第7回 八代海域調査委員会

日時　平成14年4月22日（月）13:30〜16:00
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) 八代海域の保全対策について

1）海域環境の保全目標について

2）水質シミュレーションモデル（多層メッシュモデル）の構築

(2) 平成14年度現地調査計画（案）について

(3) 平成13年度八代海流況・水質等調査結果（冬季）について

(4) その他

閉会

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１４年４月２２日
１３：３０～１６：００

熊本大学工学部助教授
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助教授
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海洋情報部海洋調査課長
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
尾坐　巧

国土交通省八代工事事務所長
桑島　偉倫

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

漁協及び県関係機関付き人席

熊本県漁業協同組合連合会代表理事会長
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

オブザーバー席

熊本県企画振興部企画課長
望月　一範

熊本県環境生活部環境保全課長
田北　成樹

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
東　憲一郎

事　務　局

事　務　局

事　務　局

報道関係者席　　報道関係者席

出入口

資料－３

第６回八代海域調査委員会議事要旨

【１】開催日時　平成14年2月4日（月）１３：３０～１５：３０

【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
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　参事
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）

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
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（代理）渡川　清　副所長
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）宇藤信幸　課長補佐
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（代理）福留巳樹夫　生物部長

（順不同）

【４】配付資料

議事次第

資料－１　出席者一覧

資料－２　配席表

資料－３　第５回八代海域調査委員会議事要旨

資料－４　第６回八代海域調査委員会資料

【５】議事次第

１．開会

２．議事

（１）　八代海域の保全対策について

①　海域環境の保全に対する目標設定検討

②　水質シミュレーションの今後の検討方針

（２）　平成13年度八代海底質・底生生物調査結果について

（３）　その他

①　水質（ミネラル等）調査計画（案）について

②　その他

３．閉会

【６】議事要旨

１．八代漁協からの要望書に対する回答（案）について

（議論の結果）

・調査・検討項目の回答（案）については、第５回委員会での回答文書（案）で回答する。

２．八代海域の保全対策について

（議論の結果）

・今回提示した「水質シミュレーションの今後の検討方針（案）」（多層メッシュモデルでの検討）については、基本的に了承された。

・現状認識における「養殖負荷の増大」という表現については「養殖負荷の変化」等の表現に変更する。

・栄養塩（N，P）の表示単位について、再検討する。

・保全目標について、水産振興が中心となっているので、「健全な生態系の持続」に関連する内容についても加える。

・今回の意見を踏まえ、保全対策メニューを検討する。

（議論の要旨）

・水質目標には、微量毒性物質についても検討に加えるべきではないか。

・現状認識に「養殖負荷の増大」とあるが、いつの時点との比較か？　近年、給餌料等改善されてきており、適切な表現ではないので、表現について再検討してほしい。

・赤潮の発生に関係するのは無機態の栄養塩であり、水質目標値はＴ－Ｎ、Ｔ－Ｐではなく無機態の栄養塩で検討するほうが良いのではないか。また、表示単位は海洋学的にはモル単位

（μg-at/L）の方が適切なのでは。

・無機態の方が望ましいが、データがあるのか？

・今回、暫定目標値として環境基準のⅠ類型を当てはめているが、厳しすぎると思う。

・「八代海における環境保全のための取り組み」について、水産振興中心となっているが、健全な生態系の持続を目指してもっと広範な目標を入れるべきではないか？

・南部、西部海域で赤潮の被害が集中しているのは、魚類養殖場がたくさんあるからであり、必ずしも両海域で集中的に赤潮が発生しているというわけではないと思う。赤潮の問題を考えるにあたって、両海域だけを突出したブロックとして捉えるべきではない。

・海域での栄養塩のバランスについてだが、八代海で栄養塩が不足するということはまずないと思う。人為的な負荷を減らす方策が大事である。

・有明海で珪藻プランクトンによる被害があったが、八代海でも同様に、ノリ養殖にとって栄養塩が不足する可能性もあり得る。このような観点からの検討も必要。

・今回シミュレーションは平時の計算だが、台風や季節風の影響が強い場合等、特殊な条件ではあるが、そのような場合に赤潮発生していることも考えられ、気象条件の変動を加味した条件設定も必要。

・数値シミュレーションは完全ではないという認識が必要。ひとつの指標、手法である。現在、持ち得ている手法を活用して、最善の方向を考えていくことが大切である。

・底質からの溶出量については、全域一定にして計算しているが、今回、底質の現地調査結果が報告されたので、次回シミュレーションでは溶出量を見直す。

・栄養塩の（目標）基準を策定するだけでなく、その後、確実に対策を実行することが大事。

・保全だけでなく改善まで議論してほしい。底質が肝心である。ヘドロがたまったら、魚族が棲めなくなる。干潟、藻場だけでなく、底質改善のための調査もしてほしい。

・海底汚泥の対策については「浚渫・覆砂」だけではないので、「等」を入れてほしい。

・養殖負荷については、どの範囲まで影響を及ぼすのかについて、シミュレーション計算結果だけでなく充分に調査してほしい。

3．八代海底質・底生生物調査結果について

（議論の結果）

貝類、甲殻類を含め各種の分析や底質と底生生物の関係に関する主成分分析など調査結果の再整理を行う。また、春季調査では養殖場の実態が把握できるような調査も検討する。

（議論の要旨）

・今回実施した９月は、海底の環境が悪いと考えられる時期の調査である。環境が良いと考えられる春季の底生生物調査も実施してほしい。

・海底の環境がよくなると貧酸素状態に対して弱い、殻をもった生物が増える傾向が見られる。貝類、甲殻類の合計数を出してみてはどうか。また湿重量のデータもほしい。

・貝類、甲殻類でまとめるのもよいが、できれば種類ごとにも分析してほしい。春季調査もふまえてどこまで整理できるか検討してほしい。

・底質、底生生物等をそれぞれクラスター分析しているが、底質と底生生物の関係についても主成分分析を行うなどしてほしい。

・干潟とヘドロの違いとは何か？ヘドロの堆積厚や鉛直方向のリン等の濃度分布は調べてい

るのか？微細土砂が長期間にわたって閉鎖性水域に堆積していれば、例え負荷を低減できたとしても、長期的に影響を及ぼすのではないか？

・養殖場近傍（の底質データ）とはどれくらい近傍か？養殖場面積は八代海全体からすれば、ごくわずかであり、局所的ではあるが、生態系にどのような影響を与えているかを検討する必要があるのではないか？

・養殖場では、底質の濃度差が大きく、極端に高い値が出る場所もあれば、礫や岩のため底質が採取できないような場所もある。調査の際は、充分に注意を払う必要がある。

・田浦、芦北付近はT-N，T-P濃度が高いが、潮流との関係は検討しているのか？今回シミュレーションでは、溶出速度を一定値としていることや巻き上げ量の計算誤差が鉛直方向の計算誤差として現れているのではないか？

・調査結果で見る限り、養殖場付近も底生生物の多様性指数は高いので、養殖負荷はそれほど環境に悪影響を与えていないのではないか？　また、健全な生態系の持続のためには、水質の栄養塩（T-N，T-P）だけでなく、他の望ましい指標を設けるべきでは？

4．水質（ミネラル等）調査計画（案）について

（議論の結果）

湾奥にも調査地点を追加することで、事務局案が了承された。

（議論の要旨）

・洪水時の河川調査で、ダム放流後24時間くらいの間、栄養塩のレベルがあがっていた。ダム放流の有無で測定値が違ってくると考えられ、調査のタイミングが大事である。

・今回の調査では、ダムに滞留した水を分析したいので、平水時の調査を考えている。

・球磨川の二つの既設ダムについて調査が実施されることは喜ばしいことである。出来れば湾奥にも調査地点を設定してほしい。

5．その他

・次回の委員会は、平成１３年度内に開催予定。

・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。

資料－4

第7回 八代海域調査委員会

資　　料

平成14年4月22日

国　土　交　通　省
水　　　産　　　庁
熊　　　本　　　県
鹿　　児　　島　　県

第7回委員会　資料4　目次

1. 八代海域の保全対策

1.1 八代海域の保全に関する基本的な考え方

八代海では、近年、流域人口の増加や流域環境の改変などによる流入負荷の増大、魚類養殖による栄養塩負荷の増大、埋立・干拓・砂利採取等による干潟・藻場面積の減少、水温上昇などに伴い、赤潮による漁業被害、沿岸性魚介類の減少などが憂慮されている。2000 年にはコクロディニウム赤潮による甚大な漁業被害を受けたところである。

このような現状を踏まえて、将来にわたる「望ましい八代海」の実現に向けて、

○八代海の生物多様性の保全および健全な生態系の持続

○漁業の永続的な維持・発展のための海域環境の保全

が両立することを基本理念とする。

この基本理念および八代海の直面している課題を踏まえて、保全目標を設定し、問題認識を行った上で効果的かつ重点的な保全対策を講じ、これらの環境監視システムを確立することが緊急かつ最重要課題である。また、保全目標、保全対策および環境監視にあたっては、できるだけ定量的に評価し、フォローアップを実施する必要がある。

八代海における環境保全のための取り組みフローを図 1.1-1 に示す。これまでの委員会審議において、現在の八代海が抱えている最大の環境問題の 1 つに赤潮による漁業被害があげられ、赤潮の発生を抑制するための取り組みが緊急かつ最大の課題であると考えられている。

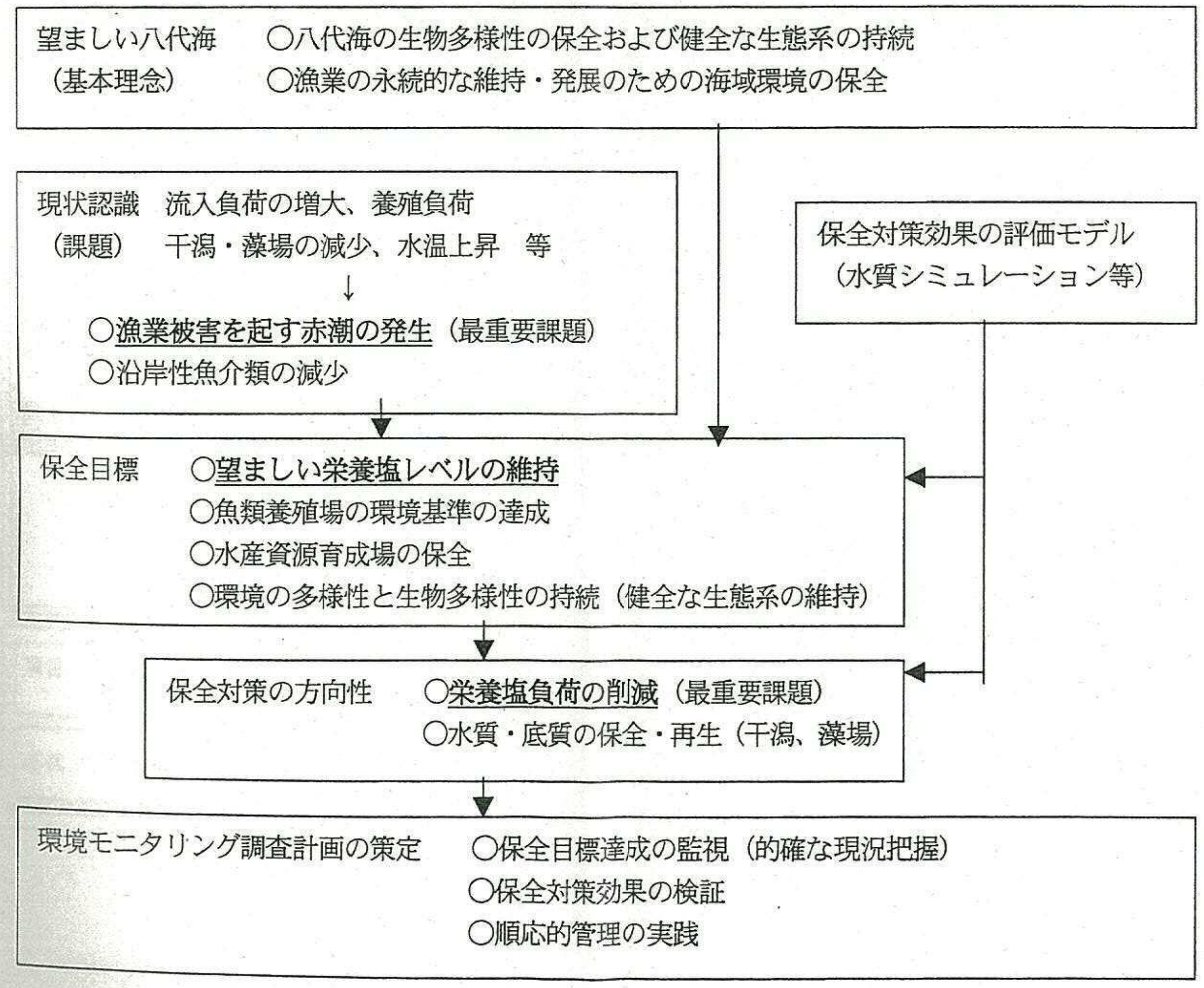


図 1.1-1　八代海における環境保全のための取り組み

1.2 八代海の現状認識および保全の方向性

(1) 八代海の現状認識

1) 八代海の漁場および干潟・藻場等の分布

八代海における主な海面利用等を図 1.2-1(1)～(5)に示す。

八代海の北部ではアサリのほか、かご・壷によりカニ、バイ等を、中部では一本釣・延縄によりタチウオ、吾智網によりタイ、イカ、タチウオ等、底曳網によりクルマエビを、西部では船曳によりシラス、カタクチイワシ、一本釣・延縄によりマダイ、マアジ、トラフグ等を漁獲している(図 1.2-1(1))。

また、八代海は養殖業が盛んであり、特に魚類養殖、のり養殖場としての利用が図られている。魚類養殖場は主に南部及び西部の潮通しの良い海域が利用され、のり養殖場は主に北部海域が利用されている（図 1.2-1(2))。

干潟は、球磨川河口部及びそれより奥部に大規模な干潟が発達しており、その他には芦北町、出水市前面に認められる。島嶼部、天草側には大規模な干潟は認められない（図 1.2-1(3))。

藻場は、湾奥部、田浦町から津名木町、姫戸町から龍ケ岳町にかけて分布が少ない地区が認められるが、その他は大小の藻場が拡く分布している（図 1.2-1(4))。

海水浴場は、本土側では田浦町以南、天草側では湾奥にも分布し、御所浦町以北に多くしている（図 1.2-1(5))。

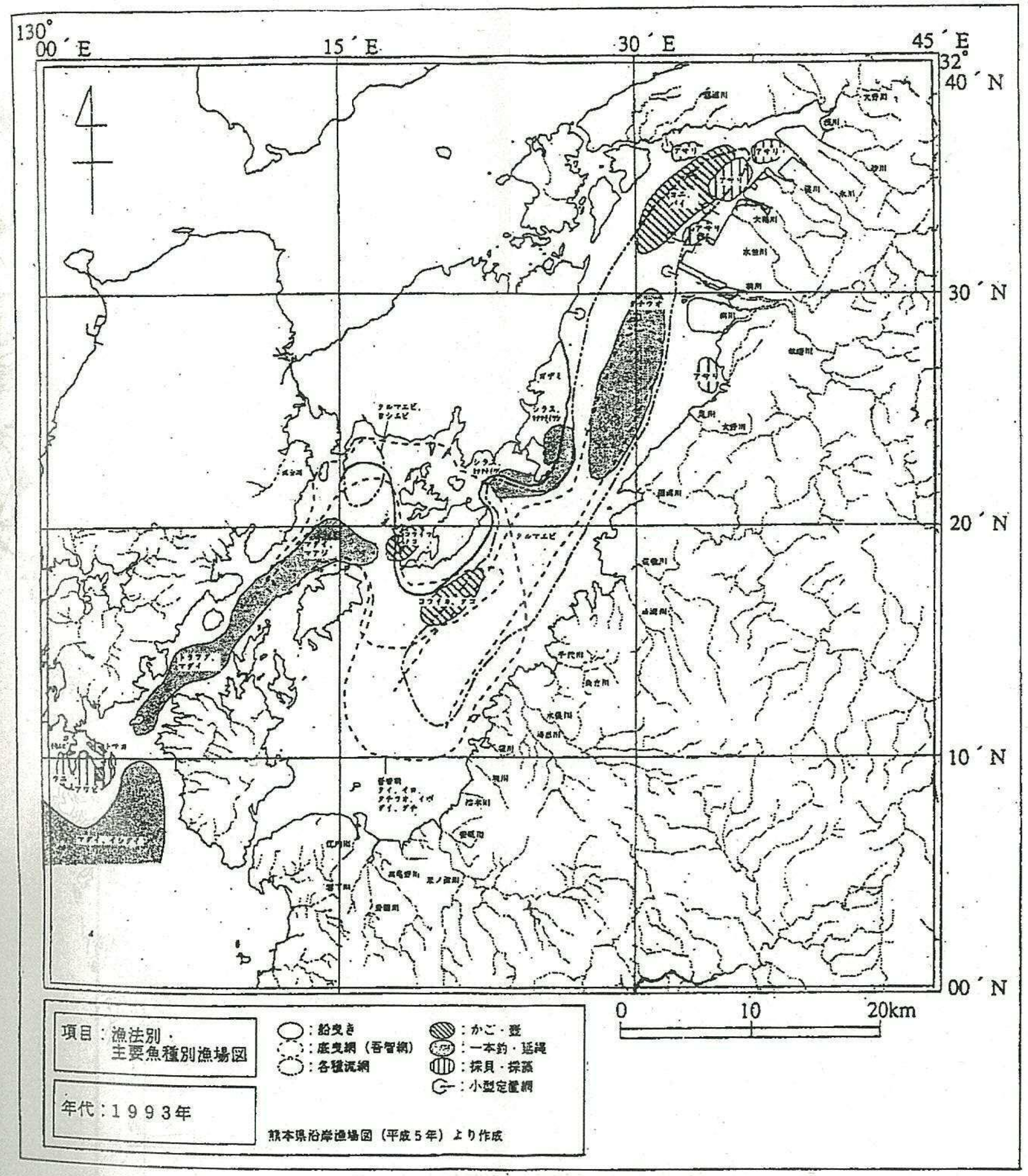


図 1.2-1(1) 八代海の海面利用等（漁業種類別漁場：1993 年）

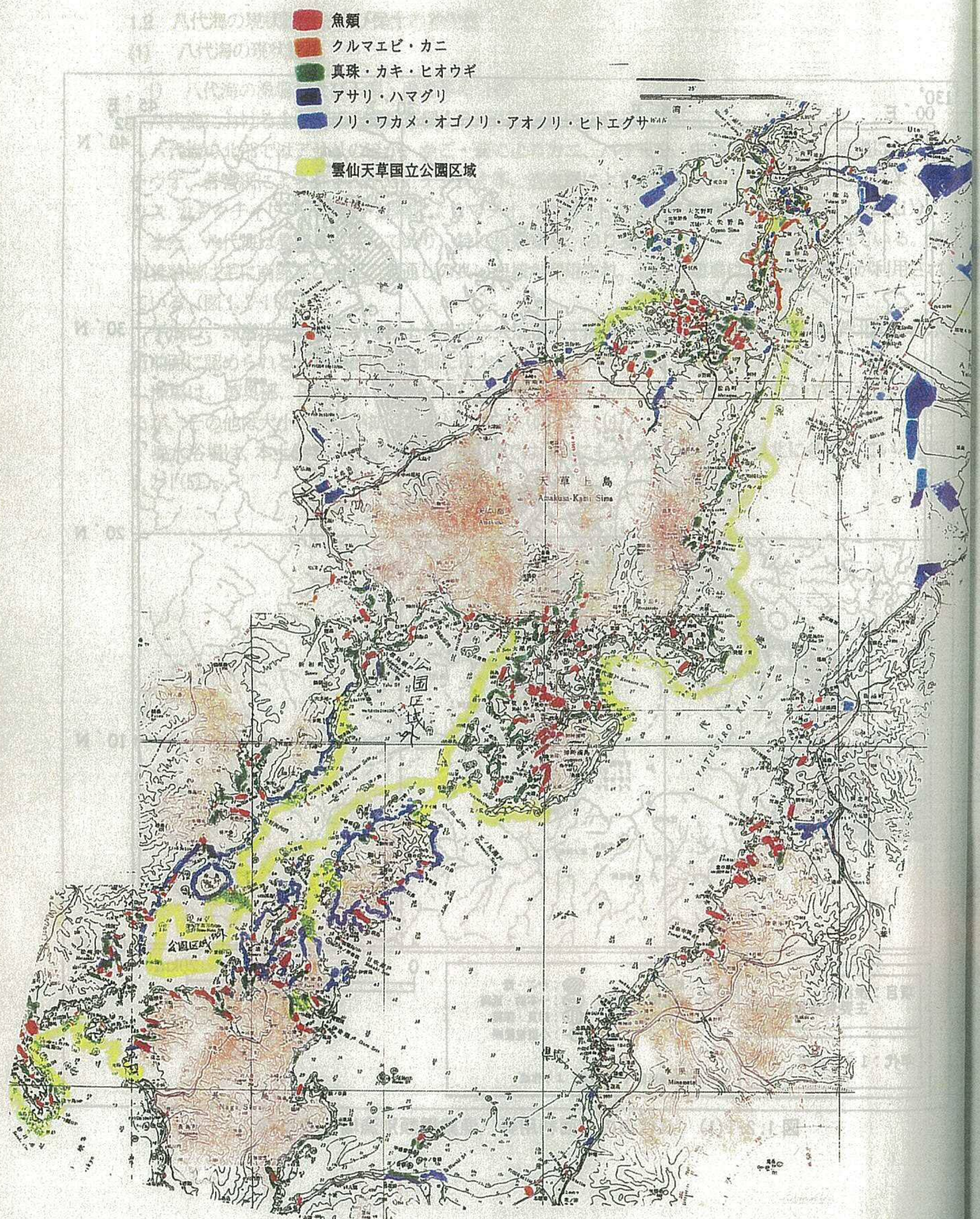
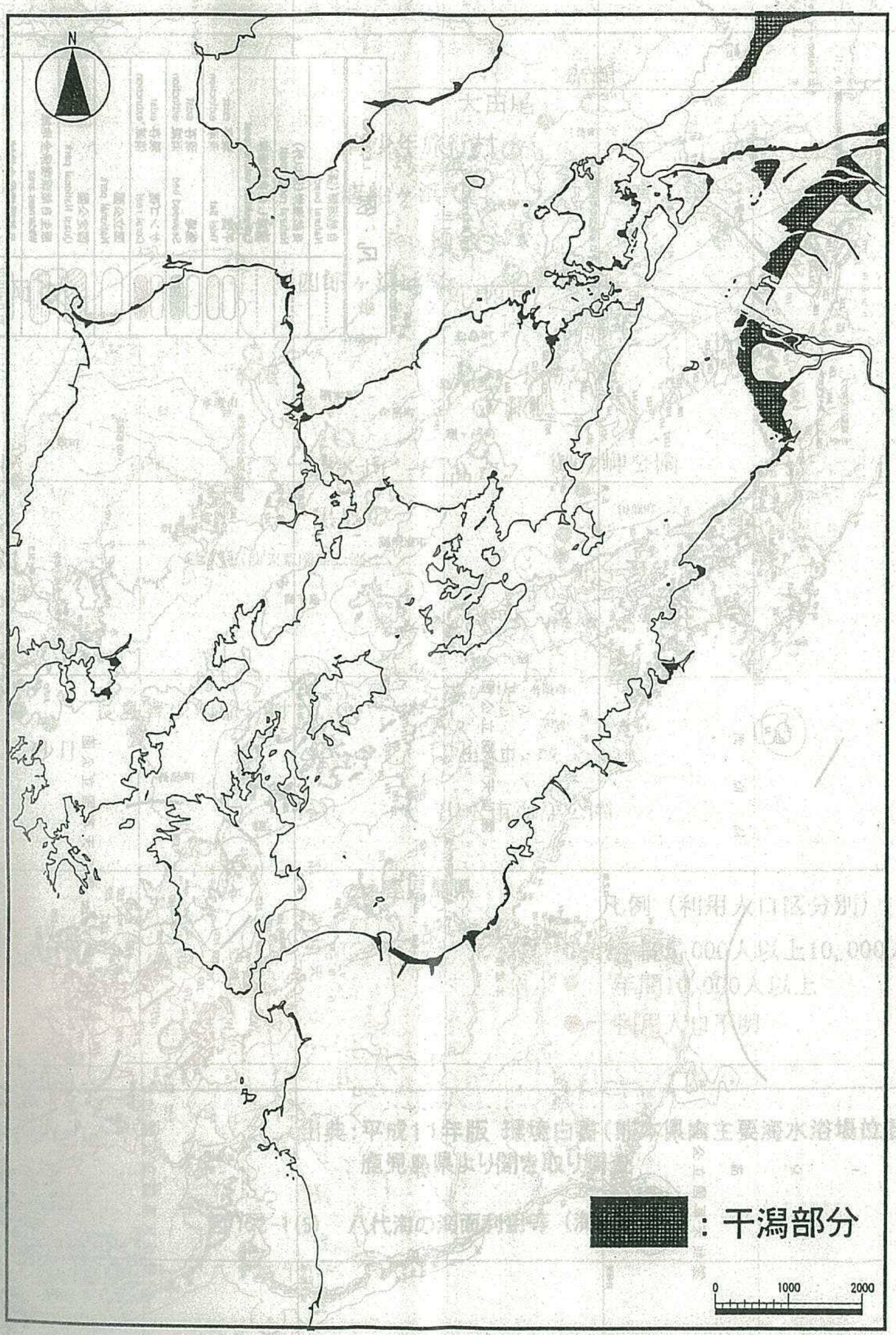


図 1.2-1(2)　八代海の海面利用等（主要な区画漁業権）[資料：第９次漁業センサス資料]



資料：海上保安庁発行の海図より作成

図 1.2-1(3)　八代海の海面利用等（干潟）

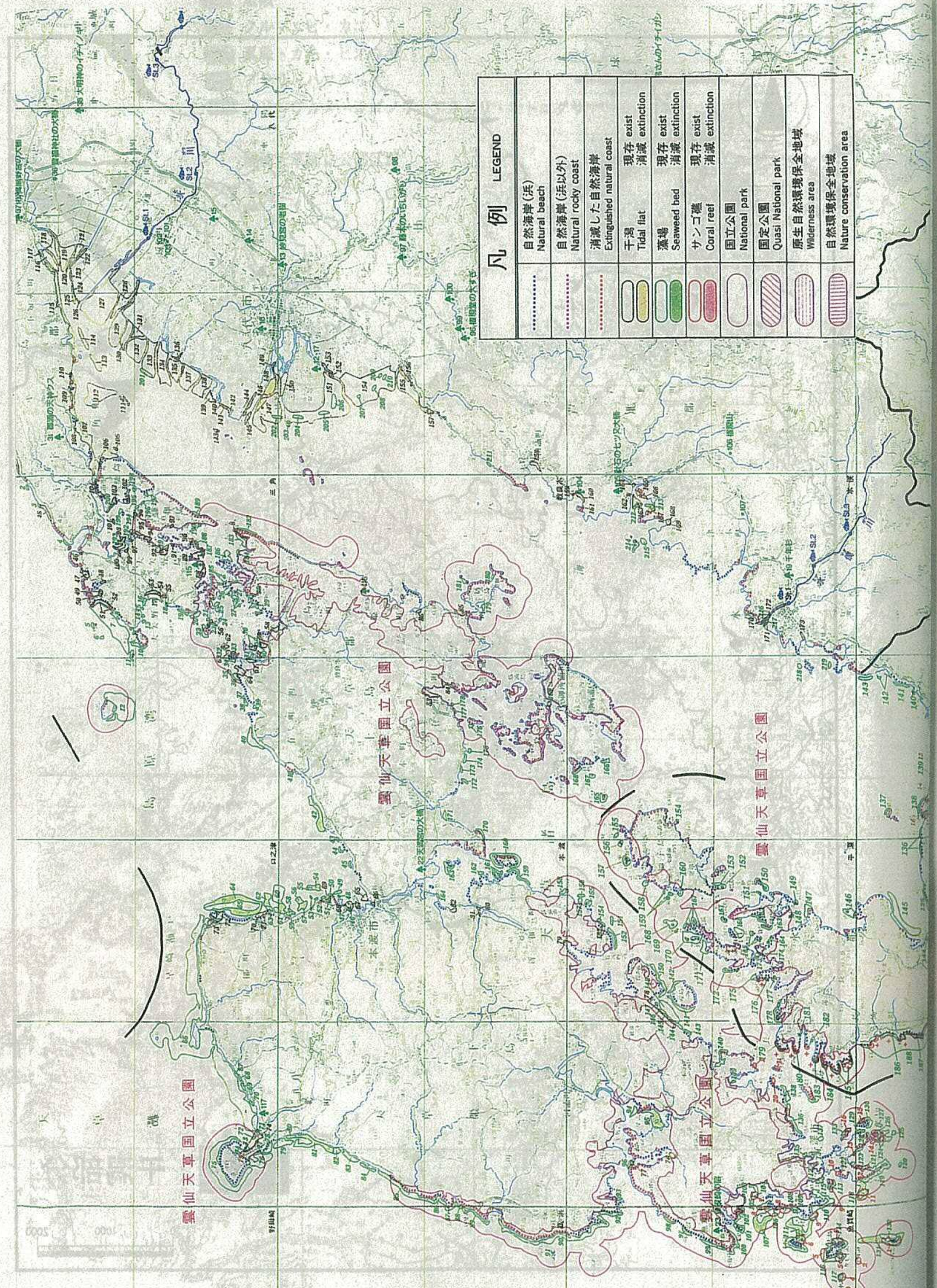


図 1.2-1(4)　八代海の海面利用等（藻場）

出典：平成11年版 環境白書（熊本県内主要海水浴場位置図）
鹿児島県より聞き取り調査

図 1.2-1(5)　八代海の海面利用等（海水浴場）

2)　水質

八代海においては、富栄養化の指標であるTN･TPの環境基準の類型指定が1999年5月に実施され、図1.2-2に示す3水域7地点（Ⅲ類型：2地点、Ⅱ類型：2地点、Ⅰ類型：3地点）の環境基準点が設置された。

1999年度および2000年度のTN・TPの環境基準の達成状況を表1.2-1に示す。1999年度は全水域で環境基準が達成されているが、2000 年度は全水域で環境基準が達成されなかった（TN 33.0%, TP 66.7%）。環境基準達成の有無の評価方法としては、各地点の年間平均値の水域ごとの平均値と環境基準値を比較するため、水域での年間の平均的な水質を判断するには適している。しかし、現在八代海域で最重要課題となっていることは、夏季に頻発する有害赤潮であることから、夏季（6月～8月）に注目して、1999年度および2000年度の水質（TN、TP）の現況を検討した。

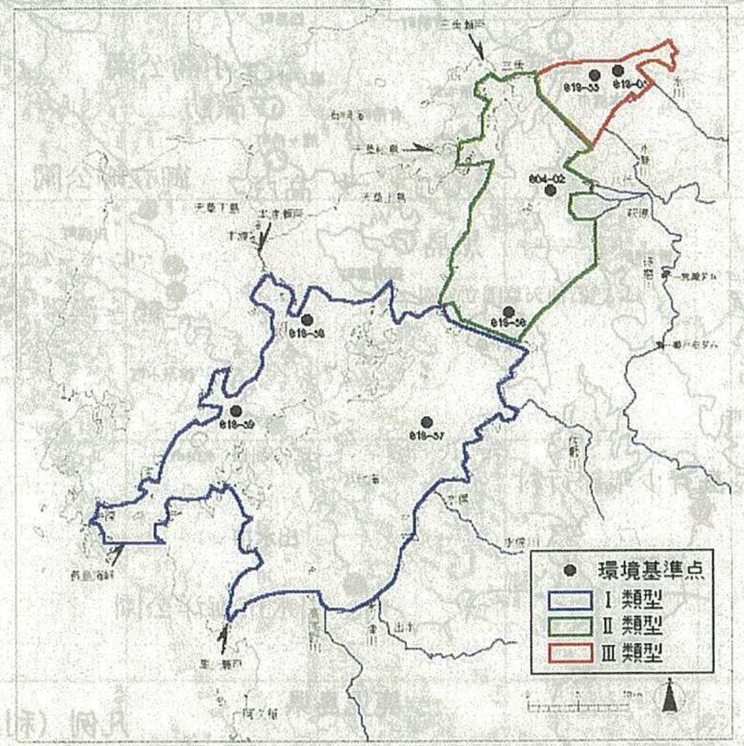


図1.2-2　八代海のTN・TPの環境基準点（1999年度以降）

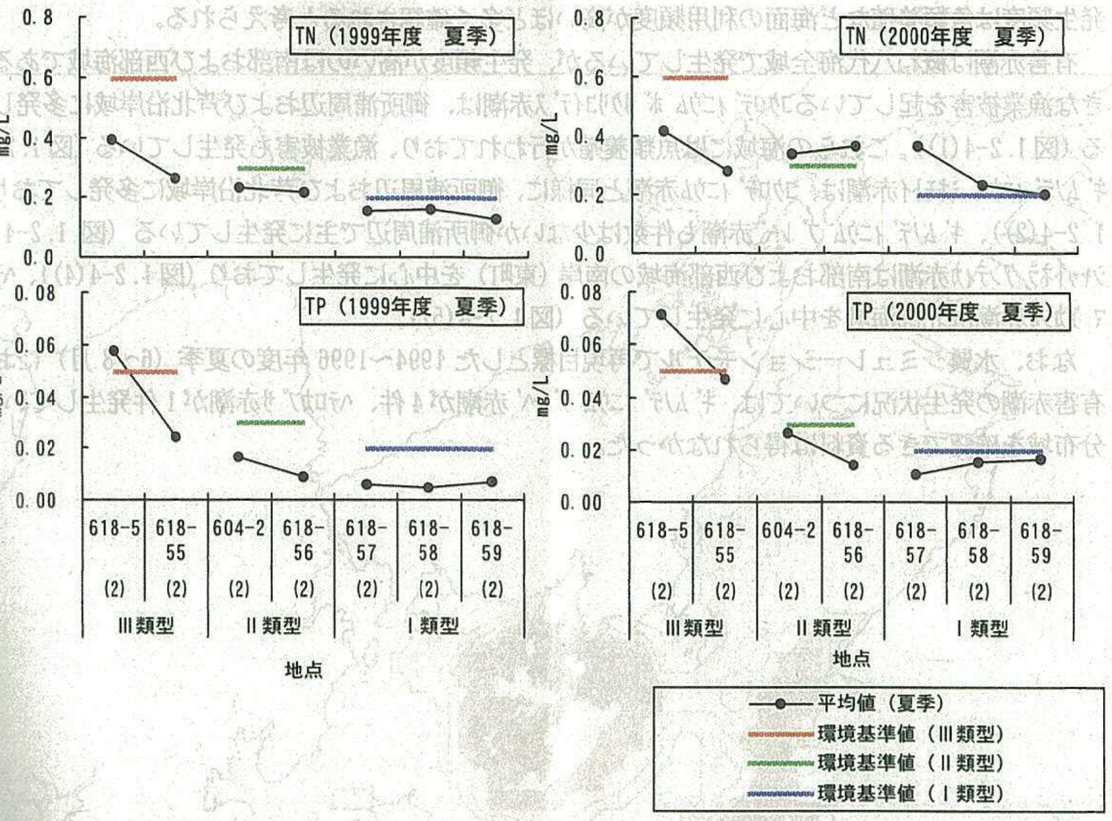
表1.2-1　八代海におけるTN・TPの環境基準の達成状況（1999年度，2000年度）

年度	水域	類型	地点数	TN	TP	評価(TN×TP)
1999	北部	Ⅲ	2	○	○	○
	中部	Ⅱ	2	○	○	○
	南部	Ⅰ	3	○	○	○
	八代海全域	−	−	100%	100%	100%
2000	北部	Ⅲ	2	○	×	×
	中部	Ⅱ	2	×	○	×
	南部	Ⅰ	3	×	○	×
	八代海全域	−	−	33.0%	66.7%	0%

注）○：達成　×：未達成　を示す.

出典）平成11年度環境白書、平成12年度環境白書（熊本県）　より作成

八代海における1999年度および2000年度の夏季（6～8月）の水質（TN、TP）の状況を図1.2-3に示す。なお参考として類型別の環境基準値も図示した。いずれの年度においても、TN、TPともにⅢ類型に属する北部海域が高くⅠ類型に属する南部海域が低い傾向がみられ、その傾向は特にTPにおいて顕著であった。



注）（　）内の数字は、データ数を示す.

図1.2-3　八代海におけるTN・TPの環境基準点別の水質（1999年度、2000年度）

出典）平成11年度および平成12年度公共用水域水質調査結果（熊本県）　より作成

3) 有害赤潮発生水域

1978～2000 年度までの八代海における主な漁業被害原因種による有害赤潮の発生場所を図 1.2-4(1)～(5)に示す。データの整理にあたっては、主として「九州西部海域の赤潮」（水産庁九州漁業調整事務所，1978～1980 年）と「九州海域の赤潮」（水産庁九州漁業調整事務所，1981～1999 年）から整理し、詳細な発生場所の特定のために月報も参考にした。なお、資料から発生場所が特定できない分については、データから省いた。なお、赤潮は目視での確認情報を整理したものであり、その発生頻度は魚類養殖など海面の利用頻度が高いほど多く確認されると考えられる。

有害赤潮は概ね八代海全域で発生しているが、発生頻度が高いのは南部および西部海域である。大きな漁業被害を起しているｺｸﾛﾃﾞｨﾆｳﾑ ﾎﾟﾘｸﾘｺｲﾃﾞｽ赤潮は、御所浦周辺および芦北沿岸域に多発している（図 1.2-4(1)）。これらの海域には魚類養殖が行われており、漁業被害も発生している（図 1.2-5)。ｷﾞﾑﾉﾃﾞｨﾆｳﾑ ﾐｷﾓﾄｲ赤潮は、ｺｸﾛﾃﾞｨﾆｳﾑ赤潮と同様に、御所浦周辺および芦北沿岸域に多発しており（図 1.2-4(2))、ｷﾞﾑﾉﾃﾞｨﾆｳﾑ ﾌﾞﾚﾍﾞ赤潮も件数は少ないが御所浦周辺で主に発生している（図 1.2-4(3))。ｼｬｯﾄﾈﾗ ｱﾝﾃｨｶ赤潮は南部および西部海域の南岸（東町）を中心に発生しており（図 1.2-4(4))、ﾍﾃﾛｼｸﾞﾏ ｱｶｼｵ赤潮は北部海域を中心に発生している（図 1.2-4(5))。

なお、水質シミュレーションモデルで再現目標とした 1994～1996 年度の夏季（6～8 月）における有害赤潮の発生状況については、ｷﾞﾑﾉﾃﾞｨﾆｳﾑ ﾌﾞﾚﾍﾞ赤潮が 4 件、ﾍﾃﾛｶﾌﾟｻ赤潮が 1 件発生していたが、分布域を確認できる資料は得られなかった。

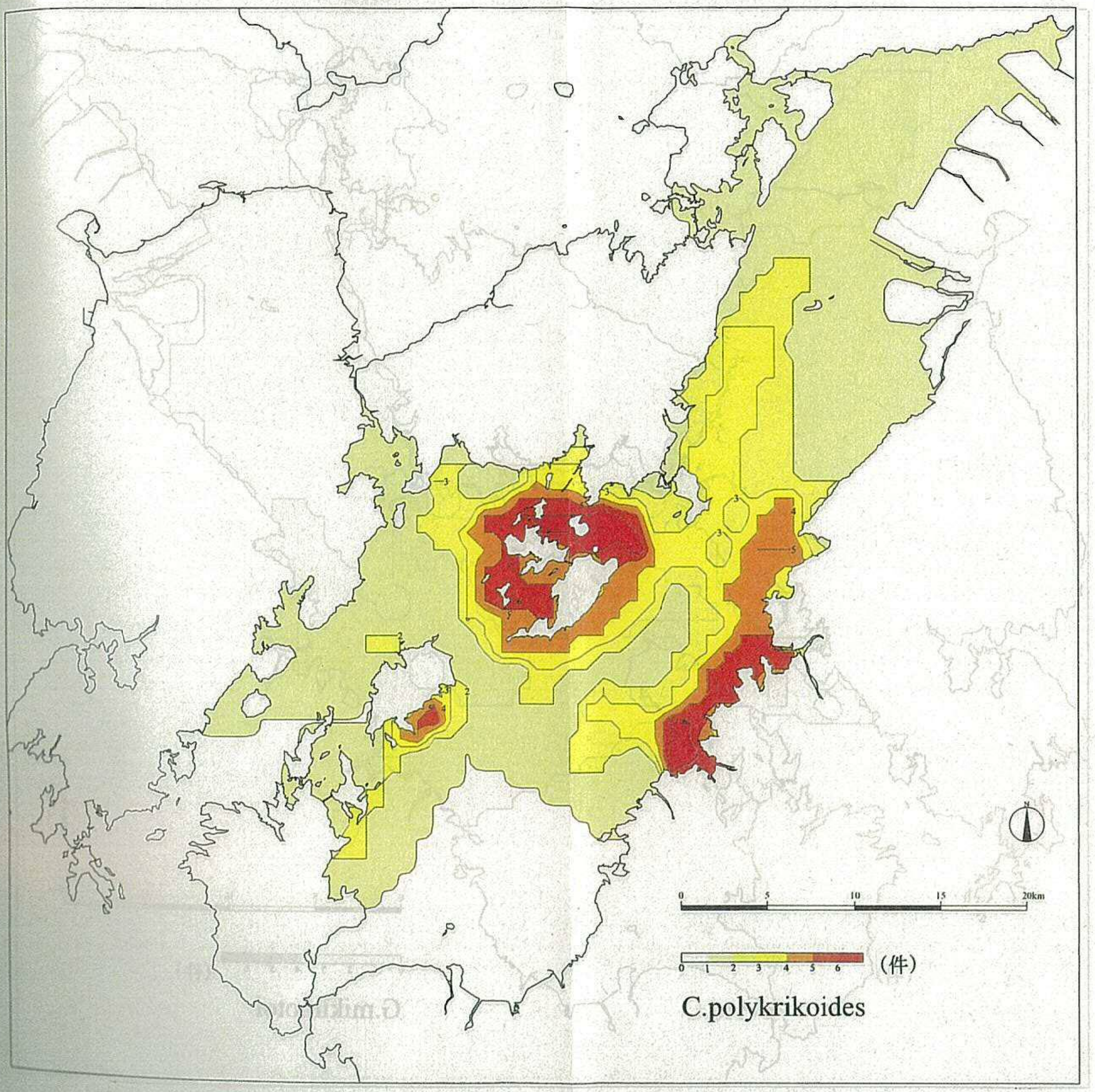


図 1.2-4(1) *Cochlodinium polykrikoides* の海域別発生頻度（夏季：6 月～8 月）
出典：九州西部海域の赤潮（水産庁九州漁業調整事務所，1979～1980）
九州海域の赤潮（水産庁九州漁業調整事務所，1981～1999） より作成

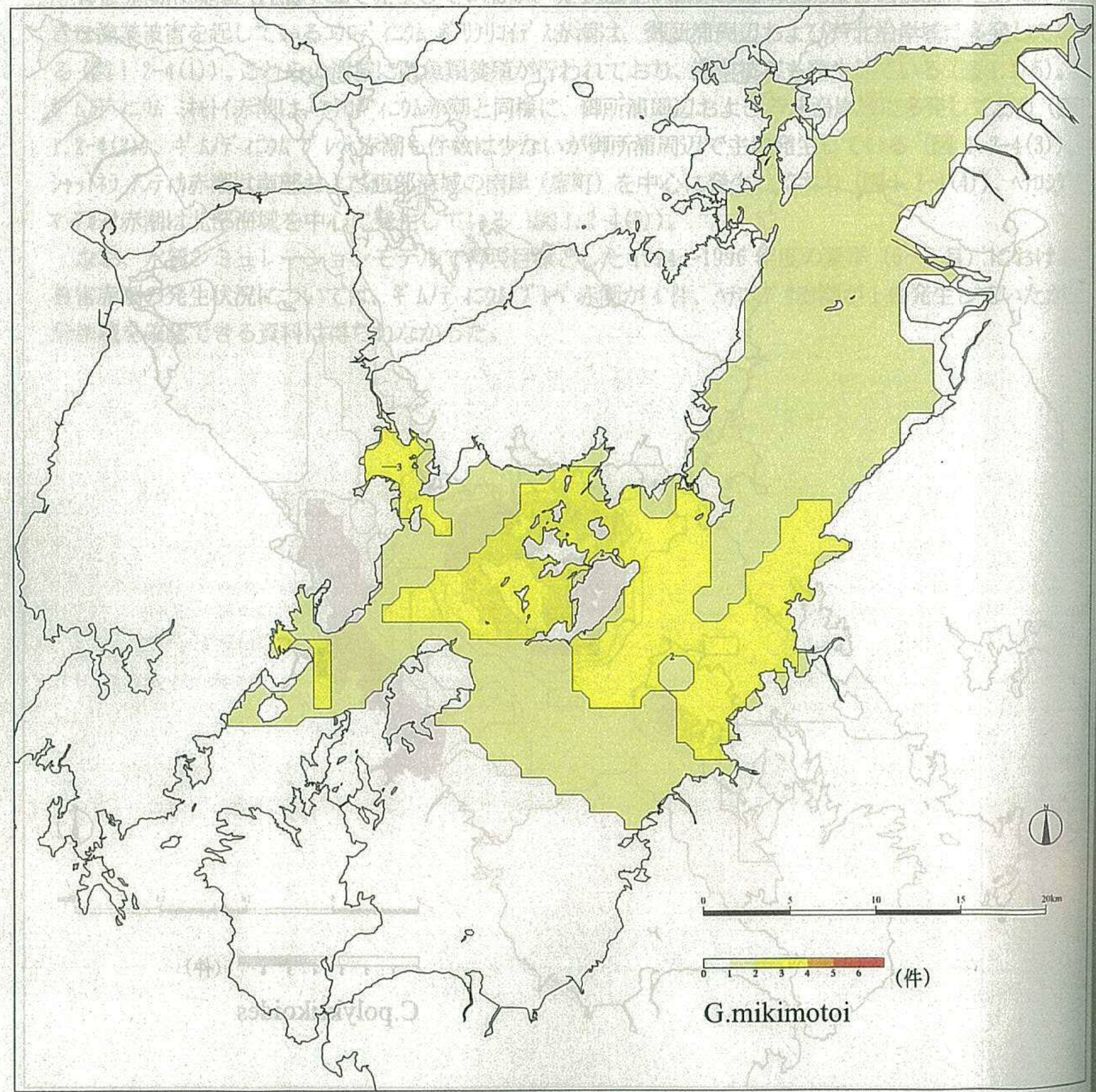


図 1.2-4(2)　*Gymnodinium mikimotoi* の海域別発生頻度（夏季：6 月～8 月）

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）　より作成

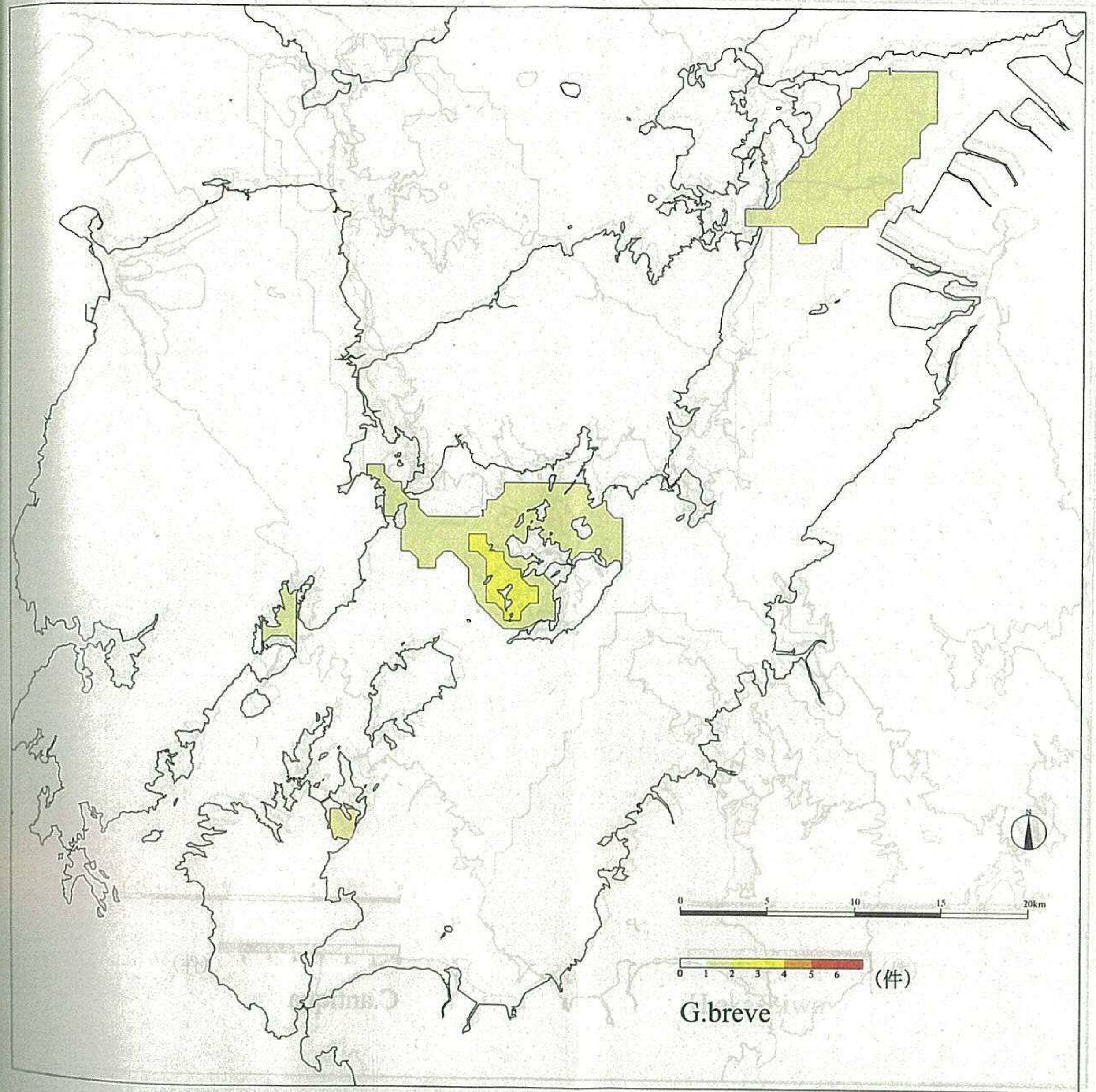


図 1.2-4(3)　*Gymnodinium breve* の海域別発生頻度（夏季：6 月～8 月）

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）　より作成

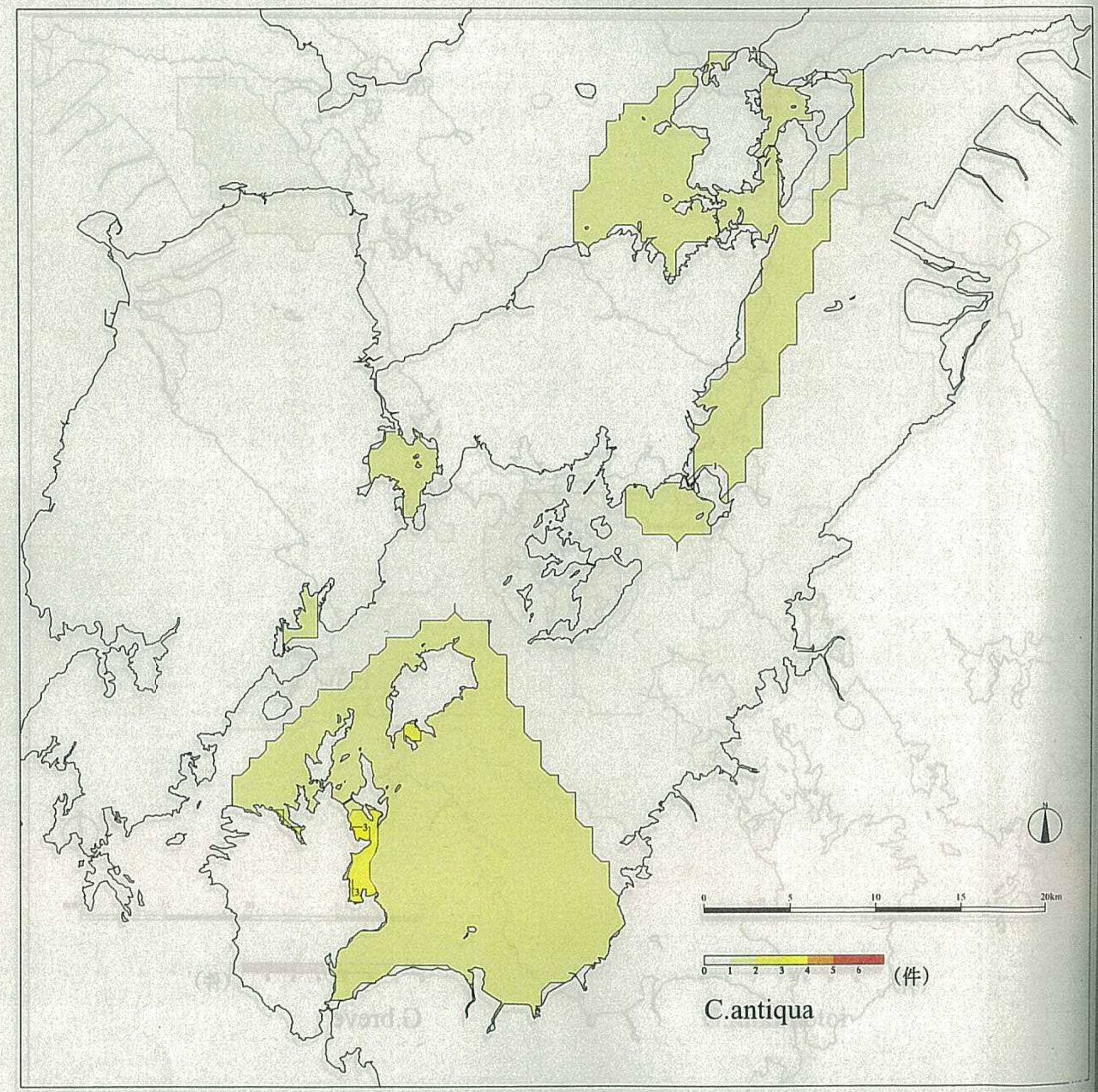


図 1.2-4(4)　*Chattonella antiqua* の海域別発生頻度（夏季：6 月～8 月）

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）　より作成

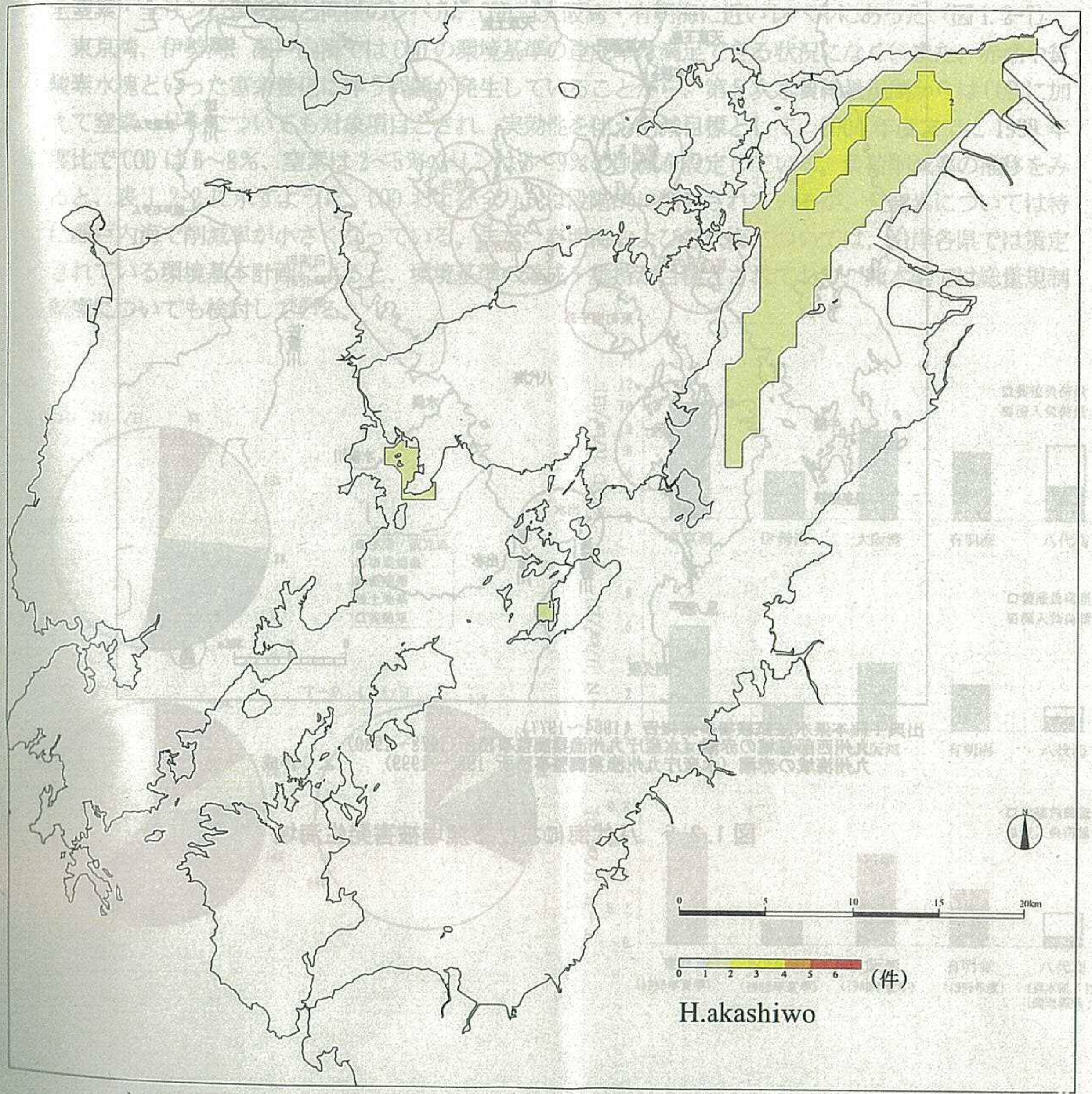
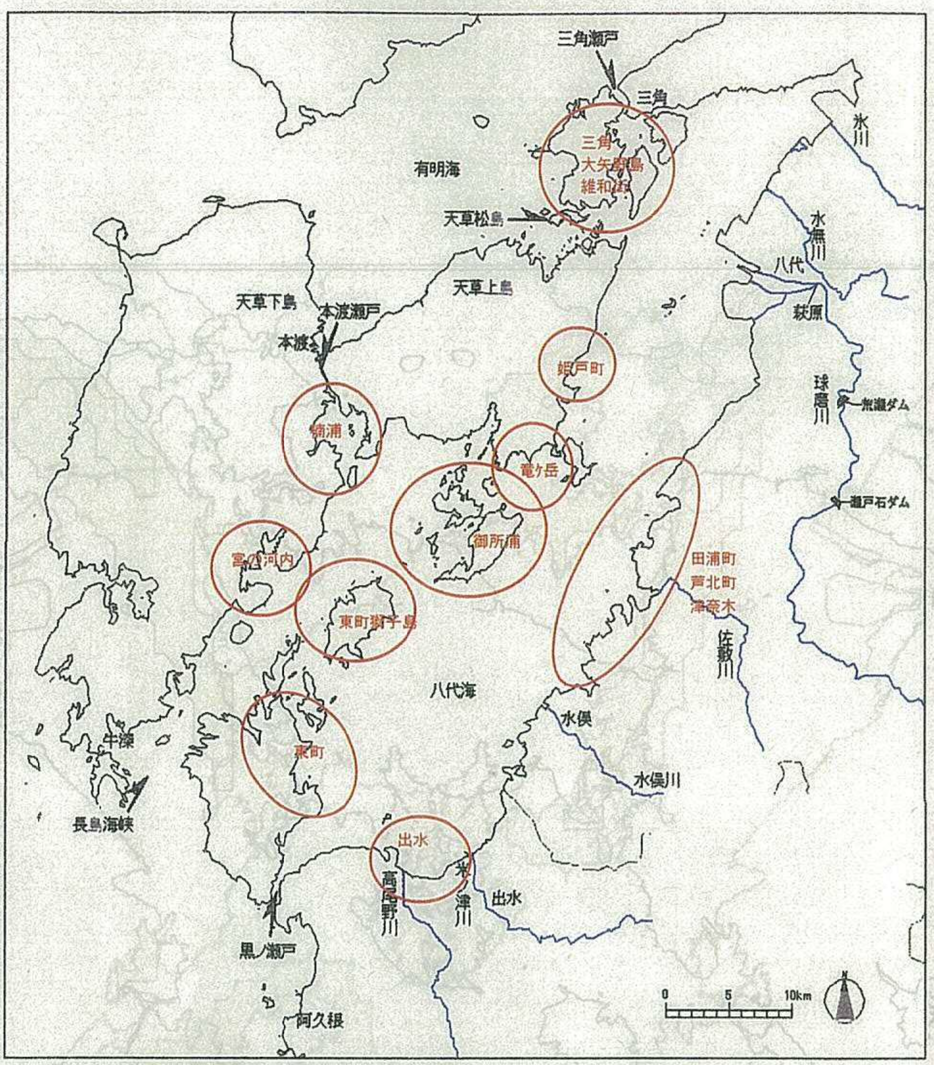


図 1.2-4(5)　*Heterosigma akashiwo* の海域別発生頻度（夏季：6 月～8 月）

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）　より作成



出典：熊本県水産試験場事業報告（1964～1977）
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）　より作成

図 1.2-5　八代海における漁場被害発生海域

4)　八代海の負荷特性

1999 年(H7)に策定された八代海流域の汚濁発生源別排出負荷量および海面への養殖負荷量は図 1.2-6 のとおりである。

他の閉鎖性水域と八代海の負荷量を比較し、各湾における負荷削減目標値あるいは沿岸都道府県の水質保全目標を表 1.2-1 に示す。負荷削減目標値は水質総量規制の、水質目標値は都道府県で策定されている環境基本計画の数値目標を用いた。

八代海への単位容体積当りの流入負荷量は他の海湾と比較して小さいが、養殖負荷量を加算すると、全窒素・全リンは伊勢湾と同様のレベル、COD は大阪湾・有明海に近いレベルにあった（図 1.2-7）。

東京湾、伊勢湾、瀬戸内海では COD の環境基準の達成率は満足できる状況になく、また、赤潮や貧酸素水塊といった富栄養化に伴う問題が発生していることから、第 5 次水質総量規制からは COD に加えて窒素・リンについても対象項目とされ、実効性を伴う削減目標として、2004 年度までに 1999 年度比で COD は 6～8%、窒素は 2～5%、リンは 6～9%の削減を設定している。負荷削減率の推移をみると、表 1.2-2 に示すように、COD および全リンは段階的に削減されているが、全窒素については特に瀬戸内海で削減率が小さくなっている。また、有明海および八代海については、沿岸各県では策定されている環境基本計画によると、環境基準の達成・維持が目標とされており、熊本県では総量規制制度についても検討している。

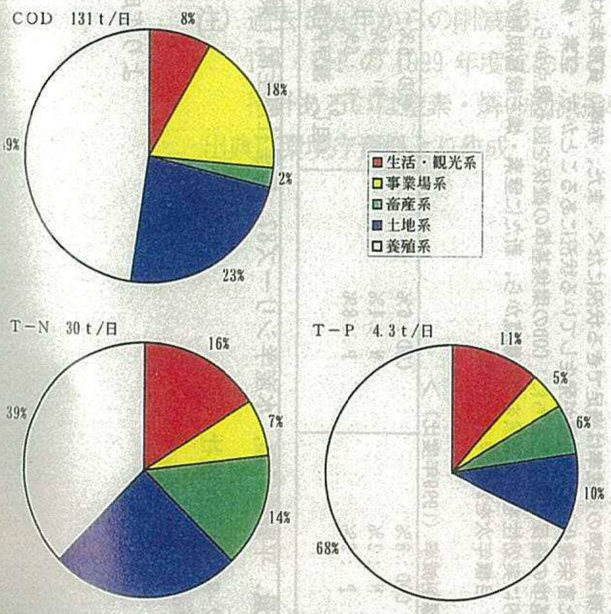


図 1.2-6　八代海流域の汚濁発生源別排出負荷量および養殖負荷量（1999(H7)年）［資料：熊本県・鹿児島県］

1995

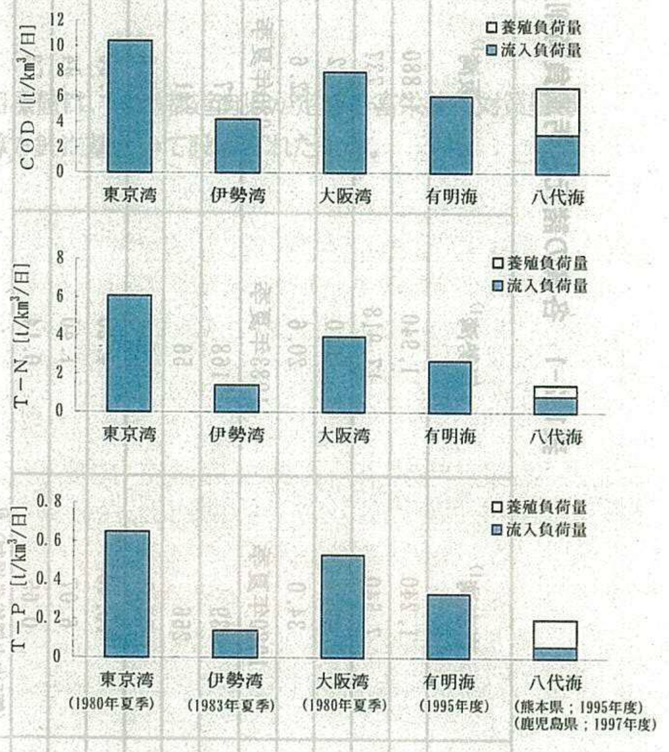


図 1.2-7　主な閉鎖性水域の流入負荷量［表 1.2-1 より作成］

表1.2-1　各湾の諸元と汚濁負荷削減目標

項目／水域名		東京湾[1]	伊勢湾[1]	大阪湾[1]	有明海[2,3,4]	八代海[5]	
面　積（km^2）		1,240	1,940	1,880	1,700	1,003	
流域面積（km^2）		7,540	17,918	5,737	8,075	3,301	
容体積（km^3）		42.2	40.0	61.2	34.0	22.3	
平均水深（m）		34.0	20.6	32.6	20.0	22.2	
負荷量算定年度		1980年夏季	1983年夏季	1980年夏季	1995年度	1995年度（熊本県），1997年度（鹿児島県）	
流入負荷量（養殖負荷量）	COD（t／日）	439	168	487	206	68　（83）	合計 151
	N（t／日）	256	56	241	91	19　（13）	33
	P（t／日）	27.3	5.4	32.3	11.1	1.3　（3.2）	4.5
容体積負荷量	COD（t／km^3／日）	10.40	4.20	7.96	6.06	3.05　（3.72）	6.77
	N（t／km^3／日）	6.07	1.40	3.94	2.68	0.85　（0.58）	1.48
	P（t／km^3／日）	0.65	0.14	0.53	0.33	0.06　（0.14）	0.20
水質保全目標		（第5次水質総量規制）[6] CODの環境基準の達成率は満足できる状況になく、また、赤潮、貧酸素水塊といった富栄養化に伴う問題が発生している状況にあることから、窒素・燐の環境基準の確保を図るとともに、CODの環境基準の確保を図る観点から、また、段階的に実効性を伴う削減を図る観点から、新たに窒素・燐を総量規制の対象とし、目標年次を2004年度とする。〈目標削減率（1999年度比）〉 COD：8%　N：2%　P：9%	COD：6%　N：4%　P：8%	COD：6%　N：5%　P：6%（但し、瀬戸内海全域）	（福岡県環境総合基本計画）環境基準等の達成・維持	（鹿児島県環境基本計画）COD：環境基準達成率を90%に〈目標年度：平成19年度〉 N・P：環境基準達成率を100%に〈目標年度：平成19年度〉	
					（熊本県環境基本計画）環境基準の達成・維持（熊本県有明海・八代海再生に向けた総合計画）海域全体から陸域にわたる詳細な実態調査や関係機関・関係事業者等との協議を踏まえ、富栄養化の要因物質（窒素・燐等）の計画的削減のための総合的な指導方針について、関係県と連携しながら検討を進める。また、総量規制制度について研究するものとする。		

文献）1.蔵本武明・中田喜三郎：漁場環境容量．平野敏行編，水産学シリーズ87，恒星社厚生閣，東京，pp.85-103（1992）
2.海洋学会編（1985）日本沿岸海洋誌
3.西尾　建（1985）有明海干拓始末、2-8、日本評論社
4.平成11年度有明海流域別下水道整備総合計画
5.熊本県・鹿児島県資料
6.環境庁資料

より作成

表1.2-2　総量規制3海域における負荷量削減率の推移と削減率目標値

（%）

項目	年度　海域	東京湾	伊勢湾	瀬戸内海
COD	1984年度（実績）	13	7	11
	1989年度（実績）	14	5	7
	1994年度（実績）	19	10	11
	1999年度（目標）	5	7	4
	2004年度（目標）	8	6	6
T-N	1984年度（実績）	8	2	4
	1989年度（実績）	4	6	-3
	1994年度（実績）	12	4	-5
	1999年度（目標）	1	4	2
	2004年度（目標）	2	4	5
T-P	1984年度（実績）	27	17	26
	1989年度（実績）	14	5	10
	1994年度（実績）	12	11	3
	1999年度（目標）	4	8	3
	2004年度（目標）	9	8	6

注）過去5ヵ年からの削減率
T-N・T-P の 1999 年度における目標値は、関係都道府県が定める富栄養化対策指導指針あるいは窒素・燐の削減指導方針に基づいて設定されたもの。
出典）環境庁資料より作成

(2) 保全目標の設定

将来にわたる「望ましい八代海」の基本理念および八代海の直面する課題を踏まえて、具体的な保全目標を設定する。保全目標は、海域環境や生物生産の時間的な変動（季節変化）および空間的な広がり（海域区分）を考慮し、できるだけ数値目標とするが、生態系には複数の要因が錯綜し、不解明な部分が多いことから、実現可能性も考慮に入れて段階的に検討することとする。

目標設定にあたっては、以下の４つが柱となると考えられる。

① 漁業被害を伴う赤潮の発生を抑制するための栄養塩（窒素、リン）基準の策定・達成

② 漁場管理および養殖管理の適正化を推進する魚類養殖環境基準の達成

③ 干潟・藻場など水産資源の再生産・育成場の保全

④ 環境の多様性と生物多様性の持続（健全な生態系の維持）

①生物生産の基盤となる栄養塩（窒素・リン）については、水質保全のための栄養塩レベルと漁業生産を維持するための栄養塩レベルが両立する目標とする。そのためには、漁業被害を起している赤潮の多発海域およびその発生時期、河川水の拡散範囲、水産資源の育成場、養殖漁場などの時間的・空間的要素を考慮して海域区分し、それぞれの特性に応じた目標を設定する必要がある。また、それを評価できる水質シミュレーション（多層メッシュモデル）を再構築した。

②魚類養殖環境基準については、熊本県および鹿児島県が「熊本県新魚類養殖基準」、「鹿児島県魚類養殖指導指針」において底層 DO や底泥の硫化物等の基準値を設定し、指導しており、この基準を達成することを当面の目標とする。

③干潟、藻場、河口域などの浅海域は資源生物の再生産・育成の場として重要であり、かつ水質浄化機能を発揮する場である。干潟・藻場面積が減少してきている現状を踏まえて、現存する干潟・藻場の保全や失われた環境機能の再生・増強などを目標とする。

④環境の多様性と生物多様性の持続については、生物多様性は生息環境の多様性に依存しており、なかでも干潟・浅海域などでは多様性が高いことから、上記③の干潟・藻場などの保全が結果として生物多様性とその生息環境を保全するになると考えられる。

以上の目標については、相互に関連し相反する利害関係にあることもあるので、地域住民、漁業関係者、行政機関などが連携し合意形成のもと、海域のゾーニングが必要となる。その際、人々の海や自然に対する関心が高いことも踏まえて、時間軸と空間軸を考慮したゾーニングが必要である。

(3) 保全対策の方向性

これまでの委員会審議において、現在の八代海が抱えている最大の環境問題の１つに赤潮による漁業被害があげられ、赤潮の発生を抑制するための取り組みが緊急かつ最大の課題であるとされている。そこで、海域環境および漁場環境の保全対策の取り組み方針を以下のとおりとし、第一に赤潮を抑制し、さらに総合的な保全を明示する。また、実効をあげるための主な保全対策の方向性を表 1.2-2 に示す。

1) 栄養塩負荷の削減…漁業被害を起す赤潮の発生を抑制し、貧酸素化しないなど健全な漁場環境を維持するための栄養塩負荷の削減

2) 水質、底質の保全・再生（干潟・藻場）…水産資源育成場の保全および水質浄化

表 1.2-3 主な保全対策の方向性

栄養塩負荷の削減 （赤潮対策、水質保全、底質保全）	①流域負荷の削減 ②底泥からの溶出負荷の削減 ③養殖負荷の削減	（流域対策） （海域対策） （漁場対策）
水質、底質の保全（干潟・藻場） （資源育成場の保全・再生、水質保全）	④砂利採取の制限 ⑤海域への土砂の補給 ⑥底質改善等	（河川・海域対策） （河川対策） （海域対策）

(4) 保全対策の検討・評価手法（水質シミュレーション）

望ましい栄養塩レベルの基礎的検討および保全対策効果の定量的検討にあたって、既存の「水質ボックスモデル」から水平的・鉛直的な分布をより詳細に表現できる「多層メッシュモデル」を構築した。このモデルを用いて、保全対策の効果を検討し、その検証を行なうとともに、保全対策と連動して、保全目標およびゾーニングに関する検討を行なうことが可能である。

ここでは、八代海では、有害赤潮による被害が大きな問題となっており、赤潮の発生を抑制する対策を検討することが緊急の課題となっている。また、湾奥でもＣＯＤ、窒素、燐が高くなっている。これらの課題を解決するために、流入する汚濁負荷量の削減を効果的・効率的に行なうための保全対策立案のための基礎資料を作成することを目的に、以下の検討を行なう。

1) 八代海域に流入する汚濁負荷を地域的にグループ分けし、八代海水質に対する各々の寄与度（範囲・量）を把握する。

2) 赤潮の多発する海域、ならびに関連海域のＮ、Ｐ濃度に注目し、これらを低下させるのに効果的な流入負荷対策地域の順位付けを行う。

3) 抽出された流入負荷対策地域について、削減可能な負荷量を試算し、所定の水質目標レベルに達するまでの汚濁負荷対策域を検討する。

目標設定にあたっては、図 1.1-1 に示すとおり、水質目標（望ましい栄養塩レベル）を設定して、それを維持するための負荷削減を水質シミュレーションを用いて検討すべきと考えた。しかし、八代海では、赤潮発生頻度と N・P との明瞭な関係が認められなかったこと、他海域においては水質目標を設定するのではなく、実現可能な負荷削減を 5 年ごとに行い、環境基準の達成をめざす水質総量規制を行っており、また、熊本県でも「熊本県有明海・八代海再生に向けた総合計画」において総量規制制度について検討されていることから、まずは短期的な目標として、図 1.2-8 に示すとおり、熊本県の実現可能な負荷削減見込み値を元に目標値を検討し、水質分布図を作成した結果、有害赤潮多発水域等の注目すべき水域における負荷削減効果の予測を行ったうえで水域別に水質保全目標値を設定し、水質のモニタリング結果と対比しながら効果的な対策の検討等、順応的な環境管理を行なうための基礎資料とすることとした。

① 負荷削減率の設定

負荷削減目標値として、熊本県が 1995 年度から 2005 年度にかけて見込んだ負荷削減値を元に検討する。この値は、八代海における窒素、燐の環境基準類型指定にあたり県が積算したものである。このような現実的な削減量を目標値とすることは、東京湾など閉鎖性水域での水質の総量規制においても、実施可能な限度における削減努力を前提に定めることとされている。

② 注目水域の設定

注目すべき水域として、有害赤潮による被害が大きな問題となっている南部、西部の赤

潮多発水域、COD、窒素、燐が高くなっている湾奥水域を抽出する。また、八代海全体の水質の代表として、窒素、燐の環境基準点の水質に注目する。

③　注目水域での負荷削減効果の予測

養殖、流入、溶出負荷それぞれについて負荷量を削減した場合の表層夏季水質（0～3m層）に対する効果を水質シミュレーションによって予測する。

水質の改善に効果的な負荷削減は水域によって異なり、養殖負荷の影響が大きい南部、西部海域の有害赤潮多発海域では養殖負荷削減が、湾奥では流入負荷削減が最も効果的である。また溶出負荷は水深が浅く底質の有機汚濁が進んだ湾奥で効果が高い。

④　水域別保全目標値の設定

八代海では有害赤潮による漁業被害が問題となっていることから、水質目標値は赤潮発生との関連が強い窒素と燐について設定した。燐と赤潮との関係は図 1.2-9 に示すように、大阪湾での例として、表層中の全リン濃度が低下すると、赤潮の発生頻度が低下する傾向が見られている。

赤潮多発水域では、水質モニタリング点が無いので、シミュレーション結果から新たに水質監視点を設定し、シミュレーション計算値を水質目標値として設定する。

湾奥水域は、環境基準点があることから、環境基準点において環境基準値を超えないことを目標とする。

その他の環境基準点においても環境基準値を超えないことを目標とする。

⑤　効果的な対策の検討

今回の水質シミュレーションを用いて水質保全目標値を設定し、水域別に有効な負荷削減方策を確認できる。発生源別削減率は一律で与えているため、今後は地域別負荷寄与度の把握等を行ない、より効果的な対策を検討を行なう。

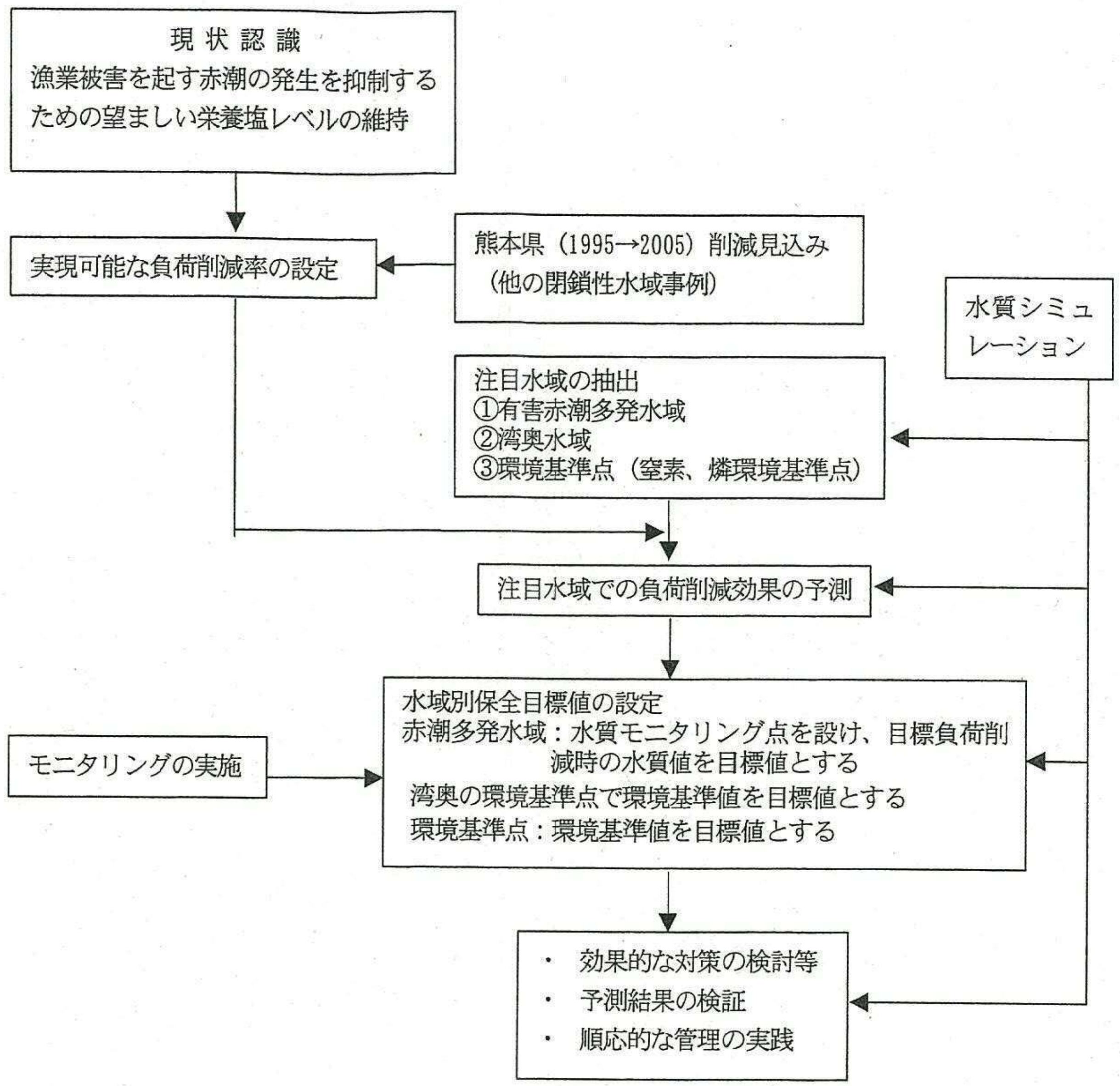


図 1.2-8　負荷削減効果の予測と水質保全目標値設定のフロー

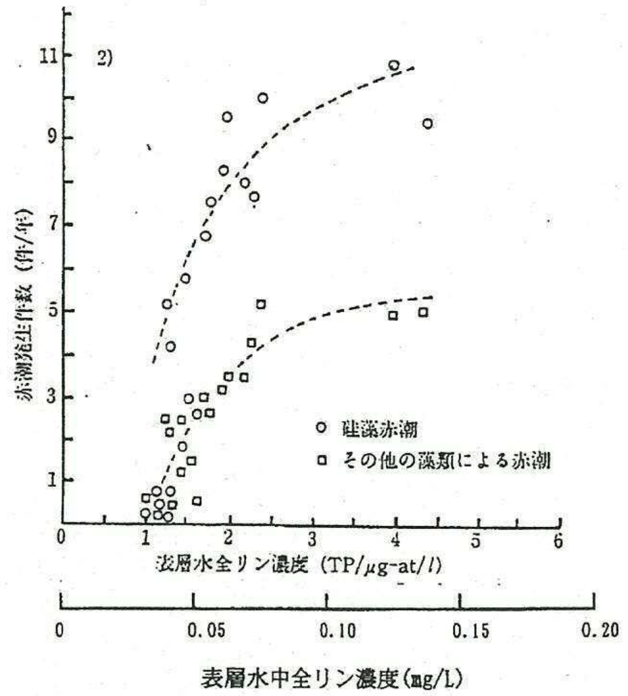


図 1.2-9　大阪湾表層水中のリン濃度と赤潮発生件数との関係（1979～1984 年平均値による）
出典）城久：漁場環境容量．平野敏行編，水産学シリーズ 87，恒星社厚生閣，東京,pp.49-68（1992）

(5)　環境モニタリング計画の策定方針

不確実性を伴う生態系や漁場環境を管理するにあたっては、環境モニタリングを行いながら順応的に管理することが重要である。また、保全目標の達成状況や保全対策効果を検証するにあたっては、水質シミュレーションでは評価し得ない現象も多くあり、これらについては環境モニタリングを行いながら、事後評価し、さらなる保全対策に向けた取り組みが必要である。

したがって、関係行政機関、漁業関係者、学識経験者等の連携のもとに環境モニタリング調査計画を策定する。

1.3 水質シミュレーションモデル（多層メッシュモデル）の構築

(1) 基本方針

本委員会において構築したボックスモデルにおいては、八代海を水平方向に 10 ボックス、鉛直方向に 3 層に分割し、底泥の浚渫や流入負荷対策等の水質保全対策の効果を概略表現できるようになっている。

ここでは、さらに保全対策の効果の波及状況を海域毎に詳細にできるように、以下の基本方針に基づき、多層メッシュモデルを構築することとした。

①評価指標

天然魚、養殖、海藻を対象として漁場を評価する指標を以下のように設定する。

- 漁業被害となる赤潮が発生しない（海域生物全般）
- 有光層厚を大きく保つ（主として海藻）
- 貧酸素化しない（主として底魚）
- 適度な栄養塩が存在する（基礎生産を担う海草・藻類）

＊　経年的な水温変化は対象外とする。

②取り扱う現象・事項

評価指標に関連する以下の現象について、その発生機構ならびに改善手法に関連する事項を取り扱う。

◎ 赤潮発生の潜在力となる基礎生産量 → 基礎生産の主な担い手である植物プランクトン量をクロロフィル a で表現し、その増殖を日射量、水温、窒素・燐濃度の分布に合わせて算出し、クロロフィル a が異常に高濃度にならないための窒素・燐抑制策を検討する。

◎ 有光層厚→ 現地観測情報を基に、所定の透明度を確保するための COD 等の濃度を設定し、これを達成・維持するための施策を検討する。

◎ 底泥悪化→ 溶出・DO 消費速度の水平的な分布を底質等と関連づけて与える。また、浚渫・覆砂等の底質改善後の溶出・DO 消費速度を設定する。

③空間分割

水平方向：海峡部等地形条件、漁場の広さ、特に養殖区画の分布から、最低 500m 四方とする。

鉛直方向：既に行った 3 層ボックスモデルの水温・塩分の再現状況に加え、河川水の拡散や水温・塩分の躍層、有光層等を考慮して、更に多層に分割することが望ましいと判断される。

④計算期間

漁業対象とする生物種、ならびにその生息・成長を阻害する原因を勘案し、計算期間を設定する。今回は、海域生物全般の生息条件を念頭に置いて、赤潮や貧酸素の発生確率の高い夏季を対象とする。

(2) モデルの概要

基本方針をふまえ、表 1.3-1 に示す内容の多層メッシュモデルを構築した。

表 1.3-1　多層メッシュモデルの内容

区分		内容
基本	計算領域	八代海とその周辺海域
	水平分割	500m メッシュ（図 1.3-1）
	鉛直分割	11 層（海面から 3m 毎に 30m までを区分し、それ以深は海底まで）（図 1.3-2）
	計算期間	夏季の大潮・小潮を含む 15 昼夜 （水質は 1994～1996 年度の 6 ～ 8 月を再現目標とした）
海水流動	計算項目	流向・流速、水温、塩分
	基本式	運動方程式、水温・塩分の拡散方程式、連続の式
	内部諸係数	海面摩擦係数、粘性係数、拡散係数、海底摩擦係数
	外部制御条件	外海：潮位・水温・塩分 沿岸：河川流量 海面：日射量・雲量・気温・風・相対湿度
水質変化	計算項目	植物プランクトン（COD、O-N、O-P、Chl.a）、デトライタス（COD、O-N、O-P）、溶存有機物（COD、O-N、O-P）、無機栄養塩（I-N、I-P）、DO
	基本式	物質の移流・拡散式、物質の形態変化式
	内部諸係数	拡散係数、再曝気係数、生産速度定数（最大増殖速度、最適日射量、最適水温、窒素・燐半飽和定数、COD/Chl.a 比等）、分解速度定数（温度定数）、沈降速度
	外部制御条件	外海：水質濃度 沿岸：河川流入負荷 海面：養殖負荷 海底：溶出負荷、DO 消費速度（溶出負荷と DO 消費速度はメッシュ毎に分布を与えた。） その他：漁獲による取上量
その他	再現性の検証	計算期間に該当する八代港の潮位、潮流の流向・流速、水質（水温、塩分、COD、T-N、T-P）の実測値と計算結果を測定点毎に比較・検討

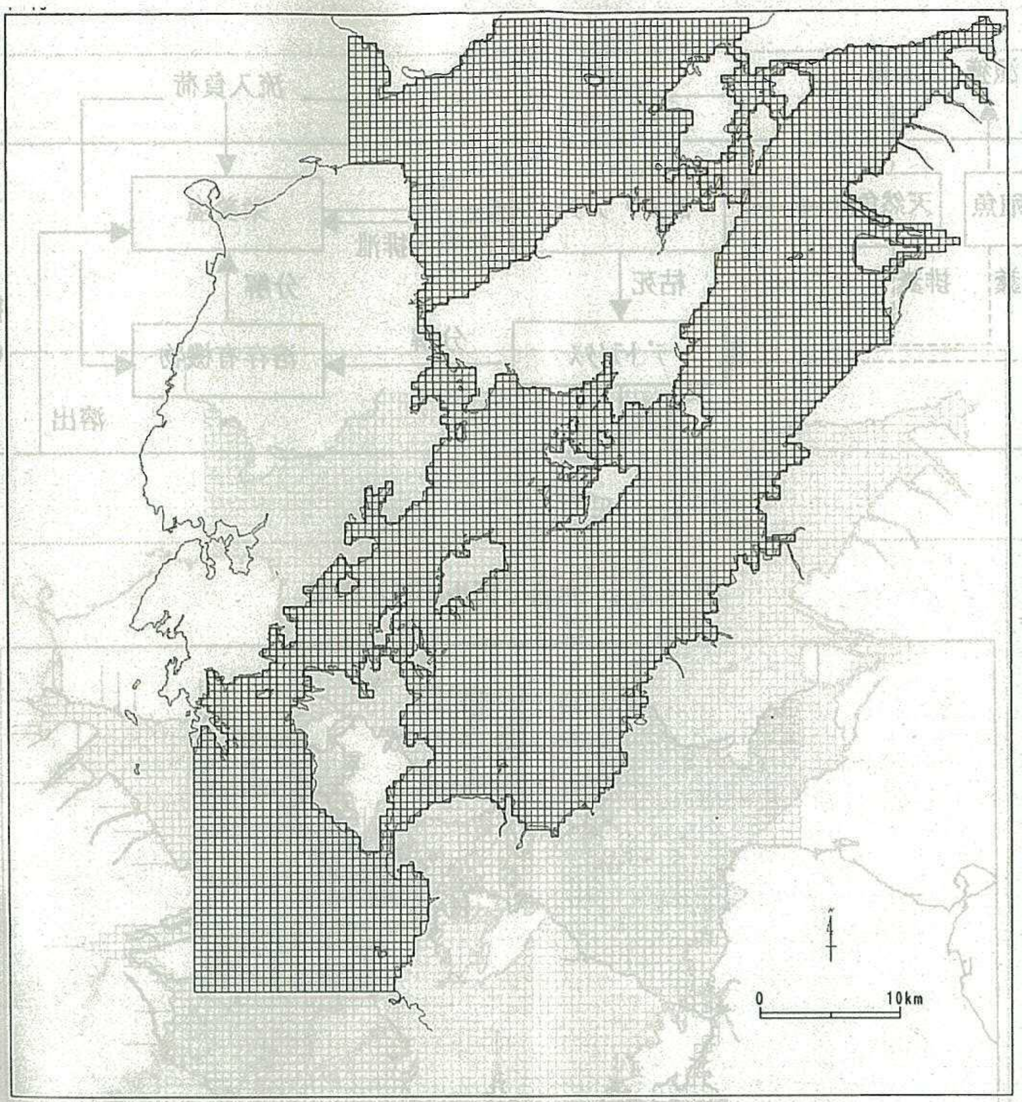


図 1.3-1　メッシュ分割

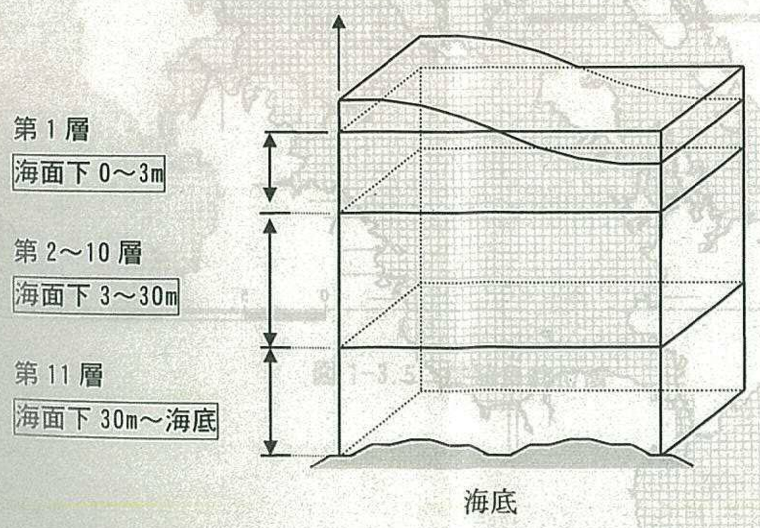


図 1.3-2　多層メッシュモデルの層分割

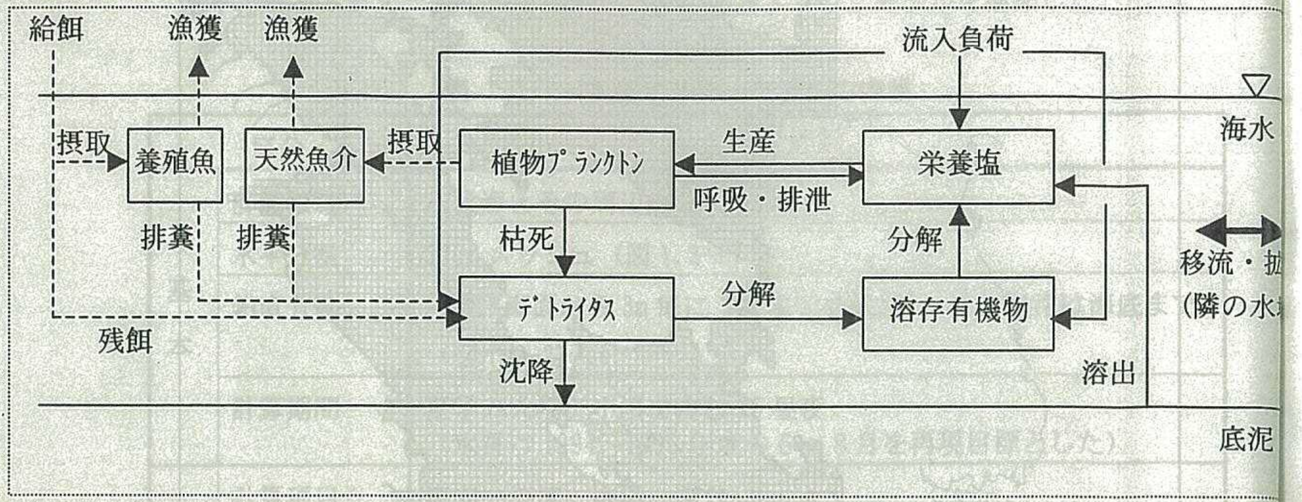


図 1.3-3 水質モデルの基本構造

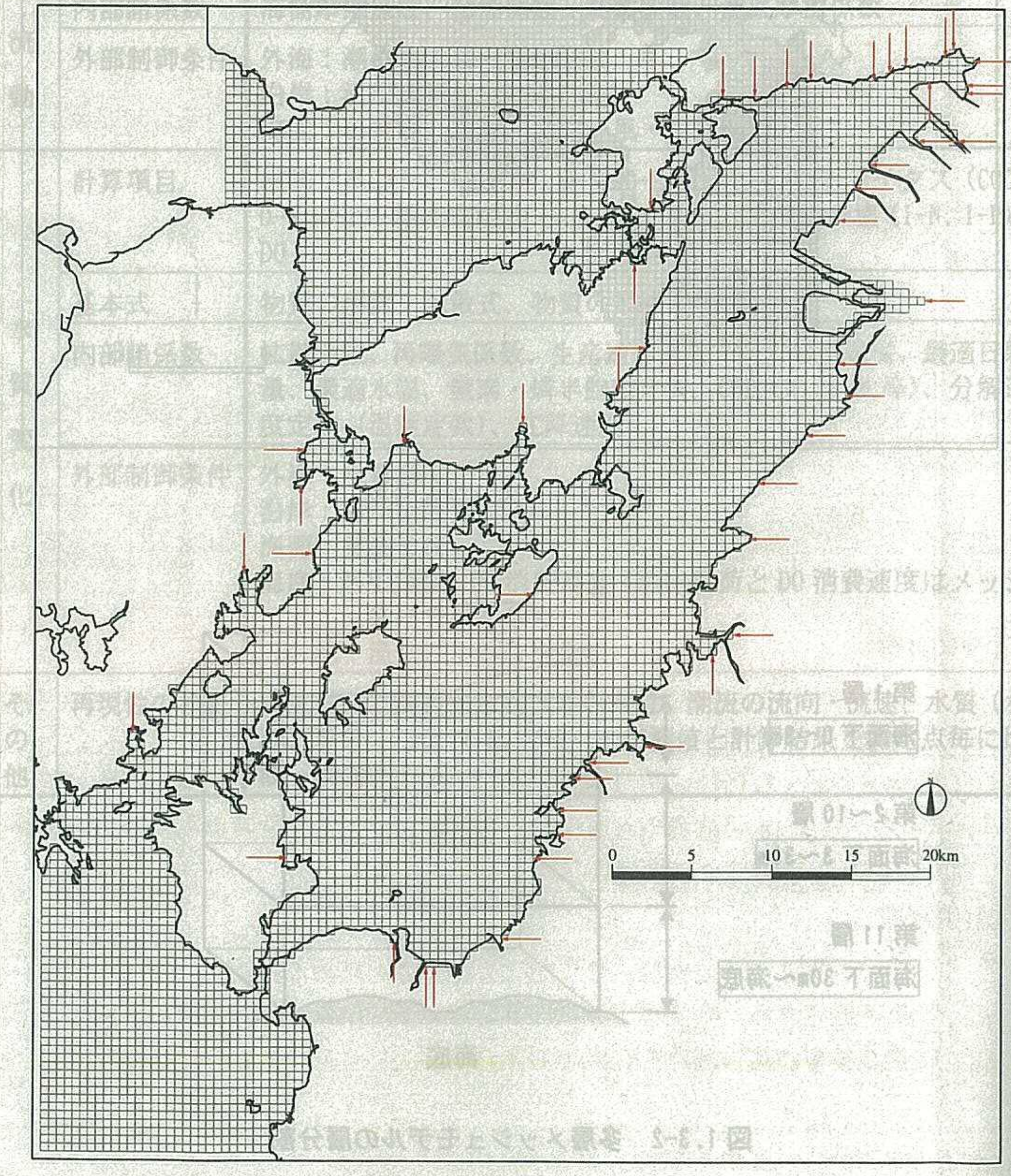


図 1-3.4 河川流入位置

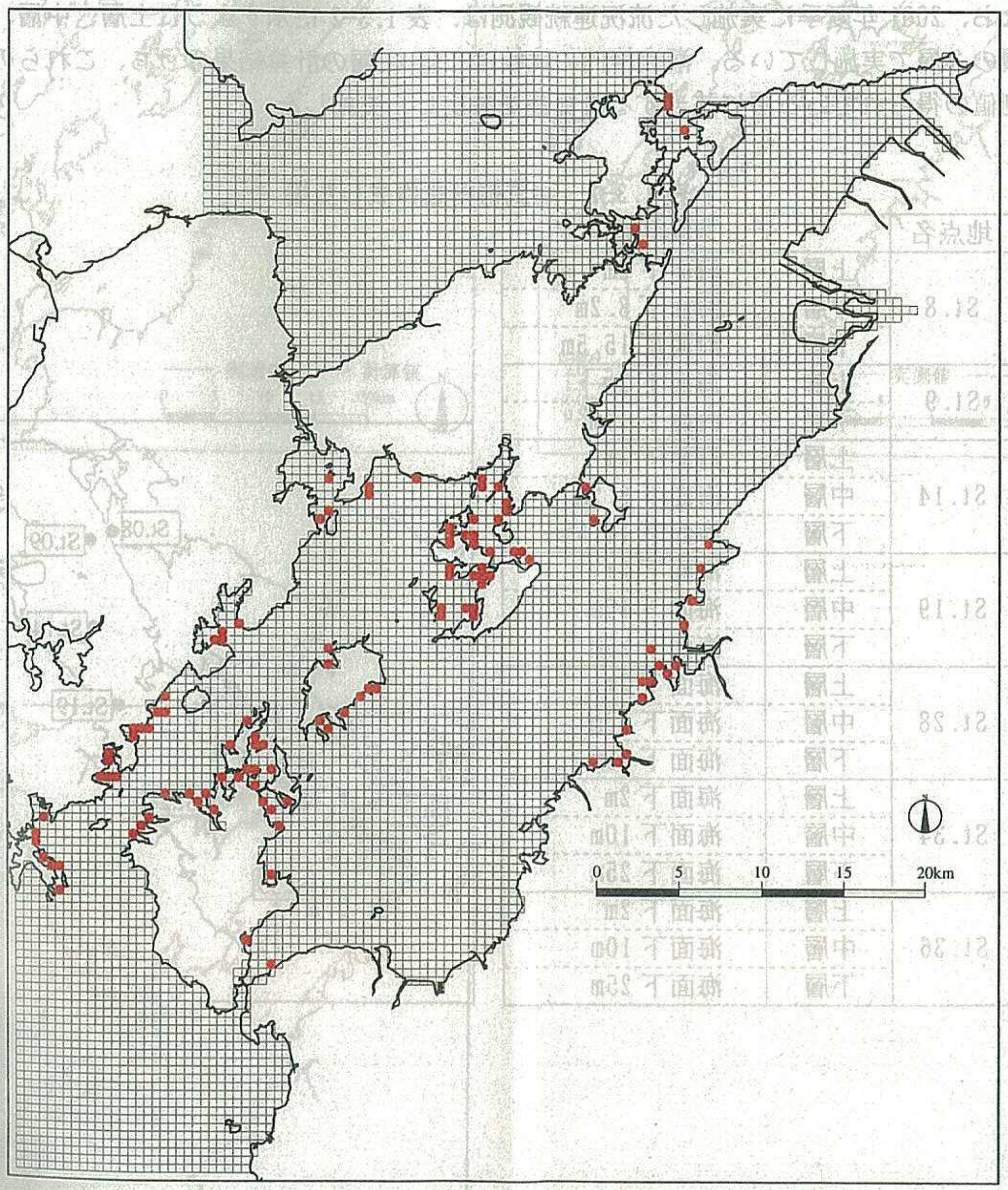


図 1-3.5 養殖負荷位置

(3) 流動モデルの現況再現性

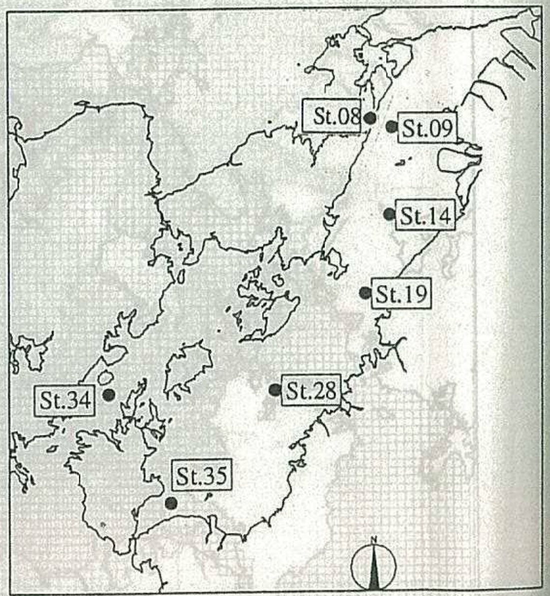
流動モデルの現況再現性については、八代海における以下の実測値と計算結果を比較することにより、検討した。比較図を図 1.3-6～図 1.3-8 に示す。

