

第3回 八代海域調査委員会

日時 平成13年9月3日(月) 14:00~16:00
場所 KKRホテル熊本 2階 城彩の間

議事次第

1. 開会

2. 議事

(1) 八代海およびその流域環境の現状と変遷について

(2) 平成13年度梅雨期の現地調査結果について

(3) 水質シミュレーションによる検討手法について

3. 閉会

第3回 八代海域調査委員会

出席者一覧

委員長 弘田禮一郎 熊本大学名誉教授

委員

(学識経験者)

大本照憲	熊本大学工学部助教授
門脇秀策	鹿児島大学水産学部教授
楠田哲也	九州大学大学院工学研究院教授
篠原亮太	熊本県立大学環境共生学部教授
滝川 清	熊本大学沿岸域環境科学教育研究センター教授
堤 裕昭	熊本県立大学環境共生学部教授
逸見泰久	熊本大学沿岸域環境科学教育研究センター講師

(敬称略 50 音順)

(漁業者代表)

井手正徳	熊本県漁業協同組合連合会代表理事会長(代理) 吉岡博秋 総務部長
沖崎義明	熊本県漁業協同組合連合会第六部会長
福田 諭	熊本県漁業協同組合連合会第四部会長
松本忠明	熊本県漁業協同組合連合会第五部会長
宮本 勝	熊本県漁業協同組合連合会第三部会長
森枝哲男	鹿児島県東町漁業協同組合代表理事組合長(代理) 波戸親志 営漁指導課長

(敬称略 50 音順)

(行政関係者)

森田安雄	水産庁九州漁業調整事務所振興課長
工藤 啓	国土交通省九州地方整備局河川部河川調査官
飯牟禮信幸	国土交通省九州地方整備局港湾空港部海域環境・海岸課長(代理) 今林章二 課長補佐
久保一昭	海上保安庁第十管区海上保安本部水路部水路課長
本山茂夫	気象庁長崎海洋气象台業務課長
中島一見	国土交通省八代工事事務所長
塚原健一	国土交通省川辺川工事事務所長
今永 繁	国土交通省熊本港湾空港工事事務所長
矢澤吉邦	熊本県環境生活部環境保全課長
望月一範	熊本県企画開発部地域政策課長
上田史朗	熊本県土木部河川課長(代理) 藤原康幸 土木審議員
板崎 清	熊本県林務水産部水産振興課長
伊勢田弘志	熊本県水産研究センター所長
前田和宏	鹿児島県水産試験場長

(敬称略順不同)

事務局

国土交通省八代工事事務所

八代海域調査委員会

配席表

資料-2

KKR ホテル熊本 城彩の間
平成13年9月3日
14:00~16:00

熊本大学工学部助教 大本 照憲
鹿児島大学水産学部教授 門脇 秀策
熊本県立大学環境共生学部教授 篠原 亮太
九州大学大学院工学研究院教授 楠田 哲也
熊本大学名誉教授(委員長) 弘田 禮一郎
熊本県立大学環境共生学部教授 堤 裕昭
熊本大学沿岸域環境科学教育 研究センター教授 滝川 清
熊本大学沿岸域環境科学教育 研究センター講師 逸見 泰久

鹿児島県水産試験場長 前田 和弘
熊本県水産研究センター 所長 伊勢田 弘志
水産庁九州漁業調整 事務所振興課長 森田 安雄
気象庁長崎海洋気象台 業務課長 本山 茂夫
海上保安庁第十管区海上 保安本部水路部水路課長 久保 一昭
国土交通省熊本港湾空港 工事事務所長 今永 繁
国土交通省九州地方 整備局港湾空港部海域 環境・海岸課長 飯牟禮 信幸
国土交通省 八代工事事務所長 中島 一見
国土交通省 川辺川工事事務所長 塚原 健一
国土交通省九州地方 整備局河川調査官 工藤 啓

熊本県漁業協同組合 連合会代表理事長 井手 正徳
熊本県漁連第三部会長 宮本 勝
熊本県漁連第四部会長 福田 諭
熊本県漁連第五部会長 松本 忠明
熊本県漁連第六部会長 沖崎 義明
鹿児島県東町漁業協同 組合代表理事組合長 森枝 哲男
熊本県企画開発部 地域政策課長 望月 一範
熊本県環境生活部 環境保全課長 矢澤 吉邦
熊本県林務水産部 水産振興課長 板崎 清
熊本県土木部河川課長 上田 史朗

漁協
及び
県関係機関
付き人席

事務局

事務局

事務局

報道関係者席

報道関係者席

出入口

第3回 八代海域調査委員会 議事要旨

【1】開催日時 平成13年9月3日(月) 14:00～16:45

【2】開催場所 KKRホテル熊本(2F 城彩の間)

【3】出席委員(敬称略)

委員長 弘田禮一郎 熊本大学名誉教授

委員

(学識経験者)

大本照憲	熊本大学工学部助教授
門脇秀策	鹿児島大学水産学部教授
楠田哲也	九州大学大学院工学研究院教授
篠原亮太	熊本県立大学環境共生学部教授
滝川 清	熊本大学沿岸域環境科学教育研究センター教授
堤 裕昭	熊本県立大学環境共生学部教授
逸見泰久	熊本大学沿岸域環境科学教育研究センター講師

(50音順)

(漁業者代表)

井手正徳	熊本県漁業協同組合連合会代表理事会長 (代理) 吉岡博秋 総務部長
沖崎義明	熊本県漁業協同組合連合会第六部会長
福田 諭	熊本県漁業協同組合連合会第四部会長
松本忠明	熊本県漁業協同組合連合会第五部会長
宮本 勝	熊本県漁業協同組合連合会第三部会長
森枝哲男	鹿児島県東町漁業協同組合代表理事組合長 (代理) 波戸親志 営漁指導課長

(50音順)

(行政関係者)

森田安雄	水産庁九州漁業調整事務所振興課長
工藤 啓	国土交通省九州地方整備局河川部河川調査官
飯牟禮信幸	国土交通省九州地方整備局港湾空港部海域環境・海岸課長 (代理) 今林章二課長補佐
久保一昭	海上保安庁第十管区海上保安本部水路部水路課長
本山茂夫	気象庁長崎海洋気象台業務課長
中島一見	国土交通省八代工事事務所長
塚原健一	国土交通省川辺川工事事務所長
今永 繁	国土交通省熊本港湾空港工事事務所長
矢澤吉邦	熊本県環境生活部環境保全課長
望月一範	熊本県企画開発部地域政策課長
上田史朗	熊本県土木部河川課長 (代理) 藤原康幸 土木審議員
板崎 清	熊本県林務水産部水産振興課長 (代理) 岩下 徹 水産審議員
伊勢田弘志	熊本県水産研究センター所長
前田和宏	鹿児島県水産試験場長

(順不同)

【4】配付資料

議事次第

- 資料－1 出席者名簿
- 資料－2 配席表
- 資料－3 第2回八代海域調査委員会議事要旨
- 資料－4 第3回八代海域調査委員会資料
- 資料－5 第3回八代海域調査委員会参考資料

【5】議事次第

1. 開会
2. 議事
 - (1) 八代海およびその流域環境の現状と変遷について
 - (2) 平成13年度梅雨期の現地調査結果について
 - (3) 水質シミュレーションによる検討手法について
3. 閉会

【6】議事要旨

1. 八代海およびその流域環境の現状と変遷について

(議論の結果)

今回の審議を踏まえ、八代海及びその流域環境の現状と変遷について、事務局で最終の取りまとめを行うこととなった。

(議論の要旨)

- ・ 漁業者ヒアリング結果の記載内容で「川辺川ダム事業に協力する」旨の記述があるが、「規模が縮小され現在の川辺川ダム事業の目的だけに利用されるのであれば」という条件を追記して欲しい。
- ・ シミュレーションで使用する「八代海への排出負荷」が平成7年度値となっているが、これは平成10年度に八代海の環境基準値（N、P）を策定した際のバックデータである。
- ・ 八代海への養殖漁業の排出負荷量について、近年は、平成7年の状況とは異なり投餌方法等が改善されたこと及び養殖量そのものが減ったことにより、平成11年度現在、N、P値は平成7年度値の50～60%程度となっている。
- ・ 平成7年度以降の投餌方法の改良により、現在は養殖場からの負荷が海を汚しているとは思わない。
- ・ 熊本県には、以前より負荷量のデータの提供依頼を行っているので、正確なデータを速やかに提出してほしい。
- ・ 養殖漁業の排出負荷については、本日の議題である水質シミュレーションモデルによる検討手法の議事にて再度議論する。

2. 平成13年度梅雨期の現地調査結果について

(議論の結果)

平成13年度梅雨期の現地調査結果については、基本的に了承された。

(議論の要旨)

- ・ 球磨川河口域の底生生物について、他の砂質干潟と比べても少ないと思えるし、洪水後のアサリの生息状況が気になる。
- ・ アサリの減少は、緑川河口でも同じ現象が見受けられることから洪水との関係はないと考える。
- ・ 今回の現地調査結果は、潮汐以外にも気象条件なども考慮した形で取りまとめを行うべきである。
- ・ 今後の水質シミュレーションに向けても同様であるが、湾奥に係わる球磨川以外の流入河川の影響も考慮する必要がある。
- ・ 濁度について、自動観測装置によるものと可搬型計測器によるものの値に相違が見受けられる。濁度と流量との相関関係をわかりやすく表現してほしい。

3. 水質シミュレーションによる検討手法について

(議論の結果)

水質シミュレーションによる検討手法については、事務局案で了承された。

なお、近年の養殖漁業実態を反映させた排出負荷量の値については、後日、熊本県と事務局とで協議し決定することとなった。

(議論の要旨)

- ・ 養殖負荷については、近年は平成7年度値を基準と考えているようだが、餌の使用実態等が大きく変わっており、最新の値でも水質シミュレーションを実施してほしい。
- ・ 養殖漁業による残餌が沈降した底質は溶出負荷の発生源と考えられ、その状況は場所によってばらつきがあるため、既存調査などでも推定する必要がある。
- ・ 養殖負荷量の設定については、養殖漁業工程なども考慮する必要がある。
- ・ 水質シミュレーションは、学識経験者委員の意見を尊重してきちんとした形で実施してほしい。水質シミュレーションは、まず、現況再現を行って関連する諸係数を決定するものであり、そのためには入力データが整っている年で実施することが必要である。
- ・ 近年の養殖負荷データについての改善効果等についてはモデル構築後において、新たな外部条件として入力することになる。
- ・ 養殖の負荷量が平成7年の量と比較して半分になったとしても、陸域からの排出負荷のうち流入負荷が30～60%であることを考慮すれば、状況は大きく変わらないと考えられる。

4. その他

- ・ 第4回八代海域調査委員会は、9月26日前後に実施することで了解。
- ・ 八代海沿岸37漁協への中間説明会を9月5日に熊本県八代市にて実施する。
- ・ 今回の質疑応答の内容は、発言者を特定しない形で議事要旨としてまとめたものを委員長が確認したうえでホームページにて公表する。

第3回 八代海域調査委員会

資 料

平成13年9月3日

国 土 交 通 省
水 産 庁
熊 本 県
鹿 児 島 県

目 次

1. 調査の基本方針	1
2. 漁業者ヒアリング結果	3
(1) 目的	3
(2) ヒアリングの対象及び実施時期	3
(3) ヒアリング結果	3
3. 八代海およびその流域環境の現状と変遷	10
4. 平成 13 年度洪水期間（梅雨期）現地調査結果	11
4.1 調査内容	11
4.2 調査結果	14
(1) 調査実施日	14
(2) 結果の概要	14
5. 水質ボックスモデル＜負荷収支の把握＞	16
5.1 モデルの検討手順	16
(1) 基本的考え方	16
(2) 水質モデル	19
5.2 モデル設定の基本方針	20
(1) モデルの基本設定	20
(2) モデルによる検討対象	22
(3) モデルの再現と物質収支の出力	22
5.3 計算条件の設定	24
(1) 基本事項の設定	24
(2) 川辺川ダムの供用時の水質予測条件の設定	27
＜参考＞用語の解説	29

1. 調査の基本方針

八代海は、経済的・資源的に重要であるが、近年、赤潮が発生するなど漁場・海域環境の悪化が懸念されている。
本調査は、八代海域調査委員会規約 第一条にあるとおり、八代海の将来にわたる保全を目指して、八代海域およびその流域における環境の現況ならびに推移を把握し、今後の環境モニタリングのあり方、及び保全対策の方向性を提言するものである。

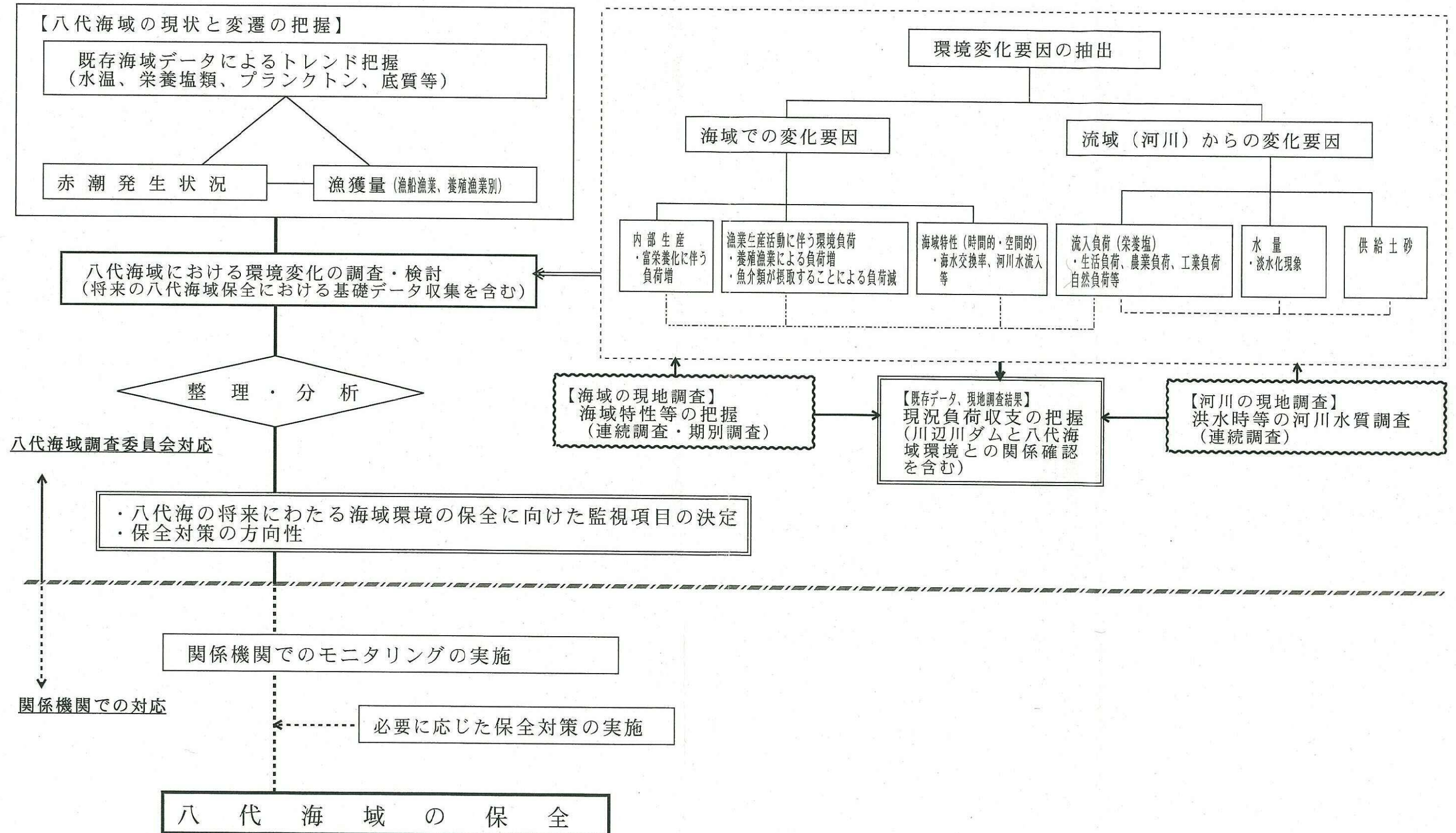


図1-1 調査計画フロー

2. 漁業者ヒアリング結果

(1) 目的

第2回委員会において、水温データ及び漁獲量の整理結果が漁業者の実感と異なっているとの指摘を受けたことから、漁業者の海域環境等についての認識を把握することを目的として、漁業者代表委員等に対するヒアリングを行った。

(2) ヒアリングの対象及び実施時期

漁業者ヒアリングを行った対象及びその実施時期は、以下に示すとおりである。

ヒアリング対象	実施時期
熊本県漁業協同組合連合会第三部会	平成13年7月27日
熊本県漁業協同組合連合会第四部会	平成13年7月27日
鹿児島県東町漁業協同組合	平成13年7月27日
熊本県漁業協同組合連合会第五部会	平成13年7月29日
熊本県漁業協同組合連合会第六部会	平成13年7月31日
熊本県八代漁業協同組合	平成13年8月9日

(3) ヒアリング結果

漁業者ヒアリングにおける聞き取り内容及びその対応状況については、次に示すとおりである。

項目		聞き取り内容	対応状況	
赤潮について	全般	赤潮については、昔は梅雨の後1ヶ月位の期間に発生していたが、最近は年間を通じて発生するようになった。	赤潮の発生状況と環境要因の関係について整理（資料-5 p.2-48 図 2.3-10）	
		赤潮の毒性が強くなったように感じる	赤潮発生件数を被害の有無別に整理（第2回委員会資料-5 p.39 図 4.4-1）	
	原因	気象条件	出水（降雨）後に「日照り」が続くと赤潮が発生する。	赤潮の発生時期と風、日射量、流量、水質等との関係を整理（資料-5 p.2-48 図 2.3-10）
		水質	赤潮の発生原因は、農業や生活排水等の影響による水質悪化ではないか。	発生源別負荷量を整理（資料-5 図 p.1-15 1.2-3）
		ダム	ダム湖の富栄養化した水が赤潮の原因ではないか。	赤潮発生状況とダム放流量ならびに球磨川流量（横石）を整理（資料-5 p.2-48 図 2.3-10）
		その他	水温上昇に伴い、昔は水温の低下で死滅していた赤潮が死滅しなくなったことによるのではないか。	海水水温の経年変化を最高水温、最低水温に着目し整理（資料-5 p.2-24 図 2.2-3）
			干潟がヘドロ化し、浄化能力が落ちたことが赤潮の発生原因ではないか。	現状の干潟底質の分析結果を整理（資料-5 p.3-56 図 3.5-1）
	発生位置	コックロディウム型	昨年までは、梅雨期（6月）に柴島でコックロディウム型の赤潮が発生したことはないが、昔から赤潮が発生し、気づかなかったことも考えられる。なお、これまでは鹿児島県と熊本県の県境付近や芦北で発生していた。	赤潮の発生位置を種毎に整理（資料-5 p.2-36 図 2.3-1）
		その他	7/26の赤潮の発生は「柴島から田ノ浦」の範囲である。	
			津奈木、姫戸周辺は赤潮の発生が多い海域である。	
浅海湾においては、赤潮の発生が著しいが、被害はでていない。				
対策	コックロディニウムの赤潮は、粘土を散布することによって凝集させて沈殿させることができ、被害を防げる。	—		
	その他	赤潮と河川の因果関係については、データをよく調べて欲しい。	赤潮の発生時期と風、日射量、流量、水質等との関係を整理（資料-5 p.2-48 図 2.3-10）	
	水温に	全般	北風が吹かない時及び南風の時は、水温は30度を超えている。	海水水温の経年変化を最高理（資料-5 p.2-24 図 2.2-3）
	水温については、夏及び冬とも1℃位上昇している（水深1mで測定）。			
	水深の浅い所の水温が上昇している印象がある。			

項目		聞き取り内容	対応状況
水温について	全般	しかしながら、水温は最近高いものの、これは八代だけでなく全域的なことである。東町周辺では夏場でも 25℃程度であり、委員会で指摘があったような 30℃にもなることは無い。	(前頁参照)
	水温データについて	漁船の水温計や魚群探知機で水温を把握している。ただし、データとしては残していない。 水温のデータは、東町の前面の海域での調査結果があるので提供する。1週間に1回程度の測定を、過去十数年にわたって実施している。	
	水温上昇の影響	魚の産卵は水深の浅い所（出水から八代の岸側）でしか行われていない。その魚が成長して御所ノ浦の方に行く。最近水温の変化で産卵が落ちているのではないかと。 水深の浅い所では、盆過ぎの朝晩の気温が下がってきた時期には、対流が生じ、底の方の水温が高くなり、養殖魚の調子が悪くなる。一番危ないのは9月である。 魚の旬の時期が変わってきている。魚種によっては極端であり、今年はチリメンが2ヶ月位遅れている。普通、春（4月中～下旬）、秋（9月末～10月）にチリメン漁が行われるが、今年は夏に行われており初めてのことである。 水温が1℃上昇することは、気温が5℃上昇することに相当する。たかが1℃の水温の上昇であっても大きな問題である。	今後の現地調査結果等の解析に際し参考とする。
海域環境の変化について	全般	八代海の環境悪化の原因は 70 %位は生活雑排水だと思っている。 漁業や赤潮に対する影響は、生活排水、工場排水、河川水などのいろいろな要因が関係していると思われる。因果関係を明らかにすることは難しいと思うが、十分調査、検討して頂けるように期待している。	発生源別負荷量を整理(資料-5 p.1-15 図 1.2-3)
	干潟減少	干潟については、潮汐表と比較して地盤高が全然違う。全体的に低くなっているのではないかと。	干潟面積の推移を整理(資料-5 p.2-3 図 2.1-3)
		昔（昭和 42 年頃？）は出水があったときは干潟の形状が大きく変わったが今はそういうことがない。	今後の現地調査結果等の解析に際し参考とする。
		海岸堤防付近の何十mの範囲では、干潟の底質は砂からヘドロに変化している。	現状の干潟底質の分析結果を整理(資料-5p3-5 図 3.5-1)
	原因	干潟減少の原因については、潮位が高くなっているなら、満潮時の潮位も高いはずだがそういうことはない。また、砂利採取との関係については航路以外は浚渫していないのでそれが原因ではないのではないかと。 球磨川の主な流れが、前川から球磨川に移ってから、川の中洲が次第に無くなり、それから急に干潟が減少した。荒瀬・瀬戸石ダムによって砂の供給が減ったせいではないかと。 洪水後、ヘドロが周辺に堆積する。洪水時はどうしてもヘドロが出るが、砂の量が減っており、粒が大きいものは途中のダムで止まっているのではないかと。	既設ダムの堆砂量を整理(第2回委員会資料-5 p.8 図 3.2-2) 現状の干潟底質の分析結果を整理(資料-5 p.3-56 図 3.5-1)

項目			聞き取り内容	対応状況
海域環境の変化について	干潟減少	原因	(平成11年の) 台風 18 号によって干潟が変化したもの(干潟減少の) 要因の一つと考えられる。	今後の現地調査結果等の解析に際し参考とする。
	藻場減少		昔は藻が繁茂し、船が通れないくらいであった。 昔は汀線沿い(干潟の沖合 400m 位に幅 200 mで日奈久まであった)に藻(アマモ)が繁茂し、船が通れないくらいであったが、工場排水、農業の影響により、昭和 30、40 年代に減って、50 年代には消滅した。現在は、工場排水は基準を守っているし、農業もそれなりに対策しているので生活排水が最も影響があるのではないか。 コアマモ(野菜のニラに似ている)は比較的多いが、本当のアマモは1m位の大きさである。ほとんどなくなったが何箇所か残っている。	既存資料を基に情報を整理。 (資料-5 p.2-14 図 2.1-10)
	漁獲量の減少		漁獲量の減少の理由は、水温等が影響していると思うが、はっきりしたことはわからない。 漁獲の減少は、底曳き網等の漁による乱獲が原因ではないか。トラフグのメスが kg 当たり 20 万円(オスは kg 当たり 3 千円)になったことがある。 渇水時はアサリは大きくならず、平成 6 年では不漁であった。 ノリの酸処理をしたらエビがいなくなった。15 日間は網に入らなくなるので八代ではやらせない。 姫戸はカニ、ボラ、クルマエビで成り立っていた。浅場の埋立や砂地の所の減少の影響を受けているのではないか。 40 年代に(川のコンクリート護岸化・埋立等の)工事が行われてから、アサリが採れなくなった。稚貝の放流もしているが、うまくいかない。河川のコンクリート護岸は取り壊して欲しい。 小さな埋立を行っており、この埋立も漁業に影響している。特に浅場の一番良い漁場が事業費が安くなるとの理由で埋め立てられている。	今後の保全対策等の検討に際し参考とする。
漁業について	放流について		エビについては、東町では放流事業の効果もあり、落ち込みは無い。 ガザミ、クルマエビ、ヒラメ、タイの放流を行っているが、カニは放流しても効果はでない。 採貝漁業はアサリ、ハマグリが中心であり、砂地では刺し網及び定置網でヒラメをとっているが放流している割には減少している。 エビ、ヒラメ、アサリなどは放流しないと全然とれない。 放流事業により、漁獲の減少をくい止めているが、放流しても漁獲が上がらないため、中止の声が(水産庁から)上がっており、それはおかしいと思っている。	今後の保全対策等の検討に際し参考とする。
	漁場環境改善について		環境保全型の養殖として、アワビとその餌となるコンブまたはワカメを組見合わせた養殖に取り組んでいる。	今後の保全対策等の検討に際し参考とする。

項目		聞き取り内容	対応状況
漁業について	漁場環境改善について	養殖漁場環境としては、水質は良くなってきたが、底質は良くならない。底質改良剤等を用いる等、底質の改善にも取り組んでいる。	(前頁参照)
		磯焼けが起きており、藻場の衰退がみられる。藻が無くなると、魚がいなくなる。藻場の造成にも取り組んでいる。	
		姫戸では町と県が「海底の掃除」と「海を耕す」事業を行っており、行った後は、エビ、カニ（の漁）は良好となる。また、沿岸で事業を行った時は効果が上がらないが、沖合（400 m）で行った場合は効果がある。	
		クルマエビやアサリの漁業活動に伴い自然に耕されることで、漁獲量が増加するが、漁獲量が少なくなると耕さなくなるため環境が悪化する悪循環である。	
		昔は（干潟において）アサリの生産があった。干潟を改善すればアサリも回復するのではと考えている。覆砂を行った場所でアサリが発生した例がある。	
	産卵場・稚魚の成育場について	川から多くのごみが流れてきており、これらごみも環境を悪化させる。	干潟面積の推移を整理(資料-5p.2-3 図 2.1-3) 今後の保全対策等の検討に際し参考とする。
		魚の産卵場である干潟がなくなりつつあるのが問題である。	
		タイやトラフグ等は八幡瀬戸から御所ノ浦周辺にかけて産卵し、湾奥の水深の浅い所で稚魚が育つ。産卵にくる魚が少なくなることや稚魚が育たなくなることが心配である。	
		ヒラメの産卵場は浅いところであるが、資源量が減ったため最近では八代まで産卵に来ない。牛深あたりで産卵しているのではないかと考えられ、砂の存在は重要である。浮泥だけが流れてきて、砂が（荒瀬ダム・瀬戸石ダムにより）流れてこないことが問題だ。	
		八代周辺では、春には、タイやホンカワハギ等のほとんどの種類の稚魚はいるが、秋にはほとんどいなくなる。トラフグだけは昔は良くとれたが、現在は減っている。	
	魚場としての干潟について	八代周辺は湾奥の河口域のため稚魚の成育場として重要である。タイの稚魚が多く天草の一本釣りに影響がある。	干潟面積の推移を整理(資料-5 p.2-3 図 2.1-3) 現状の干潟底質の分析結果を整理(資料-5 p.3-56 図 3.5-1) 今後の保全対策等の検討に際し参考とする。
		魚の産卵場である干潟がなくなりつつあるのが問題である。	
		アサリ等は、浮泥が 10cm 程度もつもれば窒息死する。浮泥中に砂が少しでも混じっていればアサリは浮泥上に上れるのではないかと考えられ、砂の存在は重要である。浮泥だけが流れてきて、砂が（荒瀬ダム・瀬戸石ダムにより）流れてこないことが問題だ。	
		アサリ等の貝類にとっては、干潟の高さは重要である。干潟が低いと淡水化により 1 週間もしないうちに死んでしまう。	
		干潟が高いと波によって浮泥が洗われるが、低いと常に水中でそれがない。高水温にもさらされやすい。	

項目	聞き取り内容	対応状況
漁業について	魚場としての干潟について 今年はエビが取れない。10 数トンである。多いときは最高 93 トンいった。エビが漁期が最も長いので重要である。エビは生まれて数ヶ月は珪藻を食べる。着底時には干潟が必要である。	(前頁参照)
その他	荒瀬・瀬戸石ダムについては、ダム湖の富栄養化や土砂供給の遮断等の影響が大きいほか、耐用年数がきており、発電需要もないことから撤去して欲しい。 上流に大きなダム（川辺川ダム）が出来るのであれば、下流の荒瀬・瀬戸石ダムはいらないのではないかな。 漁業者としては、上流を堰き止められるより、下流を堰き止められる方が影響が大きい。川辺川ダムは最新ダムで清水バイパス等も設けているが、下流で堰き止めれば一緒である。 荒瀬・瀬戸石ダムについては、これらダムが建設された当時は魚も多く捕れ、水も流れてくることから影響はないと考えていたが、現在は、両ダムについては漁民がよく見に行っており、淡水赤潮やアオコの発生（特に荒瀬ダム）を見て、ダムができると海の環境が悪化するとの感想を持って帰ってくるのが現状である。 漁民のみなさん方は、漁獲が落ちているのはダムが関連していると思っている。現在は、（ダムの影響）について把握する調査であり、結果を待ち望んでいる。また、漁民は（漁獲の減少が）ダムの影響だけではないという認識はしている。 海は山の栄養素で成り立っており、ダムにより堰き止められている。砂利、砂が上流から流れてこないダムである。 温暖化により水温が上昇している状況下でダムにより水質が変化したり、水量が減ると漁業に影響する。 ダムについては、水や砂を流す等の対策を行って欲しい。 今までは、ダムは全然影響がないという話であった。海に影響があることも認めた上で、最善の技術で影響を最小限にするのであれば、（組合員等に）説明しやすい。 川辺川ダムはいらないという話が聞こえてくるが、何十年も前に計画されたダムであるので、見直すべき所もあるのではないかなと思っている。 川辺川ダムについては、基幹産業である農業用水の利用、人吉の被害の防止等の生活するために必要なものであれば協力する。ただし、工業用水等への転用については反対である。 川辺川ダム本体ができる前に海域の調査をして頂きたいというのが希望であった。ダムができた後では関係が分からなくなる。 選択取水設備により、水質の管理が出来るとは思わない。清水バイパスもだめだ。 氷川ダムの影響でシロウオが捕れなくなったほか、ノリの品質も悪くなった。 氷川ダムの放水により、収穫前のノリが流されたことがある。 市房ダムの濁水の影響は、洪水の時に海の色が変わる。河川水が表層を流れていくため、表層と下層で流れが異なる。（洪水時と渇水時のダム湖の濁りでは、洪水時の時のみ影響ある。） 本渡にダムができてからノリがダメになった。ダムの影響はあるという感じを持っている。 砂防ダムの設置、川のコンクリート護岸化により、洪水時には一時的に流れるが、平均的な水の流れがなくなった。 以前に比べて球磨川の水の勢いが無くなっているように感じる。以前（20 年程前）は、八代や日奈久にある洲の位置が変わっていた。球磨川の水の勢いで変わっていたように感じる。 漁業には河川の水量が大きく影響している。本流の変化に伴い漁場が変化（前川から球磨川へ移動）していることから明らかである。 河川水量については、特定の時期に流すのではなく、年中流してもらいたい。	

その他	港湾計画は、10 年毎に計画を見直すとのことである。農業用水の水利権についても減反等により昔より必要量が少なくなっていることから改定の時期にきているのではないか。水利権についても 10 年サイクルで考えられないか。
	ダム湖の温度躍層による上層と下層の温度差も影響しているのではないか。
	赤潮対策は急ぐものではないが、放置すれば海で生活できなくなる。
	コックロディウムの赤潮が発生する場所では「チリメン」が捕れない。
	ブリ・カンパチといった青物は赤潮に弱い。
	フグは歯があるため「共食い」をする。赤潮対策のため 2 週間餌を止めたら 20 万から 4 万匹に減少した。
	八代では、去年（平成 12 年）は、アサリの稚貝が全滅した。原因は不明である。
	八代は、昔はハマグリが主体であった。昭和 50 年頃までは金剛は日本一のハマグリ生産地であった。
	八代漁協の主要な漁業種類は、エビ流し、カゴ漁、刺し網などである。
	八代では、干潟にカキがいなくなった。コロビガキといって干潟上に沢山あったが今はなくなった。
	委員会資料については、専門用語等が多くわかりにくいため、委員会前に前もって送付して頂きたい。前もって送付して頂ければ、専門用語等についてチェックし、委員会当日に質問等することにより資料の内容が理解し易くなる。また、専門用語等には注釈を入れるようにして欲しい。
	漁業者としては、委員会当日は資料の説明を追っかけて行くのが精一杯である。
	部会長から各組合長への説明が難しい。弘田先生に同席をお願いして八代海調査の結果報告をして欲しい。
	これ以上海が荒廃したらダメになる。
	平成 10 年から輸入魚の増大による漁価の下落等により、水揚げが減少している。
	（八代海的环境悪化の）因果関係をハッキリさせて欲しい。
	（干拓等の影響により）昔に比べ、海流が変化している。
	ダムが無かった頃の水質・底質データが欲しい。現況が当時と変化なければ納得する。
	本流河口域は最近 10 年間は砂利採取していない。
	合併浄化槽等の水質浄化対策では海的环境はよくなるのではないのか。
	漁協では現在高齢化が進んでいる。
	漁民としては、これ以上海域環境が悪化したら、漁業を捨てて陸に上がらなければならないと考えている。

3. 八代海およびその流域環境の現状と変遷

表 3-1 既存資料から得られた知見、解釈等、今後の進め方

分類	既存資料から得られた知見 [資料-5 参照]	知見に対する解釈等	今後の進め方
流域環境	・過去 10～20 年間の流入河川の水質は、経年的には一定の増減傾向がみられない。[p.1-9～12 図 1.2-2]	・流域からの汚濁負荷量は、近年ほぼ一定と推定される。	・水質ボックスモデルを用いて、八代海における汚濁物質収支を把握する。
	・排出負荷量は養殖系の占める割合が高く、次いで土地系または生活系となっている。[p.1-15 図 1.2-3]	・海域環境の保全に向けた給餌養殖が課題である。(現在の養殖負荷は減少している)	
	・流達率(流入負荷量/排出負荷量)は 30～60%である。[p.1-16 表 1.2-5]	・流達率は妥当な値が得られた。	
	・球磨川の水質は、多良木から人吉にかけて悪化し(COD で顕著)、それより下流では大きな変化がない。[p.1-30～32 図 1.3-3]	・多良木～人吉間の排出負荷量が大いことが原因と考えられる。	
海域環境	・自然海岸・半自然海岸が約 55%で、1978 年以降、殆ど変化していない。[p.2-1 表 2.1-1]	・干潟の水質浄化機能や生物生産の場としての機能が低下したと考えられる。	・保全対策の方向性を検討する。
	・干潟は 1945 年以降、干拓・埋立等により約 34%減少している。[p.2-3 図 2.1-3]		
	・沿岸水質(COD)は、1998～2000 年と高くなっている。[p.2-21 図 2.2-2]	・水温変動については、八代海内の要因だけでなく、外海や地球規模的な要因が存在するものと考えられる。	・適切なモニタリング計画について検討を進める。
	・年間最低水温の上昇傾向がみられる。[p.2-24 図 2.2-3]		
	・沿岸底質(COD)は、1990 年以降上昇傾向にあるが、最近では回復傾向にある。[p.2-30～34 図 2.2-6]	・底質変化は、八代海的环境診断の指標となり、海面養殖の影響等が考えられる。	・現地調査により、海域全体の底質分布を把握する。
赤潮	・種によって発生場所が異なった。漁業被害をもたらすコデイウム赤潮は、八代海西部と南部を中心に発生している。[p.2-36 図 2.3-1]	・種による発生場所の違いは、発生機構や増殖適環境の違いと考えられる。	・適切なモニタリング計画(地点)について検討を進める。
	・赤潮の発生要因は、多くの諸要因が複雑に絡み合っている。[p.2-37 図 2.3-2]	・河川流量は、海域への栄養塩の供給や出水による成層の崩壊などに影響し、赤潮の発生に関連すると考えられるが、球磨川流量と赤潮発生との直接的な応答関係は明瞭でなかった。	—
漁業生産	・コデイウム赤潮は、夏季の高温・少雨と成層の崩壊に起因する。[p.2-39 図 2.3-3(1)]		
	・漁業被害原因種による赤潮は、夏季に日射量が多く、河川流量が少なく、高水温の年に多く発生している。[p.2-45 図 2.3-8]		
	・コデイウム赤潮は、夏季に日射量が多く、水温 25℃以上の年に多く発生するが、河川流量との関係は明確でなかった。[p.2-46 図 2.3-9]		
	・コデイウム赤潮の発生と球磨川の出水との直接的な対応は認められなかった。[p.2-48 図 2.3-10]		
漁業生産	・漁船漁業による総漁獲量は、1990 年代前半まで漸増し、それ以降減少している。[p.2-41 図 2.4-1]	・熊本県では経営体数および出漁日数が著しく減少し、1 経営体当たりの出漁日数や CPUE(単位漁獲努力量当たり漁獲量)には減少傾向が認められていない。	・赤潮発生など漁場環境の変化と漁獲量・養殖収獲量の変動との関係を検討する。
	・漁獲量の大半は遊泳性の魚類が占めており、総漁獲量の変動はまいわし等の変動によるところが大きい。[p.2-41 図 2.4-1]		・水質ボックスモデルにより、養殖負荷量の算定精度を高めるとともに、漁業が環境保全に果たす役割を定量的に示す。
	・魚類養殖の総収獲量は、1995 年まで増加し、以後減少している。[p.2-64 図 2.4-2]	・近年の魚類養殖収獲量の増加は、養殖施設の拡大より、養殖密度の増加によるところが大きい。	
	・のり収獲量は、1990 年をピークに、最近では横這い傾向にある。[p.2-65 図 2.4-3]	・のりの収獲量・品質と河川流量とは負の関係があるとされている。	

4. 平成 13 年度洪水期間（梅雨期）現地調査結果

4.1 調査内容

平成 13 年度の洪水期間（梅雨期）に表 4.1-1 に示す現地調査を実施した。現地調査は、八代海全域を対象とした流況、水温・塩分、水質、プランクトンの調査、ならびに球磨川河口周辺の底質・底生生物調査、及び球磨川・川辺川の上流から下流までを対象とした洪水時の水質調査からなる。

表 4.1-1 平成 13 年度洪水期間（梅雨期）現地調査の内容

調査項目		調査目的	調査範囲	調査時期
海 域	流況・ 水温・塩分 水質・ プランクトン	八代海、特に北部海域の淡水および物質（栄養塩）の収支を把握し、球磨川の影響を明らかにするための基礎データを得る。	八代海全域 4 水域を設定 Ⅰ：有明海との海水交換および水川・水無川流入 Ⅱ：球磨川流入 Ⅲ：北部南海域 Ⅳ：南部海域	洪水期間（梅雨期）、 の大潮時・小潮時 流況、水温・塩分は 15 昼夜連続観測
	航 空 調 査 （※）	球磨川河川水の拡散状況を視覚的に把握する。	八代海域の球磨川河川水の拡散範囲	洪水期間（梅雨期） の出水時
	底質・ 底生生物	球磨川河口周辺海域における河川からの土砂堆積状況、干潟生物等を把握する。	球磨川河口周辺	洪水期間
河 川	濁 度 等 常 時観測	球磨川からの土砂流出の時系列変化を把握し、流出負荷特性の基礎データを得る。	球磨川淡水域下流（萩原地点）	海域の流況調査と 同じ 15 昼夜観測
	水質	洪水時に流域別の流出負荷特性を把握するための基礎データを得る。	球磨川 3 地点、川辺川 1 地点	洪水時の連続測定

（※）天候不良のため、良好なデータが得られなかった。

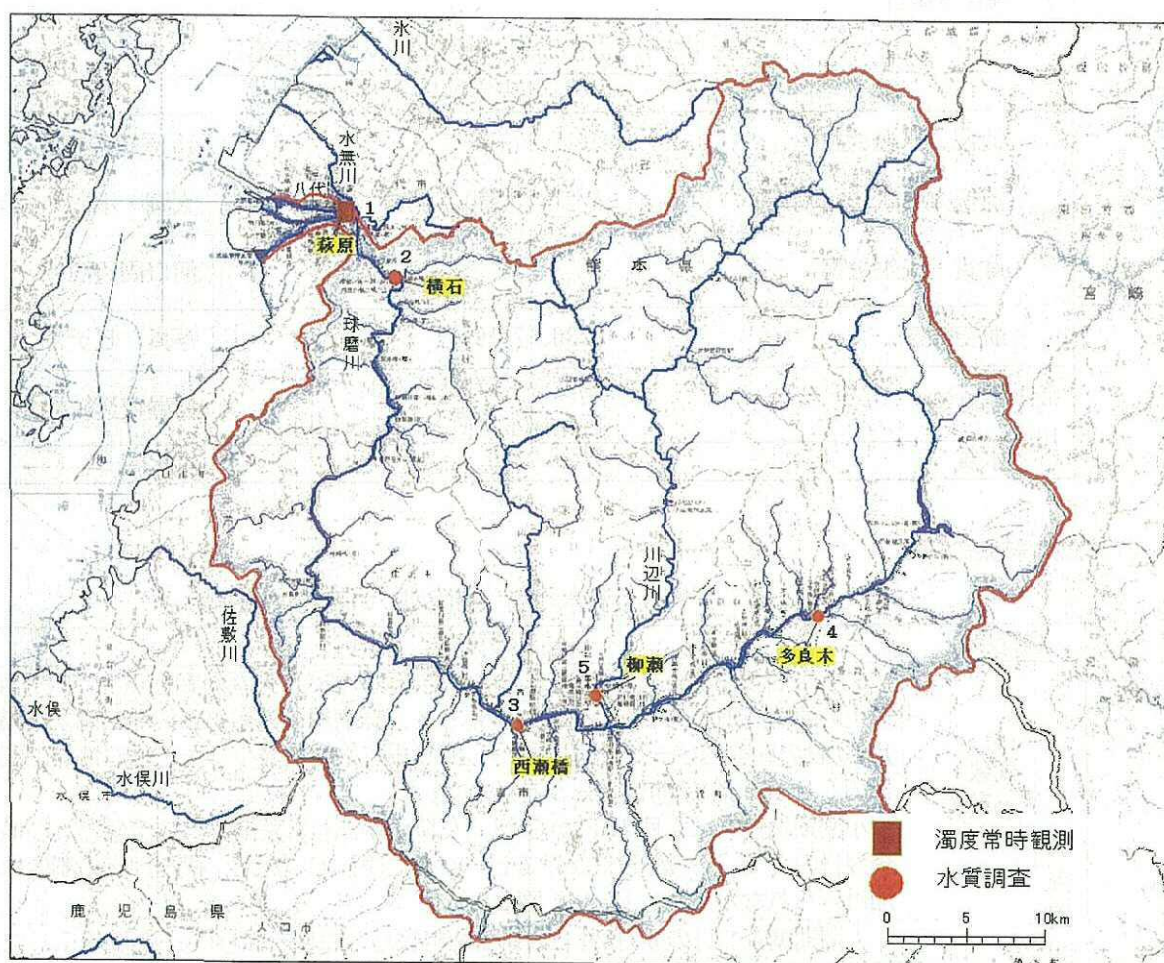


図4.1-2 球磨川の河川水質調査地点

4.2 調査結果

(1) 調査実施日

表 4.2-1 洪水期間（梅雨期）の調査実施日

調査項目		調査実施日（2001 年）	備考
海 域	流況、水温・塩分	6/19～7/12	15 昼夜連続観測
	流況（曳航式）、水質・プランクトン	6/21（大潮）、6/28（小潮）	大潮・小潮の2回
	底質・底生生物	6/23, 24（1 回目） 7/21, 22（2 回目）	河口周辺海域
	航空撮影	6/30、7/10	写真、ビデオ
河 川	濁度等	濁度計 6/22～7/10 自動採水装置 6/22～7/10	15 昼夜連続観測
	水質	7/6～7/10	洪水時

(2) 結果の概要

表 4.2-2(1) 洪水期間（梅雨期）の調査結果概要

調査項目	結果の概要 [資料-5 参照]
調 査 期 間 中 の 状 況	気象・水象等 6 月 19 日から 23 日にかけてまとまった降雨があり、大潮期調査(6 月 21 日)前には 100mm 以上の連続降雨があった。これに対応して、球磨川の荒瀬ダム放流量および横石流量は 6 月 20 日の昼頃にピークに達し、6 月 26 日まで徐々に減少した。横石地点の濁度は調査前日の 6 月 20 日の午前にピークを示した。 小潮期調査では 6 月 27 日から 28 日に降雨があり、荒瀬ダム放流量および横石流量は調査翌日の 6 月 28～29 日にかけてピークをに達していたが、横石地点の濁度には顕著な増加はみられなかった。[p.3-7 図 3.1-8]
	赤潮の発生状況 大潮期調査前日の 6 月 20 日、御所浦町牧島の海域を中心に、2000 年 7 月に大きな漁業被害をもたらしたコクロデウムポリクリコイデス <i>Cochlodinium polykrikoides</i> による赤潮が確認された。その他の赤潮としては、メデイウムルブルム <i>Mesodinium rubrum</i> やスケルトナ コスタム <i>Skeletonema costatum</i> を主体とした赤潮が、本渡市楠浦湾、栖本町から御所浦町、津名木町から八代市二見、姫戸町にかけての海域で確認された。これらの赤潮にはコクロデウムポリクリコイデスが混在していた。[p.3-10 図 3.1-9(1)] 小潮期調査の 6 月 28 日には、大潮調査期にみられた御所浦町のコクロデウムポリクリコイデス赤潮は終息していた。メデイウムルブルムやスケルトナ コスタムを主体とした赤潮は、大潮期調査から継続していた。[p.3-11 図 3.1-9(2)] なお、本調査期間中の赤潮による漁業被害はなかった。
海 域 流 況 ・ 水 質	八代海では潮汐流のうち M2 潮が卓越し、北部海域の流軸は概して南北の地形に沿った流れであるが、南部海域中央(st.28)では東西に傾いている。[p.3-14 図 3.2-2(1)] 大潮時に球磨川から流出した河川水は南方に流下し、その後、小潮時に南風の影響を受け北方に押し上げられ、再び大潮時に南下する様子が確認された。[p.3-19 図 3.2-3]。 表層塩分の水平分布をみると、球磨川河川水による低かん水は、大潮期では河口から南方の北部海域に、小潮期では北方の湾奥に分布の中心がある。[p.3-22, 23 図 3.2-4] 海水水質の鉛直分布をみると、水面下 2～5m 程度で変動が大きい [p.3-30～3-41 図 3.2-6～図 3.2-8]。 流速の断面分布をみると、上げ潮時、下げ潮時とも、深さ方向に対し、ほぼ一様に流れている。[巻末資料] 大潮期・小潮期とも、上げ潮時には南方から外海水が流入し、有明海方向に流出している。満潮時には南下流がみられはじめ、下げ潮時には有明海からの流入、外海への南下流出がみられる。干潮時には、北部水域は有明海に流出し、南部水域は南下する傾向がみられる [p.3-43 図 3.2-9 左]。八代海内の栄養塩等は、約 90% 程度が南方方向に外海へ流出し、約 10% 程度が有明海に流出している [p.3-43 図 3.2-9 右]。

表 4.2-2(2) 洪水期間(梅雨期)の調査結果概要

調査項目		結果の概要 [資料-5 参照]
海域プランクトン		植物プランクトンの種類数・現存量は、大潮期に少なく、小潮期に多かった。地点別には湾奥の調査点で多かった。[p.3-45 図3.3-1] 大潮期調査では河川水の影響下にあり、栄養塩(DINやD-PO₄-P)や珪藻の増殖に必要なケイ酸(SiO₂-Si)が湾奥を中心に豊富に存在した。それを利用して植物プランクトンが増殖し、小潮期調査では栄養塩が低く、特に湾奥でリンが枯渇していた。[p.3-45 図3.3-1] 動物プランクトンは、大潮期より小潮期の方が個体数が多く、植物プランクトンと同様の傾向であった。出現種についてみると、湾奥の地点では富栄養沿岸種であるオビセ - <i>Oithona davisae</i> の個体数が多かった。[p.3-48 図3.3-2]
洪水時の河川水質		降雨後の流量増加に対応して濁度・SSが高くなり、特に出水初期に高かった。SS中に占める有機物量(VSS)はわずかであった。[p.3-50 図3.4-1] BOD、COD、T-N、T-Pは流量増加に対応して濃度が増加していたが、S₁O₂-S₁は上流の多良木から下流の横石まで、ほぼ類似した値を示し、流量の変化に対し、濃度は安定していた。[p.3.4-2 図3.4-2]
球磨川河口周辺海域	干潟概況	干潟域の北側(St.A,B)では砂質で、コアマモ(St.A)、アマモ(St.B)が生育し、アマモ葉部にコウイカ類の卵塊が付着していた。南側(St.C)ではシルト混じり砂で、アマモ類はなく、アサリ稚貝が多数着底していた。[p.3-55 表3.5.1] 出水前後で表性生物の状況は基本的には大きな変化がなかった。[p.3-55 表3.5.1]
	柱状観察	柱状観察では、干潟域のSt.A,Bは砂質、St.Cはシルト混じり砂で、前面海域のうちSt.Fはシルト混じり砂、St.D,Hは砂混じりシルト、St.E,Gはシルトで、St.Gの下層は粘土であった。[p.3.5-1 図3.5-1] 浮泥厚は出水後、干潟域(St.A)でわずかに減少したが、干潟前面の水深5m以深(St.D,G)ではやや増加していた。[p.3-56 図3.5-1]
	底質分析	干潟域及び前面浅海域は砂質で有機物含有量は一様に低く、前面海域の水深がやや深いところでは砂泥質～泥質で有機物含有量が比較的高かった。また、上層と下層では大きな差がみられなかった。[p.3-59 図3.5-2] 出水後、干潟域のSt.Cでは砂質から砂泥質化し、同地先のSt.Gでは粒度組成に変化はないが、特に上層で硫化物や全有機炭素量(TOC)が高くなった。[p.3-59 図3.5-2]
	底生生物	全調査点を通じて102種類、1,236個体、50gが採集された。[p.3-61,62 表3.5-2] 種類数、個体数とも、干潟域や5m以浅の浅所で少なく、水深7～9mの泥底で多かった。球磨川河口は砂質干潟で種の多様性や現存量が低いことが明らかになった。[p.3-59 図3.5-2] 調査点間の類似性をみると、河口部(St.A,B)と干潟前面(St.D,G,H)でそれぞれ類似の群集型がみられた。[p.3-59 図3.5-2] しかし、優占種は調査点間でほとんど共通種はなかった。[p.3-61 表3.5-2(1)] 干潟RDB記載種として、マゴコロガイ、クシケマスオガイ、トリウミアカイソモドキが確認された。

5. 水質ボックスモデル<負荷収支の把握>

5.1 モデルの検討手順

(1)基本的考え方

本調査では以下の方針に従って八代海の水質を適切に評価する手法として水質ボックスモデルを選定し、検討を進めることとした。

- ・ 八代海域水質の効率的かつ総括的な実態把握。
- ・ 八代海域水質の変化要因の相互比較
- ・ 川辺川ダムと八代海の水質の関係を確認することが可能であること。

モデルの検討フローは図 5.1-1 に示す通りである。

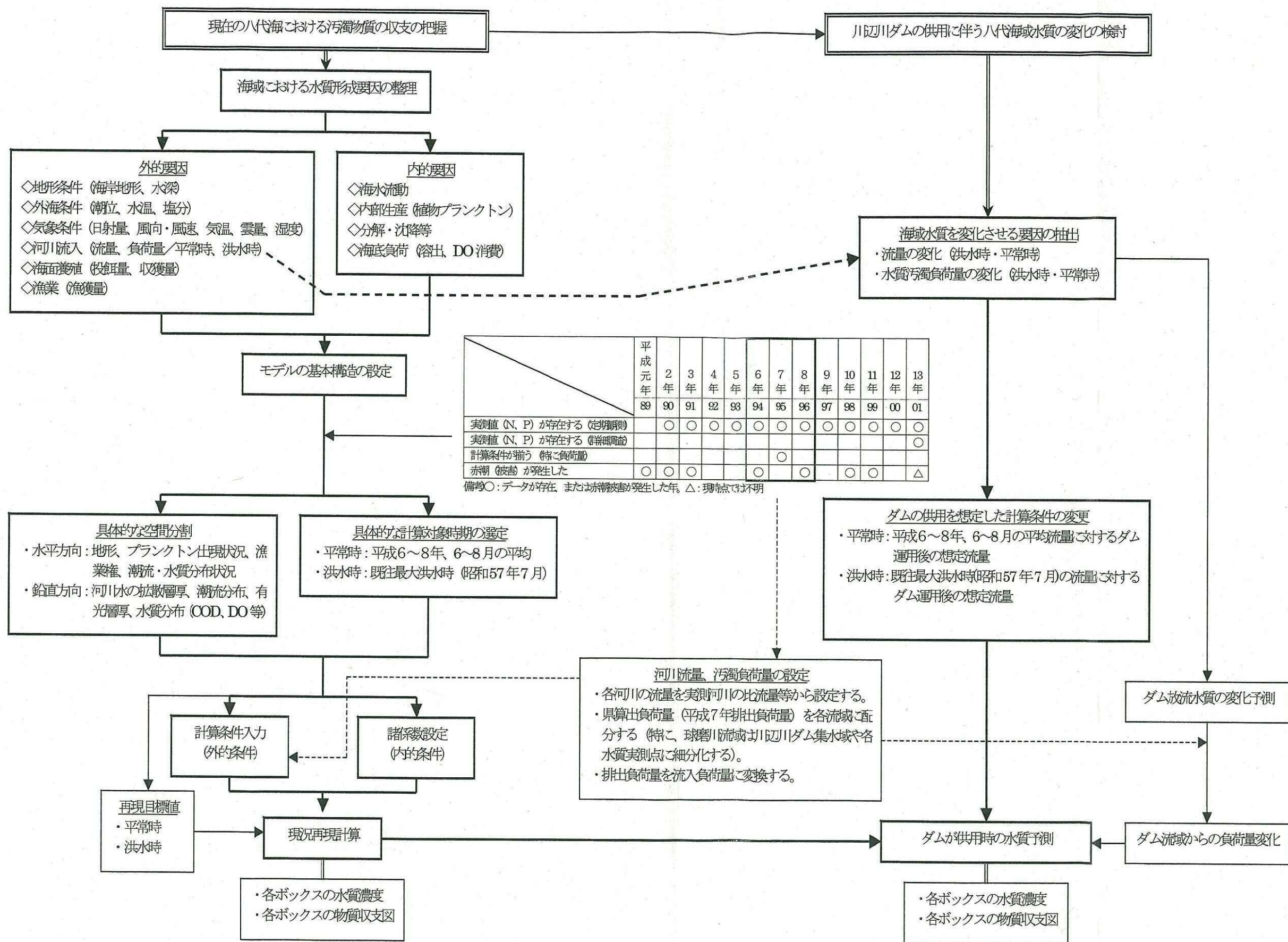


図5.1-1 モデルの検討フロー

(2)水質モデル

① モデルの基本構造

水質変化は、以下に示す水質構成要素と、これらを結ぶ矢印の水質変化過程を組み合わせ、対象海域の物質循環の収支を保つことにより表現することができる。

植物プランクトン：Chl. a、COD、O-N、O-P

デトリタス（生物遺体）：COD、O-N、O-P

溶存有機物：COD、O-N、O-P

栄養塩：I-N、I-P

魚：（外部条件として現存量を一定として与える）

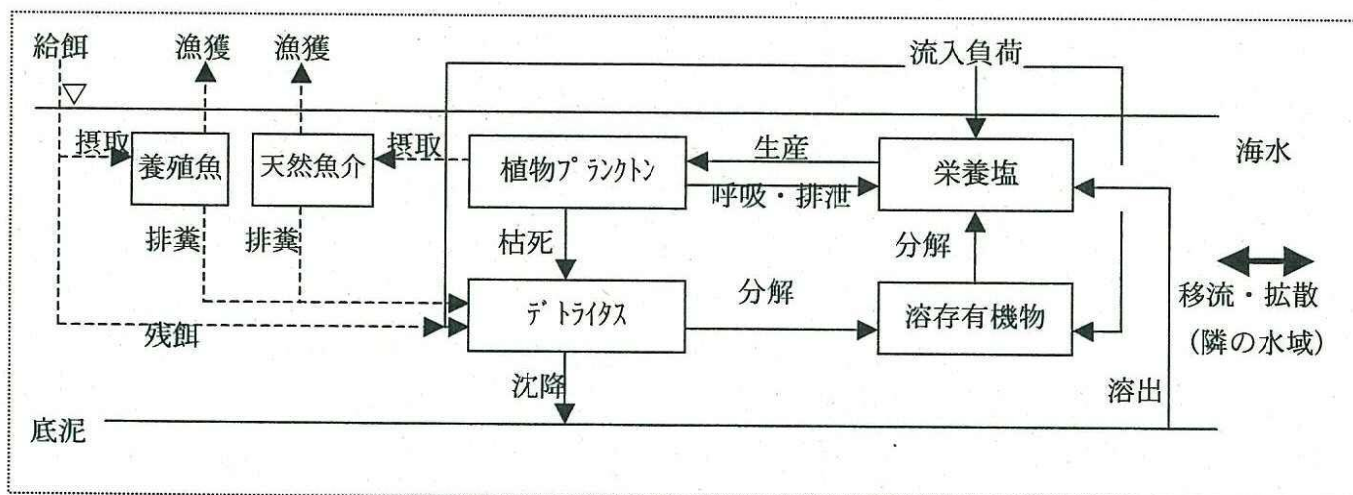


図 5.1-2 水質モデルの基本構造

② ボックスモデルの空間分割

ボックスモデルの空間分割は以下の概念図のように示される。

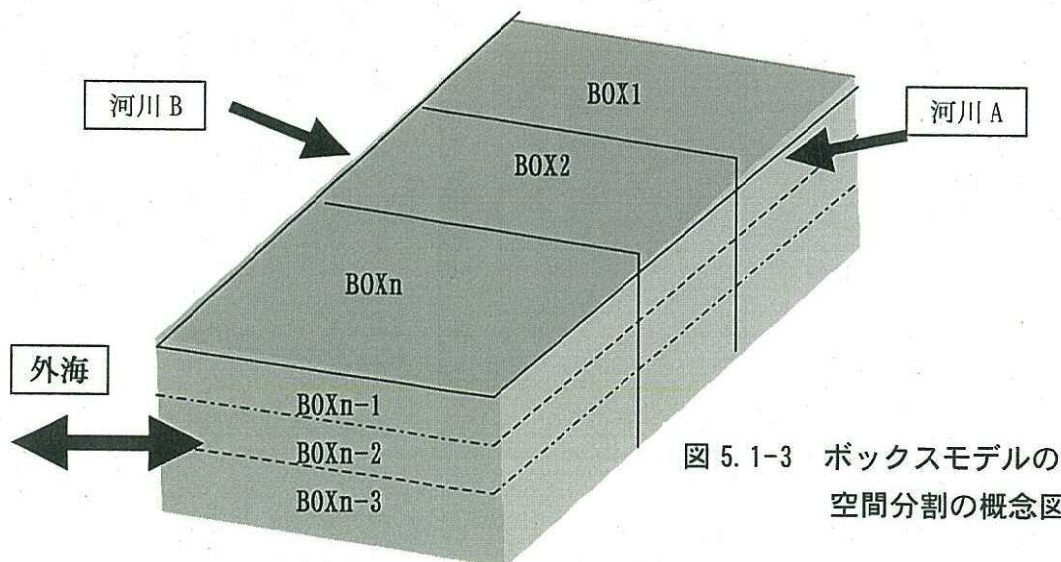


図 5.1-3 ボックスモデルの空間分割の概念図

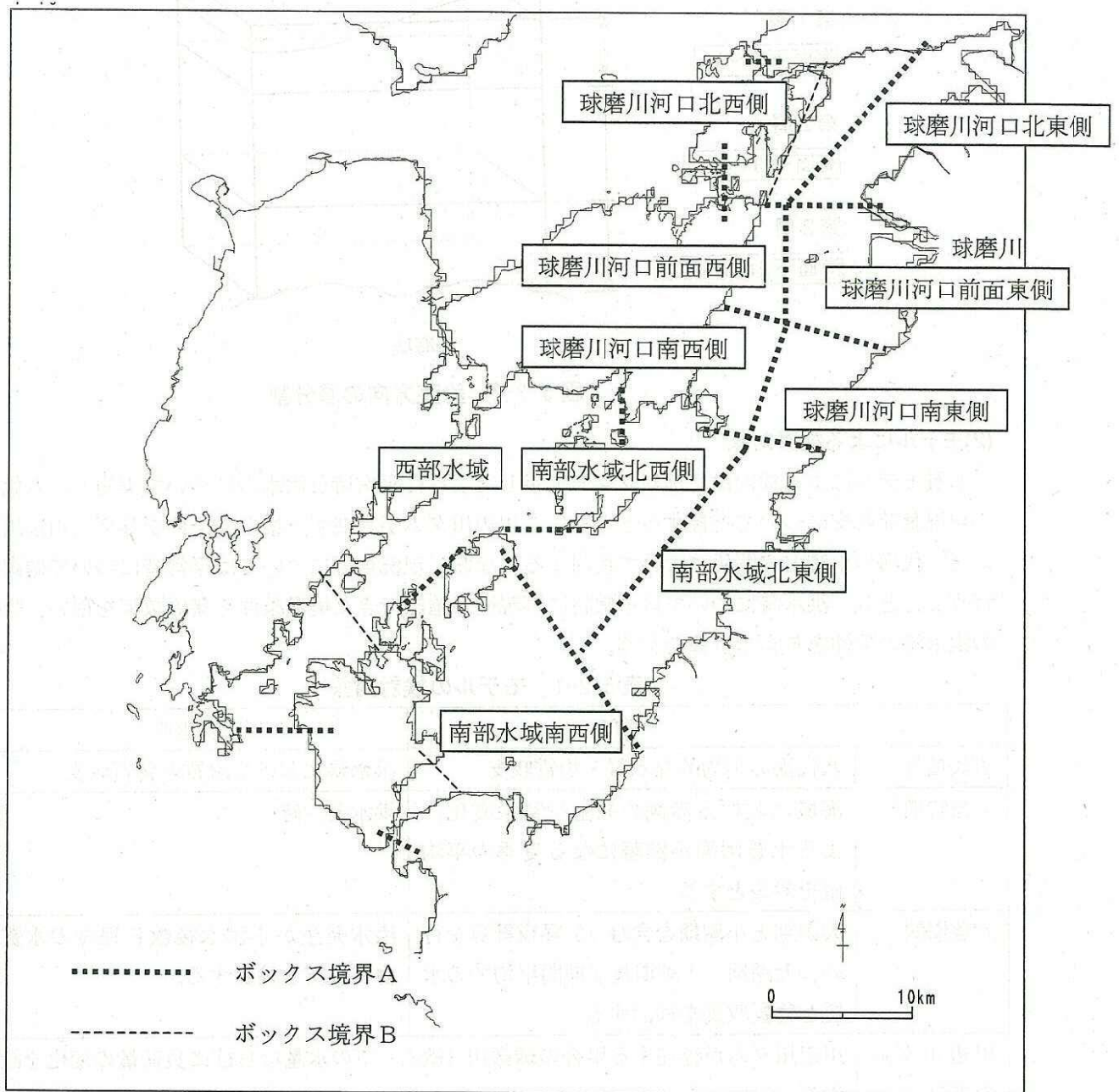
5.2 モデル設定の基本方針

(1)モデルの基本設定

水質モデルの基本設定は、既存資料の収集・整理状況を元に表 5. 2-1 に示す方針で設定する。

表 5. 2-1 水質モデルの基本設定

設定事項		判断に用いる情報		状況	参考資料	実施（案）
計 算 対 象 時 期	年	実測値（主にN、P） の存在	T-N、T-P の継続的・定期的な測定	◇公共用水域水質測定で昭和 63～平成元年度は 8 点、平成 2～5 年度は 15 点、平成 6 年度以降 24 点で実施。 ◇測定回数は H6 年度は 6～12 回、H7 年度は 6～8 回、H8 年度は 6 回（T-N、T-P） ◇測定層は表層（水面下 0.5m）で不変。	—	平成 6、7、8 年、を対象とする。
		計算条件 （特に負荷量）	最近、公に算定された値	◇熊本県は平成 7 年度実績値を基に算出。 ◇平成 12 年度、17 年度の見込み負荷量も算出。	—	
		水質悪化時期	公共用水域測定結果	◇経年的にはほぼ横ばい（経年変化図）。	図 2.2-2	
	月	水質悪化時期	公共用水域測定結果	◇平成 2 年度以降の被害発生件数は、平成 2 年度が 4 件、平成 8、10 年度が 2 件、平成 3、6、11 年度が 1 件であった。	図 4.1-1	
空 間 分 割	水 平 方 向	地形	海峡部等	◇樋島以北の 30m 以浅の比較的浅い北部水域と、樋島以南で御所浦島・獅子島等より東側の水深 30～40m を主とする南部水域、ならびに御所浦島・獅子島等の西側の 40m より深い部分の多い西部水域の計 3 水域区分される。	図 4.1-3	球磨川河口北東側 球磨川河口北西側 球磨川河口前面東側 球磨川河口前面西側 球磨川河口南東側 球磨川河口南西側 南部水域北東側 南部水域北西側 南部水域南西側(鹿児島県水域) 西部水域 の 10 ブロック (図 5.2-1)
			主要河川流入位置	◇八代海集水域の 57%を占める球磨川が北部水域に流入し、氷川（同 7%）、米ノ津川（同 6%）水俣川（同 4%）がそれぞれ北部海域、南部海域、南部海域に流入する。	図 1.1-1	
		潮流・水質	類型指定区分	◇北部、中部、南部の 3 類型（県資料）。	図 4.1-4	
			断面通過量の測定値	◇八代海域内の ADCP 観測ラインで 4 水域に区分可能。	図 3.1-1	
		プランクトン	吉田・弘田（1994）	◇平成 5 年の動物プランクトンの優占種の分布域から 5 水域に区分される。	図 4.1-5	
		漁業	漁場	◇主な漁場は以下のとおり。 ・北部水域の球磨川河口以北ではアサリ、カニ、バイ等 ・北部水域の球磨川河口以南はタチウオ等 ・北部水域の球磨川河口以南から南部水域北東部にかけてクルマエビ等 ・南部水域中央部でコウイカ、タコ等 ・西部水域北部でクルマエビ、ヨシエビ等 ・西部水域でマダイ、アジ、トラフグ等	図 4.1-6	
	漁業権		◇岸から沖合 2～5km にかけて共同漁業権が設定されている。 ◇北部水域の浅海域に貝類、のり養殖等の区画漁業権が設定されている。	図 4.1-7		
	鉛 直 方 向	河川水の拡散層厚	本年 6 月の現地調査（大潮期・小潮期）	◇塩分の断面分布をみると、低塩分層は海水表層 3～5m 程度 ◇塩分は海面下 0～3m にかけてほぼ様な値を示しており、それ以深では次第に塩分は増加し、10m から海底までは、ほぼ様な値を示している。	図 3.2-5	表層（海面下 0～3m） 中層（海面下 3～10m） 下層（海面下 10m～海底） (図 5.2-2)
		潮流	同上（ADCP 測定結果）	◇上げ潮時および下げ潮時の流向は、鉛直方向に一樣となっていた。また、転流時には海底地形の影響を受けていることが伺われる。	巻末資料 付図 3.2-8	
		有光層厚	浅海定線調査	◇透明度は 1.6～10.5m であり、有光層厚は透明度の約 2 倍と仮定して、おおよそ 3～20m と考えられる。	図 4.1-8	
漁 獲 の 取 扱	養 殖	残餌量	養殖による収穫量と養殖原単位	◇養殖による収穫量は年間統計値。 ◇原単位は県採用値。	巻末資料	養殖による収穫量を基に、残餌量を推定。
	天 然	漁獲量	—	◇以下の仮定を設けて水質モデルに組み込む。 ・漁獲量ならびに総資源量は一定で、八代海域内の生態系ピラミッドは安定しているとする。 ・漁獲された天然魚の生長量は、全て八代海域内の低次生産者で賄われているとする。 ・水質分析の対象とならない高次捕食者の関与する水質変化過程は、植物プランクトンからデトリタスへの枯死に集約する。	—	漁獲量相当の物質量を一定速度で引き抜く。
出力情報		モデルの検証（再現性）	濃度レベル	◇継続的・定期的に水質測定している環境基準点の実測値との比較。	本資料 図 5.2-3	現況再現比較図
		水質変化要因の比較	物質循環量	◇水質変化過程に係る物質循環量の表示。	本資料 図 5.2-4	物質収支図



備考) ボックス境界Bはボックス間流量を現地調査と比較するための ADCP 測線に対応したラインであり、物質収支を評価するボックス区分はボックス境界Aで分割した範囲で行う。

図 5.2-1 水平方向のボックス分割

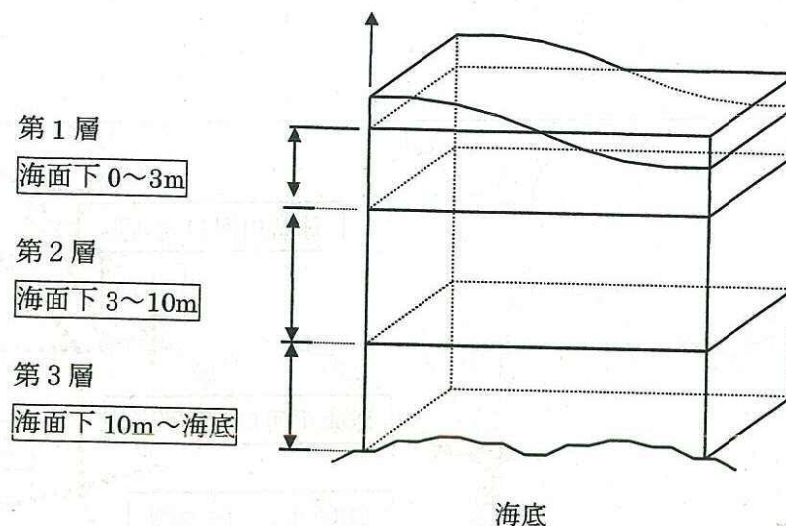


図 5.2-2 鉛直方向の層分割

(2)モデルによる検討対象

水質モデルによる検討は、検討フローに示したように平常時と洪水時について実施し、八代海の現況負荷収支について把握するとともに、川辺川ダムが存在する場合の条件を与え、川辺川ダムと八代海の水質との関係について検討する。なお、現況再現については平常時について確認を行うこととし、洪水時については平常時に再現性が確認できた境界条件や諸係数等を用い、既往の洪水時の条件を与えて計算を行う。

表 5.2-1 モデルの検討対象

	平常時	洪水時
対象項目	八代海の平均的な水質・物質収支	洪水時における水質と物質収支
対象時期	海域における赤潮の発生や富栄養化による水質汚濁が顕著になる夏季の平均値を対象とする。	洪水発生時
対象期間	大潮期と小潮期を含む 15 昼夜計算を行い、大潮期、小潮期及び期間平均での水質と物質収支を検討する。	洪水発生から洪水後数日程度の水質と物質収支を検討する。
川辺川ダムの表現	川辺川ダムが存在する場合の球磨川（横石）での水量ならびに負荷量の変化を設定する。	

(3)モデルの再現と物質収支の出力

水質モデルの再現性については、公共用水域水質測定調査等により測定された全窒素・全リン等の濃度から、ボックス毎に濃度の出現範囲の最大、最小、平均値を求めて、図 5.2-3 に示すように計算値と比較する。

また、計算結果から図 5.2-4 に示すような窒素・リン、COD の収支図を作成し、八代海域の現況負荷量の収支を示す。

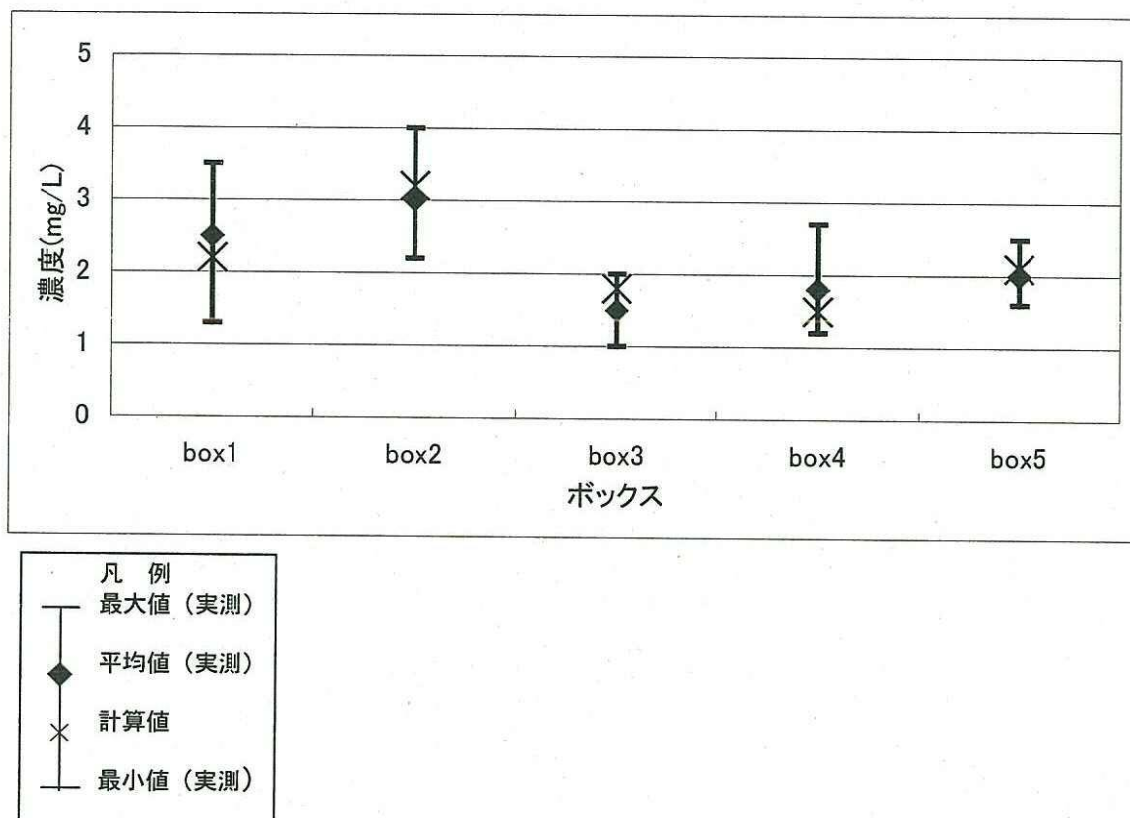


図 5.2-3 水質の再現イメージ図

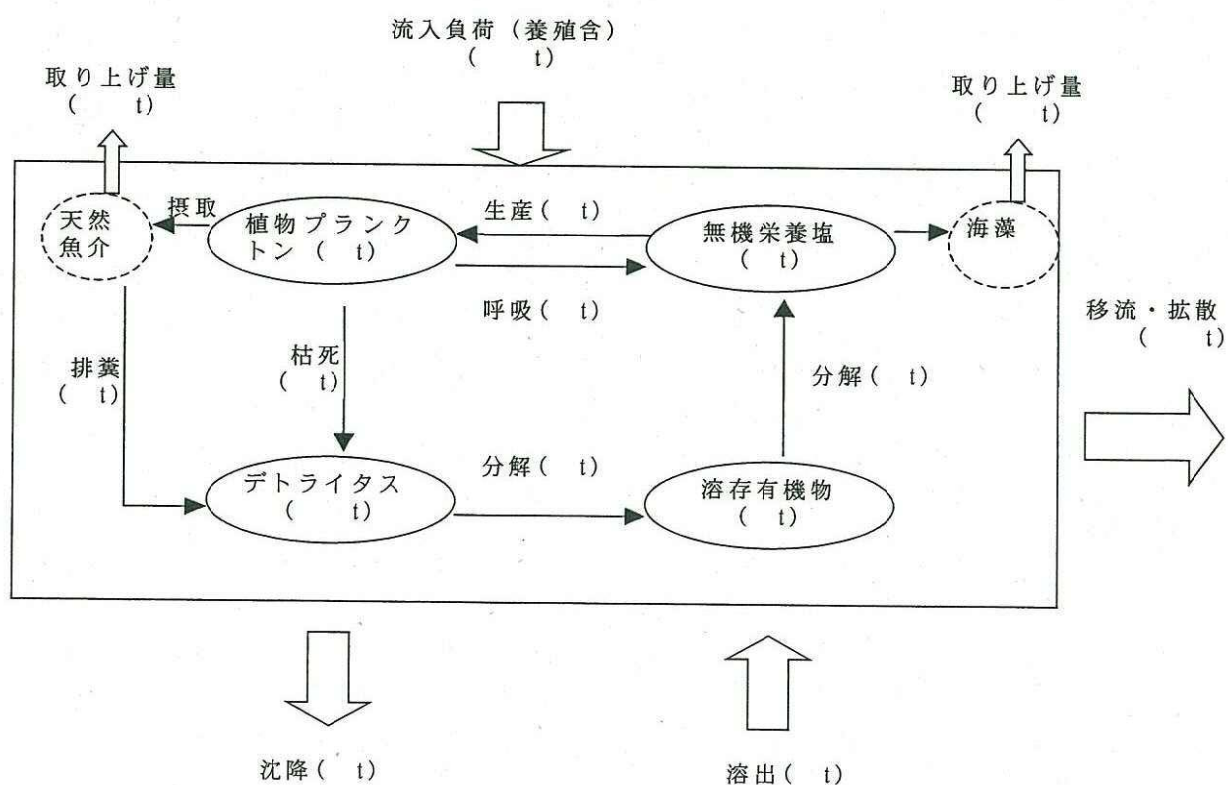


図 5.2-4 物質収支図例

5.3 計算条件の設定

(1)基本事項の設定

前述したモデルの基本設定に従い、計算条件は表 5.3.1 に示すように設定する。

平常時については平成 6～8 年夏季(6～8 月)の平均値を対象に計算を実施し、現況負荷収支等の整理を行う。洪水時については、平常時で設定した外海水質・諸係数等の条件のもとで球磨川の既往最大洪水が観測された昭和 57 年 7 月の河川流量やその時期の潮位の条件を設定し、八代海での河川水の拡散状況や負荷収支等について整理を行う。

表 5.3-1 計算条件

	平常時		洪水時	
	与え方等	設定方法	与え方	設定方法
計算対象時期と期間	平成 6～8 年の夏季(6～8 月)平均値	一定値	昭和 57 年 7 月の球磨川の洪水時	日平均値
外海潮位	開境界周辺の潮位観測所(三角,阿久根,富岡,牛深,須川)の主要 4 分潮の潮汐調和定数を用いて計算対象時期の大潮と小潮を含む約 15 日間の推算潮位を与える。潮位は平成 7 年夏季の推算値を与える。 (図 5.3-1)	毎時値	開境界周辺の潮位観測所(三角,阿久根,富岡,牛深,須川)の潮汐調和定数を用いて平常時と同様に昭和 57 年 7 月の推算潮位の時間変化で与える。	毎時値
外海水質	●水温・塩分は熊本県実施の浅海定線(有明海)調査及び沿岸定線調査の平成 6～8 年,6～8 月の平均値をもとに、層毎に一定値を設定する。 ●COD、N、P は長崎県、鹿児島県実施の公共用水域水質測定調査結果ならびに平成 13 年 6 月実施の水質調査結果をもとに一定値を設定する。 (図 5.3-2)	一定値	平常時での設定値を用いる。	一定値
気象条件	風速、気温は八代のアメダスデータ、日射量、雲量、湿度については熊本地方気象台の観測値から、平成 6～8 年,6～8 月の平均値を与える。	一定値	八代及び熊本の観測値から、昭和 57 年 7 月の値を与える。	毎日値
河川流量	●実測値のある球磨川は横石、氷川は立神の平成 6～8 年,6～8 月の実測流量の平均値を設定する。 ●実測値のない河川は、球磨川との流域面積比から設定する。	一定値	●球磨川は昭和 57 年 7 月の実測流量を与える ●その他の河川は、平常時に設定した球磨川との流量比より設定する。	毎日値
流入負荷量	●球磨川及び氷川は平成 6～8 年,6～8 月の実測流量と実測水質の積より設定する。 ●その他の河川については、熊本県ならびに鹿児島県算定の排出負荷量を基に、流達率を勘案して設定する。流達率は、実測値のある河川の実測負荷量と県算出の排出負荷量を基に設定。	一定値	●球磨川は平成 13 年 6 月実施現地調査から L-Q 式を作成し、毎日の負荷量を計算する。 ●その他の河川は球磨川との負荷量比をもとに設定する。	毎日値
養殖負荷量	熊本県、鹿児島県が投餌量と収獲量との差から設定された単位収獲量当たりの残餌等の原単位を用い、平成 6～8 年の収獲量相当の養殖負荷量を求め、これを日平均値に換算する。	一定値	平常時での設定値を用いる。	一定値
溶出負荷量	実測値が無いことから、他水域の測定事例、ならびに熊本県が実施した八代海の底質調査結果を参考に設定する。	一定値	平常時での設定値を用いる。	一定値
再現目標値 (比較検討する実測値)	流れ:既存の観測値による代表的な流況パターン 水質:対象時期の公共用水域水質測定による T-N,T-P 濃度	—	—	—
諸係数等	既存文献・資料ならびに平成 13 年 6 月の現地調査結果をもとに設定する。(表 5.3-2)	一定値	平常時での設定値を用いる。	一定値
川辺川ダム地点の水質 変化量の球磨川河口水 質条件への伝達方法	別途実施された川辺川ダムに関する水温・水質予測結果から、ダムの有無によるダム下流地点で平成 6～8 年,6～8 月平均での流量・負荷量の差を求め、ダム存在時にはその差分を球磨川からの現況流量・負荷量に加える。	一定値	別途実施された川辺川ダムに関する水温・水質予測結果から、ダムの有無によるダム下流地点で昭和 57 年 7 月の流量・負荷量の差を算定し、ダム存在時にはその差分を球磨川からの現況流量・負荷量に加える。	毎日値

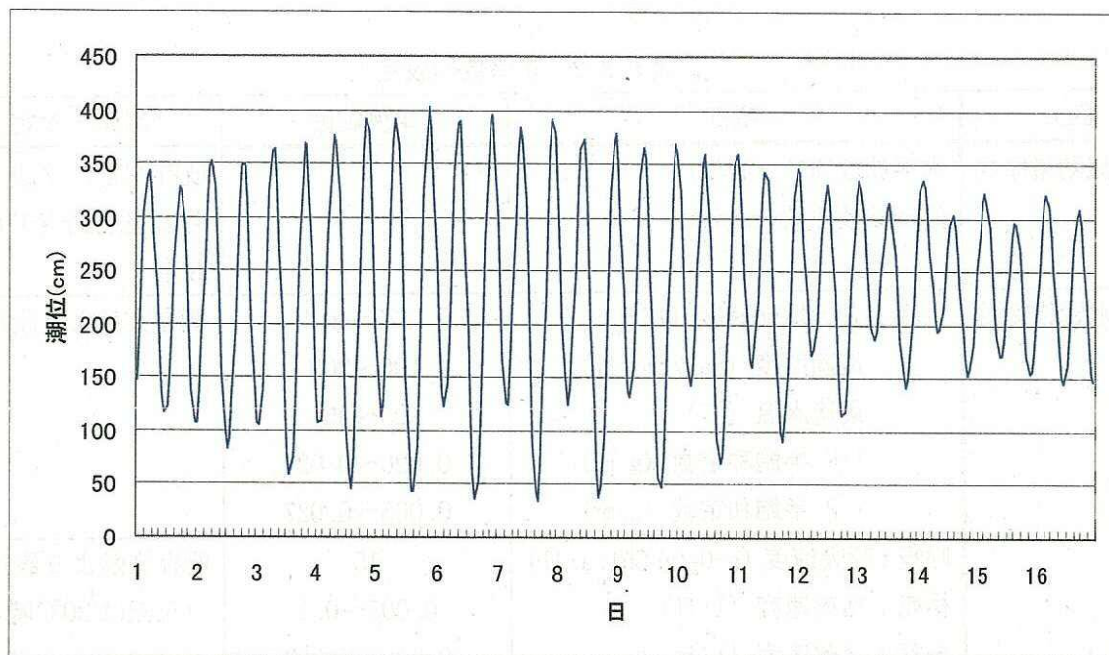


図 5.3-1 外海潮位条件の時間変化 (イメージ)

【月 1 回の水温実測値 (表層)】

	6 月	7 月	8 月
平成 6 年	19.2	23.0	26.3
平成 7 年	20.2	23.9	24.3
平成 8 年	21.1	22.3	25.6

平均



22.9

【月 1 回の塩分実測値 (表層)】

	6 月	7 月	8 月
平成 6 年	33.4	32.9	34.2
平成 7 年	33.8	31.4	32.9
平成 8 年	33.8	32.6	33.3

平均



33.1

図 5.3-2 境界水質の設定例

表 5.3-2 諸係数の設定

区分		項目	事例範囲	出典・設定方法
内 部 諸 係 数	流動諸係数	水平拡散係数(cm^2/s)	—	既存文献、平成 13 年 6 月の現地調査等をもとに設定
		鉛直拡散係数(cm^2/s)		
	水質諸係数	生産：最大増殖速度 (1/日)	1.27～2.4	既存文献より設定
		最適照度 ($\text{cal}/\text{cm}^2/\text{日}$)	100～200	
		最適水温 ($^{\circ}\text{C}$)	25～35	
		I-N 半飽和定数 (g/m^3)	0.020～0.024	
		I-P 半飽和定数 (g/m^3)	0.003～0.027	既存文献より設定 (左記は 20°C 時の値)
		呼吸：呼吸速度 ($\text{g-O}_2/\text{g-Chl. a}/\text{日}$)	15	
		枯死：枯死速度 (1/日)	0.005～0.1	
		分解：分解速度 (1/日)	0.018～0.053	
		沈降：沈降速度 ($\text{m}/\text{日}$)	0.03～2.46	
		換算比 ($\text{g-COD}/\text{g-Chl. a}$ 等)	—	平成 13 年 6 月現地調査結果より設定

(2)川辺川ダム供用時の水質予測条件の設定

八代海の水質と川辺川ダムの関係を確認するために、川辺川ダム供用時の予測を実施するにあたっては、国土交通省が別途実施した川辺川ダムの水質予測結果を用いる。

①川辺川ダム水質予測モデルの概要

川辺川ダムの予測では、貯水池内及び放流水について、富栄養化現象を考慮した生態系モデル（二次元モデル）により水質変化予測を行っている。

この予測結果から、ダムへの流入水質と放流水質との比較を行い、川辺川ダムと八代海域環境との関係確認を行うものである。

②川辺川ダムの供用時の球磨川水量・水質の設定方法

八代海の水質予測では、川辺川ダムの供用時の流量、水質の変化を球磨川下流（横石地点）の流量等の変化として設定する。つまり、川辺川ダム供用時の流量、水質の変化が球磨川下流にどのように伝達されるかを何らかの方法により推定する必要がある。

ここでは、川辺川ダム供用時の水質（水温）変化を球磨川河口の水質（水温）に反映させる方法として、以下の仮定により設定する。

- 「将来」は現況（本シミュレーションでの現況再現時の条件）に川辺川ダムの寄与のみを考慮した場合とする。
- 川辺川以外の支流を含む球磨川の流量・水質条件は現況・将来とも同じとする。
- 球磨川全体に対する川辺川からの流量・負荷量の寄与は、柳瀬地点と横石地点における流量、水質とから算定し、川辺川ダム供用時の流量・負荷量の変化は、そのまま柳瀬地点の変化量とする。
- 川辺川ダム下流地点（柳瀬）の水質変化によるインパクトは球磨川本線との合流による希釈のみを考慮する。水温も水質と同様に扱う。

上記の考え方をまとめると、以下の式で示すことができる。

球磨川本川と川辺川以外の支流を含む現況総流量とその水質： Q_0 , C_0

球磨川河口（横石）と川辺川下流（柳瀬）の現況流量と水質： Q , C , Q_k , C_k

球磨川本川の将来流量と水質：現況と同じとする。

球磨川河口と川辺川下流（柳瀬）の将来流量と水質： Q' , C' , Q_k' , C_k'

とすると、球磨川河口の流量及び水質は以下のように示される。

$$Q = Q_0 + Q_k$$

$$Q' = Q_0 + Q_k'$$

$$C = \frac{Q_0 C_0 + Q_k C_k}{Q}$$

$$C' = \frac{Q_0 C_0 + Q_k' C_k'}{Q'}$$

ここで、実測値として把握できているのは河口流量と水質（横石地点を想定） Q 、 C と川辺川流量と水質 Q_k 、 C_k のため、

$$Q_o = Q - Q_k$$

$$C_o = \frac{QC - Q_k C_k}{Q - Q_k}$$

とすれば、川辺川ダム供用時の球磨川河口の流量及び水質は以下のように計算できる。

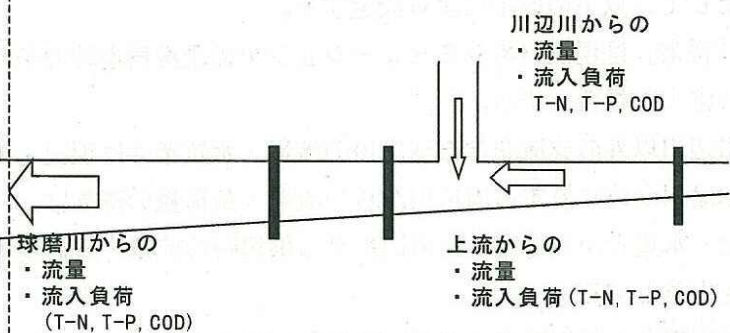
$$Q' = Q + (Q_k' - Q_k)$$

$$C' = \frac{QC + (Q_k' C_k' - Q_k C_k)}{Q + (Q_k' - Q_k)}$$

[計算対象範囲]

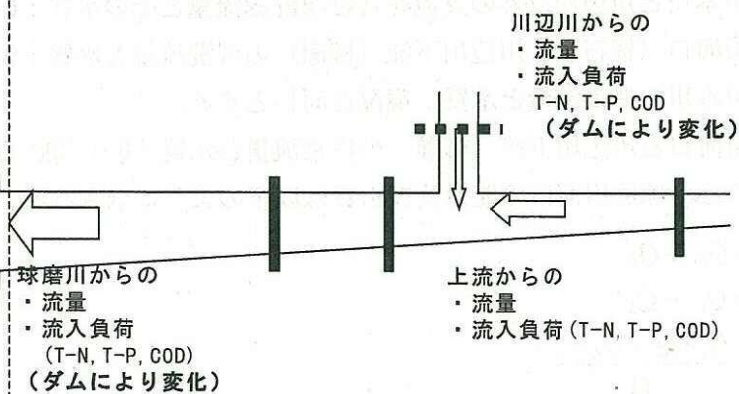
八代海
現況海域水質濃度
T-N, T-P, COD

現況（川辺川ダムなし）の場合の条件設定



将来（川辺川ダムあり）の場合の条件設定

八代海
将来海域水質濃度
T-N, T-P, COD



凡 例
 既設ダム（市房、瀬戸石、荒瀬）
 川辺川ダム

図 5.3-3 川辺川ダムによる予測条件の変化

<参考> 用語の解説

水質項目

水温

水の状態を知る最も基本的な特性量となる。単位は℃。

塩分

正確な定義ではないが、海水の塩分は海水 1kg 中に溶解している固形物質の全量に相当している。一般的には、実用塩分と呼ばれる海水の電気伝導度を測定して塩分に換算した値を用いており、単位はない。水温と同様海水の状態を表す最も基本的な特性量であり、河川水の広がりや、外海水との交換状況を表す指標などとなる。

濁度

水中の濁りの度合いを示すものであり、粘土のような水に溶けない細かい物質が存在すると濁りを生じる。浮遊土砂の流動を示す指標などになる。

Chl. a (クロロフィル a)

植物プランクトンがもつ光合成色素の一つである。クロロフィル a は全ての光合成植物に存在するため、水中の植物プランクトン現存量の指標となる。単位は $\mu\text{g/L}$ などが用いられる。

pH (水素イオン濃度)

水の酸性・アルカリ性の尺度となる。中性では $\text{pH}=7$ であり、酸性ではこれより小さく、アルカリ性では大きい値となる。

DO (Dissolved oxygen、溶存酸素濃度)

水中に溶けている酸素の濃度である。単位は mg/L 、 mL/L などが用いられる。植物プランクトンによる光合成等で濃度が高まり、バクテリア等による有機物の分解時に酸素が消費されて濃度が低下する。溶存酸素濃度が低下しすぎる（貧酸素化する）と、水生生物に大きな被害をもたらす。水中に溶解できる酸素濃度は水温・塩分により変化するので、酸素飽和度（％）で示されることもある。

SS (Suspended Solid、浮遊物質質量)

水中に懸濁している不溶解性の粒子状物質質量のことで、有機物・無機物の両者が含まれる。一般に、清澄な河川では粘土分が主体であるが、汚濁が進んだ河川では有機物の比率が高く、湖沼や海域ではプランクトンとその遺骸が多くなる。

VSS (Volatile Suspended Solid)

SS の強熱減量であり、水中の微生物（有機性浮遊物）量の指標となる。強熱減量とは、試料を蒸発乾固したときに残る物質をさらに灰化したときに揮散する物質質量のことである。

COD (Chemical Oxygen Demand、化学的酸素要求量)

海水や湖沼の有機汚濁物質等による汚れの度合いを示す。水中の有機物等汚染源となる物質を、酸化剤で酸化するときに消費される酸素量 mg/L で表したものであり、数値が高いほど水中の汚染物質の量も多いことを示す。海域および湖沼の環境基準が設定されている。

D・COD (溶解性 COD)

一般にフィルターで濾過後の成分を溶解性という。濾過することにより、藻類、懸濁粒子等は除去されるため、D・COD はそれらによらない溶存性の汚染物質量の指標となる。

BOD (Biochemical Oxygen Demand、生物化学的酸素要求量)

河川の水の中や工場排水中の汚染物質（有機物）が微生物によって無機化あるいはガス化されるときに必要な酸素量のことである。単位は一般的に mg/L で表す。この数値が大きくなれば、その河川などの水中には汚染物質（有機物）が多く水質が汚濁していることを意味する。河川の環境基準が設定されている。

栄養塩

植物プランクトンや海藻などの植物体を形成し、増殖に必要な物質のうち、ケイ素、リン、窒素の無機塩類、すなわち、ケイ酸、リン酸、硝酸、亜硝酸、アンモニウムのイオンを総称して栄養塩という。そのため、栄養塩が多いと植物プランクトンが増殖しやすく、富栄養化の指標となる。

NH₄-N (アンモニウム態窒素)

アンモニウム態窒素は、主としてし尿や家庭下水中の有機物の分解や工場排水に起因するもので、それらによる水質汚染の有力な指標となる。アンモニウム態窒素が検出されるということは、汚染されてから間もないか、有機汚濁の程度が大きいために溶存酸素が欠乏していることを示す。

NO₂-N (亜硝酸態窒素)

亜硝酸態窒素は、主にアンモニウム態窒素の酸化によって生じるが、きわめて不安定な物質で、好氣的（溶存酸素濃度が高い）環境では硝酸態窒素に、嫌氣的（溶存酸素濃度が低い）環境ではアンモニウム態窒素に、速やかに変化する。したがって、亜硝酸態窒素を検出するということは、やはりし尿や下水による汚染を受けてから間もないことを示す。

NO₃-N (硝酸態窒素)

種々の窒素化合物が酸化されて生じた最終生成物で、自然の浄化機能の範囲では最も浄化が進んで安定した状態といえるが、他の無機態窒素と同様に富栄養化の直接原因となる。

I-N (溶存態無機窒素)

水中に溶存して存在する無機態窒素の総量で、NH₄-N、NO₂-N、NO₃-N の合計値。

O-N (有機態窒素)

水中に存在する有機態窒素の総量である。

T-N (総窒素)

水中（または底泥中）の窒素の総量であり、アンモニウム態窒素等の無機態窒素と有機

態窒素の合計としても表される。富栄養化の指標としてよく使われる。

PO₄-P (リン酸態リン)

リン酸態リンは無機態窒素と同様に富栄養化の直接原因となる。その起源は、自然的負荷によるものはごくわずかであり、ほとんどが農薬、肥料、家庭排水、工場排水といった人為的負荷である。近年、家庭用洗剤が無リン化されたことにより、低濃度となっている。

D・PO₄-P (溶解性リン酸態リン)

一般にフィルターで濾過後の成分を溶解性という。植物プランクトンが利用できるリンは、溶解性のリンである。PO₄-P と D・PO₄-P との差が、吸着して粒子状になっている量である。

I-P (溶存態無機リン)

水中に溶存して存在する無機態リンの総量であり、ここでは D・PO₄-P を I-P とする。

O-P (有機態リン)

水中に存在する有機態リンの総量である。

T-P (総リン)

水中（または底泥中）のリンの総量であり、全てのリン化合物を酸化剤で分解して定量したもの。富栄養化の指標としてよく使われる。

SiO₂-Si (ケイ酸態ケイ素)

ケイ酸は代表的な植物プランクトンである珪藻類の主成分なので、その濃度は珪藻類の消長を知る一つの手がかりとなる。

底質項目

粒度組成

土壌を構成している大小の粒子の混じり具合（重量百分率）を示したもので、底生動物の生息基盤となる。

粒子の大きさは、大きくは礫・砂・シルト・粘土に区分され、さらに細分類される。指標値としては、中央粒径、泥分率など。

単位体積重量

単位体積あたりの泥の湿潤重量。 g/cm^3 、 kg/cm^3 などで表される。

含水率

土壌に含まれる水分重量を湿土重量に対する百分率で表したものの。水分重量は一般に湿土を 105°C で乾燥した減量とする。

TOC (Total Organic Carbon、全有機態炭素量)

底生動物の餌環境（有機物量）の指標となる。

底泥中に含まれている有機物を炭素量で表したもので、炭素は有機物の主要成分であるため、有機物質の直接的な指標となる。底泥中の炭素は有機物のほかに溶存二酸化炭素や炭酸塩などの無機態炭素としても存在しているため、これらを除去してから測定する。

T-N（総窒素）、T-P（総リン）

水質項目に同じである。

硫化物

底生動物の生息阻害物質の指標となる。硫化物は生物の成長や生息に害作用を及ぼし、「水産用水基準」では $0.2\text{mg}/\text{gDW}$ 以下の基準値が設定されている。

水底の堆積有機物は嫌気的環境下において有機酸が生成され、この有機酸を水素供与体として、硫酸還元細菌が硫化水素を生成する。したがって、硫化水素の存在が底層水の貧酸素化の指標にもなる。硫化物の生成は、①高い有機負荷、②底層水の停滞や鉛直混合の停止、③分解速度を速める高水温が基本的な原因と考えられる。

赤潮

赤潮

プランクトンの大増殖に伴い水面が変色する現象で、動物プランクトンによる赤潮もみられるが、植物プランクトンによるものが多くを占める。

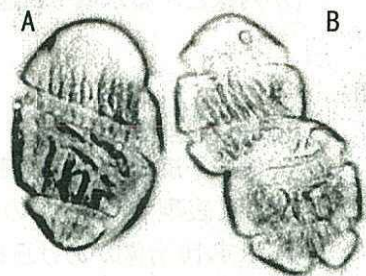
植物プランクトンによる赤潮のなかで、珪藻類による赤潮は魚介類に被害を与えることは無いが、冬に発生した場合はノリの色落ちをまねく場合がある。渦鞭毛藻類・ラフト藻類による赤潮は、ときに魚類等に大被害を与える場合があり、八代海では、渦鞭毛藻類のゴロイウムポリクリコイデス *Cochlodinium polykrikoides*、ギムデイウムブレイ *Gymnodinium breve*、ギムデイウムミキモイ *G. mikimotoi*、ラフト藻類のヘテロシグマアカシホ *Heterosigma akashiwo*、シャットネラアンティカ *Chattonella antiqua* が主な漁業被害種として挙げられる。

