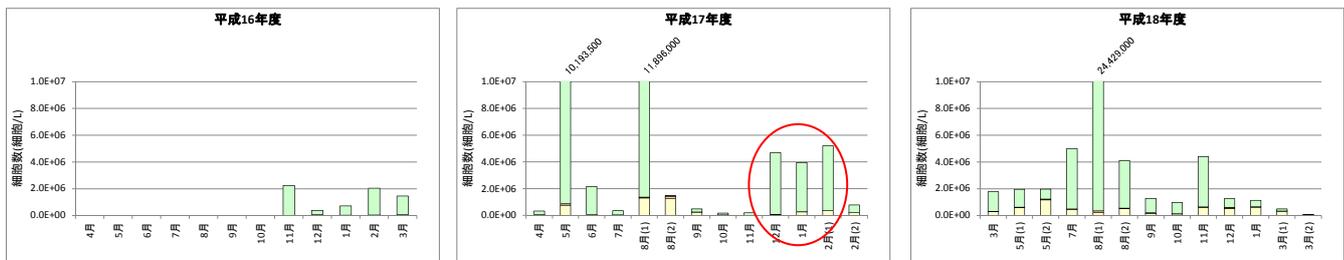
■ 珪藻類
■ 渦鞭毛藻類
■ その他

図 4.1.34(1) 植物プランクトンの種類数の経年変化（八代海：St.11、表層）



■ 珪藻類
■ 渦鞭毛藻類
■ その他

図 4.1.34(2) 植物プランクトンの種類数の経年変化（八代海：St.13、表層）



1-3月に珪藻類が増加

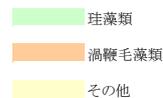
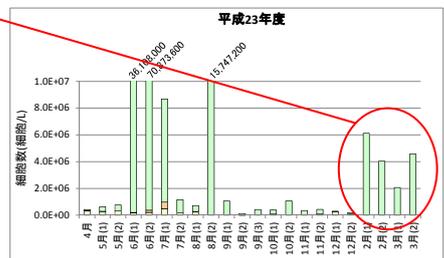
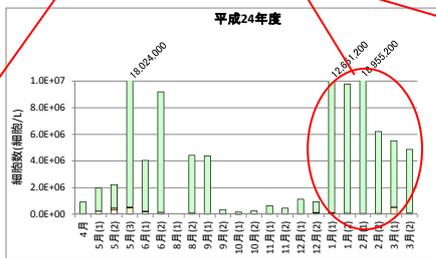
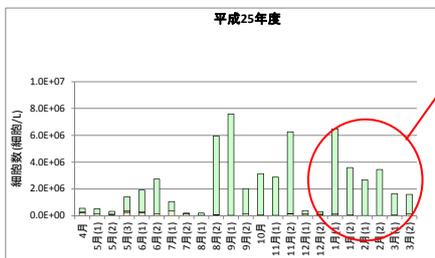
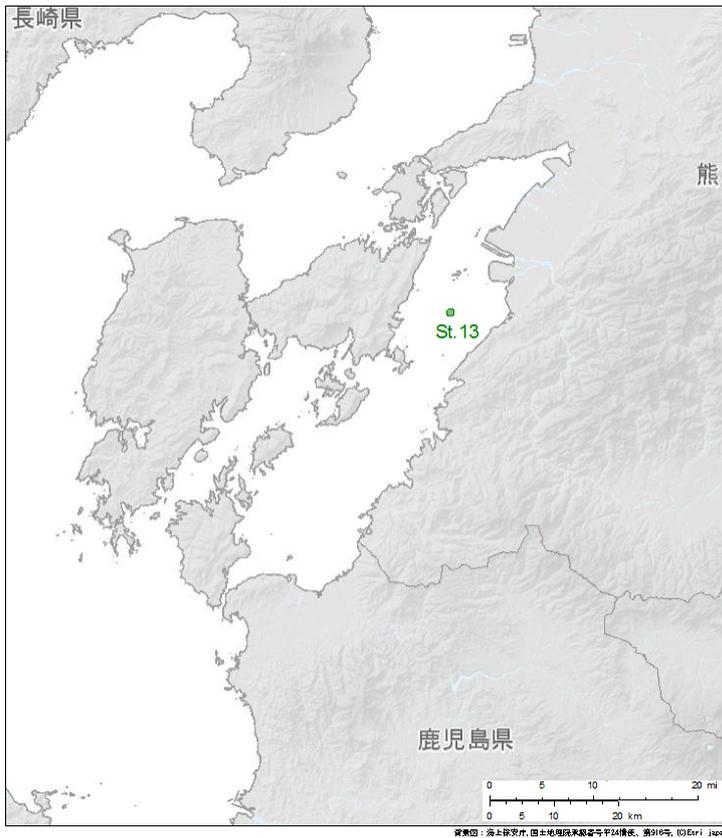
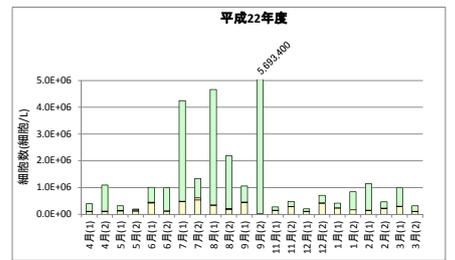
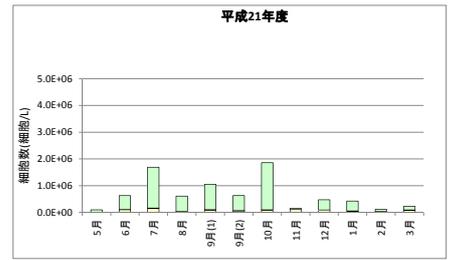
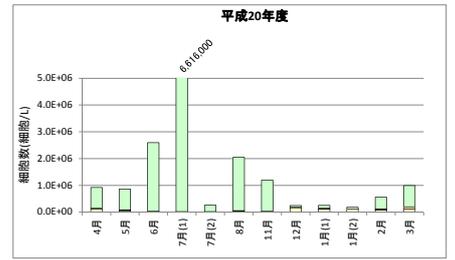
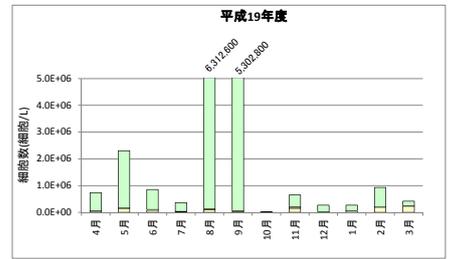
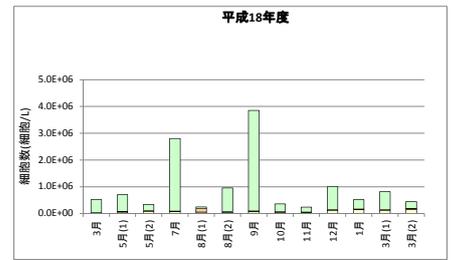
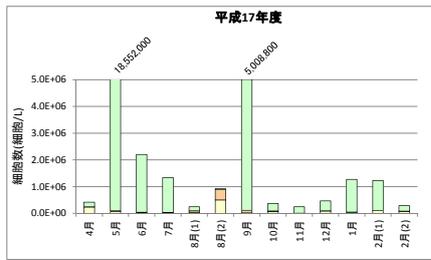
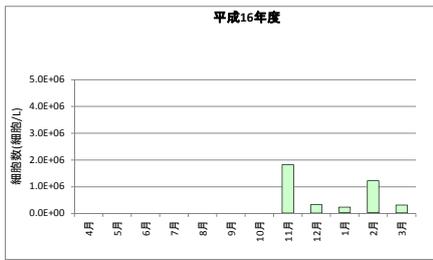
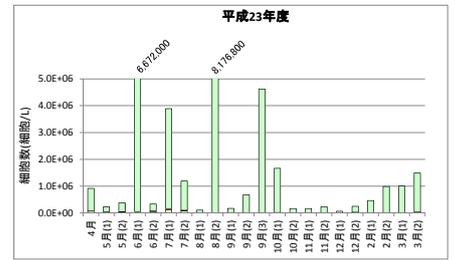
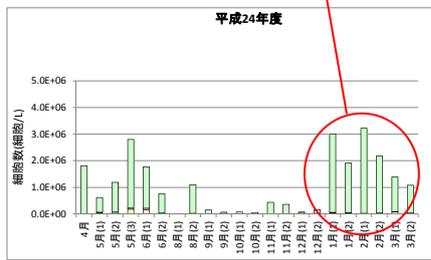
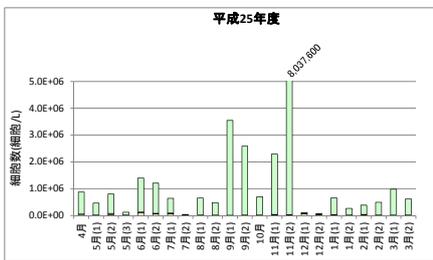


図 4.1.35(1) 植物プランクトンの細胞数の経年変化（八代海：St.11、表層）



1-3 月に珪藻類が増加



■ 珪藻類
■ 渦鞭毛藻類
■ その他

図 4.1.35(2) 植物プランクトンの細胞数の経年変化 (八代海: St.13、表層)

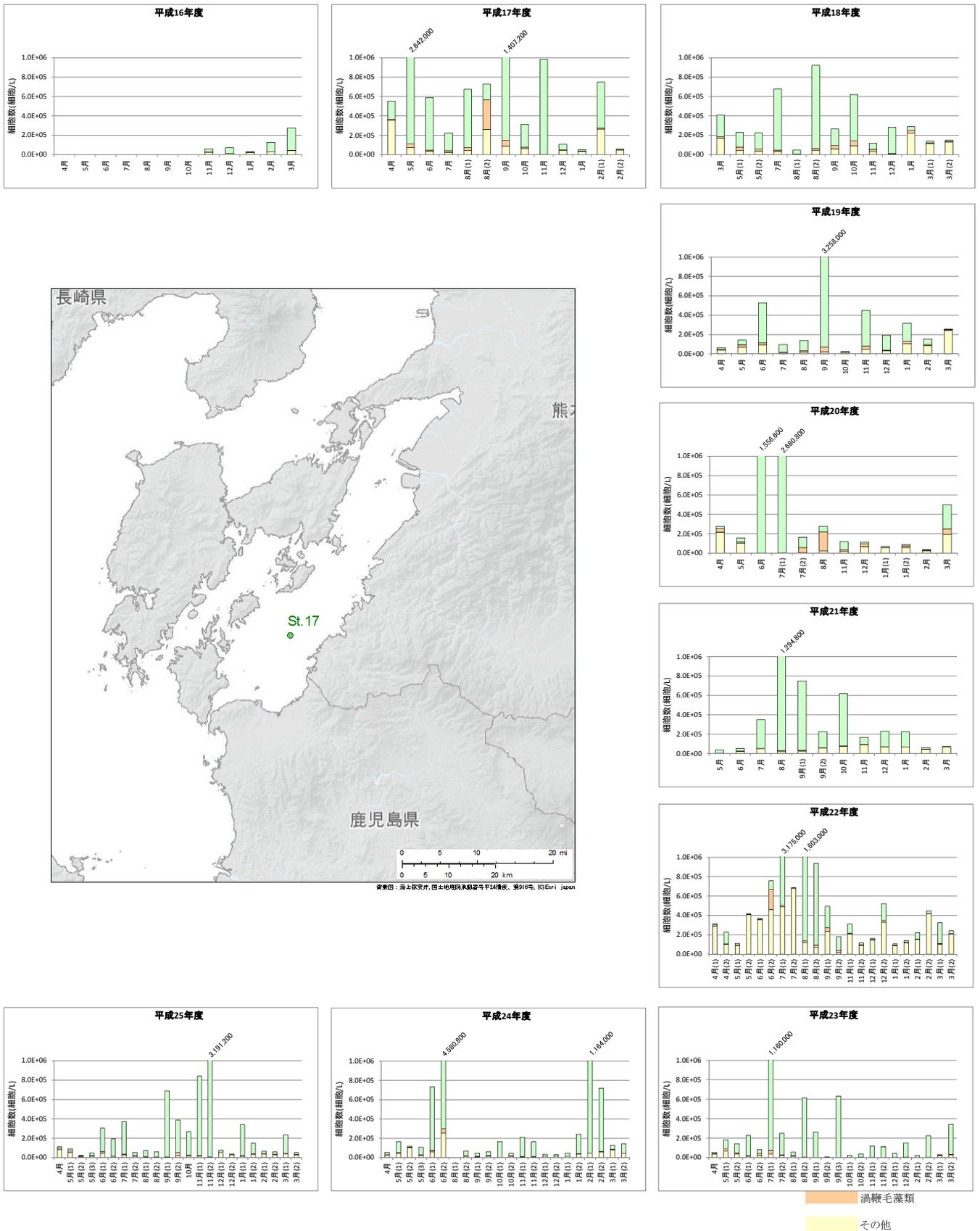


図 4.1.35(3) 植物プランクトンの細胞数の経年変化（八代海：St.17、表層）

表 4.1.4(1) 植物プランクトンの地点別最優占種の変化（八代海：St.11、表層）

	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24	H25
4月		スケルトネマ属	タシオネマ ニッチオイデス	スケルトネマ属	勿ブ藻綱		スケルトネマ属 勿ブ藻綱	勿ブ藻綱	スケルトネマ属	勿ブ藻綱
5月		キートクロス属	スケルトネマ属 勿ブ藻綱	スケルトネマ属	勿ブ藻綱	スケルトネマ属	スケルトネマ属 勿ブ藻綱	勿ブ藻綱 勿ブ藻綱	スケルトネマ属 スケルトネマ属 スケルトネマ属	スケルトネマ属 スケルトネマ属 スケルトネマ属
6月		スケルトネマ属		スケルトネマ属	スケルトネマ属	スケルトネマ属	ニッチア ムルチストリアータ スケルトネマ属	スケルトネマ属 スケルトネマ属	スケルトネマ属 スケルトネマ属	スケルトネマ属 キートクロス属
7月		スケルトネマ属	スケルトネマ属	キートクロス属	スケルトネマ属	タシオシーラ ロツラ	スケルトネマ属 プロコケトルム ミナム	スケルトネマ属 スケルトネマ属		勿ブ藻綱 勿ブ藻綱
8月		スケルトネマ属 勿ブ藻綱	スケルトネマ属 スケルトネマ属	スケルトネマ属	キートクロス属	スケルトネマ属	キートクロス属(ヒアロキテー亜属) キートクロス属(ヒアロキテー亜属)	スケルトネマ属 スケルトネマ属	キートクロス属	スケルトネマ属 スケルトネマ属
9月		勿ブ藻綱	ニッチア属	スケルトネマ属	タシオシーラ属	タシオネマ ニッチオイデス タシオネマ ニッチオイデス	タシオシラ ビナータ ニッチア属	スケルトネマ属 スケルトネマ属 キートクロス ショードカービセツム	スケルトネマ属 スケルトネマ属	スケルトネマ属 キートクロス ショードカービセツム
10月		スケルトネマ属	スケルトネマ属	スケルトネマ属		スケルトネマ属		スケルトネマ属 スケルトネマ属	スケルトネマ属 スケルトネマ属	ニッチア属
11月	スケルトネマ属	キートクロス ソシアレ	スケルトネマ属	スケルトネマ属	スケルトネマ属	ユーカンビア ゴデアイクス	勿ブ藻綱 勿ブ藻綱	スケルトネマ属 スケルトネマ属	スケルトネマ属 スケルトネマ属	スケルトネマ属 キートクロス属
12月	スケルトネマ属	スケルトネマ属	勿ブ藻綱	勿ブ藻綱	勿ブ藻綱	ユーカンビア ゴデアイクス	勿ブ藻綱 勿ブ藻綱	勿ブ藻綱 勿ブ藻綱	スケルトネマ属 スケルトネマ属	勿ブ藻綱 勿ブ藻綱
1月	スケルトネマ属	スケルトネマ属	勿ブ藻綱	スケルトネマ属	勿ブ藻綱 ユーカンビア ゴデアイクス	スケルトネマ属	勿ブ藻綱 スケルトネマ属		スケルトネマ属 スケルトネマ属	スケルトネマ属 スケルトネマ属
2月	スケルトネマ属	スケルトネマ属		勿ブ藻綱	スケルトネマ属	スケルトネマ属	スケルトネマ属 スケルトネマ属	スケルトネマ属 スケルトネマ属	スケルトネマ属 スケルトネマ属	キートクロス属 キートクロス コンストリクツム
3月	スケルトネマ属	スケルトネマ属	勿ブ藻綱 勿ブ藻綱	スケルトネマ属	ユーカンビア ゴデアイクス	勿ブ藻綱	スケルトネマ属 スケルトネマ属	スケルトネマ属 スケルトネマ属	スケルトネマ属 スケルトネマ属	スケルトネマ属 スケルトネマ属

■のセルは、最優占種が全植物プランクトンの総細胞数の50%を超えて出現したことを示す。

表 4.1.4(2) 植物プランクトンの地点別最優占種の変化（八代海：St.13、表層）

	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24	H25
4月		ハプト藻綱	タラシオネマ ニッチオイデス	スケレトネマ属	スケレトネマ属		レプトキリンドルス ダニクス	ニッチア属	スケレトネマ属	スケレトネマ属
							キートケロス コンストリクツム			
5月		キートケロス属	キートケロス アフィネ	バクテリアストルム属	スケレトネマ属	キートケロス属	カブト藻綱	スケレトネマ属	スケレトネマ属	スケレトネマ属
			スケレトネマ属				カブト藻綱		タラシオシーラ属	スケレトネマ属
6月		キートケロス デイスタンス		バクテリアストルム属	スケレトネマ属	スケレトネマ属	分類群不明の鞭毛藻類	スケレトネマ属	スケレトネマ属	スケレトネマ属
							スケレトネマ属			
7月		スケレトネマ属	キートケロス属	スケレトネマ属	スケレトネマ属	キートケロス属	スケレトネマ属	スケレトネマ属		リゾソレニア アチキリシマ
							分類群不明の鞭毛藻類			スケレトネマ属
8月		キートケロス コンストリクツム	プロコケトルム ミニムム	スケレトネマ属	キートケロス属	タラシオネマ ニッチオイデス	キートケロス属(ヒアロキテー亜属)	タラシオネマ ニッチオイデス	キートケロス属	バクテリアストルム属
		ギムノディニウム目	スケレトネマ属				キートケロス属(ヒアロキテー亜属)			
9月		スケレトネマ属	ニッチア属	スケレトネマ属	タラシオシーラ属	タラシオネマ ニッチオイデス	分類群不明の鞭毛藻類	スケレトネマ属	スケレトネマ属	スケレトネマ属
						キートケロス クルビセツム	ニッチア属	スケレトネマ属		
10月		スケレトネマ属	リゾソレニア ステルテルフォチ	カブト藻綱		ニッチア属		スケレトネマ属	スケレトネマ属	スケレトネマ属
								スケレトネマ属		
11月	スケレトネマ属	キートケロス ソシアル	タラシオシーラ科	分類群不明の鞭毛藻類	キートケロス ソシアル	カブト藻綱	分類群不明の鞭毛藻類	スケレトネマ属	タラシオシーラ マラ	スケレトネマ属
							分類群不明の鞭毛藻類		タラシオシーラ マラ	タラシオシーラ マラ
12月	キートケロス デヒレ	キートケロス ソシアル	タラシオシーラ科	タラシオシーラ サブチリス	カブト藻綱	ユーカンビア ソディアクス	分類群不明の鞭毛藻類	タラシオシーラ属	スケレトネマ属	カブト藻綱
							分類群不明の鞭毛藻類	キートケロス ソシアル		
1月	スケレトネマ属	スケレトネマ属	ユーカンビア ソディアクス	タラシオシーラ マラ	カブト藻綱	スケレトネマ属	分類群不明の鞭毛藻類		スケレトネマ属	キートケロス ソシアル
					カブト藻綱		スケレトネマ属		スケレトネマ属	ユーカンビア ソディアクス
2月	スケレトネマ属	スケレトネマ属		キートケロス ソシアル	ユーカンビア ソディアクス	カブト藻綱	スケレトネマ属	スケレトネマ属	スケレトネマ属	スケレトネマ属
							分類群不明の鞭毛藻類			
3月	スケレトネマ属	スケレトネマ属	スケレトネマ属	カブト藻綱	ユーカンビア ソディアクス	スケレトネマ属	スケレトネマ属	スケレトネマ属	スケレトネマ属	スケレトネマ属
			スケレトネマ属				キートケロス アフィネ			

■のセルは、最優占種が全植物プランクトンの総細胞数の50%を超えて出現したことを示す。

表 4.1.4(3) 植物プランクトンの地点別最優占種の変化（八代海：St.17、表層）

	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24	H25
4月		ハプト藻綱	矽藻綱	矽藻綱	矽藻綱		矽藻綱 矽藻綱	矽藻綱	矽藻綱	矽藻綱
5月		キートクロス属	キートクロスアフィネ	矽藻綱	矽藻綱	キートクロス属	矽藻綱	矽藻綱	スケレトネマ属	矽藻綱
			スケレトネマ属				矽藻綱		キートクロス属	矽藻綱
6月		キートクロス デイスタンス		スケレトネマ属	スケレトネマ属	矽藻綱	分類群不明の鞭毛藻類	スケレトネマ属	スケレトネマ属	キートクロス属
							矽藻綱			矽藻綱
7月		キートクロス コンストラクツム	スケレトネマ属	キートクロス ロレンシアヌム	アステリオネラ グラシアス	キートクロス属	リゾソレニア フラギリシマ	スケレトネマ属		スケレトネマ属
							シトネラ属			
8月		スケレトネマ属	レプトキントルス ダニクス	スケレトネマ属	キートクロス属	スケレトネマ属	タシオネマ ニッチオイデス	ミドリムシ綱	タシオネマ ニッチオイデス	バクテリアストム属
		矽藻綱	スケレトネマ属				キートクロス属(ヒアロキテー亜属)	スケレトネマ属		スケレトネマ属
9月		ニッチア属	ニッチア属	スケレトネマ属	ギムノディウム目	タシオネマ ニッチオイデス	分類群不明の鞭毛藻類	スケレトネマ属	スケレトネマ属	スケレトネマ属
						矽藻綱	ニッチア属	タシオスリックス属		矽藻綱
10月		ニッチア属	リゾソレニア ステルテルフォチ	ギムノディウム目		プセウドニッチア ムルチストリアタ		タシオネマ ニッチオイデス	スケレトネマ属	ニッチア属
								スケレトネマ属		矽藻綱
11月	ハプト藻綱	タシオシーラ属	タシオシーラ科	タシオシーラ ロツラ属	キートクロス デビレ	矽藻綱	分類群不明の鞭毛藻類	タシオシーラ属	キートクロス ソシアル	スケレトネマ属
							分類群不明の鞭毛藻類	タシオシーラ マラ	キートクロス ソシアル	キートクロス ソシアル
12月	タシオシーラ科	矽藻綱	タシオシーラ科	タシオシーラ サブチリス		タシオシーラ属	分類群不明の鞭毛藻類	タシオシーラ属	矽藻綱	矽藻綱
							分類群不明の鞭毛藻類	タシオシーラ属	矽藻綱	矽藻綱
1月	ハプト藻綱	矽藻綱	矽藻綱	タシオシーラ マラ		タシオシーラ属	分類群不明の鞭毛藻類		矽藻綱	キートクロス ソシアル
							分類群不明の鞭毛藻類		スケレトネマ属	キートクロス ソシアル
2月	スケレトネマ属	スケレトネマ属		矽藻綱	矽藻綱	矽藻綱	分類群不明の鞭毛藻類	タシオシーラ デボロキカス	スケレトネマ属	矽藻綱
							分類群不明の鞭毛藻類	タシオシーラ属	スケレトネマ属	矽藻綱
3月	スケレトネマ属	矽藻綱	矽藻綱	矽藻綱	矽藻綱	矽藻綱	スケレトネマ属	矽藻綱	矽藻綱	ユーカピアゾディアクス
			矽藻綱				スケレトネマ属	スケレトネマ属	矽藻綱	

■のセルは、最優占種が全植物プランクトンの総細胞数の50%を超えて出現したことを示す。

4.2 流量・フラックス調査結果の概要

流量・フラックス調査結果の概要では、平成 16 年度～19 年度に実施された流向・流速調査、及び平成 16 年度に実施されたフラックス調査の結果について概要を整理した。

(流向・流速調査結果)

流向・流速の調査結果を表 4.2.1 に示す。流況調査結果の代表例(平成 19 年度)を図 4.2.1 に示す。

有明海湾奥における流向は、平成 16 年度～平成 19 年度の 4 回の調査結果のいずれも概ね上げ潮時に北西向き、下げ潮時に南東向きであり、最大流速は、75～100cm/s であった。流向は水平方向に概ね一様であった。有明海湾口における流向は、4 回の調査結果のいずれも概ね上げ潮時に東向き、下げ潮時に西向きであり、最大流速は、200～300cm/s であった。流況は、下げ潮時より上げ潮時の流速が大きい傾向であった(表 4.2.1)。

八代海における流向は、4 回の調査結果のいずれも概ね上げ潮時に北向き、下げ潮時に南向きであり、最大流速は 30～50cm/s 程度であった(表 4.2.1)。

(フラックス算定結果)

フラックス調査は、平成 16 年度、平成 17 年度に実施した。しかしながら、調査は 1 隻がラインを走行しながらの観測(満潮時、下げ潮時、干潮時、上げ潮時)であったこと等により、精度のよい観測データを得ることは困難であり、実際の流速と水質からフラックスとして算定できた結果は平成 16 年度調査のみであった。よって、以下に平成 16 年度のフラックス算定結果について示す。

平成 16 年度のフラックスの算定結果を図 4.2.2 に示す。

フラックスを算定方法は次のとおりである。超音波式多層流速計で測得された水深をもとに、測定開始位置から終了位置までの面積を断面積とし、その断面に垂直な成分の流速平均値を断面積に乗じて流量を算出し、さらに採水分析で得られた水質の平均値を乗じてフラックスを算出した。