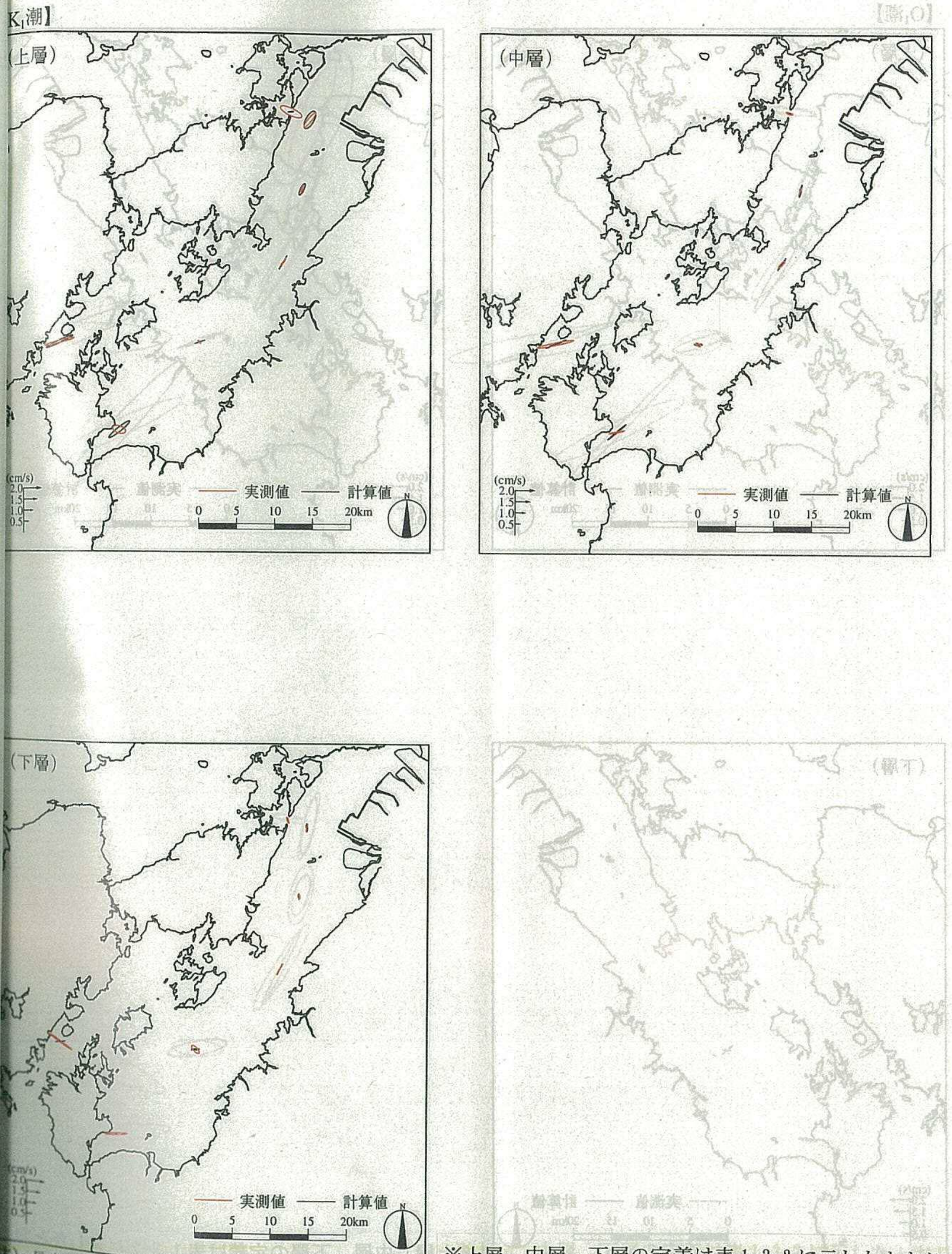
- 2001 年夏季に実施した流況連続観測から得られた潮流楕円（K_1、O_1、M_2、S_2 分潮：p.3-7 の表 3.2-1 参照）
- 1994～1996 年、6～8 月に実施された公共用水域及び浅海定線の水温、塩分測定結果

なお、2001 年夏季に実施した流況連続観測は、表 1.3-2 に示すように上層、中層、下層の 3 層で実施している。潮流楕円の比較は、全 11 層の計算結果のうち、これらの実測値の得られている層に該当する計算値を抽出し、実施した。

表 1.3-2　潮流楕円を作成した層

地点名	データ取得層	
St.8	上層	海面下 2m
	中層	海面下 8.2m
	下層	海面下 15.5m
St.9	上層	海面下 2m
	下層	海面下 14m
St.14	上層	海面下 2m
	中層	海面下 9.2m
	下層	海面下 17.5m
St.19	上層	海面下 2m
	中層	海面下 10m
	下層	海面下 25m
St.28	上層	海面下 2m
	中層	海面下 10m
	下層	海面下 25m
St.34	上層	海面下 2m
	中層	海面下 10m
	下層	海面下 25m
St.36	上層	海面下 2m
	中層	海面下 10m
	下層	海面下 25m



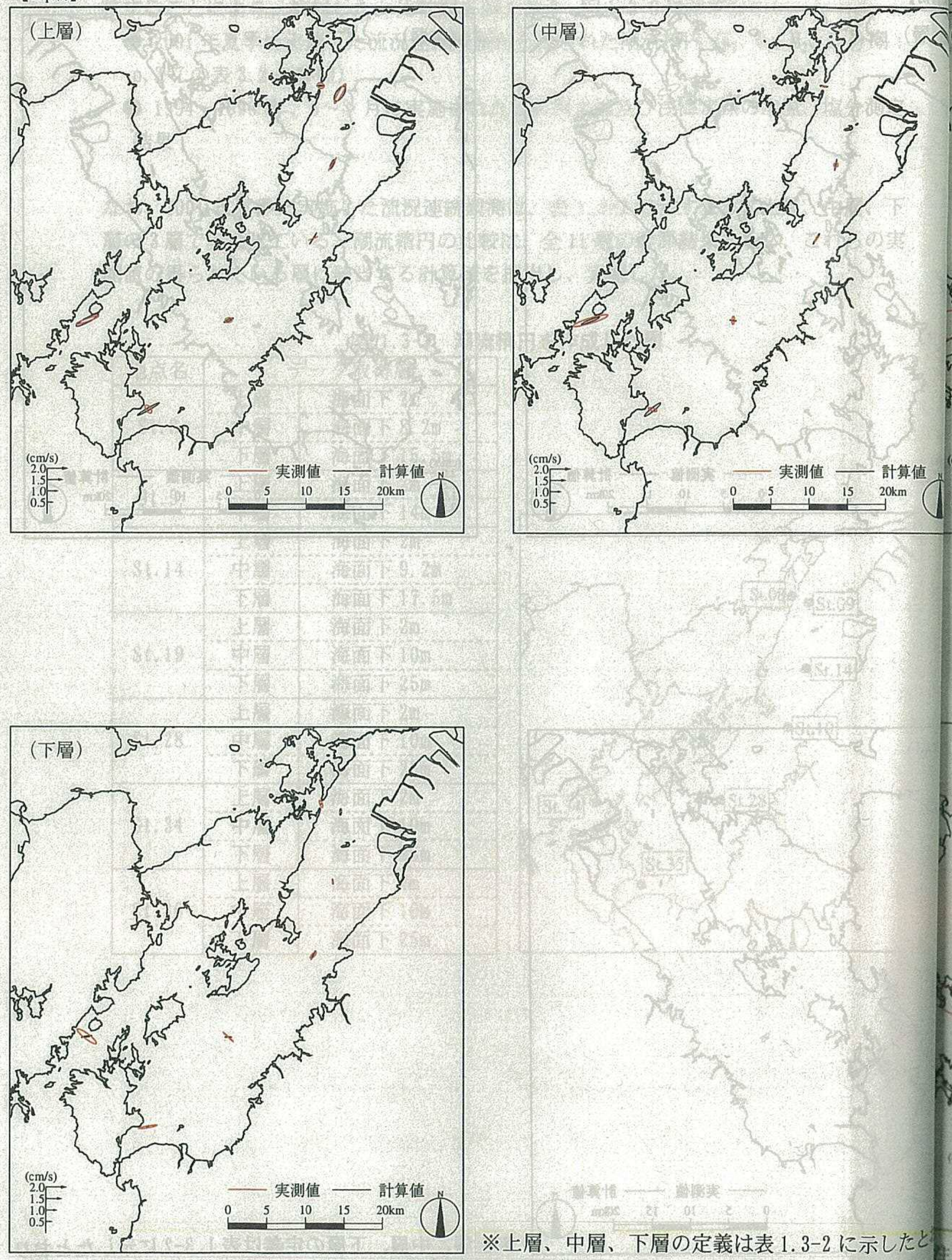


※上層、中層、下層の定義は表 1.3-2 に示したとおり

注）長島海峡の調査点は潮流が速く流速計を設置できなかったため、産島の島陰に設置

図 1.3-6(1)　観測値(2001 年夏季)と計算値の比較（潮流楕円・K_1 分潮）

【O_1潮】

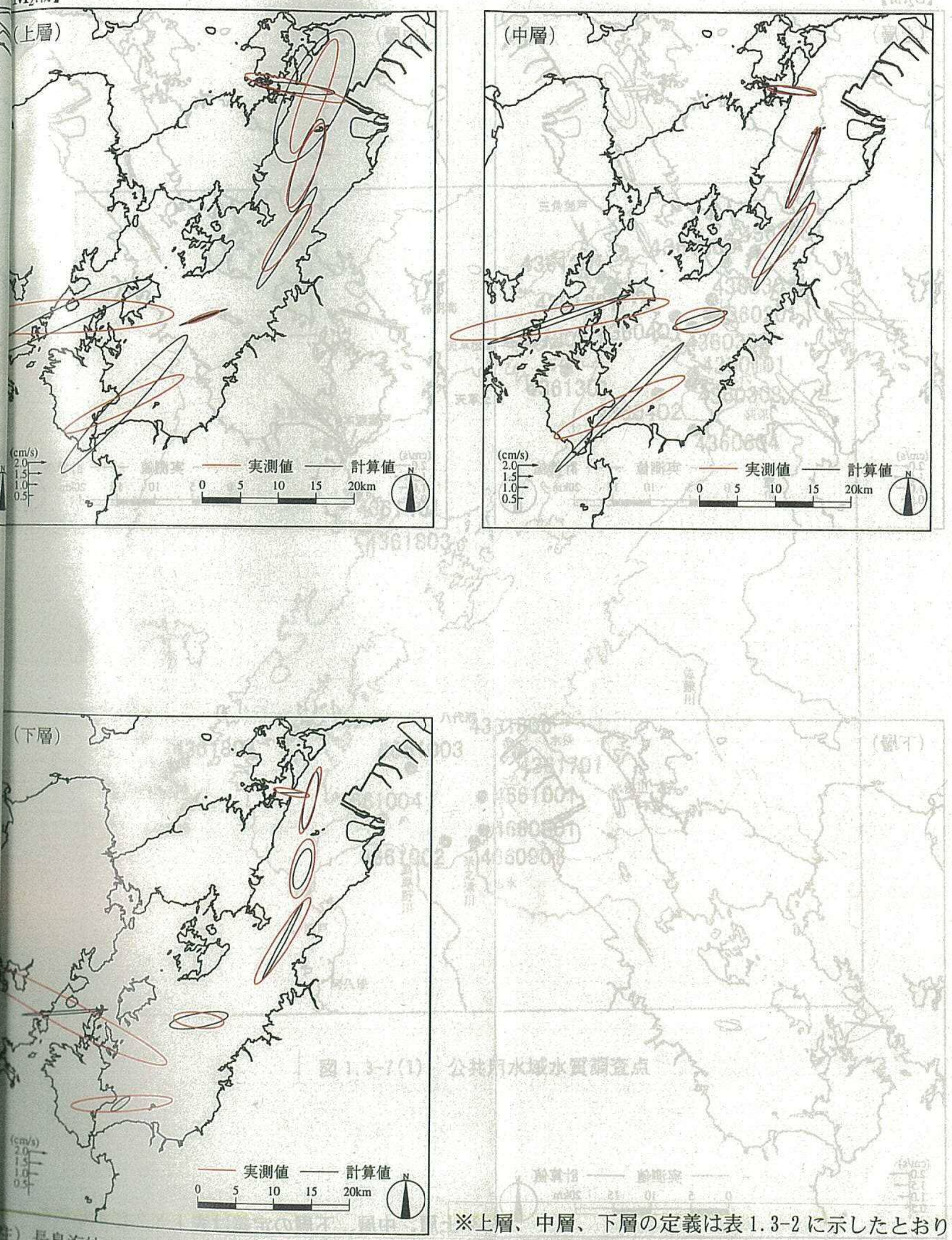


※上層、中層、下層の定義は表1.3-2に示したとおり

注）長島海峡の調査点は潮流が速く流速計を設置できなかったため、産島の島陰に設置

図1.3-6(2)　観測値(2001年夏季)と計算値の比較（潮流楕円・O_1分潮）

【M_2潮】

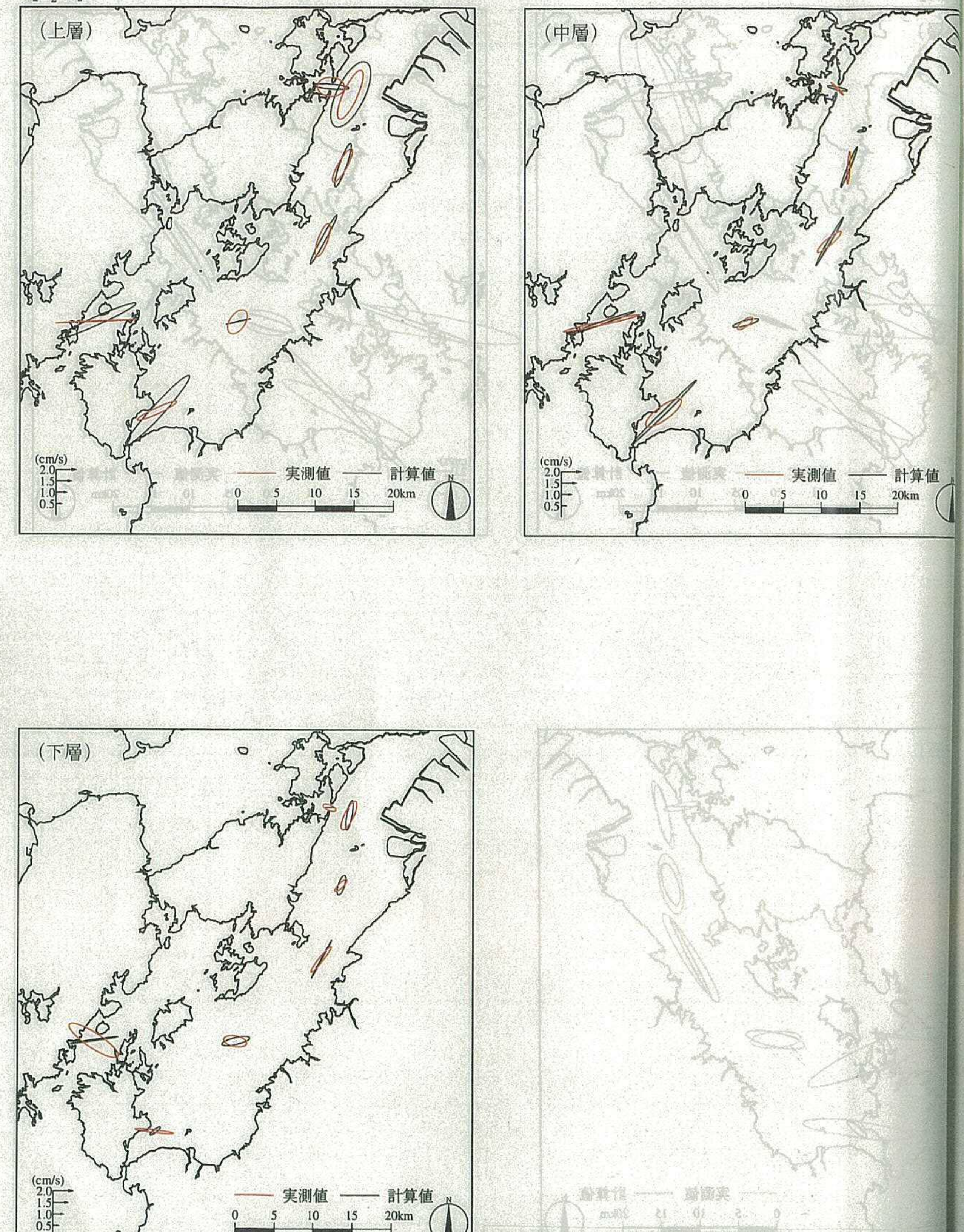


※上層、中層、下層の定義は表1.3-2に示したとおり

注）長島海峡の調査点は潮流が速く流速計を設置できなかったため、産島の島陰に設置

図1.3-6(3)　観測値(2001年夏季)と計算値の比較（潮流楕円・M_2分潮）

【S_2潮】



※上層、中層、下層の定義は表 1.3-2 に示したと

注）長島海峡の調査点は潮流が速く流速計を設置できなかったため、産島の島陰に設置

図 1.3-6(4)　観測値(2001 年夏季)と計算値の比較（潮流楕円・S_2分潮）

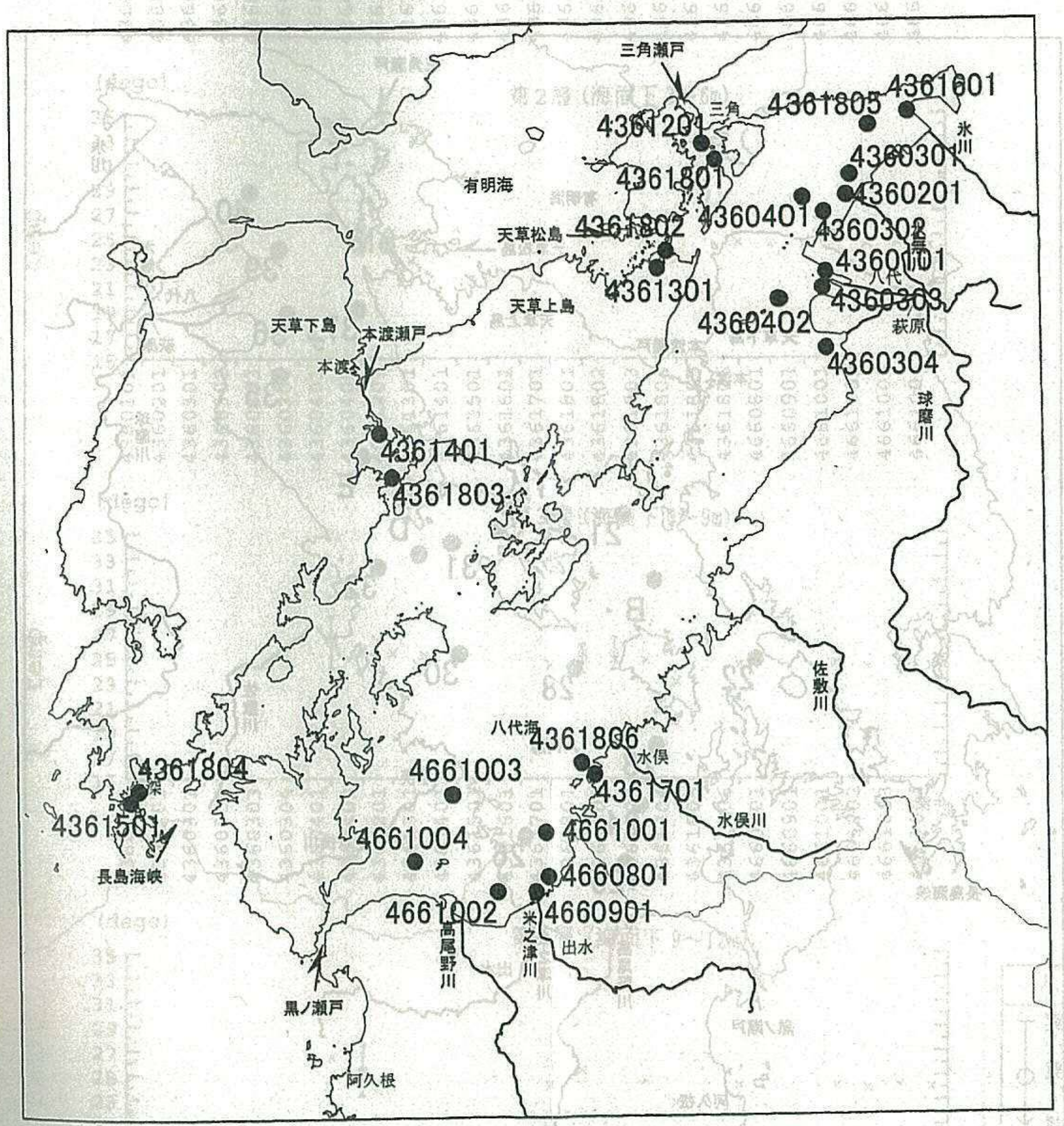


図 1.3-7(1)　公共用水域水質調査点

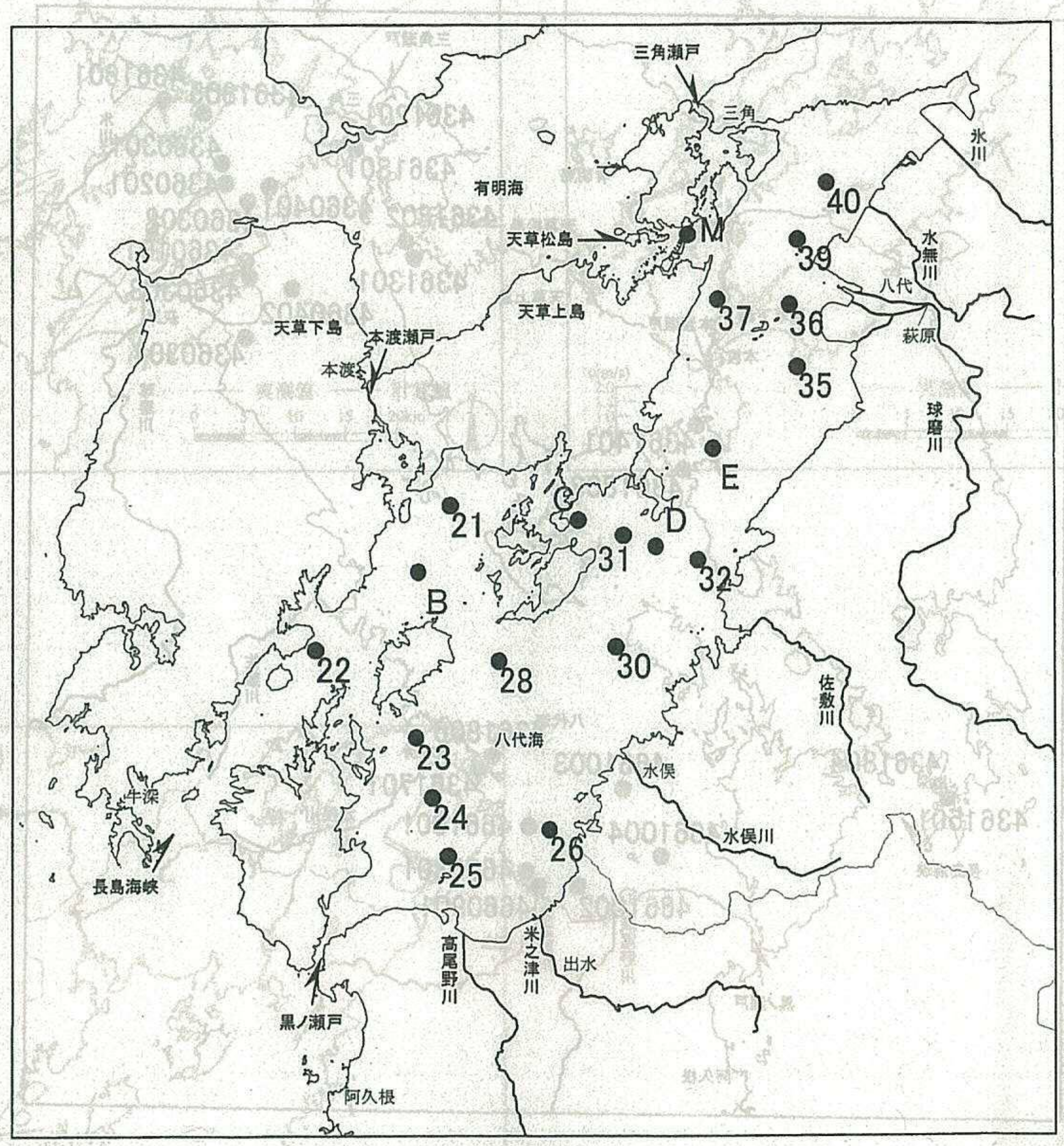


図 1.3-7(2)　浅海定線水質調査点

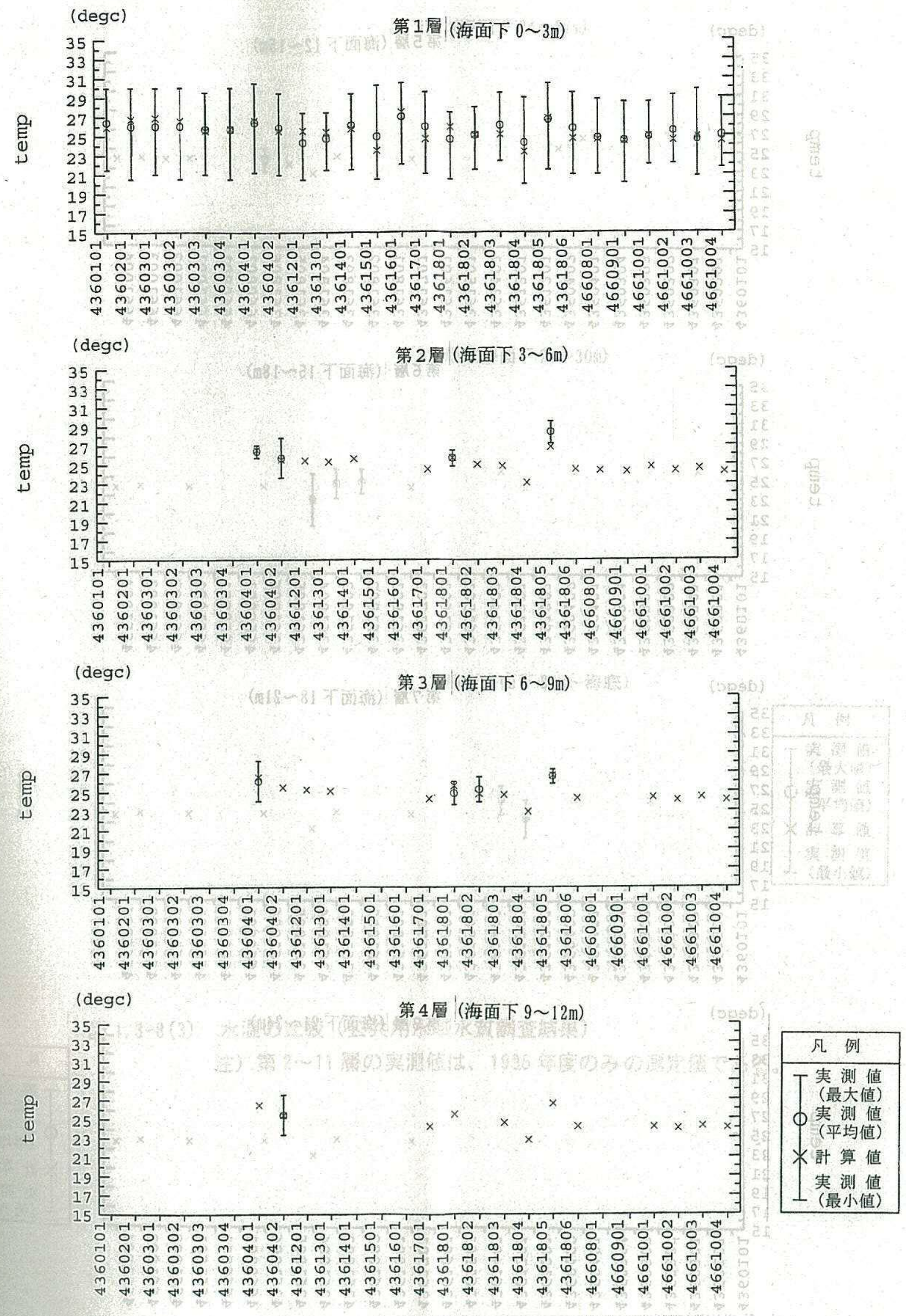


図 1.3-8(1)　水温の比較（公共用水域水質調査結果）

注）第 2～11 層の実測値は、1995 年度のみの測定値である。

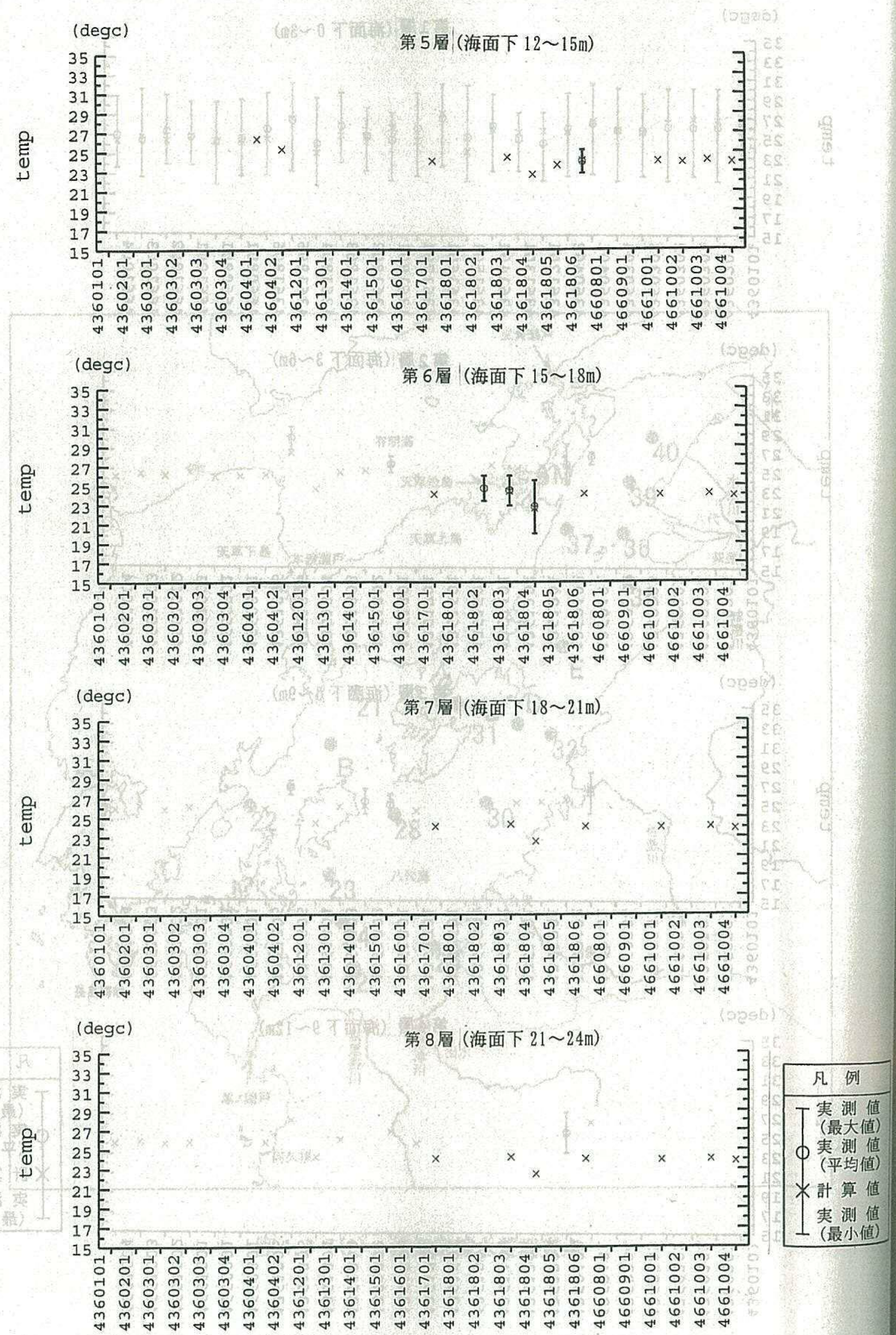


図1.3-8(2)　水温の比較（公共用水域水質調査結果）
注）第2～11層の実測値は、1995年度のみの測定値である。

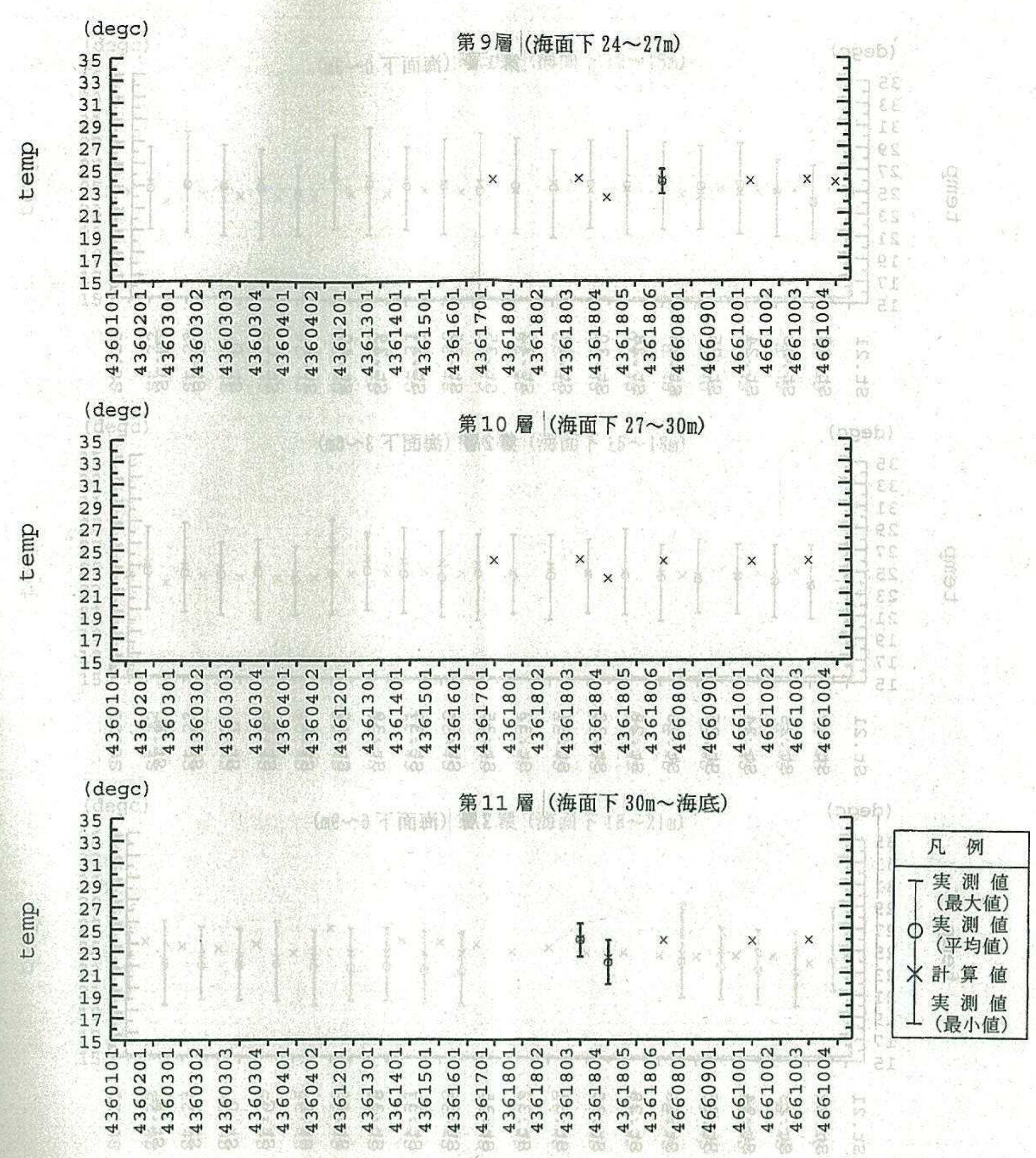


図1.3-8(3)　水温の比較（公共用水域水質調査結果）
注）第2～11層の実測値は、1995年度のみの測定値である。

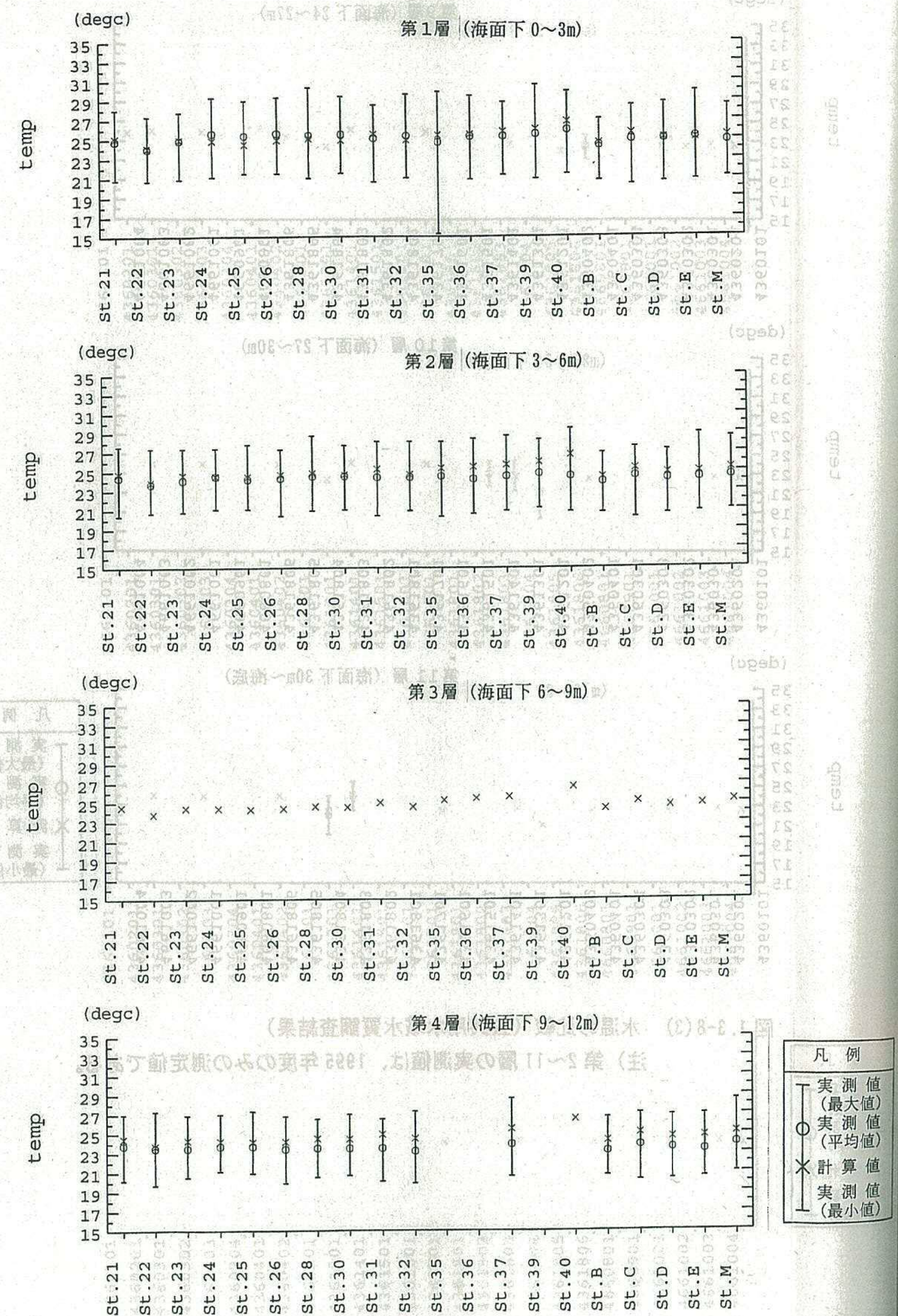


図1.3-8(4) 水温の比較（浅海定線調査結果）

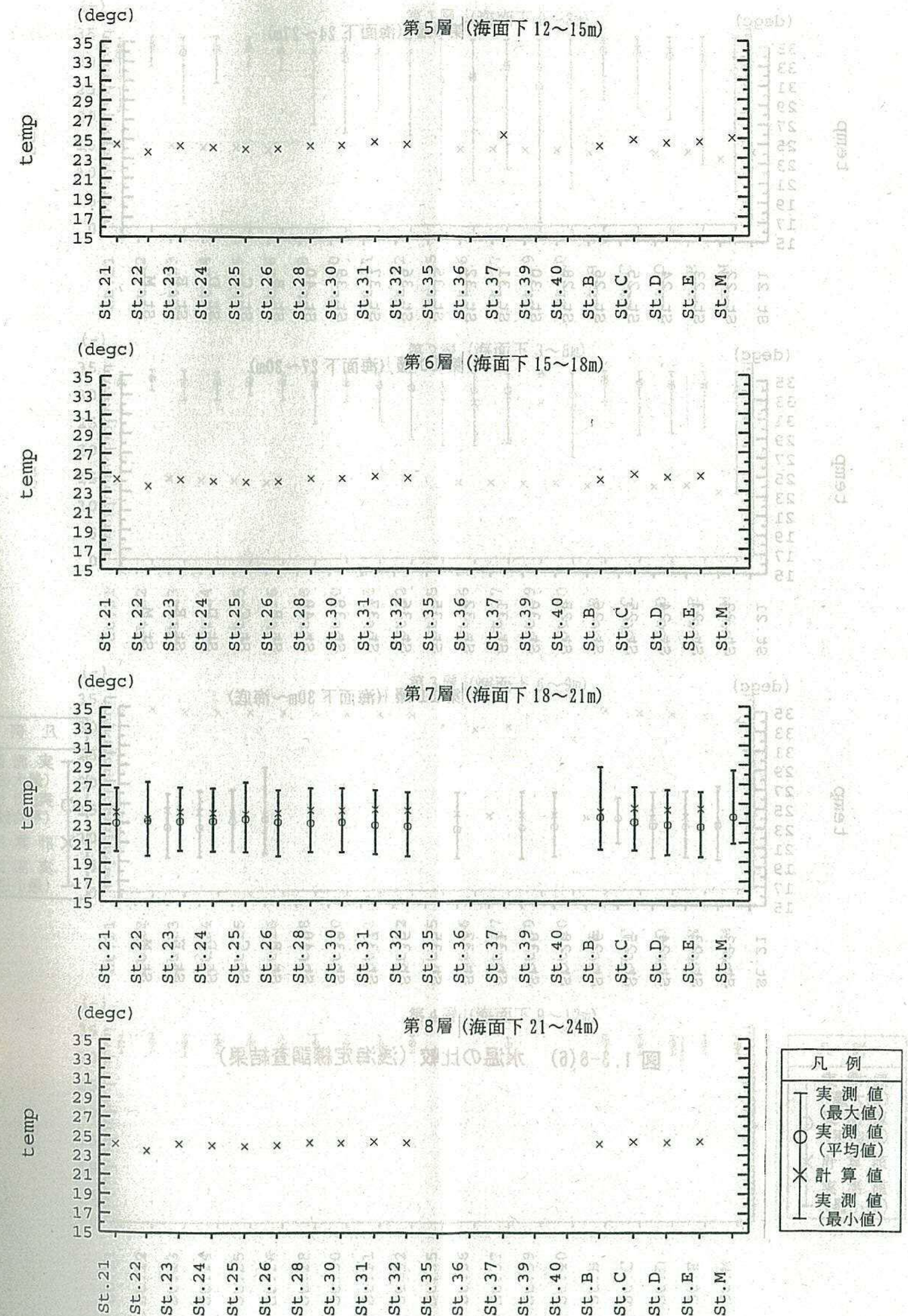


図1.3-8(5) 水温の比較（浅海定線調査結果）

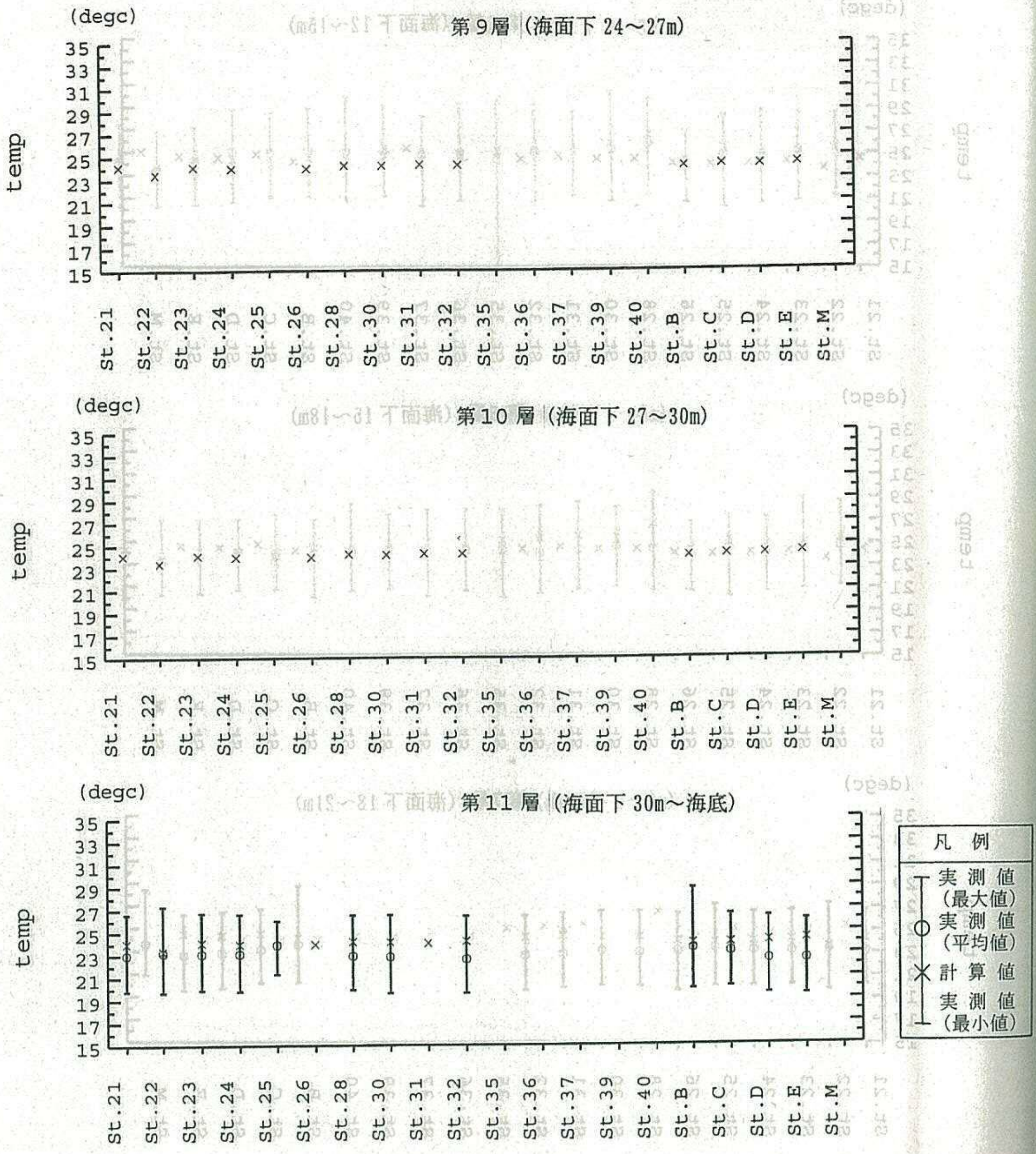


図 1.3-8(6)　水温の比較（浅海定線調査結果）

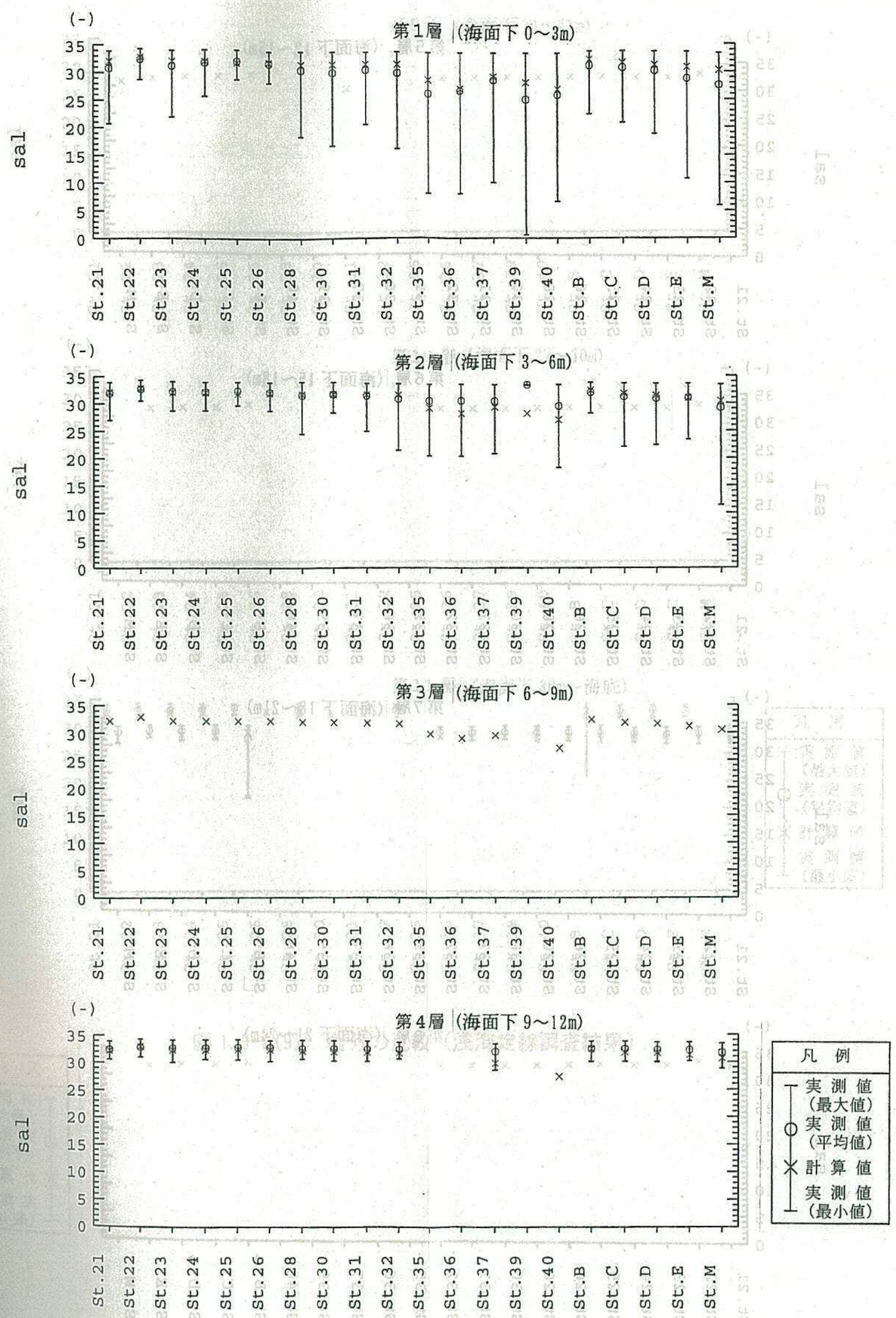


図 1.3-8(7)　塩分の比較（浅海定線調査結果）

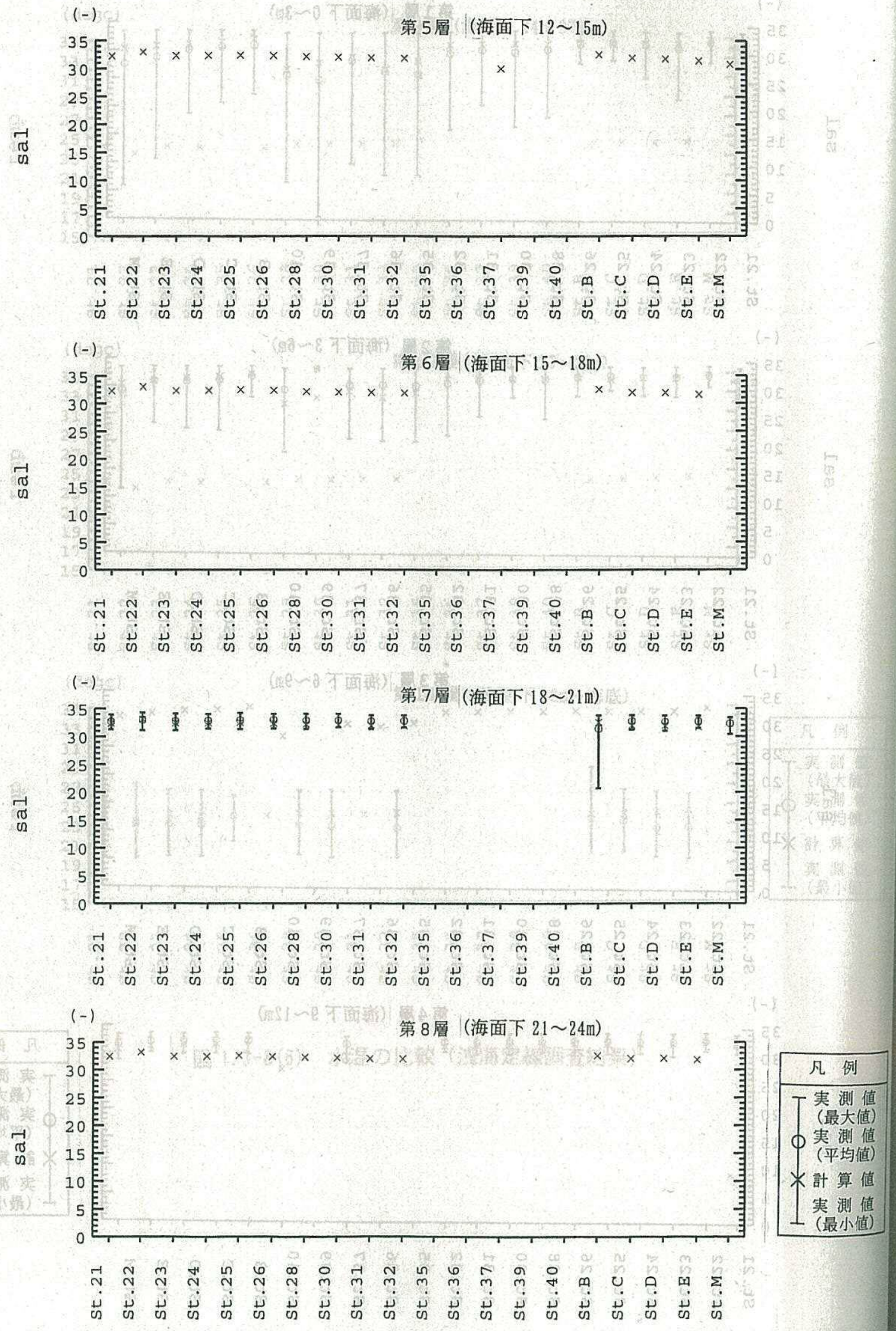


図 1.3-8(8)　塩分の比較（浅海定線調査結果）

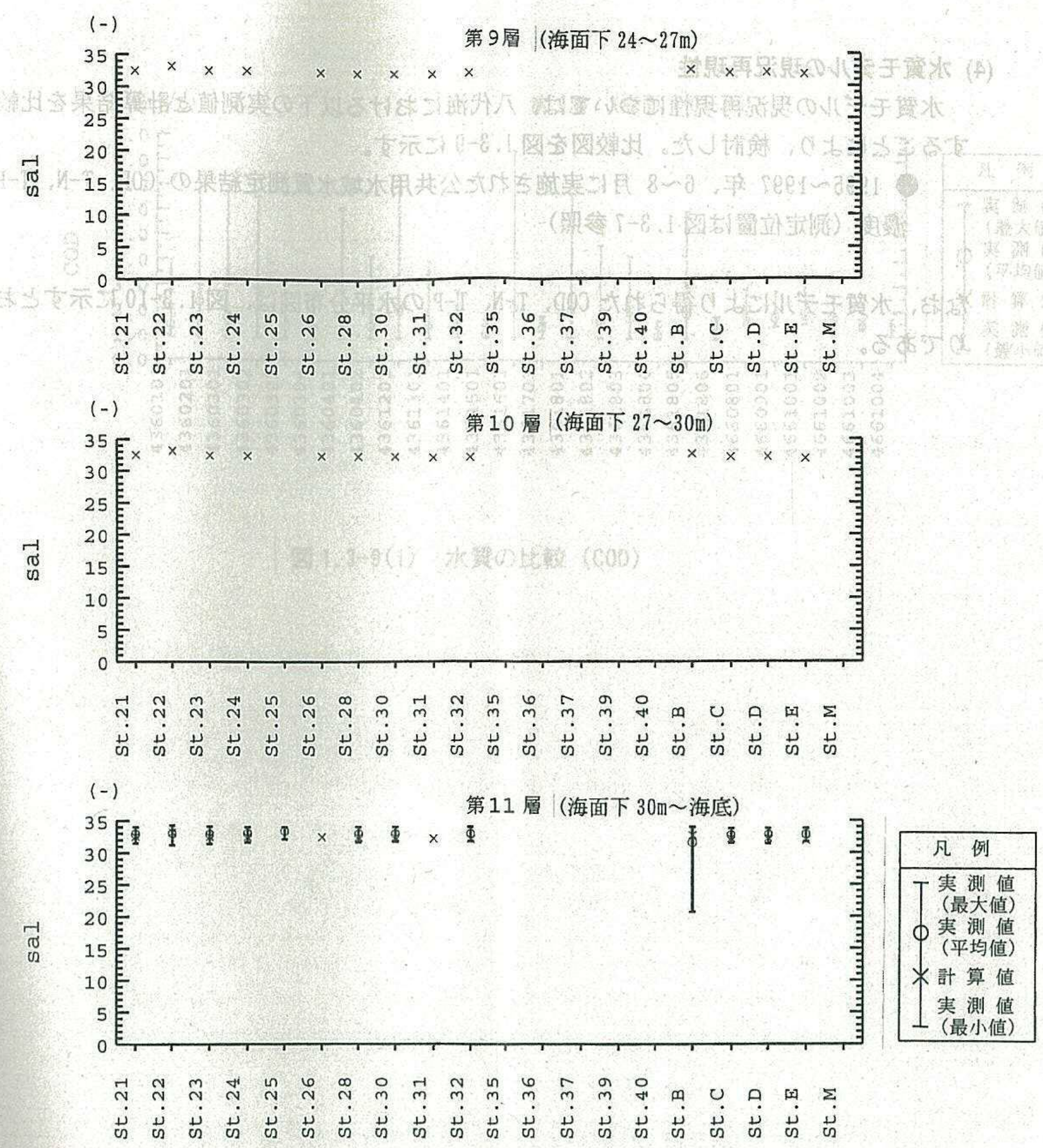


図 1.3-8(9)　塩分の比較（浅海定線調査結果）

(4) 水質モデルの現況再現性

水質モデルの現況再現性については、八代海における以下の実測値と計算結果を比較することにより、検討した。比較図を図 1.3-9 に示す。

- 1995～1997 年、6～8 月に実施された公共用水域水質測定結果の COD、T-N、T-P 濃度（測定位置は図 1.3-7 参照）

なお、水質モデルにより得られた COD、T-N、T-P の水平分布図は、図 1.3-10 に示すとおりである。

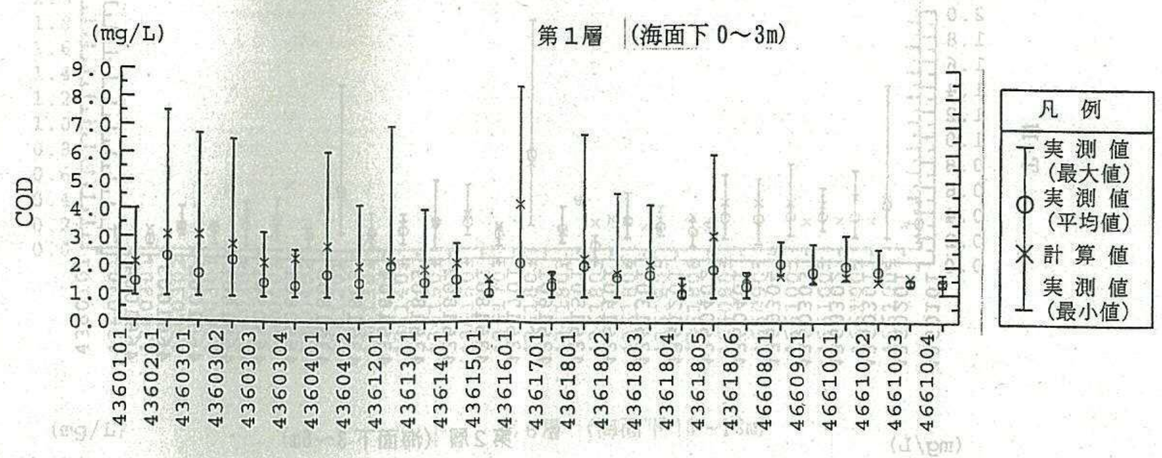
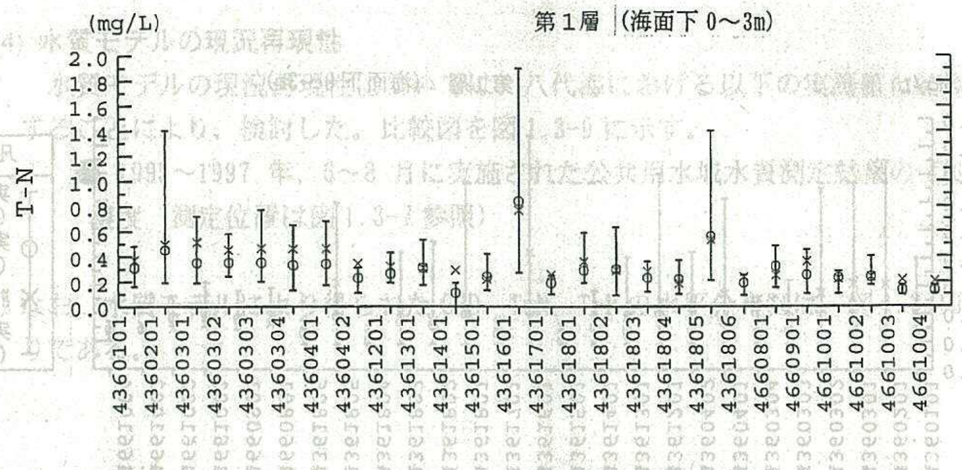
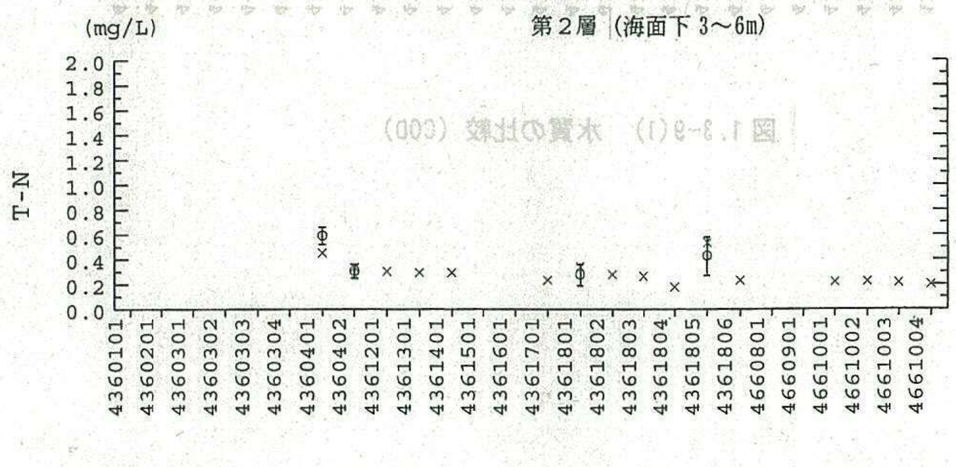
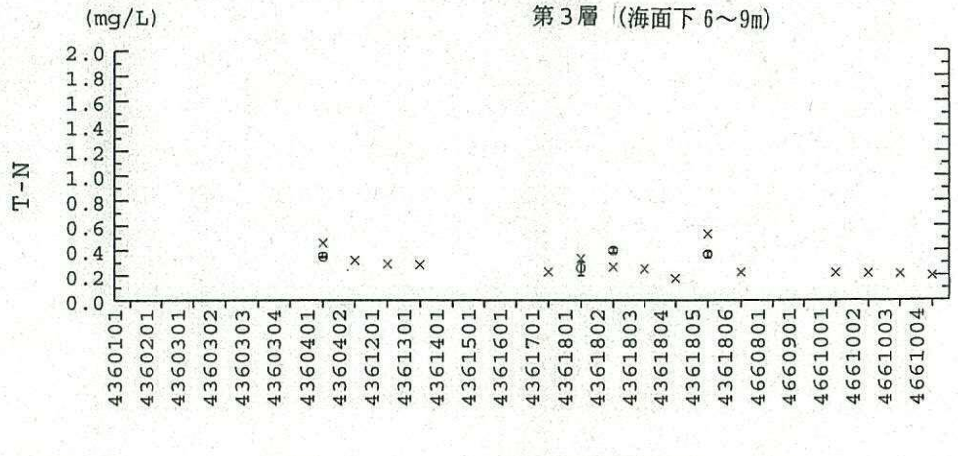


図 1.3-9(1)　水質の比較（COD）







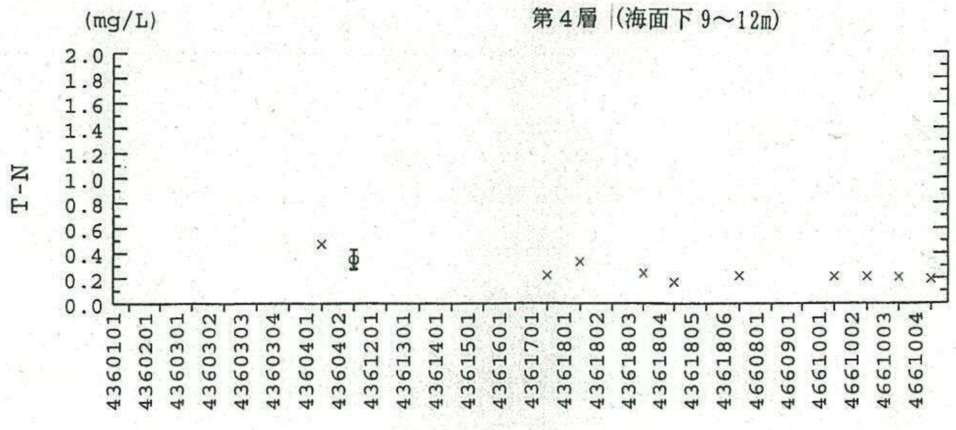
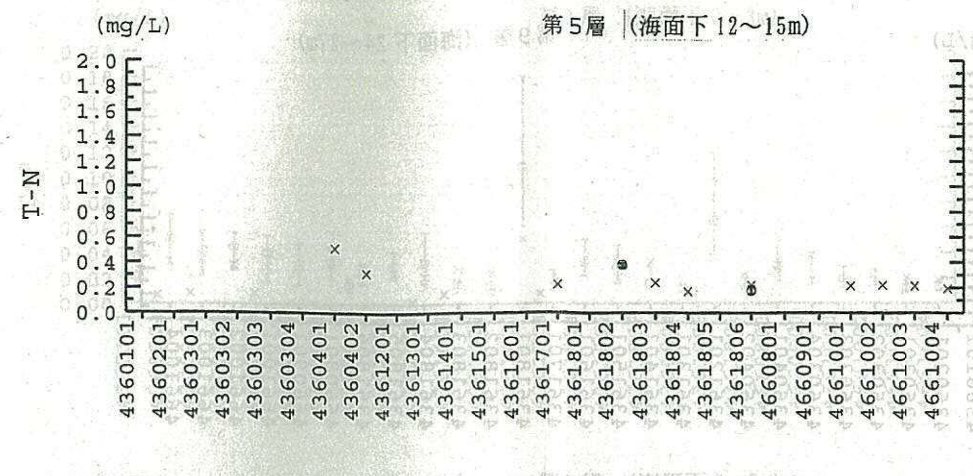
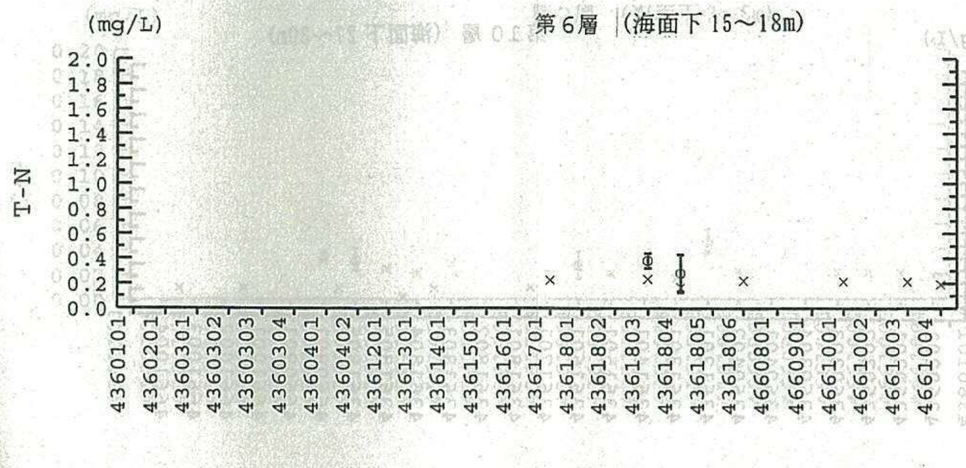
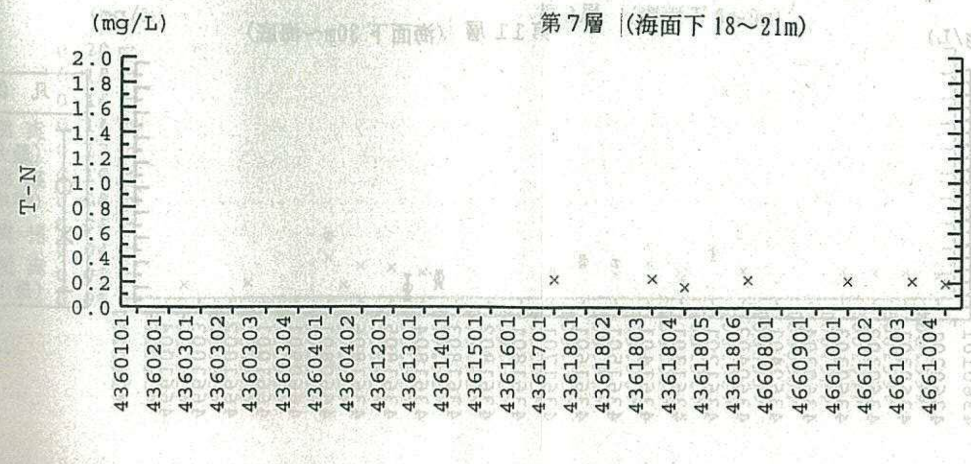


図 1.3-9(2)　水質の比較 (T-N)

注) 第2～11層の実測値は、1995年度のみの測定値である。







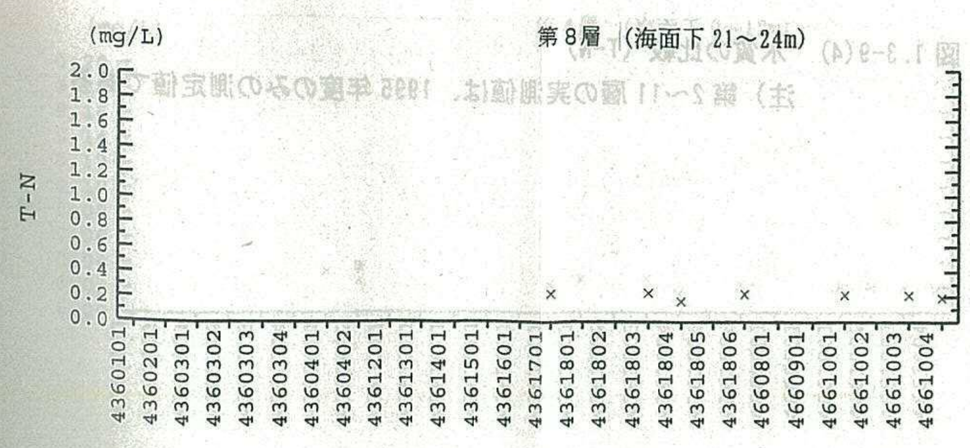


図 1.3-9(3)　水質の比較 (T-N)

注) 第2～11層の実測値は、1995年度のみの測定値である。

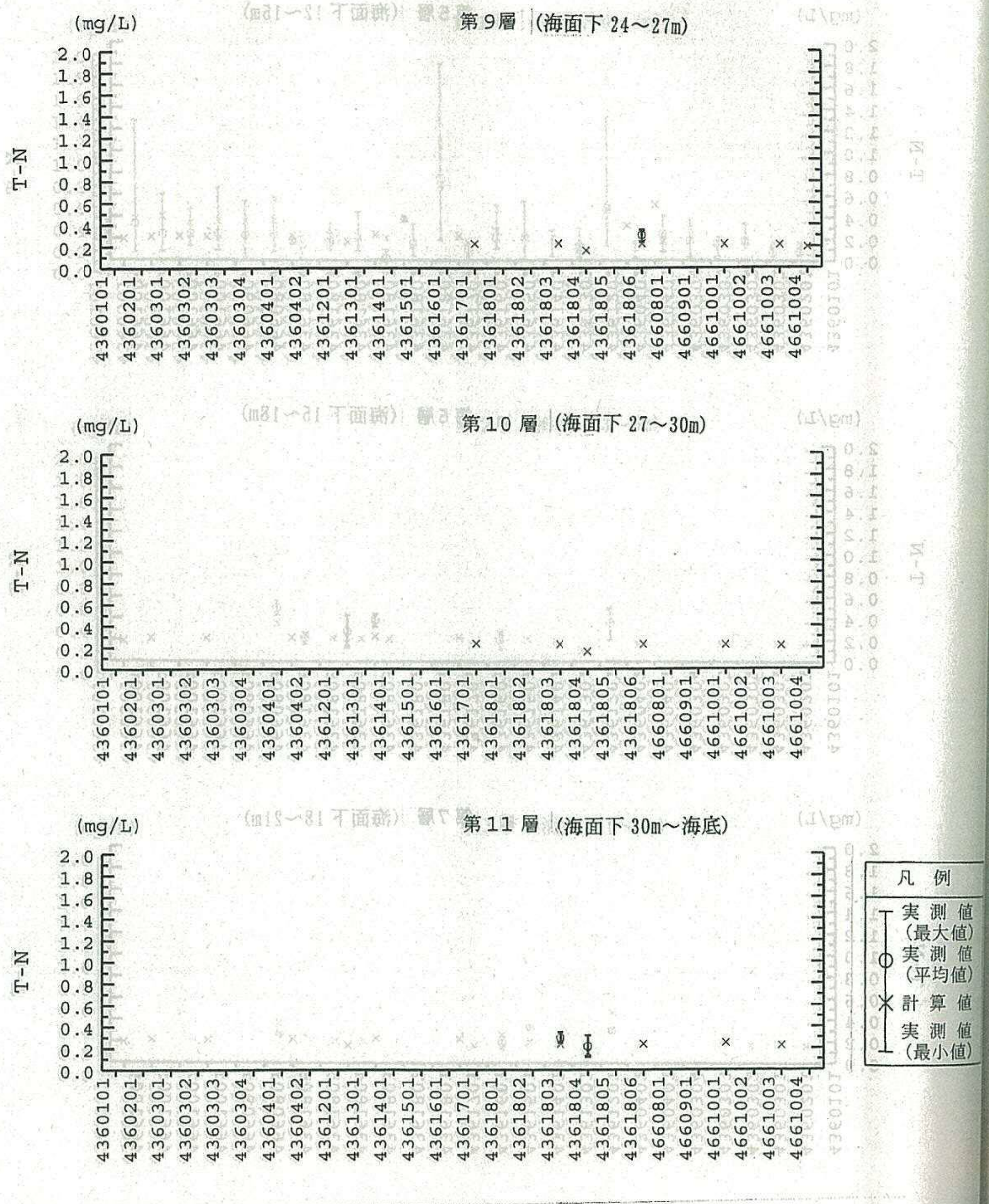


図 1.3-9(4)　水質の比較（T-N）

注）第 2～11 層の実測値は、1995 年度のみの測定値である。

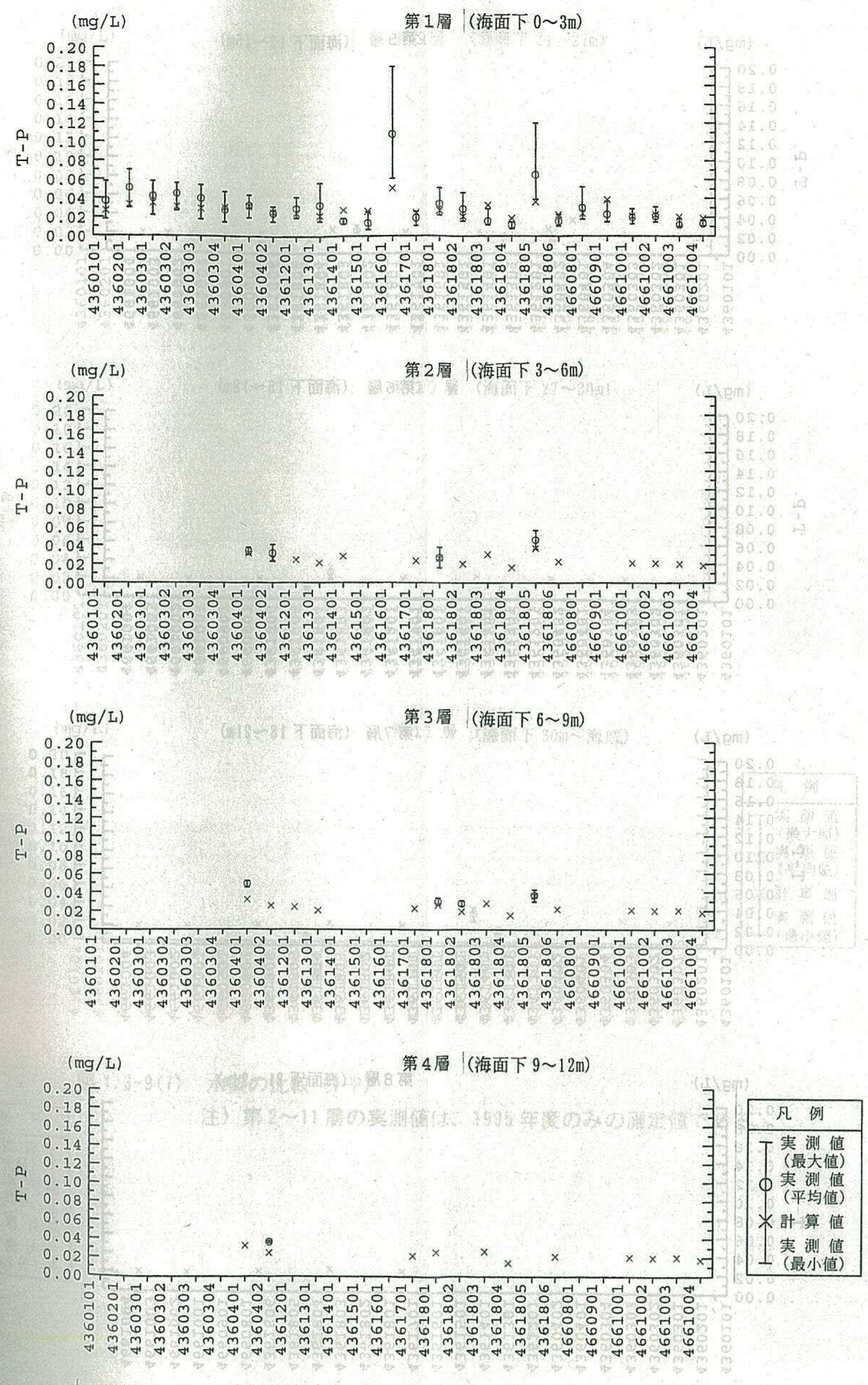


図 1.3-9(5)　水質の比較（T-P）

注）第 2～11 層の実測値は、1995 年度のみの測定値である。

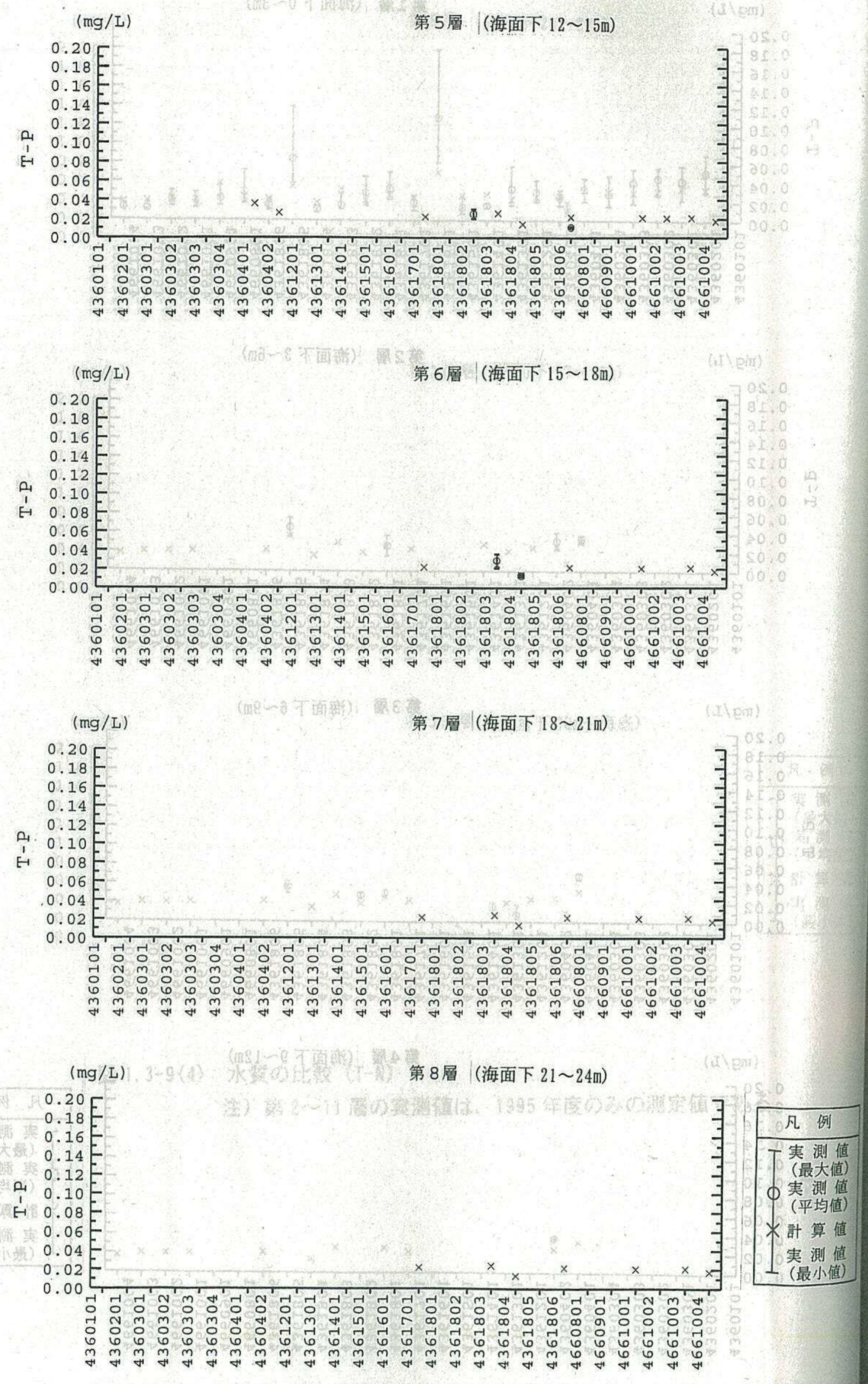


図 1.3-9(6) 水質の比較 (T-P)

注) 第 2～11 層の実測値は、1995 年度のみの測定値である。

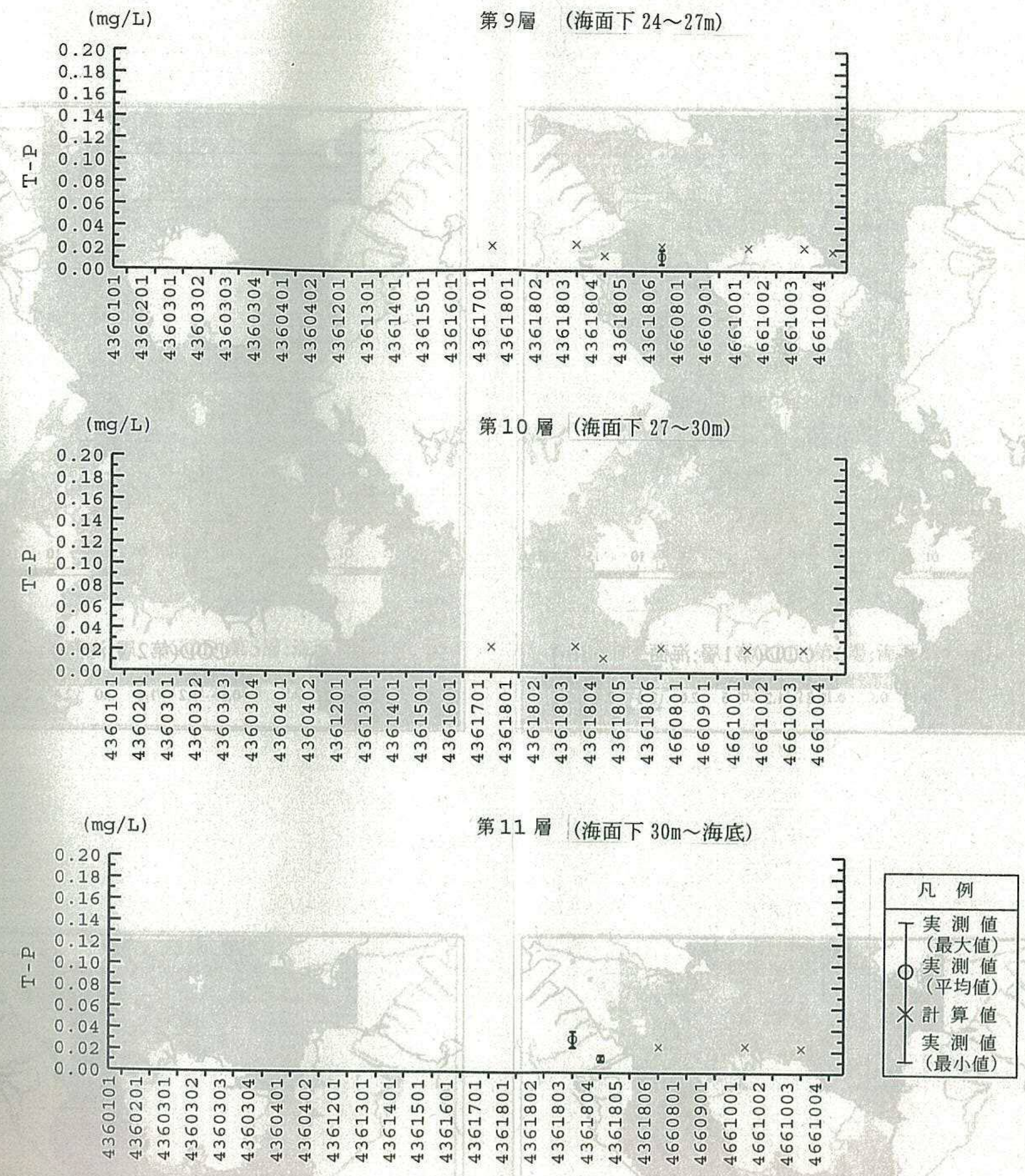


図 1.3-9(7) 水質の比較 (T-P)