ゴロイウムポリクリコイデス *Cochlodinium polykrikoides*

(分類) 渦鞭毛藻綱ギムデイウム目ギムデイウム科

(形態) 単独遊泳状態の細胞(写真 A)は長さ 30~40 μm 、幅 20~30 μm 楕円体状で、連鎖群体(写真 B)は通常 8 個以下の細胞からなる。

(分布) わが国では中部~西日本沿岸域に広い分布域を有しており、九州西岸域では魚類斃死をもたらす有害赤潮を形成する。



シャットネラアンティカ *Chattonella antiqua*

(分類) ラフト藻綱ラフトモス目バキュラリア科

(形態) 体は黄褐色の単細胞で(写真 C)、長さ 50~130 μm 、幅 30~50 μm で後端が尾状に尖る紡錘形である。

(分布) 愛知県三河湾から山口県沖周防灘に至る西日本で知られており、春~秋にかけて内湾で大規模赤潮を形成する。



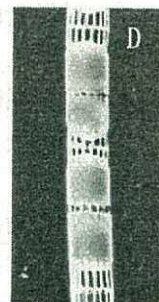
スケルトネラ コスタツム *Skeletonema costatum*

(分類) 珪藻綱円心目コスキディウス亜目タシオニラ科

(形態) 多数の細胞が連結しており、群体をつくる(写真 D)。群体末端の蓋殻は円形で、直径は 6~22 μm である。

(分布) 日本各地の沿岸や汽水域で繁殖し、多くの河口域で顕著な赤潮を形成する。

(その他) 本種を含む珪藻類は、珪酸質の殻を持っており、増殖には窒素・リンの他に珪酸塩が必要不可欠となる。



その他

クラスター分析

クラスター分析とは、集団の標本について各々の標本が持つ特性値から求めた類似関係に基づき、標本をグループ（クラスター）に分類する手法である。資料-5 の 3-70 ページでは、「標本」は調査点、「特性値」は調査点ごとのデータ（底生生物の個体数）に相当する。

クラスター分析によって求めた類似関係を図（デンドログラム）に示し、調査点間の類似度を検討した。図の縦軸は調査点間あるいはクラスター間の類似関係を表しており、1 に近いほど類似度は高いと判断できる。

流達率

発生源から排出された汚濁物質は、対象とする水域（ここでは八代海）に流入するまでには、水の移動にともない、自然的・人為的な種々の経路をたどって到達する。汚濁物質が対象とする水域へ到達する割合を流達率といい、流入負荷量と排出負荷量の比で計算される。

分潮（潮汐、潮流）

潮の干満は主として月と太陽の引力効果によって生じ、その変動は様々な周期変動の和として表現できる。この個々の周期変動を分潮といい、主なものとしては資料-5、表 3. 2-1 に示す 10 分潮があげられる。さらに、変動の振幅（潮位または流速）が大きく、実用上重要なものは、 K_1 （日月合成日周潮）、 O_1 （主太陰日周潮）、 M_2 （主太陰半日周潮）、 S_2 （主太陽半日周潮）の 4 分潮であり、主要 4 分潮とも呼ばれる。

ボックスモデル

海域水質等を予測するために用いられるシミュレーションモデルの 1 つである。

対象海域を比較的明確な境界で 1 つまたは複数の区域（ボックス）に分割し、ボックス間の海水や物質の移動量を計算するモデルである。

水平拡散係数、鉛直拡散係数

拡散とは、物質の濃度や温度が一樣でないときに一樣になろうとして物質や熱が移動していくことである。一般に移動量は濃度勾配に比例するというフィックの法則に従い、その比例係数を拡散係数という。海洋では水そのものが運動して混合し拡散していく効果が重要となる場合が多い。

最大増殖速度、最適照度、最適水温

植物プランクトンは光合成により増殖するが、その増殖の速度は、照度（日射量）、水温、栄養塩濃度等により変化する。通常、植物プランクトンの増殖速度が最大（最大増殖速度）となる時の光の強さ及び水温が最適照度、最適水温であり、この条件はプランクトンの種類により異なる。

半飽和濃度

植物プランクトンの増殖速度は、水中の栄養塩濃度が増えるほど高くなるが、最大増殖速度に達すると、栄養塩濃度が増えても増殖速度は変化しなくなる。この増殖速度が最大に達する時の栄養塩濃度の半分の濃度は半飽和濃度であり、半飽和濃度が低ければ、栄養塩濃度が比較的低い状態でも増殖速度は大きくなる。

第3回 八代海域調査委員会

参 考 資 料

平成13年9月3日

国 土 交 通 省
水 産 庁
熊 本 県
鹿 児 島 県

目 次

1. 八代海の流域特性	1-1
1.1 流域の概況	1-1
(1) 自然条件	1-1
(2) 社会条件	1-4
1.2 流入負荷の現状	1-5
(1) 河川水質（下流域）の経年変化	1-5
(2) 排出負荷量	1-13
(3) 流達率の検討	1-16
(4) 八代海における水質汚濁物質の流出入	1-17
1.3 球磨川流域の負荷特性	1-21
(1) 流下に伴う水質変化	1-21
(2) 既設ダムの放流量について	1-33
(3) 既設ダムの赤潮発生について	1-37
2. 八代海の海域特性	2-1
2.1 海岸地形の変遷	2-1
(1) 海岸線の自然度	2-1
(2) 干潟	2-3
2.2 水底質の経年変化	2-15
(1) 水質	2-15
(2) 底質	2-25
2.3 赤潮	2-35
(1) 漁業被害原因種による赤潮の発生状況	2-35
(2) 発生要因の検討	2-37
2.4 漁業	2-61
(1) 漁船漁業	2-61
(2) 海面養殖	2-63

3. 平成 13 年度洪水期間（梅雨期）現地調査結果	3-1
3.1 調査概要	3-1
(1) 調査の実施概要	3-1
(2) 調査期間中の気象・水象	3-6
(3) 調査期間中の赤潮発生状況	3-9
3.2 流況・水質	3-12
(1) 潮汐流	3-12
(2) 水温・塩分	3-18
(3) 海域水質	3-29
(4) 断面通過量	3-42
3.3 プランクトン出現状況	3-44
(1) 植物プランクトン	3-44
(2) 動物プランクトン	3-47
3.4 洪水時の河川水質	3-49
3.5 球磨川河口部の底質・底生生物	3-54
(1) 干潟部の観察結果 (St. A, B, C)	3-54
(2) 底質の柱状観察結果 (St. A~H)	3-54
(3) 河口部の底質調査結果	3-57
(4) 河口部の底生生物調査結果	3-58
(5) 河口部干潟の底生生物深度別調査結果	3-63
4. 水質ボックスモデルの計算条件	4-1
4.1 モデルの基本設定	4-1
(1) 計算対象時期の設定根拠	4-1
(2) 空間分割の設定根拠	4-5
4.2 川辺川ダムの水質予測の概要	4-11
(1) 水質予測モデルの概要	4-11
(2) 富栄養化現象の生態系モデル化	4-13
(3) 予測条件	4-15

付図 3. 2-1	流速ベクトル経時変化	(3-1)
付表 3. 2-1	調和分解結果表	(3-7)
付図 3. 2-2	降水量経時変化（八代、水俣）	(3-14)
付図 3. 2-3	塩分水平分布（大潮期）	(3-15)
付図 3. 2-4	塩分水平分布（小潮期）	(3-20)
付図 3. 2-5	水温水平分布（大潮期）	(3-25)
付図 3. 2-6	水温水平分布（小潮期）	(3-31)
付図 3. 2-7	塩分断面分布（大潮期）	(3-37)
付図 3. 2-8	塩分断面分布（小潮期）	(3-41)
付図 3. 2-9	水温断面分布（大潮期）	(3-45)
付図 3. 2-10	水温断面分布（小潮期）	(3-53)
付図 3. 2-11	流速ベクトル水平分布（大潮期）	(3-61)
付図 3. 2-12	流速ベクトル水平分布（小潮期）	(3-73)
付図 3. 2-13	流速ベクトル断面分布（大潮期）	(3-85)
付図 3. 2-14	流速ベクトル断面分布（小潮期）	(3-109)
付図 3. 2-15	断面通過量	(3-133)
付図 3. 2-16	ADCP 調査ライン	(3-145)
付図 3. 5-1	球磨川河口部の調査写真	(3-146)

第 2 回委員会資料訂正箇所

1 八代海の流域特性

1.1 流域の概況

(1)自然条件

①地形

八代海域の範囲は、公共用水域の室素・リン類型指定に基づく海域指定によれば、図 1.1-1 に示すように、熊本県宇土郡三角町と天草郡大矢野町を結ぶ天門橋、同町と天草郡松島町を結ぶ大矢野橋、同町中の橋、前島橋、松島橋、本渡市瀬戸大橋、天草下島と牛深市下須島を結ぶ通天橋、牛深市下須島南東端と鹿児島県出水郡長島町小浜崎を結ぶ線、同郡東町と阿久根市を結ぶ黒之瀬戸大橋及び陸岸により囲まれた海域である。

これを取り囲む流域は 3,301km² である。

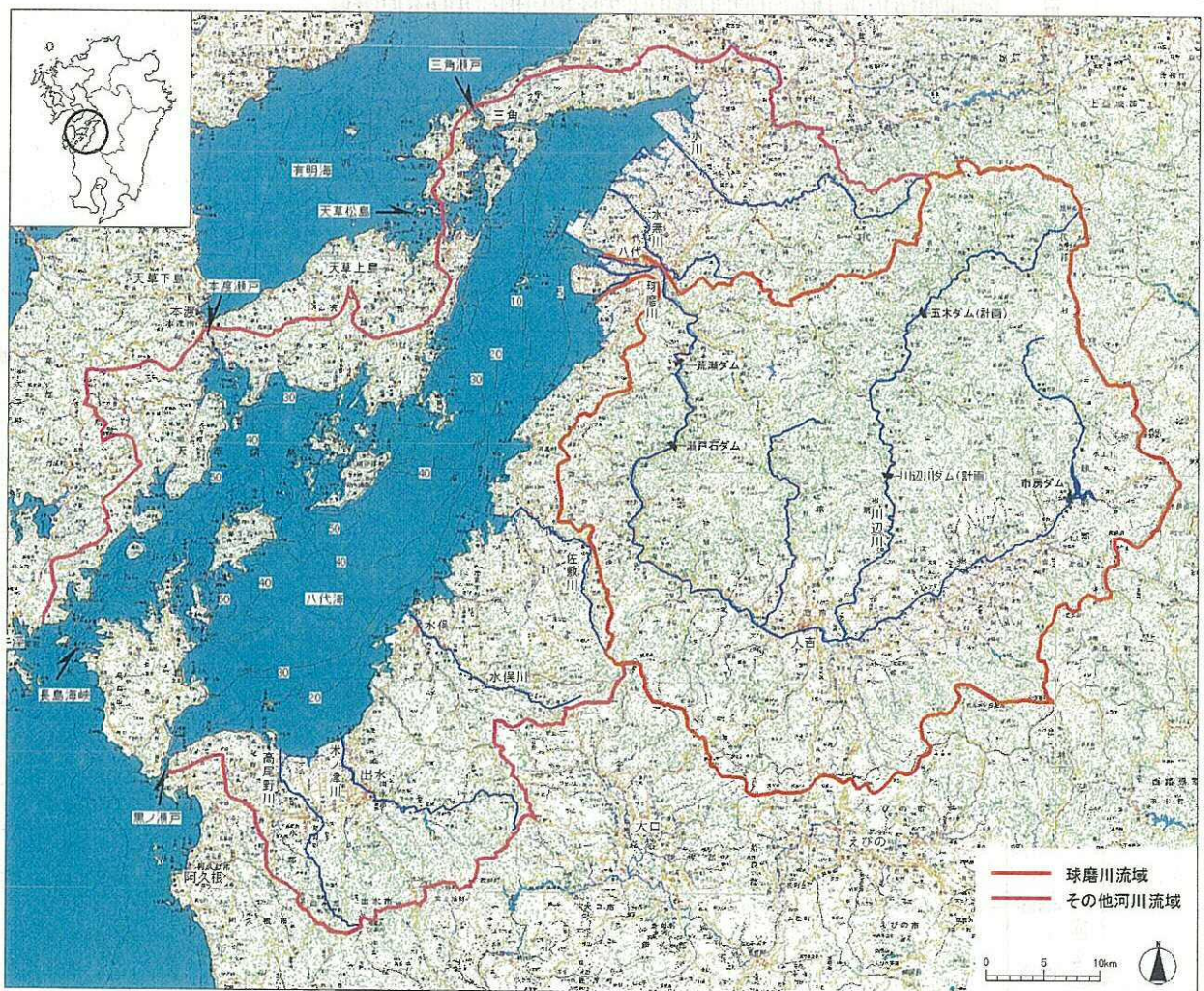
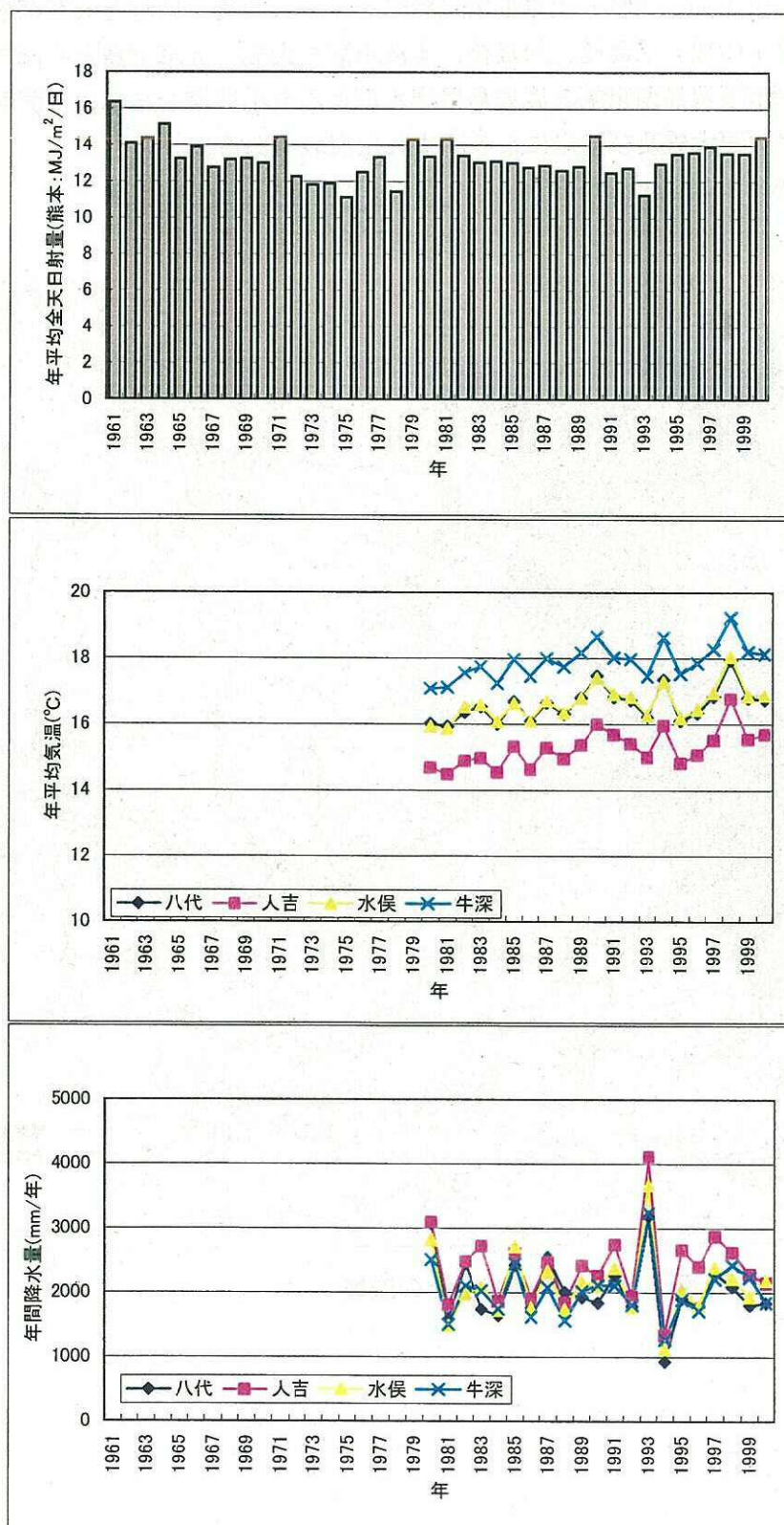


図 1.1-1 八代海とその流域

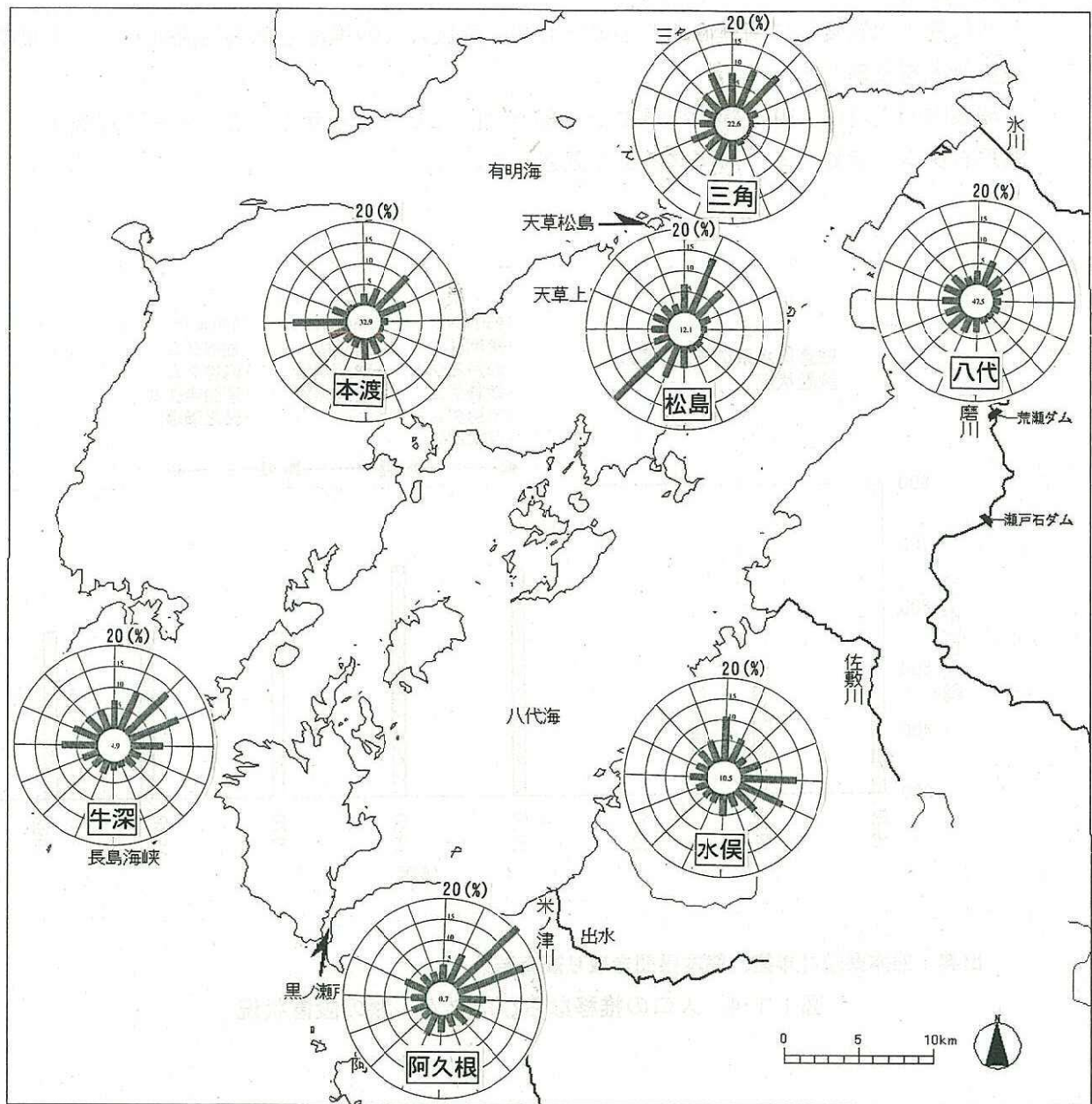
②気象

八代海周辺の日射量、気温、降水量、風向について整理した気象概況は図 1.1-2 及び図 1.1-3 に示すとおりである。全天日射量は経年的な変動はあまりみられないものの、年平均気温をみると年毎に上昇傾向にある。風向は地形に沿った風が卓越する傾向がみられている。



出典：熊本地方気象台観測資料
アメダス観測資料

図1.1-2 年平均日射量と気温、降水量の経年変化



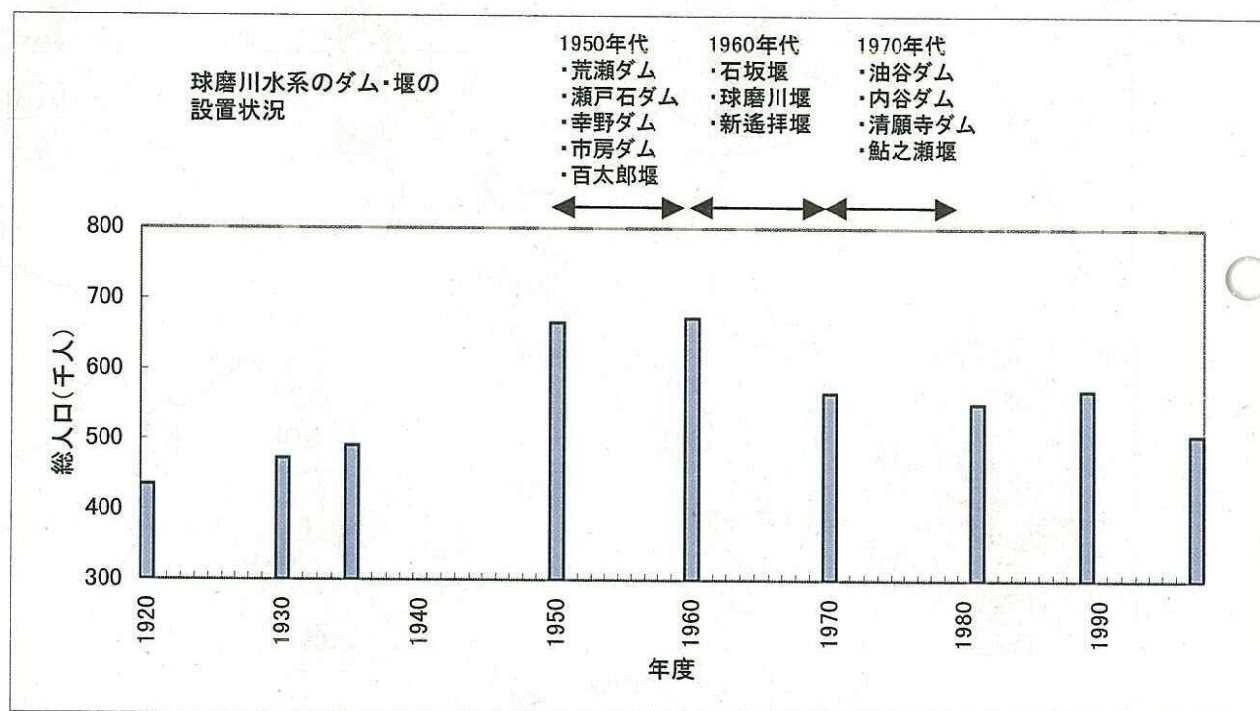
出典：アメダス観測資料

図 1.1-3 八代海沿岸の風向出現頻度（平成 12 年）

(2)社会条件

八代海の水質変化に関連のある要素として、流域人口の推移と球磨川流域のダム・堰の設置状況を整理した。

流域内の人口は、1950年代（昭和25～35年頃）にピークを示し、この時期に荒瀬ダム、瀬戸石ダム、幸野ダム、市房ダムが設置されている。



出典：熊本県統計年鑑、熊本県聞き取り調査結果

図 1. 1-4 人口の推移ならびにダム・堰の設置状況

1.2 流入負荷の現状

(1) 河川水質（下流域）の経年変化

①測定状況

八代海に流入する河川流量、水質を、下流域において定期的に測定している事例としては、以下のものがある。

〔流量〕

- i) 流量調査（国土交通省）1966年度開始 全1点
- ii) 流量調査（熊本県） 1973年度開始 全1点

〔水質〕

- i) 水質調査（国土交通省）1967年度開始 全4点
- ii) 公共用水域水質調査（熊本県・鹿児島県）1978年度開始 全12点

各調査の概要は表 1.2-1、表 1.2-2、図 1.2-1 に示すとおりである。

②経年変化

八代海に流入する窒素・リン等の状況をみる観点から、各河川の最下流点における水質経年変化を整理し、図 1.2-2 に示す。

各河川、各項目の年平均値は、年間の濃度変動幅の大きい年に高くなる場合があるものの、年平均値の推移を見ると、明確な増減傾向は認められない。

表 1.2-1 河川水質（下流域）測定状況

a. 国土交通省（流量調査）

河川名	調査点	測定開始年
球磨川	横石	1966 年度～

b. 熊本県（流量調査）

河川名	調査点	測定開始年
氷川	立神	1973 年度～

表 1.2-2(1) 河川水質（下流域）測定状況

a. 国土交通省（水質調査）

測定開始：1967 年度～

河川名	調査点	項目(年間測定回数)	備考
球磨川	新萩原橋	水温・BOD・pH・DO・COD・SS(12～48)、 T-N・TP(4)、栄養塩*6 (1～4)、濁度(4～7)、 クロロフィル a(4)	1975 年度～ SS は 1978 年度～ T-N・TP は 1978 年度～ 濁度は 1977～1986、1997、1998 年度 クロロフィル a は 1997、1998 年 度
	横石	水温・BOD・pH・DO・SS(12～48)、COD(12)、 T-N(4～7)・TP(4～6)、栄養塩 (1～10) *2、 TOC(12)、濁度(12～20)、 クロロフィル a(3、4)	T-N は 1981 年度～ TP は 1980 年度～ TOC は 1986 年度～ 濁度は 1969 年度～ クロロフィル a は 1997、1998 年 度のみ
	金剛橋	水温・BOD・pH・DO・SS(12～24)、COD(12)、 T-N・TP(4)	1971 年度～ T-N・TP は 1988 年度～
前川	前川橋	水温・BOD・pH・DO・SS(12～24)、COD(12)、 T-N・TP(4)、栄養塩(1～10)*3	T-N・TP は 1988 年度～

*栄養塩*1= $\text{NO}_2\text{-N}$ ・ $\text{NO}_3\text{-N}$ (1975～1983、1998 年度)、 $\text{NH}_4\text{-N}$ (1975～1977、1980～1983 年度)、
D・ $\text{PO}_4\text{-P}$ (1978、1981～1983 年度)

栄養塩*2= $\text{NO}_2\text{-N}$ ・ $\text{NO}_3\text{-N}$ (1967 年度～)、 $\text{NH}_4\text{-N}$ (1968 年度～)、D・ $\text{PO}_4\text{-P}$ (1978 年度～)

栄養塩*3= $\text{NO}_2\text{-N}$ ・ $\text{NO}_3\text{-N}$ ・ $\text{NH}_4\text{-N}$ (1967 年度～)、D・ $\text{PO}_4\text{-P}$ (1978 年度～)

*測定回数はひと月に複数回、複数層測定している場合も計上している。

表 1.2-2(2) 河川水質（下流域）測定状況

b. 熊本県（公共用水域水質測定調査） 測定開始：1978 年度～

河川名	調査点	項目(年間測定回数)	備考
大野川	寄田橋	水温・BOD・COD・pH・DO・SS(12)、 T-N・T-P(4)、 栄養塩(1)*2	T-N・T-P は 2000 年度のみ COD は 1992 年度測定無
砂川	上砂川橋	水温・BOD・COD・pH・DO・SS(12)、 栄養塩 (1) *1	COD は 1992 年度測定無
氷川	氷川橋	水温・BOD・COD・pH・DO・SS(12)、 T-N・T-P(1、4)	T-N・T-P は 1996、2000 年度のみ COD は 1992 年度測定無
大蛸川	第二大蛸橋	水温・BOD・COD・pH・DO・SS(12)、 T-N・T-P(4)	1991 年度～ COD は 1992 年度測定無
水無川	産島橋	水温・BOD・COD・pH・DO・SS(12)	1993 年度～ ～36)、T-N・T-P(4)、栄養塩(1)*1
流藻川	流藻川河口	水温・BOD・COD・pH・DO・SS(6)、 栄養塩(1)*1	
佐敷川	柵橋	水温・BOD・COD・pH・DO・SS(6)、 T-N・T-P(4)	1991 年度～ COD は 1992 年度測定無
湯浦川	広瀬橋	水温・BOD・COD・pH・DO・SS(12)、 T-N・T-P(4)	
水俣川	鶴田橋	水温・BOD・COD・pH・DO・SS(12)、 T-N・T-P(4)、栄養塩(1)*2	1991 年度～ T-N・T-P は 1993 年度～ COD は 1992 年度測定無
湯出川	江南橋	水温・BOD・COD・pH・DO・SS(12)	1993 年度～

*栄養塩*1=NO₂-N・NO₃-N(2000 年度に 1 回のみ測定)

栄養塩*2=NO₂-N・NO₃-N(1999 年度～)

c. 鹿児島県（公共用水域水質測定調査） 測定開始：1978 年度～

河川名	調査点	項目(年間測定回数)	備考
米之津川	米之津橋	水温・BOD・COD・pH・DO・SS(12～18)	
高尾野川	出水橋	水温・BOD・COD・pH・DO・SS(9～12)	

*測定回数はひと月に複数回、複数層測定している場合も計上している。

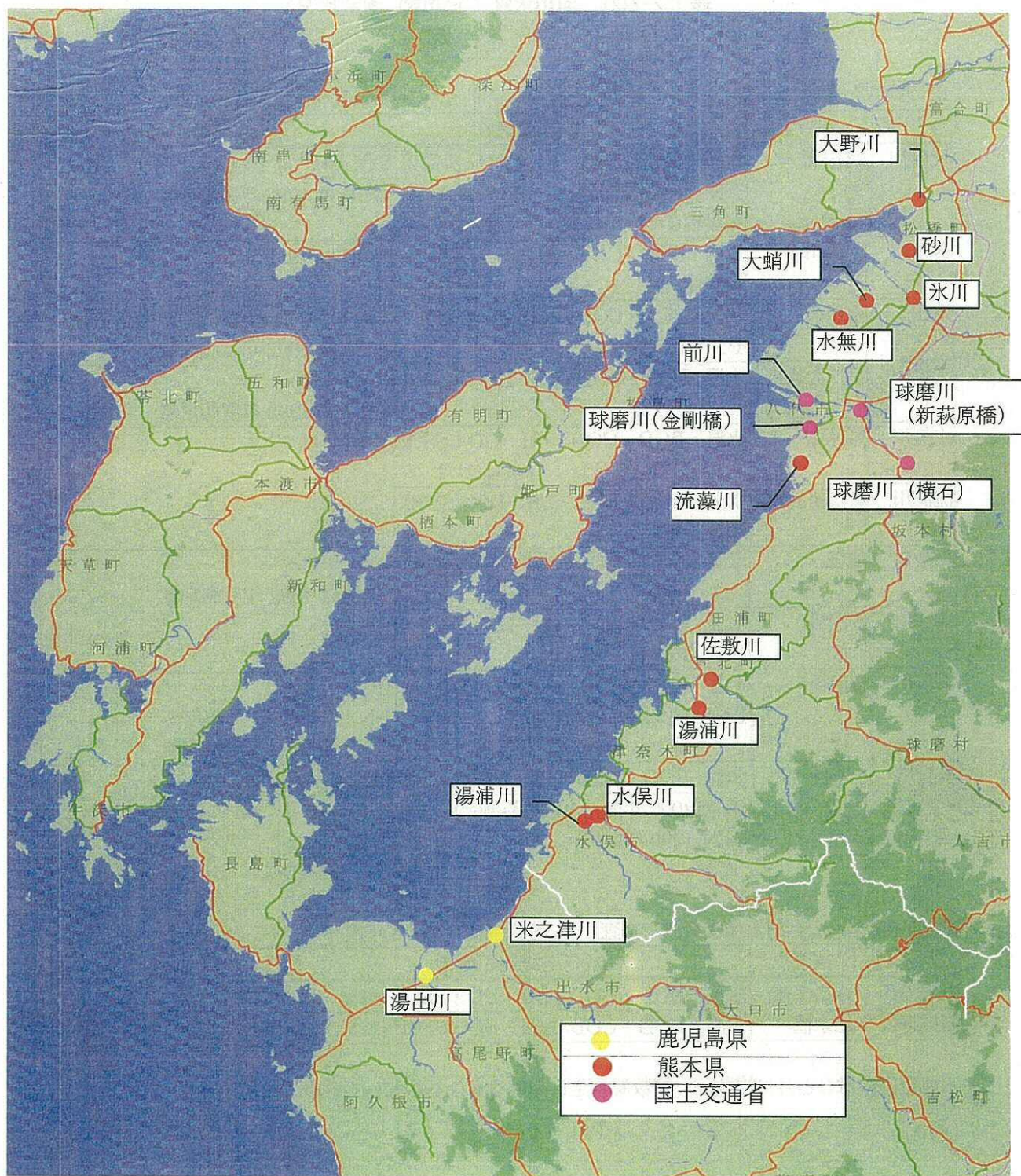
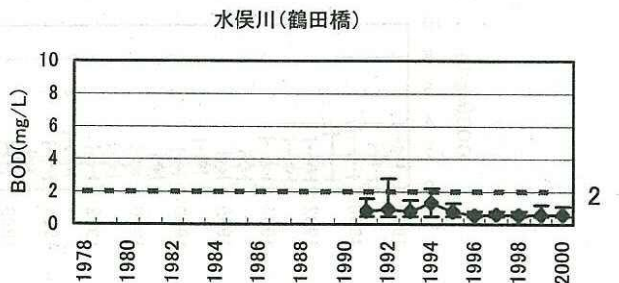
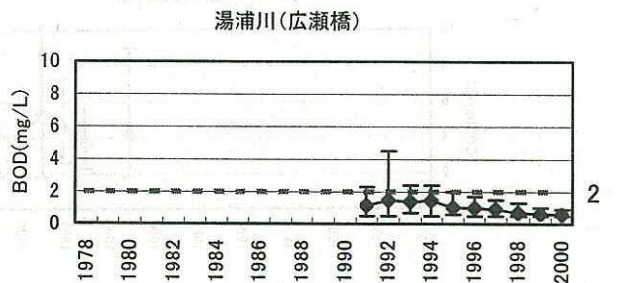
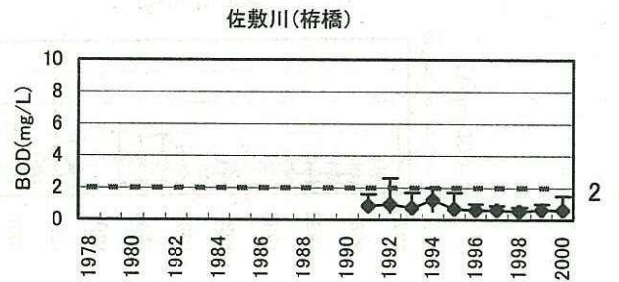
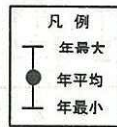
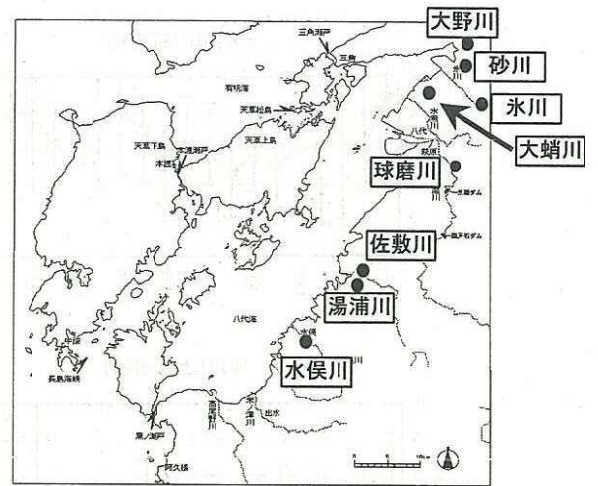
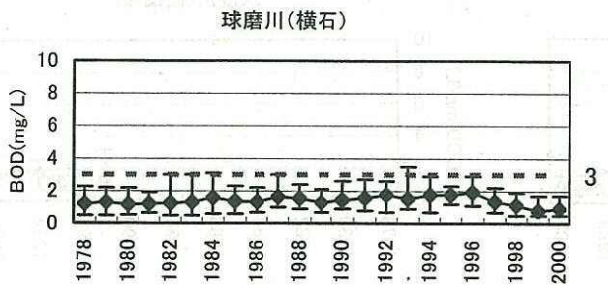
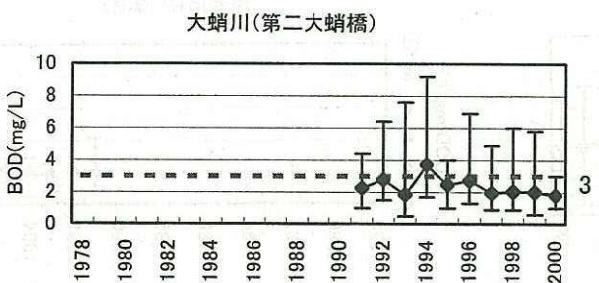
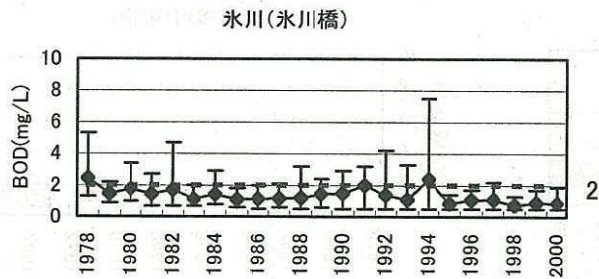
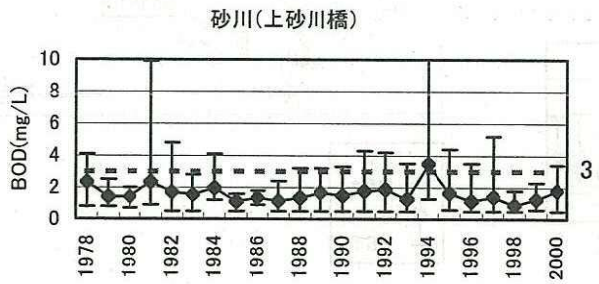
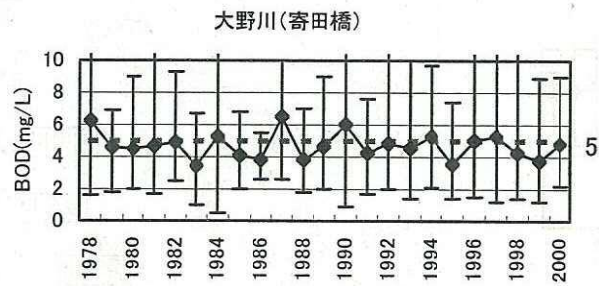


図 1.2-1 河川水質（下流域）調査測点



※図中の点線および右側の数値は環境基準値を示す。

図1.2-2 (1) 流入河川(下流域)の水質経年変化(BOD)

出典：水質調査報告書(公共用水域及び地下水)
(熊本県)より作成

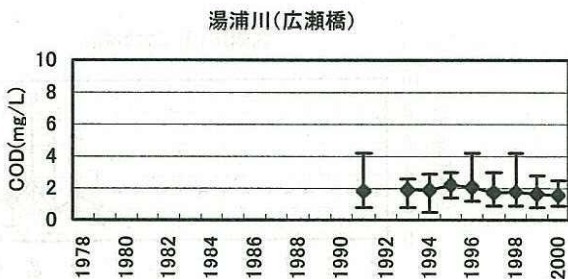
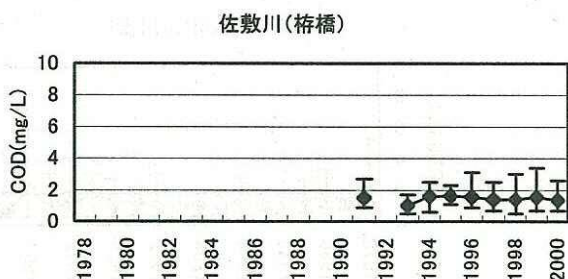
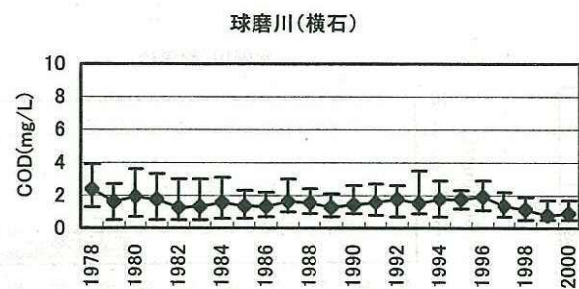
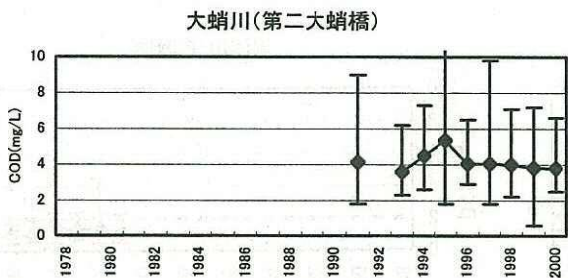
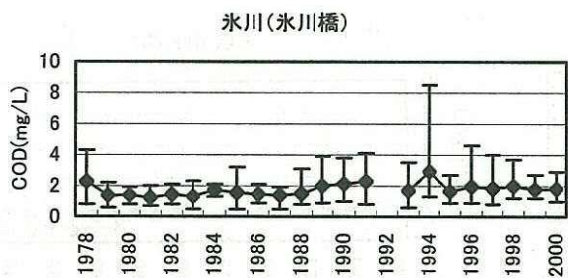
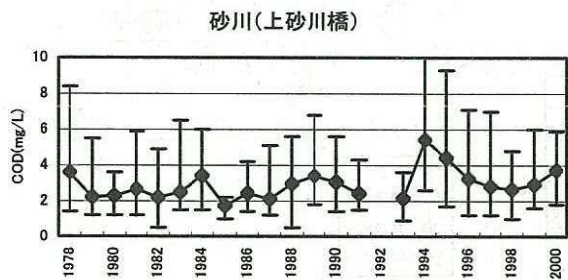
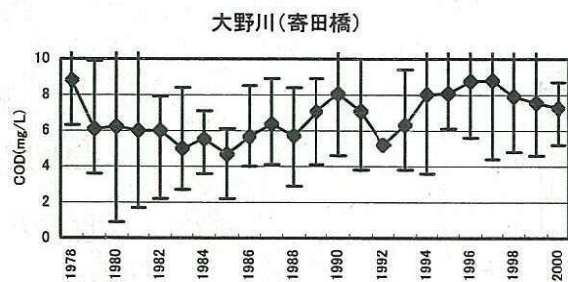


図 1.2-2(2) 流入河川(下流域)の水質経年変化(COD)

出典：水質調査報告書(公共用水域及び地下水)
(熊本県)より作成

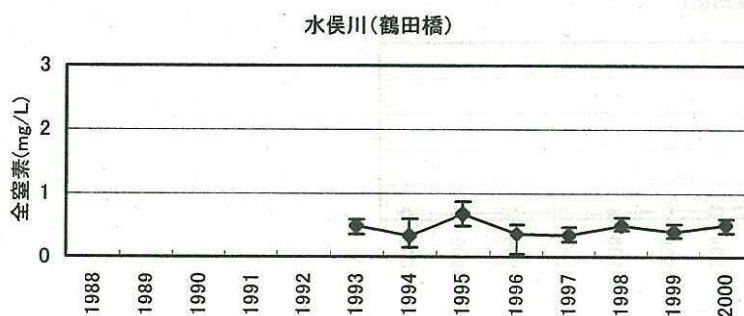
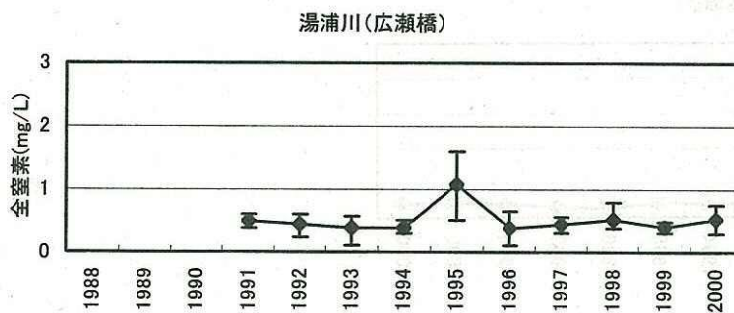
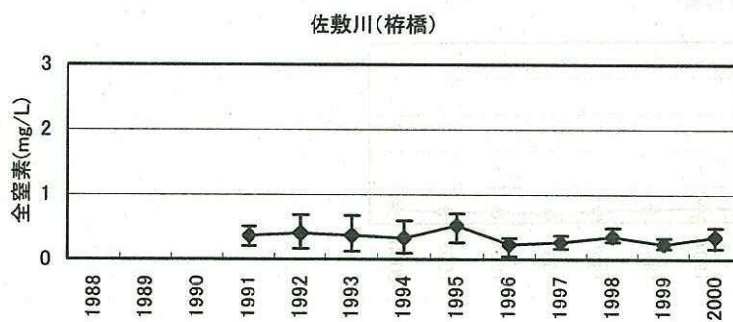
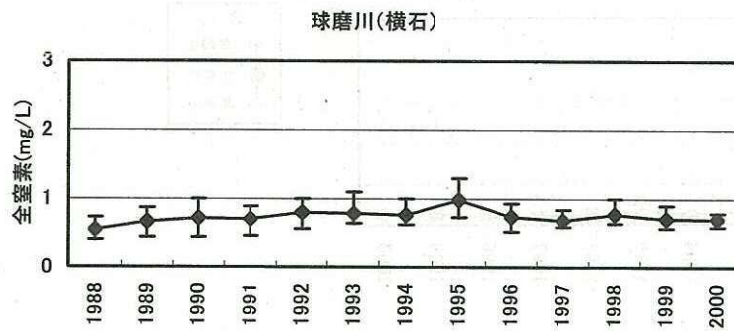
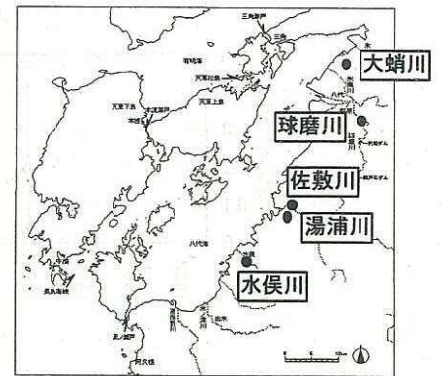
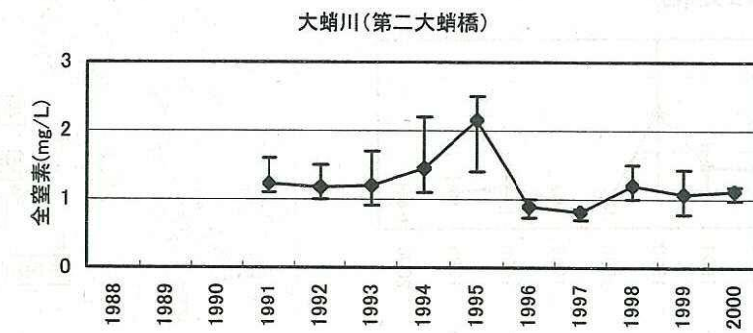


図 1.2-2(3) 流入河川(下流域)の水質経年変化(全窒素)

出典：水質調査報告書(公共用水域及び地下水)
(熊本県)より作成

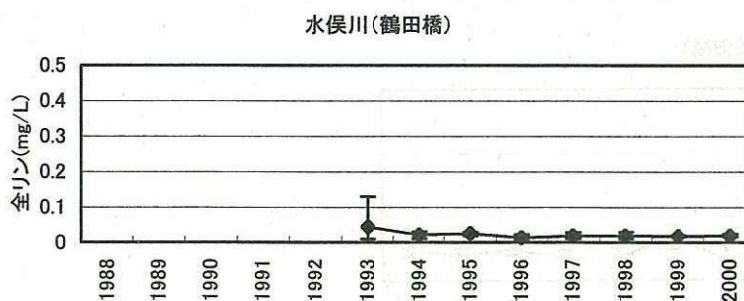
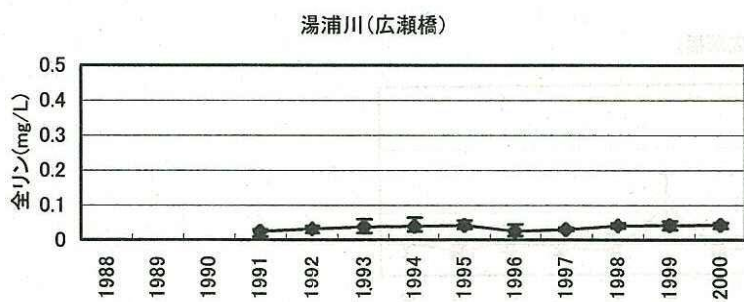
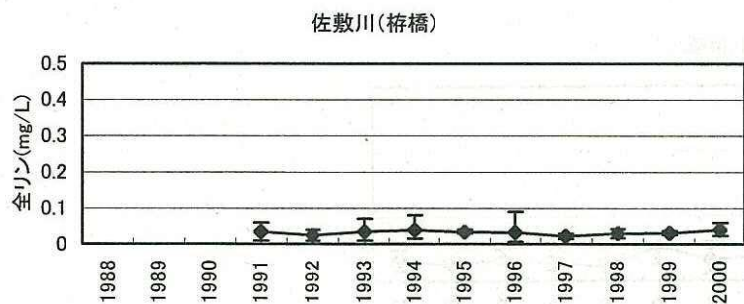
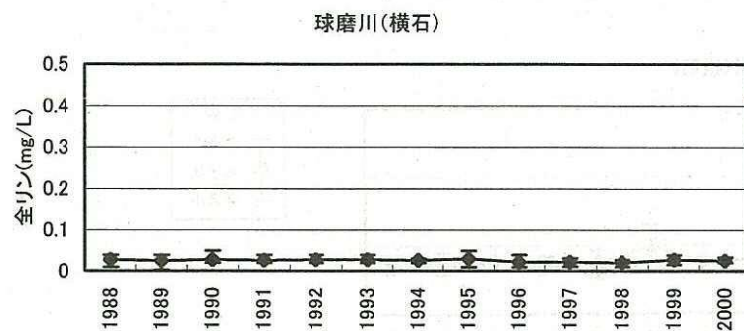
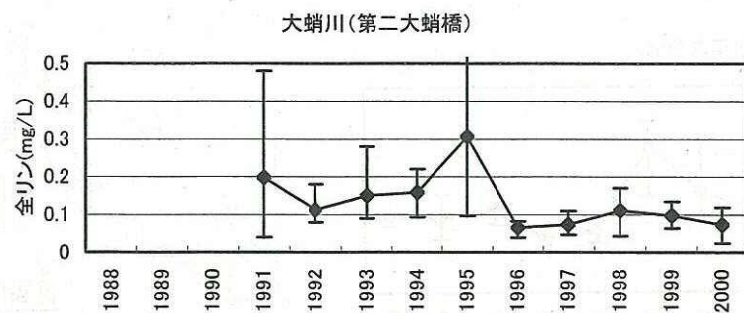


図1.2-2 (4) 流入河川(下流域)の水質経年変化(全リン)

出典：水質調査報告書(公共用水域及び地下水)
(熊本県)より作成

(2) 排出負荷量

八代海の流域において河川等に排出される COD、全窒素、全リンの水質汚濁物質量が、熊本県、鹿児島県により表 1.2-3 に示す方法で算出されている。算定年度は、熊本県が 1995 年度（平成 7 年度）、鹿児島県が 1997 年度（平成 9 年度）である。

表 1.2-3 排出負荷量の算定方法

発生源区分	算定方法	使用資料
土地系	フレーム×原単位	フレーム：面積（山林、果樹園、畑、水田、市街地等） 原単位：流総指針
生活系	フレーム×原単位	フレーム：処理形態別人口（下水、地域尿、農集、漁集、合併浄化、単独浄化、尿尿処理、自家処理） 原単位：環境庁資料
観光系	フレーム×原単位	フレーム：入込客数（宿泊、日帰り） 原単位：生活系と同じ
畜産系	フレーム×原単位	フレーム：飼養頭数（牛、馬、豚、鶏） 原単位：環境庁資料
事業場系	実測値 または フレーム×原単位	フレーム：製造品出荷額等 原単位：県データ
養殖系	フレーム×原単位	フレーム：養殖魚（ブリ、マダイ） 原単位：既存資料（漁獲による回収分を除いた残餌、排糞等に相当する量）

出典：熊本県、鹿児島県資料より作成

算出された排出負荷量を表 1.2-4、図 1.2-3 に示す。

COD、全窒素、全リンとも養殖系の占める割合が高く、次いで、COD、全窒素は土地系、全リンは生活系となっている。

表 1.2-4 (1) 排出負荷量 (熊本県 : 1995 (平成 7) 年度)

単位 : kg/日

		土地系	生活系	観光系	畜産系	事業場系	養殖系 ^注	計
COD	北部	5,467.7	2,155.3	53.0	178.7	20,703.9	0.0	28,558.6
	中部	17,882.7	4,898.7	408.7	1,763.0	1,069.4	1,987.4	28,009.9
	南部	5,035.4	2,161.1	95.3	523.0	1,593.1	58,792.7	68,200.6
	計	28,385.8	9,215.1	557.0	2,464.7	23,366.4	60,780.1	124,769.1
T-N	北部	1,438.8	761.0	21.9	284.7	1,256.6	0.0	3,763.0
	中部	3,533.7	2,585.2	195.0	2,764.4	239.7	300.7	9,618.7
	南部	1,410.5	819.2	64.9	715.7	512.9	9,065.5	12,588.7
	計	6,383.0	4,165.4	281.8	3,764.8	2,009.2	9,366.2	25,970.4
T-P	北部	80.6	82.1	2.1	5.3	57.3	0.0	227.4
	中部	233.4	218.7	28.0	54.8	57.5	79.6	672.0
	南部	68.3	118.1	9.3	20.6	57.9	2,319.1	2,593.3
	計	382.3	418.9	39.4	80.7	172.7	2,398.7	3,492.7

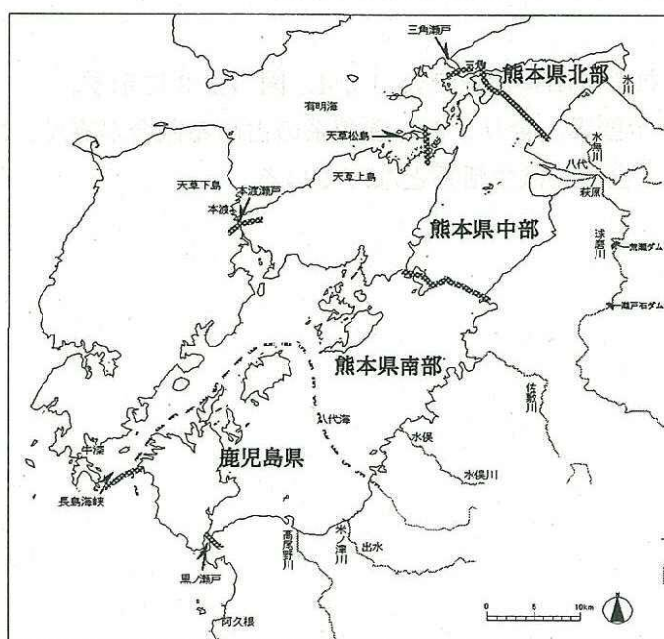
出典 : 熊本県資料

表 1.2-4 (2) 排出負荷量 (鹿児島県 : 1997 (平成 9) 年度)

単位 : kg/日

	土地系	生活系	観光系	畜産系	事業場系	養殖系	計
COD	2,391.0	971.7	9.6	540.3	663.5	2,036.7	6,612.8
T-N	1,031.3	350.7	11.7	593.2	240.9	2,268.8	4,496.6
T-P	39.3	32.2	1.0	187.6	27.9	497.8	785.8

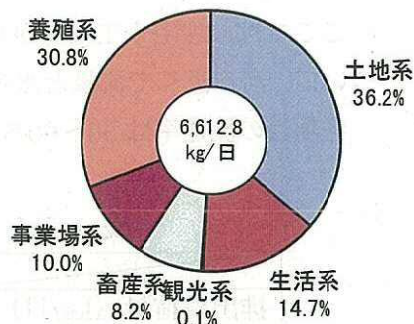
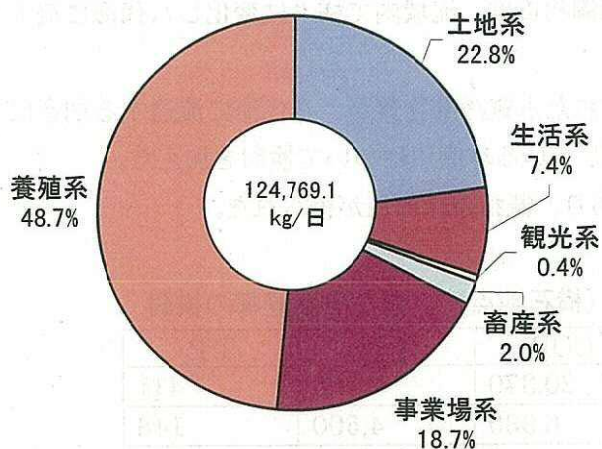
出典 : 鹿児島県資料



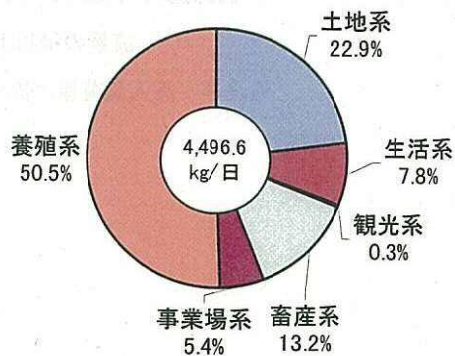
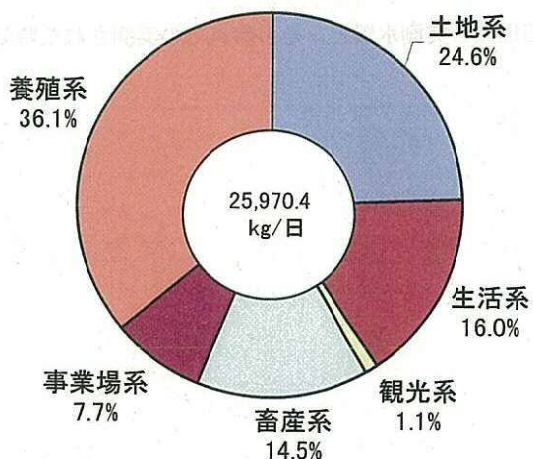
熊本県
1995年度
(平成7年度)

鹿児島県
1997年度
(平成9年度)

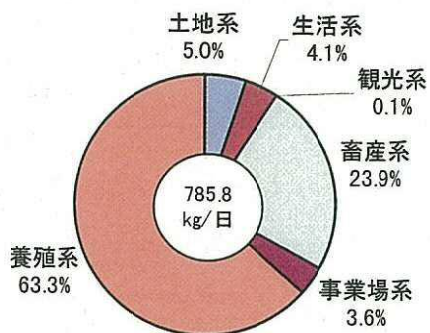
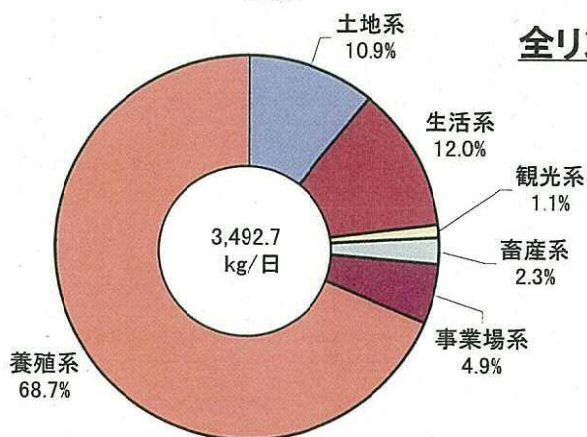
COD



全窒素



全リン



- ※1: 養殖系負荷は投餌量から漁獲による取り上げを差し引いた値。
 ※2: 養殖負荷量については、熊本県では現在、生産量の減少や給餌方法の変更に伴い平成7年度の50~60%程度に減少していると算定されている。
 ※3: 図中の百分率は四捨五入のため、100%にならないことがある。

資料: 熊本県、鹿児島県資料より作成

図1.2-3 排出負荷量(八代海域)

(3) 流達率の検討

住宅や工場等から排出された水質汚濁物質は、流域内で様々に変化し八代海に流入している。

ここでは、住宅や工場等から排出された水質汚濁物質が、八代海に流達する割合について、河口近くで流量と水質を実測している球磨川について検討を加えた。

各項目の流達率は30～60％程度であり、概ね妥当な値が得られた。

表 1.2-5 球磨川（横石地点）における流達率の検討

	COD	T-N	T-P
排出負荷量 (kg/日)	20,370	7,465	411
流入負荷量 (kg/日)	6,930	4,500	148
流達率 (%)	34.0	60.3	36.0

排出負荷量：県が算出した市町村別排出負荷量を基に面積按分し概算。

流入負荷量：平成6、7、8年度の横石地点の実測水質と、その時点での実測された時刻
流量の積和より算出。

流達率：流入負荷量／排出負荷量

(4) 八代海における水質汚濁物質の流入

これまで得られた水質汚濁負荷量に関する情報と、養殖以外の天然魚介類の漁獲による取り上げを考慮して、八代海における水質汚濁物質の系外との流出・流入量を試算し、図 1.2-4 に示す。

河川からの流入負荷量は、八代海へ流入する各河川流域の排出負荷量に前述の手法により算定した流達率を乗じて算出した。河川流域以外からの流入負荷量は、排出負荷量がそのまま八代海へ流入すると仮定し流達率を 1 として算出した。

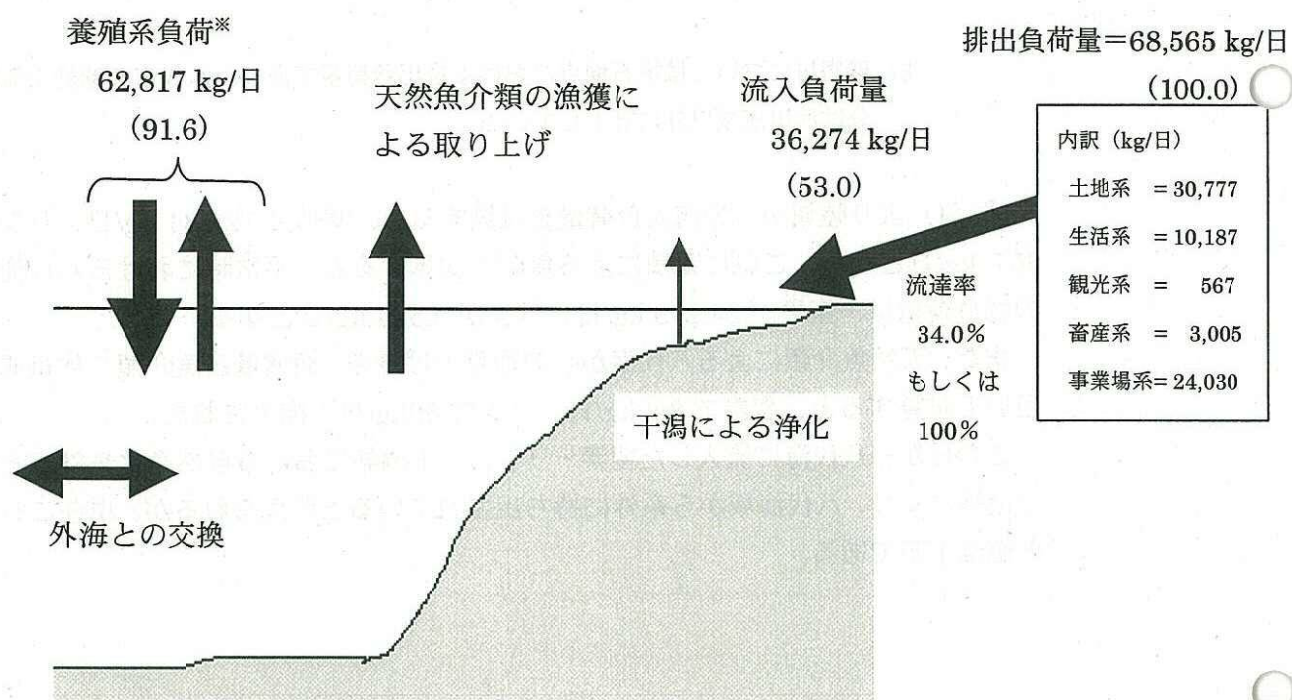
$$\begin{aligned} \text{陸域からの流入負荷量} = & \text{河川流域の排出負荷量}^{\text{注)}} \times \text{流達率} + \\ & \text{河川流域以外からの排出負荷量} \times 1 \quad \cdots (1) \end{aligned}$$

注) 球磨川については横石地点における排出負荷量であり、八代市の球磨川流域分は河川流域以外に計上している。

式 (1) より陸域からの流入負荷量を試算すると、窒素で 12,584 kg/日、リンで 657 kg/日となる。これに養殖による負荷を加算すると、平常時における八代海への総負荷量は、窒素が 24,219 kg/日、リンが 3,554 kg/日となる。

また、天然魚介類による八代海からの取り上げ量を、漁獲量と魚介類の体組成を用いて試算すると、窒素で 890kg/日、リンで 59kg/日と推定された。

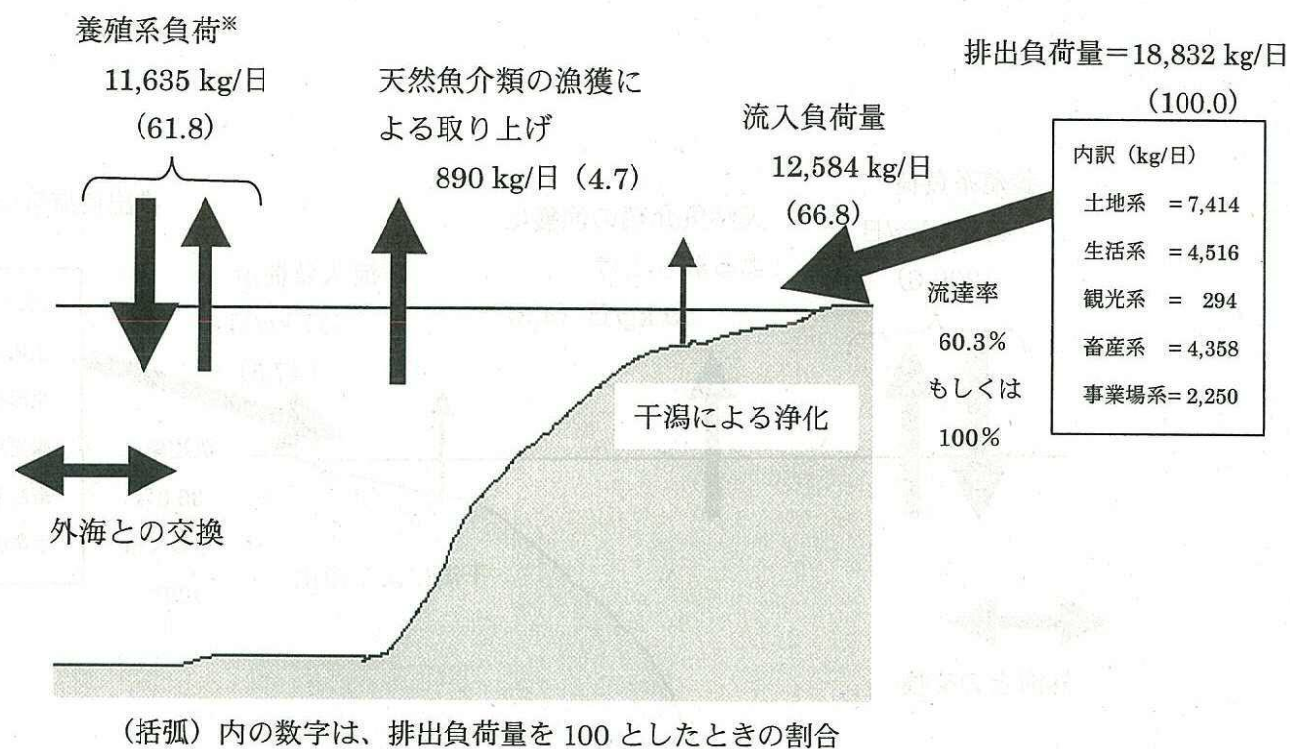
このほか、八代海に流入した窒素・リンは、干潟等における自然浄化や外海との交換等により、八代海域から系外に持ち出されていると考えられるが、現在これらの値は不明である。



(括弧) 内の数字は、排出負荷量を 100 としたときの割合

※養殖系負荷は投餌量から漁獲による取り上げ量を差し引いた値

図 1.2-4 (1) 八代海における水質汚濁物質の流出入の試算 (COD)



※養殖系負荷は投餌量から漁獲による取り上げ量を差し引いた値

図 1.2-4 (2) 八代海における水質汚濁物質の流出入の試算 (全窒素)

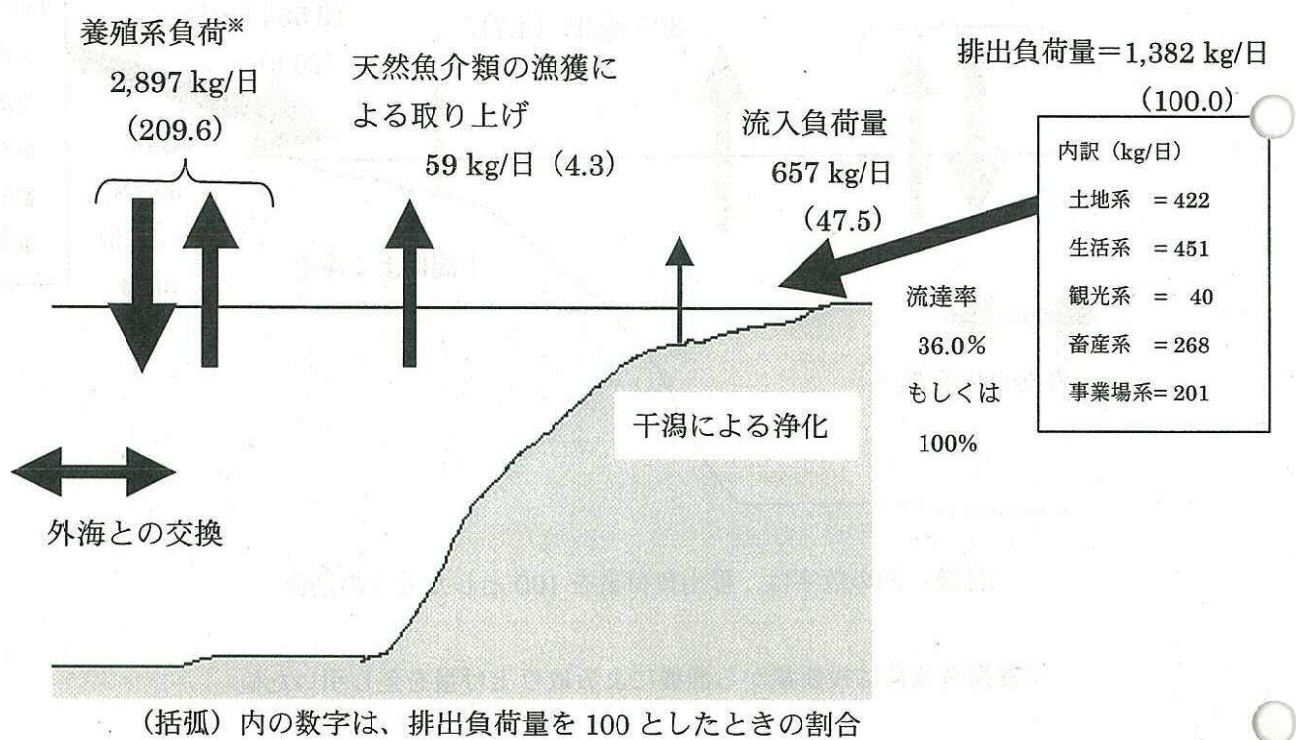


図 1.2-4 (3) 八代海における水質汚濁物質の流出入の試算 (全リン)

1.3 球磨川流域の負荷特性

(1) 流下に伴う水質変化

①測定状況

球磨川の水質を、定期的に測定している事例としては、以下のものがある。

〔水質〕

i) 水質調査（国土交通省）1967年度開始 全6点

ii) 公共用水域水質調査（熊本県）1978年度開始 全2点

球磨川水質の測定状況を表1.3-1、図1.3-1に示す。

②各調査点の経年変化

各調査点の経年変化を図1.3-2に示す。

各調査点の年平均値は、図1.2-2に示した八代海に流入する各河川の下流域の水質変動と同様な傾向を示しており、年間の濃度変動が大きい年には、年平均値が高くなる場合があるものの、年平均値の推移を見ると、明確な増減傾向は認められない。

表 1.3-1(1) 球磨川水質測定状況

a. 国土交通省（水質調査）

測定開始：1967年度～

調査点	項目(年間測定回数)	備考
多良木	水温・BOD・pH・DO・COD・SS(3～12)、 TN(4～8)、 TP(2～4)、栄養塩*1 (1～4) 濁度(4～12)、 クロロフィル a(5)	1971年度～ BOD・pH・DO・COD は 1972～1973 年 度測定無 SS は 1977 年度～ TN は 1981 年度～ TP は 1979 年度～ 濁度は 1978～1986、1996 年度～ クロロフィル a は 1997、1998 年度
人吉	水温・BOD・pH・DO・SS(5～48)、COD(12)、 TN(4～10)、TP(1～4)、栄養塩*2 (1～4) 濁度(3～12)、クロロフィル a(1、5)	1970、1971、1976 年度～ SS は 1978 年度～ TN は 1981 年度～ TP は 1979 年度～ 濁度は 1976 年度～ クロロフィル a は 1997、1998 年度
西瀬橋	水温・BOD・pH・DO・COD・SS(12～48)、 TN・TP(4)、栄養塩*3 (3～12)、濁度(6)、 クロロフィル a(1、5)	1971 年度～ SS は 1978 年度～ TN・TP は 1981 年度～ 濁度は 1976～1986 年度 クロロフィル a は 1997、1998 年度
天狗橋	水温・BOD・pH・DO・COD・SS(12)、TN・ TP(4)、栄養塩*4 (3～4)、濁度 (4～5)、 クロロフィル a (1、4)	1979 年度～ TN・TP は 1981 年度～ 濁度は 1979～1986、1997、1998 年度 クロロフィル a は 1997、1998 年度

表 1.3-1(2) 球磨川水質測定状況

a. つづき

調査点	項目(年間測定回数)	備考
横石	水温・BOD・pH・DO・SS(12~48)、COD(12)、 T-N(4~7)、T-P(4~6)、栄養塩*5 (1~10)、TOC(12)、 濁度(12~20)、クロロフィル a(3、4)	T-N は 1981 年度～ T-P は 1980 年度～ TOC は 1986 年度～ 濁度は 1969 年度～ クロロフィル a は 1997、1998 年度
新萩原橋	水温・BOD・pH・DO・COD・SS(12~48)、T-N・T-P(4)、 栄養塩*6 (1~4)、濁度(4~7)、クロロフィル a(4)	1975 年度～ SS は 1978 年度～ T-N・T-P は 1978 年度～ 濁度は 1977~1986、1997、 1998 年度 クロロフィル a は 1997、1998 年度

*栄養塩*1= $\text{NO}_2\text{-N}$ ・ $\text{NO}_3\text{-N}$ (1967 年度～)、 $\text{NH}_4\text{-N}$ (1968 年度～)、 $\text{D} \cdot \text{PO}_4\text{-P}$ (1978 年度～)

栄養塩*2= $\text{NO}_2\text{-N}$ ・ $\text{NO}_3\text{-N}$ 、 $\text{NH}_4\text{-N}$ (1968~1984、1997~1998 年度)、
 $\text{D} \cdot \text{PO}_4\text{-P}$ (1978~1984 年度)

栄養塩*3= $\text{NO}_2\text{-N}$ ・ $\text{NO}_3\text{-N}$ 、 $\text{NH}_4\text{-N}$ (1971~1985、1997~1998 年度)、
 $\text{D} \cdot \text{PO}_4\text{-P}$ (1978~1978、1981~1986 年度)

栄養塩*4= $\text{NO}_2\text{-N}$ ・ $\text{NO}_3\text{-N}$ 、(1979~1984、1997 年度)、 $\text{NH}_4\text{-N}$ (1980~1998 年度)、
 $\text{D} \cdot \text{PO}_4\text{-P}$ (1971、1981~1984 年度)

栄養塩*5= $\text{NO}_2\text{-N}$ ・ $\text{NO}_3\text{-N}$ (1967 年度～)、 $\text{NH}_4\text{-N}$ (1968 年度～)、 $\text{D} \cdot \text{PO}_4\text{-P}$ (1978 年度～)

栄養塩*6= $\text{NO}_2\text{-N}$ ・ $\text{NO}_3\text{-N}$ (1975~1983、1998 年度)、 $\text{NH}_4\text{-N}$ (1975~1977、1980~1983 年度)、
 $\text{D} \cdot \text{PO}_4\text{-P}$ (1978、1981~1983 年度)

b. 熊本県(公共用水域水質測定調査) 測定開始: 1978 年度～

調査点	項目(年間測定回数)	備考
市房ダム	水温・BOD・COD・pH・DO・SS(12)、T-N・T-P(4)、	T-N・T-P は 1998 年度～ COD は 1992 年度測定無
坂本橋	水温・BOD・COD・pH・DO・SS(12~36)	COD は 1992 年度測定無

*測定回数はひと月に複数回、複数層測定している場合も計上している。

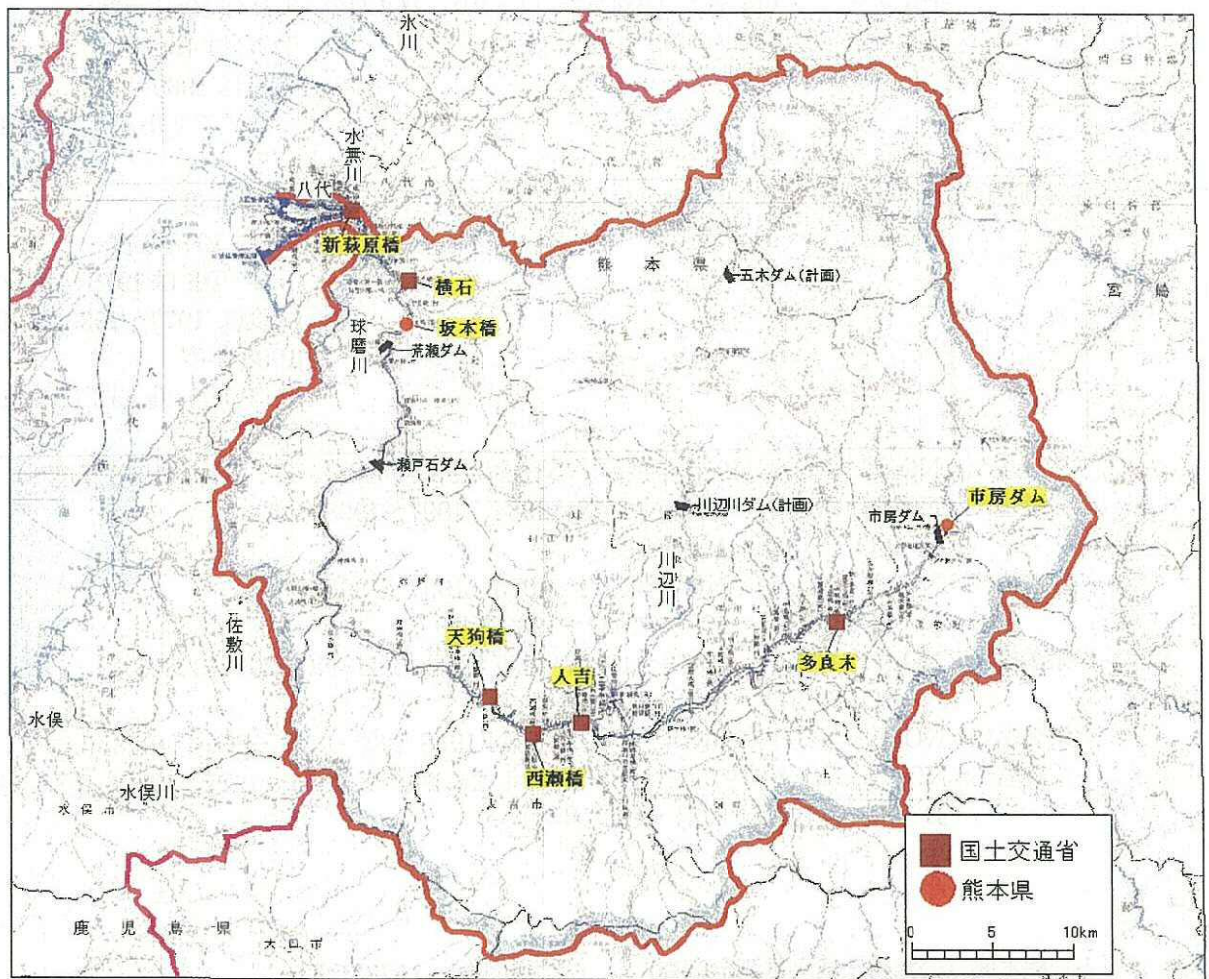
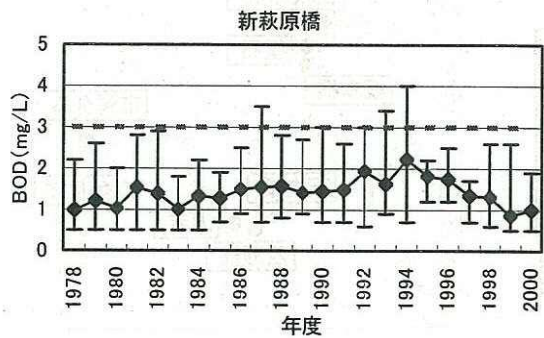
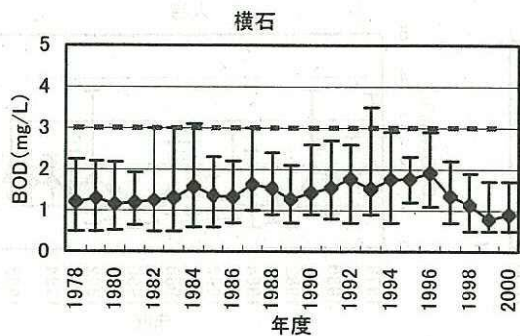


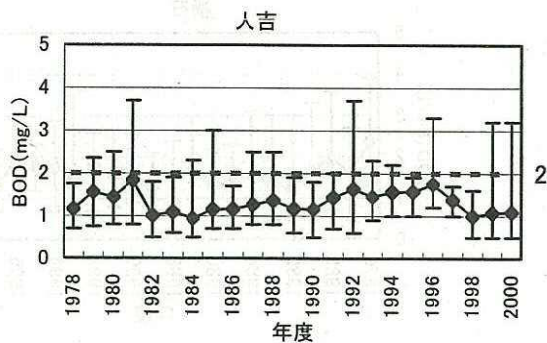
図 1.3-1 球磨川水質調査測点



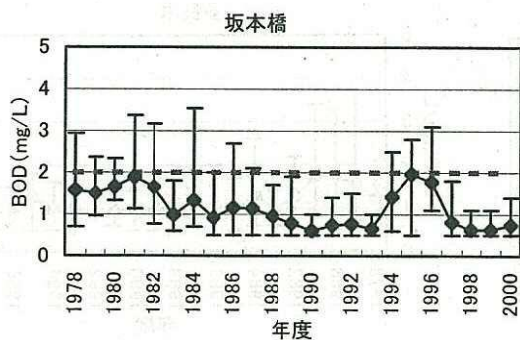
3



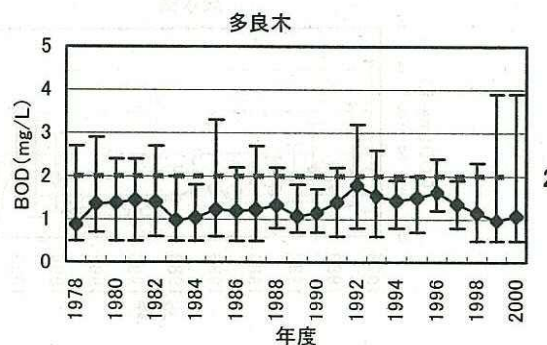
3



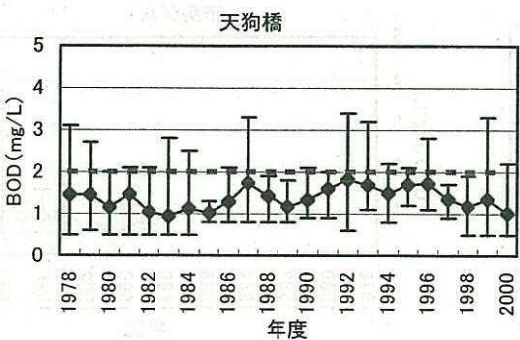
2



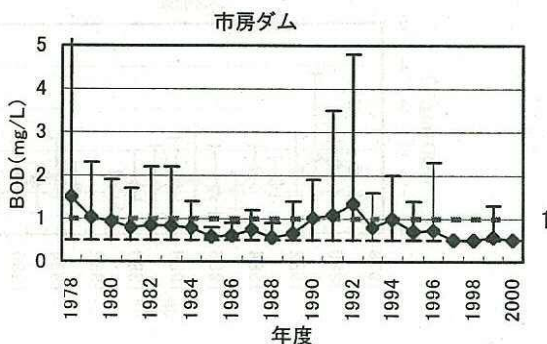
2



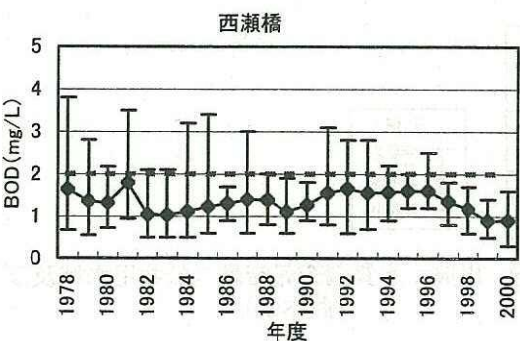
2



2



1



2

※図中の点線および右側の数値は環境基準値を示す



出典：水質調査報告書（公共用水域及び地下水）
（熊本県）

図1.3-2 (1) 球磨川の水質経年変化 (BOD)

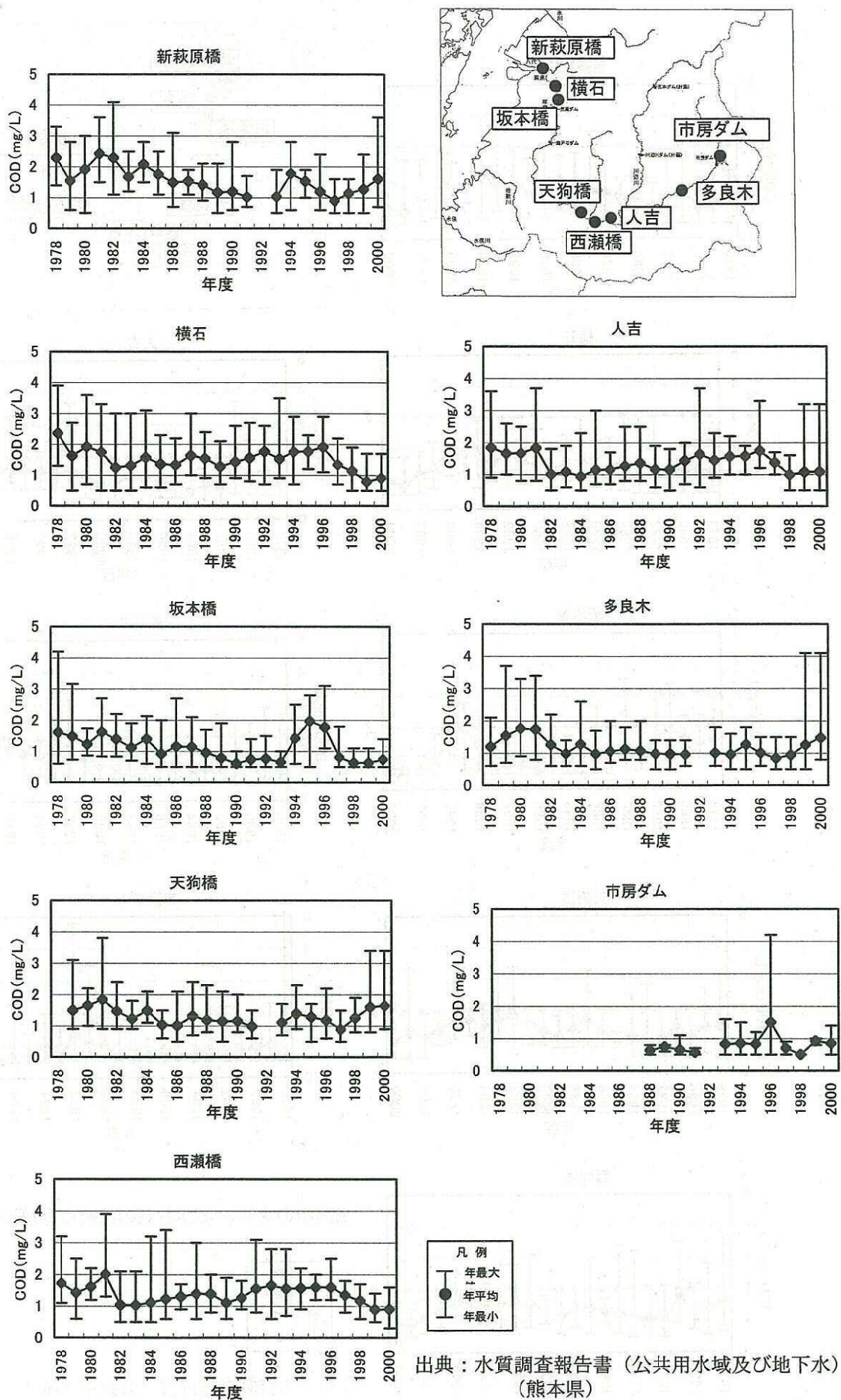
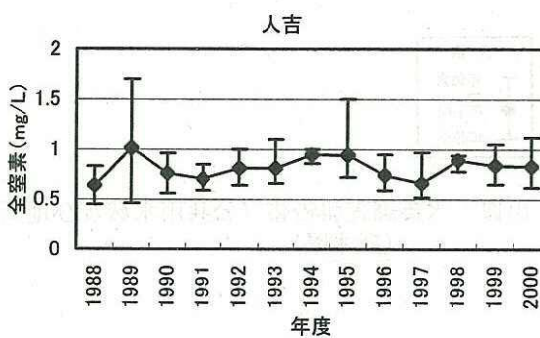
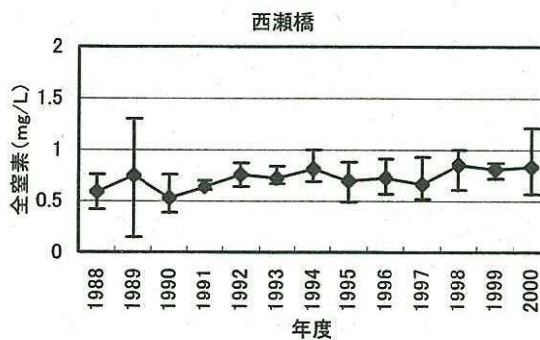
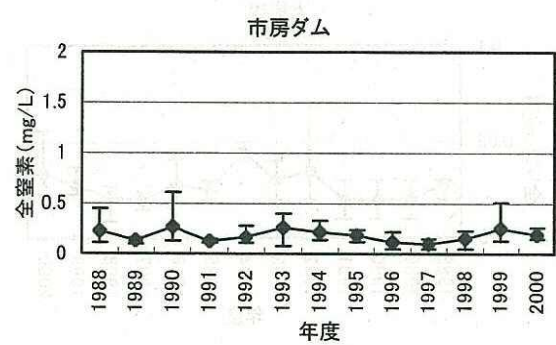
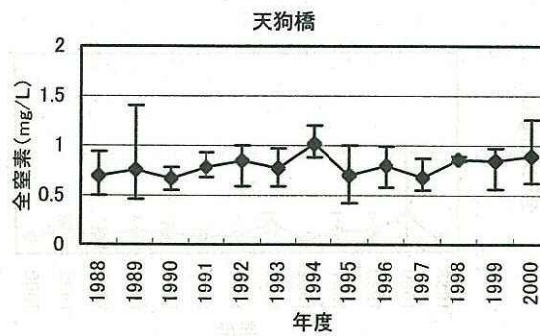
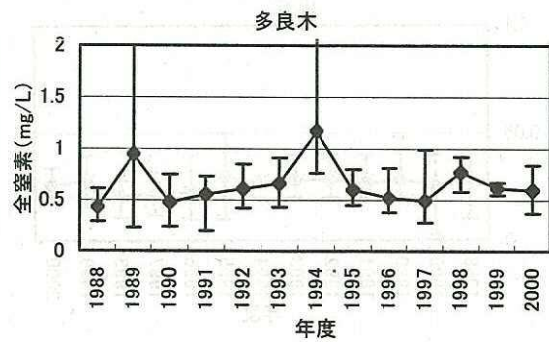
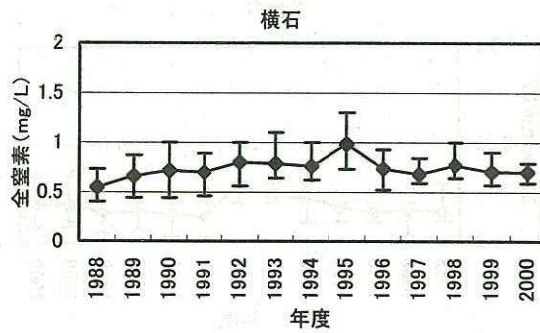
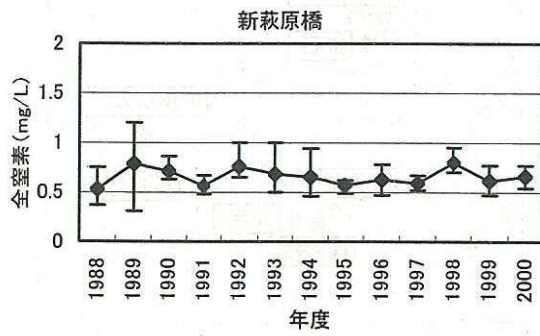
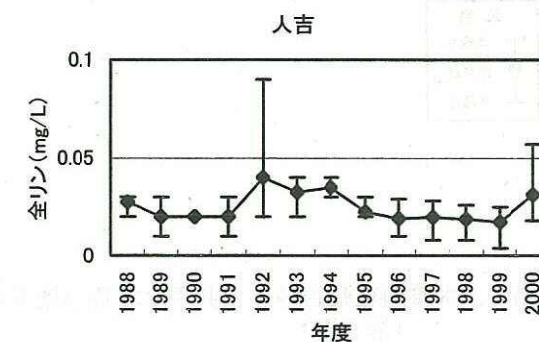
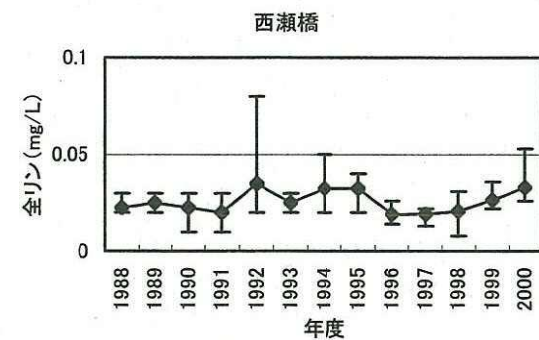
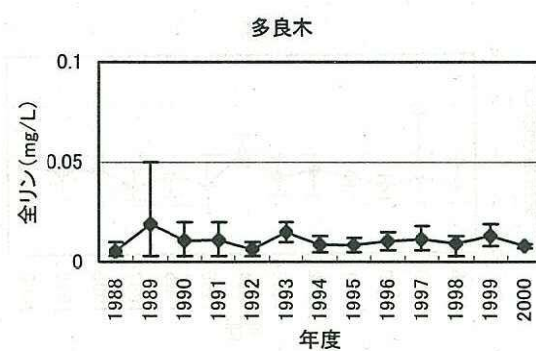
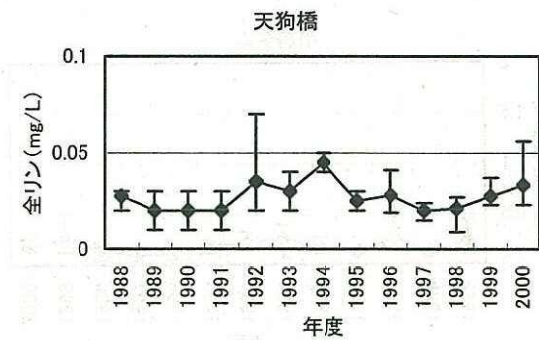
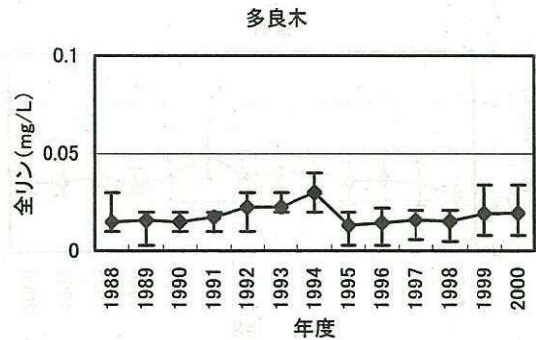
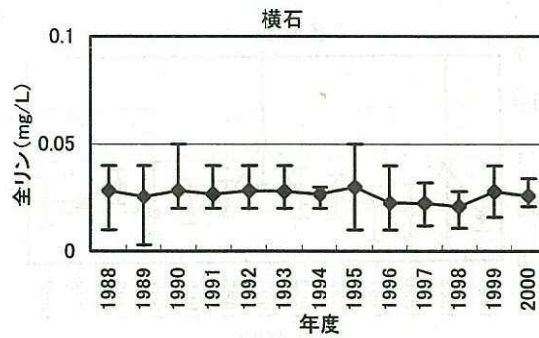
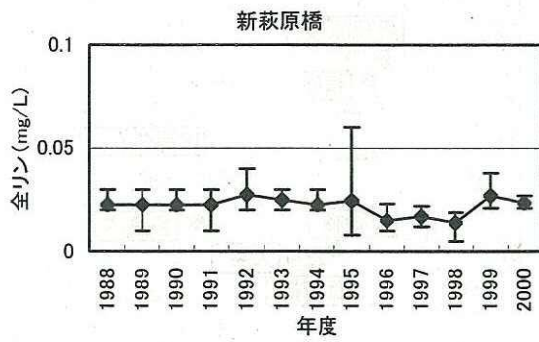


図1.3-2 (2) 球磨川の水質経年変化 (COD)



出典：水質調査報告書（公共用水域及び地下水）
（熊本県）

図1.3-2 (3) 球磨川の水質経年変化（全窒素）



出典：水質調査報告書（公共用水域及び地下水）
（熊本県）

図1.3-2 (4) 球磨川の水質経年変化（全リン）

③流下に伴う変化

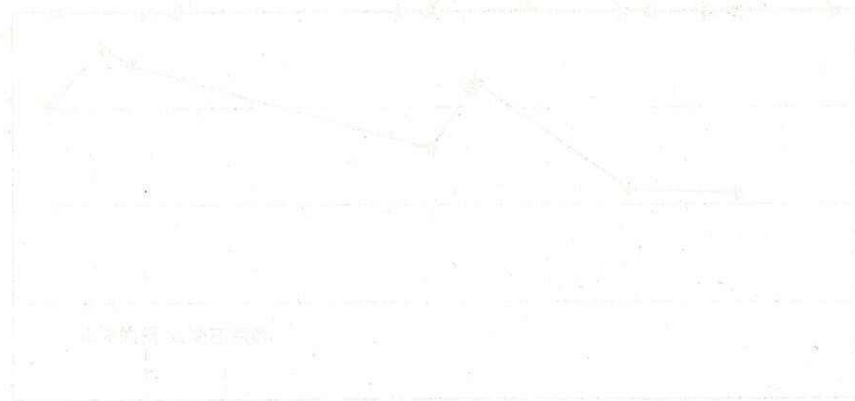
1994～1996（平成6～8）年度の平均水質を用いて、流下に伴う水質変化の状況を図1.3-3に示す。図中には各水質調査点間（市房ダムまで、市房ダムから多良木まで、多良木から天狗橋まで（ただし川辺川、万江川を除く）、天狗橋から坂本橋まで、坂本橋から新萩原橋まで）および、川辺川（ダム上流）、川辺川（ダム下流）、万江川の集水域内に排出される負荷量を熊本県が1995（平成7）年度を対象に算出した市町村別排出負荷量を基に集計し、表示した。