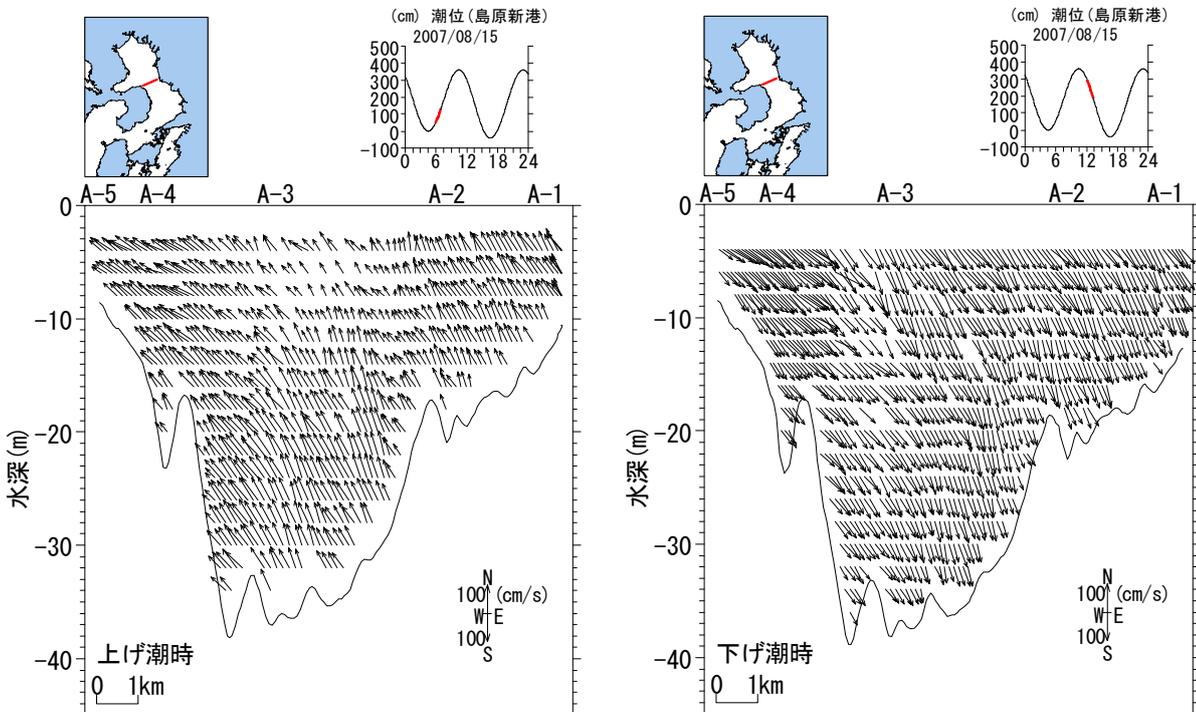
COD のフラックスの最大値は、有明海湾奥部では約 2,370 t /hour (下げ潮時)、有明海湾口部では約 2,580 t /hour (上げ潮時)、八代湾奥部では約 400 t /hour (上げ潮時) であった(図 4.2.2)。

T-N のフラックスの最大値をみると、有明海湾奥部では約 240 t /hour (下げ潮時)、有明海湾口部では約 320 t /hour (上げ潮時)、八代湾奥部では約 50 t /hour (上げ潮時) であった(図 4.2.2)。

T-P のフラックスの最大値をみると、有明海湾奥部では約 31 t /hour (下げ潮時)、有明海湾口部では約 35 t /hour (上げ潮時)、八代湾奥部では約 6 t /hour (上げ潮時) であった(図 4.2.2)。

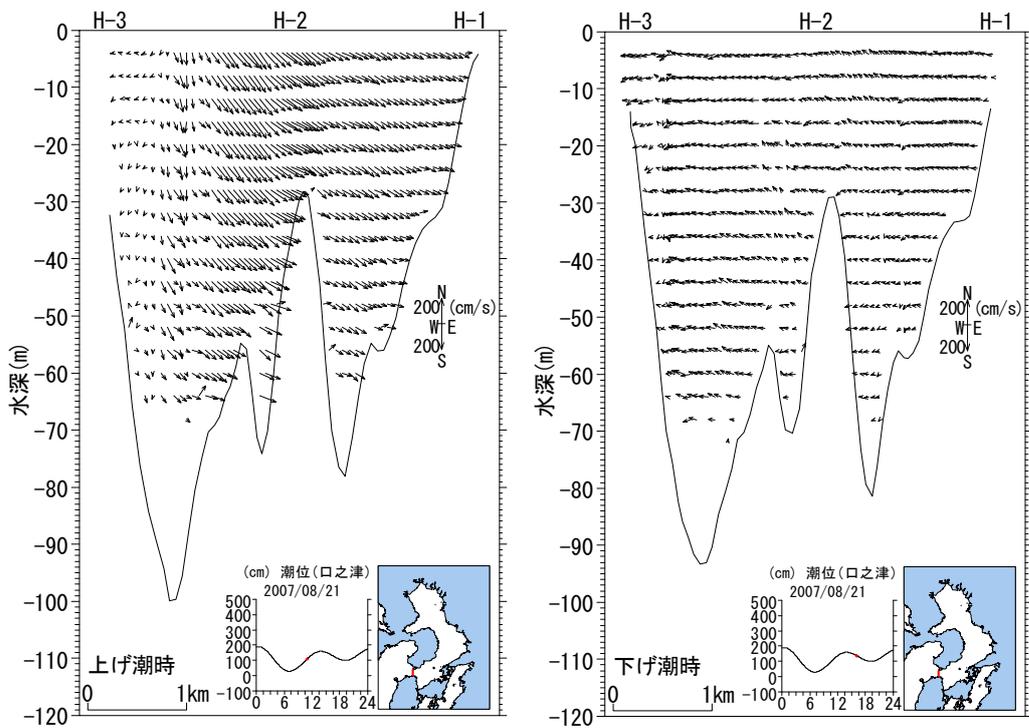
表 4.2.1 流向・流速の調査結果

	有明海湾奥（流速,流向）	有明海湾口（流速,流向）	八代海（流速,流向）
平成 16年度	上げ潮：最大 100cm/s,北西 下げ潮：最大 100cm/s,南東	上げ潮：最大 200cm/s,東 下げ潮：最大 200cm/s,西	上げ潮：最大 50cm/s,北 下げ潮：最大 50cm/s,南
平成 17年度	上げ潮：最大 100cm/s,北東 下げ潮：最大 100cm/s,南西	上げ潮：最大 200cm/s,東 下げ潮：最大 200cm/s,西	上げ潮：最大 30cm/s,北 下げ潮：最大 30cm/s,南
平成 18年度	上げ潮：最大 100cm/s,北西 下げ潮：最大 100cm/s,南東	上げ潮：最大 300cm/s,東 下げ潮：最大 200cm/s,西	上げ潮：最大 50cm/s,北 下げ潮：最大 50cm/s,南
平成 19年度	上げ潮：最大 75cm/s,北西 下げ潮：最大 75cm/s,南東	上げ潮：最大 300cm/s,南東 下げ潮：最大 200cm/s,北西	上げ潮：最大 50cm/s,北 下げ潮：最大 50cm/s,南



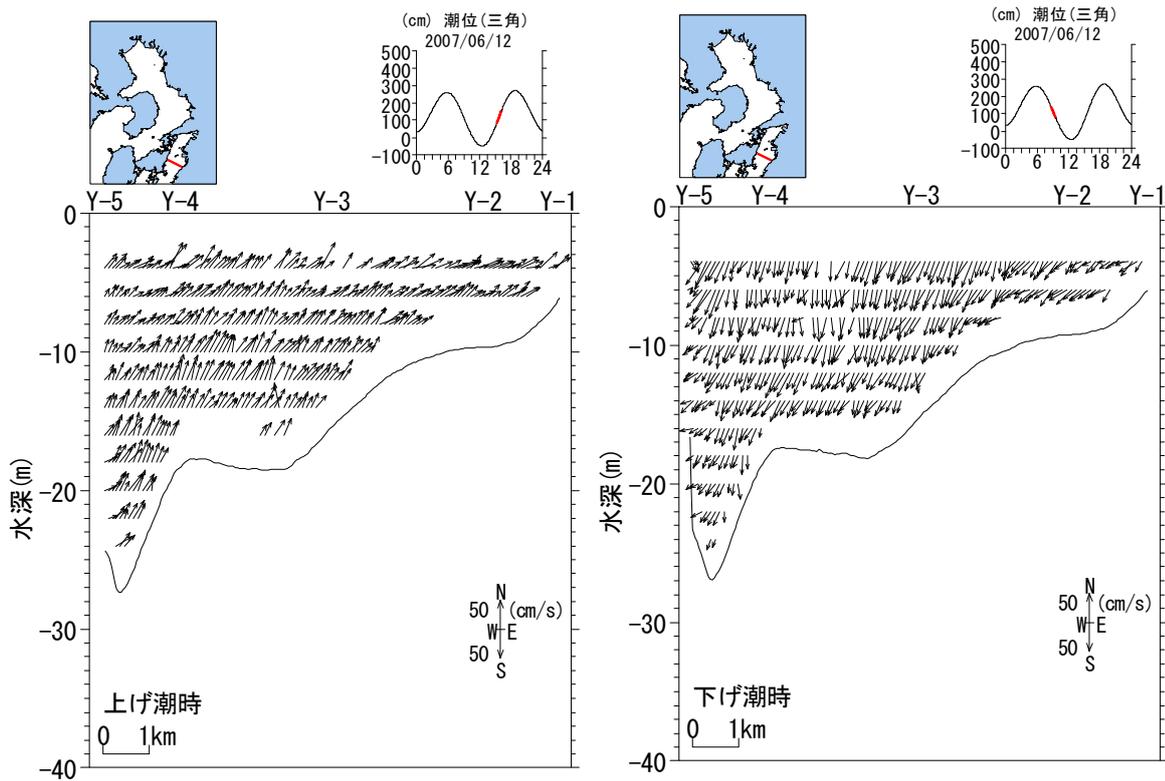
(注) 有明海湾奥の A-1 から A-5 までの航行時間は、約 1 時間である。

図 4.2.1(1) 流況調査結果の代表例(有明海湾奥ライン)
(平成 19 年 8 月 15 日、上げ潮時(左図)・下げ潮時(右図))



(注) 有明海湾口の H-1 から H-3 までの航行時間は、約 20 分である。

図 4.2.1(2) 流況調査結果の代表例(有明海湾口ライン)
(平成 19 年 8 月 21 日、上げ潮時(左図)・下げ潮時(右図))



(注) 八代海の Y-1 から Y-5 までの航行時間は、約 1 時間である。

図 4.2.1(3) 流況調査結果の代表例(八代海ライン)
(平成 19 年 8 月 23 日、上げ潮時(左図)・下げ潮時(右図))

断面通過フラックス (COD)

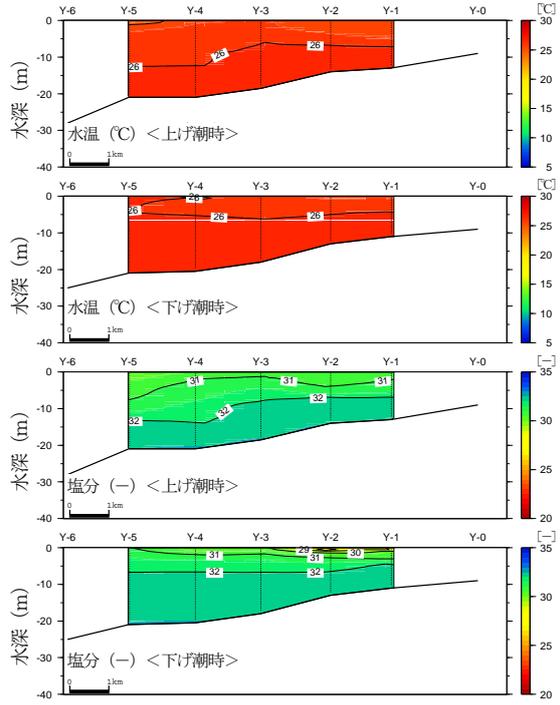
断面	調査日	潮時	断面積 (m ²)	平均流速 (cm/s)	平均濃度 (mg/L)	フラックス (t/hour)
有明湾奥部	7月20日	上げ潮時	272,001	54.2	3.4	1,782.4
		下げ潮時	284,795	70.8	3.3	2,369.6
	10月4日	上げ潮時	277,926	46.7	2.2	1,048.9
		下げ潮時	290,492	35.7	2.2	820.9
	11月5日	上げ潮時	282,644	29.4	1.7	514.6
		下げ潮時	289,939	5.1	2.0	107.1
2月21日	上げ潮時	284,487	38.6	1.0	395.0	
	下げ潮時	288,575	37.1	1.0	376.9	
有明湾口部	7月6日	上げ潮時	236,609	159.3	1.9	2,578.4
		下げ潮時	207,496	182.1	1.9	2,554.0
	10月2日	上げ潮時	210,798	220.3	1.4	2,414.8
		下げ潮時	203,117	166.3	1.8	2,229.7
	11月2日	上げ潮時	213,237	155.2	1.5	1,800.9
		下げ潮時	205,359	80.4	1.4	825.2
2月18日	上げ潮時	204,502	27.5	0.9	173.3	
	下げ潮時	206,880	31.6	0.9	203.9	
八代海	7月8日	上げ潮時	148,741	21.0	2.7	303.3
		下げ潮時	156,214	20.5	2.8	323.5
	10月1日	上げ潮時	153,304	31.2	2.0	350.4
		下げ潮時	161,816	26.5	2.2	354.8
	10月29日	上げ潮時	156,748	35.1	2.0	400.7
		下げ潮時	161,106	25.4	1.9	285.9
2月17日	上げ潮時	159,773	11.5	1.3	87.7	
	下げ潮時	160,703	2.6	1.2	18.4	

断面通過フラックス (T-N)

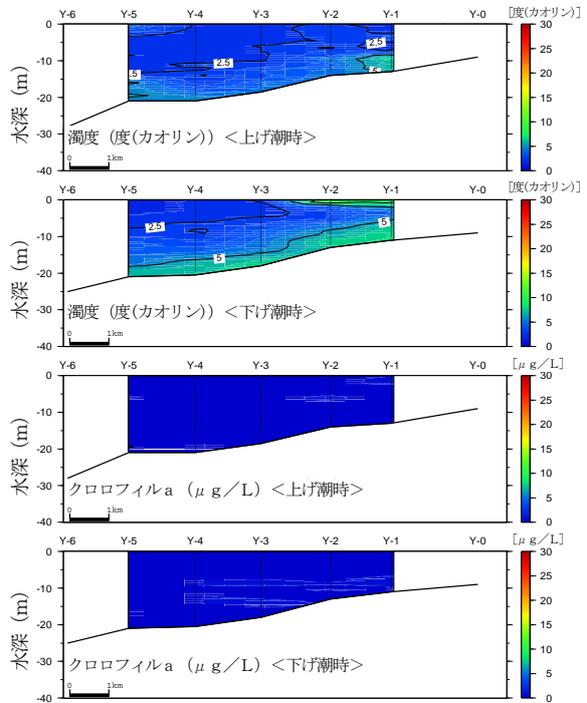
断面	調査日	潮時	断面積 (m ²)	平均流速 (cm/s)	平均濃度 (mg/L)	フラックス (t/hour)
有明湾奥部	7月20日	上げ潮時	272,001	54.2	0.33	177.6
		下げ潮時	284,795	70.8	0.33	237.8
	10月4日	上げ潮時	277,926	46.7	0.25	118.4
		下げ潮時	290,492	35.7	0.25	94.9
	11月5日	上げ潮時	282,644	29.4	0.31	93.6
		下げ潮時	289,939	5.1	0.34	18.0
2月21日	上げ潮時	284,487	38.6	0.16	64.5	
	下げ潮時	288,575	37.1	0.18	69.8	
有明湾口部	7月6日	上げ潮時	236,609	159.3	0.24	321.2
		下げ潮時	207,496	182.1	0.23	312.8
	10月2日	上げ潮時	210,798	220.3	0.18	304.6
		下げ潮時	203,117	166.3	0.19	236.5
	11月2日	上げ潮時	213,237	155.2	0.20	233.1
		下げ潮時	205,359	80.4	0.19	114.9
2月18日	上げ潮時	204,502	27.5	0.13	26.3	
	下げ潮時	206,880	31.6	0.14	32.2	
八代海	7月8日	上げ潮時	148,741	21.0	0.32	36.3
		下げ潮時	156,214	20.5	0.28	32.9
	10月1日	上げ潮時	153,304	31.2	0.24	41.2
		下げ潮時	161,816	26.5	0.31	48.1
	10月29日	上げ潮時	156,748	35.1	0.27	53.7
		下げ潮時	161,106	25.4	0.25	36.3
2月17日	上げ潮時	159,773	11.5	0.17	11.1	
	下げ潮時	160,703	2.6	0.14	2.1	

断面通過フラックス (T-P)

断面	調査日	潮時	断面積 (m ²)	平均流速 (cm/s)	平均濃度 (mg/L)	フラックス (t/hour)
有明湾奥部	7月20日	上げ潮時	272,001	54.2	0.048	25.5
		下げ潮時	284,795	70.8	0.042	30.8
	10月4日	上げ潮時	277,926	46.7	0.039	18.2
		下げ潮時	290,492	35.7	0.040	14.9
	11月5日	上げ潮時	282,644	29.4	0.042	12.6
		下げ潮時	289,939	5.1	0.040	2.2
2月21日	上げ潮時	284,487	38.6	0.033	13.1	
	下げ潮時	288,575	37.1	0.028	10.8	
有明湾口部	7月6日	上げ潮時	236,609	159.3	0.026	35.1
		下げ潮時	207,496	182.1	0.025	34.3
	10月2日	上げ潮時	210,798	220.3	0.020	32.7
		下げ潮時	203,117	166.3	0.025	30.0
	11月2日	上げ潮時	213,237	155.2	0.025	30.2
		下げ潮時	205,359	80.4	0.027	16.0
2月18日	上げ潮時	204,502	27.5	0.016	3.2	
	下げ潮時	206,880	31.6	0.016	3.7	
八代海	7月8日	上げ潮時	148,741	21.0	0.023	2.6
		下げ潮時	156,214	20.5	0.026	3.0
	10月1日	上げ潮時	153,304	31.2	0.028	4.8
		下げ潮時	161,816	26.5	0.036	5.6
	10月29日	上げ潮時	156,748	35.1	0.032	6.4
		下げ潮時	161,106	25.4	0.033	4.8
2月17日	上げ潮時	159,773	11.5	0.019	1.3	
	下げ潮時	160,703	2.6	0.018	0.3	



水質調査結果
(平成16年10月1日, 八代海, 水温, 塩分)



水質調査結果
(平成16年10月1日, 八代海, 濁度, クロロフィル a)

図 4.2.2 フラックスの算定結果(平成16年度)

4.3 底質・底生生物調査結果の概要

底質・底生生物調査結果の概要では、平成 16 年度～平成 25 年度に実施された底質・底生生物調査結果について、(1)底質性状の経時変化、(2)底質項目間の関係、(3)底生生物の経時変化、(4)底質と底生生物との関係について概要を整理した。

このうち、「(2)底質項目間の関係」で地点別に底質項目間の関係を散布図として、「(4)底質と底生生物との関係」では、底質と底生生物(種類数、個体数、湿重量)との関係を散布図に加えてレーダーチャートを用いて整理した。

(1) 底質性状

有明海における底質の経年変化を図 4.3.1 に、八代海における経年変化を図 4.3.3 に示す。

有明海における粒度組成は、湾奥部西側～熊本港周辺ではシルト・粘土分が卓越し、湾奥部東側では、礫分から粘土分までが同程度に含まれており、湾中央側～湾口では砂分の割合が高い傾向にあった。経年的には、湾奥部東側(No.4、No.5)では年度により各組成の割合が増減を繰り返す傾向にあり、特に近年においては、やや粘土シルト分の割合が多くなる傾向にある。その他の地点では経年的な変化傾向は認められなかった(図 4.3.1(1))。

八代海における粒度組成は、金剛干潟地先、湾口寄りには砂分の割合が比較的高く、その他の地点は細粒分が卓越しており、また、経年的にはほぼ一定であった(図 4.3.3(1))。

底質中の有機物等については、有明海、八代海ともに湾奥部を中心に COD は、数年間にわたる増減の変動がみられた。また、硫化物は年による増減があるものの、一定の傾向は認められなかった(図 4.3.1(2)-(5)、図 4.3.3(2)-(5))。

なお、有明海湾奥部東側の No.4、No.5 の変化については、筑後川からの流入土砂や、周辺での覆砂事業の実施等による影響の可能性や、底質性状の平面的な変化が大きく、調査回ごとに変化が生じたこと等が考えられる。

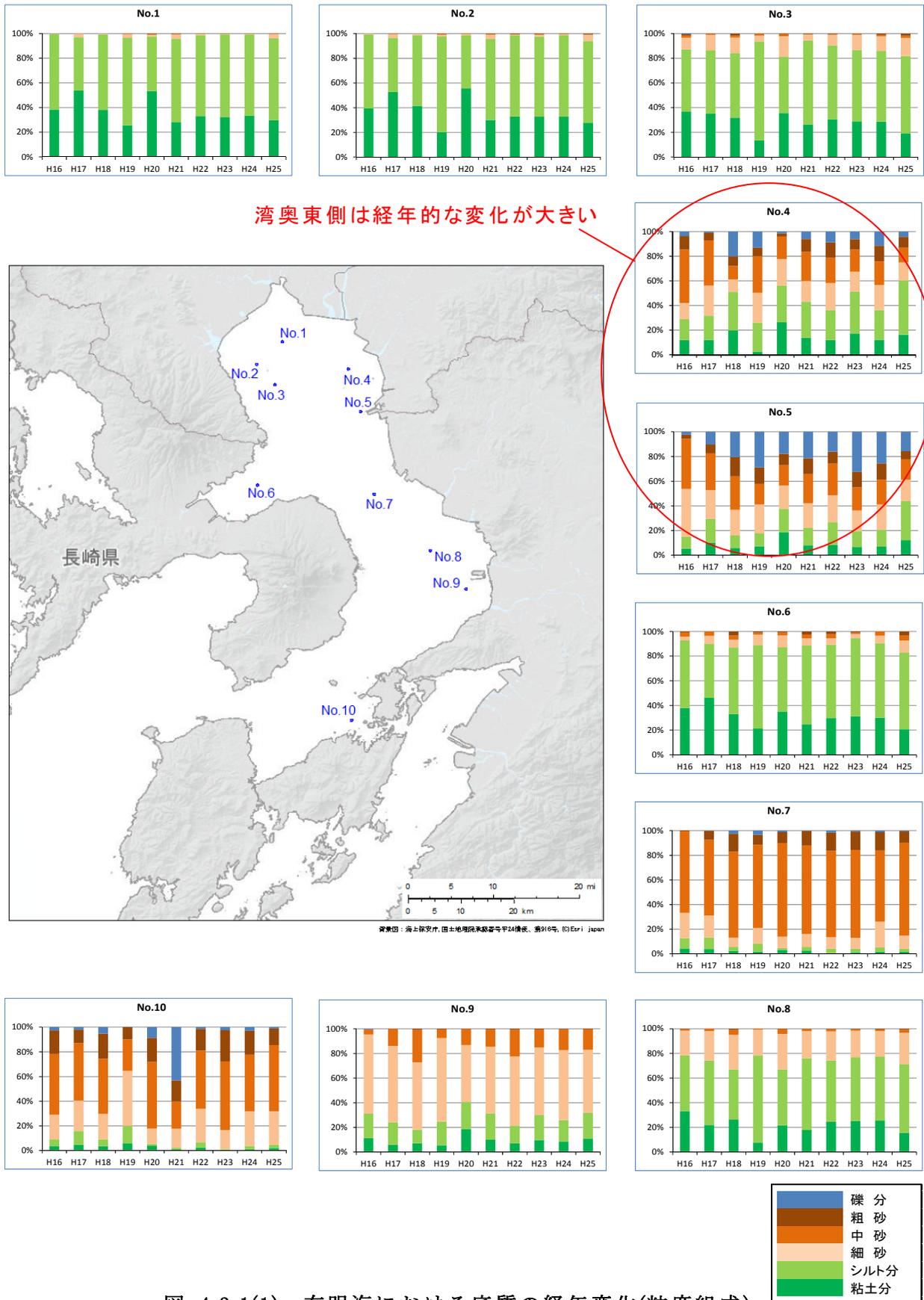


図 4.3.1(1) 有明海における底質の経年変化(粒度組成)

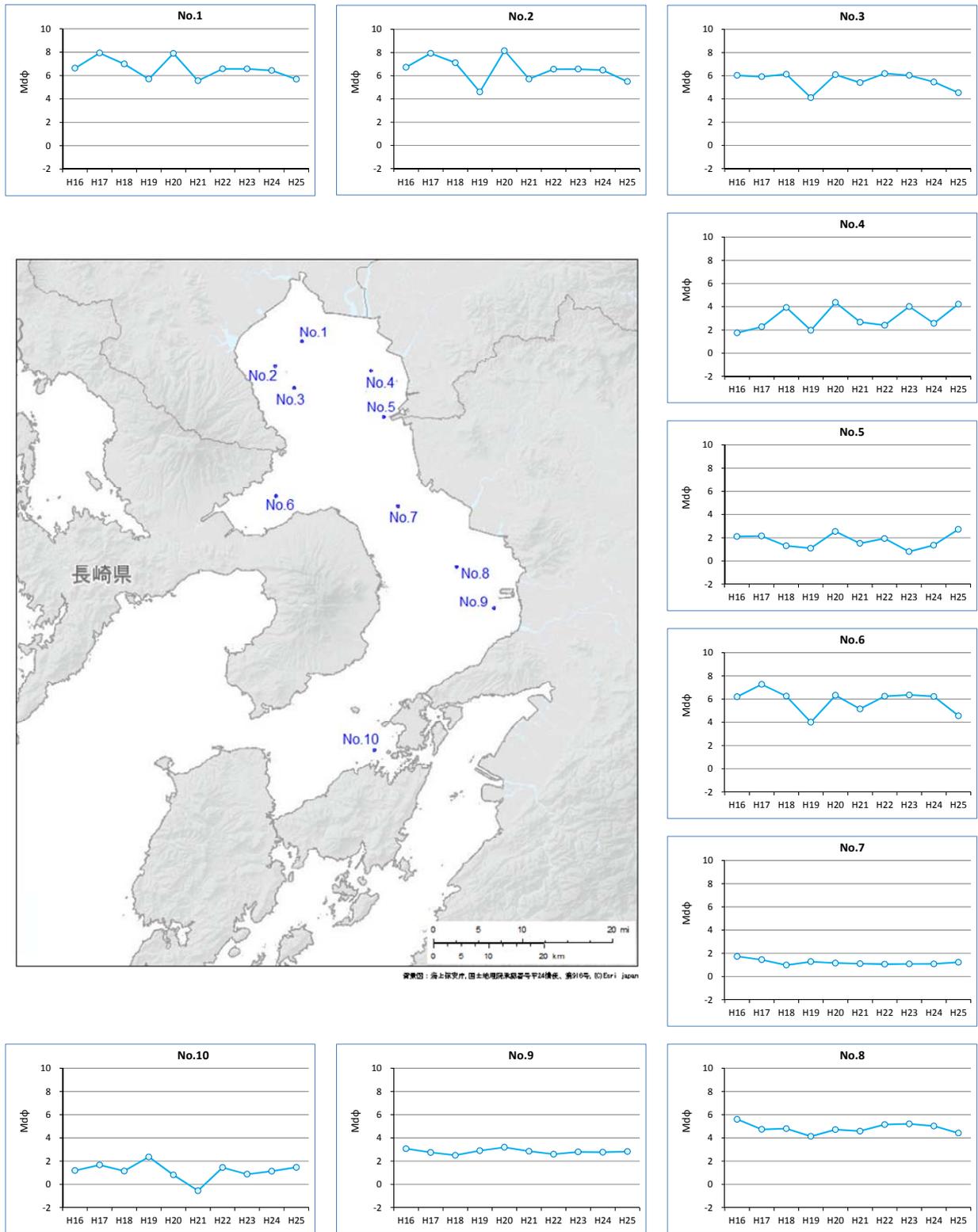


図 4.3.2(2) 有明海における底質の経年変化(Mdφ)