注) 第 2～11 層の実測値は、1995 年度のみの測定値である。

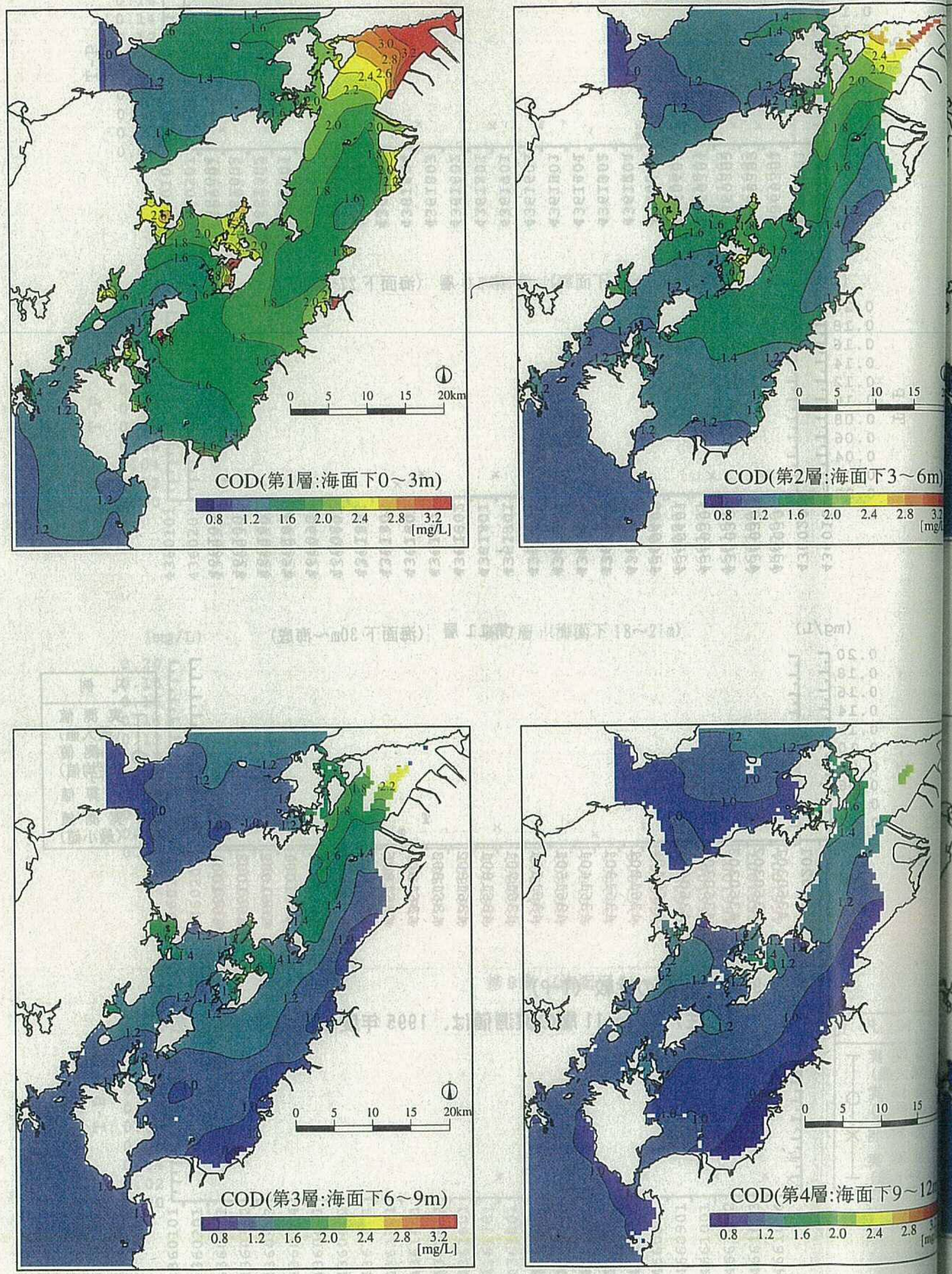


図 1.3-10(1) 水質の計算結果（COD）

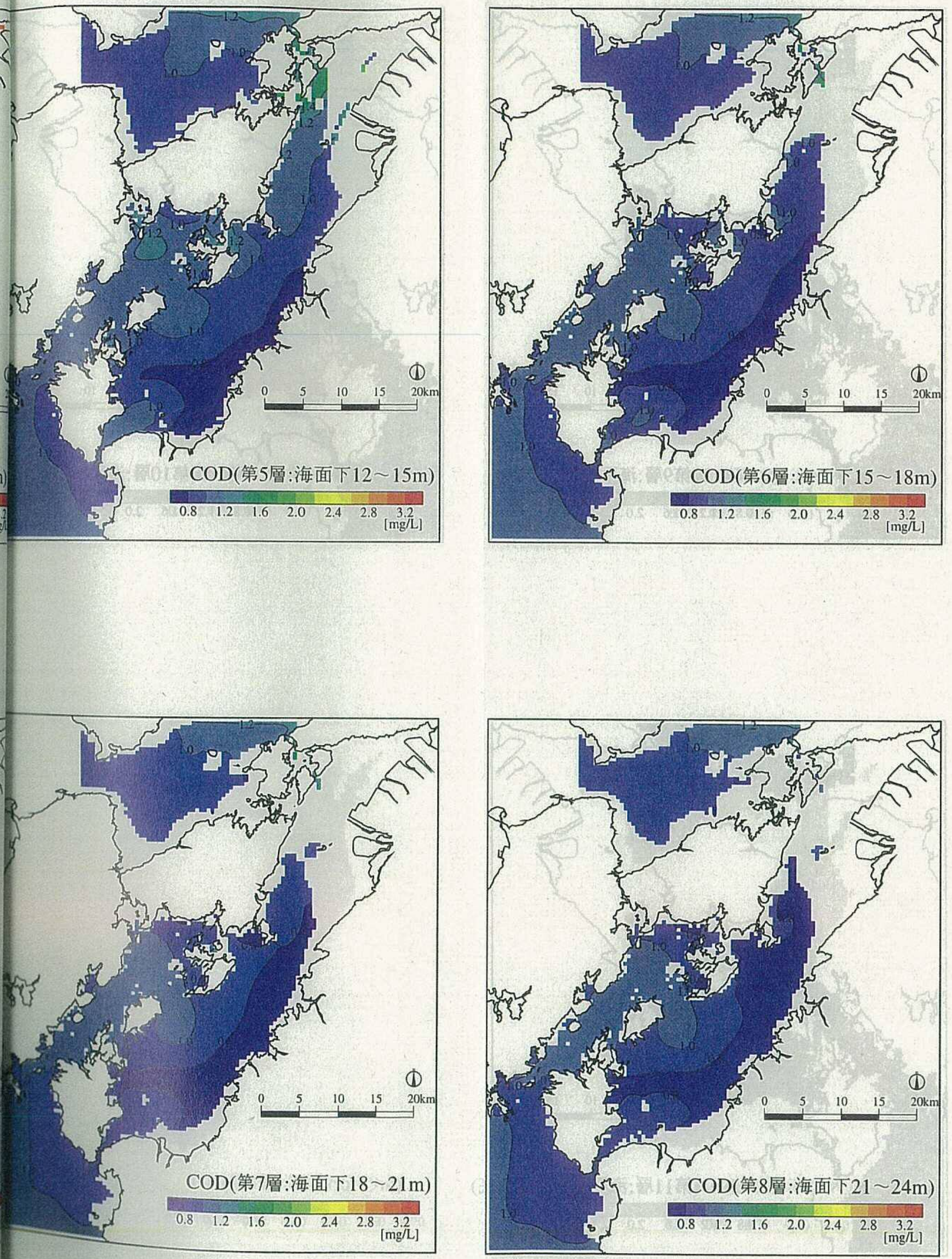


図 1.3-10(2) 水質の計算結果（COD）

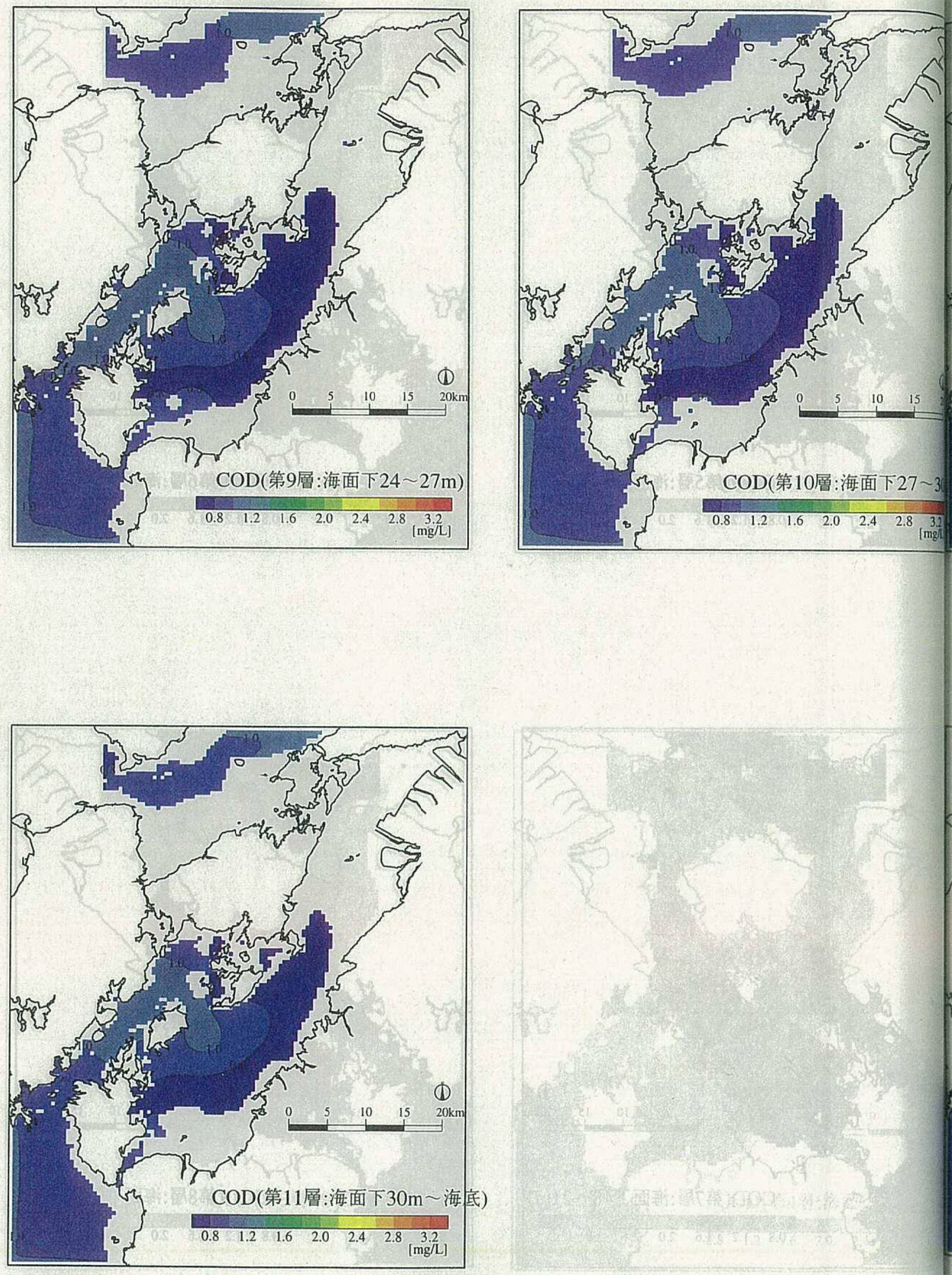


図 1.3-10(3)　水質の計算結果（COD）

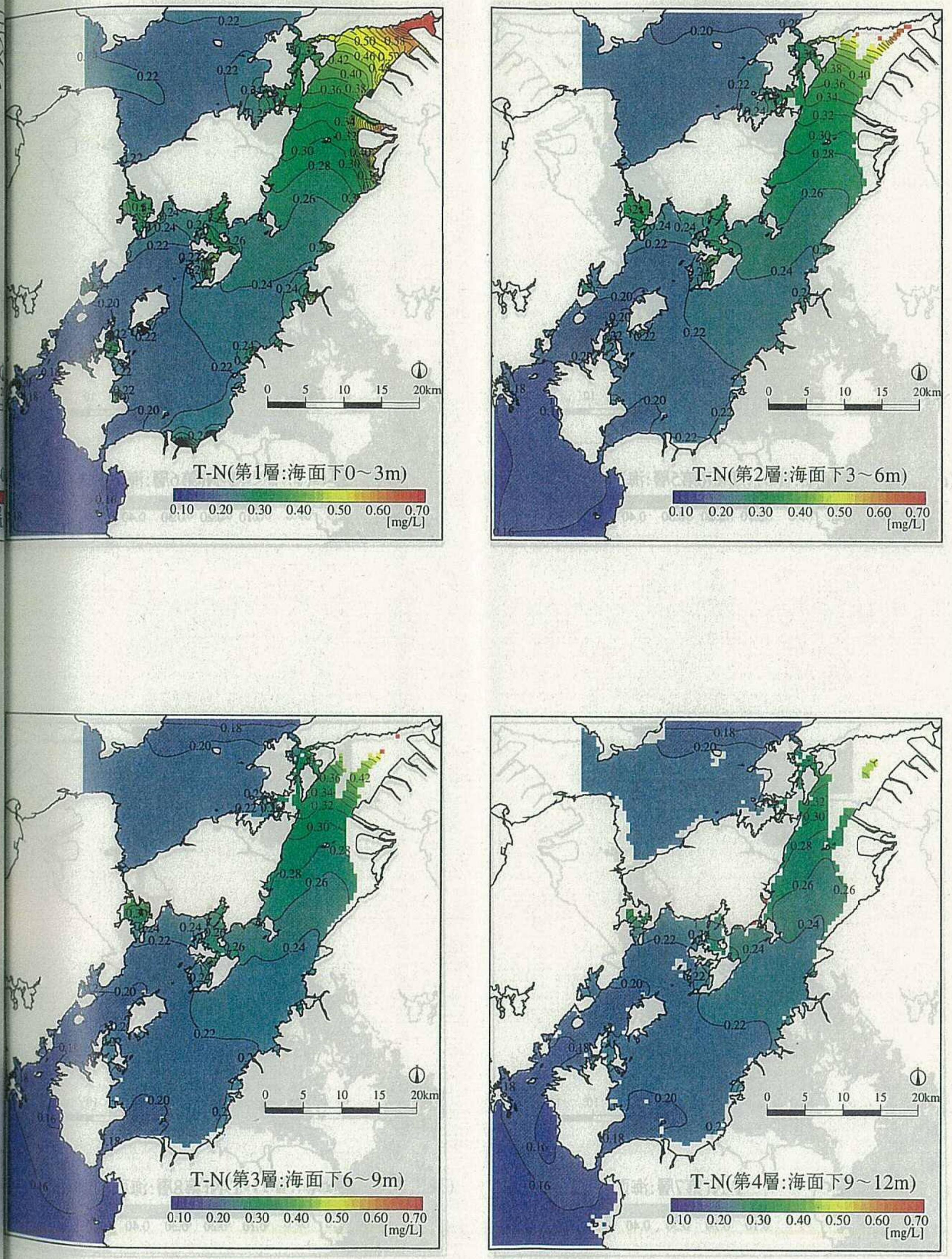


図 1.3-10(4)　水質の計算結果（T-N）

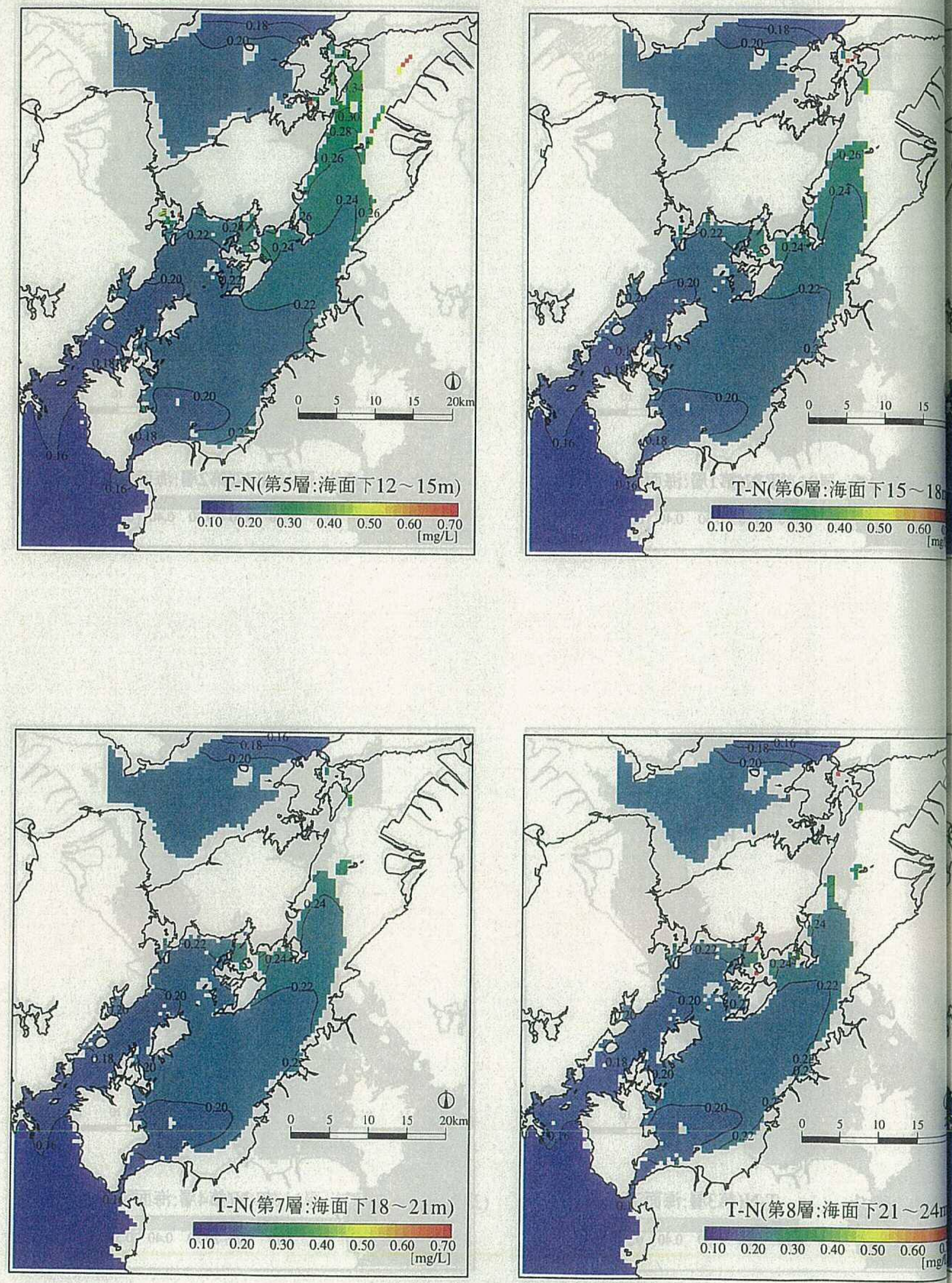


図 1.3-10(5) 水質の計算結果（T-N）

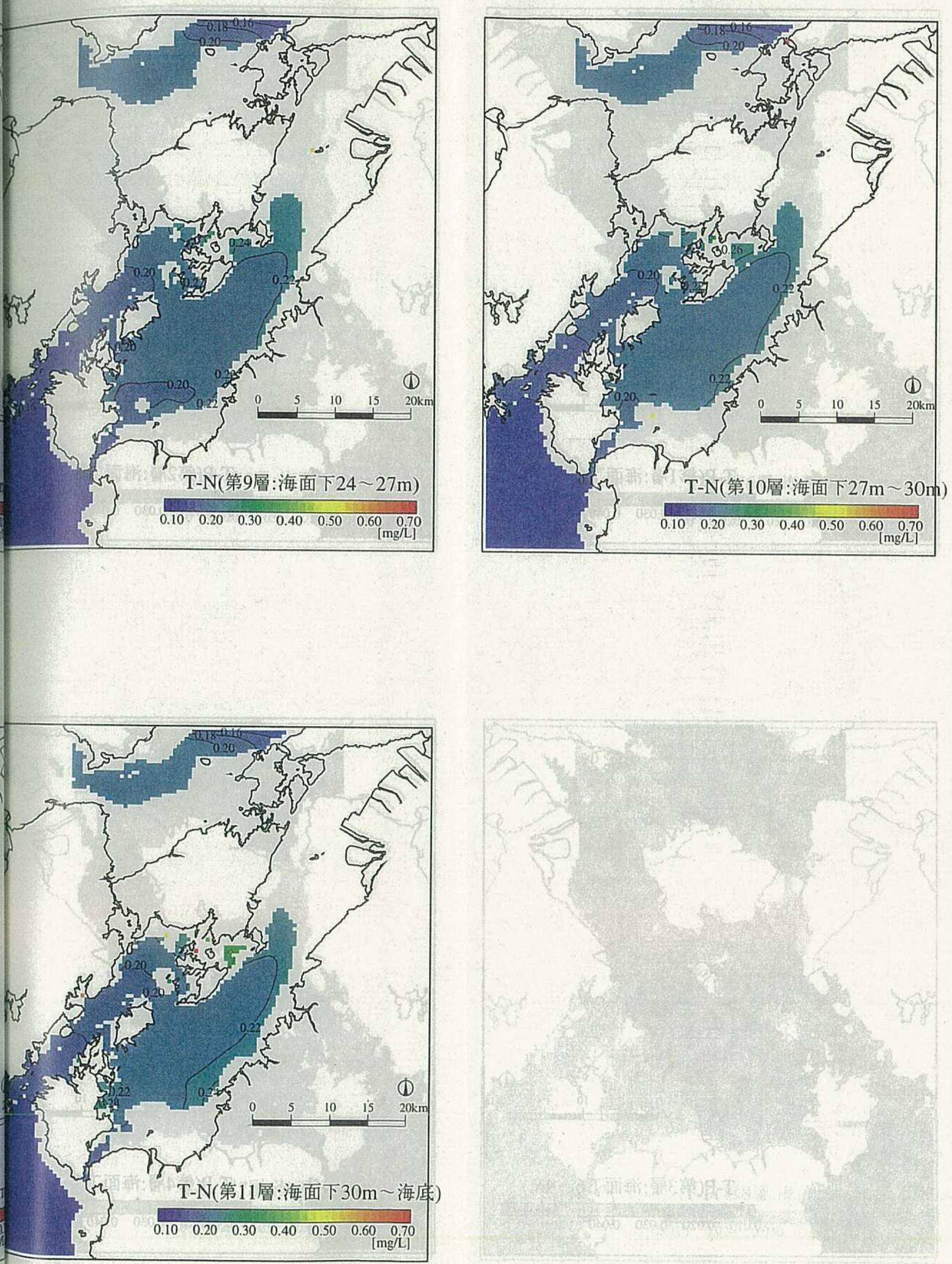


図 1.3-10(6) 水質の計算結果（T-N）

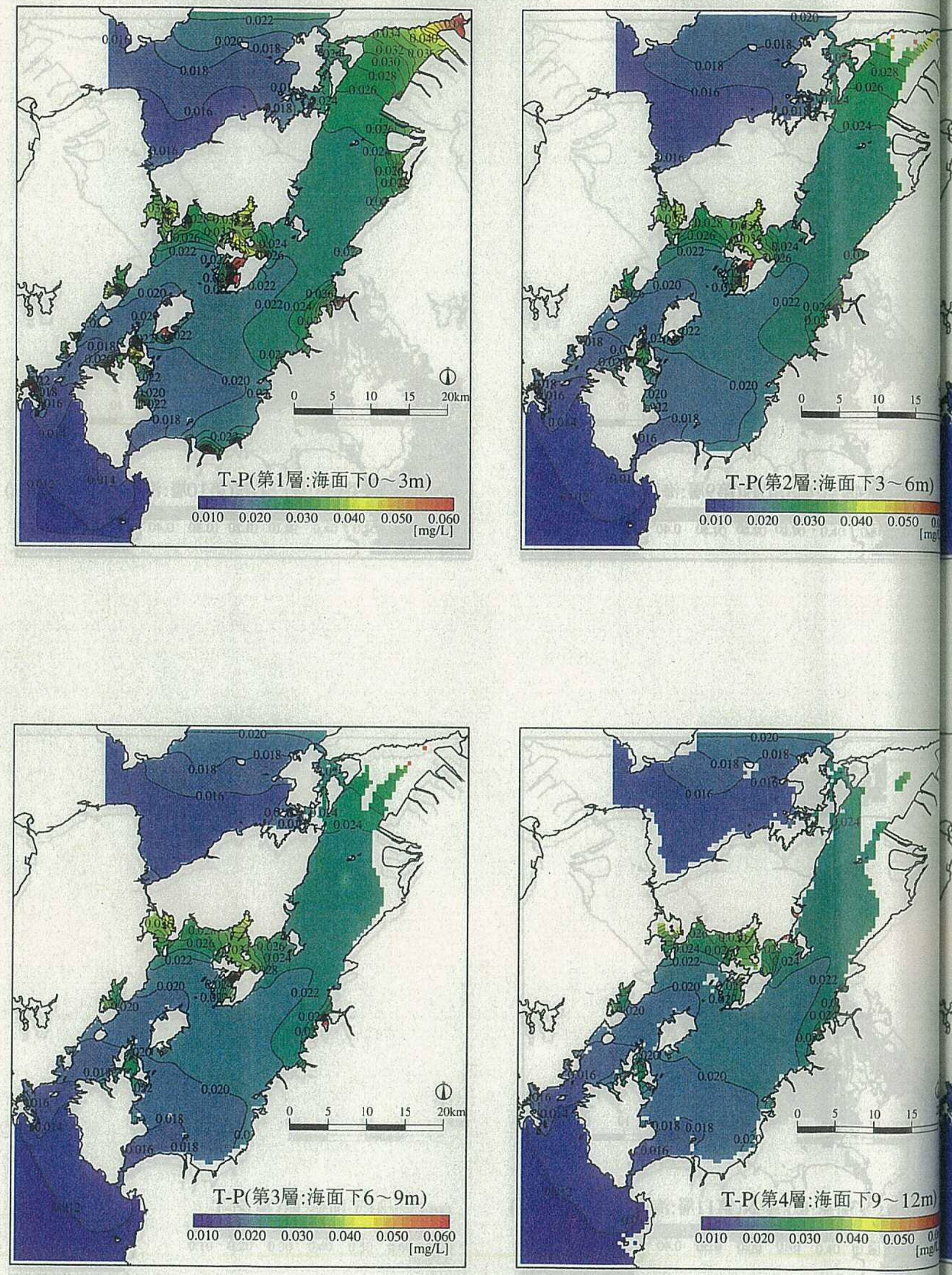


図 1.3-10(7)　水質の計算結果（T-P）

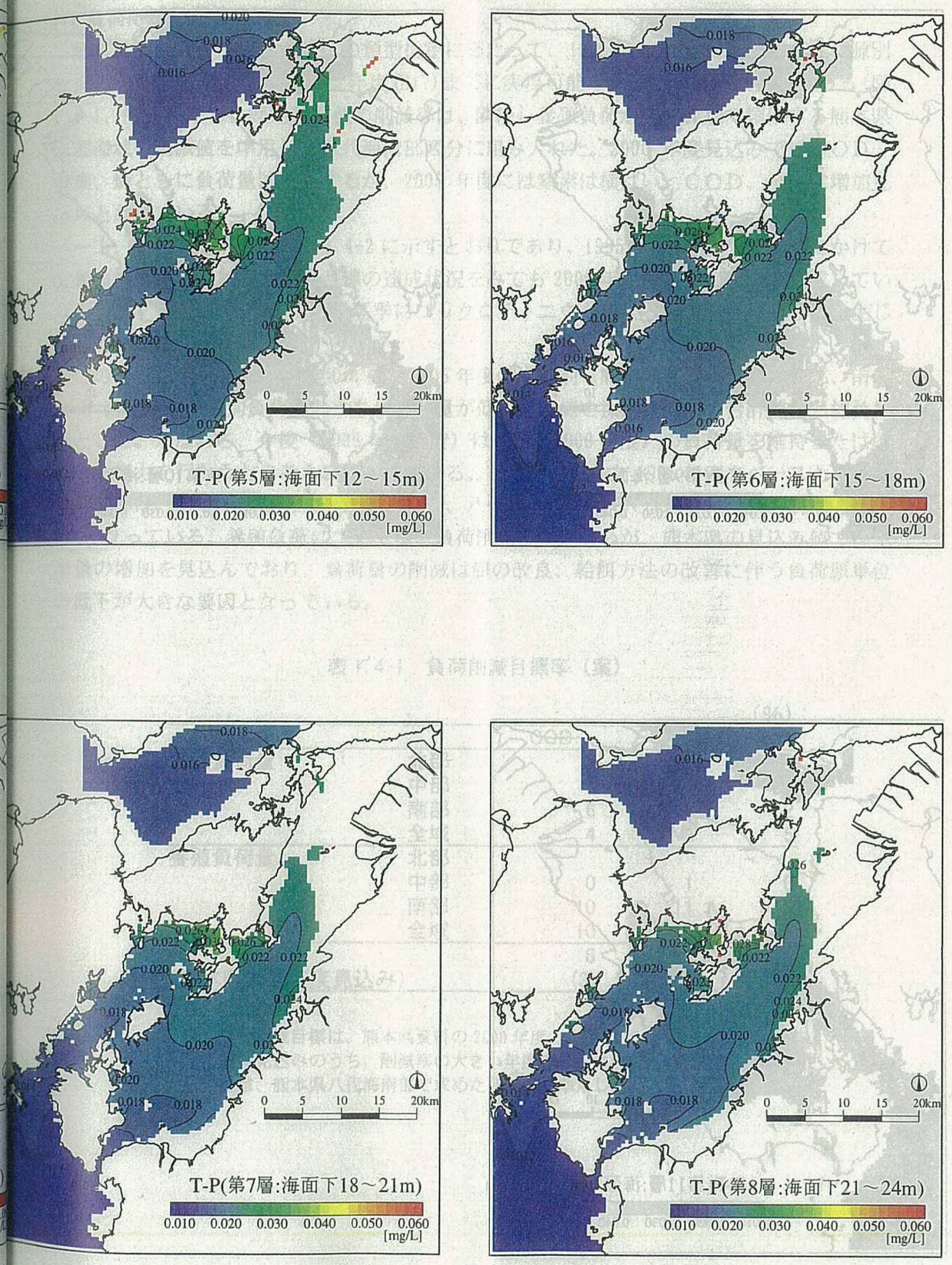


図 1.3-10(8)　水質の計算結果（T-P）

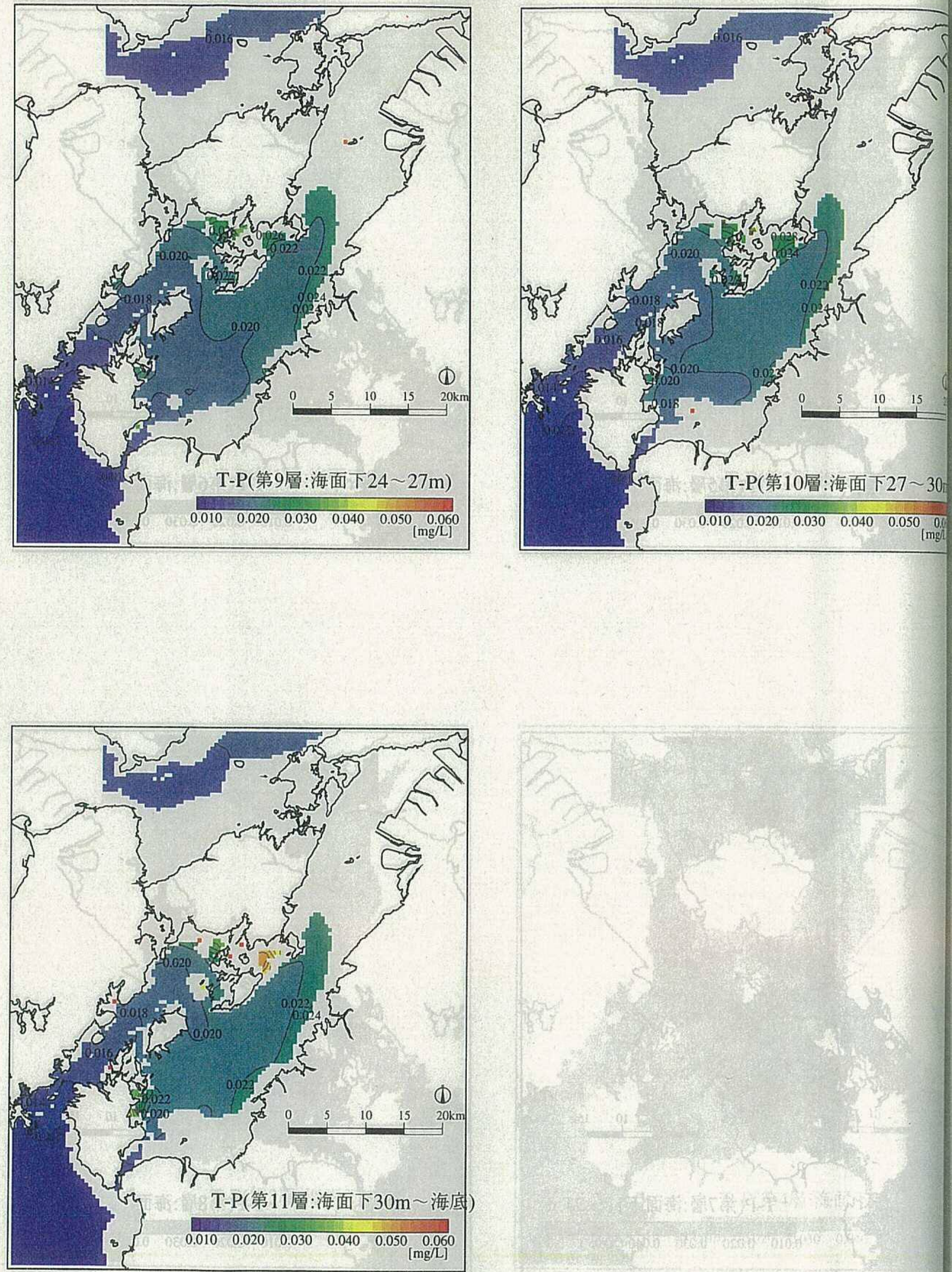


図 1.3-10(9) 水質の計算結果（T-P）

1.4 水質保全目標値の設定

(1) 負荷削減目標値の設定

熊本県では窒素、燐環境基準の類型指定にあたって、1995 年度(H7)に水域別・発生源別負荷量を算出し、10 年後の 2005 年度(H17)までに実現可能な負荷削減率を試算している（図 1.4-1、付表 1.4-1）。鹿児島県側の削減率は、隣接し養殖負荷が大きい点で類似する熊本県南部海域の削減値を準用し、八代海南部区分に組み入れた。2000 年度見込みではＣＯＤ、窒素、燐ともに負荷量は減少するが、2005 年度には窒素は横ばい、ＣＯＤ、全燐は増加見込みとなっている。

一方、水質の経年変化は図 1.4-2 に示すとおりであり、1995 年度から 2000 年度にかけて改善傾向は認められず、環境基準の達成状況をみても 2000 年度には 3 水域とも達成していなかった。また、2000 年度には夏季にコックロディニウムによる大規模な漁業被害も生じている。

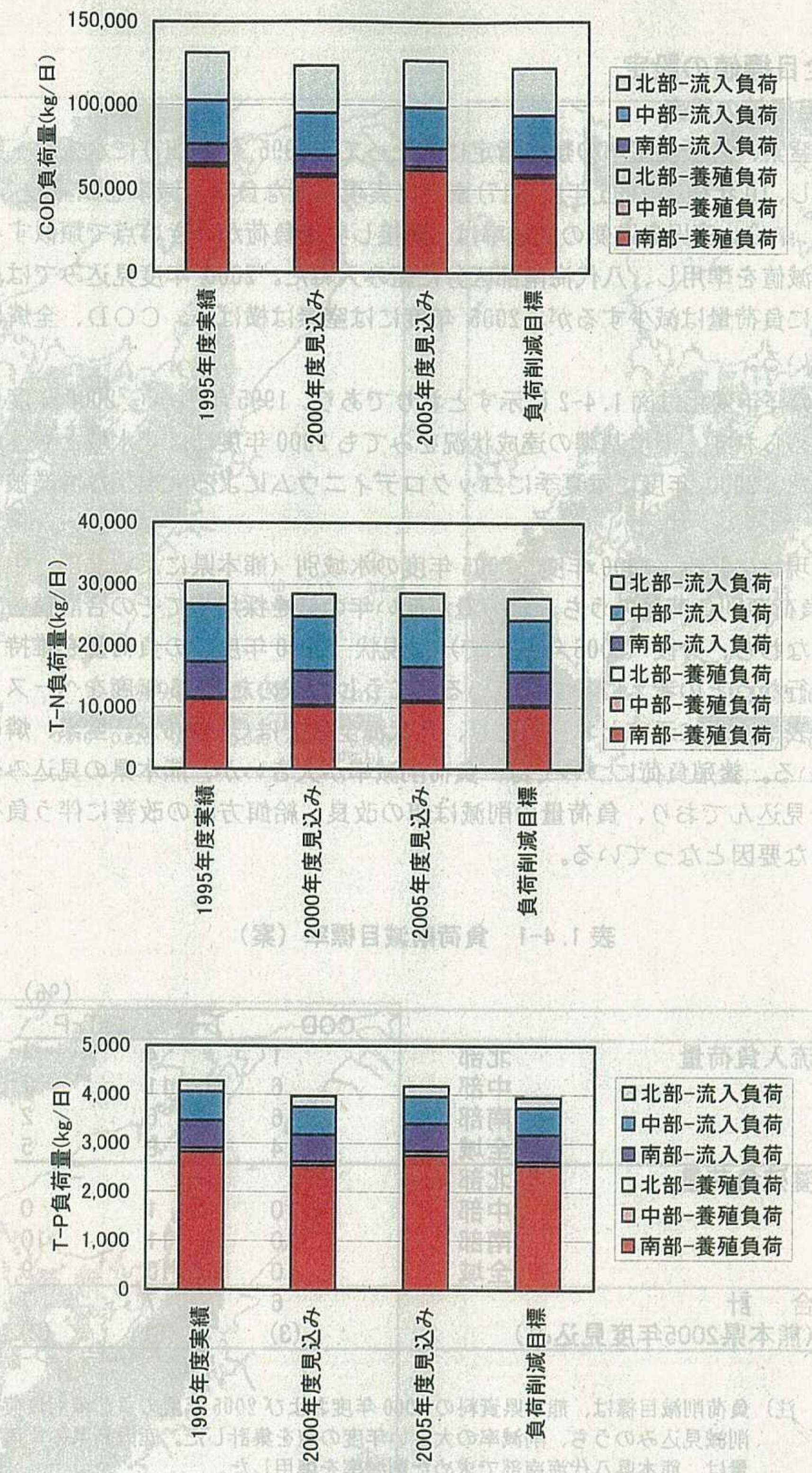
このような現状に鑑み、2000 年度、2005 年度の水域別（熊本県による北部、中部、南部の 3 区分）負荷源別負荷量のうち、負荷量が低い年の値を採用してその合計値を目標負荷量とした。すなわち、今後（2005 年度まで）は現状（2000 年度）の負荷量を維持または削減する努力を行なうとの考えに基づいている。こうして求めた 1995 年度をベースとした負荷削減率は、表 1.4-1 に示すとおりであり、八代海全体ではＣＯＤ6％、窒素、燐はともに 7％となっている。養殖負荷については、負荷削減率が大きいが、熊本県の見込み値では生産量の増加を見込んでおり、負荷量の削減は餌の改良、給餌方法の改善に伴う負荷原単位の低下が大きな要因となっている。

表 1.4-1 負荷削減目標率*（案）

（%）

		COD	T-N	T-P
流入負荷量	北部	1	4	4
	中部	6	11	7
	南部	6	6	2
	全域	4	8	5
養殖負荷量	北部	－	－	－
	中部	0	1	0
	南部	10	11	10
	全域	10	10	9
合　計		6	7	7
（熊本県2005年度見込み）		(3)	(6)	(2)

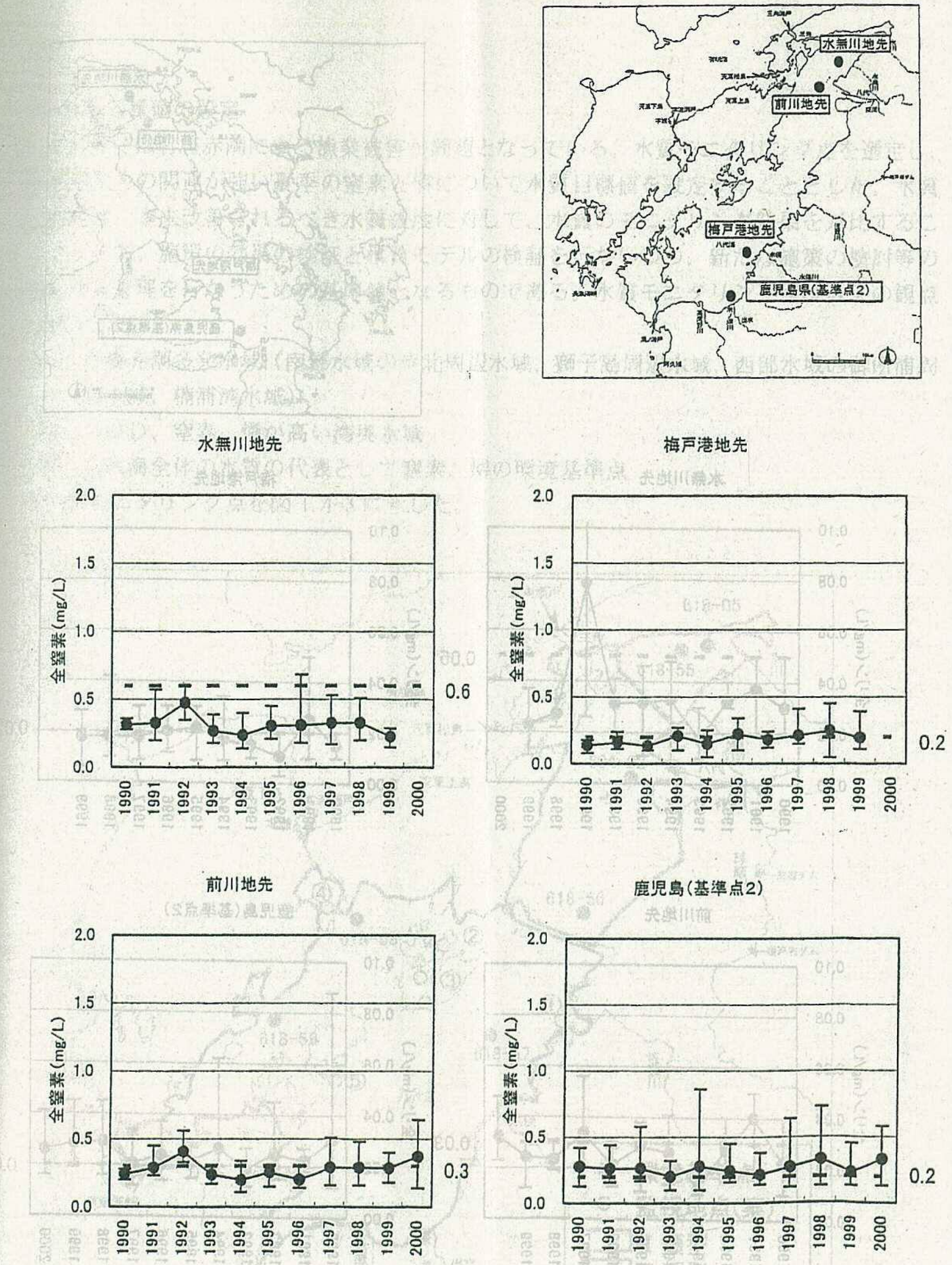
注）負荷削減目標は、熊本県資料の 2000 年度および 2005 年度の負荷源別負荷削減見込みのうち、削減率の大きい年度の値を集計した。鹿児島県の負荷量は、熊本県八代海南部で求めた削減率を準用した。



注) 1. 八代海南部の鹿児島県の水域については、現況は1997年度の負荷量を用い、
2000年度および2005年度には熊本県の八代海南部と同様に削減されるものとして算出した。
2. 負荷削減目標は、2000年度および2005年度見込みのうち、削減率の大きい年度の値とした。

出典）熊本県資料より作成

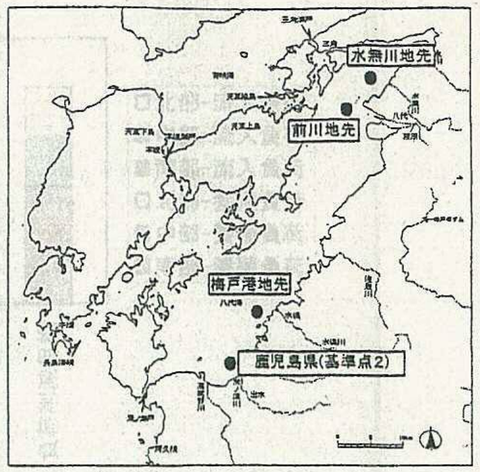
図 1.4-1　1995年度における現状および流入負荷、養殖負荷対策による将来の汚濁負荷量見込み値

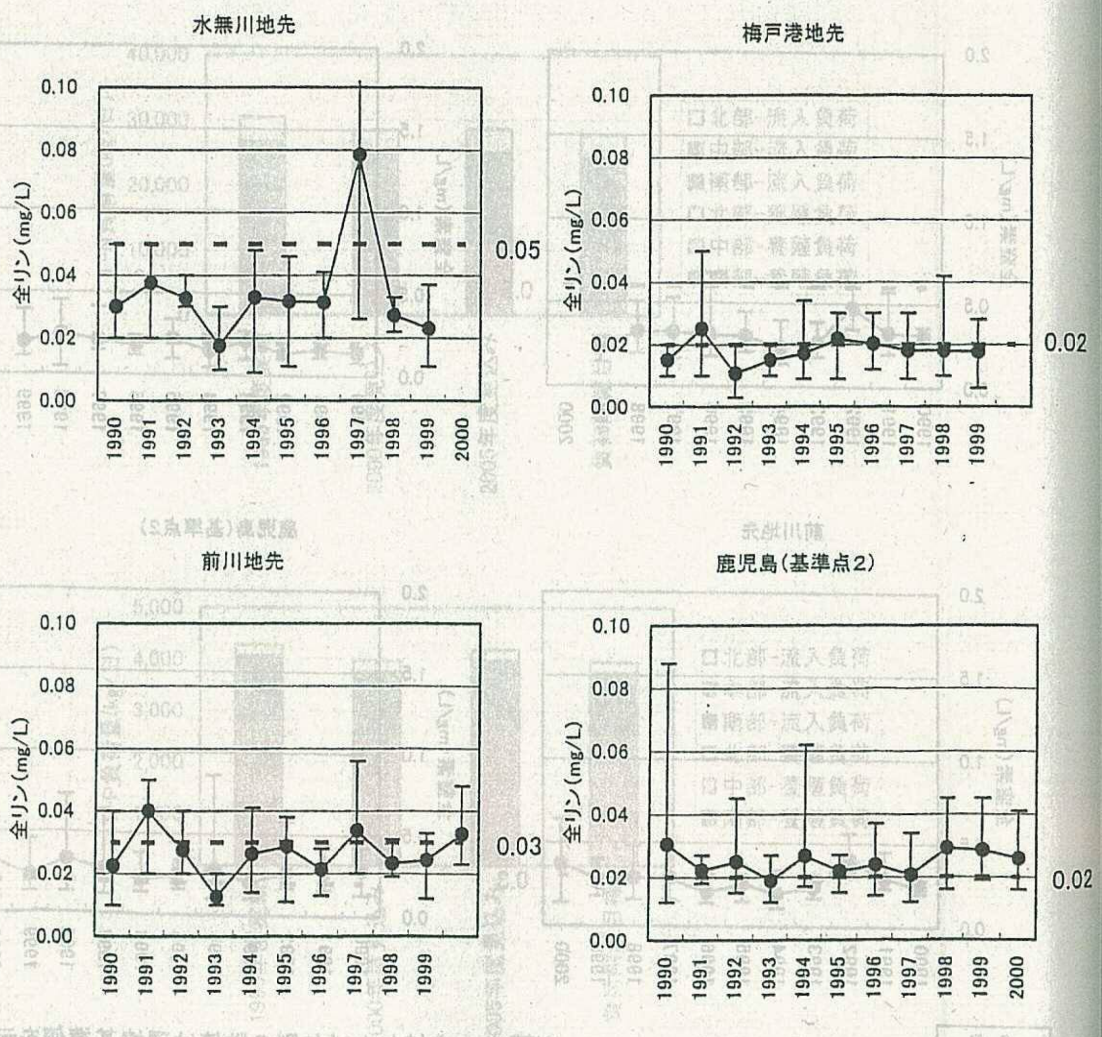


※図中の点線および右側の数値は環境基準値を示す。

図 1.4-2(1)　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 1. 4-2(2) 海域水質の経年変化（全燐）

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）

(2) 水質目標値の設定

八代海では有害赤潮による漁業被害が問題となっている。水質モニタリング点を選定し、赤潮発生との関連が強い夏季の窒素と燐について水質目標値を設定することとした。水質目標値は、本来改善されるべき水質濃度に対して、水質のモニタリング結果を対比することによって、施策の効果の検証と水質モデルの検証を行ないつつ、新たな施策の検討等の順応的な管理を行なうための基準値となるものである。水質モニタリング点は以下の観点で選定した。

① 有害赤潮多発水域（南部水域の芦北周辺水域、獅子島周辺水域、西部水域の御所浦周辺水域、楠浦湾水域）

② COD、窒素、燐が高い湾奥水域

③ 八代海全体の水質の代表として窒素、燐の環境基準点

水質モニタリング点を図 1. 4-3 に示した。

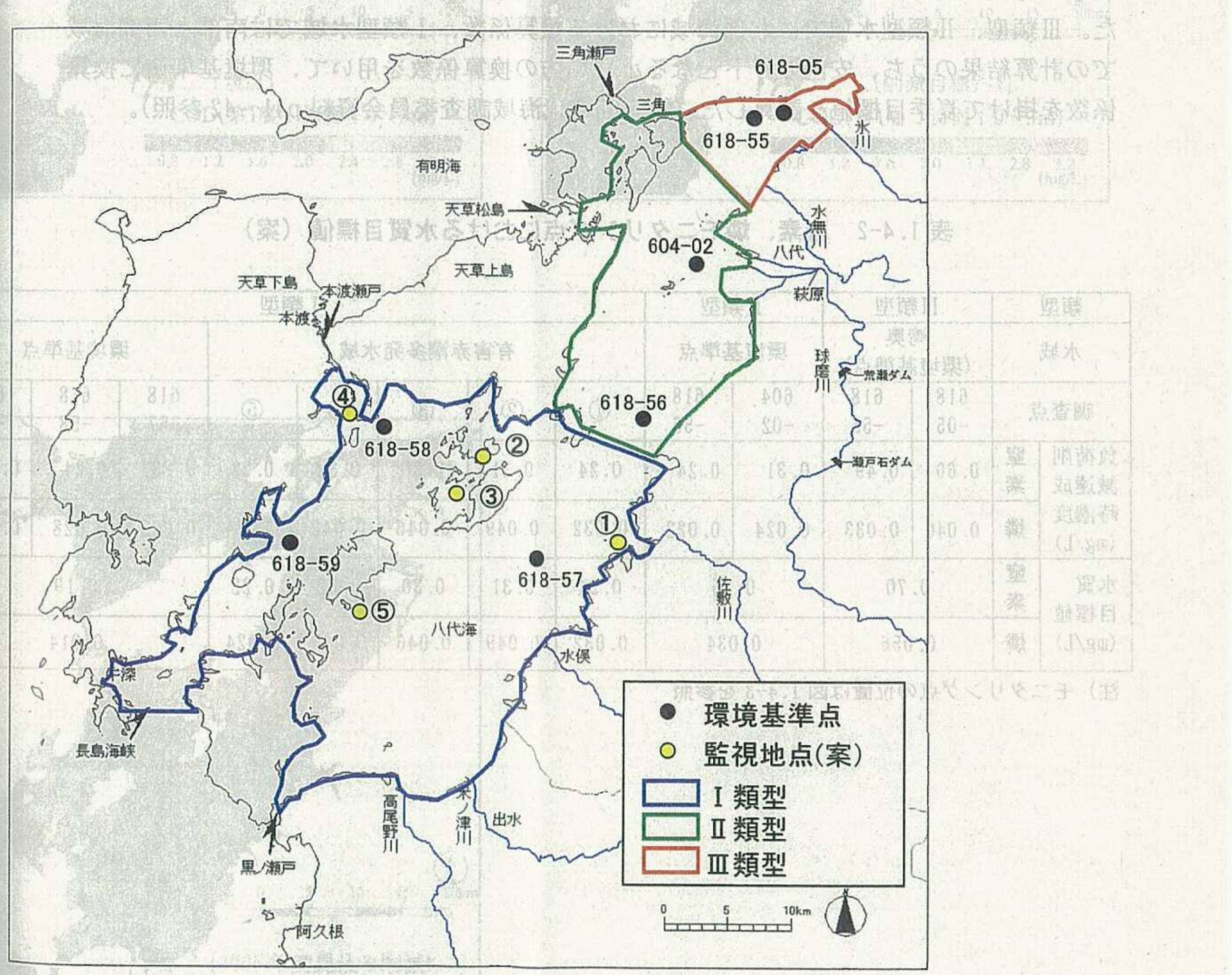


図 1. 4-3 窒素、燐の水質モニタリング点（案）

熊本県資料による 2005 年度見込み削減ケースと削減目標ケースの 2 ケースの予測水質を図 1.4-4 に、1995 年度現況との差値を図 1.4-5 に示した。両ケースでの各水質モニタリング点での濃度低下率は図 1.4-6 に示すとおりであり、窒素ではⅡ、Ⅲ類型の環境基準点、芦北前面のモニタリング点、Ⅰ類型の 1 地点（618-57）では差が認められなかったが、その他のモニタリング点では有意な差が認められた。燐でも概ね同様な結果であり、窒素では差が認められなかった地点でも、やや差が認められた。

これらの調査点での水質目標値は、窒素、燐の環境基準点になっている調査点は環境基準値を目標値とし、環境基準点が設定されていない有害赤潮多発水域は負荷削減目標値による計算ケースでの予測値を水質目標値とした。負荷削減達成時の水質濃度と水質目標値を表 1.4-2 に示した。

環境基準値は年平均値で評価するものであるため、水質の季節変化（図 1.4-7）を考慮し、1985 年度～2000 年度の熊本県および鹿児島県の公共用水域測定結果を用いて、年間平均値（a）と夏季（6 月～8 月）平均値（b）を求め、環境基準値の換算係数（b／a）を求めた。Ⅲ類型、Ⅱ類型水域では北部海域における換算係数、Ⅰ類型水域では南部と西部海域での計算結果のうち、安全サイドとなる小さい方の換算係数を用いて、環境基準値に換算係数を掛けて夏季目標値を計算した（第 5 回八代海域調査委員会資料 p41～42 参照）。

表 1.4-2　窒素、燐モニタリング点における水質目標値（案）

類型		Ⅲ類型		Ⅱ類型		Ⅰ類型							
水域		湾奥（環境基準点）		環境基準点		有害赤潮多発水域					環境基準点		
調査点		618-05	618-55	604-02	618-56	①	②	③	④	⑤	618-57	618-58	618-59
負荷削減達成時濃度(mg/L)	窒素	0.60	0.49	0.31	0.24	0.24	0.31	0.30	0.32	0.22	0.23	0.24	0.20
	燐	0.040	0.033	0.024	0.022	0.032	0.049	0.046	0.042	0.024	0.022	0.028	0.019
水質目標値(mg/L)	窒素	0.70		0.35		0.24	0.31	0.30	0.32	0.22	0.19		
	燐	0.056		0.034		0.032	0.049	0.046	0.042	0.024	0.014		

注）モニタリング点の位置は図 1.4-3 を参照

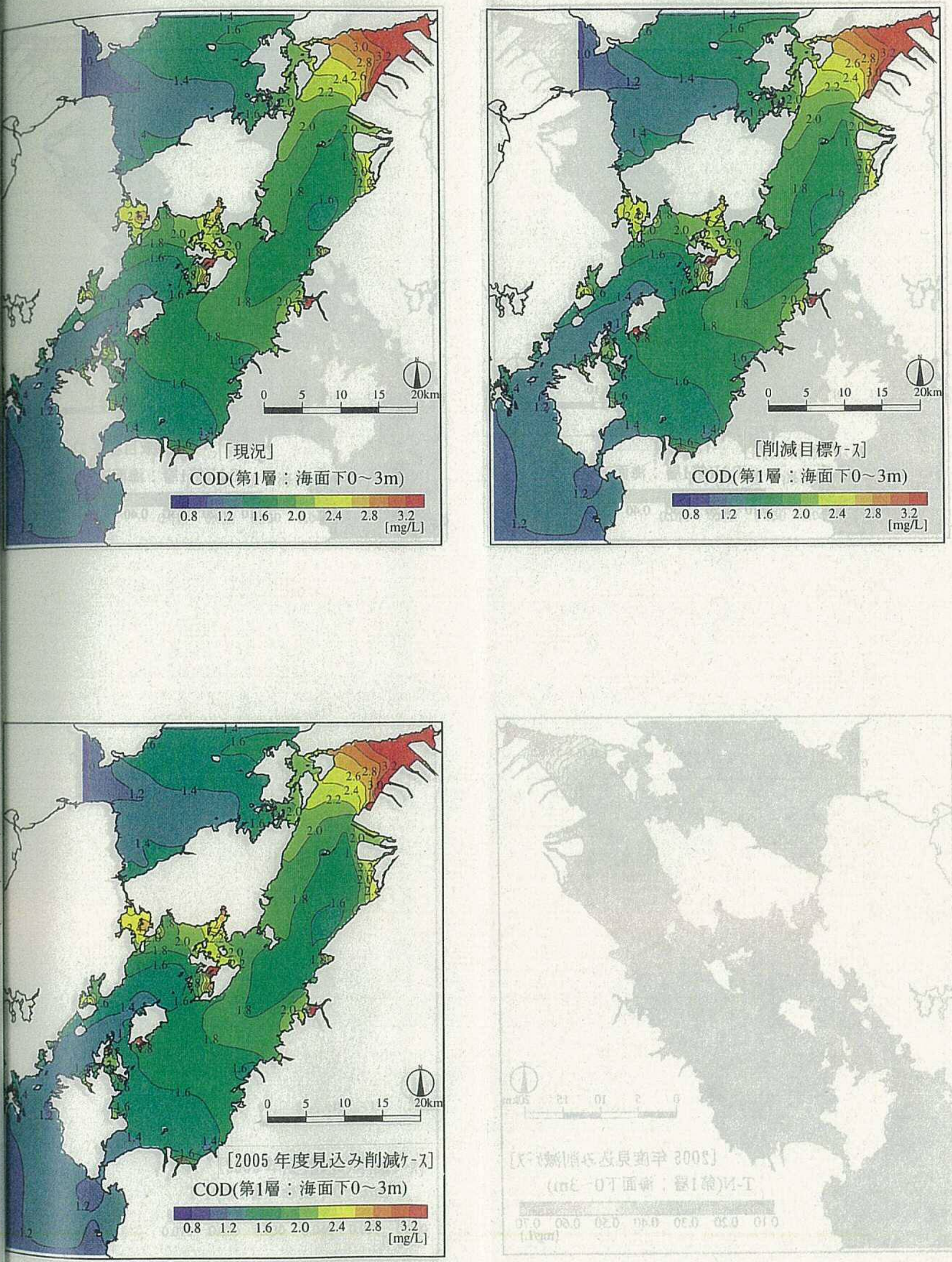


図 1.4-4(1)　負荷削減による水質予測値（COD）

注）現況ケース：1995 年度夏季（6 月～8 月）現況での計算
2005 年度見込み削減ケース：熊本県資料による 2005 年度負荷見込み値での計算
削減目標ケース：熊本県資料による 2000 年度、2005 年度負荷源別見込み値のうち低負荷合計値での計算

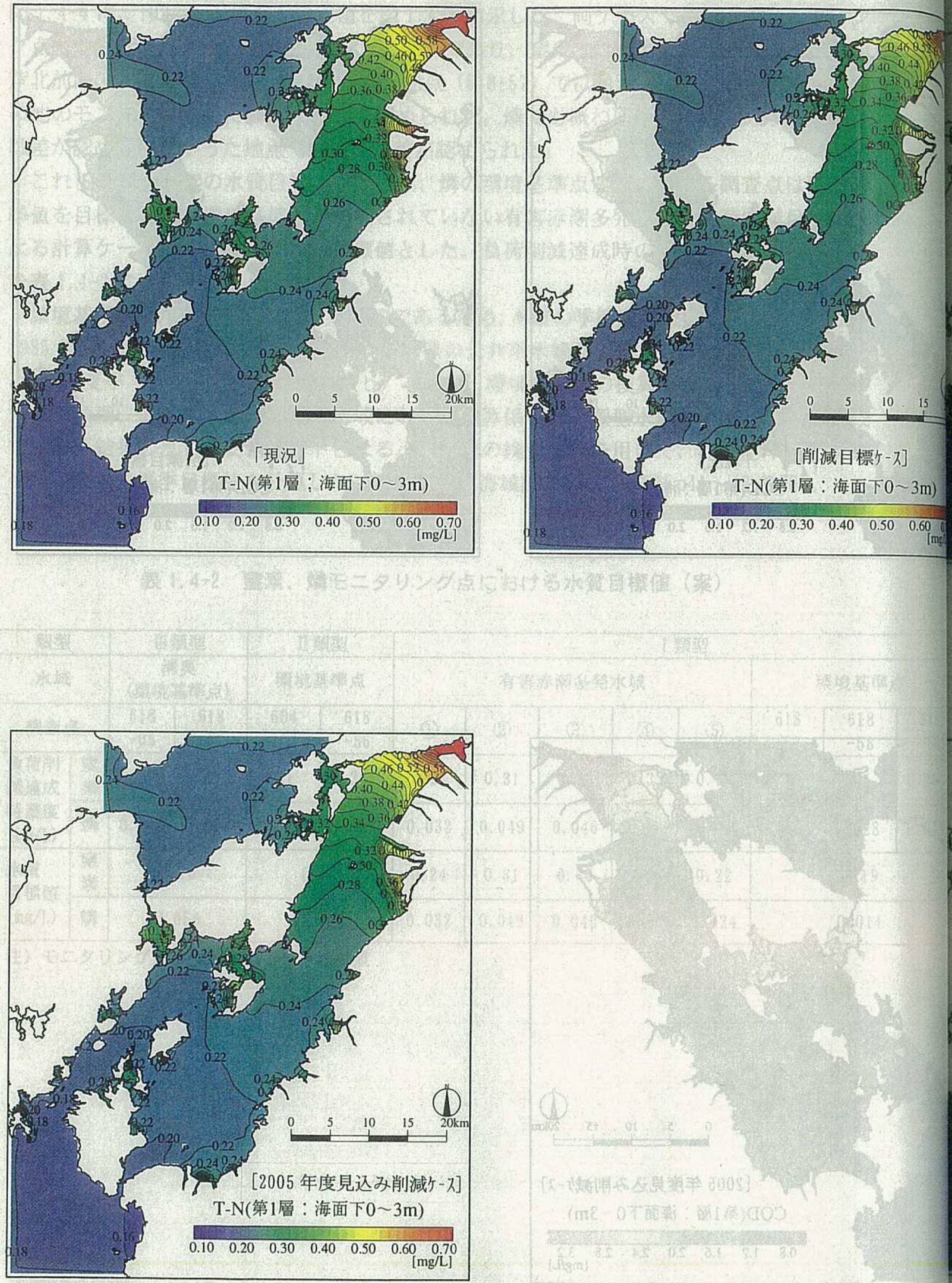


図 1.4-4(2)　負荷削減による水質予測値（TN）

注）現況ケース：1995 年度夏季（6 月～8 月）現況での計算
2005 年度見込み削減ケース：熊本県資料による 2005 年度負荷見込み値での計算
削減目標ケース：熊本県資料による 2000 年度、2005 年度負荷源別見込み値のうち低負荷合計値での計算

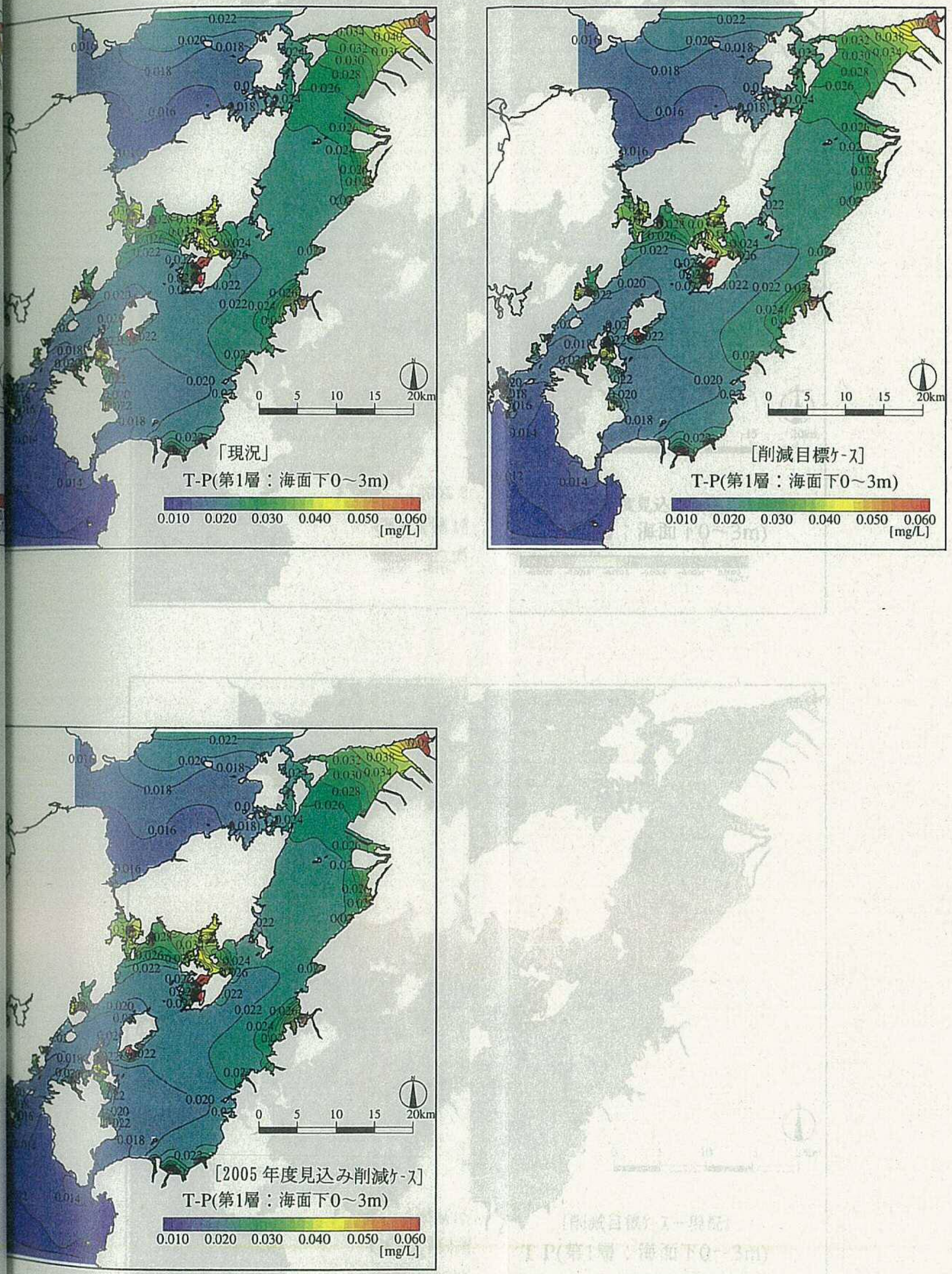


図 1.4-4(3)　負荷削減による水質予測値（TP）

注）現況ケース：1995 年度夏季（6 月～8 月）現況での計算
2005 年度見込み削減ケース：熊本県資料による 2005 年度負荷見込み値での計算
削減目標ケース：熊本県資料による 2000 年度、2005 年度負荷源別見込み値のうち低負荷合計値での計算

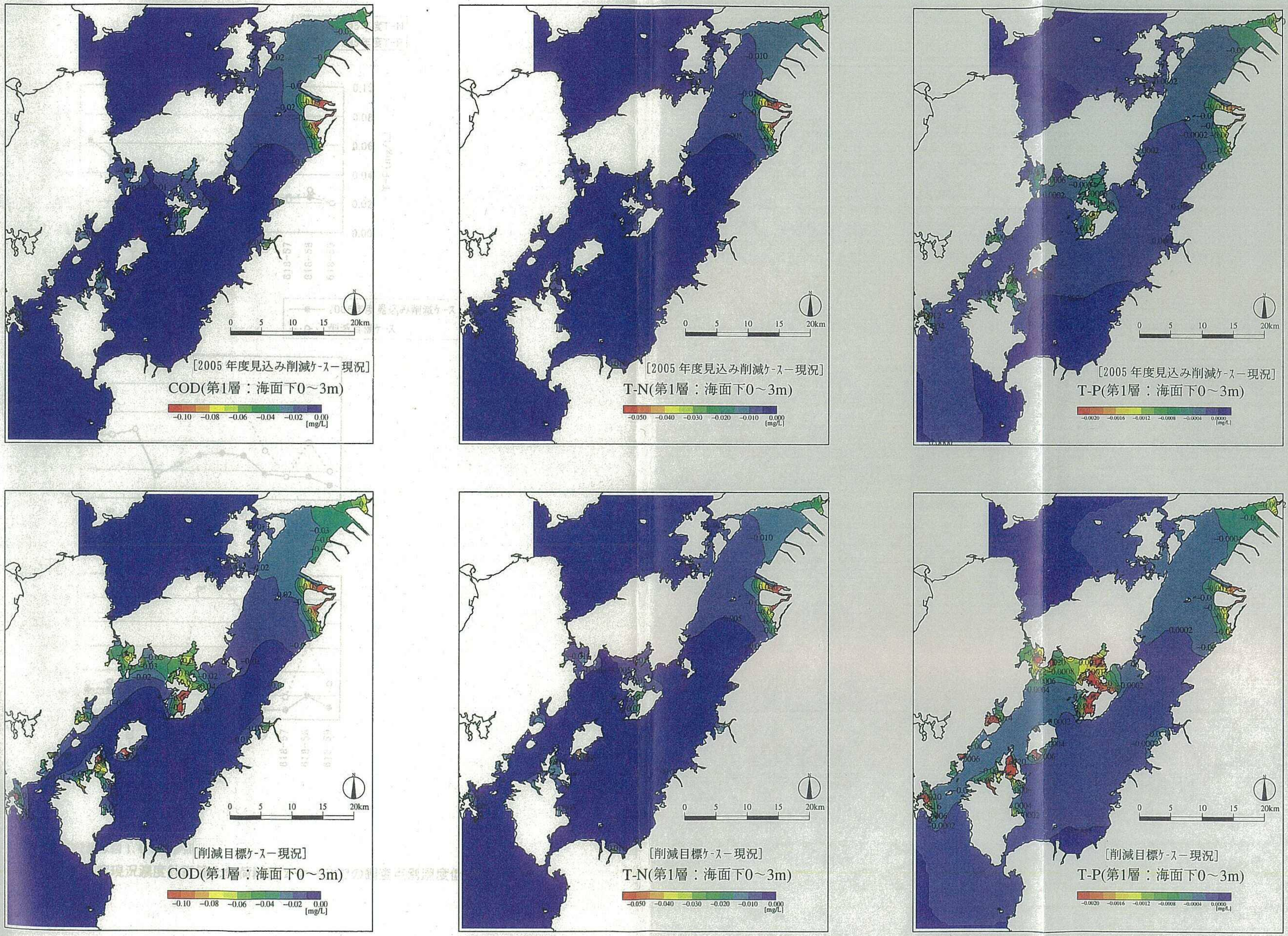
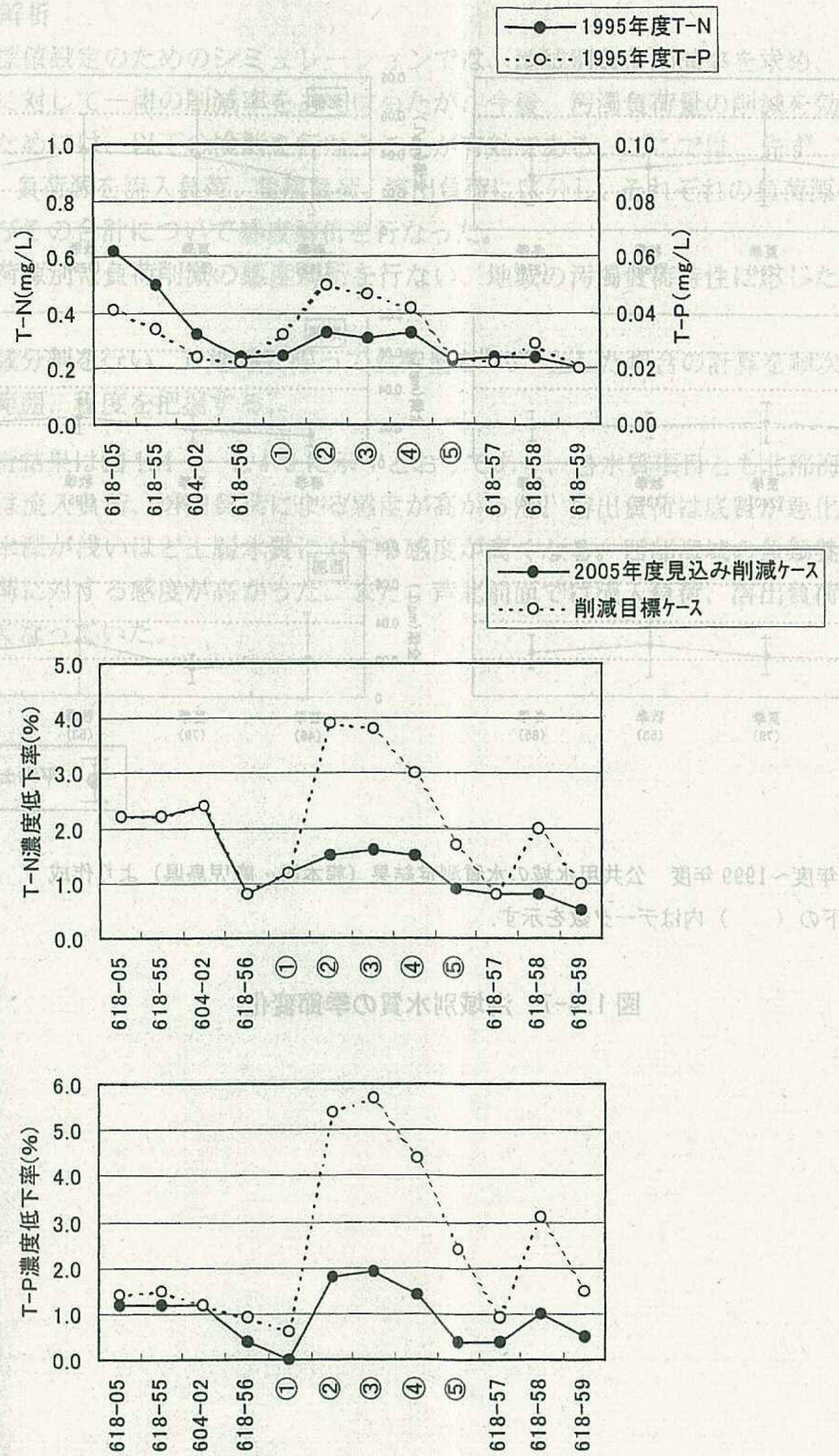


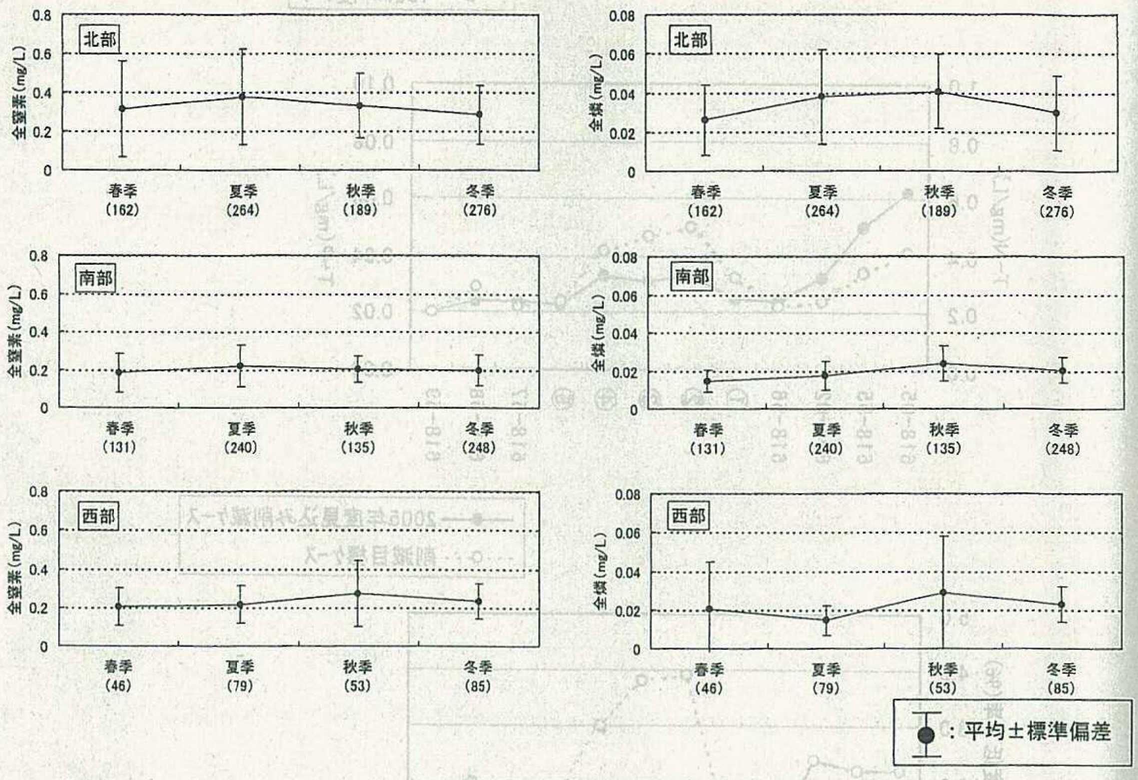
図 1.4-5　負荷削減による水質予測値（現況ケースとの差）

注）現況ケース：1995 年度夏季（6 月～8 月）現況での計算
2005 年度見込み削減ケース：熊本県資料による 2005 年度負荷見込み値での計算
削減目標ケース：熊本県資料による 2000 年度、2005 年度負荷源別見込み値のうち低負荷合計値での計算



注）モニタリング点の位置は図 1.4-3 を参照

図 1.4-6　1995 年度現況濃度計算値と負荷削減 2 ケースでの調査点別濃度低下率の比較



出典：1985 年度～1999 年度　公共用水域の水質測定結果（熊本県・鹿児島県）より作成
注：季節の下の（　）内はデータ数を示す.

図 1.4-7　海域別水質の季節変化

(3) 感度解析

水質目標値設定のためのシミュレーションでは、地域別負荷削減率を求め、同一地域内の負荷源に対して一律の削減率をあてはめたが、今後、汚濁負荷量の削減を効果的・効率的に行うためには、以下の検討を行なうことが有効である。ここでは、先ず、①のケースについて、負荷源を流入負荷、養殖負荷、溶出負荷に区分し、それぞれの負荷源の一律 10%削減、及びその合計について感度解析を行なった。

① 負荷源別に負荷削減の感度解析を行ない、地域の汚濁負荷特性に応じた応答を確認する

② 地域分割を行い、1 地域に限って負荷量を”0”とした場合の計算を順次行い、その応答範囲、程度を把握する。

感度解析結果は図 1.4-8、1.4-9 に示すとおりであり、各水質項目とも北部海域及び河川前水域では流入負荷、溶出負荷による感度が高かった。溶出負荷は底質が悪化しているほど、また水深が浅いほど上層水質に対する感度が高くなる。西部海域の魚類養殖場周辺では養殖負荷に対する感度が高かった。また、芦北前面では流入負荷、溶出負荷が複合して感度が高くなっていた。

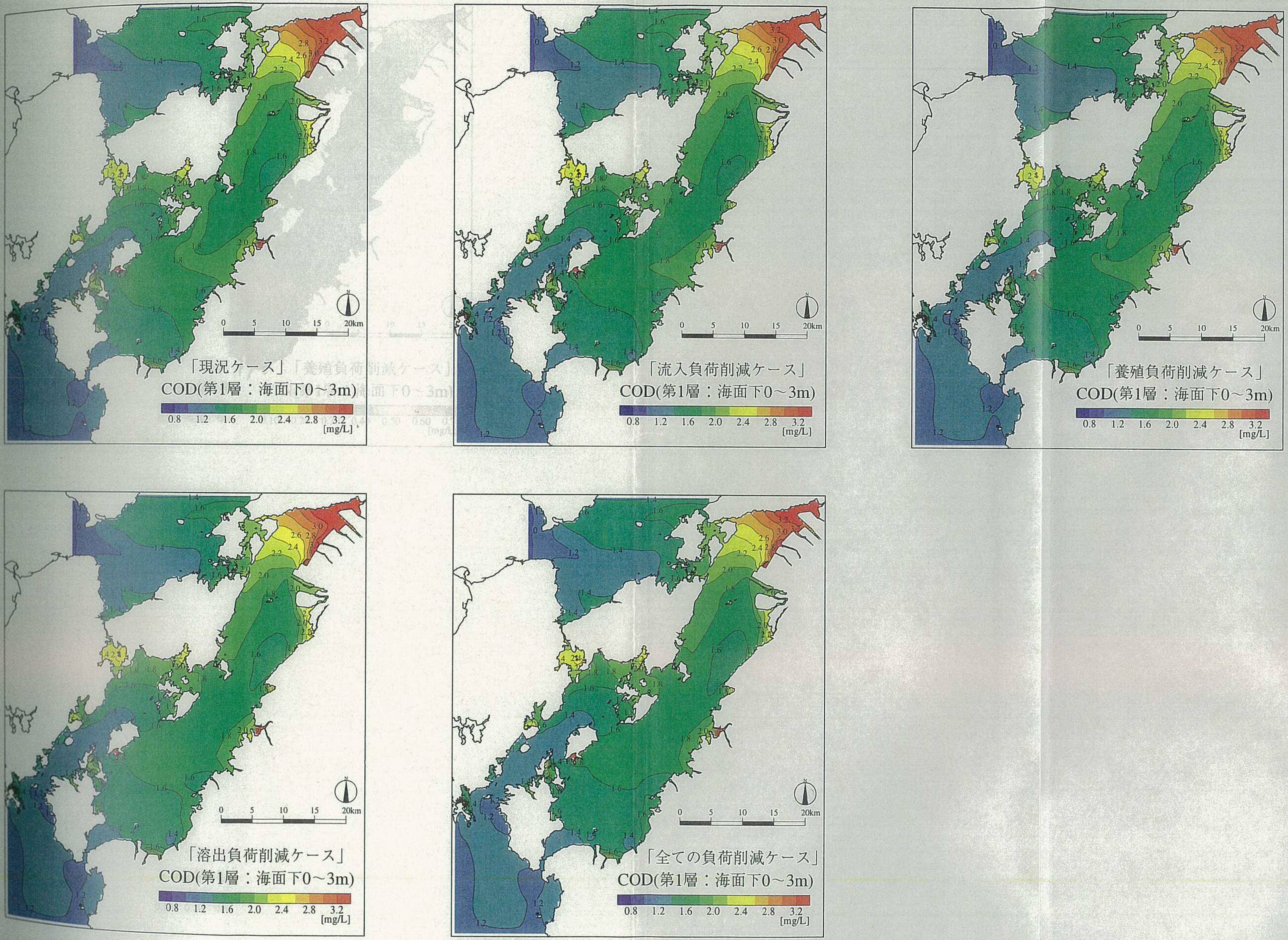


図 1.4-8(1)　感度解析結果（COD）

注）現況ケース：1995 年度夏季（6 月～8 月）現況に 1999 年度現在の養殖負荷を与えたケース
流入負荷、養殖負荷、溶出負荷削減ケース：現況ケースから各負荷を 10％削減したケース
全ての負荷削減ケース：流入負荷、養殖負荷、溶出負荷を一律 10％削減したケース

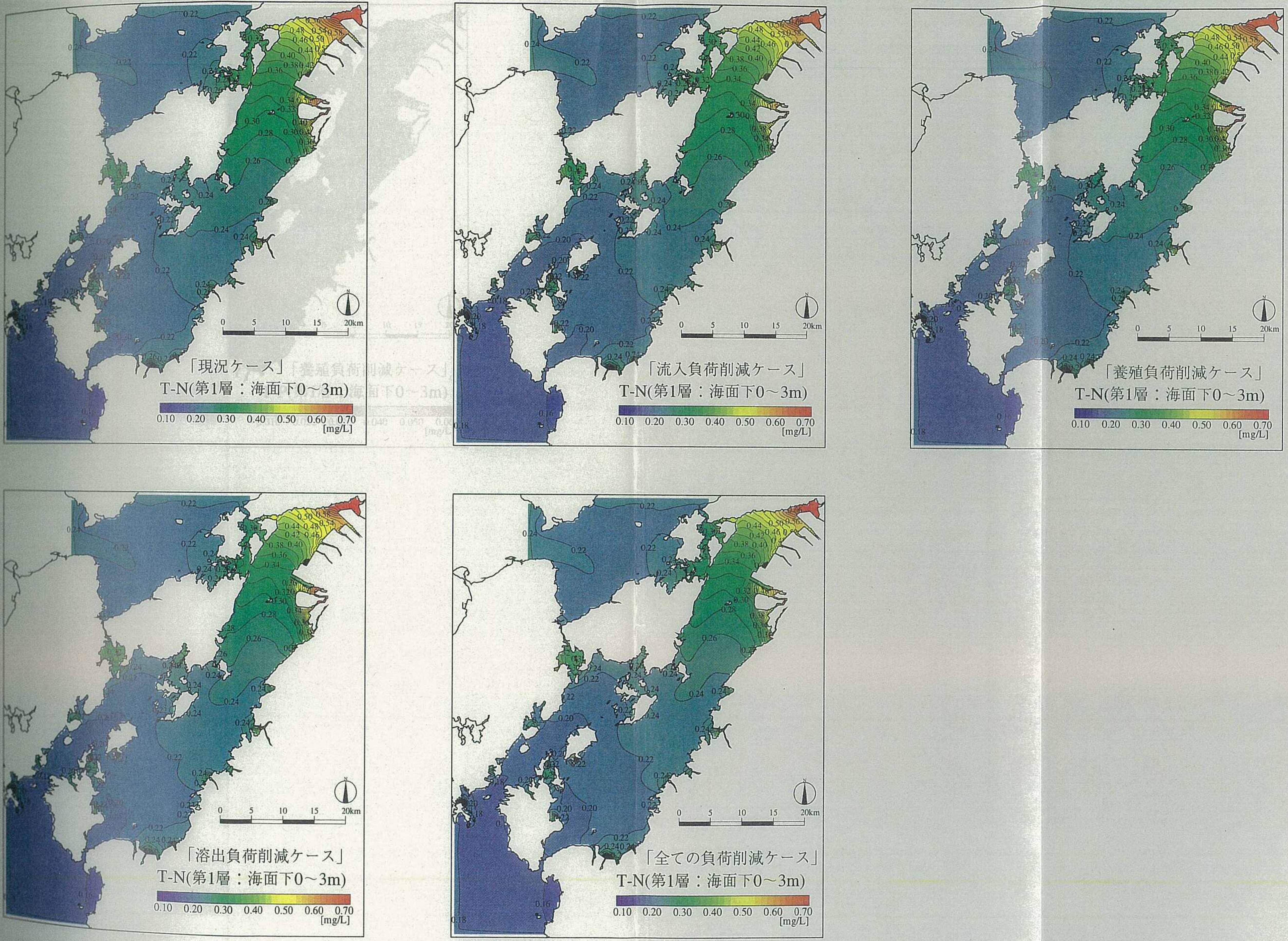


図 1.4-8(2)　感度解析結果（TN）

注）現況ケース：1995 年度夏季（6 月～8 月）現況に 1999 年度現在の養殖負荷を与えたケース
流入負荷、養殖負荷、溶出負荷削減ケース：現況ケースから各負荷を 10％削減したケース
全ての負荷削減ケース：流入負荷、養殖負荷、溶出負荷を一律 10％削減したケース

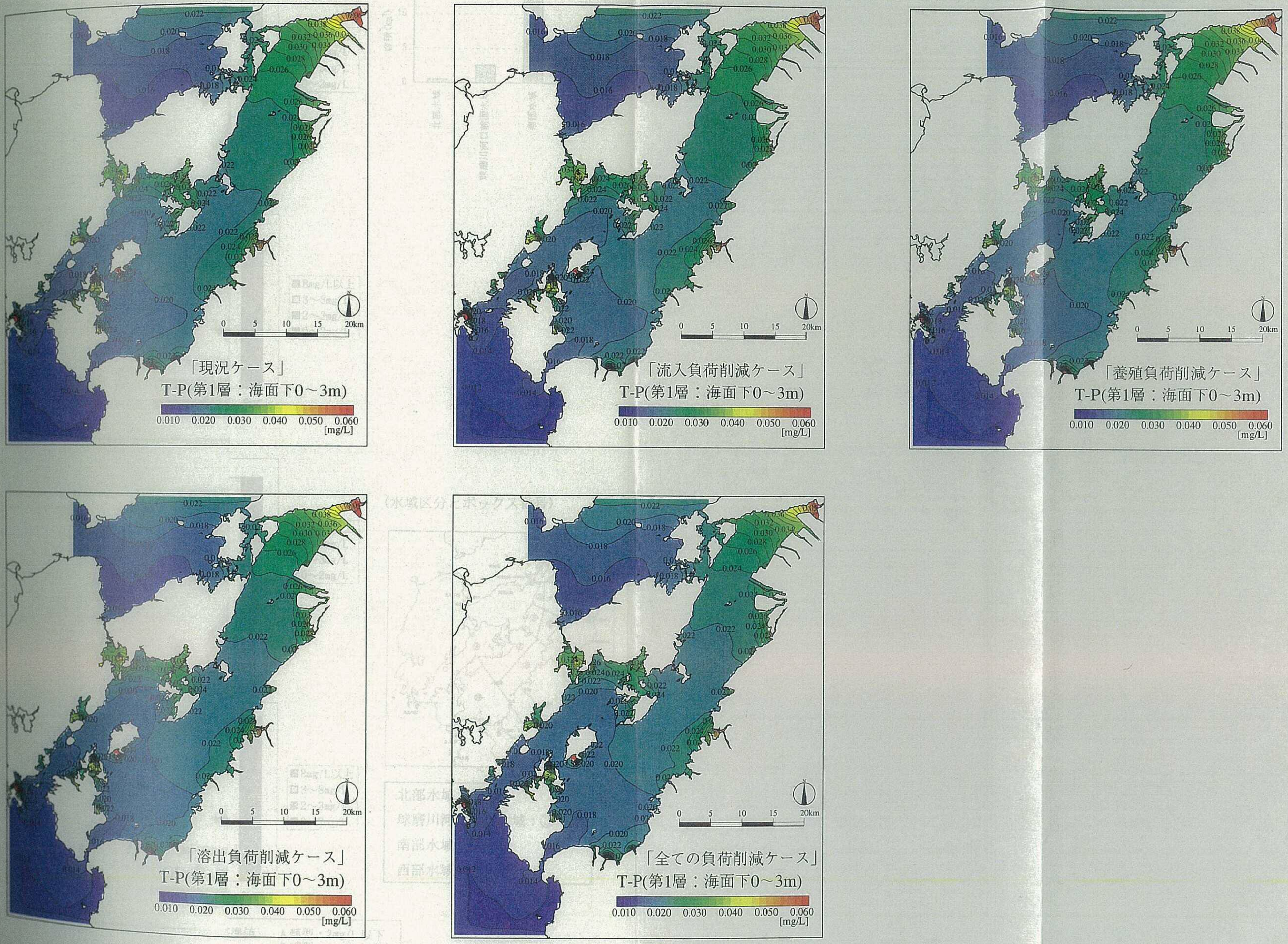
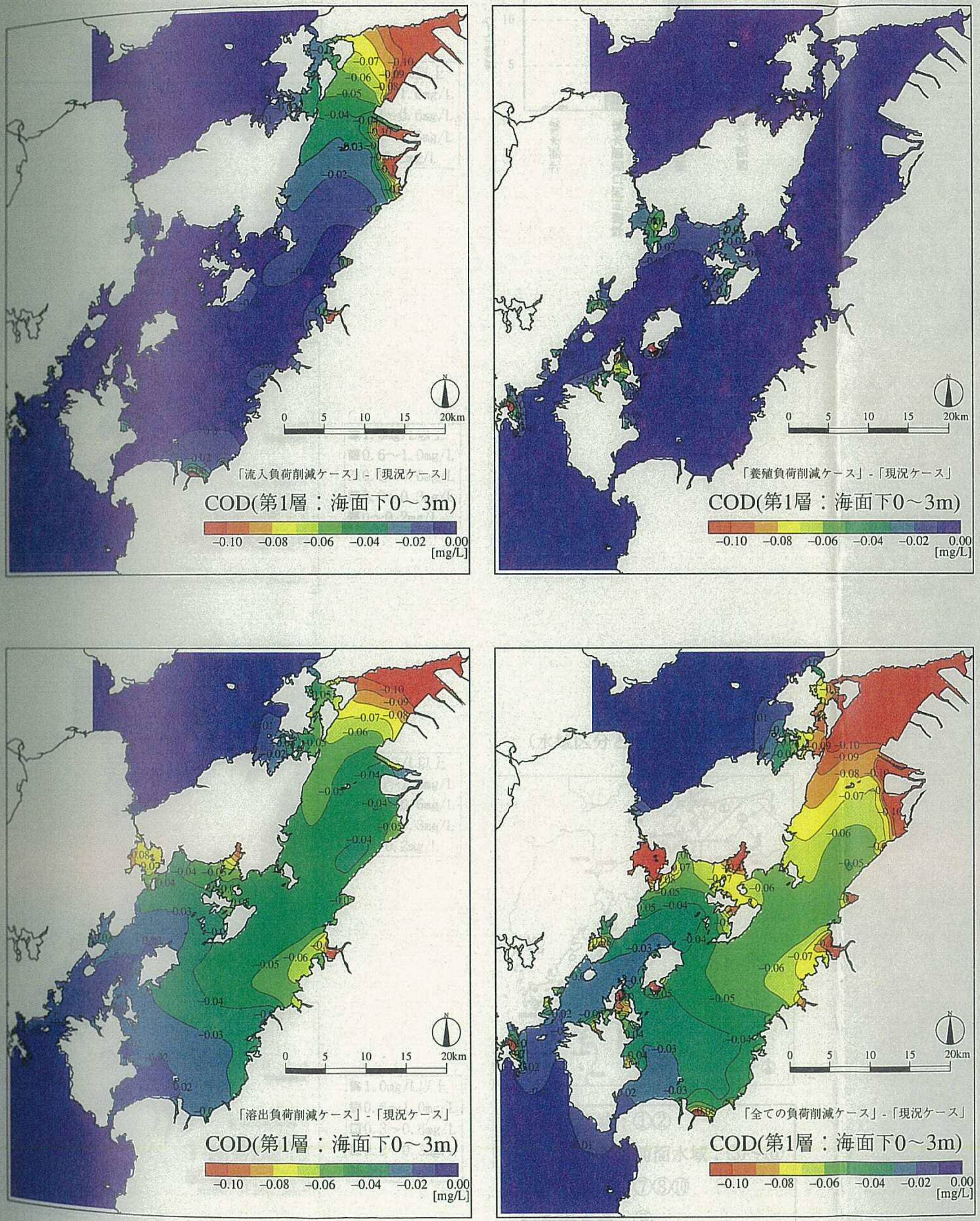
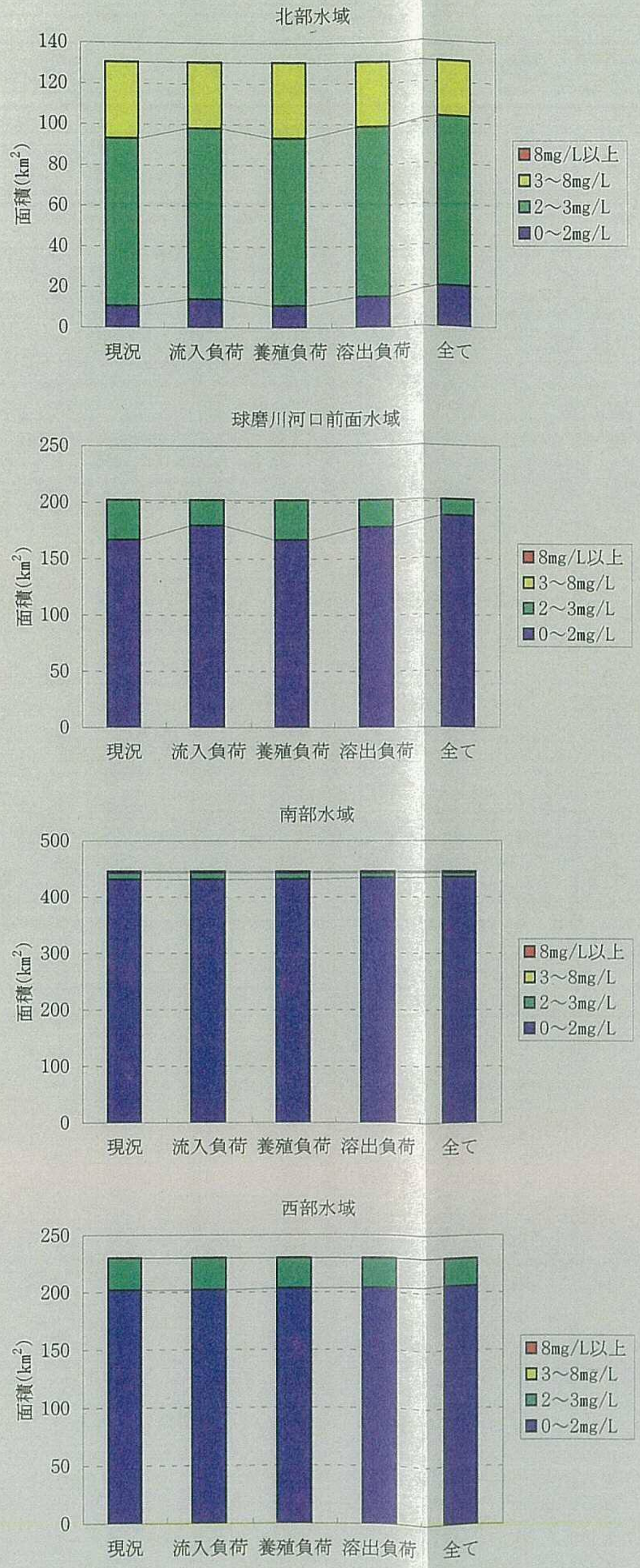


図 1.4-8(3)　感度解析結果（TP）

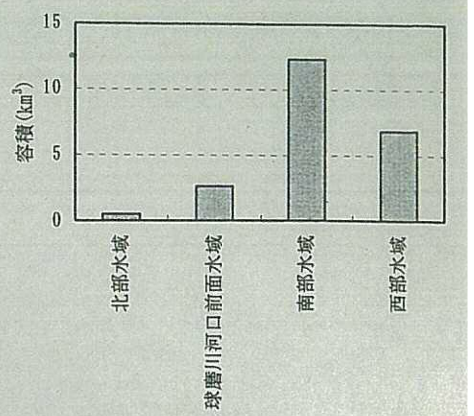
注）現況ケース：1995 年度夏季（6 月～8 月）現況に 1999 年度現在の養殖負荷を与えたケース
流入負荷、養殖負荷、溶出負荷削減ケース：現況ケースから各負荷を 10％削減したケース
全ての負荷削減ケース：流入負荷、養殖負荷、溶出負荷を一律 10％削減したケース



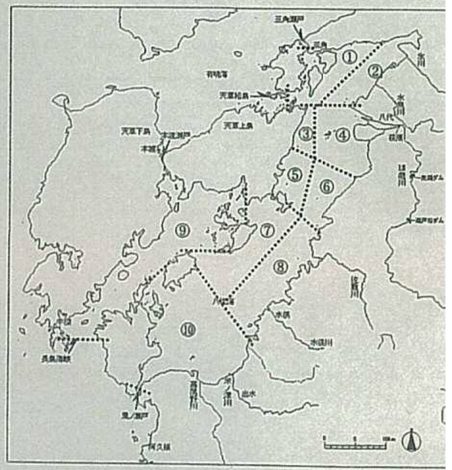
(各水域区分の削減パターン別濃度範囲別の面積)



(水域区分別の容積)



(水域区分とボックス番号)



北部水域：①②
球磨川河口前面水域：③～⑥
南部水域：⑦⑧⑩
西部水域：⑨

環境基準値	A 類型：2mg/L 以下 B 類型：3mg/L 以下 C 類型：8mg/L 以下

図 1.4-9(1)　感度解析結果（COD：現況ケースとの差）

注）現況ケース：1995 年度夏季（6 月～8 月）現況に 1999 年度現在の養殖負荷を与えたケース
流入負荷、養殖負荷、溶出負荷削減ケース：現況ケースから各負荷を 10％削減したケース
全ての負荷削減ケース：流入負荷、養殖負荷、溶出負荷を一律 10％削減したケース

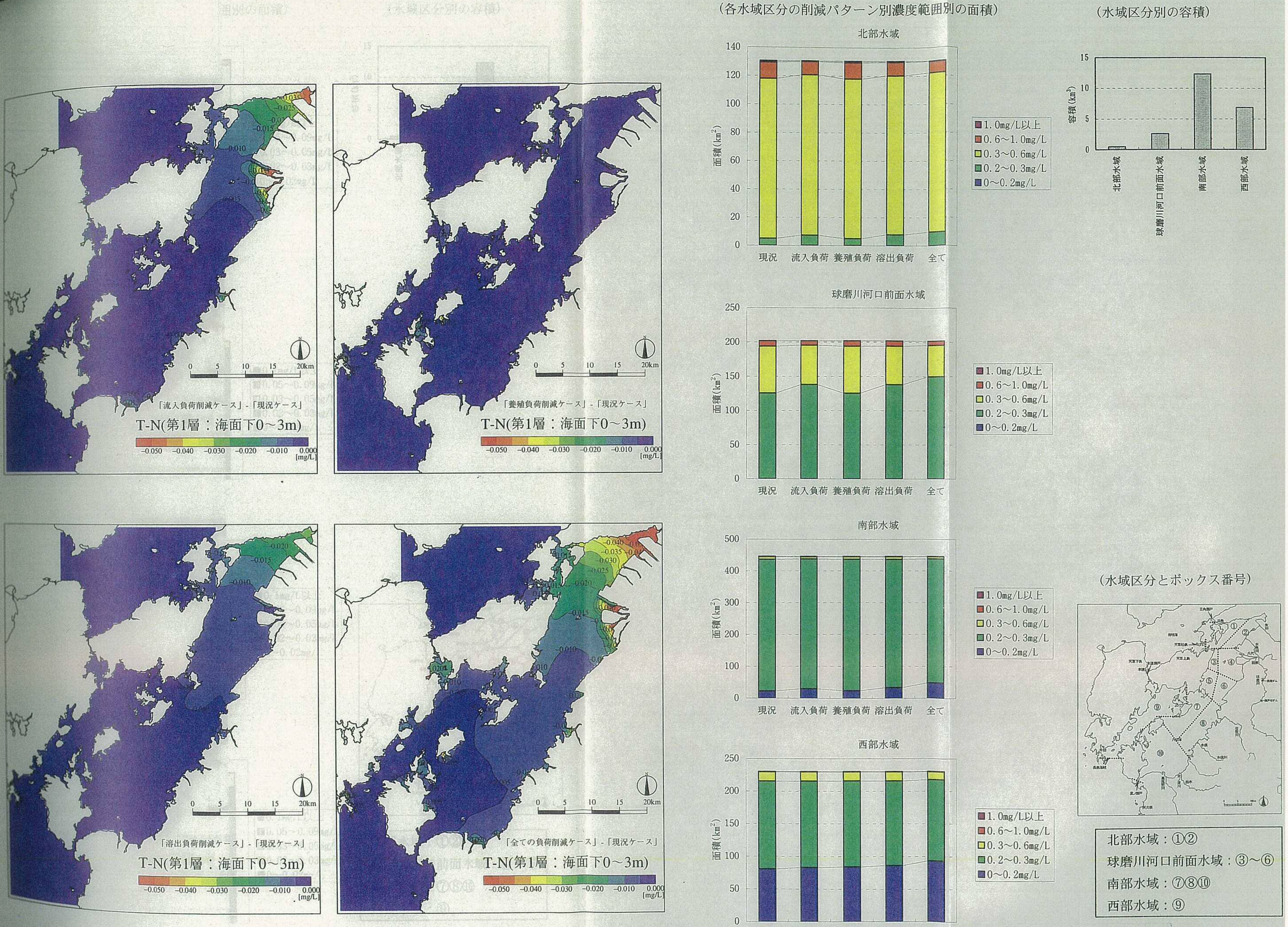


図 1.4-9(2)　感度解析結果（TN：現況ケースとの差）

注）現況ケース：1995 年度夏季（6 月～8 月）現況に 1999 年度現在の養殖負荷を与えたケース
流入負荷、養殖負荷、溶出負荷削減ケース：現況ケースから各負荷を 10％削減したケース
全ての負荷削減ケース：流入負荷、養殖負荷、溶出負荷を一律 10％削減したケース

環境基準値	
	Ⅰ類型：0.2mg/L 以下
	Ⅱ類型：0.3mg/L 以下
	Ⅲ類型：0.6mg/L 以下
	Ⅳ類型：1mg/L 以下

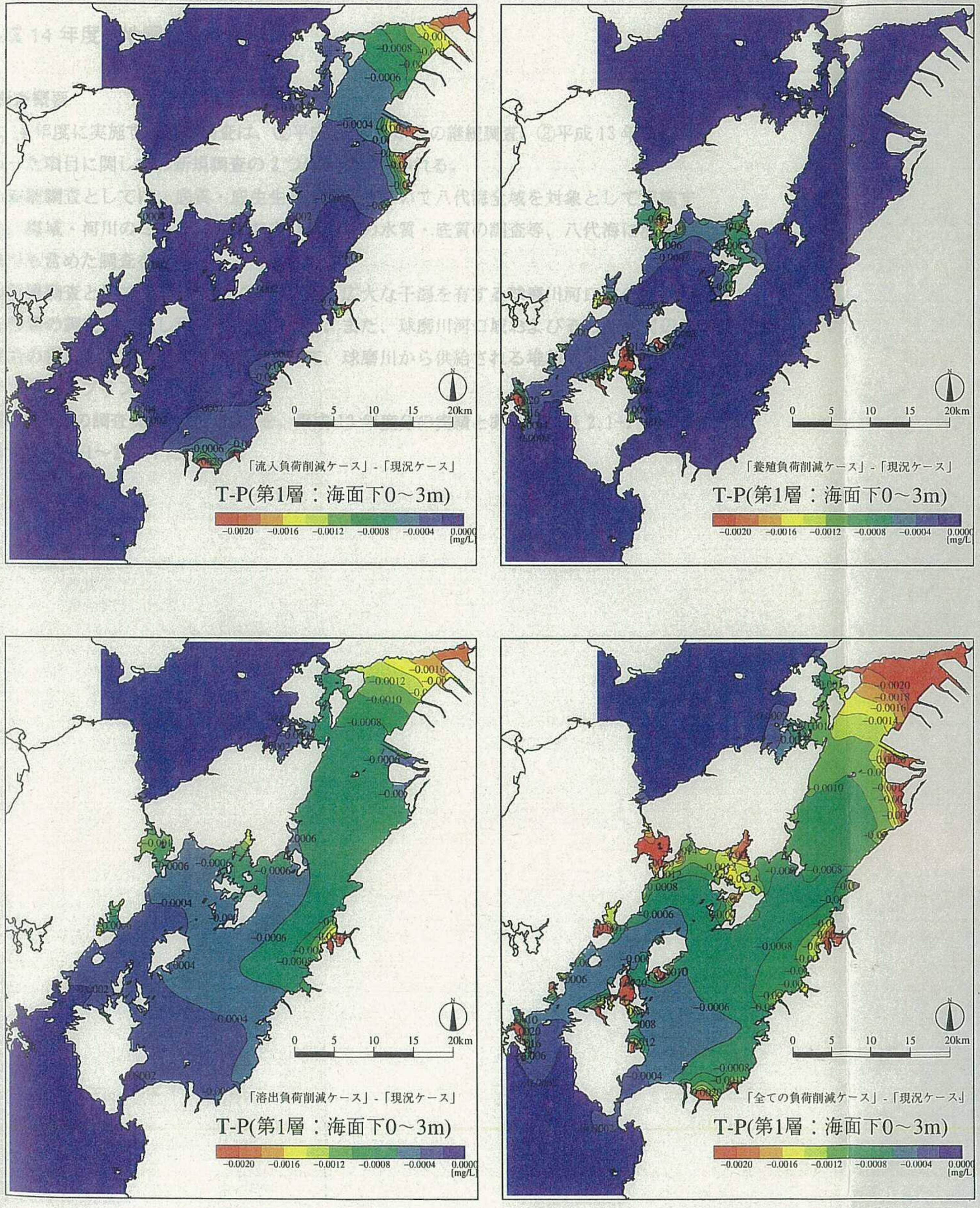
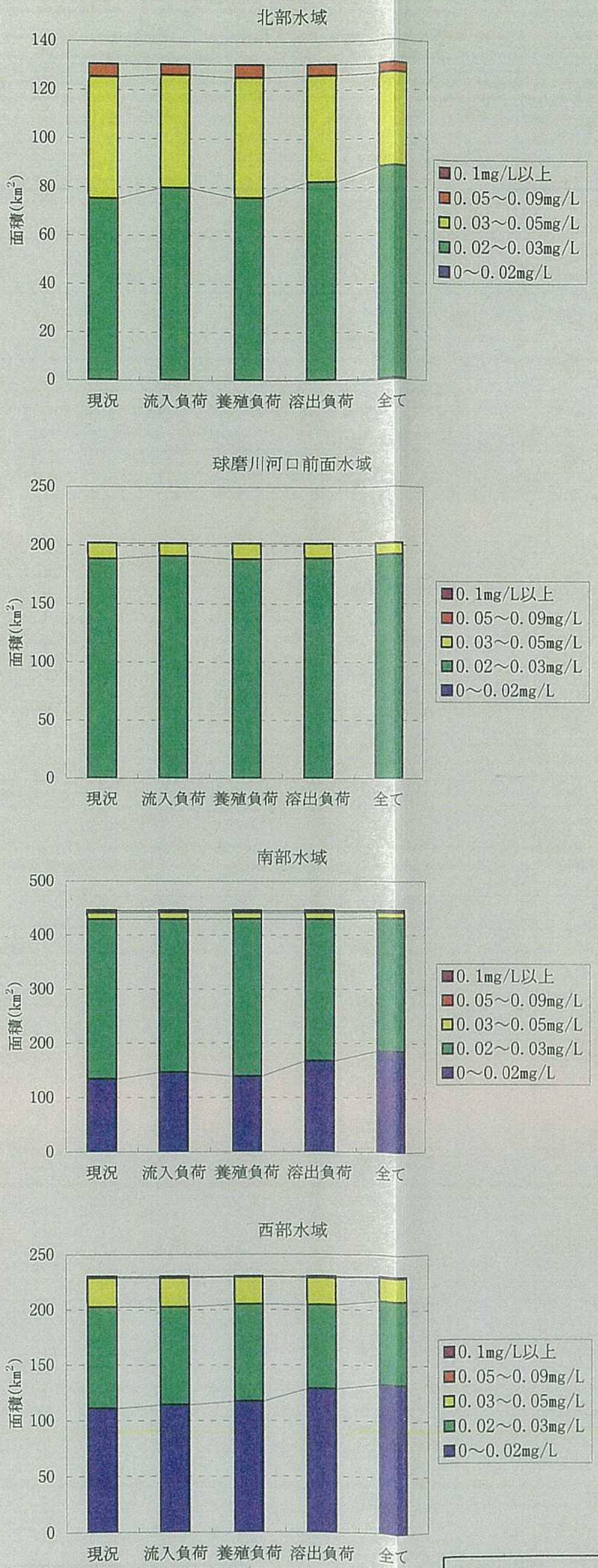