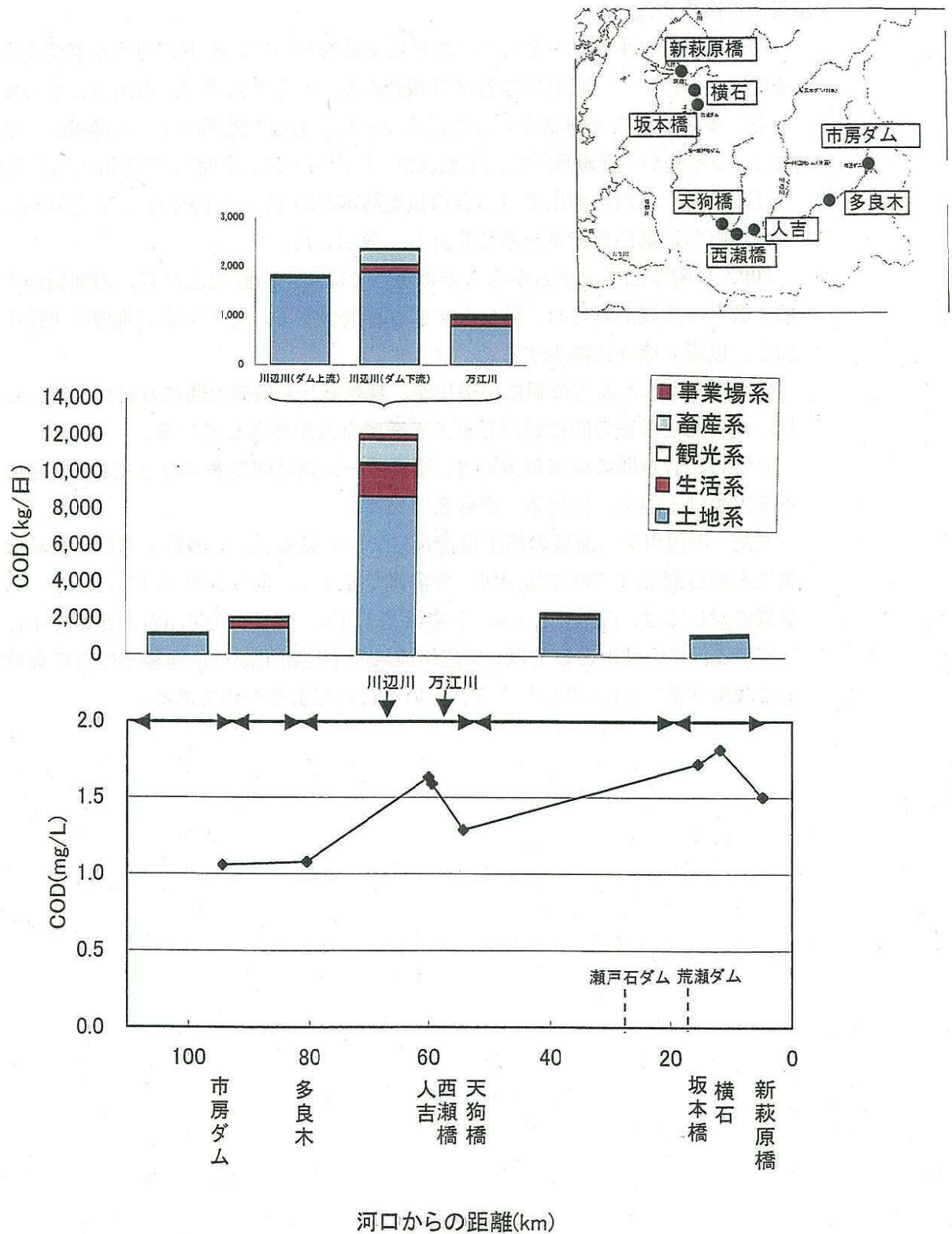
COD、全窒素は市房ダムから人吉にかけて徐々に高濃度となり、西瀬橋から天狗橋で濃度の増減がみられ、横石をすぎると減少する。全リンは天狗橋まで徐々に増加し、以降、徐々に減少する。

なお、多良木と人吉の間に川辺川が、西瀬橋と天狗橋の間に万江川が流入しており、天狗橋と横石の間に瀬戸石ダムと荒瀬ダムが存在している。

各水質調査点間の排出負荷量は、多良木～天狗橋間で多くなっており、その主たる排出源は土地系、生活系、畜産系である。

また、川辺川ダム流域の排出負荷量について見ると、その値が球磨川流域の負荷量に占める割合はCODで8.9%、全窒素で4.2%、全リンで5.4%となり、八代海全域に対しては、CODで1.4%、全窒素で1.0%、全リンで0.5%と非常に小さくなっている。この理由としては、川辺川流域の土地利用が単位面積あたりの負荷量の小さな山林系で94～98%占められていることによるものである。

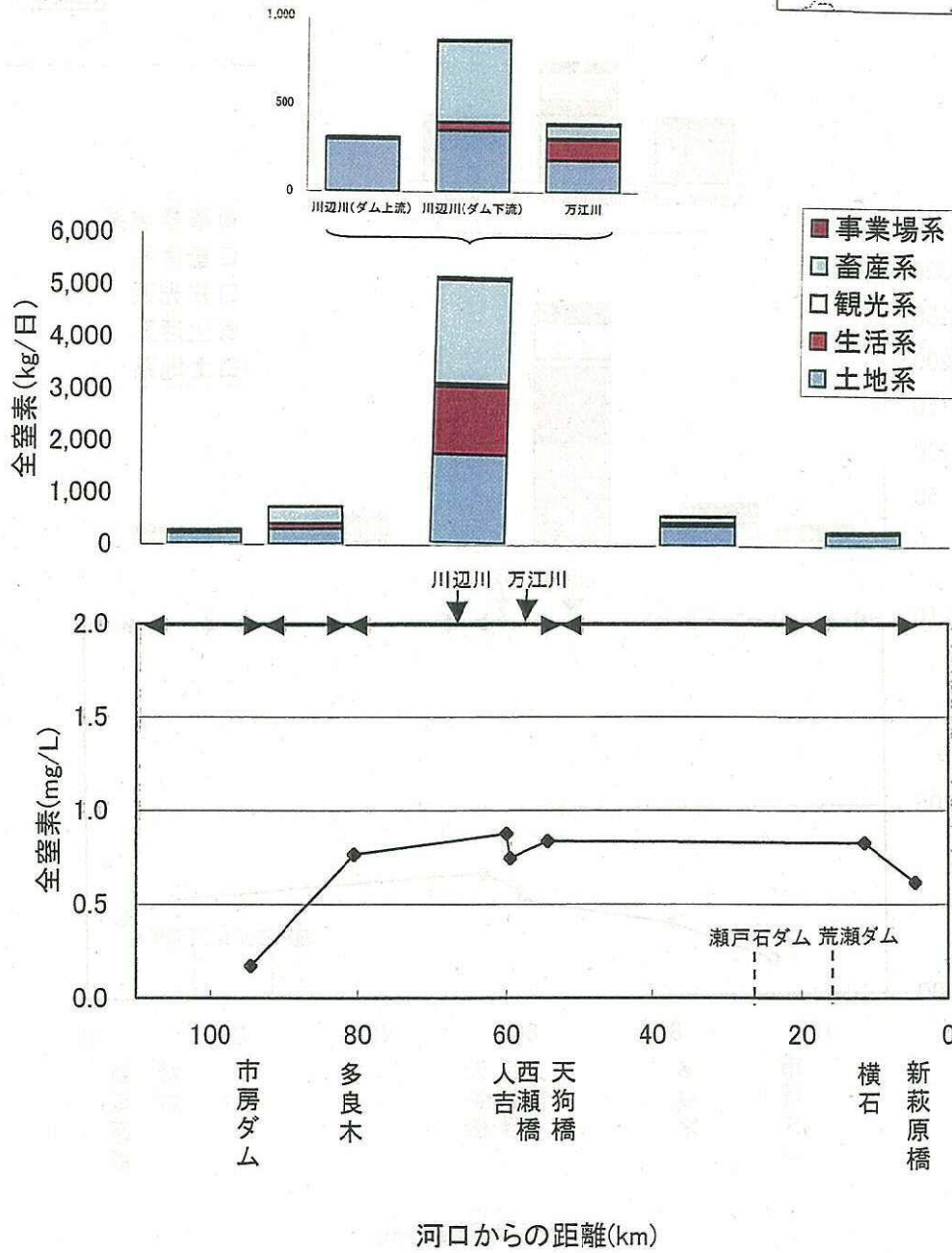
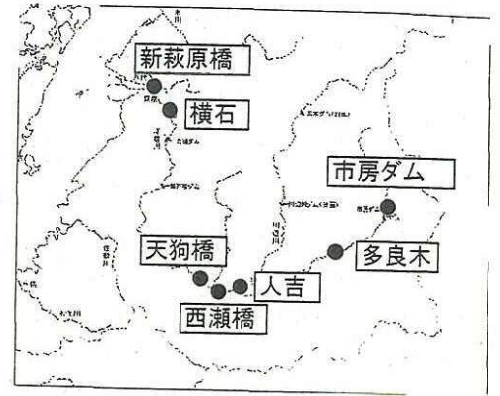




出典：熊本県資料

水質調査報告書（公共用水域及び地下水）熊本県

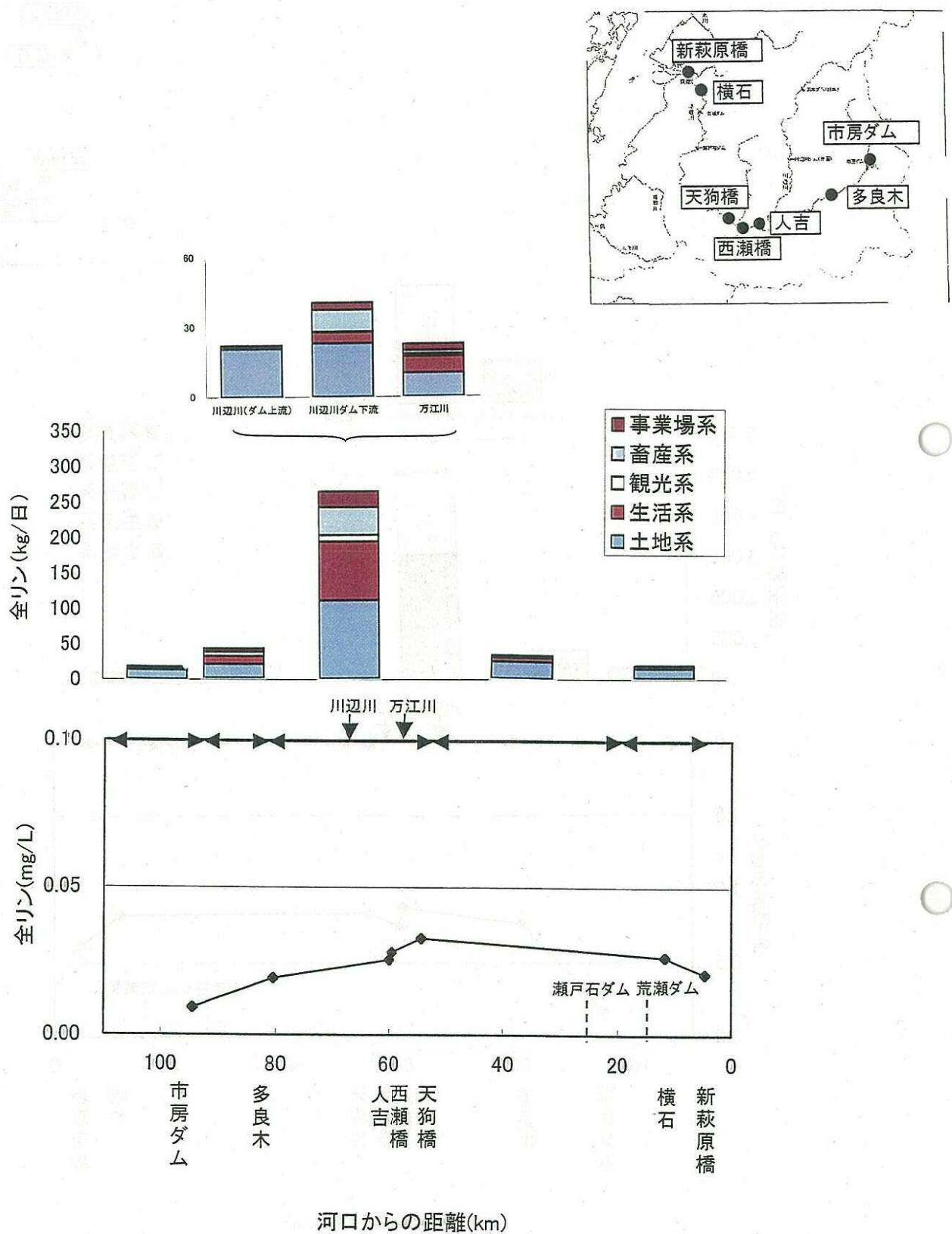
図 1.3-3 (1) 球磨川流域の区間別排出負荷量（1995 年度）と
流下に伴う水質変化（1994～1996 年度平均値）：COD



出典：熊本県資料

水質調査報告書（公共用水域及び地下水）熊本県

図 1.3-3 (2) 球磨川流域の区間別排出負荷量（1995 年度）と
流下に伴う水質変化（1994～1996 年度平均値）：全窒素



出典：熊本県資料

水質調査報告書（公共用水域及び地下水）熊本県

図 1.3-3 (3) 球磨川流域の区間別排出負荷量（1995 年度）と
流下に伴う水質変化（1994～1996 年度平均値）：全リン

(2) 既設ダムの放流量について

球磨川における既設ダムと横石の流量の時間変化を図 1.3-4 に示す。

ここでは、八代海で漁業被害を伴う赤潮の発生がみられた年のうちから、発生時期に出水のみられた 1991 年（平成 3 年）と水量の少なかった 1998 年（平成 10 年）夏季の流量を示した。また、2001 年 6 月に実施した現地調査時にも、現時点で漁業被害の報告はないが、上記の漁業被害をともなった赤潮プランクトンの発生が見られたため、2001 年 6 月の流量についても示した。

小規模な出水時に当たる 1991 年夏季には、横石では期間中ほぼ豊水流量以上となっており、上流の市房ダムから下流の瀬戸石ダム・荒瀬ダム・横石にかけて、ほぼ類似した流出パターンを示している。

水量の少なかった 1998 年夏季には、横石では低水流量から豊水流量の間を上下しており、瀬戸石ダムの放流量は昼夜で大きく変動しているが、横石の流量は荒瀬ダムの放流量にほぼ制御されている。

2001 年 6 月の現地調査実施時には、1991 年夏季で示した流量を上回る量の出水がみられているが、1991 年夏季と同様、瀬戸石ダム・荒瀬ダム・横石にかけて類似した流出パターンとなっている。

- 1991 年（平成 3 年）夏季の赤潮発生状況
8/5～8/14 コクロデニウム ポリクリコイデス *Cochlodinium polykrikoides* が田浦町、津奈木町に発生
- 1998 年（平成 10 年）夏季の赤潮発生状況
7/29～8/10 シャットネラ アンティカ *Chattonella antiqua* が大矢野島・維和島から御所浦周辺に発生
8/6～8/18 コクロデニウム ポリクリコイデス *Cochlodinium polykrikoides* が津奈木町地先に発生
- 2001 年（2001 年）現地調査時の赤潮発生状況
6/20～6/25 コクロデニウム ポリクリコイデス *Cochlodinium polykrikoides* が御所浦周辺に発生

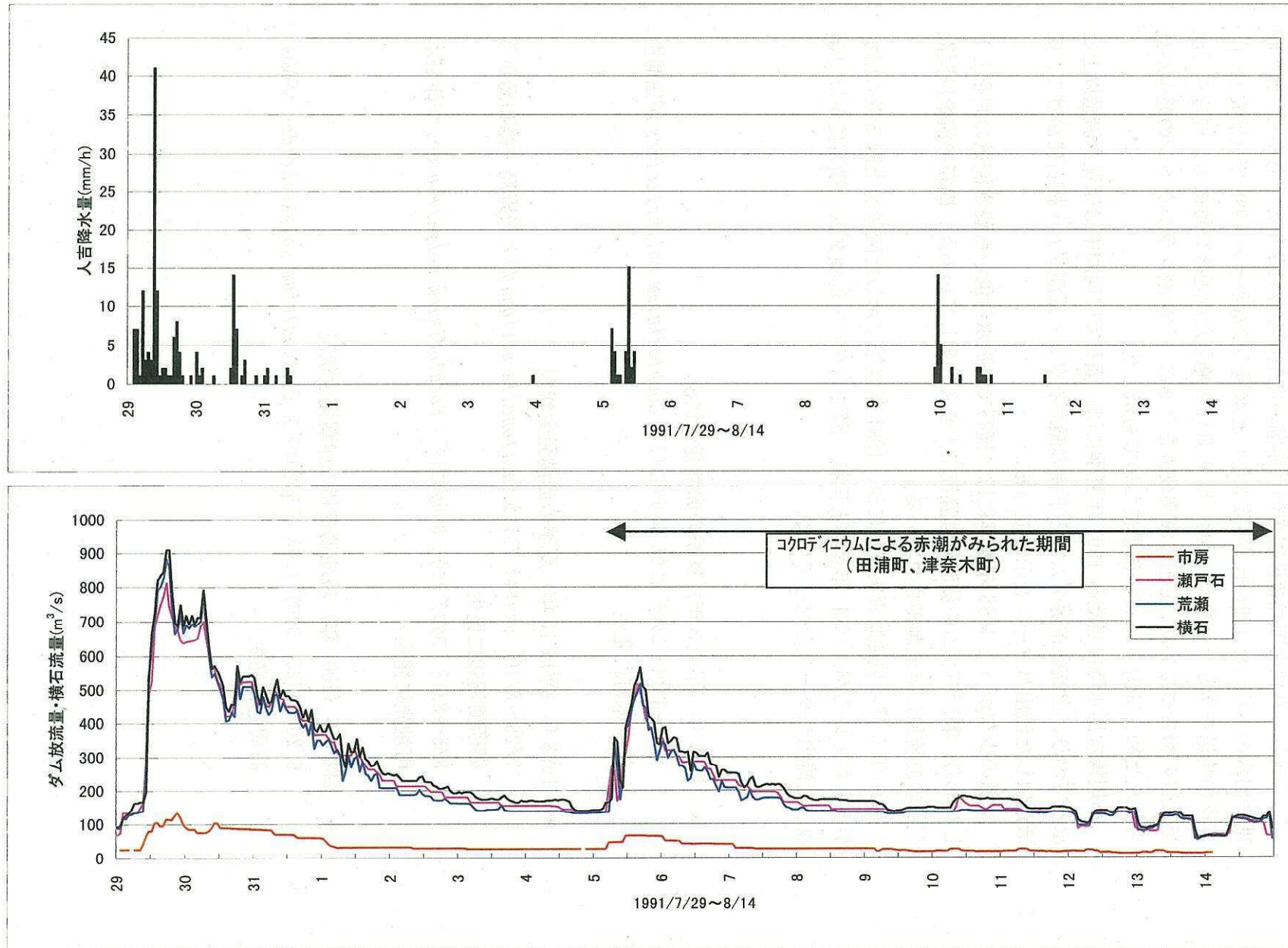


図1.3-4(1) 球磨川流域のダムと横石地点の流出特性(1991年夏季)

出典：流量は国土交通省資料、熊本県資料
降水量はアメダス観測資料

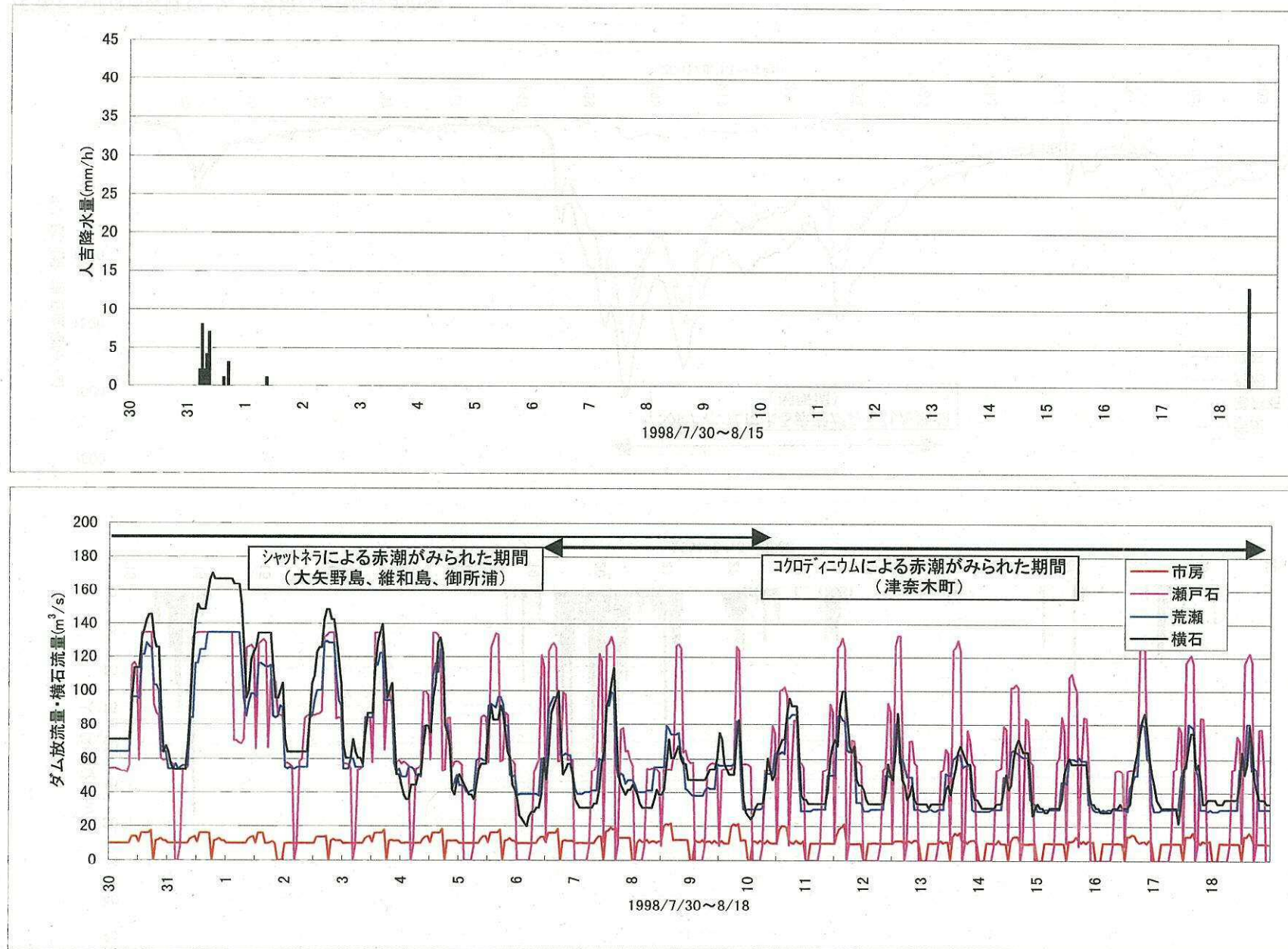
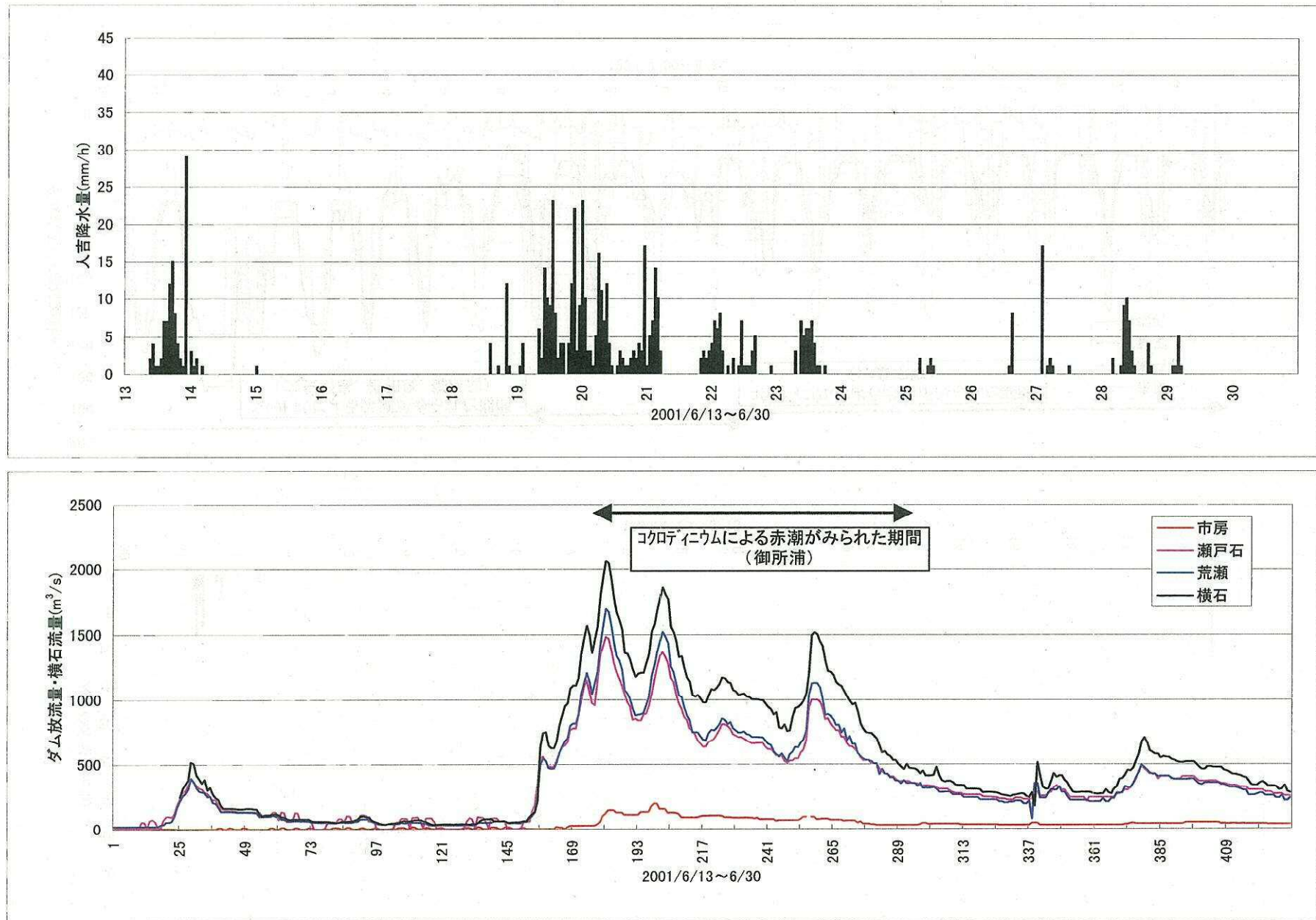


図1.3-4(2) 球磨川流域のダムと横石地点の流出特性(1998年夏季)

出典：流量は国土交通省資料、熊本県資料
 降水量はアメダス観測資料



注)横石流量は速報値であり、今後修正の可能性がある。

出典：流量は国土交通省資料、熊本県資料
 降水量はアメダス観測資料

図1.3-4(3) 球磨川流域のダムと横石地点の流出特性(2001年夏季)

(3) 既設ダムの赤潮発生について

球磨川における既設ダム（荒瀬ダム、瀬戸石ダム、位置は図 1. 3-1 参照）での最近の赤潮（淡水赤潮）発生状況を表 1. 3-2 に、発生位置を図 1. 3-5 に示す。

荒瀬ダムでは、2000 年には 5 月から 9 月にかけて赤潮がみられており、2001 年になってからは 4 月にも赤潮が発生している。瀬戸石ダムでは、1994 年と 1998 年には 9 月に赤潮が発生しているが、2000 年と 2001 年には 5 月から発生がみられる。

表 1. 3-2 赤潮の発生状況

・荒瀬ダム

発生年月日	発生地点
1999 年 6 月	百済木川
2000 年 5 月 9～13 日	球磨川No. 4～No. 9 付近
2000 年 7 月 10, 11 日	百済木川No. 4～No. 5 付近
2000 年 7 月 18, 19 日	百済木川No. 4～No. 5 付近
2000 年 7 月 24, 25 日	百済木川No. 3～No. 5 付近
2000 年 8 月 11～17 日	百済木川No. 3～No. 5 付近
2000 年 9 月 1 日	百済木川No. 3～No. 5 付近
2000 年 9 月 1 日～10 月 17 日	百済木川No. 1～No. 5 付近
2001 年 4 月 17～19 日	球磨川No. 7～No. 13 付近
2001 年 5 月 23, 24 日	百済木川No. 3～No. 5 付近

・瀬戸石ダム

発生年月日	発生地点
1994 年 9 月 22 日	吉尾川合流点から下流
1998 年 9 月 7～10 日	ダム～吉尾川合流点にかけて
1998 年 9 月 22 日	ダム～内ノ木場合流点にかけて
2000 年 5 月 10～16 日	ダム～平谷合流点にかけて
2001 年 5 月 15, 17, 18 日	ダム～内ノ木場合流点にかけて

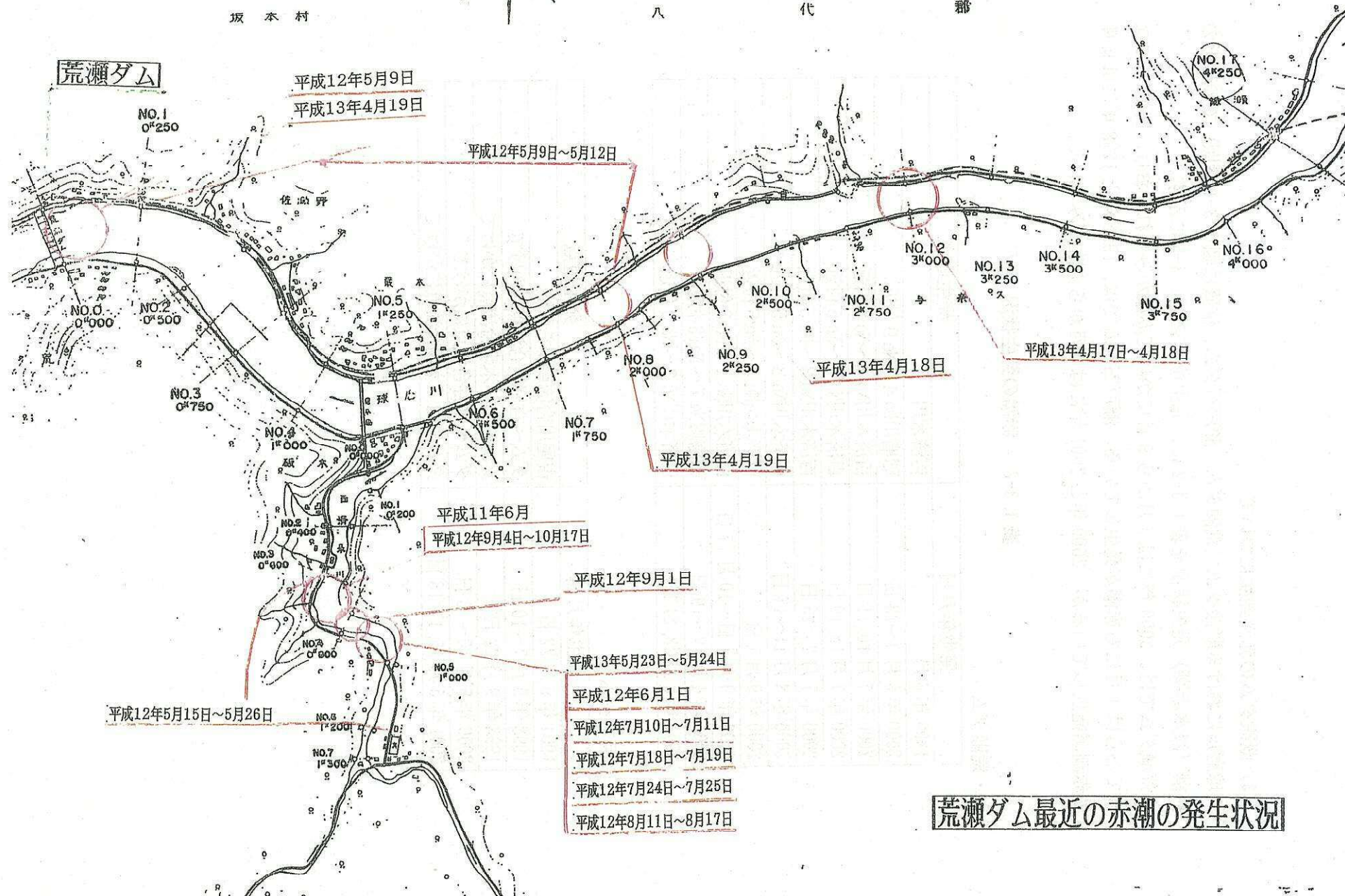


図 1. 3-5(1) 赤潮の発生状況 (荒瀬ダム)

出典：熊本県資料より作成

瀬戸石ダム最近の赤潮の発生状況

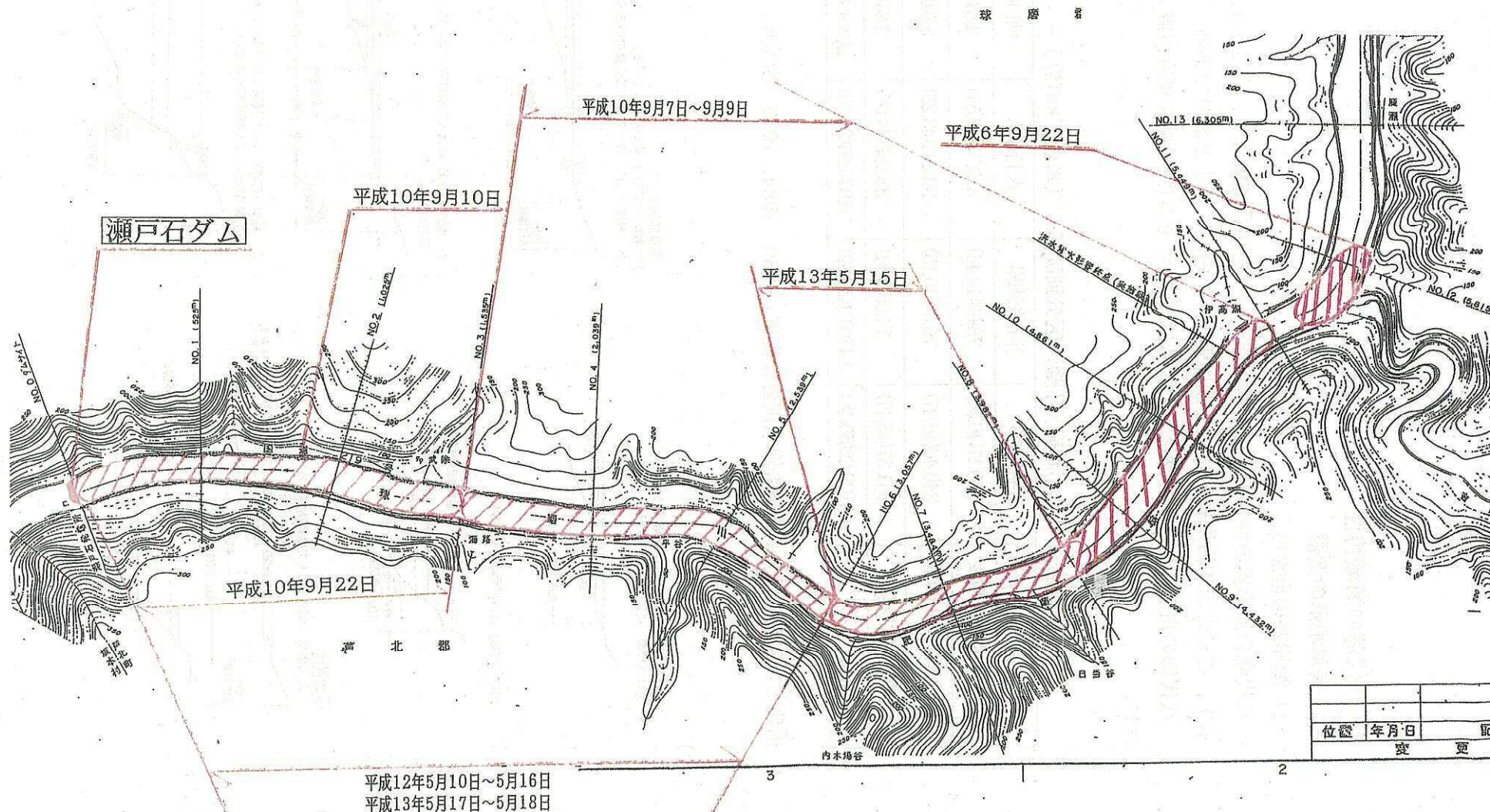


図 1.3-5(2) 赤潮の発生状況 (瀬戸石ダム)

出典：電源開発株式会社資料より作成

2. 八代海の海域特性

2.1 海岸地形の変遷

(1) 海岸線の自然度

八代海の海岸線の性状の変遷を環境庁データを用いて整理し、表 2.1-1、表 2.1-1 に示す。ここに示す海岸線形状の分類は表 2.1-1 の注に示すとおりである。

八代海の自然海岸、半自然海岸の割合は約 55%であり、1978 年度以降大きな変化はない。

表 2.1-1 海岸（汀線）区分別延長 [単位：km(%)]

年度	自然海岸	半自然海岸	人工海岸	河口部	計
1978 年(昭和 53 年度)	350.11(46.54)	78.53(10.44)	319.77(42.51)	3.84(0.51)	752.25
1984 年(昭和 59 年度)	346.46(46.07)	76.56(10.18)	325.25(43.25)	3.84(0.51)	752.11
1993 年(平成 5 年度)	341.37(45.47)	74.65(9.94)	330.96(44.08)	3.84(0.51)	750.82
全国 (1993 年度)	18,109.22(55.18)	4,470.01(13.62)	9,974.05(30.39)	263.96(0.80)	32817.24

出典：自然環境保全基礎調査海域調査報告書（1980、1984、1995、環境庁）

注)

自然海岸（海岸（汀線）に人工構築物がない。）
海岸（汀線）に浜が発達している。

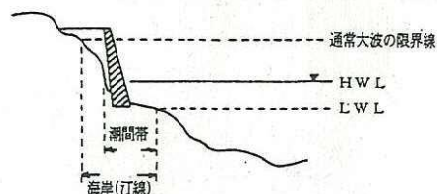


海岸（汀線）に浜が発達していない。



人工海岸

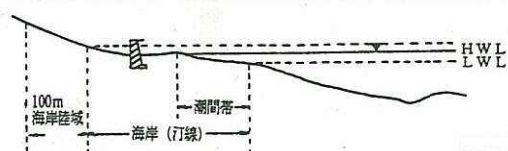
人工海岸（潮間帯に人工構築物がある）



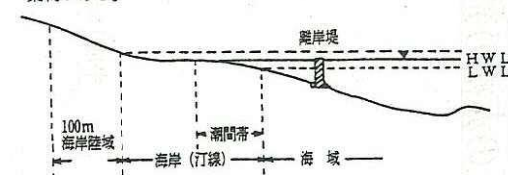
半自然海岸

① 海岸（汀線）に浜が発達している。

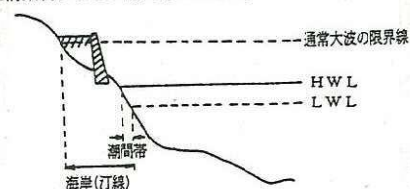
ア 海岸（汀線）の一部に人工構築物があるが、潮間帯にはない。

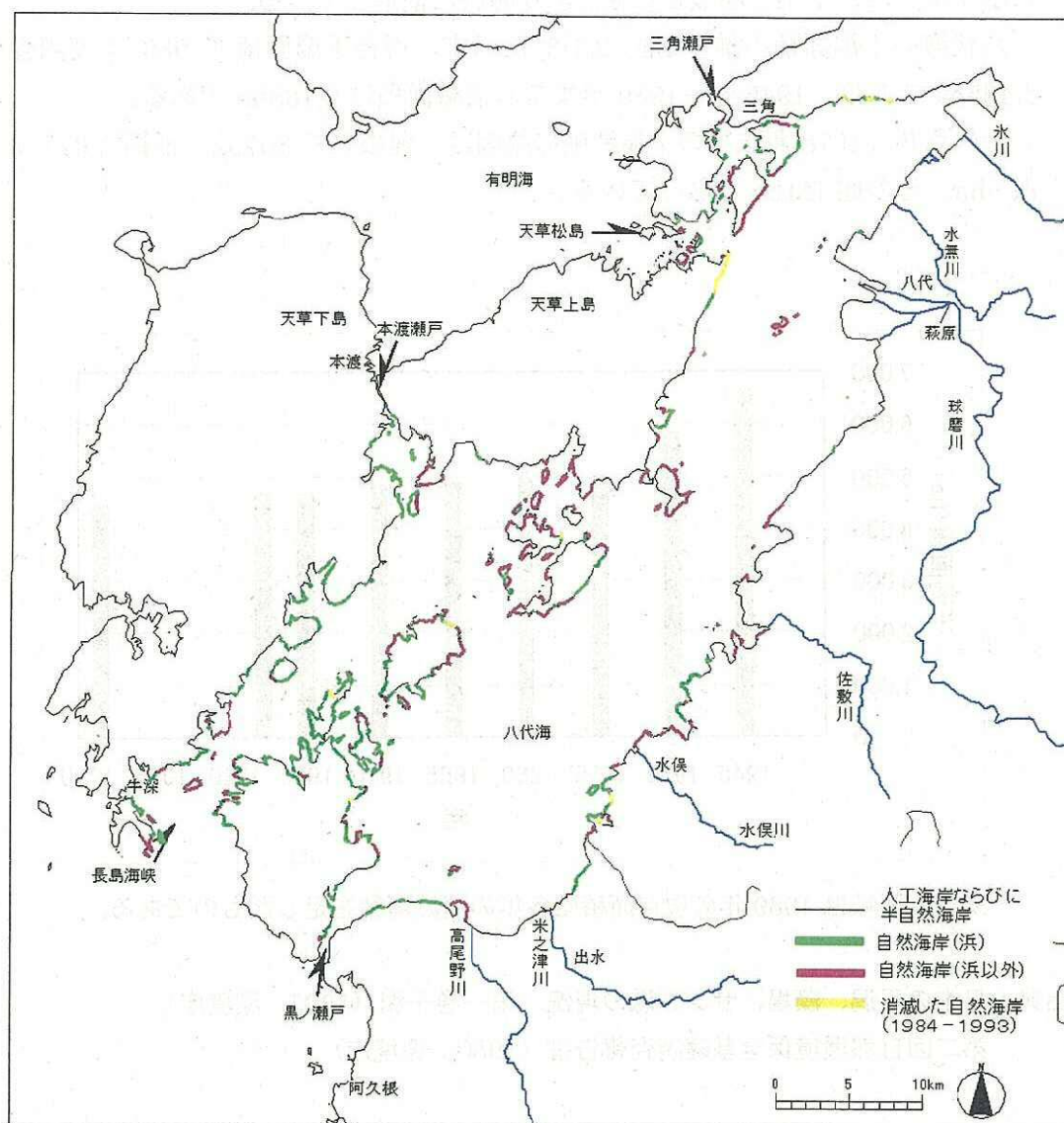


イ 海岸（汀線）には人工構築物はないが、海域に離岸堤等人工構築物がある。



② 海岸（汀線）に浜が発達していない。海岸（汀線）の一部に人工構築物があるが潮間帯にはない。





出典：第4回自然環境保全基礎調査熊本県自然環境情報図（1995、環境庁）
 第4回自然環境保全基礎調査鹿児島県自然環境情報図（1995、環境庁）

図 2.1-1 八代海の海岸線性状（1992（平成4）年現在）

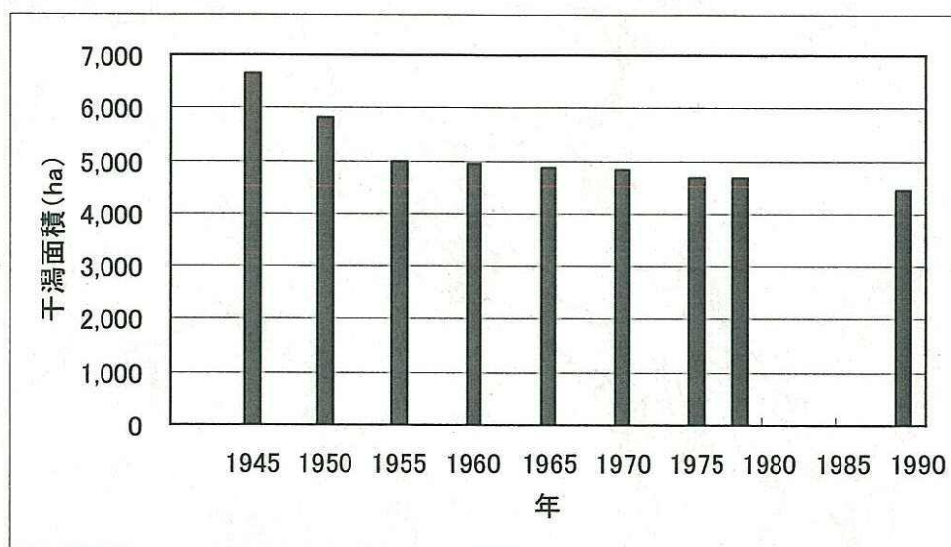
(2)干潟

①面積の変遷

八代海の北部には、干潟が広く分布している。八代海北部水域の海岸線は図 2.1-2 に示すように、干拓・埋め立て等により海側に前進している。

八代海の干潟面積の推移を図 2.1-3 に示す。現存干潟面積（1989 年度調査）は 4,465ha であり、1945 年～1989 年までの消滅面積は 2,188ha である。

そのうち、1978 年までの干潟消滅の原因は、埋め立て 807ha、干拓 1,071ha、浚渫 0ha、その他 111ha となっている。

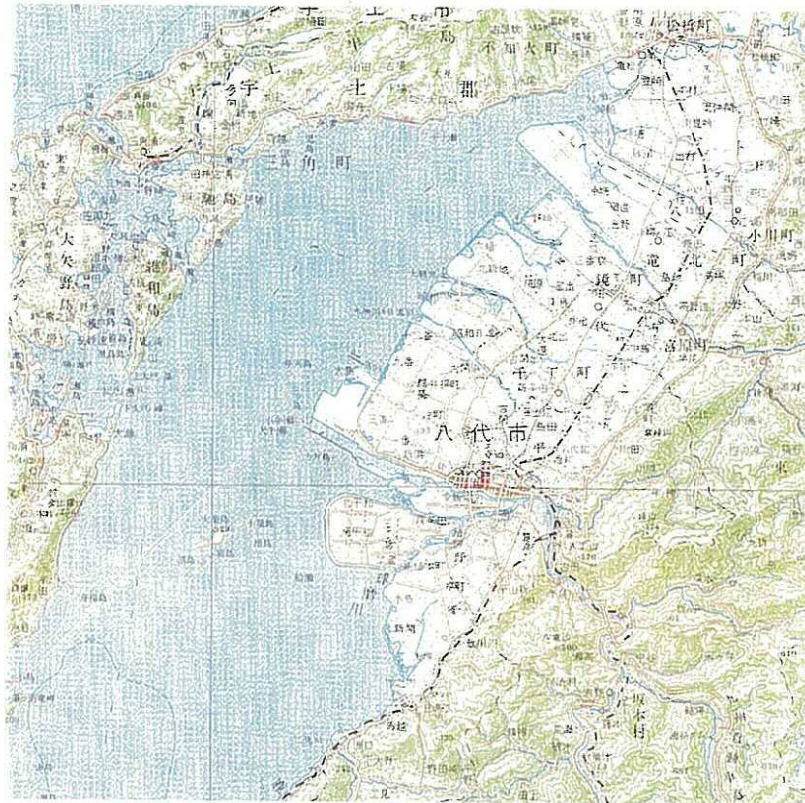


※干潟面積は 1989 年の現存面積に各年の消滅面積を足したものである。

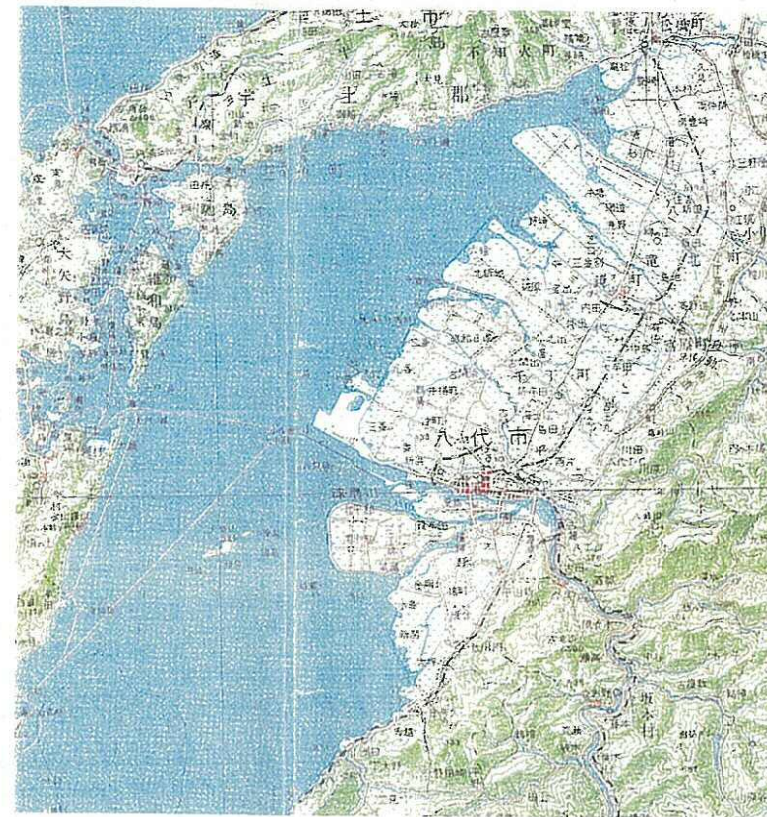
出典：日本の干潟、藻場、サンゴ礁の現況 第一巻干潟（1997、環境庁）
第二回自然環境保全基礎調査報告書（1980、環境庁）

図 2.1-3 干潟面積の推移

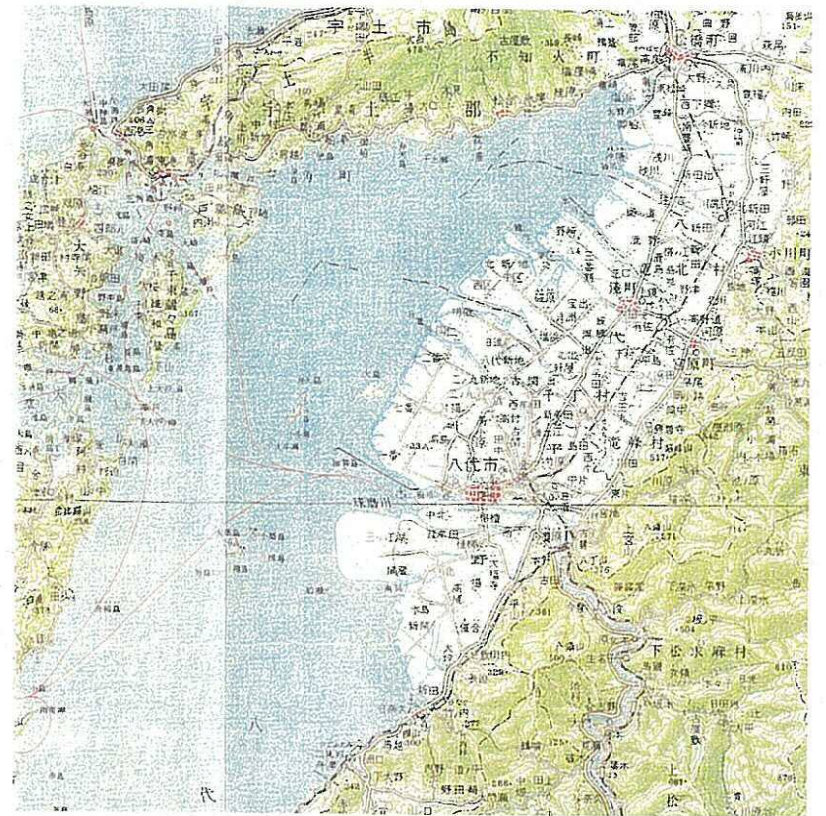
2000年（平成12年）



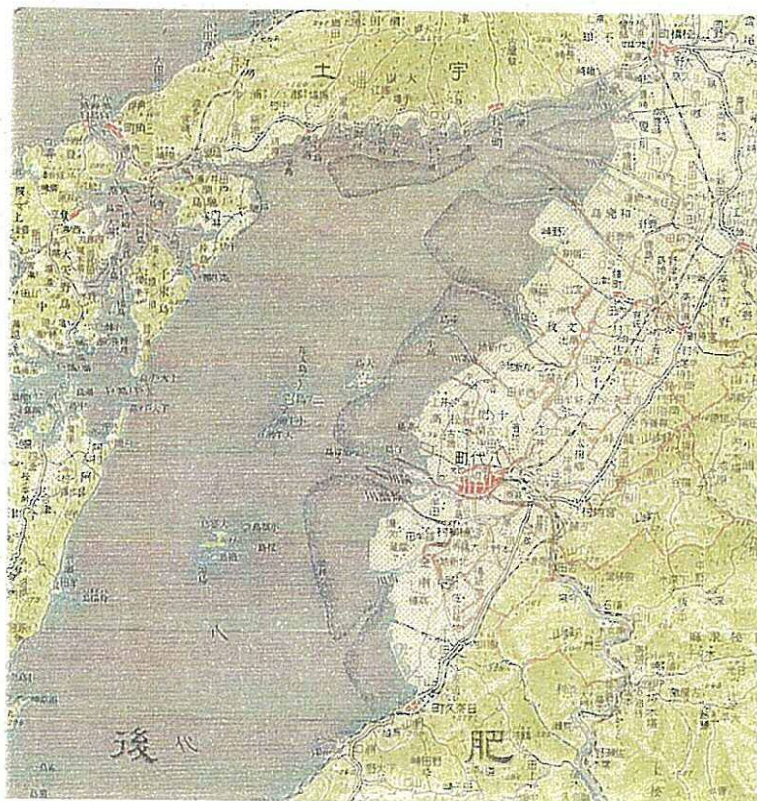
1981年（昭和56年）



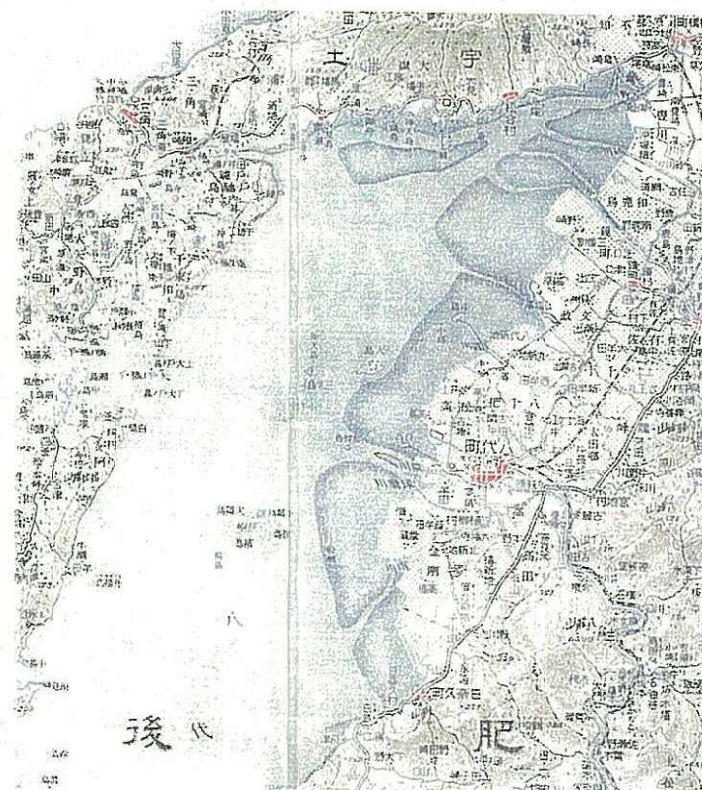
1961年（昭和36年）



1932年（昭和7年）



1920年（大正9年）



1890年（明治22年）

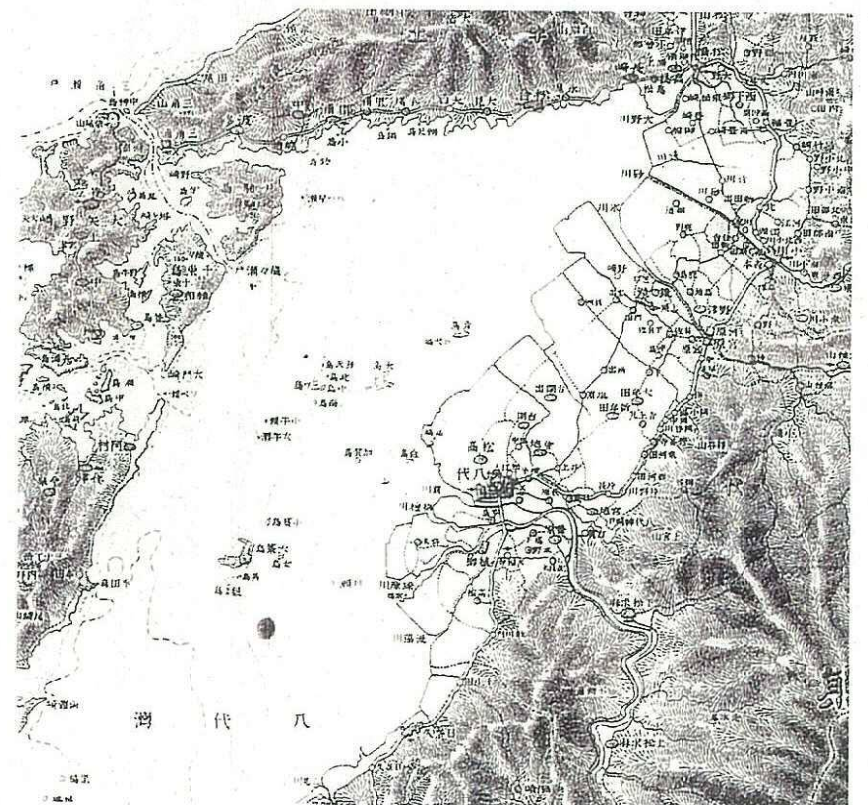


図 2.1-4 沿岸地形の変遷

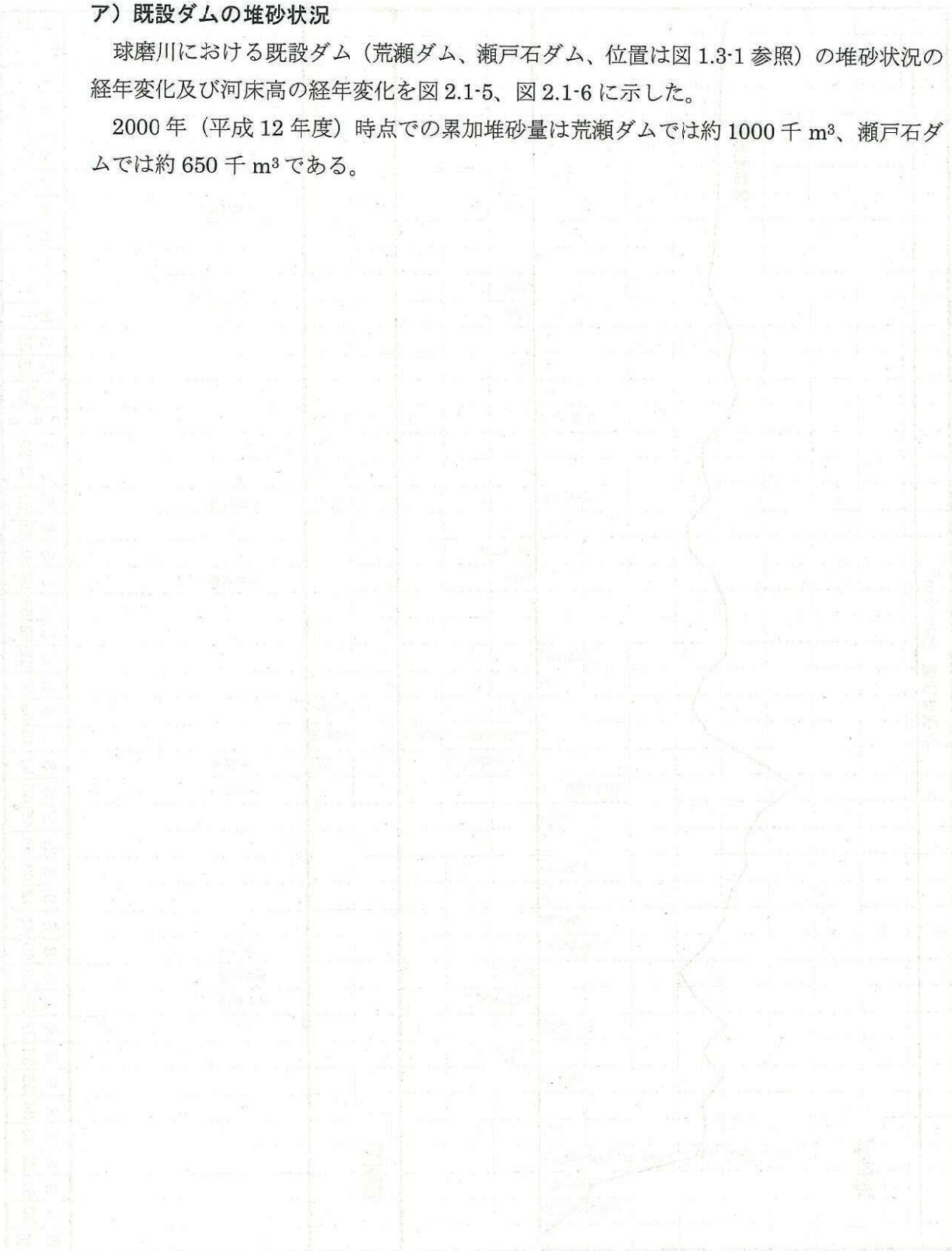
出典：国土地理院発行の地勢図

②関連情報の整理

ア) 既設ダムの堆砂状況

球磨川における既設ダム（荒瀬ダム、瀬戸石ダム、位置は図 1.3-1 参照）の堆砂状況の経年変化及び河床高の経年変化を図 2.1-5、図 2.1-6 に示した。

2000 年（平成 12 年度）時点での累加堆砂量は荒瀬ダムでは約 1000 千 m^3 、瀬戸石ダムでは約 650 千 m^3 である。



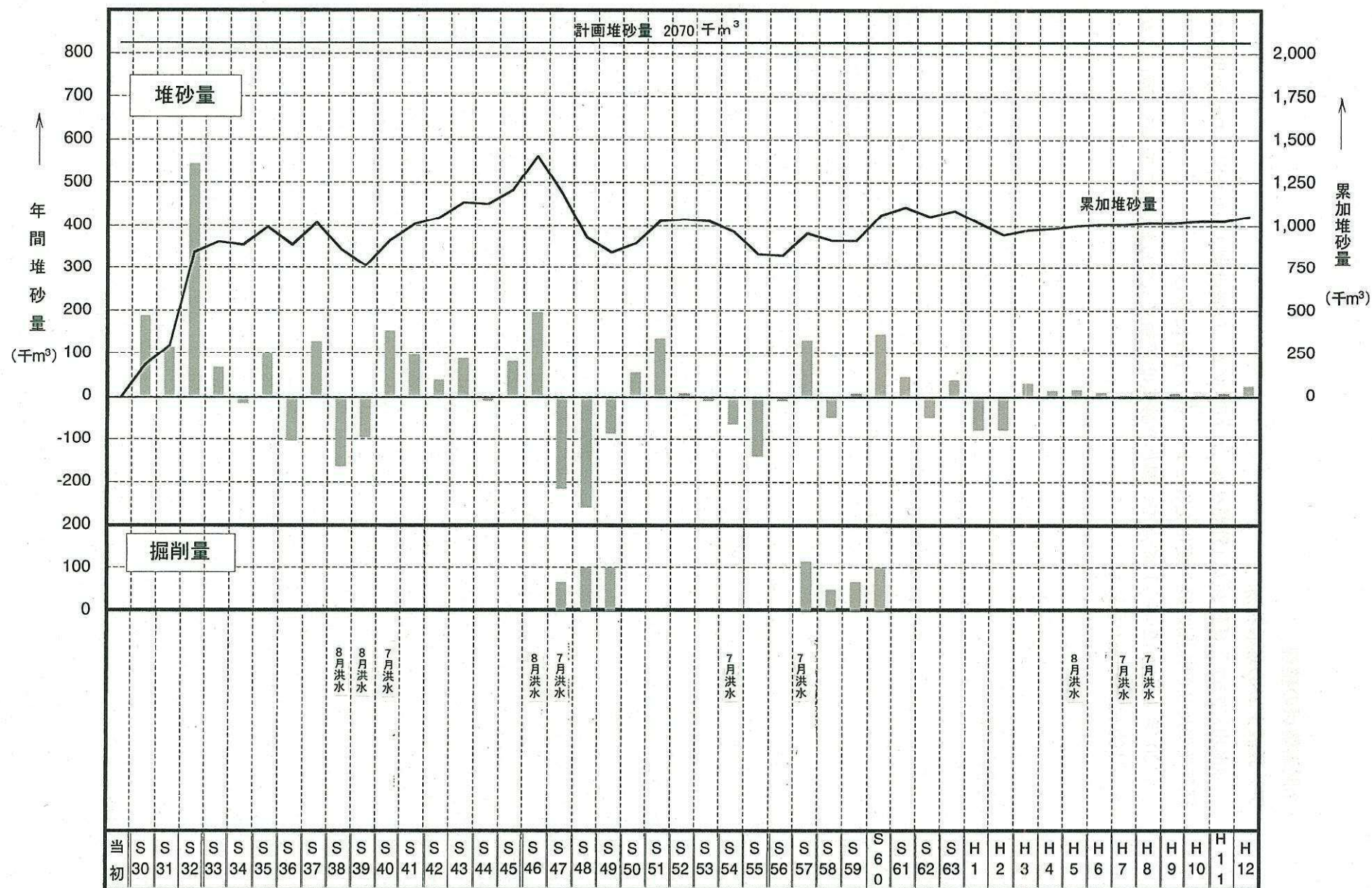


図 2. 1-5 (1) 荒瀬ダム堆砂量の経年変化

出典：熊本県資料より作成

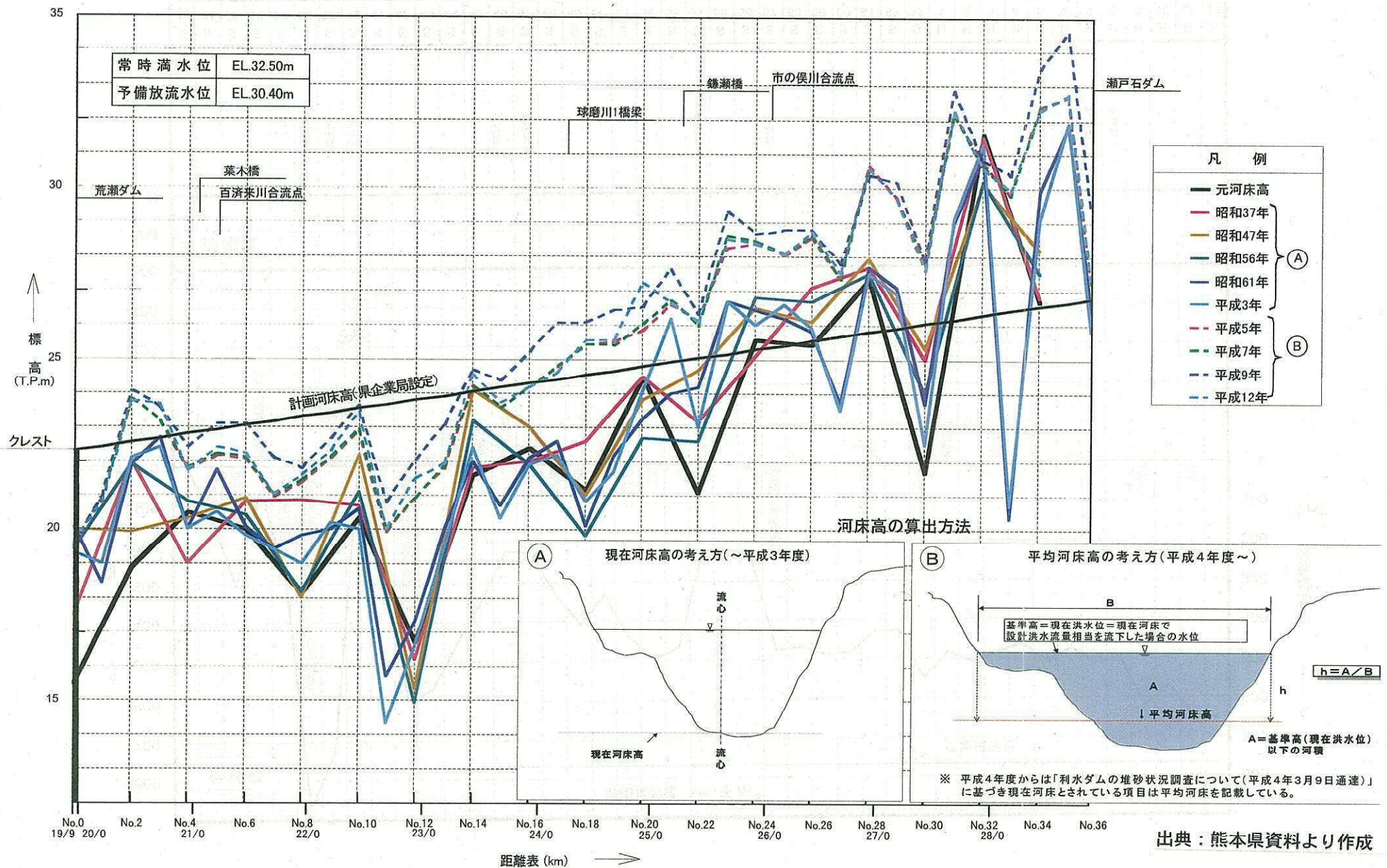


図 2.1-5(2) 荒瀬ダム河床高の経年変化

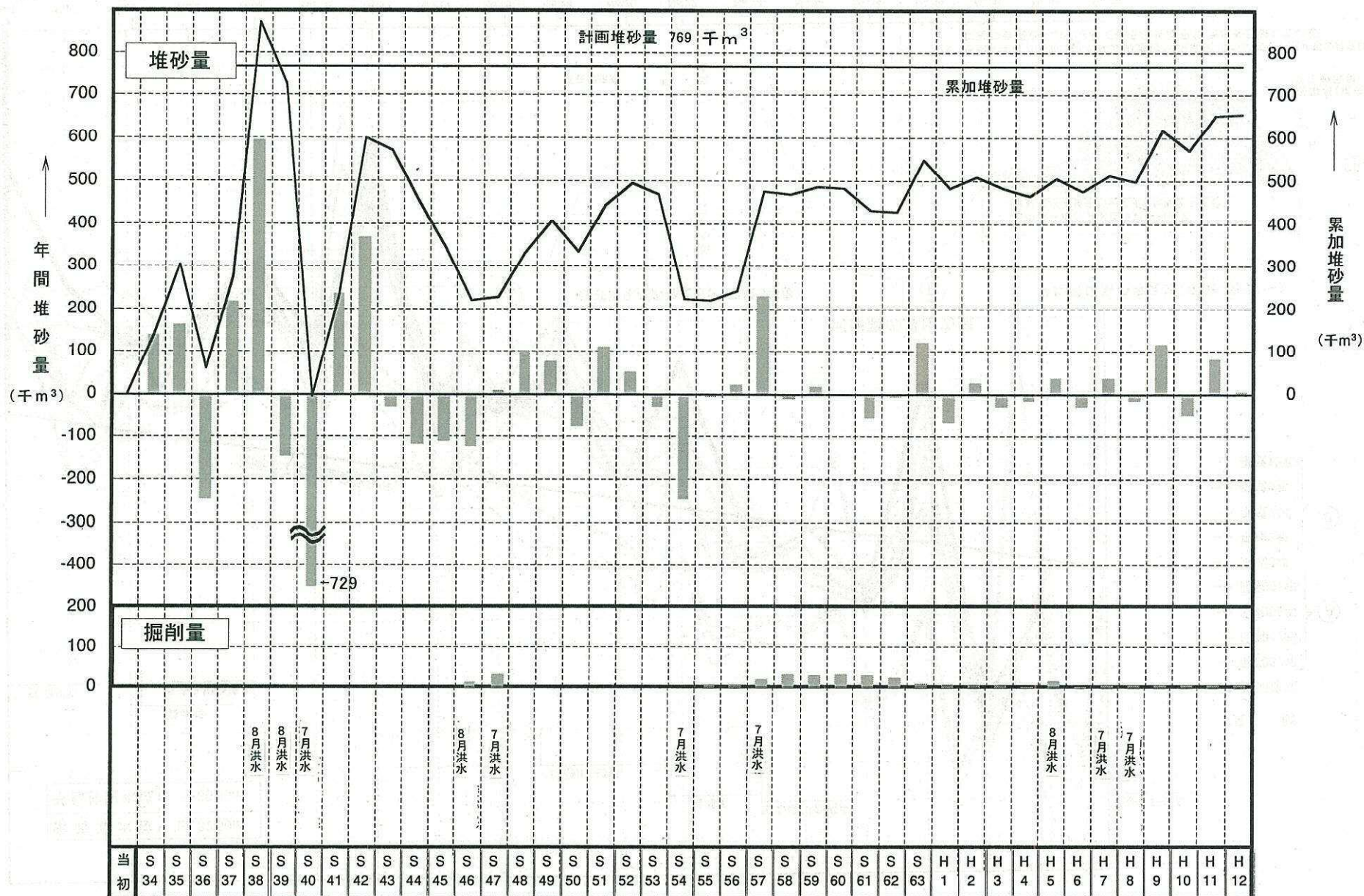


図 2.1-6(1) 瀬戸石ダム堆砂量の経年変化

出典：電源開発株式会社資料より作成

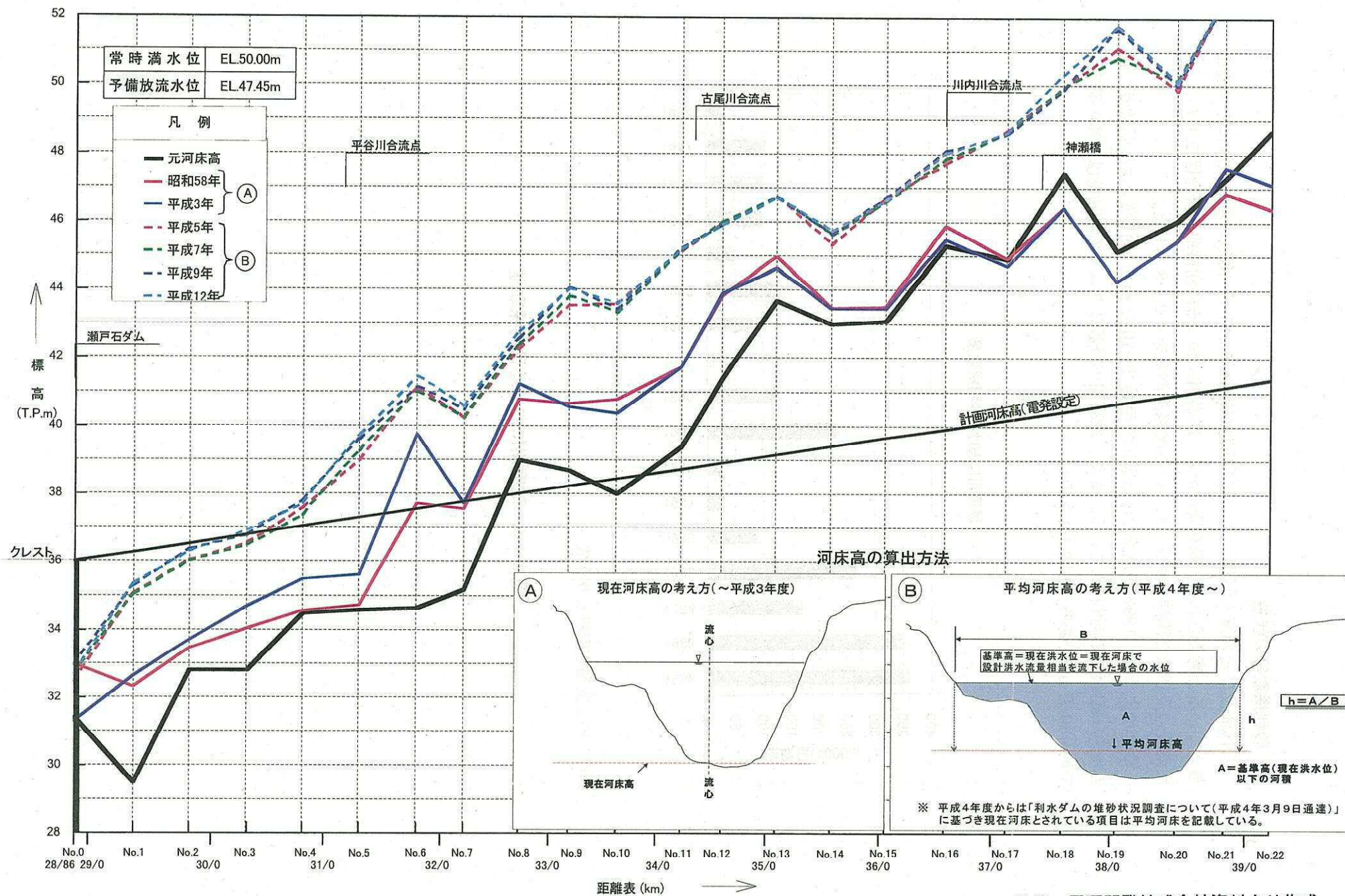


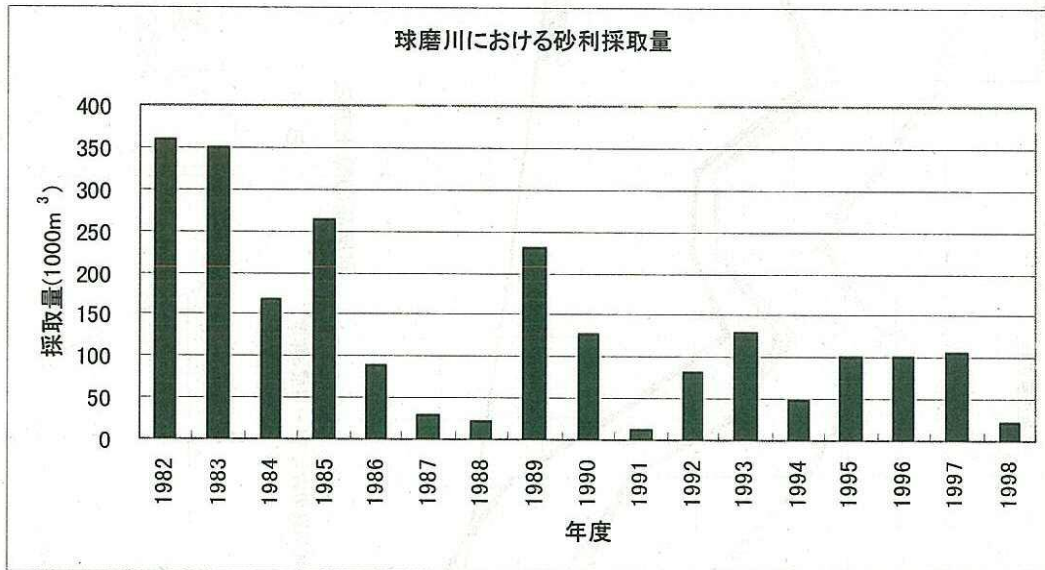
図 2.1-6(2) 瀬戸石ダム河床高の経年変化

出典：電源開発株式会社資料より作成

イ) 砂利採取等の状況

八代海及びその流入河川では、砂利採取が行われており、海域の堆砂状況にも影響を与えていると考えられる。既存資料から、球磨川における砂利採取状況を図 2.1-7 に、八代港周辺及び米之津港で実施されている航路浚渫量を図 2.1-8 示した。

これによると、1996 年以降では球磨川で年間 2～10 万 m^3 、八代海では年間数万～70 万 m^3 の航路浚渫が行われている。また、球磨川の既設 3 ダムでの堆砂量は 2000 年時点で約 480 万 m^3 である（図 2.1-4 参照）。



出典：国土交通省資料より作成

図 2.1-7 球磨川における砂利採取量

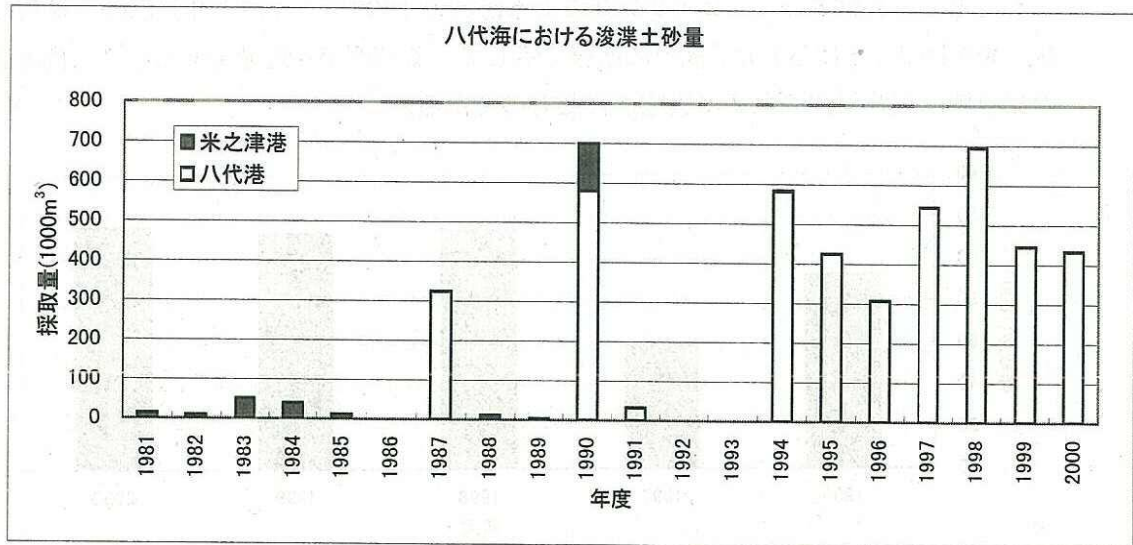


図 2. 1-8 八代港周辺での航路浚渫位置と量

参考として、熊本県でのヒアリングによる海域の1996年（平成8年）以降の砂利採取域と量を図2.1-9に示した。図中に赤線で示している範囲が採取域であるが、八代港北側の採取域は航路浚渫のために実施されたものである。

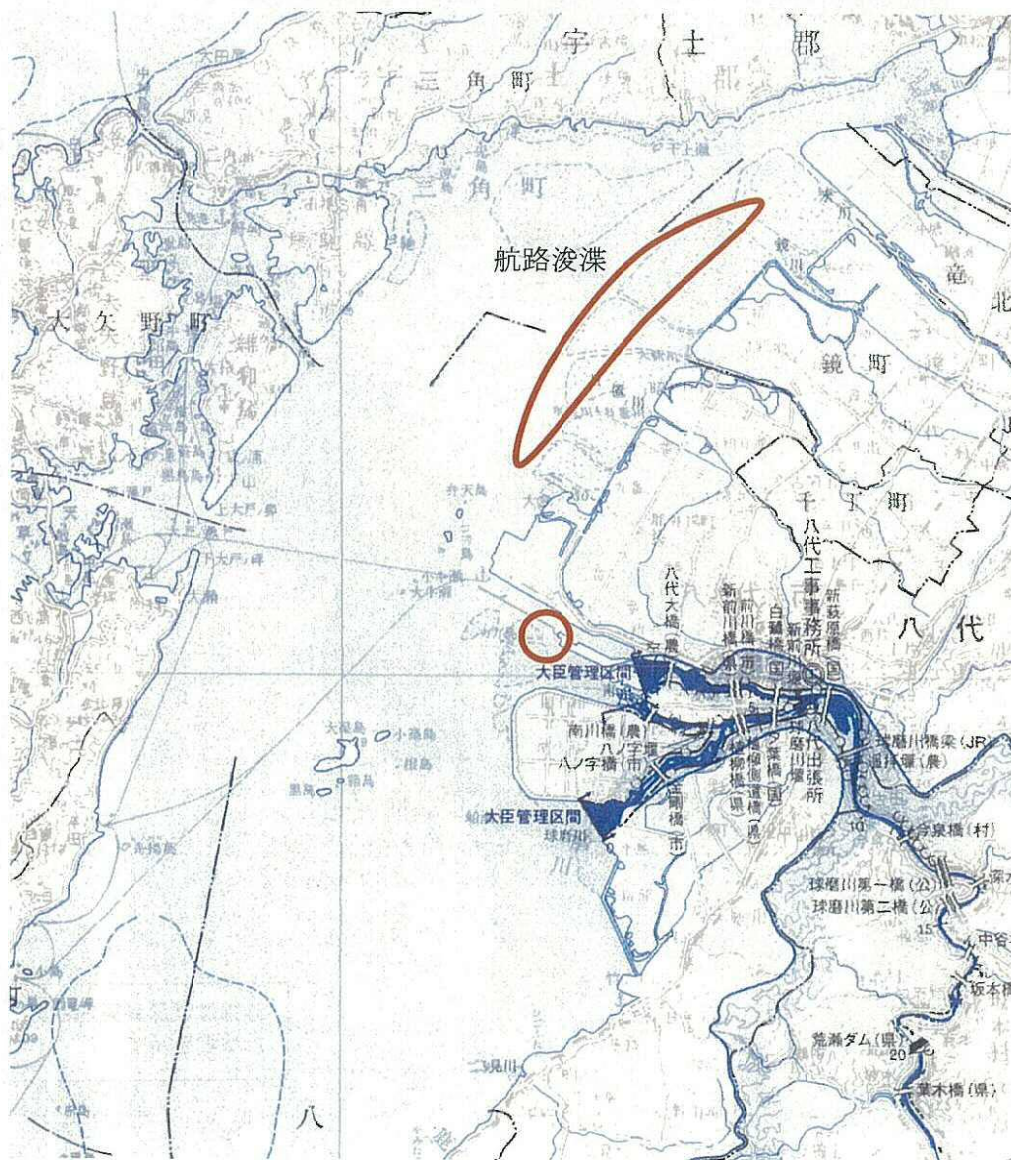
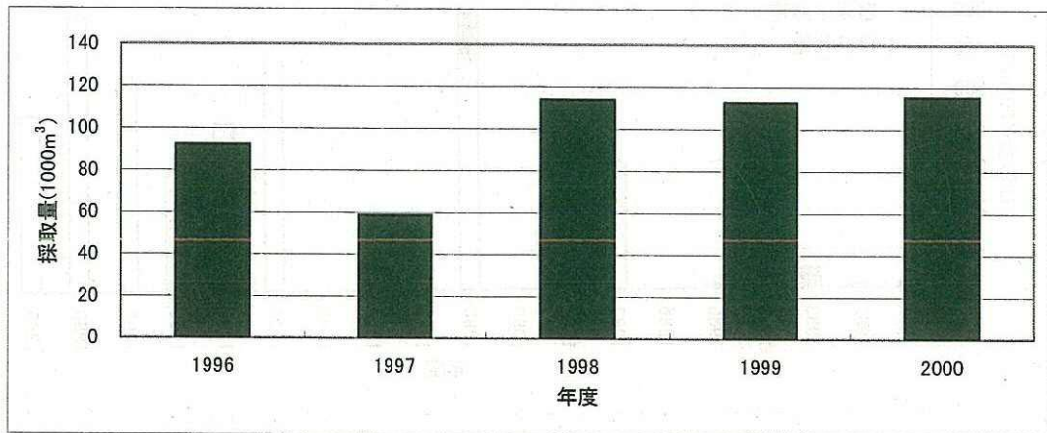


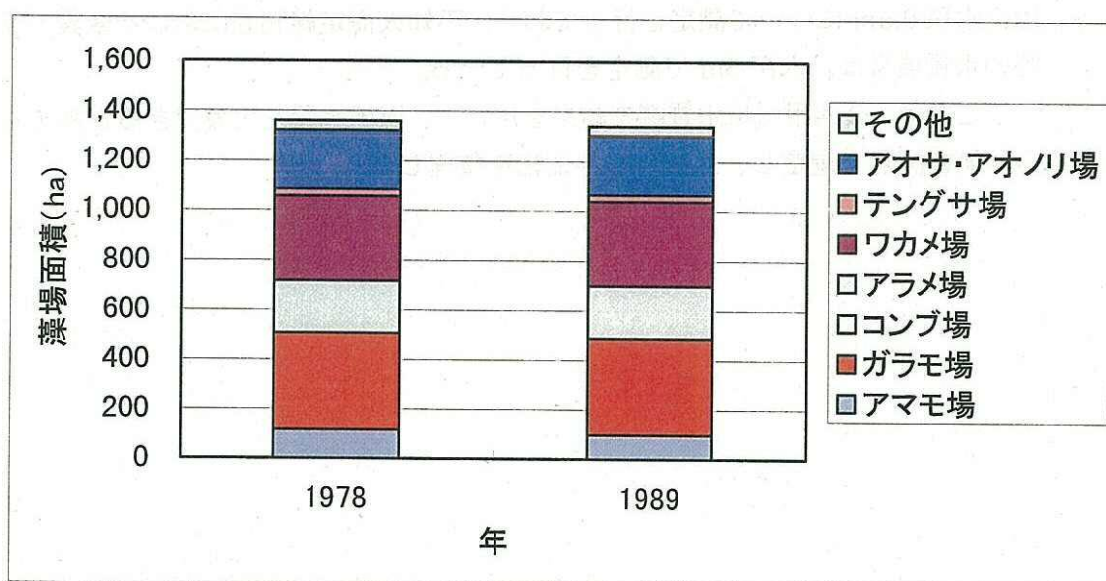
図2.1-9 海域の砂利採取位置（ヒアリング結果）

(3)藻場

八代海の藻場面積の推移を環境庁のデータを用い、図 2.1-8 に示す。現存藻場面積（1989 年度調査）は 1,339ha であり、タイプ別に集計すると重複分を含めて 2,019ha となる。各藻場の面積割合を見ると、ガラモ場（28.9%）、ワカメ場（25.4%）、アオサ・アオノリ場（17.6%）が多く存在している。

1978 年～1989 年の間に消滅した藻場面積は、アラモ場が 17ha、ガラモ場が 2ha（計 19ha）と記されている。

藻場消滅の原因は、埋め立て 15ha、不明 4ha となっている。



※図のタイプ別藻場面積は現存藻場面積に、各藻場面積の総数に対する割合を乗じたものである。

出典：日本の干潟、藻場、サンゴ礁の現況 第二巻藻場（1997、環境庁）

図 2.1-10 藻場面積の推移

2.2 水底質の経年変化

(1) 水質

①測定状況

八代海の水質について、広域的に、かつ定期的に測定されている事例としては下記のものがある。

- i) 公共用水域水質調査（熊本県、鹿児島県）1978 年度開始 全 39 点
- ii) 不知火海定線調査（熊本県）1964 年度開始 全 23 点

各調査の概要は表 2.2-1、図 2.2-1 に示すとおりであり、公共用水域水質調査では、水深 0.5m について測定を行っており、不知火海定線調査における窒素・リン等の水質項目は、水深 5m で測定を行っている。

ここでは、公共用水域水質調査結果を用いて、海域水質を代表できると考えられる沖側の測点を選定し、水質の経年変化を整理した。

表 2.2-1(1) 海域水質測定状況

a. 熊本県(公共用水域水質調査) 測定開始: 1978 年度～

調査点(番号)	項目(年間測定回数)	備考
水無川河口(地 1)*	水温・COD・pH・DO(6～36)、TN・TP(4～11)、栄養塩(4)*3	TN・TP は 1990～1999 年度
八代港内(地 2)	水温・COD・pH・DO(6～36)、TN・TP(4～11)、栄養塩(4)*3	
大蛸川地先(地 3)	水温・COD・pH・DO・(6～12)、TN・TP(4～11)、栄養塩(4)*2	
水無川地先(地 4)	水温・COD・pH・DO・(6～12)、TN・TP(4～11)、栄養塩(4)*2	
前川河口(地 5)	水温・COD・pH・DO・(6～12)、TN・TP(4～11)、栄養塩(4)*2	
水無川地先(地 6)	水温・COD・pH・DO・(6～36)、TN・TP(4～11)、栄養塩(4)*2	TN・TP は 1988～1999 年度
前川河口(地 7)	水温・COD・pH・DO・(6～36)、TN・TP(4～11)、栄養塩(4)*3	TN・TP は 1988 年度～
南川河口(地 8)	水温・COD・pH・DO・(6～36)、TN・TP(4～11)、栄養塩(4)*2	TN・TP は 1990～1999 年度
三角港地先(1)	水温・COD・pH・DO・(6～36)、TN・TP(4～11)、栄養塩(1)*1	
三角港地先(2)	水温・COD・pH・DO・(6～36)、TN・TP(4～11)、栄養塩(4)*2	TN・TP は 1988～1999 年度
合津港内(3)	水温・COD・pH・DO・(6～12)、TN・TP(6～10)	TN・TP は 1994、1996～1999 年度
合津港地先(4)	水温・COD・pH・DO・(6～12)、TN・TP(6～12)、栄養塩(4)*3	TN・TP は 1988～1999 年度
大門港地先(5)	水温・COD・pH・DO・(6～12)、TN・TP(6～11)	TN・TP は 1994、1996～1999 年度
大門港地先(6)	水温・COD・pH・DO・(6～12)、TN・TP(6)、栄養塩(4)*3	TN・TP は 1988～1999 年度
牛深港内(7)	水温・COD・pH・DO・(6～12)、TN・TP(6)	TN・TP は 1994、1996～1999 年度
牛深港地先(8)	水温・COD・pH・DO・(6～12)、TN・TP(6～11)、栄養塩(4)*3	TN・TP は 1988～1999 年度
松合港地先(9)	水温・COD・pH・DO・(6～12)、TN・TP(6)	TN・TP は 1994、1996～1999 年度
松合港地先(10)	水温・COD・pH・DO・(6～12)、TN・TP(6～20)、栄養塩(4)*3	TN・TP は 1991 年度～
梅戸港内(11)	水温・COD・pH・DO・(6～12)、TN・TP(6)、栄養塩(1)*1	TN・TP は 1994、1996～1999 年度
梅戸港地先(12)	水温・COD・pH・DO・(6～12)、TN・TP(6～11)、栄養塩(4)*3	TN・TP は 1988～1999 年度
大門港地先(13)	水温・COD・pH・DO・(6～12)、TN・TP(6～11)	TN・TP は 1994、1996～1999 年度
八幡プール沖	水温・COD・pH・DO・(3～6)、TN・TP(6)、栄養塩(1)*1	
水俣川河口	水温・COD・pH・DO・(3～6)、TN・TP(6)	

表 2.2-1(2) 海域水質測定状況

a. つづき

調査点(番号)	項目(年間測定回数)	備考
田浦港地先(14)	水温・COD・pH・DO・(3~6)、TN・TP(6~11)、栄養塩(4)*3	TN・TPは1988~1999年度
水俣港内(15)	水温・COD・pH・DO・TN・TP(12)、栄養塩(1)*1	1998年度~ TN・TPは1999年度まで
水俣港地先(16)	水温・COD・pH・DO・TN・TP(6)、栄養塩(1)*1	1998年度~ TN・TPは1999年度のみ
水無川沖(17)	水温・COD・pH・DO・TN・TP(6)	1999年度~
田浦沖(18)	水温・COD・pH・DO・TN・TP(6)	
津奈木沖(19)	水温・COD・pH・DO・TN・TP(6)	
栖本湾沖(20)	水温・COD・pH・DO・TN・TP(6)	
女岳沖(21)	水温・COD・pH・DO・TN・TP(6)	

*採取水深(m): 0.5

*栄養塩*1=NO₂-N・NO₃-N (2000年度に1回のみ測定)栄養塩*2=PO₄-P(1994~1995年度)・NH₄-N・NO₂-N・NO₃-N (1993~1995年度)栄養塩*3=PO₄-P(1994~1995年度)・NH₄-N (1993~1995年度)・NO₂-N・NO₃-N (1993~1995年度、2000年度に1回測定)

*測点番号の「地」は八代地先海域の意

b. 鹿児島県(公共用水域水質調査) 測定開始: 1978年度~

調査点	項目(年間測定回数)	備考
監視点イ	水温・COD・pH・DO・TN・TP(6)	TN・TPは1994年度~
監視点ロ	水温・COD・pH・DO・TN・TP・栄養塩(6)*	TN・TP・栄養塩は1985年度~
基準点1	水温・COD・pH・DO・TN・TP・栄養塩(6)	
基準点2	水温・COD・pH・DO・TN・TP・栄養塩(6)	
基準点3	水温・COD・pH・DO・TN・TP・栄養塩(6)	
基準点4	水温・COD・pH・DO・TN・TP・栄養塩(6)	
基準点5	水温・COD・pH・DO・TN・TP・栄養塩(6)	
基準点6	水温・COD・pH・DO・TN・TP・栄養塩(6)	

*採取水深(m): 0.5

*栄養塩=NH₄-N・NO₂-N・NO₃-N

表 2.2-1(3) 海域水質測定状況

c. 熊本県(不知火海定線調査) 測定開始: 1964 年度～

調査点	項目(年間測定回数)	備考
21	水温・塩分(12)、pH・COD・SS・栄養塩(4)、DO(4～12)	水質項目は 1989 年度～
22	水温・塩分(12)、pH・COD・SS・栄養塩(4)、DO(4～12)	
23	水温・塩分(12)	
24	水温・塩分(12)、pH・COD・SS・栄養塩(4)、DO(4～12)	
25	水温・塩分(12)	
26	水温・塩分(12)、pH・COD・栄養塩・DO(12)	栄養塩は 1990 年度～ pH・DO・COD は 1991 年度～
28	水温・塩分(12)、pH・COD・栄養塩・DO(12)	
30	水温・塩分(12)、pH・COD・栄養塩・DO(12)	
31	水温・塩分(12)、pH・COD・栄養塩・DO(12)	
32	水温・塩分(12)、pH・COD・栄養塩・DO(12)	
35	水温・塩分(12)	
36	水温・塩分(12)	
37	水温・塩分(12)	
39	水温・塩分(12)	
40	水温・塩分(12)、pH・COD・SS・栄養塩(4)、DO(4～12)	水質項目は 1989 年度～
B	水温・塩分(12)	
C	水温・塩分(12)	
D	水温・塩分(12)、pH・COD・SS・栄養塩(4)、DO(4～12)	水質項目は 1989 年度～
E	水温・塩分(12)	
M	水温・塩分(12)、pH・COD・SS・栄養塩(4)、DO(4～12)	1982 年度～ 水質項目は 1989 年度～
保 1	水温・塩分(12)	1989 年度～
保 2	水温・塩分(12)	
保 3	水温・塩分(12)	