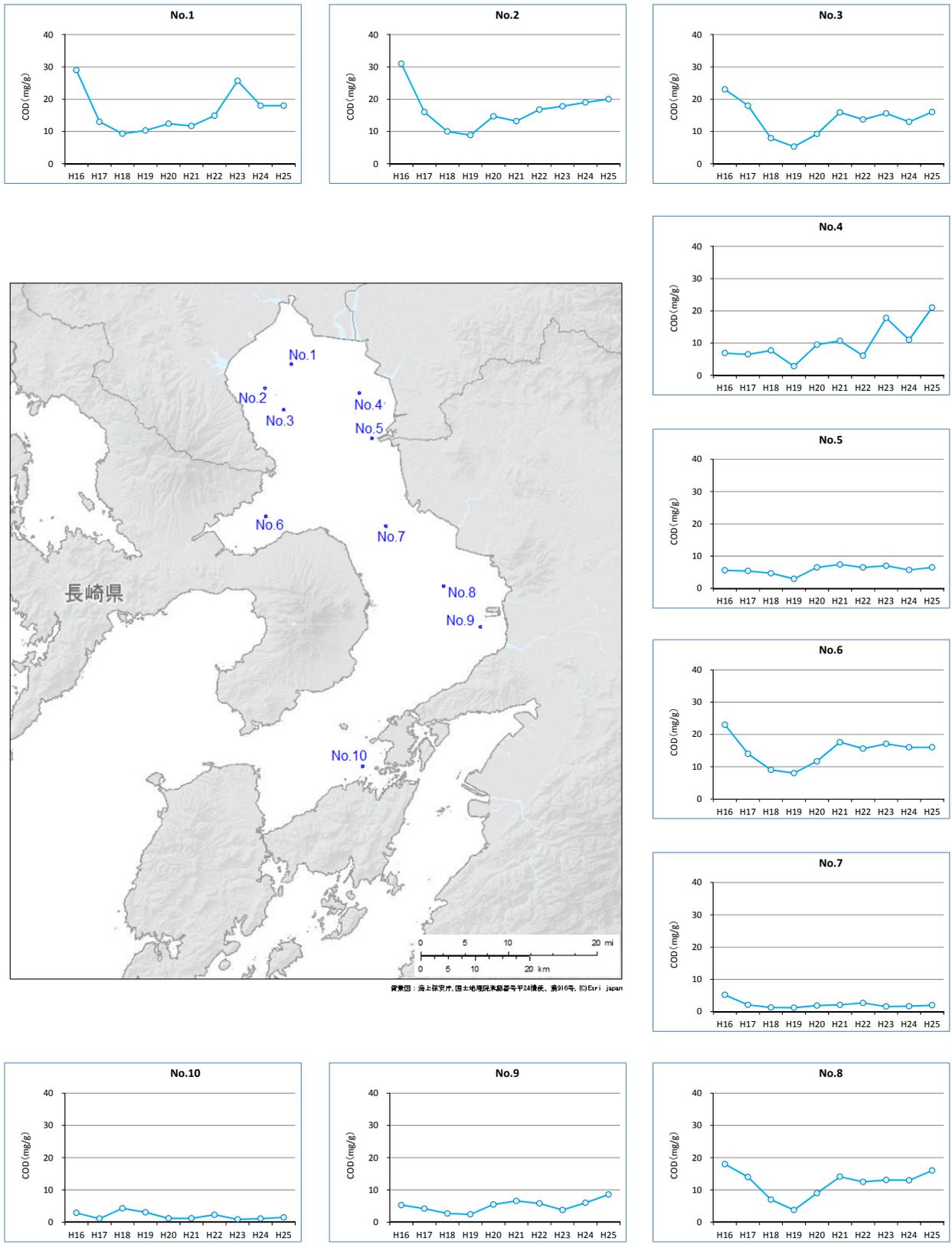
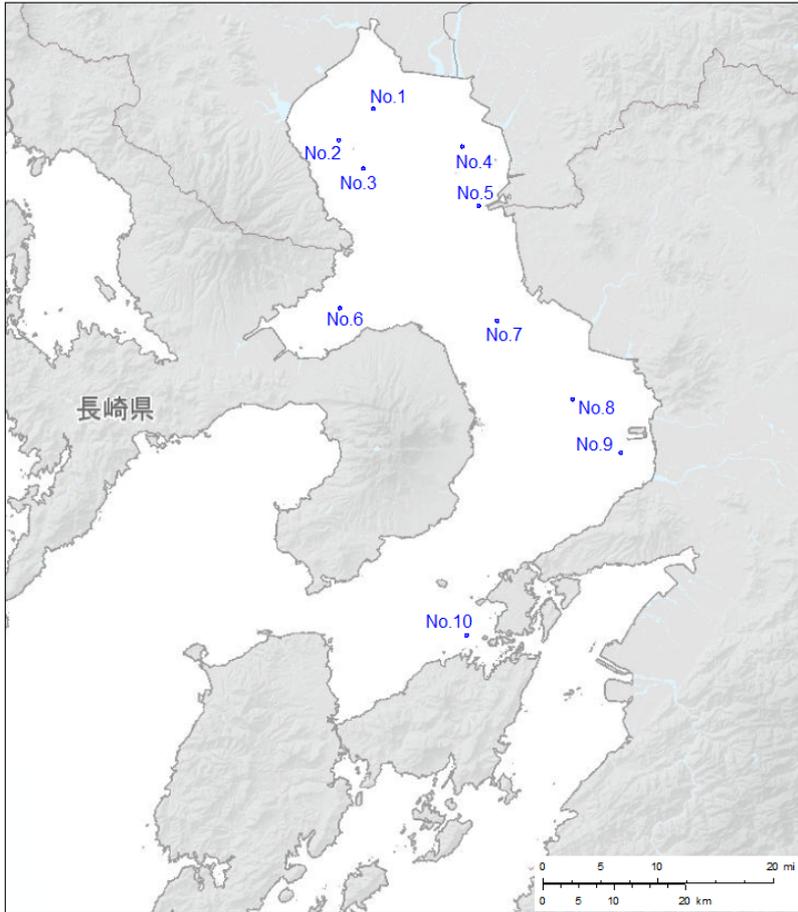
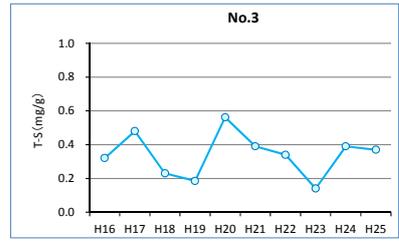
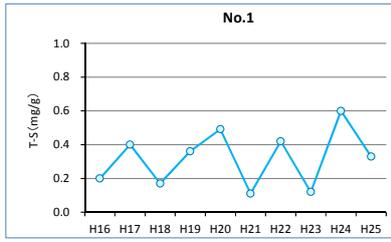
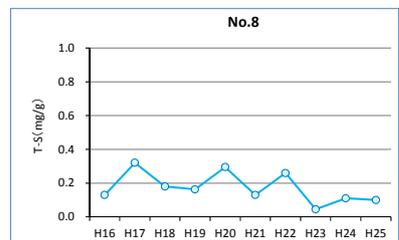
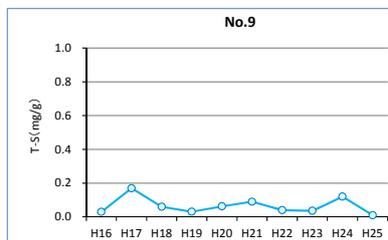
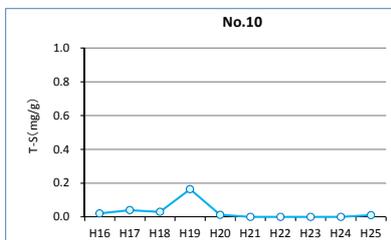
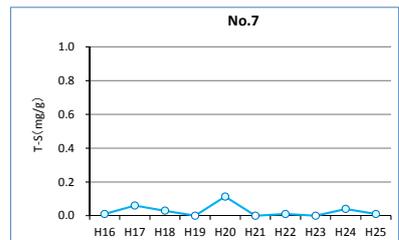
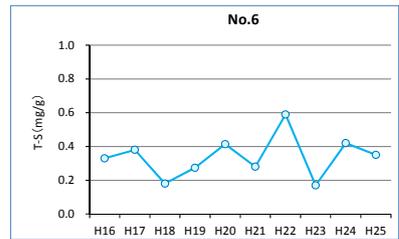
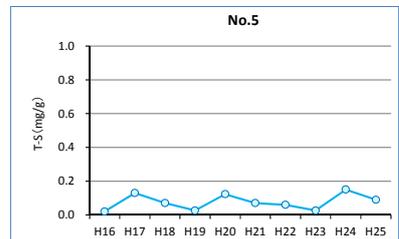
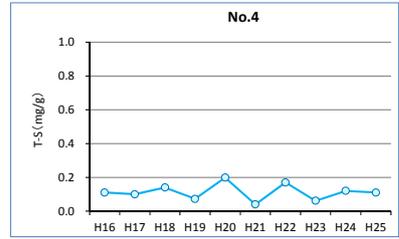


図 4.3.1(3) 有明海における底質の経年変化 (COD)



資料出：海上保安庁、国土地理院海床観測号平24情報、第916号、©Esri Japan



注) 白抜きのプロットは定量下限値 (0.01mg/g) 未満を示す。

図 4.3.1(4) 有明海における底質の経年変化 (全硫化物)

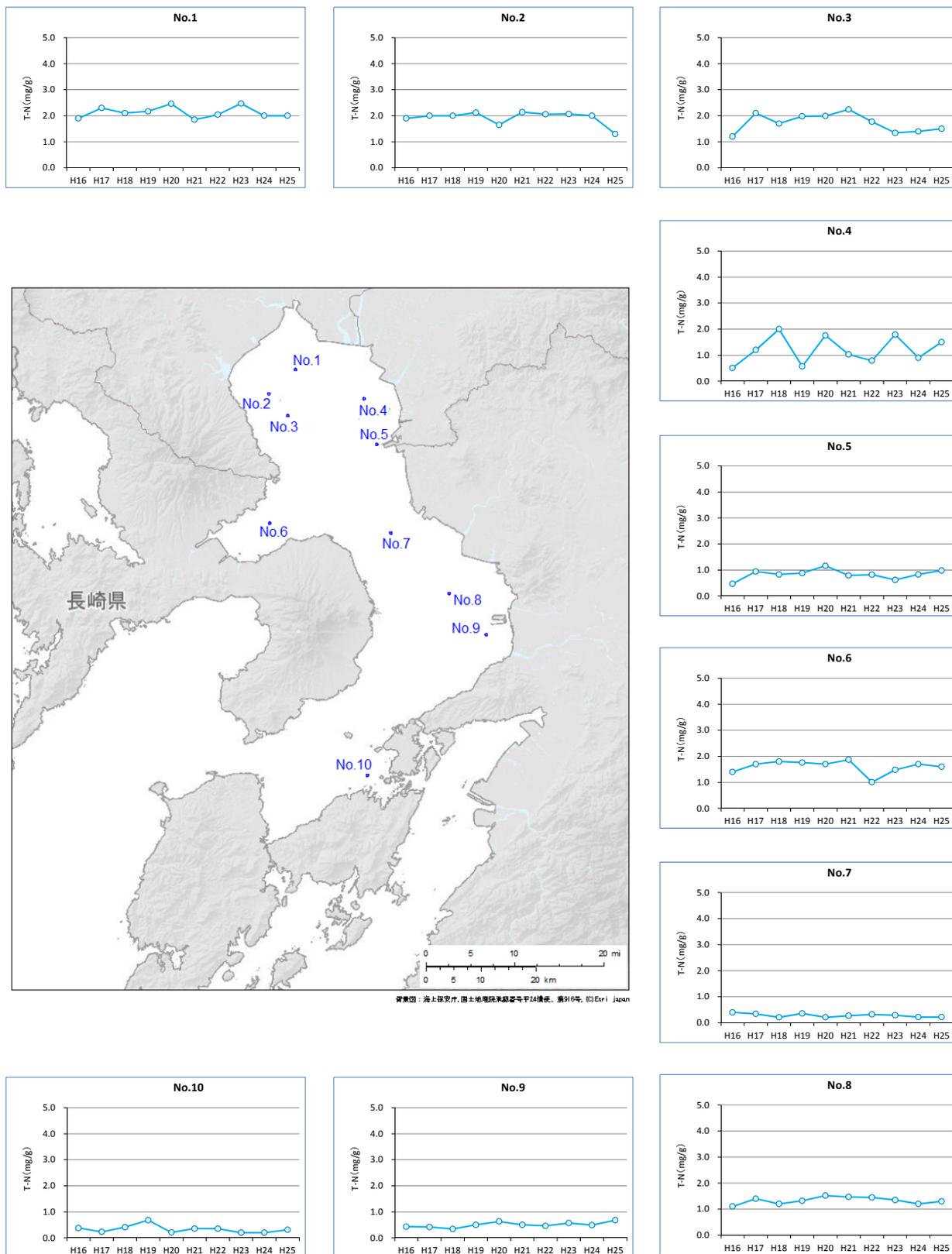


図 4.3.1(5) 有明海における底質の経年変化 (T-N)

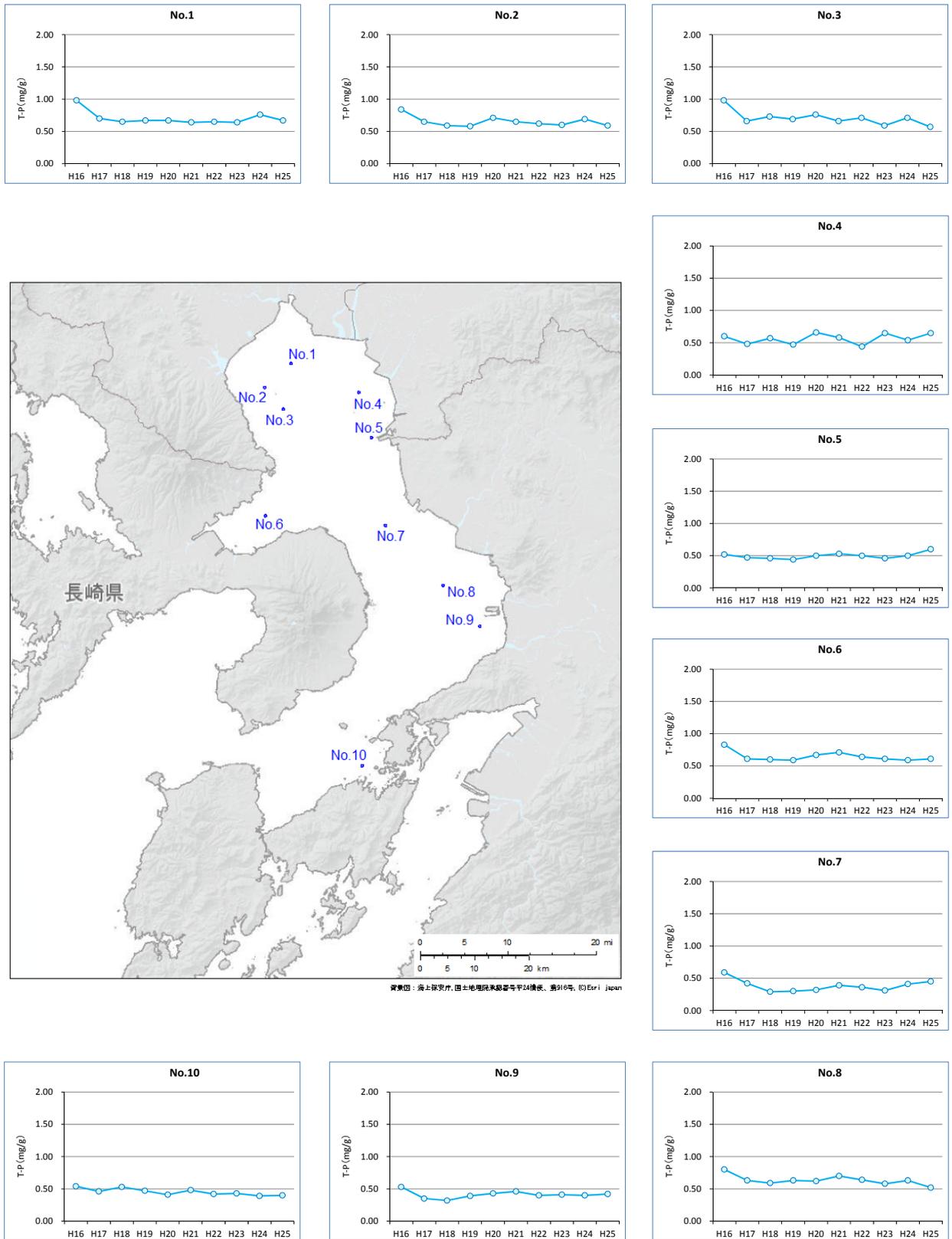
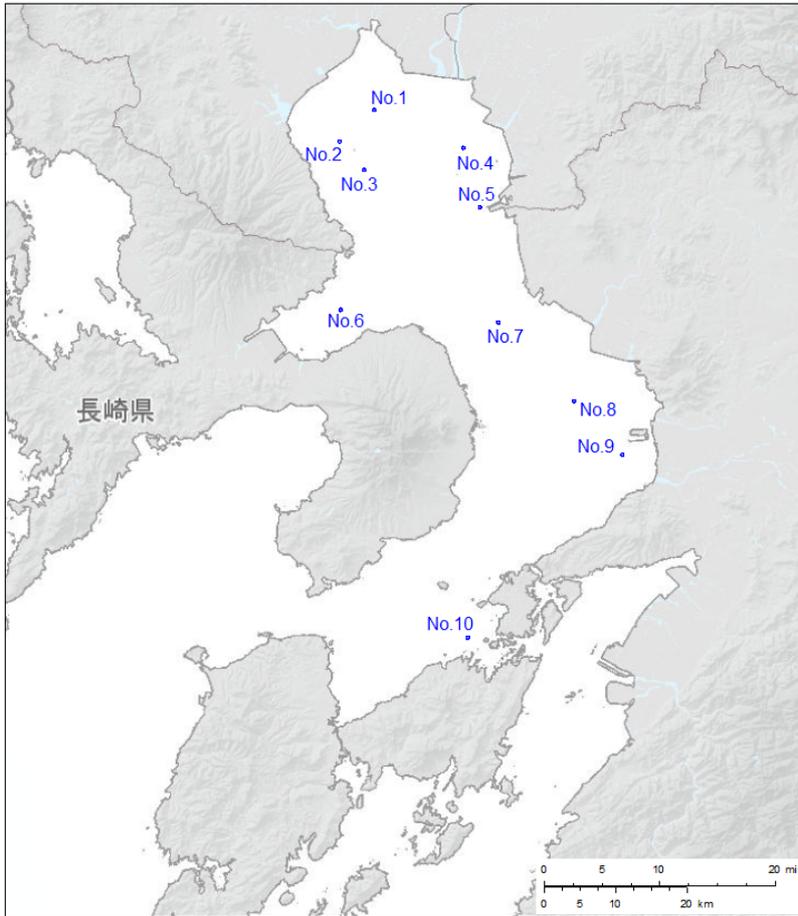
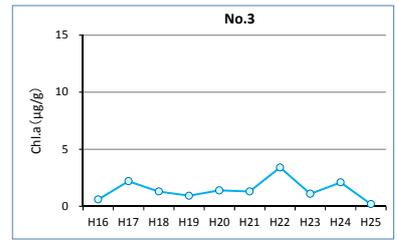
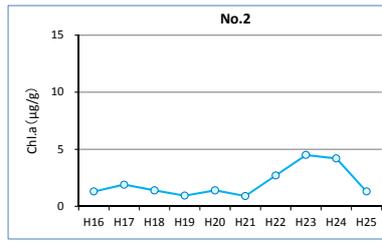
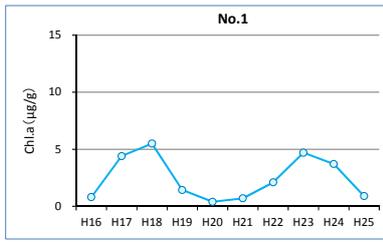


図 4.3.1(6) 有明海における底質の経年変化 (T-P)



資料源：海上保安庁、国土地理院家観番号平24備表、第916号、©Etri Japan

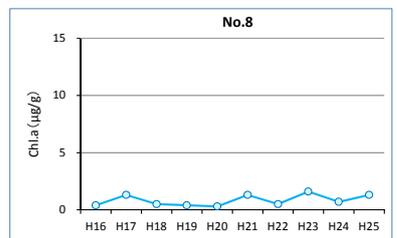
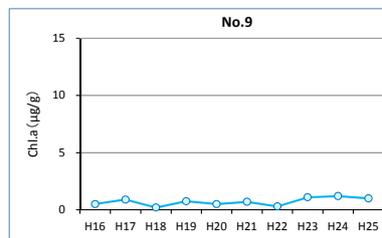
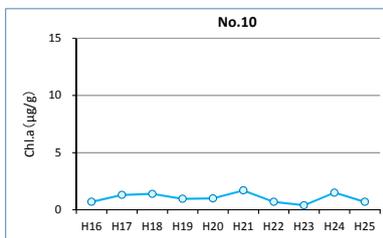
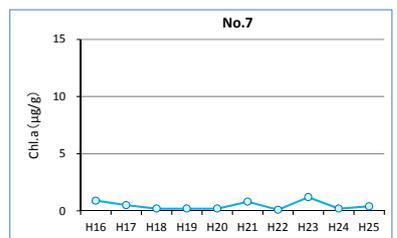
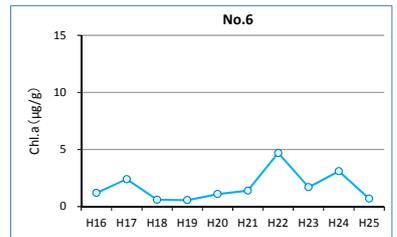
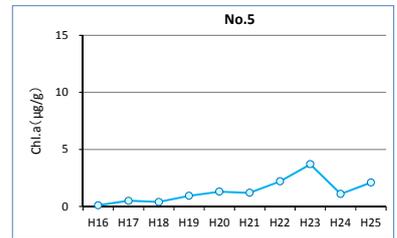
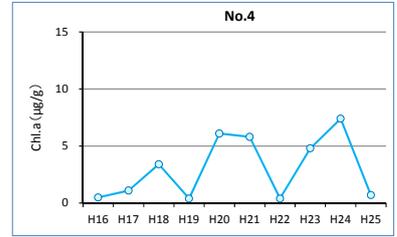
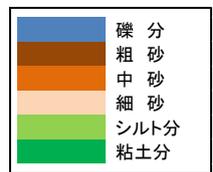
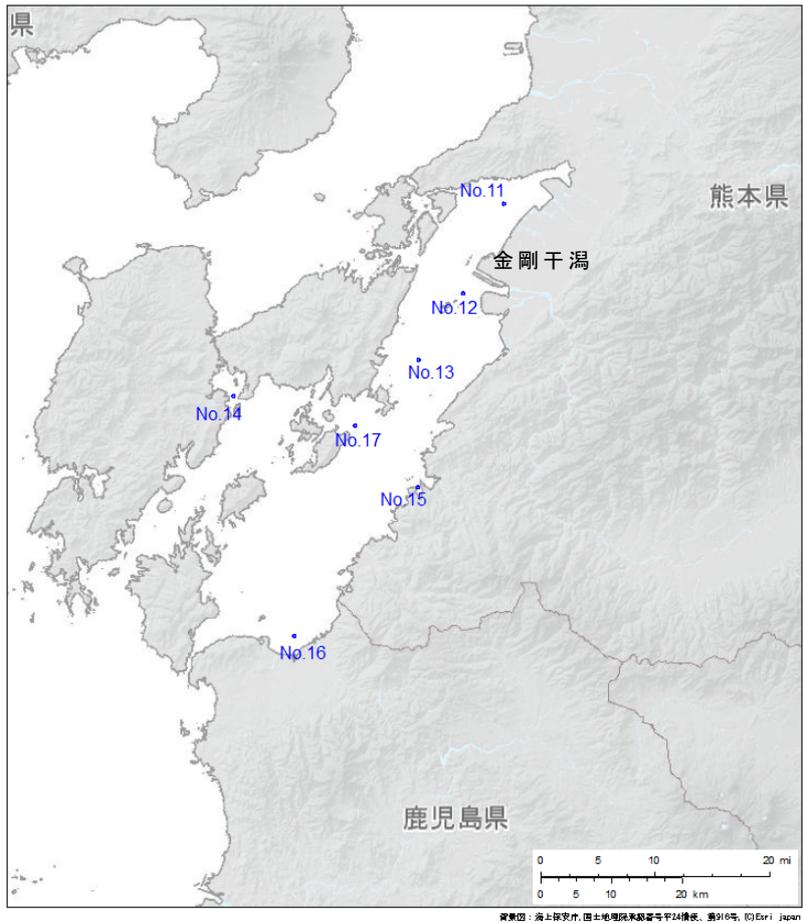
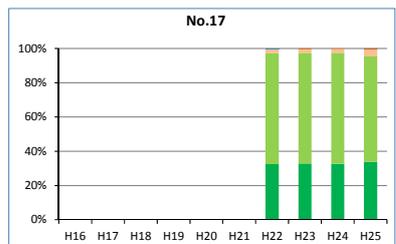
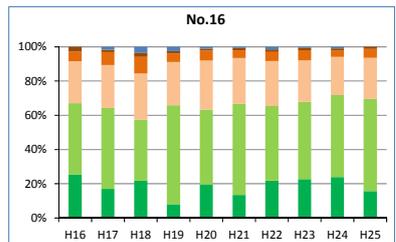
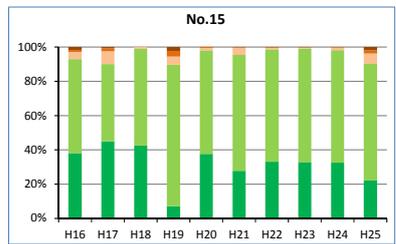
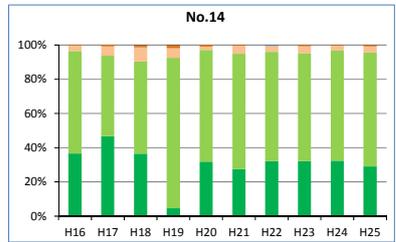
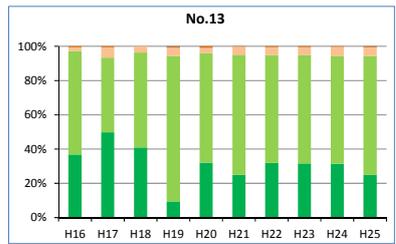
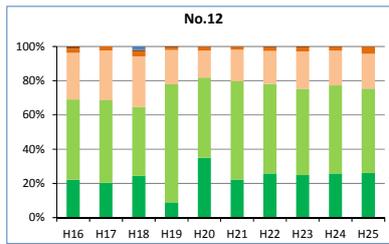
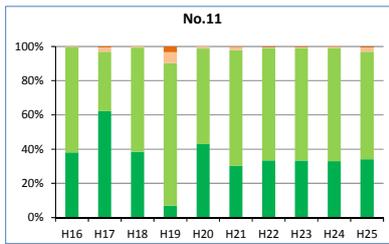


図 4.3.1(7) 有明海における底質の経年変化 (クロフィル a)



注) No.17 は平成 22 年より調査を開始した。

図 4.3.3(1) 八代海における底質の経年変化(粒度組成)