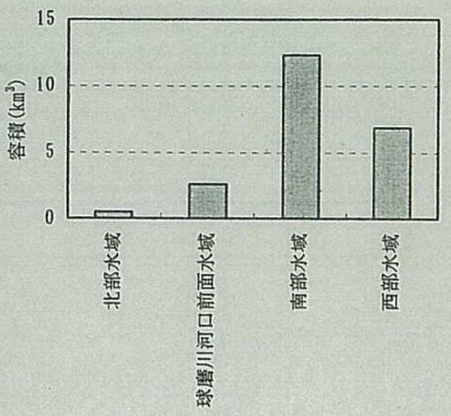
図 1.4-9(3)　感度解析結果（TP：現況ケースとの差）

注）現況ケース：1995 年度夏季（6 月～8 月）現況に 1999 年度現在の養殖負荷を与えたケース
流入負荷、養殖負荷、溶出負荷削減ケース：現況ケースから各負荷を 10％削減したケース
全ての負荷削減ケース：流入負荷、養殖負荷、溶出負荷を一律 10％削減したケース

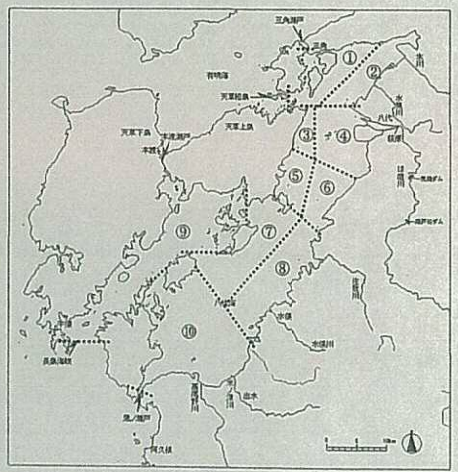
（各水域区分の削減パターン別濃度範囲別の面積）



（水域区分別の容積）



（水域区分とボックス番号）



北部水域：①②
球磨川河口前面水域：③～⑥
南部水域：⑦⑧⑩
西部水域：⑨

環境基準値	
	Ⅰ類型：0.02mg/L 以下
	Ⅱ類型：0.03mg/L 以下
	Ⅲ類型：0.05mg/L 以下
	Ⅳ類型：0.09mg/L 以下

2. 平成 14 年度現地調査計画(案)

2.1 調査概要

平成 14 年度に実施する現地調査は、①平成 13 年度からの継続調査、②平成 13 年度に補えなかった項目に関しての新規調査の 2 つに大きく分かれる。

①の継続調査としては、底質・底生生物の調査について八代海全域を対象として実施するほか、海域・河川のミネラル調査およびダム湖の水質・底質の調査等、八代海に流入する球磨川も含めた調査を実施する。

②の新規調査としては、八代海において最も広大な干潟を有する球磨川河口域の底質・干潟生物等の調査を実施し現況の把握を行う。また、球磨川河口域およびその沖合周辺の土砂供給の現況を把握することを目的として、球磨川から供給される堆積物の年代測定のためのコアサンプリングを実施する。

平成 14 年度の調査実施概要（案）を、平成 13 年度分の実績とあわせて表 2.1-1 に、調査地点を図 2.1-1～2.1-4 に示した。

表 2.1-1(1)　平成 13～14 年度現地調査実施概要

調査名		目的	平成 13 年度			平成 14 年度(案)			調査方法	測定項目
			調査地点・層	調査時期	調査頻度	調査地点・層	調査時期	調査頻度		
八代海流況・水質等調査	流況	北部海域の流況特性（潮汐、河川流入、風などによる時系列変化）を把握	7 地点　3 層（ただし、st.9 は 2 層）	洪水期間(梅雨期)，平水期間(冬季)［2 回］	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	流向・流速
		ブロックを設定し、水収支と栄養塩フラックス（境界面での鉛直断面分布）を把握	6 測線	洪水期間(梅雨期)，平水期間(冬季)の各大潮・小潮時［4 回］	上げ潮・満潮・下げ潮・干潮の 4 回/日	—	—	—	ADCP による曳航観測	流向・流速
	水温塩分等	外部海域（有明海、外海）および淡水流入の影響（水温・塩分(海水密度)の時系列変化）を把握	7 地点　4 層（ただし、st.9 は 3 層）	洪水期間(梅雨期)，平水期間(冬季)［2 回］	15 昼夜の常時観測	—	—	—	水温塩分計（COMPAC-CT）による連続測定	水温、塩分(海水密度)
		河川系水の拡散範囲を潮汐変動と関連付けて層別に捉え、拡散現象を鉛直的・水平的に把握	36 地点　0.5m ピッチ（pH, DO は下記の採水層と同じ 5 層）	洪水期間(梅雨期)，平水期間(冬季)の各大潮・小潮時［4 回］	上げ潮・満潮・下げ潮・干潮時の 4 回/日	—	—	—	可搬型計測器（クロロテック）による鉛直測定	水温，塩分，濁度，ｸﾛﾛﾌｨﾙａ，pH，DO
	水質	ブロック別の物質（栄養塩等）存在量の変化を把握	5 地点 海面下 0.5，2，5，10m，海底面上 1ｍ［5 層］	洪水期間(梅雨期)，平水期間(冬季)［2 回］	上げ潮・満潮・下げ潮・干潮時の 4 回/日 平水期間（冬季）は満潮・干潮の 2 回/日	—	—	—	採水・分析 1	濁度，SS，VSS(IL)，COD，D·COD，T-N，D·T-N，NH４-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
		感潮域における物質（濁度、栄養塩）の流入実態の把握	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
	ﾌﾟﾗﾝｸﾄﾝ	環境指標として以下の種組成、指標種から河川水の影響、内湾度等を把握 1)植物プランクトン 2)動物プランクトン	5 地点 1)海面下 0.5，5m［2 層］ 2)海面～5m，5m～海底面上 1m［2 層］	洪水期間(梅雨期)，平水期間(冬季)の各大潮・小潮時［4 回］	洪水期間（梅雨期）は上げ潮・満潮・下げ潮・干潮の 4 回/日 平水期間（冬季）は満潮・干潮の 2 回/日	—	—	—	1)採水法（5L 採水） 2)ネット法（北原式定量ネット）	植物ﾌﾟﾗﾝｸﾄﾝおよび動物ﾌﾟﾗﾝｸﾄﾝの種の同定・計数
	航空撮影	出水時の河川水の表層拡散分布を、潮汐と関連付けて広域的・視覚的に記録	球磨川の河川水拡散範囲（河口～前線）	洪水時［1 回］	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
八代海底質・底生生物調査	底質	八代海全体の有機汚濁の実態把握．特に、河口・干潟等の沿岸域、魚類・真珠養殖場、最深部等の環境傾斜	48 地点［表層～5cm 深］	晩夏～初秋季［1 回］	—	48 地点［表層～5cm 深］	春季［1 回］	—	ｽﾐｽﾏｯｷﾝﾀｲﾔ型採泥器等による採泥	粒度組成，単位体積重量，含水率，TOC，T-N，T-P，硫化物
	底生生物	環境指標として八代海全体の有機汚濁の実態把握．特に、河口・干潟等の沿岸域、魚類・真珠養殖場、最深部等の環境傾斜	48 地点	晩夏～初秋季［1 回］	—	48 地点	春季［1 回］	—	ｽﾐｽﾏｯｷﾝﾀｲﾔ型採泥器(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
球磨川河口部周辺底質・底生生物調査	底質	河川からの土砂流出による河口周辺海域での堆積状況を把握	球磨川河口干潟部	洪水期間［2 回］	出水前，出水後［2 回	球磨川河口干潟部	出水前，出水後［2 回］	—	干潮時に干潟の性状観察または満潮時にｴｸﾏﾝﾊﾞｰｼﾞ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］			球磨川河口周辺 8 地点の表層（0～2cm）と下層（2～5cm）［2 層］			ｱｸﾘﾙｺｱｰ(φ10cm)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	河口周辺海域の底生生物の現状把握	球磨川河口周辺 8 地点	洪水期間(梅雨期)［1 回］	出水前［1 回］	球磨川河口周辺 8 地点	出水前［1 回］	—	ｽﾐｽﾏｯｷﾝﾀｲﾔ型採泥器(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
		河口干潟の底生生物の鉛直分布を把握	球磨川河口干潟部 3 地点 層厚 20cm 間隔［2～3 層］			球磨川河口干潟部 3 地点 層厚 20cm 間隔［2～3 層］			ｱｸﾘﾙｺｱｰ(φ20cm，2 回)による柱状採泥，0.5mm 目以上	

表 2.1-1(2)　平成 13～14 年度現地調査実施概要

調査名		目的	平成 13 年度			平成 14 年度(案)			調査方法	測定項目
			調査地点・層	調査時期)	調査頻度	調査地点・層	調査時期)	調査頻度		
球磨川河川水質調査（洪水時）	濁度等	球磨川からの土砂流出の時系列変化、流出負荷特性の把握	球磨川 1 地点 (萩原)[1 層]	洪水期間(梅雨期) [1 回]	15 昼夜連続	－	－	－	濁度計による常時観測	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				自動採水装置による採水分析	SS, VSS(IL)
	水質	洪水時の各流域からの流出負荷特性の把握	(球磨川)横石、西瀬橋、多良木、(川辺川)柳瀬の 4 地点、表層［1 層］	洪水時［1 回］	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
球磨川等河川水質（ミネラル）調査	水質	海域の基礎生産を担う藻類の増殖に重要な役割を果たしていると考えられる栄養塩・微量金属等の河川での流下過程および既設ダムにおける現状の把握	河川 16 地点，海域 4 地点の計 20 地点、表層［1 層］ ダム湖 3 地点、表層、底層［2 層］	冬季［1 回］	球磨川河口部及び河口前面海域、湾奥の調査地点では干潮時に実施	河川 16 地点，海域 4 地点の計 20 地点、表層［1 層］ ダム湖 3 地点、表層、底層［2 層］	夏季（梅雨後 7～8 月）［1 回］	球磨川河口部及び河口前面海域、湾奥の調査地点では干潮時に実施	採水・分析	水温，濁度，SS，VSS，栄養塩類（T-N，NH_4-N，NO_2-N，NO_3-N，T-P，PO_4-P，SiO_2-Si），微量金属（Fe，Mn，Cu，Zn（溶存有機態，溶存無機態，懸濁態），有機物汚濁指標（BOD，COD）
	植物ﾌﾟﾗﾝｸﾄﾝ		ダム湖 3 地点，海域の 7 地点の計 10 地点、表層［1 層］	冬季［1 回］	ダム湖 3 地点，海域の 7 地点の計 10 地点、表層［1 層］	ダム湖 3 地点，海域の 7 地点の計 10 地点、表層［1 層］	夏季（梅雨後 7～8 月）［1 回］			植物ﾌﾟﾗﾝｸﾄﾝの同定計数，ｸﾛﾛﾌｨﾙ a，ﾌｪｵﾌｨﾁﾝ
ダム湖水質・底質調査	水質	ダム湖水質の定期的な把握	荒瀬ダムサイト 1 地点，瀬戸石ダムサイト 1 地点，表層（水面下 0.5m）、底層（湖底面上 1m）［2 層］	2 月［1 回］	－	荒瀬ダムサイト 1 地点，瀬戸石ダムサイト 1 地点，表層（水面下 0.5m）、底層（湖底面上 1m）［2 層］	1 回/2 ヶ月［6 回］	－	採水・分析	水温，導電率(Ec)，pH，DO，SS，VSS，濁度，T-N，栄養塩類（T-N，NH_4-N，NO_2-N，NO_3-N，T-P，PO_4-P，SiO_2-Si），BOD，COD，大腸菌群数，ｸﾛﾛﾌｨﾙ a，ﾌｪｵﾌｨﾁﾝ
	底質	梅雨期（5～6 月）および台風期（9～10 月）の出水期の間に堆積した底質の状況の把握	荒瀬ダム 5 地点，瀬戸石ダム 3 地点、上層［1 層］ 荒瀬ダムサイトでは上層（27～44cm 深）、下層（56～77cm 深）［2 層］	7 月、9 月、2 月［3 回］	－	荒瀬ダム 5 地点，瀬戸石ダム 3 地点、上層［1 層］ 荒瀬ダムサイトでは上層（27～44cm 深）、下層（56～77cm 深）［2 層］	1 回/2 ヶ月［6 回］	－	ｱｸﾘﾙｺｱｰ（φ10cm）による柱状採泥	性状，粒度組成，単位体積重量，含水率，COD，TOC，硫化物等

表 2.1-1(3)　平成 13～14 年度現地調査実施概要

調査名		目　的	平成 13 年度			平成 14 年度(案)			調査方法	測定項目
			調査地点・層	調査時期)	調査頻度	調査地点・層	調査時期)	調査頻度		
球磨川河口干潟域調査	水質	球磨川河口干潟の水質・間隙水・底質、干潟生物の把握 干潟生物については、付着(微小)藻類、底生生物、海藻草類、バクテリア等とし、現存量を把握	−	−	−	球磨川河口干潟部	夏季・冬季［2回］	干潮時に実施	採水・分析	水温，栄養塩類（懸濁態，溶存態，無機態の C，N，P）等
	底質								採泥器等による採泥	性状，粒度組成，単位体積重量，含水率，栄養塩類（C，N，P）等
	干潟生物								採泥器等による採泥	種の同定・計数，分類群別湿重量，主要種の湿重量
球磨川河口干潟底生生物調査	底質	球磨川河口干潟全域を対象とし、その現況を把握，底質と底生生物種類数・現存量との関係を把握	−	−	−	球磨川河口干潟部	夏季［1回］	干潮時に実施	採泥器等による採泥	粒度組成，単位体積重量，含水率，TOC，T-N，T-P，硫化物
	底生生物								採泥器等による採泥 0.5mm 目以上	種の同定・計数，分類群別湿重量
堆積物年代測定調査		球磨川河口域およびその沖合周辺の土砂堆積速度を年代測定法により算出し、近年の河口域周辺の土砂供給の現況を把握	−	−	−	球磨川河口干潟部およびその沖合地点	夏季	−	ｱｸﾘﾙｺｱｰ等によるﾎﾞｰﾘﾝｸﾞ	Pb_{210} および Cs_{137} による年代測定

注)平成 14 年度調査の赤字は，新規調査であることを示す。

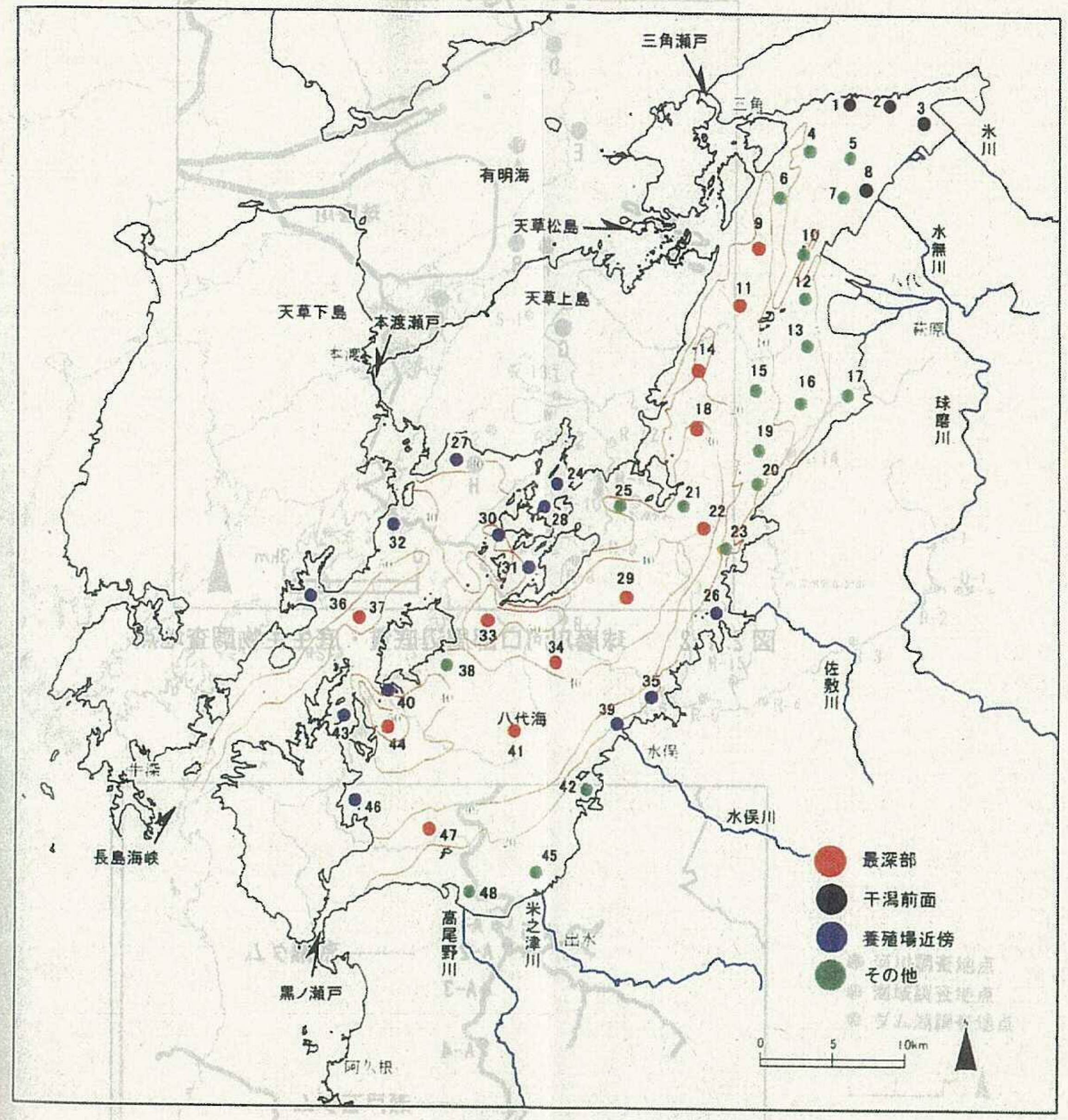


図 2.1-1　　八代海底質・底生生物調査地点

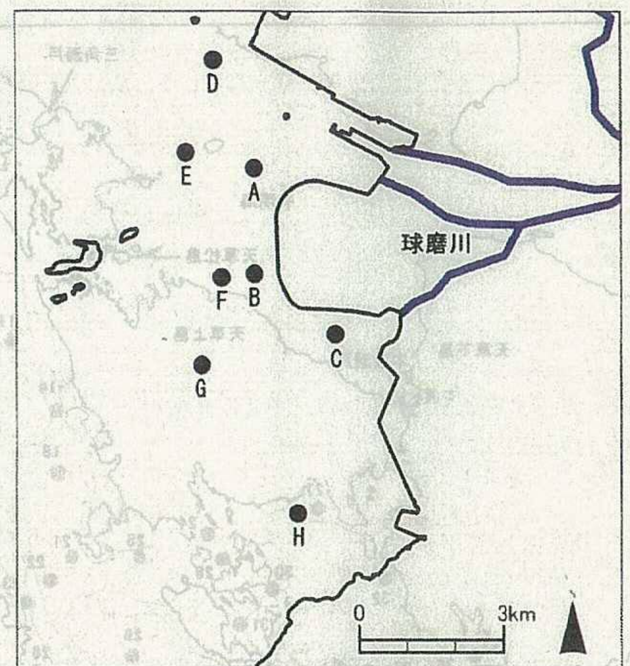


図 2.1-2　球磨川河口部周辺底質・底生生物調査地点

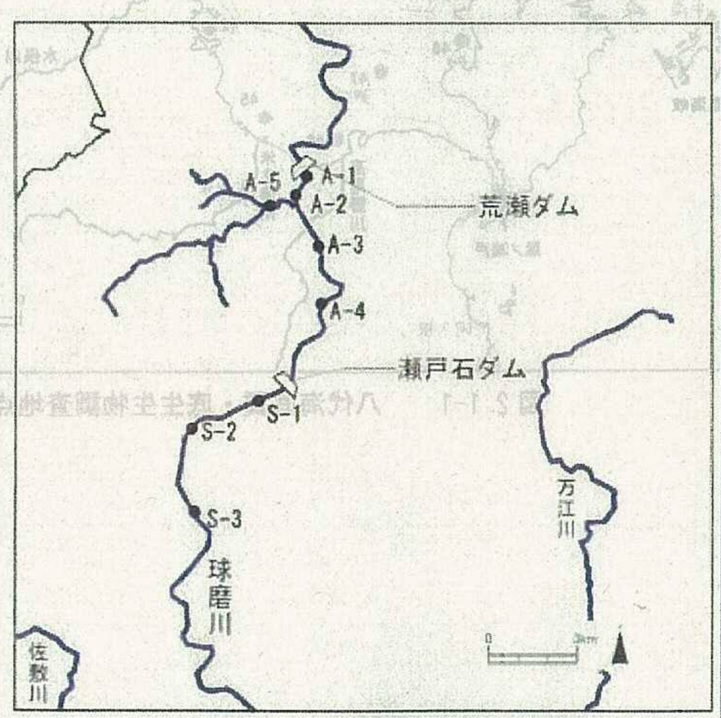


図 2.1-3　ダム湖水質・底質調査地点

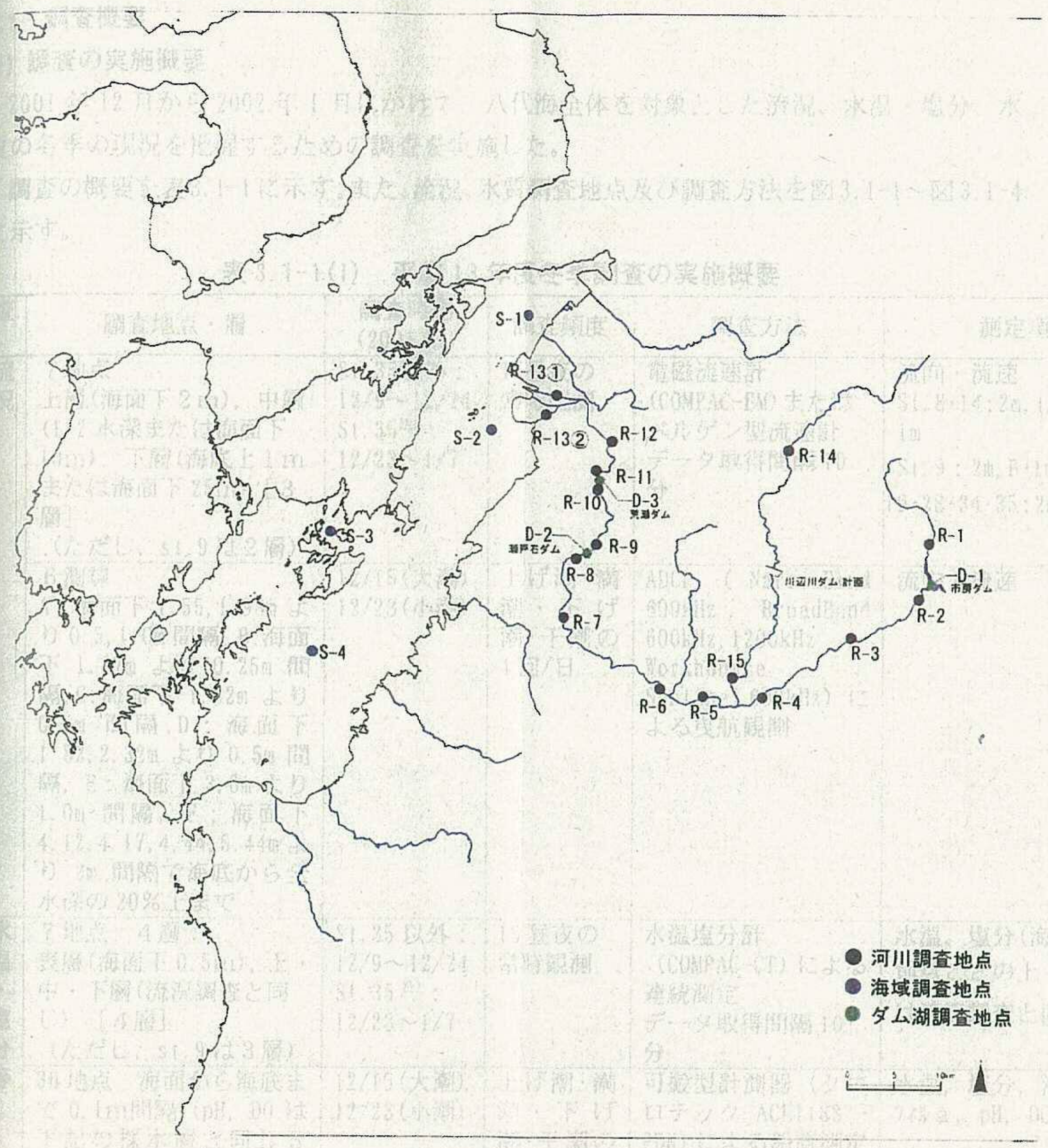


図 2.1-4　球磨川等河川水質（ミネラル）調査地点

3. 平成13年度八代海流況・水質等調査結果（冬季）

3.1 調査概要

(1) 調査の実施概要

2001年12月から2002年1月にかけて、八代海全体を対象とした流況、水温・塩分、水質の冬季の現況を把握するための調査を実施した。

調査の概要を表3.1-1に示す。また、流況、水質調査地点及び調査方法を図3.1-1～図3.1-4に示す。

表3.1-1(1)　平成13年度冬季調査の実施概要

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10m)，下層(海底上1mまたは海面下25m)［3層］ （ただし、st.9は2層）	St.35以外： 12/9～12/24 St.35注)： 12/23～1/7	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,B-1m St.9：2m,B-1m 19・28・34・35:2m,10m,25m
		6測線 A：海面下1.55,1.98mより0.5,1.0m間隔，B:海面下1.37mより0.25m間隔,C:海面下1.82mより0.5m間隔,D；海面下1.82,2.32mより0.5m間隔，E：海面下3.0mより1.0m間隔，F；海面下4.12,4.17,4.44,5.44mより2m間隔で海底から全水深の20%上まで	12/15(大潮) 12/23(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.35以外： 12/9～12/24 St.35注)： 12/23～1/7	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）	12/15(大潮) 12/23(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，ｸﾛﾛﾌｨﾙa，pH，DO
	水質	5地点 海面下0.5，2，5，10m，海底面上1m［5層］	12/15(大潮) 12/23(小潮)	満潮・干潮の2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
	ﾌﾟﾗﾝｸﾄﾝ	5地点 1)海面下0.5，5m［2層］ 2)海面～5m，5m～海底面上1m［2層］	12/15(大潮) 12/23(小潮)	上げ潮・満潮・下げ潮・干潮の4回/日	1)採水法（5L採水） 2)ネット法（北原式定量ネット）	植物ﾌﾟﾗﾝｸﾄﾝおよび動物ﾌﾟﾗﾝｸﾄﾝの種の同定・計数

注）St.35は測器流失のため、2001年12月23日～2002年1月7日に再測定を行った。

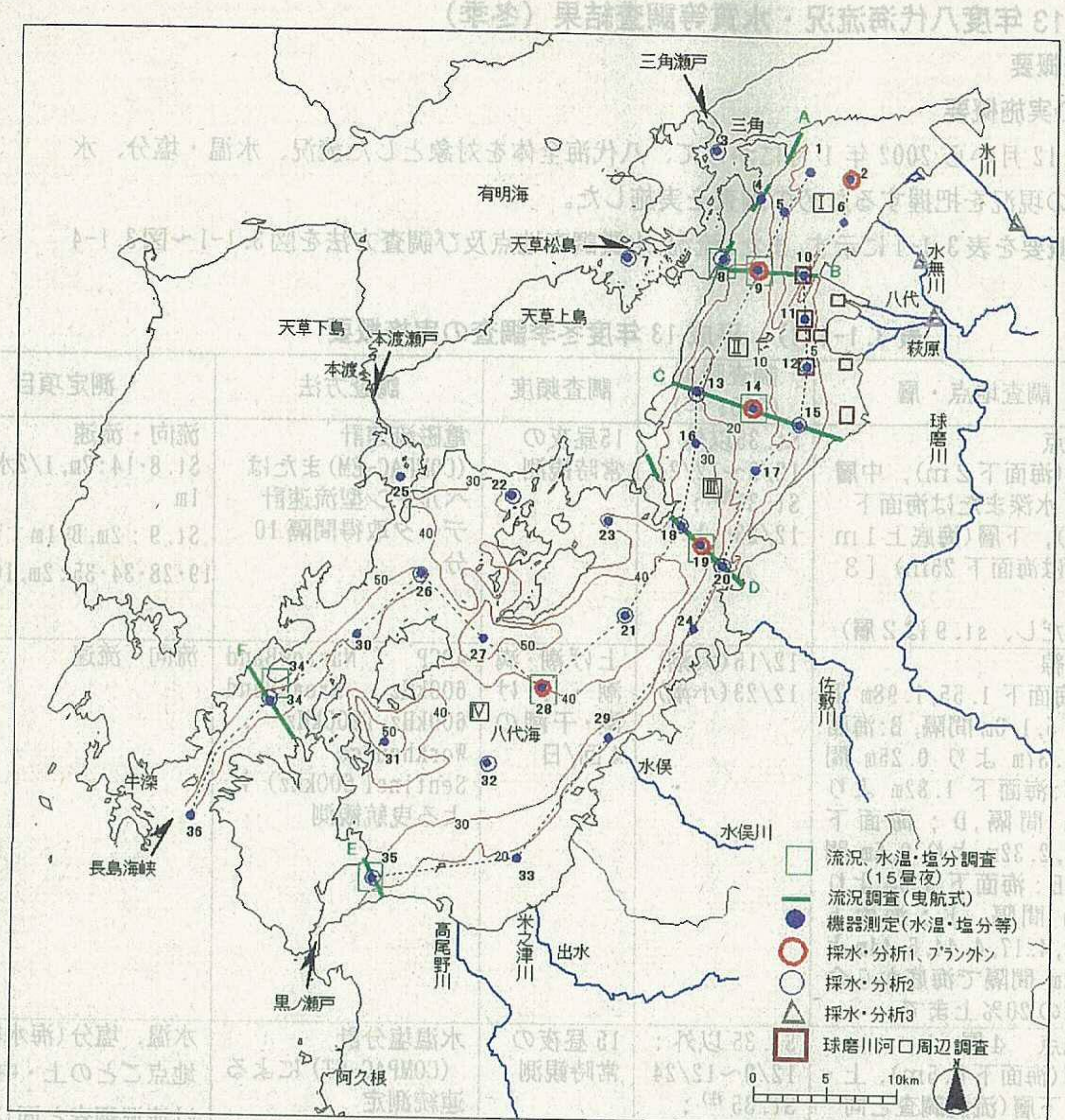


図 3.1-1　八代海流況・水質等調査地点および球磨川河口周辺底質等調査地点

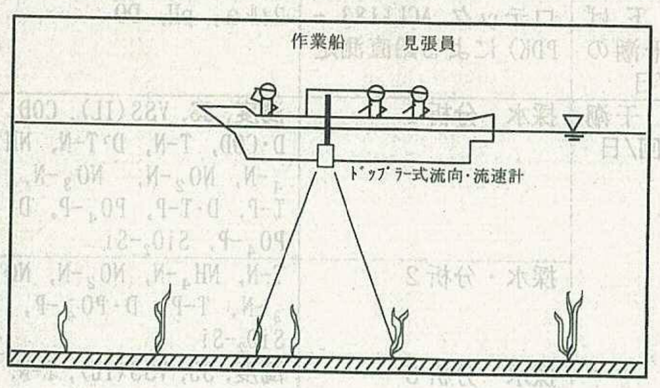


図 3.1-2　曳航式型流向・流速計の調査状況

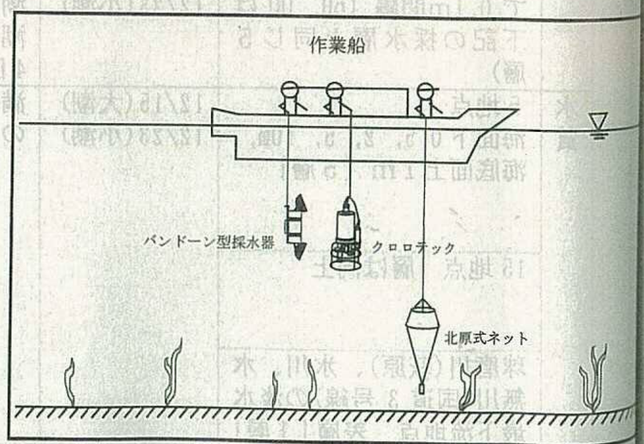


図 3.1-3　水質・プランクトン調査状況

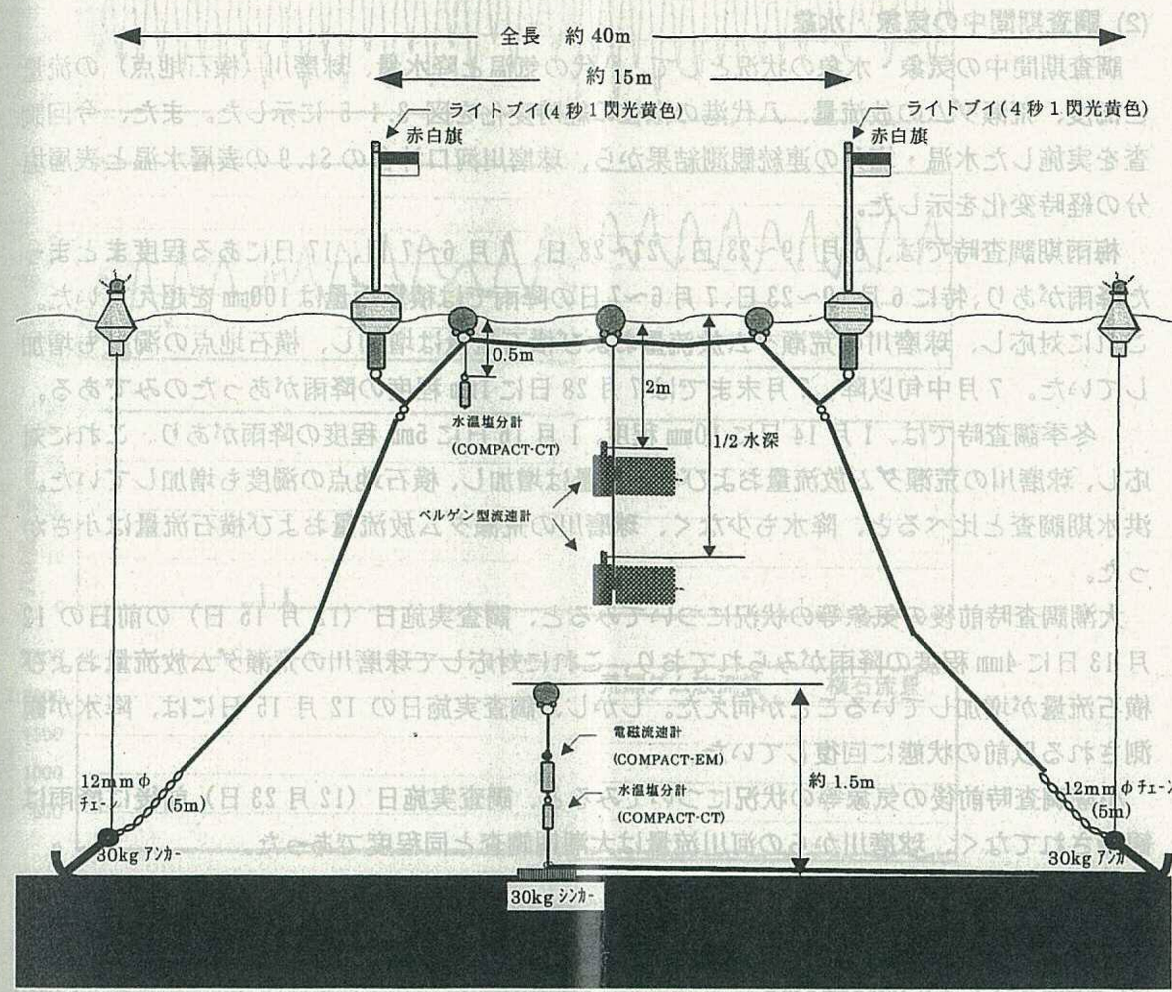


図 3.1-4　設置型流向・流速計および水温・塩分計の設置状況

(2) 調査期間中の気象・水象

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 3.1-5 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。

梅雨期調査時では、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。

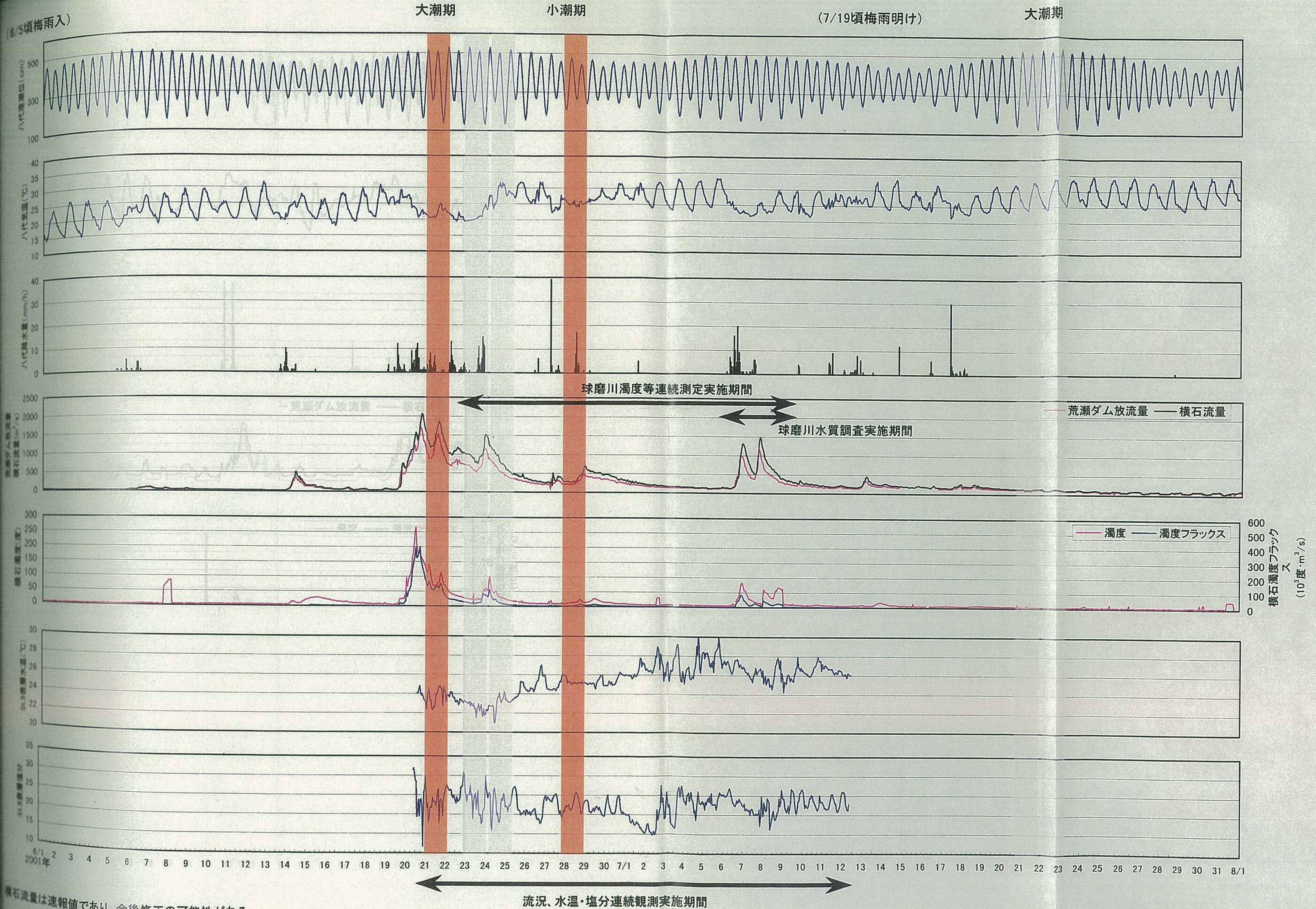
冬季調査時では、1 月 14 日に 10mm 程度、1 月 16 日に 5mm 程度の降雨があり、これに対応し、球磨川の荒瀬ダム放流量および横石流量は増加し、横石地点の濁度も増加していた。洪水期調査と比べると、降水も少なく、球磨川の荒瀬ダム放流量および横石流量は小さかった。

大潮調査時前後の気象等の状況についてみると、調査実施日（12 月 15 日）の前日の 12 月 13 日に 4mm 程度の降雨がみられており、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が増加していることが伺えた。しかし、調査実施日の 12 月 15 日には、降水が観測される以前の状態に回復していた。

小潮調査時前後の気象等の状況についてみると、調査実施日（12 月 23 日）前後に降雨は観測されてなく、球磨川からの河川流量は大潮期調査と同程度であった。

(3) 調査期間中の赤潮発生状況

冬季における行政機関による赤潮発生状況の把握は、のり養殖との対応に限っているため、八代海湾奥部周辺のみである。調査期間中に湾奥部での赤潮は発生しなかった。

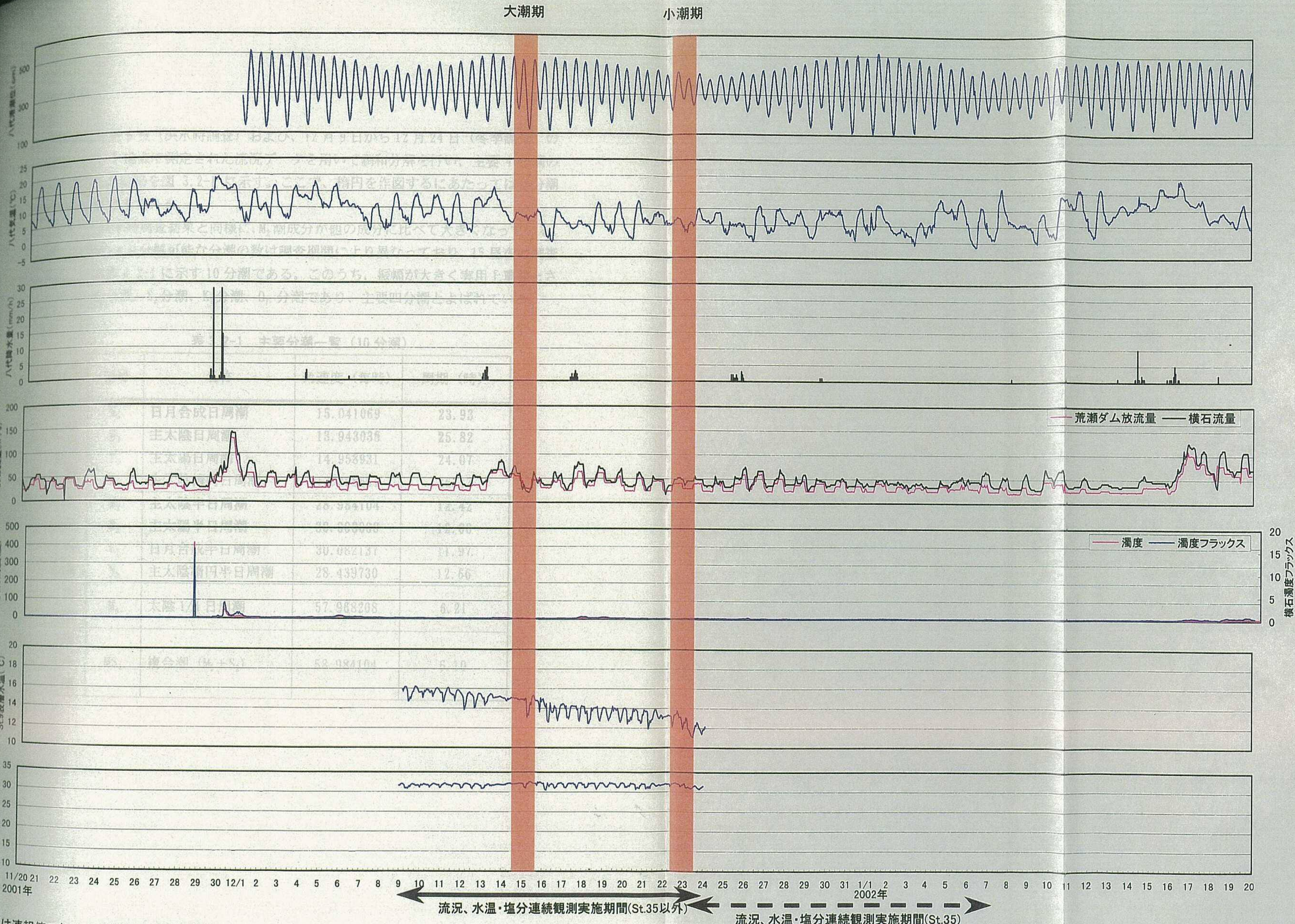


横石流量は速報値であり、今後修正の可能性がある

:水質、曳航式流況、プランクトン調査実施日　:干潟・河口部調査実施日

出典:国土交通省資料、アメダス観測資料より作成

図 3.1-5(1)　調査期間中の気象・水象の経時変化（梅雨期調査）



注)データは速報値であり、今後修正の可能性がある

:水質、曳航式流況、プランクトン調査実施日

出典:国土交通省資料、アメダス観測資料より作成

図 3.1-5(2)　調査期間中の気象・水象の経時変化(冬季調査)

3.2 流況・水質

(1) 流況

6月21日から7月6日（洪水時調査）および、12月9日から12月24日（冬季調査）の15昼夜において、7地点で測定された流況データを用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3.2-1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。

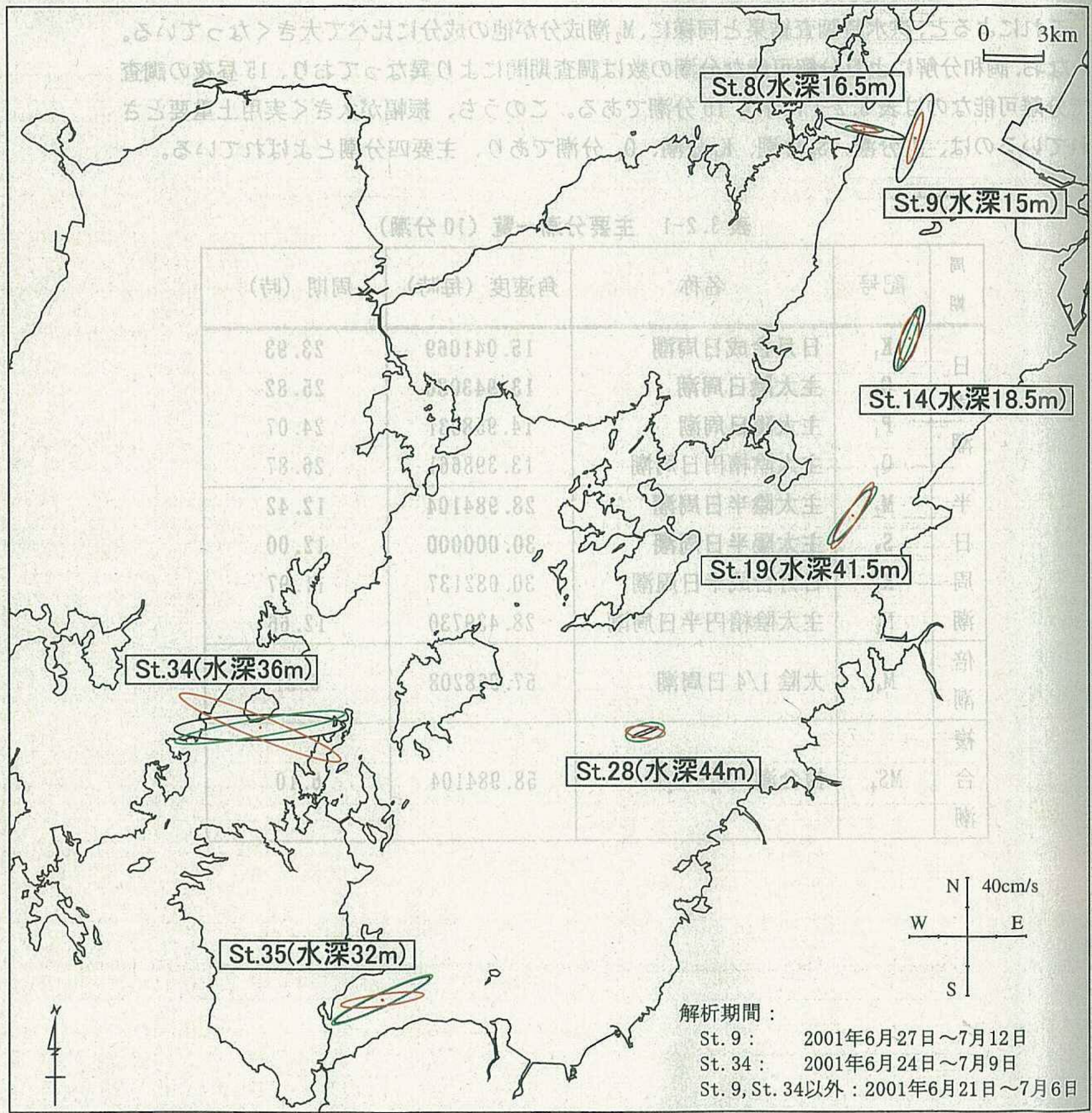
これによると、洪水時調査結果と同様に、M_2潮成分が他の成分に比べて大きくなっている。

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

M_2潮

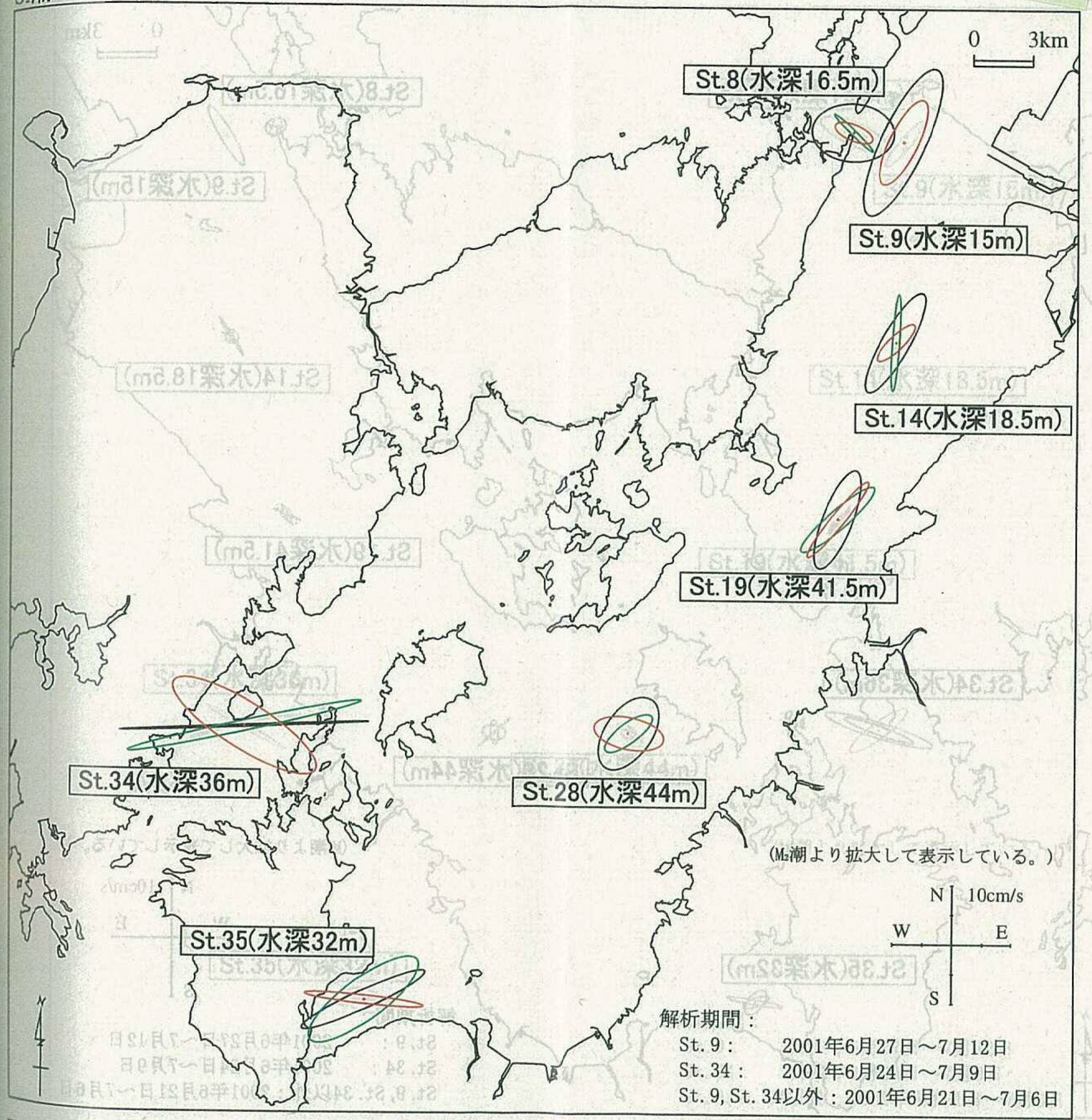


上層(海面下2m)
中層(St.8, 9, 14：1/2水深　St.19, 28, 34, 36：海面下10m)
下層(St.8, 9, 14：海底面上1m　St.19, 28, 34, 36：海面下25m)

注）St.9、34は測器流失のため、上記期間に再測定を行った。

図 3.2-1(1)　観測値の潮流楕円図（M_2潮・梅雨期調査）

S_2潮

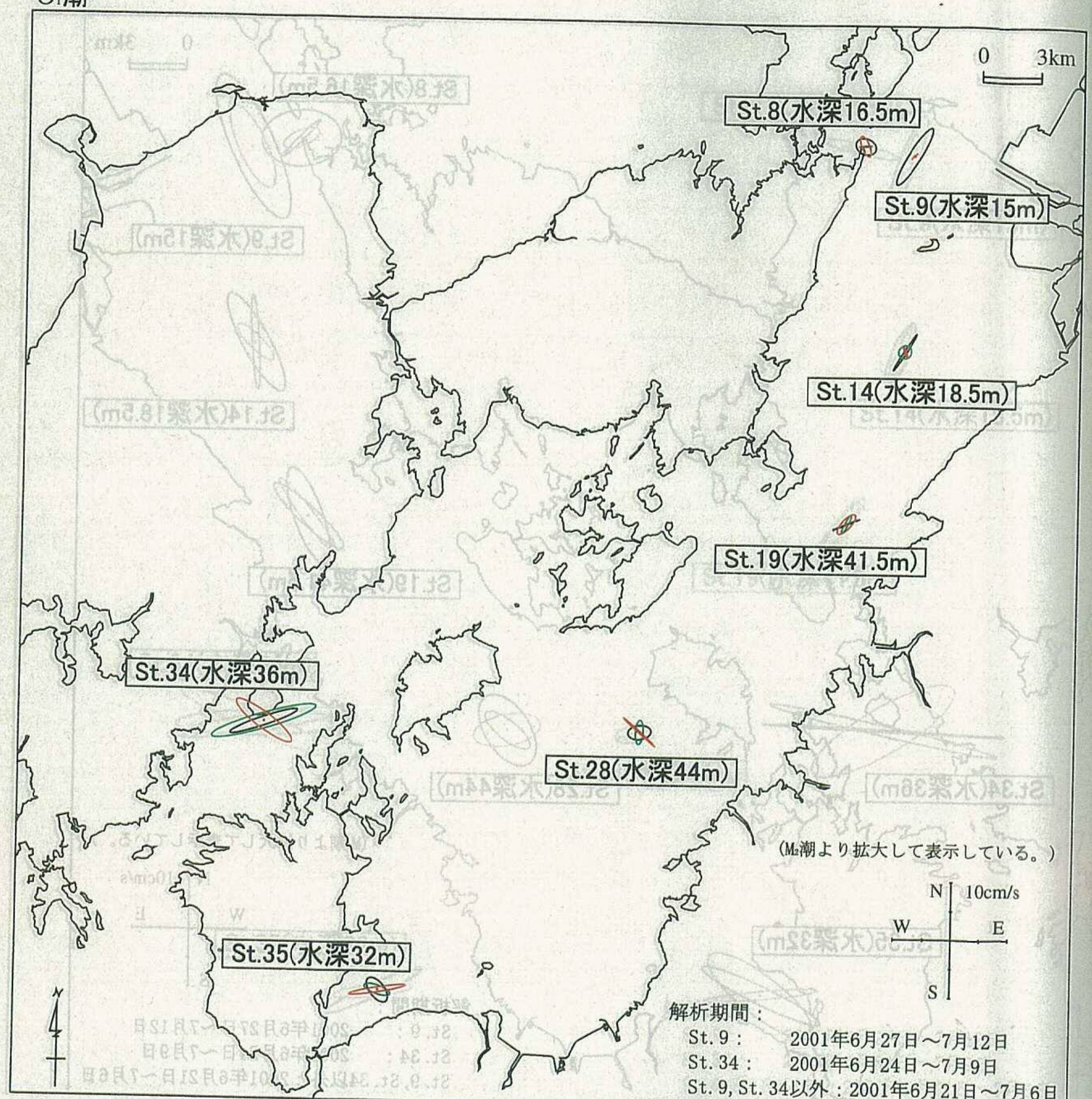


上層(海面下2m)
中層(St.8, 9, 14：1/2水深　St.19, 28, 34, 36：海面下10m)
下層(St.8, 9, 14：海底面上1m　St.19, 28, 34, 36：海面下25m)

注）St.9、34は測器流失のため、上記期間に再測定を行った。

図 3.2-1(2)　観測値の潮流楕円図（S_2潮・梅雨期調査）

O₁潮

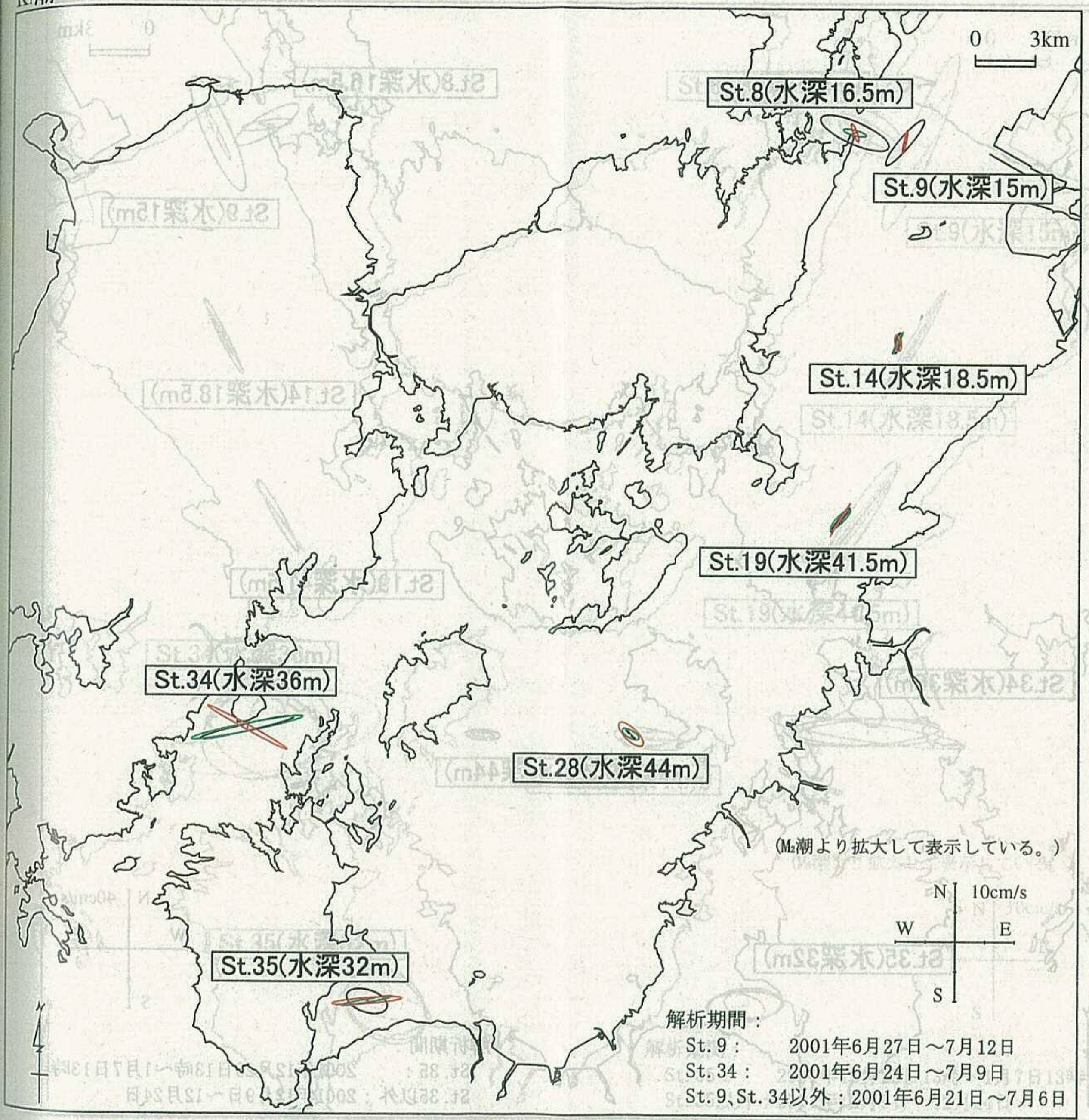


上層（海面下2m）
中層（St.8, 9, 14：1/2水深　St.19, 28, 34, 36：海面下10m）
下層（St.8, 9, 14：海底面上1m　St.19, 28, 34, 36：海面下25m）

注）St.9、34 は測器流失のため、上記期間に再測定を行った。

図 3.2-1(3)　観測値の潮流楕円図（O_1 潮・梅雨期調査）

K₁潮

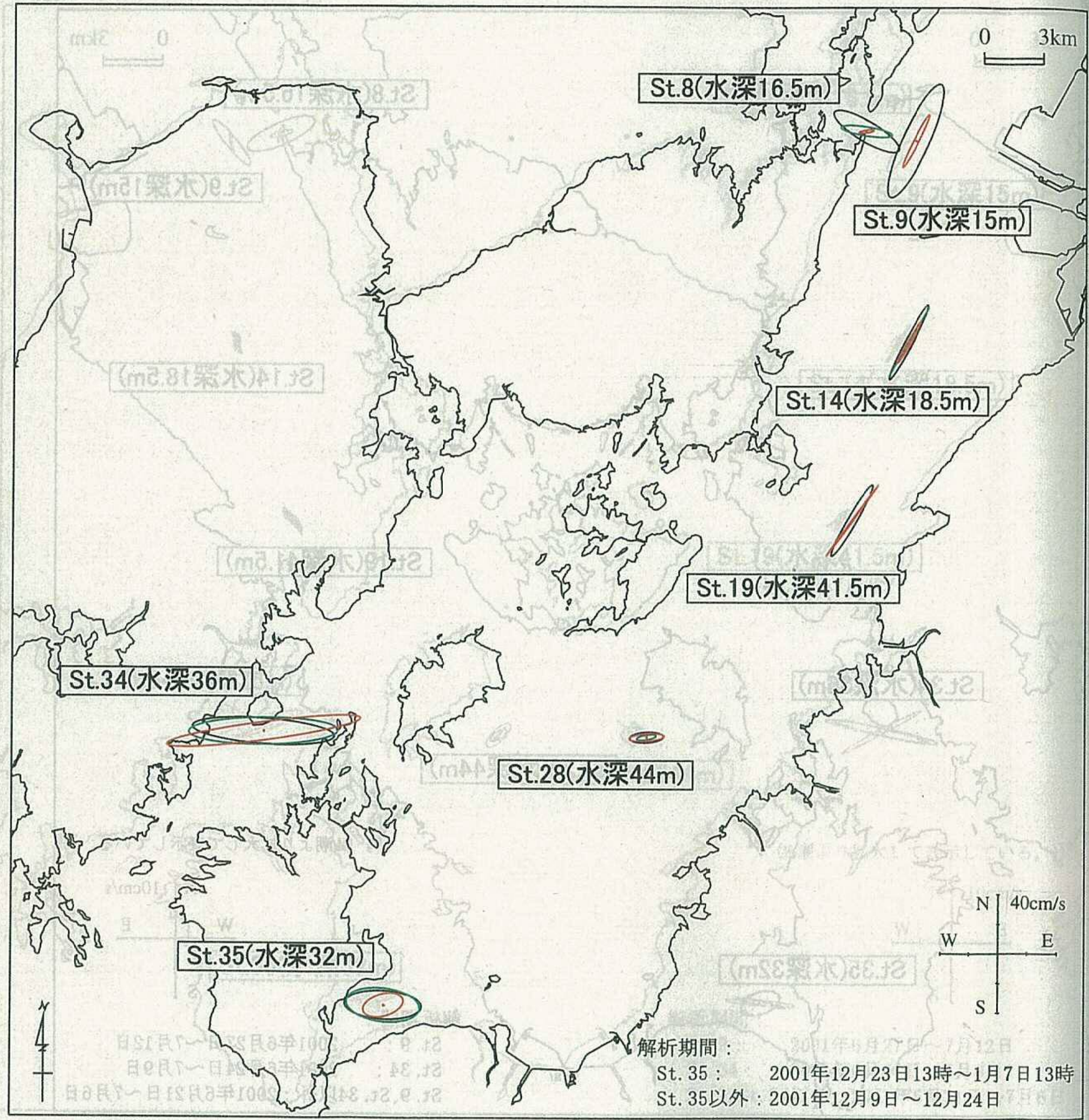


上層（海面下2m）
中層（St.8, 9, 14：1/2水深　St.19, 28, 34, 36：海面下10m）
下層（St.8, 9, 14：海底面上1m　St.19, 28, 34, 36：海面下25m）

注）St.9、34 は測器流失のため、上記期間に再測定を行った。

図 3.2-1(4)　観測値の潮流楕円図（K_1 潮・梅雨期調査）

M₂潮

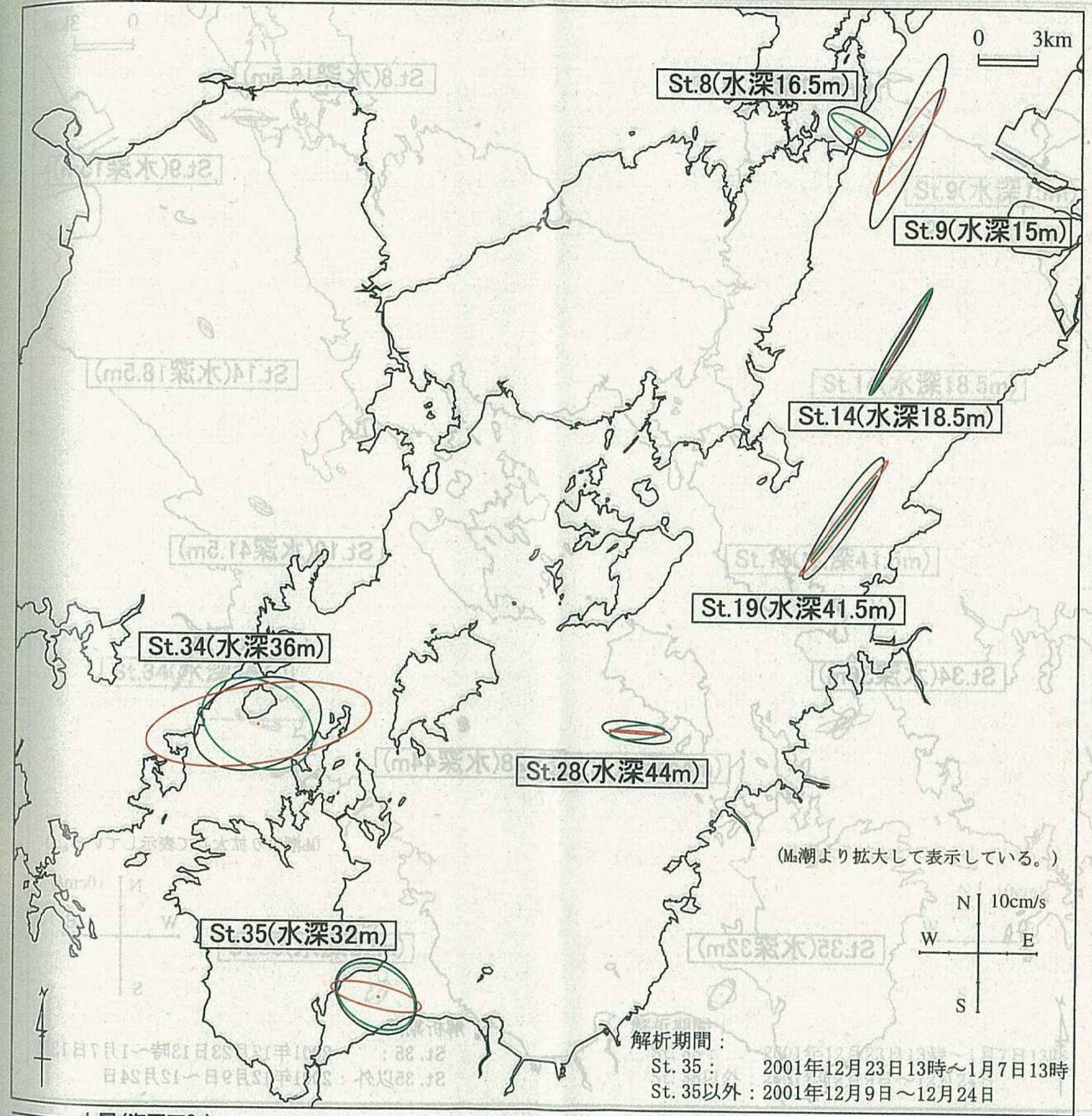


注) St.35 は測器流失のため、上記期間に再測定を行った。

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 3.2-1(5) 観測値の潮流楕円図（M_2潮・冬季調査）

S_2潮

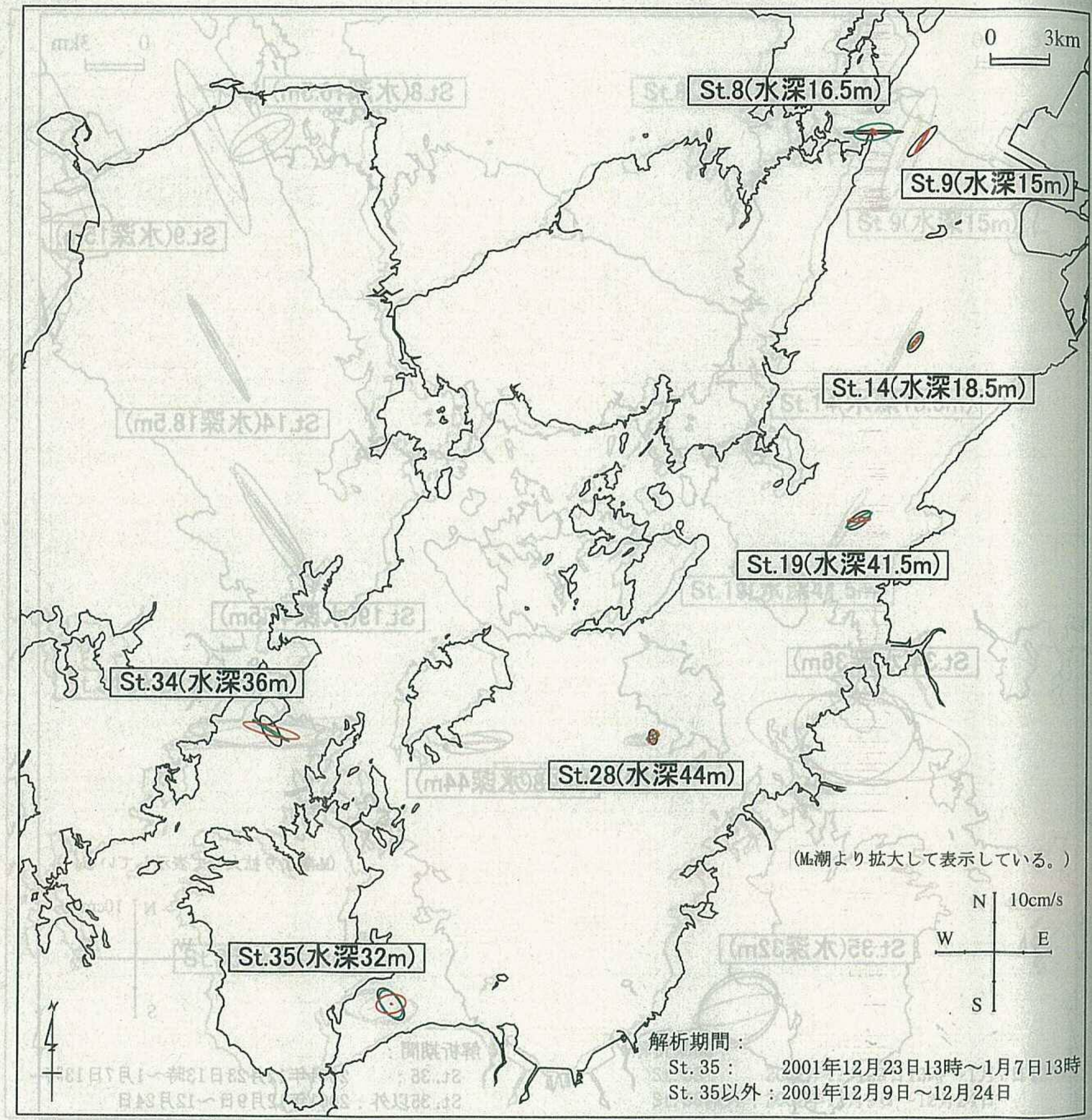


上層(海面下2m)
中層(St.8,9,14:1/2水深 St.19,28,34,36:海面下10m)
下層(St.8,9,14:海底面上1m St.19,28,34,36:海面下25m)

注) St.35 は測器流失のため、上記期間に再測定を行った。

図 3.2-1(6) 観測値の潮流楕円図（S_2潮・冬季調査）

O₁潮

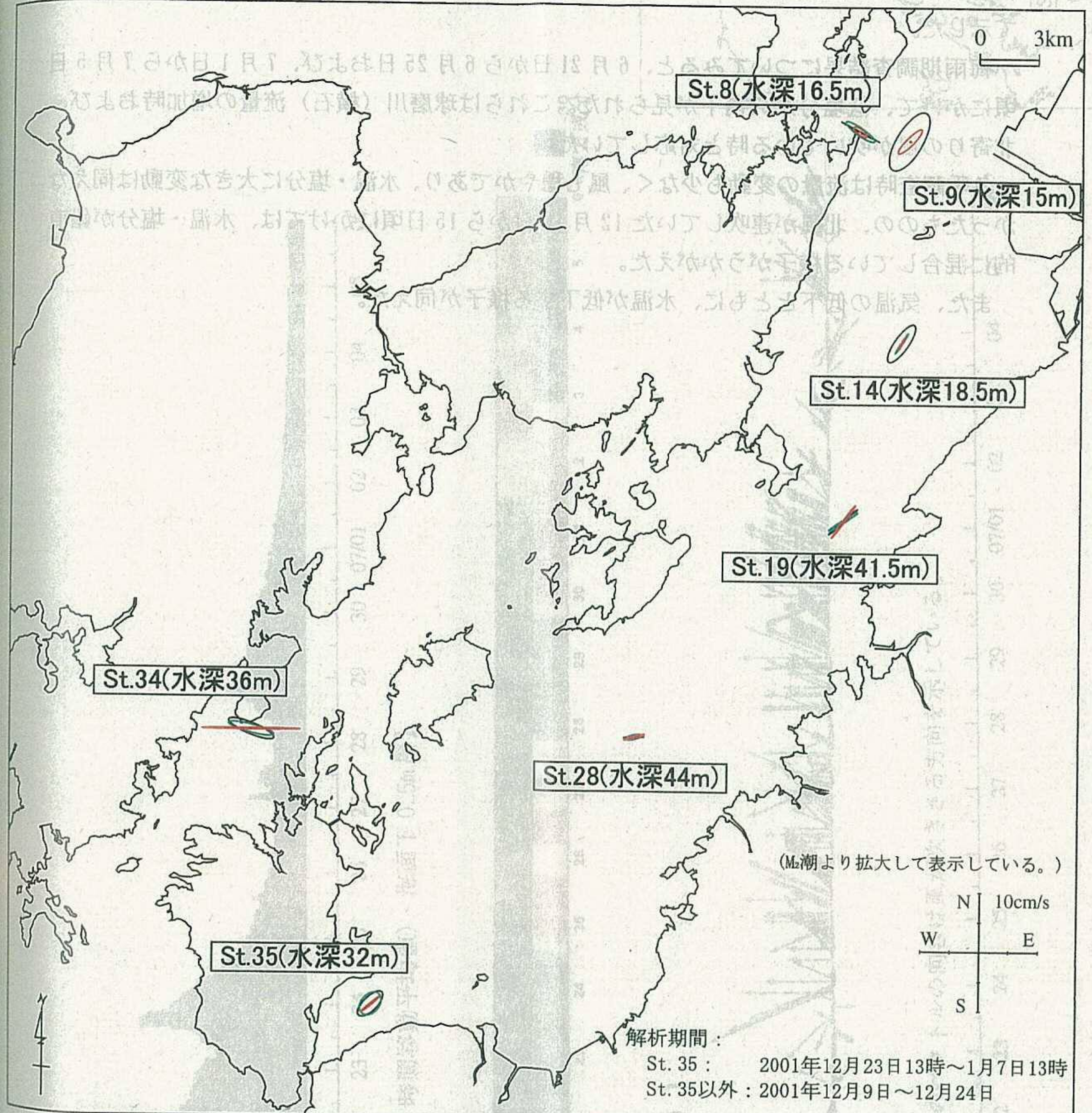


上層(海面下2m)
中層(St. 8, 9, 14：1/2水深　St. 19, 28, 34, 36：海面下10m)
下層(St. 8, 9, 14：海底面上1m　St. 19, 28, 34, 36：海面下25m)

注) St. 35 は測器流失のため、上記期間に再測定を行った。

図 3.2-1(7)　観測値の潮流楕円図（O_1潮・冬季調査）

K_1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)

注) St. 35 は測器流失のため、上記期間に再測定を行った。

図 3.2-1(8)　観測値の潮流楕円図（K_1潮・冬季調査）

(2) 海域水質（現場観測）

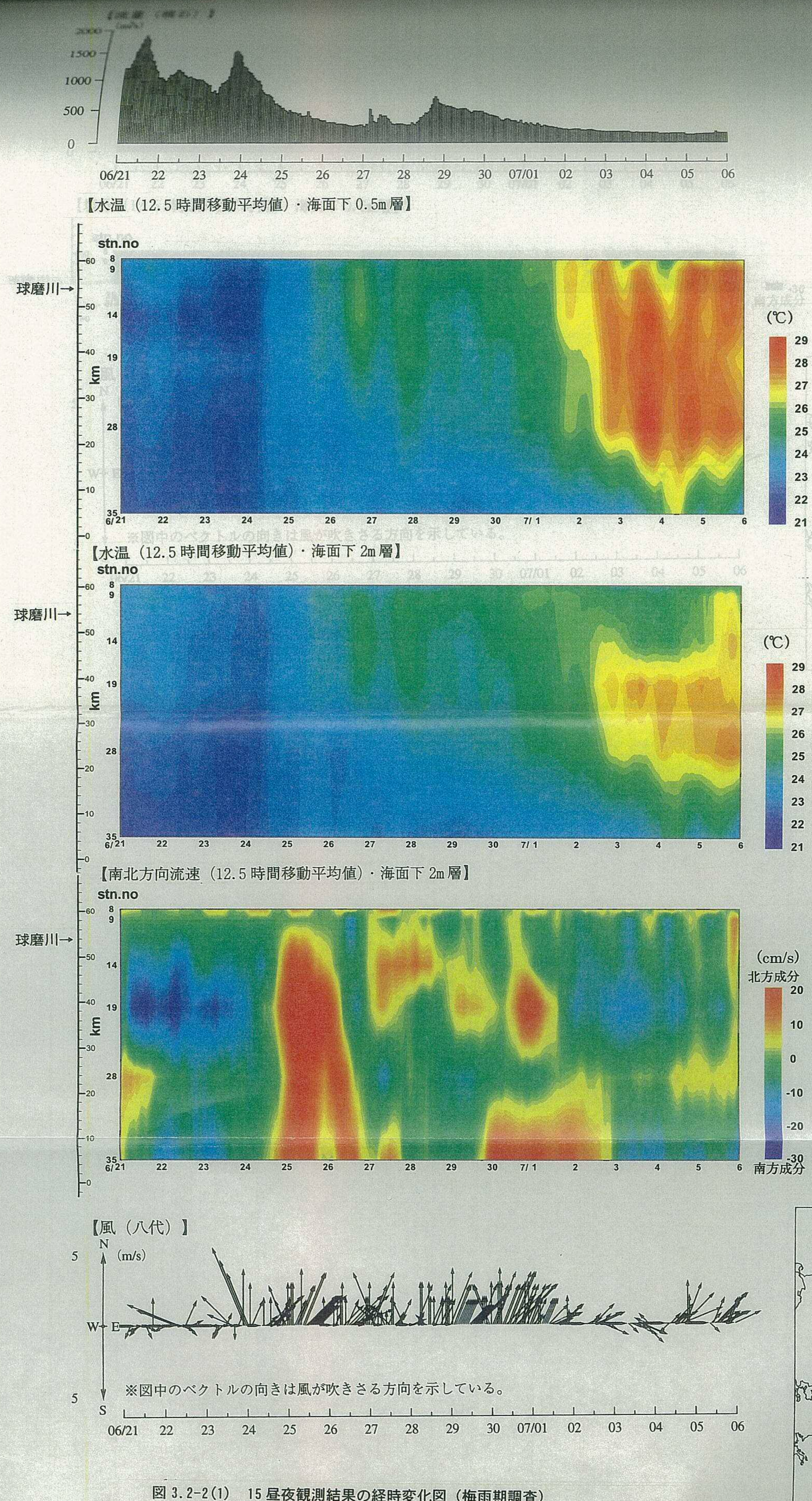
① 経時変化

6 月 21 日から 7 月 6 日および、12 月 9 日から 12 月 24 日の 15 昼夜に 7 地点で実施された常時観測の結果から、八代海の縦断面における、海面下 0.5m 層及び海面下 2m 層での水温及び塩分の 12.5 時間移動平均値、海面下 2m 層での南北方向流速の 12.5 時間移動平均値の経時変化図を作成した。また、横石での流量の観測結果及び八代での風の観測結果を併せて示した。

梅雨期調査結果についてみると、6 月 21 日から 6 月 25 日および、7 月 1 日から 7 月 5 日頃にかけて、低塩分水の南下が見られた。これらは球磨川（横石）流量の増加時および、北寄りの風が吹いている時と対応していた。

冬季調査時は流量の変動も少なく、風も穏やかであり、水温・塩分に大きな変動は伺えなかったものの、北風が連吹していた 12 月 13 日から 15 日頃にかけては、水温・塩分が鉛直的に混合している様子がうかがえた。

また、気温の低下とともに、水温が低下する様子が伺えた。



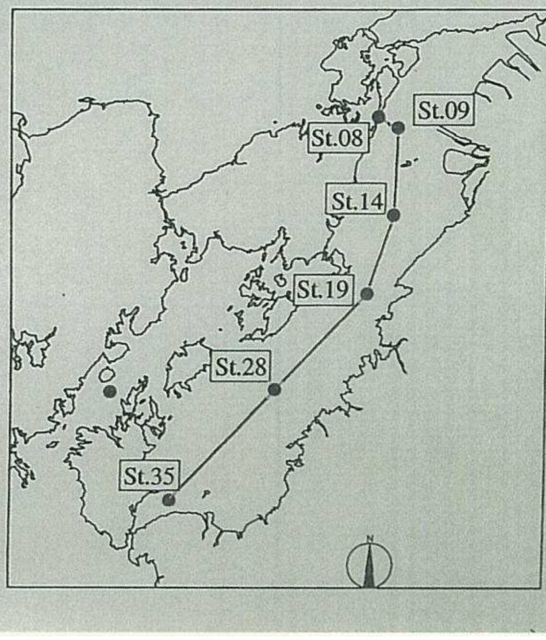


図 3.2-2(1)　15 昼夜観測結果の経時変化図（梅雨期調査）

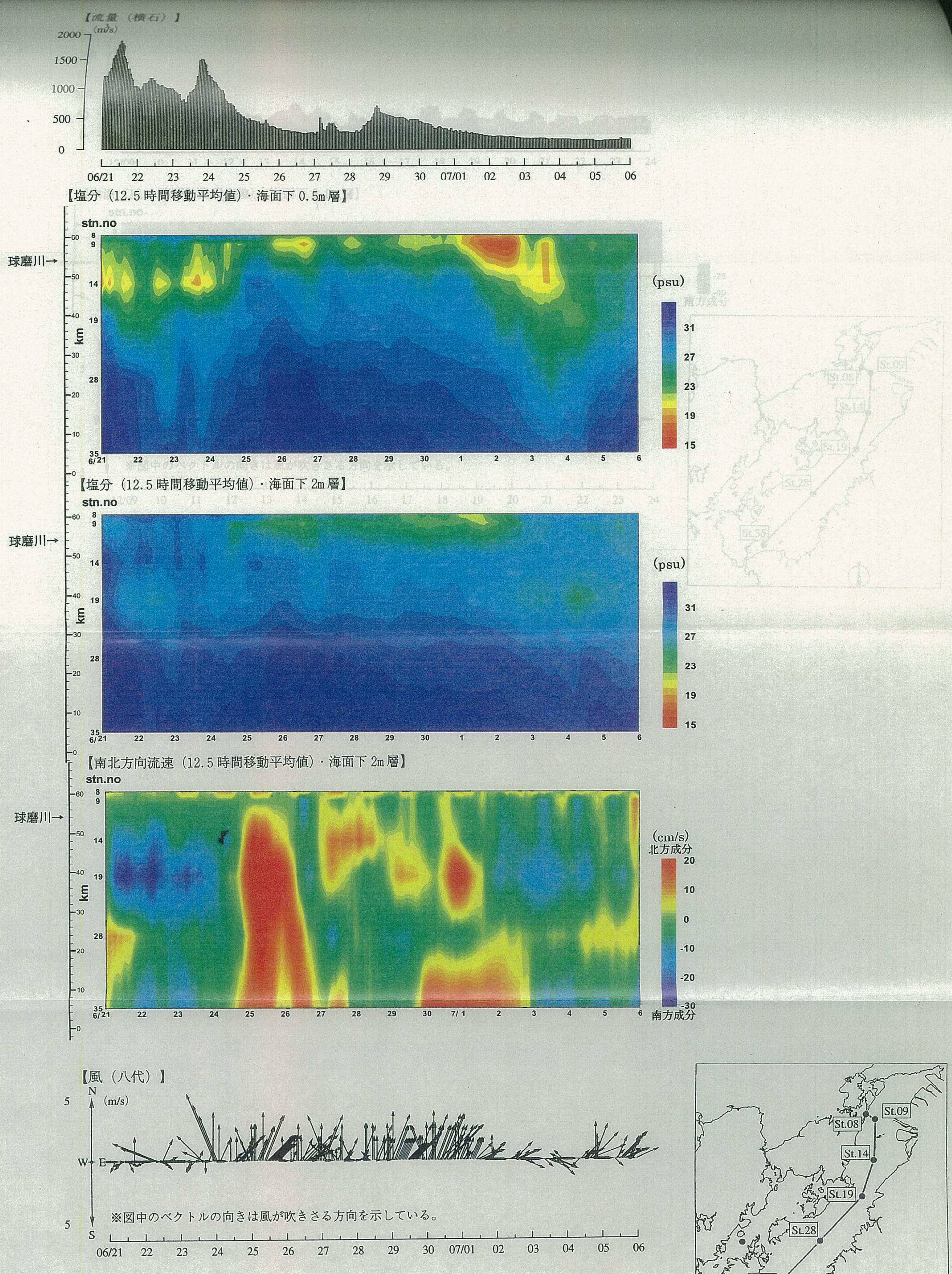
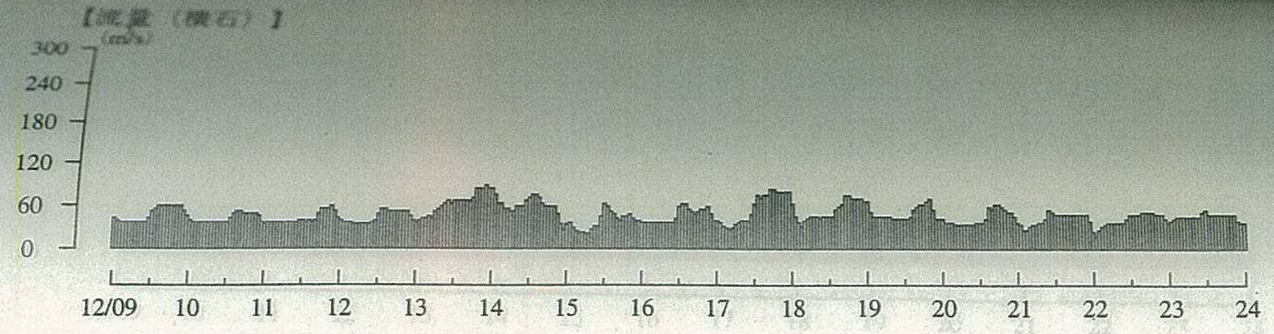
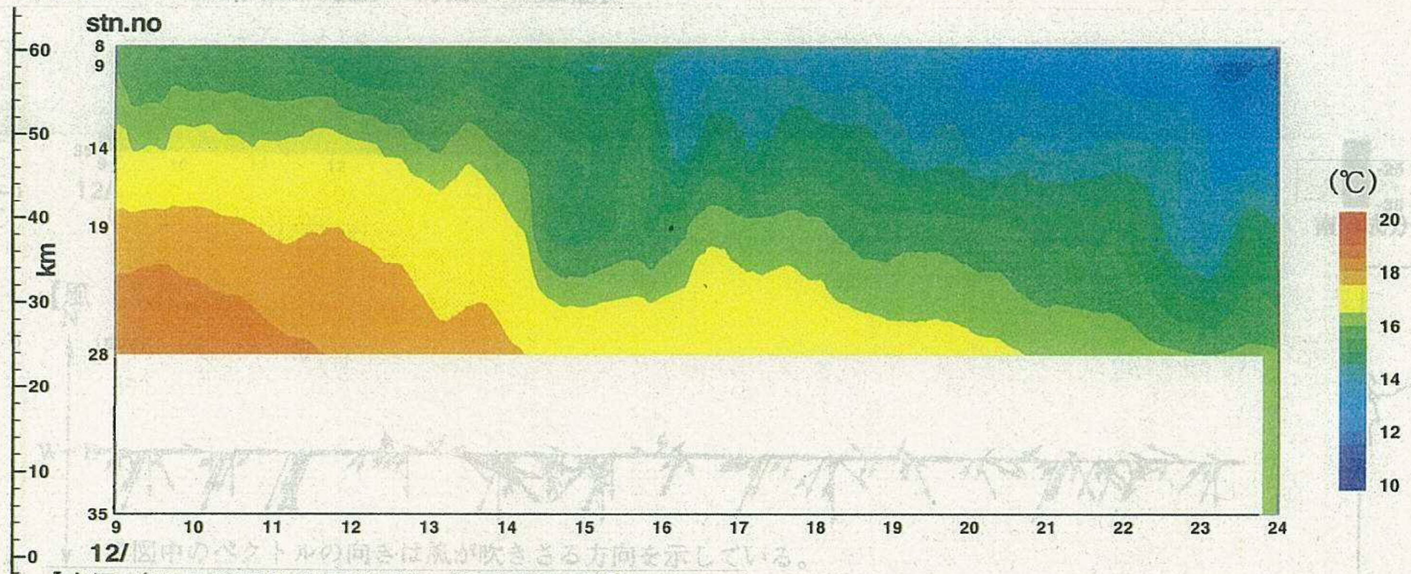


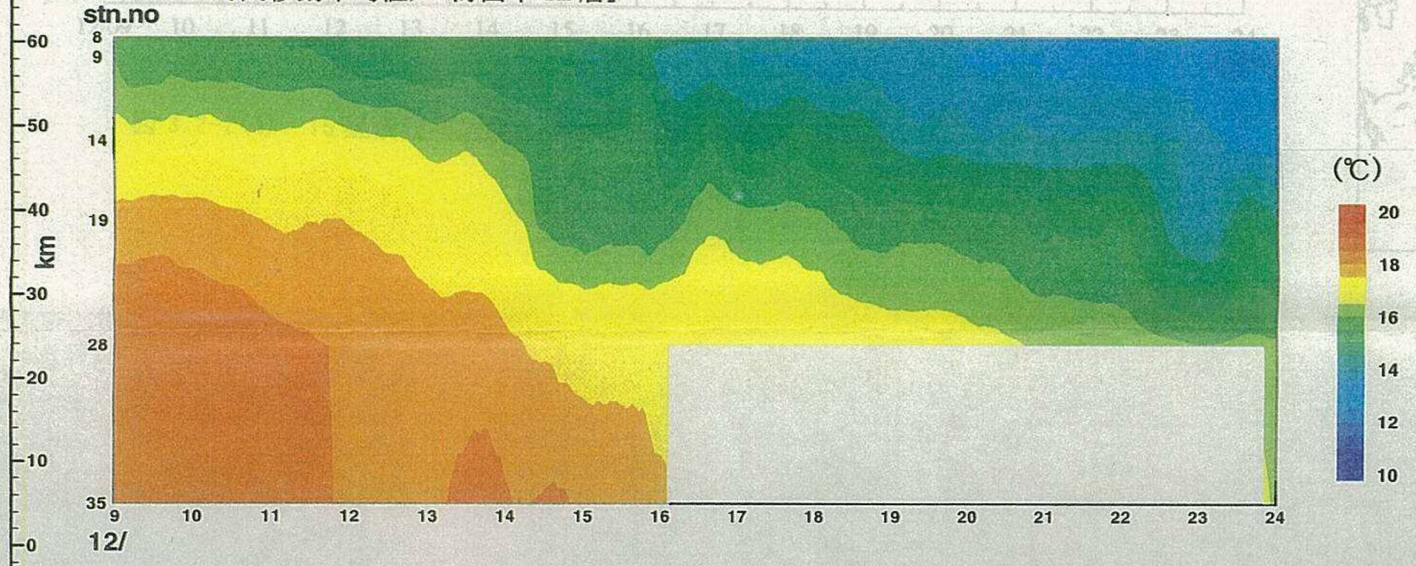
図 3.2-2(2)　15 昼夜観測結果の経時変化図（梅雨期調査）



【水温（12.5 時間移動平均値）・海面下 0.5m 層】

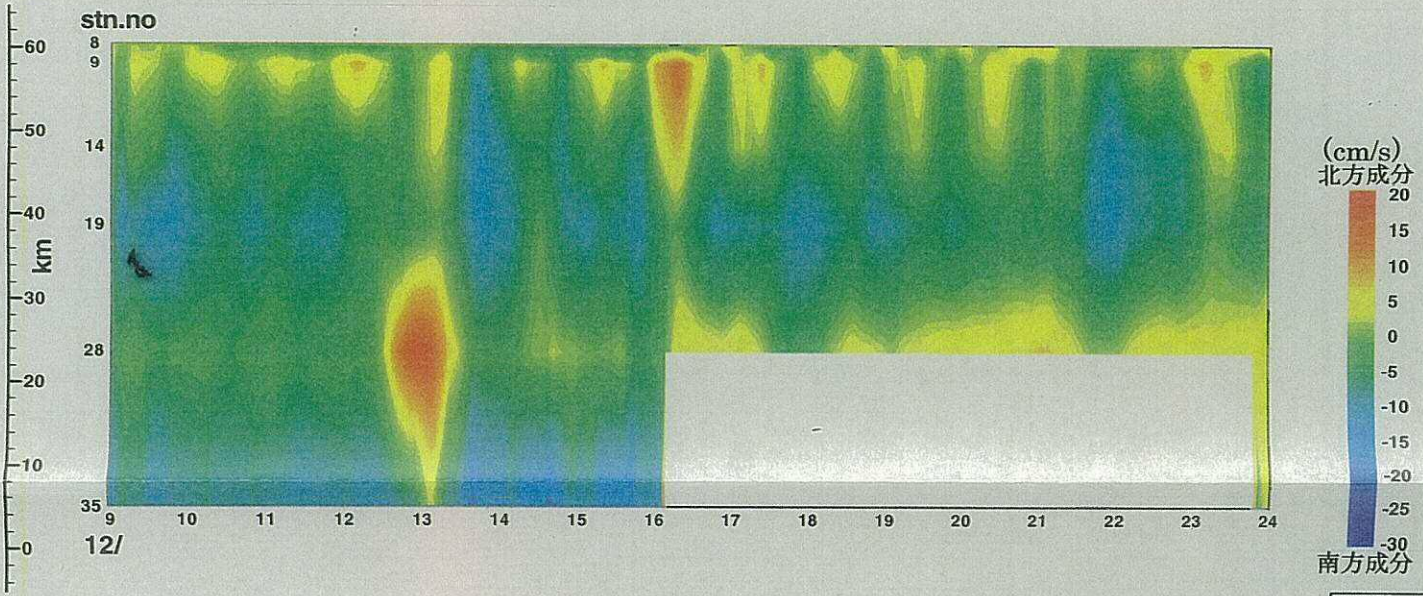


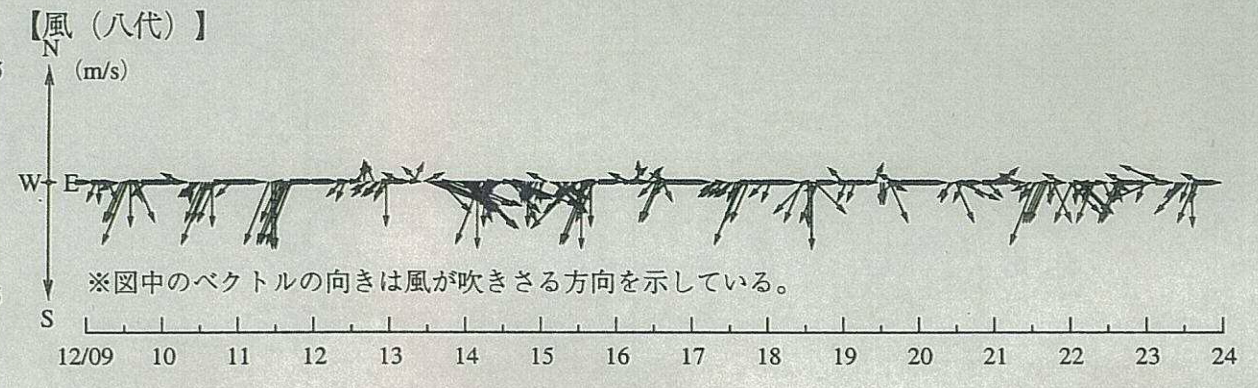
【水温（12.5 時間移動平均値）・海面下 2m 層】



注）St.35 は測器流失のため、水温（0.5m）は12月9日～23日、水温（2.0m）、流速（2.0m）は12月16日～23日の間欠測しており、12月23日～1月7日に再測定を行った。