*採取水深 (m): 水温・塩分=0、5、10、20、30、底層

水質項目 (pH、DO、SS、栄養塩、DO) =5m

*栄養塩=PO₄-P・NH₄-N・NO₂-N・NO₃-N

*測定回数はひと月に複数回、複数層測定している場合も計上している。

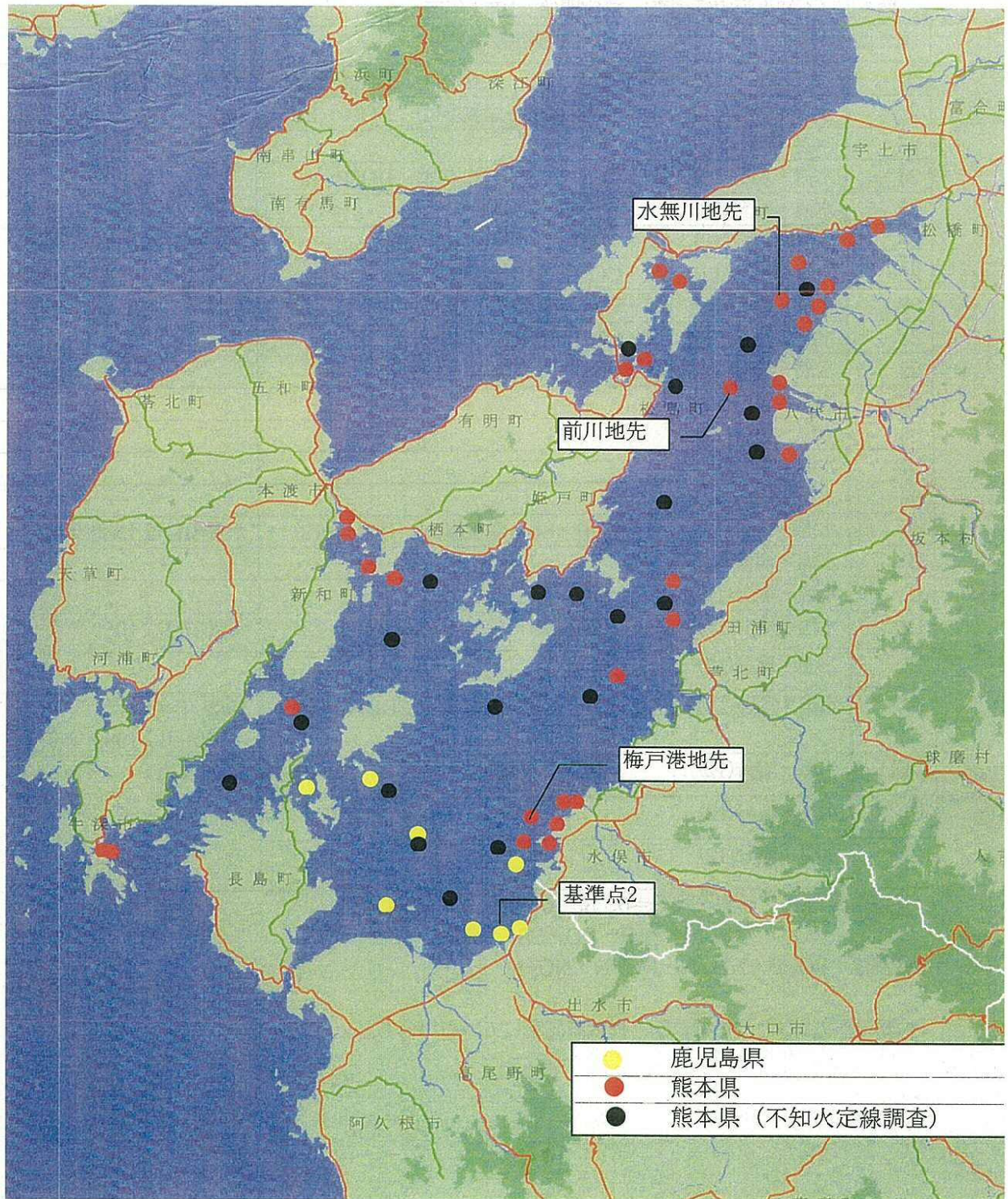


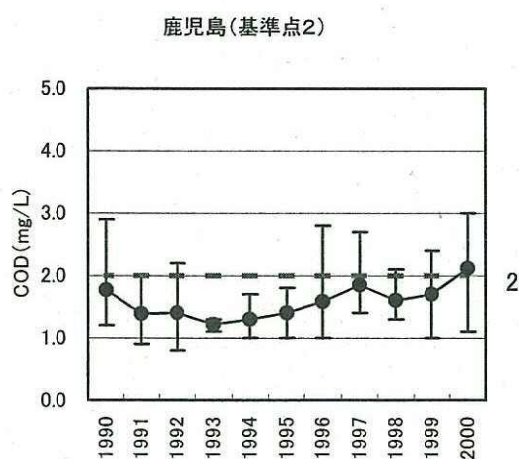
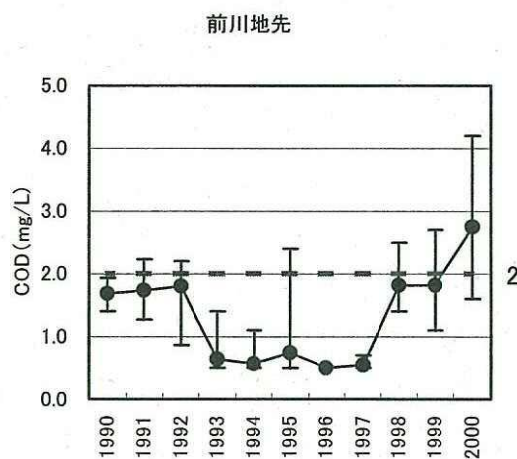
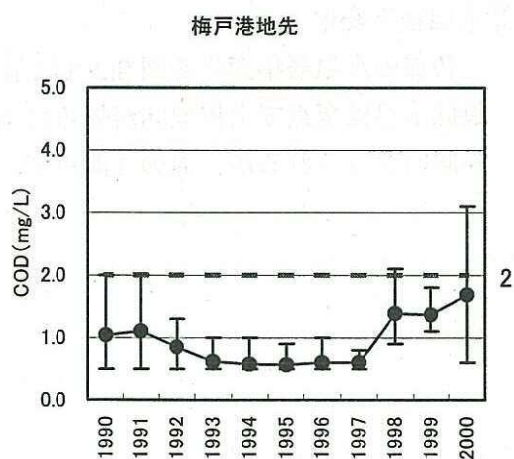
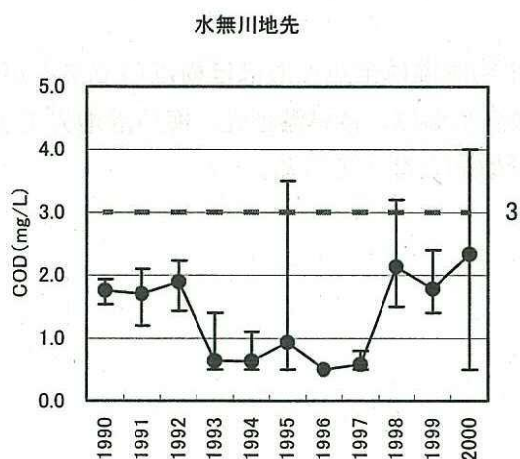
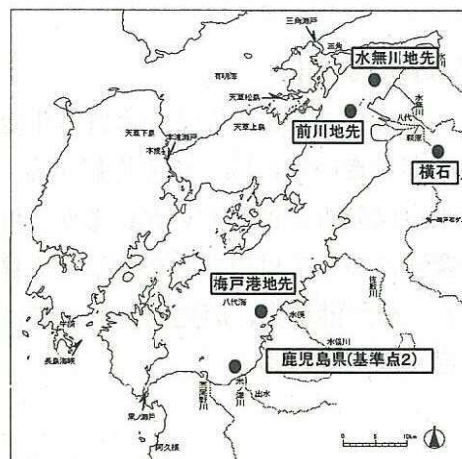
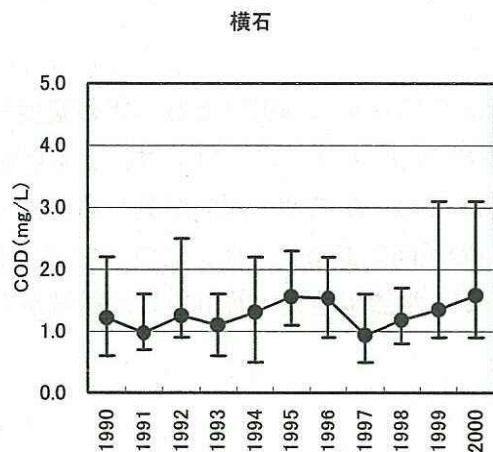
図 2.2-1 海域水質調査点

②水質経年変化

各点の1990年以降の水質経年変化を図2.2-2に示す。各項目とも年間の濃度変動が大きい年には、年平均値が高くなる場合がある。CODについては、熊本県調査点は分析方法の違いがあるが、横石、鹿児島でわずかに増加傾向が見られる。全窒素についてはいずれの測点でも概ね横ばいの傾向である。全リンについては、横石、梅戸港地先、鹿児島で概ね横ばいであるが、水無川地先、前川地先は増減が大きくなっている。

③水温経年変化

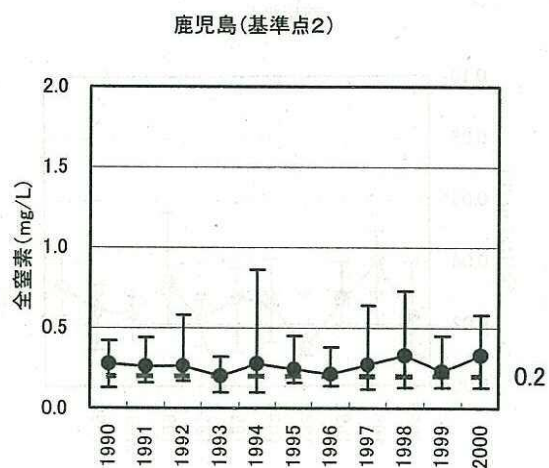
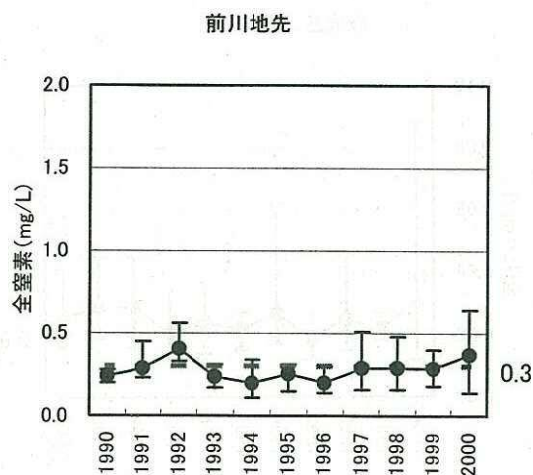
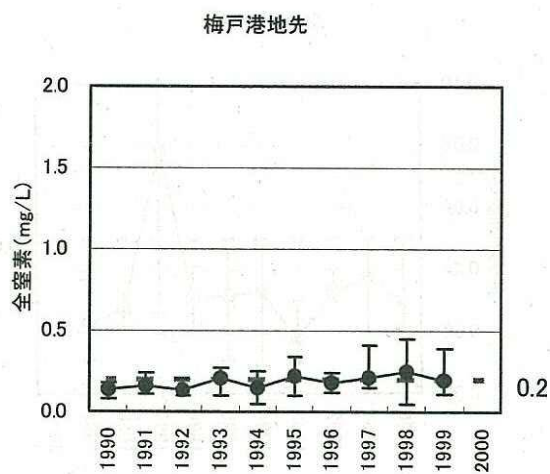
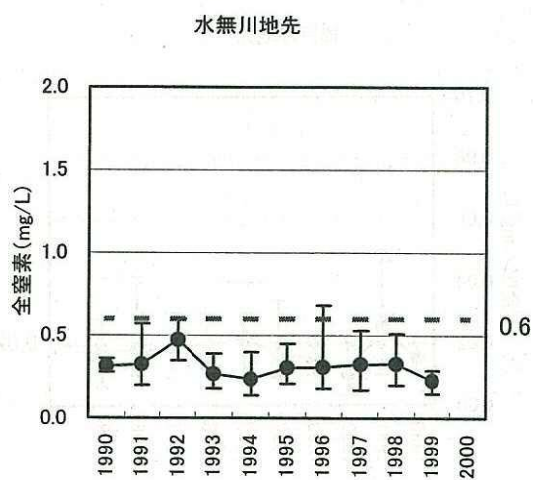
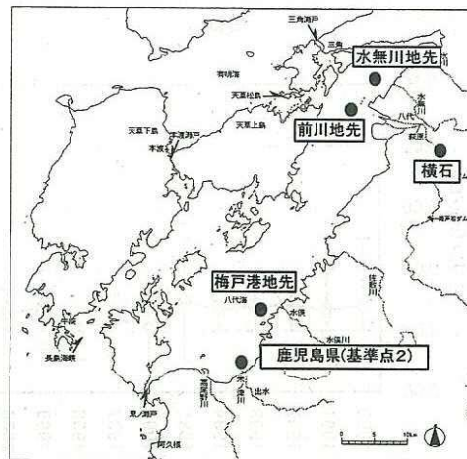
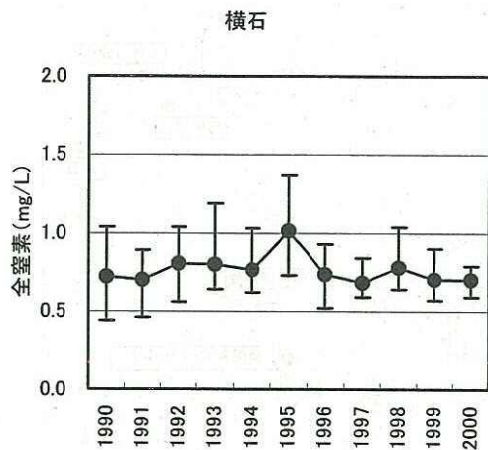
各点の水温経年変化を図2.2-3に示す。平均水温は全点ともほぼ横ばいであるが、最低水温は全点で上昇傾向が見られる。最高水温は、合津港地先、梅戸港地先で上昇傾向がみられるが、他の4測点では下降傾向となっている。



※熊本県の測定点(水無川地先、梅戸港地先、前川地先)は平成9年度までアルカリ法、平成10年度以降は酸性法で分析している。
図中の点線および右側の数値は環境基準値を示す。

図2.2-2(1) 海域水質の経年変化(COD)

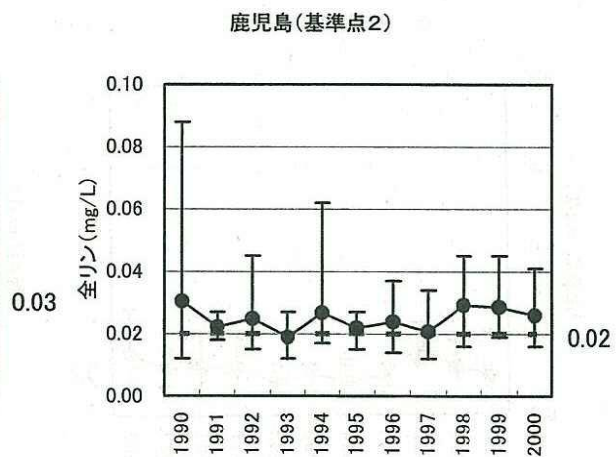
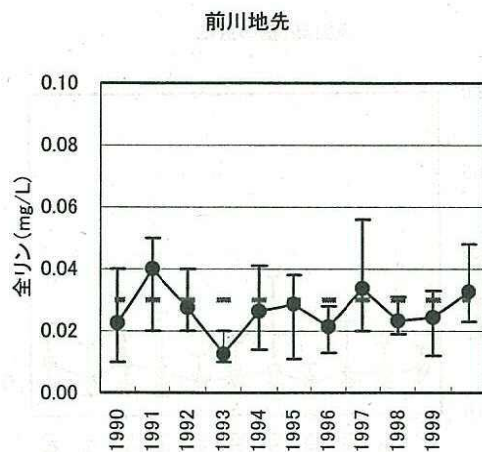
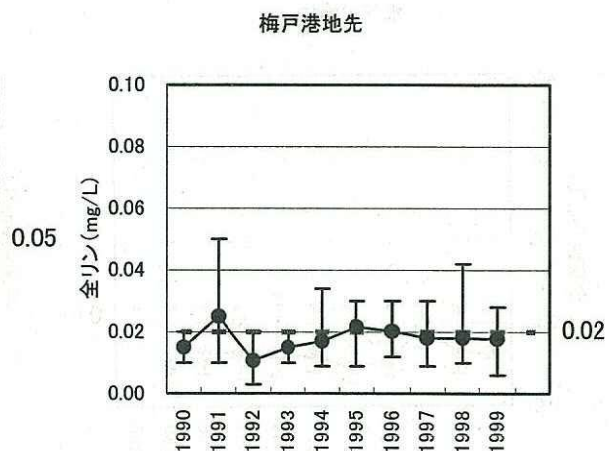
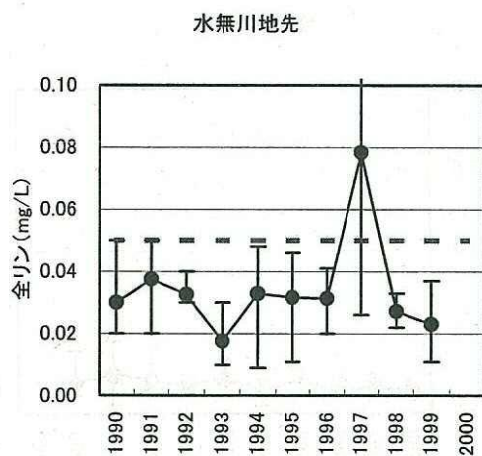
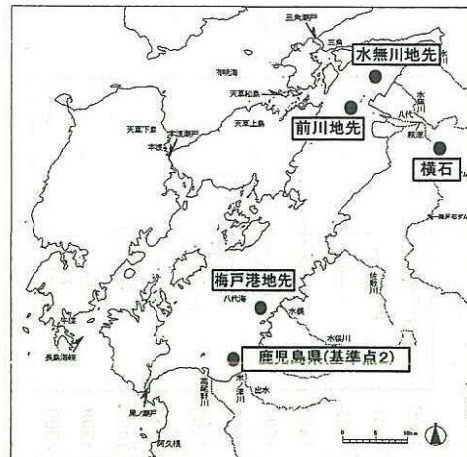
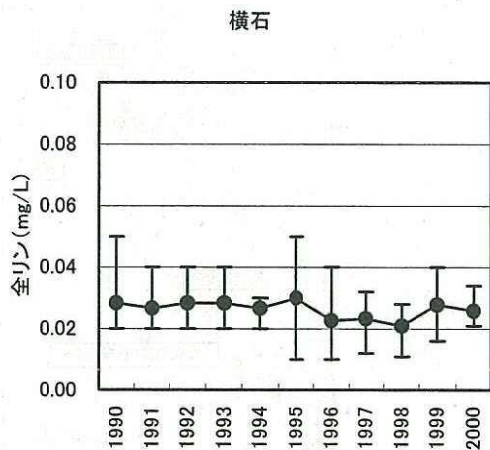
出典: 国土交通省資料
水質調査報告書(公共用水域及び地下水)(熊本県)
公共用水域及び地下水の水質測定結果(鹿児島県)



※図中の点線および右側の数値は環境基準値を示す。

図2.2-2(2) 海域水質の経年変化(全窒素)

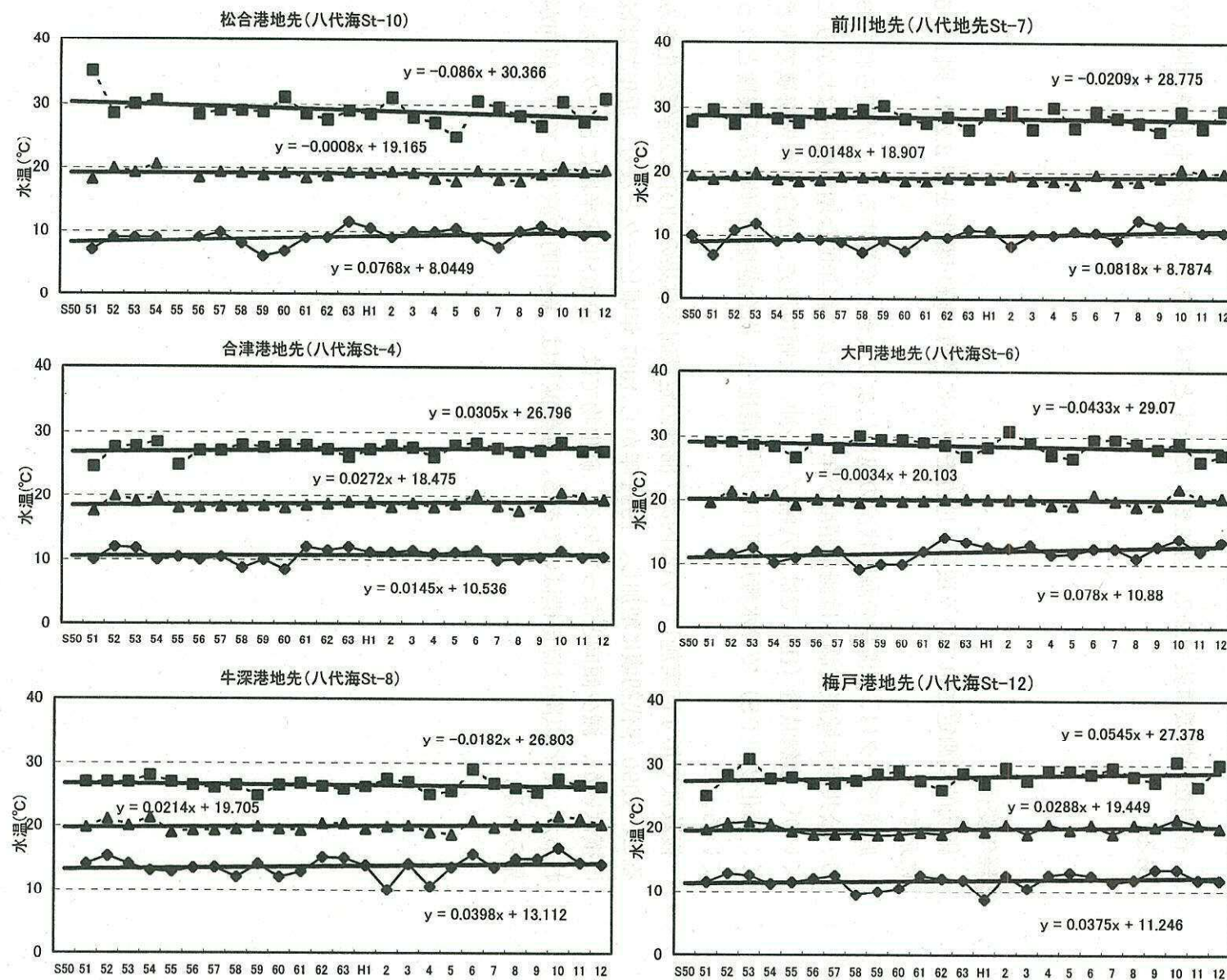
出典: 国土交通省資料
水質調査報告書(公共用水域及び地下水)(熊本県)
公共用水域及び地下水の水質測定結果(鹿児島県)



※図中の点線および右側の数値は環境基準値を示す。

図2.2-2(3) 海域水質の経年変化(全リン)

出典: 国土交通省資料
 水質調査報告書(公共用水域及び地下水)(熊本県)
 公共用水域及び地下水の水質測定結果(鹿児島県)



出典:熊本県作成資料

図2.2-3 八代海水温経年変化(水温)

(2) 底質

①測定状況

八代海の水質について、広域的に、かつ定期的に測定されている事例としては下記のものがある。

- i) 公共用水域底質調査（熊本県）1975 年度開始 全 11 点
- ii) 内湾・浦湾の定期調査（熊本県）1973 年度開始 全 6 水域 全 16 点

各調査の概要は表 2.2-2、図 2.2-4 に示すとおりであり、いずれも沿岸の地点である。

②経年変化

継続的に測定されている項目、地点を中心に各点の経年変化を図 2.2-4、図 2.2-5 に示す。

底質データは、採泥時の海底状況の違いにより大きく変動することが知られており、公共用水域底質調査は測定頻度が年 1 回のため、経年的な増減傾向はわかりにくい。強熱減量（IL）では、八幡プール沖、大蛸川地先、松合港知先海域で大きく、硫化物（T-S）では水無川河口、大門港地先、松合港地先海域で高濃度となっている。

複数点で年 4 回実施している内湾・浦湾の定期調査結果の COD の経年変化をみると、1990 年代初頭に増加し、1994 年から 1997 年頃ピークとなり、近年ではほぼ横ばいか、減少傾向となっている。硫化物では、1980 年代半ばにピークがみられるが、それ以降はほぼ横ばいである。強熱減量は、経年的に減少している傾向が見られる。

表 2. 2-2 海域底質測定状況

a. 熊本県(公共用水域底質調査) 測定開始: 1975 年度～

調査点(番号)	項目(年間測定回数)	備考
水無川河口(地 1)*	性状・硫化物・強熱減量(1)	硫化物・強熱減量は 1979、1986 および 1993 年度～
八代港内(地 2)	性状・硫化物・強熱減量(1)	硫化物・強熱減量は 1994・1995 年度のみ
大蛸川地先(地 3)	性状・硫化物・強熱減量(1)	硫化物・強熱減量は 1979、1986 および 1993 年度～
水無川地先(地 4)	性状・硫化物・強熱減量(1)	
前川河口(地 5)	性状・硫化物・強熱減量(1)	硫化物・強熱減量は 1994・1995 年度のみ
三角港地先(1)	性状・硫化物・強熱減量(1)	硫化物・強熱減量は 1994・1995 年度のみ
大門港地先(5)	性状・硫化物・強熱減量(1)	
松合港地先(9)	性状・硫化物・強熱減量(1)	硫化物は 1994・1995 年度のみ 強熱減量は 1993 年度～
松合港地先(10)	性状・硫化物・強熱減量(1)	硫化物・強熱減量は 1994・1995 年度のみ
八幡プール沖	性状・硫化物・強熱減量(1)	
水俣川河口	性状・硫化物・強熱減量(1)	

*測点番号の「地」は八代地先海域の意

b. 熊本県(内湾・浦湾の定期調査) 測定開始: 1973 年度～

調査水域	調査点数	項目(年間測定回数)	備考
福浦	2	性状*・COD・強熱減量・硫化物・強熱減量(4)	
津奈木	2	性状・COD・強熱減量・硫化物・強熱減量(4)	～1986 年度
御所浦	2～4	性状・COD・強熱減量・硫化物・強熱減量(4)	1981 年度以降 4 地点
棚底	2	性状・COD・強熱減量・硫化物・強熱減量(4)	1987 年度～
下浦	4	性状・COD・強熱減量・硫化物・強熱減量(4)	
宮野河内	2	性状・COD・強熱減量・硫化物・強熱減量(4)	

*性状は 1980 年度以降

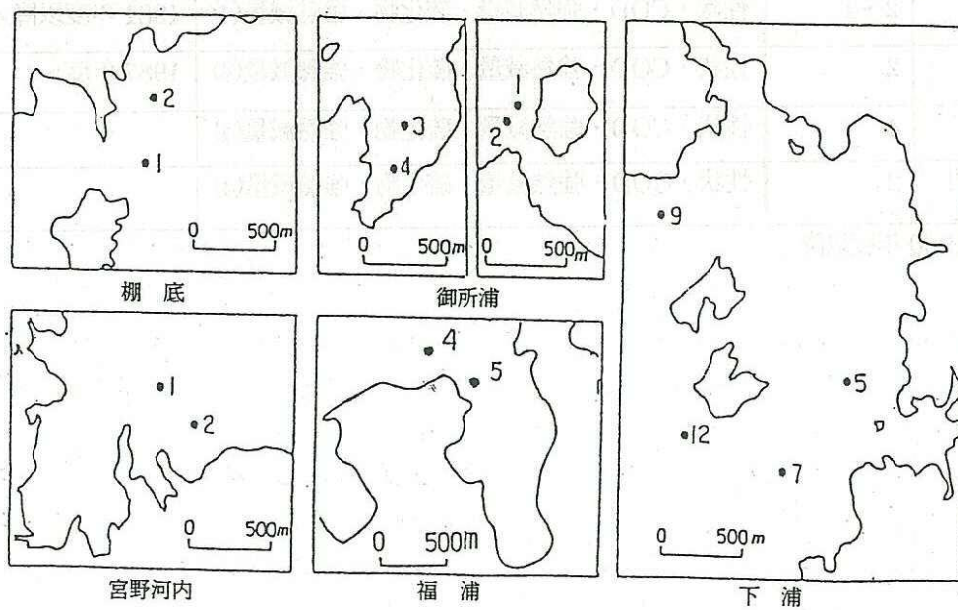


図 2.2-4 海域底質調査点

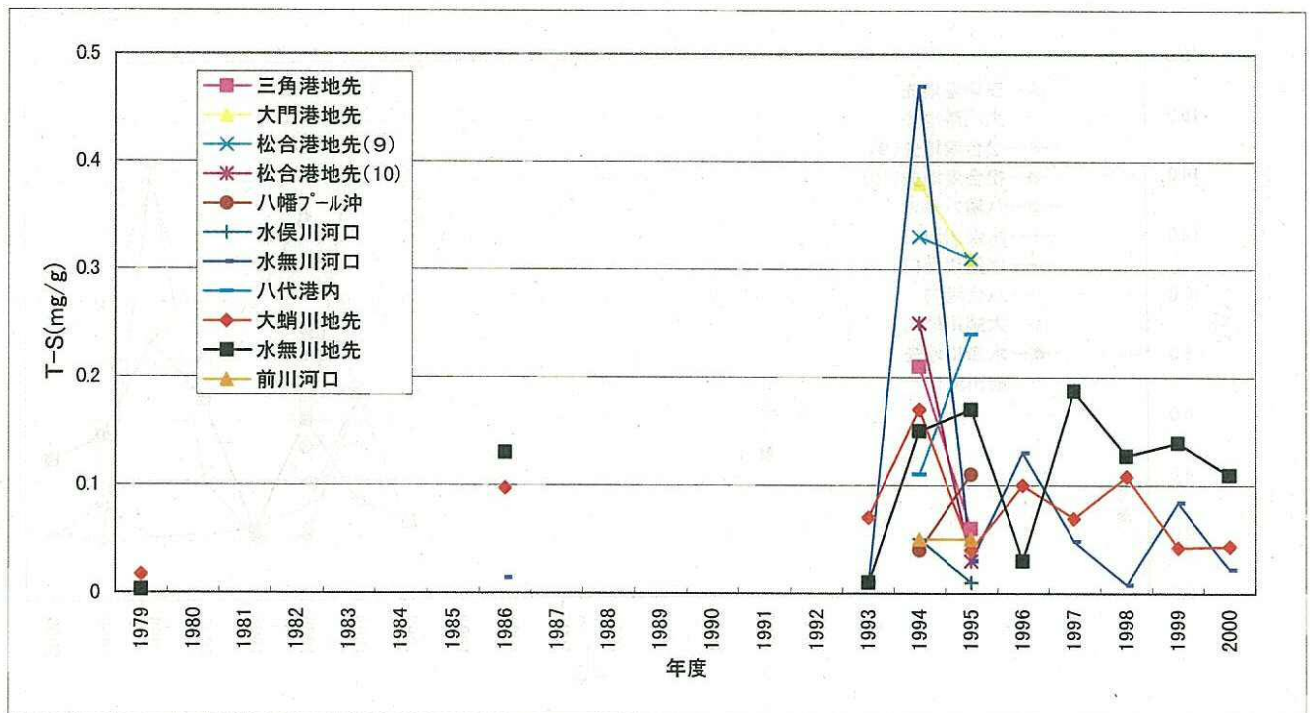
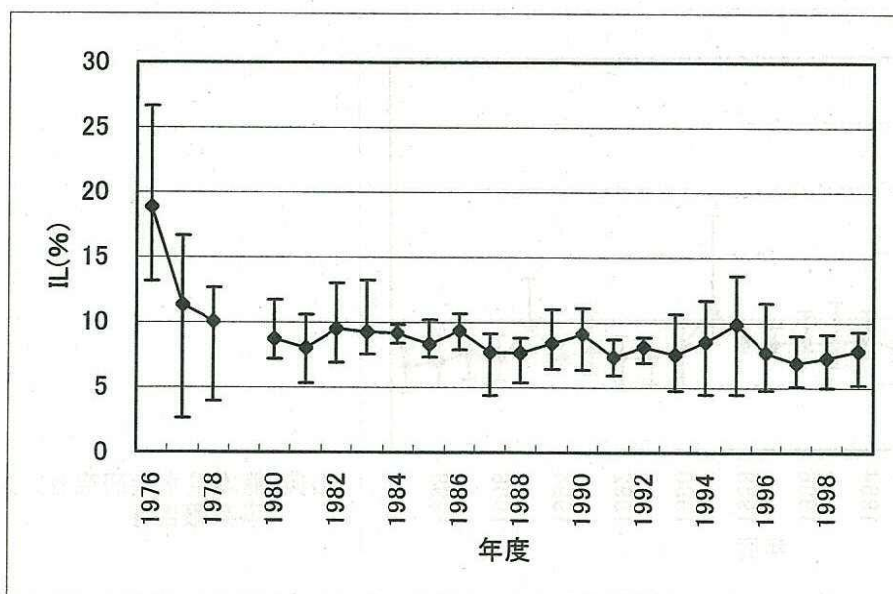
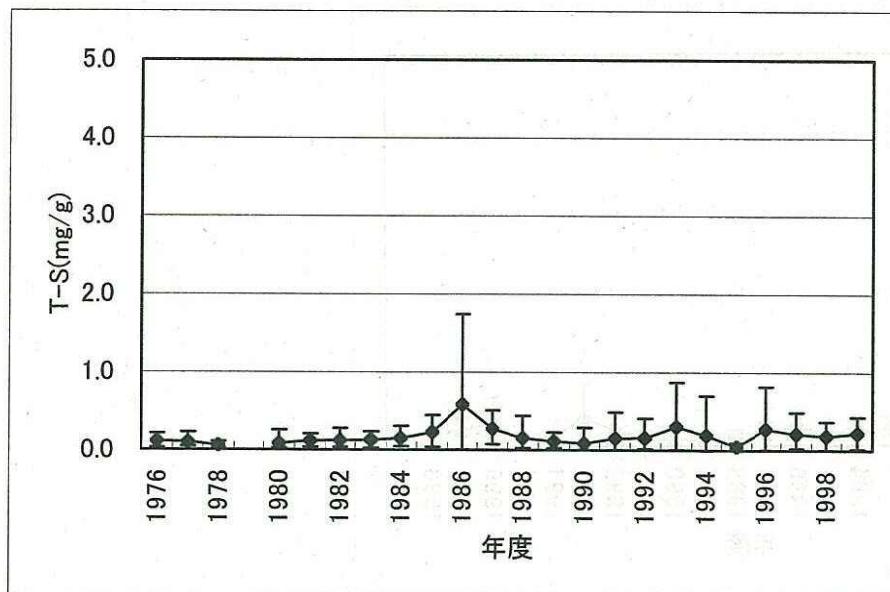
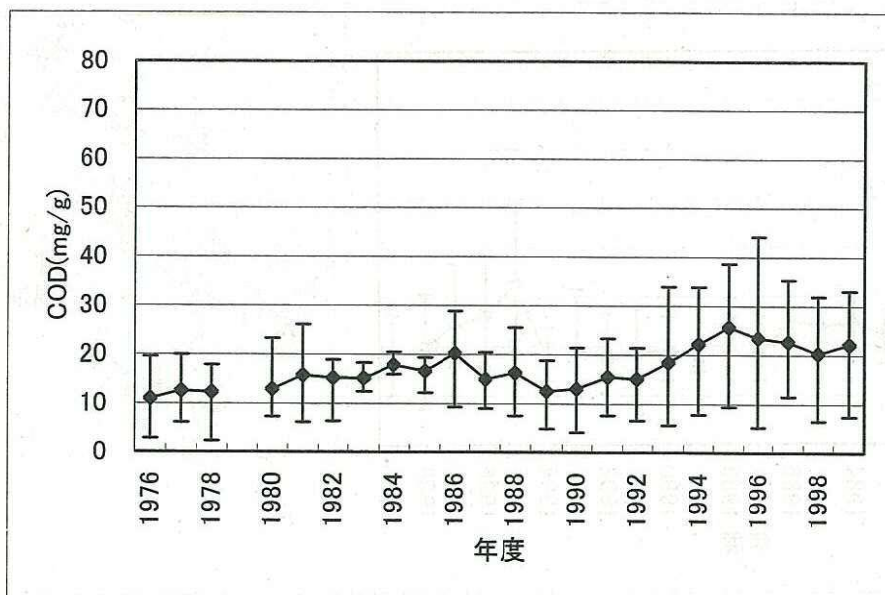


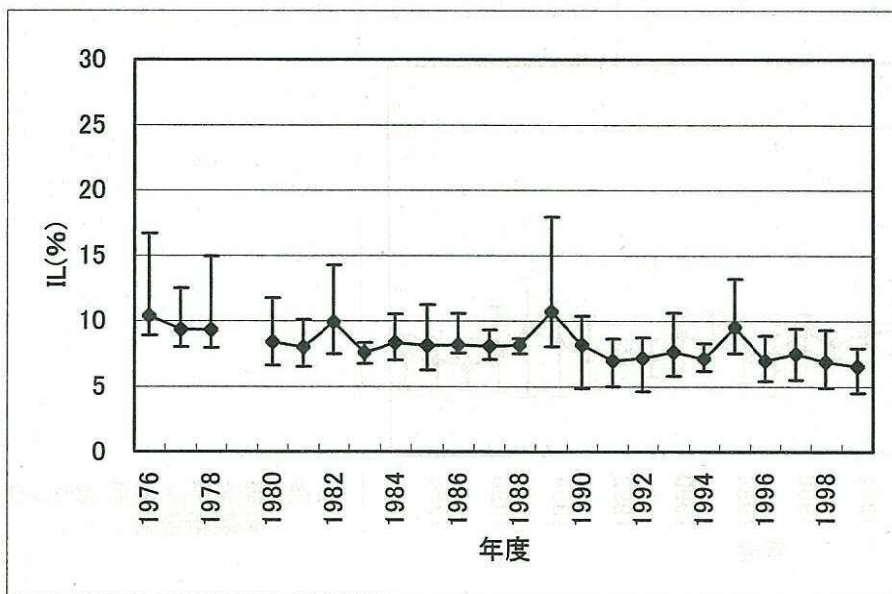
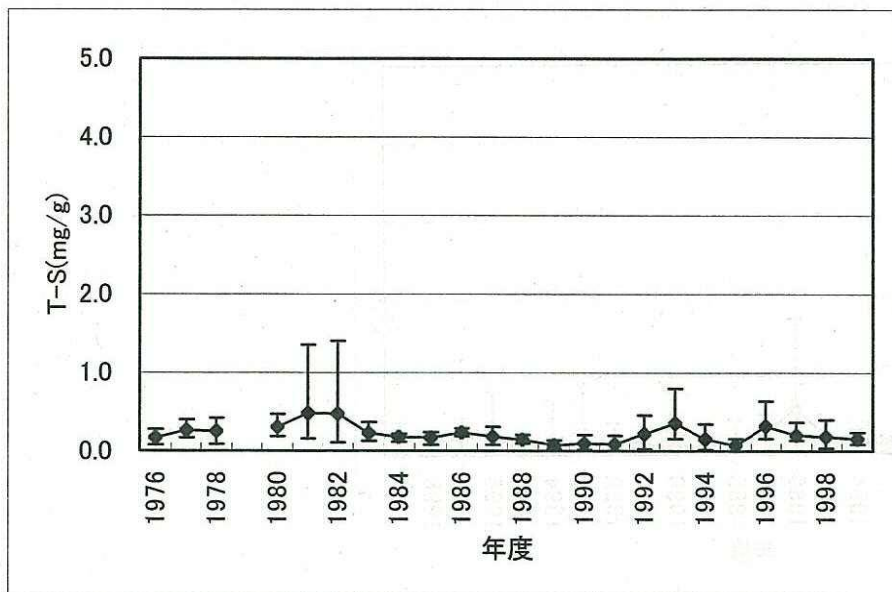
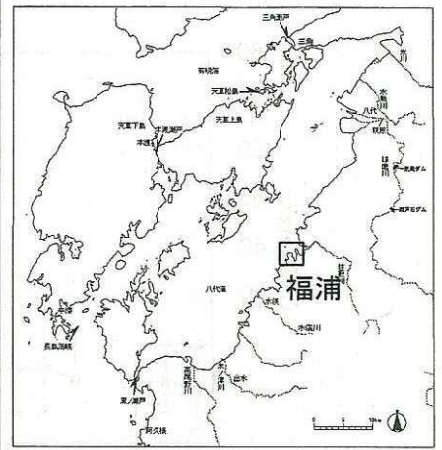
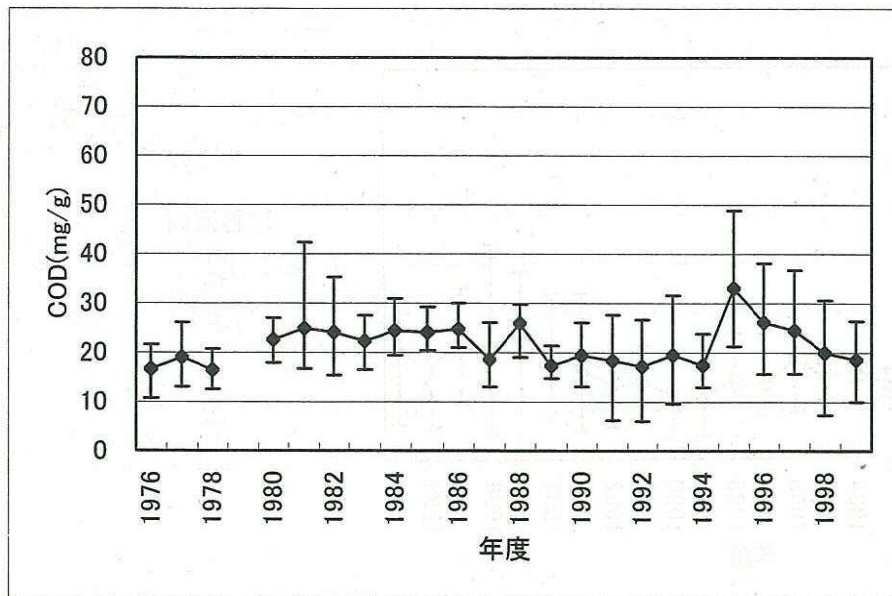
図2.2-5(2) 公共用水域底質経年変化

出典：水質調査報告書（公共用水域及び地下水）（熊本県）



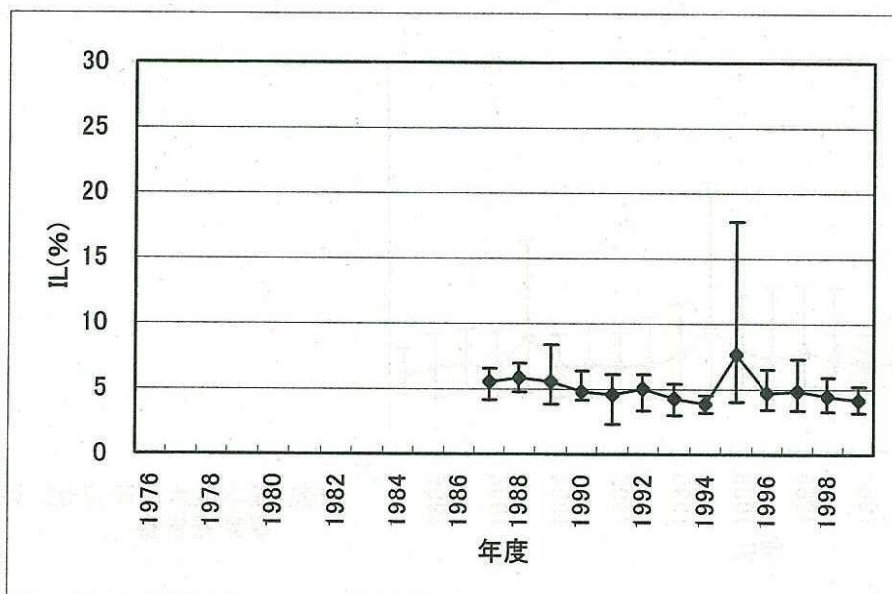
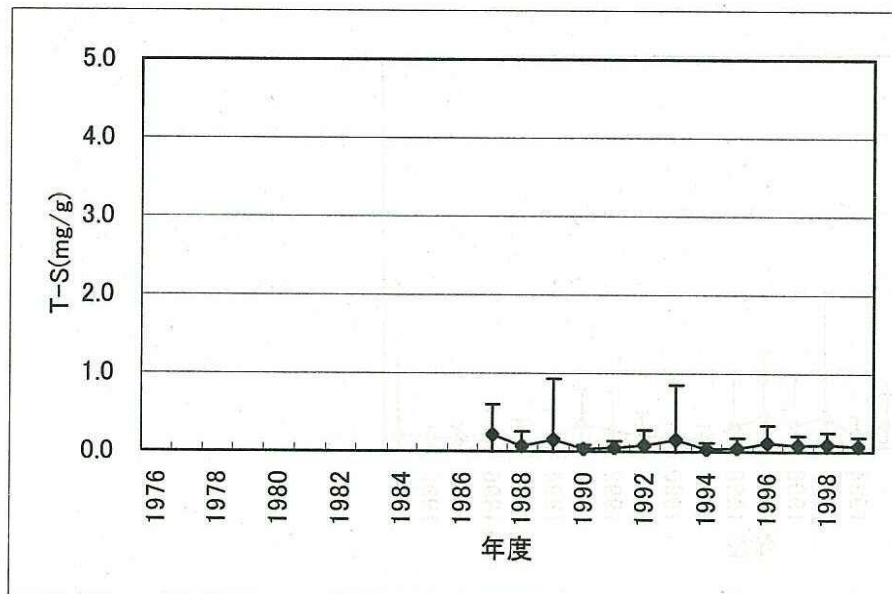
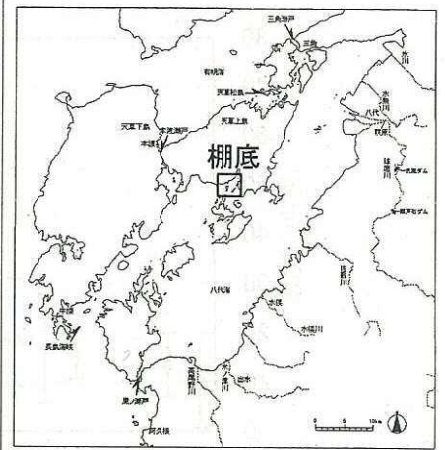
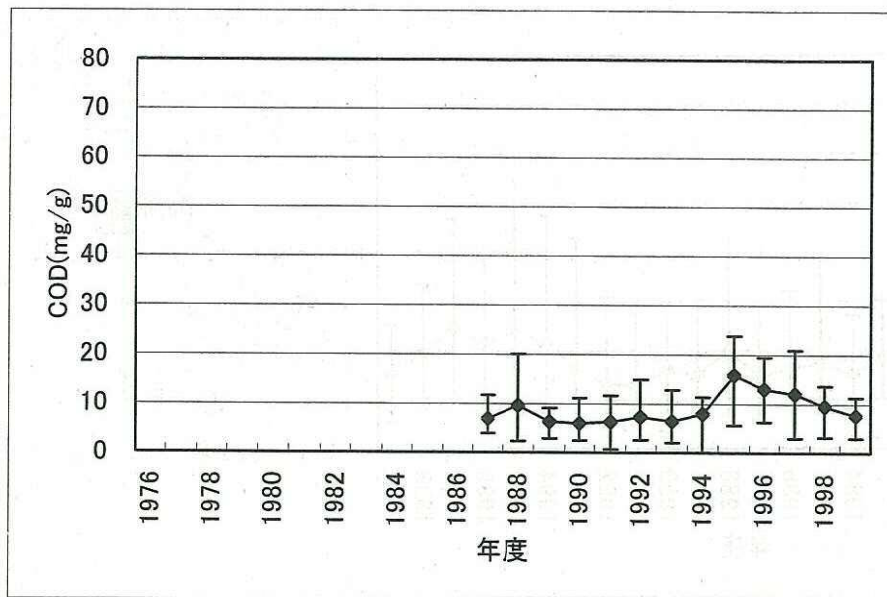
出典: 熊本県水産研究センター
事業報告書

図2.2-6(1) 内湾・浦湾調査による底質経年変化(宮野河内)



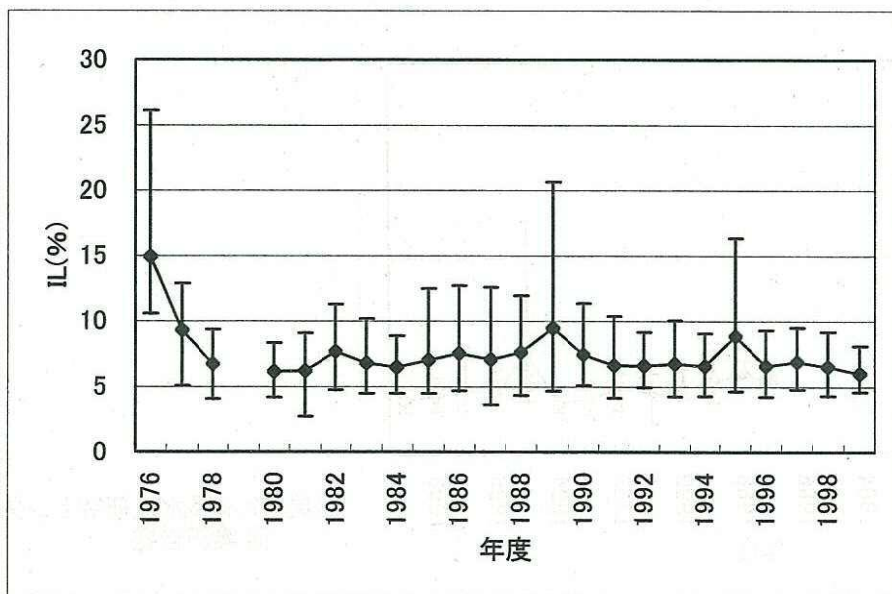
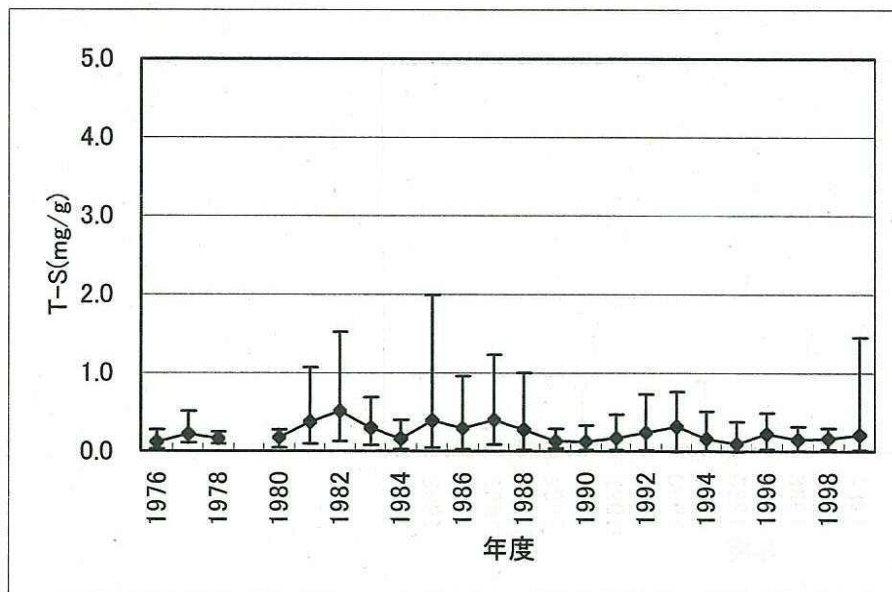
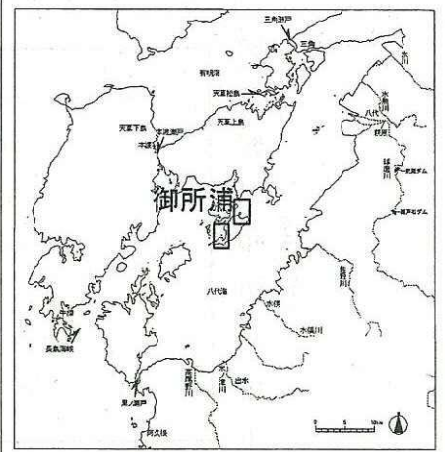
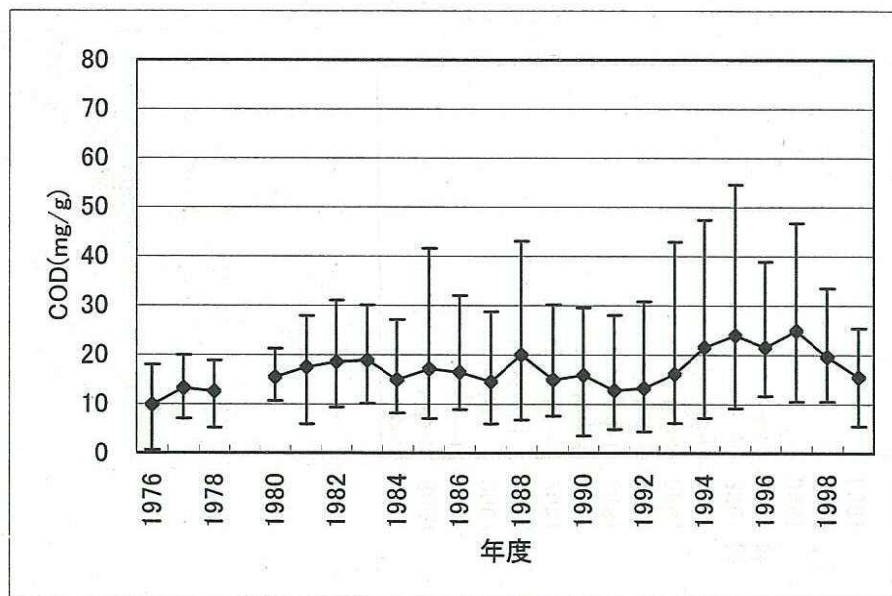
出典: 熊本県水産研究センター
事業報告書

図2.2-6(2) 内湾・浦湾調査による底質経年変化(福浦)



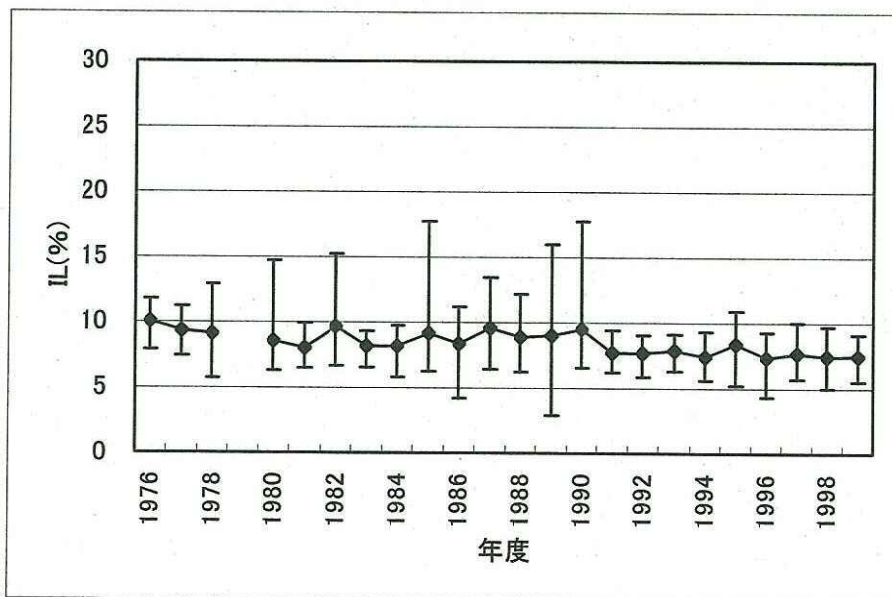
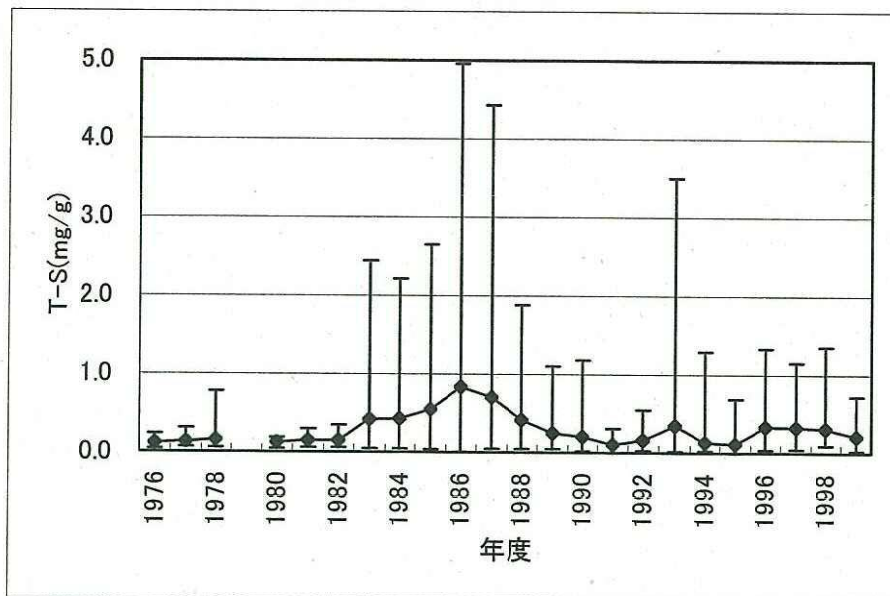
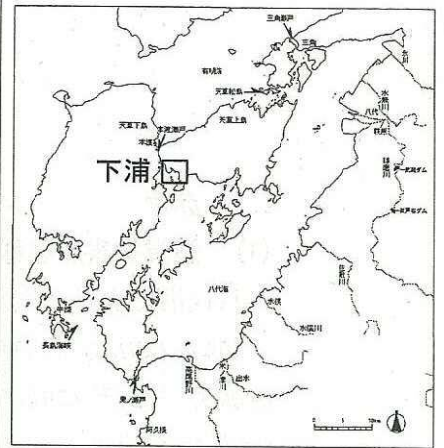
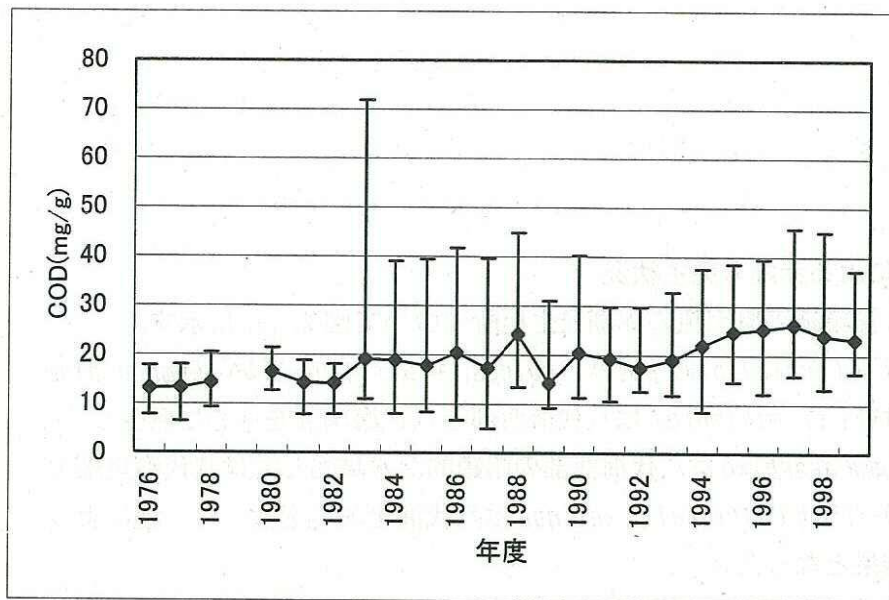
出典: 熊本県水産研究センター
事業報告書

図2.2-6(3) 内湾・浦湾調査による底質経年変化(棚底)



出典: 熊本県水産研究センター
事業報告書

図2.2-6(4) 内湾・浦湾調査による底質経年変化(御所浦)



出典: 熊本県水産研究センター
事業報告書

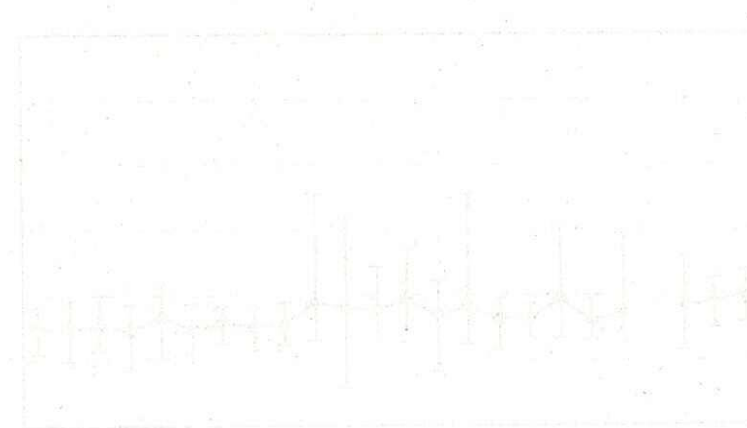
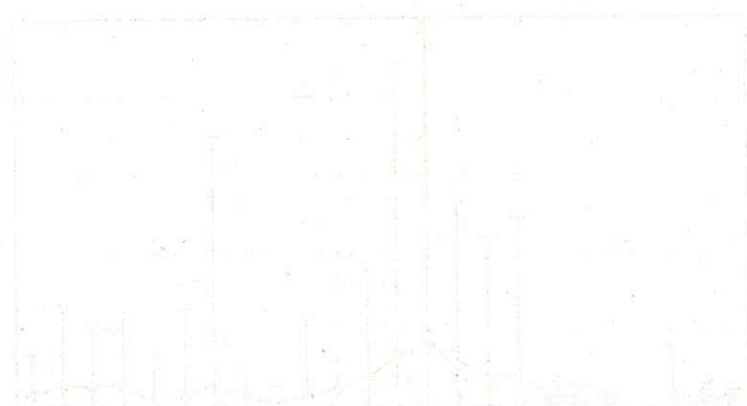
図2.2-6(5) 内湾・浦湾調査による底質経年変化(下浦)

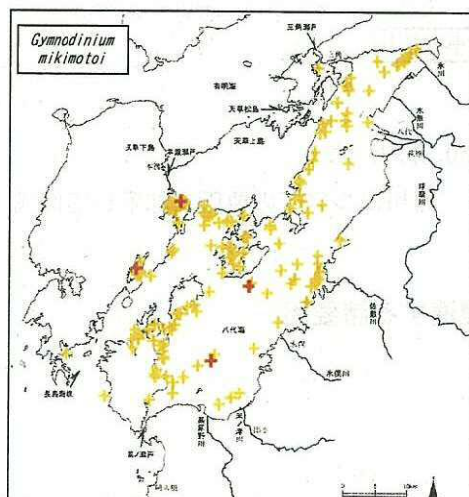
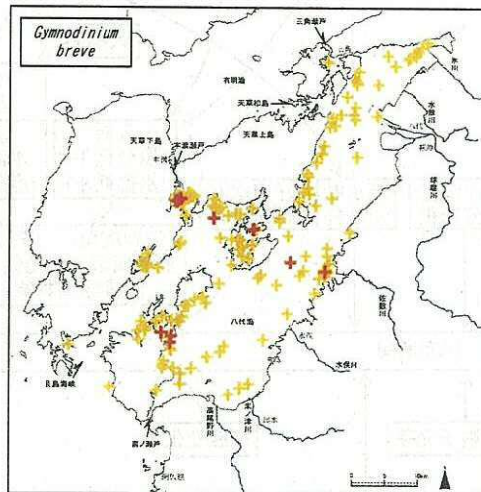
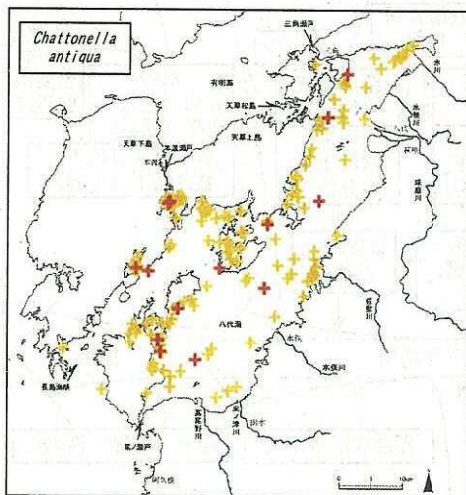
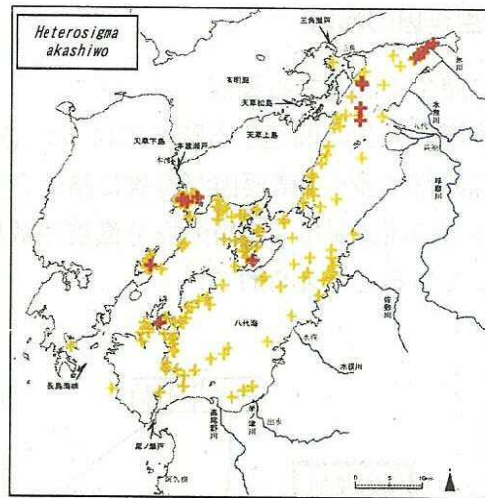
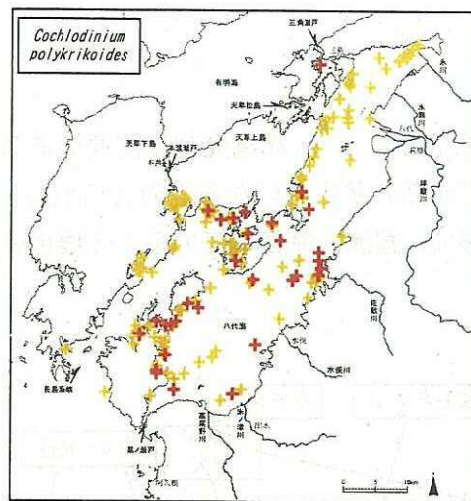
2.3 赤潮

(1) 漁業被害原因種による赤潮の発生状況

八代海における主な漁業被害原因種の赤潮発生場所について図 2.3-1 に示す。

コクロデインウム ポリクリコイデス *Cochlodinium polykrikoides*, ギムデインウム ブレベ *Gymnodinium breve*, ギムデインウム ミキモトイ *G. mikimotoi* は八代海西部と八代海南部を中心に発生し、ヘテロシグマ アカシオ *Heterosigma akashiwo* は八代海西部の閉鎖的な水域もしくは八代海奥部を中心に発生し、シャットネラ アンティカ *Chattonella antiqua* は八代海全域で発生した。種によって発生場所が異なる結果となった。





 : 漁業被害原因各種
 : その他の赤潮原因種

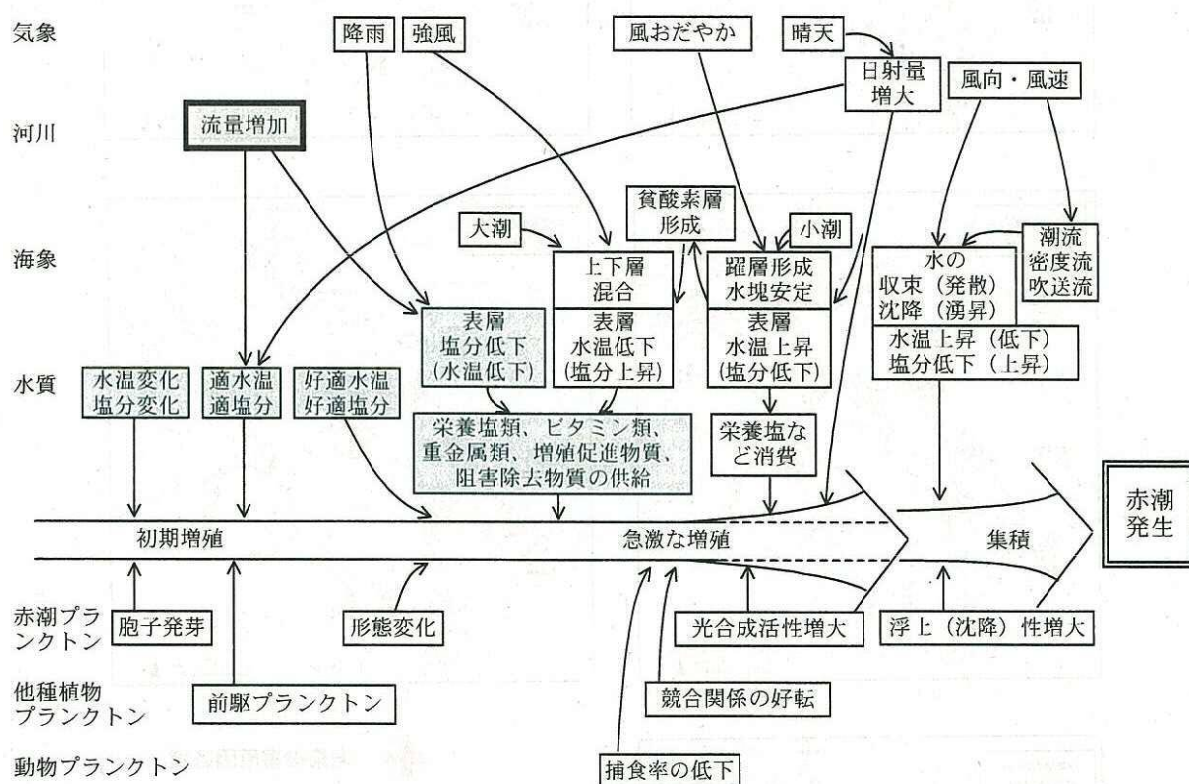
出典：九州西部海域の赤潮
 (水産庁九州漁業調査事務所, 1979～1980)
 九州海域の赤潮
 (水産庁九州漁業調査事務所, 1981～1999) より作成

図 2.3-1 主な漁業被害原因種による赤潮発生場所 (1979 年度～1999 年度)

(2) 発生要因の検討

①赤潮の発生に関連する要因

赤潮の発生に関連する諸要因について図 2.3-2 に示す。赤潮発生に関連のある要因は非常に多く、諸要因が複雑に絡み合っ赤潮の発生にいたると考えられる。河川からの流入量は、表層の塩分濃度や成層形成、潮流、栄養塩等の多くの要因と関連していると考えられる。



出典：「赤潮－発生機構と対策」（日本水産学会編，1980，p92）より

河川についての要因を加筆して作成

図 2.3-2 赤潮の発生に関連する諸要因

②赤潮の発生条件(既存資料整理)

八代海におけるクロデ・ニウム・ポリリコイデス及びシャットネラ アンティカ赤潮の発生条件と生態特性について表 2.3-1 に、赤潮発生モデル(仮説)を図 2.3-3 に、1989 年度～1991 年度の赤潮発生前後の水塊構造を図 2.3-4 に示す。

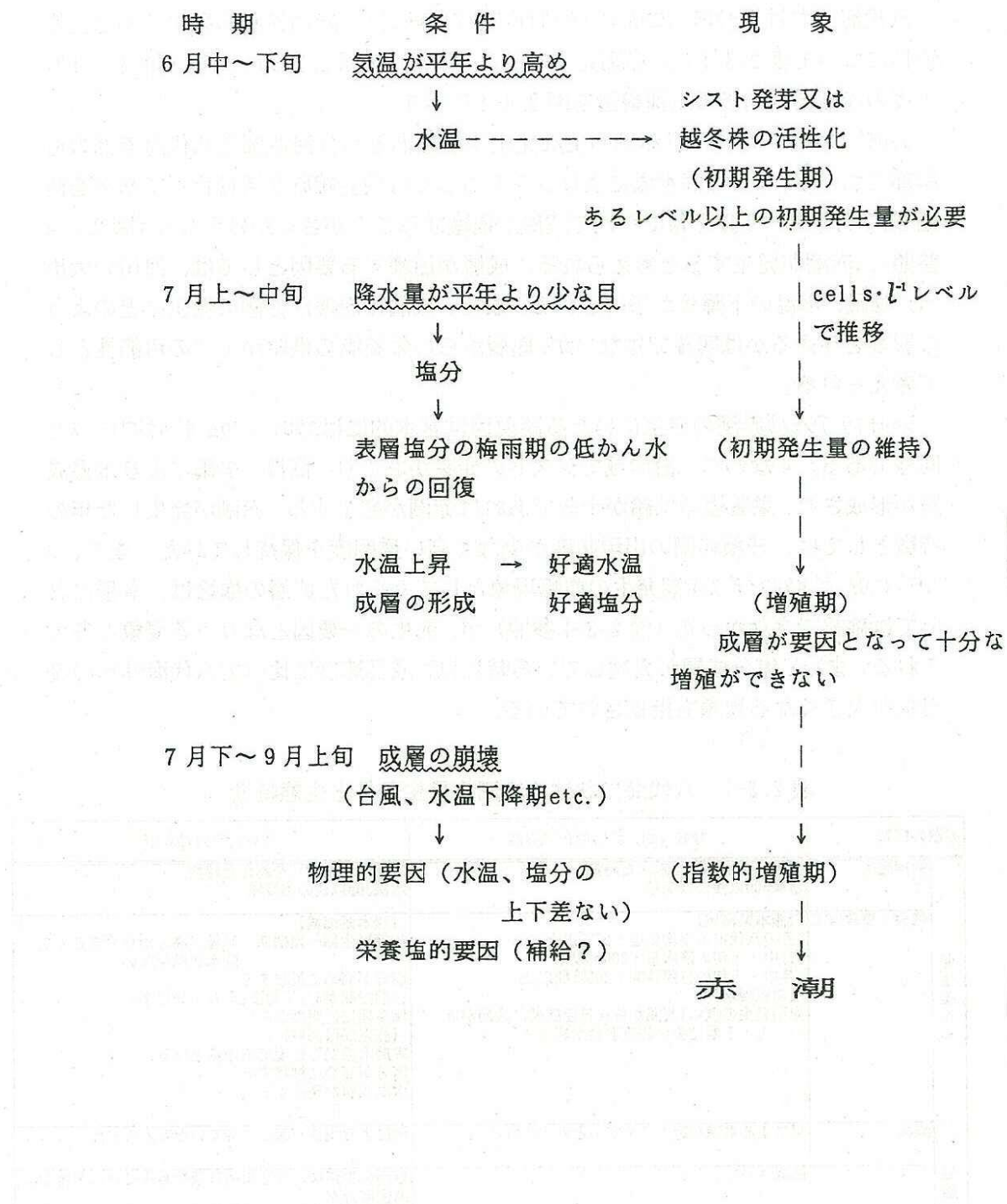
クロデ・ニウム・ポリリコイデス赤潮の主な発生場所である八代海西部と八代海南部の沿岸部において、6 月の高水温によりシストもしくは栄養細胞が活性化して増殖を開始し、7 月下旬～9 月上旬にかけて成層が崩壊することがきっかけとなり(図 2.3-4 参照)、赤潮が発生すると考えられる。成層が崩壊する要因としては、河川の大出水、強風、水温の下降等が挙げられる。また、成層の崩壊が赤潮の発生にどのような影響を与えるかは明確ではないが、底層からの栄養塩の供給が 1 つの可能性として考えられる。

シャットネラ アンティカ赤潮の発生にいたる諸要因は基本的にはクロデ・ニウム・ポリリコイデスと同様である。すなわち、沿岸域でシストの発芽がおこり、高温・少雨により水温成層が形成され、栄養塩の供給が十分であれば赤潮が発生する。赤潮が発生した年の特徴としては、珪藻赤潮の出現頻度が少なく高い透明度を保持していた。また、クロデ・ニウム・ポリリコイデス赤潮発生の前駆現象としてみられた成層の崩壊は、本種においては確認できなかった(図 2.3-4 参照)が、発生の一要因となりうる現象と考えられる。また、塩分成層が発達している時には、成長速度に比べて八代海外への流出量が大きくなる現象も指摘されている。

表 2.3-1 八代海における赤潮の発生条件と生態特性

赤潮の種類		クロデ・ニウム・ポリリコイデス赤潮	シャットネラ アンティカ赤潮
発生条件	初期発生	底層水温が20℃を越えた時期 水深30m以浅の浅海域	底層水温が20℃を越えた時期 水深30m以浅の浅海域
	気象・海象環境	【熊本県海域】 7月の八代市の平均気温：27℃以上 7月中・下旬の降水量：200mm以下 7月中・下旬の日照時間：200時間以上 【前駆現象】 赤潮発生の概ね1週間から10日程度前に成層が崩れ、上・下層で強い鉛直混合が起こる	【熊本県海域】 初期発生期～増殖期：気温が高めから平年並み 降水量は少ない 塩分が高めに推移する 日照時間が6月下旬及び7月下旬に多い 増殖期に透明度が高い 【鹿児島県海域】 表層水温23℃程度で増殖期となる 塩分が高めに推移する 水温成層が発達する
生態	集積	風による集積が起こりやすいと考えられる	風による集積が起こりやすいと考えられる
	シスト	確認されていない	赤潮発生年は、球磨川河口域を最高に八代海全域に高密度分布 赤潮非発生年は、八代海奥部～北部に低密度分布
備考		増殖水温範囲：15～30℃ 好適水温：25℃ 温度耐性：10℃でも生存可能 その他：20℃から急激に増殖	好適水温：23～26℃ 赤潮非発生年：塩分成層が発達 好適塩分濃度：18.0～17.0‰

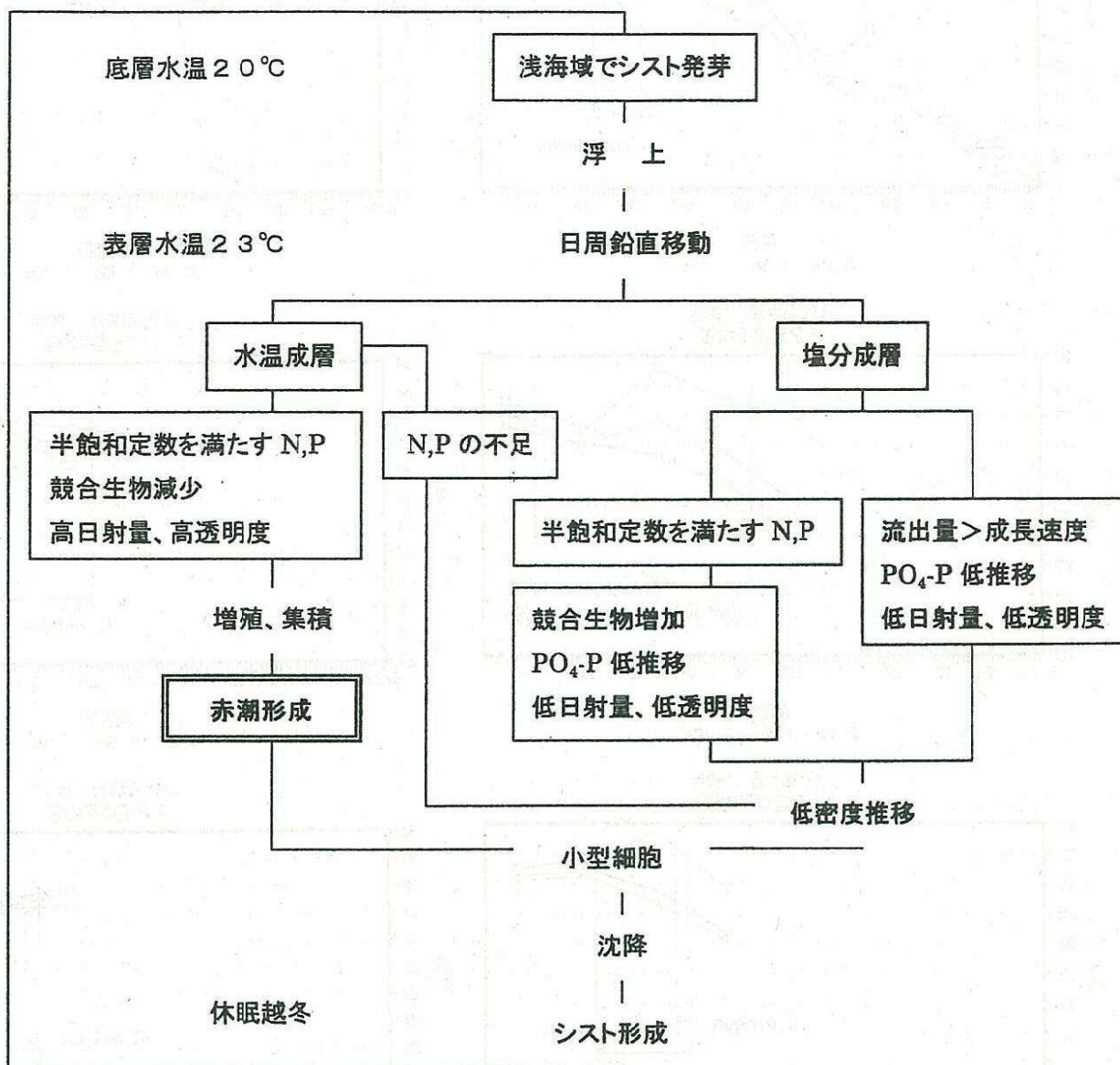
出典：九州西岸域シャットネラ赤潮広域共同調査報告書(鹿児島県・熊本県ほか、1991～1993)
九州西岸域赤潮広域共同調査報告書(鹿児島県・熊本県ほか、1994～1998)より作成



出典：1991 年度九州西岸域シャットネラ赤潮広域共同調査報告書（鹿児島県・熊本県ほか, 1991）

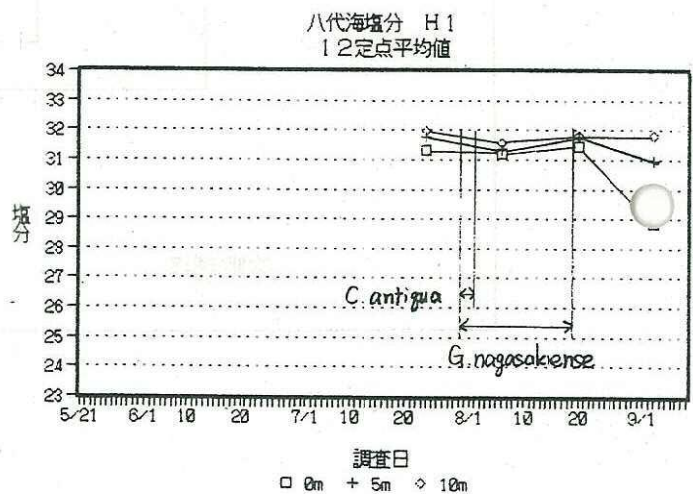
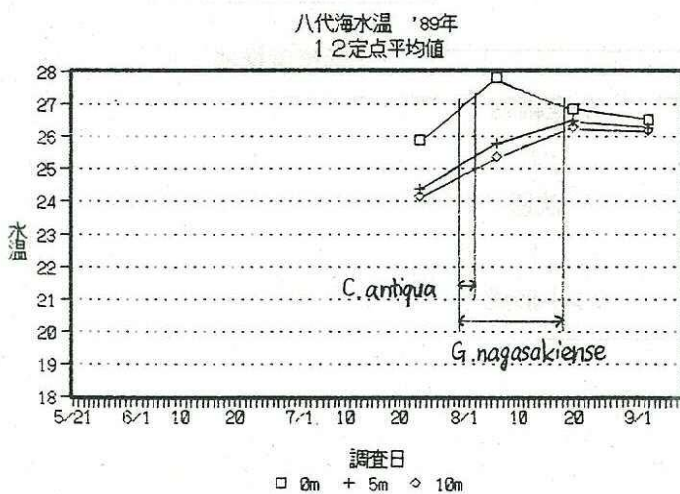
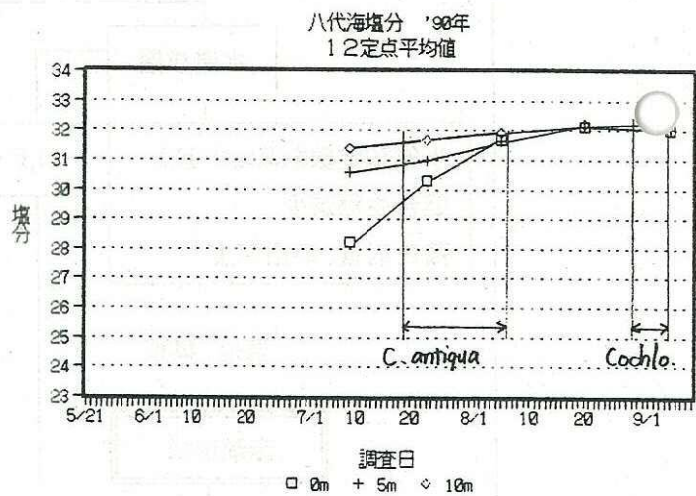
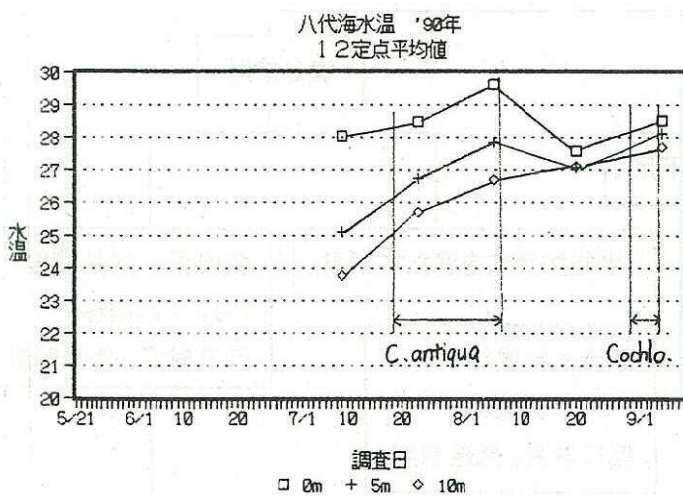
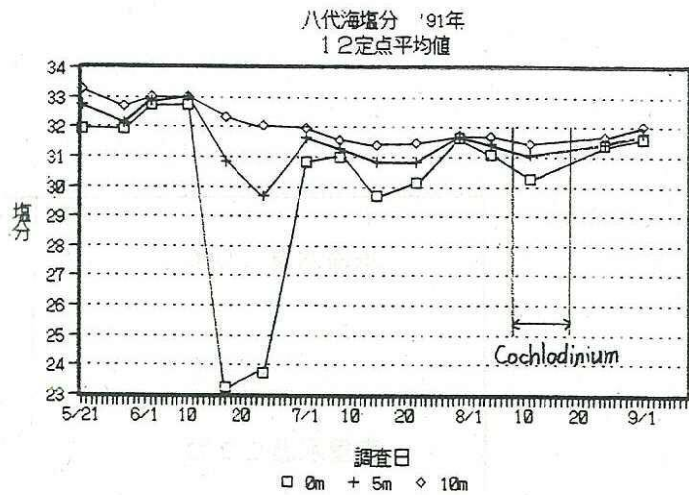
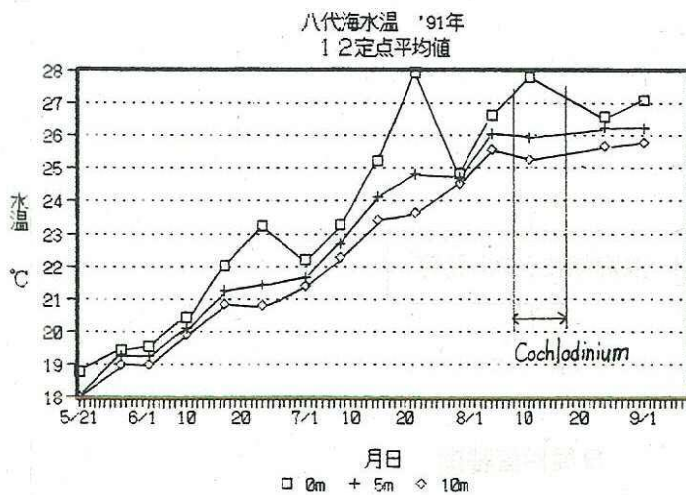
より作成

図 2. 3-3 (1) コケイニウム赤潮発生モデル（仮説）



出典：1997 年度九州西岸域赤潮広域共同調査報告書（鹿児島県・熊本県ほか, 1997）より作成

図 2.3-3 (2) シャットラ赤潮発生モデル（仮説）



出典：1991 年度九州西岸域シャットネラ赤潮広域共同調査報告書（鹿児島県・熊本県ほか，1991）
より作成

図 2.3-4 1989 年度～1991 年度における赤潮発生前後の水塊構造（左：水温，右：塩分）

熊本県海域における赤潮発生 の 3 つの気象条件とコナテニウム・ポリリコイデス赤潮発生状況との適用を表 2.3-2 に示す。赤潮が発生した年は 3 つの条件すべてを満たしている場合が多く、赤潮が発生しなかった年は条件を一部しか満たしてなことが多かった。しかし、発生年に必ず 3 つの条件が満たされるわけではないことから、これら以外の諸条件が複雑に組み合わされて赤潮発生の条件が整うと考えられる。

表 2.3-2 コナテニウム・ポリリコイデス赤潮の発生条件の適用（熊本県海域）

年度	赤潮発生年	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
7月の八代市の平均気温	27℃以上	○	×	○	○	×	×	○	○	○	×	○
7月中・下旬の降水量	200mm以下	×	○	○	○	○	×	○	○	×	×	○
7月の日照時間	200h以上	×	×	○	×	×	×	○	○	×	×	○
発生の有無	-	無	発生	発生	発生	無	無	発生	無	無	無	発生
備考						鹿児島県海域で 1件小規模発生			複合赤 潮有			

注：判定の○は、発生年の条件を満たしていることを示す。

出典：九州海域赤潮調査（西海ブロック）報告書（水産庁ほか，1988～1994）

九州西岸域赤潮広域共同調査報告書（鹿児島県・熊本県ほか，1994～1998）より作成

③漁業被害原因種による赤潮の発生状況と発生年の特徴

八代海において漁業被害原因種となる赤潮プランクトンの、1979年度から2000年度における発生状況と発生年の特徴について、気温・日射量・水温と、球磨川流量（横石）に注目して整理した。

漁業被害原因種による赤潮の発生延べ日数の経年変化を図2.3-5に、漁業被害原因種とコクロデニウムポリクリコイデス赤潮の発生季節別延べ日数の経年変化を図2.3-6に、熊本の日平均気温の頻度分布を図2.3-7に示す。

赤潮は、1990年度、1998年度、2000年度に多く発生した。その中でも八代海で出現頻度が高く大きな漁業被害をもたらすコクロデニウムポリクリコイデス赤潮は、1981年度、1990年度に特に多く発生し、1986年度～1988年度と1995年度～1997年度は発生しなかった。1979年度以降、発生年と非発生年が数年ごとに交互にみられた。

漁業被害原因種による赤潮発生季節は7月～9月の夏季が殆どであったが、1990年度以降は夏季だけでなく春季や秋季にも発生した。コクロデニウムポリクリコイデス赤潮は、春季や秋季に少し出現したが夏季に出現する割合が高かった。

漁業被害原因種による赤潮発生日の気温は26～30℃が約半分を占めた。

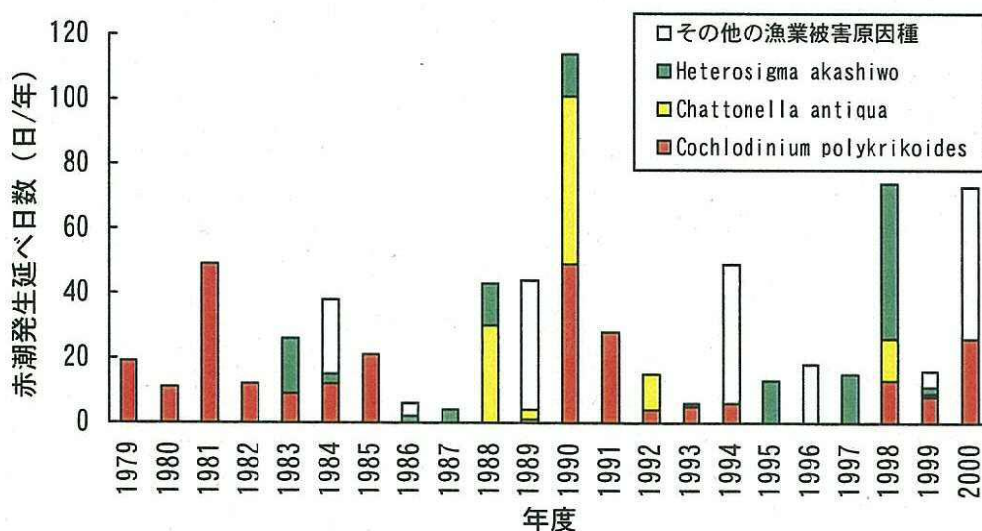


図2.3-5 漁業被害原因種による赤潮の発生延べ日数の経年変化

出典 九州西部海域の赤潮（水産庁九州漁業調整事務所，1978～1980）

九州海域の赤潮（水産庁九州漁業調整事務所，1981～1999）

平成13年度第2回八代海域調査委員会別資料（熊本県水産研究センター，2000年度）より作成

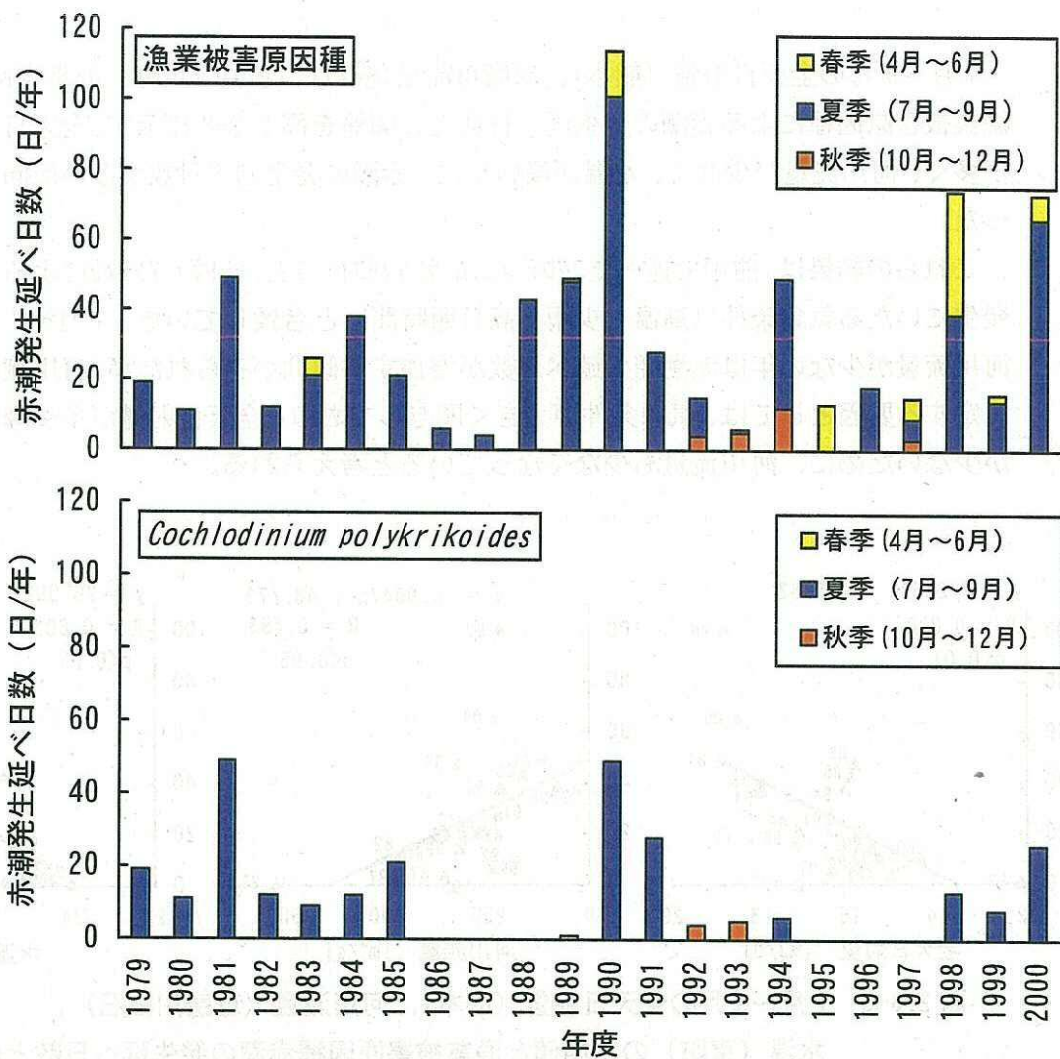


図2. 3-6 漁業被害原因種とコクロディニウム ポリクリコイデス赤潮の発生季節別延べ日数の経年変化

出典 九州西部海域の赤潮（水産庁九州漁業調整事務所，1978～1980）

九州海域の赤潮（水産庁九州漁業調整事務所，1981～1999）

平成13年度第2回八代海域調査委員会別資料（熊本県水産研究センター，2000年度）より

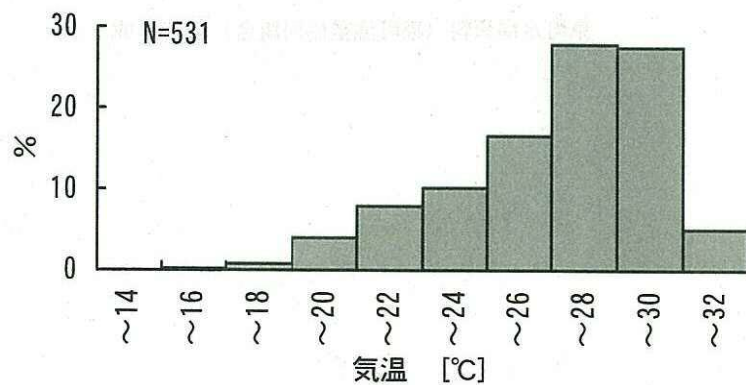
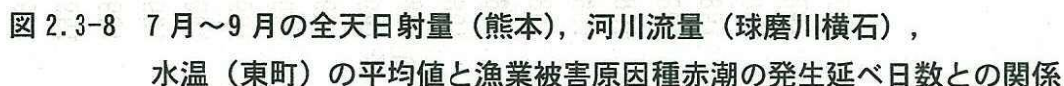


図2. 3-7 漁業被害原因種による赤潮発生日の
気温（熊本）の頻度分布（1979年度～2000年度）

出典：アメダス観測資料（熊本地方気象台）より作成

これらの結果は、前項で述べたコロデ^コイウム^ウポ^ポリコイデ^スとシャツネ^ラアンティ^カによる赤潮発生にいたる気象条件（高温・少雨・高日照時間）と合致していた。7月～9月の河川流量が少ない年は赤潮発生延べ日数が増加する傾向がみられたが、河川流量を決定する要因としては、気象条件が大きく関与しており、全天日射量が多く降水量が少ないために、河川流量も少なくなっていると考えられる。



東町水温資料（東町漁業協同組合）より作成

④コケテ・イウム ホ・リクリコテスによる赤潮の発生年の特徴と発生前後の環境要因

前項で述べたとおり、コケイイロムボリクリヨゲス赤潮は漁業被害原因種の中でも発生季節が夏季に集中していることが特徴的であった。また、本種赤潮は八代海において出現頻度が高く大きな漁業被害をもたらしており、注目すべき赤潮であることから、発生年の特徴について整理した。

7月～9月の全天日射量(熊本)、球磨川流量(横石)、水温(東町)の平均値と、*コナテ・ウム* *ホ・リクコゲス*による赤潮の発生延べ日数との関係を図2.3-9に示す。

全天日射量が多く、水温が高い年に、赤潮の発生延べ日数が多い傾向があったが、河川流量との関係は明確ではなかった。水温との関係で特筆すべき点としては、本種による赤潮は7月～9月の水温（平均値）が25℃以下の場合、赤潮が発生していないことである。よって、高水温の状態であることが赤潮発生の重要な条件となると考えられる。

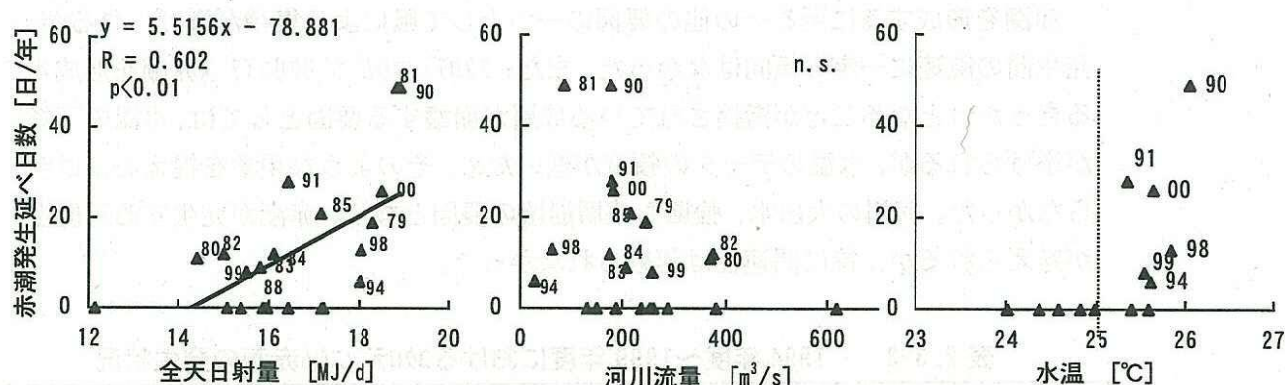


図 2.3-9 7 月～9 月の全天日射量（熊本），河川流量（球磨川横石），
水温（東町）の平均値とコナエリ赤潮の発生延べ日数との関係
（1979 年度～2000 年度，水温は 1986 年度～2000 年度，図中の数字は年度）

出典：九州西部海域の赤潮（水産庁九州漁業調整事務所，1979～1980）

九州海域の赤潮（水産庁九州漁業調整事務所，1981～1999）

平成13年度第2回八代海域調査委員会別資料（熊本県水産研究センター，2000年度）

アメダス観測資料 (熊本地方気象台)

東町水温資料（東町漁業協同組合）より作成

クロロフィコム・リコゲス赤潮の発生と高水温・高日射量との関連は、既存資料で述べた赤潮の発生にいたる気象条件（高温・少雨・高日照時間）と合致していた。しかし、赤潮発生のきっかけとなる成層の崩壊や風による集積などは、短期間におこる現象であるため、赤潮発生前後の気象・海象・河川流量等をより詳細に把握することが必要である。