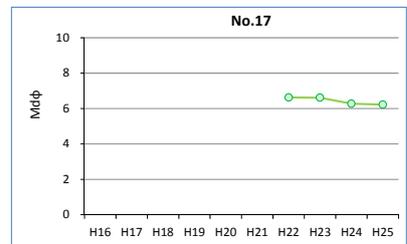
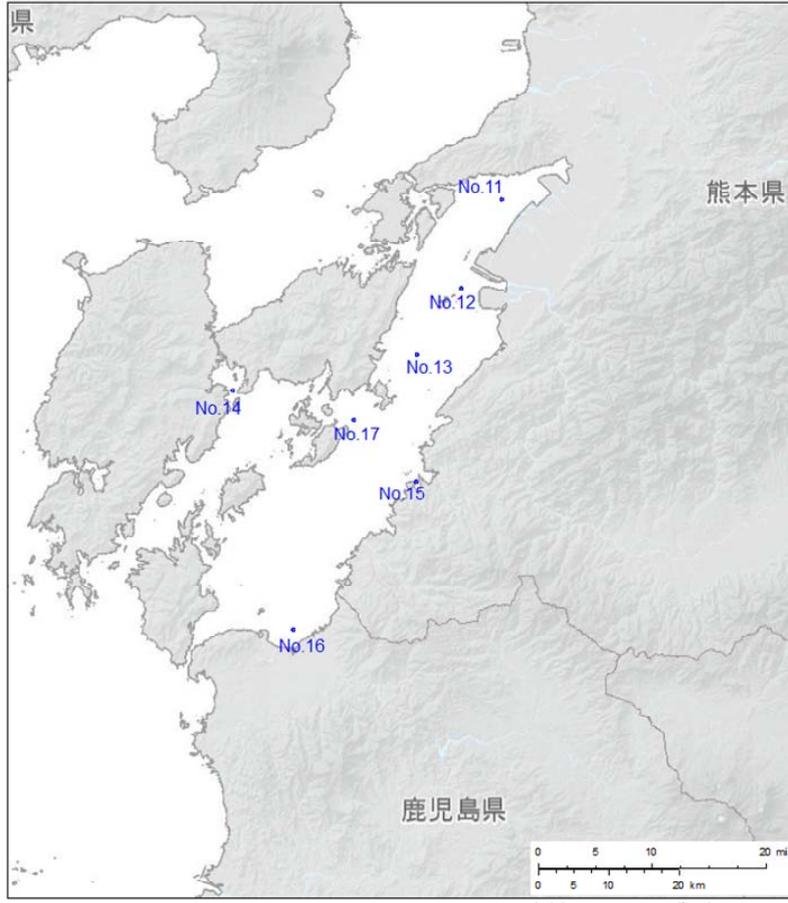
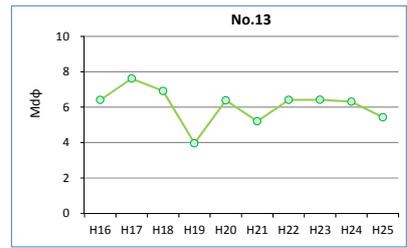
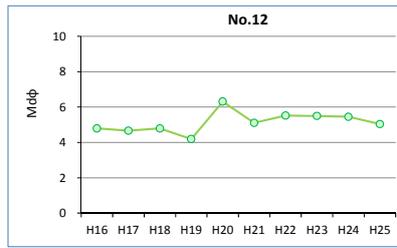


図 4.3.4(2) 八代海における底質の経年変化(Mdφ)

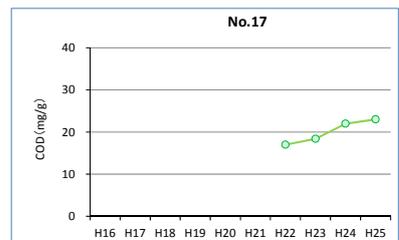
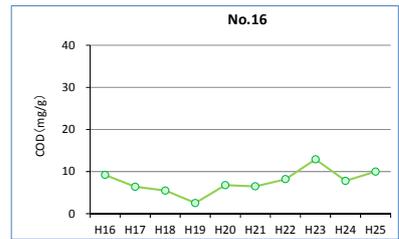
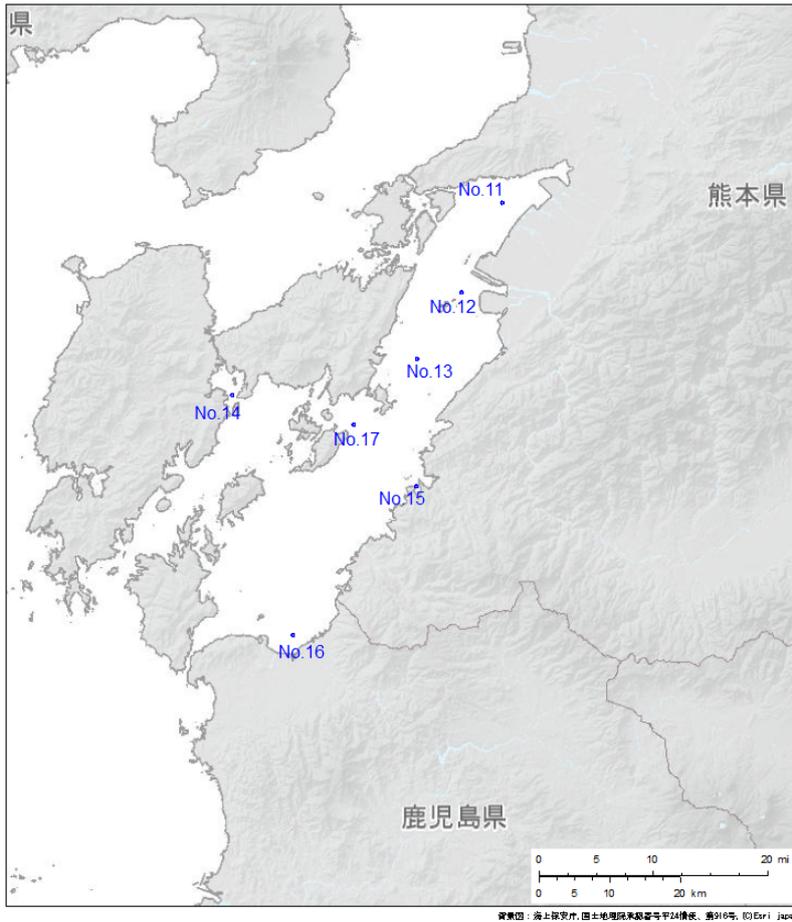
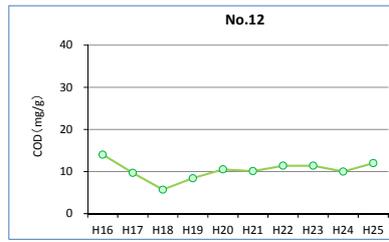


図 4.3.3(3) 八代海における底質の経年変化 (COD)

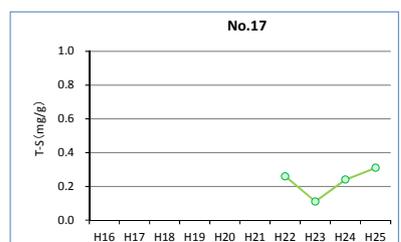
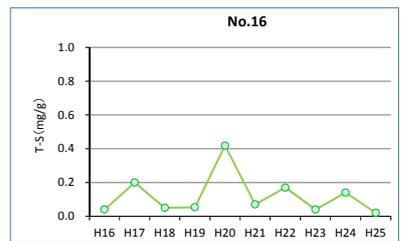
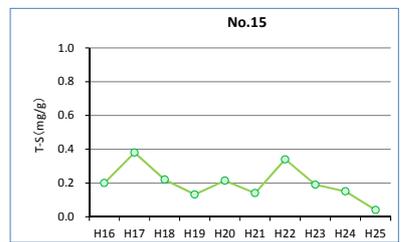
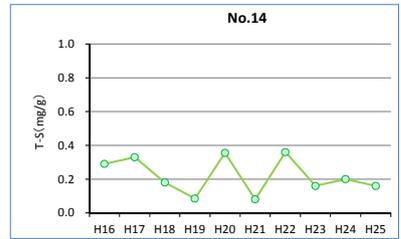
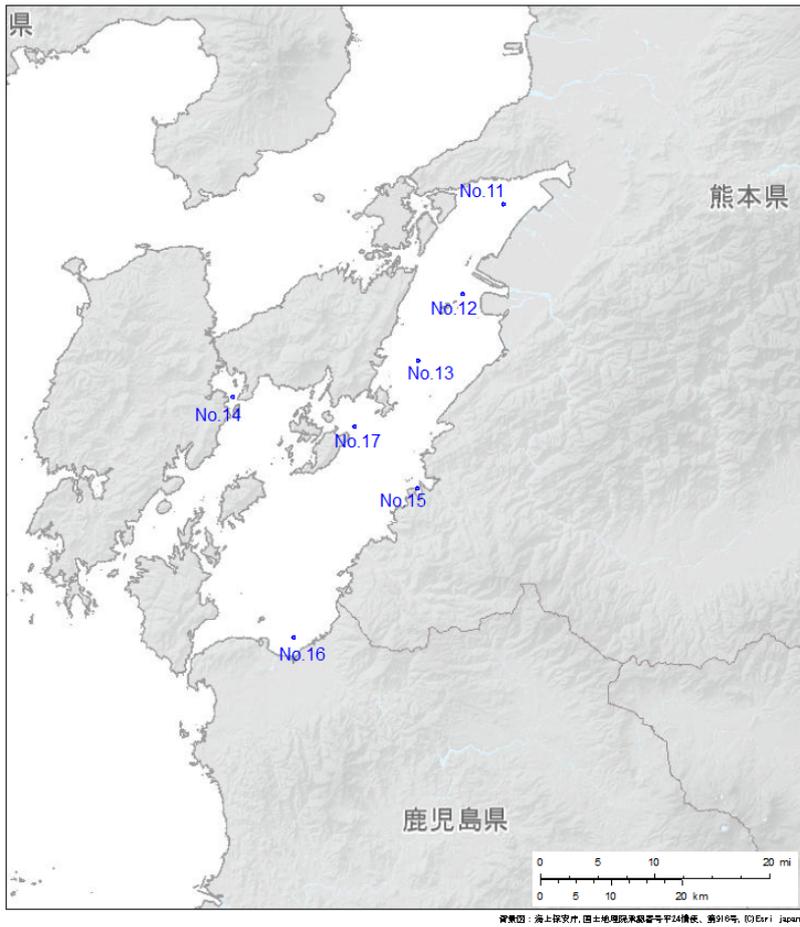
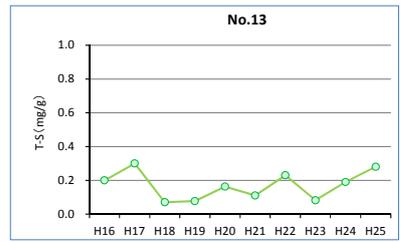
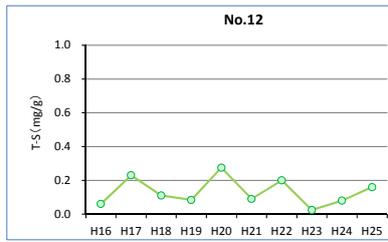
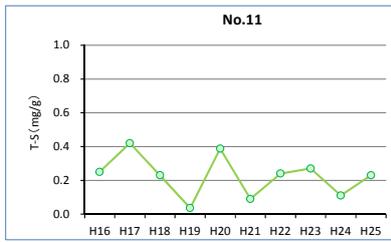


図 4.3.3(4) 八代海における底質の経年変化（全硫化物）

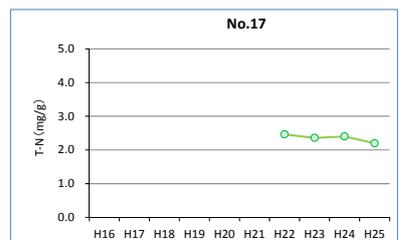
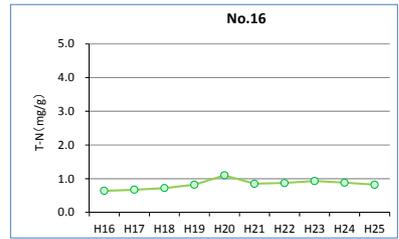
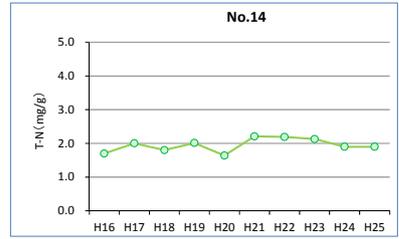
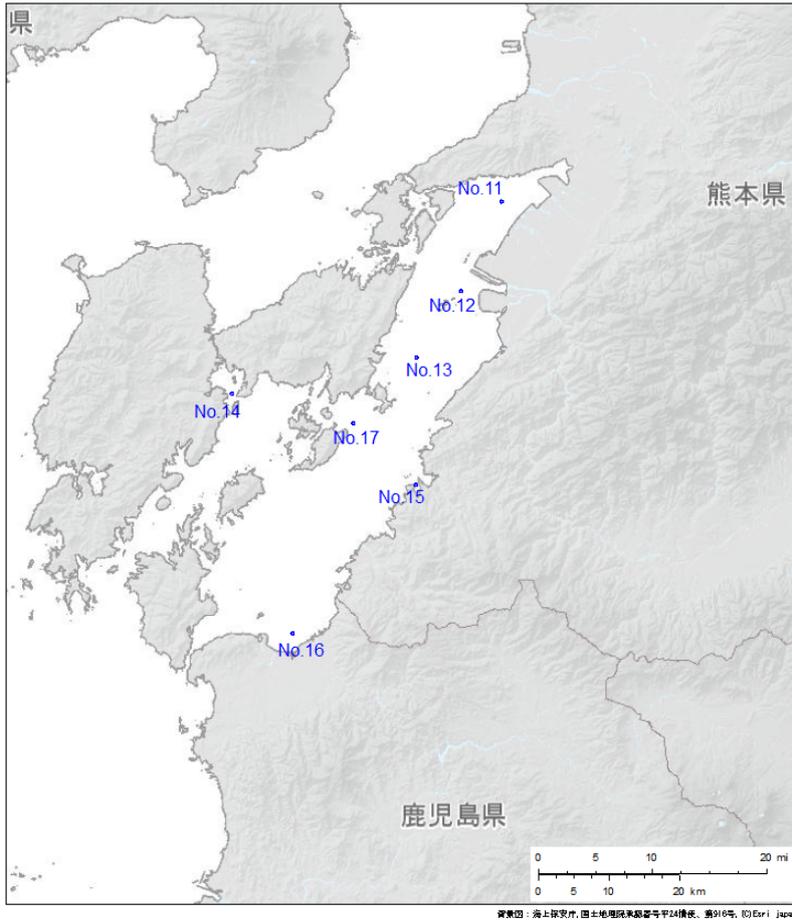
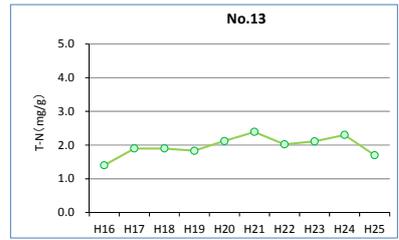
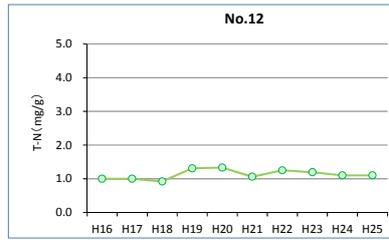
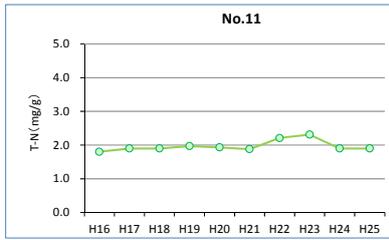


図 4.3.3(5) 八代海における底質の経年変化 (T-N)

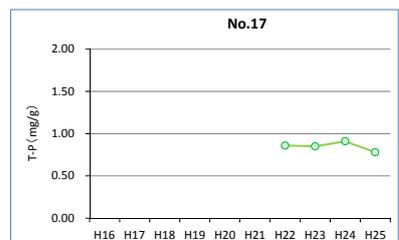
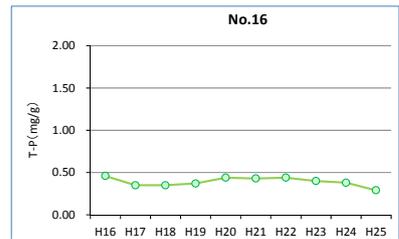
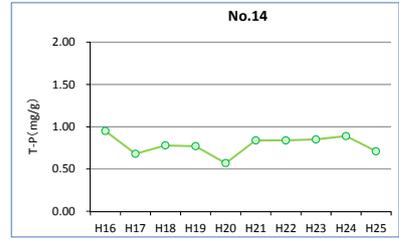
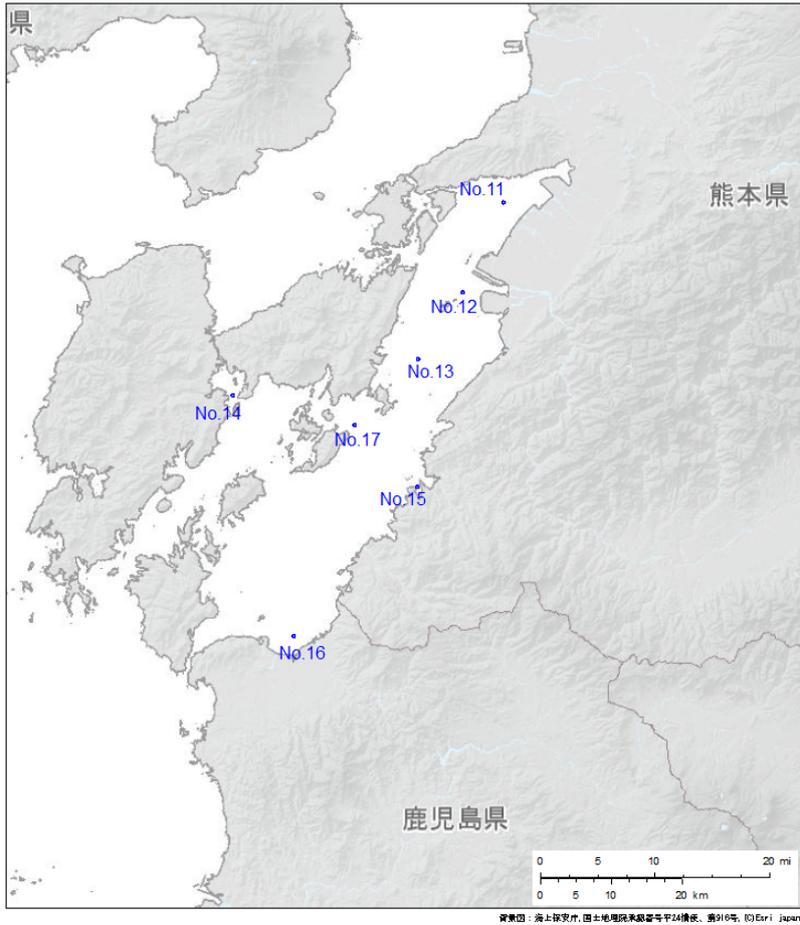
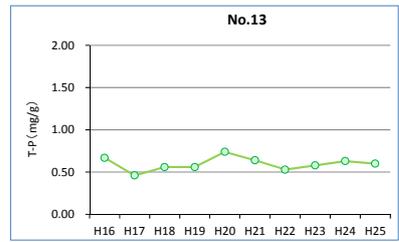
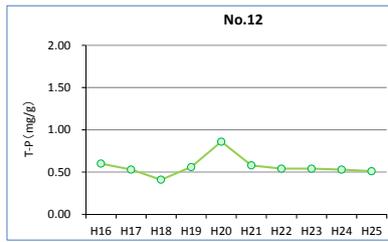
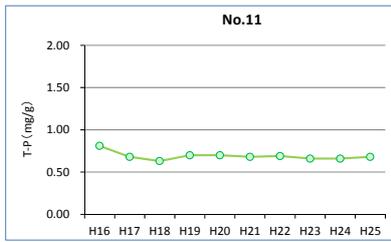


図 4.3.3(6) 八代海における底質の経年変化 (T-P)

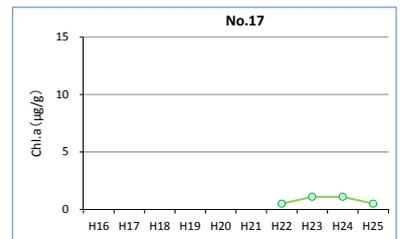
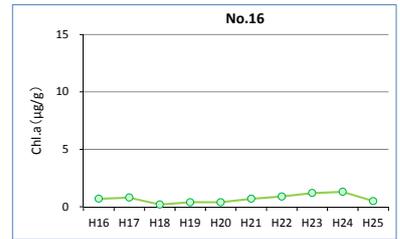
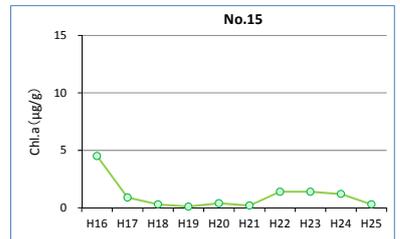
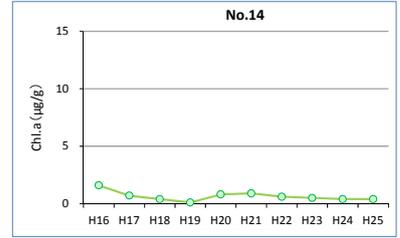
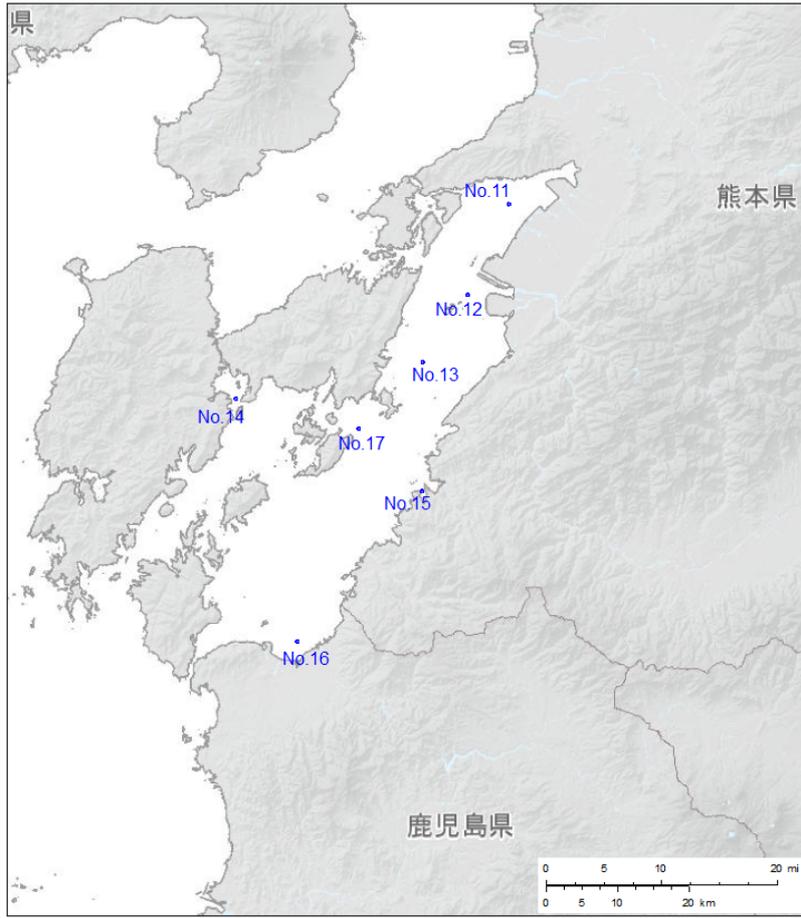
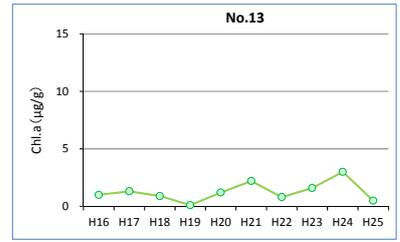
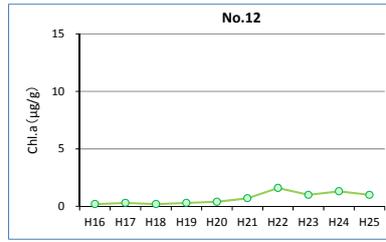
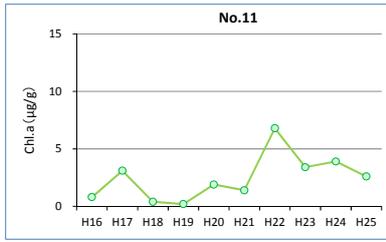


図 4.3.3(7) 八代海における底質の経年変化 (クロフィル a)

(2) 底質項目間の関係

底質項目間の関係を地点別に整理した結果を図 4.3.5 に示す。

対象とした項目は、

- ・底泥中の水分量の指標：含水率
- ・粒径の指標：含泥率(粘土・シルト分の割合)、Md ϕ
- ・有機物等の指標：COD、硫化物、クロロフィル a

とした。

その結果、有明海においては、有明海湾奥西側 No.1～3、No.6 は粒径が細かく有機物分等の多い傾向、湾央の No.5、No.7、及び湾口の No.9、10 は粒径が粗く、有機物分等の少ない傾向が認められた。また、No.4 や No.8 はそれらグループの中間に位置し、No.4 はやや粒径が粗いものの有機物分等が高く、反対に No.8 はやや粒径が細かいものの有機物等が低い傾向にあった。

八代海では、球磨川河口の No.12 と湾口寄りの No.16 で粒径がやや粗く、有機物等が少ない傾向にあり、その他の地点は粒径が細かく、有機物等は地点、調査時により値のばらつきが大きい傾向にあった。

一般的にシルト・粘土等の粒径の細かい底質は有機物分が多く、砂質等の粒径の粗い底質は有機物分が少なく、今回の 10 年間の調査結果も、概ね同様の傾向が得られた。一方、有明海のクロロフィル a については、有機物分とはやや異なった傾向が示された。これは植物プランクトンは、陸域由来の COD 等の有機物とは異なる位置で沈降・堆積していることによるものと考えられる。