【南北方向流速（12.5 時間移動平均値）・海面下 2m 層】





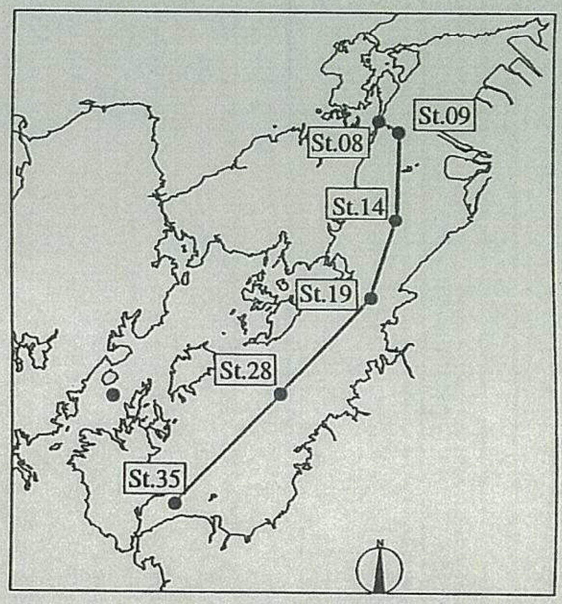
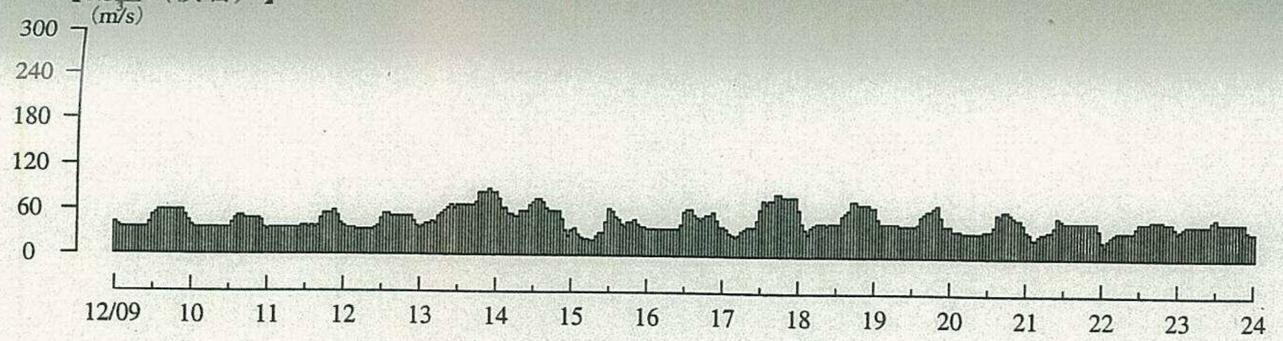
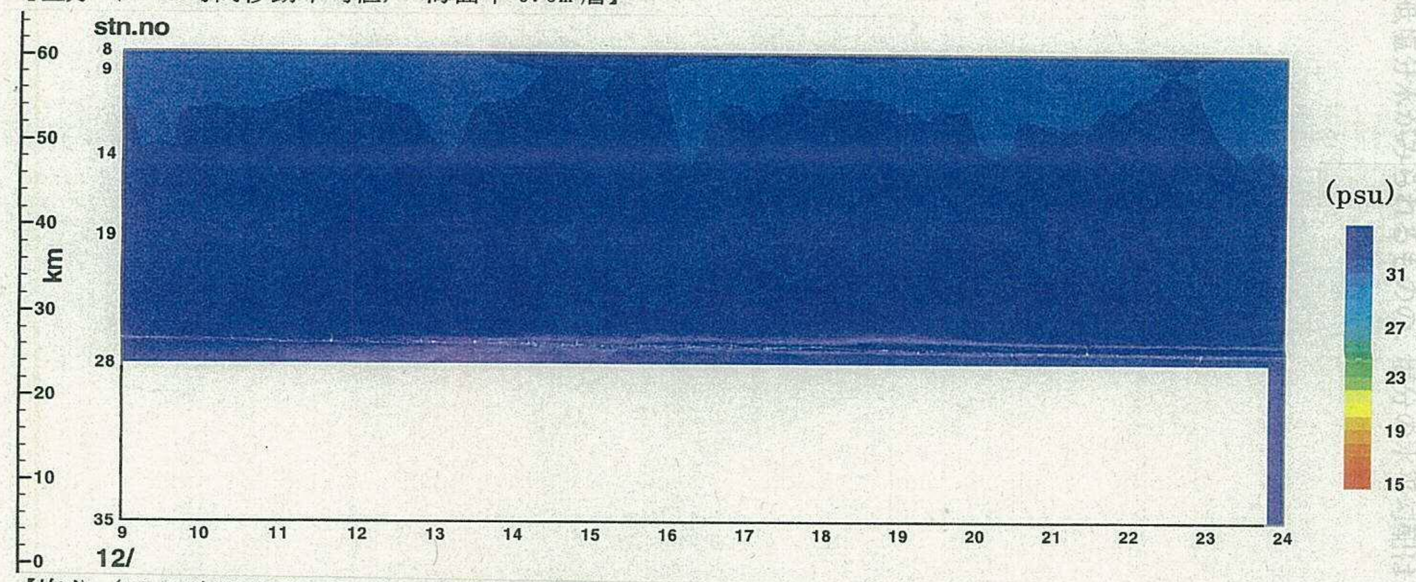


図 3.2-2(3)　15 昼夜観測結果の経時変化図（冬季調査）

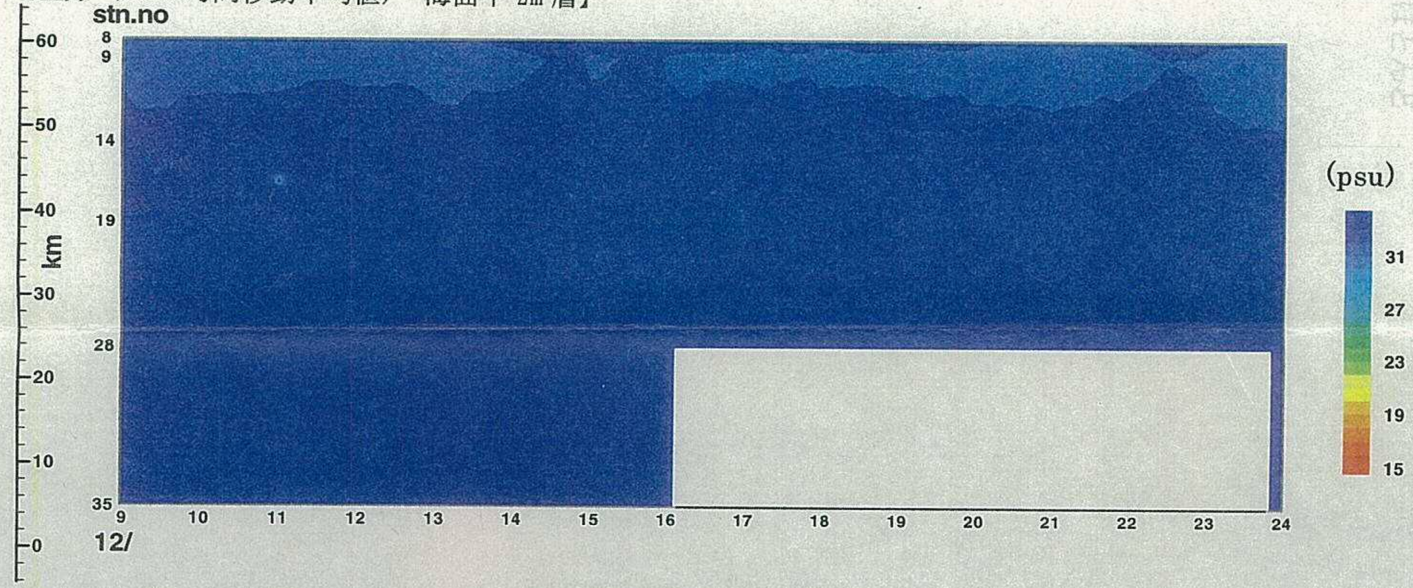
【流量（横石）】



【塩分（12.5 時間移動平均値）・海面下 0.5m 層】

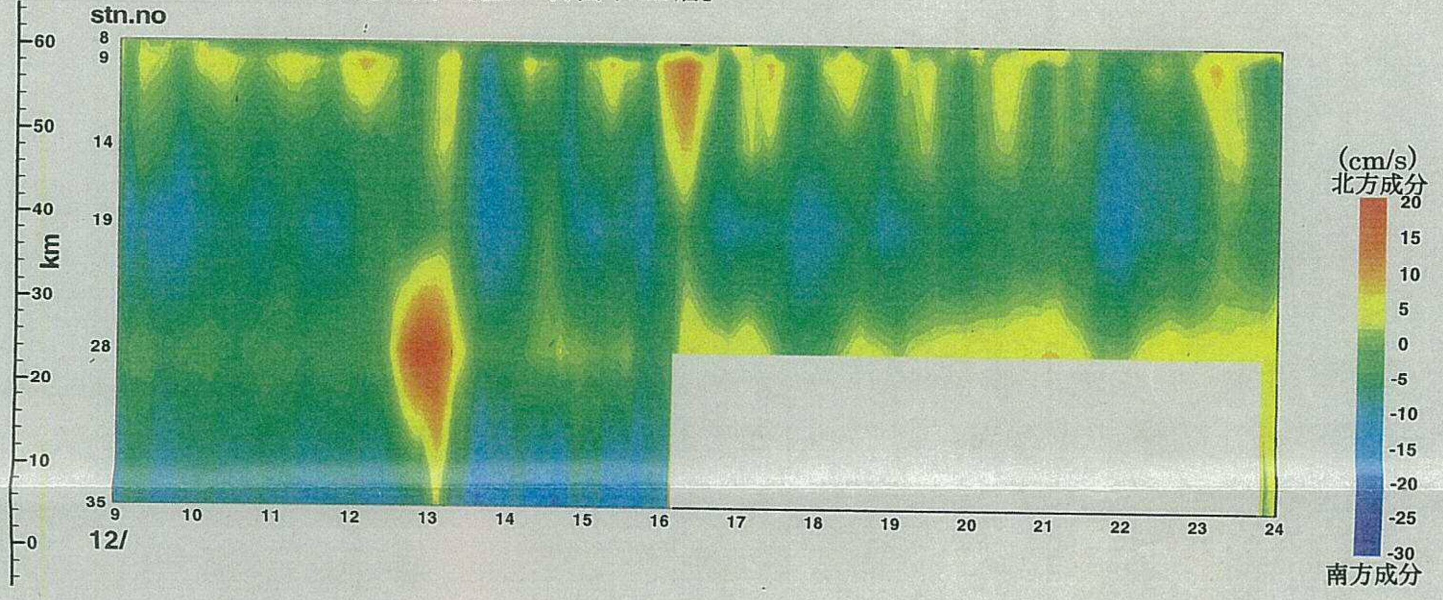


【塩分（12.5 時間移動平均値）・海面下 2m 層】

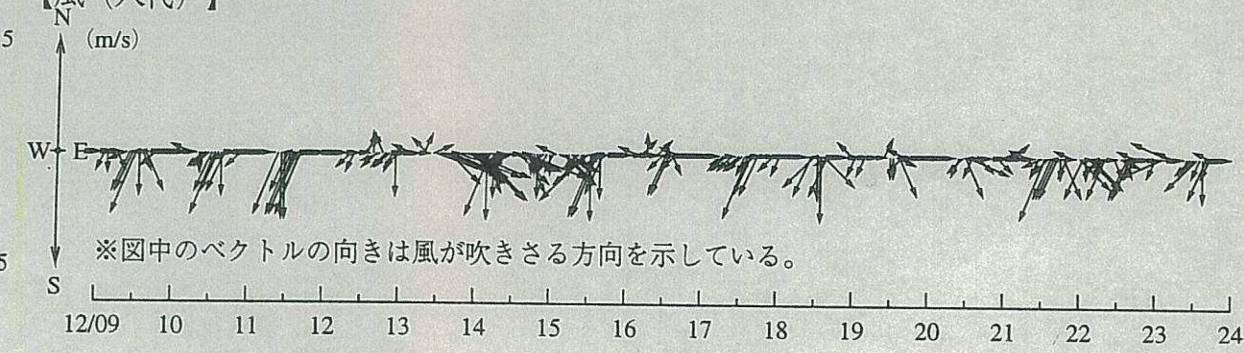


注）St.35 は測器流失のため、塩分（0.5m）は12 月 9 日～23 日、塩分（2.0m）、流速（2.0m）は 12 月 16 日～23 日の間欠測しており、12 月 23 日～1 月 7 日に再測定を行った。

【南北方向流速（12.5 時間移動平均値）・海面下 2m 層】



【風（八代）】



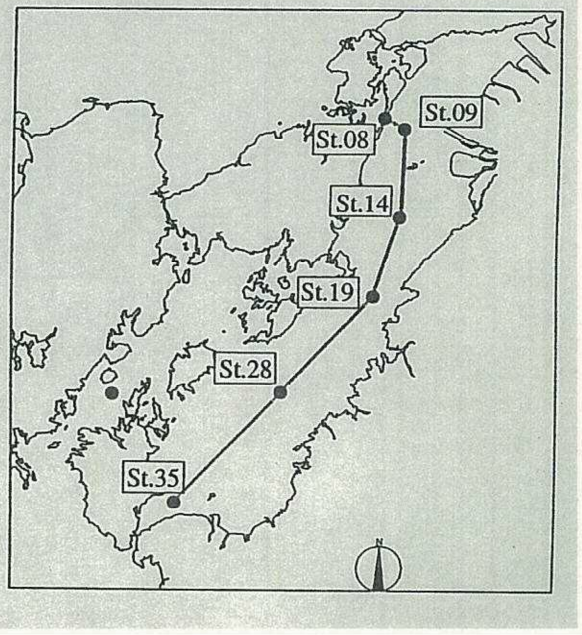


図 3.2-2(4)　15 昼夜観測結果の経時変化図（冬季調査）

② 水平分布

梅雨期調査時の大潮期（6 月 21 日）と小潮期（6 月 28 日）、冬季調査時の大潮期（12 月 15 日）と小潮期（12 月 23 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 3-2.3 に示す。なお、他の層のデータについて巻末に示す。

梅雨期調査時の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。

冬季調査時では、球磨川以北で低塩分水がみられるものの、塩分の水平勾配は、ほとんど見られない。

[調査日：2001年6月21日（大潮期）]

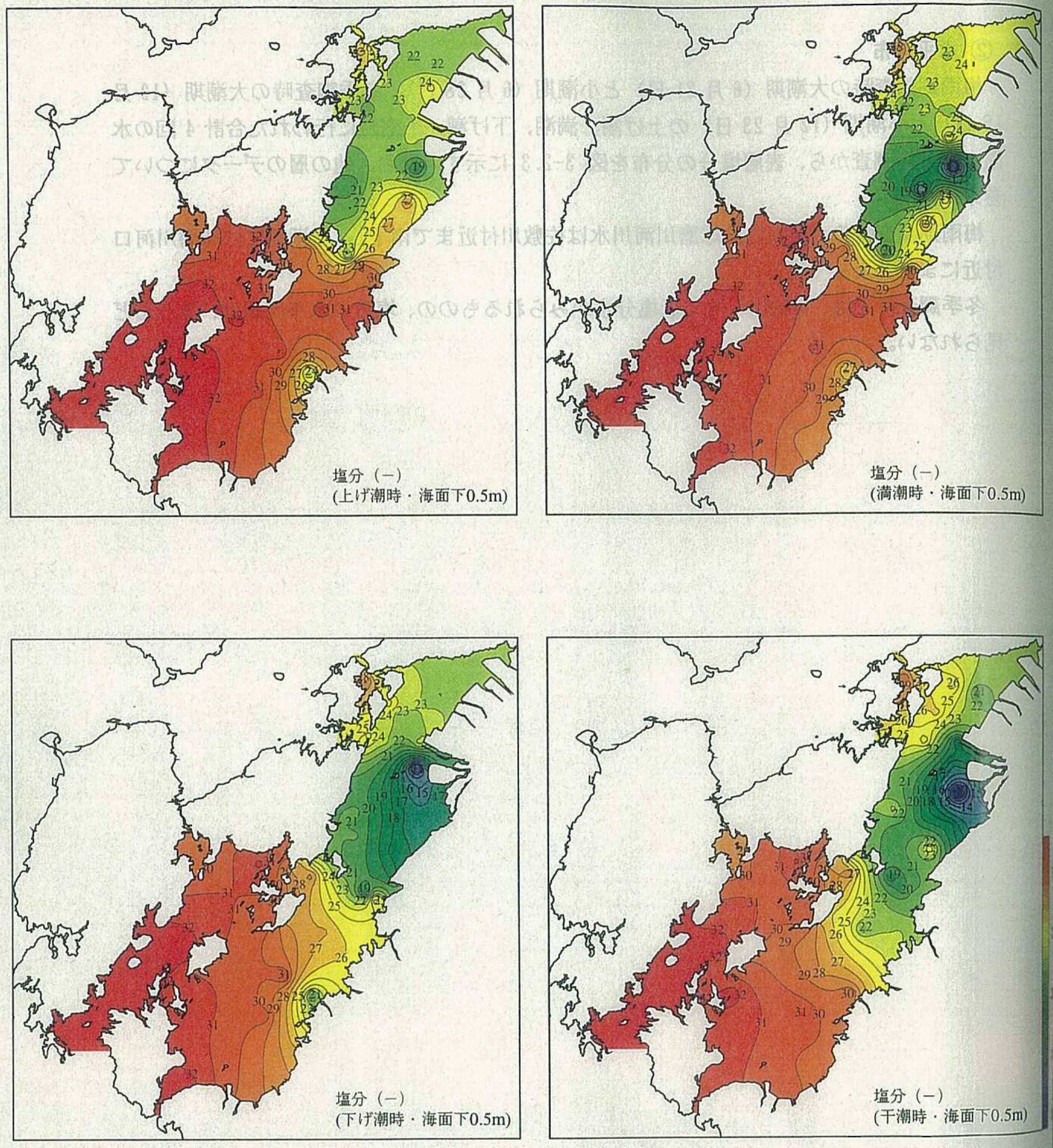


図 3.2-3(1)　表層塩分水平分布図（大潮期：6 月 21 日・梅雨期調査）

[調査日：2001年6月28日（小潮期）]

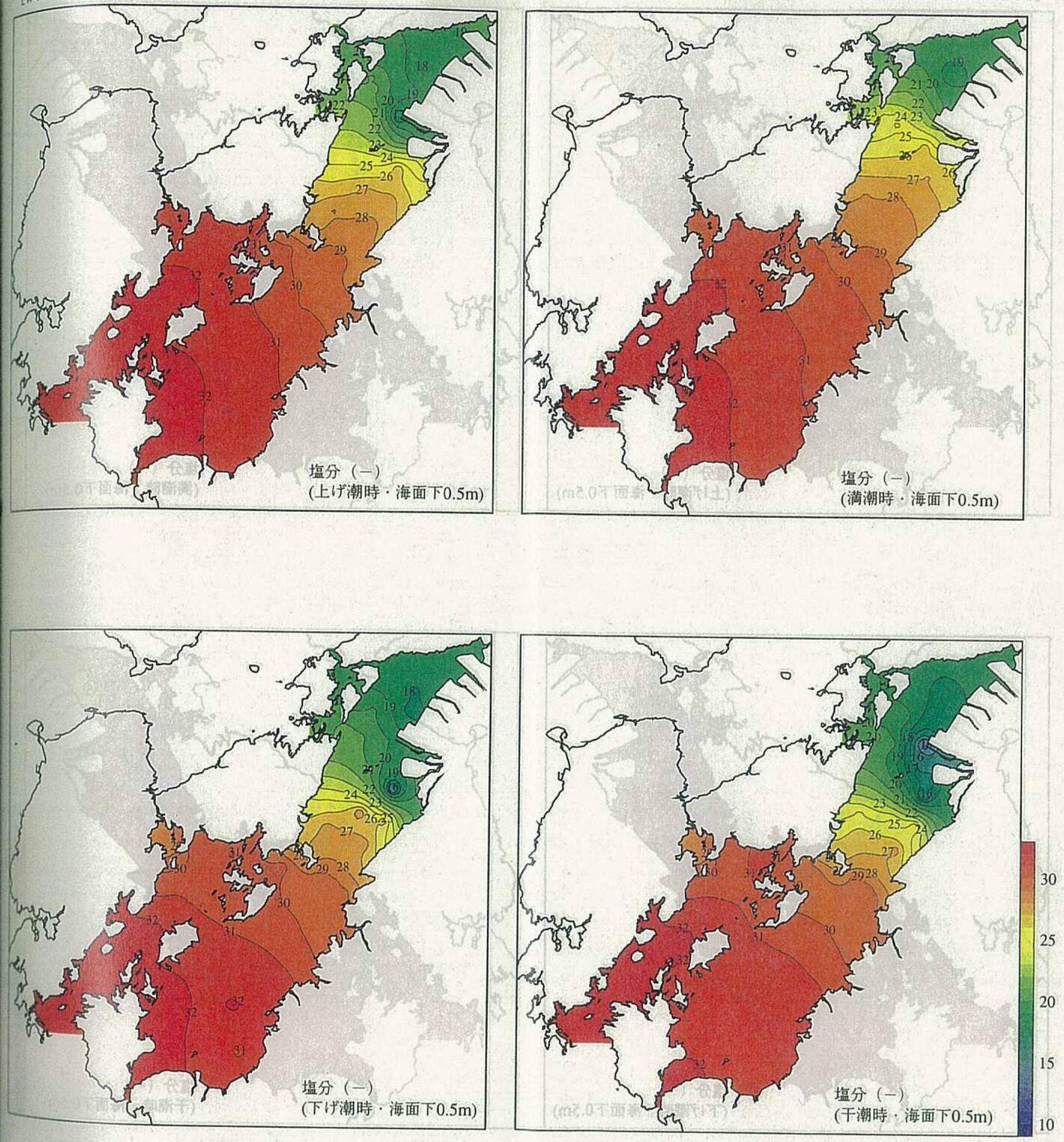


図 3.2-3(2)　表層塩分水平分布図（小潮期：6 月 28 日・梅雨期調査）

[調査日：2001年12月15日（大潮期）]

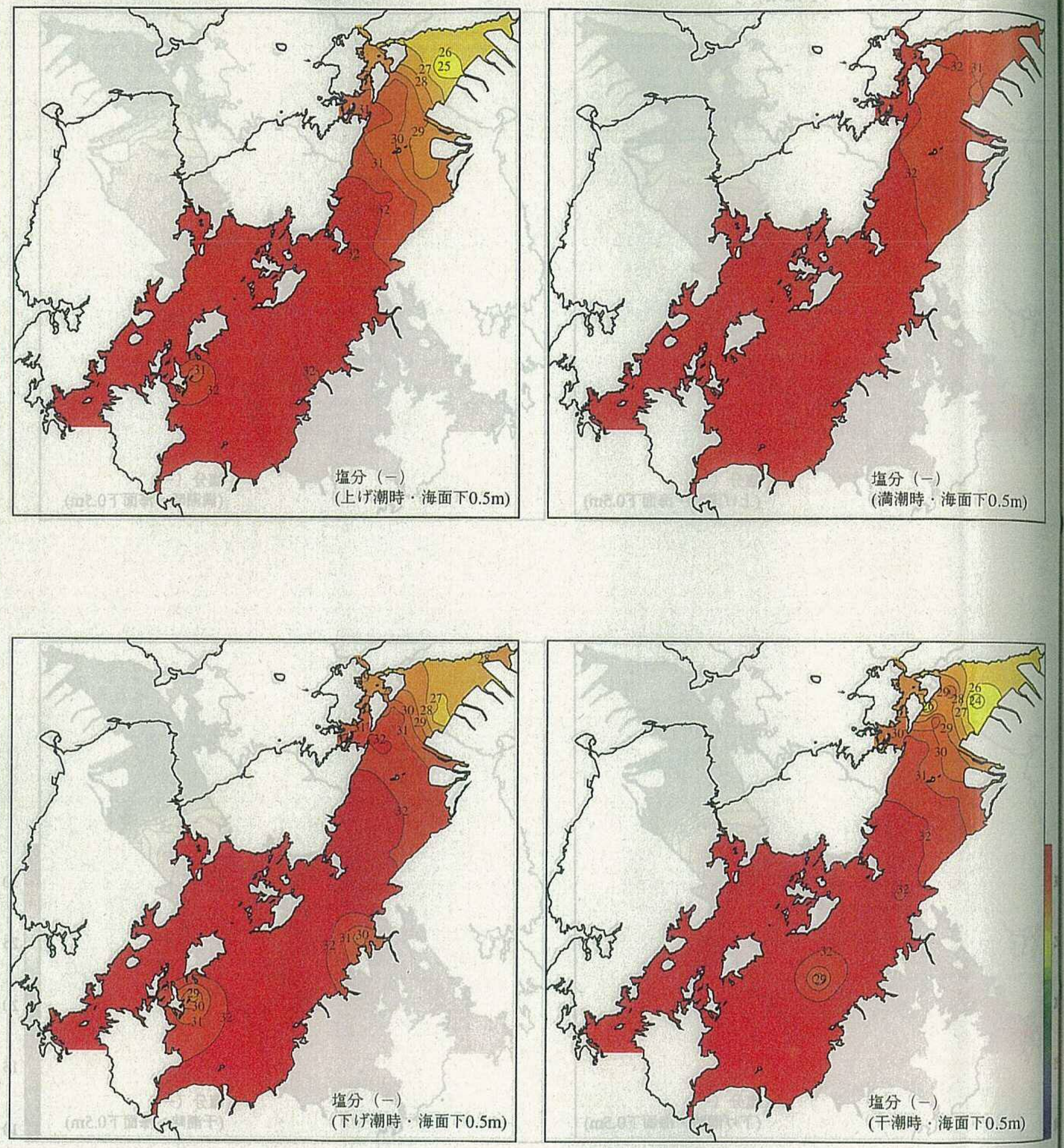


図 3.2-3(3)　表層塩分水平分布図（大潮期：12 月 15 日・冬季調査）

[調査日：2001年12月23日（小潮期）]

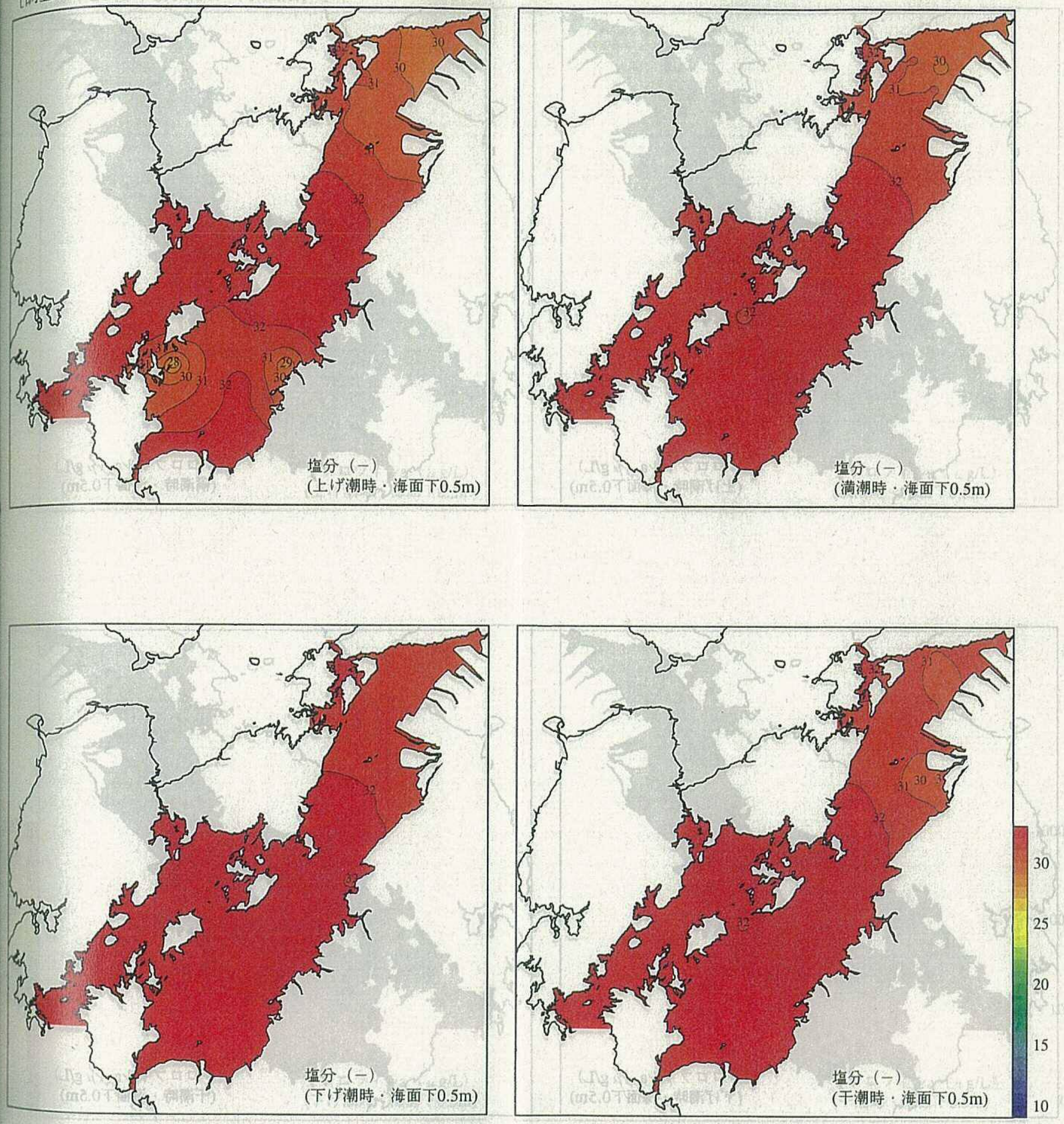


図 3.2-3(4)　表層塩分水平分布図（小潮期：12 月 23 日・冬季調査）

［調査日：2001年6月21日（大潮期）］

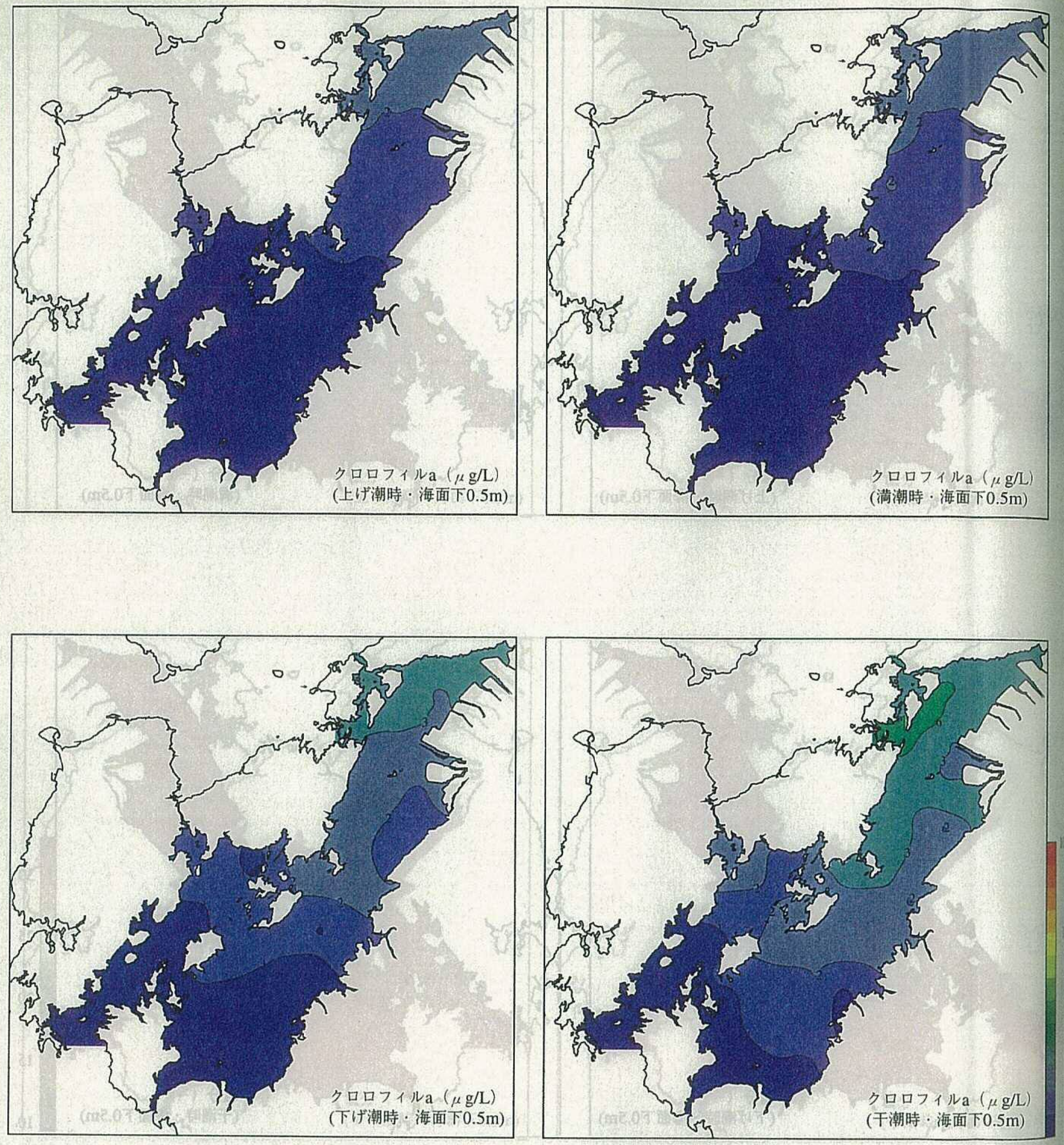


図 3.2-4(1) クロロフィル a の水平分布図（大潮期・6 月 21 日・梅雨期調査）

［調査日：2001年6月28日（小潮期）］

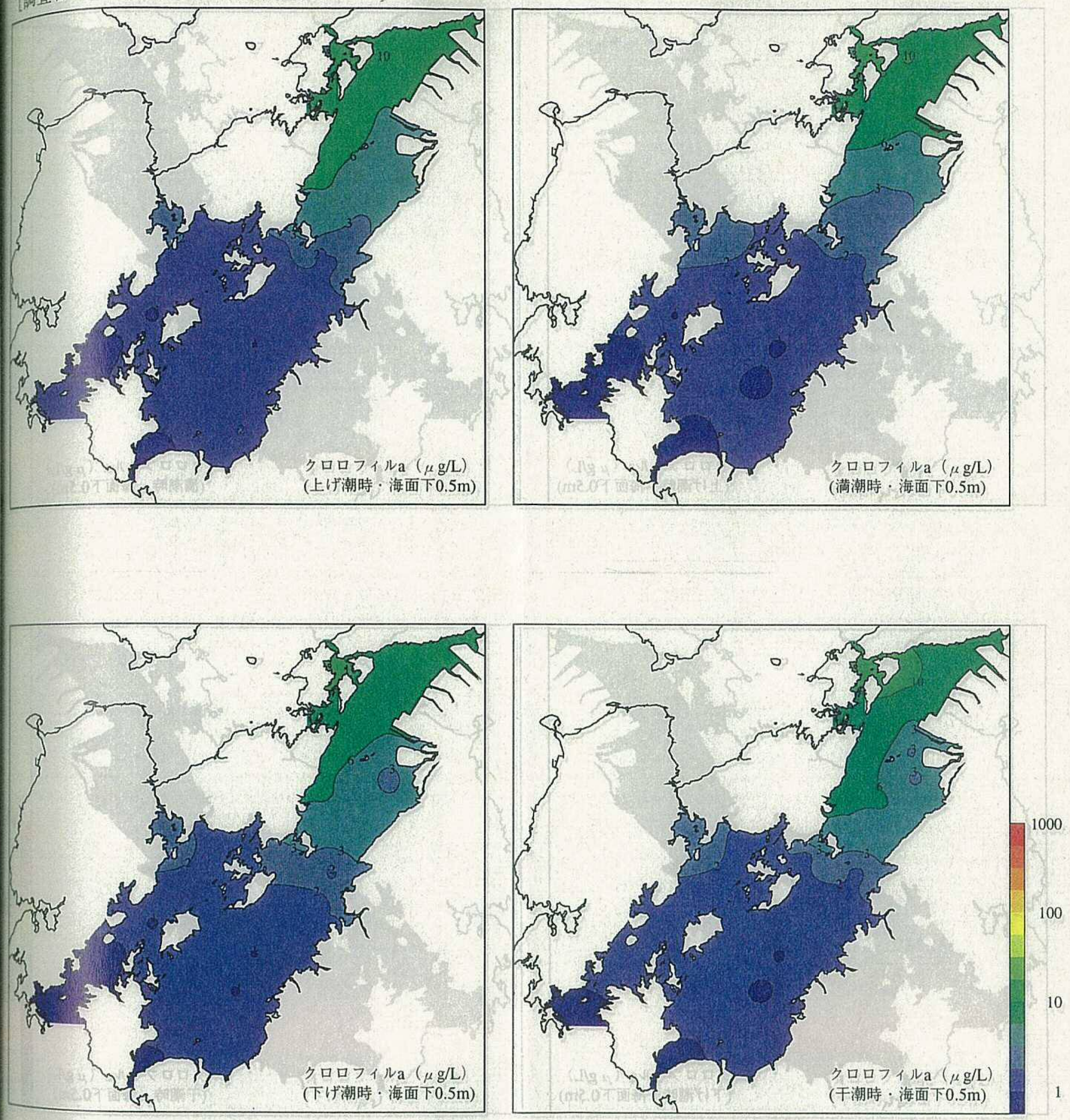


図 3.2-4(2) クロロフィル a の水平分布図（小潮期・6 月 28 日・梅雨期調査）

［調査日：2001年12月15日（大潮期）］

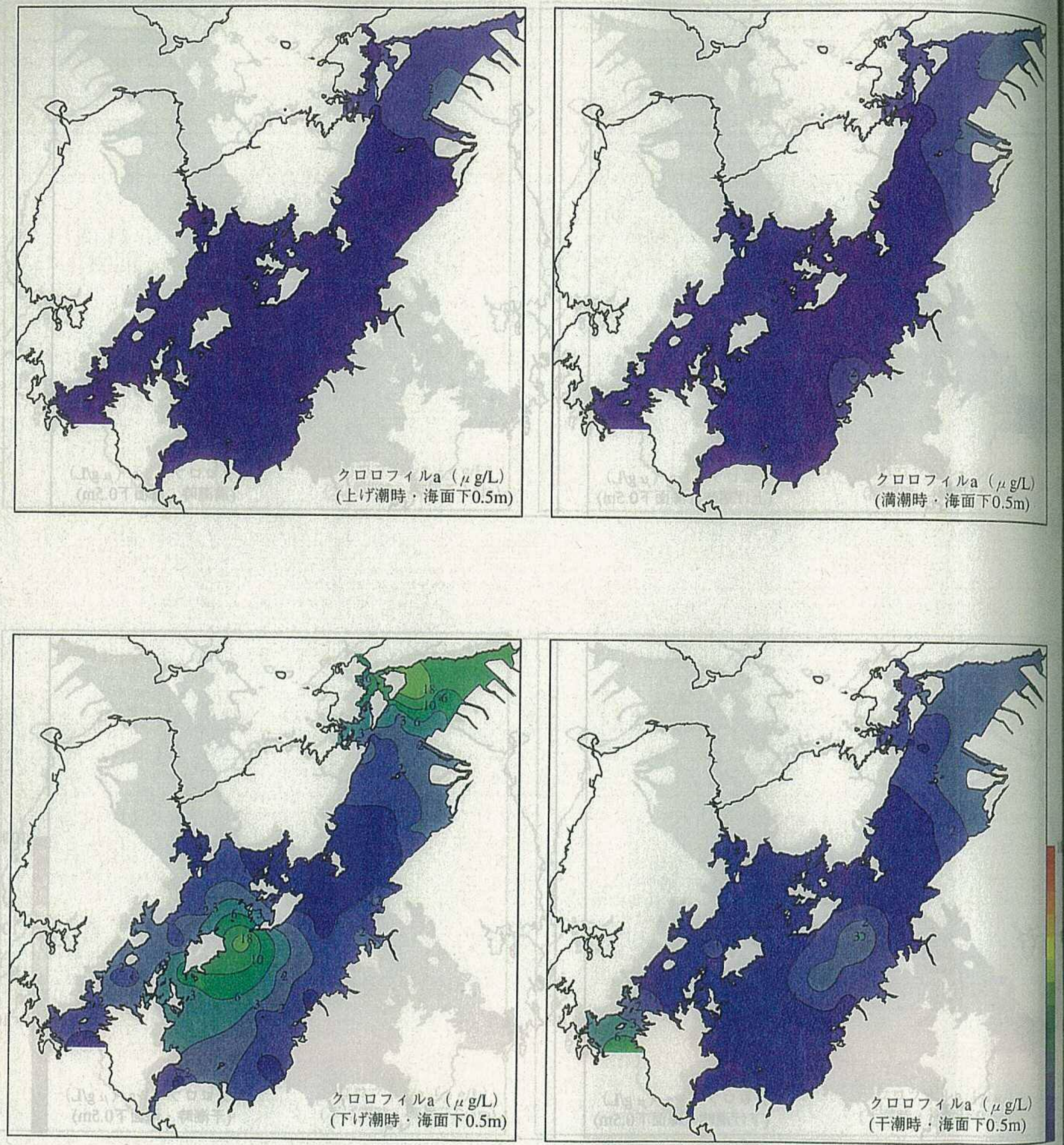


図 3.2-4(3)　クロロフィル a の水平分布図（大潮期・12 月 15 日・冬季調査）

［調査日：2001年12月23日（小潮期）］

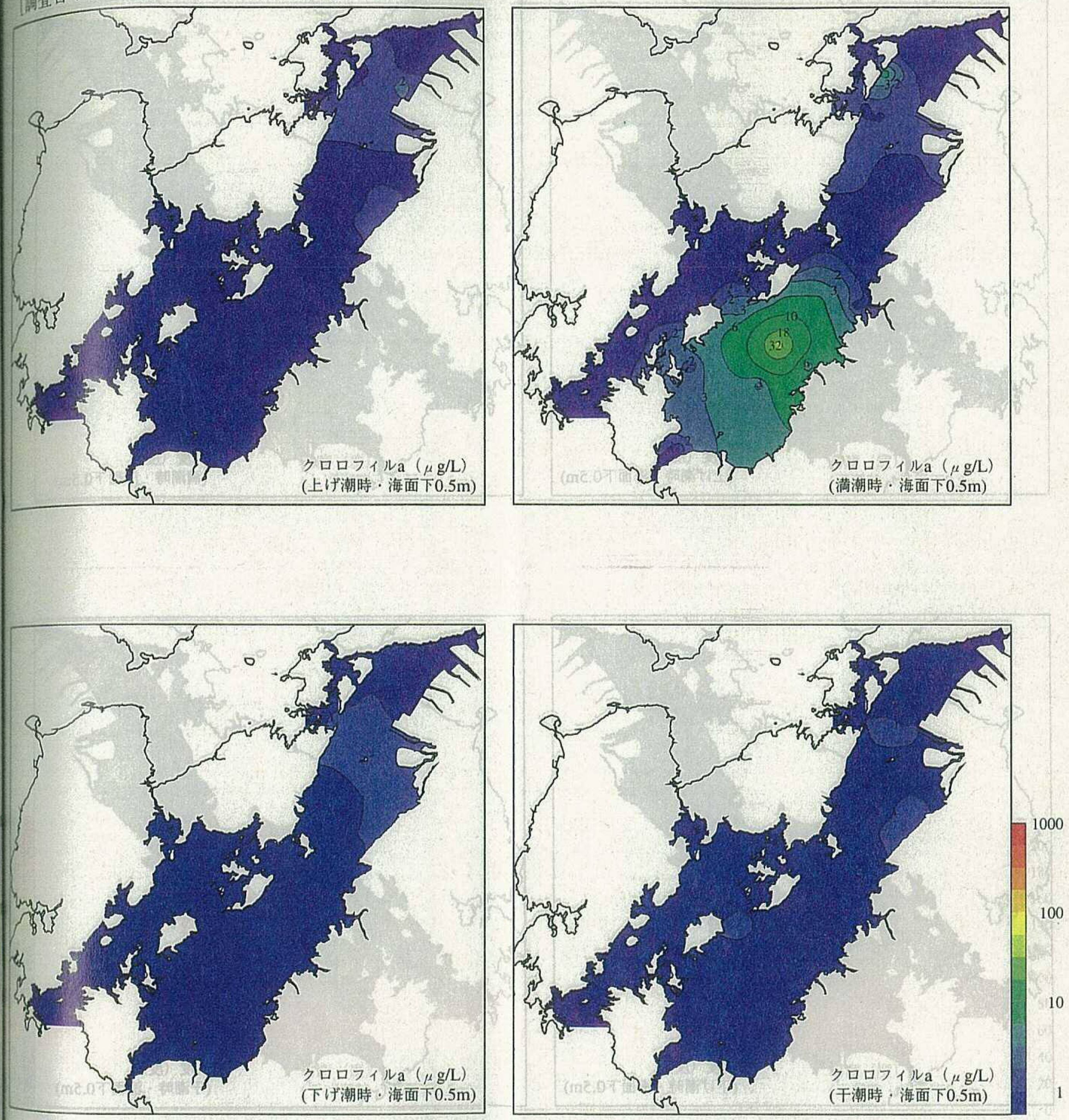


図 3.2-4(4)　クロロフィル a の水平分布図（小潮期・12 月 23 日・冬季調査）

[調査日：2001年6月21日（大潮期）]

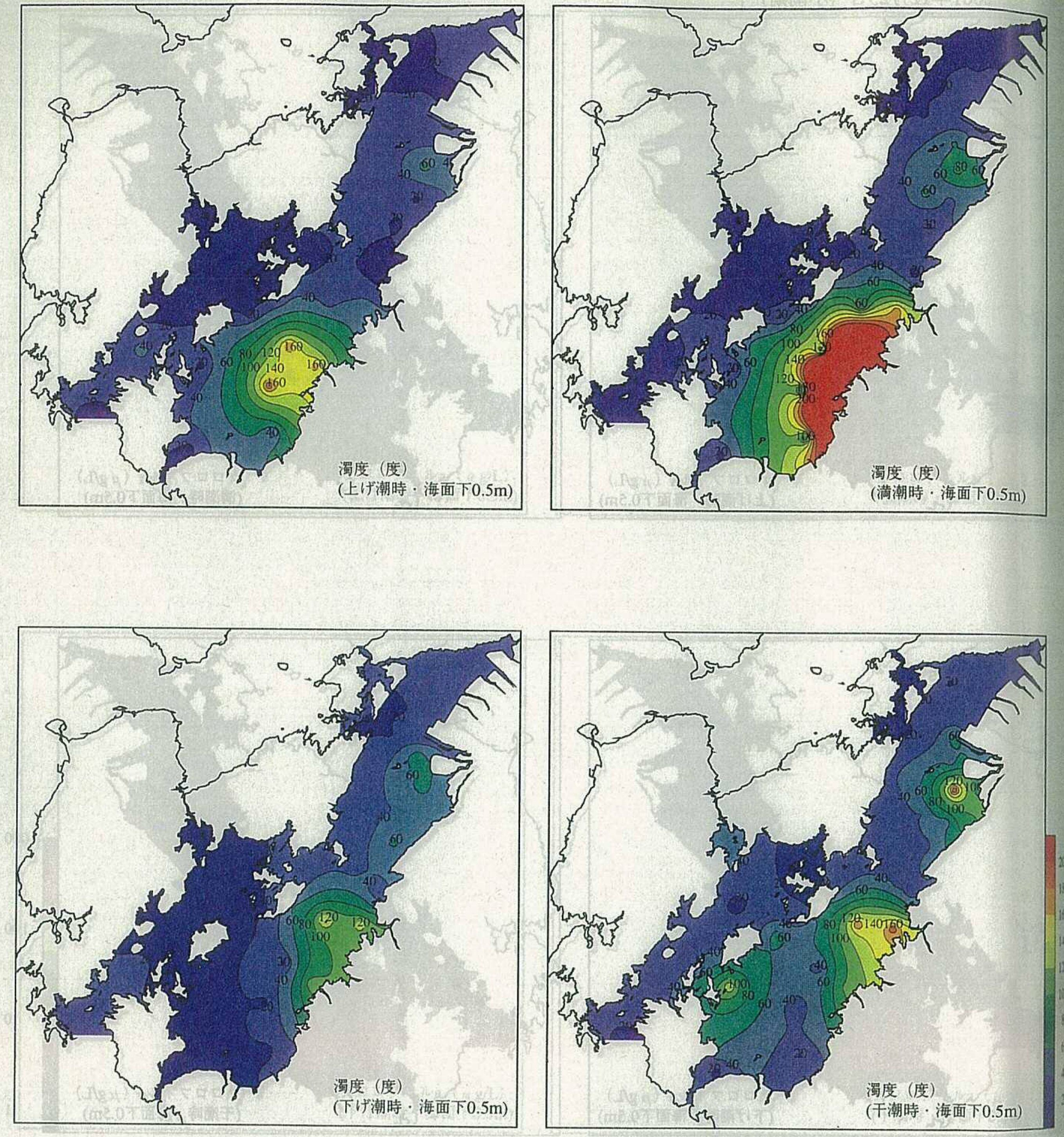


図 3.2-5(1)　濁度の水平分布図（大潮期・6 月 21 日・梅雨期調査）

[調査日：2001年6月28日（小潮期）]

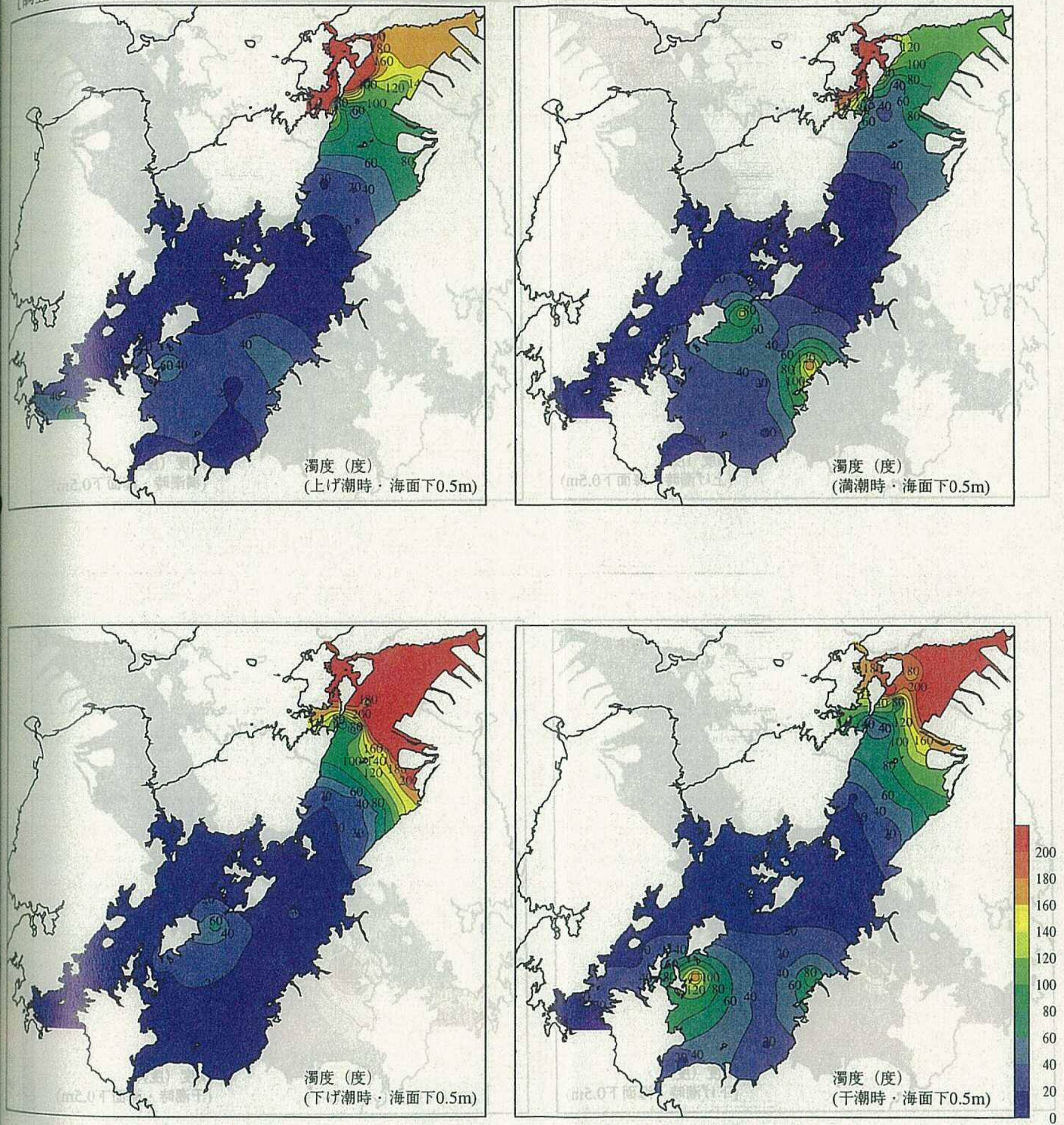


図 3.2-5(2)　濁度の水平分布図（小潮期・6 月 28 日・梅雨期調査）

[調査日：2001年12月15日（大潮期）]

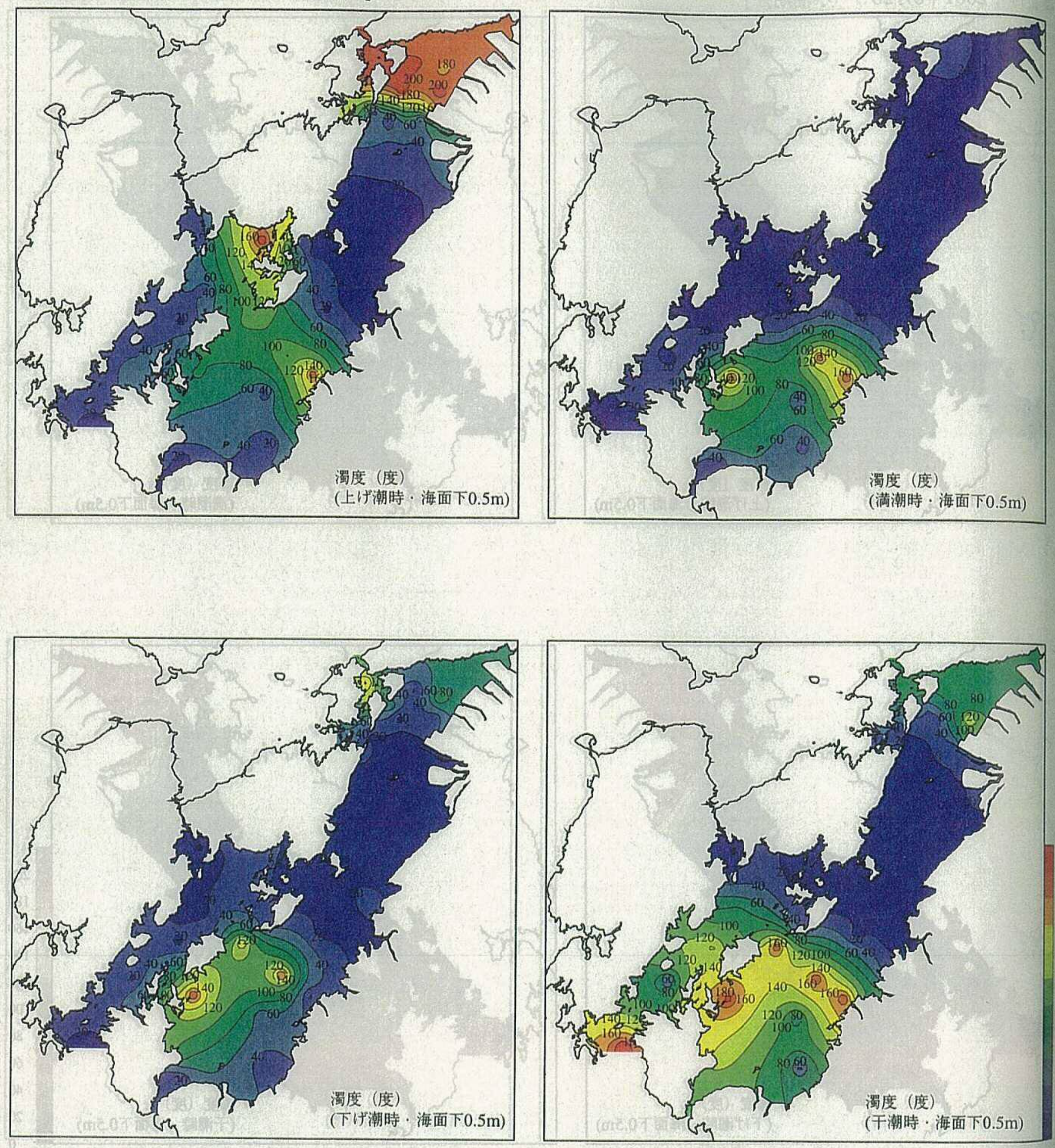


図 3.2-5(3)　濁度の水平分布図（大潮期・12 月 15 日・冬季調査）

[調査日：2001年12月23日（小潮期）]

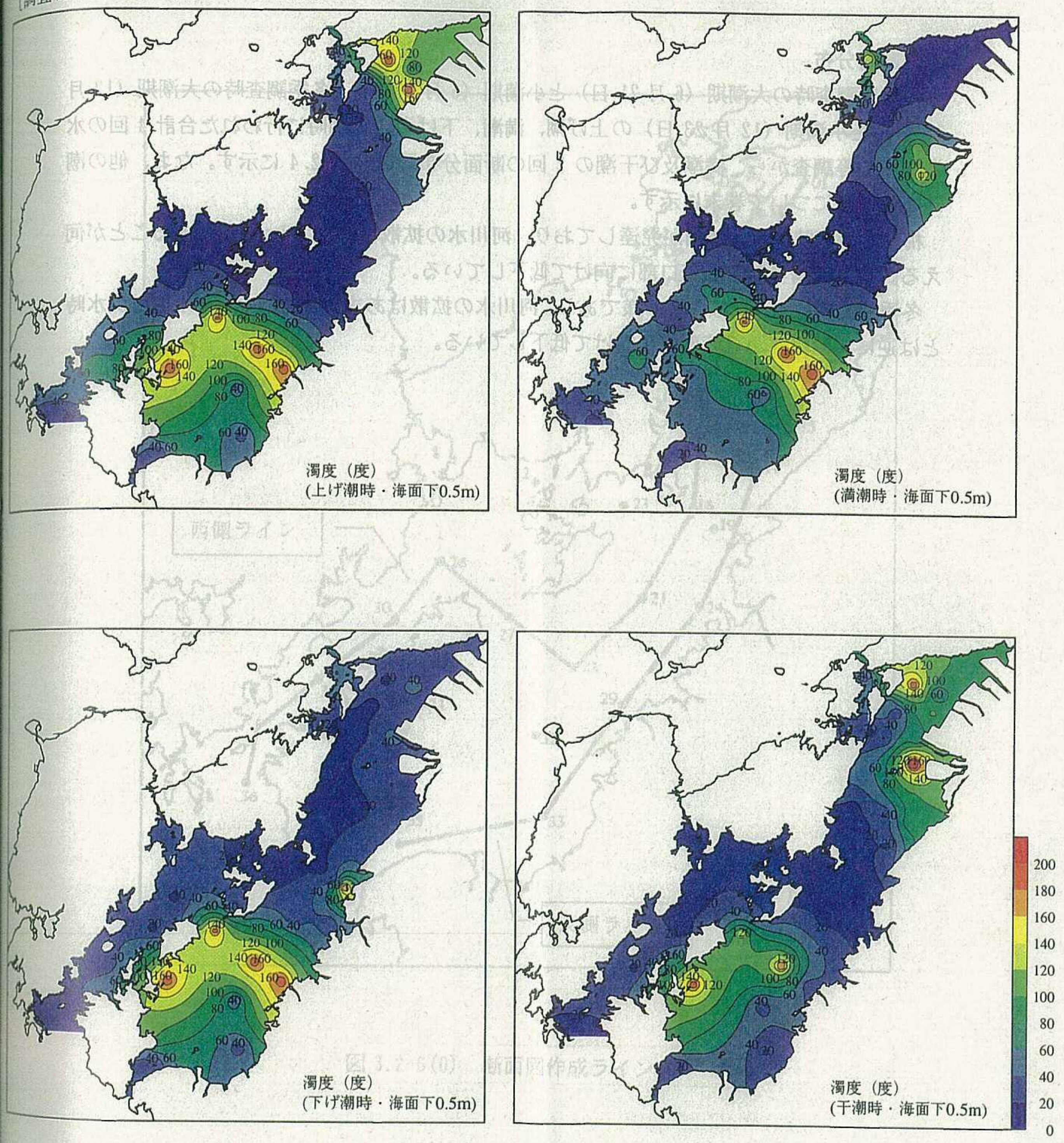


図 3.2-5(4)　濁度の水平分布図（小潮期・12 月 23 日・冬季調査）

③ 断面分布

梅雨期調査時の大潮期（6 月 21 日）と小潮期（6 月 28 日）、冬季調査時の大潮期（12 月 15 日）と小潮期（12 月 23 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 3-2.4 に示す。なお、他の潮時のデータについて巻末に示す。

梅雨期調査時には、成層が発達しており、河川水の拡散範囲は 30km 程度であることが伺える。水温は湾奥部から湾口部に向けて低下している。

冬季調査時には、ほぼ鉛直一様であり、河川水の拡散はあまり見られない。水温は洪水時とは逆に、湾口部から湾奥部に向けて低下している。

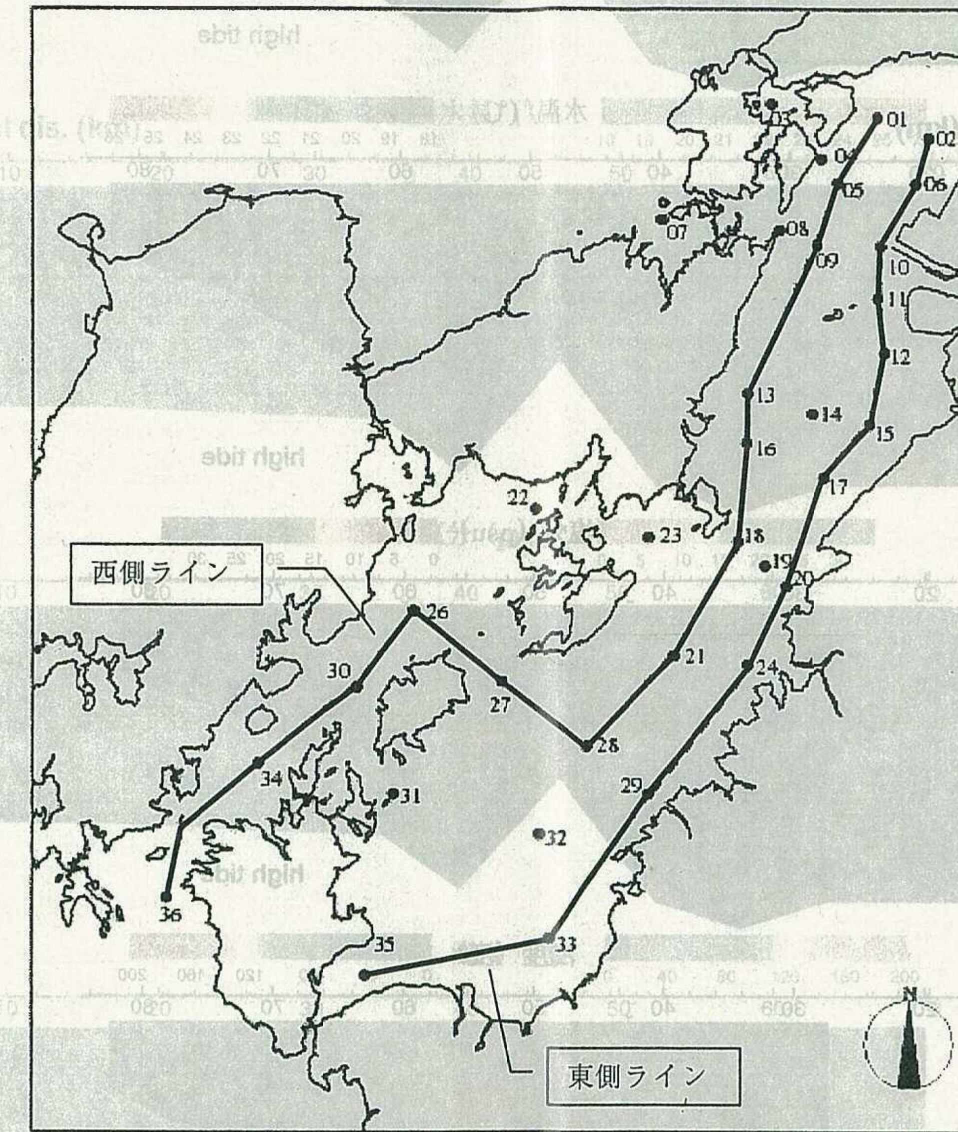
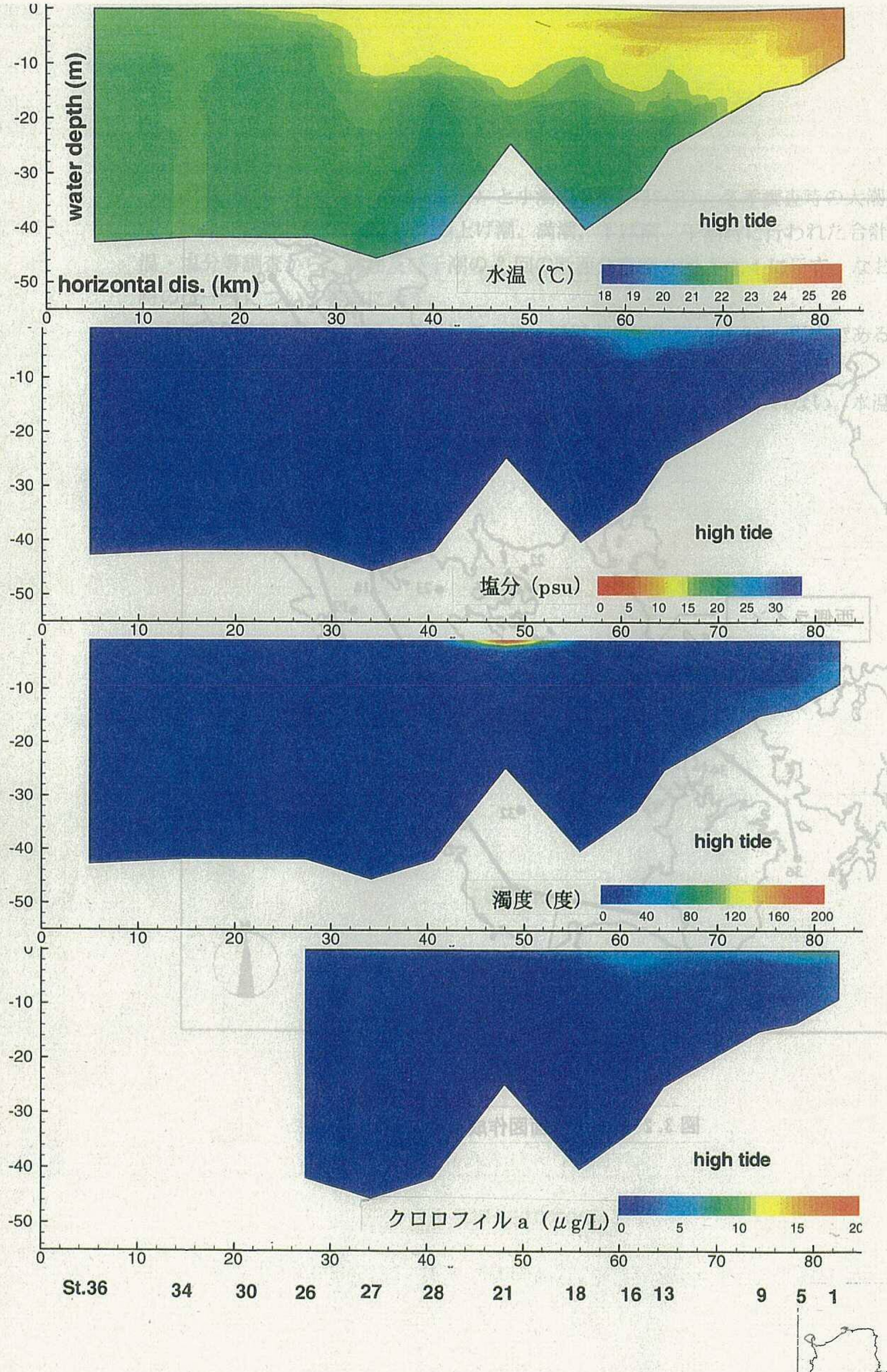
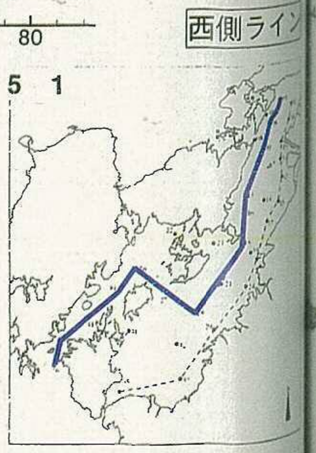


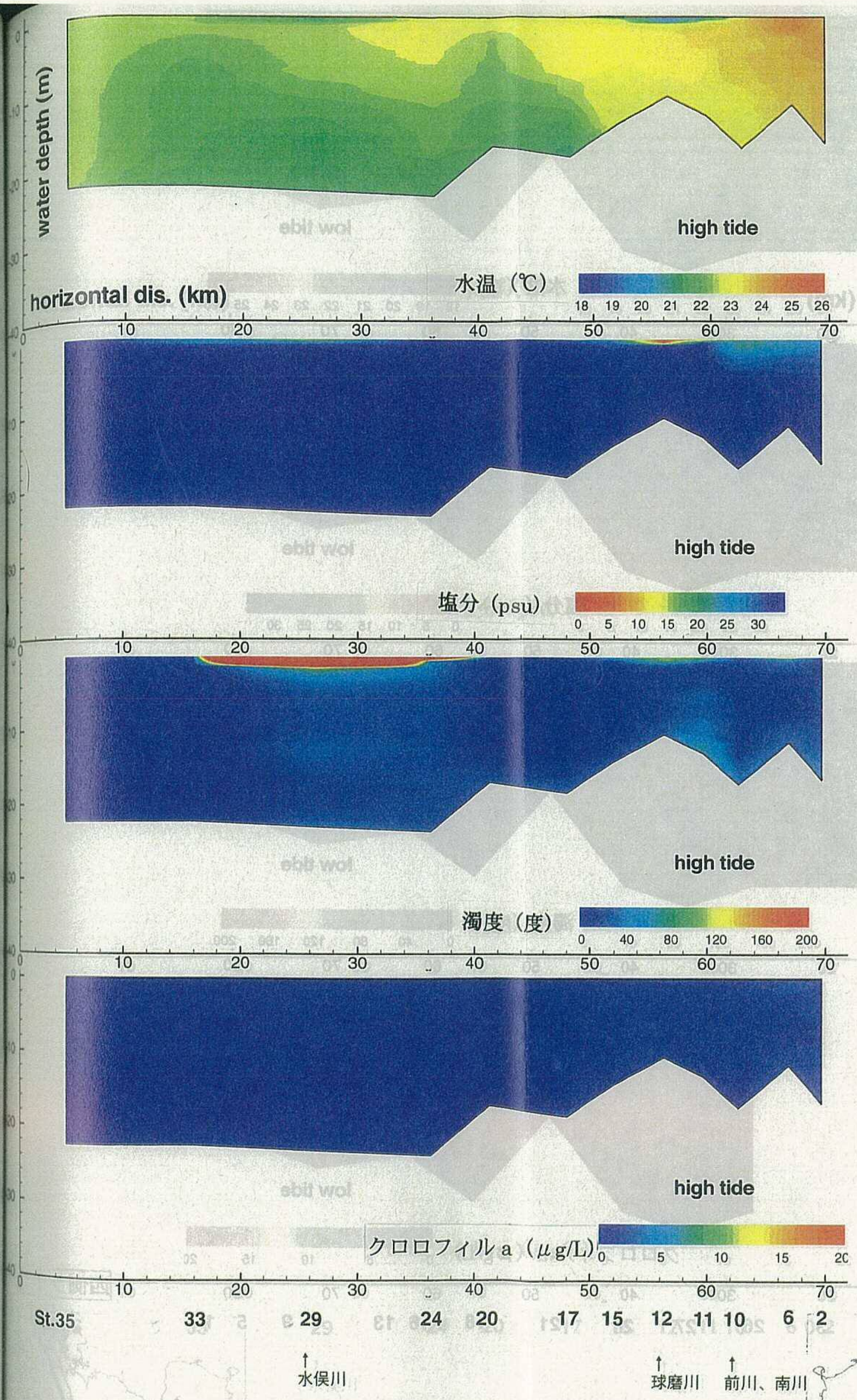
図 3.2-6(0)　断面図作成ライン

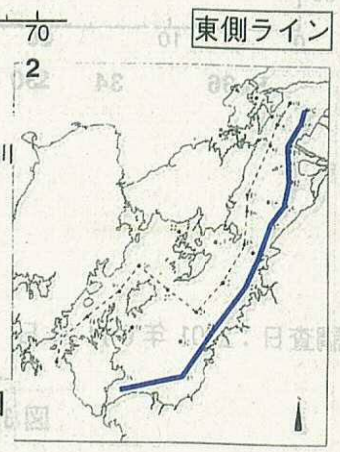




[調査日：2001 年 6 月 21 日（大潮期）]

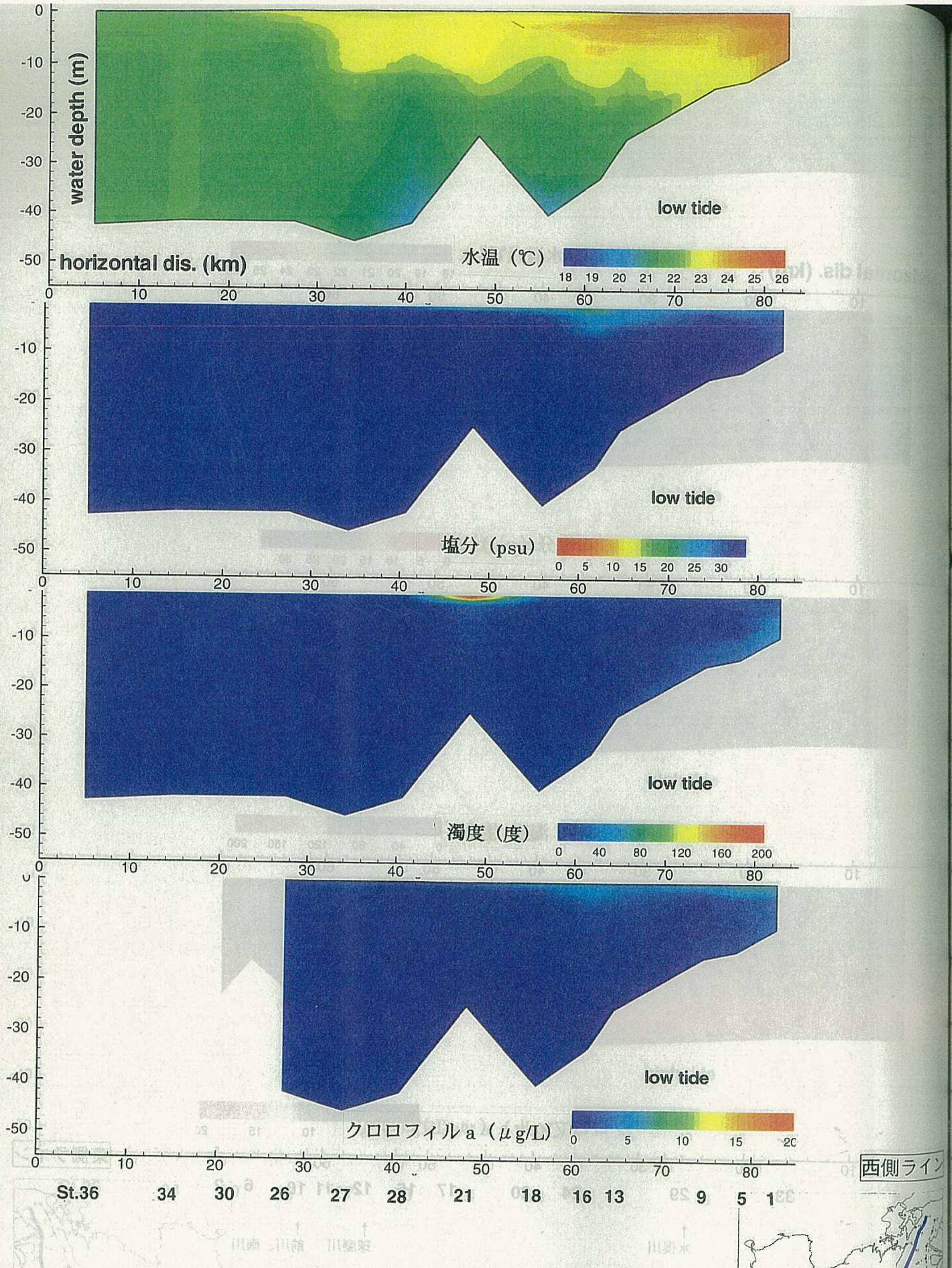
図 3.2-6(1)　水温・塩分・濁度・クロロフィル a 断面分布図
（大潮期・満潮時・梅雨期調査）

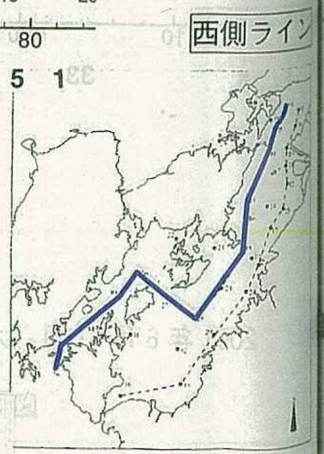




[調査日：2001 年 6 月 21 日（大潮期）]

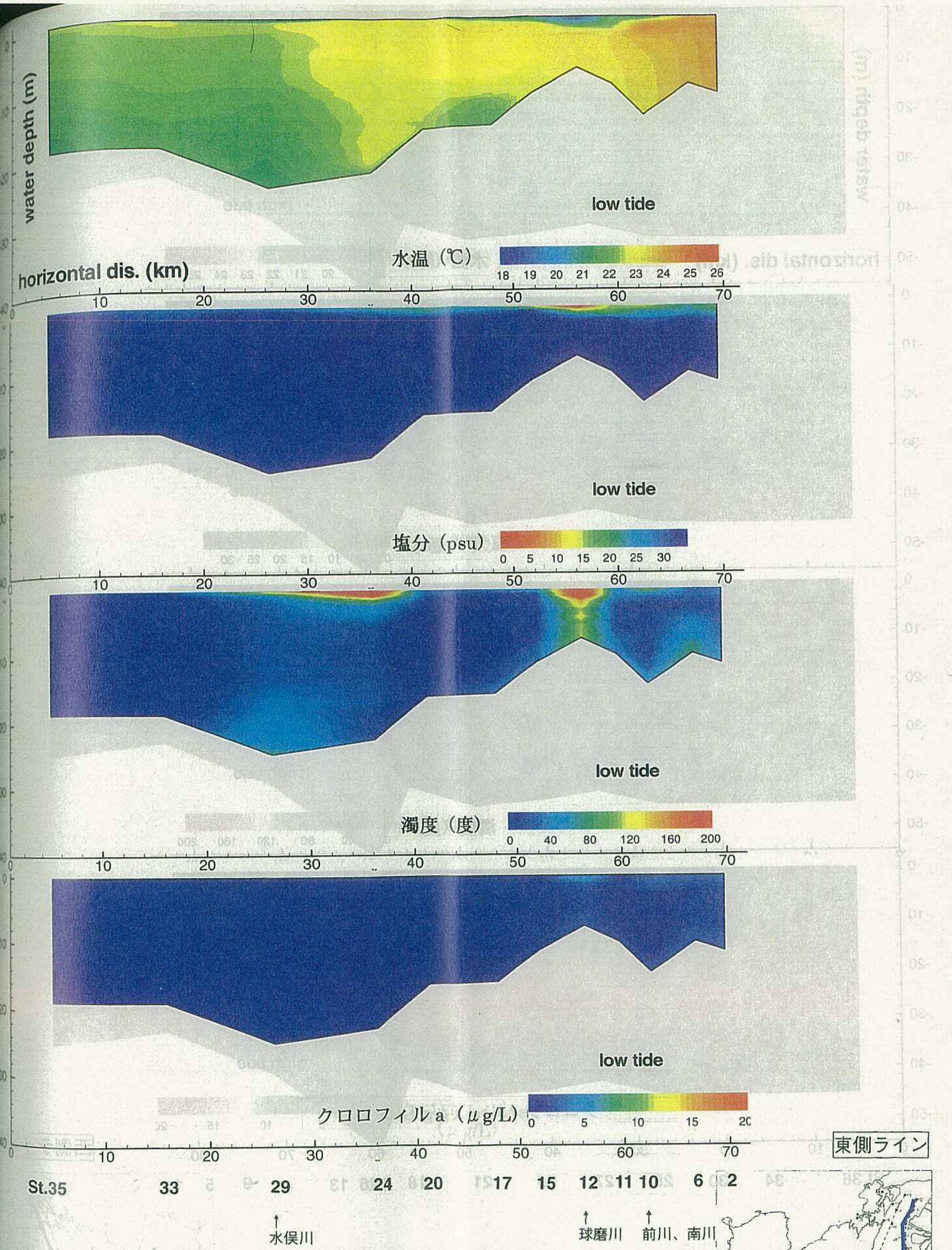
図 3.2-6(2)　水温・塩分・濁度・クロロフィル a 断面分布図
（大潮期・満潮時・梅雨期調査）

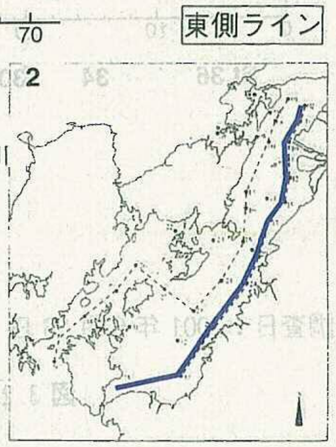




［調査日：2001 年 6 月 21 日（大潮期）］

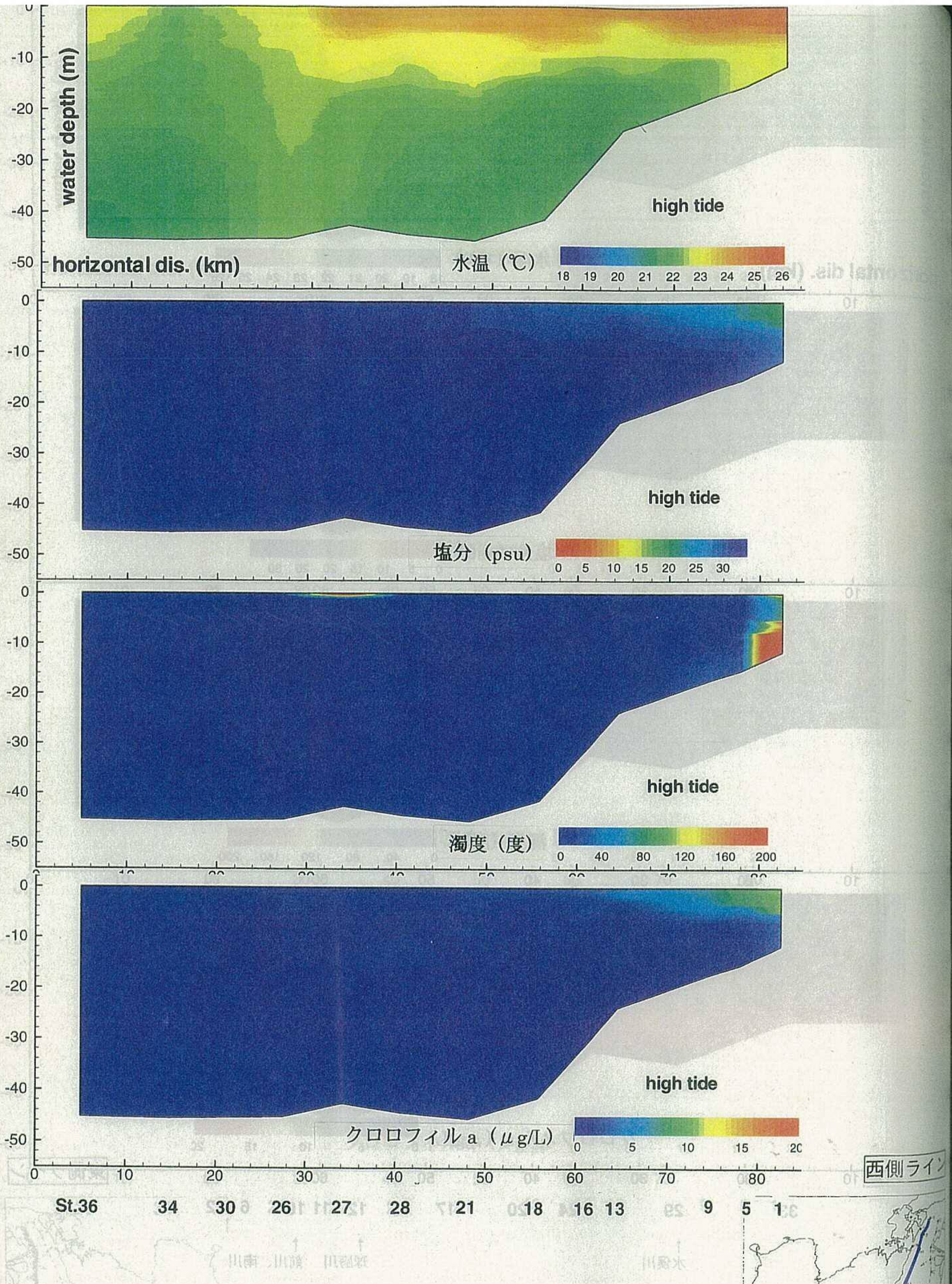
図 3.2-6(3)　水温・塩分・濁度・クロロフィルａ断面分布図
（大潮期・干潮時・梅雨期調査）

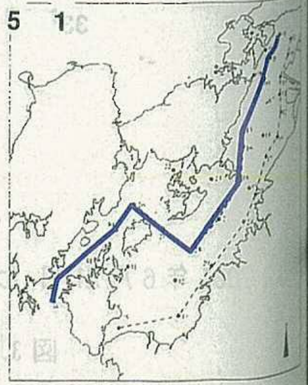




［調査日：2001 年 6 月 21 日（大潮期）］

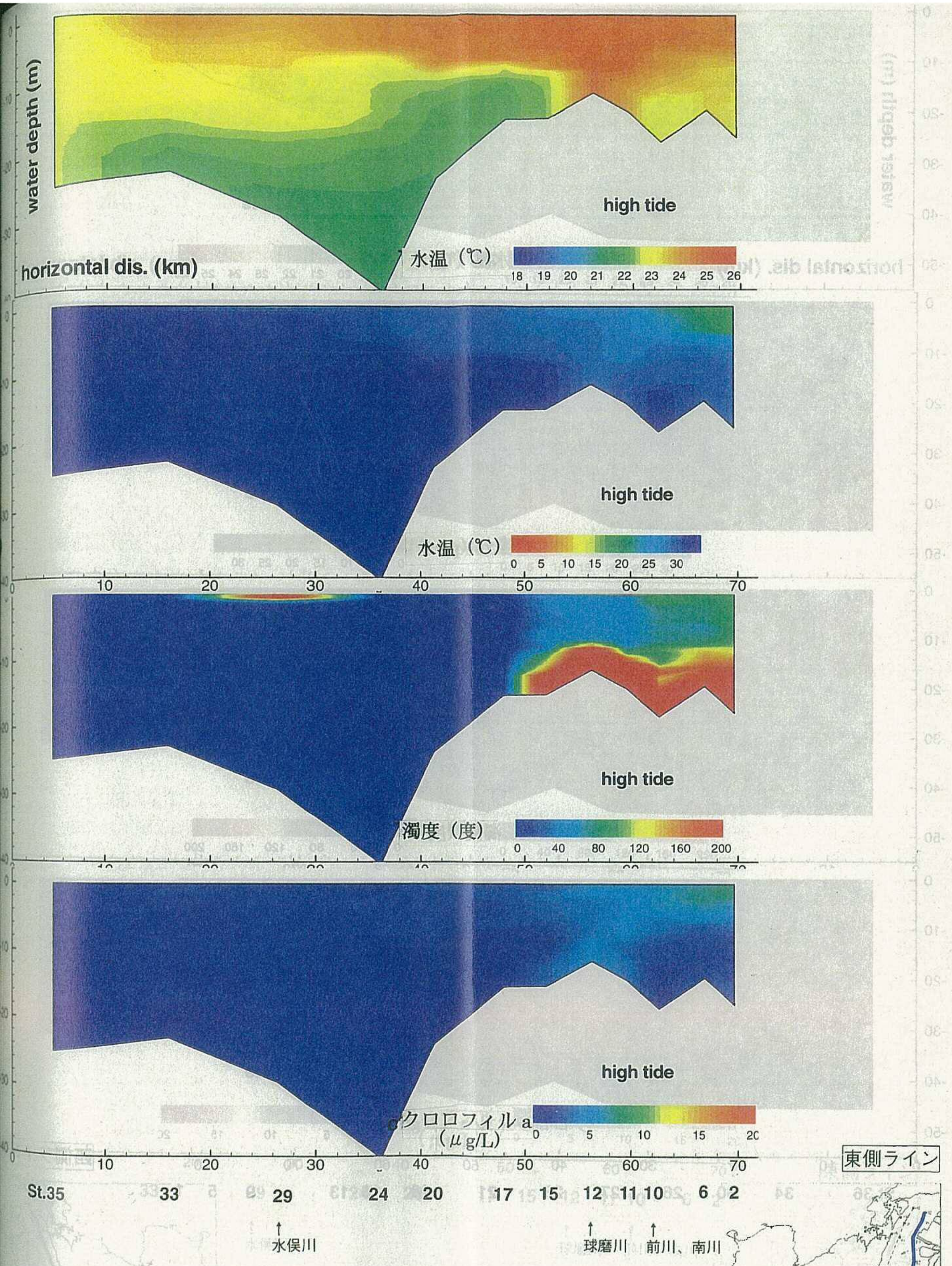
図 3.2-6(4)　水温・塩分・濁度・クロロフィルａ断面分布図
（大潮期・干潮時・梅雨期調査）

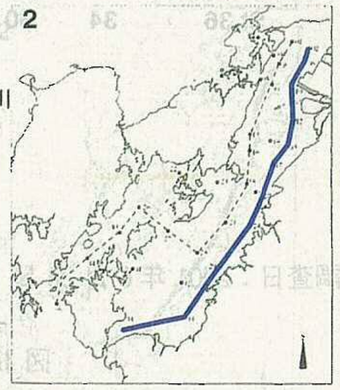




［調査日：2001 年 6 月 28 日（小潮期）］

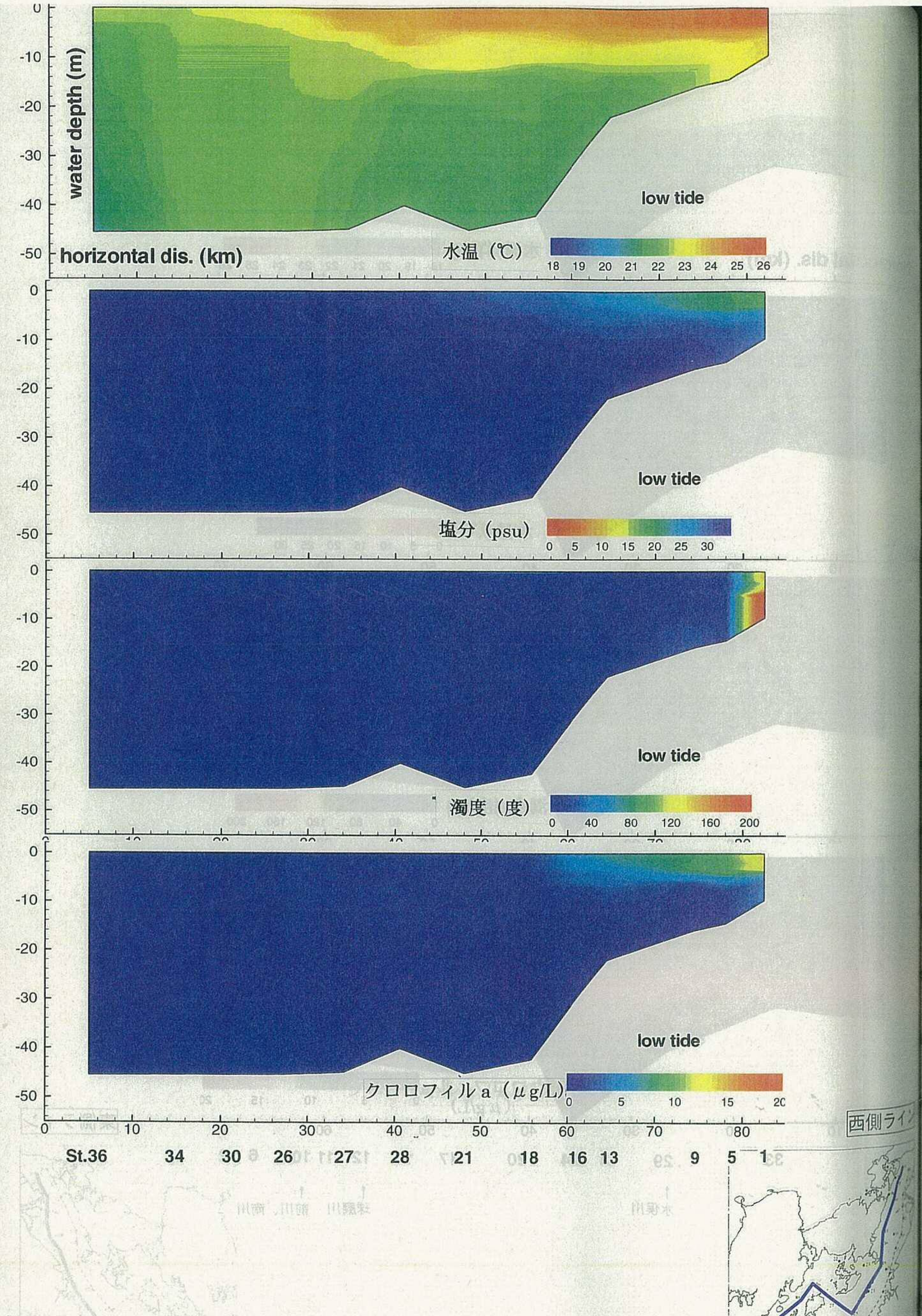
図 3.2-6(5)　水温・塩分・濁度・クロロフィル a 断面分布図
（小潮期・満潮時・梅雨期調査）





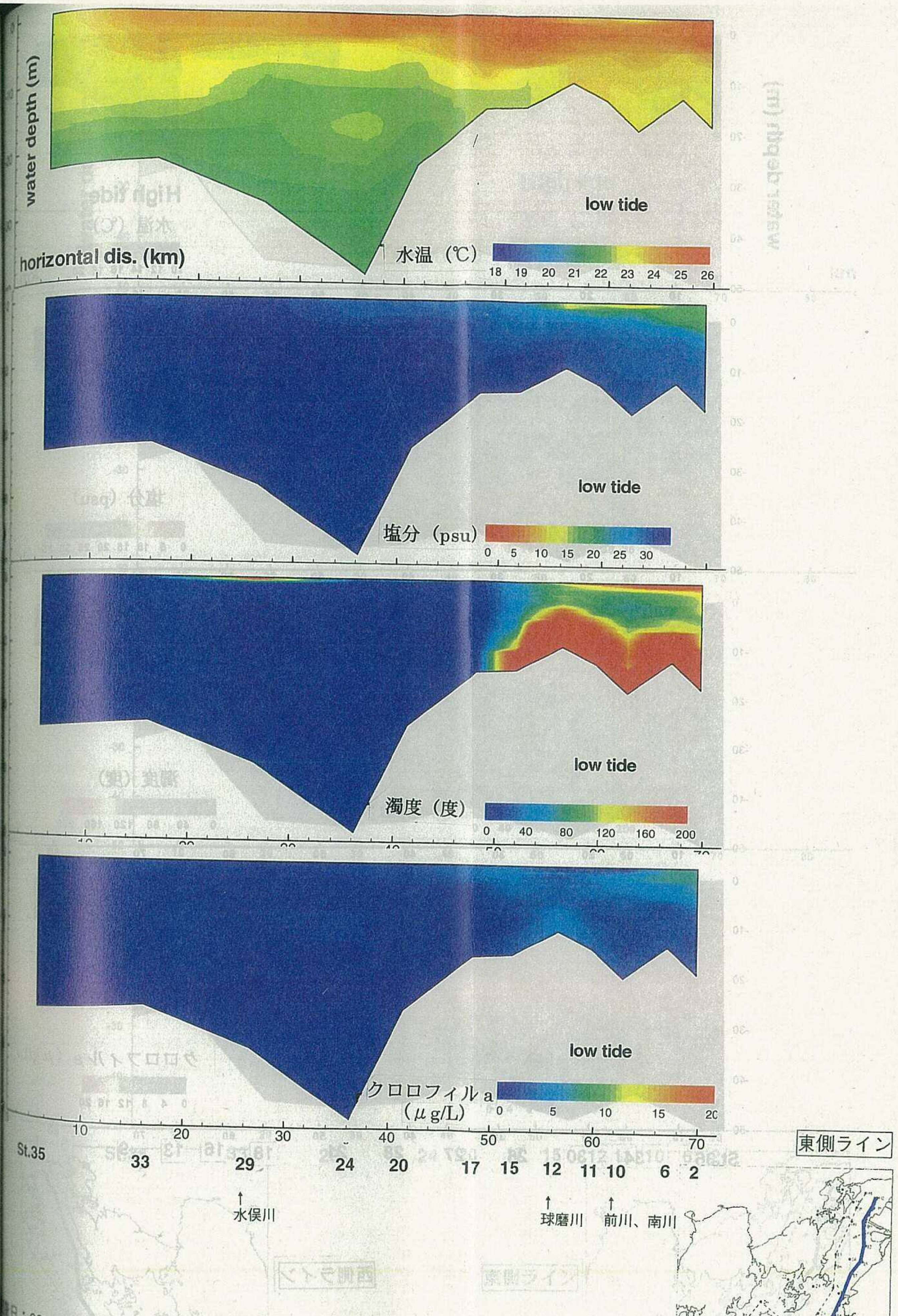
［調査日：2001 年 6 月 28 日（小潮期）］

図 3.2-6(6)　水温・塩分・濁度・クロロフィル a 断面分布図
（小潮期・満潮時・梅雨期調査）



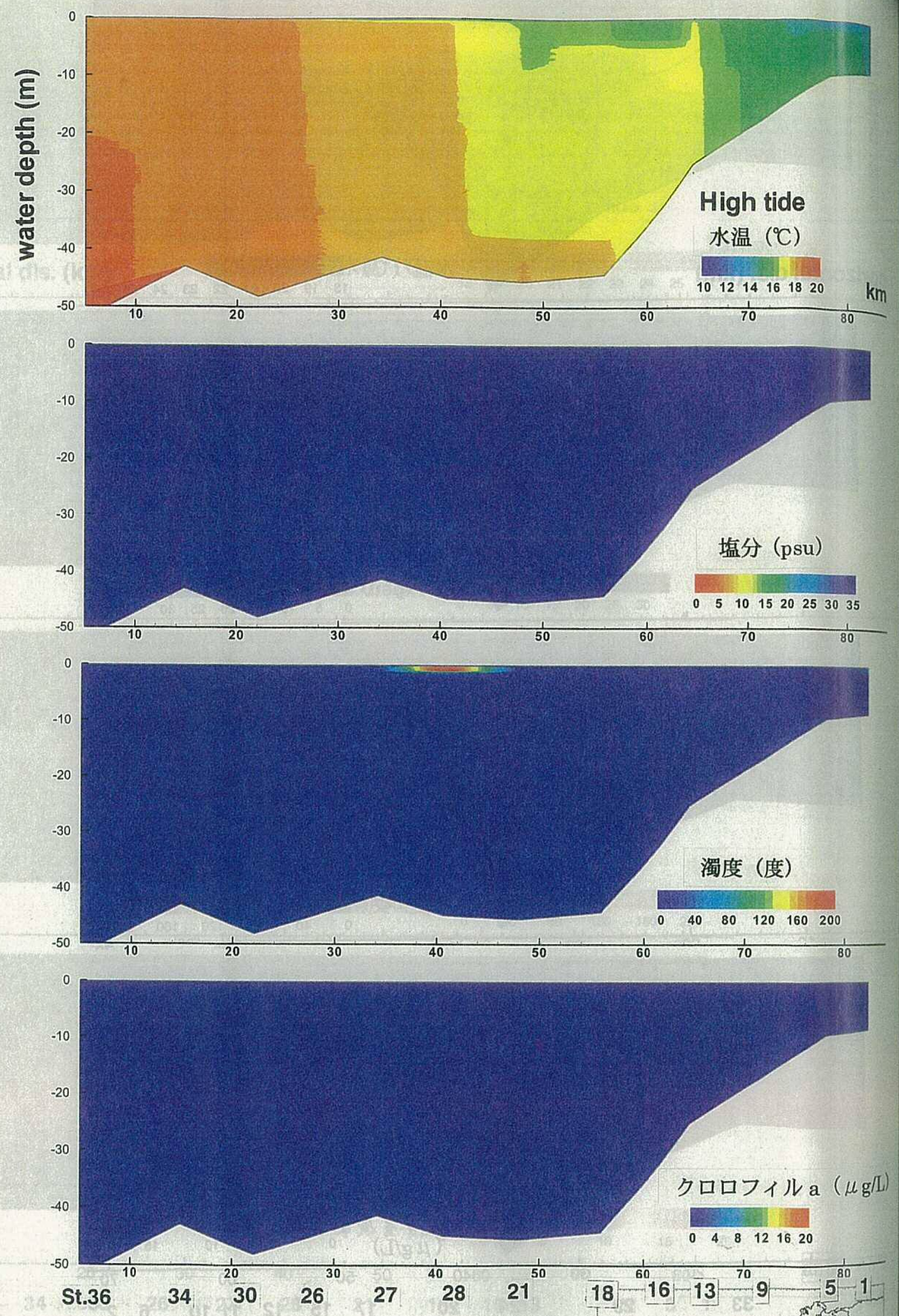
［調査日：2001 年 6 月 28 日（小潮期）］

図 3.2-6(7)　水温・塩分・濁度・クロロフィル a 断面分布図
（小潮期・干潮時・梅雨期調査）

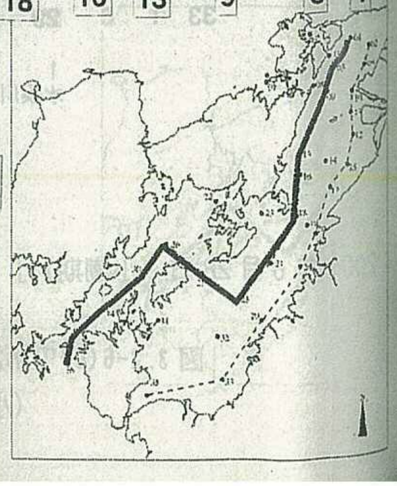


［調査日：2001 年 6 月 28 日（小潮期）］

図 3.2-6(8)　水温・塩分・濁度・クロロフィル a 断面分布図
（小潮期・干潮時・梅雨期調査）



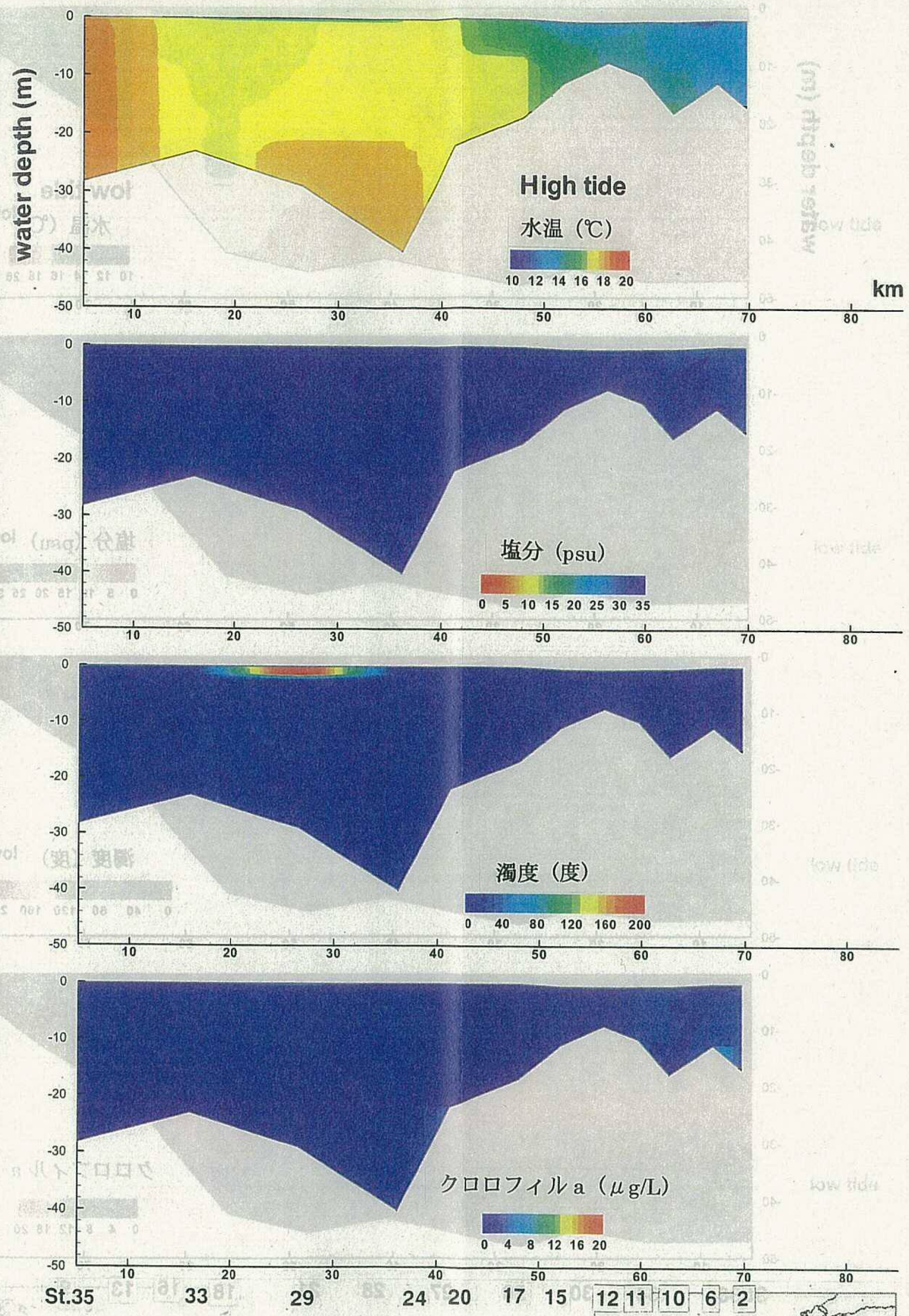
西側ライン



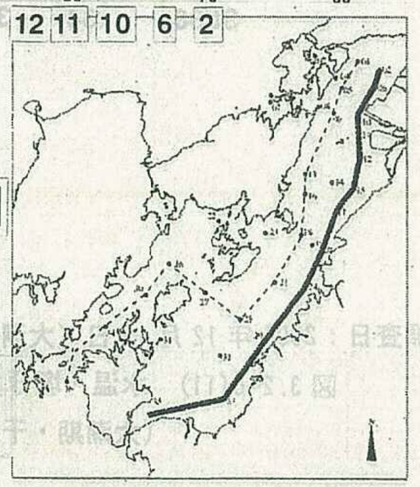
[調査日：2001 年 12 月 15 日（大潮期）]