1994 年度から 1999 年度における赤潮の発生状況と環境要因の経時変化を図 2.3-10 に示す。

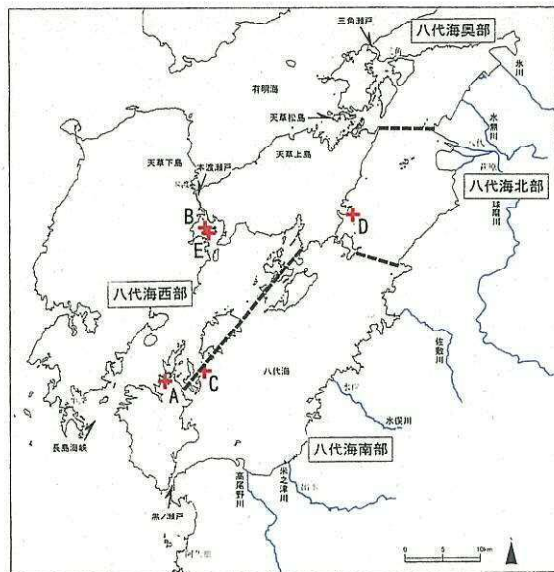
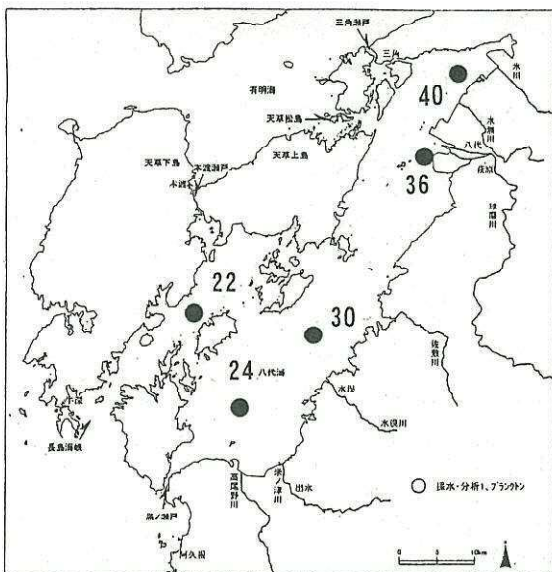
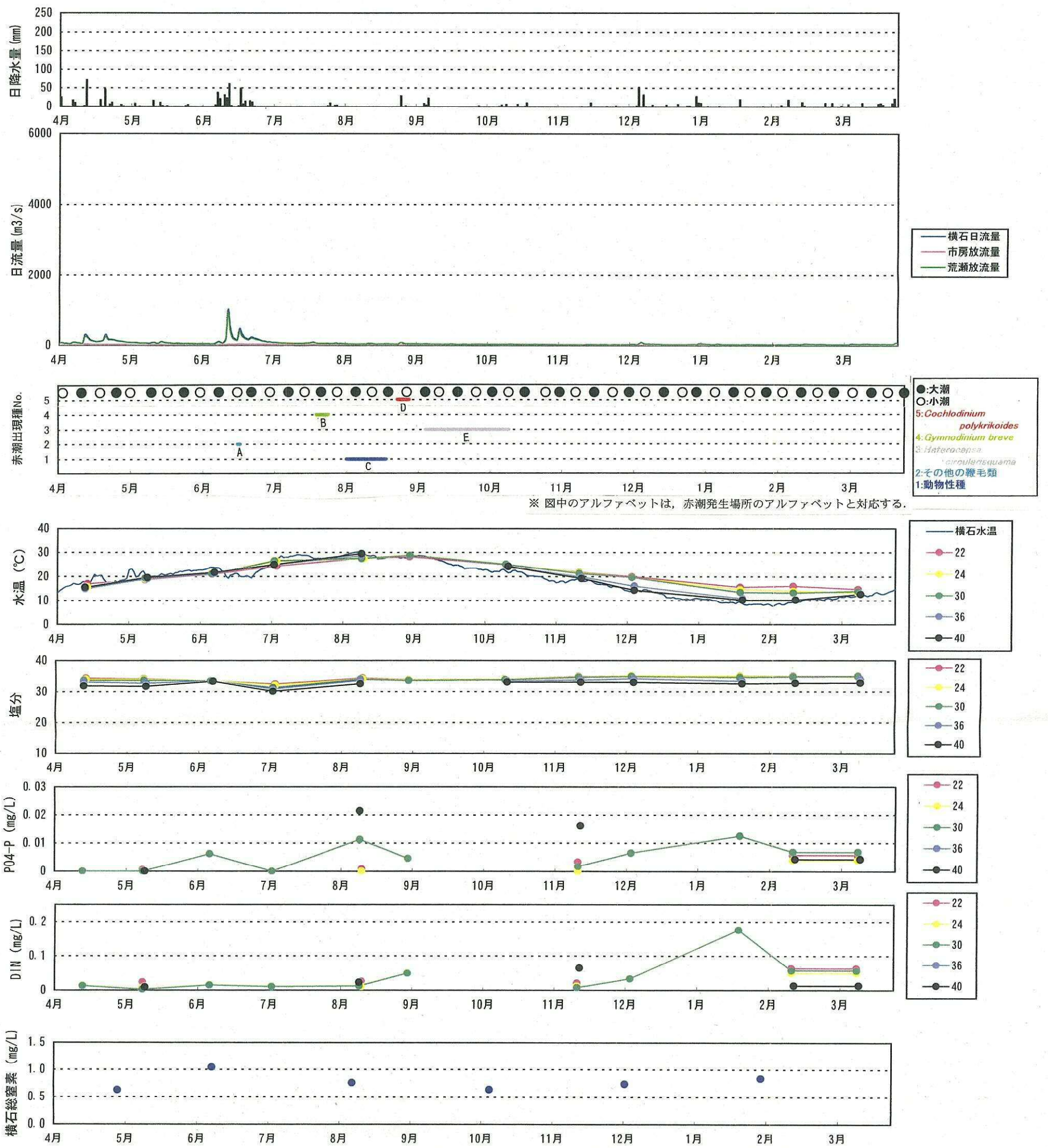
6 年間のうち、クロロフィコム・リコゲス赤潮が発生した 3 年間の状況は表 2.3-3 に示すとおりであり、八代海北部～北部と南部の境界付近において発生が認められた。河川の出水との直接的な対応は認められなかった。

1998 年度には、クロロフィコム赤潮発生前に同様な海域でその他の赤潮の発生が認められたが、1994、1999 年度には赤潮として確認されたのは、クロロフィコム・リコゲスだけであった。

赤潮を形成するに至るその他の要因の一つとして風による集積が挙げられるが、発生前の風速に一定の傾向はなかった。また、クロロフィコム・リコゲス赤潮を形成するきっかけとなることが指摘されている成層が崩壊する要因としては、水温の下降が挙げられるが、水温のデータの頻度が低いため、そのような現象を捉えるには至らなかった。河川の大出水、強風も成層崩壊の要因となり、赤潮が発生する可能性が考えられるが、特に関連性は認められなかった。

表 2.3-3 1994 年度～1999 年度におけるクロロフィコム赤潮の発生状況

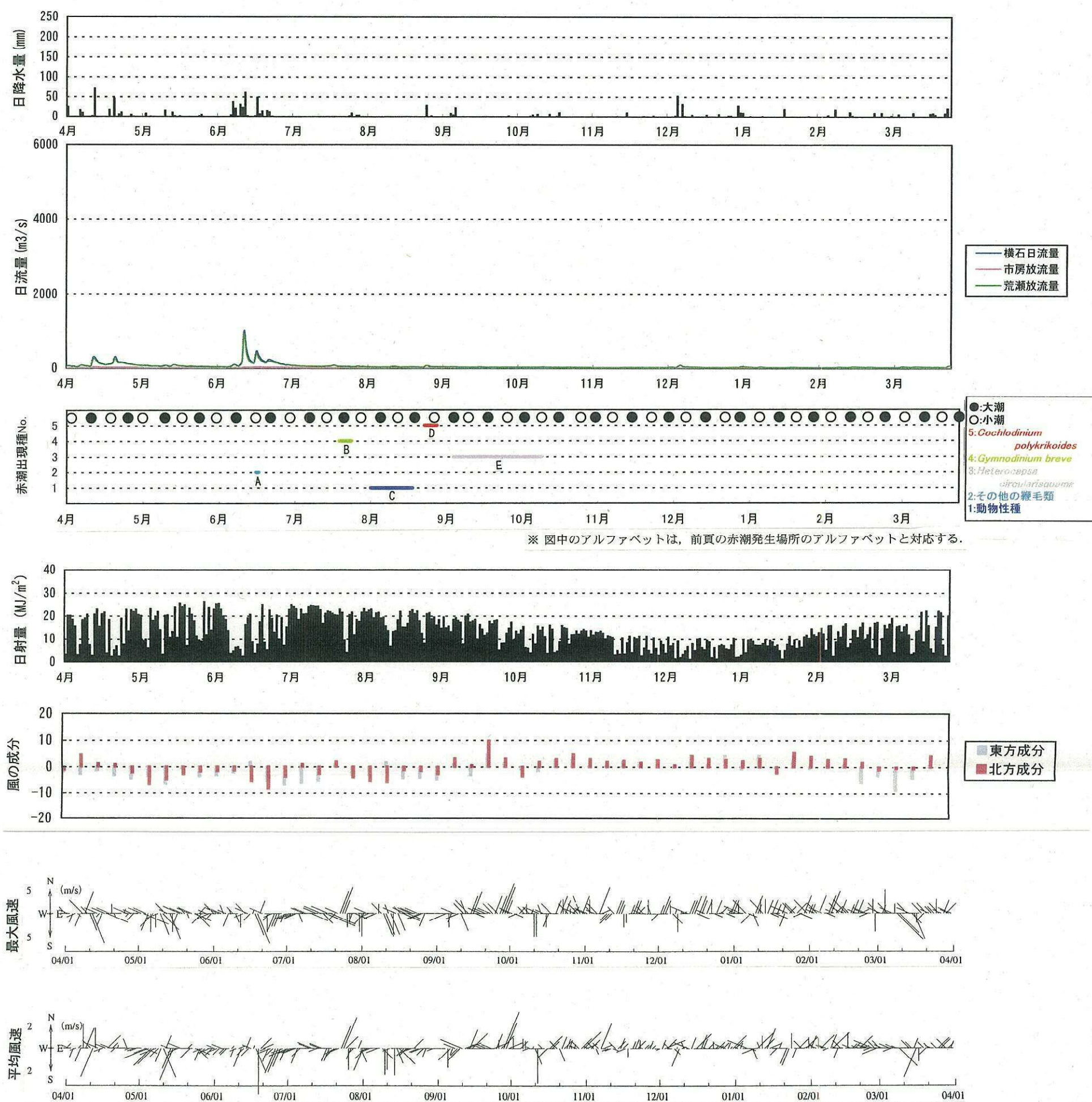
年度	発生時期 (期間)	河川流量	発生場所	他の赤潮との関係等
1994	8 月下旬 (6 日間)	6 月中旬の小規模な出水後は、低流量	八代海北部海域 (姫戸町沖、樋合島沖)	1994 年に八代海北部で確認された赤潮は本件のみ 西日本を中心に大渦水
1998	8 月上～中旬 (13 日間)	7 月中旬に小規模な出水	八代海北部・南部境界付近 (姫戸町～芦北沖)	八代海奥部～北部では出水後、クロロフィコム赤潮発生前に珪藻綱、ヘロシガマアカシオ、シャットネラアンティカ等の赤潮が発生
1999	8 月中～下旬 (8 日間)	8 月上旬に小規模な出水	八代海北部～南部海域 (牟田地先～津奈木地先)	1999 年に八代海中部で確認された赤潮は本件のみ



熊本県水産研究センター実施の内湾調査地点

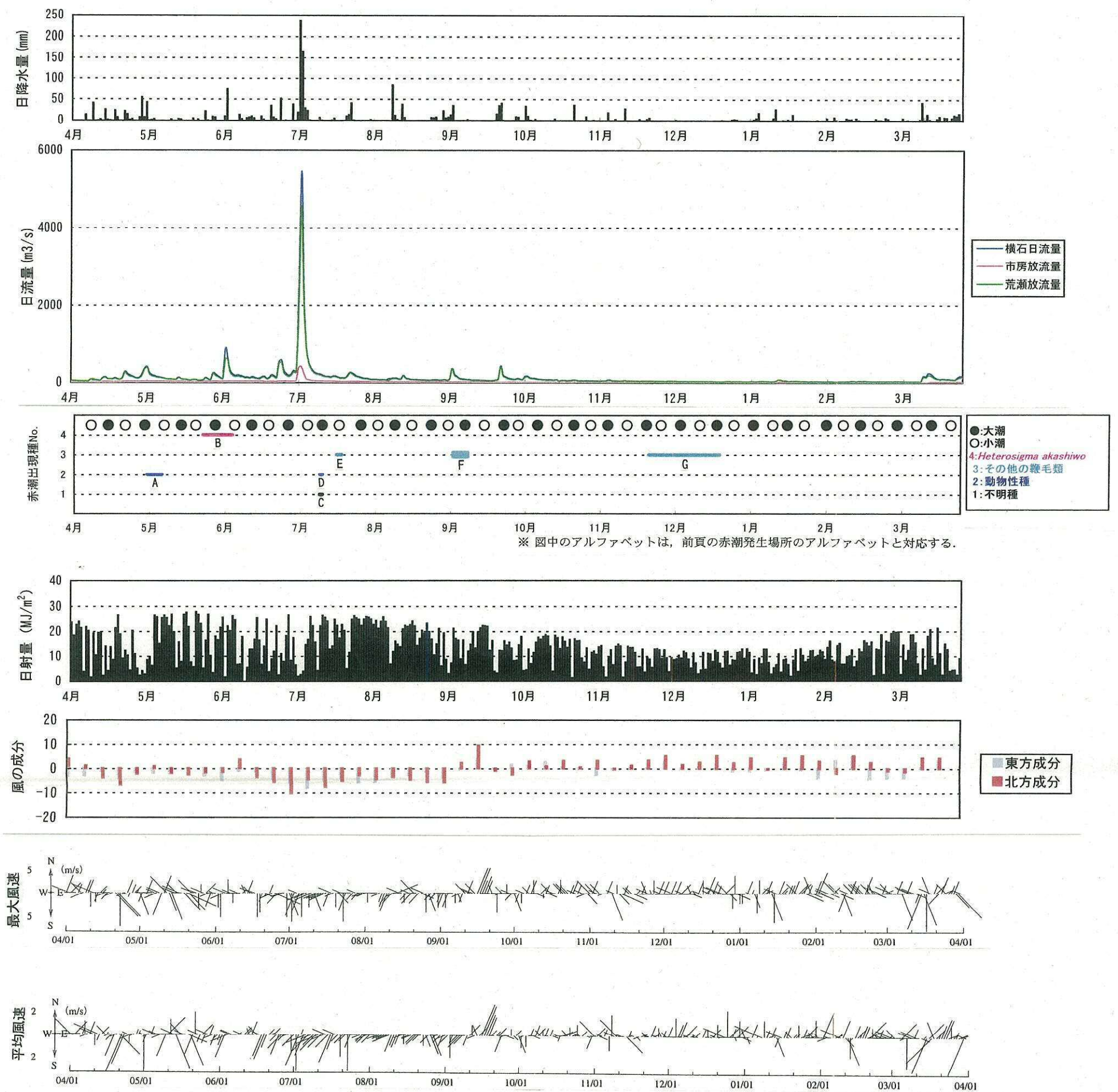
赤潮発生場所

図2.3-10(1) 1994年度における赤潮の発生状況と環境要因の経時変化(1)



出典：アメダス観測資料（熊本地方气象台）
国土交通省資料
熊本県水産研究センター実施の内湾調査結果
1994年度九州海域の赤潮（水産庁九州漁業調整事務所）より作成
注：日射量は熊本，降水量と風は八代のデータを用いた。

図2.3-10(2) 1994年度における赤潮の発生状況と環境要因の経時変化(2)



出典：アメダス観測資料（熊本地方気象台）
 国土交通省資料
 熊本県水産研究センター実施の内湾調査結果
 1995年度九州海域の赤潮（水産庁九州漁業調整事務所）より作成

注：日射量は熊本，降水量と風は八代のデータを用いた。

図2.3-10(4) 1995年度における赤潮の発生状況と環境要因の経時変化(2)

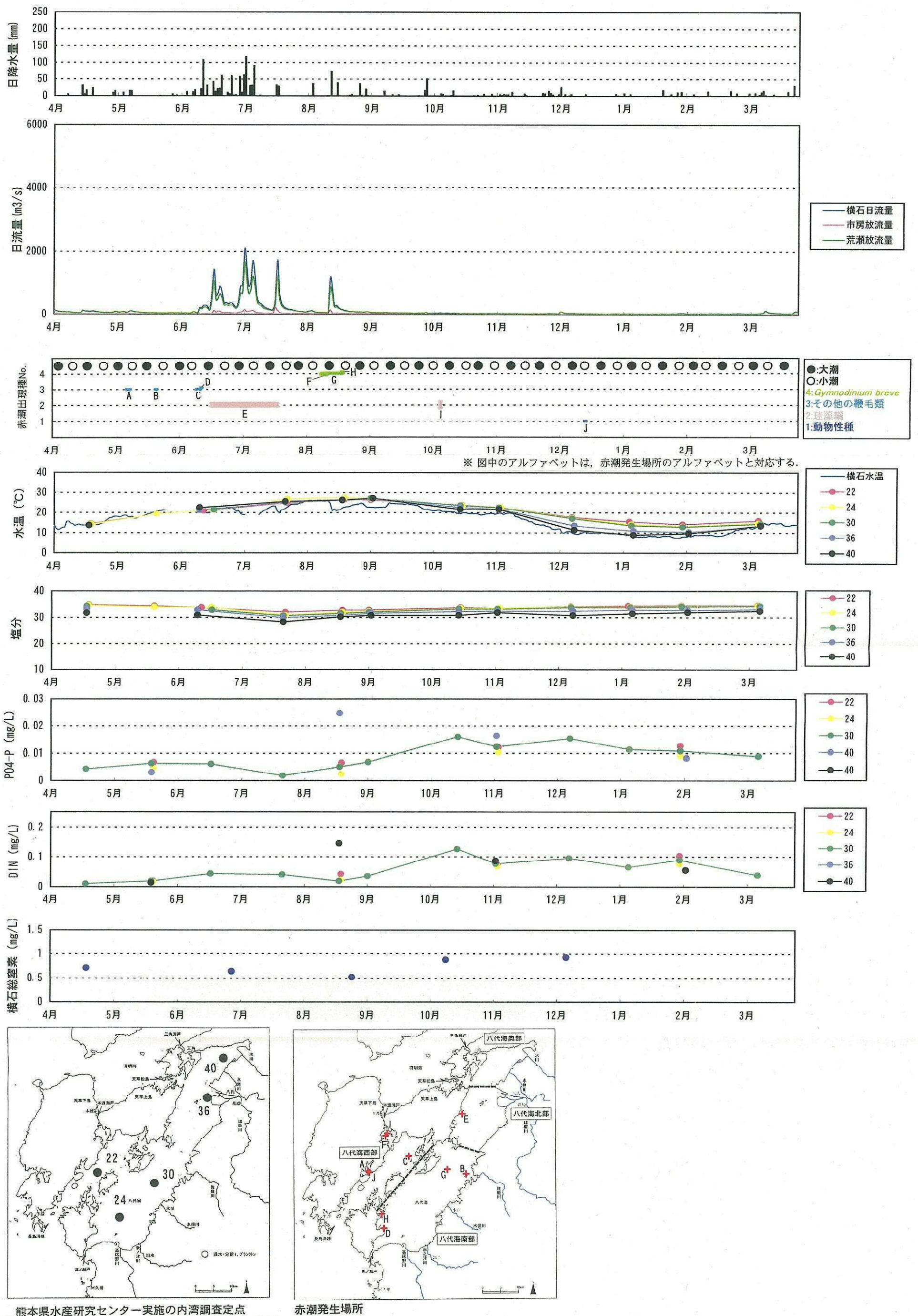


図2.3-10(5) 1996年度における赤潮の発生状況と環境要因の経時変化(1)

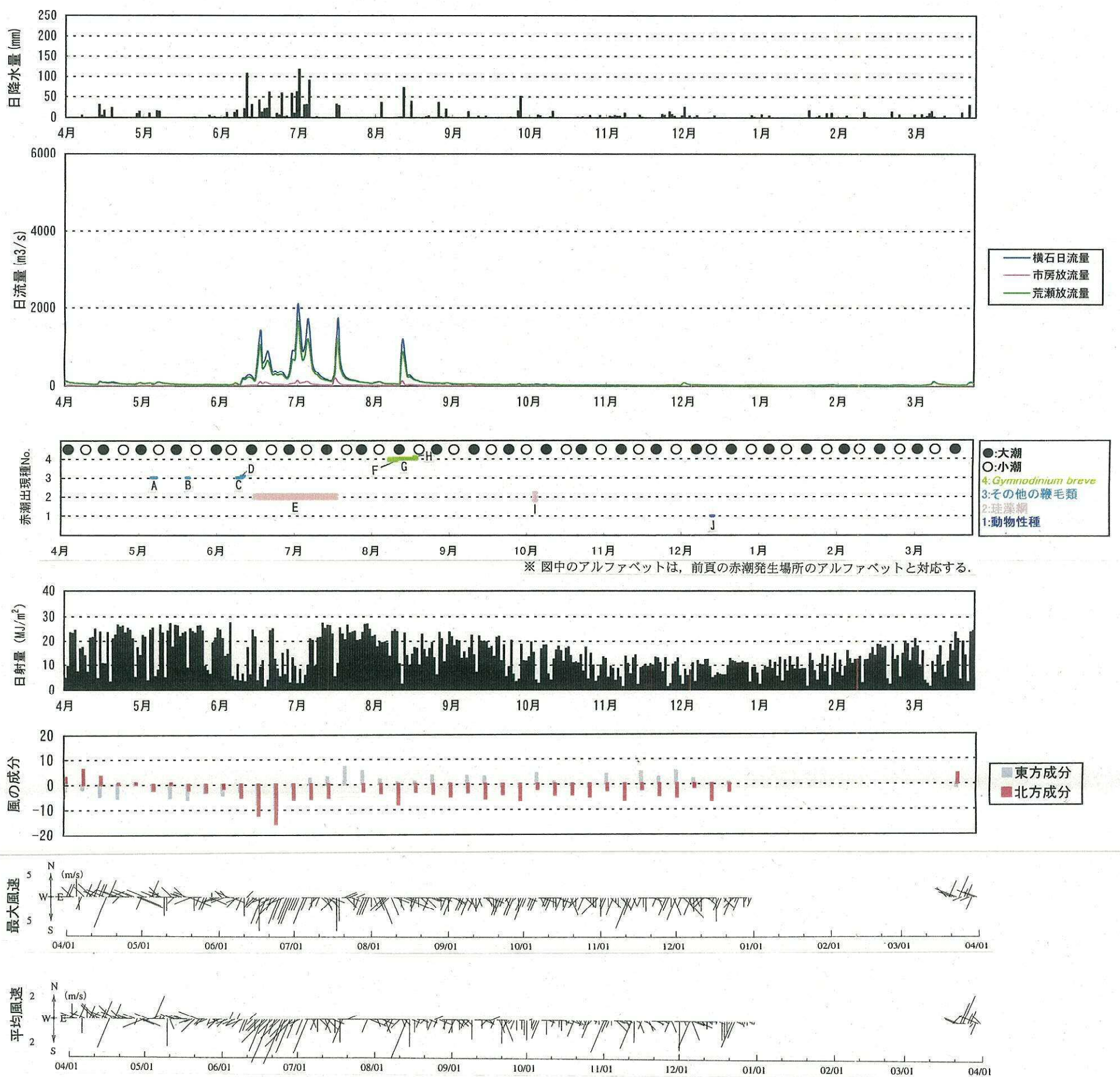


図2.3-10(6) 1996年度における赤潮の発生状況と環境要因の経時変化(2)

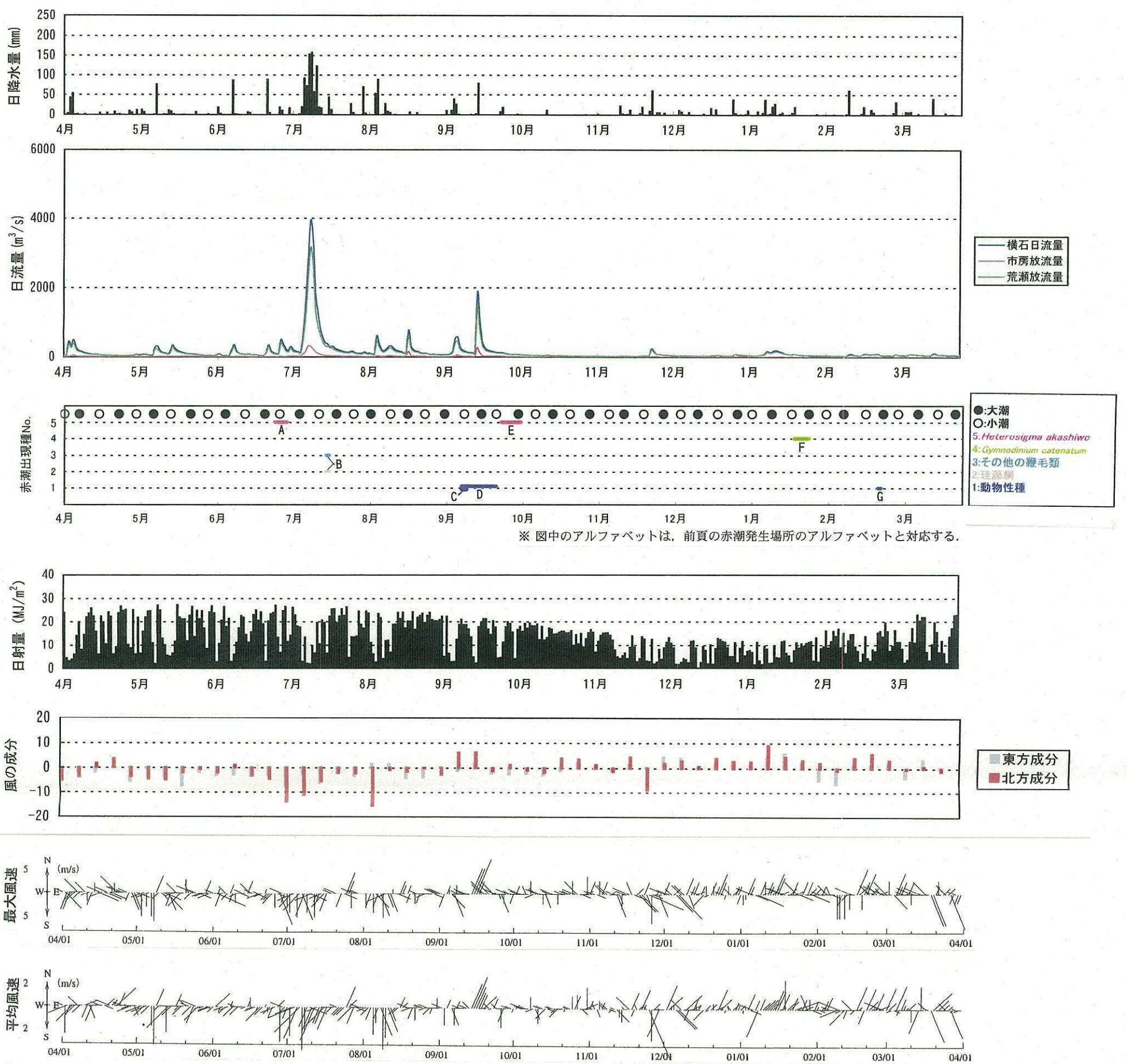


図2.3-10(8) 1997年度における赤潮の発生状況と環境要因の経時変化(2)

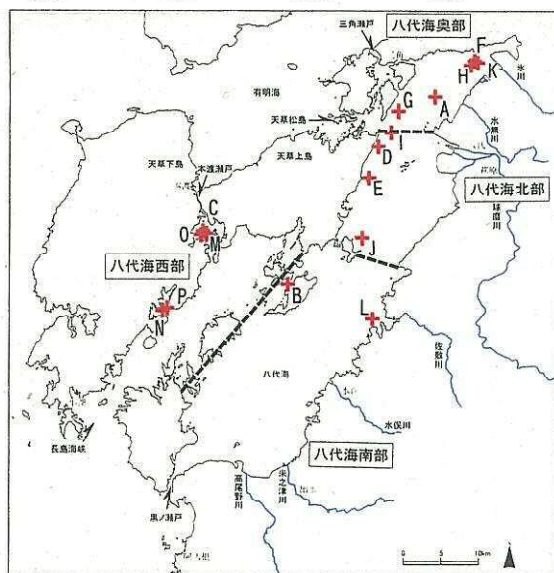
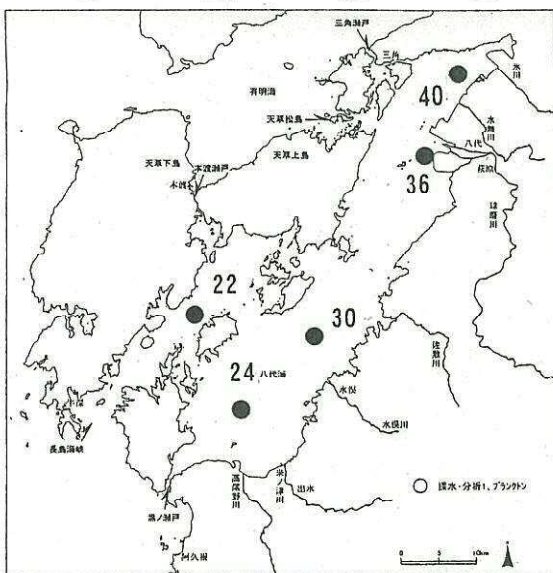
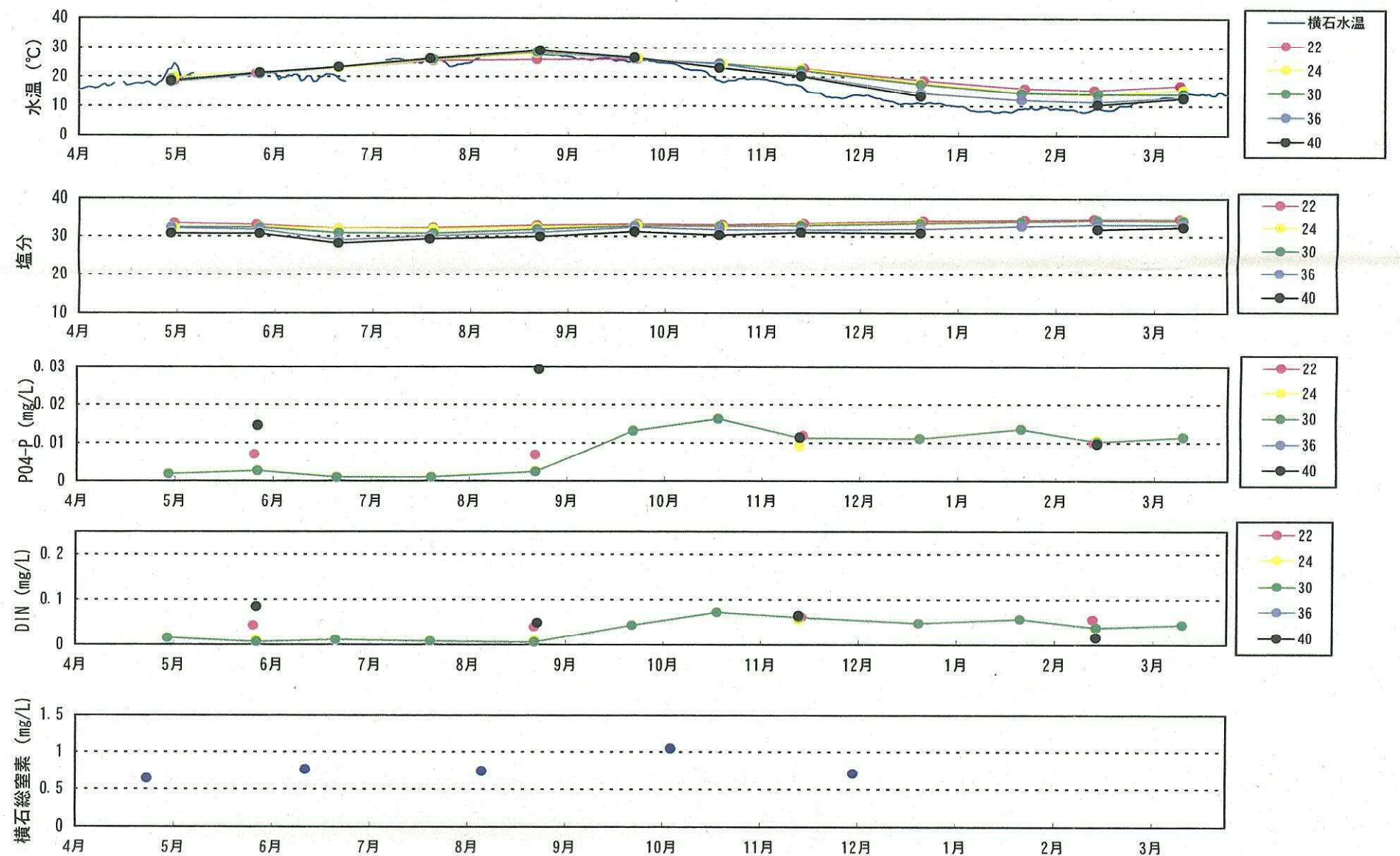
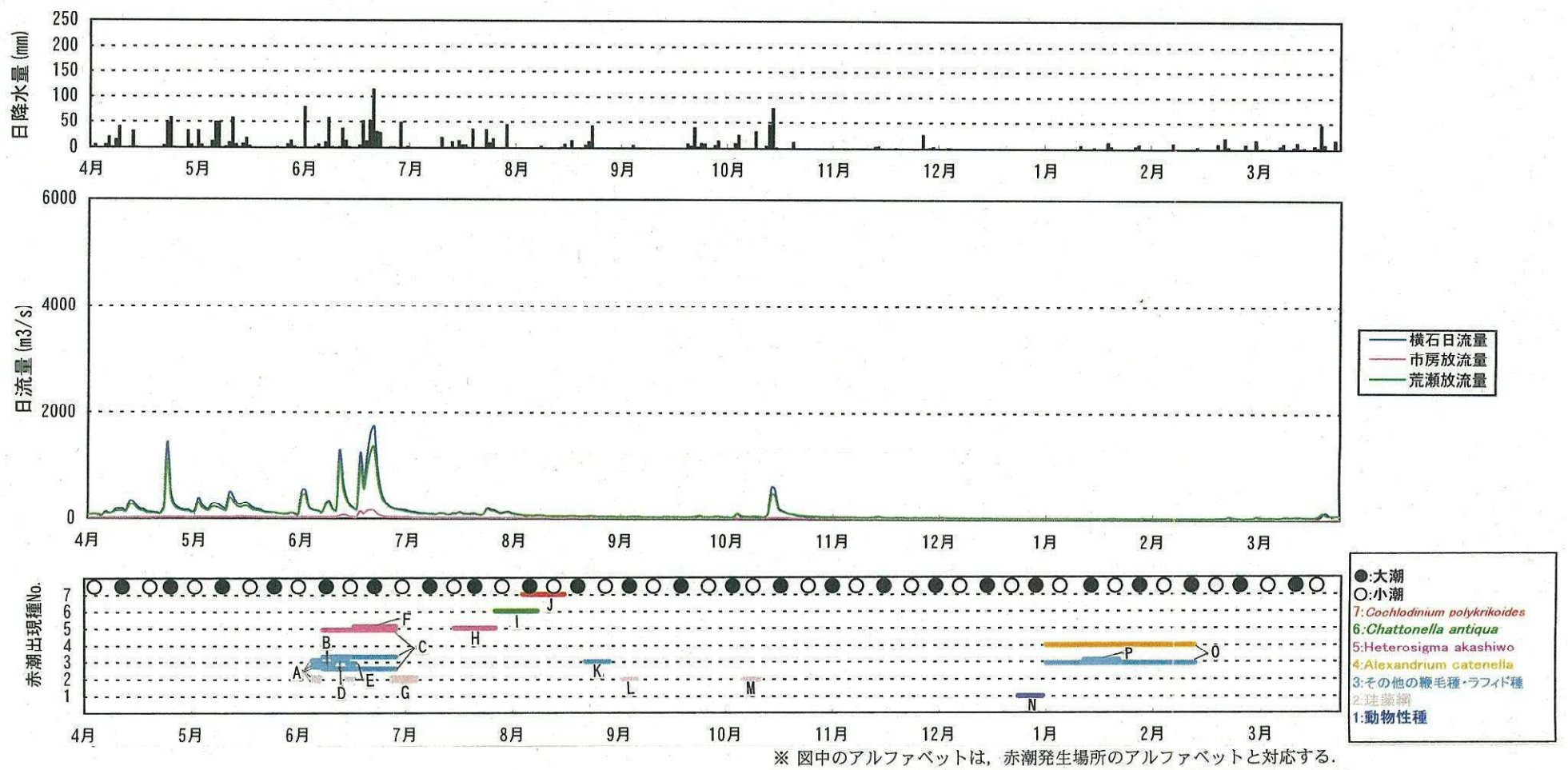
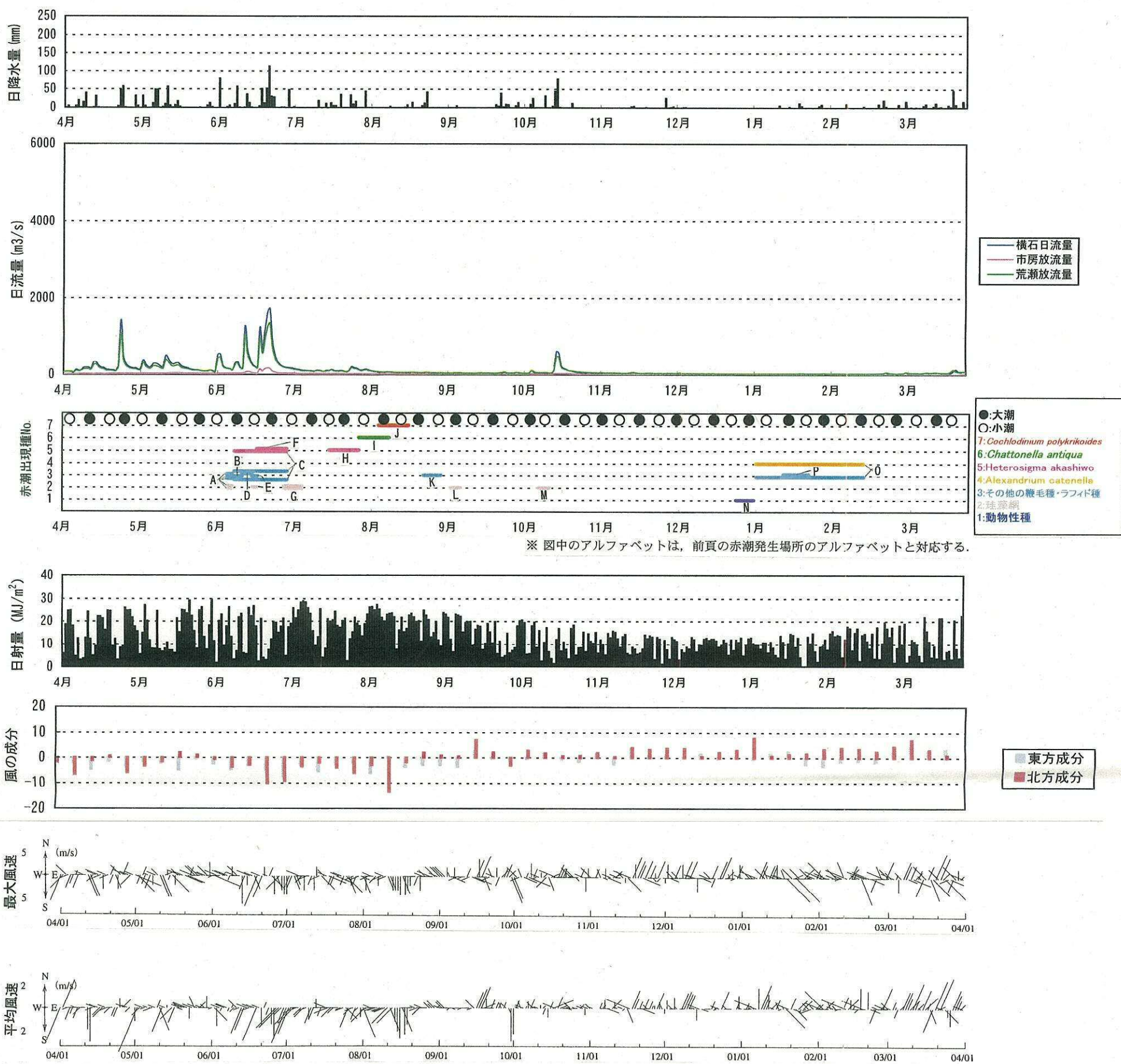


図2.3-10(9) 1998年度における赤潮の発生状況と環境要因の経時変化(1)



出典：アメダス観測資料（熊本地方气象台）
国土交通省資料
熊本県水産研究センター実施の内湾調査結果
1998年度九州海域の赤潮（水産庁九州漁業調整事務所）より作成
注：日射量は熊本，降水量と風は八代のデータを用いた。

図2.3-10(10) 1998年度における赤潮の発生状況と環境要因の経時変化(2)

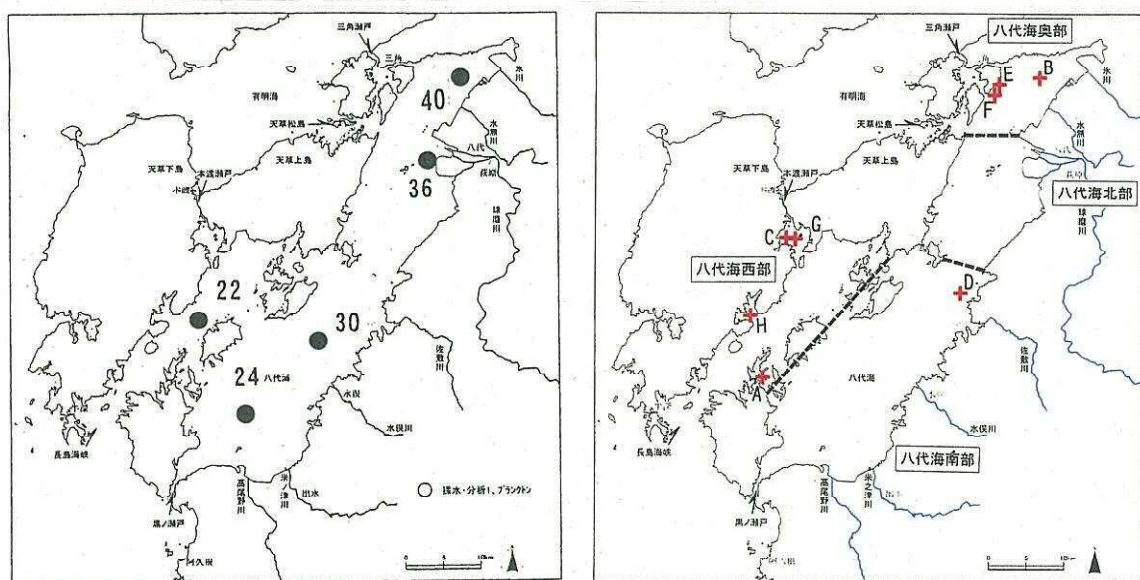
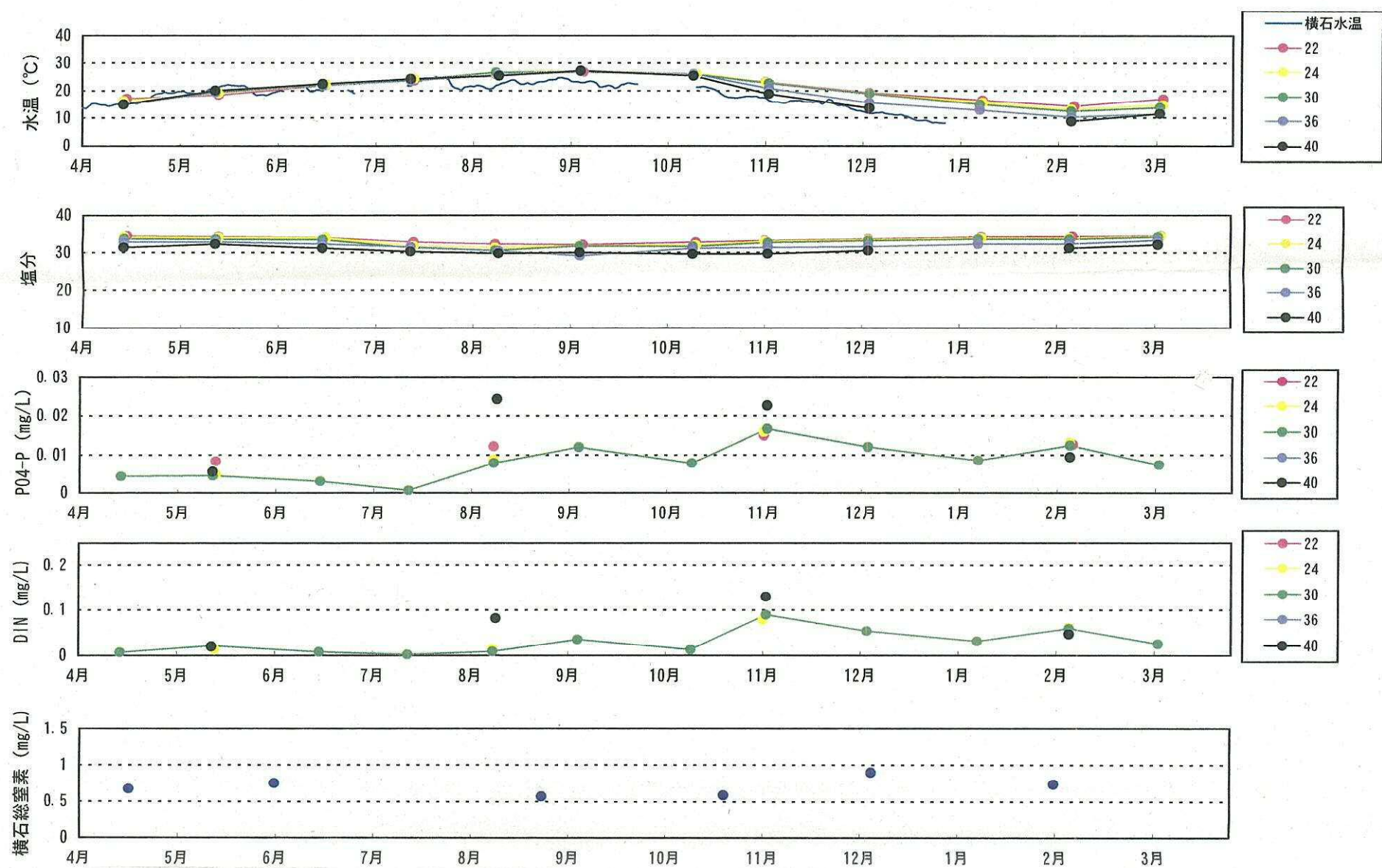
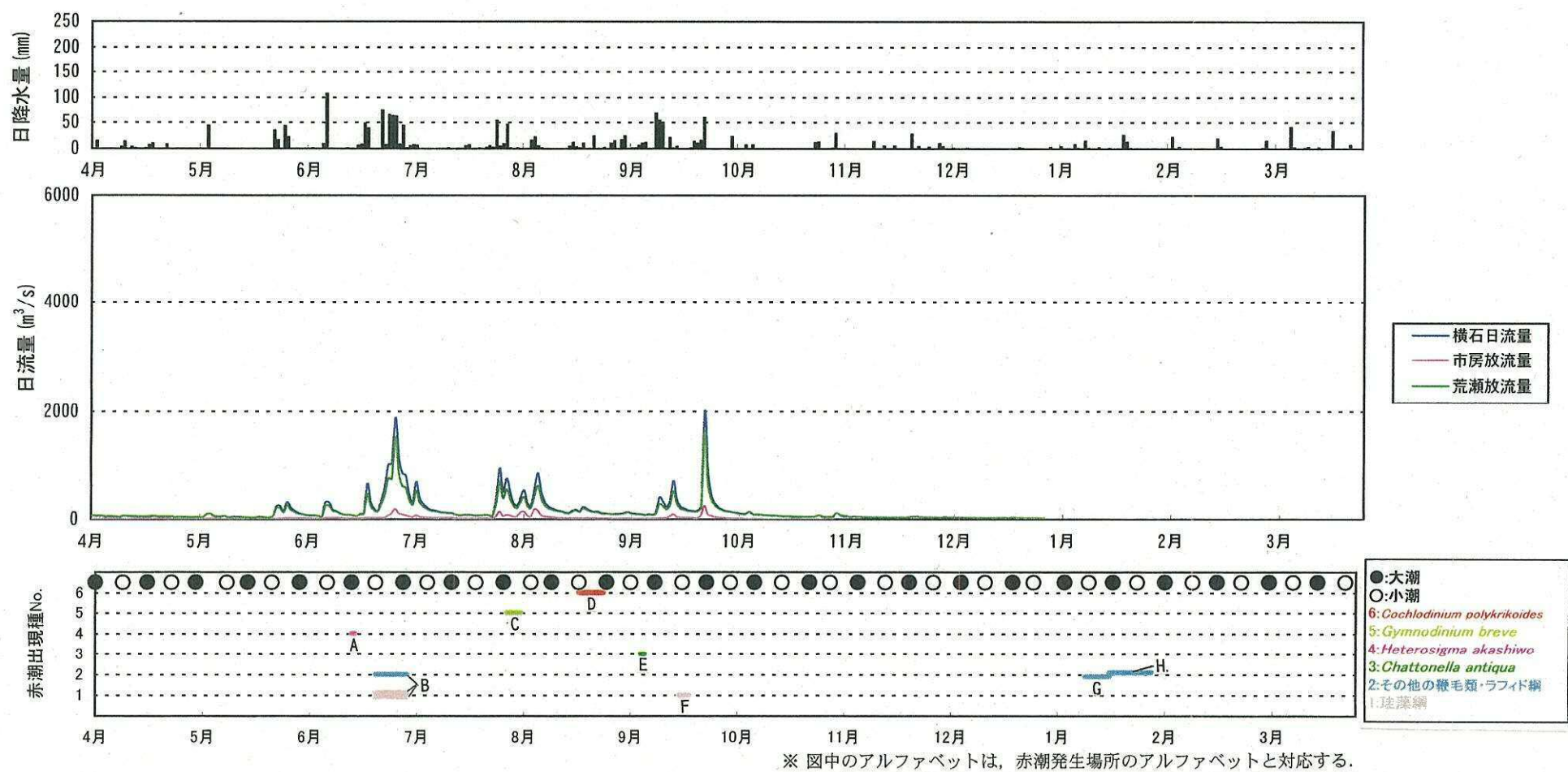
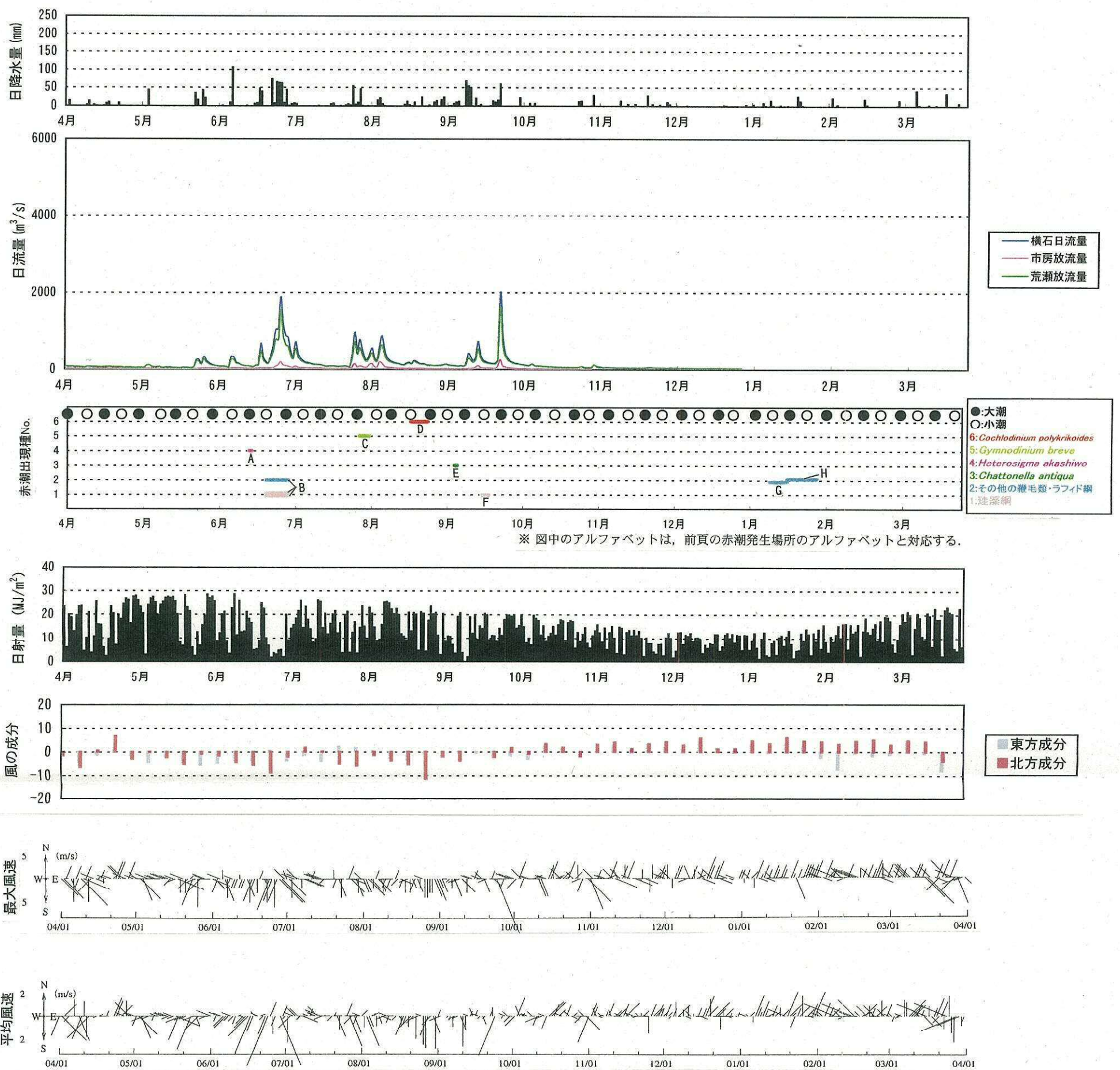


図2.3-10(11) 1999年度における赤潮の発生状況と環境要因の経時変化(1)



出典： アメダス観測資料（熊本地方气象台）
国土交通省資料
熊本県水産研究センター実施の内湾調査結果
1999年度九州海域の赤潮（水産庁九州漁業調整事務所）より作成
注： 日射量は熊本，降水量と風は八代のデータを用いた。

図2.3-10(12) 1999年度における赤潮の発生状況と環境要因の経時変化(2)

2.4 漁 業

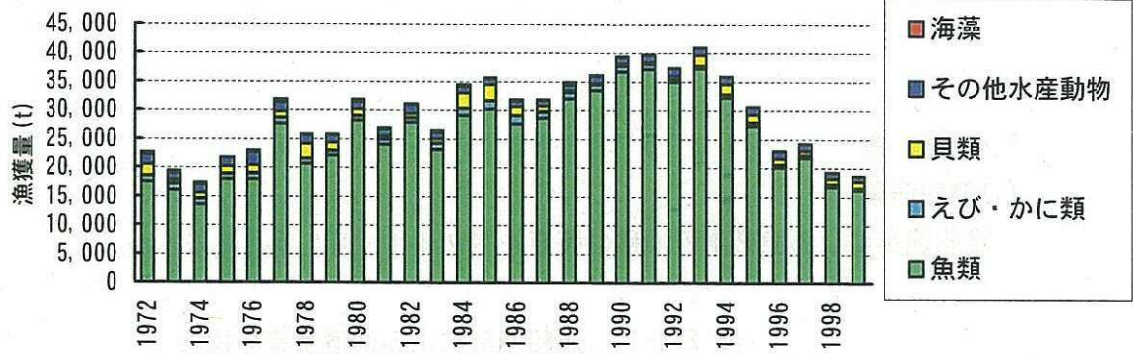
(1) 漁船漁業

漁船漁業による漁獲量等推移の概要を表 2.4-1、図 2.4-1 に示した。

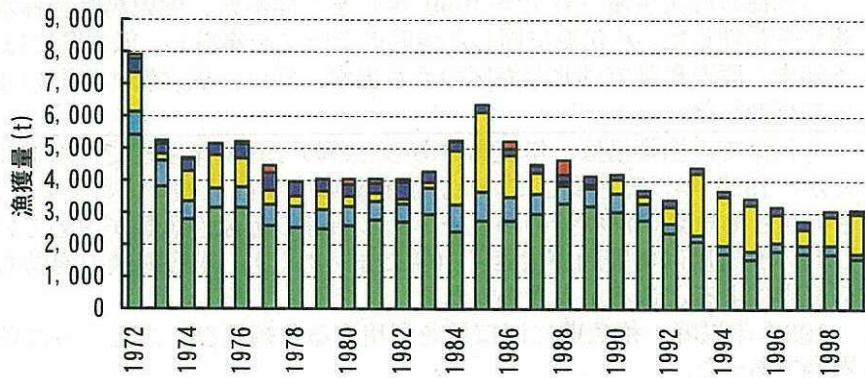
表 2.4-1 漁船漁業による漁獲量等の推移

項 目	結 果
整 理 データ	八代海の漁業生産（1972～1999 年）を、熊本県、鹿児島県農林水産統計年報から整理した。八代海に面した地区のデータを集計し、熊本県では、天草東、不知火、鹿児島県では北薩海区のうち出水、野口、黒之浜、東町の 4 市町について集計した。
漁獲量	八代海での漁獲量は、年変動はあるものの 1993 年頃までは増加傾向にあったが、1993 年以降減少していた。漁獲量の大半は魚類が占めており、各海区、各年度とも魚類の漁獲量の多くをいわし類等の遊泳性魚類が占めていた。いわし類の漁獲量は年変動が大きく（特にまいわし）、総漁獲量の変動もいわし類の変動によるところが大きかった。 1986 年以降、稚魚期に河口域を利用する魚類及び、エビ、カニ類の減少が顕著であった。 貝類は年変動が大きく、そのほとんどを占めるアサリの漁獲量については、自己消費に回る部分も多く、正確な推移を把握することはできないが、以前は自然発生で漁獲されていたものが、近年では稚貝の放流を行っており、資源が減少傾向にあることが指摘されている。
経営体数	熊本県における経営体数は、1978 年以降減少していたが、1 経営体あたりの出漁日数に大きな変化はみられなかった。また、鹿児島県北薩海区においては経営体数および 1 経営体あたりの出漁日数は 1980 年以降大きな変化はみられなかった。
CPUE	漁獲努力量（出漁日数）と CPUE（漁獲努力量当たりの漁獲量）の推移を見ると、熊本県では 1978 年以降出漁日数は減少しており、CPUE は年変動が大きいものの、1976～1993 年頃までは増加傾向にあった。 鹿児島県北薩海区においては、漁獲量は減少しているにもかかわらず、出漁日数は 1978 年以降大きな変化はなく、1993 年以降 CPUE は著しく減少していた。
八代海内の魚介類資源量の評価	八代海での漁獲量の減少は、1993 年以降のいわし類の減少によるところが大きく、また、熊本県では経営体数および漁獲努力量が著しく減少し、1 経営体あたりの出漁日数や CPUE には減少傾向が認められていない。しかし、稚魚期に河口域を利用するという特性を持つ魚類や、エビ、カニ類で漁獲量の減少が著しく、環境変化の魚介類資源への影響が懸念される。

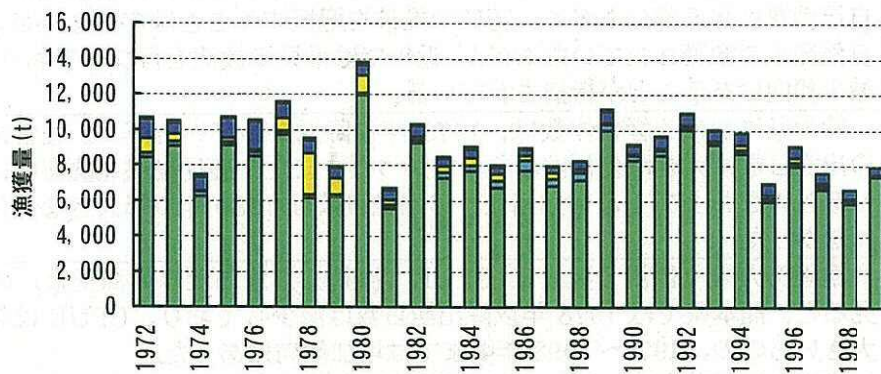
【八代海全体】



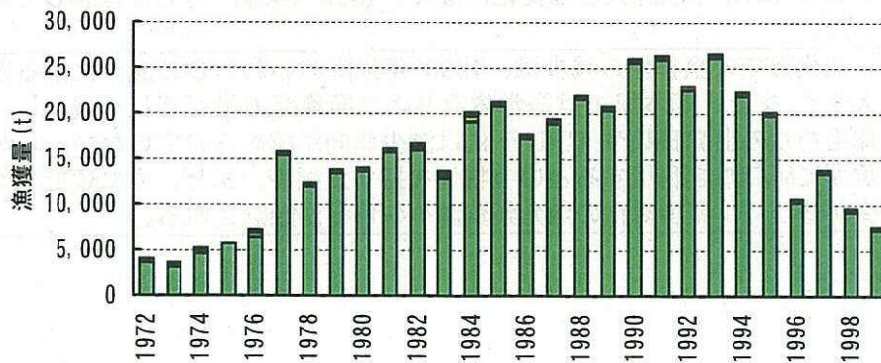
【熊本県不知火】



【熊本県天草東】



【鹿児島県出水、野口、東町、黒之浜】



出典：鹿児島農林水産統計年報（第20次～第47次）より作成
熊本農林水産統計年報（第20次～第47次）より作成

図2.4-1 八代海における全漁獲量（漁船漁業）

(2)海面養殖

魚類養殖、のり養殖の収穫量等推移の概要を表 2.4-2、2.4-3、図 2.4-2、2.4-3 に示した。

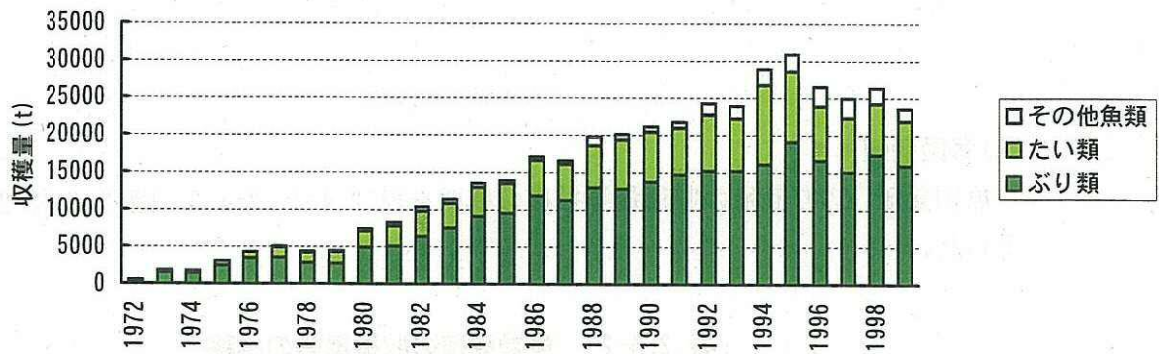
表 2.4-2 魚類養殖の収穫量等の推移

項 目	結 果
整 理 データ	八代海の魚類養殖収穫量等（1972～1999 年）を、熊本県、鹿児島県農林水産統計年報から整理した。八代海に面した地区のデータを集計し、熊本県では、天草東、不知火、鹿児島県では北薩海区のうち出水、野口、黒之浜、東町の 4 市町について集計した。
収穫量	八代海の魚類養殖収穫量は、1995 年までは増加したが、以後減少傾向が認められた。 養殖種類は海区による差が認められ、熊本県不知火では、ぶり類に比べて赤潮の影響を受けにくい類が大半を占めており、熊本県天草東でも近年たい類が多くなっていた。一方、鹿児島県北薩海区では大半がぶり類であった。
経営体数	魚類養殖の経営体数は、1980 年代前半までに急激に増加後、1980 年代中頃にかけて微増傾向を示し、その後は漸減傾向を示した。
CPUE	漁獲努力量（経営および施設面積）と CPUE（漁獲努力量当たりの収穫量）の推移を見ると、施設面積は、経営体数と同様の推移を示し、CPUE は、経営面積増加時には横ばいであったが、1980 年代に入って増加傾向が認められ、この間に養殖密度が高くなっていた。

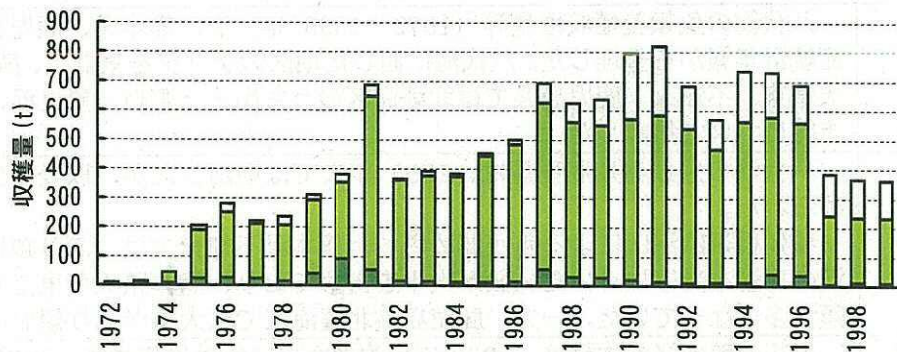
表 2.4-3 のり養殖の収穫量等の推移

項 目	結 果
整 理 データ	八代海ののり養殖の収穫量等（1972～1999 年）を、熊本県、鹿児島県農林水産統計年報から整理した。八代海に面した地区のデータを集計し、熊本県では、天草東、不知火、鹿児島県では北薩海区のうち出水、野口、黒之浜、東町の 4 市町について集計した。
収穫量	八代海ののり収穫量は、1984 年以降は 1990、1991 年にやや多かったほかは、大きな変化はなかった。なお、1994 年はやや減少し、特に不知火での減少が著しかったが、この年は降水量が少なくなっていた。
経営体数	のり養殖の経営体数は、1972 年から 1976 年にかけて著しく減少し、特に熊本県不知火で大きく減少していた。1980 年以降は大きな変化はみられなかった。
CPUE	漁獲努力量（経営および施設面積）と CPUE（漁獲努力量当たりの収穫量）の推移を見ると、施設面積は、八代海全体では 1980 年代後半以降大きな変化はみとめられなかったが、天草東では 1990 年代半ばに減少していた。CPUE は渇水時の 1994 年に低かったほかは、1980 年代後半以降大きな変化は見られなかった。

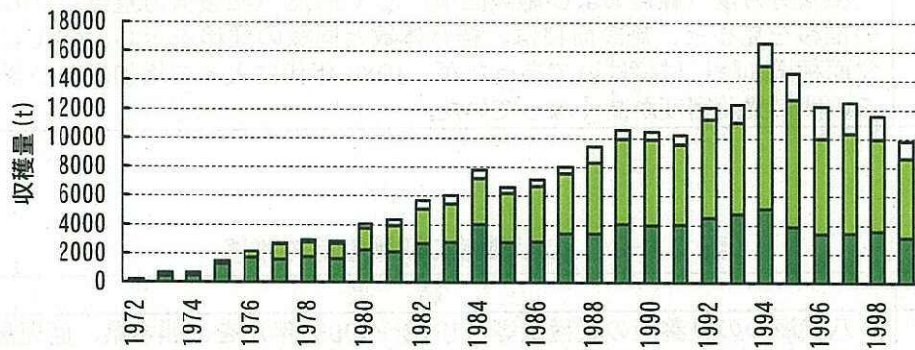
【八代海全体】



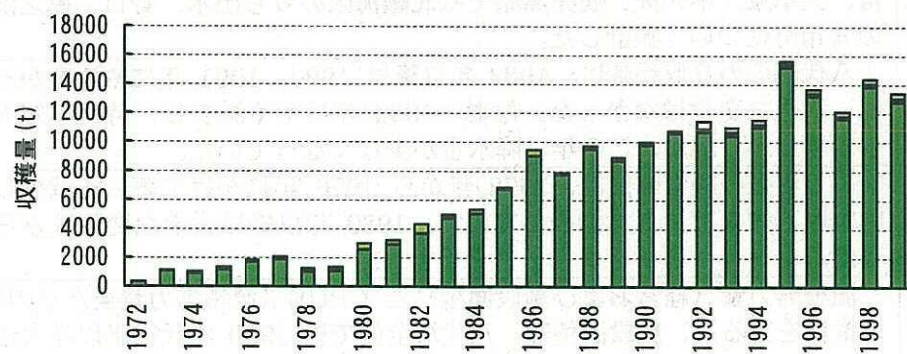
【熊本県不知火】



【熊本県天草東】



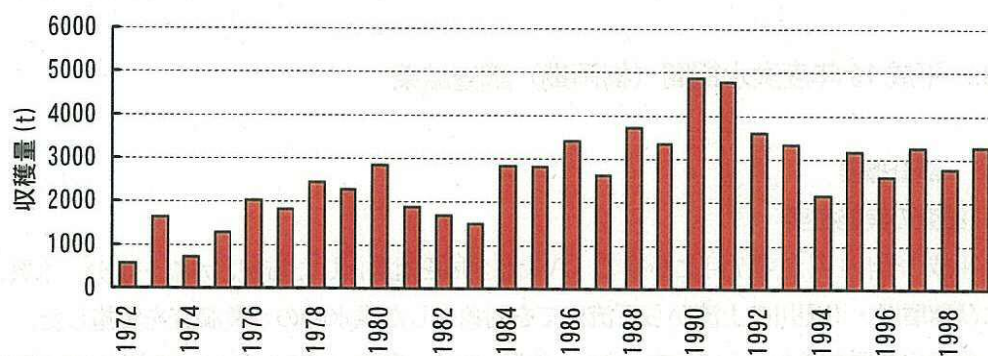
【鹿児島県出水、野口、東町、黒之浜】



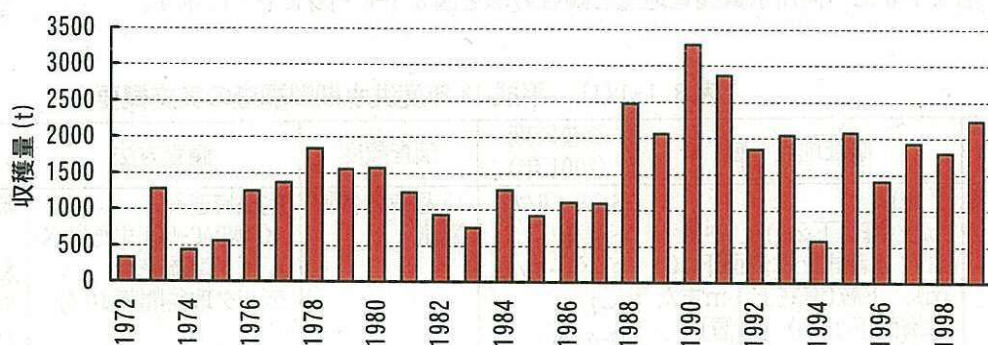
注：鹿児島県の1992年次は、市町村別のデータが得られなかったため、「北薩海区」のデータを用いた。
 出典：鹿児島県農林水産統計年報（第20次～第47次）より作成
 熊本農林水産統計年報（第20次～第47次）より作成

図2.4-2 八代海における収穫量（魚類養殖）

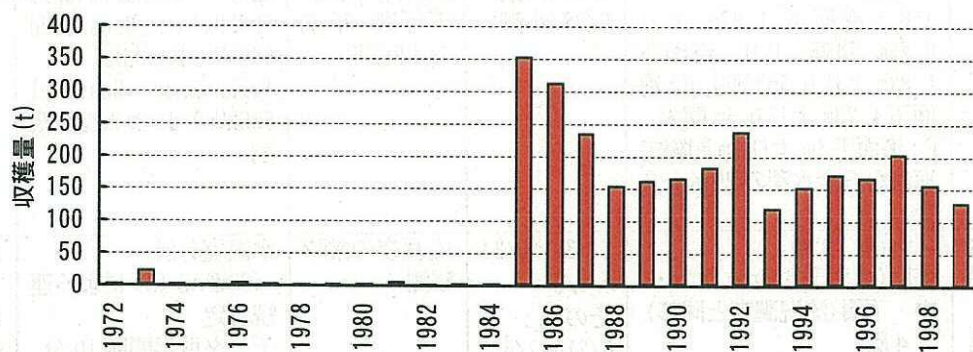
【八代海全体】



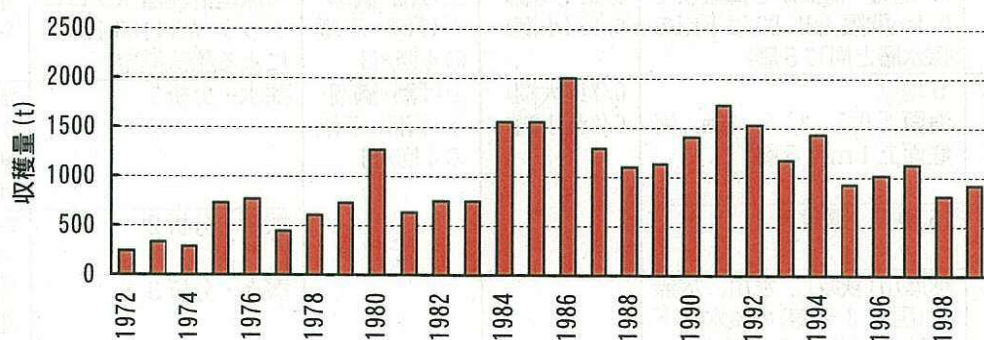
【熊本県不知火】



【熊本県天草東】



【鹿児島県出水、野口、東町、黒之浜】



注 : 1. 鹿児島県の1992年次は、市町村別のデータが得られなかったため、「北薩海区」のデータを用いた。
 2. 鹿児島の1972～1974年、熊本県の1972～1981年ののりの生産量については、鹿児島県の換算式に従って生重量に換算した。
 出典：鹿児島県農林水産統計年報（第20次～第47次）より作成
 熊本県農林水産統計年報（第20次～第47次）より作成

図2.4-3 八代海における収穫量（のり養殖）

3. 平成 13 年度洪水期間（梅雨期）調査結果

3.1 調査概要

(1) 調査の実施概要

平成 13 年 6 月から 7 月にかけて、八代海全域を対象とした流況、水温・塩分、水質、プランクトンおよび球磨川・川辺川の上流から下流までを対象とした洪水時の水質調査を実施した。

調査の概要を表 3.1-1 に示す。また、流況、水質、底質、プランクトン調査地点及び調査方法を図 3.1-1～図 3.1-5 に、河川水質調査地点と調査方法を図 3.1-6～図 3.1-7 に示す。

表 3.1-1 (1) 平成 13 年度洪水期間調査の実施概要

調査名	調査地点・層	調査時期 (2001 年)	調査頻度	調査方法	測定項目
八代海 流況・ 水質等 調査	流況 7 地点 上層(海面下 2m), 中層 (1/2 水深または海面下 10 m), 下層(海底上 1m また は海面下 25m) [3 層] (ただし, st. 9 は 2 層)	St. 9 : 6/27 ~7/12 St. 34 : 6/24 ~7/9 その他: 6/21~7/6	15 昼夜の常時 観測	電磁流速計 (COMPAC-EM) またはベ ルゲン型流速計 データ取得間隔 10 分	流向・流速 St. 8・14: 2m, 1/2 水深 1 St. 9 : 2m, B-1m St. 19・28・34・35 : 2m, 10m, 25m
	6 測線 A, B : 海面下 1.37m より 0.25m 間隔, C, D : 海面下 1.82m より 0.5m 間隔, E : 海 面下 1.73m より 0.5m 間隔, F : 海面下 4m より 2m 間隔で 海底から全水深の 20% 上ま で	6/21 (大潮) 6/28 (小潮)	上げ潮・満潮・ 下げ潮・干潮 の 4 回/日	ADCP (NarrowBand 600kHz , BroadBand 600kHz, 1200kHz , Workhource Sentinel 600kHz) による曳航観 測	流向・流速
	水温・ 塩分等 7 地点 4 層 表層(海面下 0.5m), 上・ 中・下層(流況調査と同じ) [4 層] (ただし, st. 9 は 3 層)	St. 34 : 6/24 ~7/9 その他: 6/21~7/6	15 昼夜の常時 観測	水温塩分計 (COMPAC-CT) による連 続測定 データ取得間隔 10 分	水温、塩分(海水密度) 地点ごとの上・中・下層は 流況調査と同じ
	36 地点 海面から海底まで 0.1m 間隔 (pH, DO は下記の 採水層と同じ 5 層)	6/21 (大潮) 6/28 (小潮)	上げ潮・満潮・ 下げ潮・干潮 の 4 回/日	可搬型計測器 (クロロ テック ACL1183-PDK) による鉛直測定	水温、塩分、濁度, 透明度 la, pH, DO
	水質 5 地点 海面下 0.5, 2, 5, 10m, 海 底面上 1m [5 層]	6/21 (大潮) 6/28 (小潮)	上げ潮・満潮・ 下げ潮・干潮 の 4 回/日	採水・分析 1	濁度, SS, VSS(IL), COD, D-COD, T-N, D-T-N, NH ₄ -N, NO ₂ -N, NO ₃ -N, T-P, D-T-P, PO ₄ -P, D-PO ₄ -P, SiO ₂ -Si
	15 地点 層は同上			採水・分析 2	T-N, NH ₄ -N, NO ₂ -N, NO ₃ - N, T-P, D-PO ₄ -P, SiO ₂ -Si
	球磨川(萩原)、氷川、水無 川(国道 3 号線)の淡水最下 流地点 表層 [1 層]			採水・分析 3	濁度, SS, VSS(IL), T-N, NH ₄ -N, NO ₂ -N, NO ₃ -N, T-P, D-PO ₄ -P, SiO ₂ -Si
	プラン クトン 5 地点 1) 海面下 0.5, 5m [2 層] 2) 海面~5m, 5m~海底面上 1m [2 層]	6/21 (大潮) 6/28 (小潮)	上げ潮・満潮・ 下げ潮・干潮 の 4 回/日	1) 採水法 (5 L 採水) 2) ネット法 (北原式定 量ネット)	植物プランクトンおよび動物プ ランクトンの種の同定・計数
	航空 撮影 球磨川の河川水拡散範囲 (河口~前線)	6/30, 7/9	満潮時・干潮 時の 2 回以上	ヘリコプターによる空 中撮影	写真、ビデオ (※) 天候不良のため、良好 なデータが得られな かった。

表 3.1-1 (2) 平成 13 年度洪水期間調査の実施概要

調査名	調査地点・層	調査時期 (2001 年)	調査頻度	調査方法	測定項目
球磨川河口周辺底質等調査	底質 球磨川河口干潟部	6/23, 24 (梅雨期) 7/21, 22 (梅雨明け)	—	干潮時に干潟の性状観察または満潮時にコマバジ採泥器による任意採泥	浮泥の堆積状況, 底質性状, 色相, 臭気, 還元層の有無, 混入物などの(層状)観察
	球磨川河口周辺 8 地点の表層 (0~2cm) と下層 (2~5cm) [2 層]			アクリルコー(φ10)による柱状採泥 干潮時に干潟の性状観察	粒度組成, 単位体積重量, 含水率, TOC, T-N, T-P, SiO ₂ , 硫化物
	底生生物 球磨川河口周辺 8 地点	6/23, 24	—	スミマッキンタイ型採泥器 (3 回) による採泥, 0.5mm 目以上	種の同定・計数, 分類群別湿重量
	球磨川河口干潟部 3 地点 層厚 20cm 間隔 [2~3 層]			アクリルコー(φ20, 2 回)による柱状採泥, 0.5mm 目以上	同上
球磨川水質調査	濁度等 球磨川 1 地点(萩原)[1 層]	6/22~7/10	15 昼夜の常時観測	濁度計(MRD-111TW) データ取得間隔 10 分	濁度
			上記の期間に 出水ピーク時 1 時間, その 後 2 時間, 平 水時 6 時間ご と	自動採水装置 (Model 3700 ポータブルサンプラー, 採水速度 3.5L/分, 採水量 1L) による採水分析.	SS, VSS(IL)
	水質 (球磨川)横石、西瀬橋、多良木、(川辺川)柳瀬の 4 地点、表層 [1 層]	7/6~7/10	出水ピーク前から 1~3 時間毎に 1 昼夜 (24 時間)、その 1, 2, 3 日後に各 1 回 (計 5 日間)	採水・分析	水温, 濁度, SS, VSS(IL), BOD, COD, T-N, NH ₄ -N, NO ₂ -N, NO ₃ -N, T-P, D・PO ₄ -P, SiO ₂ -Si

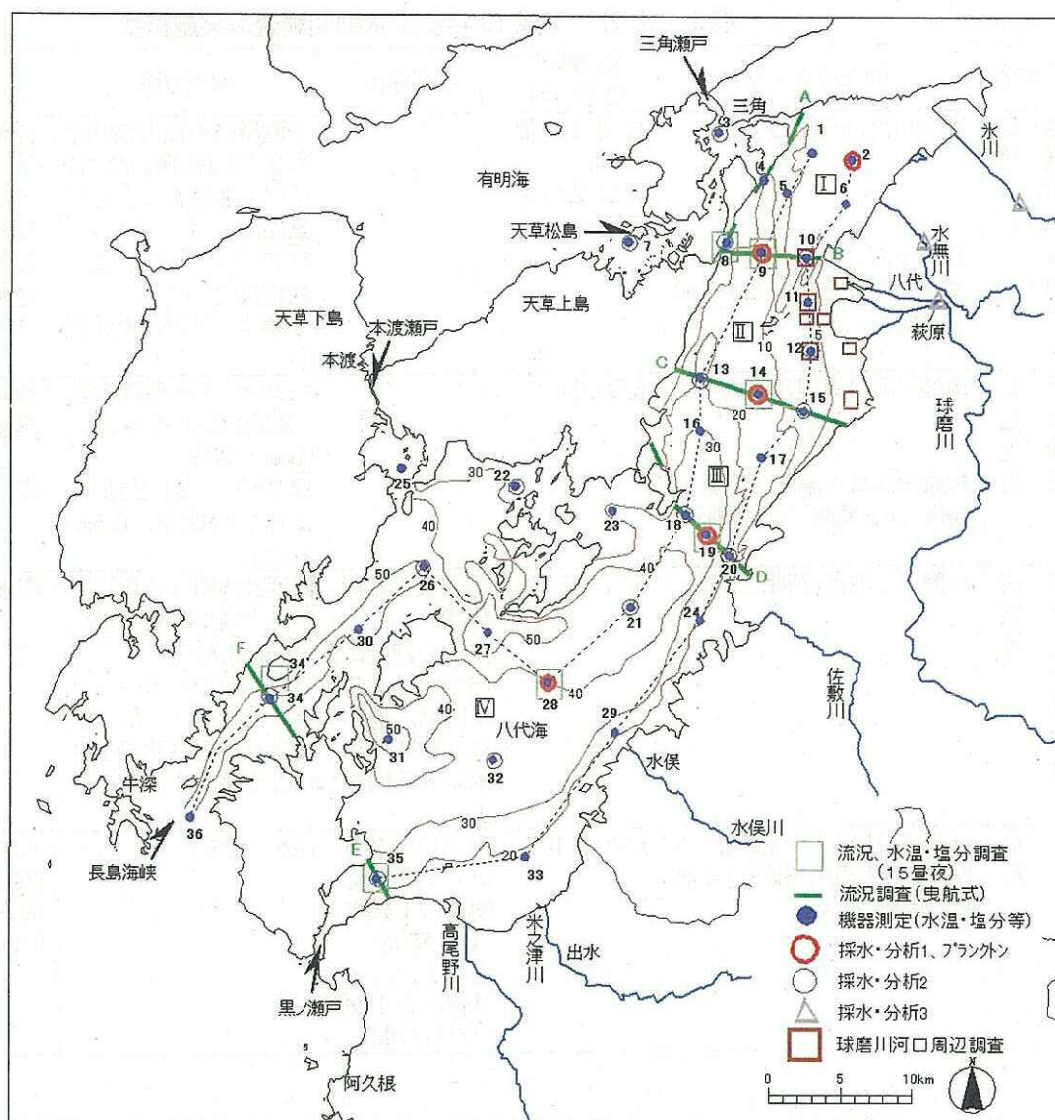


図 3.1-1 八代海流況・水質等調査地点および球磨川河口周辺底質等調査地点

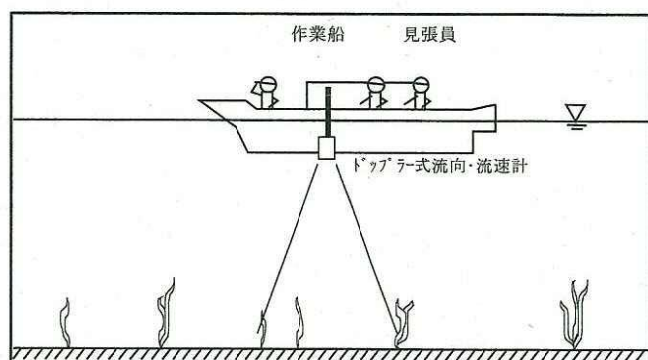


図 3.1-2 曳航式型流向・流速計の調査状況

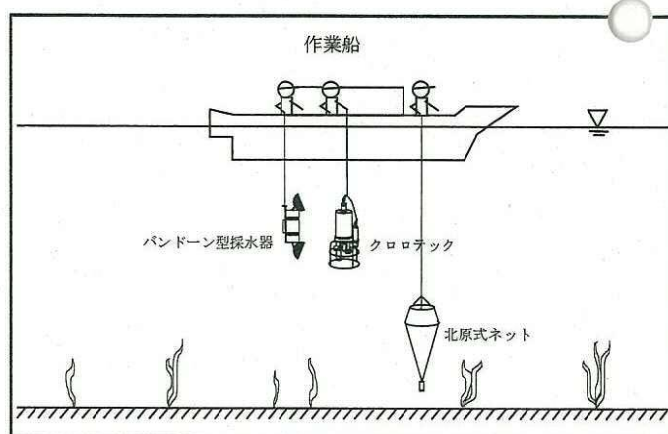


図 3.1-3 水質・プランクトン調査状況

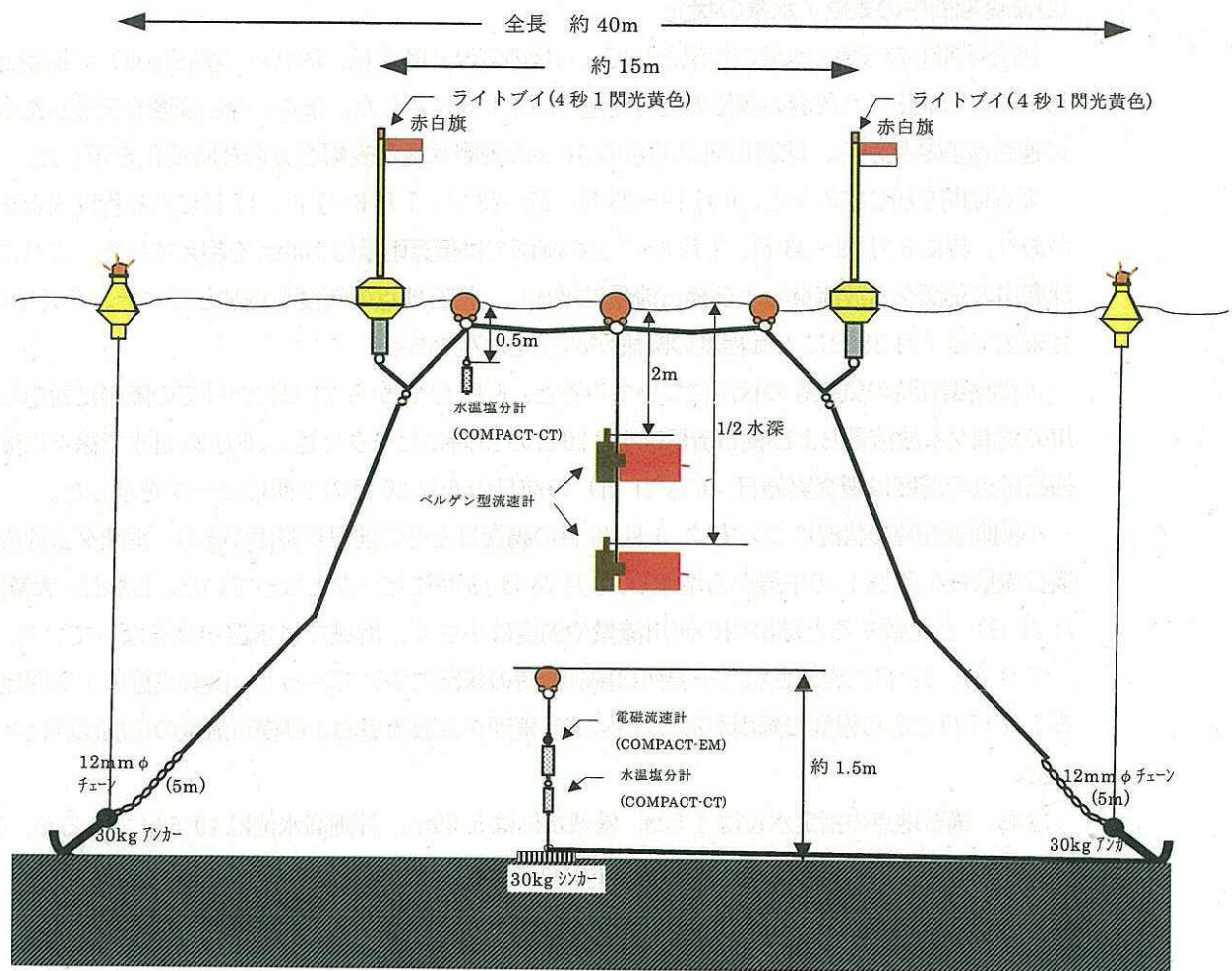


図 3.1-4 設置型流向・流速計および水温・塩分計の設置状況

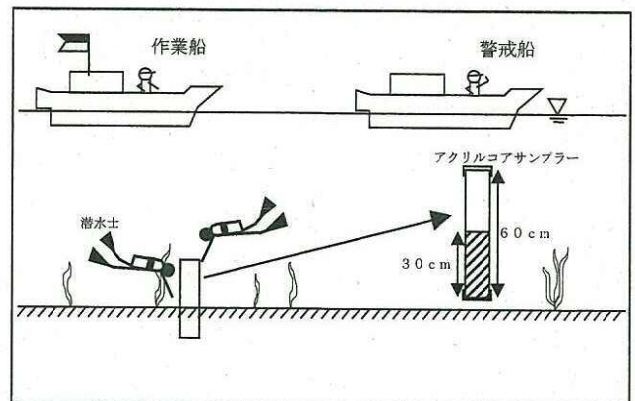
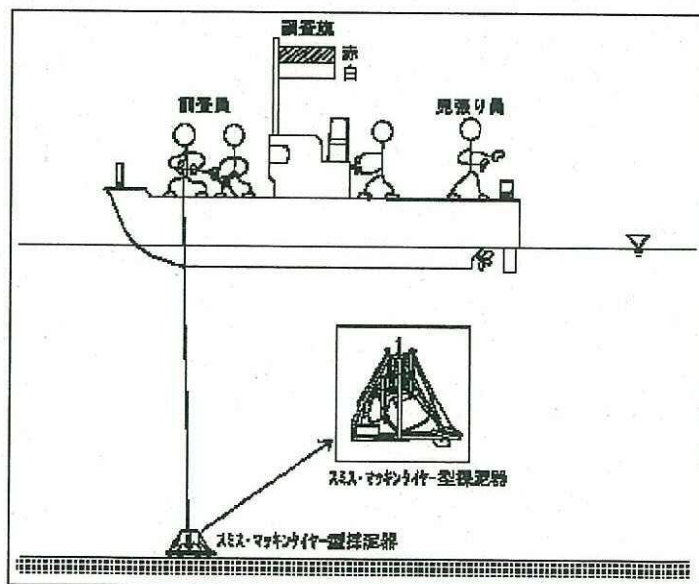


図 3.1-5 海域の底質・底生生物調査状況

(2) 調査期間中の気象・水象の状況

調査期間中の気象・水象の状況として、八代の気温と降水量、球磨川（横石地点）の流量と濁度、荒瀬ダムの放流量、八代港の潮位の経時変化を図 3.1-8 に示した。また、今回調査を実施した水温・塩分の連続観測結果から、球磨川河口沖合の St. 9 の表層水温と表層塩分の経時変化を示した。

調査期間を通じてみると、6 月 19～23 日、27～28 日、7 月 6～7 日、17 日にある程度まとまった降雨があり、特に 6 月 19～23 日、7 月 6～7 日の降雨では積算雨量は 100mm を超えていた。これに対応し、球磨川の荒瀬ダム放流量および横石流量は増加し、横石地点の濁度も増加していた。7 月中旬以降、7 月末までは 7 月 28 日に 1mm 程度の降雨があったのみである。

大潮期調査時の気象等の状況についてみると、6 月 19 日から 23 日にかけての降雨に対応して、球磨川の荒瀬ダム放流量および横石流量は 6 月 20 日の 13 時にピークに達し、6 月 26 日まで徐々に減少した。横石地点の濁度は調査実施日（6 月 21 日）の前日の 6 月 20 日の午前にピークを示した。

小潮期調査時の状況については、6 月 28 日の調査日とその前日に降雨があり、荒瀬ダム放流量および横石流量も 6 月 28 日の午後から増加し、6 月 28 日 19 時にピークとなっていた。しかし、大潮期調査（6 月 21 日）と比較すると球磨川の河川流量や濁度は小さく、海域では水温が高くなっている。

7 月 21、22 日に実施された干潟河口部調査時の状況についてみると、調査実施の 1 週間程度前である 7 月 17 日にある程度の降雨があったものの、荒瀬ダム放流量および横石流量の増加は特にみられなかった。

なお、横石地点の指定水位は 4.50m、警戒水位は 5.50m、計画高水位は 10.52m であるが、6 月 20 日 13 時の水位は 4.04m、6 月 28 日 19 時の水位は 2.08m であった。

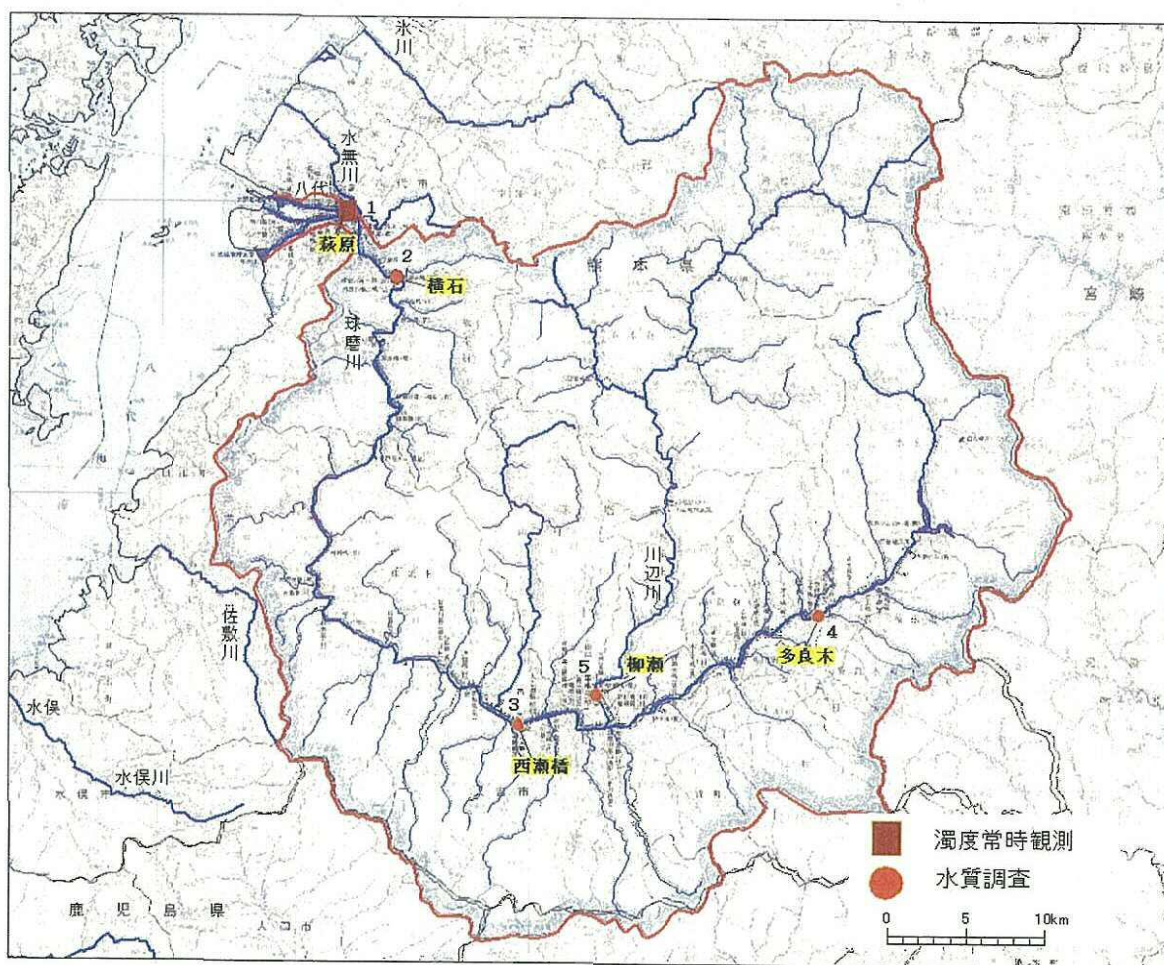


図 3.1-6 球磨川の河川水質調査地点

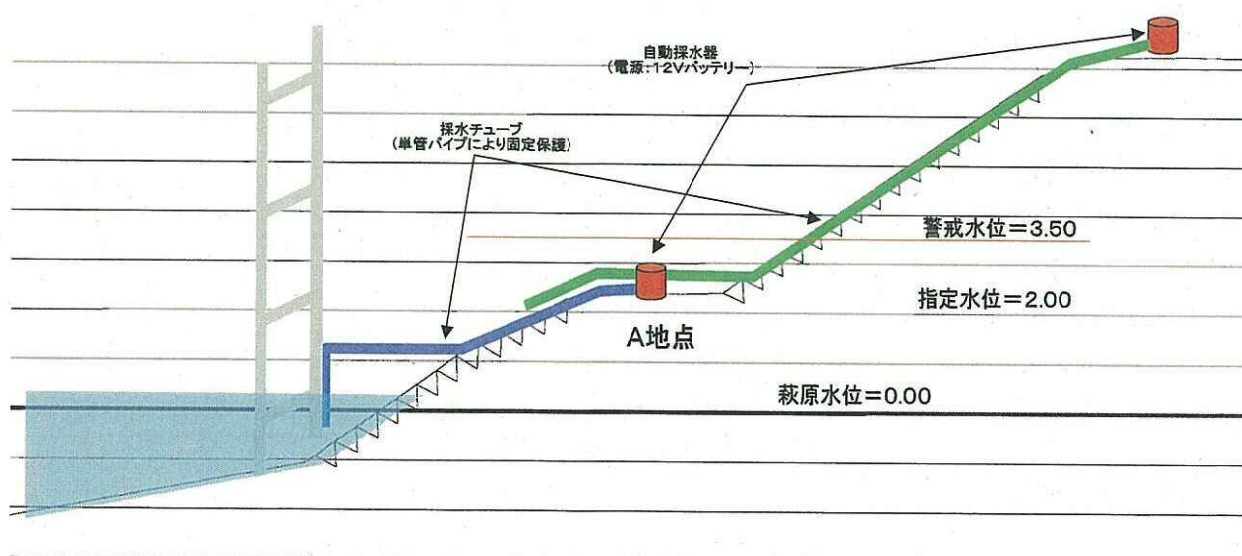


図 3.1-7 自動採水器設置状況 (萩原水位観測所地点)

(6/5頃梅雨入)

大潮期

小潮期

(7/19頃梅雨明け)