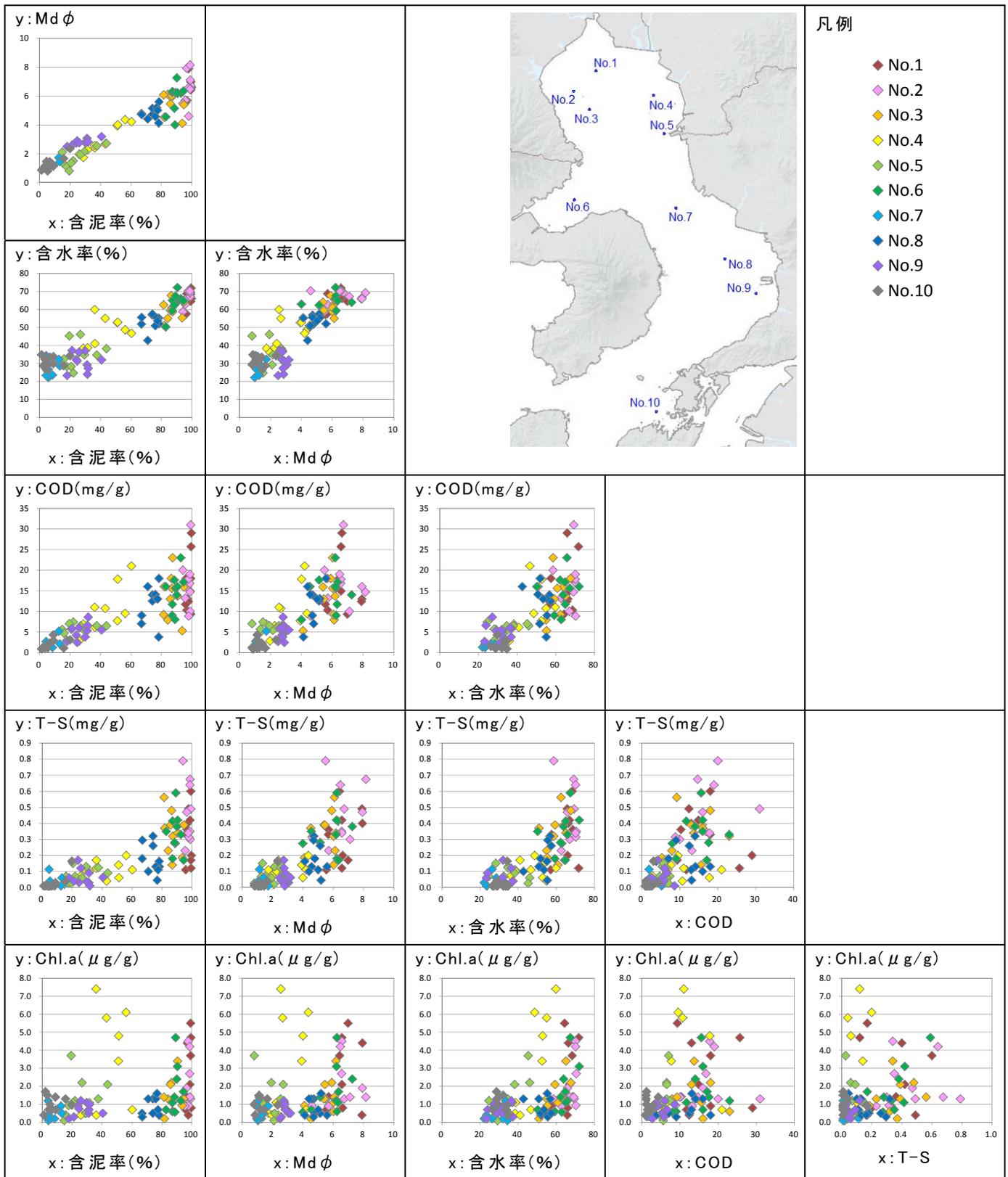


図 4.3.5(1) 底質項目間の関係(有明海)

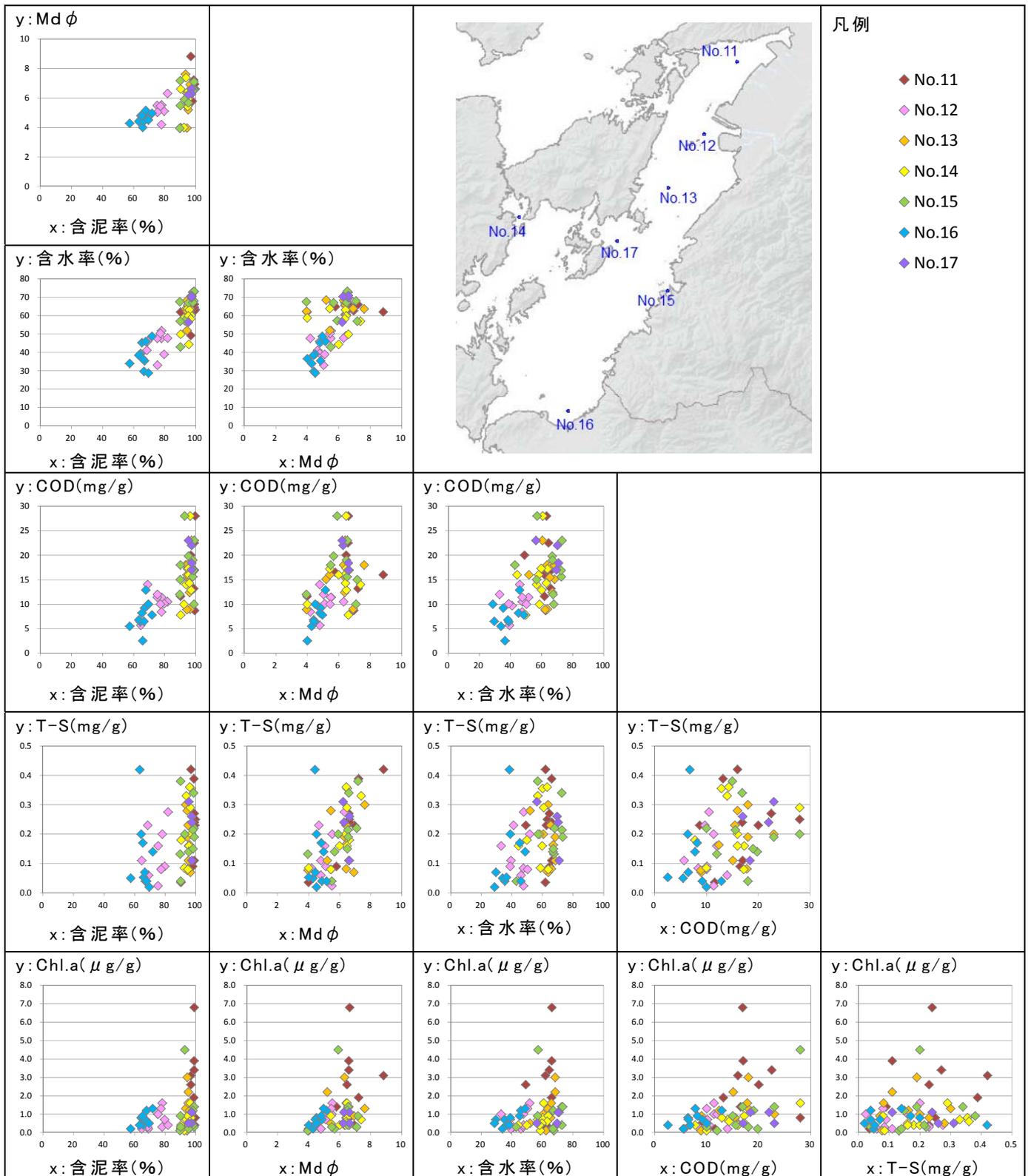


図 4.3.5(2) 底質項目間の関係(八代海)

(3) 底生生物

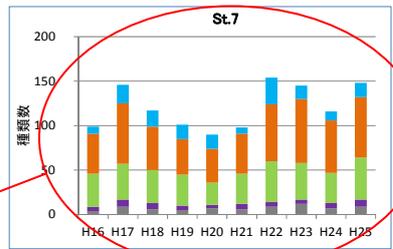
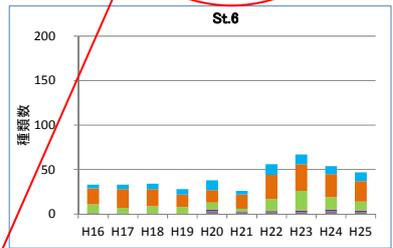
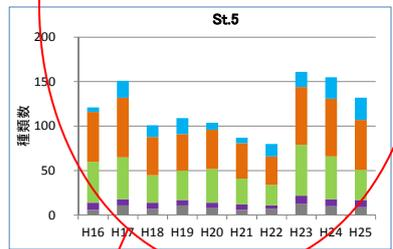
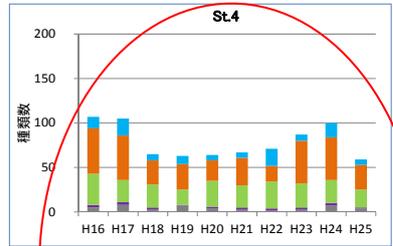
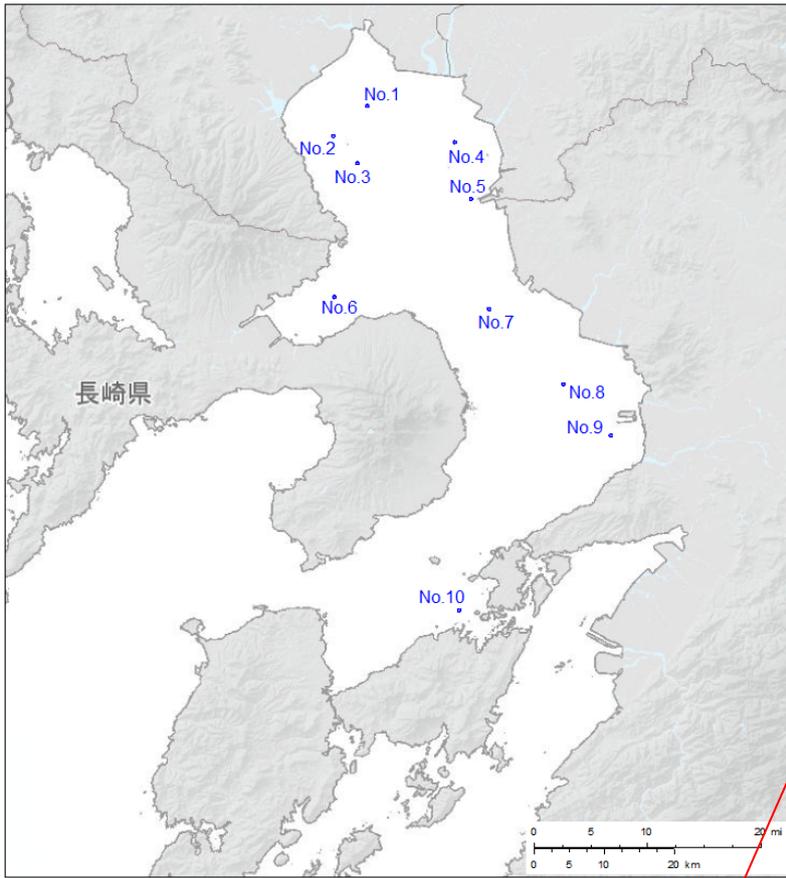
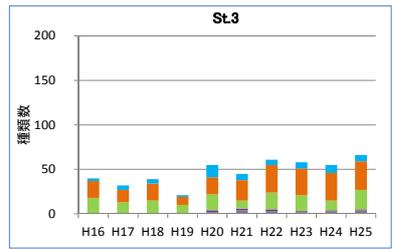
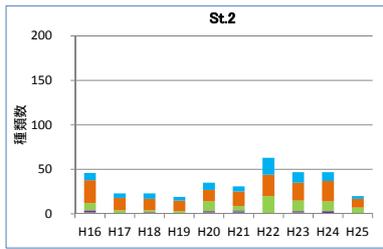
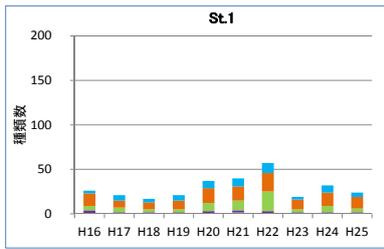
有明海における底生生物の経年変化を図 4.3.6 に、八代海における経年変化を図 4.3.7 に示す。

有明海の地点別の種類数、個体数は、細粒分が卓越する湾奥部西側から諫早湾や熊本港周辺では少なく、礫～粘土・シルトが同程度に分布する湾奥部東側、砂分が卓越する湾央沖側、湾口で多い傾向がみられた(図 4.3.6(1)、(2))。

有明海の各地点とも、種類数では概ね環形動物門が最も多く出現した。なお、礫分から粘土分までが混ざった底質性状である湾奥東側の地点は、他の地点に比べて底生生物の種類数が多く、個体数、湿重量も多い傾向にあった(図 4.3.6(1)、(2)、(3))。

八代海の地点別の種類数は、金剛干潟近傍、西側海域、湾口寄りが多い傾向にあり、個体数は、金剛干潟近傍、湾口寄りが多く、主に環形動物が多く確認できた。湿重量は、湾奥、金剛干潟近傍で多い傾向にあった(図 4.3.7(1))。

なお、水塊構造調査においては、有明海では平成 18 年度、22 年度～25 年度に、八代海では平成 22 年度、平成 23 年度にそれぞれ夏季下層で貧酸素傾向が確認されているが、両海域ともに翌年 5、6 月の底生生物調査時期において、顕著な生物量の減少傾向は認められていないことから、現時点においては、貧酸素等による経年的な底生生物への影響は認められていないといえる(図 4.3.6、図 4.3.7)。



砂分の多い地点で種類数が多い

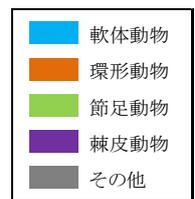
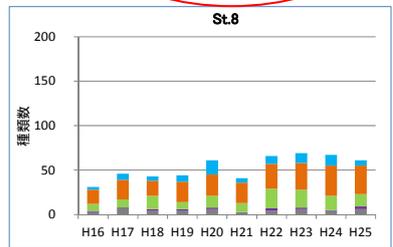
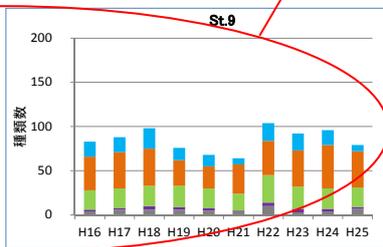
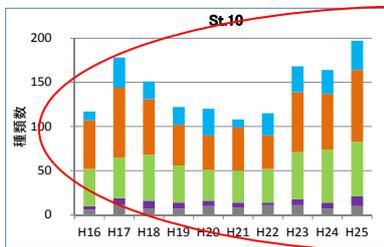
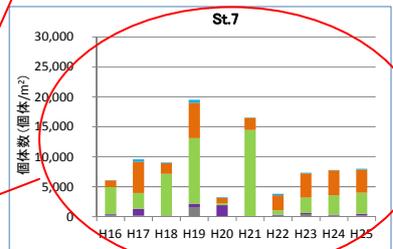
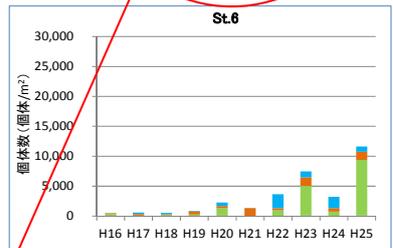
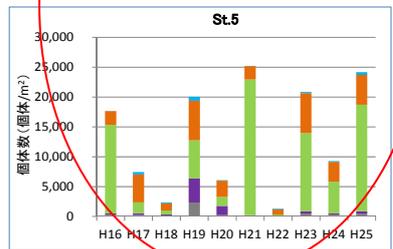
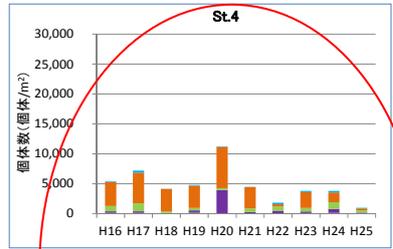
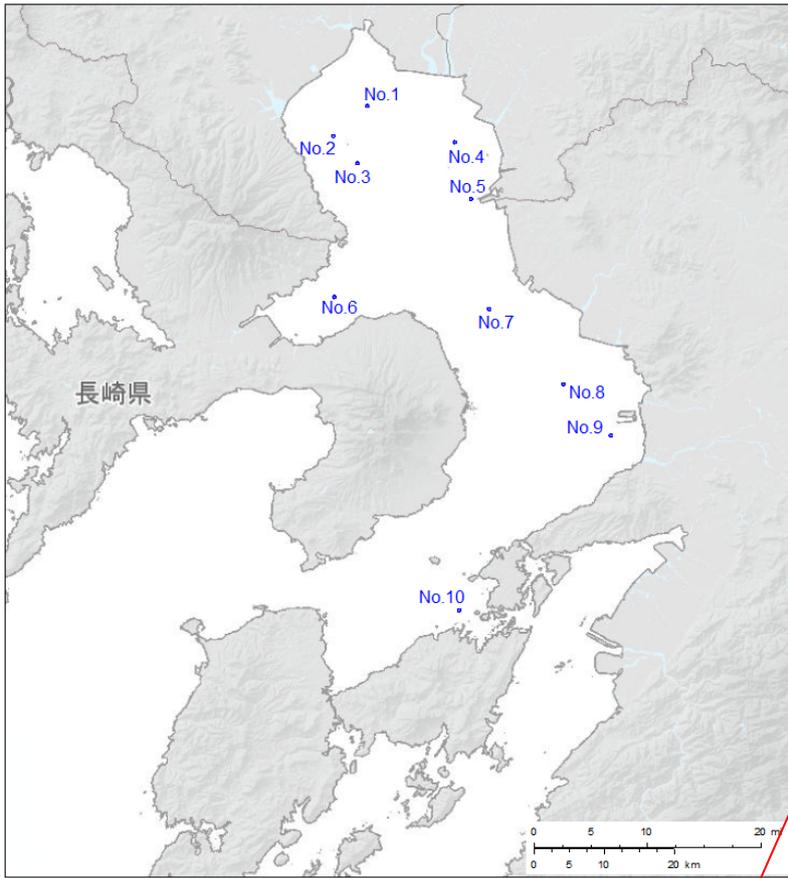
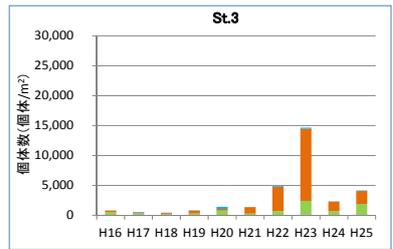
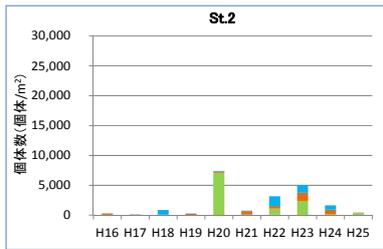
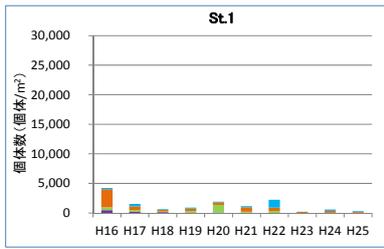


図 4.3.6(1) 有明海における底生生物の経年変化（種類数）



砂分の多い地点で個体数が多い

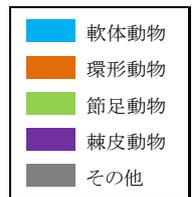
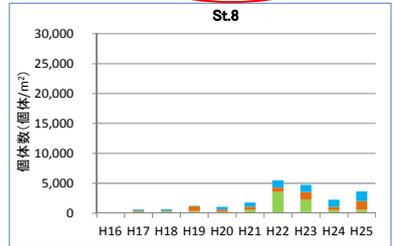
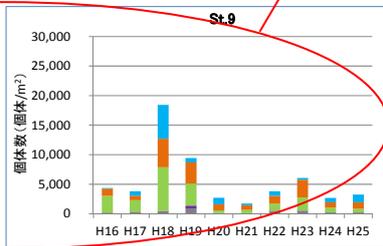
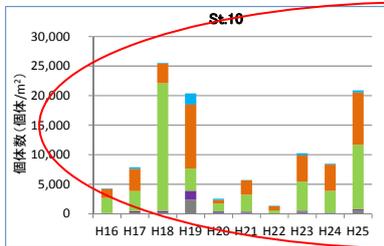
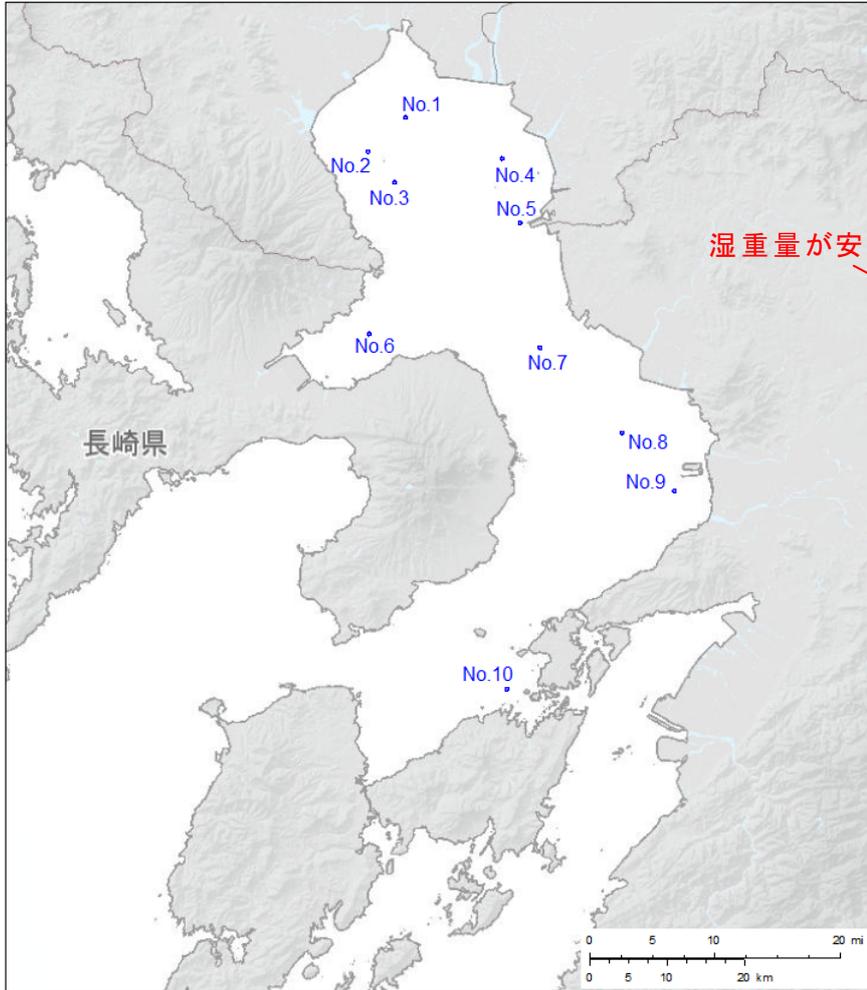
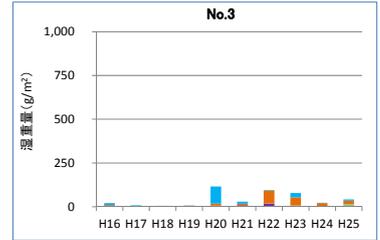
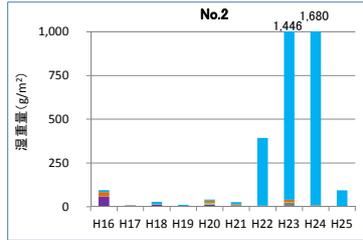
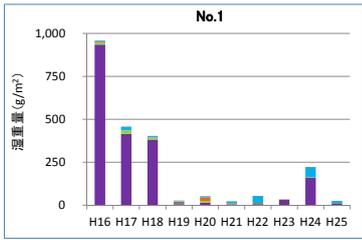


図 4.3.6(2) 有明海における底生生物の経年変化 (個体数)



湿重量が安定して多い

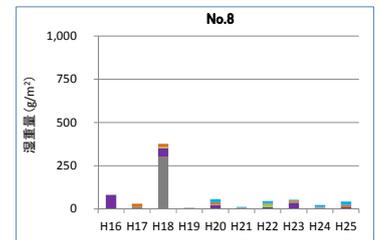
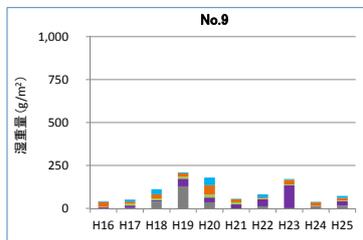
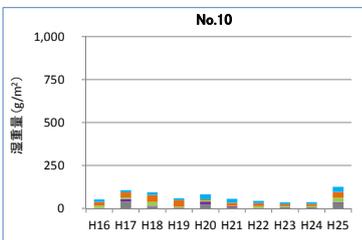
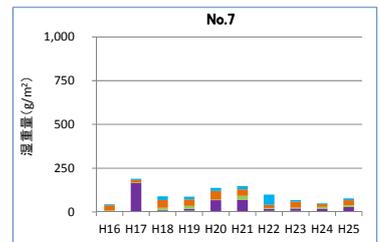
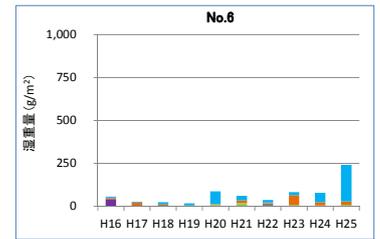
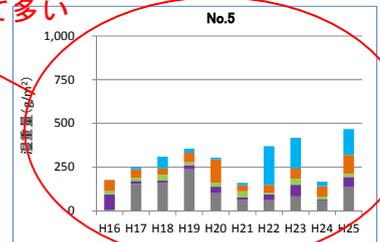
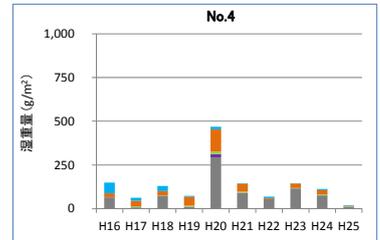