図 3.2-6(9)　水温・塩分・濁度・クロロフィル a 断面分布図

（大潮期・満潮時・冬季調査）



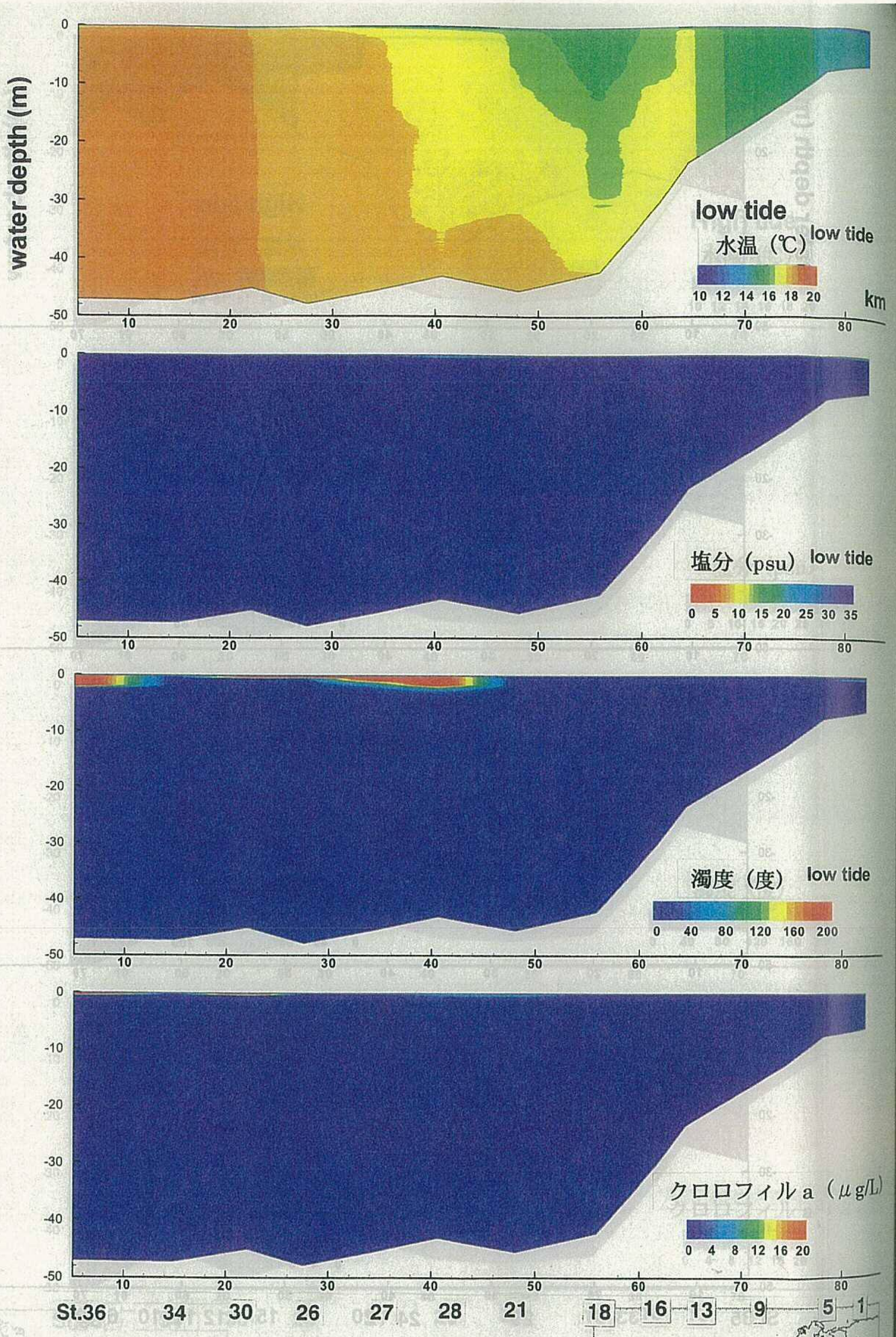
東側ライン



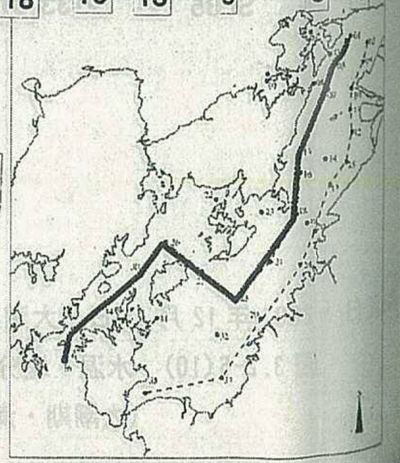
[調査日：2001 年 12 月 15 日（大潮期）]

図 3.2-6(10)　水温・塩分・濁度・クロロフィル a 断面分布図

（大潮期・満潮時・冬季調査）

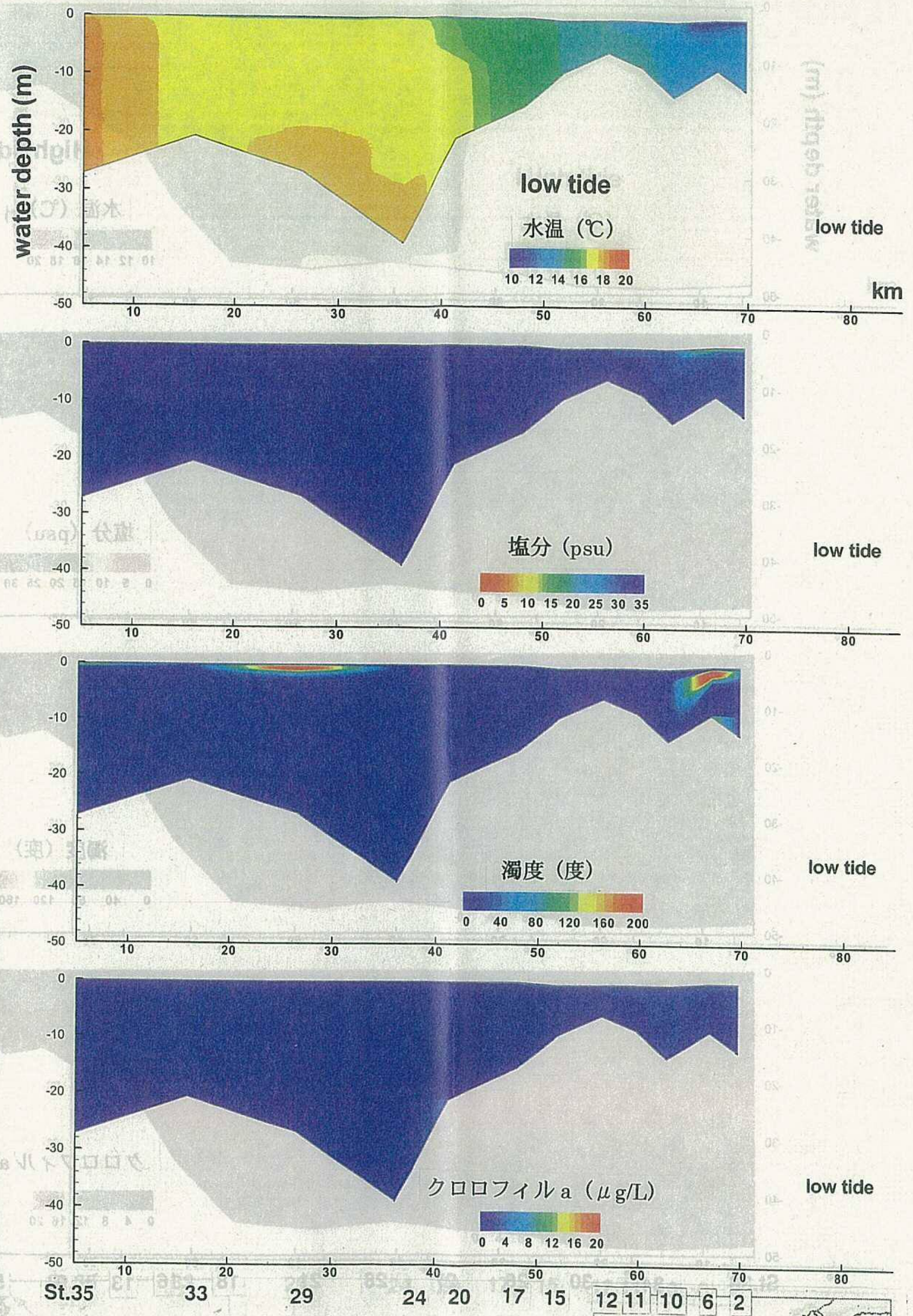


西側ライン

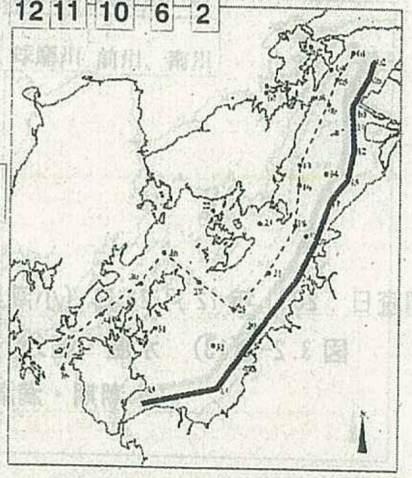


［調査日：2001 年 12 月 15 日（大潮期）］

図 3.2-6(11)　水温・塩分・濁度・クロロフィル a 断面分布図
（大潮期・干潮時・冬季調査）

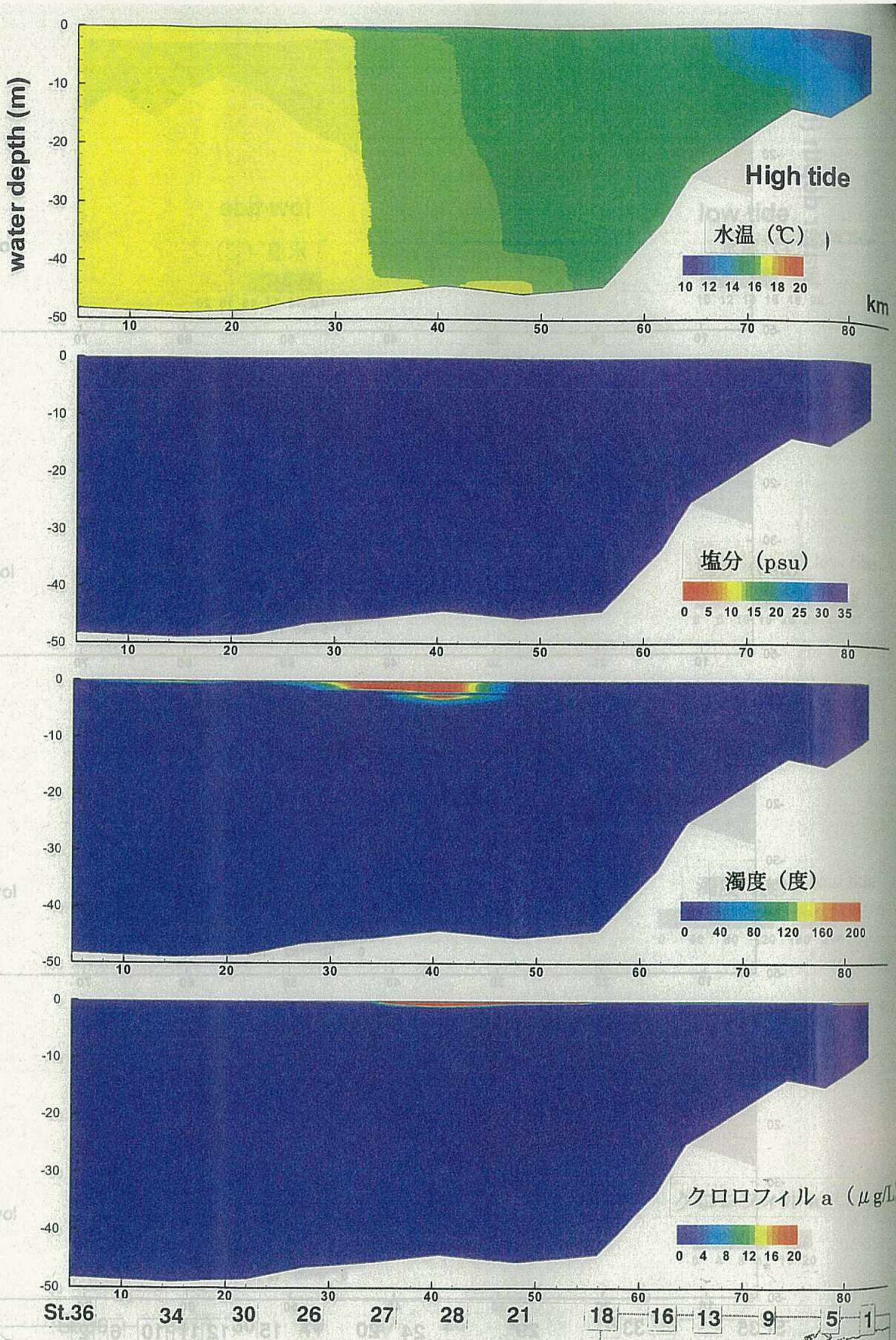


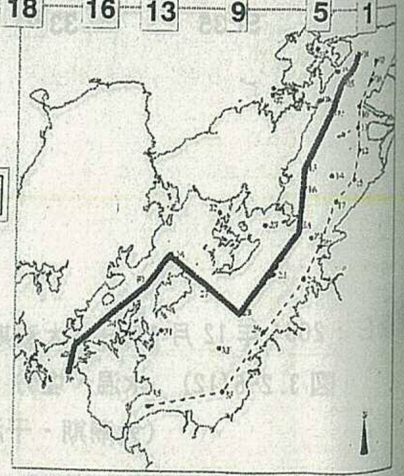
東側ライン



［調査日：2001 年 12 月 15 日（大潮期）］

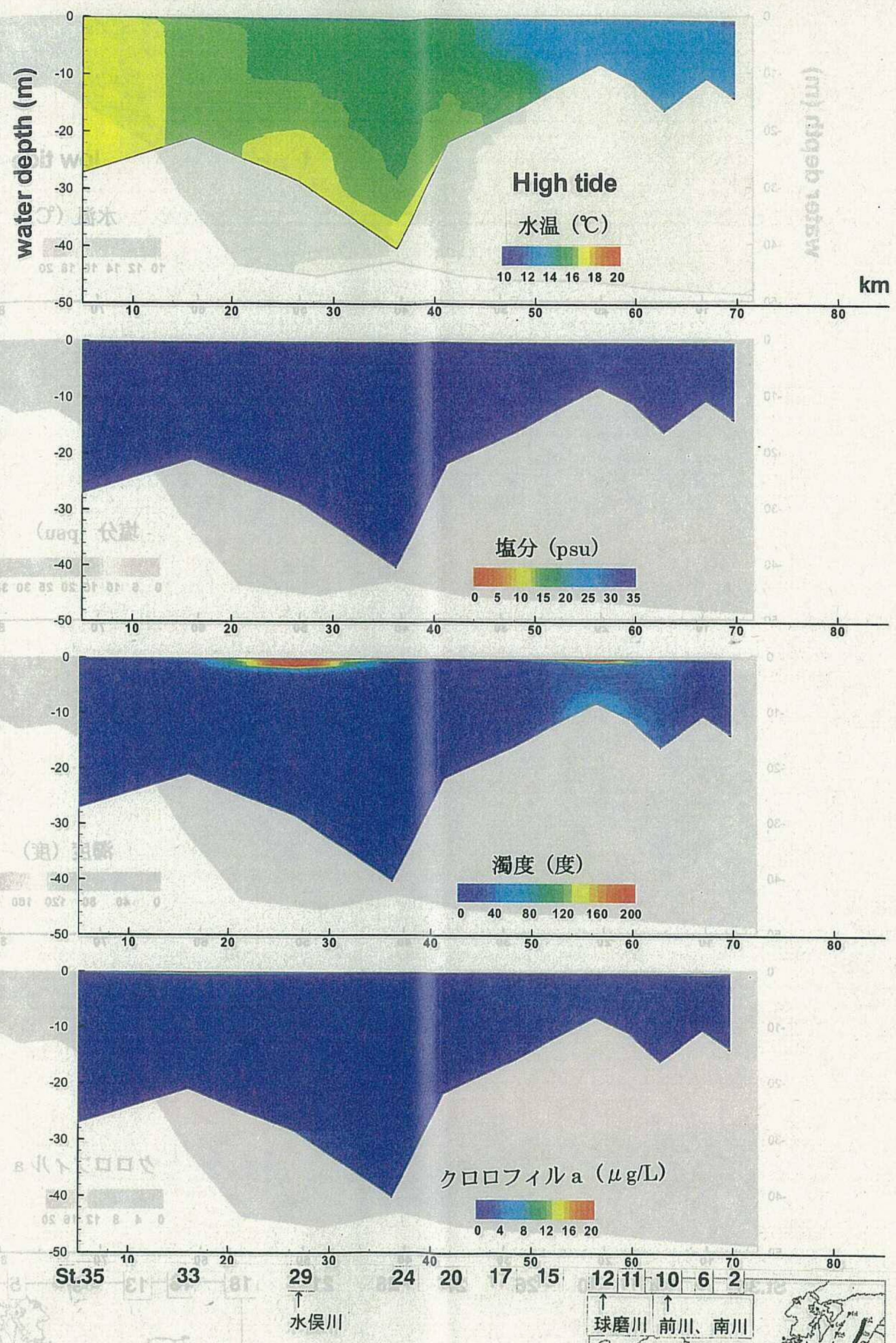
図 3.2-6(12)　水温・塩分・濁度・クロロフィル a 断面分布図
（大潮期・干潮時・冬季調査）





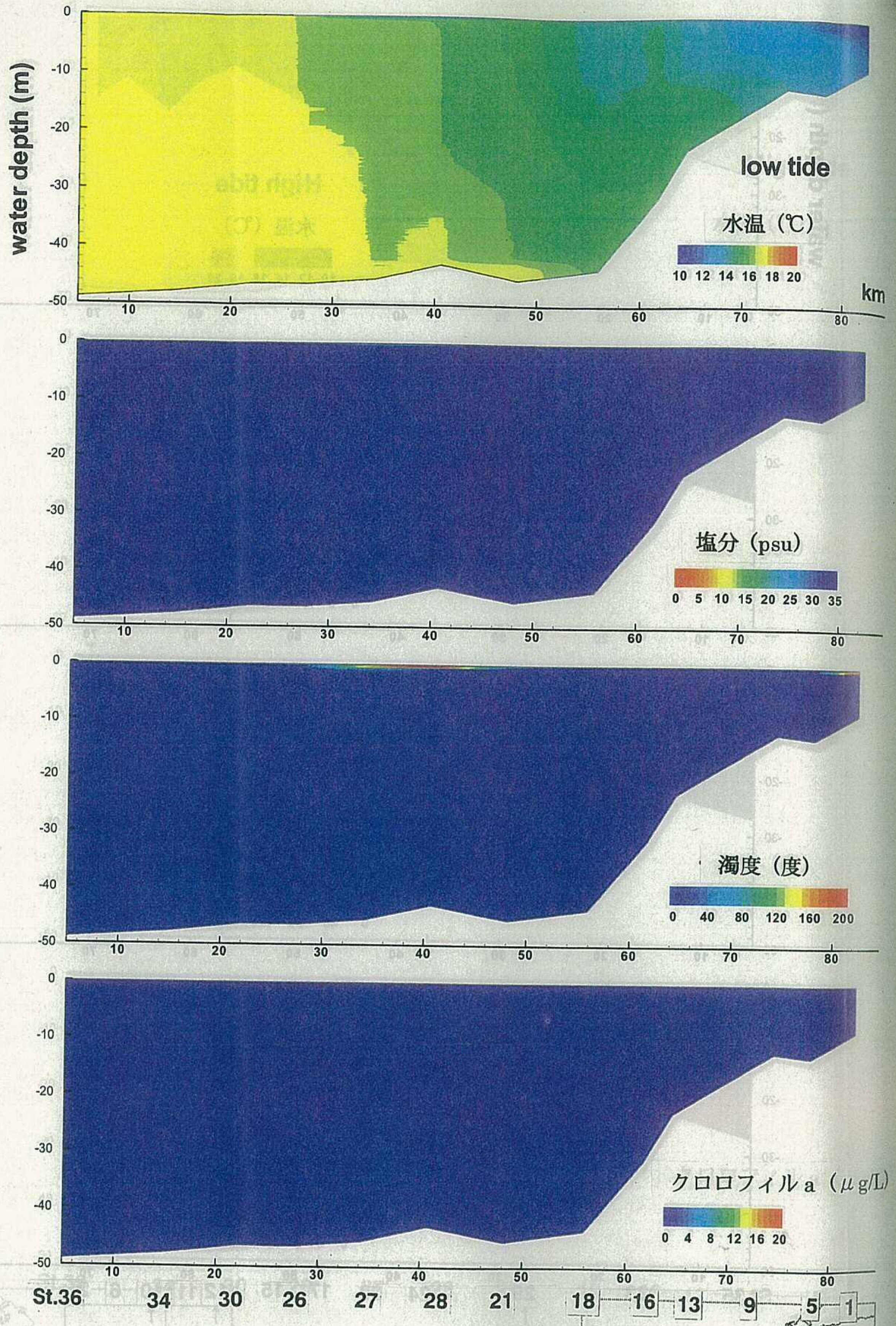
［調査日：2001年12月23日（小潮期）］

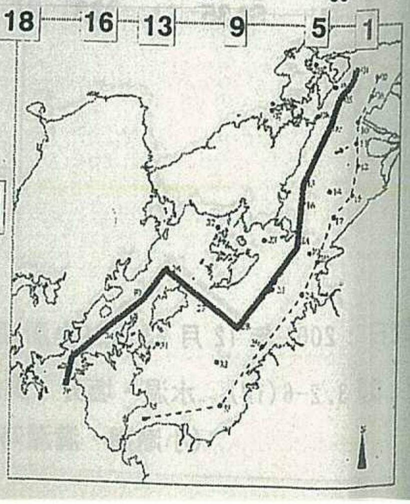
図3.2-6(13)　水温・塩分・濁度・クロロフィルａ断面分布図
（小潮期・満潮時・冬季調査）



［調査日：2001年12月23日（小潮期）］

図3.2-6(14)　水温・塩分・濁度・クロロフィルａ断面分布図
（小潮期・満潮時・冬季調査）

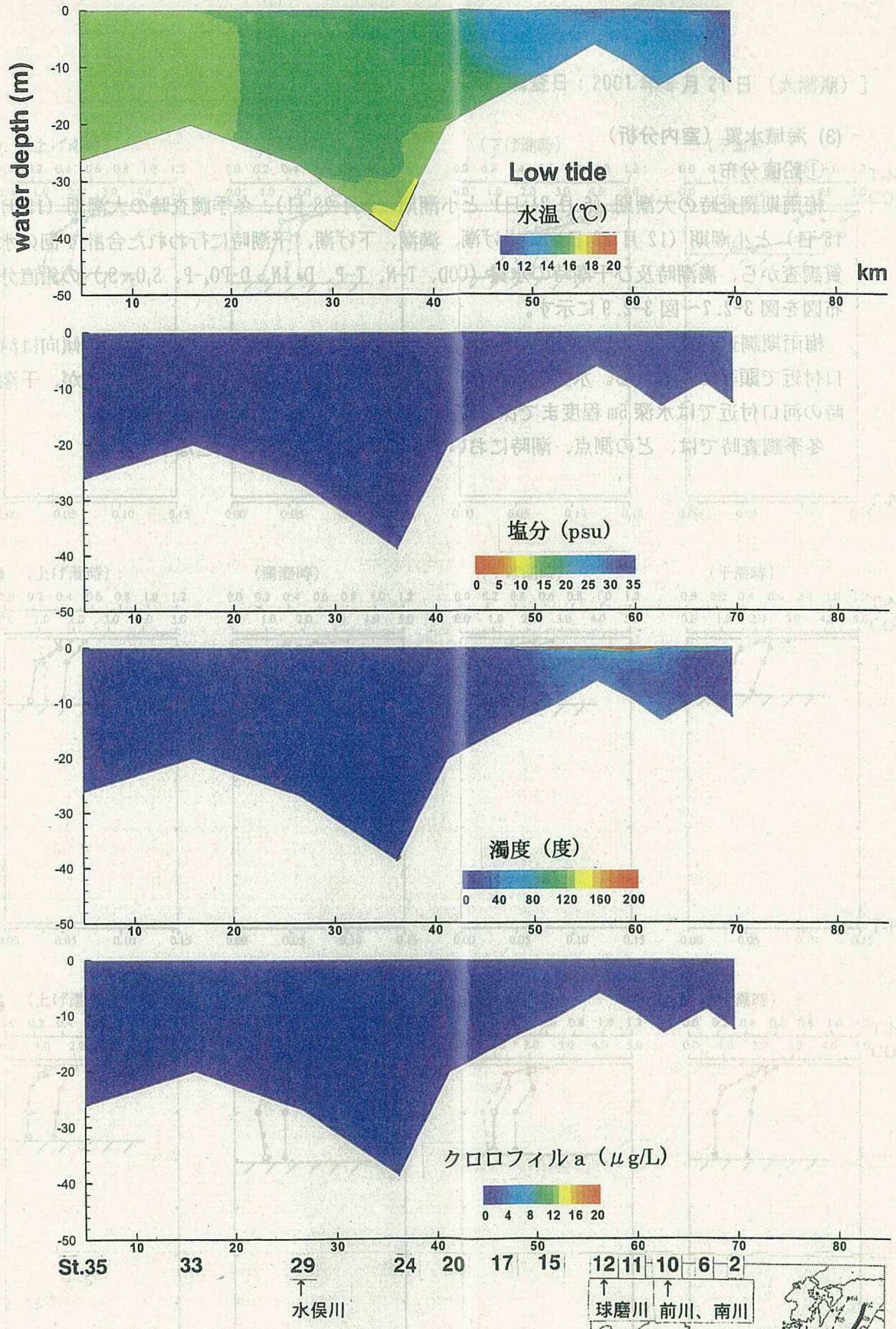


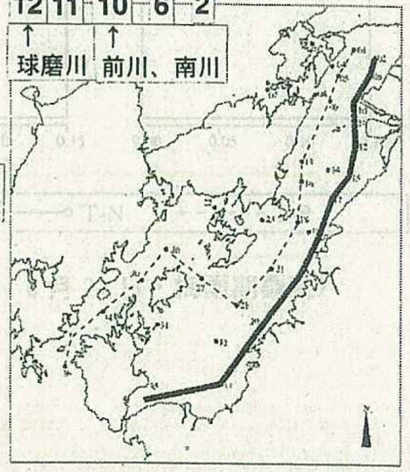


［調査日：2001 年 12 月 23 日（小潮期）］

図 3.2-6(15)　水温・塩分・濁度・クロロフィル a 断面分布図

（小潮期・干潮時・冬季調査）





［調査日：2001 年 12 月 23 日（小潮期）］

図 3.2-6(16)　水温・塩分・濁度・クロロフィル a 断面分布図

（小潮期・干潮時・冬季調査）

(3) 海域水質（室内分析）

①鉛直分布

梅雨期調査時の大潮期（6月21日）と小潮期（6月28日）、冬季調査時の大潮期（12月15日）と小潮期（12月23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、D·IN、D·PO_4-P、S_iO_2-S_i）の鉛直分布図を図3-2.7～図3-2.9に示す。

梅雨期調査時では、水質の鉛直勾配が大きく、上層で高濃度となっている。その傾向は河口付近で顕著にみられる。水質の鉛直勾配が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程度まで深くなっている。

冬季調査時では、どの測点、潮時においても、鉛直的にほぼ一様となっている。

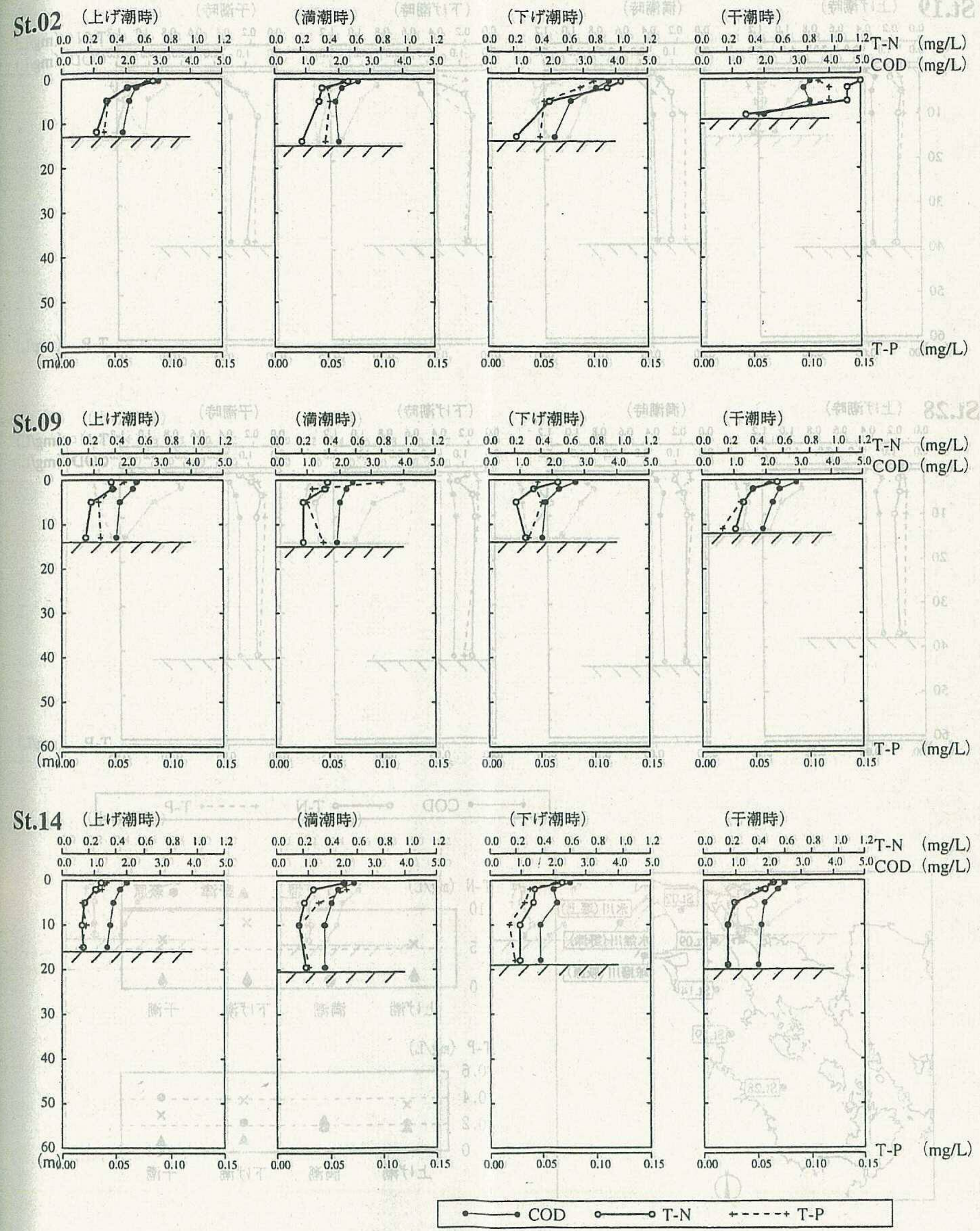


図3.2-7(1)　COD、T-N、T-Pの鉛直分布図（大潮期：6月21日・梅雨期調査）

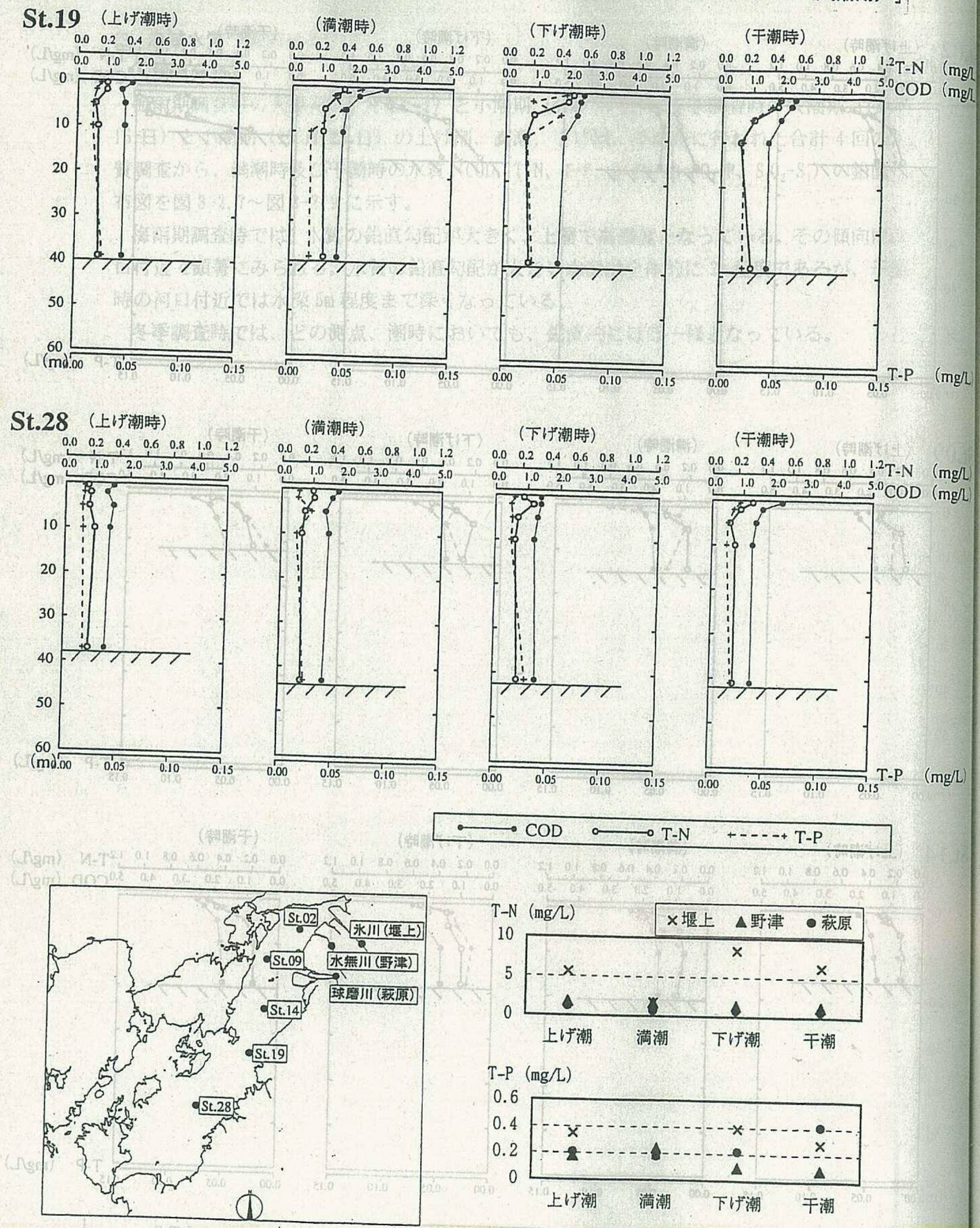


図 3.2-7(2) COD、T-N、T-P の鉛直分布図（大潮期：6 月 21 日・梅雨期調査）

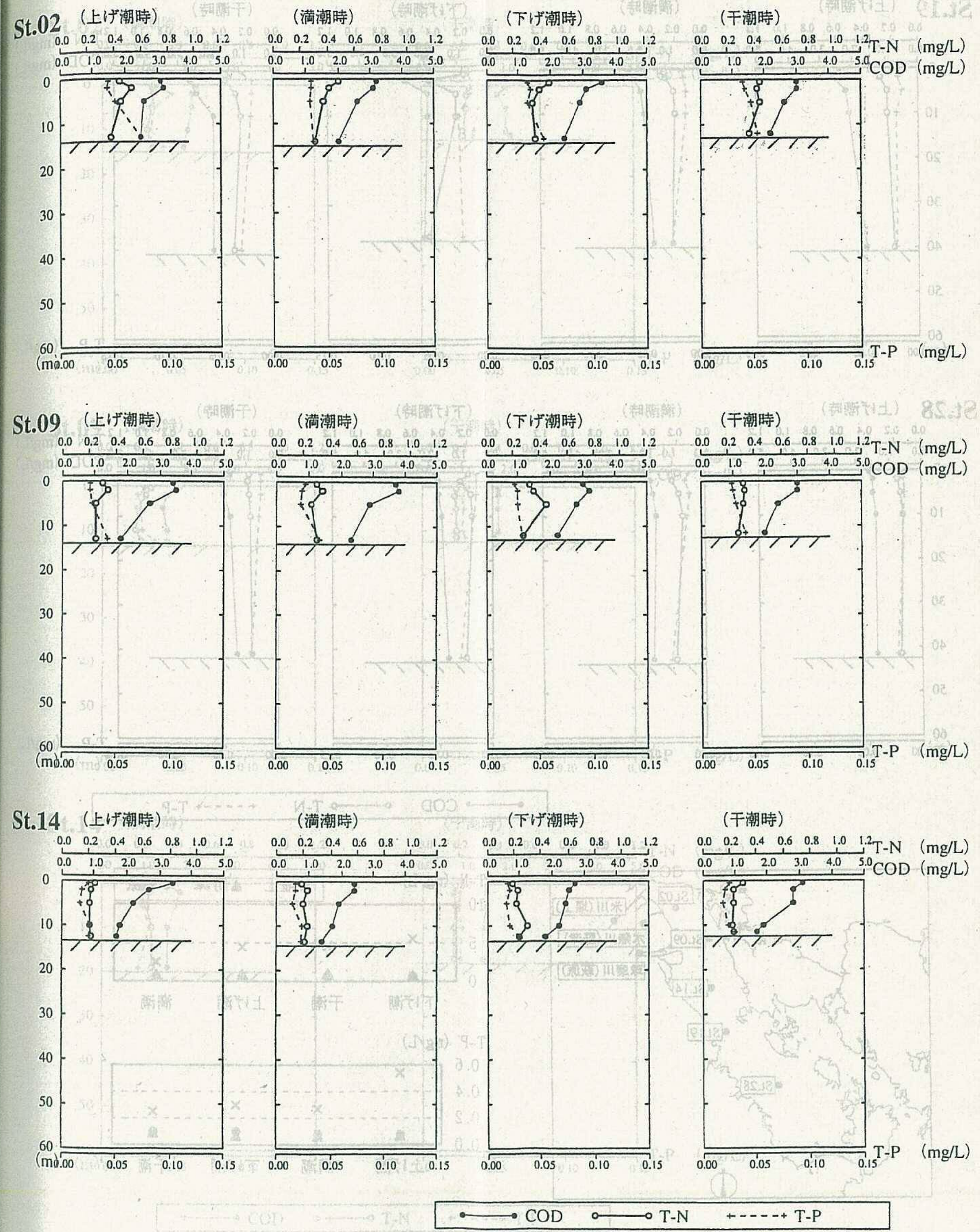


図 3.2-7(3) COD、T-N、T-P の鉛直分布図（小潮期：6 月 28 日・梅雨期調査）

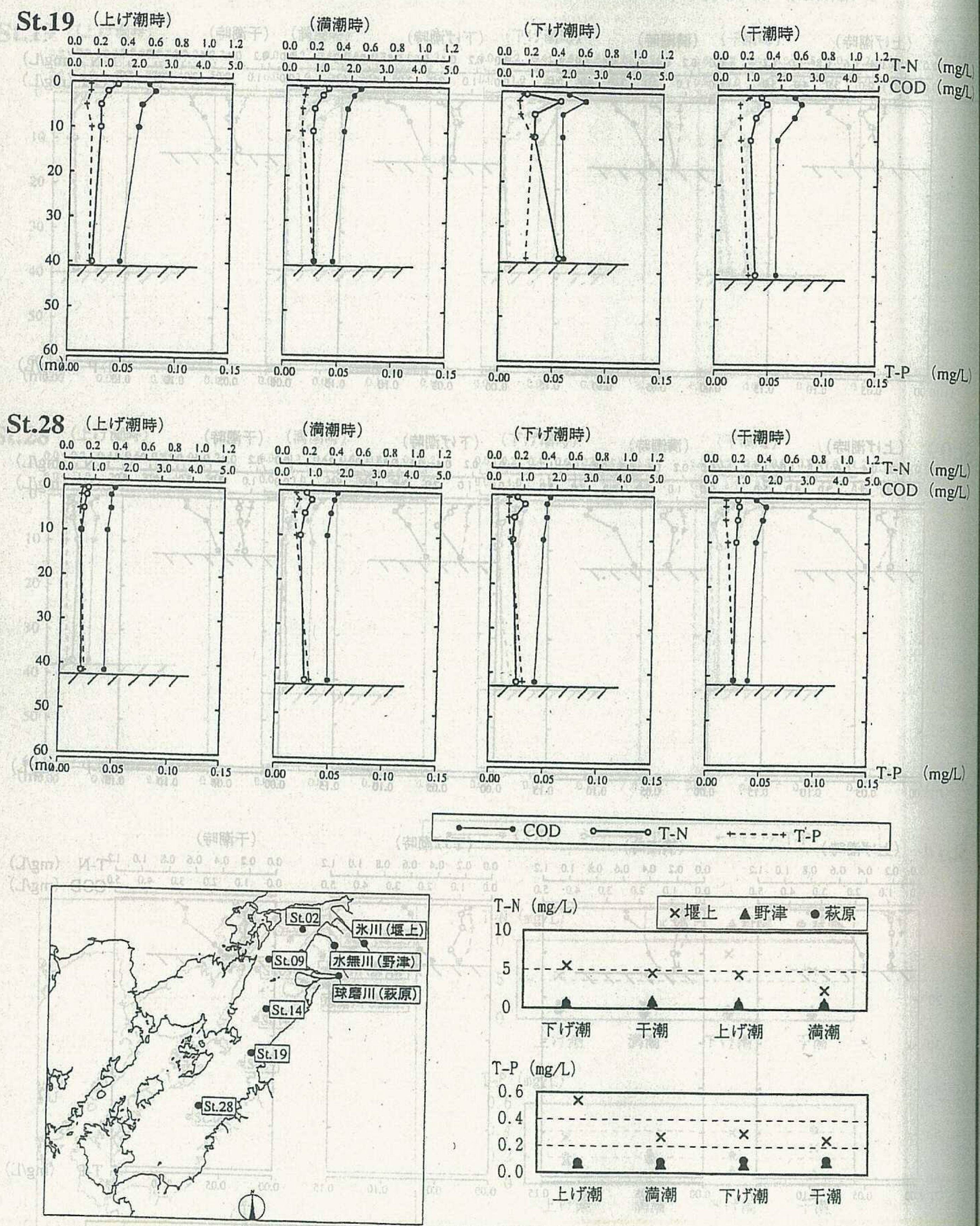


図 3.2-7(4)　COD、T-N、T-P の鉛直分布図（小潮期：6 月 28 日・梅雨期調査）

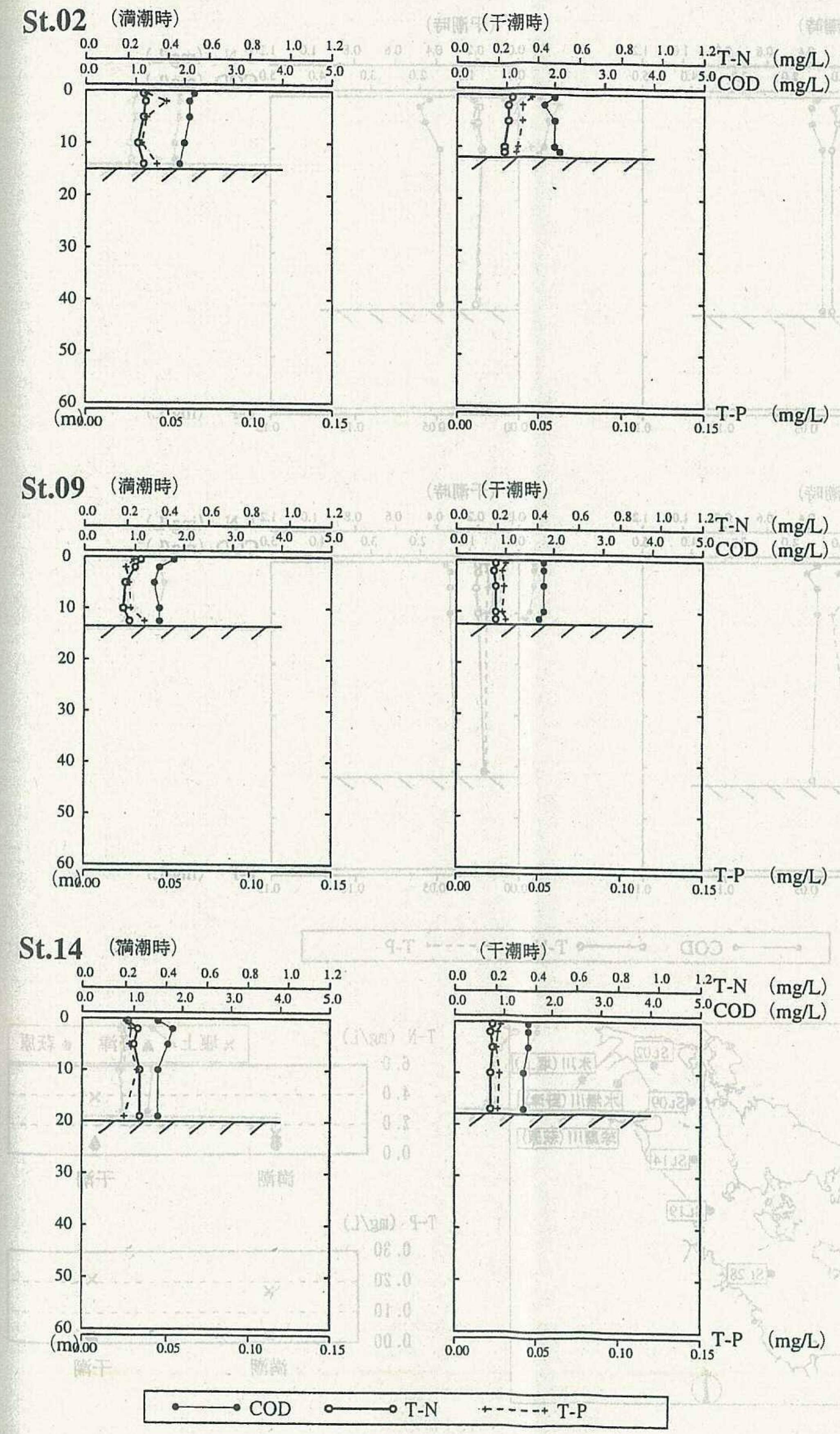


図 3.2-7(5)　COD、T-N、T-P の鉛直分布図（大潮期：12 月 15 日・冬季調査）

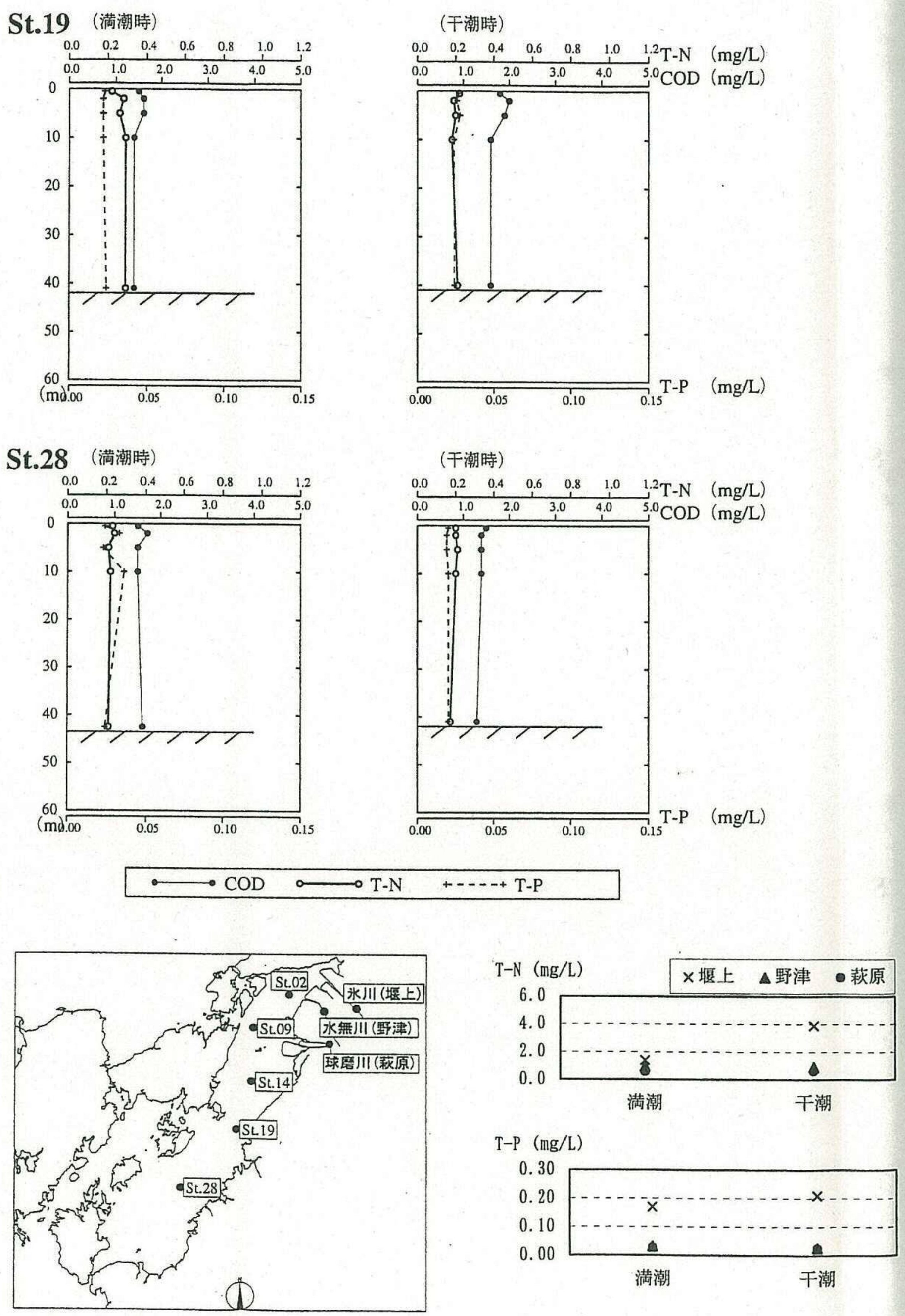


図 3.2-7(6)　COD、T-N、T-P の鉛直分布図（大潮期：12 月 15 日・冬季調査）

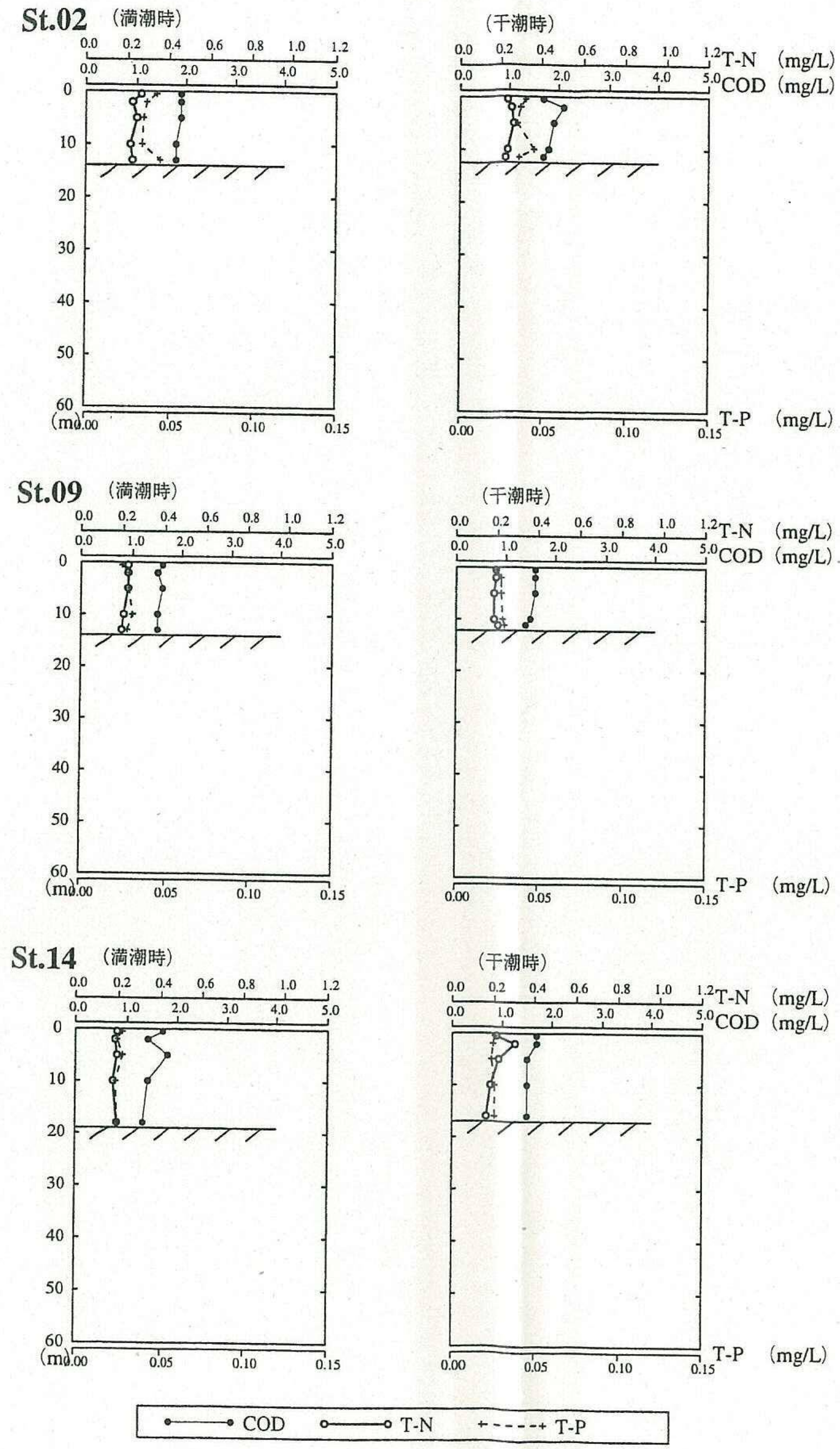


図 3.2-7(7)　COD、T-N、T-P の鉛直分布図（小潮期：12 月 23 日・冬季調査）

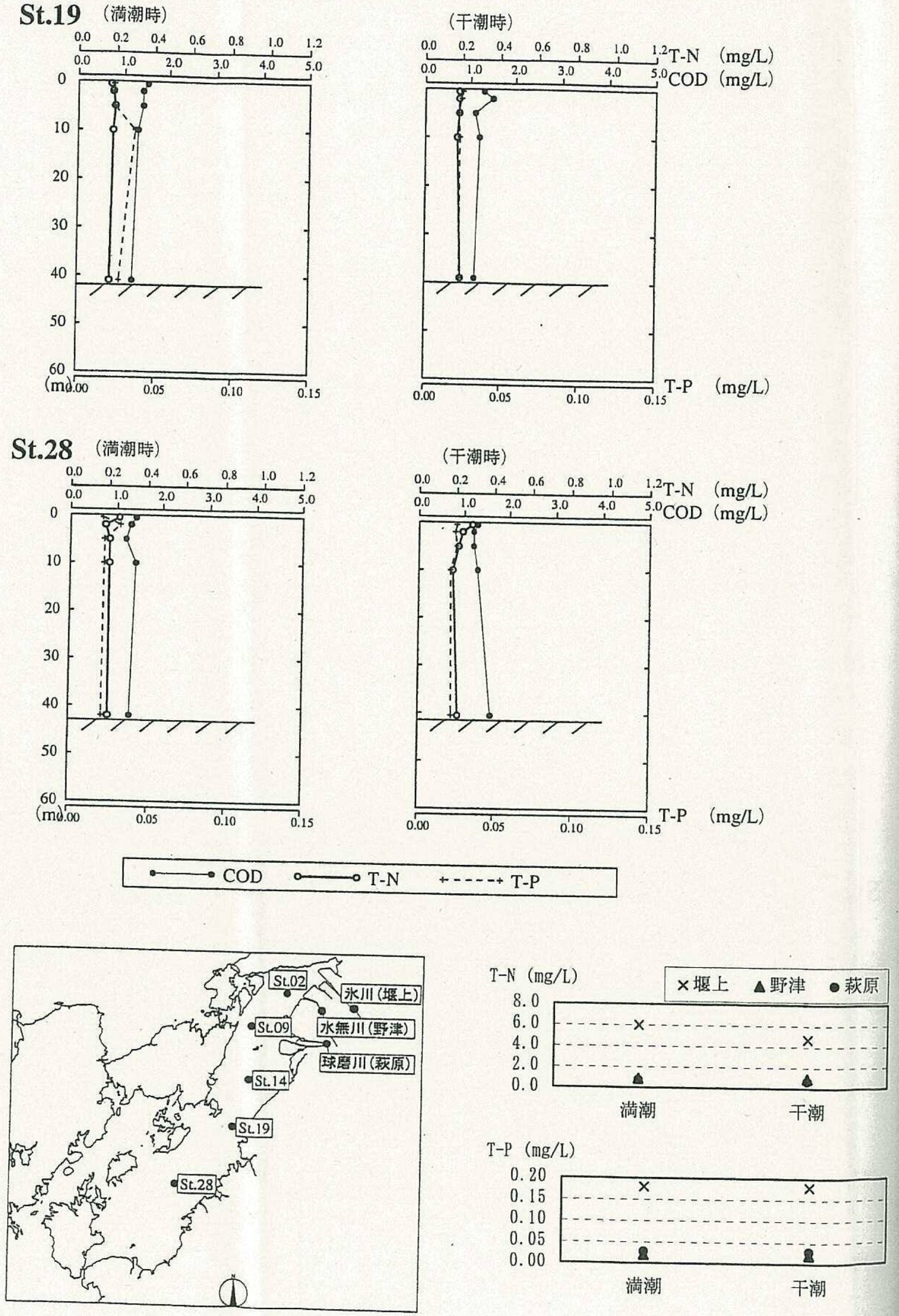


図 3.2-7(8)　COD、T-N、T-P の鉛直分布図（小潮期：12 月 23 日・冬季調査）

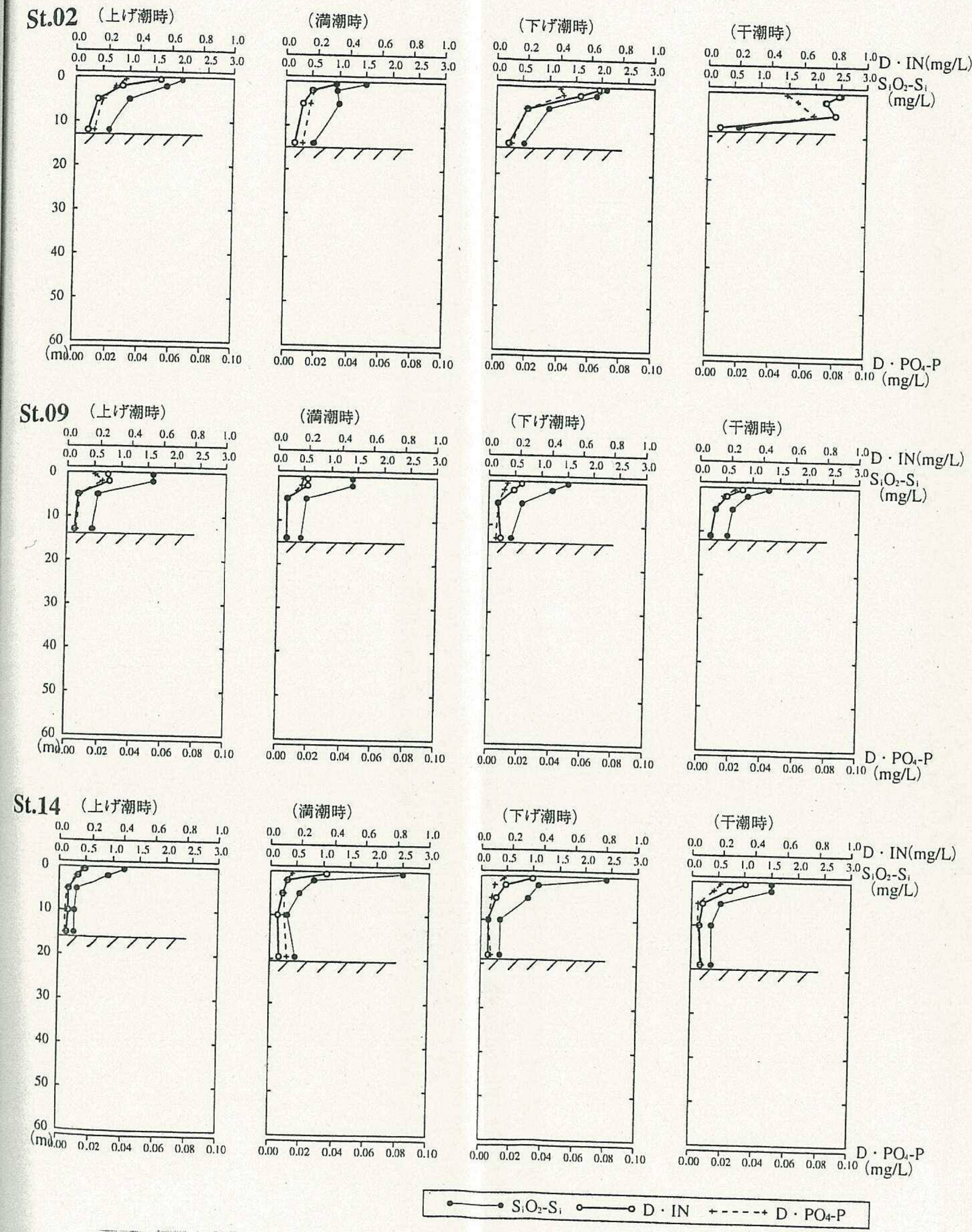


図 3.2-8(1)　SiO_2-Si、D・IN、D・PO_4-P の鉛直分布図（大潮期：6 月 21 日・梅雨期調査）

［調査日：2001 年 6 月 21 日（大潮期）］

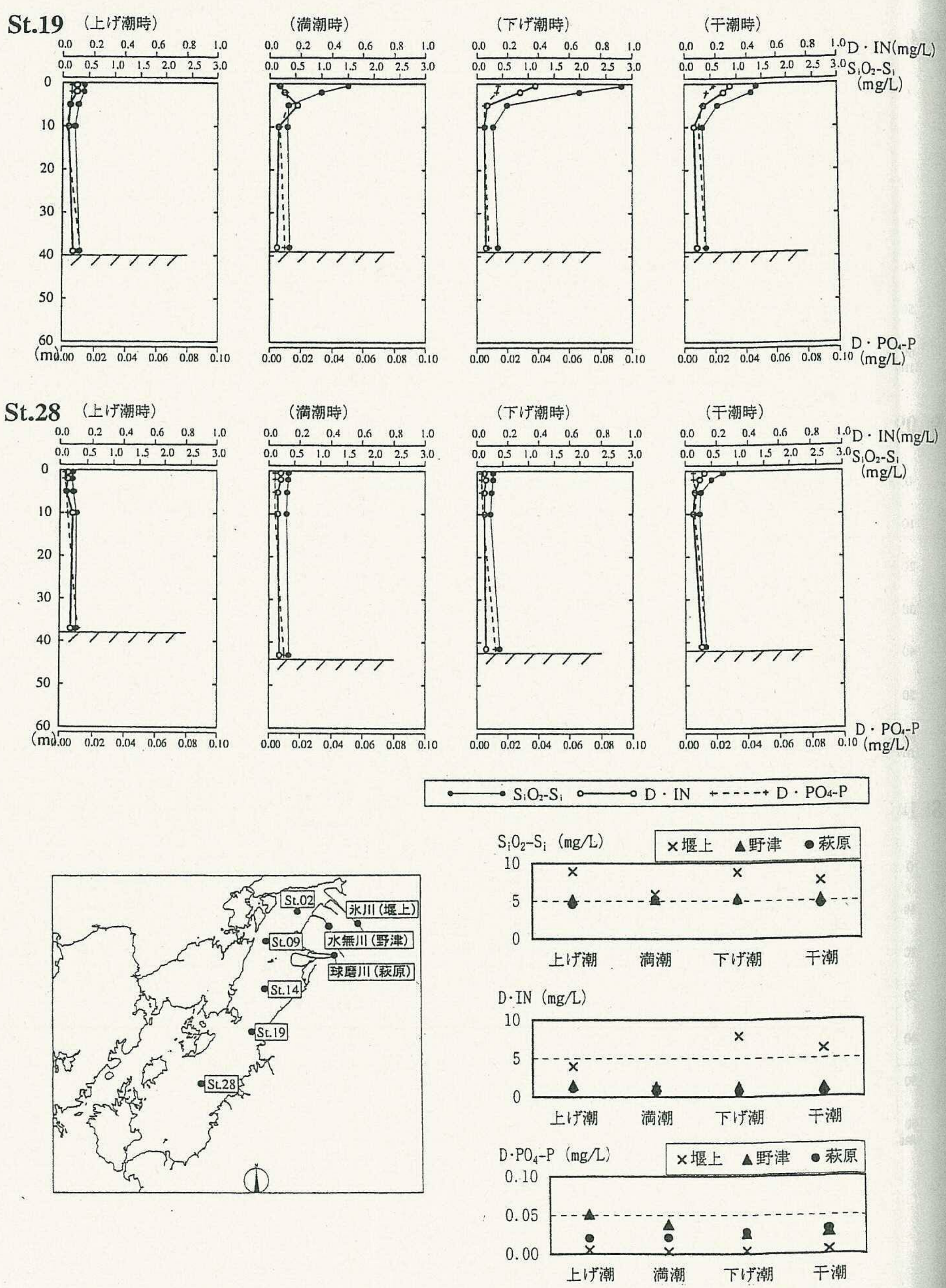


図 3.2-8(2)　SiO_2-Si、D・IN、D・PO_4-P の鉛直分布図（大潮期：6 月 21 日・梅雨期調査）

［調査日：2001 年 6 月 28 日（小潮期）］

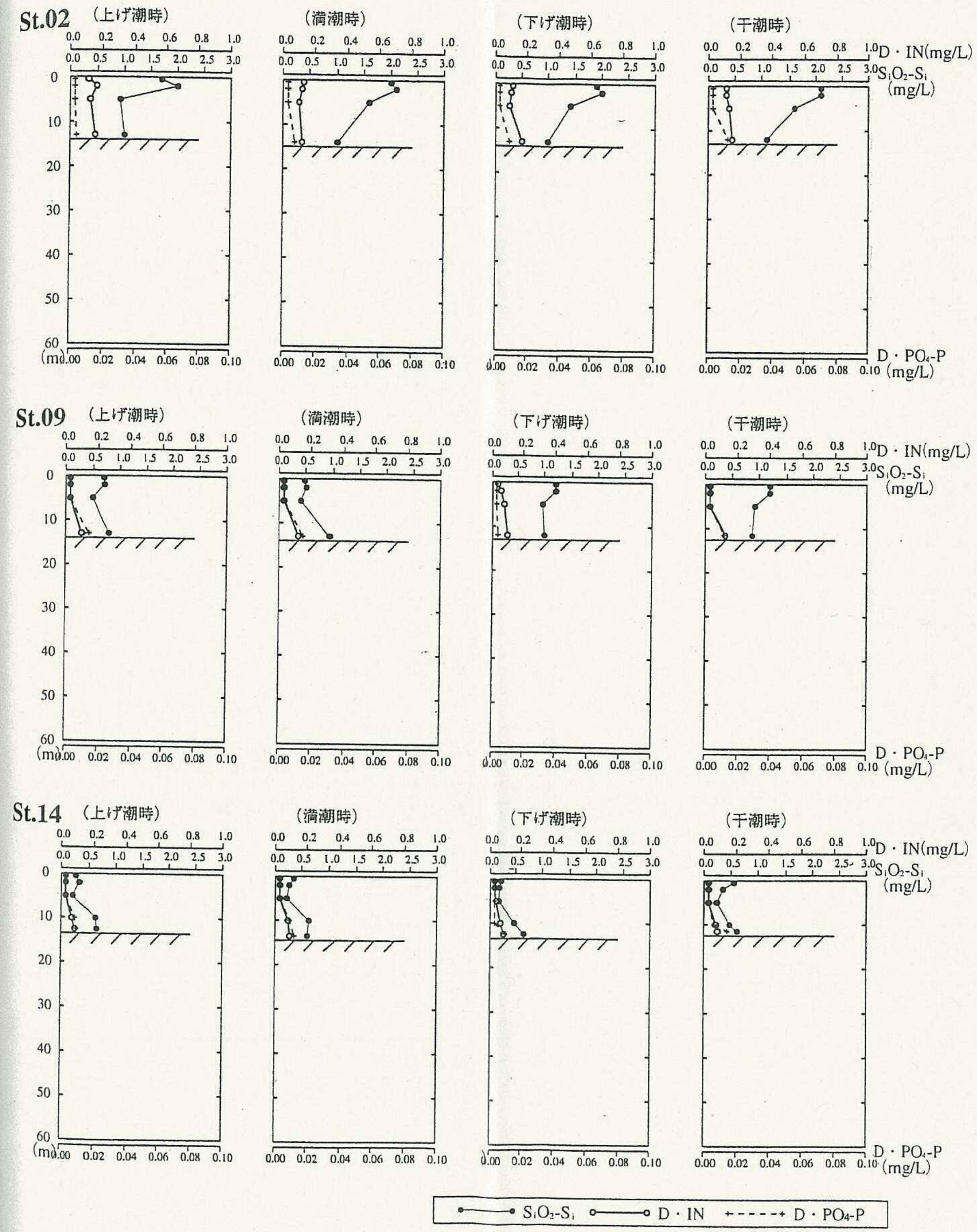


図 3.2-8(3)　SiO_2-Si、D・IN、D・PO_4-P の鉛直分布図（小潮期：6 月 28 日・梅雨期調査）

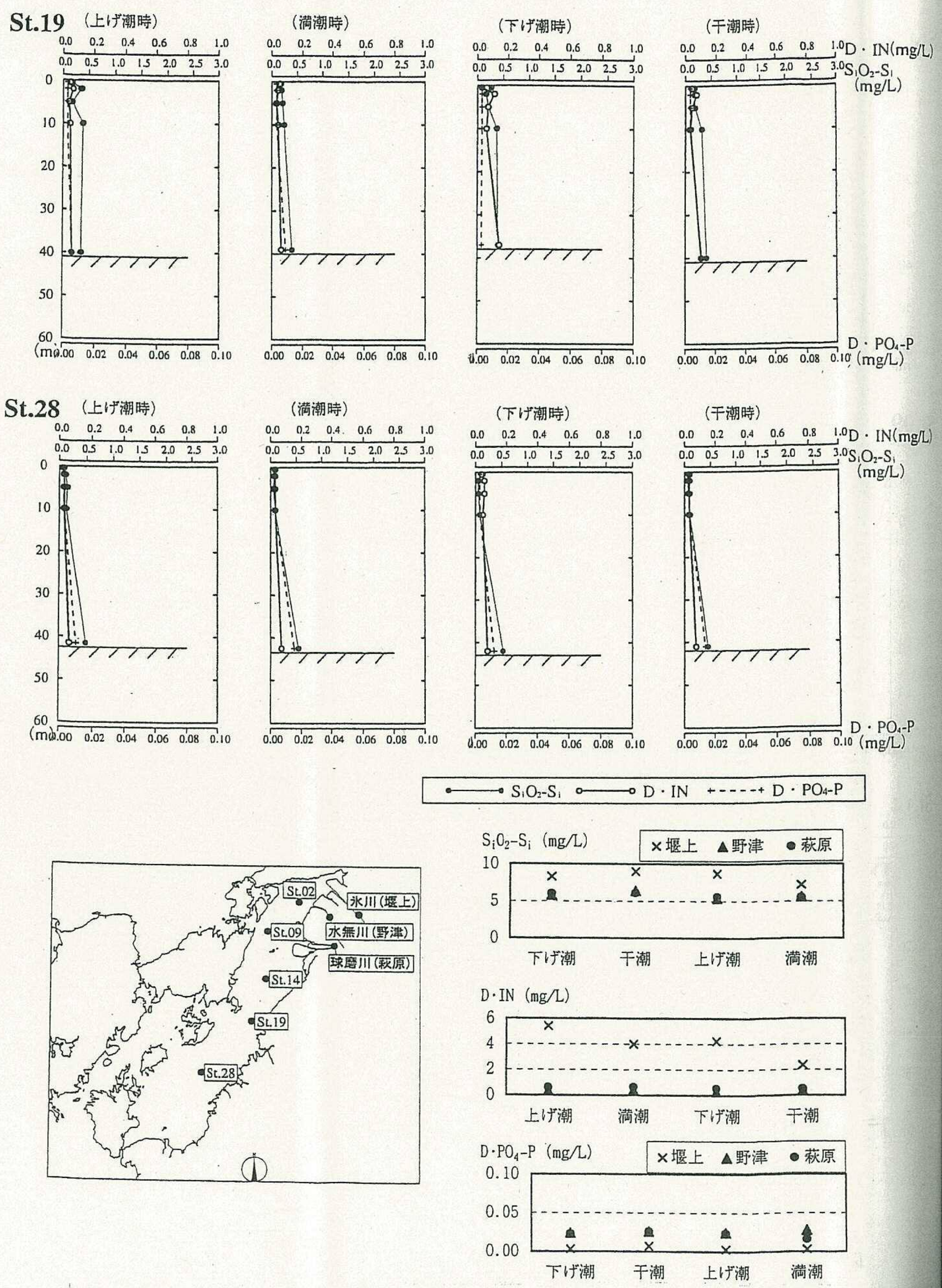


図 3.2-8(4) SiO_2-Si、D・IN、D・PO_4-P の鉛直分布図（小潮期：6月28日・梅雨期調査）

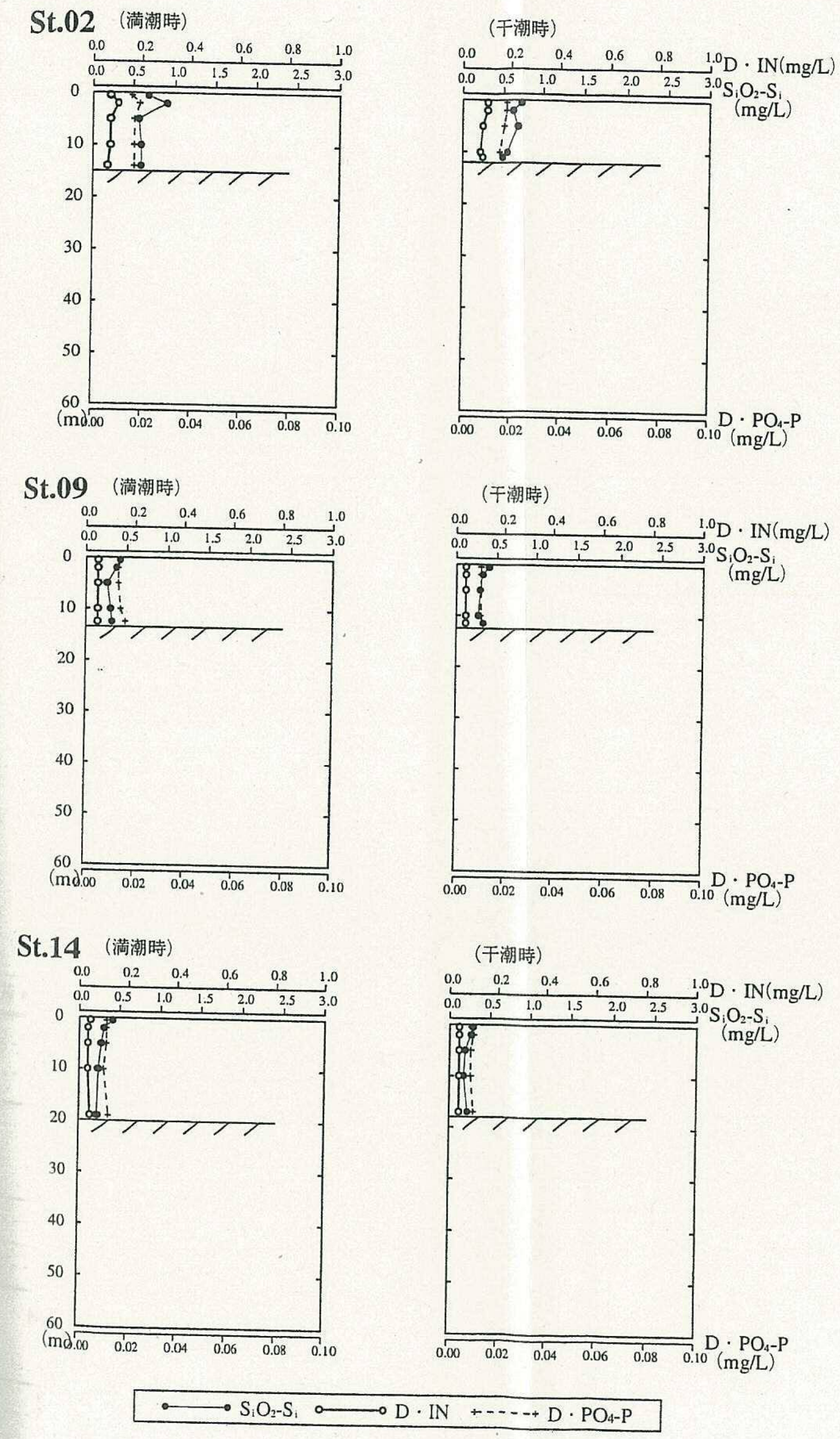
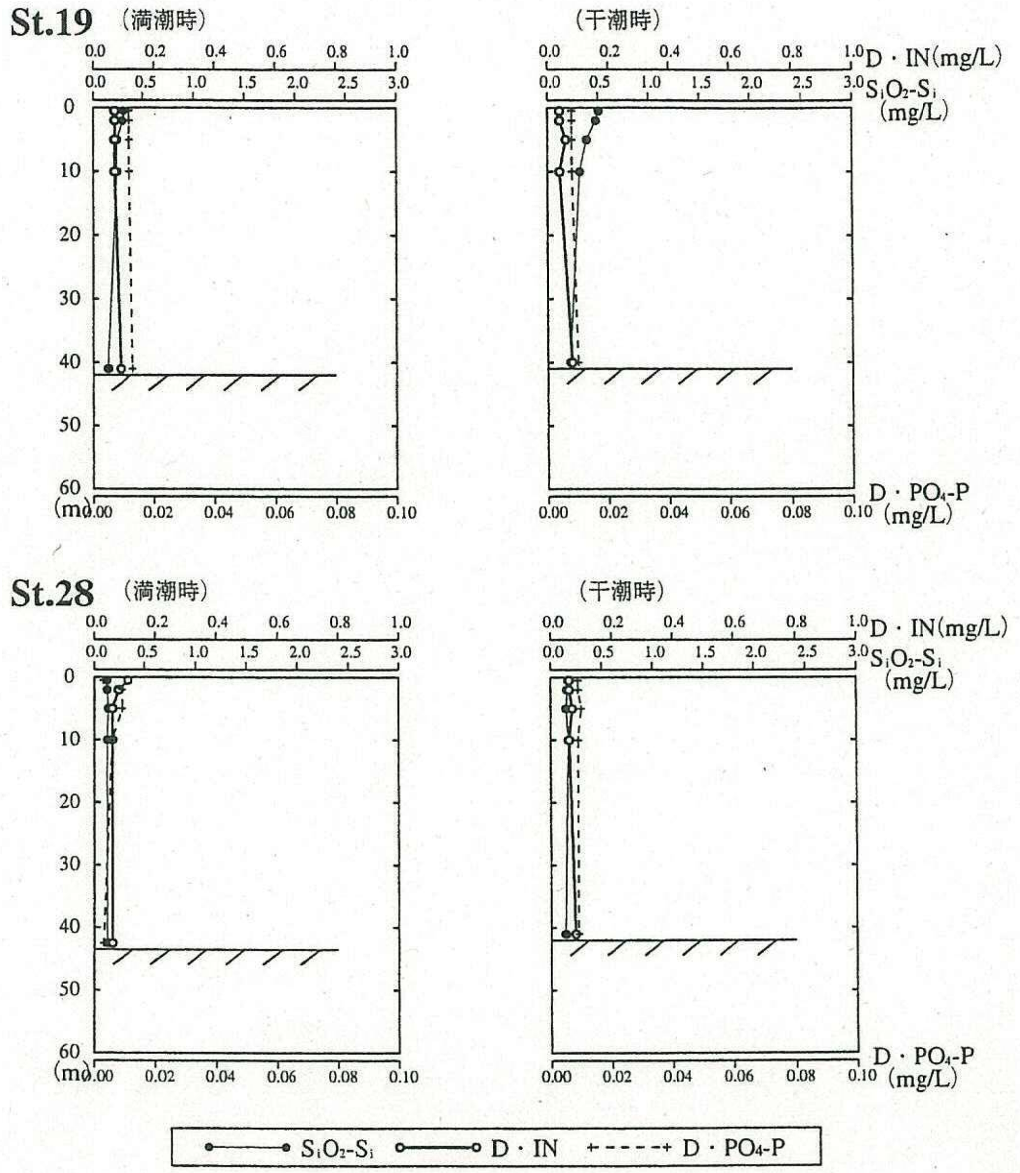
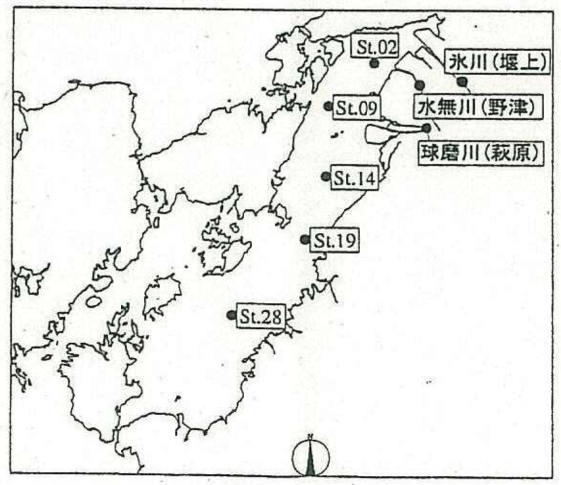


図 3.2-9(1) SiO_2-Si、D・IN、D・PO_4-P の鉛直分布図（大潮期：12月15日・冬季調査）





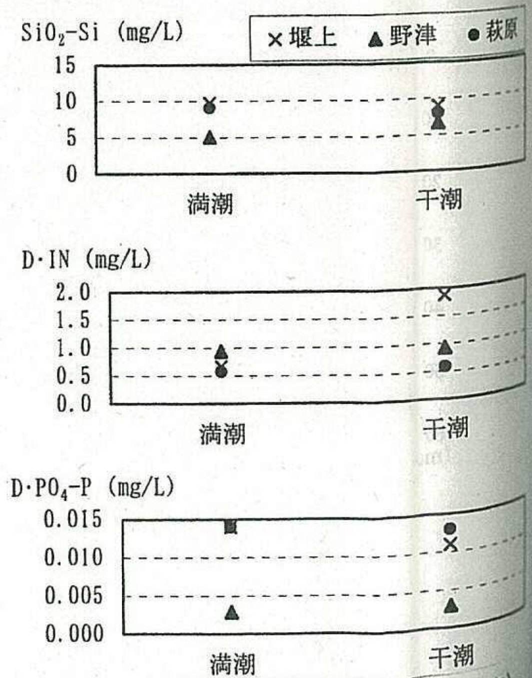


図 3.2-9(2) SiO_2-Si、D・IN、D・PO_4-P の鉛直分布図（大潮期：12 月 15 日・冬季調査）

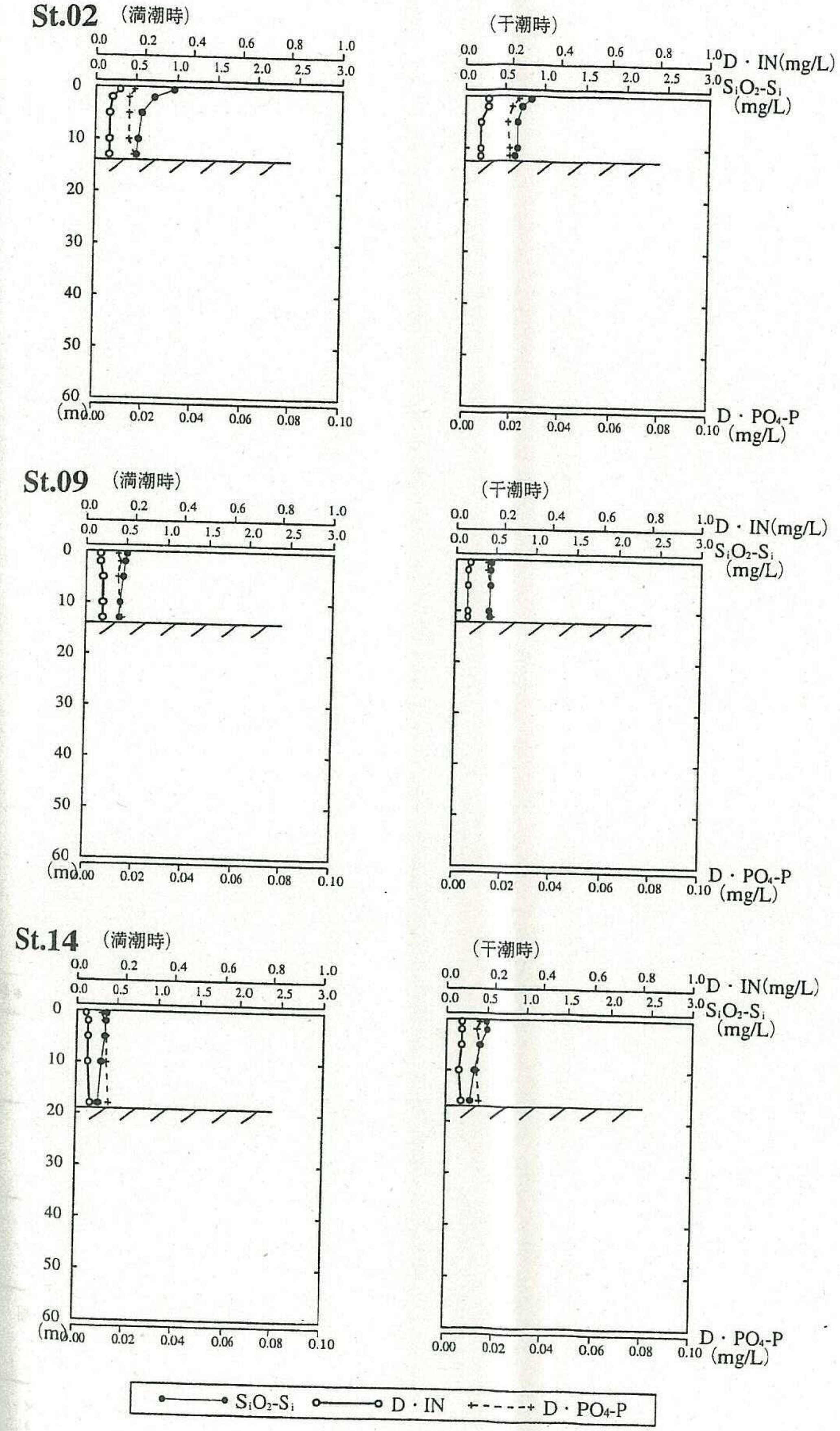


図 3.2-9(3) SiO_2-Si、D・IN、D・PO_4-P の鉛直分布図（小潮期：12 月 23 日・冬季調査）

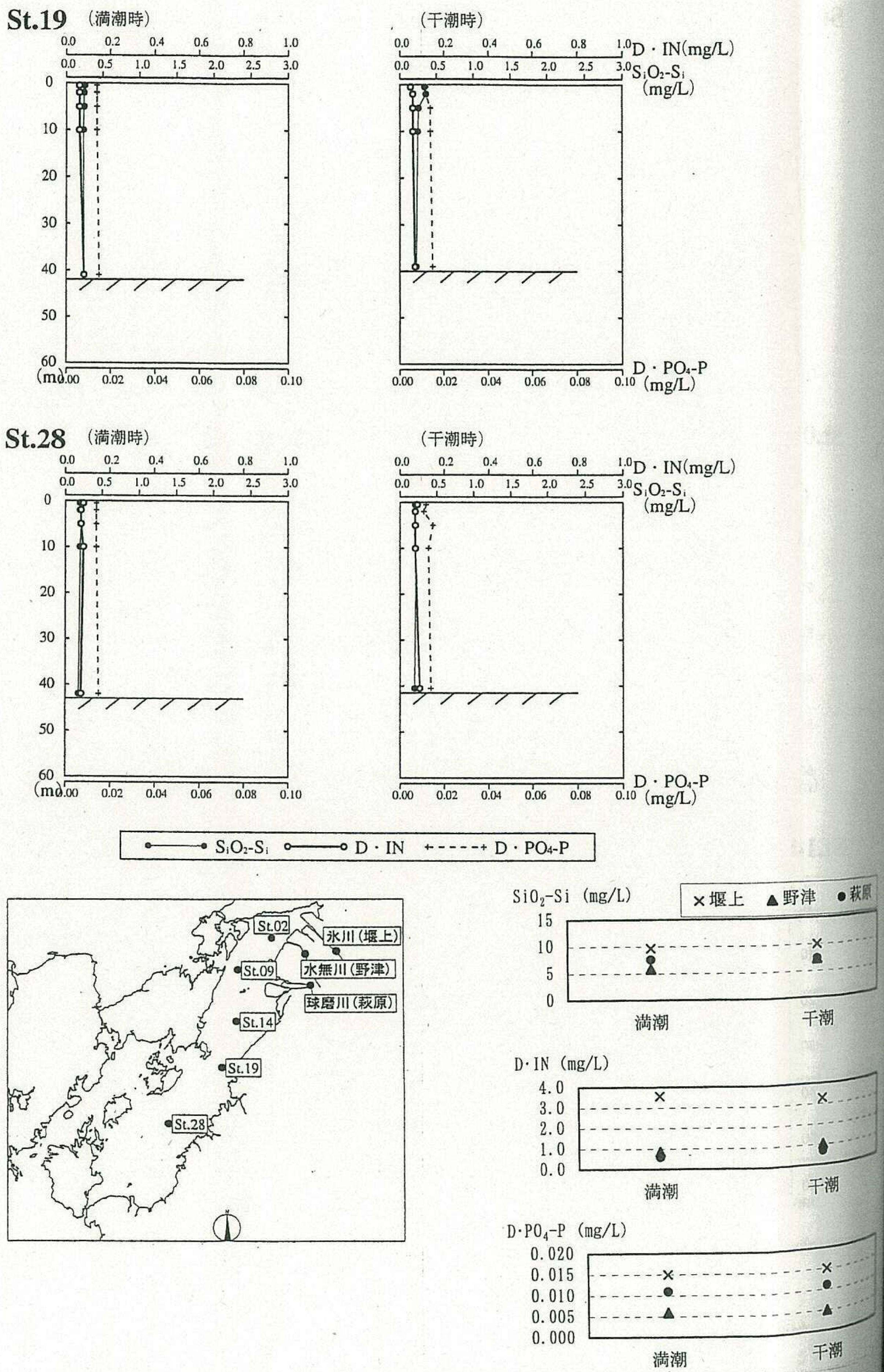


図 3.2-9(4)　SiO_2-Si、D・IN、D・PO_4-P の鉛直分布図（小潮期：12 月 23 日・冬季調査）

② 水平分布

梅雨期調査時の大潮期（6 月 21 日）と小潮期（6 月 28 日）、冬季調査時の大潮期（12 月 15 日）と小潮期（12 月 23 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（T-N、T-P）の水平分布図を図 3-2.10～図 3-2.11 に示す。

梅雨期調査時の T-N、T-P 濃度は、球磨川河口付近および湾奥部で濃度が高く、南側湾口部で濃度が低くなっている。

冬季調査時では、T-N、T-P とも梅雨期調査時にくらべ濃度が低く、湾奥部で濃度が高くなる傾向が見られるものの、水平的な濃度勾配は小さい。

[調査日：2001年6月21日（大潮期）]

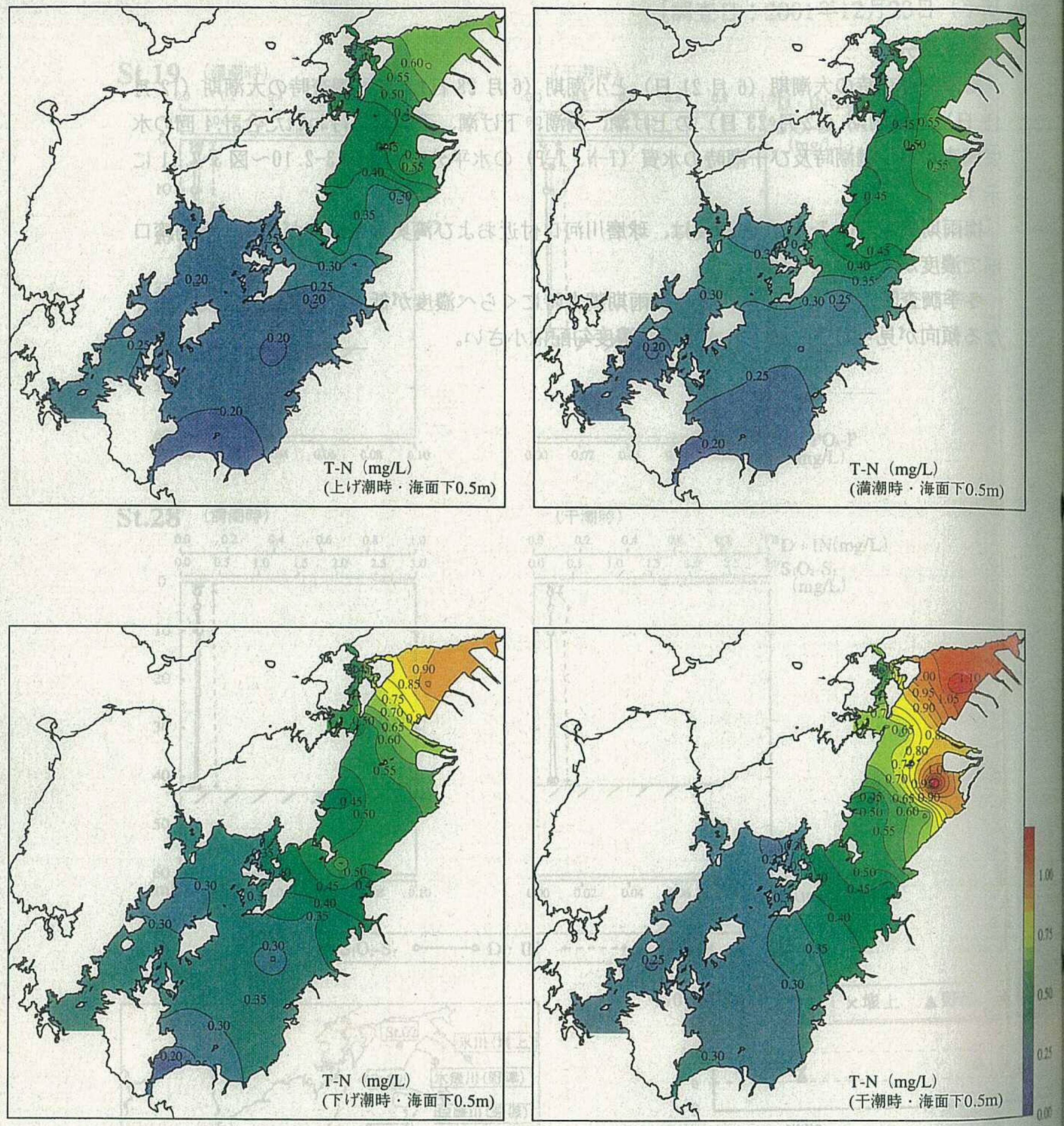


図 3.2-10(1)　T-N の水平分布図（大潮期：6 月 21 日・梅雨期調査）

[調査日：2001年6月28日（小潮期）]