大潮期

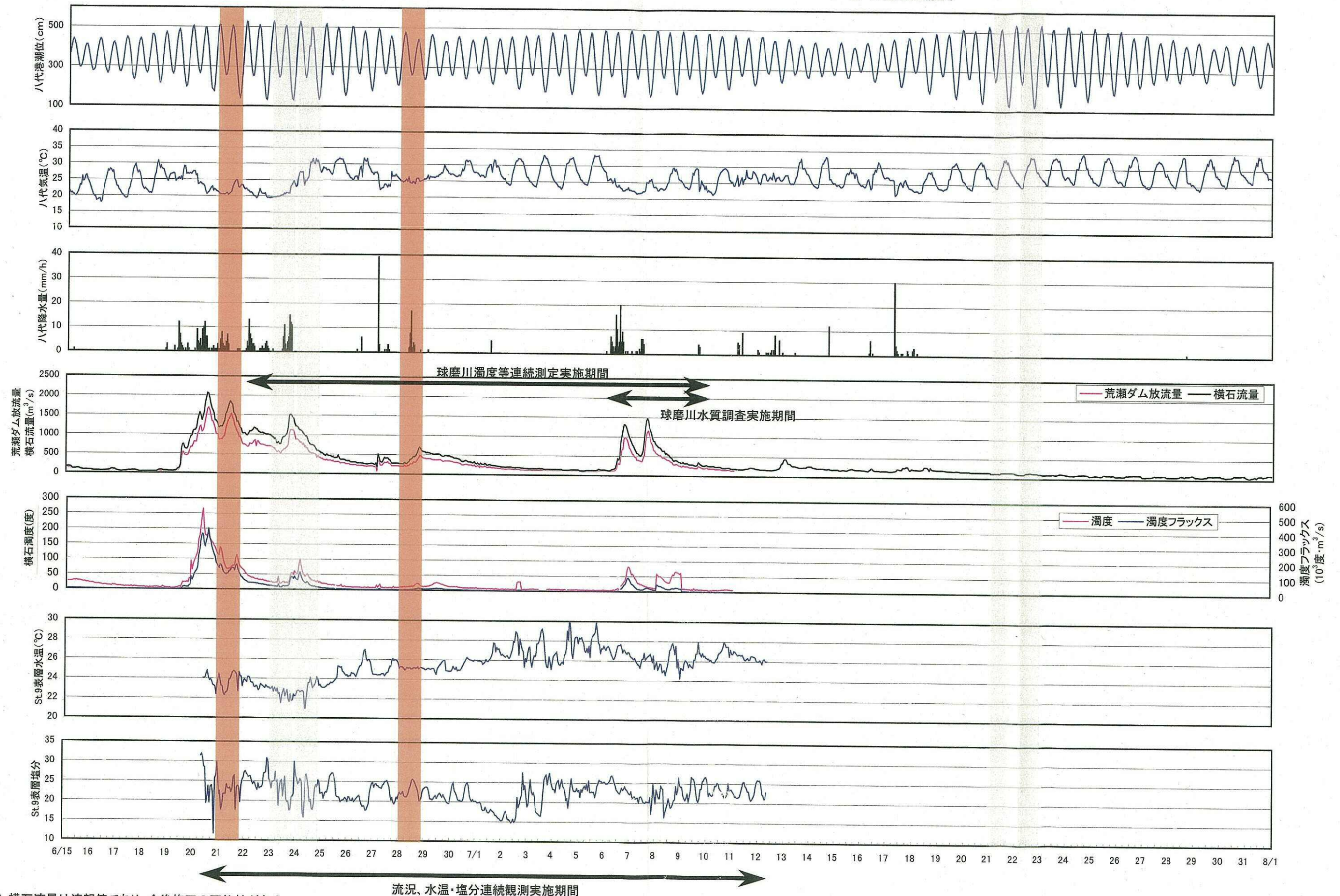


図 3. 1-8 調査期間中の気象・水象の経時変化

出典：国土交通省資料、アメダス観測資料より作成

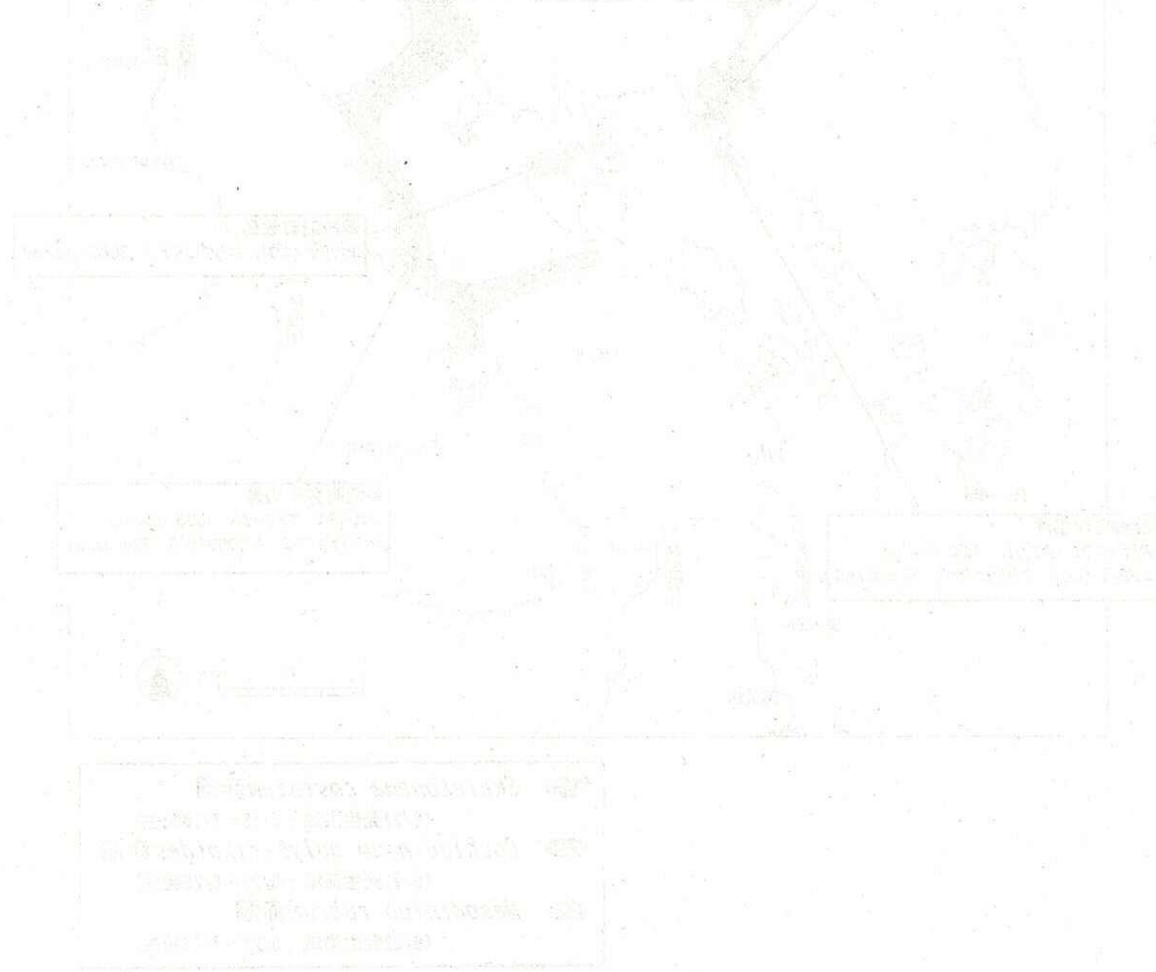
(3) 調査期間中の赤潮発生状況

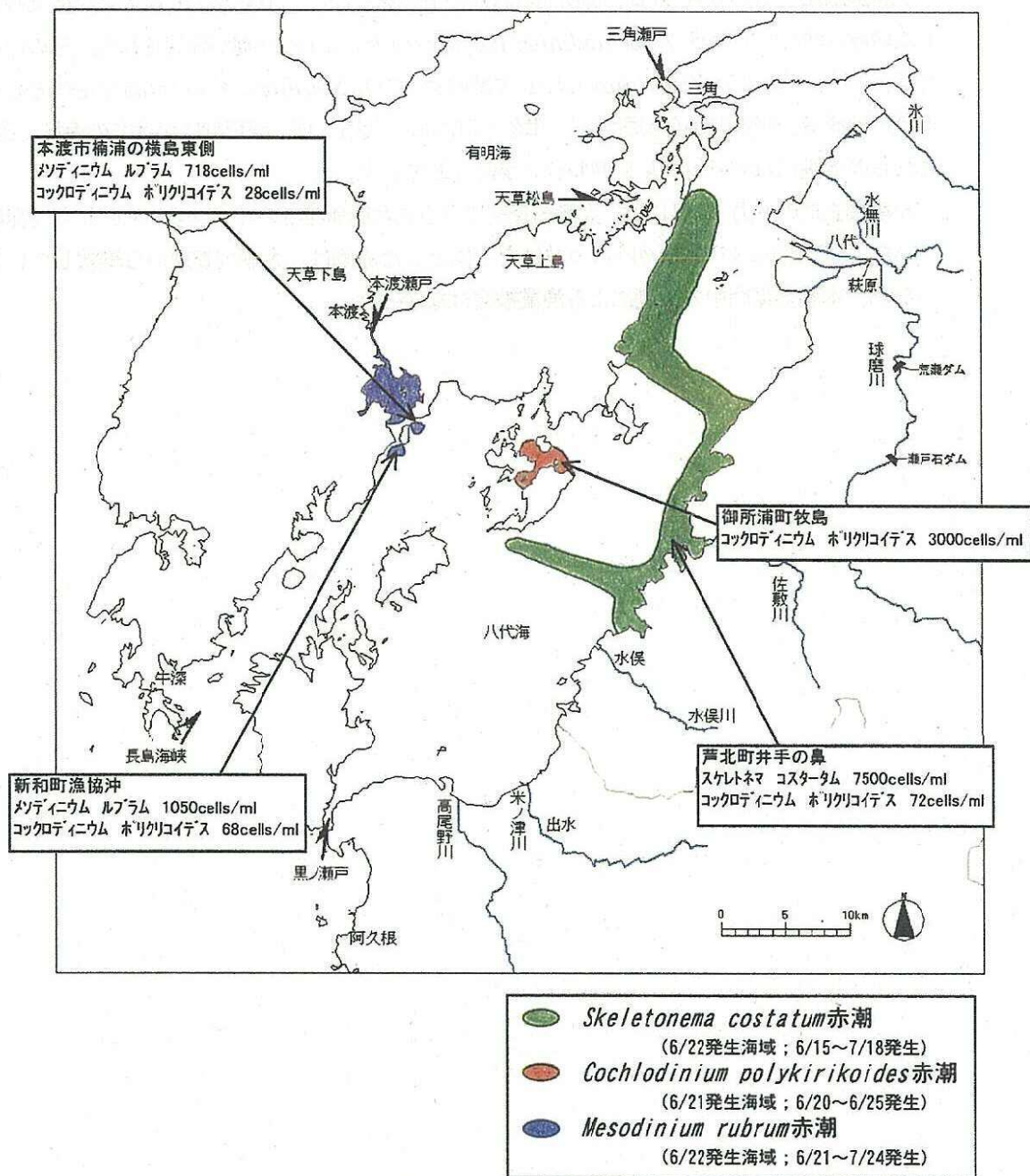
調査期間中の赤潮発生状況を図3.1-9に示した。

大潮調査期前日の6月20日、御所浦町牧島の海域を中心に、2000年7月に大きな漁業被害をもたらしたコクロデニウムポリクリコイデス *Cochlodinium polykrikoides* による赤潮が確認された。その他の赤潮としては、メデニウムルブルム *Mesodinium rubrum* やスケルトネア コスタム *Skeletonema costatum* を主体とした赤潮が、本渡市楠浦湾、栖本町から御所浦町、津名木町から八代市二見、姫戸町にかけての海域で確認された。これらの赤潮にはコクロデニウムポリクリコイデスが混在していた。

小潮調査期の6月28日には、大潮調査期にみられた御所浦町のコクロデニウムポリクリコイデス赤潮は終息していた。メデニウムルブルムやスケルトネア コスタムを主体とした赤潮は、大潮調査期から継続していた。

なお、本調査期間中の赤潮による漁業被害はなかった。



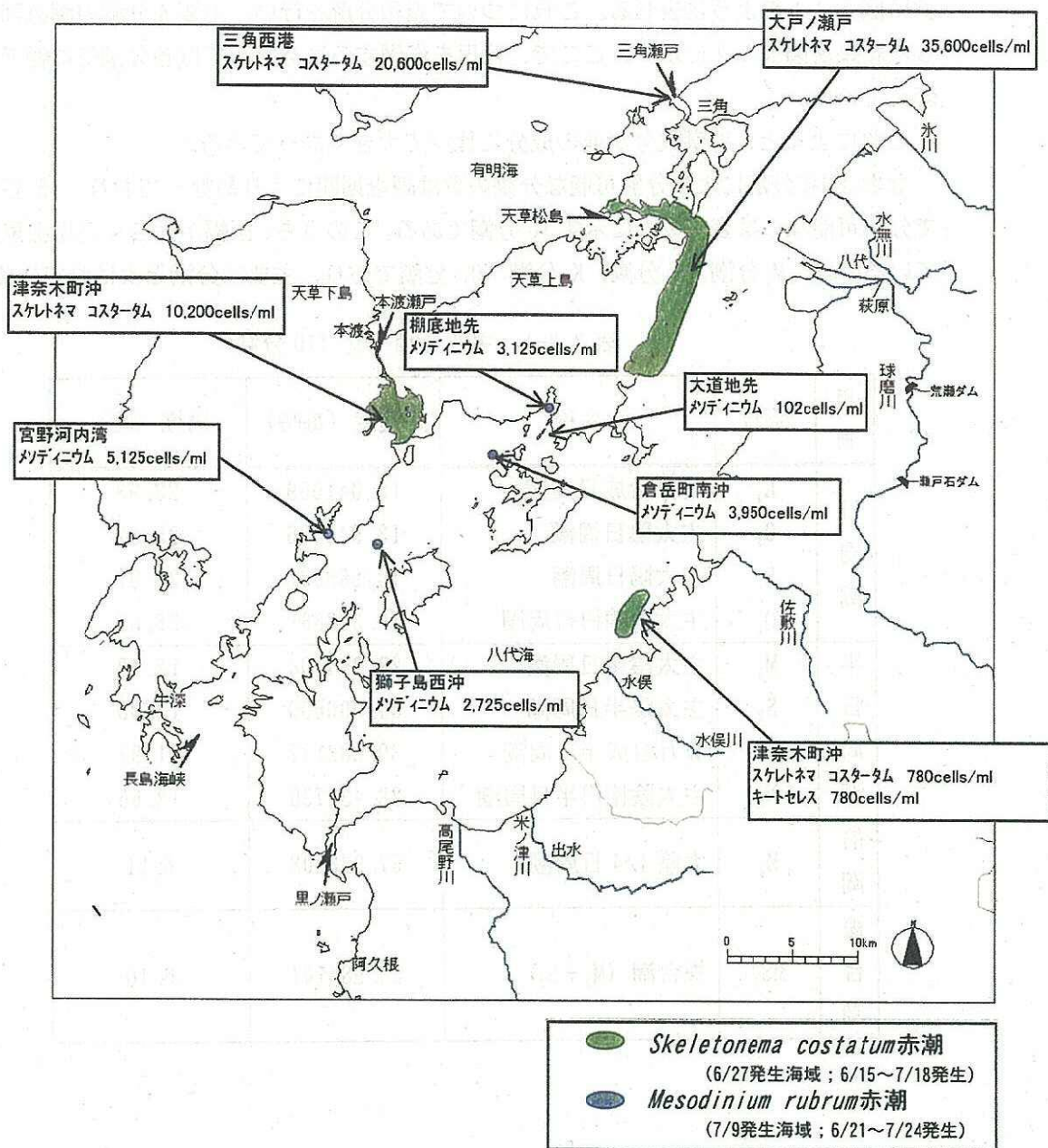


出典：赤潮情報第 22 号（平成 13 年 6 月 21 日）

赤潮情報第 23 号（平成 13 年 6 月 22 日）

（熊本県水産研究センター） より作成

図 3. 1-9 (1) 洪水期（梅雨期）大潮調査時（2001 年 6 月 21 日）赤潮出現状況（速報）



出典：赤潮情報第 25 号（平成 13 年 6 月 27 日）
 赤潮情報第 27 号（平成 13 年 7 月 9 日）
 （熊本県水産研究センター） より作成

図 3.1-9(2) 洪水期（梅雨期）小潮調査時（2001 年 6 月 28 日）赤潮出現状況（速報）

3.2 流況・水質

(1) 潮汐流

6月21日から7月6日の15昼夜において、7地点で測定された流況データの測定値の1例は図3.2-1のように表せる。これについて調和分解を行い、主要4分潮の潮流楕円を作成した結果を図3.2-2に示す。ここで、楕円を作図するにあたっては各分潮毎に軸の大きさを変えている。

これによると、 M_2 潮成分が他の成分に比べて大きくなっている。

なお、調和分解により分解可能な分潮の数は調査期間により異なっており、15昼夜の調査で分離可能なのは表3.2-1に示す10分潮である。このうち、振幅が大きく実用上重要とされているのは、 M_2 分潮、 S_2 分潮、 K_1 分潮、 O_1 分潮であり、主要四分潮とよばれている。

表 3.2-1 主要分潮一覧 (10 分潮)

周期	記号	名称	角速度 (毎時)	周期 (時)
日 周 潮	K_1	日月合成日周潮	15.041069	23.93
	O_1	主太陰日周潮	13.943036	25.82
	P_1	主太陽日周潮	14.958931	24.07
	Q_1	主太陰楕円日周潮	13.398661	26.87
半 日 周 潮	M_2	主太陰半日周潮	28.984104	12.42
	S_2	主太陽半日周潮	30.000000	12.00
	K_2	日月合成半日周潮	30.082137	11.97
	N_2	主太陰楕円半日周潮	28.439730	12.66
倍 潮	M_4	太陰 1/4 日周潮	57.968208	6.21
複 合 潮	MS_4	複合潮 ($M_2 + S_2$)	58.984104	6.10

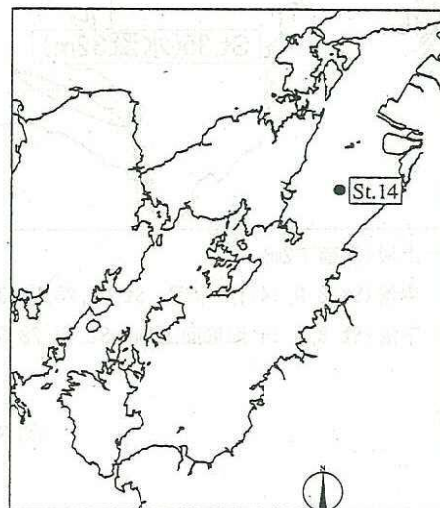
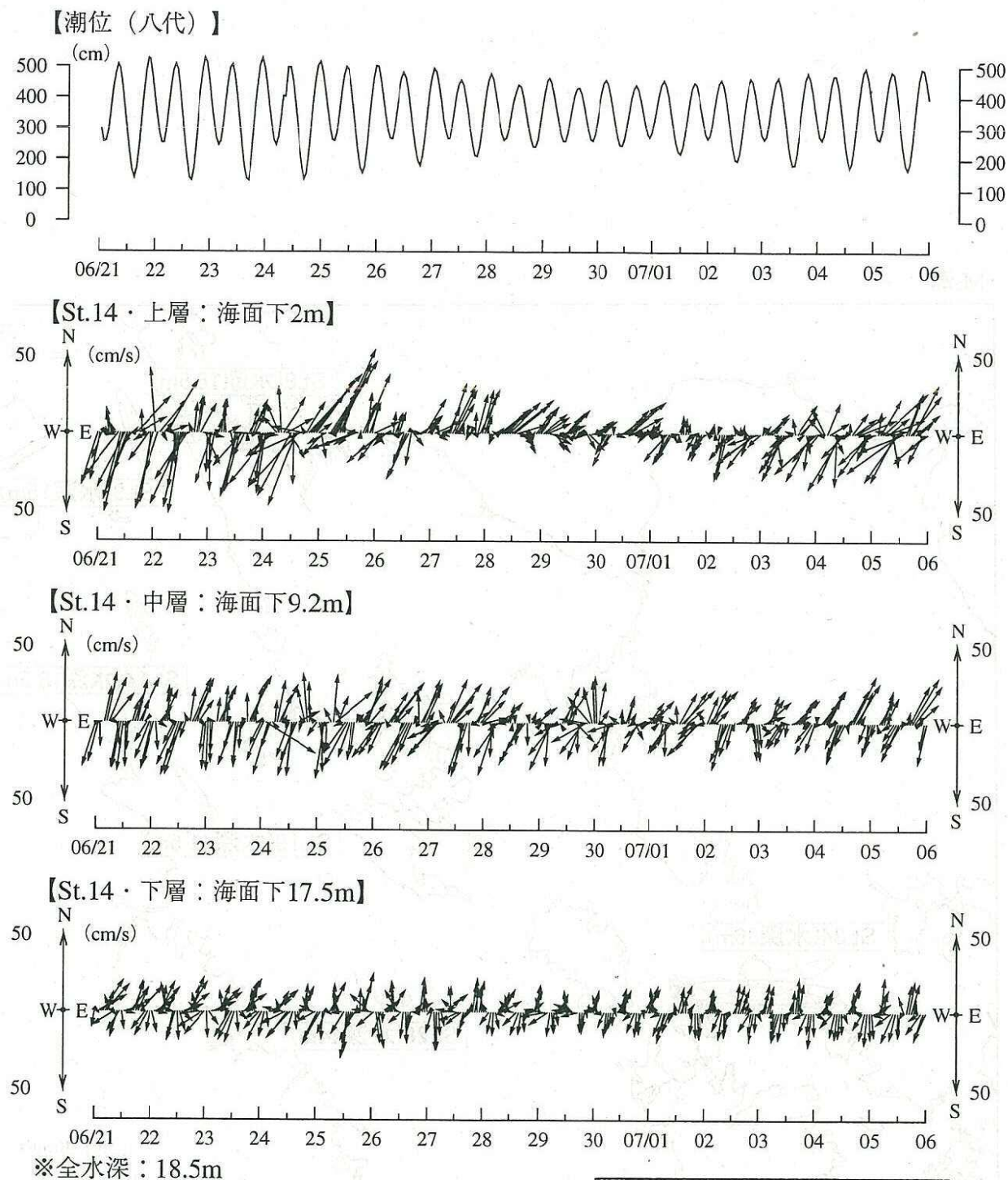


図 3.2-1 流速ベクトル経時変化図 (St.14)

M₂潮

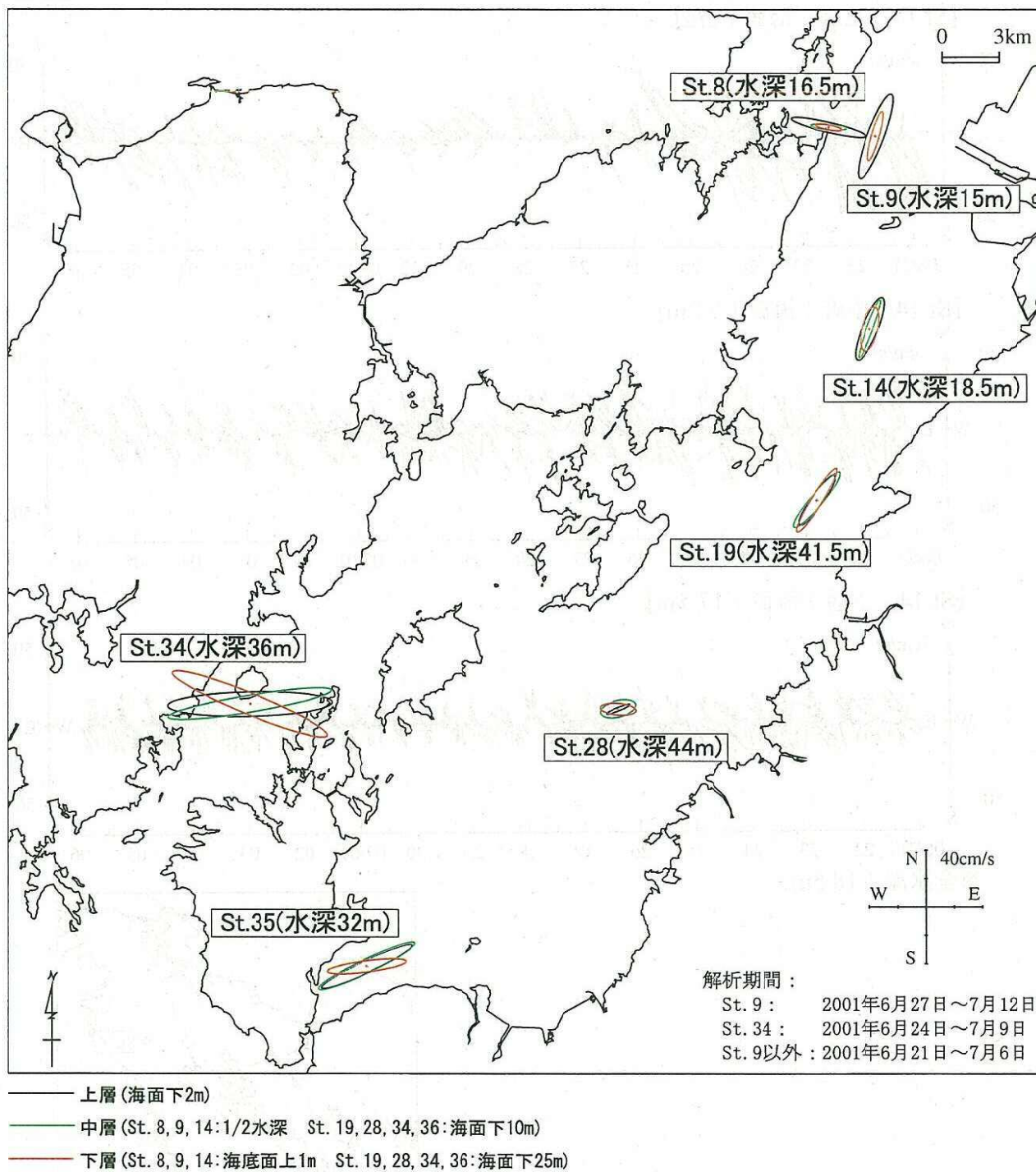
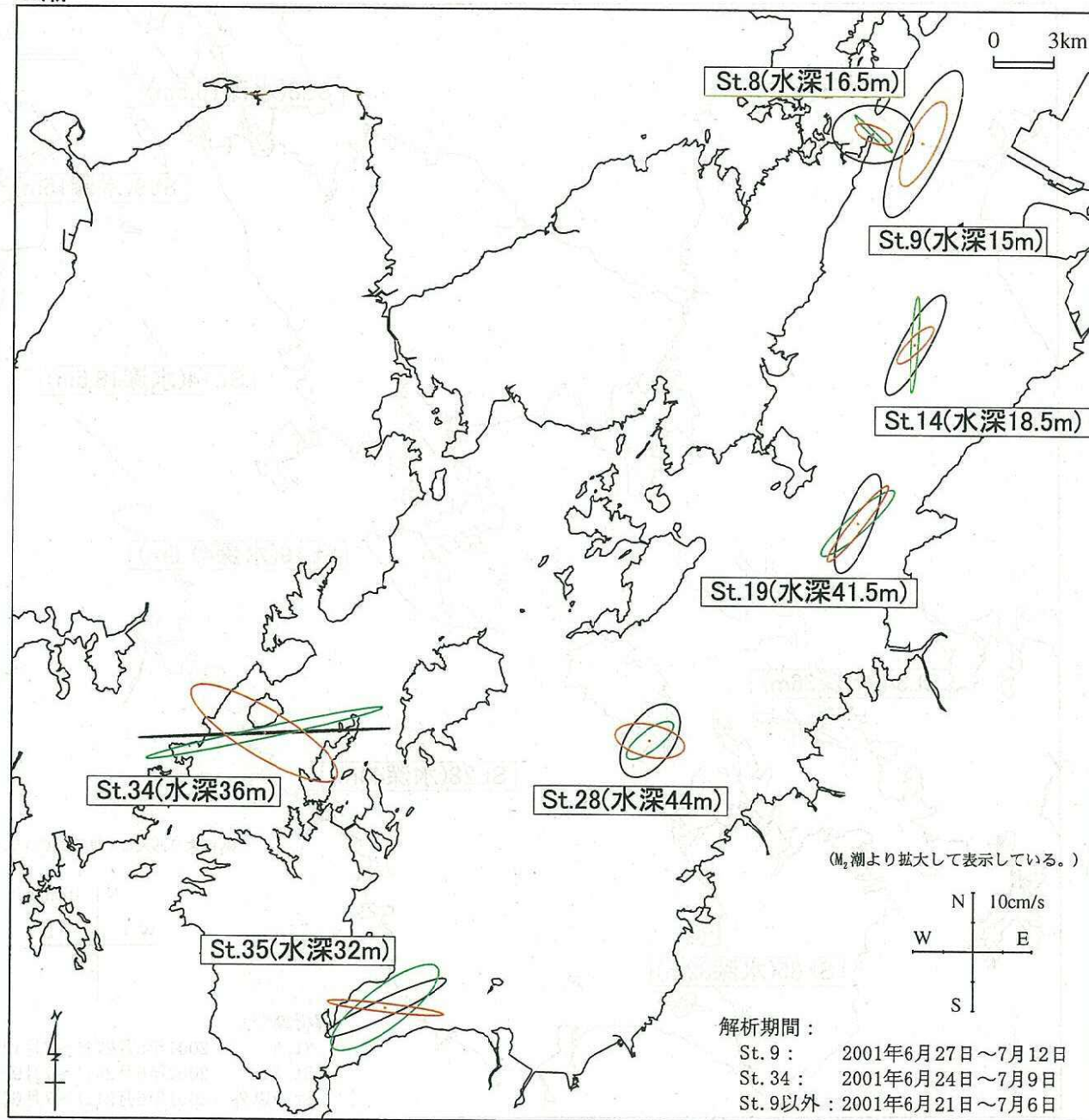


図 3.2-2(1) 潮流楕円図 (M₂潮)

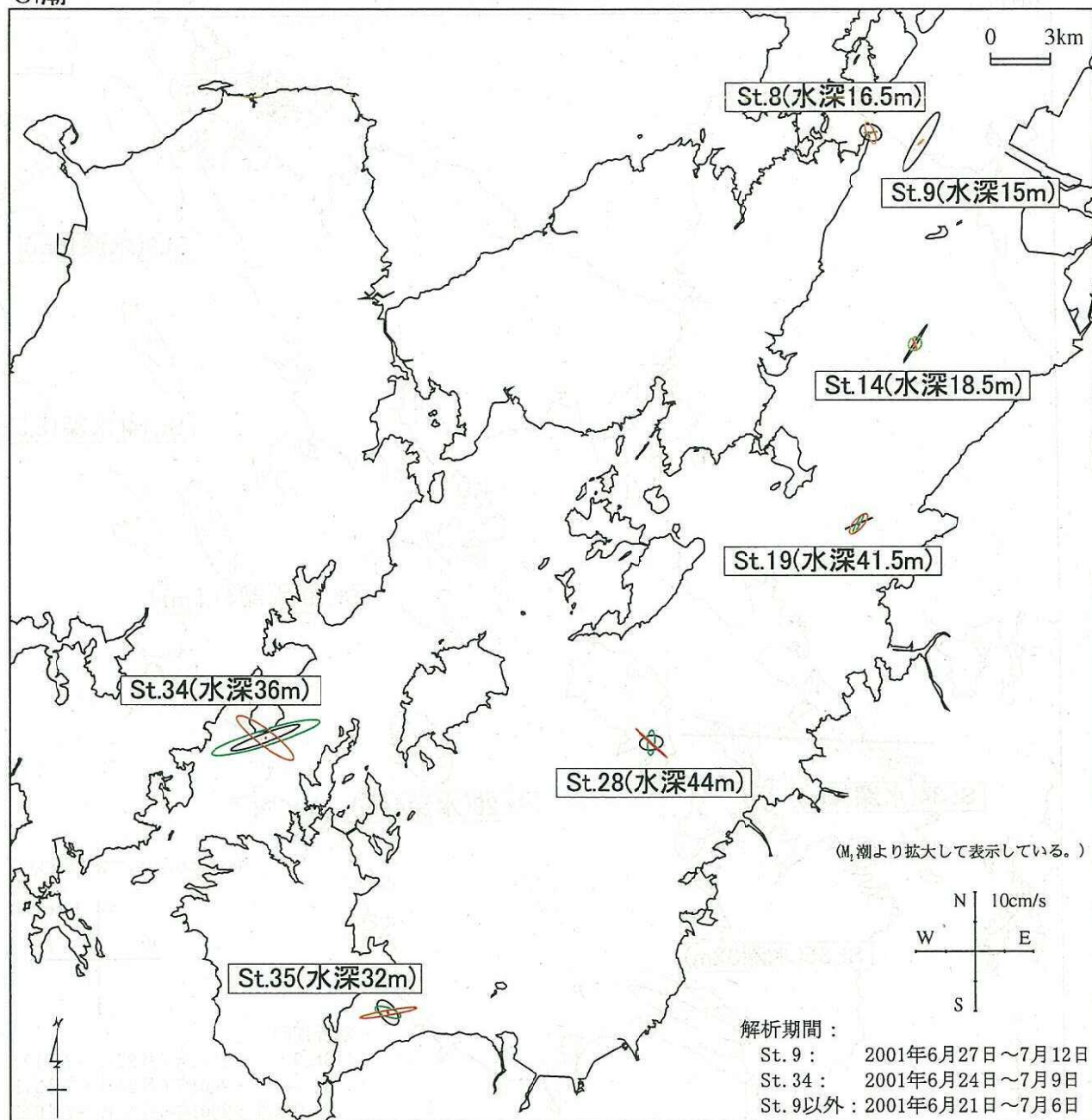
S₂潮



- 上層(海面下2m)
- 中層(St. 8, 9, 14: 1/2水深 St. 19, 28, 34, 36: 海面下10m)
- 下層(St. 8, 9, 14: 海底面上1m St. 19, 28, 34, 36: 海面下25m)

図 3.2-2(2) 潮流楕円図 (S₂ 潮)

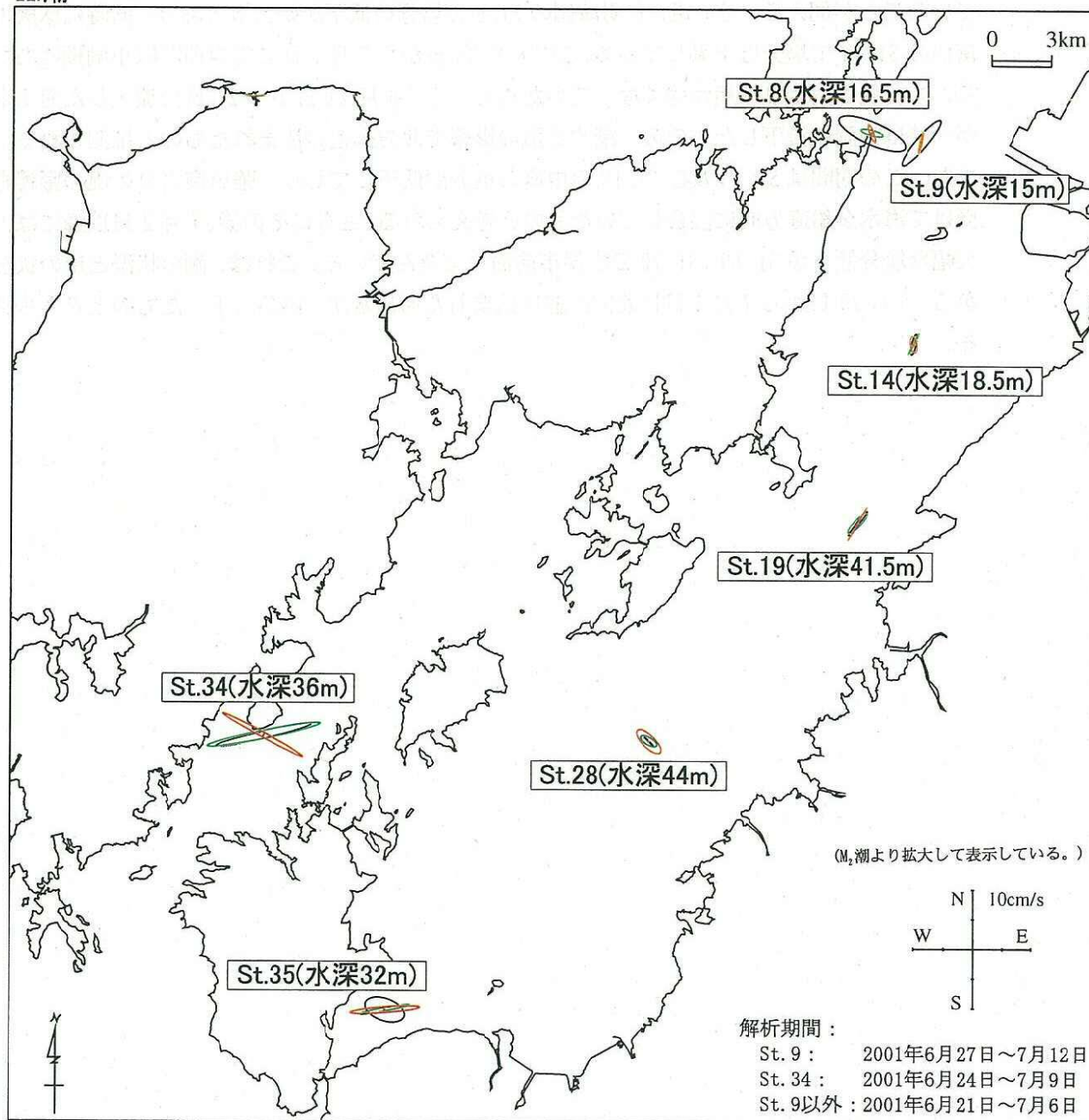
O₁潮



- 上層 (海面下2m)
- 中層 (St. 8, 9, 14: 1/2水深 St. 19, 28, 34, 36: 海面下10m)
- 下層 (St. 8, 9, 14: 海底面上1m St. 19, 28, 34, 36: 海面下25m)

図 3.2-2(3) 潮流楕円図 (O₁潮)

K₁潮



- 上層(海面下2m)
- 中層(St. 8, 9, 14: 1/2水深 St. 19, 28, 34, 36: 海面下10m)
- 下層(St. 8, 9, 14: 海底面上1m St. 19, 28, 34, 36: 海面下25m)

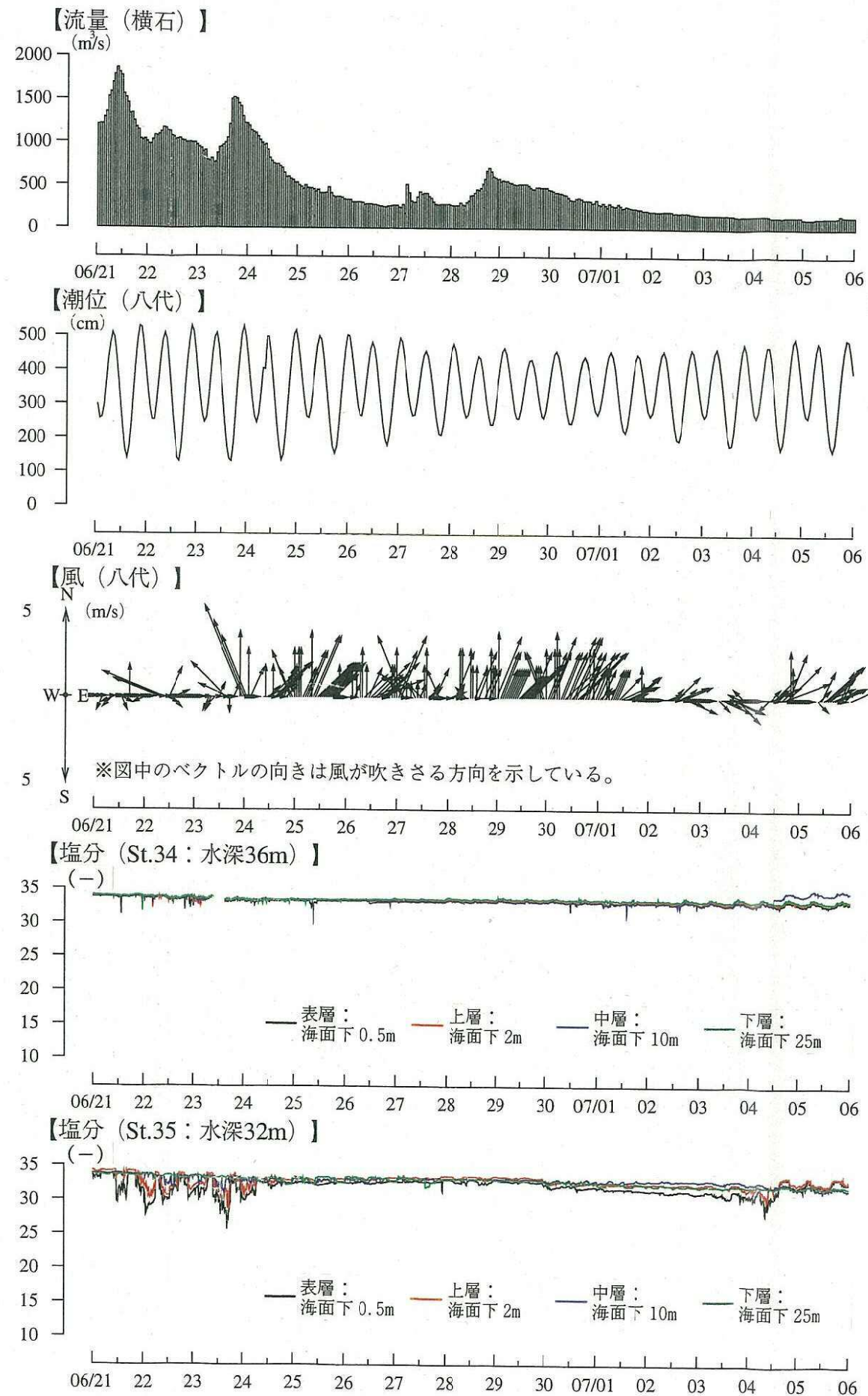
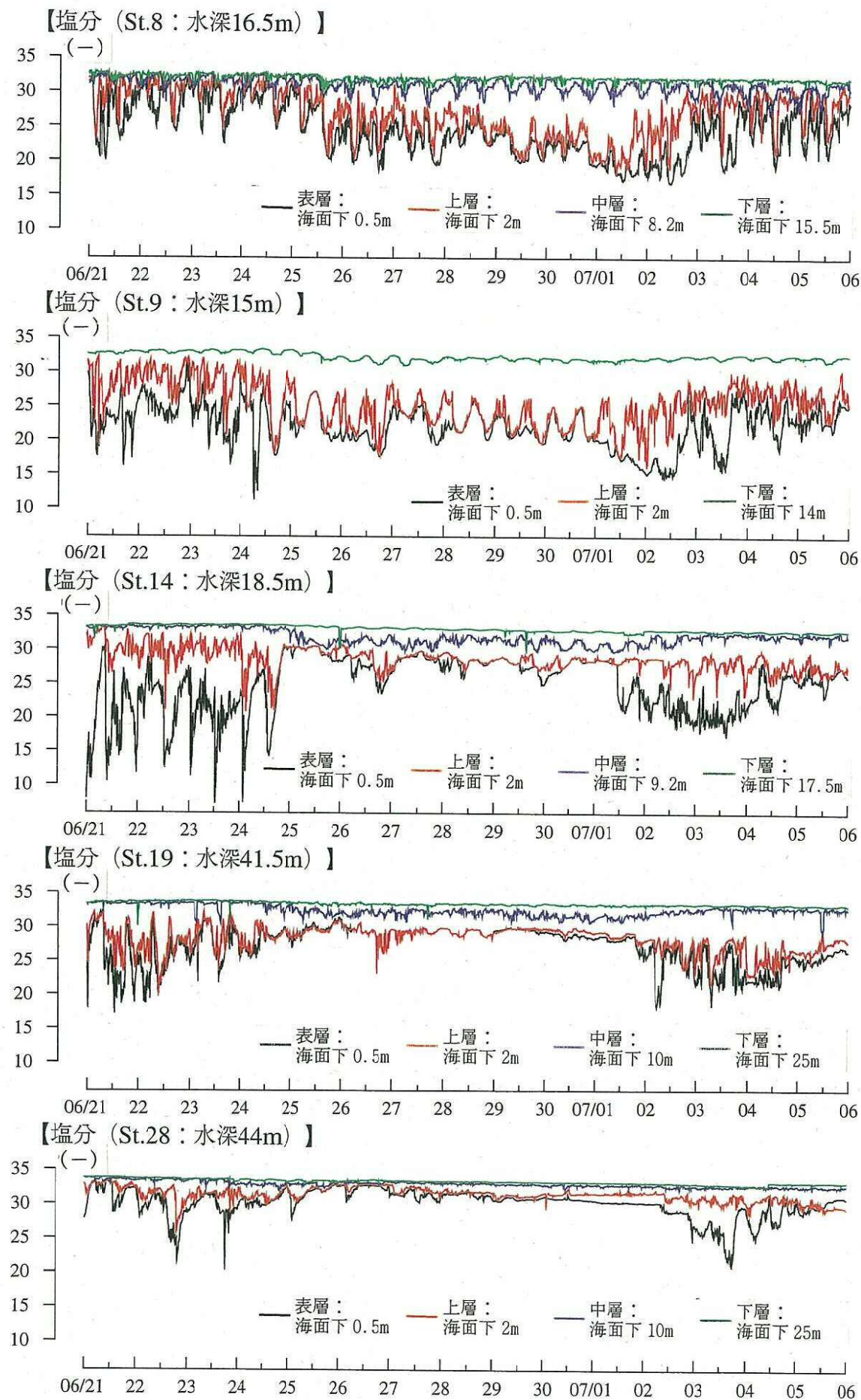
図 3.2-2(4) 潮流楕円図 (K₁潮)

(2) 水温・塩分

① 経時変化

6月21日から7月6日の15昼夜において、7地点で実施された水温・塩分の常時観測から、塩分の経時変化を図3.2-3に示す。なお、この期間の八代及び水俣の降水量は巻末資料に示すとおりであり、北部と南部で同様の傾向となっている。

6月21日の出水時に St. 14、St. 19 の順で塩分が低下しており、球磨川の河川水が南下していることが伺える。その後、有明海側の St. 8 で塩分の低下が始まっており、同時に球磨川南側の St. 14 で塩分は上昇している。この6月25日から7月1日までの期間は小潮期にあたり、また風は南よりの風が強くなっていたことから、6月21日から24日に流入した河川水が一時は南側に流下したものの、潮汐と風の影響で北方へ追い込まれたものと推測される。また、この期間は St. 14 及び St. 19 の中層の塩分が低下しており、強い南よりの風の影響を受けて海水が鉛直方向に混合していたものと考えられる。さらにその後、7月2日以降には、大幅な塩分低下が St. 19、St. 20 の水俣市前面まで及んでいる。これは、潮の状況と風の状況から、6月25日から7月1日に北方へ追い込まれた河川水が、再び南下したのと考えられる。



注) 横石流量は速報値であり、
今後修正の可能性がある。

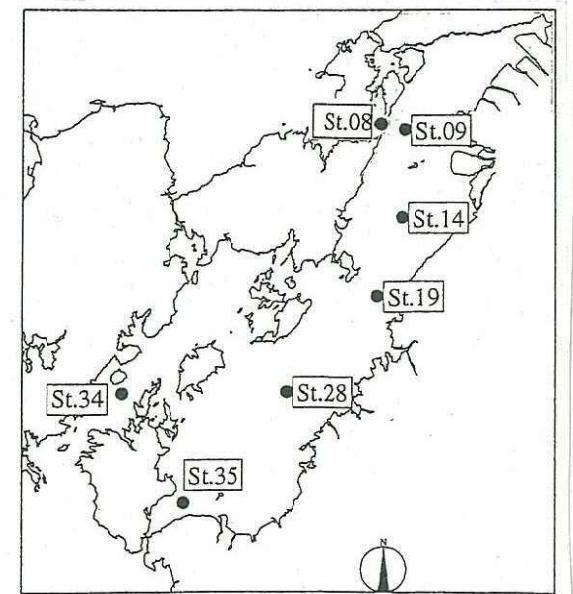


図 3.2-3 塩分経時変化図

② 水平分布

大潮期（6月21日）と小潮期（6月28日）の上げ潮、満潮、下げ潮、干潮時に行われた合計4回の水温・塩分等調査から、表層塩分の分布を図3-2.4に示す。なお、他の層のデータについて巻末に示す。

先に述べたように、大潮期には球磨川河川水は佐敷川付近まで南下し、小潮期には球磨川河口付近にまで北上している。



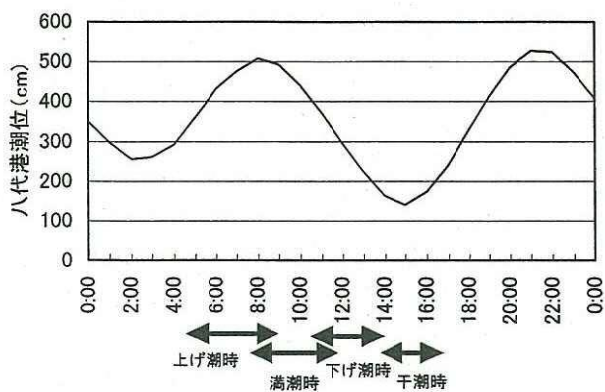
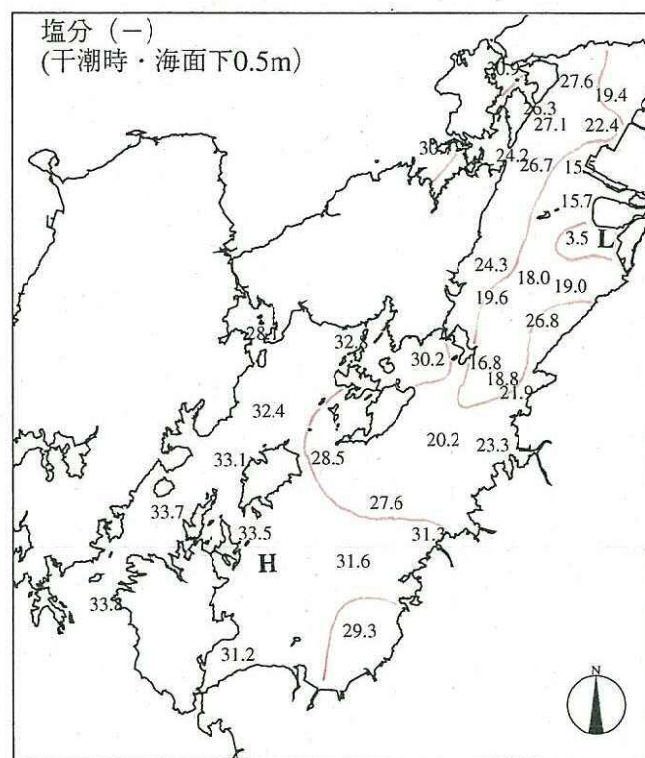
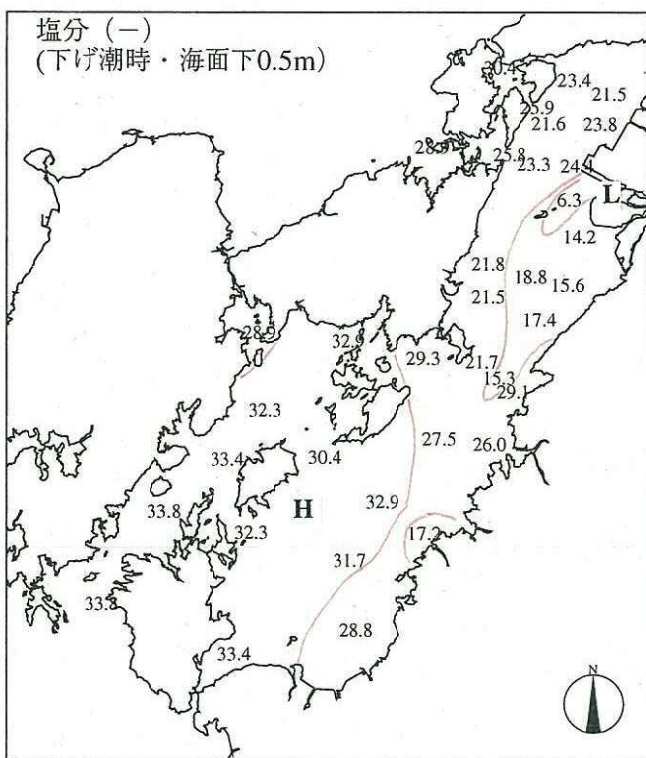
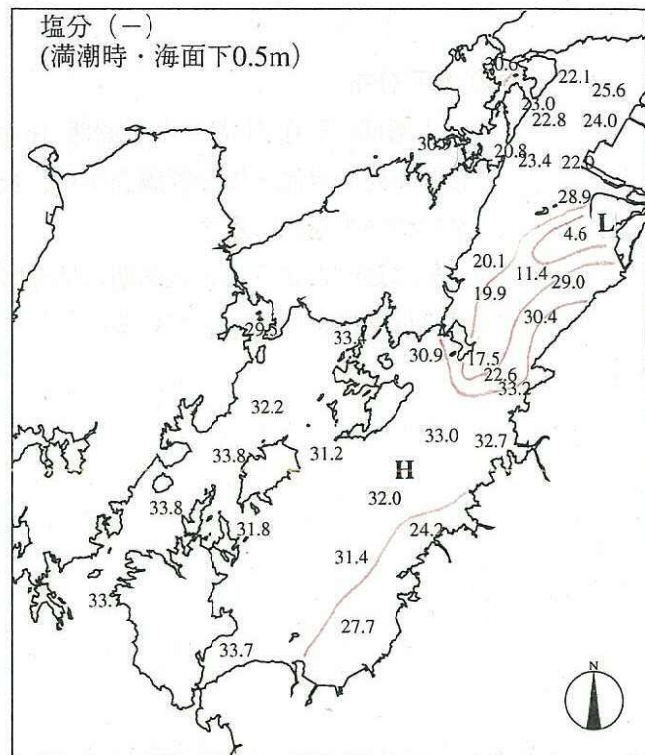
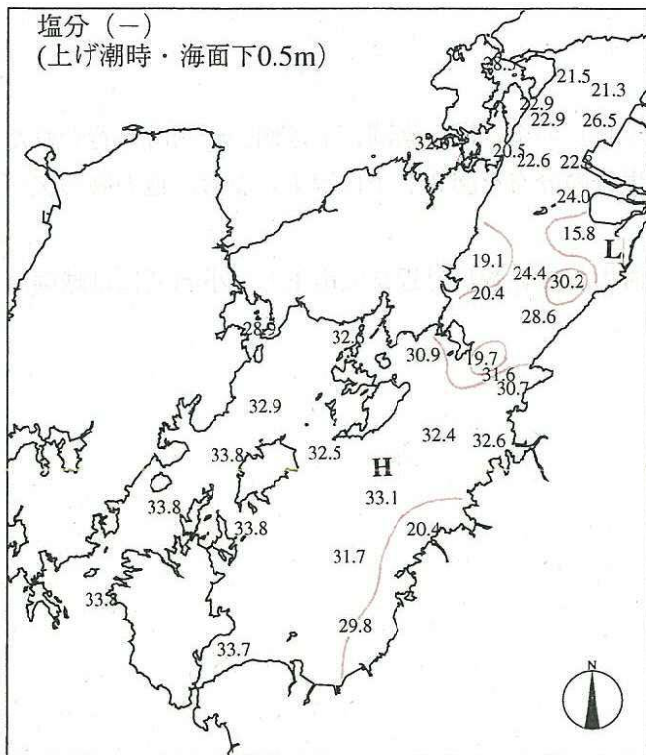


図 3.2-4(1) 表層塩分水平分布図 (大潮期: 6 月 21 日)

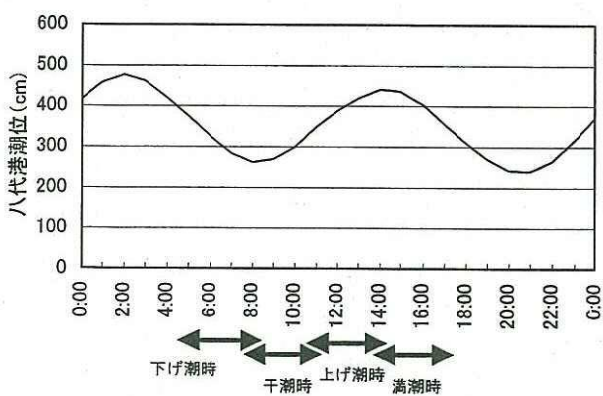
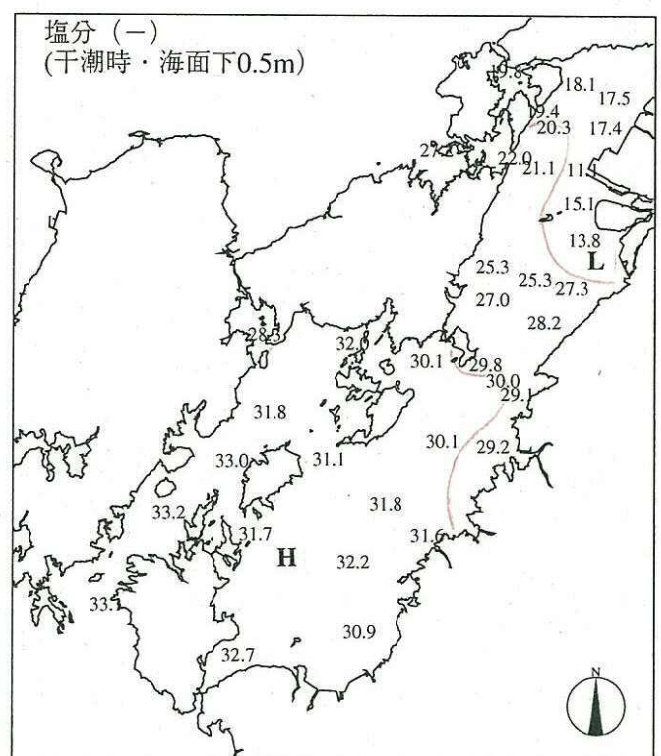
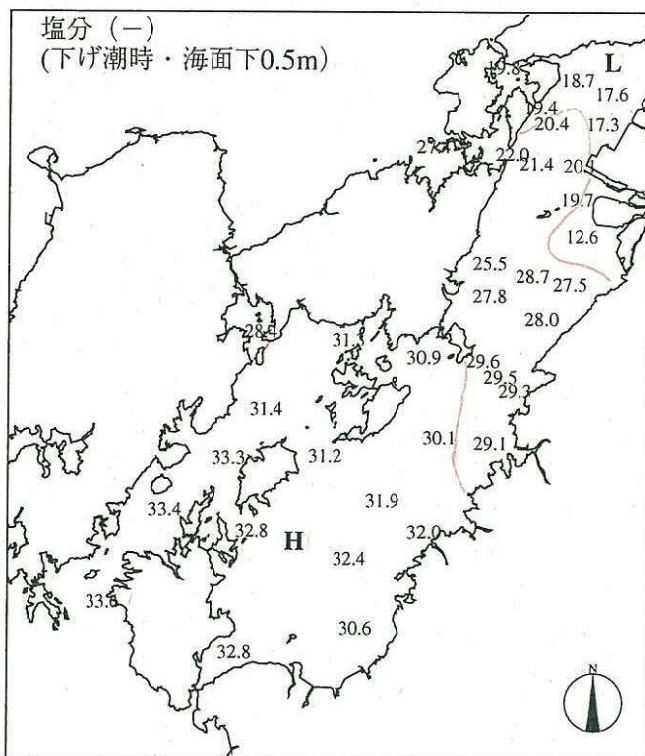
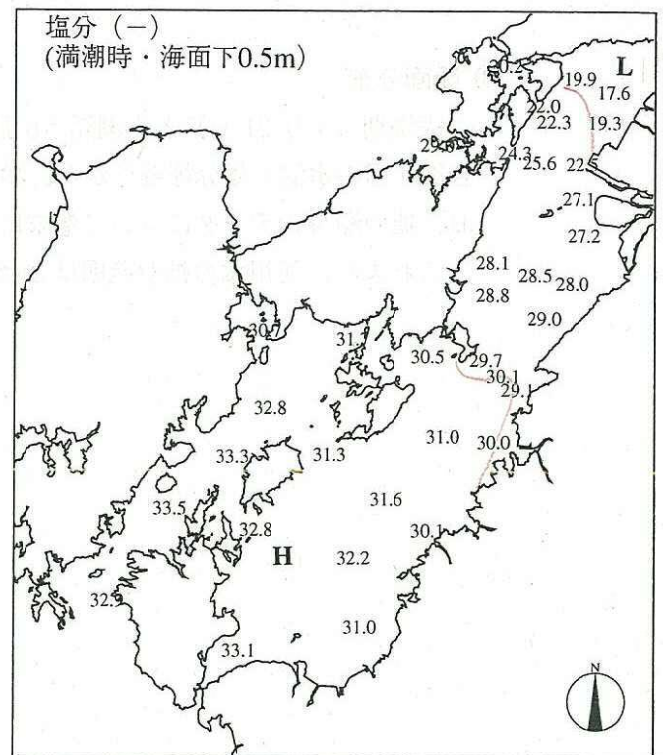
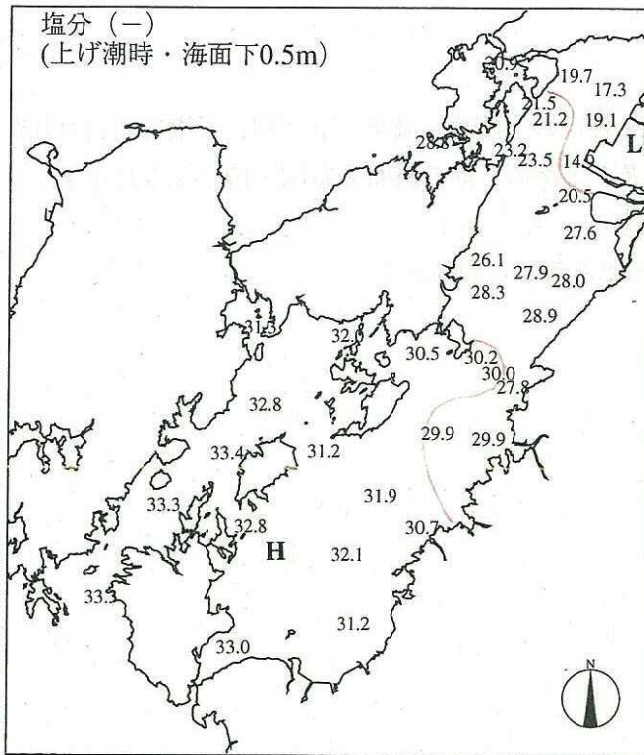


図 3.2-4(2) 表層塩分水平分布図 (小潮期: 6月28日)

③ 断面分布

大潮期（6月21日）と小潮期（6月28日）の上げ潮、満潮、下げ潮、干潮時に行われた合計4回の水温・塩分等調査から、満潮及び干潮の2回の断面分布図を図3-2.5に示す。なお、他の潮時のデータについて巻末に示す。

これより、河川水の拡散範囲は3m程度であることが伺える。

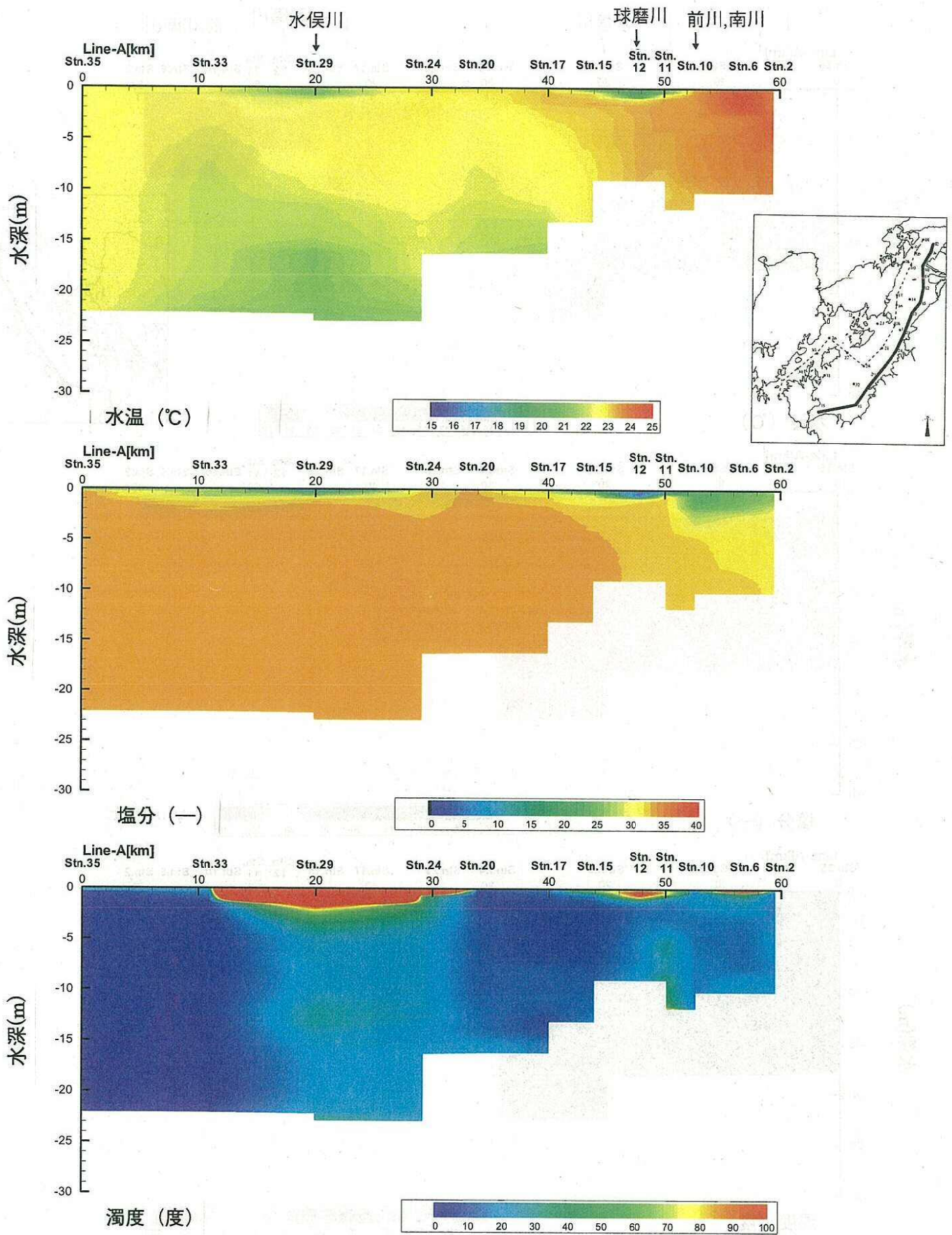
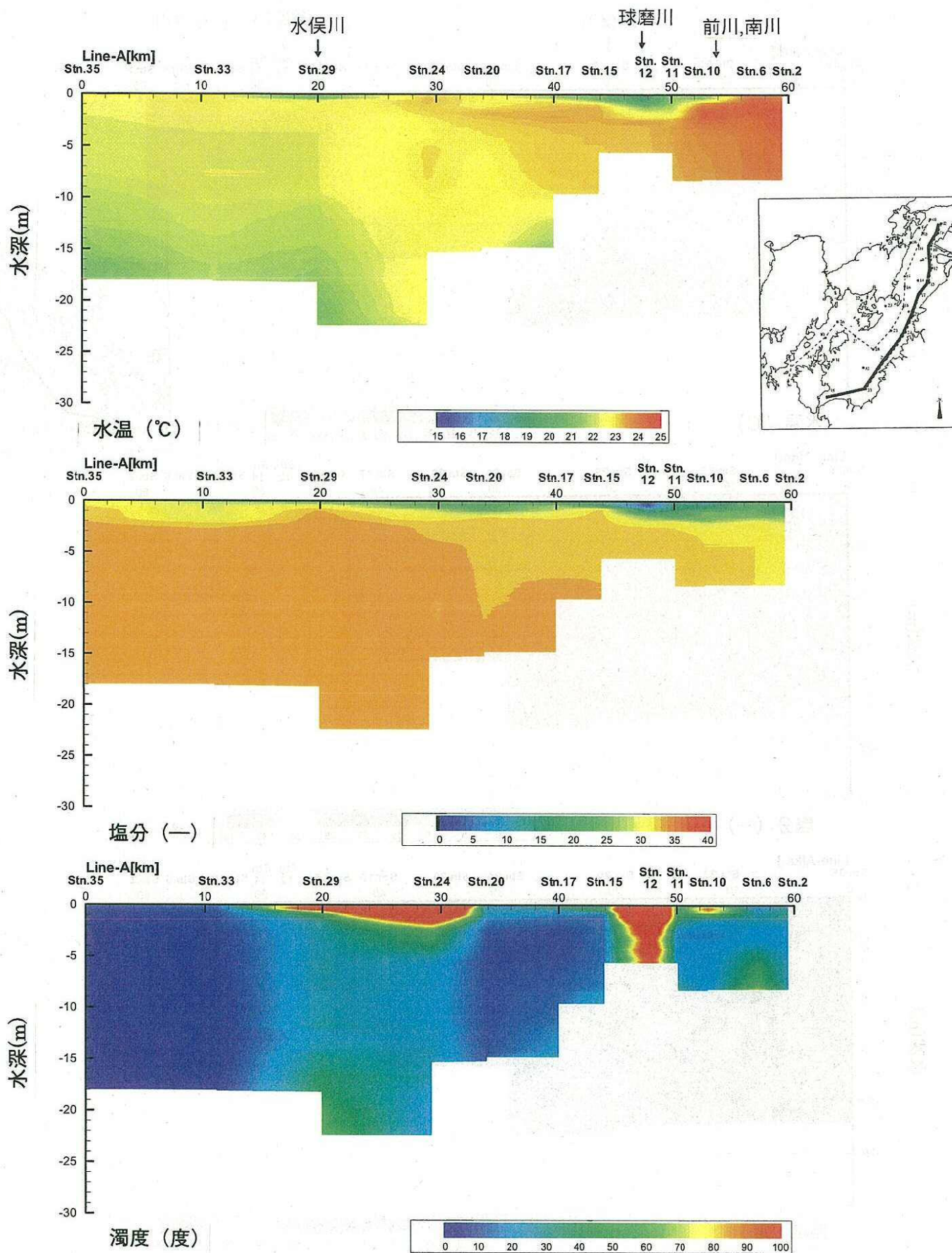
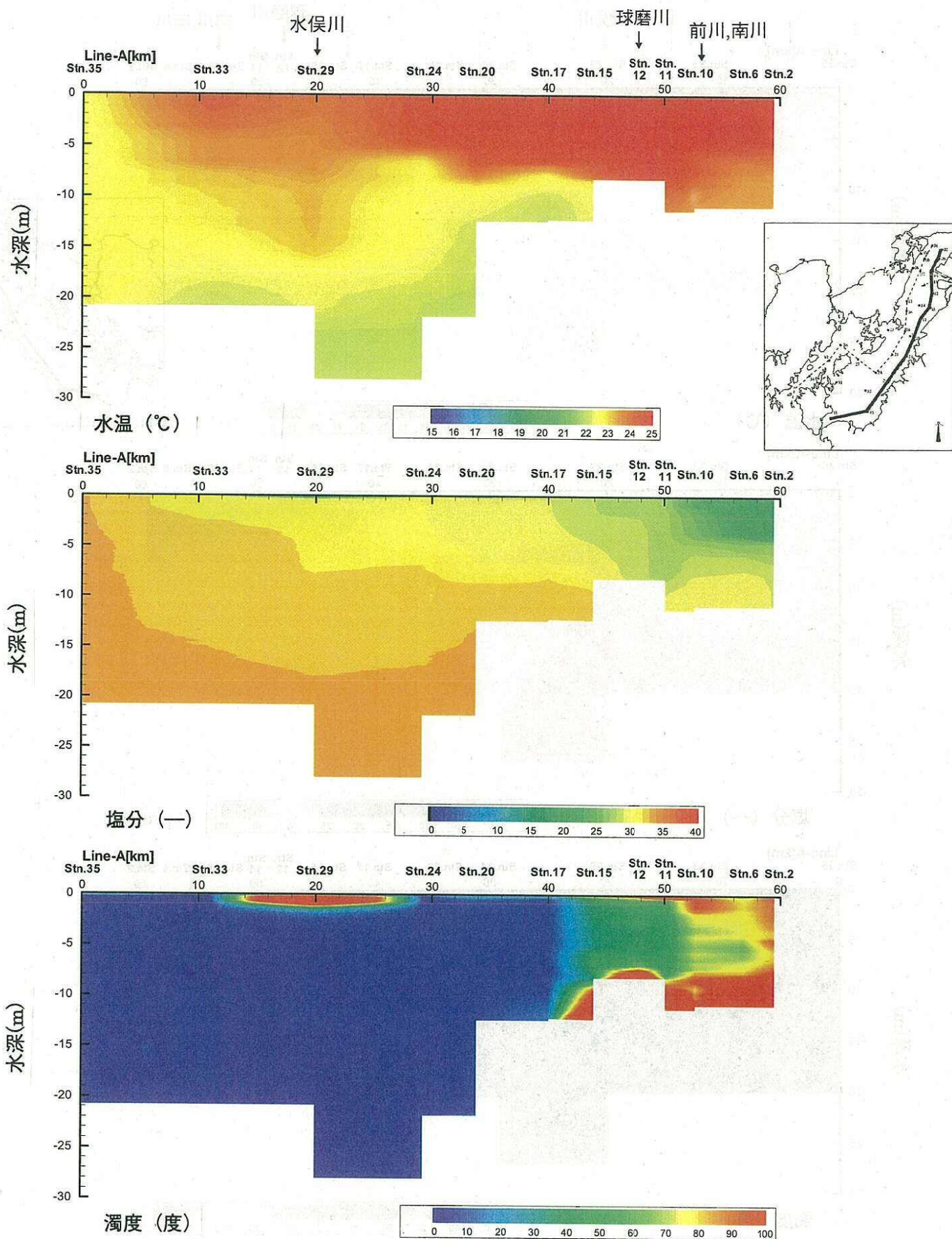


図 3.2-5(1) 水温・塩分・濁度断面分布（東側ライン・満潮時）



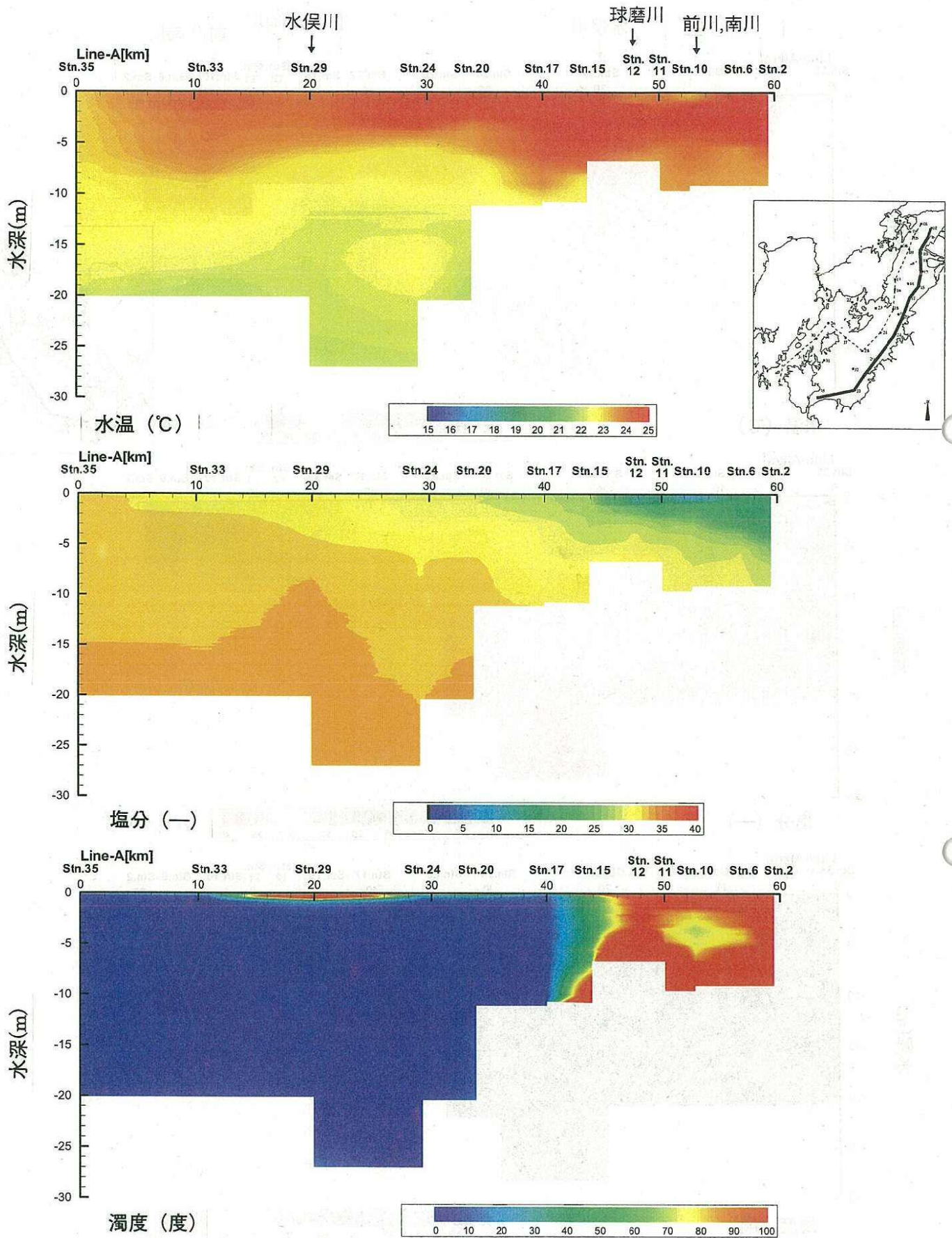
[調査日：2001年6月21日（大潮期）]

図 3.2-5(2) 水温・塩分・濁度断面分布（東側ライン・干潮時）



[調査日：2001年6月28日（小潮期）]

図 3.2-5(3) 水温・塩分・濁度断面分布（東側ライン・満潮時）



[調査日：2001年6月28日（小潮期）]

図 3.2-5(4) 水温・塩分・濁度断面分布（東側ライン・干潮時）

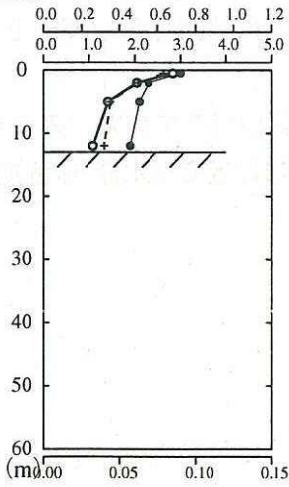
(3) 海域水質

大潮期（6月21日）と小潮期（6月28日）の上げ潮、満潮、下げ潮、干潮時に行われた合計4回の水質調査から、満潮時及び干潮時の水質（COD、T-N、T-P、濁度、SS、VSS、D-IN、D-PO₄-P、S_iO₂-S_i）の鉛直分布図を図3-2.6～図3-2.8に示す。

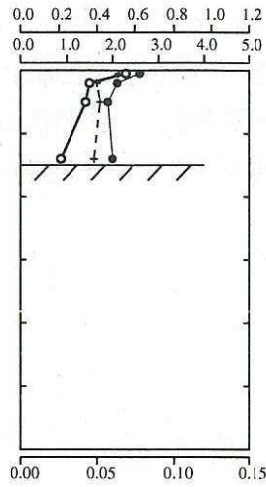
鉛直分布によると、水質の変動は上層で大きく、その傾向は河口付近で顕著にみられる。水質変動の大きい水深は全体的に2m程度であるが、干潮時の河口付近では水深5m程度まで水質が大きく変動している。

[調査日：2001年6月21日（大潮期）]

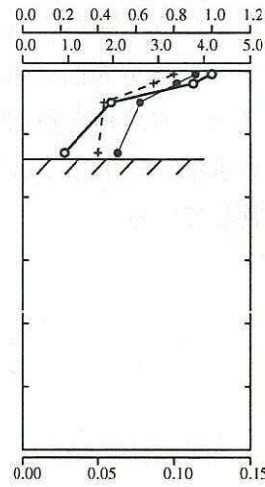
St.02 （上げ潮時）



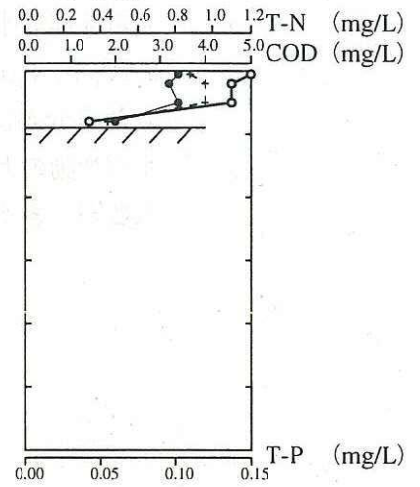
（満潮時）



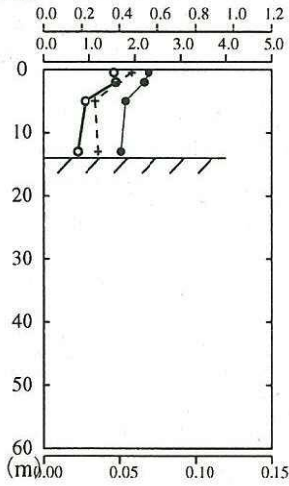
（下げ潮時）



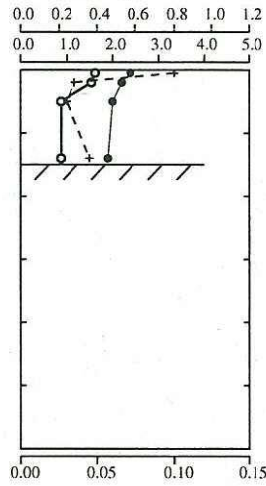
（干潮時）



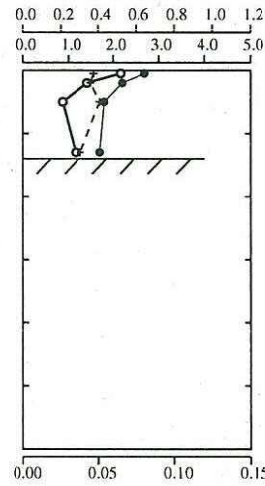
St.09 （上げ潮時）



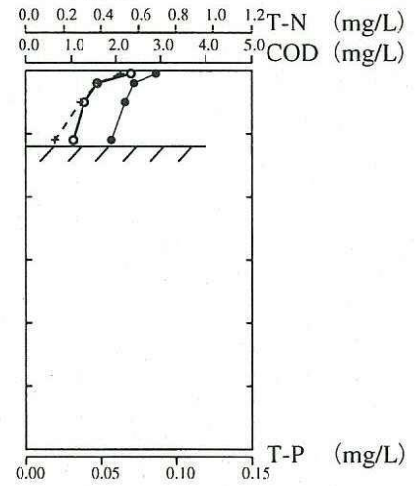
（満潮時）



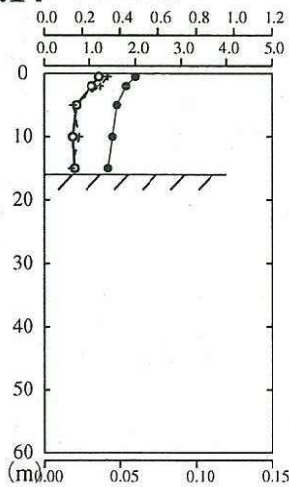
（下げ潮時）



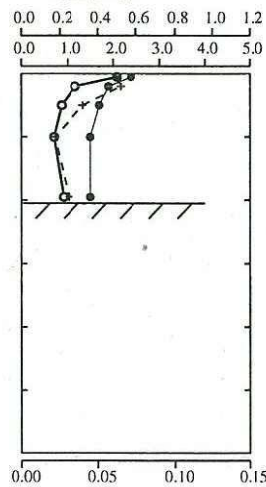
（干潮時）



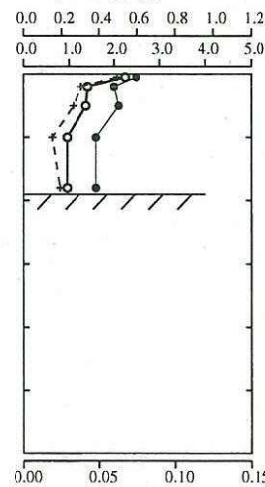
St.14 （上げ潮時）



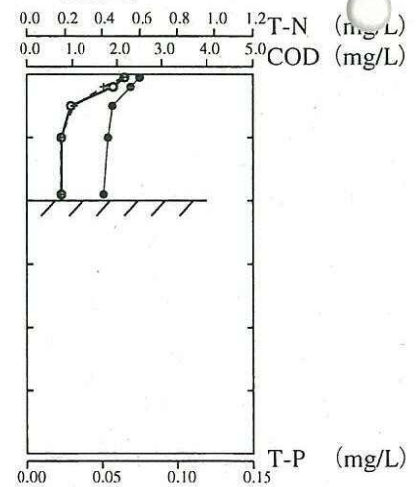
（満潮時）



（下げ潮時）



（干潮時）

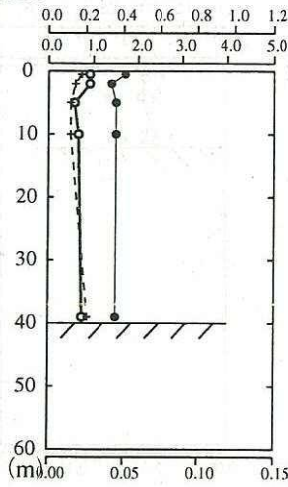


●—● COD ○—○ T-N +---+ T-P

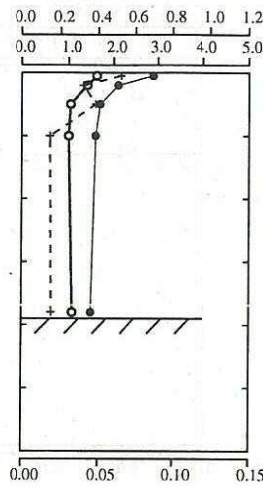
図 3.2-6(1) COD、T-N、T-P の鉛直分布図（大潮期：6月21日）

[調査日：2001年6月21日（大潮期）]

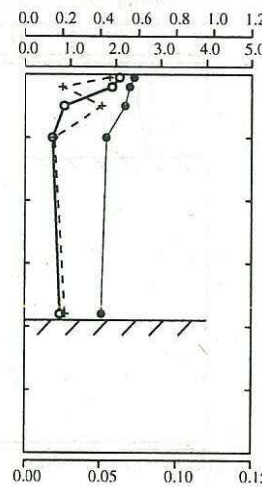
St.19（上げ潮時）



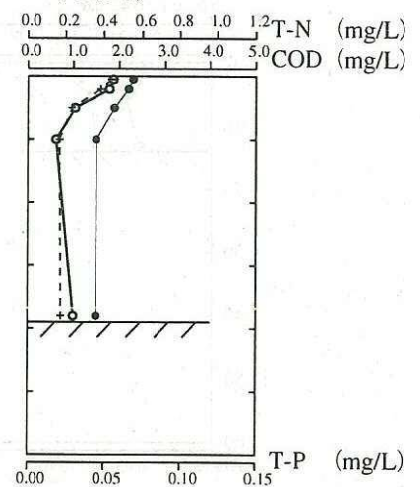
（満潮時）



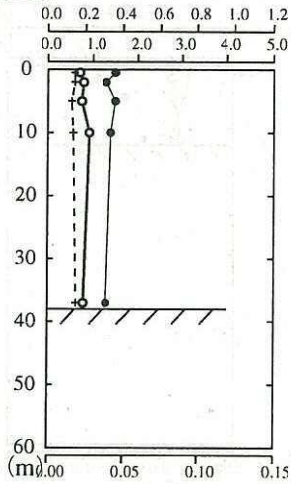
（下げ潮時）



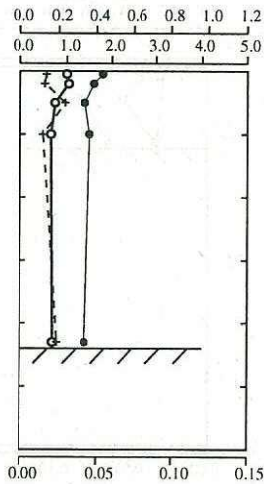
（干潮時）



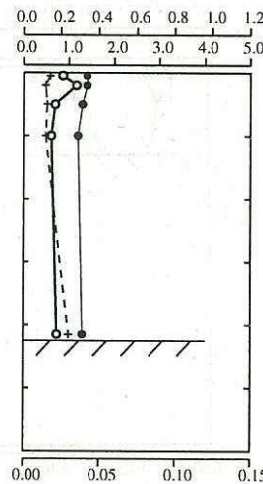
St.28（上げ潮時）



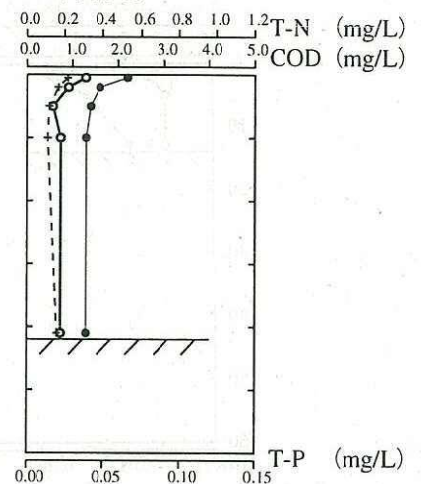
（満潮時）



（下げ潮時）



（干潮時）



● COD ○ T-N +---+ T-P

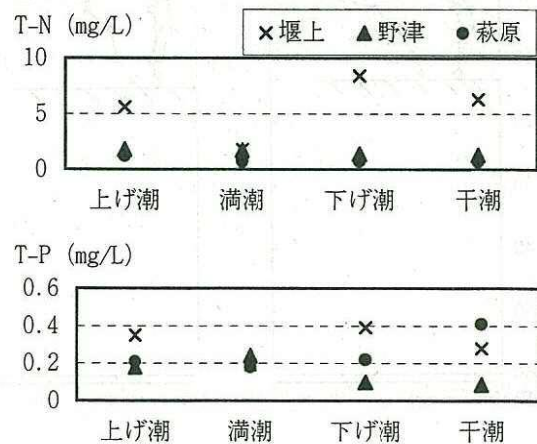
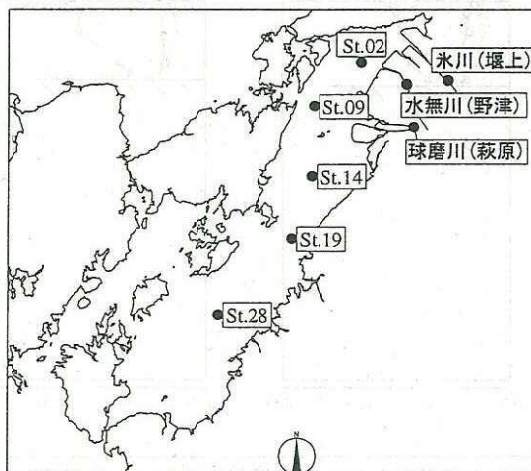


図 3.2-6(2) COD、T-N、T-P の鉛直分布図（大潮期：6月21日）

〔調査日：2001年6月28日（小潮期）〕

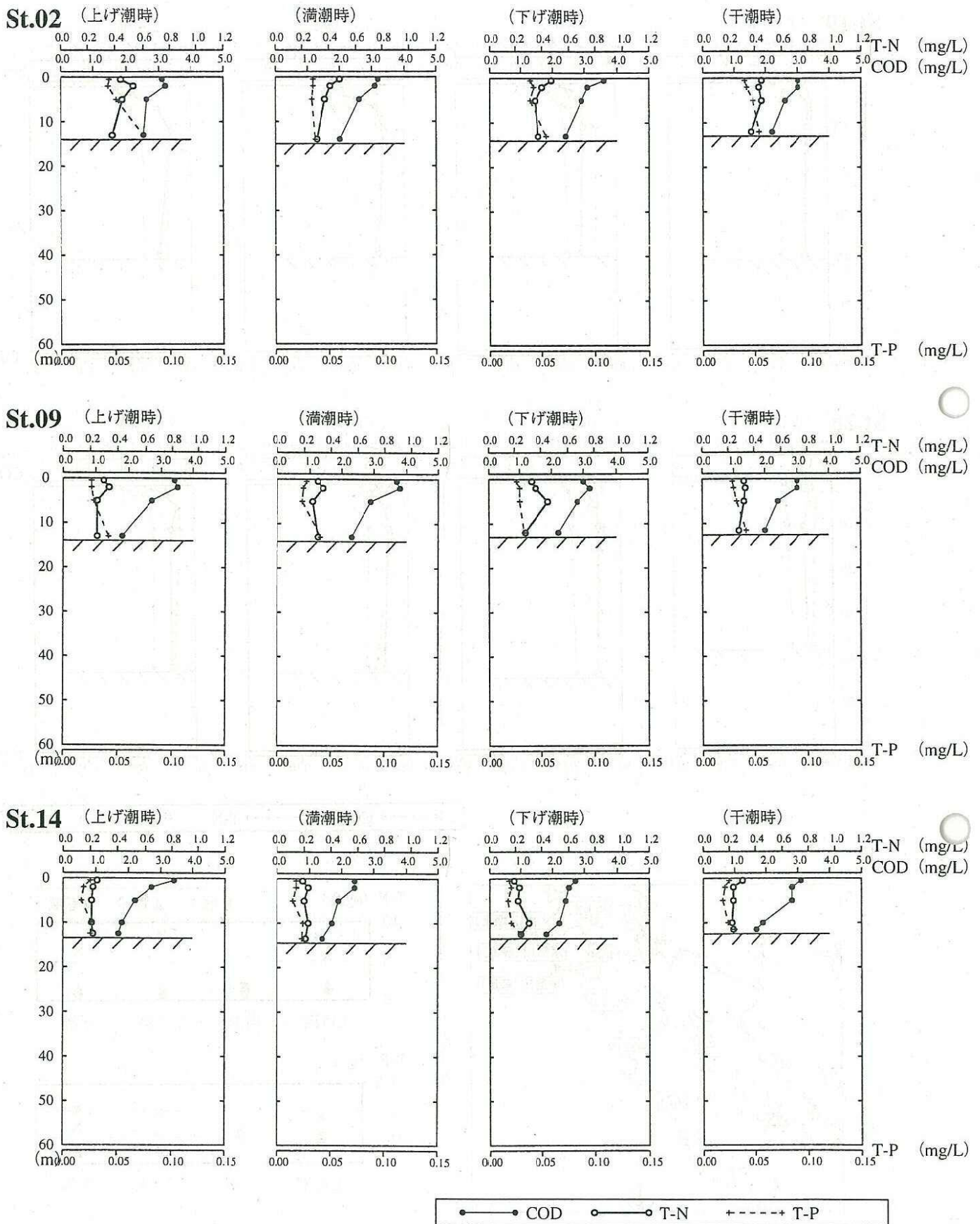
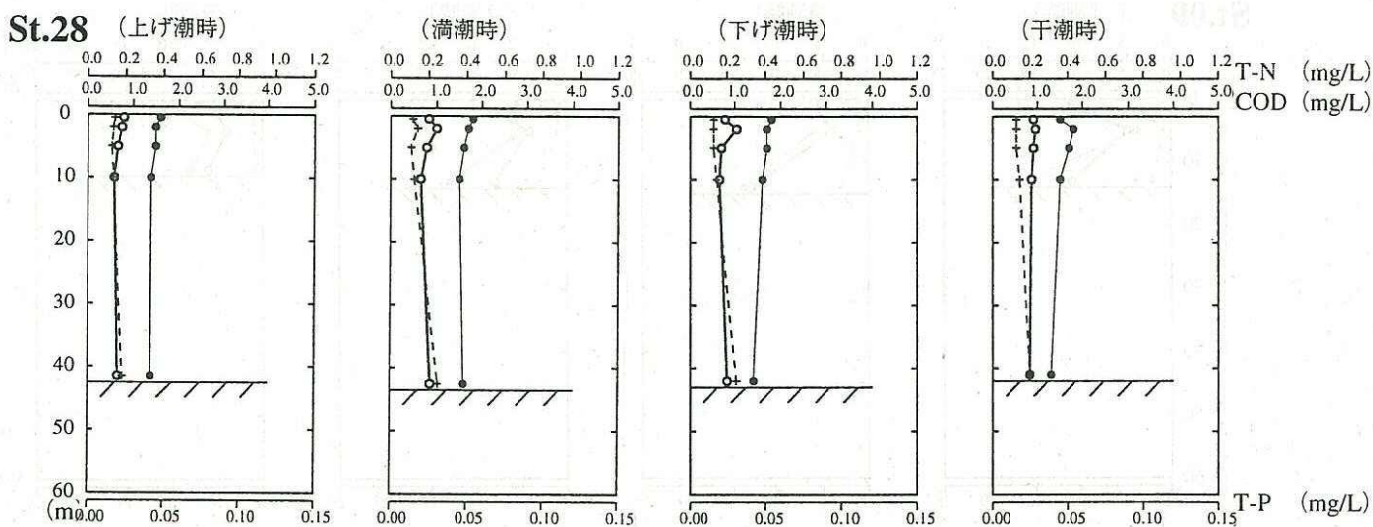
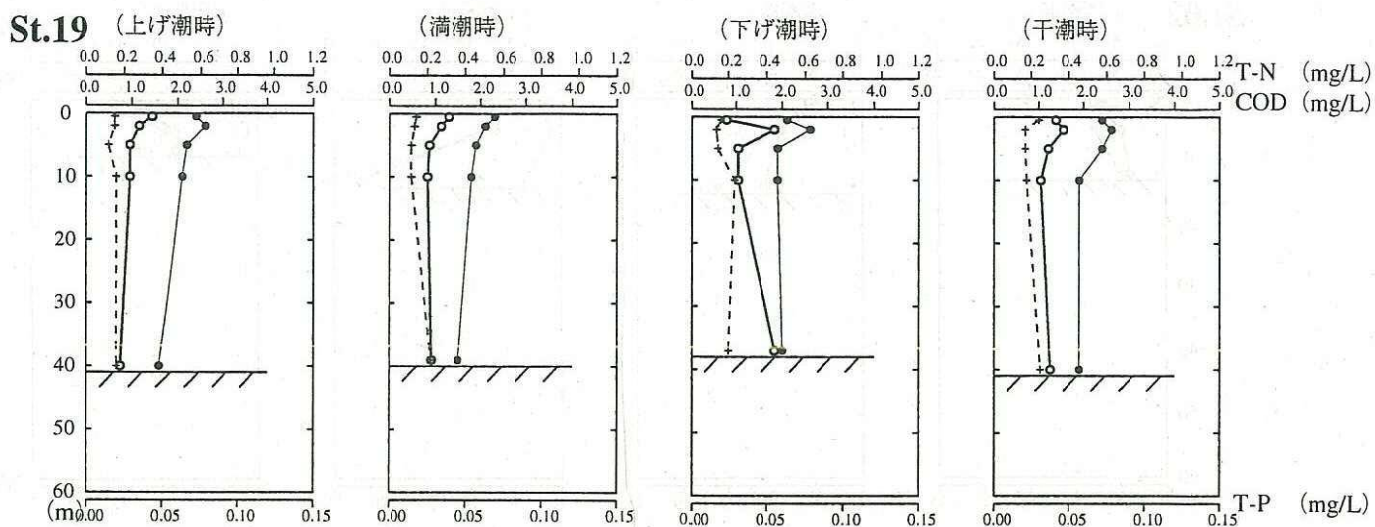


図 3.2-6(3) COD、T-N、T-P の鉛直分布図（小潮期：6月28日）

[調査日：2001年6月28日（小潮期）]



●—● COD ○—○ T-N +---+ T-P

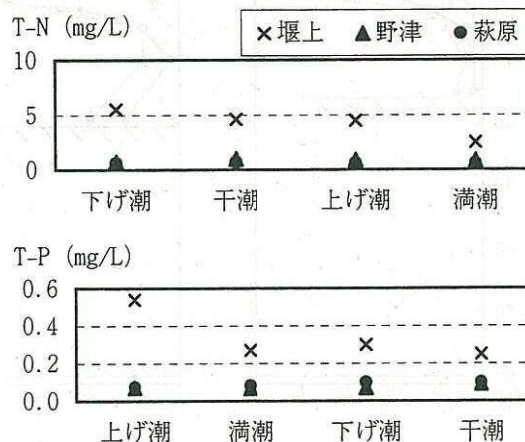
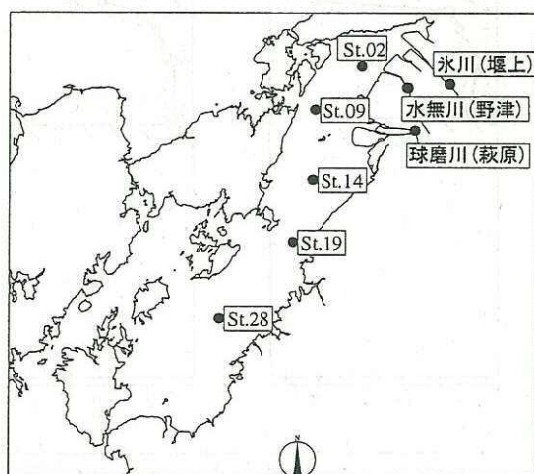
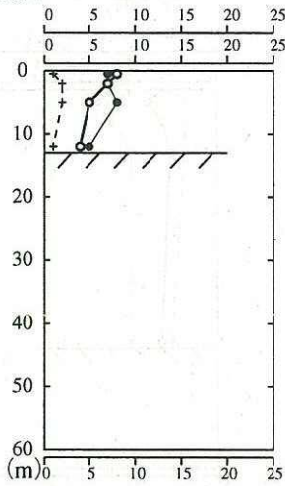


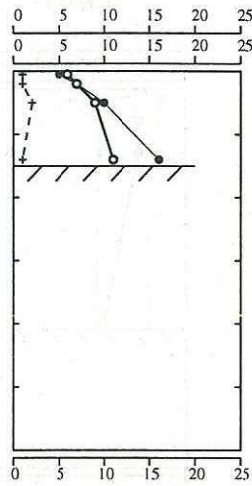
図 3.2-6(4) COD、T-N、T-P の鉛直分布図 (小潮期：6月28日)

[調査日：2001年6月21日（大潮期）]