図 4.3.6(3) 有明海における底生生物の経年変化（湿重量）

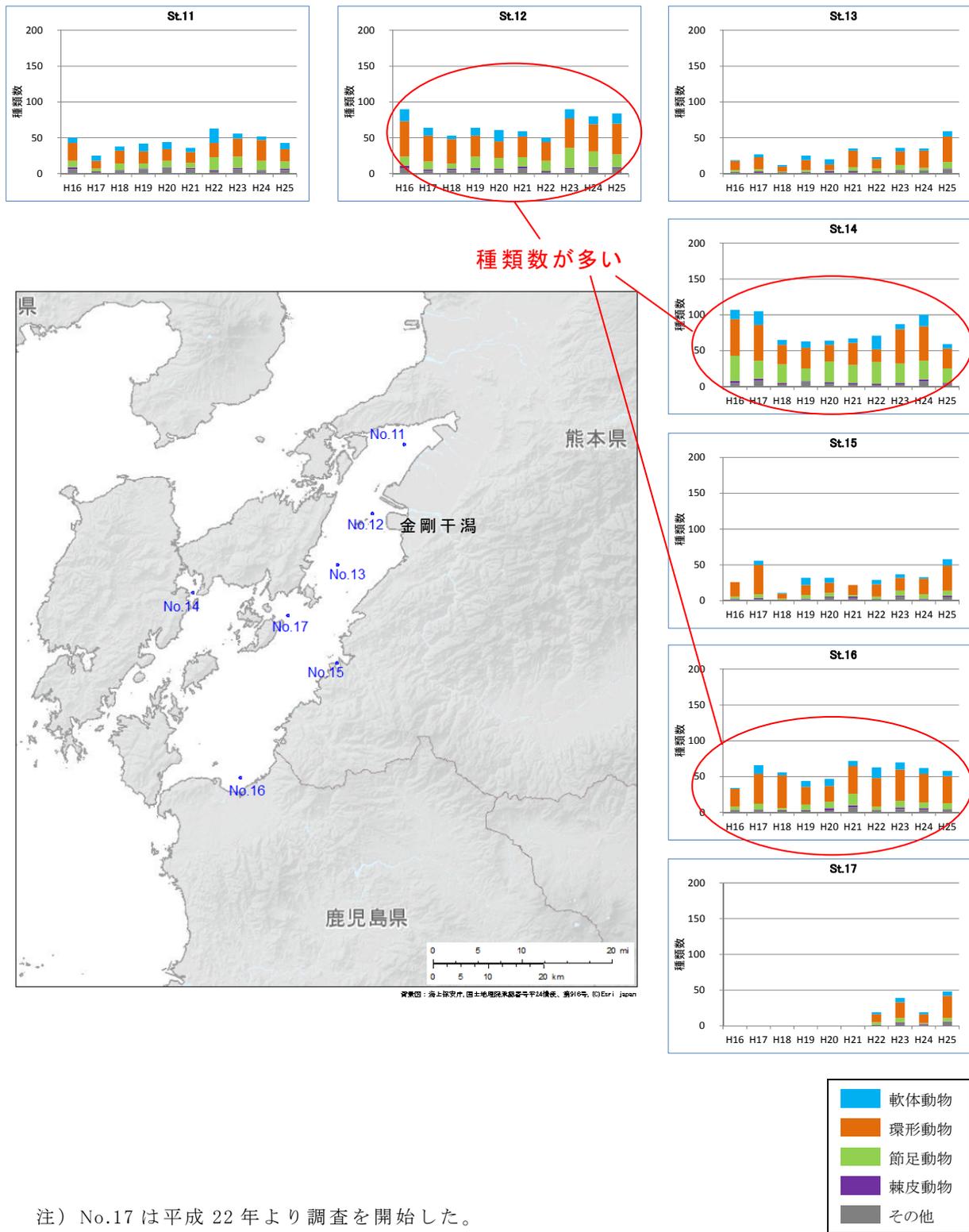


図 4.3.7(1) 八代海における底生生物の経年変化（種類数）

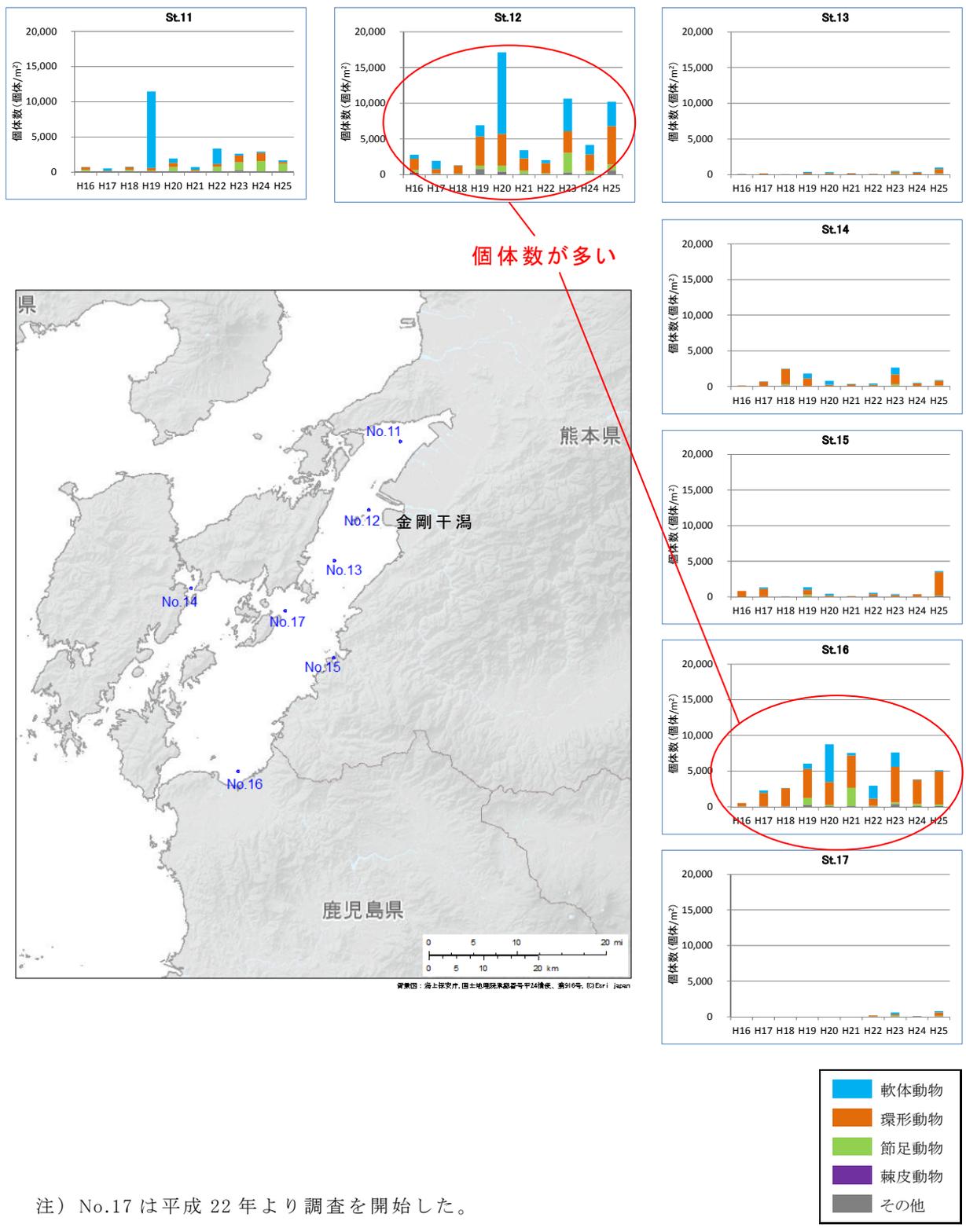
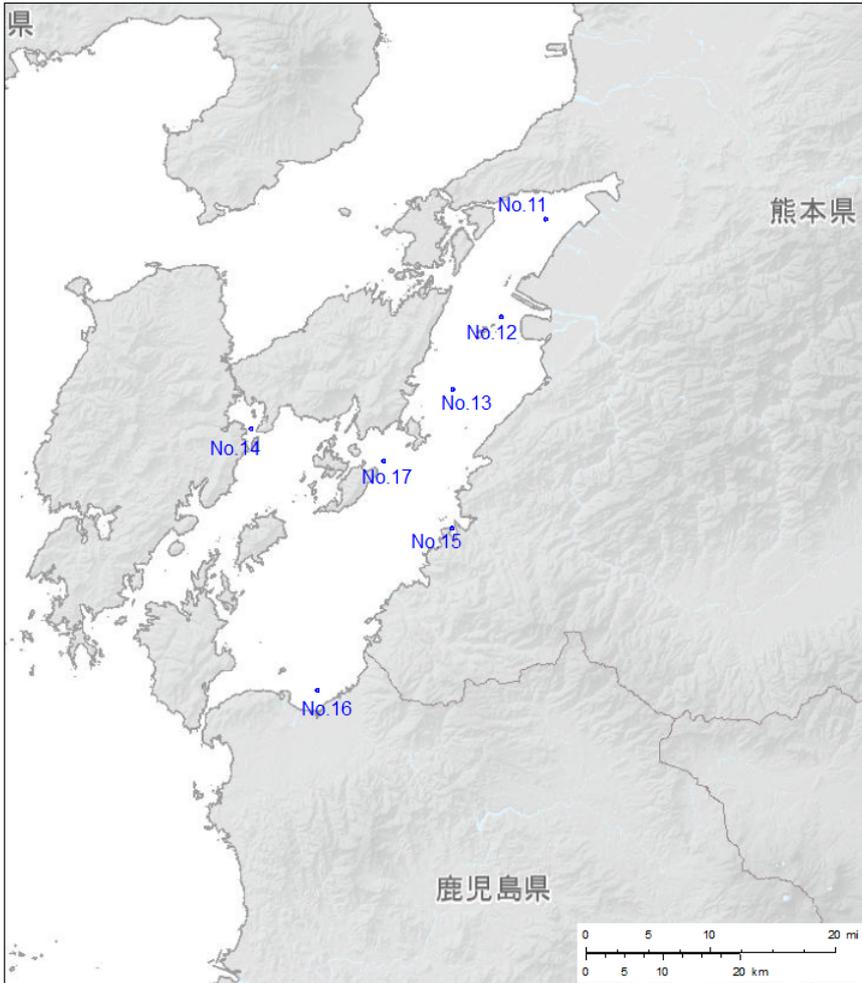
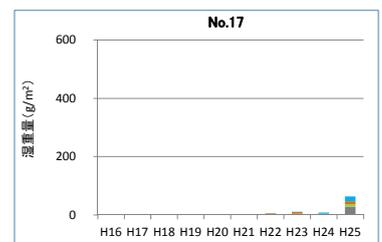
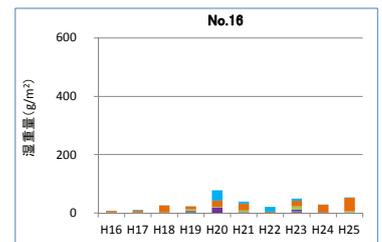
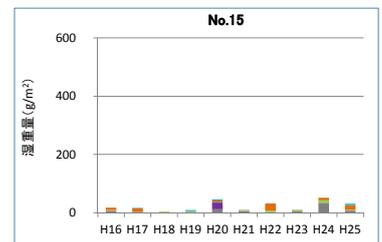
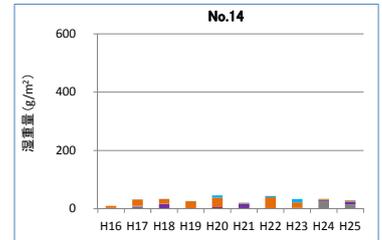
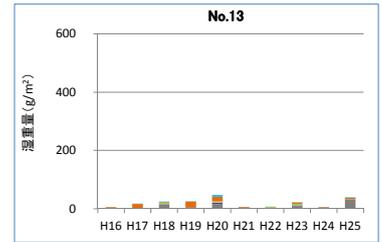
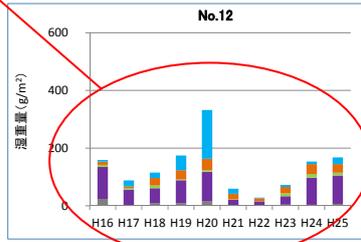
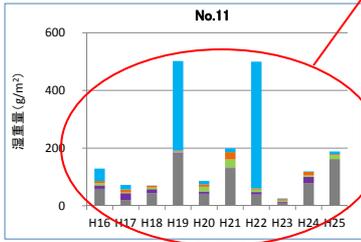


図 4.3.7(2) 八代海における底生生物の経年変化（個体数）

湿重量が多い



注) No.17 は平成 22 年より調査を開始した。

図 4.3.7(3) 八代海における底生生物の経年変化 (湿重量)

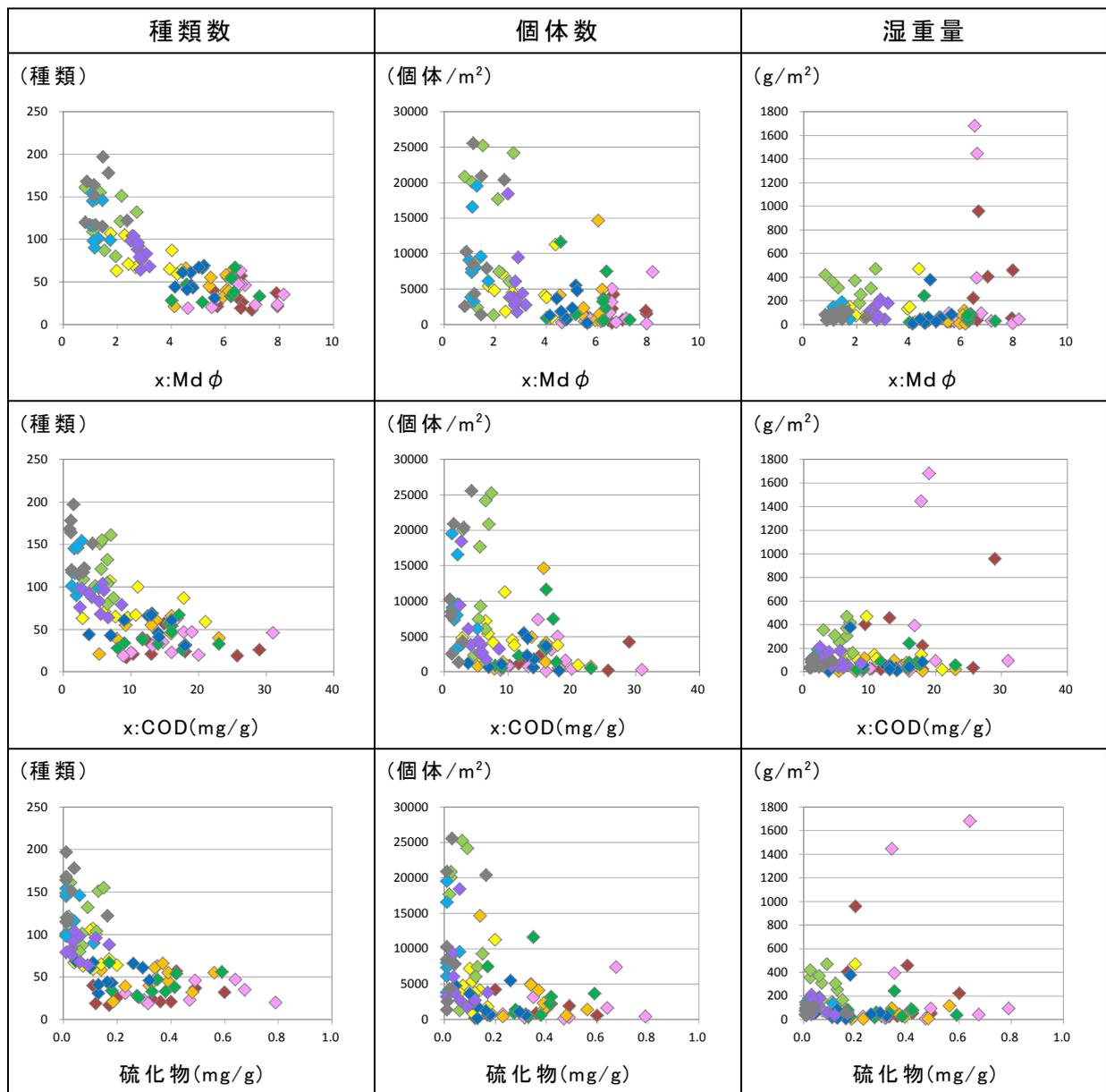
(4) 底質と底生生物との関係

底質と底生生物との関係について、散布図とレーダーチャートを用いて整理した。

1) 散布図

底生生物の種類数、個体数、湿重量と底質項目との関係を地点別に散布図に整理した結果を図 4.3.8 に示す。

その結果、有明海においては底生生物種類数と $Md\phi$ 、COD、硫化物については、これらの値が増えると種類数が減少する傾向がみられた。特に、硫化物は生物にとって好ましくない物質であるため、硫化物が増加するにしたがって種類数は少なくなっていると考えられる。また、これらの散布図中のプロットは地点ごとに集中していることから、経年的な変化ではなく、地点の特性が強いことがうかがえる結果であった。なお、有明海のその他の項目及び八代海においては、顕著な傾向は認められなかった。



- ◆ No.1
- ◆ No.2
- ◆ No.3
- ◆ No.4
- ◆ No.5
- ◆ No.6
- ◆ No.7
- ◆ No.8
- ◆ No.9
- ◆ No.10

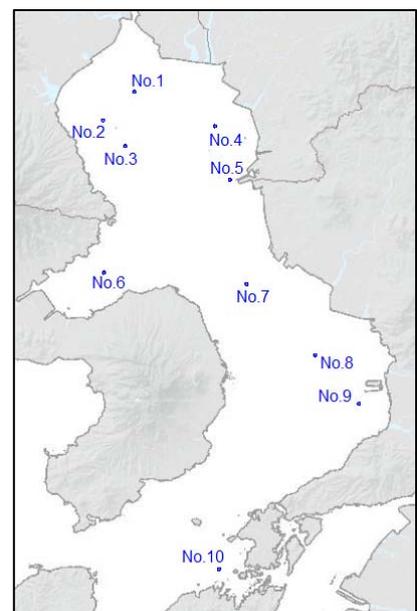
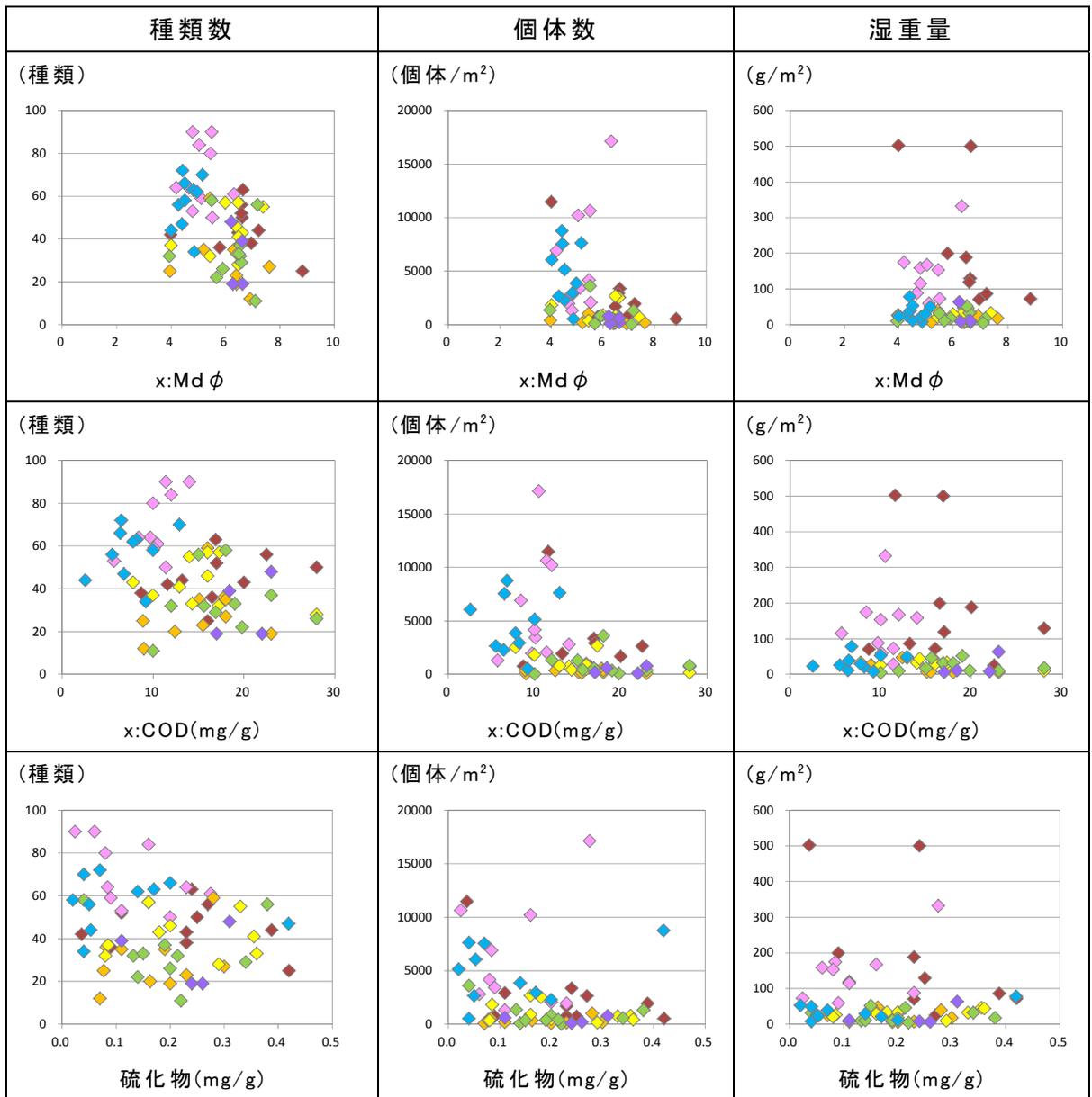


図 4.3.8(1) 底生生物(種類数、個体数、湿重量)と底質との関係(有明海)



- ◆ No.11
- ◆ No.12
- ◆ No.13
- ◆ No.14
- ◆ No.15
- ◆ No.16
- ◆ No.17

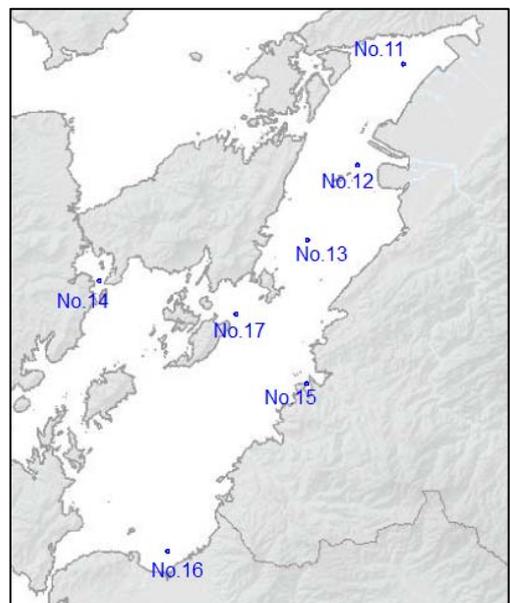


図 4.3.8(2) 底生生物(種類数、個体数、湿重量)と底質との関係(八代海)

2) レーダーチャート

各地点における底質と底生生物について、地点ごとの生物生息場と生物との関係をより明確にするために、底質性状と底生生物の生物量等の値を用いてレーダーチャートを作成した。

作成したレーダーチャートを図 4.3.9 に示す。

このレーダーチャートは、各項目について、地点ごとに 10 年間の平均値(a)を求め、各海域の最大値(b)とそれぞれの地点との比較(a/b)を求めた値をプロットしたものである。よって、各項目ともに海域での最大値となる地点の値は 1 となる。

レーダーチャートの見方として、底質性状については、細粒化した有機汚濁傾向の高い底質は値が大きくなり、砂質で有機汚濁傾向の少ない底質ほど小さくなる。一方、生物生息量については生物量が豊かな地点ほど大きな値を示すこととなる。これらの表現方法についてはいくつも考えられるものの、ここでは試行的にこの表現により整理した。

レーダーチャートの特徴は以下のとおりである。

(有明海)

- ・ No.1、2 では含泥率、COD 等の底質項目、底生生物の湿重量が大きく、底生生物の個体数、種類数が少ないグラフ
- ・ No.3、6、8 では No.1、2 に比べて底質項目は小さく、底生生物の湿重量が小さいグラフ
- ・ No.4 は、No.3、6、8 に比べて底質項目(クロロフィル a を除く)がさらに小さく、一方、クロロフィル a、底生生物の種類数が多いグラフ
- ・ No.5 は No.4 に比べて底質項目が一回り小さく、一方、底生生物の種類数、個体数、湿重量が大きいグラフ
- ・ No.7、9、10 は底質項目の値が小さく、底生生物の種類数、個体数が多く、湿重量が少ないグラフ(ただし、No.9 は No.7、10 に比べて種類数、個体数とも少ない)

(八代海)

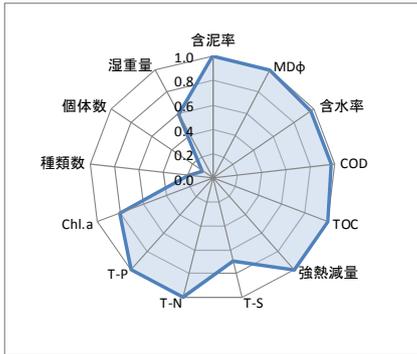
- ・ No.11 は含泥率、COD 等の底質項目、底生生物の湿重量が大きく、個体数、種類数が少ないグラフ(有明海の No.1、2 に類似)
- ・ No.13、14、15、17 は、底質項目(クロロフィル a を除く)が大きく、クロロフィル a、底生生物の種類数、個体数、湿重量が小さいグラフ
- ・ No.12、No.16 は八代海の中では底質項目が比較的小さく、底生生物の種類数、個体数が多いグラフ

以上より、有明海及び八代海の底質、底生生物に関する複数の項目をレーダーチャートにすることで、湾奥ではいくつかの限られた種類の底生生物が突出して多く生息するシルト・粘土の底質が広がる場であること、湾口や八代海の球磨川河口では砂分が多く有機物の少ない良好な底質に多様な底生生物が生息する場であること、また、その間の海域においては、細粒分や有機物の割合により生物の量、種

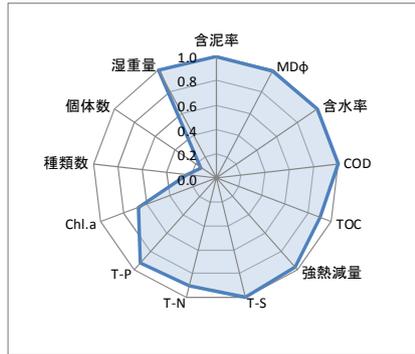
類が異なる状況にあるといった、いくつかのパターンを表現することができた。また、これらは底質性状と底生生物とのつながりが大きいことを示唆する結果であるといえる。

解析における課題として、水深や水質(水温、塩分、DO等)の項目や、底生生物についても環形動物門、節足動物門等の門別の種類数、個体数、湿重量等との整理など、様々な指標を加えてみることで、さらに詳細なパターンが見える可能性があると考えられる。また、今回は各地点の10年間の平均値を用いて整理したが、経年的に表現することで、生物と底質との関係の変遷を追うことができると考えられる。

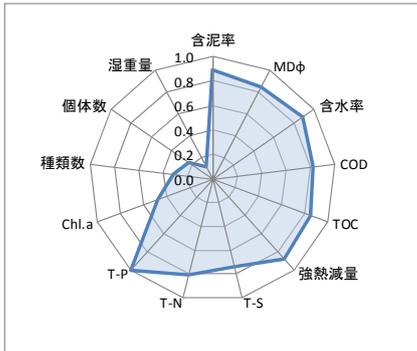
有明海
No.1



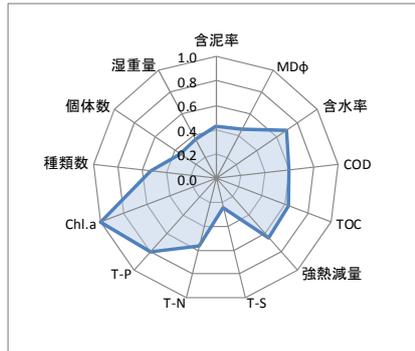
No.2



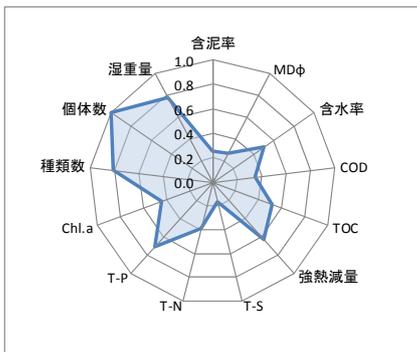
No.3



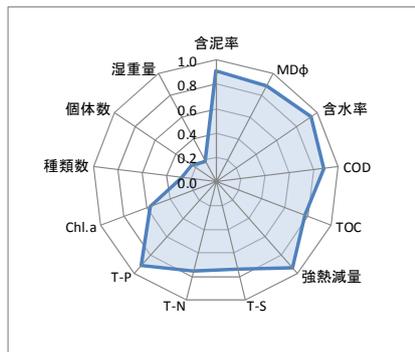
No.4



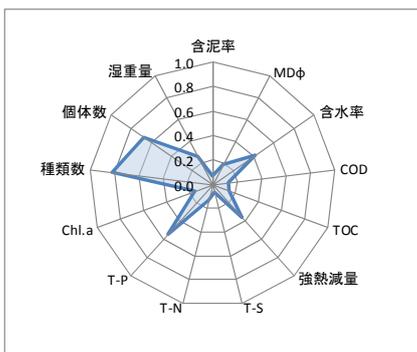
No.5



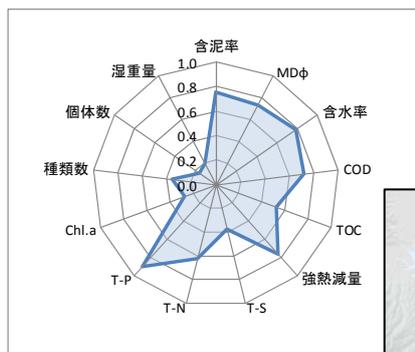
No.6



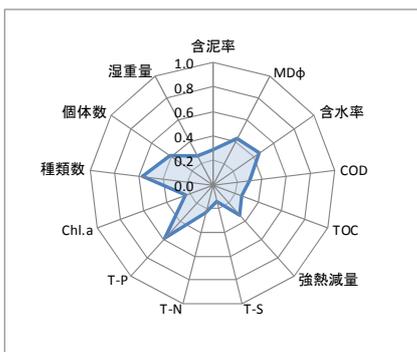
No.7



No.8



No.9



No.10



10年平均の地点間最大値(b)