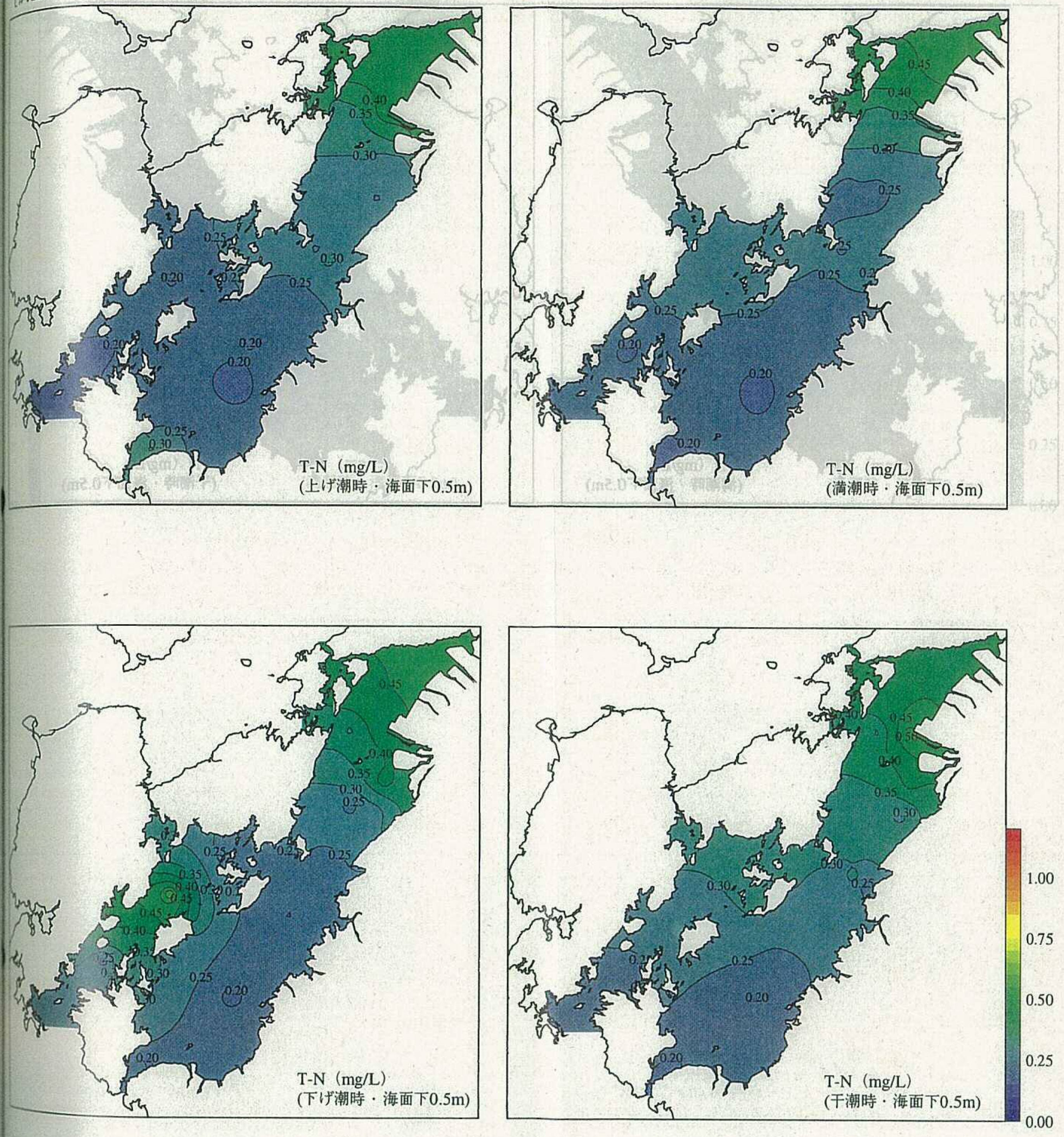


図 3.2-10(2)　T-N の水平分布図（小潮期：6 月 28 日・梅雨期調査）

[調査日：2001年12月15日（大潮期）]

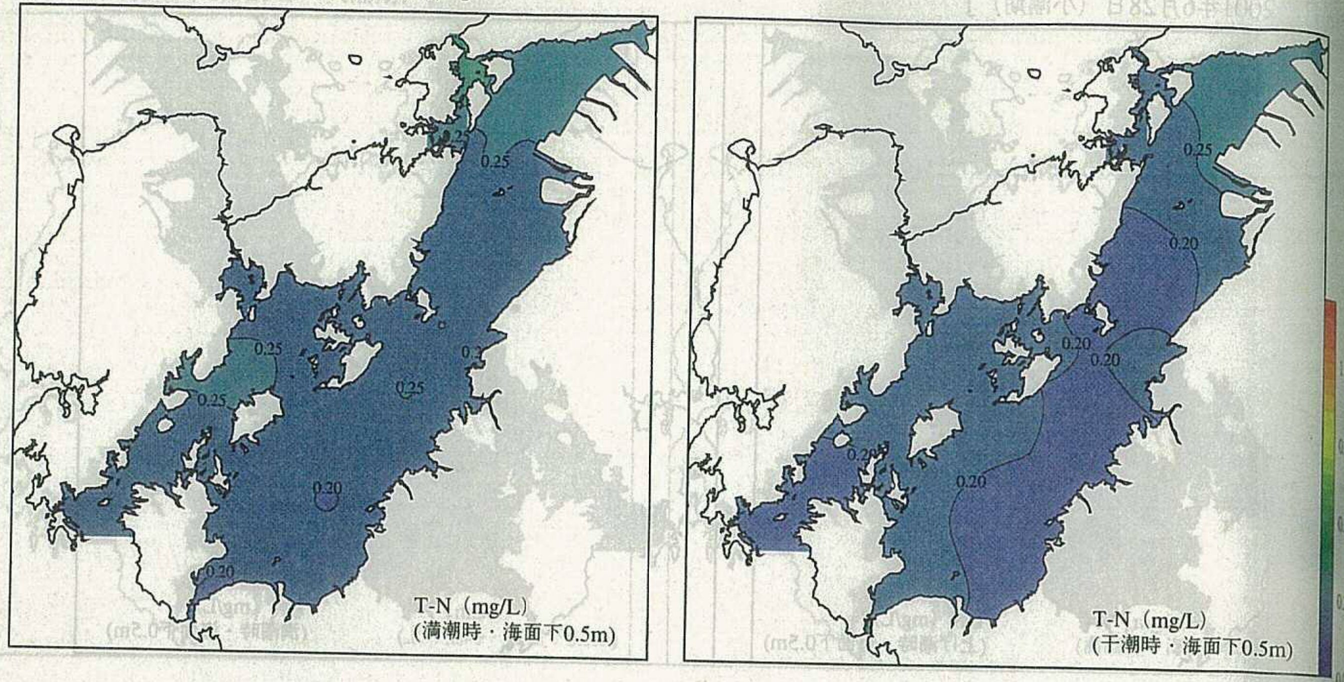


図 3.2-10(3)　T-N の水平分布図（大潮期：12 月 15 日・冬季調査）

[調査日：2001年12月23日（小潮期）]

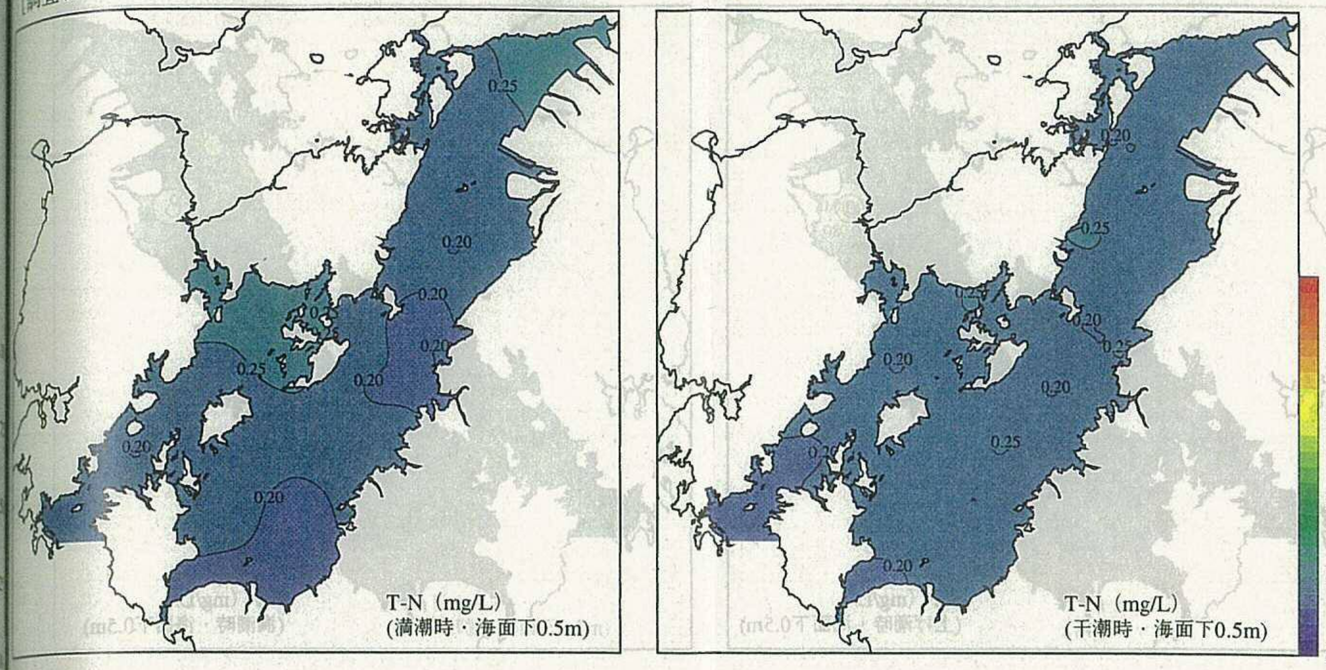


図 3.2-10(4)　T-N の水平分布図（小潮期：12 月 23 日・冬季調査）

［調査日：2001年6月21日（大潮期）］

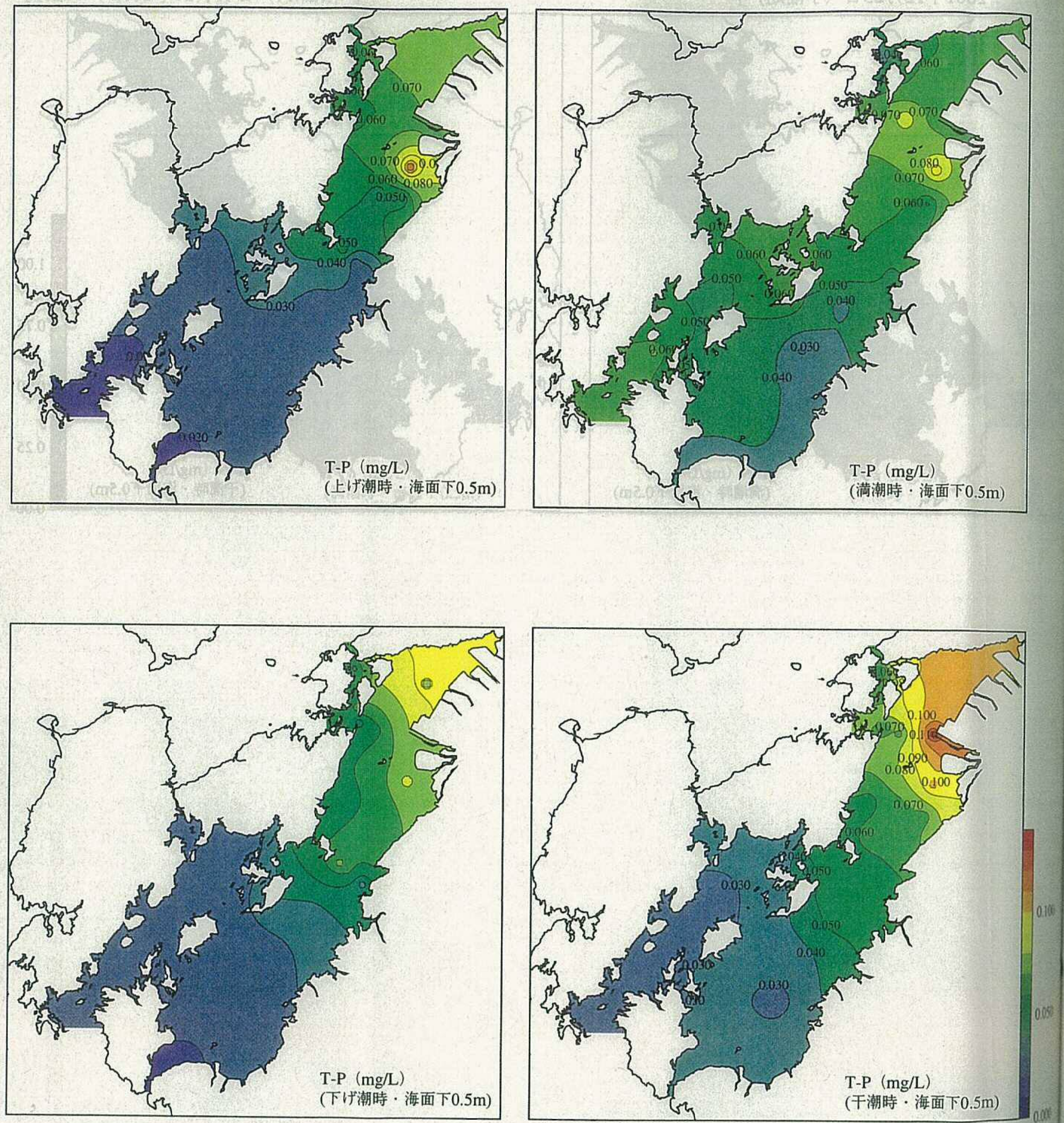


図 3.2-11(1)　T-P の水平分布図（大潮期：6 月 21 日・梅雨期調査）

［調査日：2001年6月28日（小潮期）］

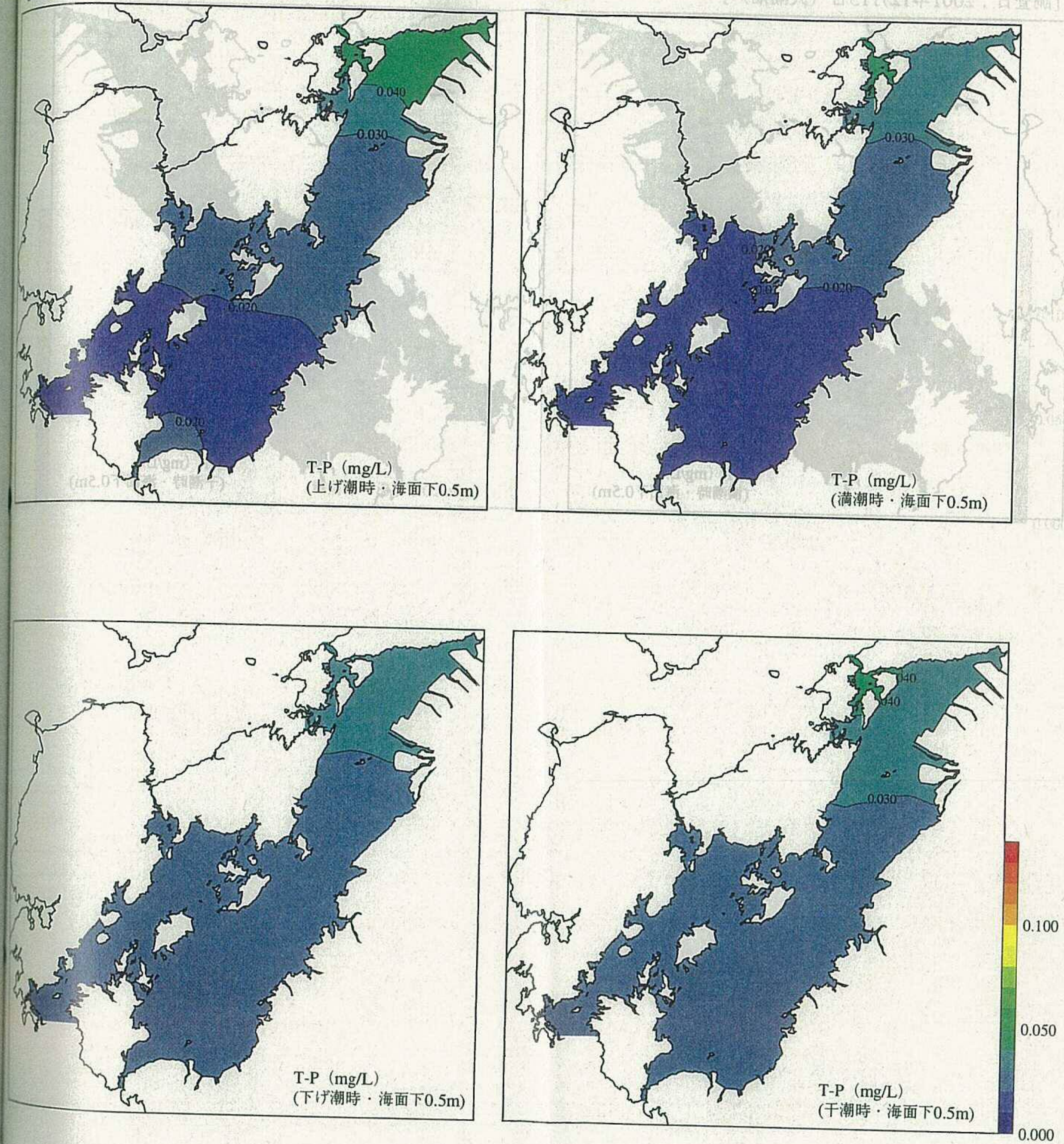


図 3.2-11(2)　T-P の水平分布図（小潮期：6 月 28 日・梅雨期調査）

[調査日：2001年12月15日（大潮期）]

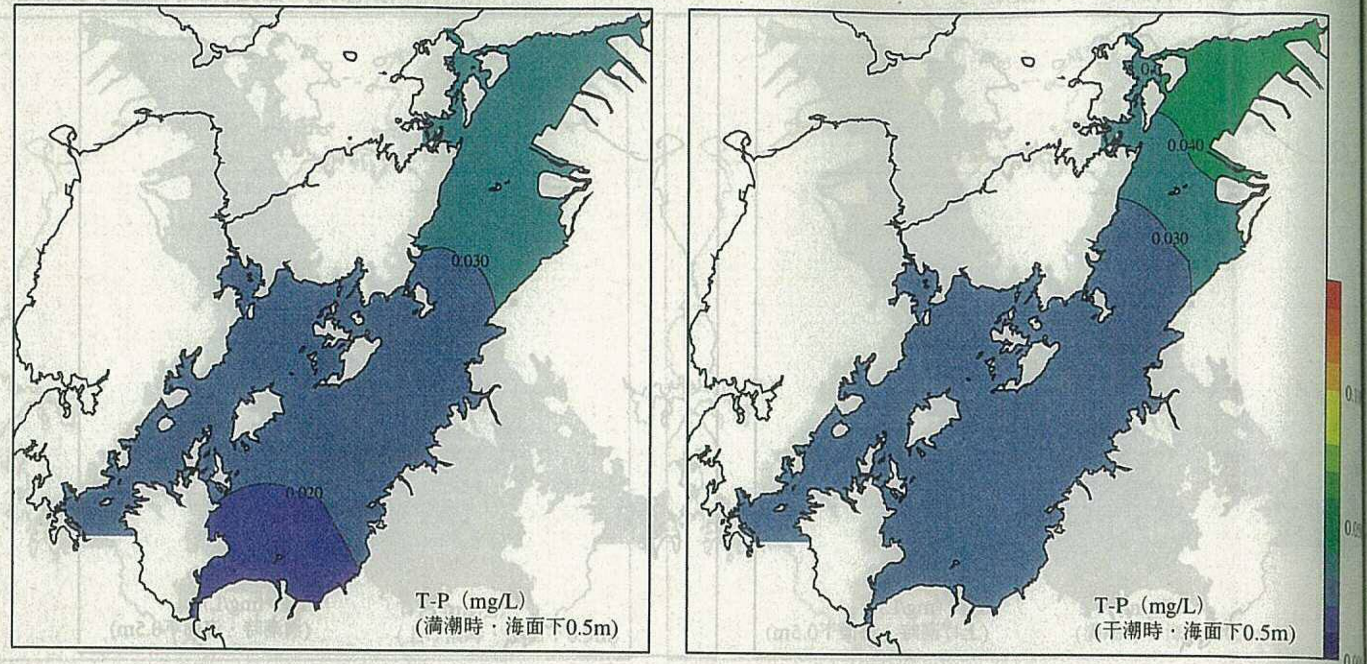


図 3.2-11(3)　T-P の水平分布図（大潮期：12 月 15 日・冬季調査）

[調査日：2001年12月23日（小潮期）]

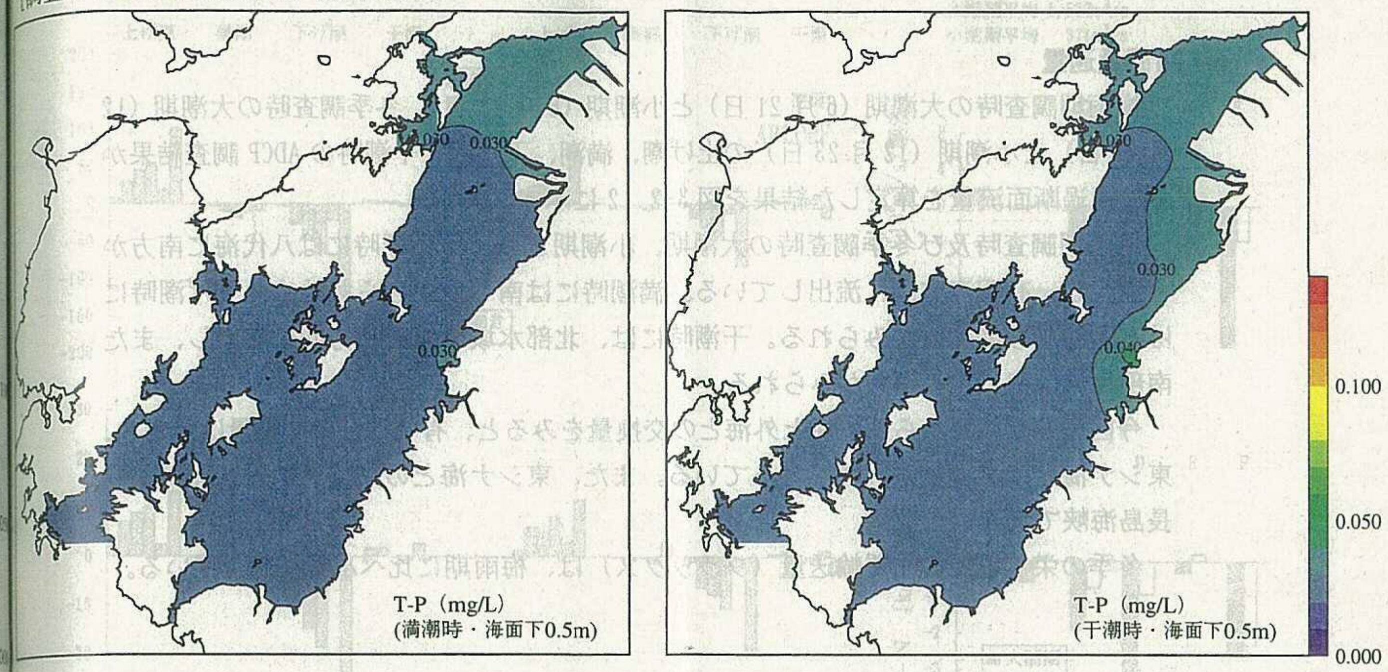


図 3.2-11(4)　T-P の水平分布図（小潮期：12 月 23 日・冬季調査）

(4) 断面通過量

梅雨期調査時の大潮期（6 月 21 日）と小潮期（6 月 28 日）、冬季調査時の大潮期（12 月 15 日）と小潮期（12 月 23 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 3-2.12 に示す。

梅雨期調査時及び冬季調査時の大潮期、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。

今回の調査結果から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。

冬季の栄養塩等の物質輸送量（フラックス）は、梅雨期に比べ小さくなっている。

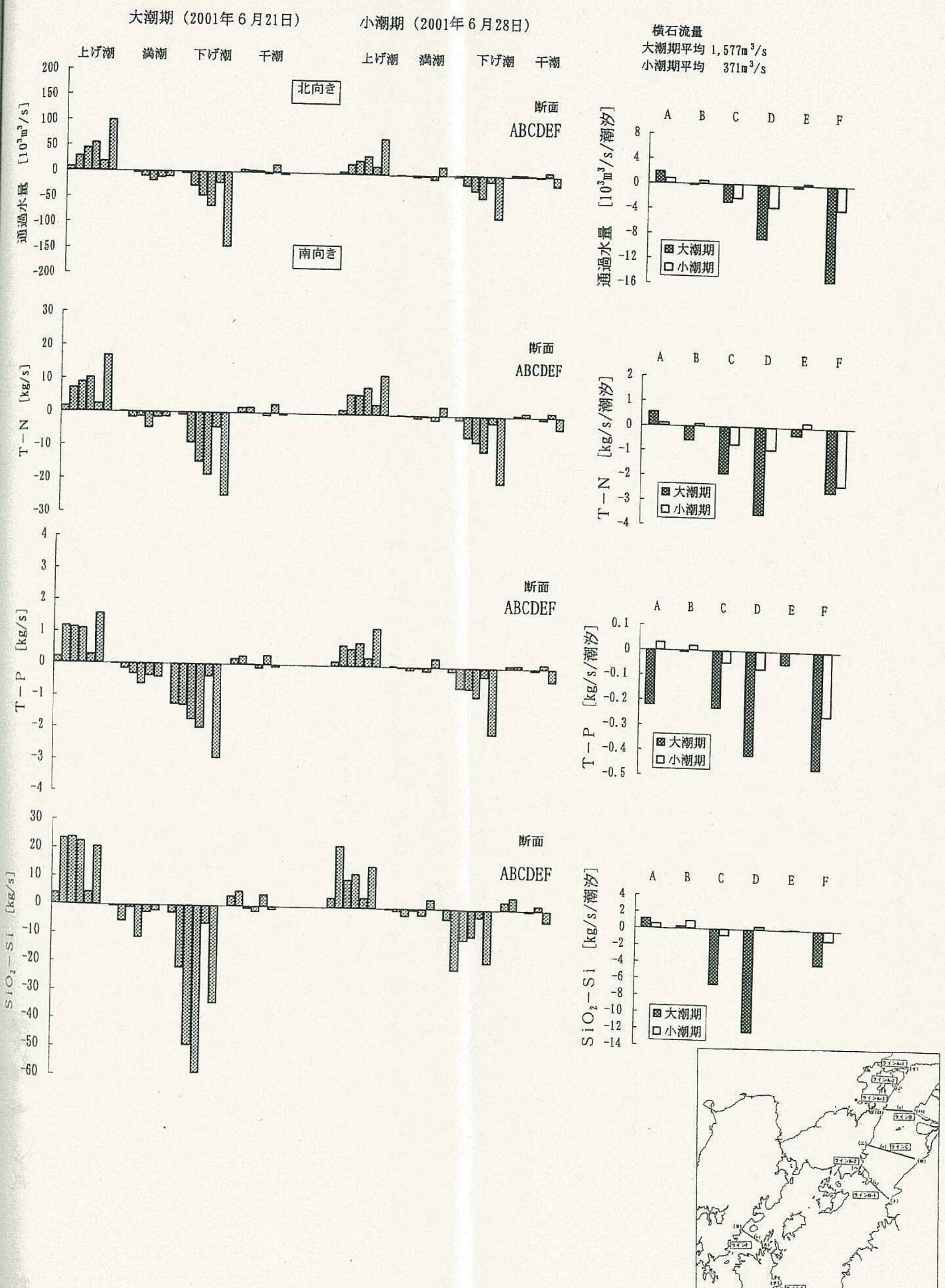


図3.2-12(1) 水収支と栄養塩フラックス（2001年6月21日・28日調査）
正値：北向き（有明海へ），負値：南向き（東シナ海へ）

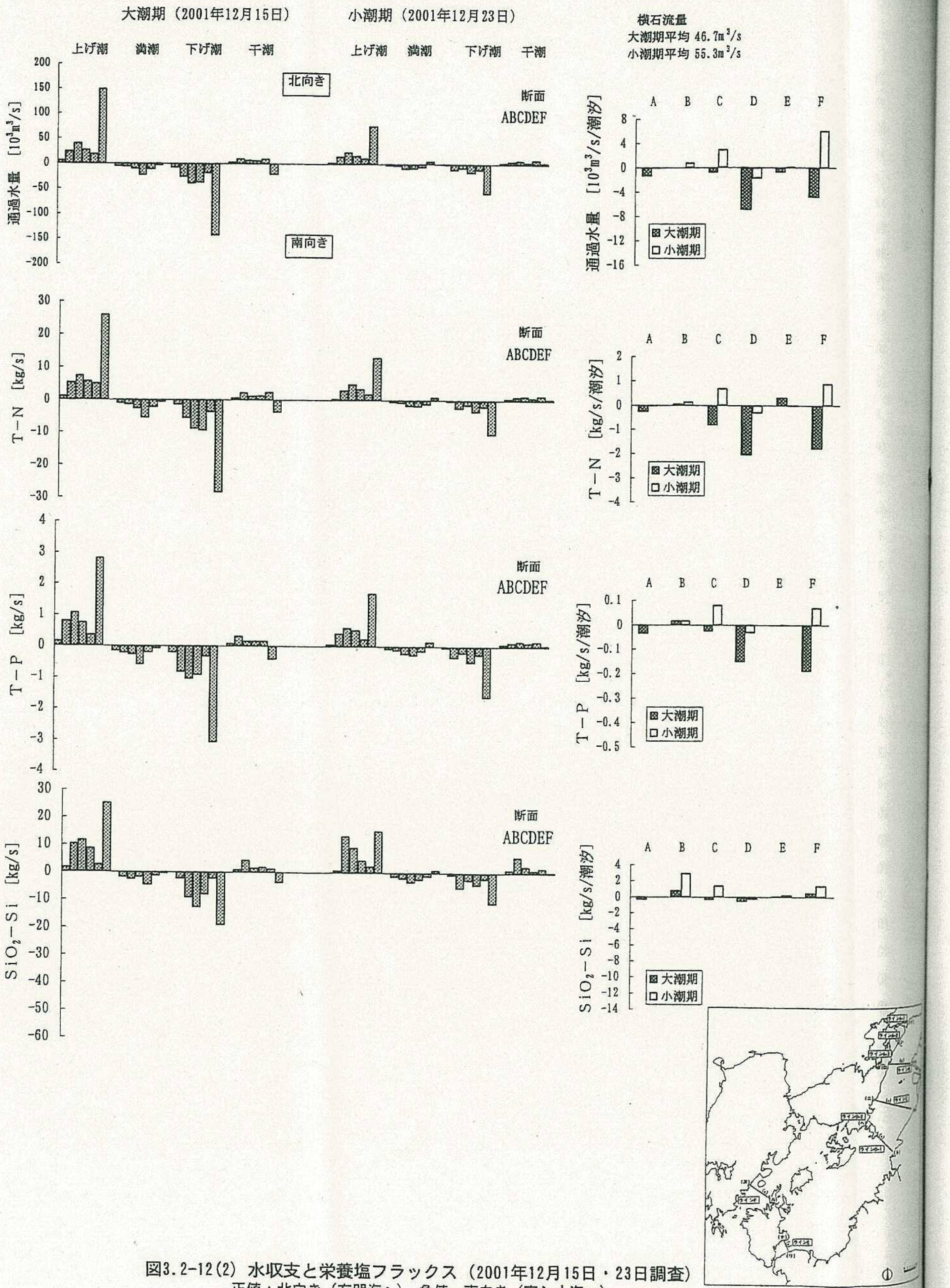


図3.2-12(2) 水収支と栄養塩フラックス（2001年12月15日・23日調査）
正値：北向き（有明海へ），負値：南向き（東シナ海へ）

3.3 プランクトン

(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。

種類数は、大潮期と小潮期では大きな違いはなかった。

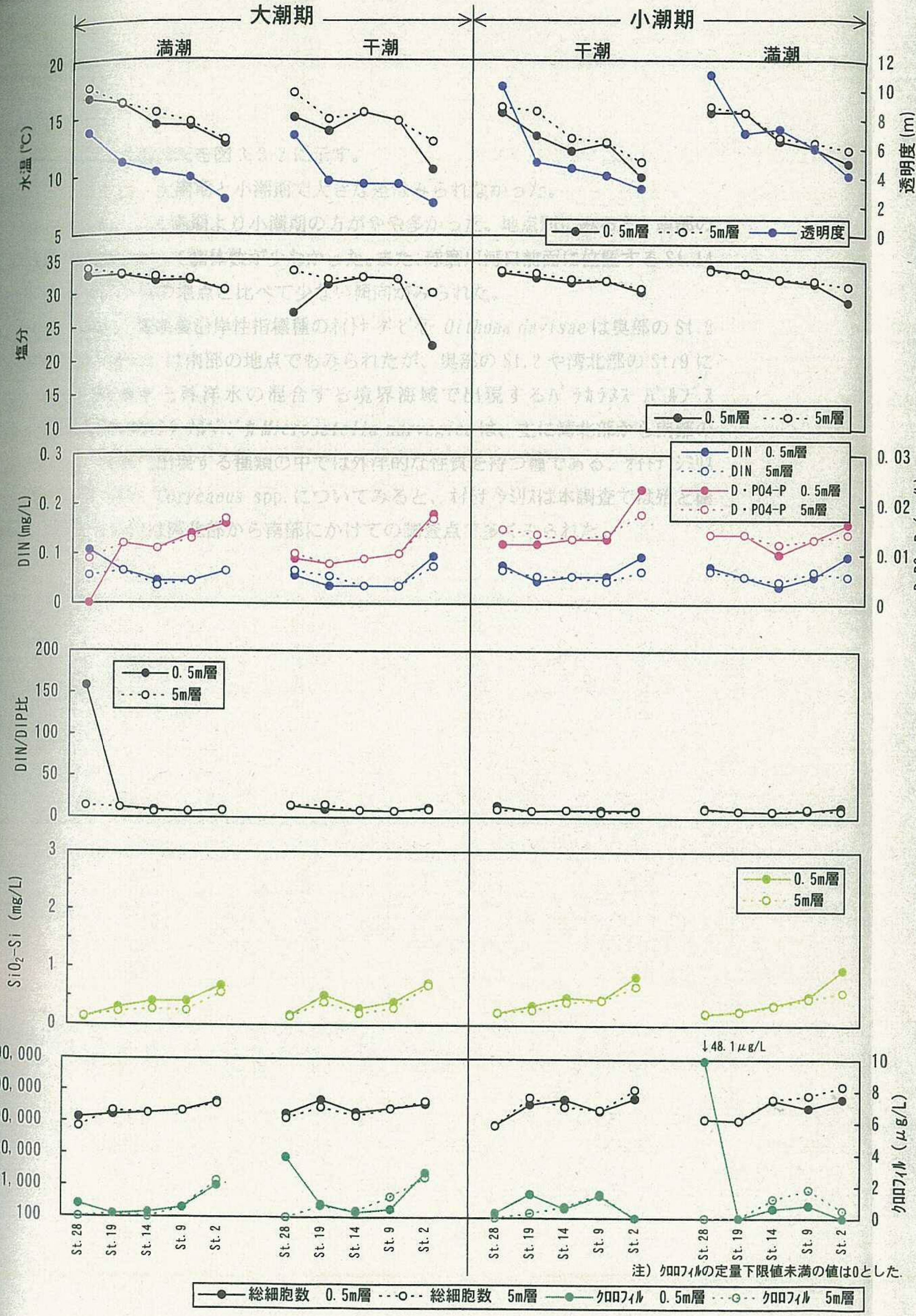
地点別の種類数についてみると、いずれの潮時においても南部の St.28 が少なかった。大潮期・小潮期ともに、満潮時は南部から奥部の地点に向かって種類数が多くなる傾向がみられた。干潮時は球磨川河口前面に位置する St.14 で、周辺の地点より種類数が少ない傾向がみられた。

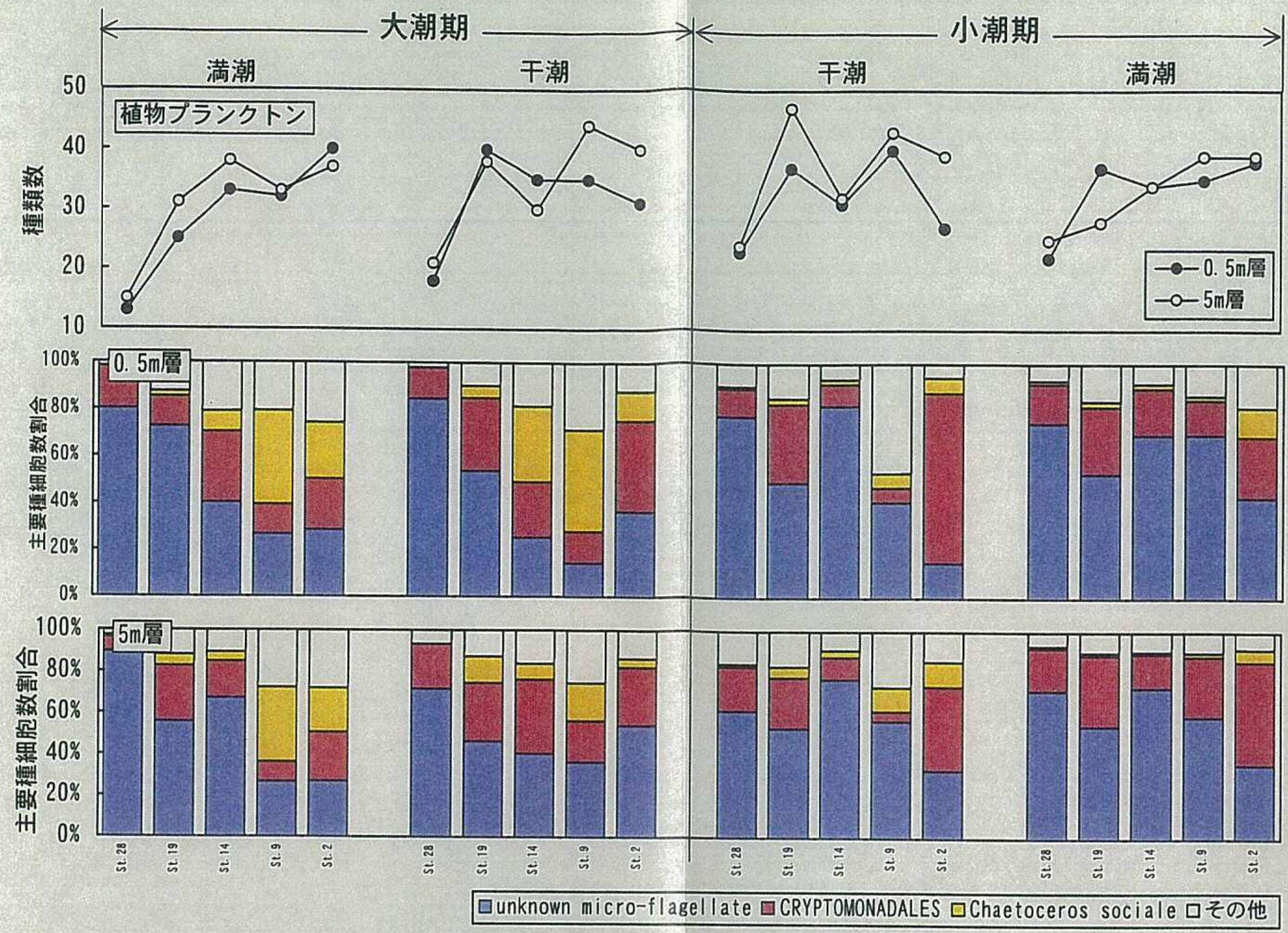
現存量（クロロフィルおよび総細胞数）についてみると、大潮期と小潮期、もしくは満潮と干潮による大きな違いはなかった。地点別では、総細胞数は大潮期・小潮期ともに奥部の地点でやや多かったが、顕著ではなかった。クロロフィルは、大潮期において、奥部の St.2 と南部の St.28 でやや値が高かったが、顕著ではなかった。層別では大潮期・小潮期ともに 0.5m層と 5m層でほとんど違いはなかった。

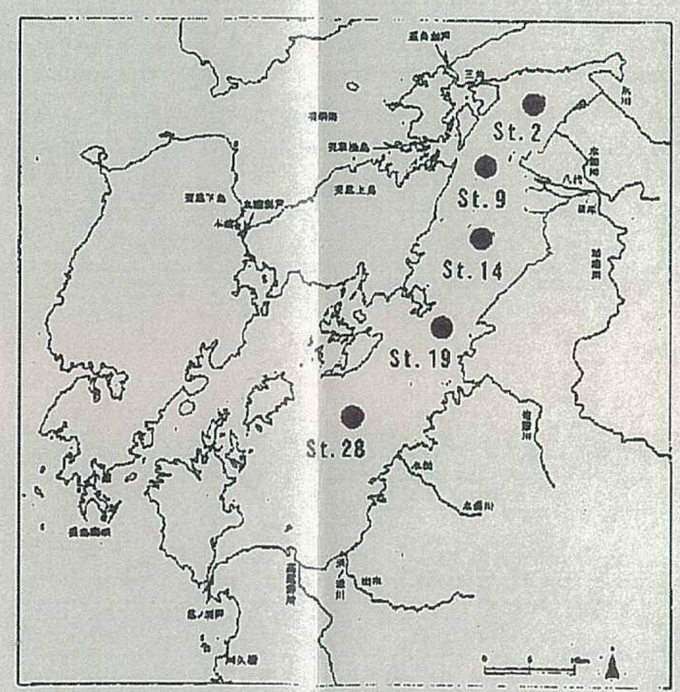
水温・透明度についてみると、奥部から南部の地点に向かって高くなる傾向がみられた。塩分についてみると、大潮期と小潮期で大きな違いはなかったが、大潮期の干潮時に奥部の St.2 が他の地点に比べて低かった。

調査前の気象等についてみると、大潮期は、調査 3 日前から 2 日前にかけて時間雨量 1～4mm 程度の降雨がみられたが、降雨時間が短かったことから、調査時には球磨川流量は冬季平常時と同様であった。小潮期は、調査 7 日前に時間雨量 1～3mm 程度の降雨がみられたが、調査時には球磨川流量は冬季平常時と同様であった。以上より、冬季調査時は、河川水の影響は冬季の平均的な状態であったと考えられる。

水質調査結果についてみると、DIN（NH_4-N＋NO_2-N＋NO_3-N）や D・PO_4-P や珪藻の増殖に必要な SiO_2-Si は、大潮期と小潮期ともに湾奥側の地点で高い傾向がみられた。大潮期と小潮期では、小潮期でやや高い傾向がみられたが、その違いは顕著ではなかった。満潮と干潮では顕著な違いはなかった。以上より、冬季調査時は、大潮期と小潮期で、栄養塩や SiO_2-Si の値に大きな違いは認められず、水平的には湾奥でやや高い傾向が認められた。







参考　プランクトン採取地点図

図3.3-1　植物プランクトンの出現状況と水質調査結果（冬季調査：2001年12月15日，23日）

(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やや多かった。地点別にみると、南部の St.28 は大潮期に下層において個体数が少なかった。また、球磨川河口前面に位置する St.14 では、大潮期に個体数が他の地点と比べて少ない傾向がみられた。

指標種に着目すると、富栄養沿岸性指標種のｵｲﾄﾅ ﾀﾞﾋﾞｾｰ *Oithona davisae* は奥部の St.2 で多く、ｱｶﾙﾁｱ *Acartia* spp. は南部の地点でもみられたが、奥部の St.2 や湾北部の St.9 において多かった。内湾水と外洋水の混合する境界海域で出現するﾊﾟﾗｶﾗﾇｽ ﾊﾟﾙﾌﾞｽ *Paracalanus parvus* やﾐｸﾛｾﾃﾗ ﾉﾙﾍﾞｼﾞｶ *Microsetella norvegica* は、主に湾北部から南部の調査点に多かった。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* やｺﾘｹｳｽ *Corycaeus* spp. についてみると、ｵｲﾄﾅ ｼﾐﾘｽは本調査では殆ど確認されなかったが、ｺﾘｹｳｽは湾北部から南部にかけての調査点で多くみられた。

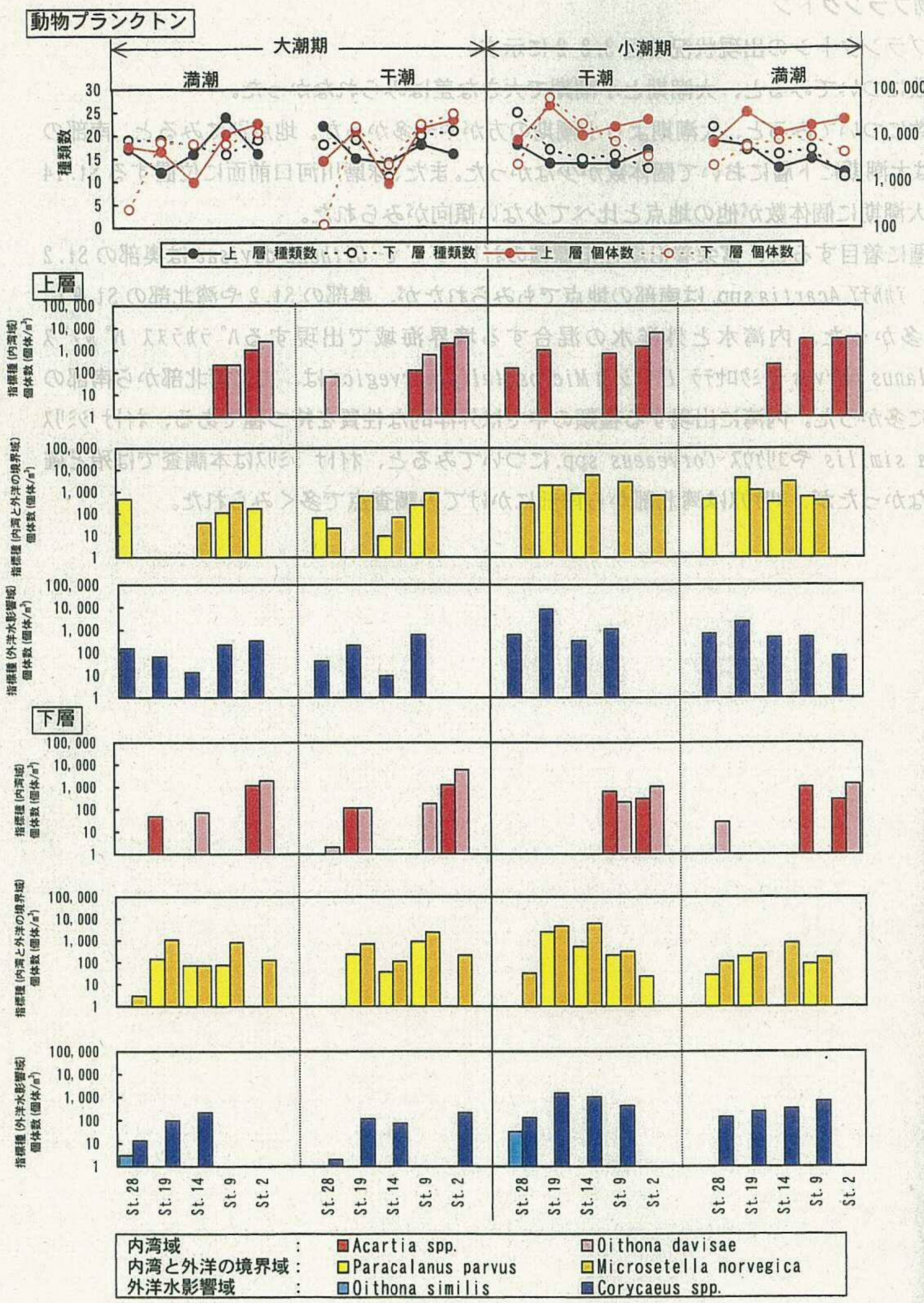


図3.3-2　動物プランクトンの出現状況（冬季調査：2001年12月15日，23日）

(3) 洪水期間（梅雨期）と平水期間（冬季）との比較

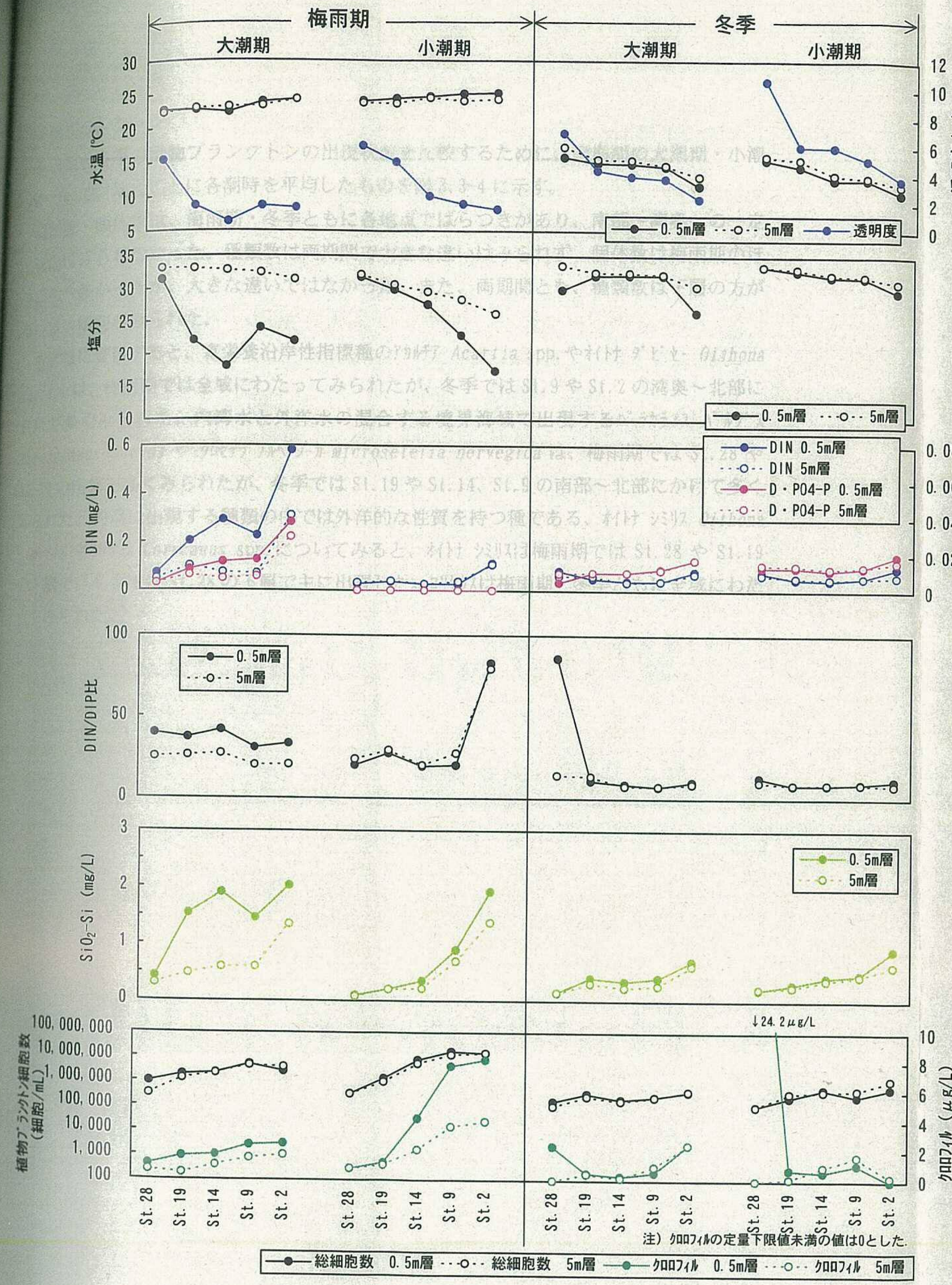
①植物プランクトン

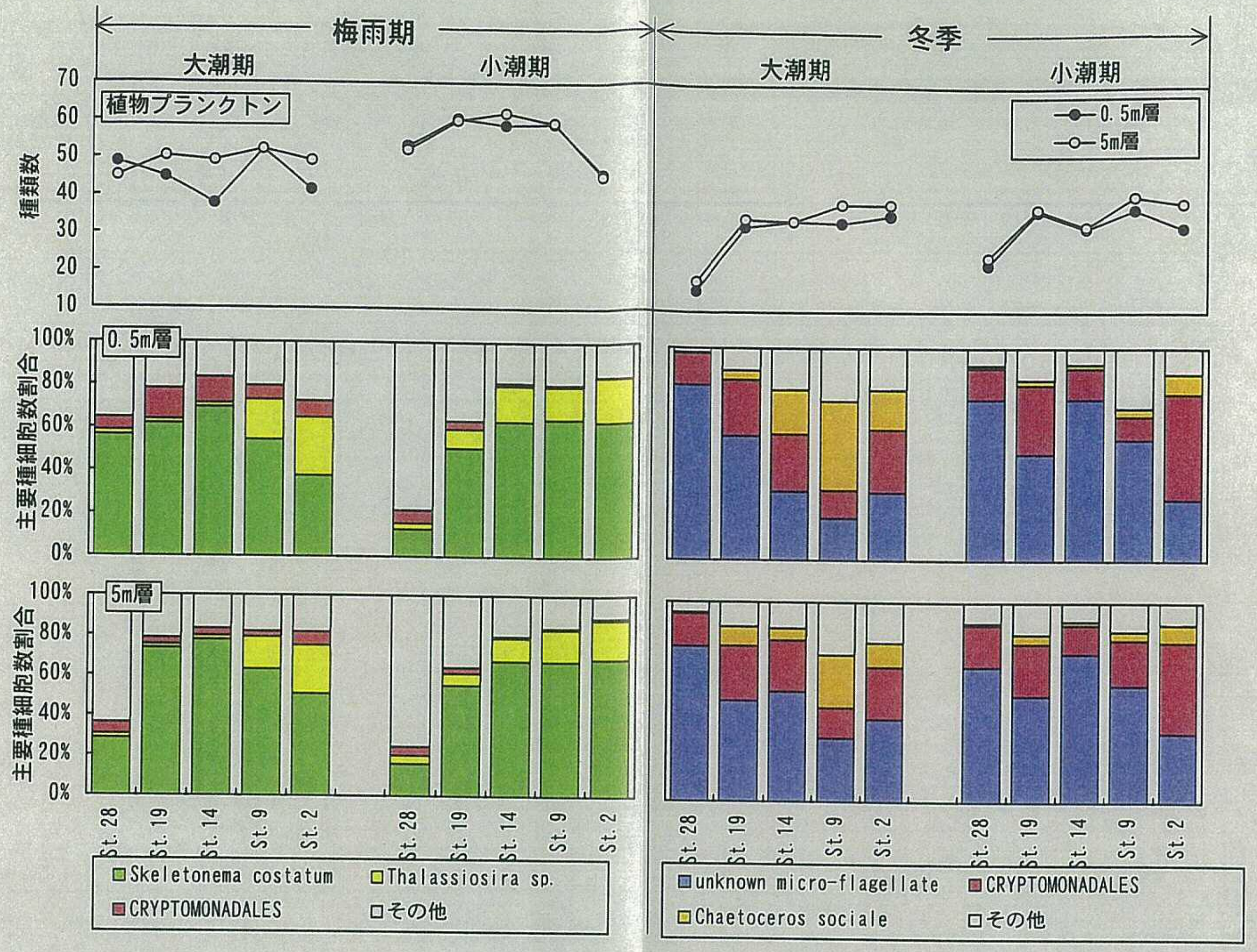
梅雨期と冬季の植物プランクトンの出現状況と水質調査結果を比較するために、両期間の大潮期・小潮期について、地点ごとに各潮時を平均したものを図3.3-3に示す。

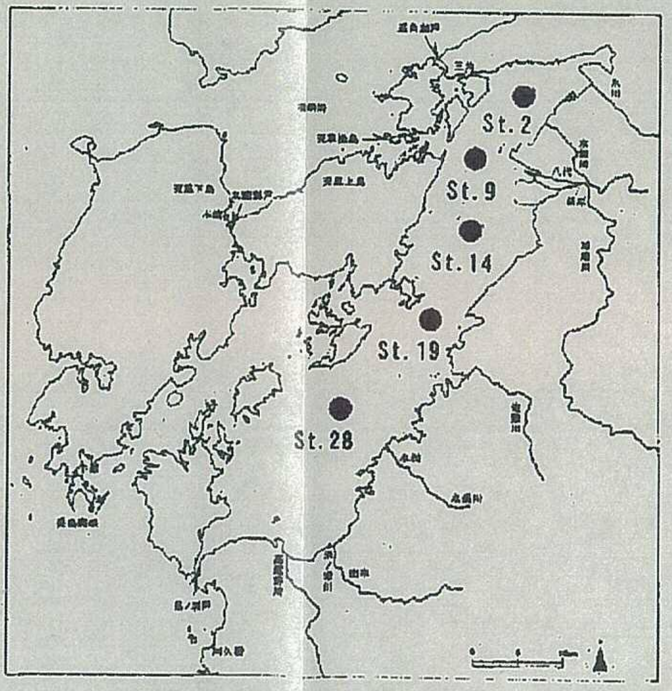
梅雨期は、降雨量が多かったこともあり、塩分が北部～湾奥の0.5m層で低かった。とりわけ大潮期は河川流量（横石）が最大2,000m³/sを超えており、st.14で塩分や透明度が他の地点より低かったことから、この地点は河川影響を強く受けていたものと考えられる。DIN（NH_4-N＋NO_2-N＋NO_3-N）やD・PO_4-Pや珪藻の増殖に必要なSiO_2-Siは、南部から奥部にかけて多くなる傾向がみられた。大潮期から1週間後の小潮期には、植物プランクトンの細胞数・クロロフィル量が北部～湾奥にかけて増加した。栄養塩はD・PO_4-Pが枯渇していたが、DINやSiO_2-Siは湾奥を中心に存在していた。

冬季は、河川流量は冬季の平常時と同様であったことから、南部から湾奥にかけての塩分の勾配も梅雨期に比べて顕著ではなかった。栄養塩やSiO_2-Siは、奥部の方がやや多い傾向がみられたが、梅雨期ほど顕著ではなかった。

植物プランクトンの種類数や細胞数は、冬季より梅雨期のほうが多かった。主要種としては、特に *Skeletonema costatum* が優占し、その他にも *Thalasiosira* sp.などの珪藻類が多くを占めていた。冬季は特にunknown micro-flagellate（不明微細鞭毛藻類）が優占し、次いで梅雨期も主要種であったCRYPTOMONADALES（クリプト藻綱）、*Chaetoceros sociale*（珪藻類）がみられ、梅雨期と異なり珪藻類は少なく、その他の種類によって主に構成されていた。







参考　プランクトン採取地点図

図3.3-3　梅雨期および冬季の植物プランクトンの出現状況および水質調査結果

梅雨期調査：2001年6月21日，28日，冬季調査：2001年12月15日，23日

②動物プランクトン

梅雨期と冬季の動物プランクトンの出現状況を比較するために、両期間の大潮期・小潮期について、地点ごとに各潮時を平均したものを図 3.3-4 に示す。

種類数・個体数は、梅雨期・冬季ともに各地点でばらつきがあり、南部～湾奥への一定の傾向はみられなかった。種類数は両期間で大きな違いはみられず、個体数は梅雨期のほうがやや多かったが、大きな違いではなかった。また、両期間とも、種類数は下層の方がやや多い傾向がみられた。

指標種に着目すると、富栄養沿岸性指標種のｱｶﾙﾁｱ *Acartia* spp.やｵｲﾄﾅ ﾀﾞﾋﾞｾｰ *Oithona davisae* は、梅雨期では全域にわたってみられたが、冬季では St.9 や St.2 の湾奥～北部にかけて多くみられた。内湾水と外洋水の混合する境界海域で出現するﾊﾟﾗｶﾗﾇｽ ﾊﾟﾙﾌﾞｽ *Paracalanus parvus* やﾐｸﾛｾﾃﾗ ﾉﾙﾍﾞｼﾞｶ *Microsetella norvegica* は、梅雨期では St.28 や St.19 の南部で多くみられたが、冬季では St.19 や St.14、St.9 の南部～北部にかけて多くみられた。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* やｺﾘｹｳｽ *Corycaeus* spp.についてみると、ｵｲﾄﾅ ｼﾐﾘｽは梅雨期では St.28 や St.19 の下層で、冬季では St.28 の下層で主に出現した。ｺﾘｹｳｽは梅雨期・冬季ともに全域にわたってみられた。

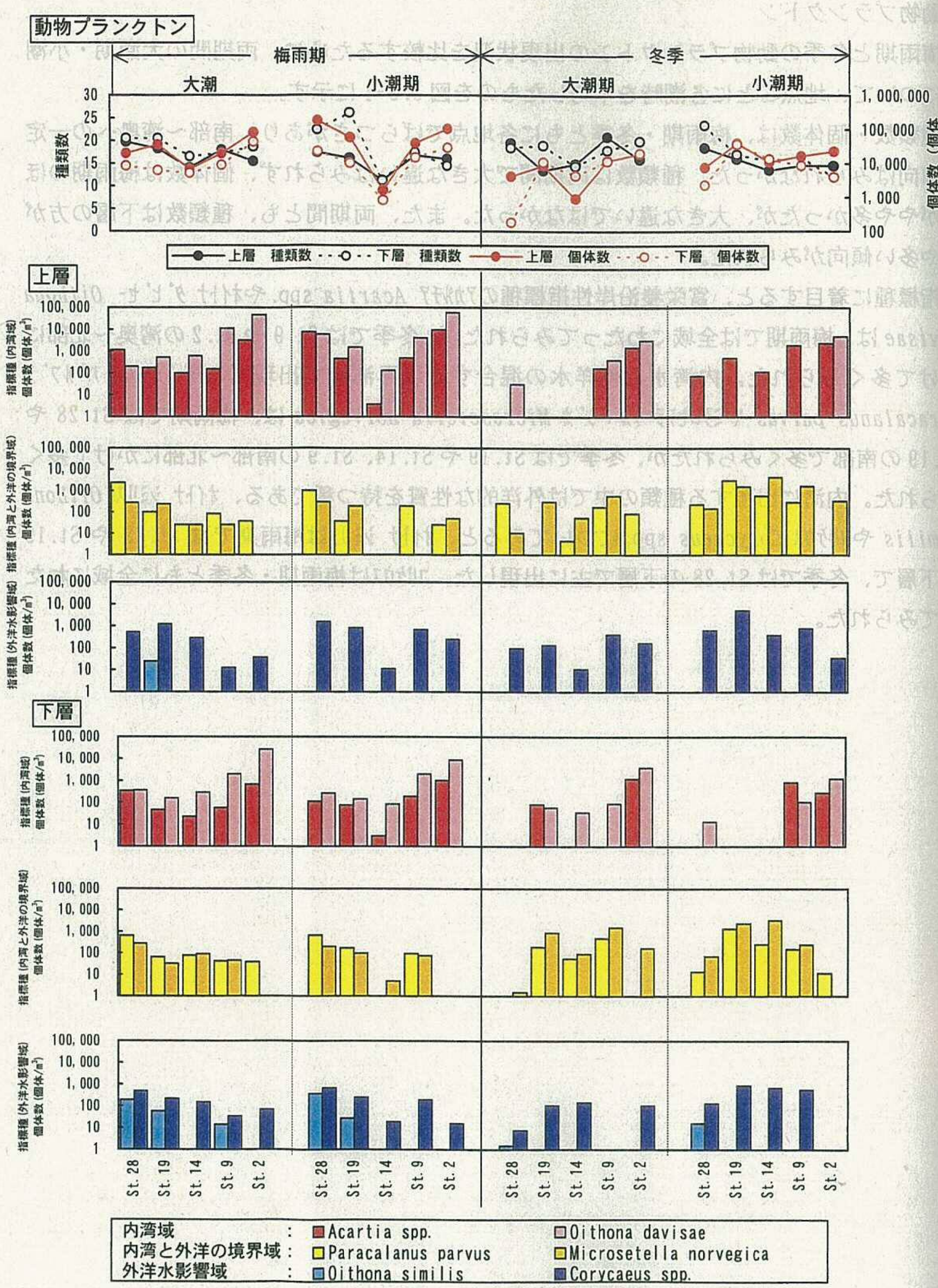


図3.3-4 梅雨期および冬季の動物プランクトンの出現状況

梅雨期調査：2001年6月21日，28日，冬季調査：2001年12月15日，23日

4. 水質（ミネラル等）調査結果

4.1 調査概要

(1) 調査の実施概要

2002 年 2 月 22 日に、八代海と球磨川および川辺川における栄養塩、微量金属等の流下過程および既設ダム（一房ダム、瀬戸石ダム、荒瀬ダム）における現状を把握することを目的として、図 4. 1-1 に示す河川 16 地点（表層）、ダム湖内 3 地点（表層および底層）、海域 4 地点（表層）において、水質調査および植物プランクトン調査を実施した。

調査項目別の概要は表 4. 1-1 に、微量金属の分析方法は表 4. 1-2 に示すとおりである。

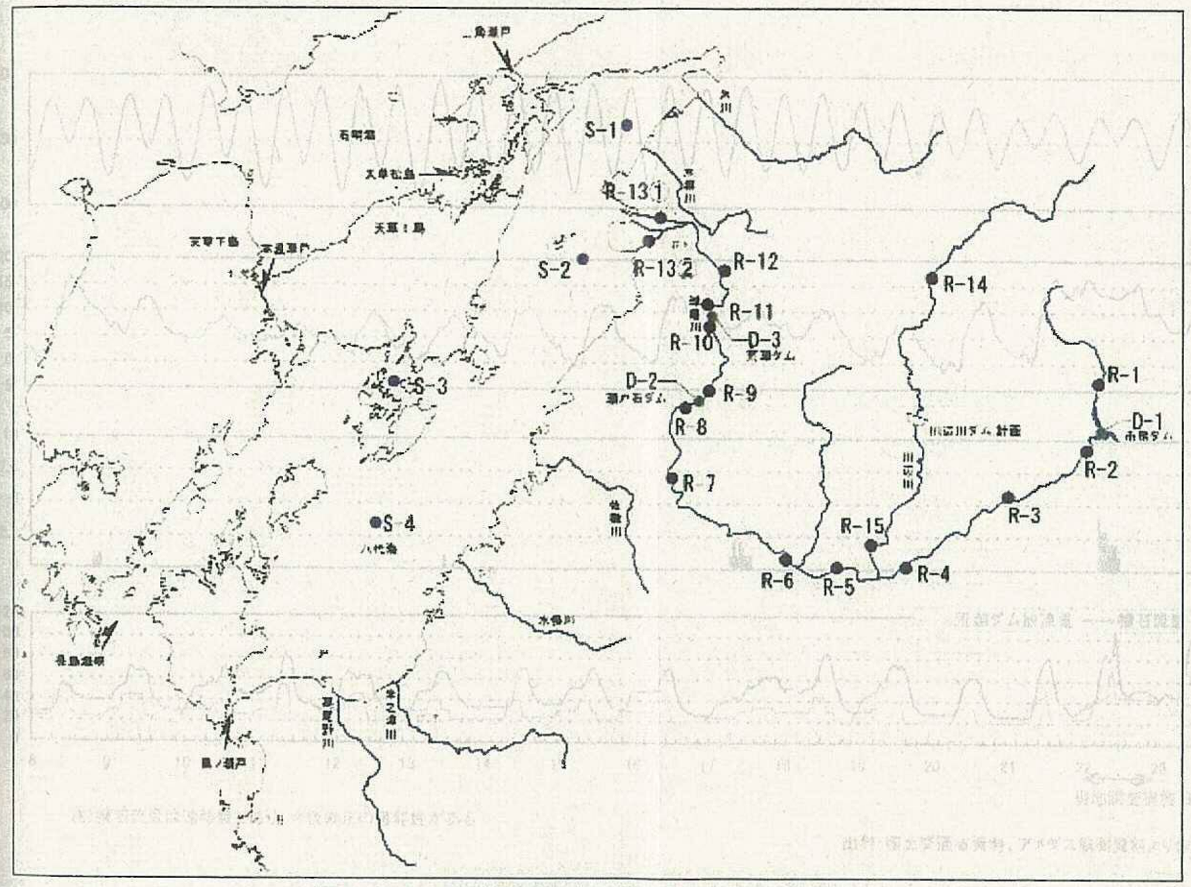


図 4. 1-1 調査地点（八代海ミネラル調査）

表 4. 1-1 調査項目の概要

調査項目		地点数	採水層	内容
1．水質調査	栄養塩	河川：16 地点 ダム湖：3 地点 海域：4 地点	表層 （ダム湖では底層(底上 1m)も実施）	T-N、NH_4-N、NO_2-N、NO_3-N、T-P、PO_4-P、SiO_2-Si
	微量金属			Fe、Mn、Cu、Zn （溶存有機態、溶存無機態、懸濁態）
	有機物			BOD、COD
	一般項目			水温、塩分、濁度、SS、VSS
2．植物プランクトン調査		ダム湖：3 地点 海域：4 地点	表層	総細胞数の計数と主要種の同定、クロロフィル a、フェオフィチン

表 4.1-2　微量金属の分析項目及び分析方法

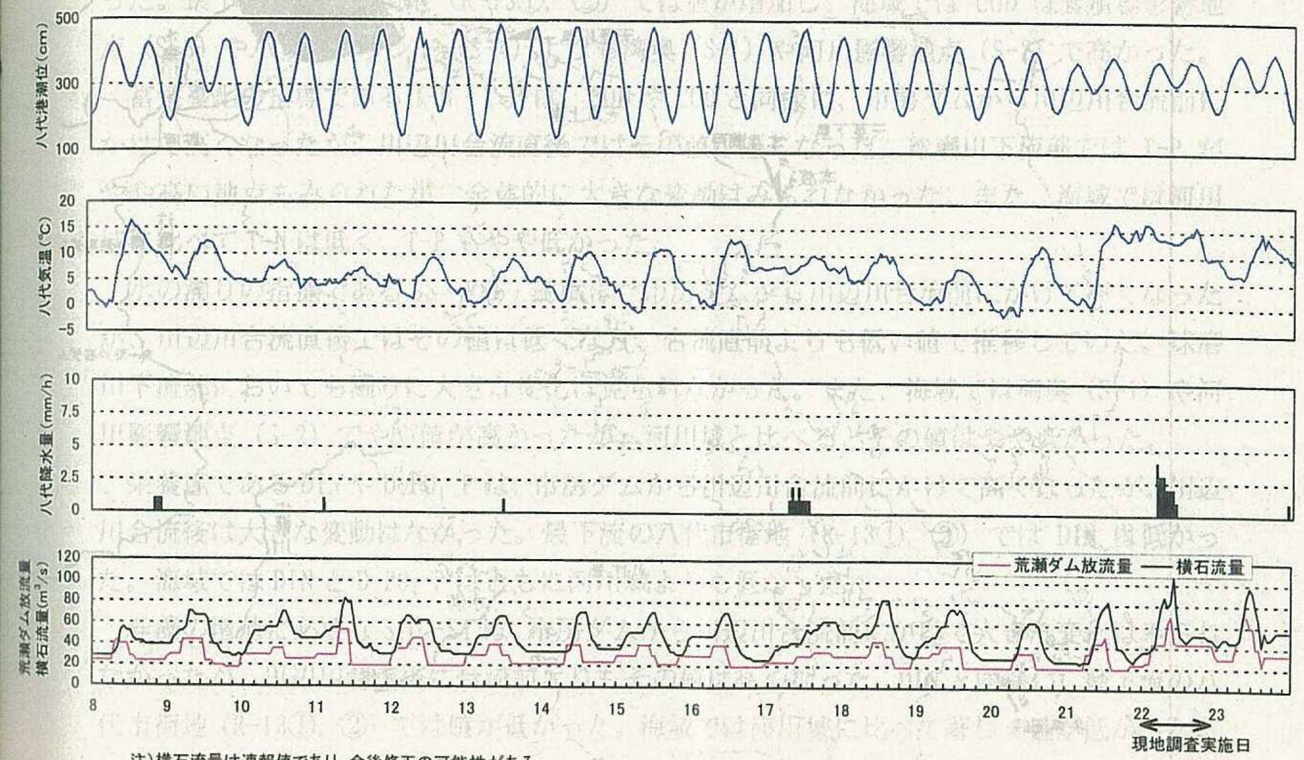
項目	略号等	分析方法
溶存有機態微量金属（鉄、ﾏﾝｶﾞﾝ、銅、亜鉛）	Fe, Mn, Cu, Zn	試料をろ過後 XAD 樹脂を用い吸着・溶離後、JIS K 0102 52,53,56,57 に示す電気加熱原子吸光光度法
溶存無機態微量金属	同上	試料をろ過後 JIS K 0102 に示す電気加熱原子吸光光度法により溶存全態微量金属を求め、溶存有機態微量金属との差として求める
懸濁態微量金属	同上	試料をろ過し、ろ紙を湿式分解し JIS K 0102 52,53,56,57 に示す電気加熱原子吸光光度法

(2)　調査期間中の気象・水象

調査前 2 週間の気象・水象の状況として、八代港の潮位、八代の気温と降水量、球磨川（横石地点）の流量の経時変化を図 4.1-2 に示した。

調査実施 14 日前（2 月 8 日）、11 日前（2 月 11 日）、9 日前（2 月 13 日）、5 日前（2 月 17 日）に降雨がみられたが、いずれも累計 10mm に満たない少量であったことから、降雨後の荒瀬ダム放流量および横石流量に変化は認められなかった。

調査時は小潮期にあたり、早朝から昼にかけては累計 17mm の降雨がみられた。当日の荒瀬ダム放流量および横石流量は平常時よりもやや大きなピークを示したが、顕著ではなかった。



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：国土交通省資料、アメダス観測資料より作成

図 4.1-2　調査前の気象・水象の経時変化

(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 4.1-3 に示した。

調査実施 8 日前（2 月 14 日）、八代海奥部の海域全体において、ｽｹﾚﾄﾈﾏ ｺｽﾀﾀﾑ *Skeletonema costatum* による赤潮がみられた。漁業被害種による赤潮はみられなかった。

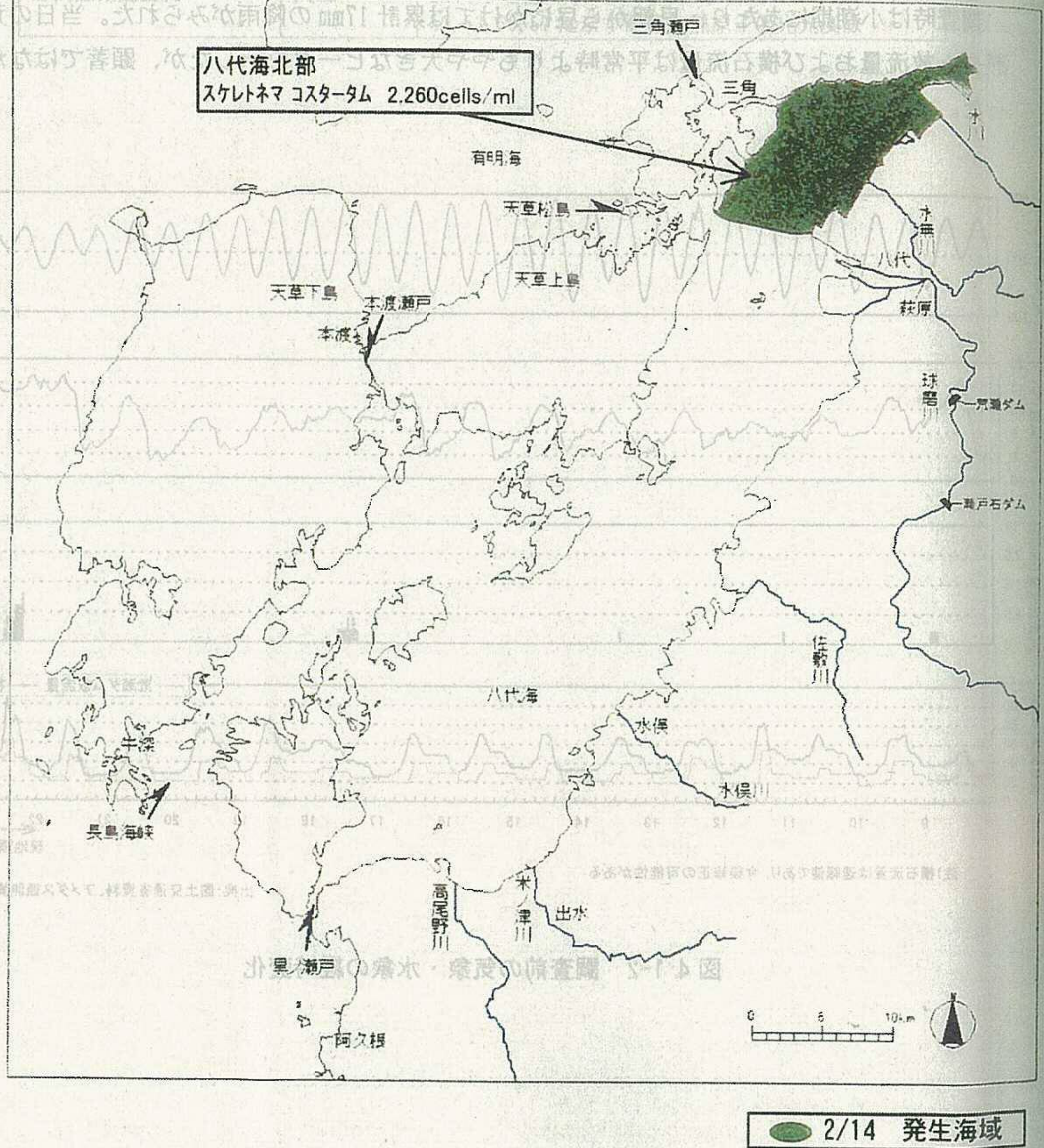


図 4.1-3 調査期間中の赤潮発生状況（速報）

出典：赤潮情報第 66 号（平成 14 年 2 月 14 日）

（熊本県水産研究センター）より作成

4.2 水質

(1) 一般項目等

水質の一般項目等の結果について図 4.2-1 に示した。なお、現地調査時は、荒瀬ダムにおいて、上流の村道拡幅工事のため水位を下げてゲート放流を実施していた。

水温は、球磨川上流の市房ダム（D-1）で 8℃程度と低く、その下流の多良木（R-3）で 13℃程度と高く、川辺川合流前は変動はあるが 10℃前後を推移し、大きな変化はなかった。また、川辺川は 2 地点とも球磨川本川に比べて低かった。海域では湾奥よりも南部の方が水温は高かった。

有機汚濁の指標である BOD・COD は、いずれも市房ダムから川辺川合流前の多良木（R-3）や一武（R-4）にかけて高くなったが、川辺川合流直後の人吉（R-5）ではその値は低くなった。最下流の八代市街地（R-13①，②）では値が増加し、海域では COD は養殖場影響地点（S-3）やバックグランド（S-4）よりも湾奥（S-1）や河川影響地点（S-2）で高かった。

富栄養化の指標である T-N・T-P は、BOD や COD と同様に、市房ダムから川辺川合流前にかけて高くなったが、川辺川合流直後ではその値は低くなった。球磨川下流部では T-P がやや高い地点もみられたが、全体的に大きな変動はみられなかった。また、海域では河川域に比べて T-N は低く、T-P もやや低かった。

水の濁りの指標である SS・VSS・濁度は、市房ダムから川辺川合流前にかけて高くなったが、川辺川合流直後ではその値は低くなり、合流直前よりも低い値で推移していた。球磨川下流部においても濁りに大きな変化は見られなかった。また、海域では湾奥（S-1）や河川影響地点（S-2）でやや値が高かったが、河川域と比べるとその値はやや低かった。

栄養塩である DIN や $D\cdot PO_4$-P は、市房ダムから川辺川合流前にかけて高くなったが、川辺川合流後は大きな変動はなかった。最下流の八代市街地（R-13①，②）では DIN は低かった。海域では DIN と $D\cdot PO_4$-P はともに河川域よりも低かった。

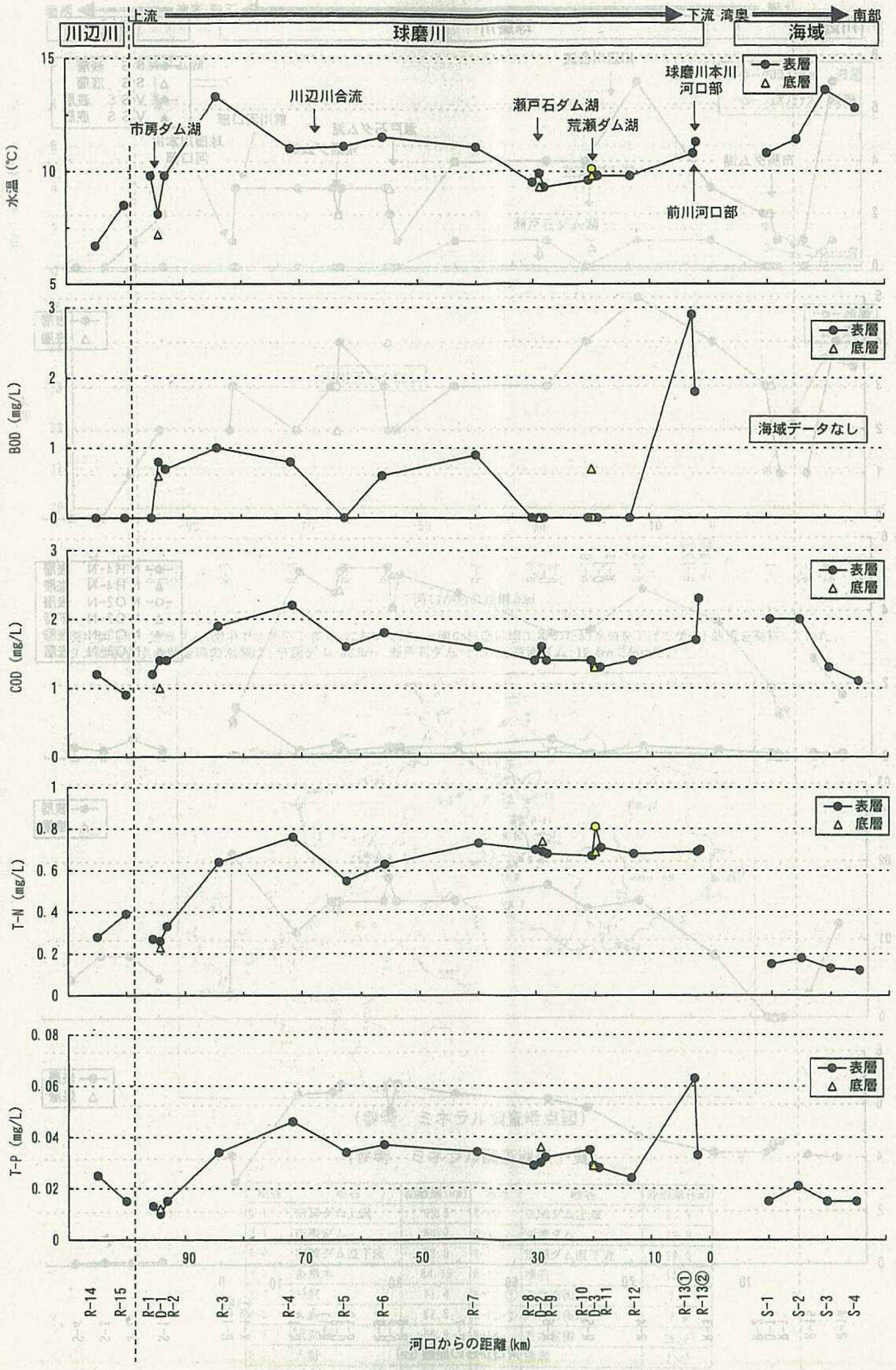
珪藻の増殖に必要な SiO_2-Si は、市房ダムから川辺川合流前にかけて大きな変化はみられなかったが、川辺川合流後に合流前よりもその値は高くなった。DIN と同様に、最下流の八代市街地（R-13①，②）では値が低かった。海域では河川域に比べて著しく値が低かった。

クロロフィル a は、上流の市房ダム（D-1）で高い値を示し、植物プランクトンの現存量が多いことが示唆された。川辺川合流後の下流の瀬戸石ダム（D-2）や荒瀬ダム（D-3）では、市房ダム（D-1）よりもその値は低かった。海域では湾奥の方が南部に比べて値が高かった。

塩分は湾奥の方が南部よりも値がやや低く、湾奥において淡水の影響を受けていると考えられた。

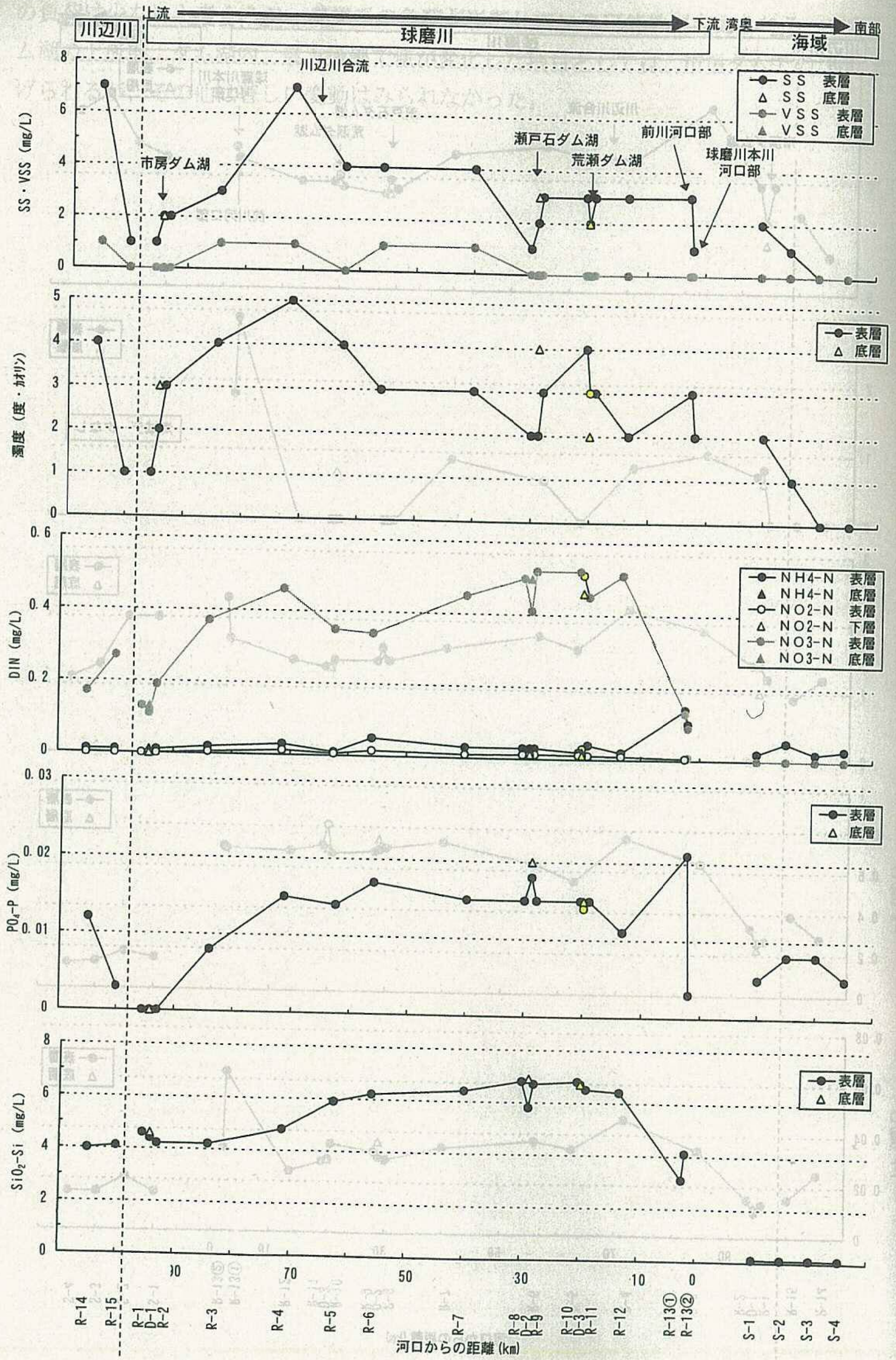
以上より、市房ダム下流部から川辺川合流前までの間において、BOD、COD、T-N、T-P や栄養塩（DIN・$D\cdot PO_4$-P）がいずれも増加傾向であることが明らかとなった。この地域には水田が広がっており、市房ダムおよびその下流の堰などから取水し、用水路を通じて農業用水として利用した後、球磨川に戻している。大きな市街地は存在しないことから、生活系

の負荷は少ないと考えられ、農業系の負荷が影響している可能性が考えられる。また、ダム湖の上流部、ダム湖内、直下流部で値が変化した項目としては、市房ダムでの BOD があげられるが、その他は著しい変動はみられなかった。



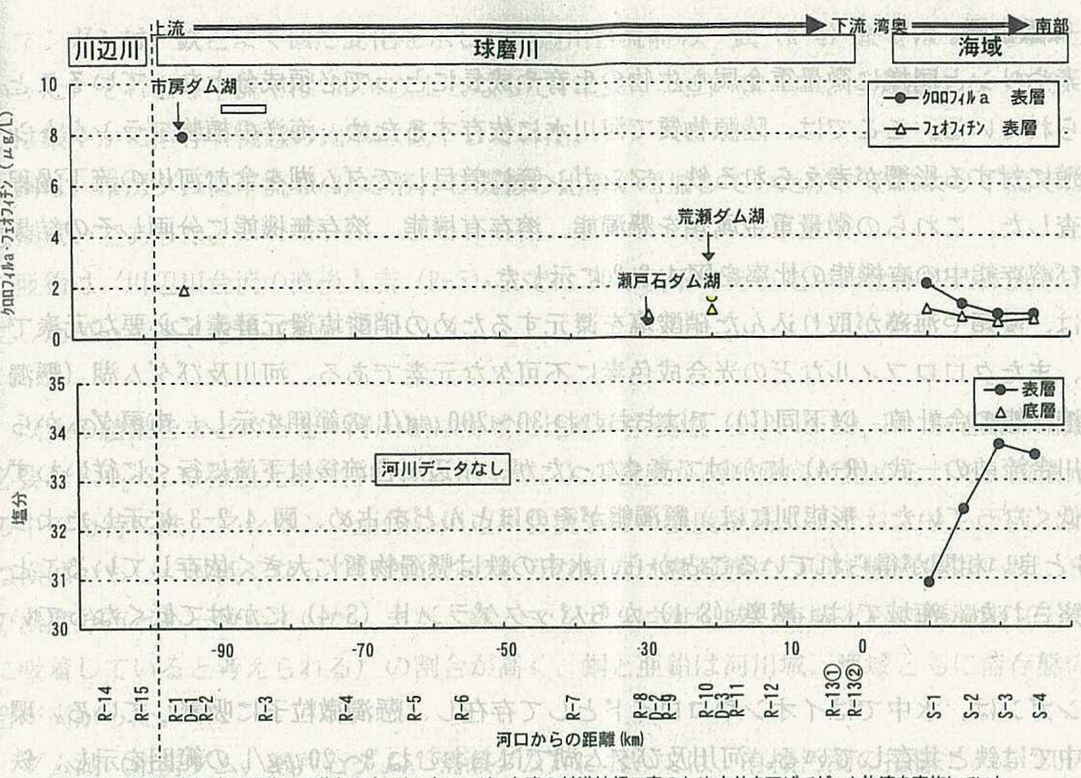
注）1.現地調査時、荒瀬ダム（図中では黄色で表示）においては、上流の村道拡幅工事のため水位を下げてゲート放流を実施していた。
2.ダム湖調査点の調査時の水深は、市房ダム：38.8m、瀬戸石ダム：17.7m、荒瀬ダム：12.4mであった。

図4.2-1（1） 水質調査結果（一般項目等）

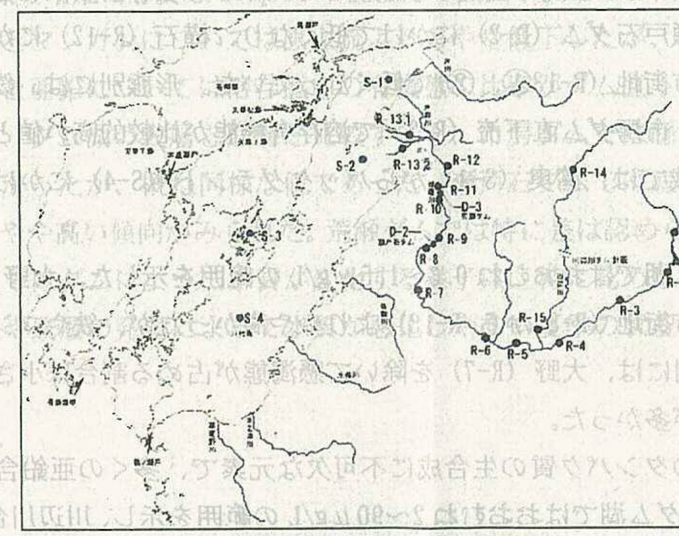


注) 1.現地調査時、荒瀬ダム(図中では黄色で表示)においては、上流の村道拡幅工事のため水位を下げてゲート放流を実施していた。
2.ダム湖調査点の調査時の水深は、市房ダム:38.8m、瀬戸石ダム:17.7m、荒瀬ダム:12.4mであった。

図4.2-1 (2) 水質調査結果（一般項目等）



注) 1.現地調査時、荒瀬ダム(図中では黄色で表示)においては、上流の村道拡幅工事のため水位を下げてゲート放流を実施していた。
2.ダム湖調査点の調査時の水深は、市房ダム:38.8m、瀬戸石ダム:17.7m、荒瀬ダム:12.4mであった。



（参考　ミネラル調査地点図）

（参考　ミネラル調査地点一覧）

地点	地名	距離票[km]	地点	地名	距離票[km]
R-1	市房ダム上流	95.5	R-10	荒瀬ダム上流	20.5
D-1	市房ダム	94.2	D-3	荒瀬ダム	19.9
R-2	市房ダム直下流	93.0	R-11	荒瀬ダム直下流	19.0
R-3	多良木	84.15	R-12	横石	13.3
R-4	一武	71.4	R-13-①	八代市街地	2.5
R-5	人吉	62.5	R-13-②	八代市街地	2.0
R-6	天狗橋	55.9	R-14	五木宮園	36.2*
R-7	大野	39.9	R-15	柳瀬	2.4*
R-8	瀬戸石ダム上流	30.0	S-1	海域（湾奥）	—
D-2	瀬戸石ダム	28.8	S-2	海域（河川影響）	—
R-9	瀬戸石ダム直下流	28.0	S-3	海域（養殖場影響）	—
			S-4	海域（ﾊﾞｯｸｸﾞﾗｳﾝﾄﾞ）	—

注) *印は、球磨川との合流点からの距離である.

図4.2-1 (3) 水質調査結果（一般項目等）

(2) 微量金属

窒素やリンと同様に微量重金属も生物の生育や成長にとって必須成分となっていることが知られている。ここでは、陸源物質で河川水に依存するため、海洋の植物プランクトンの増殖に対する影響が考えられる鉄、マンガン等に着目してダム湖を含む河川の流下過程を調査した。これらの微量重金属類を懸濁態、溶存有機態、溶存無機態に分画しその結果および溶存態中の有機態の比率を図 4.2-2 に示した。

鉄は、藻類や海藻が取り込んだ硝酸塩を還元するための硝酸塩還元酵素に必要な元素であり、またクロロフィルなどの光合成色素に不可欠な元素である。河川及びダム湖（懸濁態と溶存態の合計値、以下同じ）ではおおむね 30～200μg/L の範囲を示し、市房ダムから川辺川合流前の一武（R-4）にかけて高くなったが、川辺川合流後は下流に行くに従いわずかに低くなっていた。形態別には、懸濁態がそのほとんどを占め、図 4.2-3 に示したようにSSと良い相関が得られていることから、水中の鉄は懸濁物質に大きく依存していることが推察された。海域では、湾奥（S-1）からバックグランド（S-4）にかけて低くなっていた。

マンガンは、水中ではイオンやコロイドとして存在し、懸濁微粒子に吸着している。環境水中では鉄と共存している。河川及びダム湖ではおおむね 3～20μg/L の範囲を示し、鉄とよく似た分布傾向を示し、市房ダムから川辺川合流前の一武（R-4）にかけて高くなったが、川辺川合流後は瀬戸石ダム（D-2）にかけて低くなり、横石（R-12）にかけて濃度が上昇し、感潮域の八代市街地（R-13①, ②）で低くなっていた。形態別には、鉄と同様に懸濁態がそのほとんどを、市房ダム直下流（R-2）で溶存有機態が比較的高い値となったが原因は不明であった。海域では、湾奥（S-1）からバックグランド（S-4）にかけて低くなっていた。

銅は、河川及びダム湖ではおおむね 0.3～1.5μg/L の範囲を示した。大野（R-7）より上流の方が下流の八代市街地（R-8 から R-13）よりやや高かったが、鉄やマンガンほど顕著ではなかった。形態別には、大野（R-7）を除いて懸濁態が占める割合は小さく、溶存無機態または溶存有機態が多かった。

亜鉛は、生体内でのタンパク質の生合成に不可欠な元素で、多くの亜鉛含有酵素が同定されている。河川及びダム湖ではおおむね 2～90μg/L の範囲を示し、川辺川合流直後（R-5）までと川辺川の五木宮園（R-14）の河川上流部の地点での結果が高い値を示した。形態別には、溶存無機態の占める割合が高く、懸濁態が占める割合は低かった。

各微量金属の溶存態中の有機態の比率をみると、鉄、マンガン、亜鉛は、全体的には下流に行くに従って溶存有機態の比率が増加し、溶存無機態の比率が減少したが、銅は変化はみられなかった。

鉄は、川辺川合流前の多良木（R-3）までは溶存有機態が占める比率は 30%以下と低かったが、それより下流ではほぼ 50%以上の高い比率で推移していた。

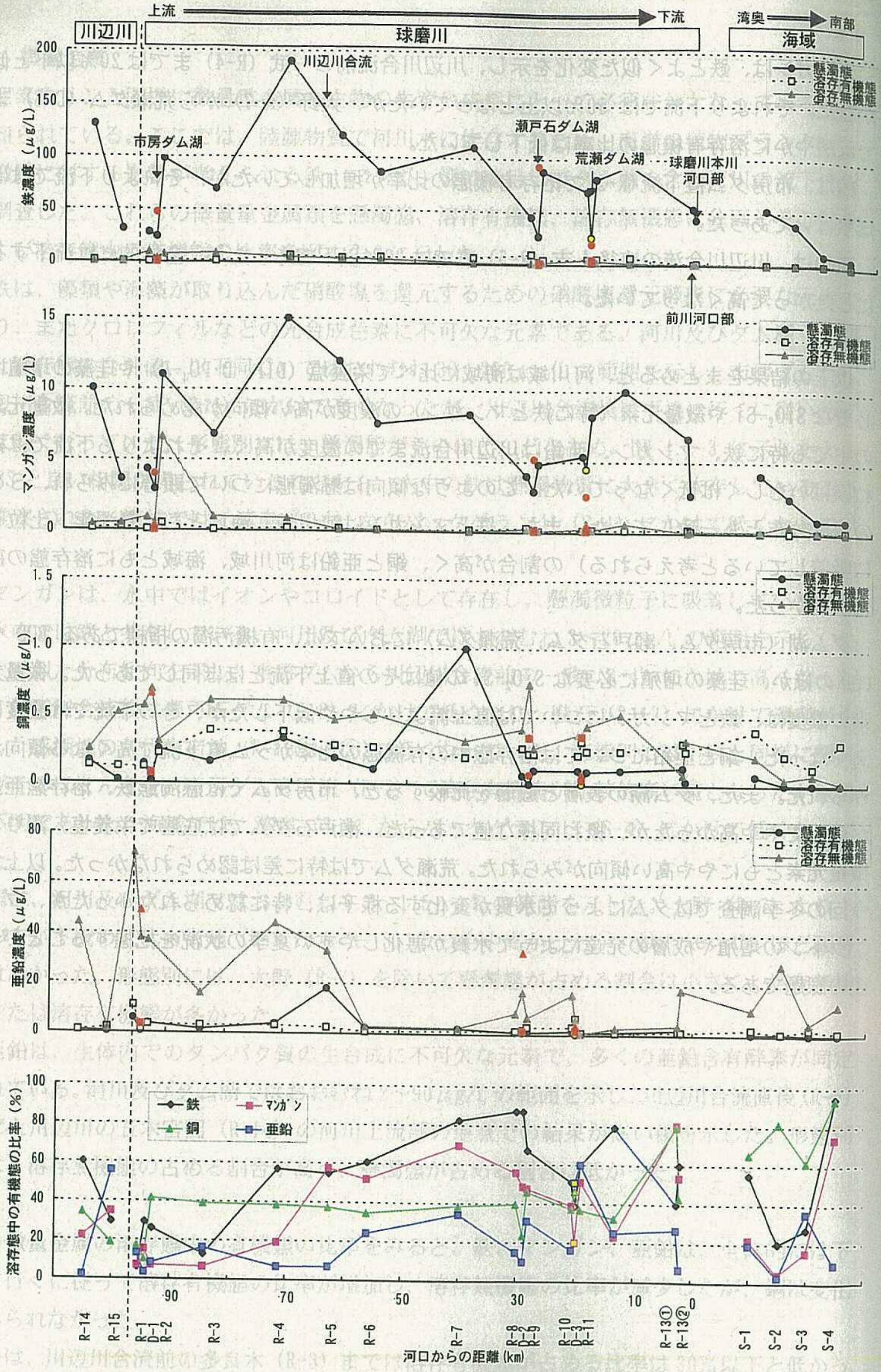
マンガンは、鉄とよく似た変化を示し、川辺川合流前の一武（R-4）までは 20%以下と低かった。それより下流では 50%以上となっていたが、大野（R-7）から荒瀬ダム（D-3）までは緩やかに溶存有機態の比率は低下していた。

銅は、市房ダム直下流(R-2)で溶存有機態の比率が増加していたが、それより下流ではほぼ横ばいであった。

亜鉛は、川辺川合流の直後人吉（R-5）までは 20%以下であったが、全体的には流下するにしたがって高くなっていた。

以上の結果をまとめると、河川域は海域に比べて栄養塩（DIP, D·PO_4-P）や珪藻の増殖に必要な SiO_2-Si や微量元素（特に鉄とマンガン）の濃度が高い傾向が認められた。微量元素の中でも特に鉄、マンガン、亜鉛は川辺川合流までの濃度が高く、それよりも下流では概ね横ばいもしくは低くなっていた。このような傾向は懸濁態について顕著にみられ、ＳＳの濃度分布とも一致していた。また、鉄とマンガンは河川域、海域ともに懸濁態（土粒子に吸着していると考えられる）の割合が高く、銅と亜鉛は河川域、海域ともに溶存態の割合が高かった。

ダム湖（市房ダム，瀬戸石ダム，荒瀬ダム）においては、有機汚濁の指標である BOD や COD のほか、珪藻の増殖に必要な SiO_2-Si の値はその直上下流とほぼ同じであった。微量元素の濃度は、鉄とマンガンについては直上流よりもやや低下したが、その下流では濃度は高くなった。銅と亜鉛については溶存態中の有機態の比率がダム直下流で高くなる傾向がみられた。また、ダム湖の表層と底層を比較すると、市房ダムでは懸濁態鉄、溶存態亜鉛が底層でやや高かったが、概ね同様な値であった。瀬戸石ダムでは底層で栄養塩、濁り、微量元素ともにやや高い傾向がみられた。荒瀬ダムでは特に差は認められなかった。以上、今回の冬季調査ではダムによって水質が変化する様子は、特に認められなかったが、プランクトンの増殖や成層の発達によって水質が悪化しやすい夏季の状況を把握することが今後の課題である。



注）1. 現地調査時、荒瀬ダム（図中では黄色で表示）においては、上流の村道拡幅工事のため水位を下げてゲート放流を実施していた。
2. ダム湖底層は赤色で表示。
3. ダム湖調査時の水深は、市房ダム：38.8m、瀬戸石ダム：17.7m、荒瀬ダム：12.4mであった。

図4.2-2　微量金属の形態別濃度変化

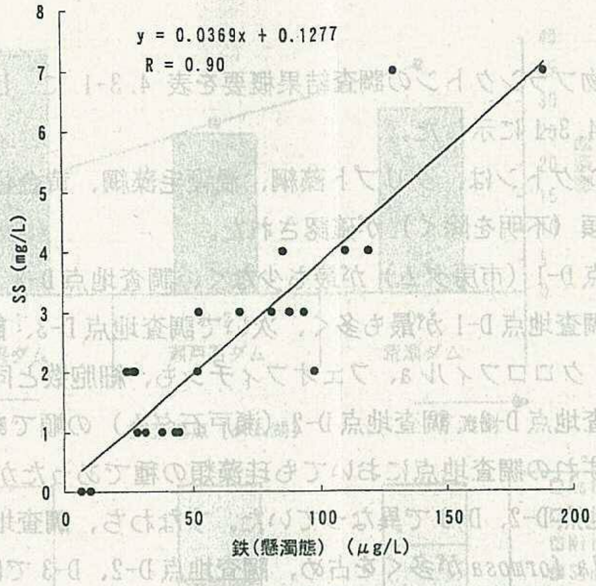


図 4.2-3　鉄（懸濁態）と SS の関係

（参考　ミネラル調査地点一覧）

地点	地名	距離票[km]	地点	地名	距離票[km]
R-1	市房ダム上流	95.5	R-10	荒瀬ダム上流	20.5
D-1	市房ダム	94.2	D-3	荒瀬ダム	19.9
R-2	市房ダム直下流	93.0	R-11	荒瀬ダム直下流	19.0
R-3	多良木	84.15	R-12	横石	13.3
R-4	一武	71.4	R-13-①	八代市街地	2.5
R-5	人吉	62.5	R-13-②	八代市街地	2.0
R-6	天狗橋	55.9	R-14	五木宮園	36.2*
R-7	大野	39.9	R-15	柳瀬	2.4*
R-8	瀬戸石ダム上流	30.0	S-1	海域（湾奥）	−
D-2	瀬戸石ダム	28.8	S-2	海域（河川影響）	−
R-9	瀬戸石ダム直下流	28.0	S-3	海域（養殖場影響）	−
			S-4	海域（ﾊﾞｯｸｸﾞﾗｳﾝﾄﾞ）	−

注）*印は、球磨川との合流点からの距離である.