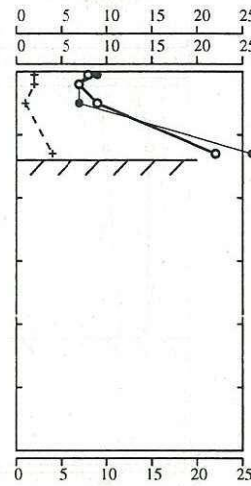
St.02（上げ潮時）



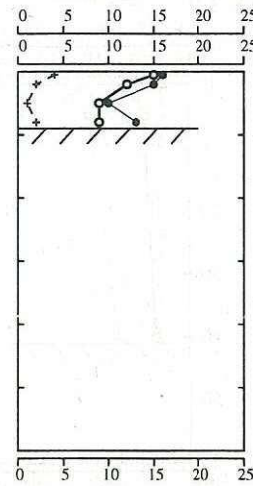
（満潮時）



（下げ潮時）



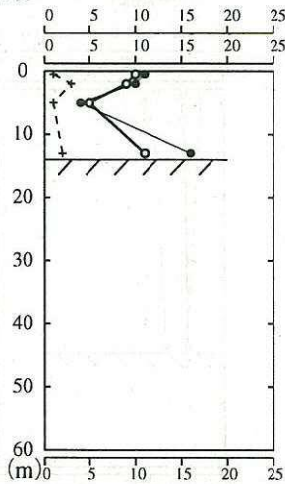
（干潮時）



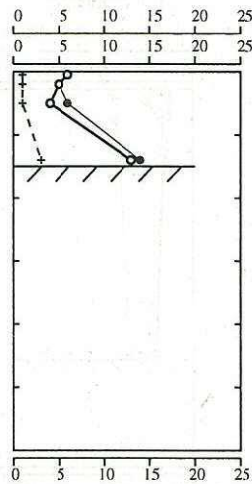
濁度
(度・カオリン)
SS (mg/L)

VSS (mg/L)

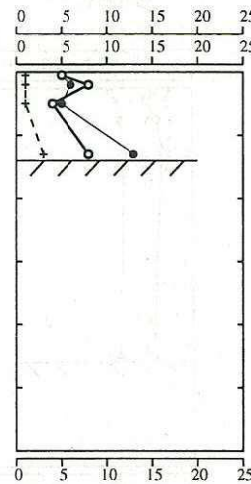
St.09（上げ潮時）



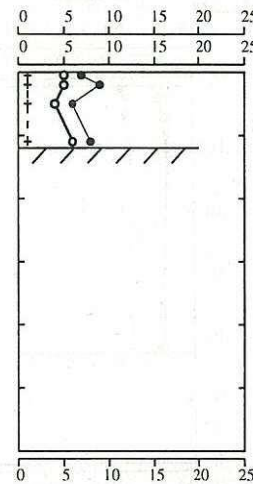
（満潮時）



（下げ潮時）



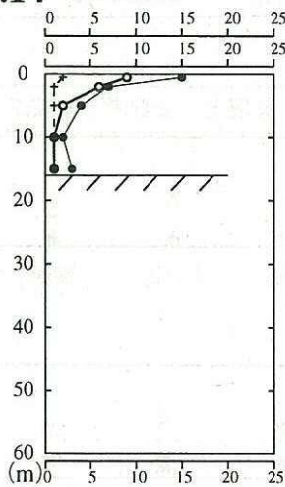
（干潮時）



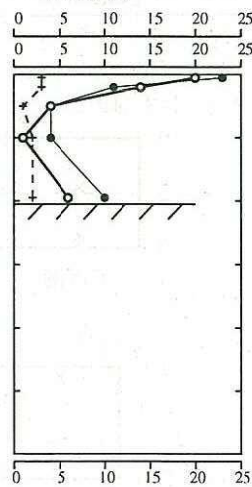
濁度
(度・カオリン)
SS (mg/L)

VSS (mg/L)

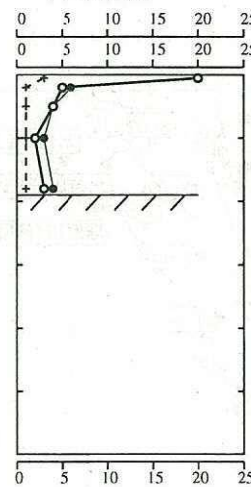
St.14（上げ潮時）



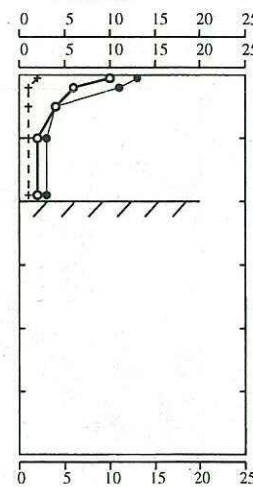
（満潮時）



（下げ潮時）



（干潮時）



濁度
(度・カオリン)
SS (mg/L)

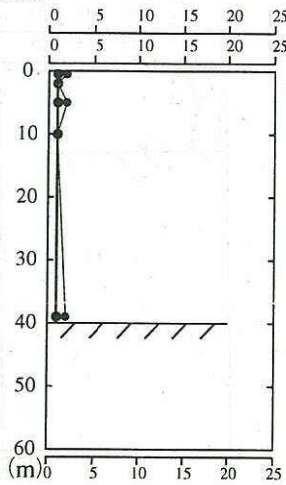
VSS (mg/L)

●—● SS ○—○ 濁度 +---+ VSS

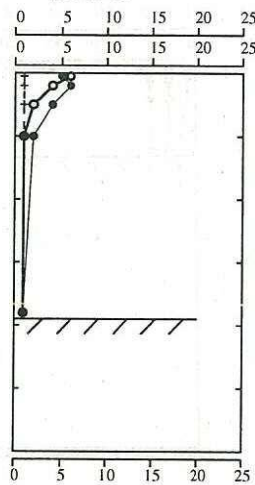
図 3.2-7(1) SS、VSS、濁度の鉛直分布図（大潮期：6月21日）

[調査日：2001年6月21日（大潮期）]

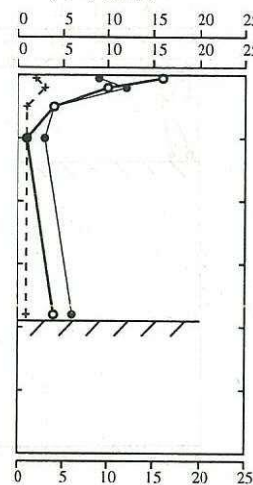
St.19（上げ潮時）



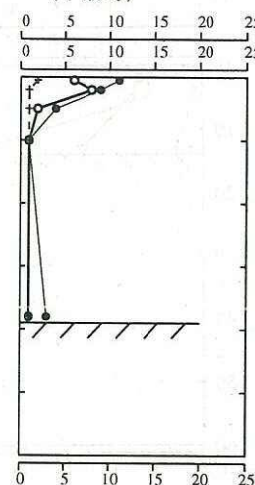
（満潮時）



（下げ潮時）



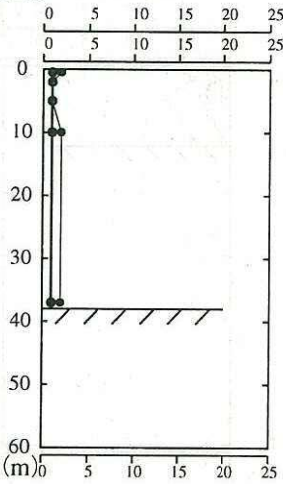
（干潮時）



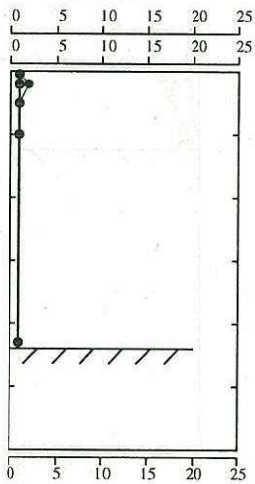
濁度
(度・カオリン)
SS (mg/L)

VSS (mg/L)

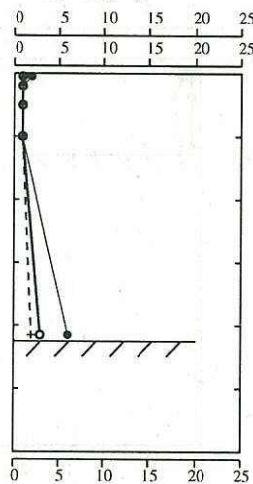
St.28（上げ潮時）



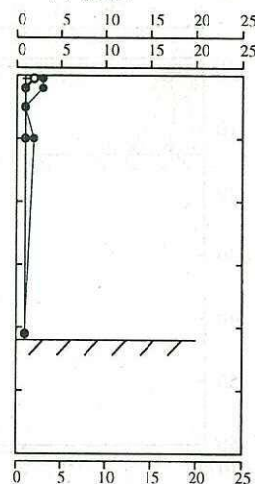
（満潮時）



（下げ潮時）



（干潮時）



濁度
(度・カオリン)
SS (mg/L)

VSS (mg/L)

● SS ○ 濁度 +----+ VSS

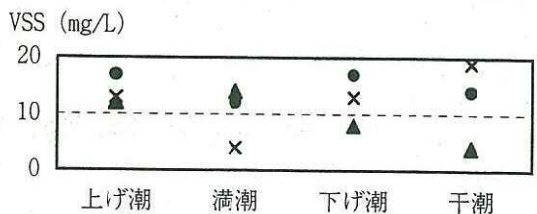
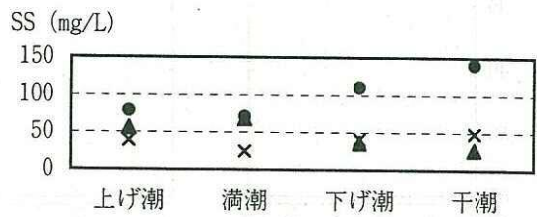
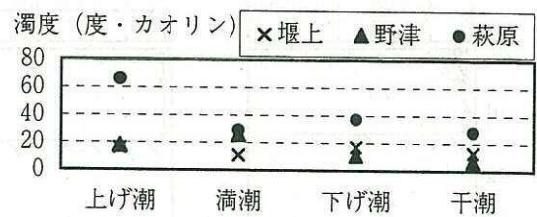
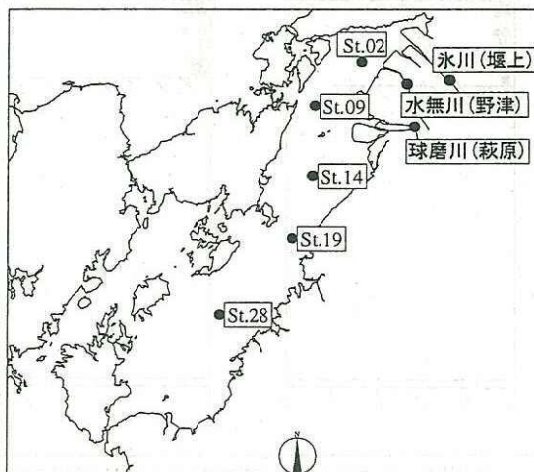


図 3.2-7(2) SS、VSS、濁度の鉛直分布図（大潮期：6月21日）

[調査日：2001年6月28日（小潮期）]

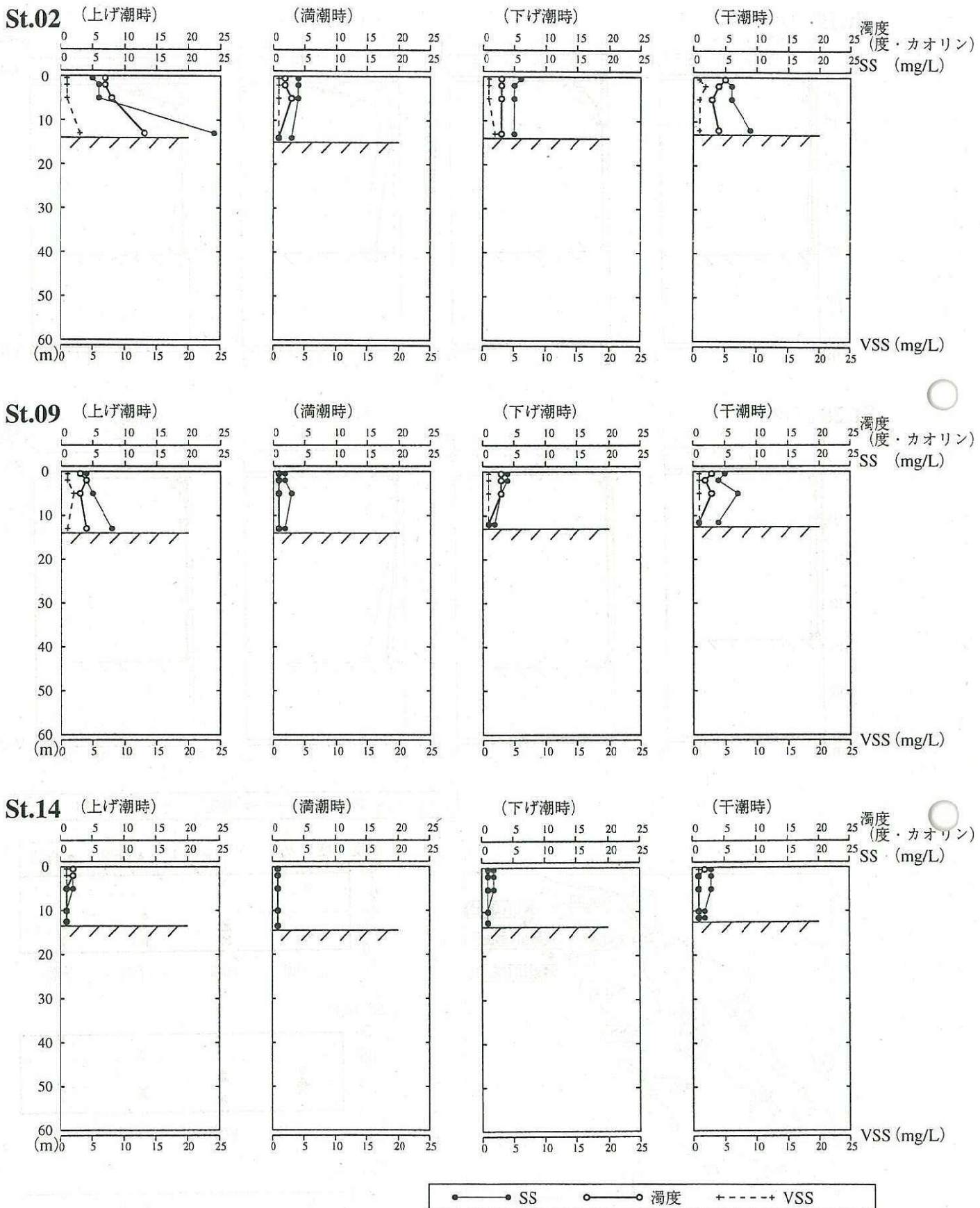
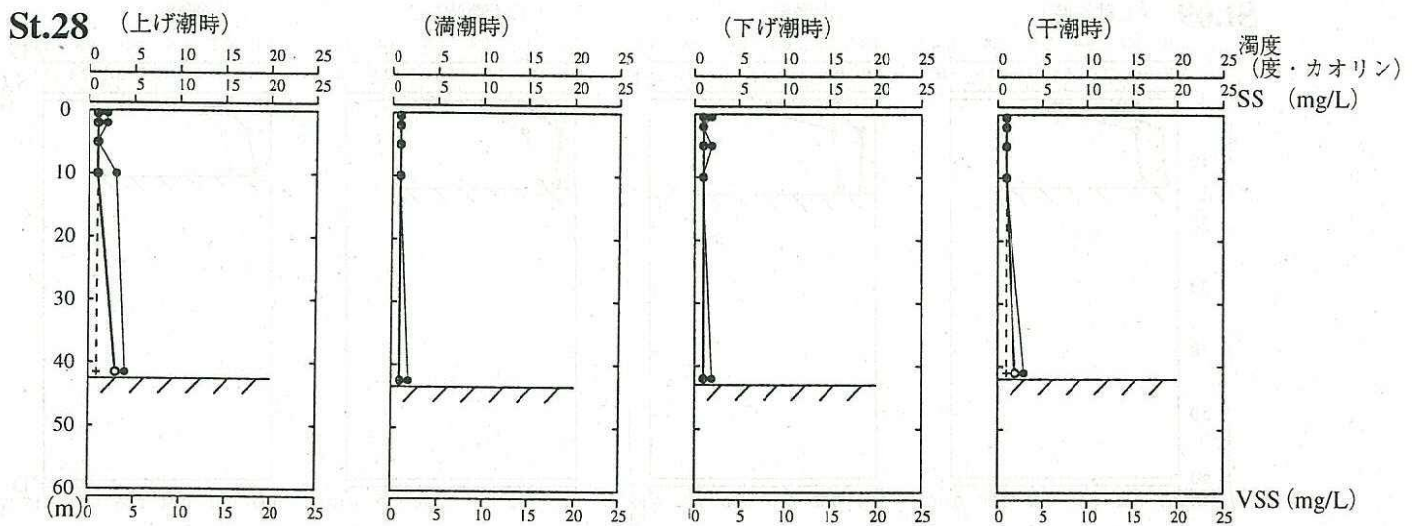
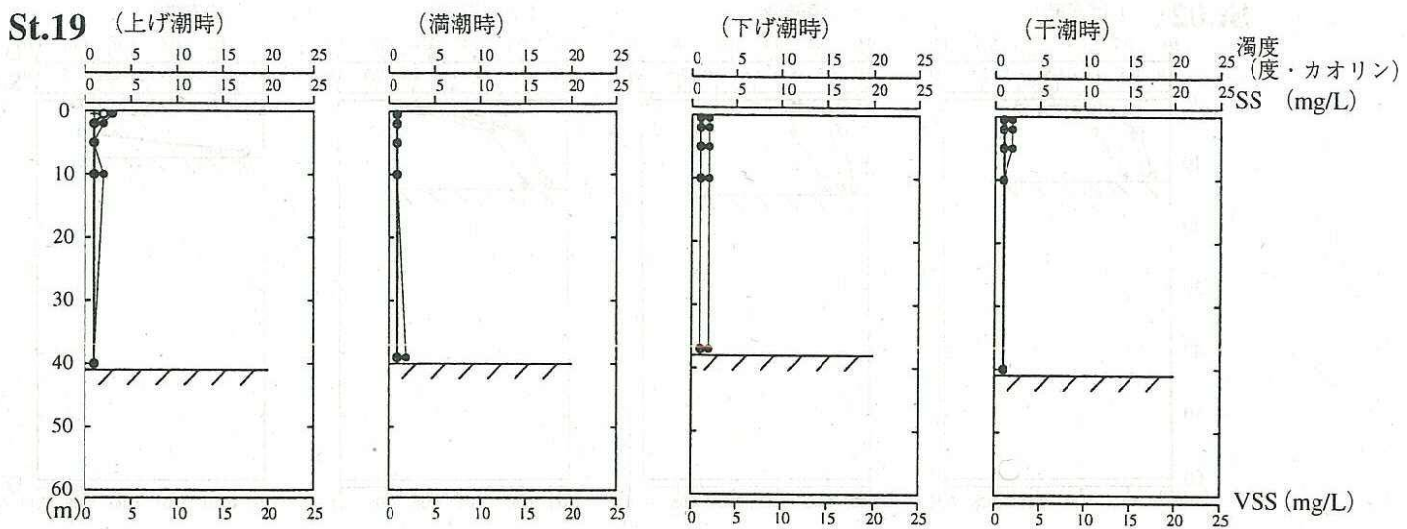


図 3.2-7(3) SS、VSS、濁度の鉛直分布図（小潮期：6月28日）

〔調査日：2001年6月28日（小潮期）〕



●—● SS ○—○ 濁度 +---+ VSS

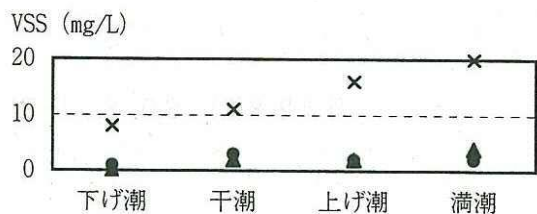
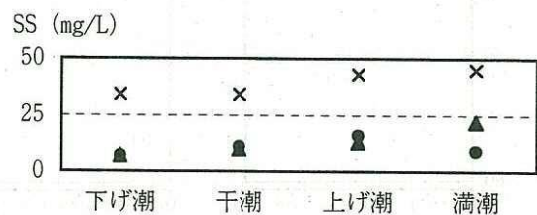
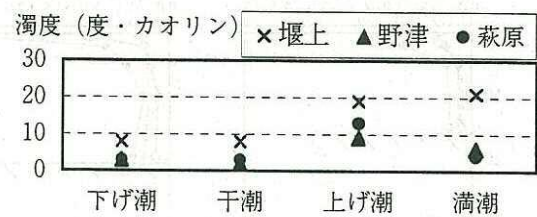
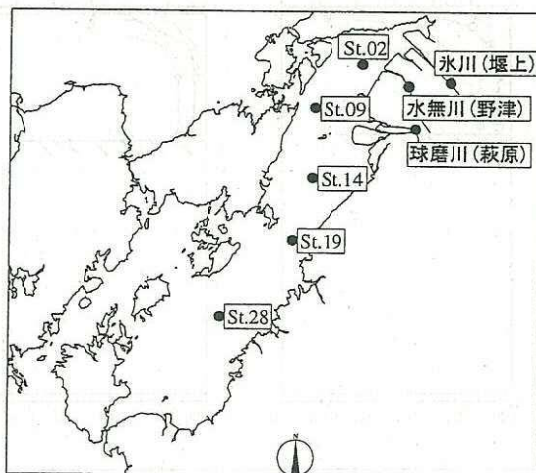


図 3.2-7(4) SS、VSS、濁度の鉛直分布図 (小潮期：6月28日)

[調査日：2001年6月21日（大潮期）]

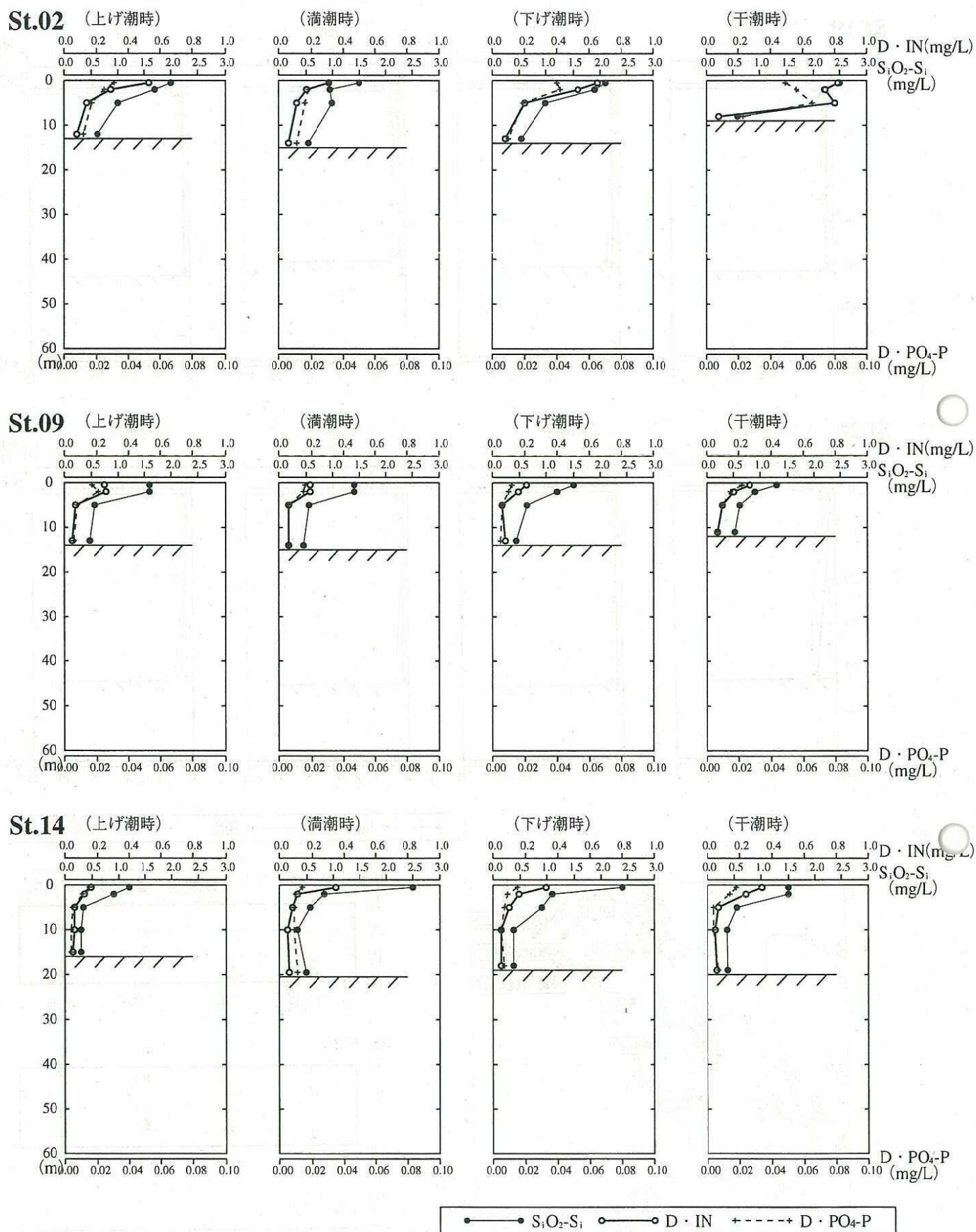
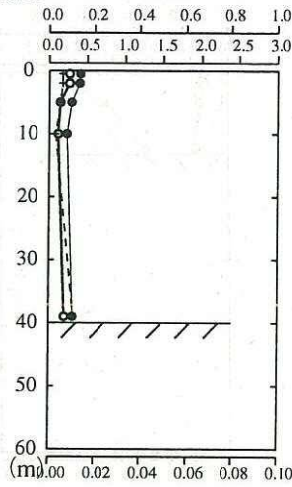


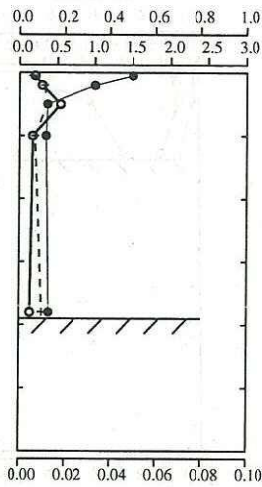
図 3.2-8(1) $S_iO_2-S_i$ 、 $D \cdot IN$ 、 $D \cdot PO_4-P$ の鉛直分布図（大潮期：6月21日）

[調査日：2001年6月21日（大潮期）]

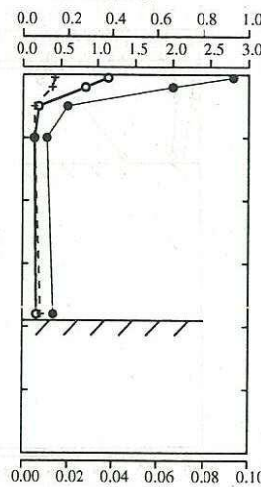
St.19（上げ潮時）



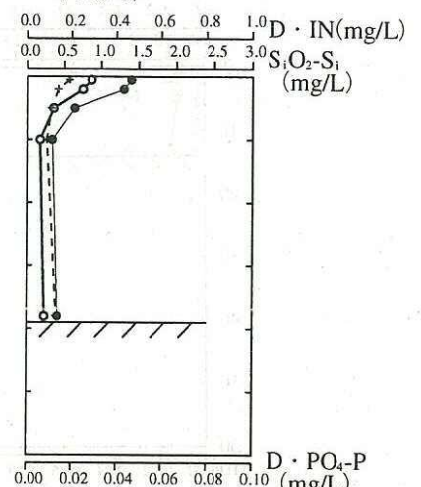
（満潮時）



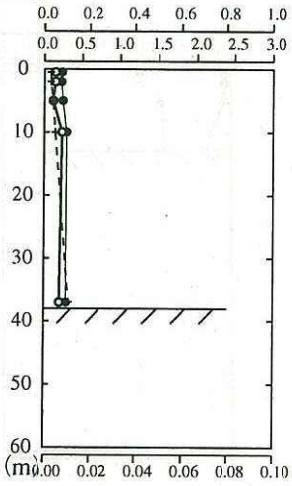
（下げ潮時）



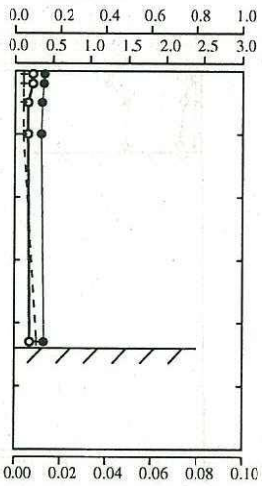
（干潮時）



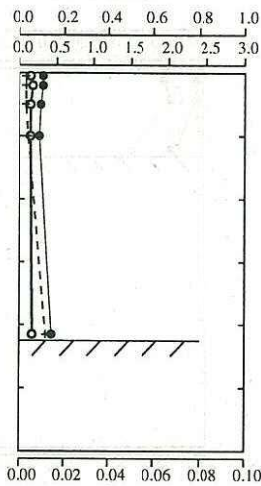
St.28（上げ潮時）



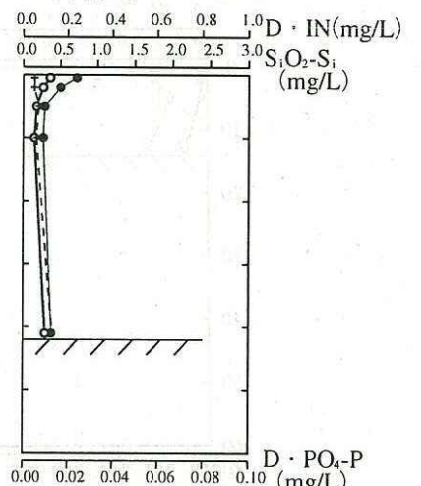
（満潮時）



（下げ潮時）



（干潮時）



—●— $\text{SiO}_2\text{-Si}$ —○— $\text{D} \cdot \text{IN}$ +---+ $\text{D} \cdot \text{PO}_4\text{-P}$

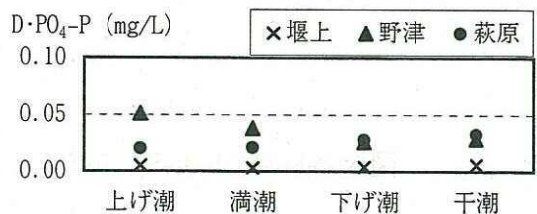
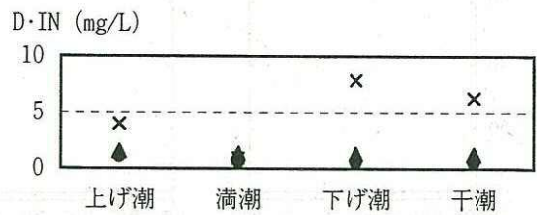
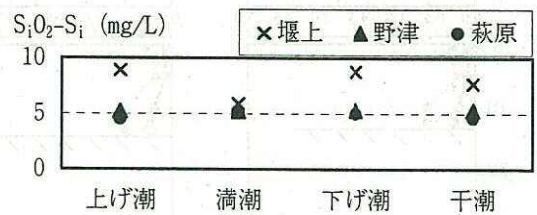
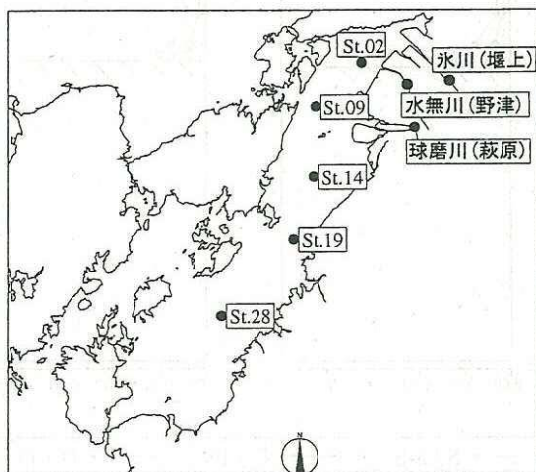
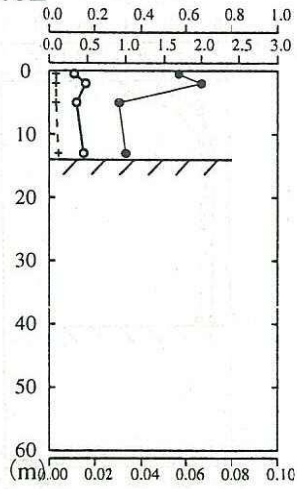


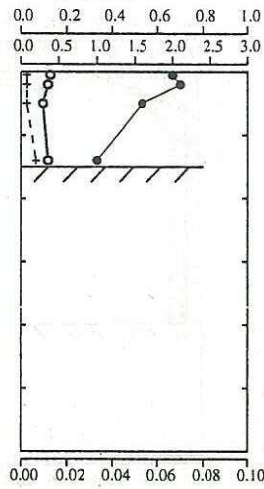
図 3.2-8(2) $\text{SiO}_2\text{-Si}$ 、 $\text{D} \cdot \text{IN}$ 、 $\text{D} \cdot \text{PO}_4\text{-P}$ の鉛直分布図（大潮期：6月21日）

[調査日：2001年6月28日（小潮期）]

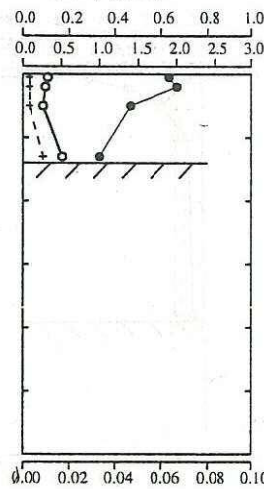
St.02（上げ潮時）



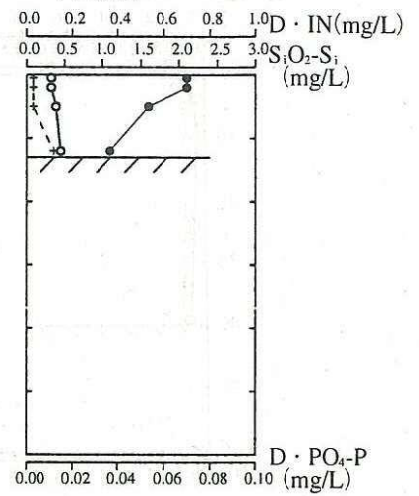
（満潮時）



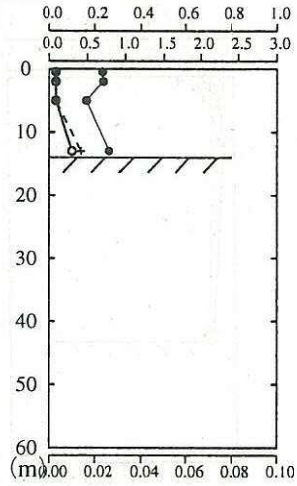
（下げ潮時）



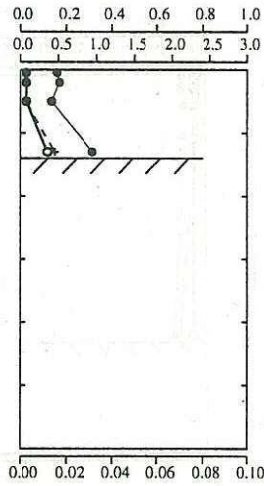
（干潮時）



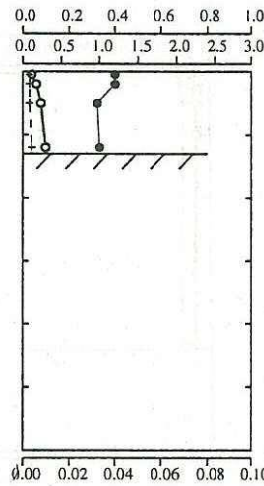
St.09（上げ潮時）



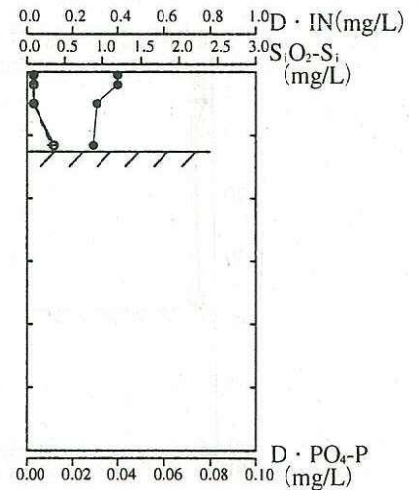
（満潮時）



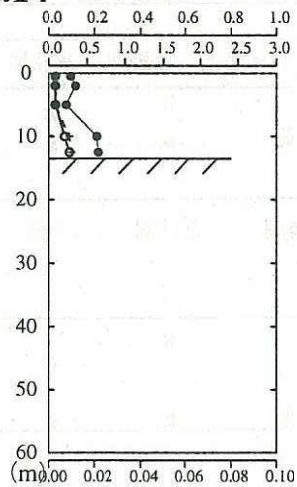
（下げ潮時）



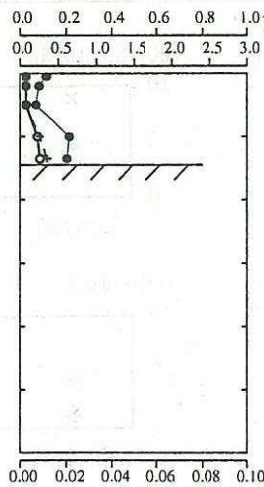
（干潮時）



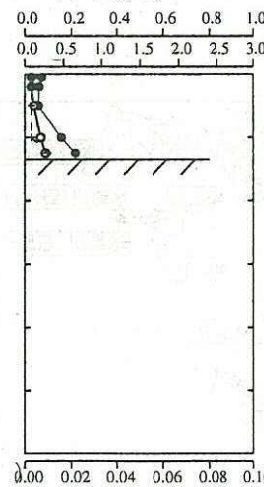
St.14（上げ潮時）



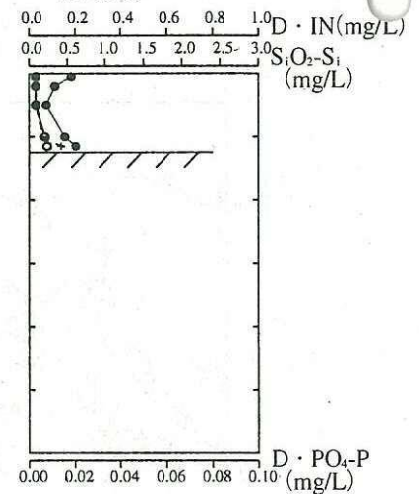
（満潮時）



（下げ潮時）



（干潮時）



● S_iO₂-S_i ○ D·IN + - - - + D·PO₄-P

図 3.2-8(3) S_iO₂-S_i、D·IN、D·PO₄-P の鉛直分布図（小潮期：6月28日）

[調査日：2001年6月28日（小潮期）]

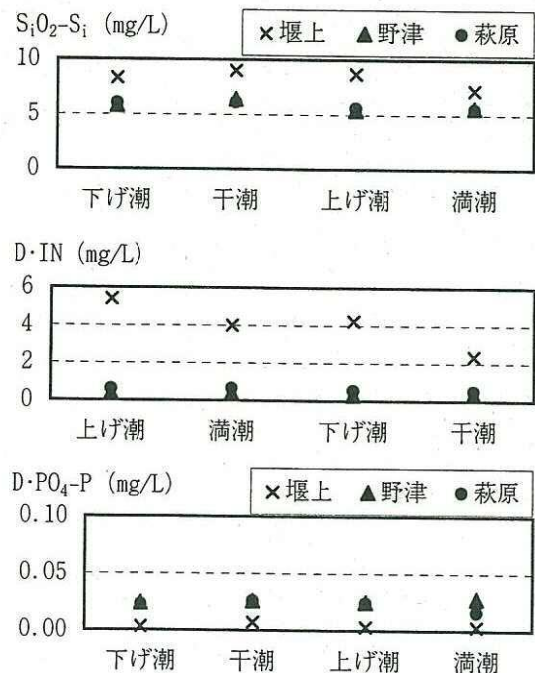
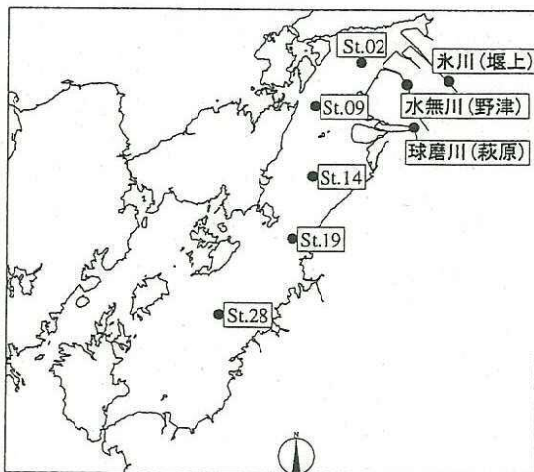
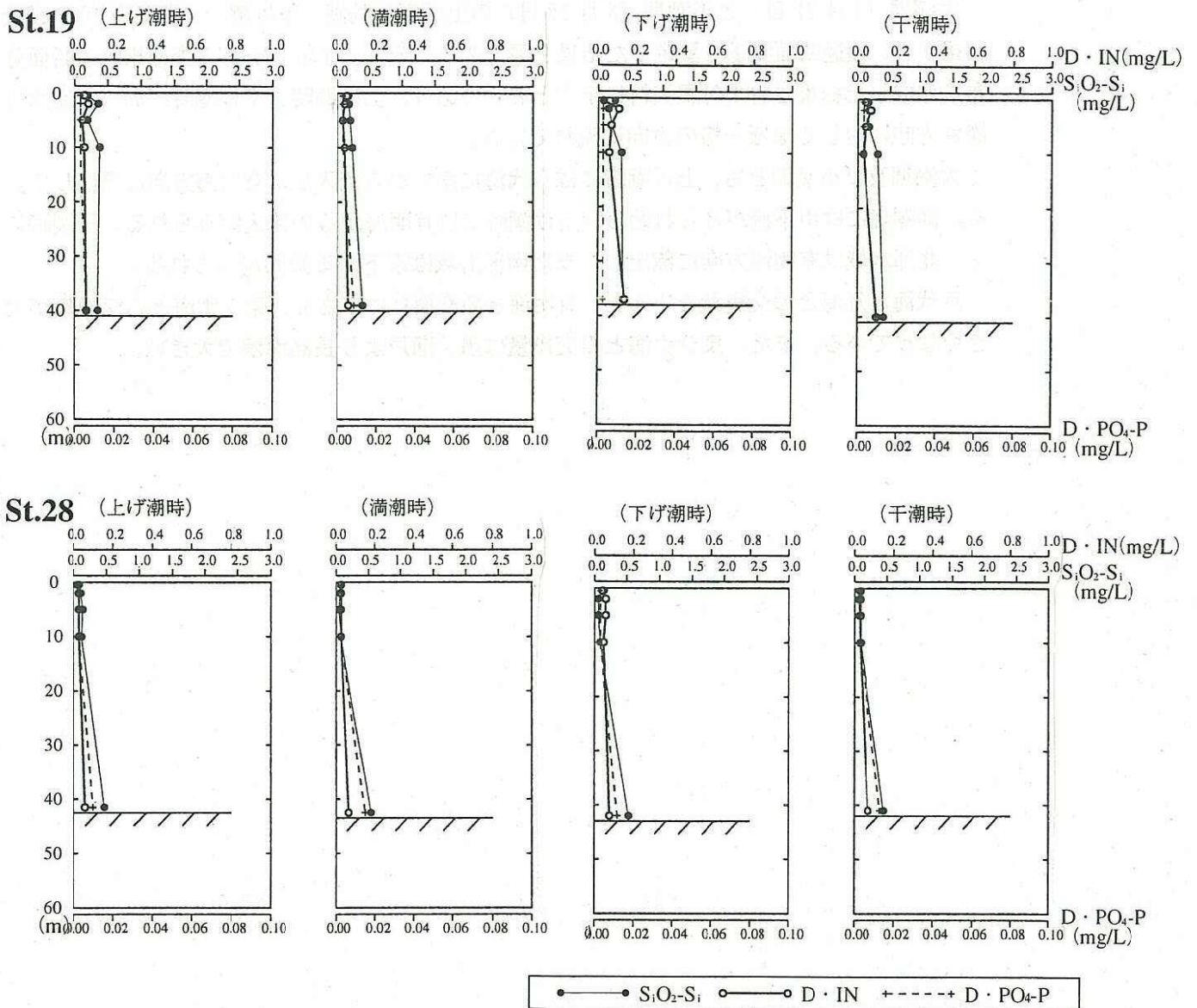


図 3.2-8(4) $S_iO_2-S_i$ 、 $D \cdot IN$ 、 $D \cdot PO_4-P$ の鉛直分布図（小潮期：6月28日）

(4) 断面通過量

大潮期（6月21日）と小潮期（6月28日）の上げ潮、満潮、下げ潮、干潮時の ADCP 調査結果から、通過断面流量を算定した結果を図 3-2.9 に示す。なお、ADCP 調査結果から断面分布を作成した結果は巻末付属資料に示すとおりであり、上げ潮時、下げ潮時において海水は深さ方向に対してほぼ一様の方向に流れている。

大潮期及び小潮期とも、上げ潮時には八代海に南方から流入し、有明海方向に流出している。満潮時には南下流がみられ始め、下げ潮時には有明海からの流入がみられる。干潮時には、北部水域は有明海方向に流出し、また南部海域は南下する傾向がみられる。

八代海と外海との交換量をみると、有明海との交換量は小さく、東シナ海との交換量が大きくなっている。また、東シナ海との交換量は黒ノ瀬戸より長島海峡で大きい。

3.3 プランクトン出現状況

(1) 植物プランクトン

植物プランクトンの出現状況と水質調査結果を図 3.3-1 に示す。

種類数についてみると、大潮期より小潮期の方が全体的に種類が多かった。

大潮期は潮時によってばらつきが大きく 5m 層に比べて 0.5m 層が極端に少ない場合もあった。0.5m 層の種類数が少なかった地点では、塩分も低かった。大潮期の調査前後、時間雨量 0~15mm 程度の降雨が 4 日間続いていたことから、球磨川流量が平水時に比べて増加していた。よって、大潮期の調査時は、出水により淡水の影響を強く受けていたと考えられる。

小潮期は潮時によるばらつきは少なく大潮期のように上層が極端に少ない地点はなかった。小潮期の調査前日に時間雨量 40mm 程度の降雨がみられたが、ごく短時間であったことから、球磨川流量は大潮期よりも少なく、河川水の影響は小さかった。

現存量（クロロフィルおよび総細胞数）についてみると、大潮期より小潮期の方が全体的に多く、特に湾奥側で顕著であった。地点別では大潮期・小潮期ともに湾奥の地点は細胞数が多い傾向がみられたが、その傾向は小潮期の方が顕著であった。層別では大潮期・小潮期ともに 0.5m 層のほうが 5m 層よりも多い傾向が認められた。

一方、水質調査結果についてみると、河川水の影響下にあった大潮期は、栄養塩である DIN ($\text{NH}_4\text{-N} + \text{NO}_2\text{-N} + \text{NO}_3\text{-N}$) や $\text{D} \cdot \text{PO}_4\text{-P}$ や珪藻の増殖に必要な $\text{SiO}_2\text{-Si}$ は湾奥を中心に豊富に存在していた。小潮期には、DIN や $\text{D} \cdot \text{PO}_4\text{-P}$ ともに低く、特に $\text{D} \cdot \text{PO}_4\text{-P}$ はほとんどが定量下限値未満であった。 $\text{SiO}_2\text{-Si}$ は湾奥を中心に多く存在したが、特に湾奥の St.2 では N/P 比が高く、リンが制限要因となっていたと考えられる。

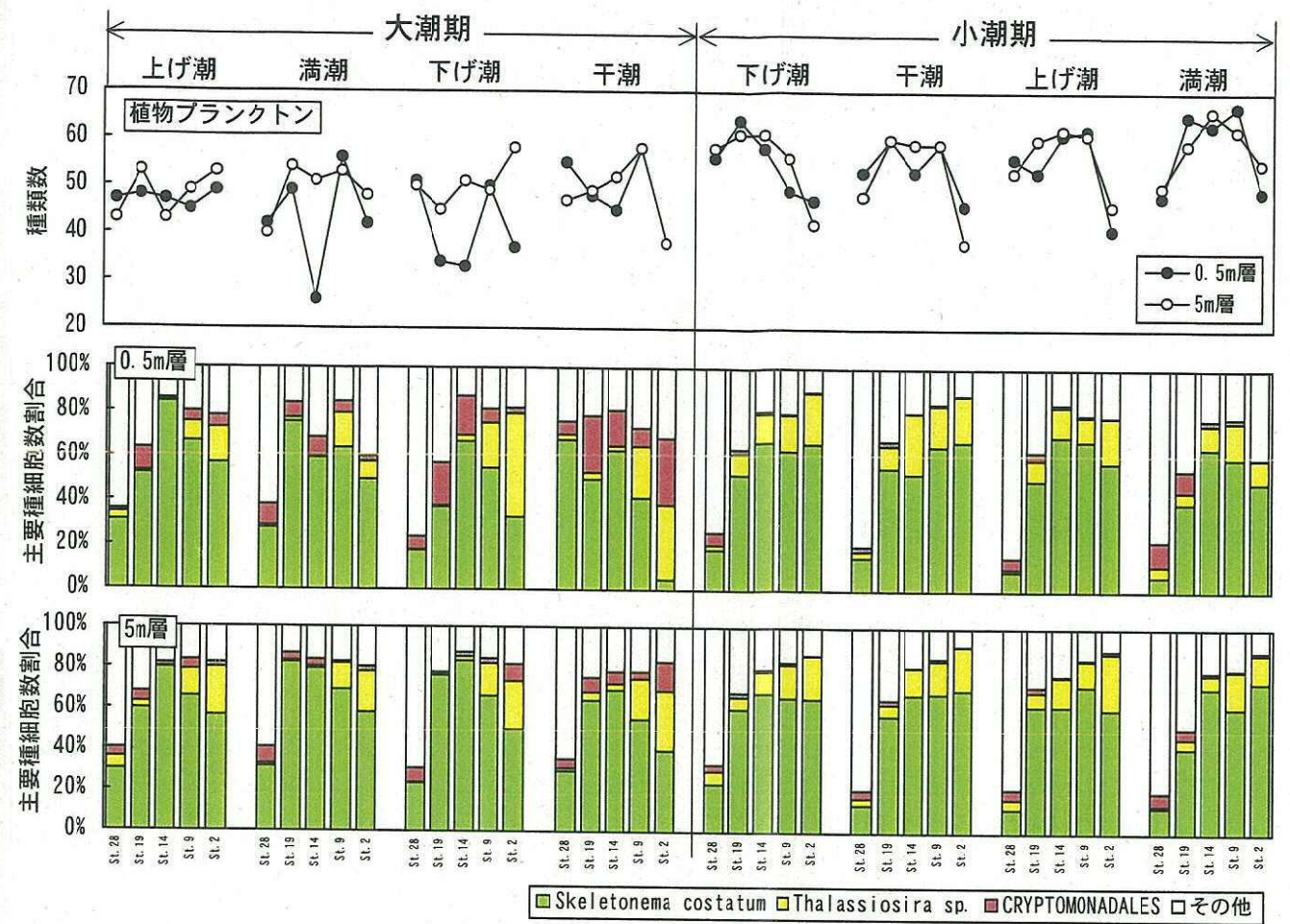
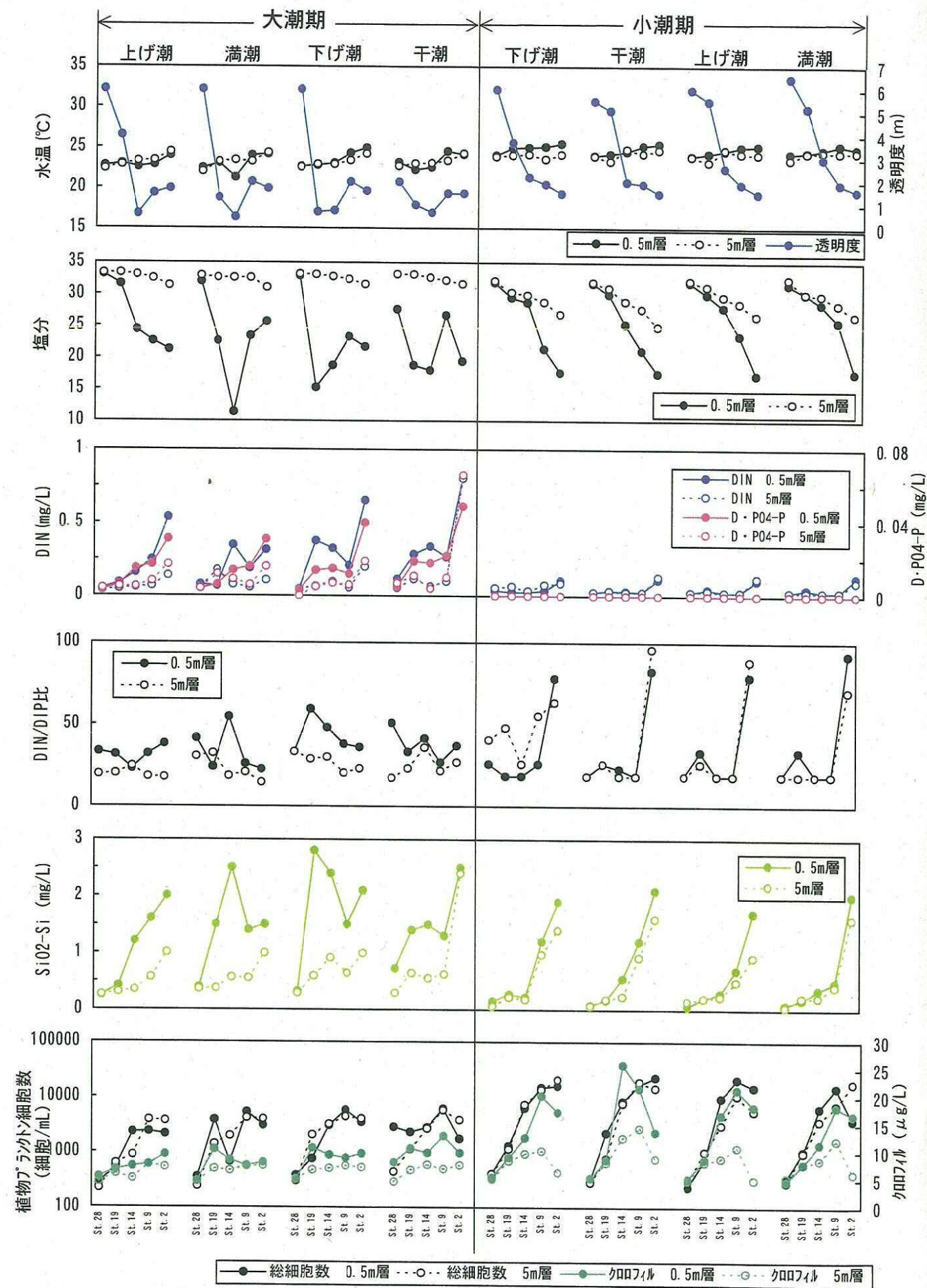


図3. 3-1 植物プランクトンの出現状況と水質調査結果

(2) 動物プランクトン

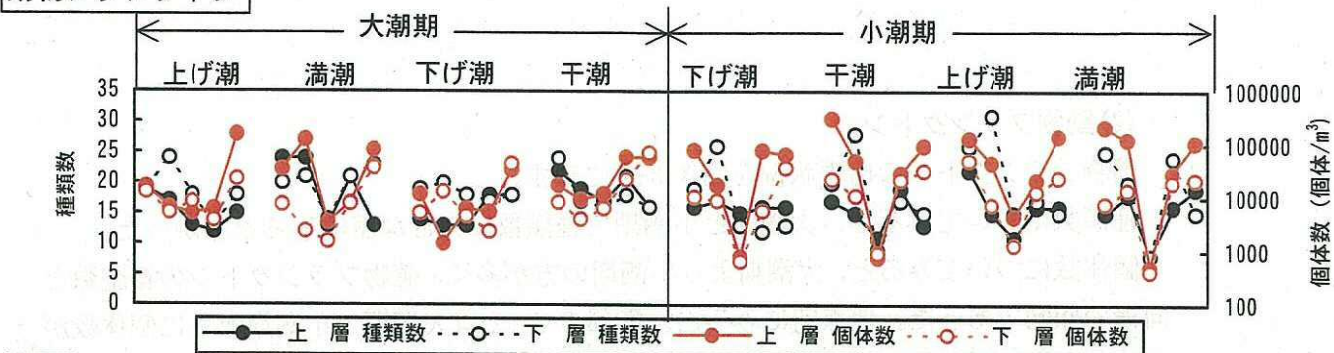
動物プランクトンの出現状況を図 3.3-2 に示す。

種類数についてみると、大潮期と小潮期で種類数に大きな差はみられなかった。

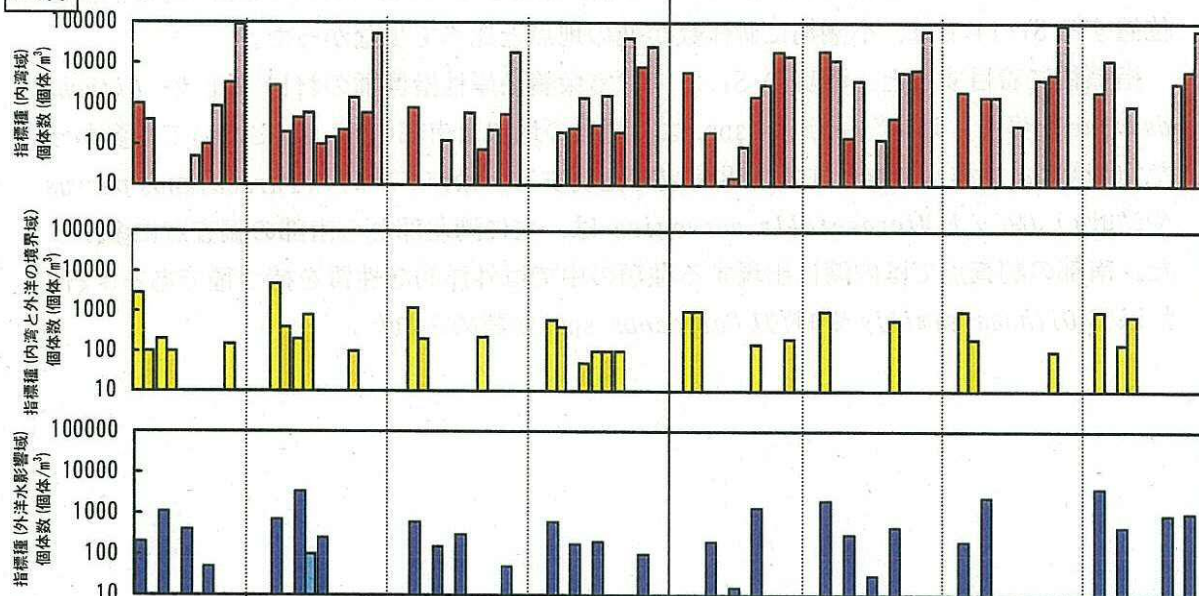
個体数についてみると、大潮期より小潮期の方が多く、植物プランクトンの細胞数と同様の傾向であった。地点別にみると、奥部の St. 2 は大潮期・小潮期ともに個体数が多く、南部の St. 28 は特に小潮期において個体数が多かった。また、球磨川河口前面に位置する St. 14 では、小潮期に個体数が他の地点と比べて少なかった。

指標種に着目すると、湾奥の St. 2 では富栄養沿岸性指標種のオイトナ ダビセ *Oithona davisae* が多く、アカリ *Acartia* spp. は、湾奥の地点と南部の St. 28 においても多かった。内湾水と外洋水の混合する境界海域で出現するパラカラン パルブス *Paracalanus parvus* やミクロセテラ ノルベジカ *Microsetella norvegica* は、主に湾北部から南部の調査点に多かった。南部の調査点では内湾に出現する種類の中では外洋的な性質を持つ種である、オイトナ シミリス *Oithona similis* やコリヤウス *Corycaeus* spp. が認められた。

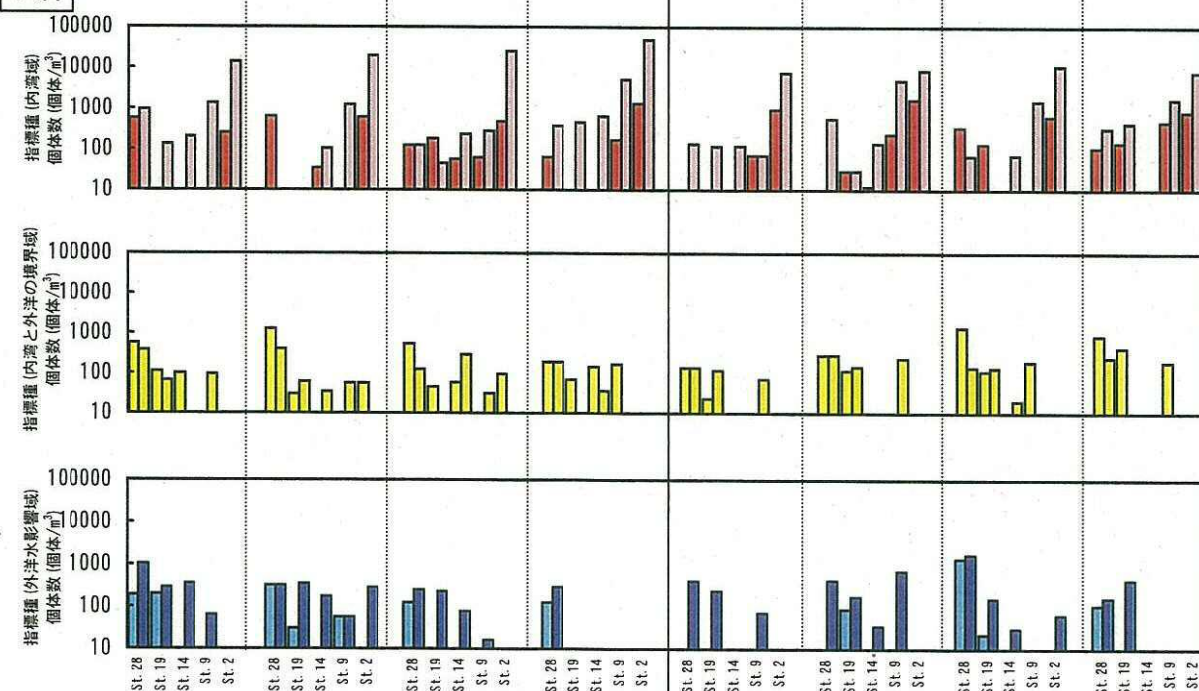
動物プランクトン



上層



下層



内湾域	:	Acartia spp.	Oithona davisae
内湾と外洋の境界域	:	Paracalanus parvus	Microsetella norvegica
外洋水影響域	:	Oithona similis	Corycaeus spp.

図3. 3-2 動物プランクトンの出現状況

3.4 洪水時の河川水質

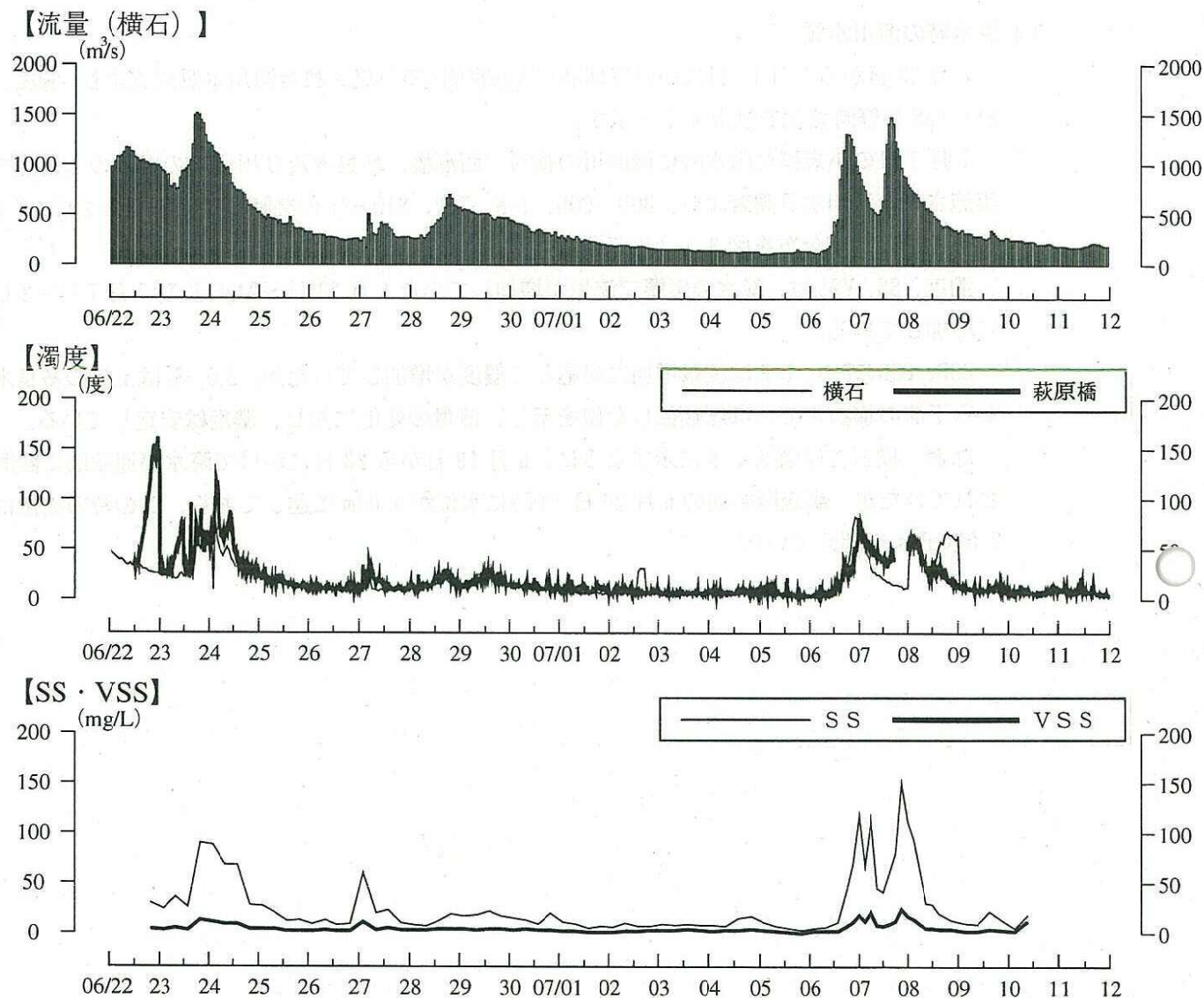
6月23日から7月11日にかけて球磨川（萩原橋）で実施された河川水質調査より、濁度、SS、VSSの経時変化を図3.4-1に示す。

7月7日の小規模な出水時に球磨川の横石、西瀬橋、多良木及び川辺川の柳瀬の4地点で実施された河川水質調査より、BOD、COD、T-N、T-P、 $\text{SiO}_2\text{-Si}$ の経時変化を図3.4-2に、T-N及びT-Pの濃度分布を図3.4-3に示す。

濁度、SS、VSSは、降水の影響で流量が増加していた6月23日～24日及び7月7日～8日に増加している。

BOD、COD、T-N、T-Pは流量増加に対応して濃度が増加していたが、 $\text{SiO}_2\text{-Si}$ は上流の多良木から下流の横石まで、ほぼ類似した値を示し、流量の変化に対し、濃度は安定している。

なお、横石では図3.1-8に示すように、6月19日から23日にかけて降水が連続的に観測されていたが、調査開始前の6月20日13時に水位が4.04mに達しており、この時の流量は $2,000\text{m}^3/\text{s}$ を超えていた。



注)横石流量は速報値であり、今後修正の可能性がある。

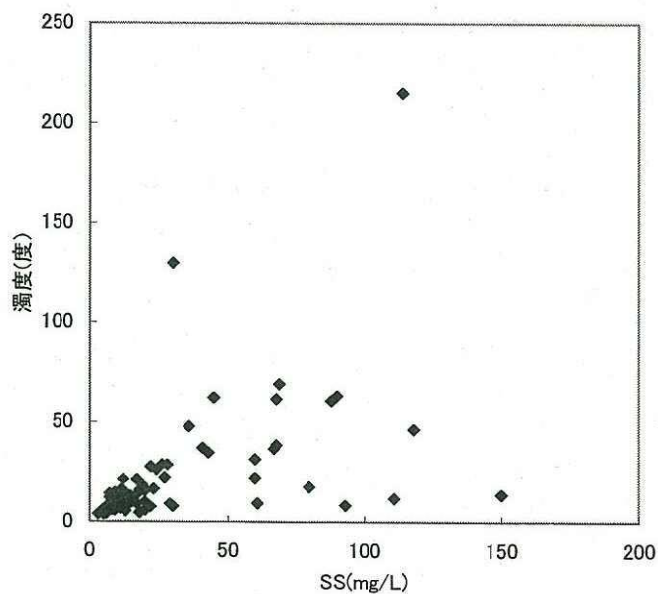


図3.4-1 出水時の水質(濁度、SS、VSS)経時変化(球磨川・萩原橋)

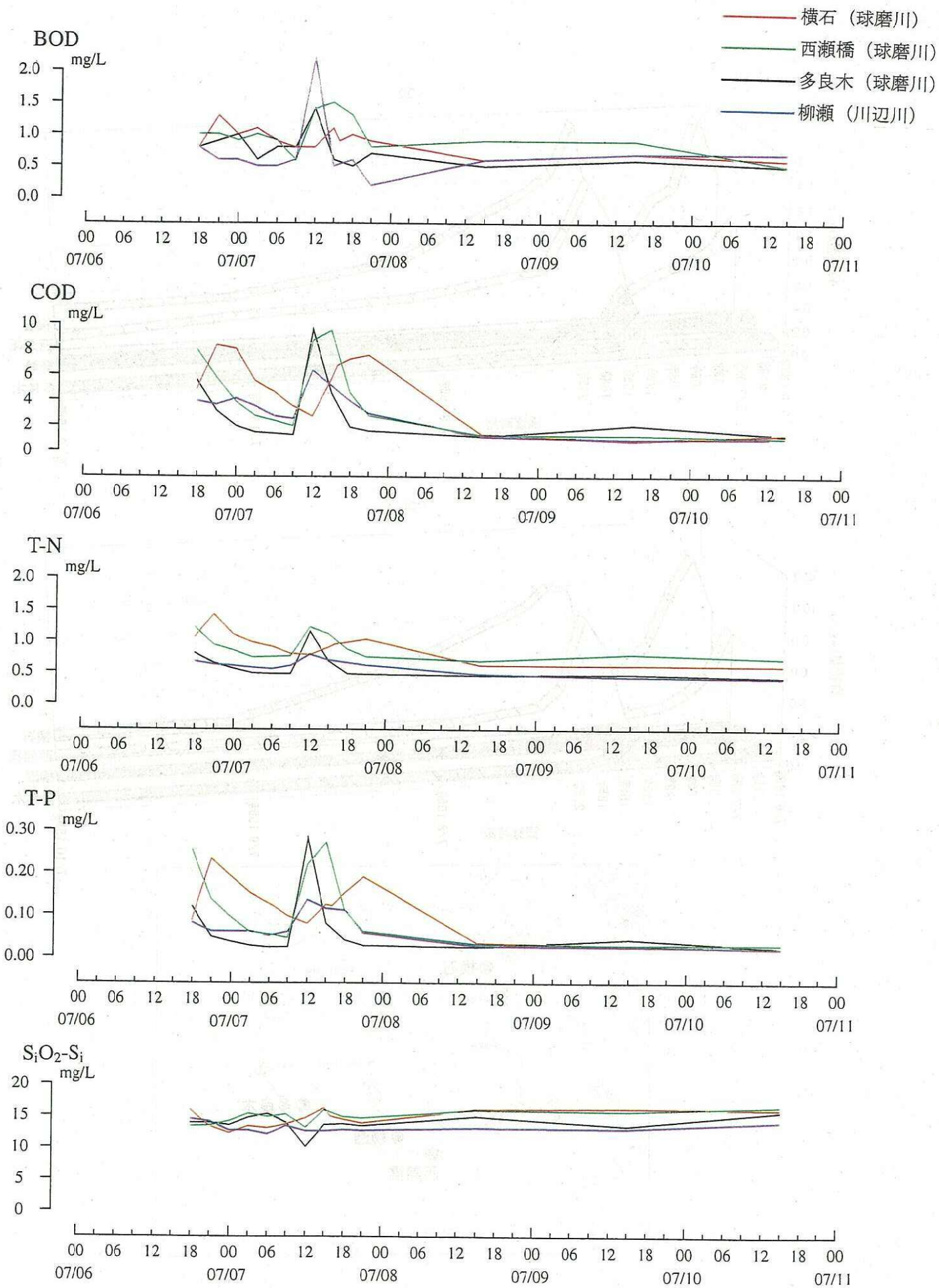


図 3.4-2 出水時の水質 (BOD、COD、T-N、T-P、 $\text{SiO}_2\text{-Si}$) 経時変化

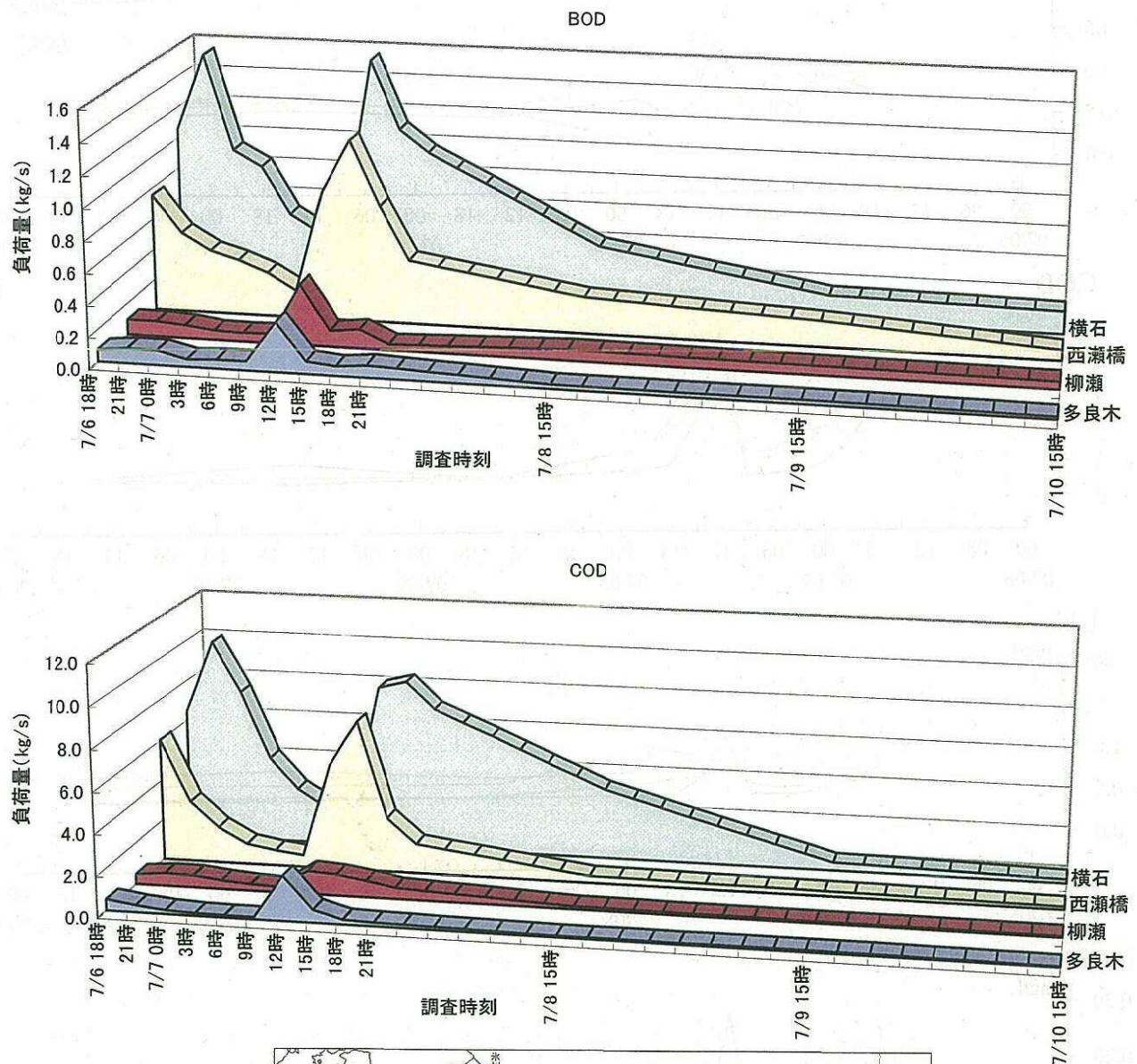


図3. 4-3 (1) 地点毎の河川負荷量の変化(BOD、COD)

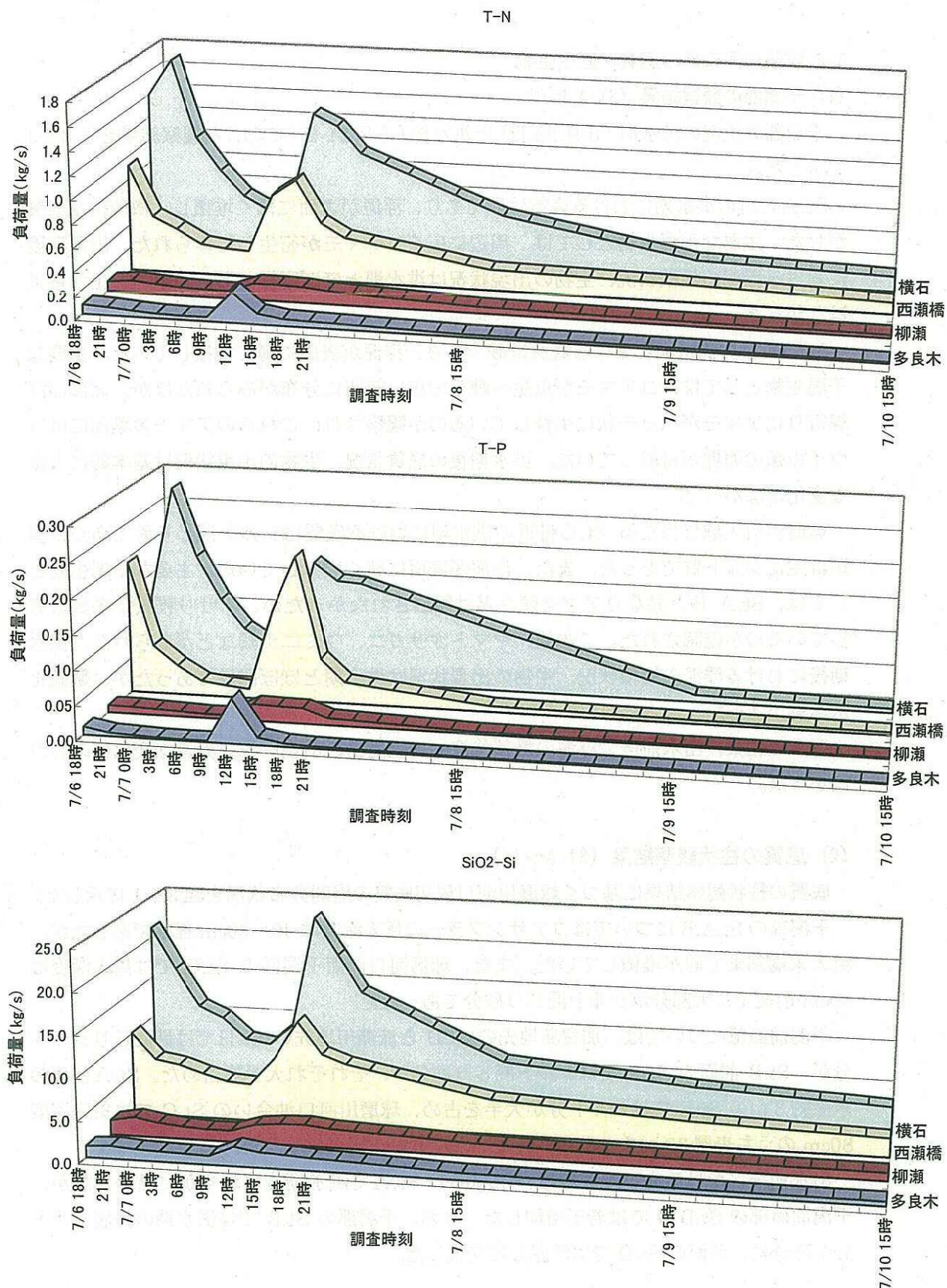


図3.4-3(2) 地点毎の河川負荷量の変化(T-N、T-P、SiO₂-Si)

3.5 球磨川河口部の底質・底生生物

(1) 干潟部の観察結果 (St. A, B, C)

干潟部の状況の洪水期(6月23日)と洪水後(7月21日)における観察結果を表3.5-1に示した。

St. A付近の洪水期における底質は砂であり、浮泥が表面に薄く堆積し、微硫化水素臭がした。主要な干潟生物としては、周辺に広くコアマモが密生してみられた。洪水期後における浮泥の堆積状況、生物の出現状況は洪水期とほぼ同様であったが、硫化水素臭はなかった。

St. B付近の洪水期における底質は砂であり、浮泥が表面に薄く堆積していた。主要な干潟生物としては、コアマモが点生～疎生で広い範囲に分布がみられたほか、北部の汀線寄りにアマモがパッチ状に生育しているのが観察され、これらのアマモの葉部にはコウイカ類の卵塊が付着していた。洪水期後の底質状況、生物の出現状況は基本的に大きな変化はなかった。

球磨川流入域に当たる St. C付近の洪水期における底質はシルト混じり砂であり、周辺は主にシルト質であった。また、浮泥が表面に薄く堆積していた。主要な干潟生物としては、St. A, Bと異なりアマモ類などは観察されなかったが、アサリ稚貝が多数着底しているのが確認された。その他、ヤマトオサガニ、ウミニナ類などがみられた。洪水期後における浮泥の堆積状況、生物の出現状況は洪水期とほぼ同様であったが、微硫化水素臭があった。

以上の結果、出水前後で浮泥の堆積状況、表生生物の出現状況に大きな変化はみられなかった。

(2) 底質の柱状観察結果 (St. A～H)

底質の柱状観察結果に基づく球磨川河口周辺底質の層別分布状況を図3.5-1に示した。

干潟部の St. A, Bについてはコアサンプラーの貫入深度は40～50cm程度であったが、貫入末端部まで砂が堆積していた。また、球磨川河口前面干潟部の St. Cでは貫入深度は60cm前後で、大部分がシルト混じり砂分であった。

干潟前面部については、加賀島地先の St. Dと流藻川地先の St. Hでは砂混じりシルト分が、St. B前面の St. Fではシルト混じり砂分が、それぞれ大半を占めた。St. A前面の水深約8mの St. Eではシルト分が大半を占め、球磨川河口沖合いの St. Gでは貫入深度80cmのうち表層30cmまでシルト分が、以深は粘土質が卓越した。

出水前後における表層浮泥厚は、干潟部の St. Aで洪水期後にわずかに減少したが、干潟前面部の St. D, Gでは若干増加した。なお、干潟部の St. Bでは洪水期の表層シルト分が砂分に、前面の St. Dでは浮泥分に交代した。

表3.5-1 球磨川河口部干潟観察結果の概要 (2001年6・7月)

St. A

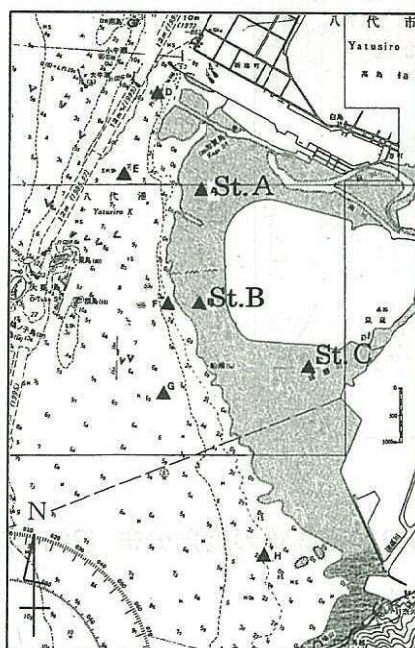
観察項目		観察結果	
		洪水期(2001.6/23)	洪水期後(2001.7/21)
定点付近の干潟状況	浮泥の堆積状況	表面に薄く堆積	同左
	底質区分	砂	同左
	臭気	微硫化水素臭	なし
周辺の主要な干潟生物	植物	コアマモが密生で周辺に広く分布 オゴノリ、アオサ属	同左 オゴノリ、イギス科
	軟体動物	アラムシロガイ、ツメタガイ	アラムシロガイ、ウミニナ類、タマガイ科の卵塊
	環形動物	ツバサゴカイ科	スゴカイイソメ
	節足動物	アナジャコ、チゴガニ、ワタリガニ科	エビ目、ヤドカリ類、アナジャコ、ガザミ、スナガニ科
	その他の動物	ハゼ科	ハゼ科、ヨウジウオ

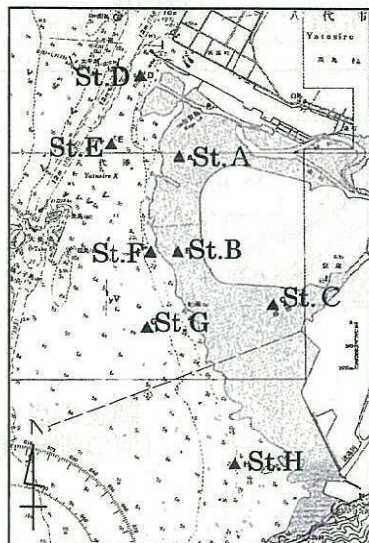
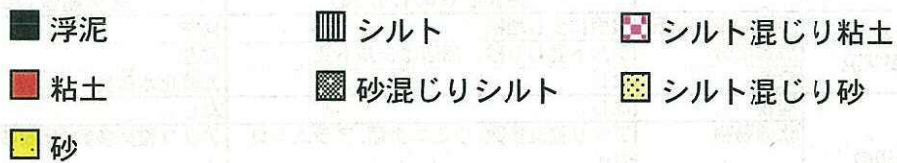
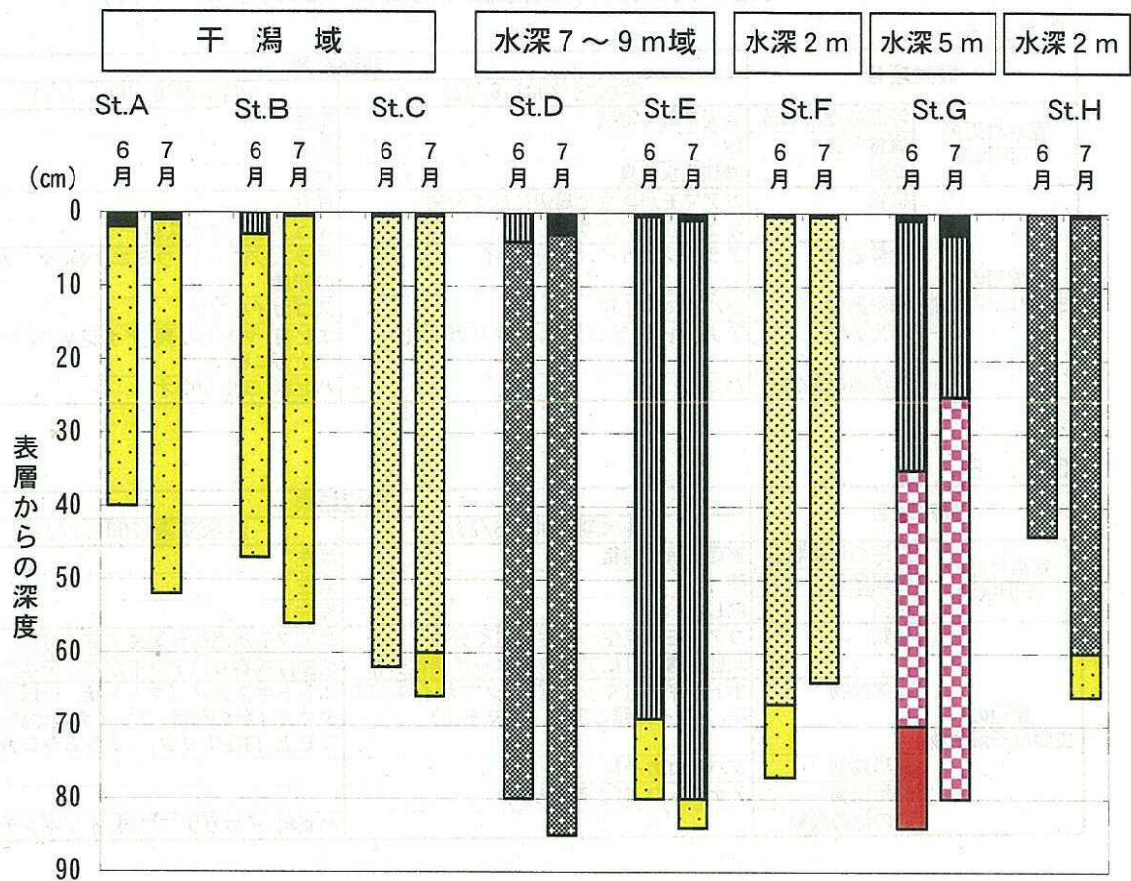
St. B

観察項目		観察結果	
		洪水期(2001.6/23)	洪水期後(2001.7/21)
定点付近の干潟状況	浮泥の堆積状況	表面に薄く堆積	同左
	底質区分	砂	同左
	臭気	なし	同左
周辺の主要な干潟生物	植物	コアマモが点生～疎生で広く分布 北部汀線寄りにアマモがパッチ状に分布	コアマモが点生～疎生で広く分布 北部汀線寄りにアマモがパッチ状に分布
	軟体動物	ホトトギス(マット状)、タマガイ科の卵塊、コウイカ類の卵塊(アマモ上)	ホトトギスガイ(マット状、ほぼ死滅)、タマガイ科の卵塊、コウイカ類の卵塊(アマモ上、前回より少)、アラムシロガイ
	環形動物	ツバサゴカイ科	
	節足動物	アナジャコ、スナモグリ科	
	その他の動物		ハゼ科、イカリナマコ科、イソギンチャク

St. C

観察項目		観察結果	
		洪水期(2001.6/23)	洪水期後(2001.7/21)
定点付近の干潟状況	浮泥の堆積状況	表面に少し堆積	同左
	底質区分	シルト混じり砂、周辺はシルト質	同左
	臭気	なし	微硫化水素臭
周辺の主要な干潟生物	植物	なし	なし
	軟体動物	アサリ稚貝多数、ウミニナ類、アラムシロガイ	アサリ稚貝多数(死殻多し)、ハマグリ
	環形動物		チロリ科
	節足動物	ヤマトオサガニ、ホンヤドカリ科	ヤマトオサガニ
	その他の動物	ハゼ科	

調査地点
(河口部干潟観察)



注) 6月は洪水期中(梅雨期)
7月は洪水期後(梅雨明け後)

図3. 5-1 球磨川河口周辺底質の層別分布 (2001年6・7月)

(3) 河口部の底質調査結果

底質の上層（0～2cm）と下層（2～5cm）における洪水期（6月23日）と洪水期後（7月21日）の分析結果を図3.5-2に示した。

洪水期における底質の粒度組成についてみると、干潟域の St.A,B,C は細砂が中心の砂質で、北部の St.A の上層と球磨川河口の St.C では粗砂も比率が高く、砂質干潟である。干潟前面海域のうち水深が浅い St.F,H は細砂が最も多いが、泥分（シルト+粘土）も3割弱を占める砂泥質であった。水深が7～8mの St.D,E では、上層は泥分が卓越する泥質であったが、下層は細砂の比率も高く砂泥質であった。球磨川河口沖の St.G は上層、下層とも泥分が卓越した。

粒度組成が洪水期と洪水期後で異なっていたのは球磨川河口干潟域の St.C と北部加賀島地先の St.D であった。St.C では上層・下層とも細砂が減少し、シルト・粘土の泥分が増加し、砂泥質となっていた。St.D では上層で逆に細砂が増加し砂泥質となったが、下層では大きな変化はなく、砂泥質のままであった。このほかに各区分で若干の増減はあったが、基本的な性状は変わらなかった。

硫化物は、干潟域(St.A,B,C)では洪水期・洪水期後を通じて上・下層とも0.01～0.03mg/g・乾泥と一様に低く、粒度組成で泥分が増加した St.C も含めて大きな変化はみられなかった。干潟前面海域では水深が深い St.D,E,G で上層・下層とも0.1～0.2mg/g・乾泥台と高く、St.G では洪水期後に粒度組成が変化しなかったにも関わらず0.2～0.3mg/g・乾泥台と更に高い値を示した。一方、St.F では洪水期後に砂分が若干増加、泥分が減少し、硫化物、全窒素（T-N）が減少していた。

T-N、全磷（T-P）及び全炭素（TOC）はいずれも干潟域及び干潟前面海域の水深の浅い St.F,H では一様に低く、前面海域の水深5～9mの St.D,E,G で高い傾向にあり、いずれも上層・下層で大きな差はみられなかった。洪水期と洪水期後では、粒度組成で泥分が増加した St.C で T-N、TOC が増加した。一方、砂分が若干増加した St.F では T-N、TOC が減少し、粒度組成に変化がみられなかったにも関わらず硫化物の増加があった St.G では T-N、TOC も増加した。干潟域の3調査点では T-N、TOC については洪水期後一様に増加し、特に TOC では顕著であった。

SiO₂ は干潟域の調査点で前面海域よりわずかに高く、いずれもほぼ一様な分布であった。洪水期後に干潟域及び球磨川河口地先の St.G で一様に若干低下したほかは、前面海域では大きな変化はみられなかった。

このように、干潟域及び前面の浅海域は砂質で有機物含有量は一様に低く、前面海域の水深がやや深いところでは砂泥質～泥質で有機物含有量が比較的高かった。また、上層（0～2cm）と下層（2～5cm）では大きな相違はみられなかった。洪水期後にこれら底質性状に変化がみられたのは球磨川河口の干潟域 St.C と同地先 St.G で、St.C では上層が砂質から砂泥質化し、有機物含有量も硫化物を除き増加した。これに対し、地先の St.G では粒度組成に変化はなかったにも関わらず有機物含有量の顕著な増加がみられ、変化の状況に相違がみられた。なお、浅い海域で若干の砂分の増加（＝泥分の減少）があった St.F では、これに伴ったとみられる有機物含有量の減少がみられた。

(4) 河口部の底生生物調査結果

底生生物の種類数、個体数の水平分布を図 3.5-2 に、調査結果概要を表 3.5-2 に示した。

8 調査点全体で出現した種類数は 102 種類であった。このうち環形動物門が 41 種類と最も多く、次いで節足動物門が 34 種類、軟体動物門が 19 種類の順であった。調査点別では 13~38 種類で、干潟部の St.A で最も少なく、加賀島地先の St.D で最も多かった。他はいずれも 20 種類台であり、干潟部と前面部での種類数の相違は特にみられなかった。

平均個体数は 155 個体/0.15 m²で、このうち環形動物門が約半数を占め、次いで節足動物門と軟体動物門が 20% 台を占めた。調査点別個体数は 36~360 個体/0.15 m²の範囲で、最少・最多は種類数の場合と同じ St.A と St.D であった。

各調査点で出現した主な種類は共通種があるものの、各調査点でそれぞれ特異的な出現状況を示し、球磨川の同一河口域ではあるが、少しずつ異なった生物群集が分布する形態を示した。すなわち、底質性状や干潟部・前面部に関係なく St.A, C, G の 3 調査点で多毛類の *Heteromastus* sp. (ヘテロマス属) が優占した。St.D では同じく多毛類の *Sigambra* sp. (シガンブラ属) が、南端の St.H では *Lumbrineris longifolia* (ロンブリネリス ロングフォリア) がそれぞれ特異的に優占した。底質がシルトで、水深約 8m の St.E では小型二枚貝類のケシトリガイが優占した。残りの砂質干潟の St.B では小型甲殻類の *Urothe* sp. (ウロテ属) が、これの前面の水深 2m の St.F では同じくフトヒゲソコエビ科、クビナガスガメがそれぞれ優占した。

平均湿重量は約 6.3 g/0.15 m²で、このうち環形・軟体・節足の 3 主要動物門の占める割合は 30% 台と低かった。調査点別では 0.73~19.69 g/0.15 m²で、個体重の比較的大きな種類が出現した St.E (トゲイカリナマコ) と St.G (ナマコ綱) で 10g 以上を示したほかは数 g 以下であった。湿重量においても各調査点における主な種類はそれぞれ異なり、また共通して出現した種類もなく、各調査点で特異な種組成であることを示した。

木元 (1967) の C π 指数により調査点間の個体数の類似度を求め、平均連結法によりクラスター分析を行ない、デンドログラムを図 3.5-3 に示した。

最も類似度が高かったのは加賀島地先の St.D と球磨川河口地先の St.G で、軟体動物門のシズクガイや環形動物門の *Lumbrineris longifolia* 等、汚濁~富栄養海域の指標種を中心とした種類が共通して出現した。次いで高かったのは、この両調査点の岸寄りの干潟域に当たる St.A と St.C で、イトゴカイ科の種類が共通したが、共通種は少なかった。干潟域の St.C、前面海域の St.E, F は前述のようにそれぞれ異なる主要種が分布しており、類似度は著しく低下していた。

なお、「WWF Japan サイエンス レポート 第 3 巻」((財)世界自然保護基金日本委員会)において貴重性が指摘されている種類としては、軟体動物門のスミスシラゲガイ (St.E)、ソトオリガイ (同) と節足動物門のトリウミアカイソモドキ (St.C) の 3 種が出現した。

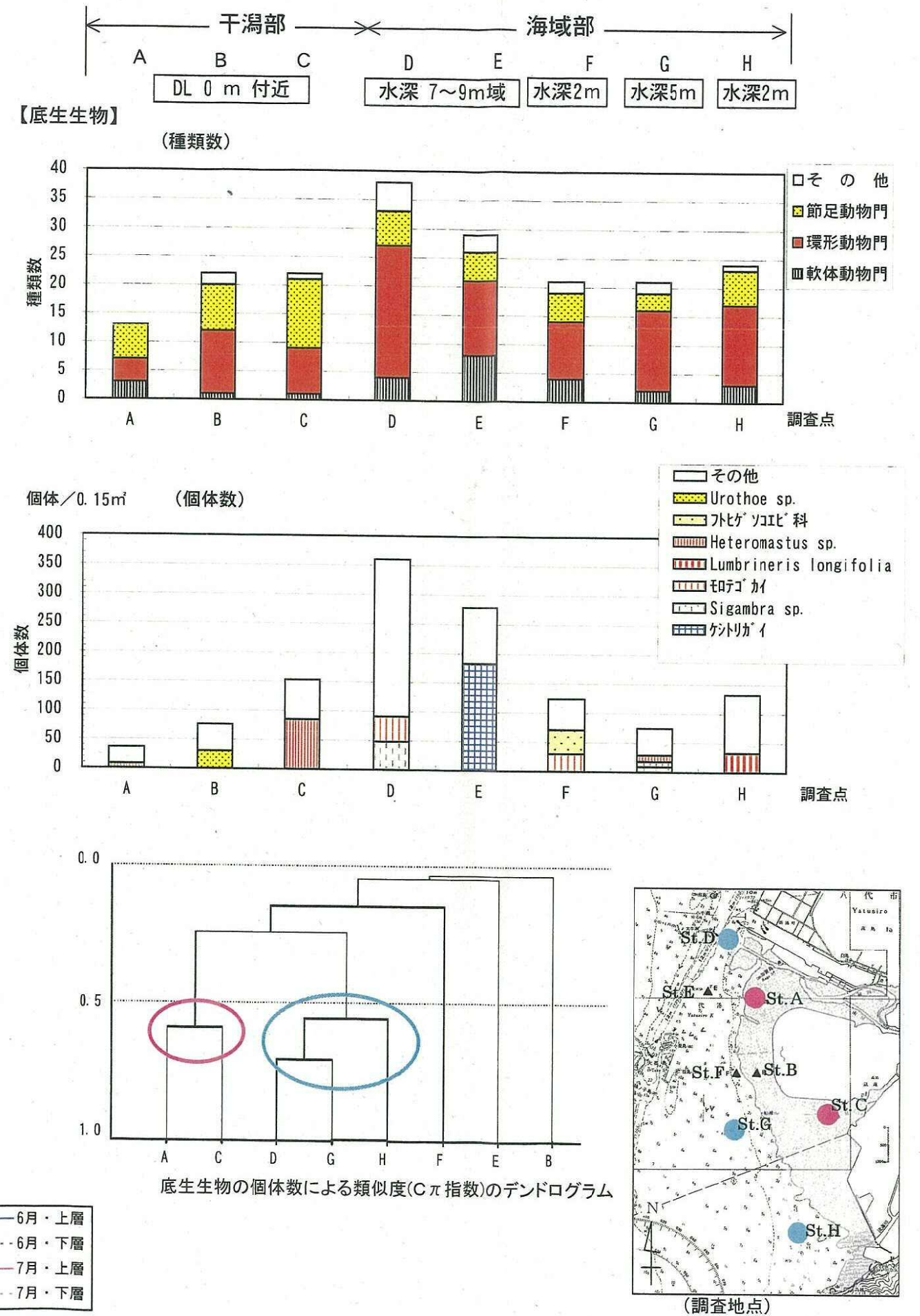
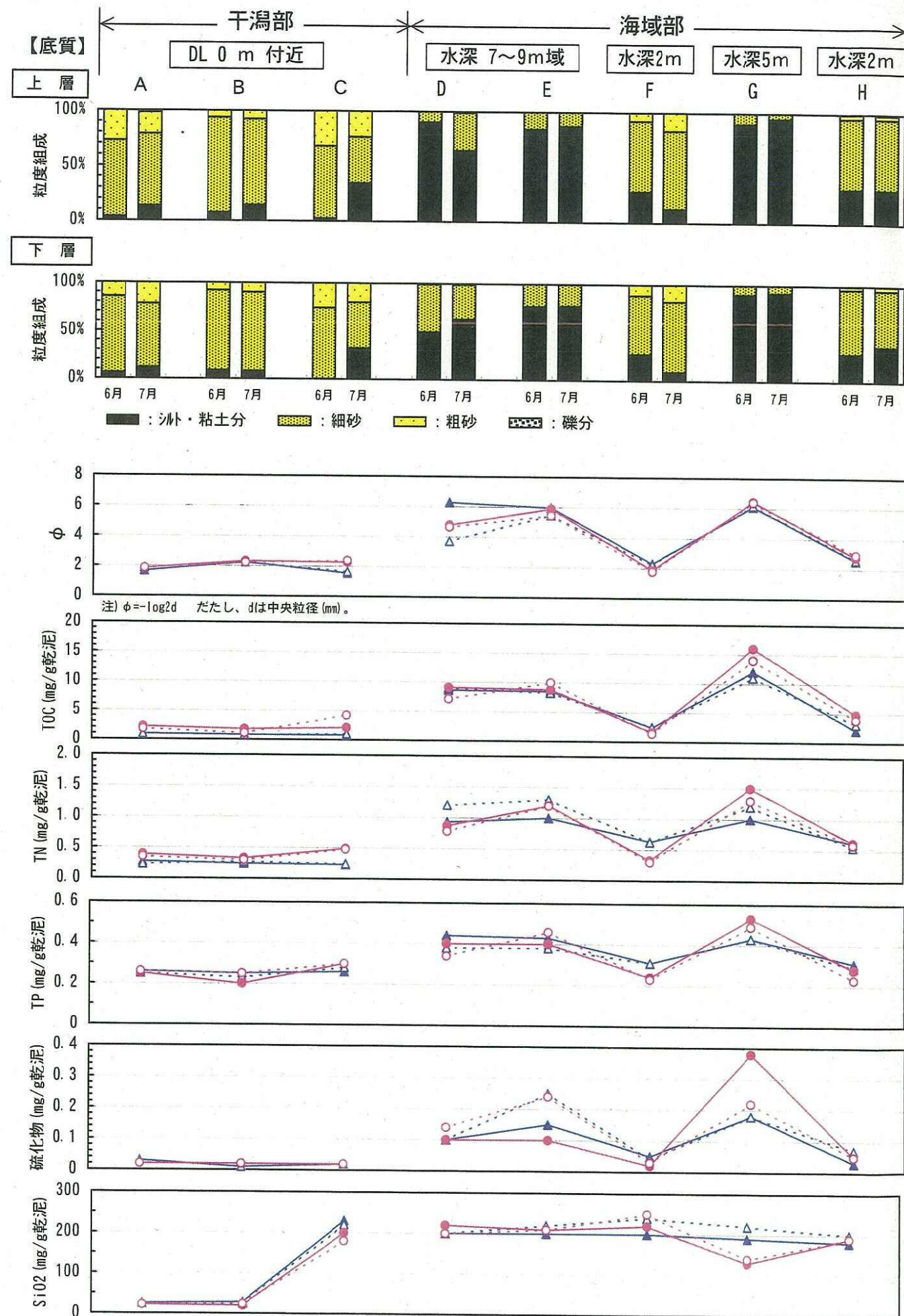