底質	
含泥率 (%)	98.0
MDφ (-)	6.6
含水率 (%)	67.4
COD (mg/g)	16.7
TOC (mg/g)	18.6
強熱減量 (%)	10.9
T-S (mg/g)	0.5
T-N (mg/g)	2.1
T-P (mg/g)	0.7
Chl.a (μg/g)	3.1

底生生物	
種類数 (種類)	148
個体数 (個体/m ²)	13,444
湿重量 (g/m ²)	382

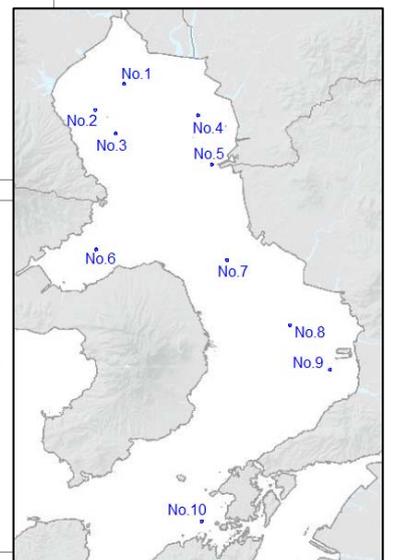
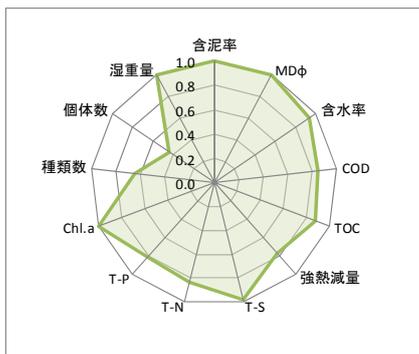


図 4.3.9(1) 底質と底生生物に関するレーダーチャート(有明海)

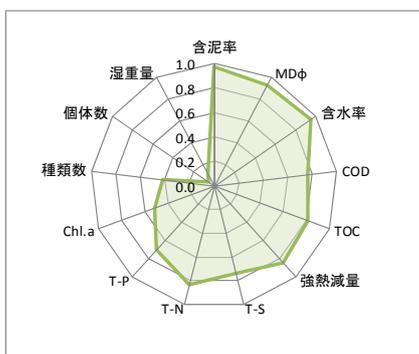
八代海
No.11



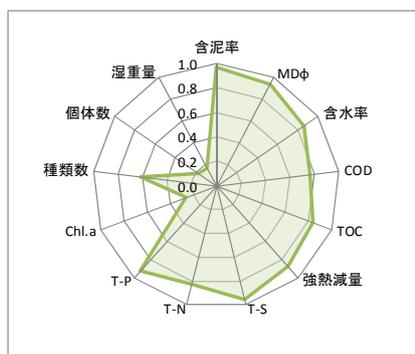
No.12



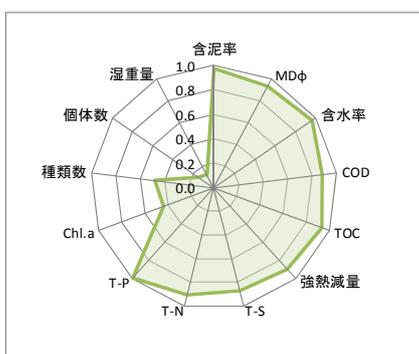
No.13



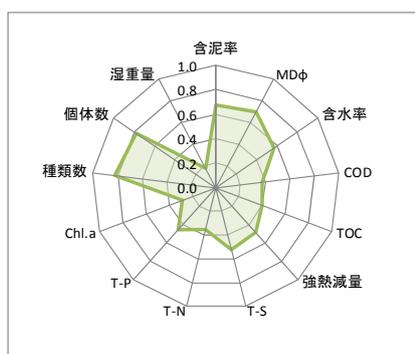
No.14



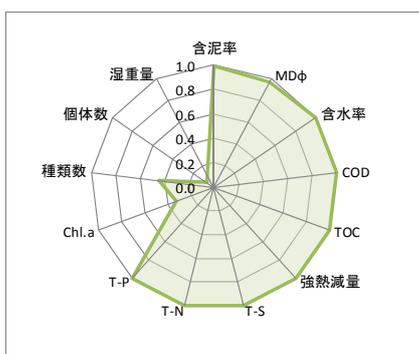
No.15



No.16



No.17



10年平均の地点間最大値 (b)

底質	
含泥率 (%)	97.7
MDφ (-)	6.6
含水率 (%)	66.8
COD (mg/g)	20.1
TOC (mg/g)	17.0
強熱減量 (%)	11.1
T-S (mg/g)	0.2
T-N (mg/g)	2.4
T-P (mg/g)	0.9
Chl.a (μg/g)	2.5
底生生物	
種類数 (種類)	70
個体数 (個体/m ²)	6,057
湿重量 (g/m ²)	189

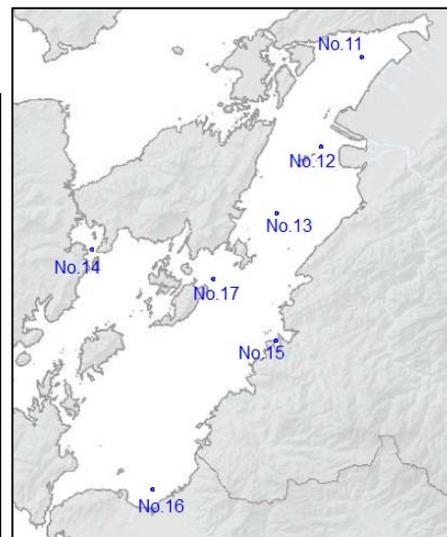


図 4.3.9(2) 底質と底生生物に関するレーダーチャート(八代海)

4.4 定点連続水質調査結果の概要

定点連続水質調査結果の概要では、平成 16 年度～平成 21 年度まで行われた有明海の調査結果のうち、特徴的な傾向を示した平成 18 年度、平成 20 年度を、平成 16 年度～平成 25 年度まで行われた八代海の調査結果のうち、平成 22 年度、平成 25 年度の結果概要をとりまとめた。

定点連続水質調査結果を図 4.4.1 に示す。

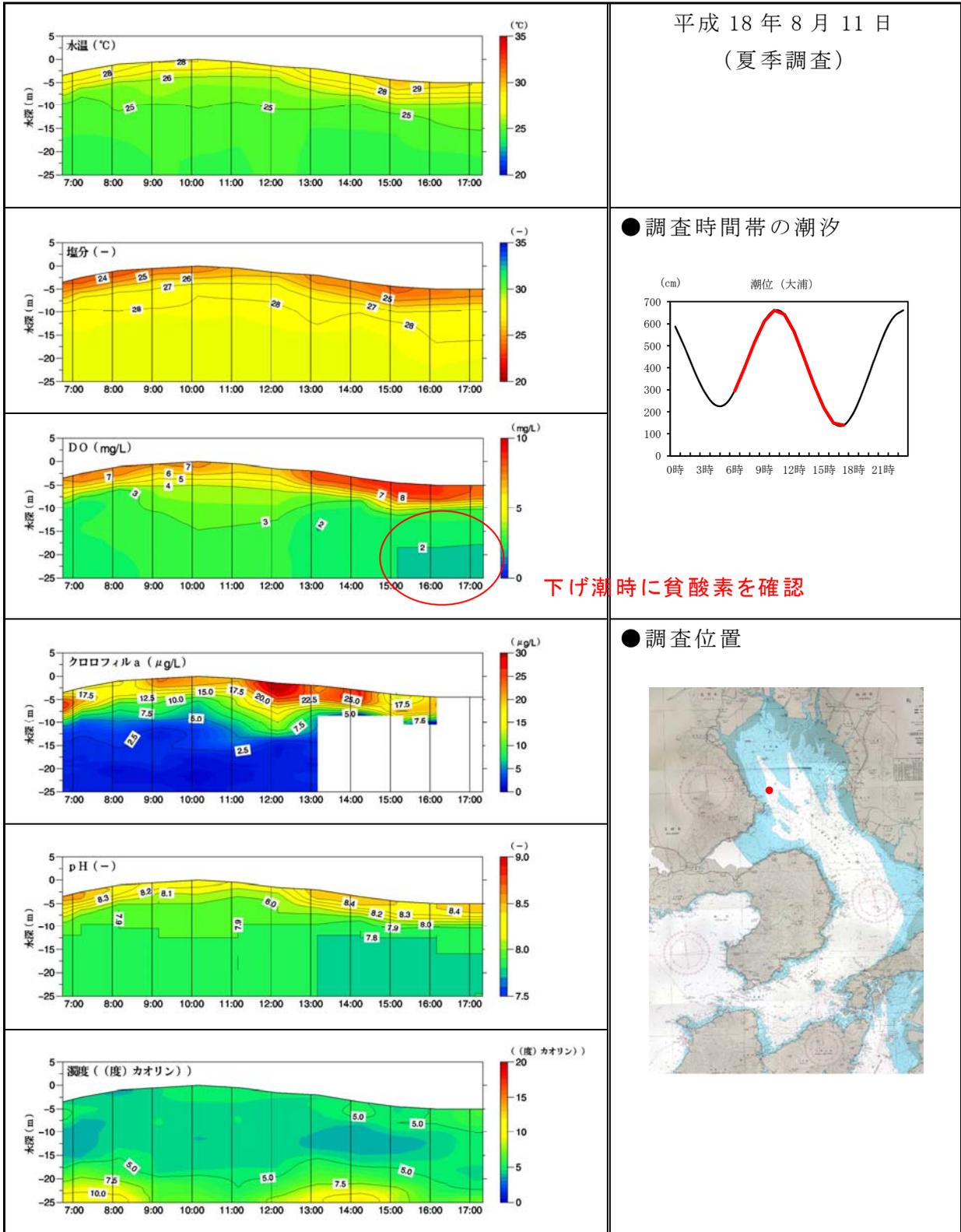
有明海・八代海ともに、夏季調査時には多くの年において調査時間帯を通して高水温、低塩分の成層が確認された。成層は概ね下げ潮時～干潮時を中心に層厚が増加する傾向が認められたことから、湾奥からの移流によるものと考えられた(図 4.4.1)。

下層の DO については、両海域ともに 3mg/L 以下となる貧酸素が確認された。これらの貧酸素は、おおむね下げ潮時～潮止まりに確認されたことから、主に湾奥からの移流によるものと考えられた(図 4.4.1(1)～(3))。

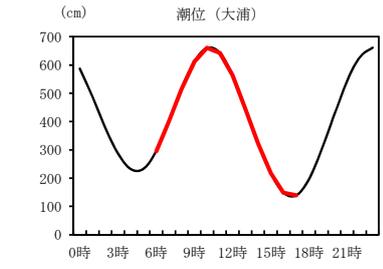
濁度は、多くの調査時期において、上げ潮時及び下げ潮時の下層で高くなる傾向が認められ、潮流による底泥の巻き上げによるものと考えられ。ただし、濁度の上昇と溶存酸素の低下との関連は明瞭ではなかった(図 4.4.1(1)、(2))。

なお、八代海では、平成 25 年度においては、夏季の大潮期、小潮期の 2 回にわたって 2 地点の調査を実施しており、小潮期の潮の流れの弱い時期は、湾奥部表層の低塩分の層は湾奥部に滞留傾向にあることがわかった(図 4.4.1(5)～(8))。先の「4.1 水塊構造調査結果の概要 (3)成層の状況」に示したとおり、小潮期や潮止まりの時間帯は成層化しやすく、これらの定点調査においても、特に小潮期には海水の動きが弱い状況が確認できた。よって、これらの調査時間帯においては、貧酸素化は生じていなかったものの、貧酸素化が生じやすい状況にあったことがうかがえる結果であった。

平成 18 年 8 月 11 日
(夏季調査)



● 調査時間帯の潮汐



下げ潮時に貧酸素を確認

● 調査位置

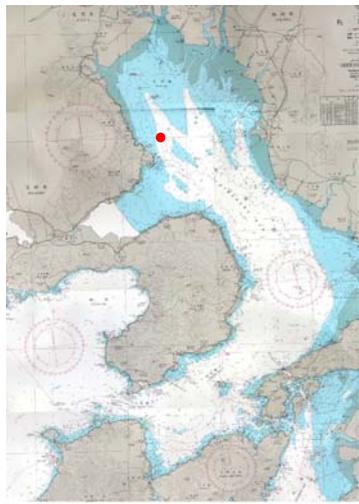
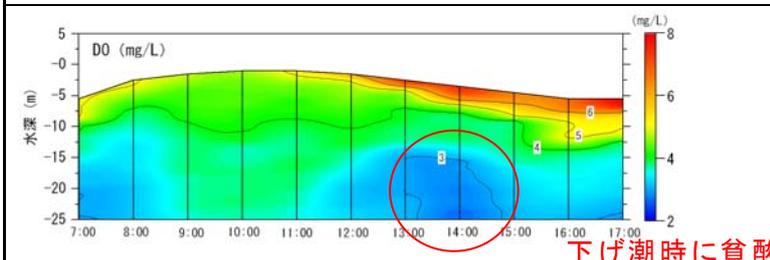
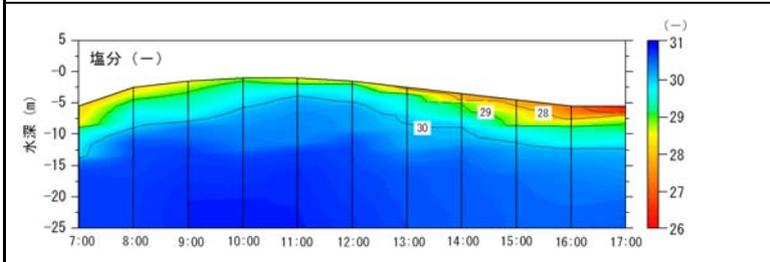
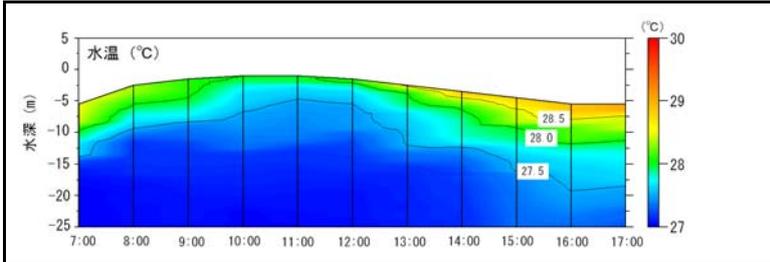


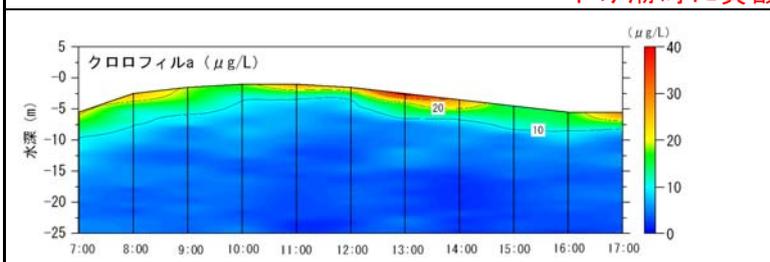
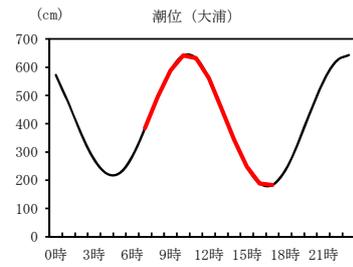
図 4.4.1(1) 定点連続水質調査結果 (有明海/平成 18 年度・夏季調査)

平成 20 年 8 月 19 日
(夏季調査)



下げ潮時に貧酸素を確認

● 調査時間帯の潮汐



● 調査位置

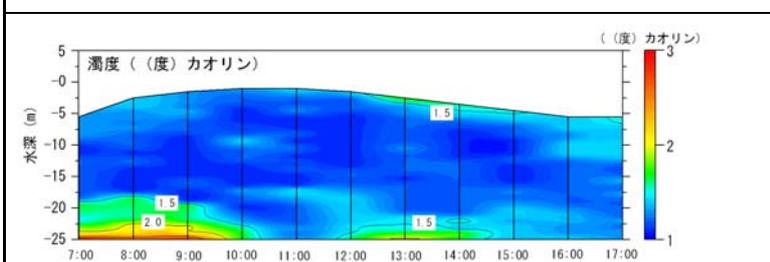
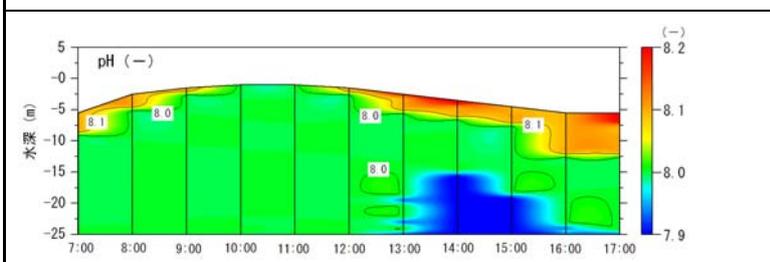
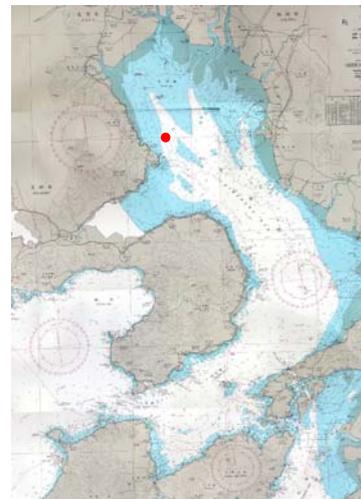


図 4.4.1(2) 定点連続水質調査結果 (有明海/平成 20 年度・夏季調査)

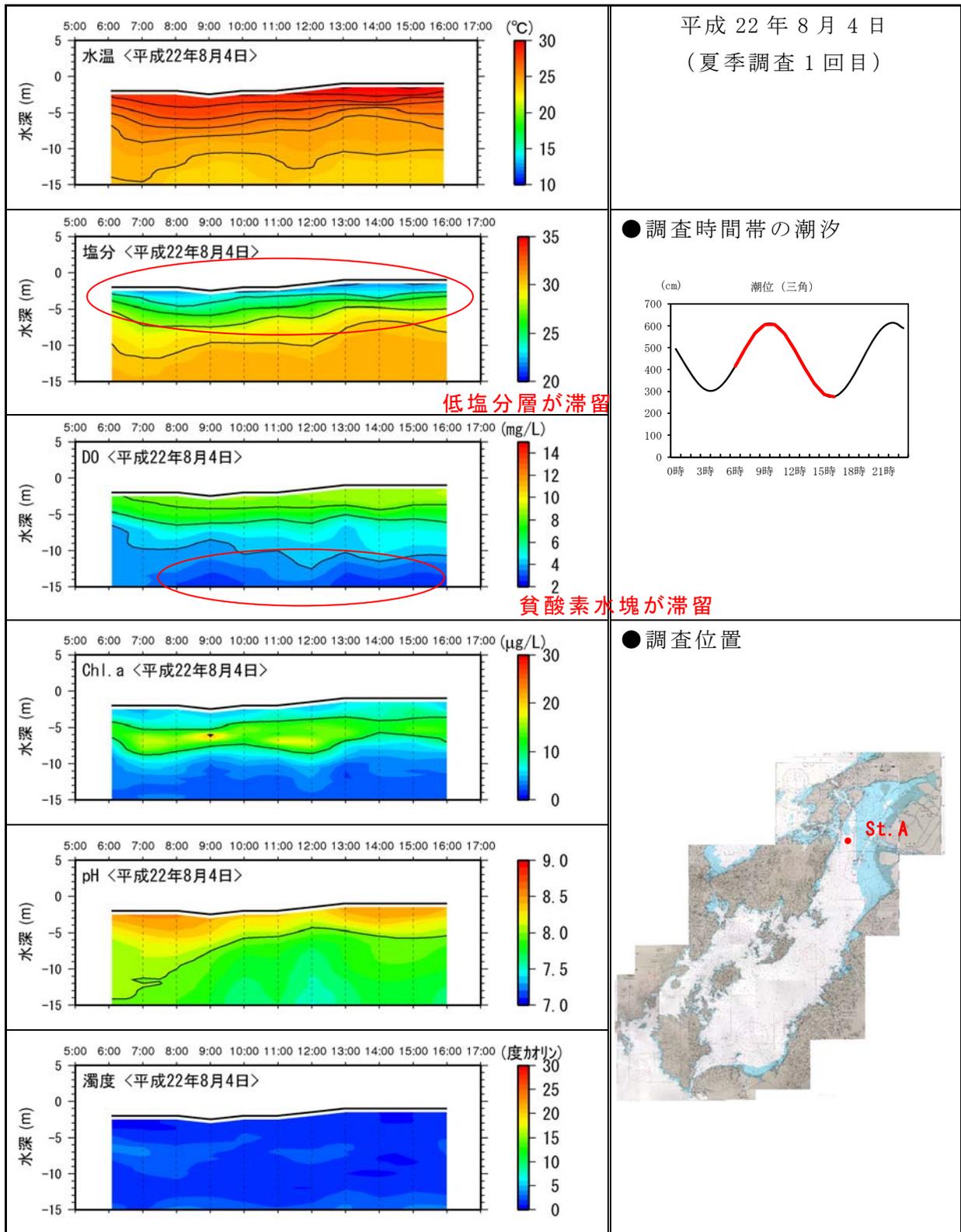


図 4.4.1(3) 定点連続水質調査結果 (八代海/平成 22 年度・夏季調査)

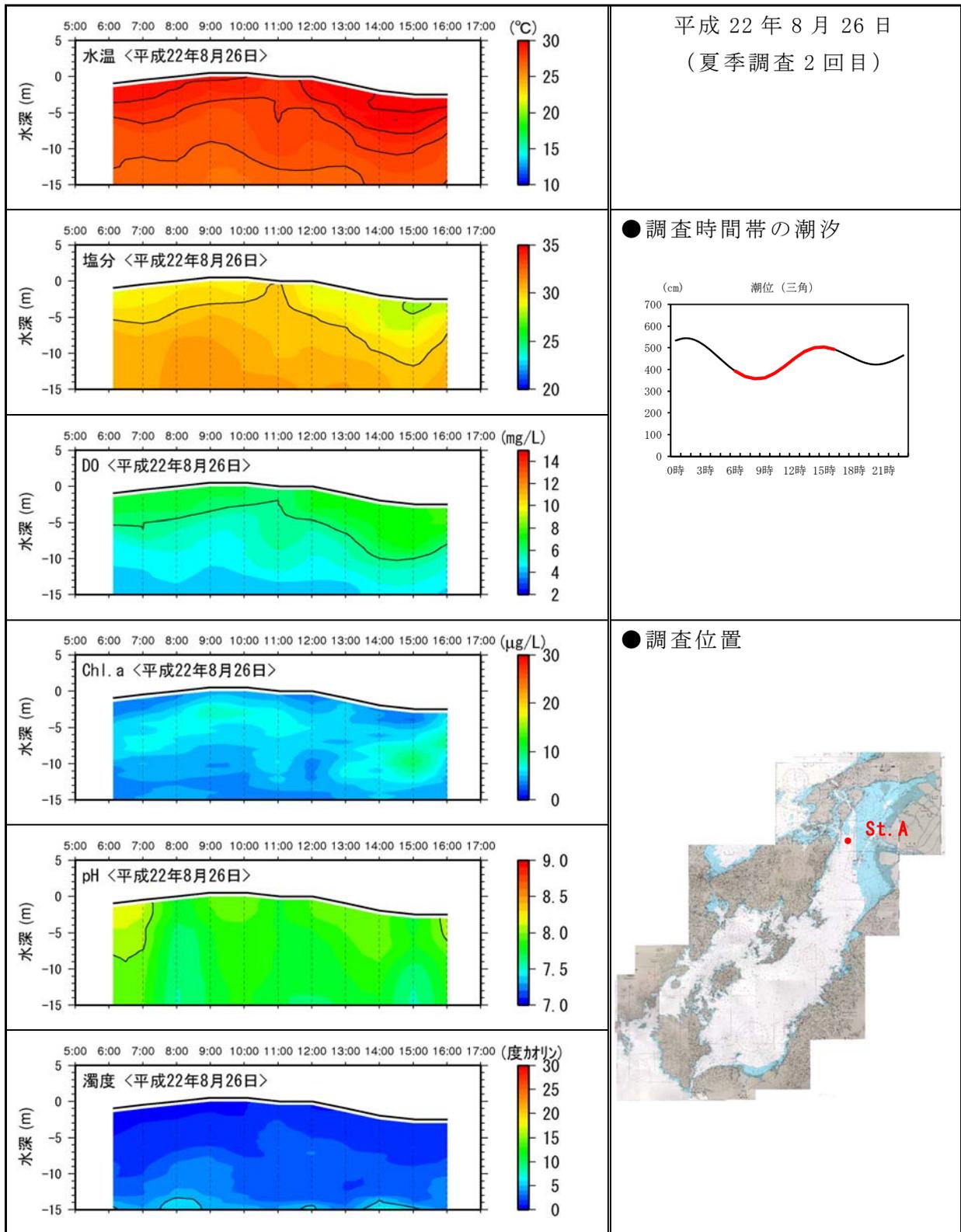


図 4.4.1(4) 定点連続水質調査結果 (八代海/平成 22 年度・冬季調査)