図3.5-2 球磨川河口部の底質と底生生物の調査結果

表3.5-2(1) 底生生物調査結果概要【種類数・個体数】(2001年6月)

調査期日：平成13年6月23日

調査方法：スミマッキタヤ型採泥器による3回採泥

単 位：個体/0.15m²

項目 \ 調査地点		A	B	C	D	E	F	G	H	合 計
種類数	軟体動物門	3	1	1	4	8	4	2	3	19
	環形動物門	4	11	8	23	13	10	14	14	41
	節足動物門	6	8	12	6	5	5	3	6	34
	そ の 他		2	1	5	3	2	2	1	8
	種類数合計	13	22	22	38	29	21	21	24	102
個体数	軟体動物門	5	1	1	24	208	4	6	4	253
	環形動物門	17	21	114	256	50	46	55	93	652
	節足動物門	14	52	36	49	12	72	7	31	273
	そ の 他		2	2	31	9	2	7	5	58
	個体数合計	36	76	153	360	279	124	75	133	1,236
組成比 (%)	軟体動物門	13.9	1.3	0.7	6.7	74.6	3.2	8.0	3.0	20.5
	環形動物門	47.2	27.6	74.5	71.1	17.9	37.1	73.3	69.9	52.8
	節足動物門	38.9	68.4	23.5	13.6	4.3	58.1	9.3	23.3	22.1
	そ の 他		2.6	1.3	8.6	3.2	1.6	9.3	3.8	4.7
主な出現種 個体数(組成比・%)		<i>Heteromastus</i> sp.	<i>Urothoe</i> sp.	<i>Heteromastus</i> sp.	<i>Sigambra</i> sp.	ケトリガイ	フトビゲソコエビ科	<i>Heteromastus</i> sp.	<i>Lumbrineris</i>	ケトリガイ
		8 (22.2)	30 (39.5)	85 (55.6)	48 (13.3)	183 (65.6)	41 (33.1)	11 (14.7)	<i>longifolia</i>	183 (14.8)
		<i>Synchelidium</i> sp.					モロコガイ	<i>Sigambra</i> sp.		33 (24.8)
		7 (19.4)					30 (24.2)	9 (12.0)	トコヨコエビ	<i>Heteromastus</i> sp.
		トコガイ科			モロコガイ		クビナガスガメ			135 (10.9)
		6 (16.7)			43 (11.9)		26 (21.0)	モロコガイ		18 (13.5)
								9 (12.0)		
								<i>Paraprionospio</i>		
								sp. (B型)		
								8 (10.7)		

注) 1. 合計欄の単位は個体/1.2m²である。

2. 種類数の合計欄は総種類数を示す。

3. 主な出現種には各調査地点での上位5種(ただし、組成比率10%以上)を示す。

表3.5-2(2) 底生生物調査結果概要【湿重量】(2001年6月)

調査期日：平成13年6月23日

調査方法：スミマッキンタイ型採泥器による3回採泥

単 位：g/0.15m²

項目 \ 調査地点	A	B	C	D	E	F	G	H	合 計	
湿重量	軟体動物門	0.68	0.26	+	0.37	0.31	6.63	0.04	0.34	8.63
	環形動物門	0.04	0.08	0.83	1.20	0.43	0.53	0.32	0.48	3.91
	節足動物門	0.01	0.44	0.70	0.18	3.93	0.23	0.42	0.01	5.92
	そ の 他		0.09	0.10	0.95	11.44	0.04	18.91	0.02	31.55
	湿重量合計	0.73	0.87	1.63	2.70	16.11	7.43	19.69	0.85	50.01
組成比 (%)	軟体動物門	93.2	29.9	+	13.7	1.9	89.2	0.2	40.0	17.3
	環形動物門	5.5	9.2	50.9	44.4	2.7	7.1	1.6	56.5	7.8
	節足動物門	1.4	50.6	42.9	6.7	24.4	3.1	2.1	1.2	11.8
	そ の 他		10.3	6.1	35.2	71.0	0.5	96.0	2.4	63.1
主な出現種 湿重量(組成比・%)	アラムシロガイ	キセワタガイ	Glycera sp.	ハナギンチャク科	トゲイカリナマコ	アサレガイ	ナマコ綱	Lumbrineris	ナマコ綱	
	0.64 (87.7)	0.26 (29.9)	0.41 (25.2)	0.65 (24.1)	10.37 (64.4)	5.48 (73.8)	18.90 (96.0)	longifolia	19.04 (38.1)	
		ヒメアカイソガニ属	Heteromastus sp.	モロコガイ	ケブカエノコガニ	マダコ科		0.29 (34.1)	トゲイカリナマコ	
		0.20 (23.0)	0.38 (23.3)	0.29 (10.7)	3.84 (23.8)	1.04 (14.0)		サクラガイ属	10.37 (20.7)	
		ウモレマダガニ	トリウミアカイモドキ					0.19 (22.4)	アサレガイ	
		0.13 (14.9)	0.25 (15.3)					チヨノハナガイ	5.48 (11.0)	
	ラスハナムダガイ	アサシヤコ					0.13 (15.3)			
	0.09 (10.3)	0.24 (14.7)								
	ギボシシ目									
	0.09 (10.3)									

注) 1. 合計欄の単位はg/1.2m²である。

2. 主な出現種には各調査地点での上位5種(ただし、組成比率10%以上)を示す。

3. +は0.01g未満を示す。

(5) 河口部干潟の底生生物深度別調査結果

深度別底生生物の種類数、個体数及び湿重量の鉛直分布を図 3.5-3 に、調査結果概要を表 3.5-3 に示した。

深度 20cm 毎の採取で St.A,B は 2 層、St.C は 3 層が採取できた。なお、底質柱状観察結果によれば、St.A,C は 2 層とも砂質、St.C はほぼ 3 層とも砂泥質であった。

出現した種類数は各調査点の表層が 20~22 種類、中層が 5~10 種類で、下層は St.C のみで 1 種類であった。

表層は各調査点とも同程度の種類数であった。中層は表層のほぼ半数以下で、種類数自体が少なく、大きな差はないといえる。

個体数は、表層が 66~235 個体/0.06 m²の範囲にあり、St.C が最も多く、他の 2 調査点の 2~3 倍を示した。これは河口部底生生物調査においても干潟の 3 調査点中で St.C が最も多い状況と同じであった。中層は 15~71 個体/0.06 m²で、St.C が最も多く、St.A,C は少なかった。

各調査点毎の上層と下層の個体数比率をみると、St.A,C は上層が多く、下層は上層のそれぞれ 29%,6%であり、St.B は逆に下層の方が若干多く、同様に 108%であった。

各調査点の主な種類は、表層では前述の河口部底生生物調査で出現した種類と同じ多毛類のテトラムス属や甲殻類のウナギ属で、このほかに St.A,B ではトリウミアカイソモドキ、ヒメアカイソガニ属（前種の稚体？）が多く、同じ区域でもやや異なる種組成であった。中層では St.A は上層と同じ種類が優占したが、St.B,C では異なる種類が多く、場所により上層と中層の生息種、個体数密度は大きく変化するものと考えられる。

湿重量についてみると、表層はいずれの調査点とも 1 g/0.06 m²台で同程度であった。一方、中層は約 0.9~19 g/0.06 m²と大きな差がみられた。これは上層では個体重の小さな種類がほとんどを占め、一方、中層では下方まで生息孔を掘って生息する個体重の大きなアナジャコ類が採取されたことによる。なお、St.B の場合は中層で大型生物が出現しなかった場合であり、場所により底生生物の鉛直分布も大きく変化するものといえる。

なお、「WWF Japan サイエンス レポート 第 3 巻」（(財)世界自然保護基金日本委員会）において貴重性が指摘されている種類としては、軟体動物二枚貝類のマゴコロガイ、クシケマスオガイ、節足動物甲殻類のトリウミアカイソモドキの 3 種が出現した。

表3.5-3(1) 球磨川河口部干潟の底生生物調査結果概要【層別・種類数、個体数】(2001年6月)

調査期日：平成13年6月23日

調査方法：アクリルア(20φ)による2回採泥

単 位：個体/0.06m²

調査地点 項目 層		A		B		C			合 計
		0～20cm	20～40cm	0～20cm	20～40cm	0～20cm	20～40cm	40cm以深	
種類数	軟体動物門	1	2	1		1	1		3
	環形動物門	9	3	10	5	8	1		21
	節足動物門	10	3	7	2	8	2	1	18
	そ の 他	2	2	2		3	1		6
	種類数合計	22	10	20	7	20	5	1	48
個体数	軟体動物門	1	4	1		5	2		13
	環形動物門	46	8	18	61	166	3		302
	節足動物門	43	12	42	10	20	5	1	133
	そ の 他	3	3	5		44	5		60
	個体数合計	93	27	66	71	235	15	1	508
組成比 (%)	軟体動物門	1.1	14.8	1.5		2.1	13.3		2.6
	環形動物門	49.5	29.6	27.3	85.9	70.6	20.0		59.4
	節足動物門	46.2	44.4	63.6	14.1	8.5	33.3	100.0	26.2
	そ の 他	3.2	11.1	7.6		18.7	33.3		11.8
主な出現種 個体数(組成比・%)		<i>Heteromastus</i> sp.	ヒメアカイガニ属	トリウミアカイモドキ	<i>Prionospio</i>	<i>Heteromastus</i> sp.	<i>Phoronis</i> sp.	ヒメアカイガニ属	<i>Heteromastus</i> sp.
		27 (29.0)	7 (25.9)	12 (18.2)	<i>pulchra</i>	69 (29.4)	5 (33.3)	1 (100.0)	103 (20.3)
		ヒメアカイガニ属	<i>Heteromastus</i> sp.	<i>Urothoe</i> sp.	53 (74.6)	イトゴカイ科	<i>Upogebia yokoyai</i>		イトゴカイ科
		19 (20.4)	4 (14.8)	10 (15.2)	ウモレマダニ	61 (26.0)	4 (26.7)		71 (14.0)
		ウモレマダニ	ウモレマダニ	スナモグリ属	9 (12.7)	<i>Phoronis</i> sp.	<i>Goniada</i> sp.		<i>Prionospio</i>
		11 (11.8)	3 (11.1)	8 (12.1)		41 (17.4)	3 (20.0)		<i>pulchra</i>
		イトゴカイ科					クシマスガイ		55 (10.8)
		10 (10.8)					2 (13.3)		

注) 1. 合計欄の単位は個体/0.42m²である。

2. 種類数の合計欄は総種類数を示す。

3. 主な出現種には各調査地点での上位5種(ただし、組成比率10%以上)を示す。

表3.5-3(2) 球磨川河口部干潟の底生生物調査結果概要【層別・湿重量】(2001年6月)

調査期日：平成13年6月23日

調査方法：アクリルコ(20φ)による2回採泥

単 位：g/0.06m²

調査地点 項目 層		A		B		C			合 計
		0～20cm	20～40cm	0～20cm	20～40cm	0～20cm	20～40cm	40cm以深	
湿重量	軟体動物門	+	0.72	0.02		0.03	+		0.77
	環形動物門	0.19	0.37	0.37	0.09	0.24	0.04		1.30
	節足動物門	0.75	17.55	0.77	0.82	1.10	10.74	+	31.73
	そ の 他	0.36	0.01	0.36		0.10	0.01		0.84
	湿重量合計	1.30	18.65	1.52	0.91	1.47	10.79	+	34.64
組成比 (%)	軟体動物門	+	3.9	1.3		2.0	+		2.2
	環形動物門	14.6	2.0	24.3	9.9	16.3	0.4		3.8
	節足動物門	57.7	94.1	50.7	90.1	74.8	99.5	100.0	91.6
	そ の 他	27.7	0.1	23.7		6.8	0.1		2.4
主な出現種 湿重量(組成比・%)		クボミテッポウエビ	アサギヤコ	スナモグリ属	ウレマカニ	<i>Upogebia yokoyai</i>	<i>Upogebia yokoyai</i>	ヒメカイワカニ属	アサギヤコ
		0.25 (19.2)	17.48 (93.7)	0.39 (25.7)	0.74 (81.3)	0.50 (34.0)	10.74 (99.5)	+(100.0)	17.65 (51.0)
		ウレマカニ		ナマコ綱		ヤマトオサガニ			<i>Upogebia yokoyai</i>
		0.23 (17.7)		0.34 (22.4)		0.44 (29.9)			11.24 (32.4)
		ヒメハゼ		<i>Chone</i> sp.					
		0.19 (14.6)		0.24 (15.8)					
		紐形動物門		ウレマカニ					
		0.17 (13.1)		0.23 (15.1)					
		アサギヤコ							
		0.17 (13.1)							

注) 1. 合計欄の単位はg/0.42m²である。

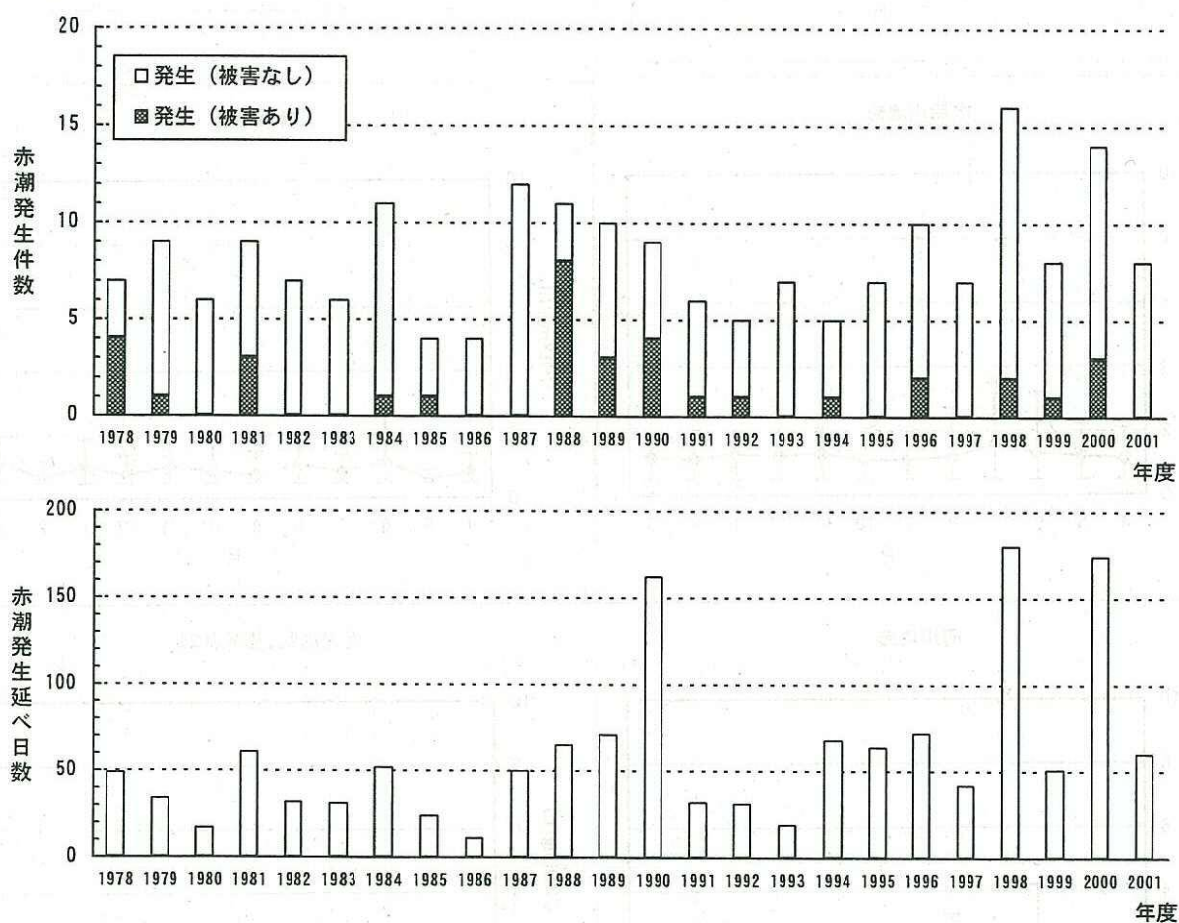
2. 主な出現種には各調査地点での上位5種(ただし、組成比率10%以上)を示す。

3. 湿重量の+は0.01g未満、組成比の+は四捨五入して0.1%未満を示す。

4. 水質ボックスモデルの計算条件

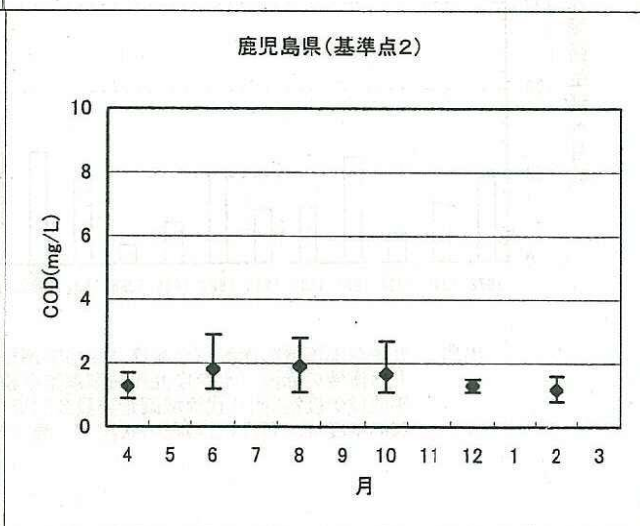
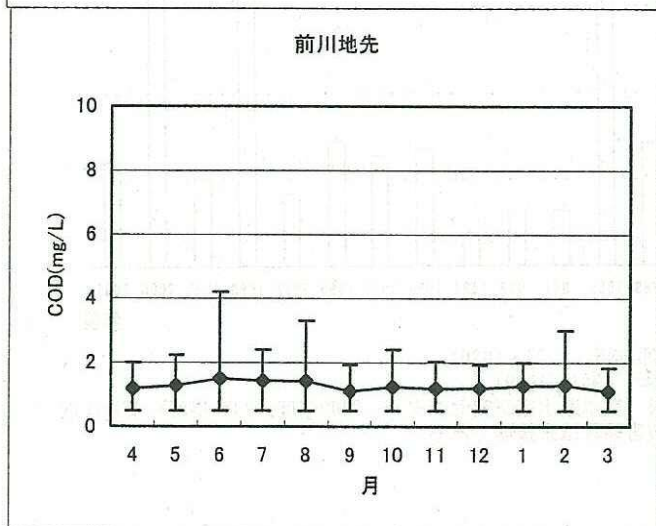
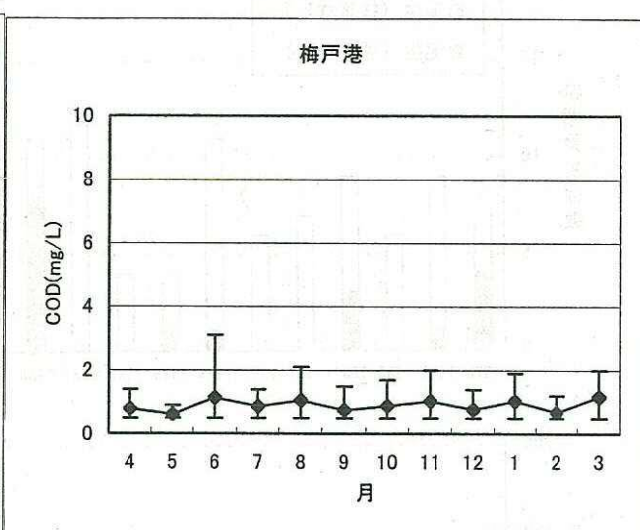
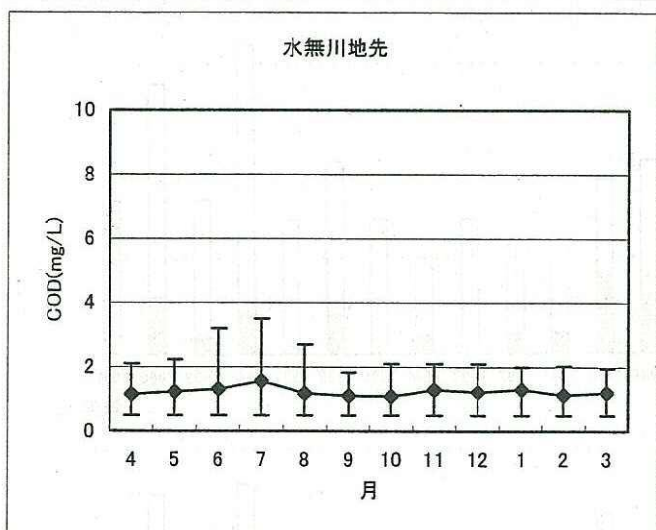
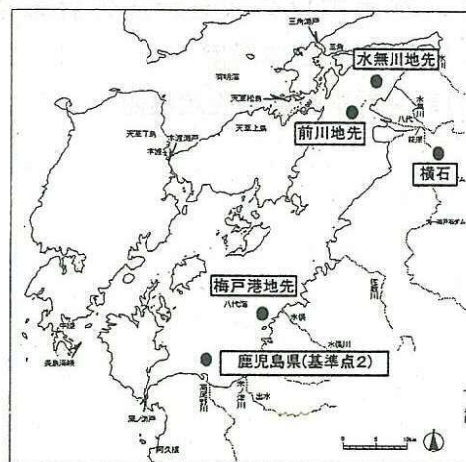
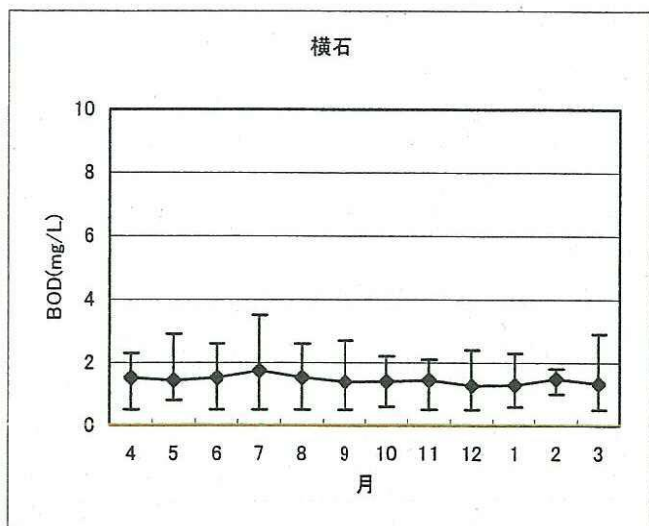
4.1 モデルの基本設定

(1) 計算対象時期の設定根拠



出典：九州西部海域の赤潮（水産庁九州漁業調整事務所，1978～1980）
九州海域の赤潮（水産庁九州漁業調整事務所，1981～1999）
平成13年度第2回八代海域調査委員会別資料（熊本県水産研究センター，2000年度，2001年度）より作成
2001年度は、7月11日現在の状況で、漁業被害件数は未整理である。

図 4.1-1 八代海における赤潮発生件数（上）と延べ日数（下）（1978年度～2001年度）

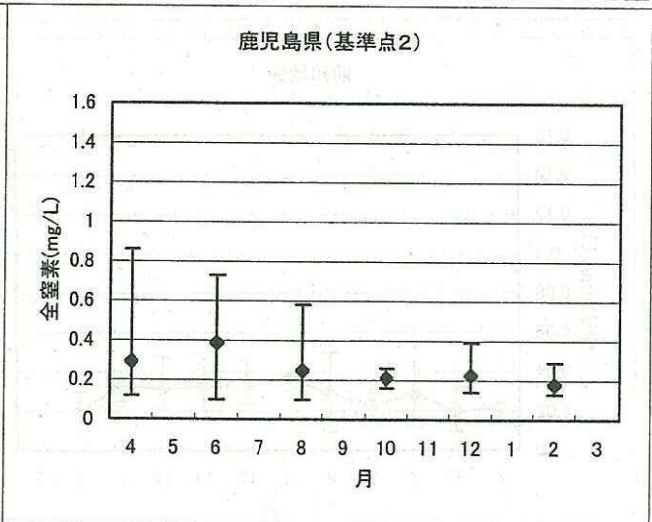
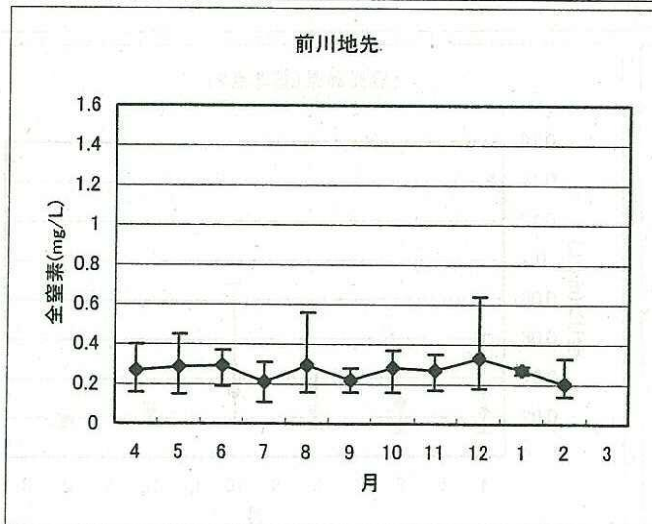
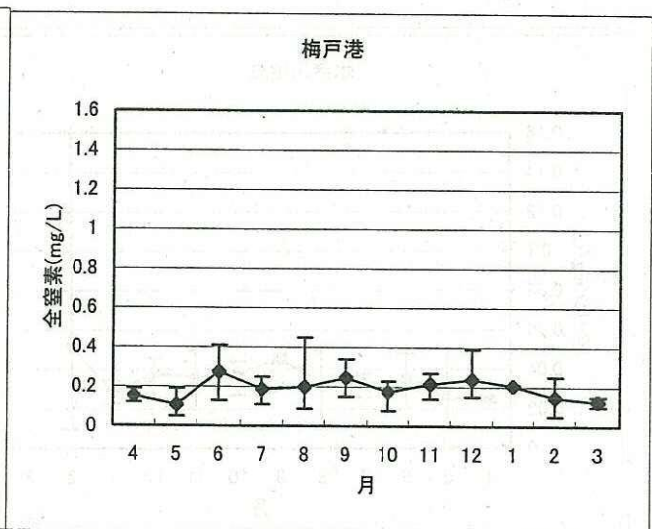
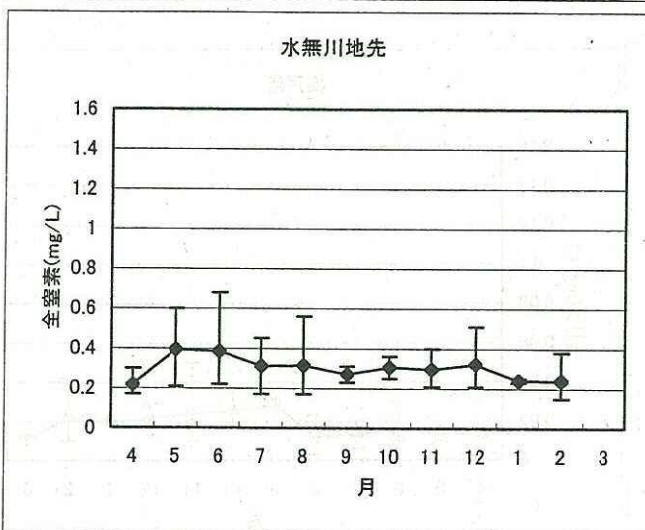
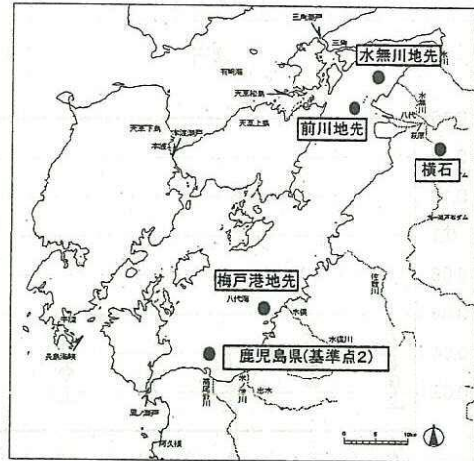
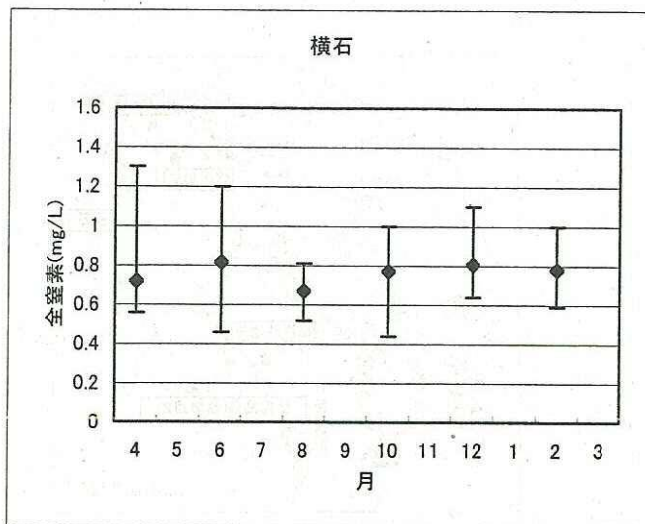


出典：国土交通省資料
 水質調査報告書(公共用水域及び地下水)(熊本県)
 公共用水域及び地下水の水質測定結果(鹿児島県)



※熊本県の測定点(水無川地先、梅戸港地先、前川地先)は平成9年度
 までアルカリ法、平成10年度以降は酸性法で分析している。

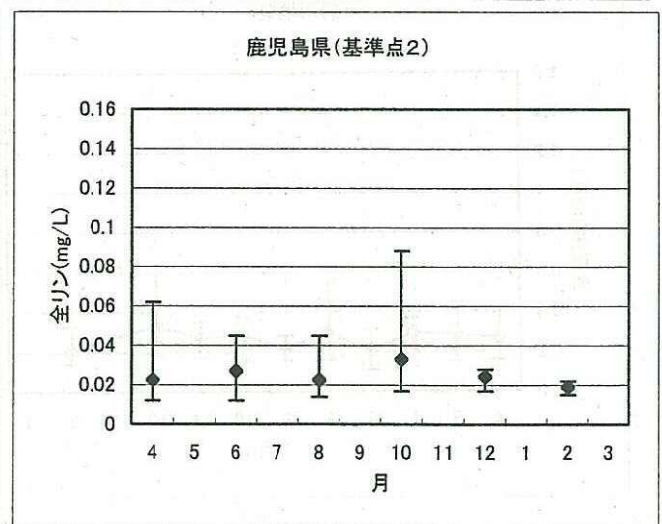
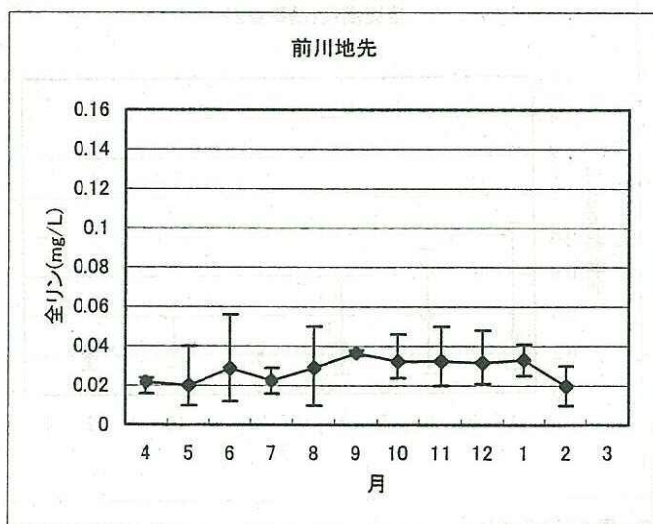
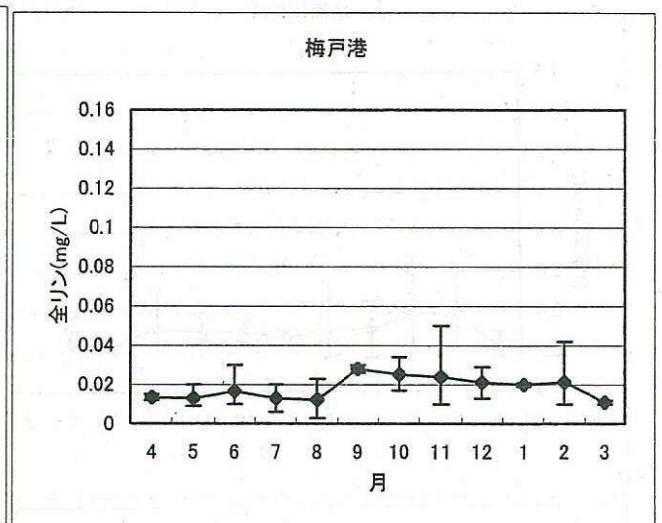
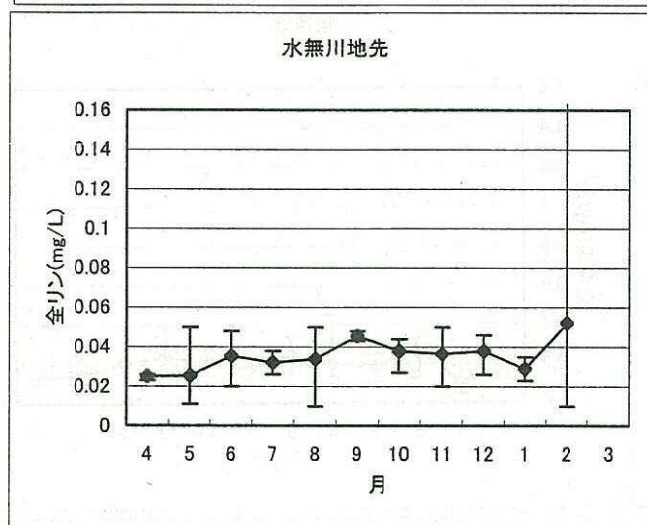
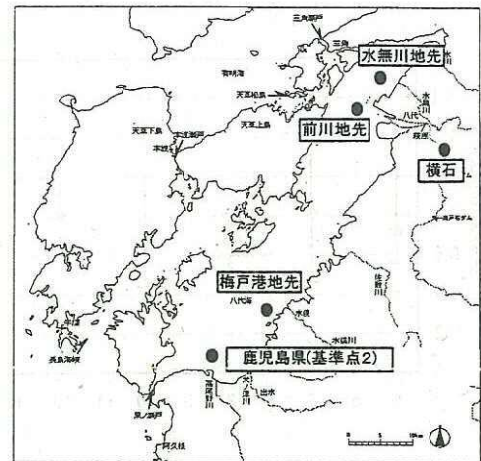
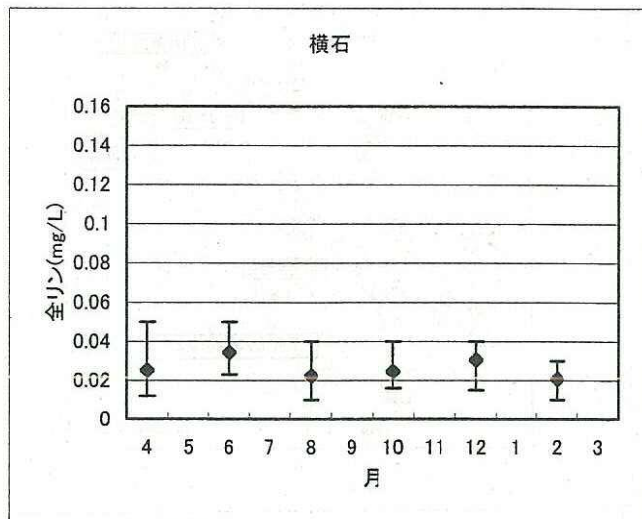
図 4.1-2(1) BOD・COD (1990～1999 年度平均値) の経月変化



出典: 国土交通省資料
 水質調査報告書(公共用水域及び地下水)(熊本県)
 公共用水域及び地下水の水質測定結果(鹿児島県)



図 4.1-2(2) 全窒素(1990~1999 年度平均値)の経月変化

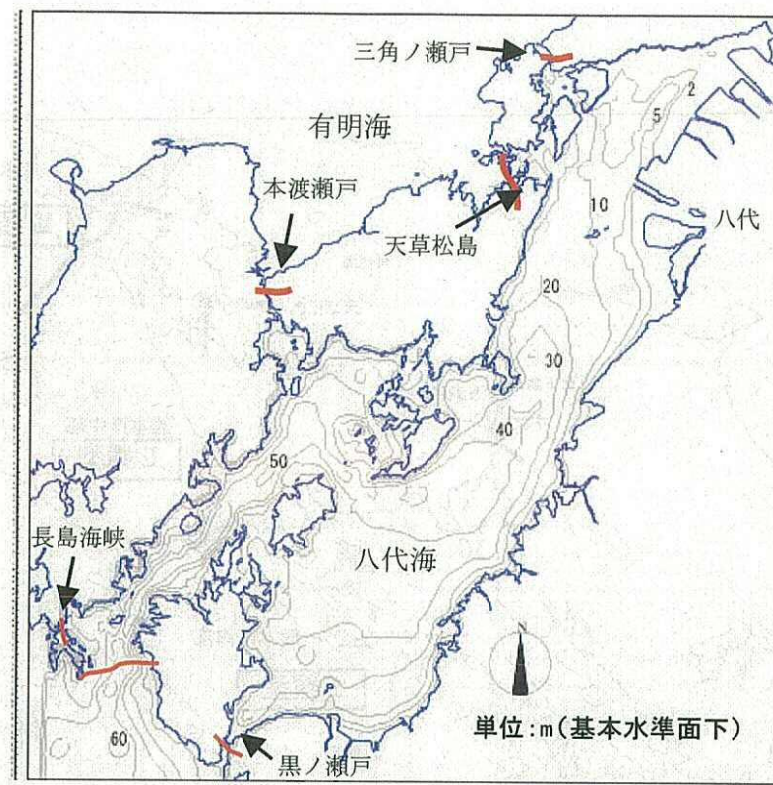


出典: 国土交通省資料
 水質調査報告書(公共用水域及び地下水)(熊本県)
 公共用水域及び地下水の水質測定結果(鹿児島県)



図 4. 1-2 (3) 全リン(1990～1999 年度平均値)の経月変化

(2) 空間分割の設定根拠



八代海の地形と等深浅図

八代海の水深別水面積と水容積の割合

水深分類	水面積割合	水容積割合
0m (干潟)	7.8 %	0.0 %
0m 以上 2m 未満	1.2 %	0.1 %
2m 以上 5m 未満	4.1 %	0.5 %
5m 以上 10m 未満	11.3 %	3.1 %
10m 以上 20m 未満	17.9 %	10.6 %
20m 以上 30m 未満	15.3 %	15.8 %
30m 以上 40m 未満	26.0 %	38.0 %
40m 以上 50m 未満	12.9 %	23.8 %
50m 以上	3.4 %	8.1 %

出典：海上保安庁発行の海図（海図 N0169、206）より以下の手順で算定

- ・水深別水面積は水域を 500m 四方に分割し、その平均水深に基づき分類、集計した
- ・水深別水容積は上記と同様に分割し、500m 四方の水柱として分類、集計した

図 4.1-3 八代海の水深及び水深別水面積・水容積

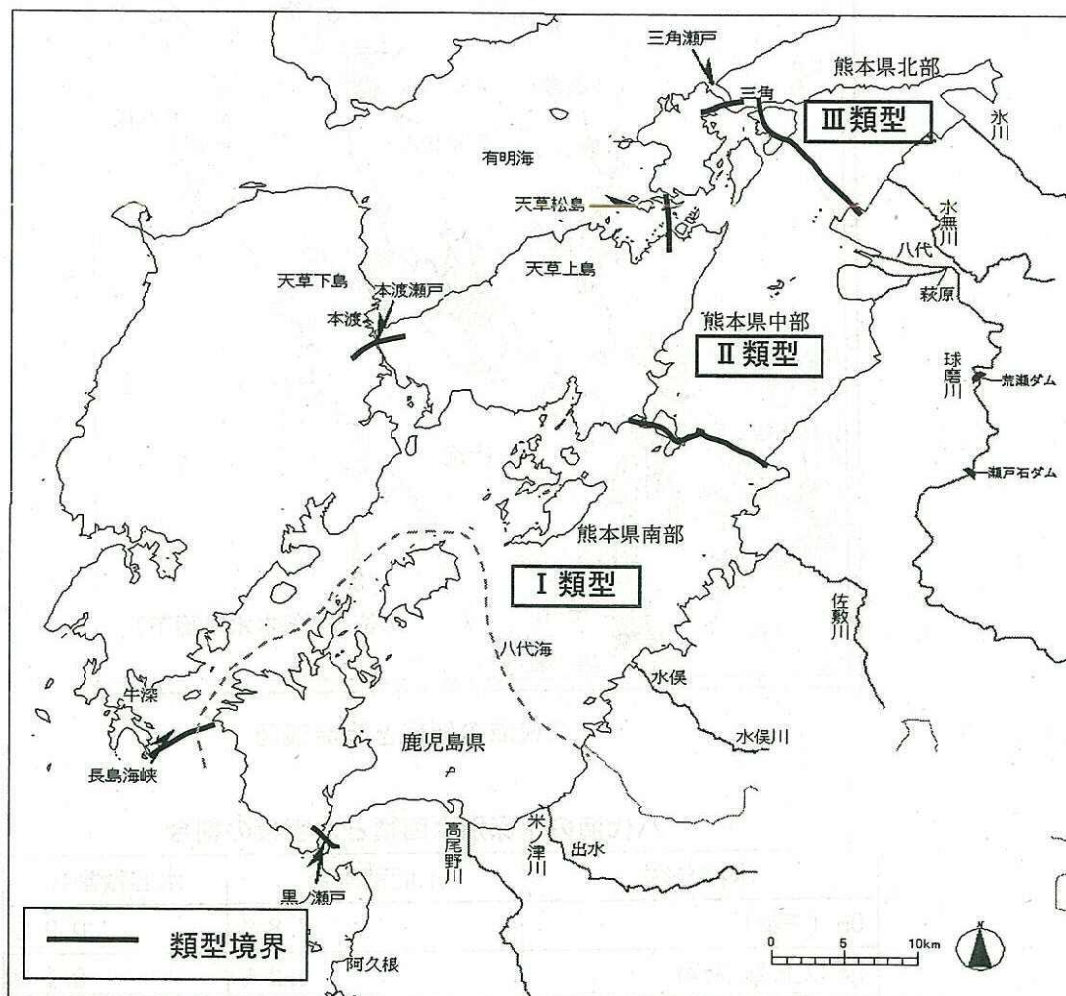
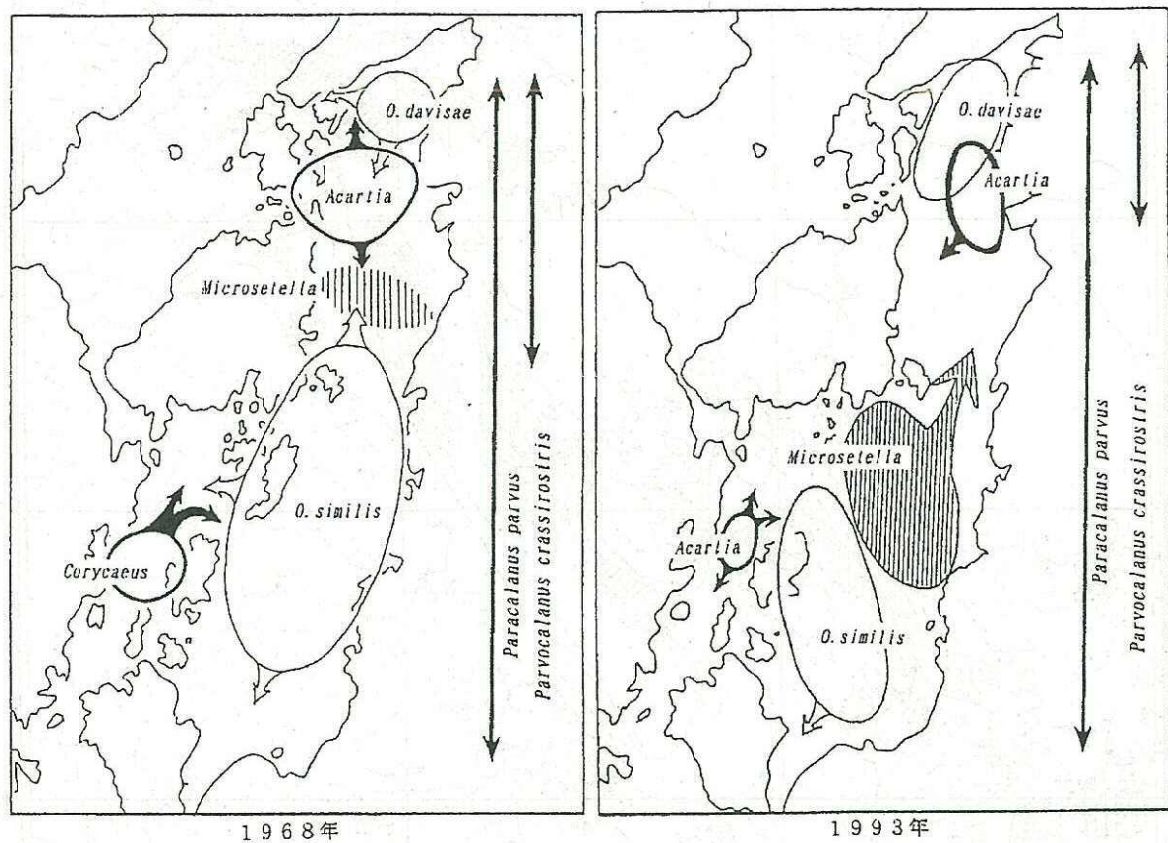


図 4. 1-4 八代海の水域類型指定



出典：八代海におけるプランクトン群集の組成変動と海況

(平成5年度熊本大学理学部生物科学科卒業論文，吉田美紀世・弘田禮一郎，1994)

より作成

図 4.1-5 動物プランクトン優占種の分布域の変化(1968年と1993年)

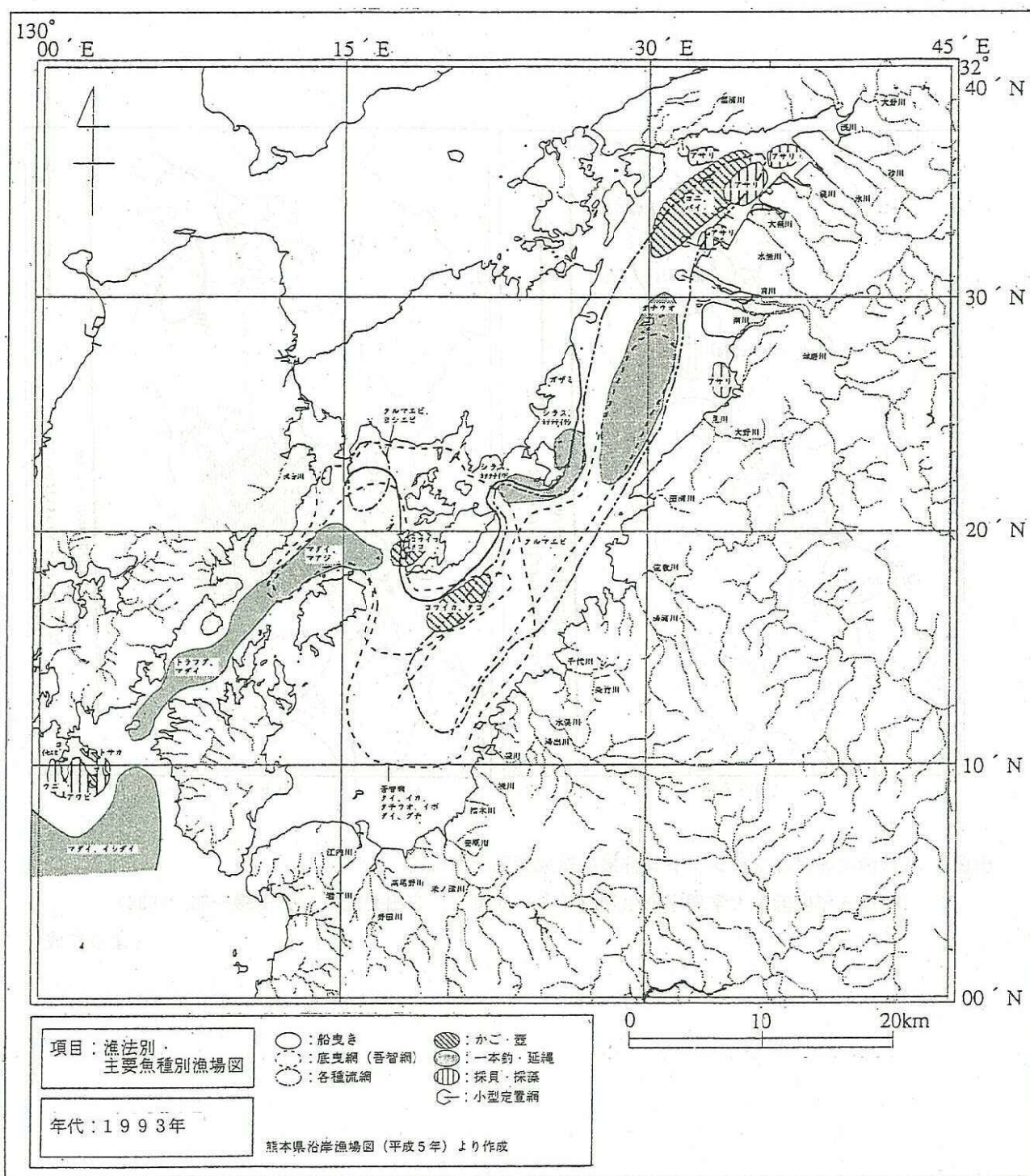


図 4.1-6 漁業種類別漁場図（1993 年）

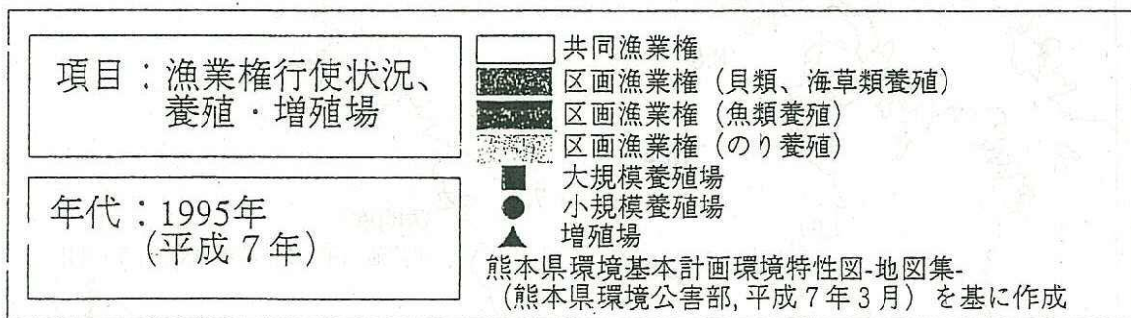
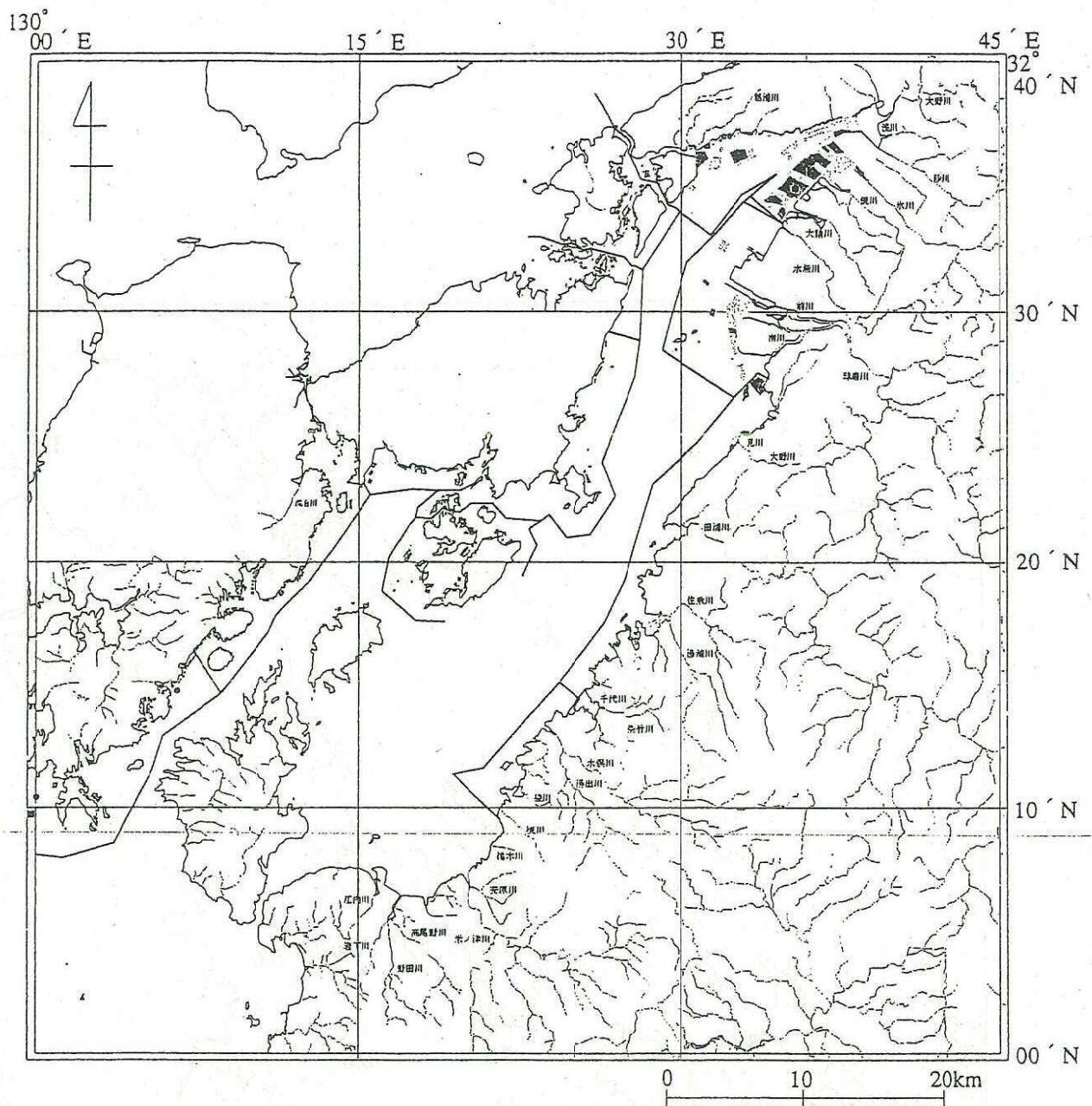


図 4.1-7 漁業権等状況図

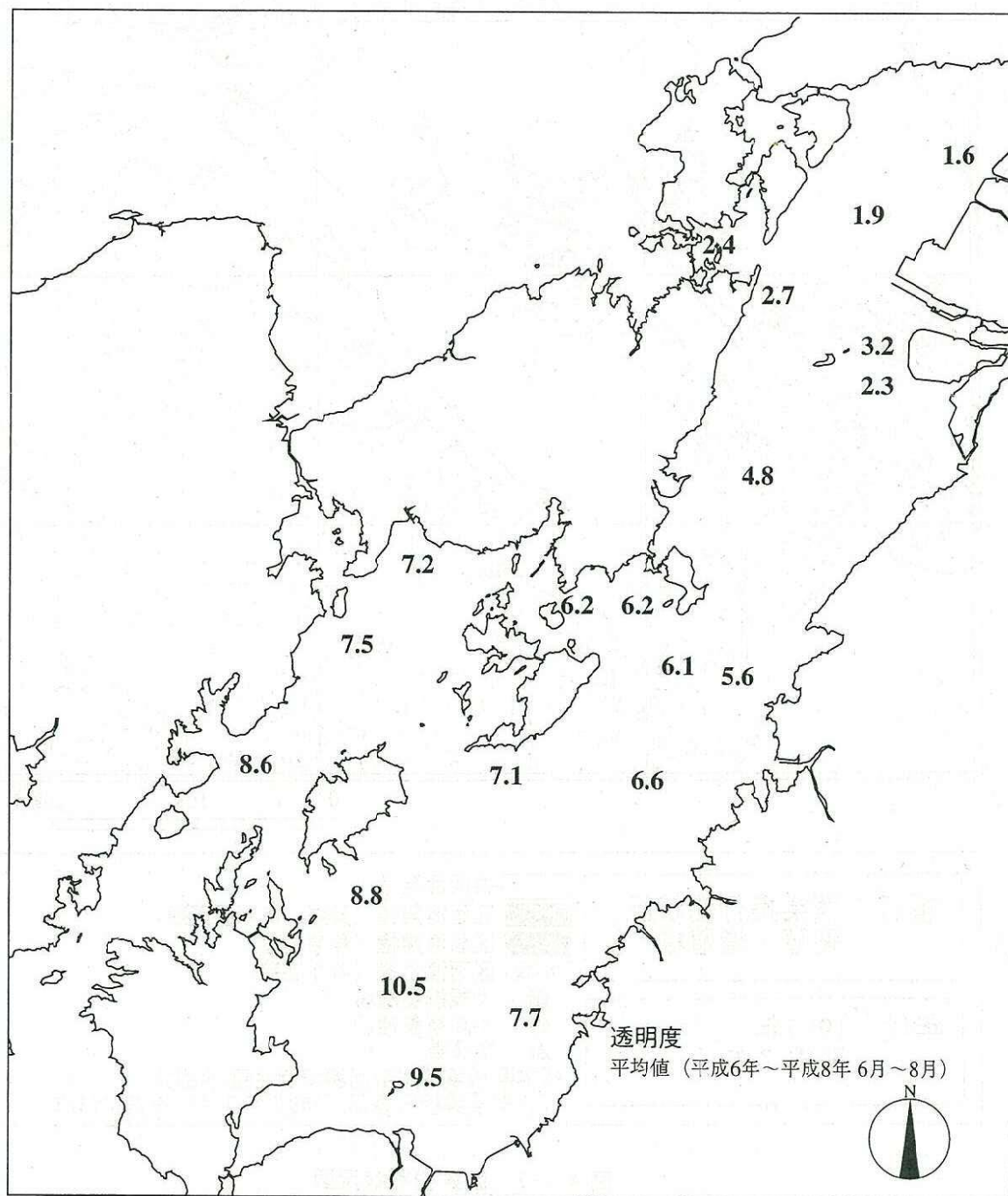


图 4.1-10 透明度分布

4.2 川辺川ダムの水質予測の概要

本調査では、八代海の水質と川辺川ダムの関係を確認するために、川辺川ダム供用時の予測も実施する。川辺川ダム供用時の条件には、国土交通省により実施された川辺川ダムの水質予測結果を用いる。以下に、川辺川ダムの水質予測の概要を示す。

(1) 水質予測モデルの概要

貯水池内及び放流水の水質変化予測については、いくつかのシミュレーションモデルが既に実用化されている。川辺川ダムの貯水池内及び放流水の水温変化・濁水といった水質変化現象を予測するにあたっては、二次元モデル(一次元多層モデル)を使用した。

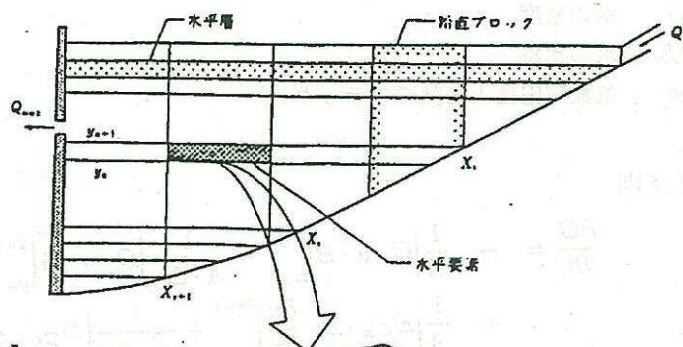
二次元モデルは、長期的かつ平均的な水質変化のみならず、水質が鉛直方向や流下方向に大きく変化する洪水時の貯水池内の水質変化現象を再現できるモデルである。

二次元モデルは、貯水池を鉛直方向及び流下方向に分割(この分割した要素をコントロール・ボリュームという)し、このコントロール・ボリュームの中では、水温や水質の一樣性が確保されるものとして、

- 1) 水(非圧縮性流体)の連続式
- 2) 運動量保存則
- 3) 水温収支則
- 4) 水質収支則

の4つの流体力学原理を適用し、シミュレーションを行うものである。その基礎式は次頁に示すとおりである。

【貯水池の縦断と水域分割】



【コントロール・ボリューム】

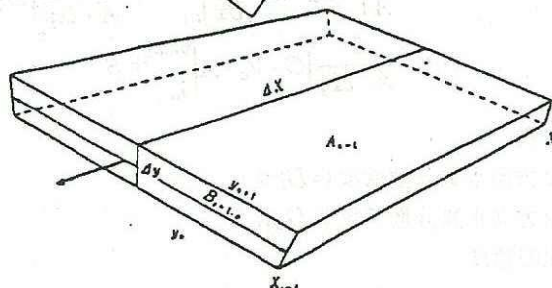


図 4.2-1 二次元モデルの水域分割とコントロール・ボリューム

1) 水量の連続式

$$\left| vA \right|_{y_n}^{y_{n+1}} + \left| uB\Delta y \right|_{x_i}^{x_{i+1}} = 0$$

- u 水平流速
 v 鉛直流速
 A 各コントロールボリュームの水平断面積
 B 貯水池幅

2) 運動量保存則

$$\begin{aligned} \frac{\partial u}{\partial t} = & - \frac{1}{A} \left| u \cdot u \cdot B \right|_{x_i}^{x_{i+1}} - \frac{1}{A \cdot \Delta y} \left| u \cdot v \cdot A \right|_{y_n}^{y_{n+1}} - \frac{1}{\Delta x} \left| \frac{p}{\rho} \right|_{x_i}^{x_{i+1}} \\ & + \frac{1}{A} \left| D_{Ux} \cdot B \cdot \frac{\partial u}{\partial x} \right|_{x_i}^{x_{i+1}} + \frac{1}{A \cdot \Delta y} \left| D_{Uy} \cdot A \cdot \frac{\partial u}{\partial y} \right|_{y_n}^{y_{n+1}} \end{aligned}$$

- D_{Ux} x 方向運動量分散係数
 D_{Uy} y 方向運動量分散係数

3) 水温収支則

$$\begin{aligned} \frac{\partial T}{\partial t} = & - \frac{1}{A} \left| T \cdot u \cdot B \right|_{x_i}^{x_{i+1}} - \frac{1}{A \cdot \Delta y} \left| T \cdot v \cdot A \right|_{y_n}^{y_{n+1}} \\ & + \frac{1}{A} \left| D_{Tx} \cdot B \cdot \frac{\partial u}{\partial x} \right|_{x_i}^{x_{i+1}} + \frac{1}{A \cdot \Delta y} \left| D_{Ty} \cdot A \cdot \frac{\partial u}{\partial y} \right|_{y_n}^{y_{n+1}} \\ & - \frac{1}{\rho \cdot C_w \cdot A \cdot \Delta y} \left| A \cdot \phi \right|_{y_n}^{y_{n+1}} \end{aligned}$$

- T 水温
 D_{Tx} x 方向水温分散係数 ($=D_{Ux}$)
 D_{Ty} y 方向水温分散係数 ($=D_{Uy}$)
 ρ 水の密度
 C_w 水の比熱
 ϕ 気象要因による熱のフラックス

4) 水質収支則

$$\begin{aligned} \frac{\partial C}{\partial t} = & - \frac{1}{A} \left| C \cdot u \cdot B \right|_{x_i}^{x_{i+1}} - \frac{1}{A \cdot \Delta y} \left| C \cdot v \cdot A \right|_{y_n}^{y_{n+1}} \\ & + \frac{1}{A} \left| D_{Cx} \cdot B \cdot \frac{\partial u}{\partial x} \right|_{x_i}^{x_{i+1}} + \frac{1}{A \cdot \Delta y} \left| D_{Cy} \cdot A \cdot \frac{\partial u}{\partial y} \right|_{y_n}^{y_{n+1}} \\ & - \frac{1}{A \cdot \Delta y} \left| C \cdot V_c \cdot A \right|_{y_n}^{y_{n+1}} + S \end{aligned}$$

- C 水質
 D_{Cx} x 方向水質分散係数 ($=D_{Ux}$)
 D_{Cy} y 方向水質分散係数 ($=D_{Uy}$)
 V_c 沈降速度
 S 生態系モデルで算定される生産, 消滅濃度

(2)富栄養化現象の生態系モデル化

富栄養化現象は、貯水池内の流動に伴う物質の移流、拡散に加えて生物的・化学的变化による物質量の増減を考慮して、モデル化する。この生物的・化学的变化のモデルは生態系モデルとよばれる。

川辺川ダム貯水池で考慮した水質項目は以下のとおりであり、生態系モデルの概念図は図 4.2-2 に示すとおりであり。

- ・植物プランクトン(クロロフィル a)
- ・無機態窒素
- ・有機態窒素
- ・無機態リン
- ・有機態リン
- ・COD (有機物)
- ・D0 (溶存酸素)

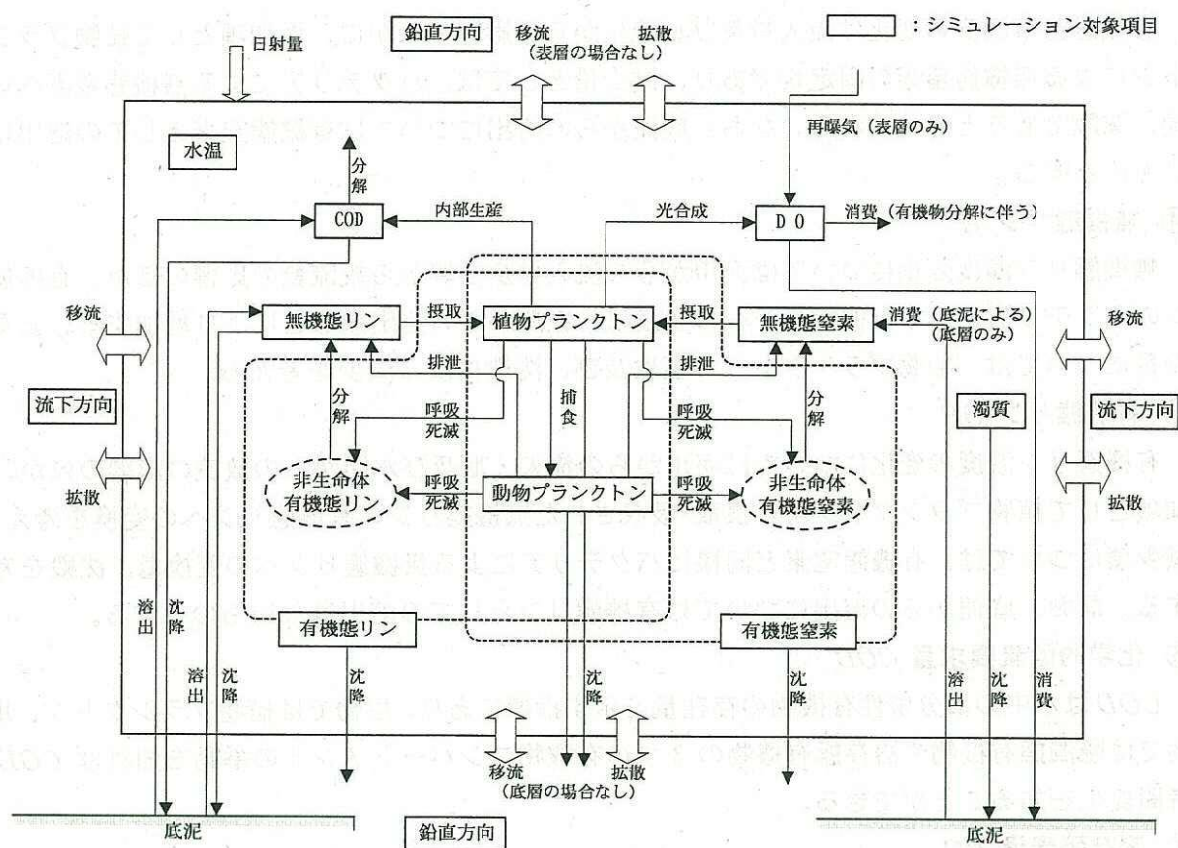


図 4.2-2 生態系モデル概念図

生態系モデルによる各水質の生産および消滅濃度は、水質収支則式の右辺 S となる。川辺川ダム貯水池では、各水質項目ごとの生産及び消滅濃度は次頁に示すとおり考慮している。

① 植物プランクトン

植物プランクトンはクロロフィル a で表示される。これは、植物プランクトン個体数を計算する方法に比べ測定者による誤差が少なく、また、有機物生産などを考える場合には光合成の直接の担い手であるクロロフィル a がよい指標となりうるからである。

植物プランクトンの増殖速度に影響する因子としては、日照強度、水温、無機態窒素濃度、無機態リン濃度及びスペース効果を考慮する。栄養塩濃度による影響は Michaelis -Menten 型の式で近似する。

また、植物プランクトンの減少項としては、自己分解項及び沈降項を考慮する。沈降項については現存量に比例して沈殿するものと考えた。

② 無機態窒素 IN

無機態窒素濃度は河川からの流入量の他、増加項として有機窒素の分解による増加、底泥からの（最下層コントロールボリュームのみ）による増加があると考ええる。

減少項としては、植物プランクトン増殖に伴う摂取、吸収による減少を考慮する。

③ 有機態窒素 ON

有機態窒素濃度の変化は流入量及び放流量からの影響のほかに、増加項として植物プランクトンによる無機態窒素の固定量であり、減少量としては、バクテリアによる無機態窒素への交換、沈殿であると考えられる。なお、底泥からの溶出については有機態窒素としての溶出はないものとする。

④ 無機態リン IP

無機態リン濃度変化については河川からの流入量及び堰から放流量の影響のほか、有機態リンのバクテリアによる無機態リンへの変換量、底泥からの溶出量などにより増加する。また減少量については、植物プランクトンの摂取及び、沈殿による減少を考える。

⑤ 有機態リン OP

有機態リン濃度の変化については河川からの流入・堰及び水門からの放流の影響のほか、増加項として植物プランクトンより摂取・吸収された無機態リンの有機態リンへの変換を考える。減少項については、有機態窒素と同様にバクテリアによる無機態リンへの変換量、沈殿を考慮する。なお、底泥からの溶出については有機態リンとしての溶出はないものとする。

⑥ 化学的酸素要求量 COD

COD は水中の易分解性有機物の存在量を示す指標であり、生物では植物プランクトン、非生物では懸濁態有機物や溶存態有機物の 3 つの有機物コンパートメントの挙動を知れば COD の時間変化を知ることができる。

⑦ 溶存酸素量 DO

DO の変化は、水塊にすでに含まれている溶存酸素と飽和酸素との差を推進力とする水面からの再曝気、植物プランクトンの光合成作用に伴う溶存酸素の生成、また、有機物分解に伴う消費、底泥における消費より表わすことができる。

植物プランクトンによる光合成作用が活発な場合には、過飽和となる状況がみられ、また、水塊中に有機物が多量に含まれている場合には、低濃度となる富栄養化の影響側面を考える上で重要な水質項目である。

いる。

表 4.2-1 水質予測モデルの計算条件一覧

項 目		検証計算（鶴田ダム）	予測計算（川辺川ダム）
対象年		H2, H3, H11（3ヶ年）	S39～H8（39年間）
水域分割		流下方向：500m, 鉛直方向：2m	流下方向：500m, 鉛直方向：2m
流量条件	貯水位	流入量、放流量及びH-Vより算出	流入量、放流量及びH-Vより算出
	流入量	日平均流量, 出水時は時間流量の観測値	半月利水計算に用いられた日流入量データ (S4.2は出水時時間流量に変換)
	放流量	日平均流量, 出水時は時間流量の観測値	半月利水計算に用いられた日流入量データ (S4.2は出水時時間流量に変換)
流入水質条件	水温	本川流入水温と鶴田ダム3日間移動平均気温の回帰式より算出	本川（五木宮園）及び五木小川（元井谷）流入水温と人吉3日間移動平均気温の回帰式より算出
	濁度	本川流入濁度とダム流入量の回帰式より算出	柳瀬濁度とダム流入量の回帰式より算出
	IN, ON IP, OP COD	流入水質負荷量とダム流入量の回帰式より算出	流入水質（柳瀬）負荷量とダム流入量の回帰式より算出
	D0	水温に対する飽和溶存酸素量を与えた	水温に対する飽和溶存酸素量を与えた
	クロロフィルa	平均的な観測値である $2.0\mu\text{g/L}$ 一定値を与えた	平均的な観測値である $0.1\mu\text{g/L}$ 一定値を与えた
	粒度分布	2, 7, 16, $38\mu\text{m}$ (濁度濃度により割合変化)	2, 5, 10, $36\mu\text{m}$ (バラツキが大きく一定割合とした)
気象条件	気温 日射量	鶴田ダム管理所観測値（日）	人吉測候所観測値（日） 人吉測候所の日照時間からAngstromの式より算出
	風速 湿度 雲量		人吉測候所観測値（日） 人吉測候所観測値（日） 人吉測候所観測値（日）
初期水質		H2, H3, H12の1月の水温、濁度分布を基に作成	前年の12/31の予測結果を1/1の初期値とした
取水・放流位置	利水放流管	EL114.667～123.333m	EL239.0～280.0mの範囲で運用(水深3m) (選択取水設備・最大 $30\text{m}^3/\text{s}$)
	コンジット	EL117.556～124.227m	EL220.0m(最大 $800\text{m}^3/\text{s}$)
	Crest	EL146.5m, 149.0m(使用せず)	EL269.2m（使用せず）
	オリフィス	—	EL245.0m(最大 $100\text{m}^3/\text{s}$)
	農業取水設備	—	選択取水設備と同じ標高からの取水を想定（最大 $5.13\text{m}^3/\text{s}$ ）

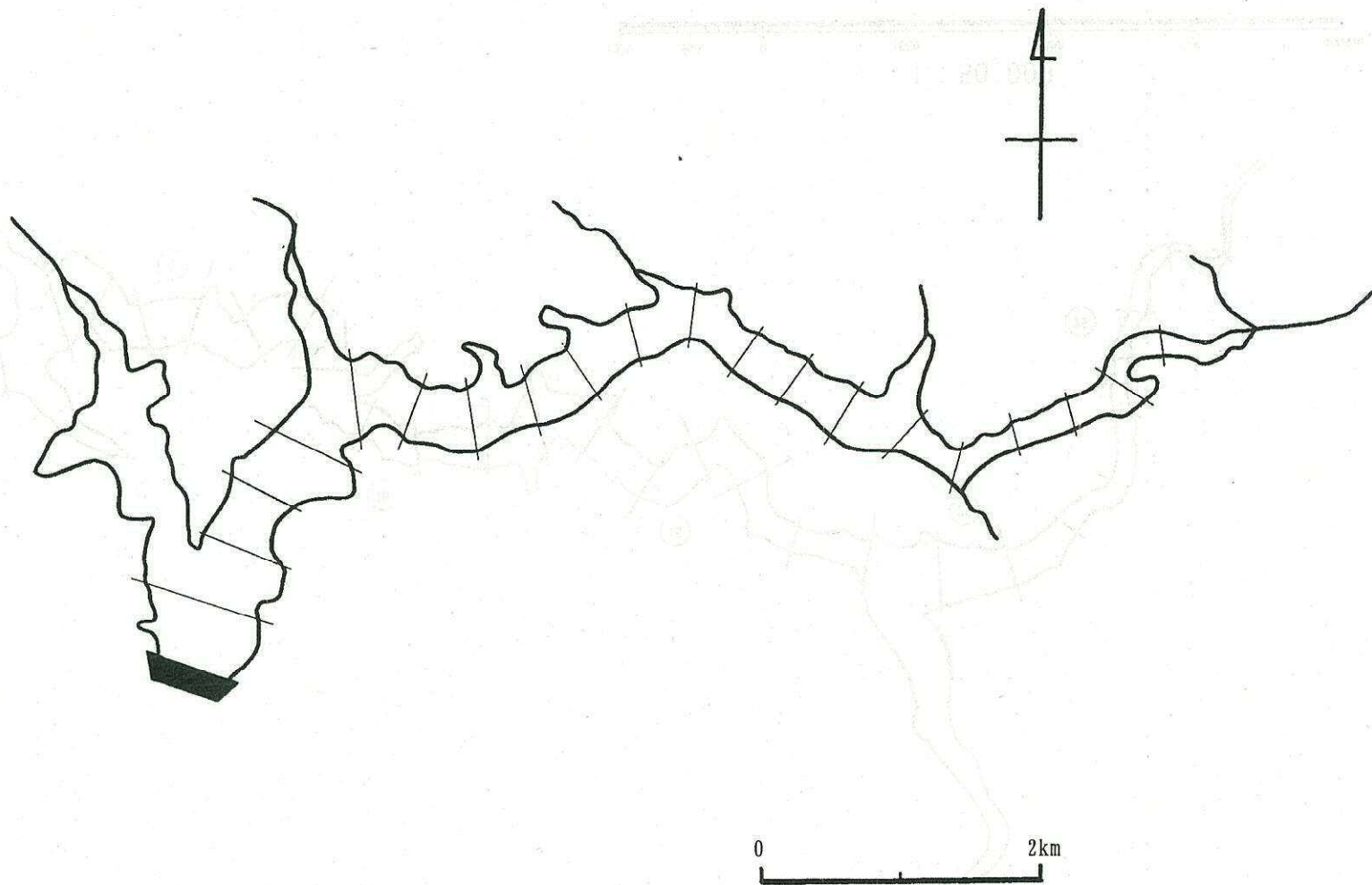


図 4. 2-3 鶴田ダム貯水池平面分割

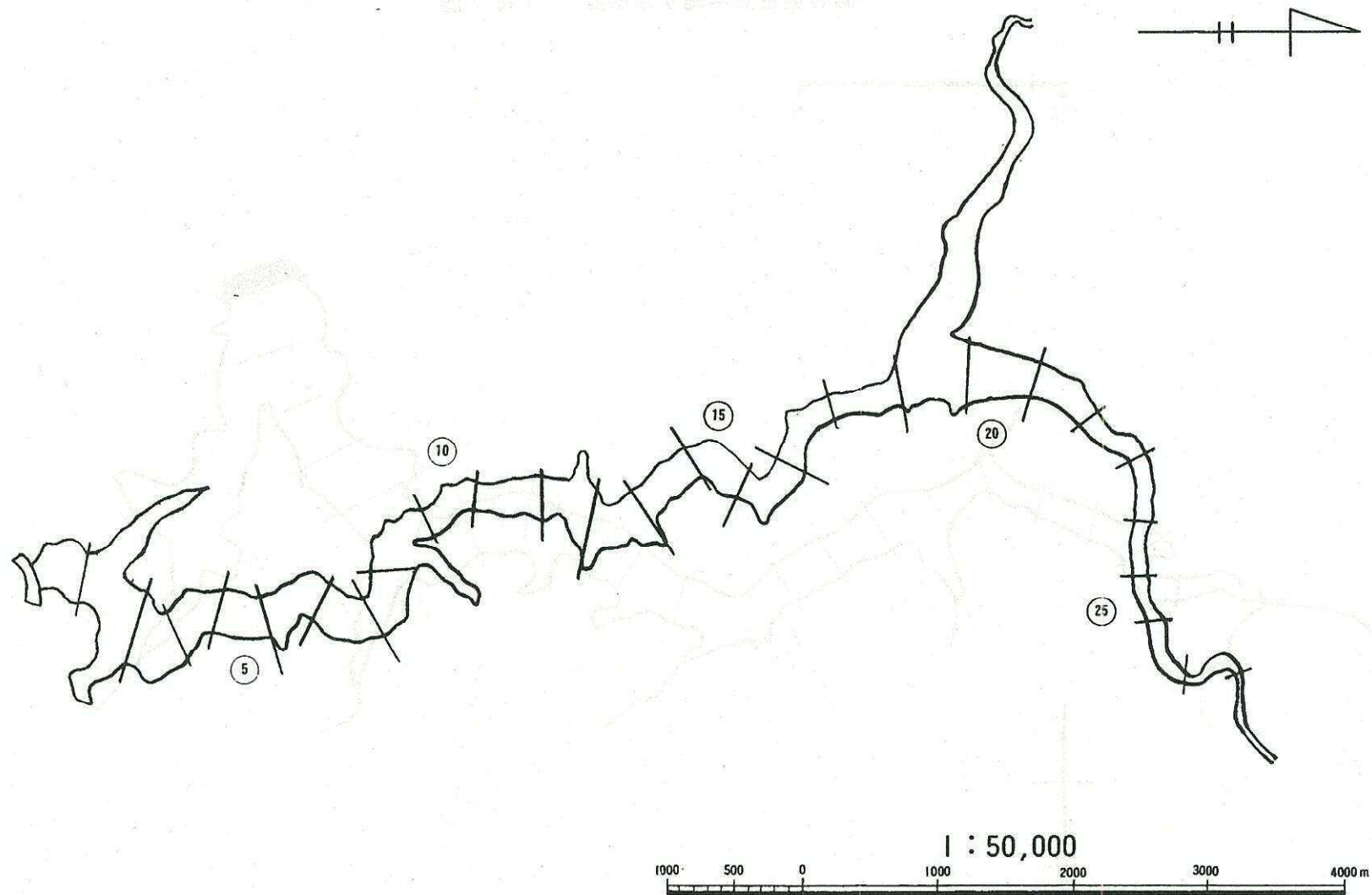


图 4. 2-4 川辺川ダム貯水池平面分割

H12

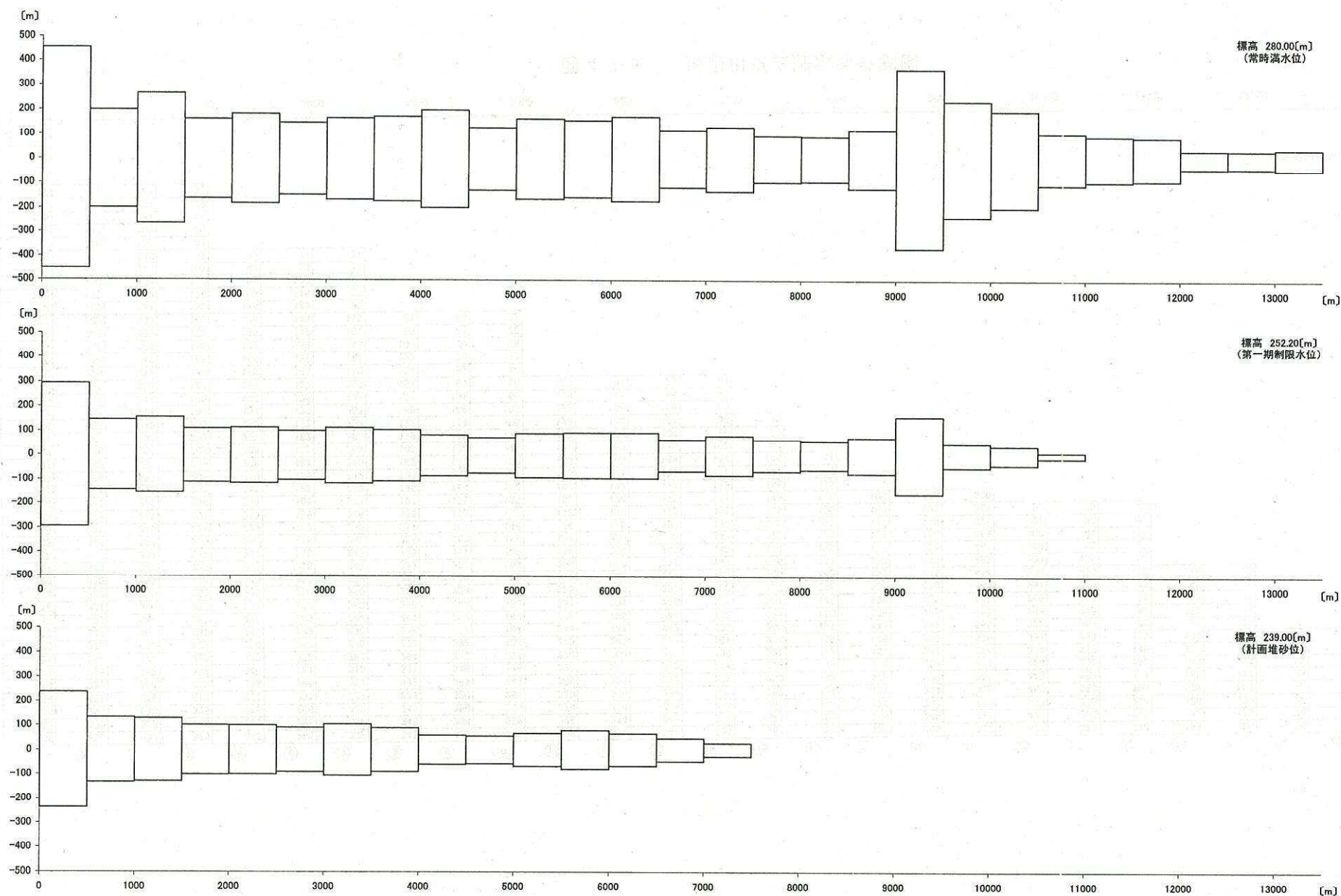
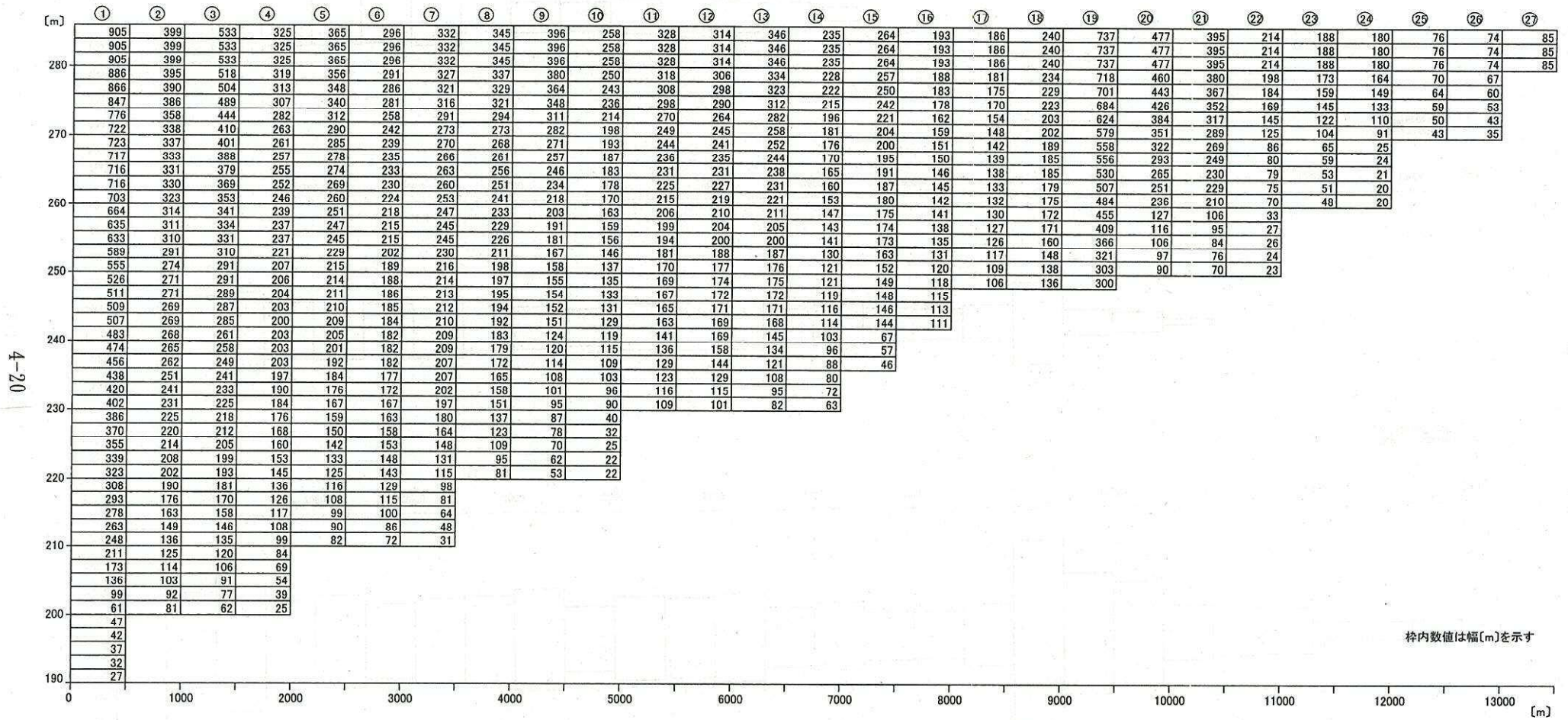


图 4. 2-5 川辺川ダム貯水池標高別平面図



枠内数値は幅[m]を示す

図 4. 2-6 川辺川ダム貯水池分割図

表 4. 2-2 川辺川ダム貯水池水質予測計算のパラメーター一覧(1/2)

分類	パラメータ項目	区分	変数名	単位	モデル標準値	鶴田ダム 設定値
分散係数	分散係数	水平	Ax	m ² /day	2,500,000 m ² /day	2,500,000
		鉛直	Ay		$0.0001 \cdot \exp(-0.5R_i)$ +0.000001 m ² /s	0.0001 0.000001
—	密度逆転による鉛直混合	—	—	—	—	密度差を 考慮しない
水温に関する 係数	水面反射率	—	α_r	—	0.06	0.06
	減衰係数の比例定数 1	—	n	—	0.5	0.4
	減衰係数の比例定数 2	—	n	—	0.01	0.01
	水面吸収率	—	β	—	0.5	0.5
植物プランクトンに関する係数	植物プランクトン増殖率の μ _s -s効果係数	A	μ _s	—	0.00385	0.00385
		B				
		C				
	植物プランクトンの 最大増殖速度	A	K	1/day	1.0	1.0
		B				1.2
		C				1.2
	植物プランクトンの 最大増殖水温(最適水温)	A	Ts	℃	20.0	28
		B				11
		C				20
	植物プランクトンの 水温に対するとがり度	A	n	—	3	3
		B				
		C				
	植物プランクトンの 最適日射量	A	Is	cal/cm ² /day	300.0	300.0
		B				
		C				
	I-Nに関する半飽和定数	A	K _{IN}	mg-N/L	0.05	0.03
		B				
		C				
	I-Pに関する半飽和定数	A	K _{IP}	mg-P/L	0.005	0.003
		B				
		C				
	20℃における 植物プランクトンの死滅率	A	R _{PP}	1/day	0.05	0.005
		B				
		C				
	上記死滅率に関する 温度補正係数	A	θ _{PP}	—	1.05	1.05
		B				
		C				
	植物プランクトンの沈降速度	A	V _{CP}	m/day	—	0.1
		B				
		C				

区分 A : 28℃を中心に増殖する藻類種(主に藍藻類)

B : 11℃を中心に増殖する藻類種(主に珪藻類)

C : 20℃を中心に増殖する藻類種(主に珪藻・緑藻類)

表 4. 2-2 川辺川ダム貯水池水質予測計算のパラメーター一覧 (2/2)

分類	パラメータ項目	区分	変数名	単位	モデル標準値	鶴田ダム 設定値
溶存酸素に関する係数	再曝気係数	—	R_{RA}	—	0.1	0.1
	再曝気係数に関する 温度補正係数	—	θ_{RA}	—	1.05	1.05
	光合成による 溶存酸素生産速度	—	R_{KP}	$\text{mgO}_2/\mu\text{g}\cdot\text{chl.a}$	0.1	0.1
	COD 物質による 溶存酸素消費速度	—	f_{DOC}	$\text{gO}_2/\text{g}\cdot\text{COD}/\text{day}$	0.05	0.01
	上記消費速度に関する 温度補正係数	—	θ_{DO}	—	1.05	1.05
	底泥による 溶存酸素消費速度	—	I	$\text{mgO}_2/\text{m}^2/\text{day}$	0.2	0.2
	上記消費速度に関する 温度補正係数	—	θ_{KB}	—	1.05	1.05
分解速度に関する係数	20℃における無機化速度	O-N	R_N	1/day	0.027	0.027
		O-P	R_P	1/day	0.027	0.027
	上記無機化速度に関する 温度補正係数	O-N	θ_N	—	1.05	1.05
		O-P	θ_P	—	1.05	1.05
	20℃における COD 分解速度	—	R_c	1/day	0.01	0.01
	上記 COD 分解速度に 関する温度補正係数	—	θ_c	—	1.05	1.05
沈降速度	沈降速度	SS	V_c	m/day	—	—
		COD	V_{COD}	m/day	—	0.30
		O-N	V_{ON}	m/day	—	0.30
		O-P	V_{OP}	m/day	—	0.30
		I-P	V_{IP}	m/day	—	0.03
溶出速度に関する係数	20℃における溶出速度	COD	R_{WC}	$\text{mg}\cdot\text{COD}/\text{m}^2/\text{day}$	0.01	0.01
		I-N	R_{WN}	$\text{g}\cdot\text{N}/\text{m}^2/\text{day}$	0.001	0.001
		I-P	R_{IP}	$\text{g}\cdot\text{P}/\text{m}^2/\text{day}$	0.001	0.001
	上記溶出速度に関する 温度補正係数	COD	θ_{WC}	—	1.05	1.05
		I-N	θ_{WN}	—	1.05	1.05
		I-P	θ_{IP}	—	1.05	1.05
その他	植物プランクトン中の COD 物質 量とクロロフィル a 量との比	—	K_P	$\text{mg}\cdot\text{COD}/\mu\text{g}\cdot\text{chl.a}$	0.148	0.148
	植物プランクトン中のリン量 とクロロフィル a 量との比	—	β_P	$\text{mg}\cdot\text{P}/\mu\text{g}\cdot\text{chl.a}$	0.001	0.001
	植物プランクトン中の窒素量 とクロロフィル a 量との比	—	β_N	$\text{mg}\cdot\text{N}/\mu\text{g}\cdot\text{chl.a}$	0.01	0.01

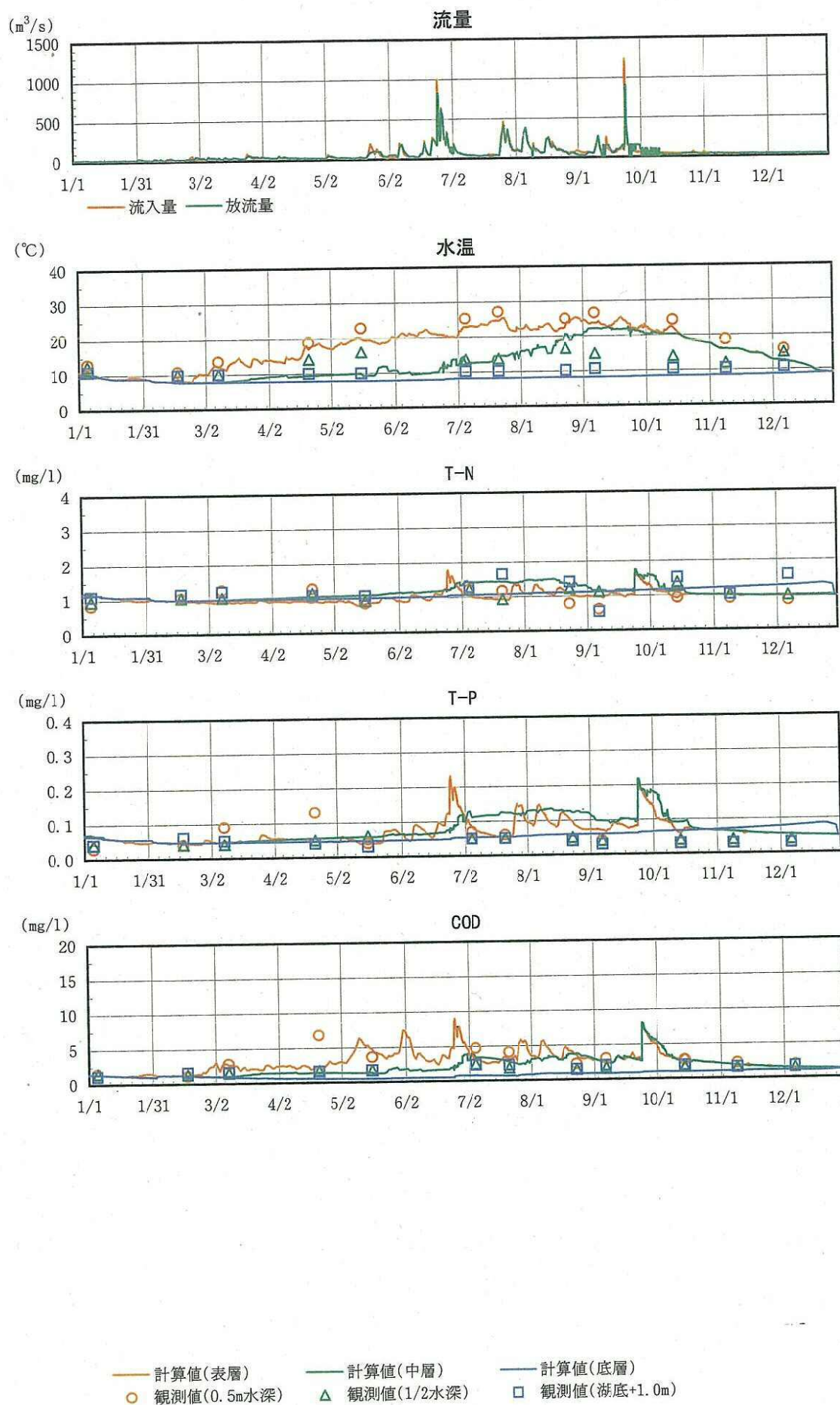


図4.2-7 鶴田ダム検証計算結果(平成11年)