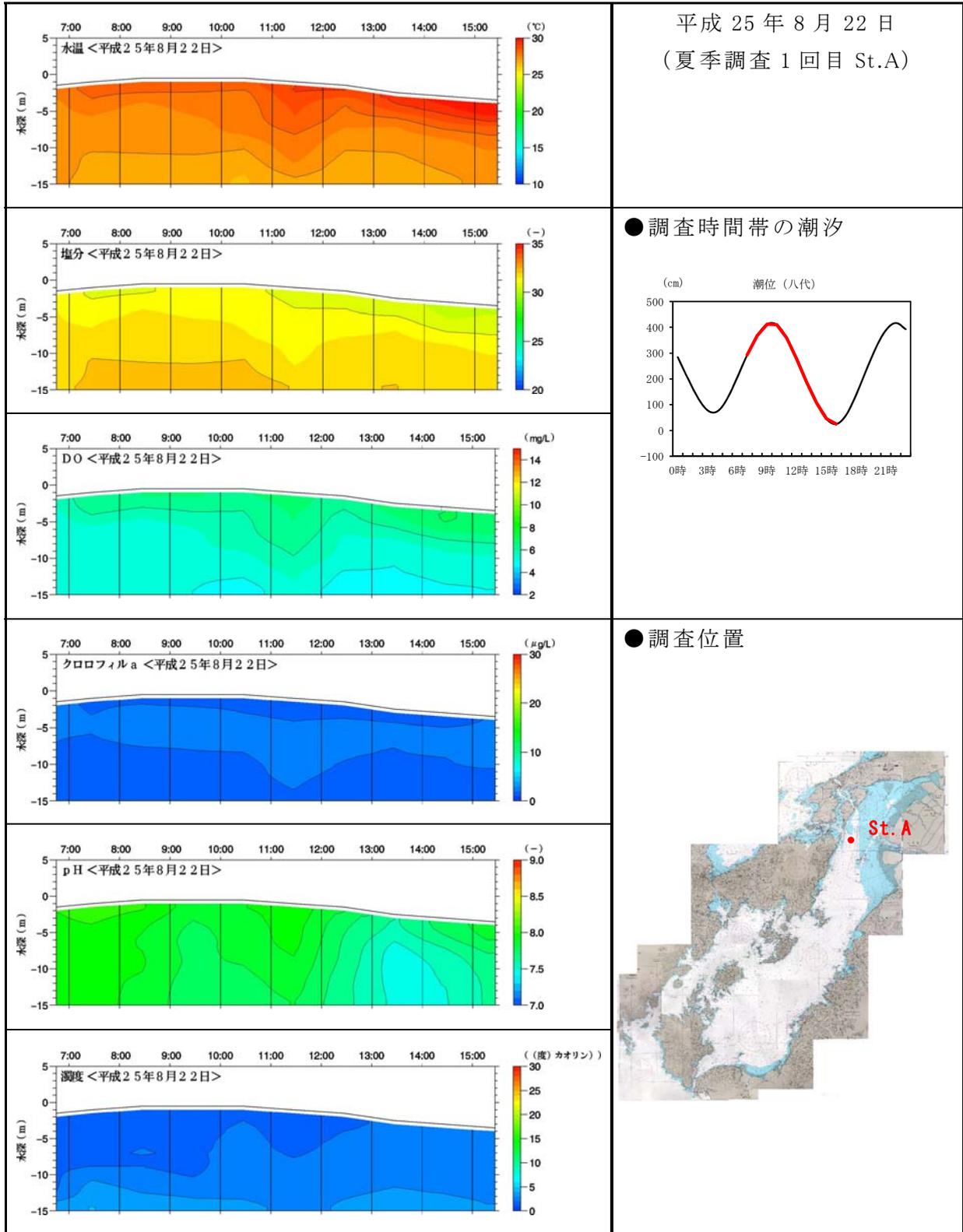


図 4.4.1(5) 定点連続水質調査結果 (八代海/平成 25 年度・夏季調査)

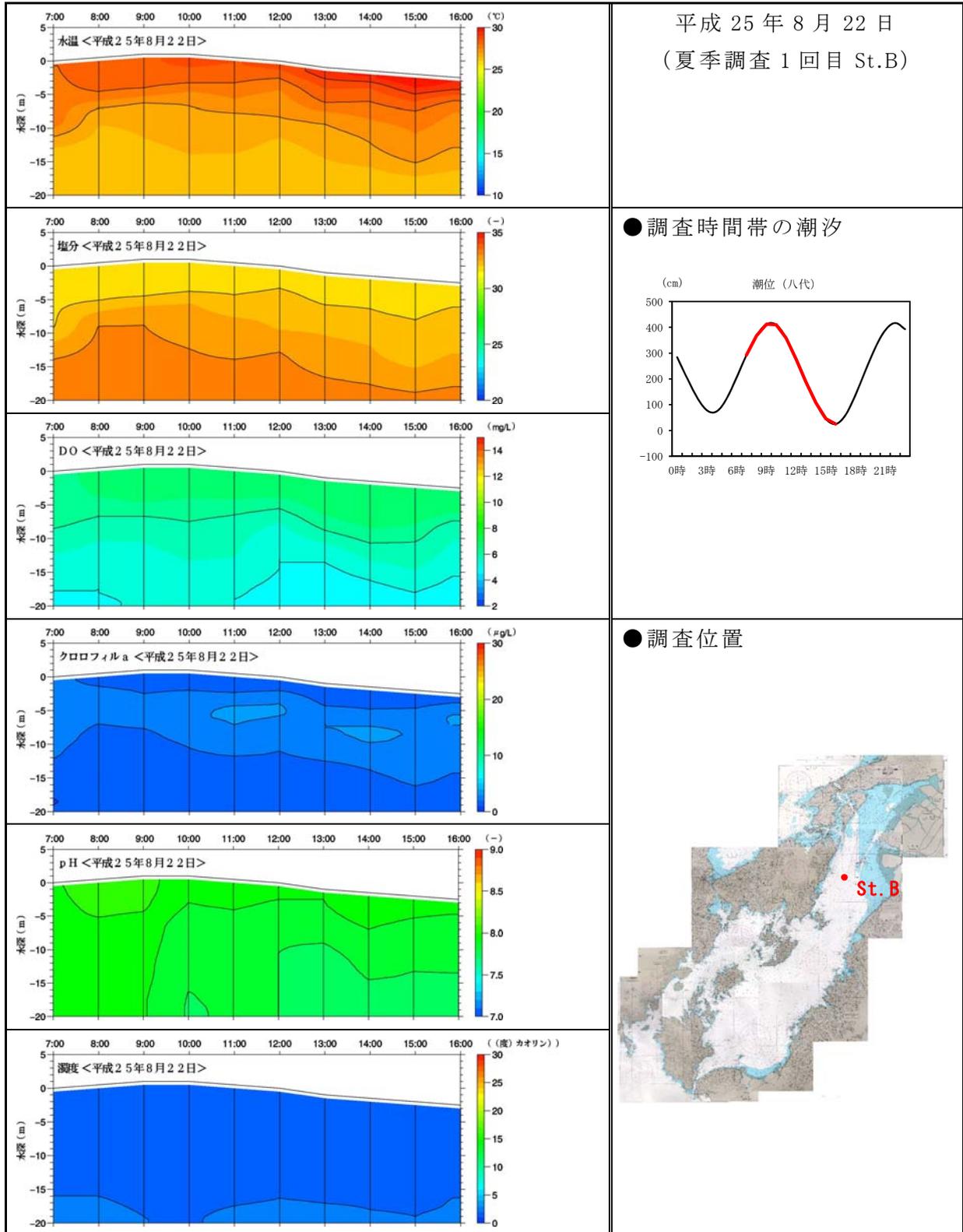


図 4.4.1(6) 定点連続水質調査結果 (八代海/平成 25 年度・夏季調査)

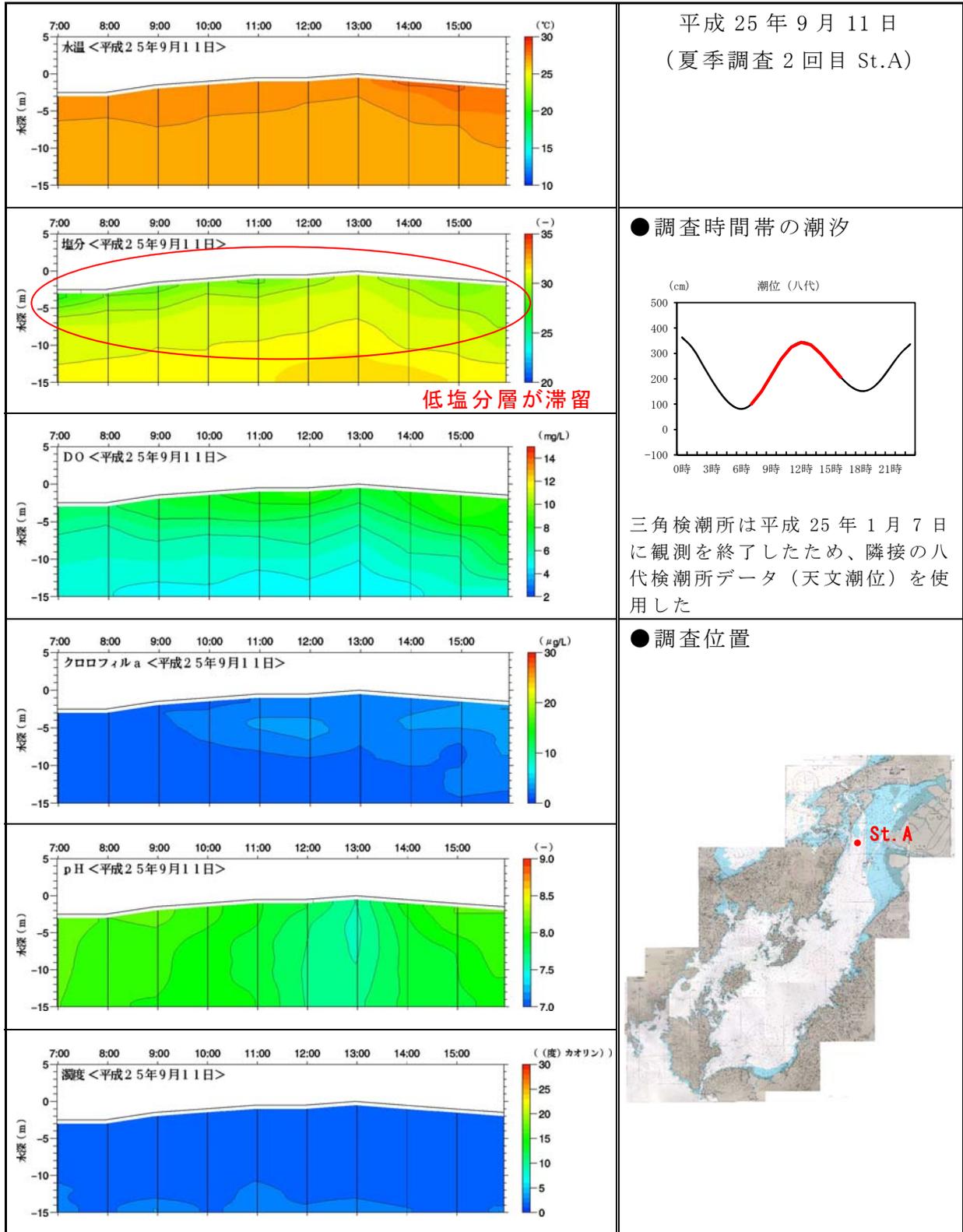


図 4.4.1(7) 定点連続水質調査結果 (八代海/平成 25 年度・夏季調査)

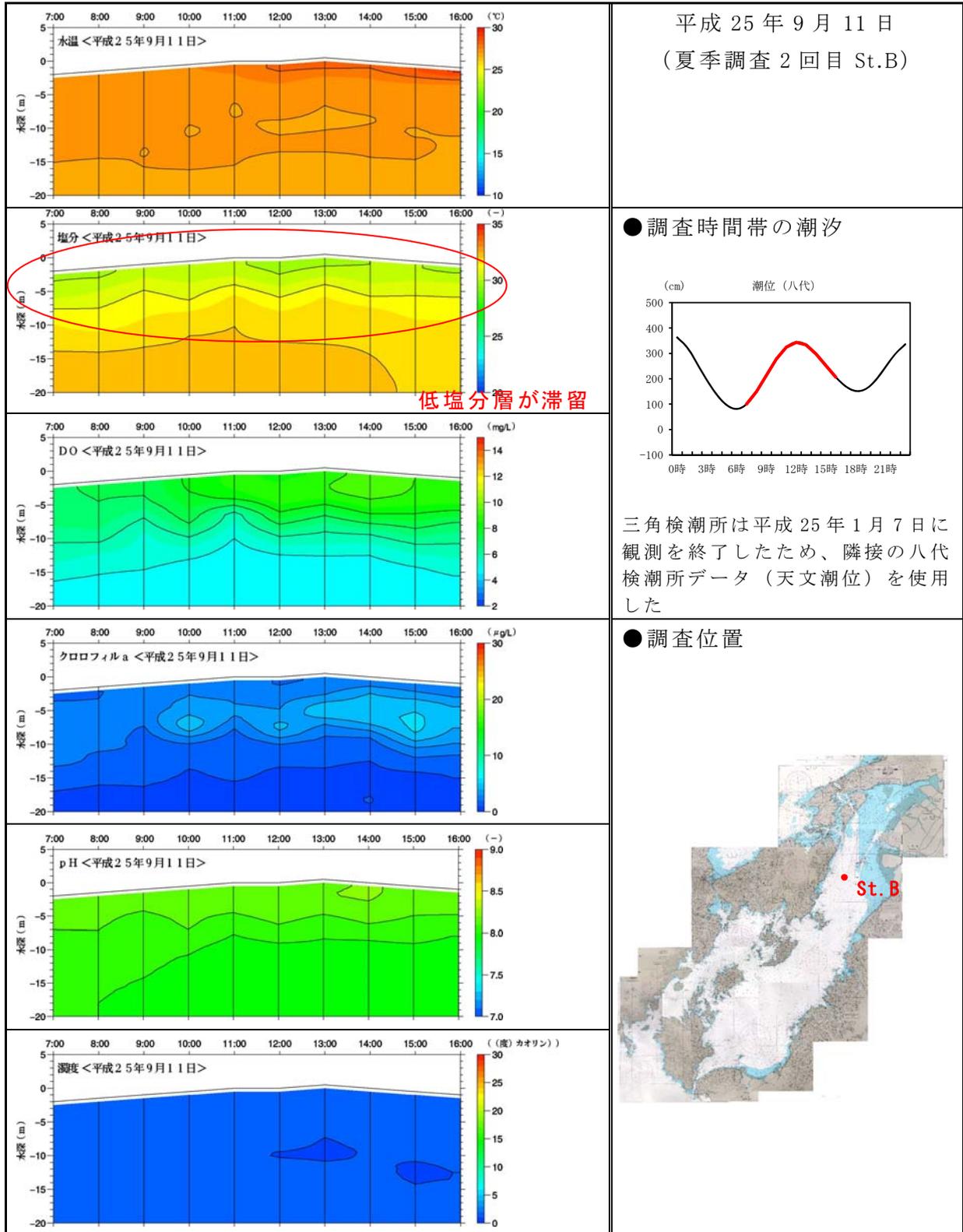


図 4.4.1(8) 定点連続水質調査結果 (八代海/平成 25 年度・夏季調査)

4.5 調査項目間の関連

「4.1 水塊構造調査結果の概要」～「4.4 定点連続水質調査結果の概要」の調査結果をとおして明らかとなった事項を以下に示す。

(貧酸素水塊の発生メカニズム)

一般的に、貧酸素水塊は枯死した植物プランクトンが底層で分解される際に酸素を消費することで発生するとされている。特に有明海では底泥・懸濁物によっても酸素消費が生じ、また、小潮時に貧酸素水塊は発生しやすいと考えられている¹¹。

本調査結果では、成層の強さと河川流量の増加との関連が認められ(図 4.1.10)、また、成層の強さと底層の酸素濃度の低下との関連も認められた(図 4.1.30)。このことから、有明海・八代海においては、出水等による海域への淡水の流入は底層溶存酸素量の低下の要因の一つであることが分かった。また、一部の海域においては小潮時に成層度が強く、大潮時に弱くなる傾向も認められ(図 4.1.23)、前述の内容と一致した。

一方、植物プランクトンの増殖と底層 DO の低下に関するについては、夏季を通じての底層 DO の低下とプランクトン増殖との関係については明瞭ではなかった。また、本調査の定点連続観測の結果より、底泥の巻き上げと下層の酸素濃度との関連は本調査結果からは明瞭にはならなかった(図 4.4.1(1)、(2))。

(有明海・八代海における 10 年間の海域環境の変化)

水塊構造調査(動・植物プランクトン調査を含む)、底質・底生生物調査、定点連続水質調査の 10 年間の調査結果をとおして、経年的な一定の傾向は認められなかった。しかしながら、先のとおり貧酸素水塊の発生が河川流量と関連していることが明らかとなったことから、今後においては、有明海・八代海の海域環境を考えるうえで、雨の降り方等の気候変化の傾向にも注意を払うべきであると考ええる。

(10 年間の調査結果のまとめ)

- ・成層の強さと河川流量の増加との関連が認められ、また、成層の強さと底層の酸素濃度の低下との関連も認められた。このことから、有明海・八代海においては、出水等による海域への淡水の流入は底層溶存酸素量の低下の要因の一つであることが分かった。
- ・10 年間の調査結果をとりまとめた結果、経年的な一定の傾向は認められなかった。一方、貧酸素水塊の発生が河川流量と関連していることが明らかとなったことから、今後においては、有明海・八代海の海域環境を考えるうえで、雨の降り方等の気候変化の傾向にも注意を払うべきであると考ええる。

¹¹ 「委員会報告」(平成 18 年 12 月、環境省有明海・八代海総合調査評価委員会)

5 調査結果及び課題の整理・今後の調査方針(案)

現在継続している、水塊構造調査、底質・底生生物調査、八代海定点連続水質調査について、調査を行ったことでわかったこと・わからなかったこと、調査内容・調査結果の課題、今後の調査方針(案)を整理した。整理結果を表 4.5.1 に示す。

この結果に基づき、今後の調査方針(案)を別途検討した。

表 4.5.1(1) 調査結果の整理及び今後の調査方針(案)(水塊構造調査)

水塊構造調査	
調査項目選定の背景	有明海・八代海の沿岸各県が実施する広域の一斉調査(浅海定線水質調査)で不足していると思われる表層の詳細な水温・塩分等の分布と湾全体(湾軸)の成層状況及びその季節変化を把握するために調査項目が選定された。
目的	水温・塩分等の鉛直断面特性から、水塊構造の季節変化、経年変化を把握する。また、貧酸素水塊や赤潮の発生と水塊構造との関係を把握する。
わかったこと、わからなかったこと	<p><水塊構造の季節変化・経年変化></p> <ul style="list-style-type: none"> ・有明海・八代海の湾軸方向の成層状況とその季節変化を把握することができた。 ・水塊構造の季節変化として、有明海・八代海ともに、夏季は湾奥の表層を中心に高水温、低塩分の躍層が確認できた。冬季は水温・塩分ともに鉛直的には一様で、平面的には湾奥部で低く、湾口部で高い傾向が確認できた(図 4.1.1、図 4.1.2)。 ・経年的には、平成 16 年度から平成 25 年度の 10 年間のうち、前半(平成 16 年度～平成 20 年度)に比べて後半(平成 21 年度～平成 25 年度)の方が年間の河川流量が多く、そのため前半に比べ後半の成層傾向が強かった(図 4.1.6)。 <p><貧酸素水塊と水塊構造との関係></p> <ul style="list-style-type: none"> ・成層の強さと河川流量の増加との関連が認められ(図 4.1.10)、また、成層の強さと底層の酸素濃度の低下との関連も認められた。このことから、有明海・八代海においては、出水等による海域への淡水の流入は底層溶存酸素量の低下の要因の一つであることを定量的に示すことができた(図 4.1.30)。 ・その他、2 ラインにまたがる広範囲な貧酸素水塊の発生(図 4.1.3)や熊本沖における貧酸素水塊の発生が確認できた(表 4.1.1)。このうち、熊本港地先における貧酸素の発生については、その発生パターンやメカニズムについては、把握できなかった。 <p><赤潮と水塊構造との関係></p> <ul style="list-style-type: none"> ・一般的には、夏季の高水温、低塩分の表層において赤潮が発生しやすいと考えられるものの、成層度とクロロフィル a との関係については、十分に検討できなかった。一方、クロロフィル a の増加と底層 DO の低下(成層度と関連する)については明瞭には認められず(図 4.1.31)、これらを解明するための調査の頻度、タイミング等の検討が、今後の課題となる。

<p>調査内容・調査結果の課題と対応(案)</p>	<p><調査内容の課題と対応(案)></p> <ul style="list-style-type: none"> ・表層の低塩分は出水等によることから、海洋環境整備船の漂流ゴミ回収時期と重なる。よって、ゴミ回収任務との調整が課題であるといえる。 →ゴミ回収任務との十分な調整のうえ、調査を継続する。 <p><調査結果の課題と対応(案)></p> <ul style="list-style-type: none"> ・底層溶存酸素量の低下と河川流量との関係が示唆された。 →特に降雨後の状況や成層の状況について注意した調査を進める。なお、成層度と貧酸素、赤潮発生との関係等、個別の事象を確認するためには、調査の頻度、タイミング等について検討する必要がある。 ・熊本地先の貧酸素水塊の発生パターンやメカニズム把握のため、平成26年度、27年度に横断測線の調査を実施したが、貧酸素傾向は把握できなかった。 →横断調査は一旦終了し、別途補助点を設けてデータの取得に努める。 ・有明海・八代海は潮汐変化が大きく、同一地点においても潮汐の流れにより刻々と水質が変化する。そのため、過去のデータや多地点のデータと比較する場合には、厳密には潮汐、潮流を加味することが望ましく、その手法については今後の課題である。
<p>今後の調査方針(案)</p>	<p>今後において、貧酸素発生の頻度が増加することも考えられることから、2隻体制による2ラインでの調査を引き続き継続する。</p>

表 4.5.1(2) 調査結果の整理及び今後の調査方針(案)(底質・底生生物調査)

底質・底生生物調査	
調査項目選定の背景	有明海・八代海全域にわたる底質・底生生物の分布及び経年変動を評価できる十分なデータがないことから、底質・底生生物の調査項目が選定された。
目的	底質・底生生物の分布及び経年変化を把握するために更なるデータを蓄積する。また、得られたデータから底質の変化と底生生物の増減との関係について把握する。
わかったこと、わからなかったこと	<p><底質分布及び経年変化></p> <p>以下のとおり、有明海・八代海における底質・底生生物の分布と経年変化を確認することができた。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・有明海における粒度組成の分布は、湾奥部西側～熊本港周辺では細粒分、湾奥部東側では、礫分から粘土分までが同程度に含まれており、湾中央側～湾口では砂分の割合が高い傾向にあった。経年的には、湾奥部東側では、やや粘土・シルト分の割合が高くなる傾向にあった。その他の地点では経年的にほぼ一定であった(図 4.3.1(1))。 ・八代海における粒度組成の分布は、金剛干潟地先、湾口寄りには砂分の割合が比較的高く、その他の地点は細粒分が卓越しており、経年的にほぼ一定であった(図 4.3.3(1))。 ・底質中の有機物量のうち COD については、有明海、八代海ともに、湾奥部を中心に、数年間にわたる増減の変動がみられた(図 4.3.1(3)、図 4.3.3(3))。硫化物は年による増減があるものの、一定の傾向は認められなかった(図 4.3.1(4)、図 4.3.3(4))。その他の項目(T-N、T-P、クロロフィル a)については、概ね横ばい傾向にあり、経年的な変化は認められなかった(図 4.3.1、図 4.3.3)。 <p><底質の変化と底生生物の増減との関係></p> <p>以下のとおり、底質性状による底生生物の分布傾向は認められたが、底質性状の変化等に伴う底生生物全体の増減の傾向は明瞭ではなかった。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・有明海の地点別の種類数、個体数は、細粒分が卓越する湾奥部西側から諫早湾や熊本港周辺では少なく、礫～粘土・シルトが同程度に分布する湾奥部東側、砂分が卓越する湾中央側、湾口で多い傾向がみられた(図 4.3.6)。 ・八代海の地点別の種類数、個体数は、金剛干潟、湾口寄りの地点で多く、主に環形動物が多く確認できた(図 4.3.7)。 ・底質、底生生物に関する複数の項目をレーダーチャートに整理することで、有明海・八代海をいくつかのパターンに分けることができた(図 4.3.9)。これらは底質性状と底生生物とのつながりが大きいことを示唆する結果であった。
調査内容・調査結果の課題と対応(案)	<p><調査内容の課題と対応(案)></p> <ul style="list-style-type: none"> ・現時点においては、貧酸素に伴う底生生物の総種類数、総個体数等への影響は明瞭ではないが、年 1 回(5 月)の調査で調査目的である経年変化は把握できていると考える。 <p>なお、今後、貧酸素の影響等が大きくなり、底生生物の減少が認</p>

	<p>められる場合等においては、調査頻度を増やすなど、その季節的な傾向を把握する必要がでる可能性も考えられる。</p> <p>→現時点では、現在実施中の底質・底生生物調査を継続する。</p> <p><調査結果の課題と対応(案)></p> <ul style="list-style-type: none"> ・有明海東側海域のシルト分の増加傾向について、その発生要因や底生生物への影響の有無も含めた検討の必要性が示唆される。 <p>→現在実施中の底質・底生生物調査を継続し、シルト分の増加について注視する。</p>
<p>今後の調査方針(案)</p>	<p>現在実施中の底質・底生生物調査を継続する。</p>

表 4.5.1(3) 調査結果の整理及び今後の調査方針(案)(八代海定点連続水質調査)

八代海定点連続水質調査	
調査項目選定の背景	有明海・八代海は、干満差が大きいため潮汐変動に起因した水質変動が大きいとされているが、その変動実態に関する詳細な報告が少なかったことから、定点連続観測の調査項目が選定された。
目的	水質の時間的変動を把握し、貧酸素水塊の発生の有無等について把握する。
わかったこと、わからなかったこと	<p><水質の時間的変動></p> <ul style="list-style-type: none"> ・潮汐に伴う水質の変動を捉えることができた。 ・小潮期の潮の流れの弱い時期は、塩分の低い表層水の滞留が特に顕著であることが分かった(図 4.4.1(7)、(8))。 <p><貧酸素水塊の発生の有無></p> <ul style="list-style-type: none"> ・調査時において貧酸素水塊は確認できず、貧酸素の時間的変化については把握することができなかった。
調査内容・調査結果の課題と対応(案)	<p><調査内容の課題と対応(案)></p> <ul style="list-style-type: none"> ・八代海は有明海に比べて貧酸素の確認頻度は低いことから、調査と貧酸素発生とのタイミングを合わせることが課題である。 →夏季を中心とした調査を継続する。 <p><調査結果の課題と対応(案)></p> <ul style="list-style-type: none"> ・今後において貧酸素の時間的変化を把握できた場合、その結果の解析方法について検討しておく必要がある。 →気象・海象状況や河川流量等を踏まえた上での解析手法等について検討する。
今後の調査方針(案)	八代海で2地点同時に実施できた調査は、平成25年度以降とまだ調査実績が浅く、また、平成27年度より一潮汐の調査を実施している。現時点では、調査終了の判断材料となるデータが少ないことから、今後、1～数年において調査を継続し、データの蓄積に努めることとし、いくつかのデータの蓄積ができた時点において、その結果を解析したうえで、調査の終了について検討することとする。

以上のとおり、平成 16 年度～平成 25 年度の 10 年間の海輝・海煌の海洋環境整備船による観測結果、結果の課題、今後の調査方針(案)等を整理した。

これらの 2 隻の海洋環境整備船による観測結果は、有明海・八代海における貴重な情報であるとともに、特措法基本方針における調査研究に資するデータの一助と位置付けられるものである。

また、本検討においては、貧酸素発生メカニズムの一つである、出水等による海域への淡水の流入が大きな要因の一つであることが示唆できた(4.1(3)成層の状況)。さらに、有明海・八代海における底質と底生生物との関係をいくつかのパターンで示すことができた(4.3 底質・底生生物調査結果の概要 (4)底質と底生生物との関係)。これは、場と生物との結びつきを表すものであることから、今後において回復すべき生物、生態系は生物相だけで考えるのではなく、それらが成立する場を作ることでおのずと対象とする生物や生態系が回復できる可能性を示唆するものである。

このように当調査における調査結果、解析結果は、有明海・八代海の再生方策の検討につながるメカニズム解析の一助ともなることから、今後においても調査の継続とともに、データベース化等による管理など、積極的な取り組みが望まれる。