4.3 植物プランクトン

(1)ダム湖

ダム湖における植物プランクトンの調査結果概要を表 4.3-1 に、出現種類数・細胞数および細胞数割合を図 4.3-1 に示した。

ダム湖の植物プランクトンは、クリプト藻綱、渦鞭毛藻綱、黄金色藻綱、珪藻綱、緑藻綱の 5 綱 19 科 44 種類（不明を除く）が確認された。

種類数は、調査地点 D-1（市房ダム）が最も少なく、調査地点 D-3（荒瀬ダム）が最も多かった。細胞数は、調査地点 D-1 が最も多く、次いで調査地点 D-3、調査地点 D-2（瀬戸石ダム）の順であった。クロロフィル a、フェオフィチンも、細胞数と同様に調査地点 D-1 が最も多く、次いで調査地点 D-3、調査地点 D-2（瀬戸石ダム）の順であった。

主な出現種は、いずれの調査地点においても珪藻類の種であったが、構成種については調査地点 D-1 と調査地点 D-2、D-3 で異なっていた。すなわち、調査地点 D-1 では、ｱｽﾃﾘｵﾈﾗ ﾌｫﾙﾓｯｻ *Asterionella formosa* が多くを占め、調査地点 D-2、D-3 ではﾆｯﾁｱ *Nitzschia* spp とｼﾈﾄﾞﾗ ｲﾅｴｸｱﾘｽ *Synedra inaequalis* が半数を占めていた。なお、ﾀﾗｼｵｼｰﾗ ｼｭｰﾄﾞﾅﾅ *Thalassiosira pseudonana* は調査地点 D-1、D-3 ともに多く出現していた。

水質調査結果からダム湖の違いをみると、市房ダムは、全窒素や全燐は、下流のダムよりも少なかった。植物プランクトンの指標性からダムの栄養状態について検討した結果、ｱｽﾃﾘｵﾈﾗ ﾌｫﾙﾓｯｻは、中栄養型種とされているが、他の種（ｼﾈﾄﾞﾗ ｲﾅｴｸｱﾘｽ、ﾀﾗｼｵｼｰﾗ ｼｭｰﾄﾞﾅﾅ）については、知見等が不足しているため、明確な判断はできなかった。

表 4.3-1　植物プランクトン調査結果概要【ダム湖 3 地点】

調査期日：平成14年 2月22日
調査方法：ﾊﾞﾝﾄﾞｰﾝ採水器による採水

項目＼調査地点	D-1	D-2	D-3	平均
種類数	17	27	36	45
細胞数(細胞／L)	5,698,700	26,500	124,800	1,950,000
沈殿量(mL／L)	0.26	0.03	0.05	0.11
主な出現種 組成比率（%）	*Asterionella formosa* 4,250,000 (74.6) *Thalassiosira pseudonana* 1,370,000 (24.0)	*Nitzschia* spp. 9,300 (35.1) *Synedra inaequalis* 6,000 (22.6)	*Nitzschia* spp. 34,000 (27.2) *Thalassiosira pseudonana* 28,300 (22.7) *Synedra inaequalis* 21,600 (17.3)	*Asterionella formosa* 1,417,600 (72.7) *Thalassiosira pseudonana* 466,100 (23.9)

（注）1. 種類数の平均欄は総種類数を示す。
2. 主な出現種は各調査地点における細胞数の上位 5 種（ただし組成比率10%以上）を示す。

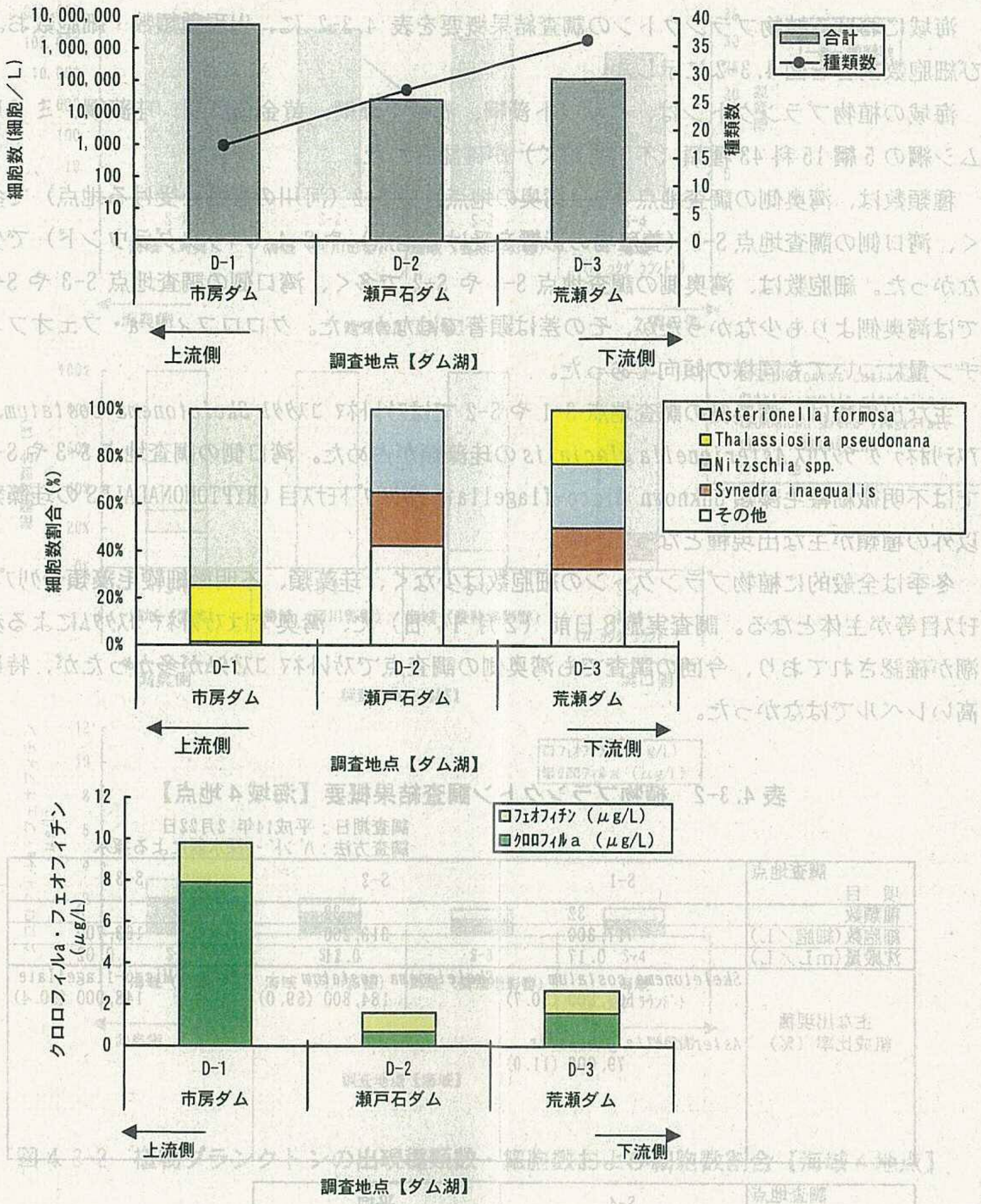


図 4.3-1　植物プランクトンの出現種類数・細胞数および細胞数割合【ダム湖 3 地点】

(2)海域

海域における植物プランクトンの調査結果概要を表 4.3-2 に、出現種類数・細胞数および細胞数割合を図 4.3-2 に示した。

海域の植物プランクトンは、クリプト藻綱、渦鞭毛藻綱、黄金色藻綱、珪藻綱、ミドリムシ綱の 5 綱 15 科 43 種類（不明を除く）が確認された。

種類数は、湾奥側の調査地点 S-1（湾奥の地点）や S-2（河川の影響を受ける地点）で多く、湾口側の調査地点 S-3（養殖場の影響を受ける地点）や S-4（バックグラウンド）で少なかった。細胞数は、湾奥側の調査地点 S-1 や S-2 で多く、湾口側の調査地点 S-3 や S-4 では湾奥側よりも少なかったが、その差は顕著ではなかった。クロロフィル a・フェオフィチン量についても同様の傾向であった。

主な出現種は、湾奥側の調査地点 S-1 や S-2 ではｽｹﾚﾄﾈﾏ ｺｽﾀﾀﾑ *Skeletonema costatum*、ｱｽﾃﾘｵﾈﾗ ｸﾞﾗｼｱﾘｽ *Asterionella glacialis* の珪藻類が占めた。湾口側の調査地点 S-3 や S-4 では不明微細鞭毛藻類 Unknown Micro-flagellate やｸﾘﾌﾟﾄﾓﾅｽ目 CRYPTOMONADALES の珪藻類以外の種類が主な出現種となっていた。

冬季は全般的に植物プランクトンの細胞数は少なく、珪藻類、不明微細鞭毛藻類やｸﾘﾌﾟﾄﾓﾅｽ目等が主体となる。調査実施 8 日前（2 月 14 日）に、湾奥ではｽｹﾚﾄﾈﾏ ｺｽﾀﾀﾑによる赤潮が確認されており、今回の調査でも湾奥側の調査点でｽｹﾚﾄﾈﾏ ｺｽﾀﾀﾑが多かったが、特に高いレベルではなかった。

表 4.3-2　植物プランクトン調査結果概要【海域 4 地点】

調査期日：平成14年 2月22日
調査方法：ﾊﾞﾝﾄﾞｰﾝ採水器による採水

項目＼調査地点	S-1	S-2	S-3
種類数	32	32	8
細胞数(細胞／L)	717,300	313,200	163,700
沈殿量(mL／L)	0.17	0.11	0.02
主な出現種 組成比率（%）	*Skeletonema costatum* 507,000 (70.7) *Asterionella glacialis* 79,000 (11.0)	*Skeletonema costatum* 184,800 (59.0)	Unknown Micro-flagellate 148,000 (90.4)

項目＼調査地点	S-4	平均
種類数	12	44
細胞数(細胞／L)	56,400	312,650
沈殿量(mL／L)	0.03	0.10
主な出現種 組成比率（%）	Unknown Micro-flagellate 46,000 (81.6) CRYPTOMONADALES 7,600 (13.5)	*Skeletonema costatum* 173,750 (55.6) Unknown Micro-flagellate 68,550 (21.9)

（注）1.種類数の平均欄は総種類数を示す。
2.主な出現種は各調査地点における細胞数の上位 5 種（ただし組成比率10%以上）を示す。

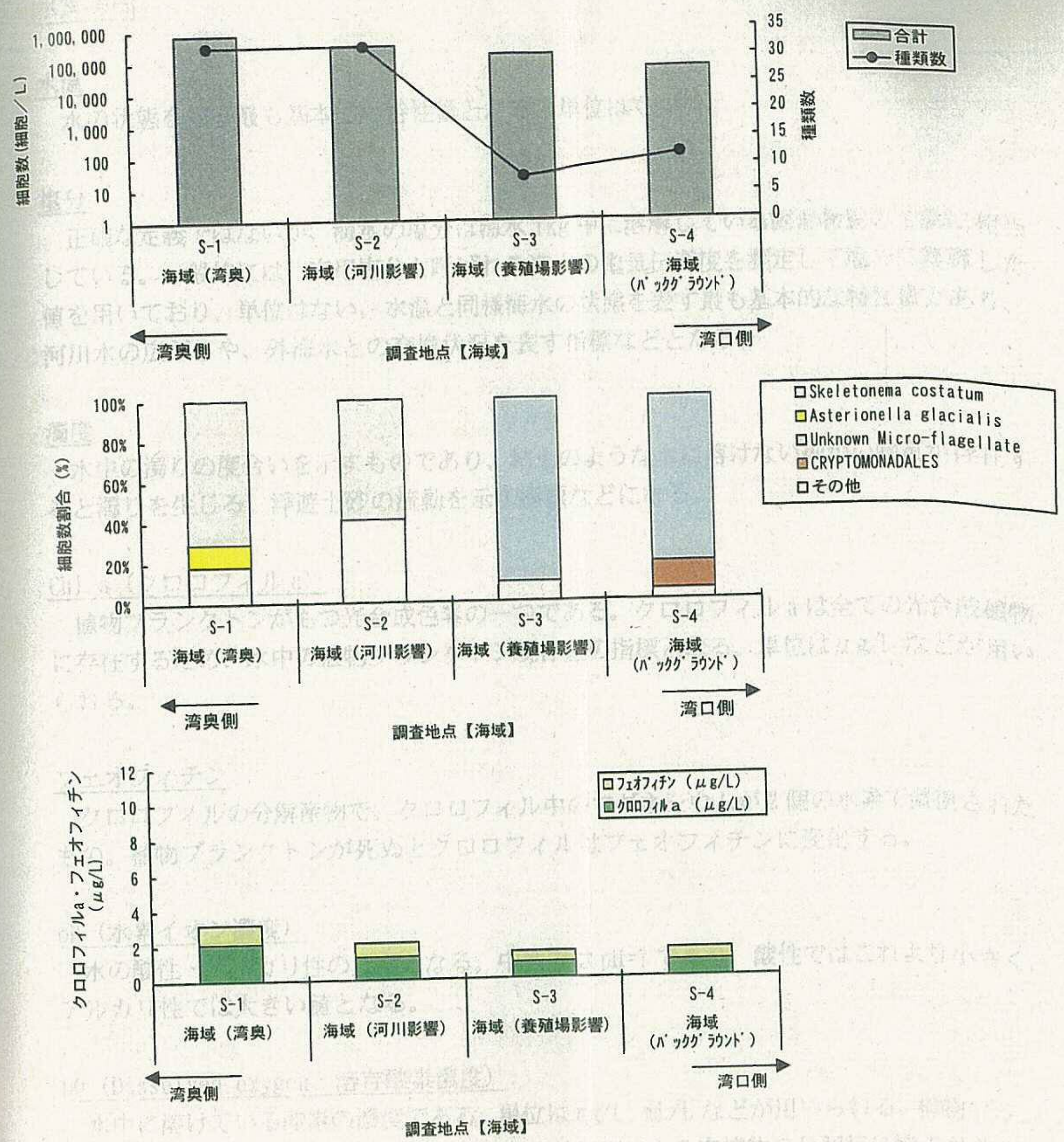


図 4.3-2　植物プランクトンの出現種類数・細胞数および細胞数割合【海域 4 地点】

＜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 μg/L などが用いられる。

フェオフィチン

クロロフィルの分解産物で、クロロフィル中のマグネシウムが 2 個の水素で置換されたもの。植物プランクトンが死ぬとクロロフィルはフェオフィチンに変化する。

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 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、浮遊物質量）

水中に懸濁している不溶解性の粒子状物質量のことで、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とされる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。

NH_4-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。

NO_2-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、好気的（溶存酸素濃度が高い）環境では硝酸態窒素に、嫌気的（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。

NO_3-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、NH_4-N、NO_2-N、NO_3-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。

PO_4-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・PO_4-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。PO_4-PとD・PO_4-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・PO_4-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。

SiO_2-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。

ミネラル

ミネラル

生体内で多く含まれる酸素、炭素、水素、窒素などの元素のほかに、非常に微量しか含まれないが他の元素で代用することができず、また生体内は元素間の変換も起こらないので必須の栄養素をいう。代表的なものは、カルシウム、鉄、カリウム、ナトリウム、燐など。

鉄（Fe）

植物プランクトンの生育に欠かせない微量元素の 1 つ。地殻中に酸素（46.60%）、珪素（27.72%）、アルミニウム（8.13%）に次いで多く存在する物質（5.00%）で、流域の地質によっては自然水中に懸濁物としてかなり多量に含まれている。通常の地表水では溶存態鉄はきわめて少なく懸濁態で存在する。生体内では、光合成系および呼吸系における電子伝達、クロロフィルの生合成、硝酸と亜硝酸の還元、窒素固定、活性酸素種の分解などに鉄が必要とされ、様々な生理学的役割を担っている。

マンガン（Mn）

植物プランクトンの生育に欠かせない微量元素の 1 つ。地殻中には 950ppm 存在する。鉄と同様にビタミンの形成など様々な生理学的役割を担っている。

銅（Cu）

植物プランクトンの生育に欠かせない微量元素の 1 つ。地殻中には 55ppm 存在する。他の微量元素と同様に生体内で様々な生理学的役割を担っている。

亜鉛（Zn）

植物プランクトンの生育に欠かせない微量元素の 1 つ。地殻中には 70ppm 存在する。他の微量元素と同様に生体内で様々な生理学的役割を担っている。

溶存態と懸濁態

一般に孔径 0.45～1μm のフィルターを通過する成分を溶存態（または溶解性）、通過しないものを懸濁態（または粒子性）という。溶存態のものには頭文字 D（dissolved）、懸濁態のものには頭文字 P（particulate）をつけて区別する。

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。水分重量は一般に湿土を105℃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0.2mg/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。

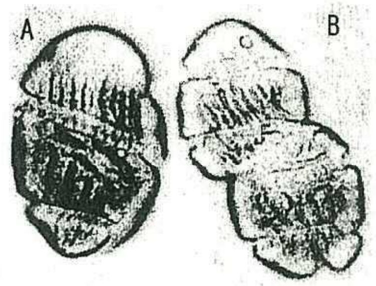
赤潮

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・ﾗﾌｨﾄﾞ藻類による赤潮は、ときに魚類等に大被害を与える場合があり、八代海では、渦鞭毛藻類のｺｸﾛﾃﾞｨﾆｳﾑ ﾎﾟﾘｸﾘｺｲﾃﾞｽ *Cochlodinium polykrikoides*, ｷﾞﾑﾉﾃﾞｨﾆｳﾑ ﾌﾞﾚﾍﾞ *Gymnodinium breve*, ｷﾞﾑﾉﾃﾞｨﾆｳﾑ ﾐｷﾓﾄｲ *G. mikimotoi*、ﾗﾌｨﾄﾞ藻類のﾍﾃﾛｼｸﾞﾏ ｱｶｼｵ *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。

ｺｸﾛﾃﾞｨﾆｳﾑ ﾎﾟﾘｸﾘｺｲﾃﾞｽ *Cochlodinium polykrikoides*



（分類）渦鞭毛藻綱ｷﾞﾑﾉﾃﾞｨﾆｳﾑ目ｷﾞﾑﾉﾃﾞｨﾆｳﾑ科

（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。

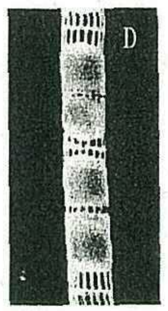
ｼｬｯﾄﾈﾗ ｱﾝﾃｨｶ *Chattonella antiqua*

（分類）ﾗﾌｨﾄﾞ藻綱ﾗﾌｨﾄﾞﾓﾅｽ目ﾊﾞｷｭｵﾗﾘｱ科

（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。

ｽｹﾚﾄﾈﾏ ｺｽﾀﾂﾑ *Skeletonema costatum*



（分類）珪藻綱円心目ｺｽｷﾉﾃﾞｨｽｸｽ亜目ﾀﾗｼｵｼｰﾗ科

（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様でないときに一様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。

巻末資料

目　次

水質シミュレーションモデルの計算条件

(1) 流動モデル

① モデルの基本式

流動モデルの基本式は運動方程式、連続の式と温度・塩分拡散の式とで構成され、以下に示すように表される。

（連続の式）

$$\frac{\partial u}{\partial x}+\frac{\partial v}{\partial y}+\frac{\partial w}{\partial z}=0$$

（運動方程式）

$$\frac{\partial u}{\partial t}+u\frac{\partial u}{\partial x}+v\frac{\partial u}{\partial y}+w\frac{\partial u}{\partial z}=fv-\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial x}+A_H\left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 u}{\partial y^2}\right)+A_Z\frac{\partial^2 u}{\partial z^2}$$

$$\frac{\partial v}{\partial t}+u\frac{\partial v}{\partial x}+v\frac{\partial v}{\partial y}+w\frac{\partial v}{\partial z}=-fu-\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial y}+A_H\left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 v}{\partial y^2}\right)+A_Z\frac{\partial^2 v}{\partial z^2}$$

$$\rho g=-\frac{\partial p}{\partial z}$$

（温度拡散の式）

$$\frac{\partial T}{\partial t}+u\frac{\partial T}{\partial x}+v\frac{\partial T}{\partial y}+w\frac{\partial T}{\partial z}=K_H\left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 T}{\partial y^2}\right)+K_Z\frac{\partial^2 T}{\partial z^2}+\frac{\phi}{C_w\rho}$$

（塩分拡散の式）

$$\frac{\partial S}{\partial t}+u\frac{\partial S}{\partial x}+v\frac{\partial S}{\partial y}+w\frac{\partial S}{\partial z}=K_H\left(\frac{\partial^2 S}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 S}{\partial y^2}\right)+K_Z\frac{\partial^2 S}{\partial z^2}$$

ここで、u, v, w:x, y, z方向の流速(cm/s)、f：コリオリ係数(1/s)、g:重力加速度(=980cm/s^2)、p：圧力(g/cm/s^2)、ρ：密度(g/cm^3)、A_H, A_Z：渦動粘性係数(cm^2/s)、K_H, K_Z：渦動拡散係数(cm^2/s)、T:温度(℃)、S:塩分、φ：海面での熱フラックス(cal/cm^2/s)、Cw:比熱(cal/g/℃)である。

また、海面での熱フラックスφは以下のように計算される。

$$\phi=\phi_S-(\phi_b+\phi_c+\phi_e)$$

φs、φb、φc、φeは以下に示すとおりである。

a) 吸収日射量φs

$$\phi_S=(1-\alpha_r)\phi_{S0}$$

α_r：水面反射率、ϕ_{S0}：海面での日射量(kcal/m^2/日)

b) 有効長波放射量φb

$$\phi_b = S_\sigma \theta_W^4 1 - a - b\sqrt{e(T_a)})(1 - cn^2) + 4S_\sigma \theta_W^3 (T_w - T_a)$$
$$e(T_a) = fe_s(T_a)$$
$$e_s(T_a) = 6.11 \times 10^{\frac{7.5T_a}{237.3+T_a}}$$

Sσ：1.32×10-12、θw：海水の絶対温度（K)、a：0.51、b：0.066、Ta：接水大気の気温（℃)、f：相対湿度、e(Ta)：Ta（℃）における大気水蒸気圧、es(Ta)：Ta（℃）における水面上の飽和蒸気圧(mb)、c:0.65、n：雲量（0〜1)、Tw：水温（℃)

c) 大気と水面間の乱流伝達係数（顕熱輸送量）φc

$$\phi_c = K_c\{T_W - T_a\}$$
$$K_c = 2.77 \times 10^{-4}(0.48 + 0.272W)$$

K_C：乱流熱伝達係数(cal/cm²・s・℃)、W：海面上の風速(m/s)

d) 水の相変化に伴う潜熱φe

$$\phi_e = \frac{\phi_c}{B}$$
$$B = \frac{0.66(T_W - T_a)}{e_s(T_W) - e(T_a)}$$

e_s(Tw)：Tw（℃）における水面上の飽和蒸気圧(mb)

② 計算条件の設定

a) 空間分割

水平分割：500m メッシュ

鉛直分割：11 層

第 1 層：	海面下 0〜3m	第 7 層：	海面下 18〜21m
第 2 層：	3〜6m	第 8 層：	21〜24m
第 3 層：	6〜9m	第 9 層：	24〜27m
第 4 層：	9〜12m	第 10 層：	27〜30m
第 5 層：	12〜15m	第 11 層：	30,〜海底
第 6 層：	15〜18m		

b) 計算対象時期と計算期間

夏季平常時（平成 6,7,8 年の 6〜8 月の平均値）の大潮・小潮を含む 15 日間

c) 開境界条件

・境界潮位

付図 1.3-1 に示す開境界で潮汐調和定数をもとに推算潮位を設定した。潮位を推算するための潮汐調和定数は付表 1.3-1 に示すとおり設定した。

付表 1.3-1 開境界における潮汐調和定数

地点	M2 分潮		S2 分潮		K1 分潮		O1 分潮		備考
	振幅(cm)	遅角(°)	振幅(cm)	遅角(°)	振幅(cm)	遅角(°)	振幅(cm)	遅角(°)	
A	79.7	221	34.9	247	25.4	206	19.7	185	阿久根
B	78.0	219	34.0	247	27.0	205	20.0	185	阿久根と牛深から推定
C	85.0	226	36.0	255	26.0	209	20.0	189	牛深
D	96.0	245	42.0	275	27.0	210	20.0	195	富岡と口之津から推定
E	96.0	245	42.0	275	27.0	210	20.0	195	同上
F	116.6	256	49.5	289	28.2	224	19.6	194	須川
G	121.2	253	52.0	288	27.3	218	20.9	198	三角

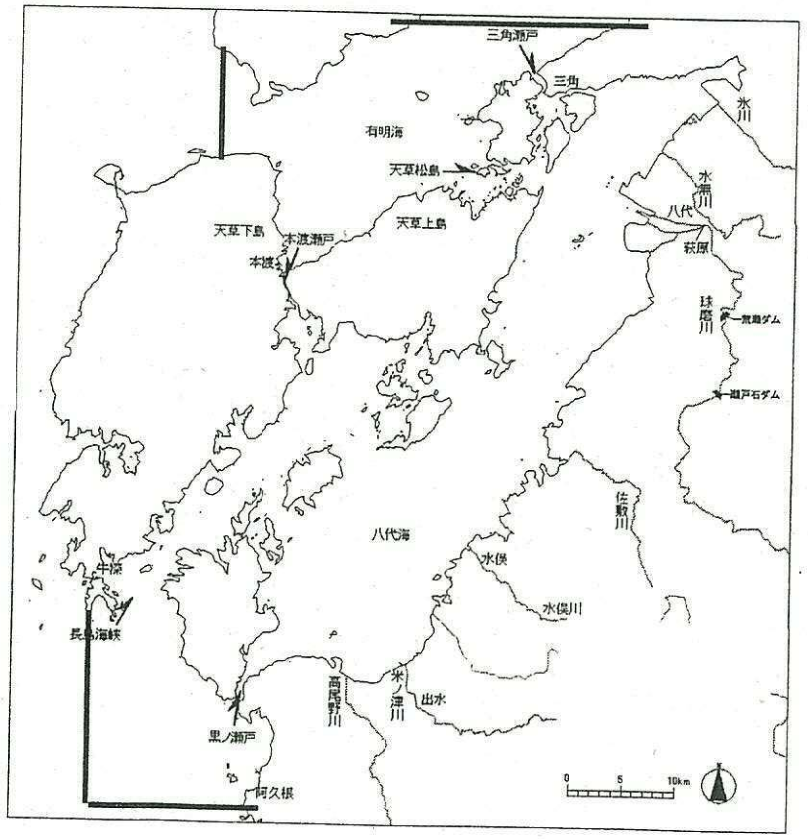
出典）日本沿岸潮汐調和定数（海上保安庁、平成 4 年 2 月）

・境界水温・塩分

付図 1.3-1 に示す開境界の水温・塩分については熊本県実施の沿岸定線及び浅海定線調査結果を用いて付表 1.3-2 に示す設定範囲の値を各層毎に内挿して設定した。

付表 1.3-2　開境界水温・塩分（平成 6～8 年、6～8 月の平均値）

			設定範囲	設定方法
東シナ海側 (A-B-C)	水温(℃)		21.1～24.6	熊本県沿岸定線 St.10 より設定
	塩分		33.7～34.3	
天草下島北側 (D-E)	水温(℃)		22.1～22.8	浅海定線 St.A の測定値より設定
	塩分		33.2～33.5	
有明海側 (F-G)	水温(℃)	口之津側	23.0～23.7	浅海定線 St.3, St.6 の測定値より設定
		三角側	22.7～23.2	
	塩分	口之津側	32.2～32.6	
		三角側	32.3～32.8	



付図 1.3-1　開境界位置

d) 流入水量

・球磨川

海域の水質形成に影響の大きいと考えられる流入河川の状況は検討対象期間における海域水質測定日の状況を元にするものとした。検討対象期間において、海域水質は計 42 日間にわたって測定されており、その時の球磨川(横石)流量は 16～671m³/s、平均 119m³/s であり、これを平常時の球磨川河川流量とした。

・その他河川等

氷川（立神）流量は、球磨川と同様に検討対象期間 1994～1996 年（6～8 月）の海域水質測定日の実測日流量の期間平均値を用いた（9.35m³/s）。その他河川等（直接流入域含む）については、各流域面積に球磨川（横石）比流量を乗じて求めた。

設定した流入位置と流入水量は、付表 1.3-3 及び本編の図 1.3-4 に示すとおりである。

付表 1.3-3　流入水量

番号	河川名	流域面積(km^2)	流量(m^3/s)
1	波多良川	13.00	0.83
2	郡浦川	8.80	0.56
3	里浦川	3.50	0.22
4	底江川	2.40	0.15
5	大見川	3.70	0.24
6	西浦川	2.20	0.14
7	長崎川	3.50	0.22
8	浦上川	6.60	0.42
9	大野川	25.40	1.63
10	五丁川	6.10	0.39
11	八枚戸川	10.50	0.67
12	砂川	28.30	1.81
13	八間川	18.65	1.19
14	氷川	215.17	9.35
15	鏡川	10.65	0.68
16	大蛸川	53.26	3.41
17	水無川	18.82	1.20
18	球磨川	1856.00	118.95
19	流藻川	25.80	1.65
20	二見川	36.07	2.31
21	赤松川	2.87	0.18
22	田浦川	6.20	0.40
23	宮の浦川	2.20	0.14
24	小田浦川	4.30	0.28
25	佐敷川	61.00	3.90
26	湯浦川	38.90	2.49
27	女島川	3.70	0.24
28	津奈木川	18.70	1.20
29	小津奈木川	5.50	0.35
30	水俣川	132.50	8.48
31	坂口川	2.10	0.13
32	袋川	6.40	0.41
33	境川	5.90	0.38
34	中田川	2.60	0.17
35	流合川	15.30	0.98
36	大宮地川	32.00	2.05
37	方原川	10.40	0.67
38	白洲川	3.70	0.24
39	河内川	23.80	1.52
40	浦川	11.00	0.70
41	目玉川	0.90	0.06
42	合津川	4.60	0.29
43	米ノ津川	201.30	12.88
44	高尾野川	75.20	4.81
45	江内川	19.30	1.24

番号	河川名	流域面積(km^2)	流量(m^3/s)
S1	その他	0.26	0.02
S2	その他	0.26	0.02
S3	その他	28.52	1.83
S4	その他	5.74	0.37
S5	その他	47.90	3.07
S6	その他	26.25	1.68
S7	その他	26.25	1.68
S8	その他	47.90	3.07
S9	その他	47.90	3.07
S10	その他	47.90	3.07
S11	その他	13.87	0.89
S12	その他	7.56	0.48
S13	その他	23.02	1.47

e) 気象条件

気象条件については、海域水質が測定日の平均値を用いた。観測所は、日射量、雲量、湿度については熊本、気温および風速は八代である。

f) 諸係数

その他の諸係数は、以下のように設定した。

水平渦動粘性係数	10^6 cm^2/s
水平渦動拡散係数	10^4 cm^2/s
鉛直渦動粘性係数	成層化関数より設定
鉛直渦動拡散係数	成層化関数より設定
海底摩擦係数	0.0026

(2) 水質モデル

① モデルの基本式

水質モデルの基本構造は本編の図 1.3-3 に示すとおりであり、モデルの基本式は、以下に示すとおりである。

$$\frac{\partial}{\partial t}\left(H^{(n)}\cdot C^{(n)}\right)=-\frac{\partial}{\partial x}\left(H^{(n)}\cdot U^{(n)}\cdot C^{(n)}\right)-\frac{\partial}{\partial y}\left(H^{(n)}\cdot V^{(n)}\cdot C^{(n)}\right)$$

水平移流項

$$+\frac{\partial}{\partial x}\left(K\cdot H^{(n)}\frac{\partial}{\partial x}C^{(n)}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left(K\cdot H^{(n)}\frac{\partial}{\partial y}C^{(n)}\right)$$

水平拡散項

$$-W^{(n,n-1)}\cdot C_{*}^{(n-1,n)}$$

上の層との間の鉛直移流項

（n＝1の場合は0）

$$+W^{(n,n+1)}\cdot C_{*}^{(n,n+1)}$$

下の層との間の鉛直移流項

（最下層の場合は0）

$$+\frac{K_Z}{\left(H^{(n-1)}+H^{(n)}\right)\times 0.5}\left(C^{(n-1)}-C^{(n)}\right)$$

上の層との間の鉛直拡散項

（n＝1の場合は0）

$$-\frac{K_Z}{\left(H^{(n+1)}+H^{(n)}\right)\times 0.5}\left(C^{(n)}-C^{(n+1)}\right)+\frac{d}{dt}\left(C^{(n)}H^{(n)}\right)$$

下の層との間の鉛直拡散項　　　　反応項

$C^{(n)}$　：第n層の物質濃度(g/m^3)

$H^{(n)}$　：第n層の層厚(m)

$U^{(n)}$　：第n層のx方向の流速(m/s)

$V^{(n)}$　：第n層のy方向の流速(m/s)

$W^{(n_1,n_2)}$：第n_1層と第n_2層の間の鉛直流(m/s)

$W^{(n_1,n_2)}\geq 0$なら$C_{*}^{(n_1,n_2)}=C^{(n_2)}$

$W^{(n_1,n_2)}<0$なら$C_{*}^{(n_1,n_2)}=C^{(n_1)}$

K　：水平拡散係数(m^2/s)

K_z　：鉛直拡散係数(m^2/s)

反応項

(1) 無機態物質（燐、窒素）（第ｎ層）

$$\frac{d}{dt}\left(IM^{(n)}\cdot H^{(n)}\right)=+\left(-Pr^{(n)}+Res_{Phy}\cdot Phy^{(n)}\right)\Big/rP_{1|2}\cdot H^{(n)}$$

－植物プランクトンの生産項＋呼吸項

$$+D^{(n)}_{PP|PN}\cdot POM^{(n)}\cdot H^{(n)}+D^{(n)}_{DP|DN}\cdot DOM^{(n)}\cdot H^{(n)}$$

懸濁態無機化項　　溶存態無機化項

$$+Y_{IP|IN}+L_{IP|IN}$$

溶出項　流入負荷量

(2) 懸濁態有機物質（燐、窒素、COD）（第ｎ層）

$$\frac{d}{dt}\left(POM^{(n)}\cdot H^{(n)}\right)=+\left(Mor_{Phy}\cdot Phy^{(n)}\right)\Big/rP_{1|2}\cdot H^{(n)}$$

植物プランクトンの枯死項

$$-D^{(n)}_{PP|PN|PC}\cdot POM^{(n)}\cdot H^{(n)}-D^{(n)}_{PPDP|PNDN|PCDC}\cdot POM^{(n)}\cdot H^{(n)}$$

無機化項　　分解項

$$+S^{(n-1)}_{P|N|COD}\cdot POM^{(n-1)}-S^{(n)}_{P|N|COD}\cdot POM^{(n)}+L_{POP|PON|PCOD}$$

上の層からの沈降　下の層への沈降　流入負荷
(n＝1の場合は0)

(3) 溶存態有機物質（燐、窒素、COD）（第ｎ層）

$$\frac{d}{dt}\left(DOM^{(n)}\cdot H^{(n)}\right)=+\left(Pr^{(n)}\cdot\varepsilon\right)\Big/rP_{1|2}\cdot H^{(n)}$$

植物プランクトンの細胞外分泌項

$$-D^{(n)}_{DP|DN|DC}\cdot DOM^{(n)}\cdot H^{(n)}+D^{(n)}_{PPDP|PNDN|PCDC}\cdot POM^{(n)}\cdot H^{(n)}$$

無機化項　　分解項

$$+L_{DOP|DON|DCOD}$$

流入負荷

(4) 植物プランクトン（第ｎ層）

$$\frac{d}{dt}\left(Phy^{(n)}\cdot H^{(n)}\right)=+Pr^{(n)}\cdot(1-\varepsilon)\cdot H^{(n)}-Res_{Phy}\cdot Phy^{(n)}\cdot H^{(n)}$$

生産項－細胞外分泌項　　呼吸項

$$-Mor_{Phy}\cdot Phy^{(n)}\cdot H^{(n)}$$

枯死項

$$+S^{(n-1)}_{Phy}\cdot Phy^{(n-1)}-S^{(n)}_{Phy}\cdot Phy^{(n)}$$

上の層からの沈降　下の層への沈降
（ｎ＝１の場合は０）

(5) ＤＯ（第ｎ層）

$$\frac{d}{dt}\left(DO^{(n)}\cdot H^{(n)}\right)=+\left(Pr^{(n)}-Res_{Phy}\cdot Phy^{(n)}\right)\cdot rP_4\cdot H^{(n)}$$

植物プランクトンの生産項－呼吸項

$$-D^{(n)}_{PCOD}\cdot PCOD^{(n)}\cdot H^{(n)}\cdot rDO-D^{(n)}_{DCOD}\cdot DCOD^{(n)}\cdot H^{(n)}\cdot rDO$$

懸濁態無機化項　　溶存態無機化項

$$+K_{ex}\cdot(DOS-DO)^{(n)}\cdot H^{(n)}\ -\ DOSH\ +\ L_{DO}$$

再曝気項　　底泥のＤＯ消費　流入負荷
(n＝1のみ)

$IM^{(n)}$　：第ｎ層の無機態燐(IP)、窒素(IN)濃度(g/m^3)

$POM^{(n)}$：第ｎ層の懸濁態有機態燐(POP)、窒素(PON)、COD($PCOD$)濃度(g/m^3)

$DOM^{(n)}$：第ｎ層の溶存態有機態燐(DOP)、窒素(DON)、COD($DCOD$)濃度(g/m^3)

$Phy^{(n)}$　：第ｎ層の植物プランクトンのクロロフィルa濃度(g/m^3)

$DO^{(n)}$　：第ｎ層のDO濃度(g/m^3)

$P_r^{(n)}$ ：植物プランクトンによる生産量

$$P_r^{(n)} = Phy^{(n)} \cdot \mu \max \cdot f(T) \cdot f(N,P) \cdot f(I)$$

$\mu \max$：最大比増殖速度（　/s）

$f(T)$ ：増殖速度の温度(T)依存項

$$f(T) = \frac{T^{(n)}}{T_{OPT}} \exp\left(1 - \frac{T^{(n)}}{T_{OPT}}\right)$$

T_{opt} ：最適水温（℃）

$f(N,P)$：増殖速度の栄養塩依存項

$$f(N,P) = \min\left\{\frac{IP^{(n)}}{K_{IP} + IP^{(n)}}, \frac{IN^{(n)}}{K_{IN} + IN^{(n)}}\right\}$$

K_{IP} ：燐の半飽和濃度(g/m^3)

K_{IN} ：窒素の半飽和濃度(g/m^3)

$f(I)$ ：増殖速度の照度依存項（水中照度Iから計算）

$$f(I) = \frac{I^{(n)}}{I_{OPT}} \exp\left(1 - \frac{I^{(n)}}{I_{OPT}}\right)$$

Res_{Phy}：植物プランクトンの呼吸速度（　/s）

Mor_{Phy}：植物プランクトンの枯死速度（　/s）

$D_{PP|PN|PCOD}^{(n)}$ ：懸濁態有機態燐、窒素、CODの無機化速度（　/s）

$D_{DP|DN|DCOD}^{(n)}$ ：溶存態有機態燐、窒素、CODの無機化速度（　/s）

$D_{PPDP|PNDN|PCDC}^{(n)}$：懸濁態燐、窒素、CODの分解速度（　/s）

ε ：細胞外分泌係数

$S_{POP|PON|PCOD}^{(n)}$ ：燐、窒素、CODの沈降速度(m/s)

$Y_{IP|IN}$ ：燐、窒素の溶出速度$(g/m^2/s)$

$DOSH$ ：底泥のDO消費速度$(g/m^2/s)$

$L_{IP|IN}$ ：無機態燐、窒素の流入負荷量$(g/m^2/s)$

$L_{POP|PON|PCOD}$ ：懸濁態有機態燐、窒素、CODの流入負荷量$(g/m^2/s)$

$L_{DOP|DON|DCOD}$ ：溶存態有機態燐、窒素、CODの流入負荷量$(g/m^2/s)$

L_{DO} ：DOの流入負荷量$(g/m^2/s)$

K_{ex} ：再曝気係数（ /s）

DOS ：飽和DO濃度(g/m^3)

rP_1 ：植物プランクトンのCOD/窒素 比

rP_2 ：植物プランクトンのCOD/燐 比

rP_4 ：植物プランクトンのDO/ 炭素 比

② 計算条件の設定

a）空間分割

水平・鉛直方向の空間分割は、流動モデルと同じとした。

b）計算対象時期と計算期間

夏季平常時（平成6,7,8年の6～8月の平均値）の大潮・小潮を含む15日間

c）開境界条件

付図 1.3-1 に示した開境界における水質は、東シナ海側は鹿児島県、天草下島と有明海側は長崎県の公共用水域水質測定結果を用いて設定した。ただし、各態については2001年 6 月に実施した現地調査結果あるいは、熊本県の公共用水域水質測定結果から求めた配分比を用いて設定している。また、公共用水域水質測定では上層の測定しかされていないことから、中層～底層の境界水質の鉛直分布は2001年6月に実施した現地調査結果の鉛直分布から推定した。

Chl.a(クロロフィル a)濃度については、測定がされていないため2001年6月に実施した現地調査結果から、全リン濃度からの推定式を作成して設定している。

付表 1.3-4 に開境界水質の第1層（海面下0～3m）と第5層（海面下12～15m）、第11層（海面下30m～海底）の設定値を示した。

付表 1.3-4　開境界水質（平成6～8年、6～8月の平均値）

【東シナ海側(A-C)】

			第1層	第5層	第11層	設定方法
DO(mg/L)			7.3	7.3	7.3	鹿児島県公共用水域基準点7より設定
Chl.a(mg/L)			0.0004	0.0004	0.0000	T-P濃度より換算 注1
COD (mg/L)	植物pl.態		0.05	0.05	0.00	Chl.a×換算比 注1
	デトライタス態		0.02	0.02	0.02	TCOD-植物pl.態-溶存態
	溶存態		1.1	1.0	1.0	TCOD×溶存態比 注2
T-N (mg/L)	有機態	植物pl.態	0.007	0.007	0.000	Chl.a×換算比 注1
		デトライタス態	0.07	0.05	0.06	(T-N-無機態-植物pl.態)×懸濁態比注2
		溶存態	0.08	0.06	0.07	(T-N-無機態-植物pl.態)×溶存態比注2
	無機態		0.03	0.03	0.03	鹿児島県公共用水域基準点7より設定
T-P (mg/L)	有機態	植物pl.態	0.0008	0.0008	0.0000	Chl.a×換算比 注1
		デトライタス態	0.002	0.001	0.002	(T-P-無機態-植物pl.態)×懸濁態比注2
		溶存態	0.003	0.002	0.003	(T-P-無機態-植物pl.態)×溶存態比注2
	無機態		0.007	0.007	0.006	T-P×（PO4-P/T-P比）注3

※)TCOD、T-N、T-P濃度については鹿児島県公共用水域基準点7より設定。

【天草下島北側(D-E)】

			第1層	第5層	第11層	設定方法
DO(mg/L)			6.9	6.9	6.9	長崎県公共用水域　瀬詰先沖より設定
Chl.a(mg/L)			0.0017	0.0017	0.0000	T-P 濃度より換算 [注1]
COD (mg/L)	植物 pl.態		0.2	0.2	0.0	Chl.a×換算比 [注1]
	デトライタス態		0.01	0.01	0.02	TCOD-植物 pl.態-溶存態
	溶存態		0.7	0.6	0.8	TCOD×溶存態比 [注2]
T-N (mg/L)	有機態	植物 pl.態	0.03	0.03	0.00	Chl.a×換算比 [注1]
		デトライタス態	0.04	0.02	0.03	(T-N-無機態-植物 pl.態)×懸濁態比 [注2]
		溶存態	0.05	0.03	0.04	(T-N-無機態-植物 pl.態)×溶存態比 [注2]
	無機態		0.13	0.13	0.14	長崎県公共用水域　瀬詰先沖より設定
T-P (mg/L)	有機態	植物 pl.態	0.003	0.003	0.000	Chl.a×換算比 [注1]
		デトライタス態	0.002	0.001	0.003	(T-P-無機態-植物 pl.態)×懸濁態比 [注2]
		溶存態	0.003	0.001	0.004	(T-P-無機態-植物 pl.態)×溶存態比 [注2]
	無機態		0.009	0.008	0.008	T-P×（PO4-P/T-P 比）[注3]

※)TCOD、T-N、T-P 濃度については長崎県公共用水域瀬詰先沖より設定。

【有明海側(F-G)】

			第1層	第5層	第11層	設定方法
DO(mg/L)			7.0	5.7	5.2	長崎県公共用水域　須川港より設定
Chl.a(mg/L)			0.0036	0.0008	0.0000	T-P 濃度より換算 [注1]
COD (mg/L)	植物 pl.態		0.5	0.1	0.0	Chl.a×換算比 [注1]
	デトライタス態		0.02	0.02	0.02	TCOD-植物 pl.態-溶存態
	溶存態		0.9	1.1	1.1	TCOD×溶存態比 [注2]
T-N (mg/L)	有機態	植物 pl.態	0.06	0.01	0.00	Chl.a×換算比 [注1]
		デトライタス態	0.02	0.00	0.00	(T-N-無機態-植物 pl.態)×懸濁態比 [注2]
		溶存態	0.02	0.00	0.00	(T-N-無機態-植物 pl.態)×溶存態比 [注2]
	無機態		0.14	0.15	0.15	長崎県公共用水域　須川港より設定
T-P (mg/L)	有機態	植物 pl.態	0.007	0.002	0.000	Chl.a×換算比 [注1]
		デトライタス態	0.002	0.002	0.000	(T-P-無機態-植物 pl.態)×懸濁態比 [注2]
		溶存態	0.002	0.003	0.000	(T-P-無機態-植物 pl.態)×溶存態比 [注2]
	無機態		0.012	0.013	0.017	T-P×（PO4-P/T-P 比）[注3]

※)TCOD、T-N、T-P 濃度については長崎県公共用水域須川港より設定。

注1) 2001 年 6 月の現地調査結果より推定式または換算比を作成（図 2.1-7、図 2.1-8 参照）
注2) 2001 年 6 月の現地調査結果の St.28 の測定値より配分比を設定
注3) 熊本県公共用水域水質測定による 1994～1996 年 6～8 月の測定値から、境界近傍の PO4-P と T-P の測定値より設定
注4) 長崎県測定の COD はアルカリ法による測定のため、COD（アルカリ法）＝COD（酸性法）*0.57 として酸性法
相当の濃度に換算している。（参考資料：水産用水基準、（社）日本水産資源保護協会）

d) 汚濁負荷量

・流入負荷量

流入負荷量については、本編の図 1.3-4 に示した位置で、付表 1.3-5 に示す値を与えた。

付表 1.3-5　流入汚濁負荷量

		流入負荷(kg/day)		
河川番号	河川名	T-N	T-P	COD
1	波多良川	63.1	4.4	176.2
2	郡浦川	142.1	3.8	151.0
3	里浦川	54.6	1.5	58.1
4	底江川	38.3	1.0	40.7
5	大見川	24.5	1.2	56.1
6	西浦川	14.3	0.7	32.7
7	長崎川	24.5	1.2	56.1
8	浦上川	46.9	2.4	107.5
9	大野川	385.2	31.4	997.5
10	五丁川	85.5	6.8	236.3
11	八枚戸川	101.8	7.5	305.5
12	砂川	217.5	16.0	655.8
13	八間川	181.4	13.1	622.0
14	氷川	369.6	25.2	1594.9
15	鏡川	73.1	7.8	341.9
16	大蛸川	643.5	35.9	7788.3
17	水無川	483.1	19.0	7046.2
18	球磨川	8054.9	397.0	20009.0
19	流藻川	347.2	37.3	1128.8
20	二見川	416.6	44.7	1354.5
21	赤松川	23.1	2.6	168.1
22	田浦川	57.7	6.4	420.2
23	宮の浦川	17.3	1.9	126.1
24	小田浦川	37.5	4.2	273.1
25	佐敷川	341.4	28.4	785.0
26	湯浦川	227.6	18.9	523.3
27	女島川	22.8	1.9	52.3
28	津奈木川	99.4	5.2	267.9
29	小津奈木川	40.3	3.1	71.1
30	水俣川	1007.6	78.3	1777.7
31	坂口川	13.4	1.0	23.7
32	袋川	53.7	4.2	94.8
33	境川	45.4	4.4	81.2
34	中田川	9.4	0.6	27.3
35	流合川	65.6	3.9	191.4
36	大宮地川	181.6	9.8	471.1
37	方原川	83.5	4.2	199.6
38	白洲川	11.2	0.7	38.3
39	河内川	78.7	4.7	268.4
40	浦川	76.4	4.3	207.8
41	目玉川	4.2	0.2	11.3
42	合津川	34.8	4.5	121.2
43	米ノ津川	742.0	91.3	1352.9
44	高尾野川	805.3	103.3	1593.4
45	江内川	88.2	18.4	185.9

		流入負荷(kg/day)		
河川番号	河川名	T-N	T-P	COD
S1	その他	415.2	21.6	4039.5
S2	その他	415.2	21.6	4039.5
S3	その他	451.3	50.1	1494.3
S4	その他	34.9	2.1	98.6
S5	その他	282.8	22.0	823.9
S6	その他	286.9	32.7	676.7
S7	その他	286.9	32.7	676.7
S8	その他	282.8	22.0	823.9
S9	その他	282.8	22.0	823.9
S10	その他	282.8	22.0	823.9
S11	その他	78.8	6.7	285.6
S12	その他	65.9	8.1	235.2
S13	その他	320.0	17.7	676.6

・養殖負荷量

養殖負荷量については、付表 1.3-6 に示す 1995 年夏季における負荷量を養殖区画毎に以下の考え方で設定した。負荷の投入位置は本編の図 1.3-5 に示すとおりである。

- 地区別の生産量に原単位をかけて地区別の負荷量を算出した。
- 養殖漁場の位置をメッシュに落とした。
- 地区別の負荷量を当該地区の養殖場別の負荷量に割り振った。
- 熊本県では、区画漁業権図から各漁場の面積を計測し、地区別の合計面積に対する各漁場面積の割合にしたがって、負荷量を割り振った。
- 鹿児島県では、イカダの制限台数が定められているので（熊本県でも平成 10 年度免許以降制定）、地区別の総制限台数に対する各漁場の制限台数の割合にしたがって、負荷量を割り振った。

付表 1.3-6　養殖負荷量

県	区画	区画合計(kg/日)		
		T-P	T-N	COD
熊本県	1 牛深	317	1308	8228
	2 久玉	16	63	404
	3 深海	154	636	4001
	4 河浦町宮野河内	97	384	2469
	5 新和町宮地・中田	35	132	881
	6 新和町大多尾	0	0	0
	7 栖本	135	504	3354
	8 倉岳町宮田	11	43	274
	9 倉岳町棚底	29	119	754
	10 御所浦	575	2225	14512
	11 龍ヶ岳大道	164	628	4116
	12 龍ヶ岳高戸	9	33	217
	13 龍ヶ岳樋島	2	6	40
	14 本渡市南部	163	653	4181
	15 大矢野	9	35	231
	16 三角	5	19	119
	17 田浦	0	2	11
	18 芦北	3	10	67
	18 津奈木	56	209	1390
	20 水俣	[1781] 1	[7012] 3	[45268] 19
鹿児島県	21 長島	55	251	1502
	22 東町	1492	6721	40346
	23 黒之浜	317	1308	8228

3,645　15,292　95,344.

・漁業による取り上げ量

漁船漁業による取り上げ量は、漁獲量に魚体の成分を乗じて設定しており、付表 1.3-7 に示す値を設定した。

付表 1.3-7　漁船漁業による取り上げ量（1995 年度）

区分	窒素(kg/日)		リン(kg/日)		COD(kg/日)	
	魚類等	貝類	魚類等	貝類	魚類等	貝類
八代海全体	849.90	23.320	55.01	3.080	3537.13	198.04

注）COD 取り上げ量は、リン取り上げ量に COD 換算係数（64.3）を乗じて算定

・溶出負荷量、DO 消費速度

海底からの窒素・リン溶出速度、DO 消費速度は、既存文献等及び 2001 年 9 月に実施した底質調査から得られた底泥の窒素・リン・TOC の分布をもとに、以下に示す関数により設定した。

窒素：$Rn=26.7\times M_{tn}\times\theta^{t-25}$

リン：$Rp=66.7\times(M_{tp}-0.3)\times\theta^{t-25}\times 0.80^{DO}$

DO 消費：$Rdo=480\times e^{0.046(t-18)}/22.6\times Mcod$

ここで、Rn, Rp, Rdo：窒素・リン溶出速度、DO 消費速度(mg/m²/Day)、Mtn, Mtp, Mcod：底泥の T-N、T-P、COD 含有量(mg/g)、θ：温度定数、t：海底直上の水温（℃）、DO：海底直上の DO 濃度（mg/L）である。

なお、底泥の T-N、T-P 含有量含有量は、2001 年 9 月の底質調査結果を用いており、COD は同調査の TOC 調査結果から換算した。TOC から COD への換算は、1976～1980 年に熊本県推算研究センターが実施した内湾・浦湾調査の底質調査結果を用いて底泥中の COD と TOC の関係式を求めた。

e) 気象条件

気象条件については、流動計算と同様に海域水質が測定日の平均値を用いた。

f）諸係数

付表 1.3-8　諸係数の設定

区分	項目	採用値	事例範囲
水質諸係数	生産：最大増殖速度（1/日）	2.4	1.27～2.4
	最適照度（cal/cm^2/日）	200	100～200
	最適水温（℃）	25	25～35
	I-N 半飽和定数（g/m^3）	0.025	0.020～0.025
	I-P 半飽和定数（g/m^3）	0.007	0.003～0.027
	呼吸：呼吸速度（g-O_2/g-Chl.a/日）	15	15
	枯死：枯死速度（1/日）	0.01	0.005～0.1
	分解：分解速度（1/日）		
	O-P 分解速度	0.03	
	O-N 分解速度	0.03	0.01～0.6
	COD 分解速度	0.03	
	沈降：沈降速度（m/日）	0.3	0.03～2.46
	換算比		
	O-P/Chl.a 比(g-O-P/g-Chl.a)	2.0	
	O-N/Chl.a 比(g-O-N/g-Chl.a)	17.7	
	COD/Chl.a 比(g-COD/g-Chl.a)	160.0	

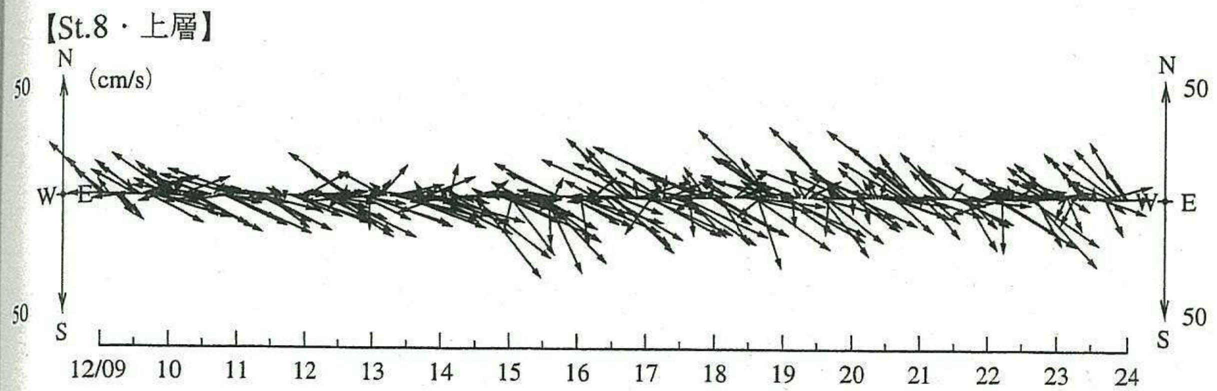
付表1.4-1　八代海における負荷量の削減見込みと削減目標

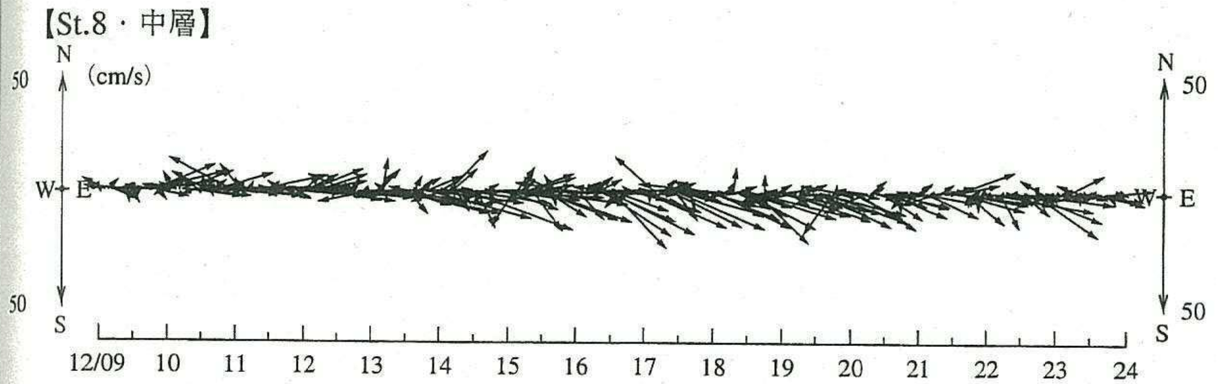
単位：％

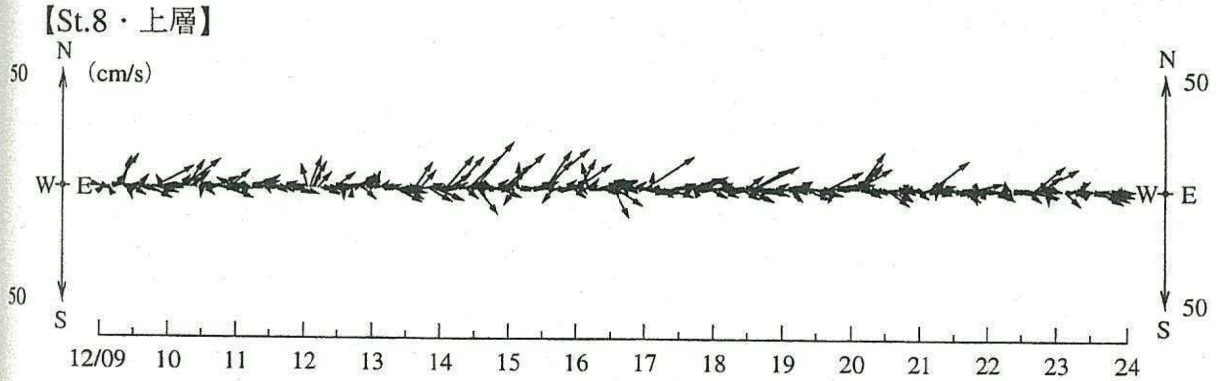
項目		水域	2000年度削減見込み	2005年度削減見込み	削減目標
流入負荷	COD	北部	1	1	1
		中部	3	6	6
		南部	3	6	6
		全域	2	4	4
	窒素	北部	3	4	4
		中部	6	11	11
		南部	3	6	6
		全域	4	8	8
	燐	北部	3	3	4
		中部	4	7	7
		南部	2	-1	2
		全域	3	3	5
養殖負荷	COD	北部	-	-	-
		中部	0	-15	0
		南部	10	3	10
		全域	10	2	10
	窒素	北部	-	-	-
		中部	1	-15	1
		南部	11	4	11
		全域	10	3	10
	燐	北部	-	-	-
		中部	0	-16	0
		南部	10	2	10
		全域	9	2	9
合計	COD	北部	1	1	1
		中部	3	5	5
		南部	9	3	9
		全域	6	3	6
	窒素	北部	3	4	4
		中部	5	10	10
		南部	8	4	8
		全域	7	6	7
	燐	北部	3	3	3
		中部	3	4	4
		南部	8	2	8
		全域	7	2	7

注）1995年度に対する削減見込み率で表わした。
出典）熊本県資料より作成

流況・水質等調査結果（冬季）

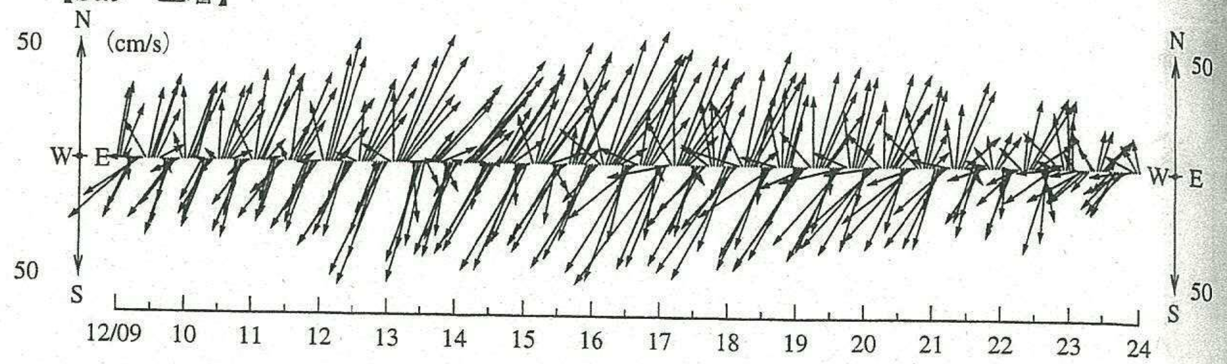




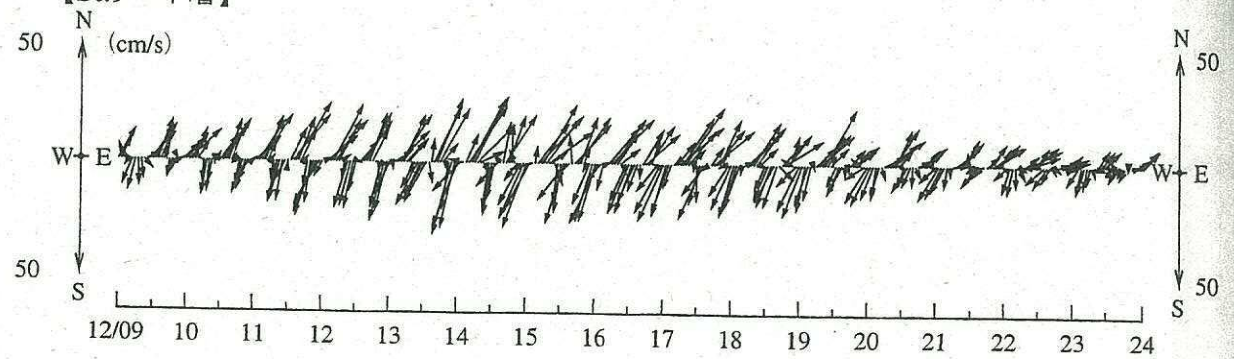


付図 3.2-1(1)　流速ベクトル経時変化（St.8）

【St.9・上層】

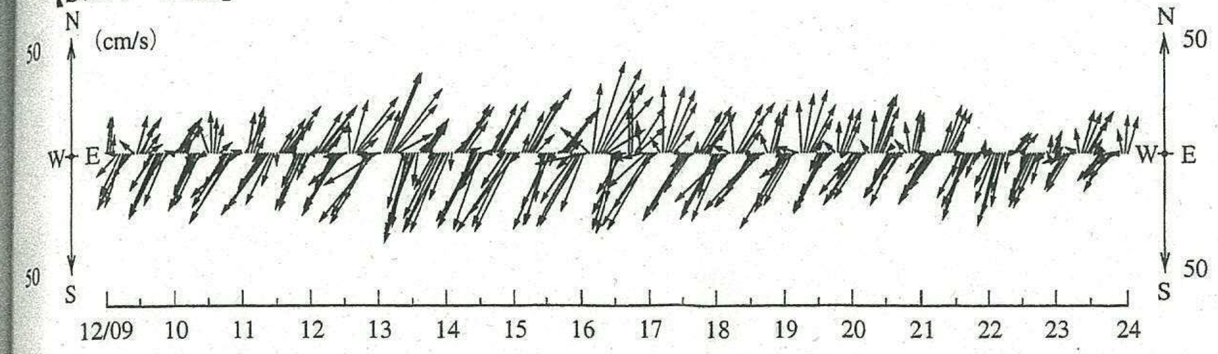


【St.9・下層】

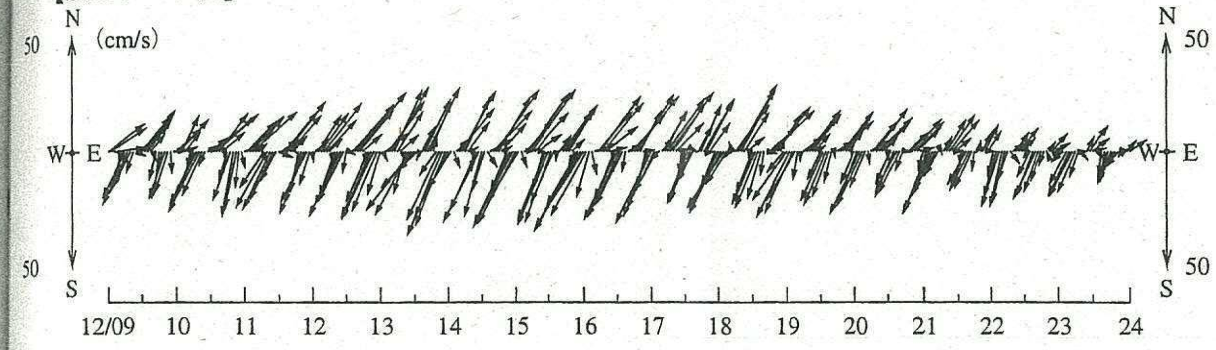


付図 3.2-1(2) 流速ベクトル経時変化（St.9）

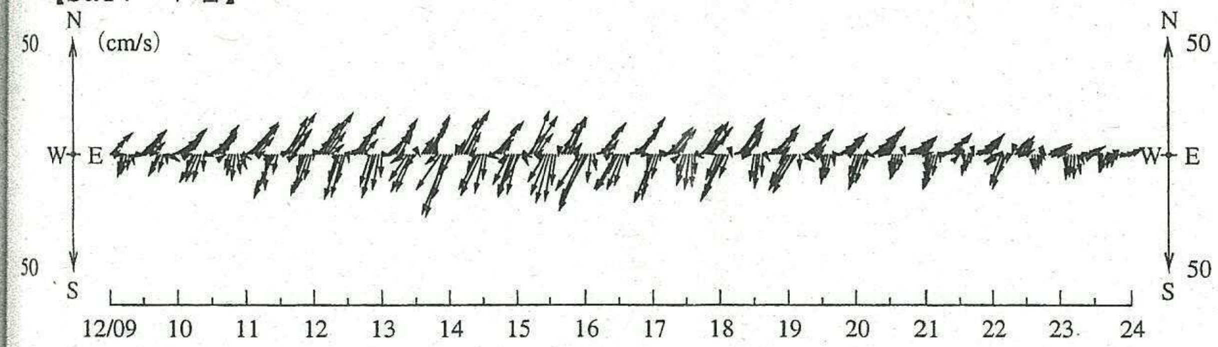
【St.14・上層】



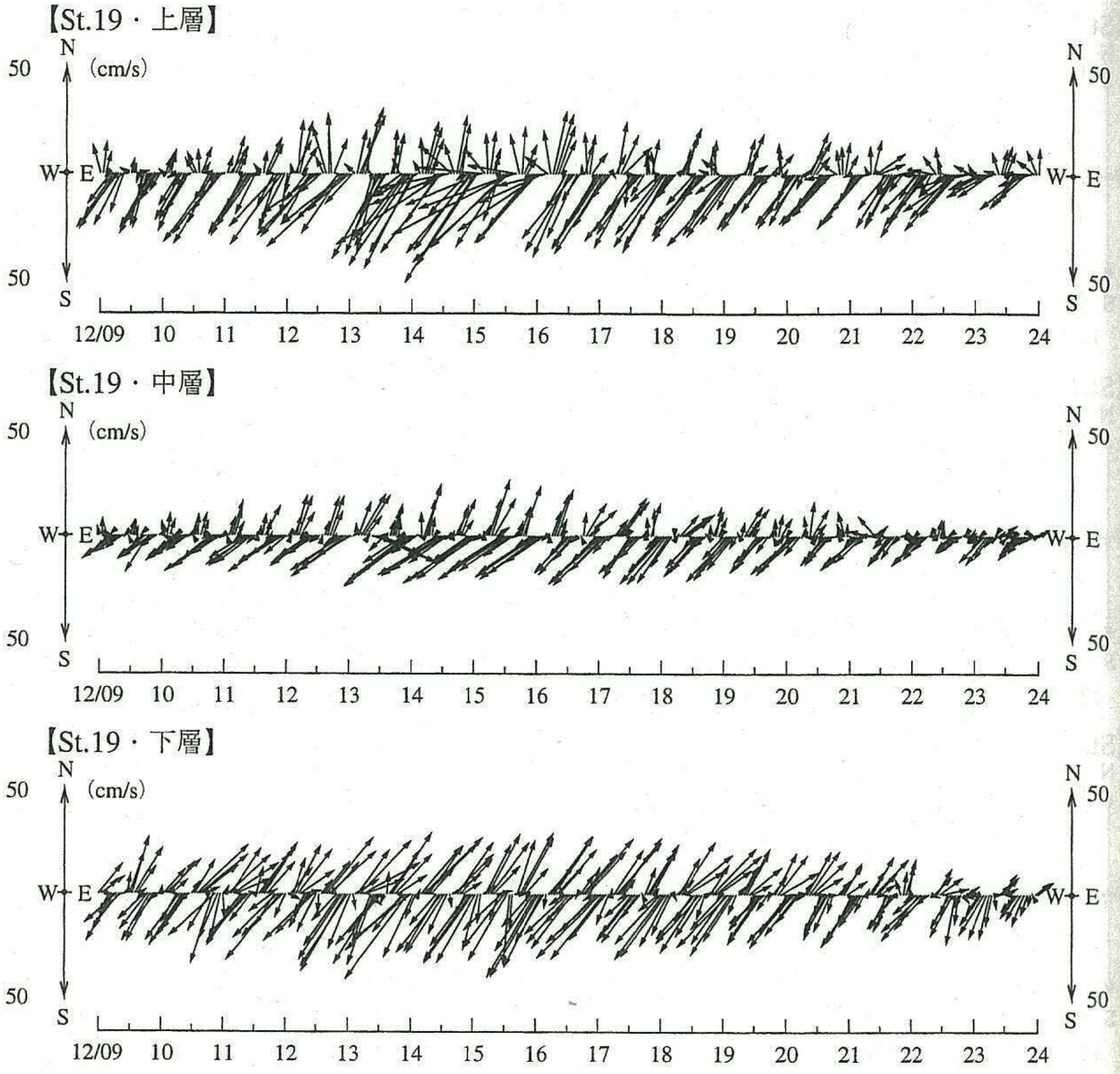
【St.14・中層】



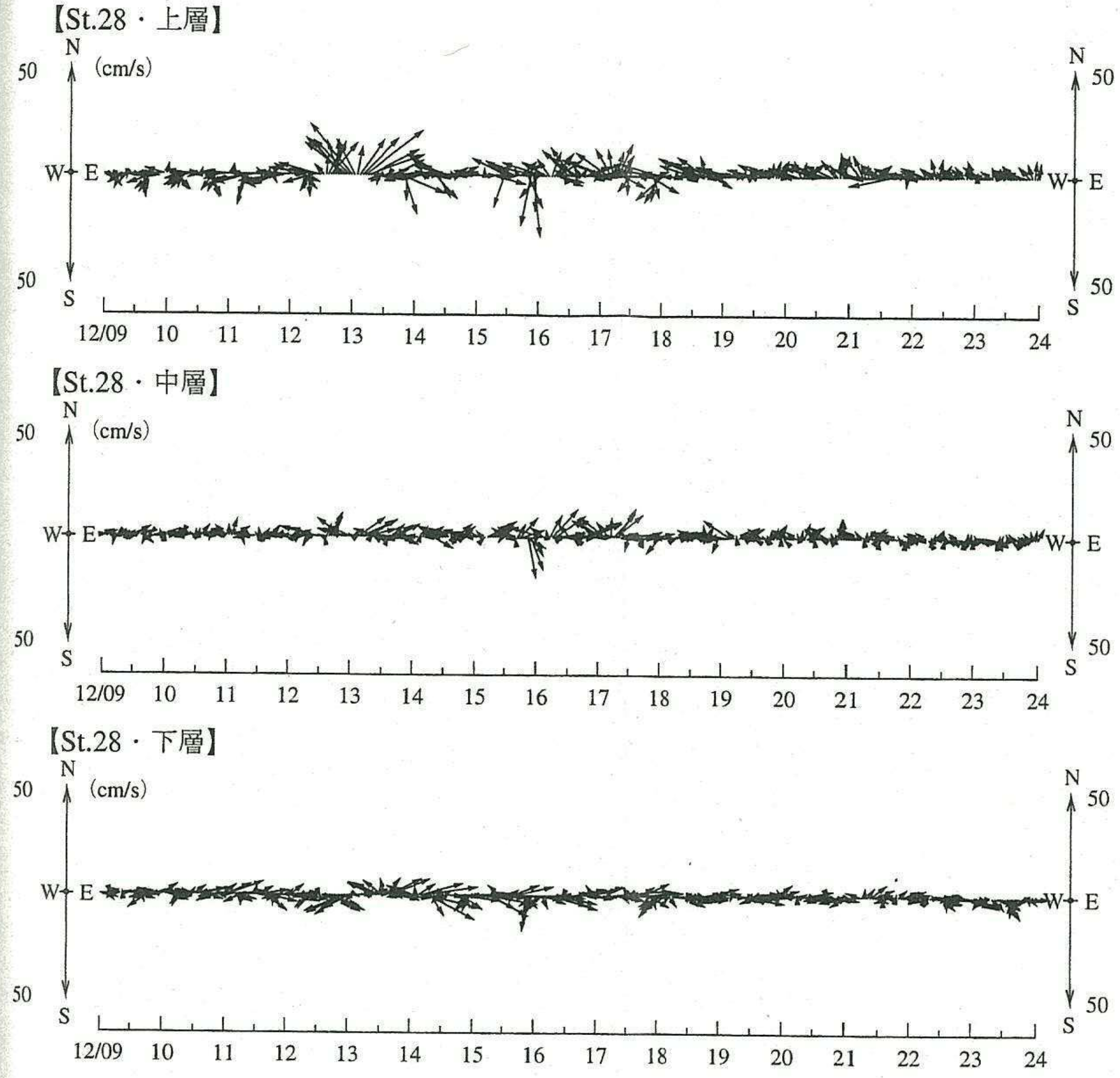
【St.14・下層】



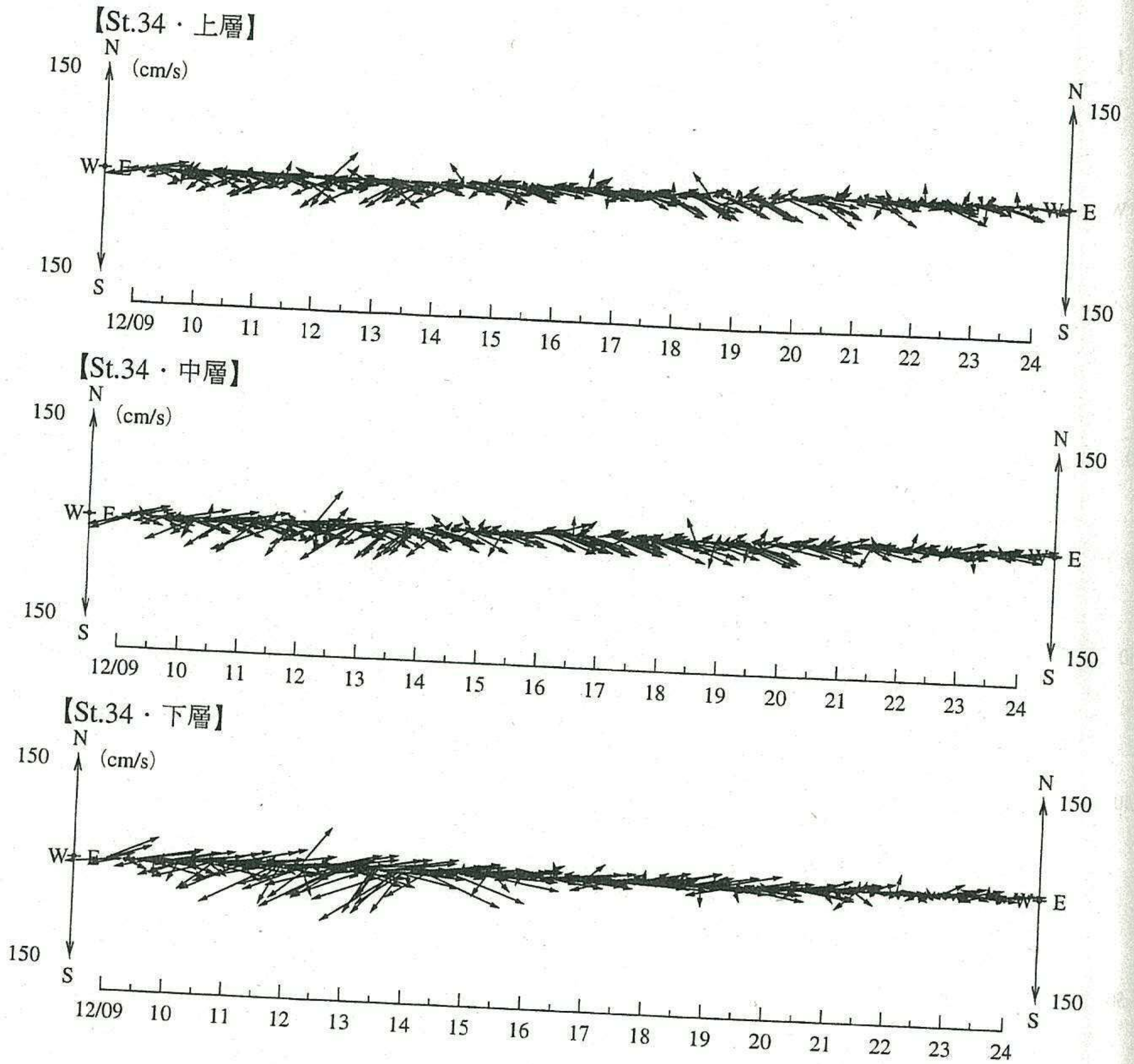
付図 3.2-1(3) 流速ベクトル経時変化（St.14）



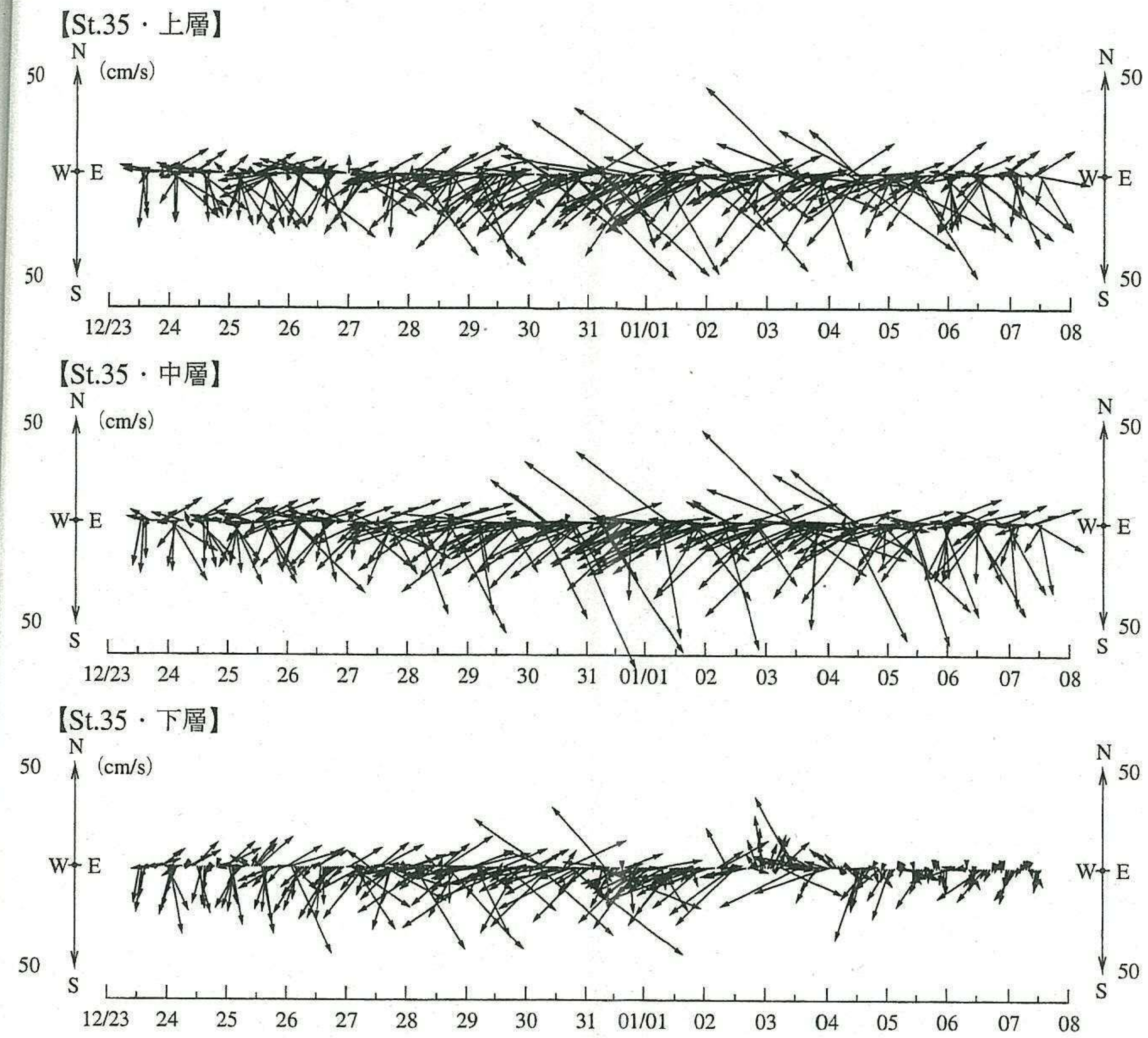
付図 3.2-1(4)　流速ベクトル経時変化（St.19）



付図 3.2-1(5)　流速ベクトル経時変化（St.28）



付図 3.2-1(6)　流速ベクトル経時変化（St.34）



付図 3.2-1(7)　流速ベクトル経時変化（St.35）

付表 3.2-2(1)　調和分解結果表（St.8）

【St.8・上層】

分潮	東方流速		北方流速		楕円要素						主方向（°）	
					長軸			短軸			299	
	流速 (cm/s)	遅角 (°)	流速 (cm/s)	遅角 (°)	流向 (°)	流速 (cm/s)	遅角 (°)	流向 (°)	流速 (cm/s)	遅角 (°)	流速 (cm/s)	遅角 (°)
K1	3.2	143	1.7	324	298	3.6	323	28	0.0	53	3.6	323
O1	5.0	88	0.3	16	89	5.0	88	179	0.2	178	4.4	270
P1	1.1	143	0.6	324	298	1.2	323	28	0.0	53	1.2	323
Q1	1.7	158	0.8	171	64	1.9	160	154	0.2	70	1.1	333
M2	22.4	294	14.2	148	300	25.6	123	30	6.9	213	25.6	122
S2	5.5	348	4.2	226	301	6.1	186	31	3.2	276	6.1	184
N2	5.9	347	3.0	220	290	6.2	174	20	2.3	264	6.2	178
K2	1.5	348	1.1	226	301	1.7	186	31	0.9	276	1.7	184
M4	7.0	263	2.1	133	282	7.1	86	12	1.6	176	6.8	89
MS4	4.2	310	2.2	200	284	4.3	137	14	2.1	227	4.2	144
C	3.7 (cm/s)		-0.8 (cm/s)			103 (°)			3.8 (cm/s)		-3.6 (cm/s)	

【St.8・中層】

分潮	東方流速		北方流速		楕円要素						主方向（°）	
					長軸			短軸			279	
	流速 (cm/s)	遅角 (°)	流速 (cm/s)	遅角 (°)	流向 (°)	流速 (cm/s)	遅角 (°)	流向 (°)	流速 (cm/s)	遅角 (°)	流速 (cm/s)	遅角 (°)
K1	2.4	160	1.7	6	305	2.9	349	35	0.6	79	2.6	343
O1	3.3	95	1.4	22	82	3.3	92	172	1.4	182	3.2	279
P1	0.8	160	0.6	6	305	1.0	349	35	0.2	79	0.9	343
Q1	0.9	138	0.4	170	69	1.0	142	159	0.2	52	0.9	316
M2	17.5	294	4.1	164	279	17.7	116	9	3.1	206	17.7	116
S2	4.9	326	3.1	174	301	5.6	154	31	1.3	244	5.2	148
N2	3.5	340	1.5	353	68	3.8	342	158	0.3	252	3.2	159
K2	1.3	326	0.9	174	301	1.5	154	31	0.3	244	1.4	148
M4	7.1	274	0.4	164	271	7.1	94	1	0.4	184	7.0	95
MS4	3.9	308	0.7	206	273	3.9	129	3	0.7	219	3.8	130
C	10.2 (cm/s)		-1.8 (cm/s)			100 (°)			10.4 (cm/s)		-10.4 (cm/s)	

【St.8・下層】

分潮	東方流速		北方流速		楕円要素						主方向（°）	
					長軸			短軸			80	
	流速 (cm/s)	遅角 (°)	流速 (cm/s)	遅角 (°)	流向 (°)	流速 (cm/s)	遅角 (°)	流向 (°)	流速 (cm/s)	遅角 (°)	流速 (cm/s)	遅角 (°)
K1	1.1	176	0.9	34	308	1.3	10	38	0.4	100	1.0	170
O1	0.5	91	0.5	214	317	0.6	241	47	0.3	151	0.4	100
P1	0.4	176	0.3	34	308	0.4	10	38	0.2	100	0.3	170
Q1	0.8	77	0.2	79	73	0.9	77	163	0.0	347	0.8	77
M2	5.1	301	1.1	353	82	5.1	303	172	0.9	213	5.1	303
S2	0.9	357	0.9	47	46	1.1	21	136	0.5	291	1.0	4
N2	1.0	11	0.5	80	79	1.0	16	169	0.4	286	1.0	15
K2	0.2	357	0.2	47	46	0.3	21	136	0.1	291	0.3	4
M4	1.8	305	1.0	340	62	2.0	313	152	0.5	223	1.9	308
MS4	0.9	7	0.5	2	61	1.0	6	151	0.0	96	1.0	6
C	5.5 (cm/s)		1.3 (cm/s)			76 (°)			5.6 (cm/s)		5.6 (cm/s)	

付表 3.2-2(2)　調和分解結果表（St.9）

【St.9・上層】

分潮	東方流速		北方流速		楕円要素						主方向（°）	
					長軸			短軸			24	
	流速 (cm/s)	遅角 (°)	流速 (cm/s)	遅角 (°)	流向 (°)	流速 (cm/s)	遅角 (°)	流向 (°)	流速 (cm/s)	遅角 (°)	流速 (cm/s)	遅角 (°)
K1	3.4	130	4.9	83	31	5.5	97	121	2.2	187	5.5	94
O1	2.6	74	2.5	98	46	3.6	86	136	0.8	356	3.3	91
P1	1.1	130	1.6	83	31	1.9	97	121	0.7	187	1.8	94
Q1	0.9	98	0.6	27	69	1.0	86	159	0.6	176	0.8	54
M2	19.0	186	38.2	155	24	41.7	161	114	8.9	251	41.7	161
S2	6.5	222	14.8	199	23	16.0	203	113	2.3	293	16.0	203
N2	1.8	150	7.3	165	13	7.5	164	103	0.4	74	7.3	163
K2	1.8	222	4.0	199	23	4.3	203	113	0.6	293	4.4	203
M4	1.0	292	0.8	184	294	1.1	128	24	0.7	218	0.7	219
MS4	0.7	303	2.0	211	359	2.0	211	89	0.7	301	1.8	220
C	-1.9 (cm/s)		1.8 (cm/s)			314 (°)			2.6 (cm/s)		0.9 (cm/s)	

【St.9・下層】

分潮	東方流速		北方流速		楕円要素						主方向（°）	
					長軸			短軸			29	
	流速 (cm/s)	遅角 (°)	流速 (cm/s)	遅角 (°)	流向 (°)	流速 (cm/s)	遅角 (°)	流向 (°)	流速 (cm/s)	遅角 (°)	流速 (cm/s)	遅角 (°)
K1	2.0	116	2.0	141	45	2.8	129	135	0.6	39	2.7	132
O1	1.4	120	2.1	110	32	2.5	113	122	0.2	203	2.5	113
P1	0.7	116	0.7	141	45	0.9	129	135	0.2	39	0.9	132
Q1	0.6	355	0.2	255	274	0.6	176	4	0.2	266	0.3	316
M2	9.2	142	17.7	153	27	19.9	151	117	1.6	61	19.9	151
S2	6.1	202	9.1	186	33	10.9	191	123	1.5	281	10.8	190
N2	3.7	168	5.7	158	33	6.8	161	123	0.5	251	6.8	160
K2	1.7	202	2.5	186	33	3.0	191	123	0.4	281	2.9	190
M4	1.4	279	0.4	23	275	1.4	98	5	0.4	8	0.7	311
MS4	1.0	307	0.3	40	271	1.0	126	1	0.3	36	0.5	335
C	2.0 (cm/s)		-0.4 (cm/s)			102 (°)			2.0 (cm/s)		0.6 (cm/s)	

【St.14・上層】

分潮	東方流速		北方流速		楕円要素						主方向(°) 28	
					長軸			短軸				
	流速 (cm/s)	遅角 (°)	流速 (cm/s)	遅角 (°)	流向 (°)	流速 (cm/s)	遅角 (°)	流向 (°)	流速 (cm/s)	遅角 (°)	流速 (cm/s)	遅角 (°)
K1	2.3	117	3.2	81	34	3.8	93	124	1.1	183	3.8	91
O1	1.4	104	1.7	55	36	2.0	73	126	0.9	163	2.0	69
P1	0.8	117	1.1	81	34	1.3	93	124	0.4	183	1.3	91
Q1	1.0	92	0.6	20	75	1.0	84	165	0.6	174	0.8	54
M2	13.3	166	25.4	153	27	28.5	156	117	2.5	246	28.5	156
S2	5.3	203	9.1	192	30	10.5	195	120	0.9	285	10.5	194
N2	2.8	166	5.0	174	29	5.7	172	119	0.3	82	5.7	172
K2	1.5	203	2.5	192	30	2.9	195	120	0.2	285	2.9	194
M4	0.6	338	0.6	191	314	0.8	174	44	0.2	264	0.3	219
MS4	0.3	1	0.3	219	320	0.4	203	50	0.1	293	0.2	243
C	-3.0 (cm/s)		-3.6 (cm/s)		220 (°)			4.6 (cm/s)			-4.5 (cm/s)	

【St.14・中層】

分潮	東方流速		北方流速		楕円要素						主方向(°) 30	
					長軸			短軸				
	流速 (cm/s)	遅角 (°)	流速 (cm/s)	遅角 (°)	流向 (°)	流速 (cm/s)	遅角 (°)	流向 (°)	流速 (cm/s)	遅角 (°)	流速 (cm/s)	遅角 (°)
K1	1.0	144	1.7	136	32	2.0	139	122	0.1	229	2.0	138
O1	1.3	95	1.2	113	46	1.8	104	136	0.3	14	1.7	106
P1	0.3	144	0.6	136	32	0.6	139	122	0.0	229	0.7	138
Q1	0.7	86	0.1	174	90	0.7	86	180	0.1	356	0.4	101
M2	13.7	152	23.4	152	30	27.1	152	120	0.0	62	27.1	152
S2	5.2	181	9.1	184	30	10.4	183	120	0.2	93	10.4	183
N2	2.7	168	4.8	170	30	5.5	169	120	0.1	79	5.5	169
K2	1.4	181	2.5	184	30	2.8	183	120	0.1	93	2.8	183
M4	0.1	248	0.7	36	353	0.7	37	83	0.1	307	0.5	33
MS4	0.2	160	0.4	68	358	0.4	67	88	0.2	157	0.4	87
C	1.1 (cm/s)		-3.6 (cm/s)		162 (°)			3.8 (cm/s)			-2.5 (cm/s)	

【St.14・下層】

分潮	東方流速		北方流速		楕円要素						主方向(°) 29	
					長軸			短軸				
	流速 (cm/s)	遅角 (°)	流速 (cm/s)	遅角 (°)	流向 (°)	流速 (cm/s)	遅角 (°)	流向 (°)	流速 (cm/s)	遅角 (°)	流速 (cm/s)	遅角 (°)
K1	0.5	180	1.1	169	25	1.2	171	115	0.1	261	1.2	171
O1	0.7	145	1.1	126	34	1.3	132	124	0.2	222	1.3	131
P1	0.2	180	0.3	169	25	0.4	171	115	0.0	261	0.4	171
Q1	0.2	291	0.3	208	12	0.3	218	102	0.2	308	0.3	229
M2	7.9	135	14.0	145	29	16.1	142	119	1.1	52	16.1	142
S2	3.2	182	6.3	181	27	7.1	182	117	0.0	272	7.0	182
N2	2.2	141	4.0	146	29	4.5	145	119	0.2	55	4.5	145
K2	0.9	182	1.7	181	27	1.9	182	117	0.0	272	1.9	182
M4	0.2	214	0.5	46	336	0.5	44	66	0.0	134	0.3	50
MS4	0.2	1	0.3	145	333	0.3	153	63	0.1	63	0.2	131
C	2.2 (cm/s)		-1.1 (cm/s)		118 (°)			2.5 (cm/s)			0.1 (cm/s)	

【St.19・上層】

分潮	東方流速		北方流速		楕円要素						主方向(°) 30	
					長軸			短軸				
	流速 (cm/s)	遅角 (°)	流速 (cm/s)	遅角 (°)	流向 (°)	流速 (cm/s)	遅角 (°)	流向 (°)	流速 (cm/s)	遅角 (°)	流速 (cm/s)	遅角 (°)
K1	2.4	114	2.1	107	49	3.2	111	139	0.2	201	3.0	110
O1	2.0	86	1.6	135	53	2.3	104	143	1.0	14	2.2	115
P1	0.8	114	0.7	107	49	1.1	111	139	0.1	201	1.0	110
Q1	1.5	119	0.6	150	70	1.6	123	160	0.3	33	1.3	132
M2	14.3	177	24.1	163	30	27.9	167	120	3.0	257	27.9	167
S2	6.8	219	10.5	200	33	12.4	206	123	1.9	296	12.4	206
N2	3.0	190	5.5	168	27	6.2	173	117	1.0	263	6.2	173
K2	1.9	219	2.8	200	33	3.4	206	123	0.5	296	3.4	206
M4	0.4	184	0.3	38	310	0.5	18	40	0.1	108	0.2	79
MS4	0.8	203	0.6	87	301	0.9	43	31	0.5	133	0.5	132
C	-8.9 (cm/s)		-6.9 (cm/s)		232 (°)			11.3 (cm/s)			-10.5 (cm/s)	

【St.19・中層】

分潮	東方流速		北方流速		楕円要素						主方向(°) 39	
					長軸			短軸				
	流速 (cm/s)	遅角 (°)	流速 (cm/s)	遅角 (°)	流向 (°)	流速 (cm/s)	遅角 (°)	流向 (°)	流速 (cm/s)	遅角 (°)	流速 (cm/s)	遅角 (°)
K1	2.4	147	1.5	137	58	2.8	144	148	0.2	234	2.7	142
O1	2.2	170	1.3	148	60	2.5	164	150	0.4	254	2.4	161
P1	0.8	147	0.5	137	58	0.9	144	148	0.1	234	0.9	142
Q1	1.2	209	0.5	182	69	1.3	206	159	0.2	296	1.1	200
M2	11.2	174	14.1	173	38	18.0	173	128	0.1	263	18.0	173
S2	5.6	212	7.4	213	37	9.2	213	127	0.1	123	9.2	213
N2	3.0	161	3.0	162	45	4.2	162	135	0.1	72	4.2	162
K2	1.5	212	2.0	213	37	2.5	213	127	0.0	123	2.5	213
M4	1.7	152	1.1	68	83	1.7	148	173	1.1	238	1.4	115
MS4	1.1	179	0.3	47	282	1.1	1	12	0.2	91	0.5	159
C	-5.1 (cm/s)		-2.4 (cm/s)		245 (°)			5.7 (cm/s)			-5.1 (cm/s)	

【St.19・下層】

分潮	東方流速		北方流速		楕円要素						主方向(°) 36	
					長軸			短軸				
	流速 (cm/s)	遅角 (°)	流速 (cm/s)	遅角 (°)	流向 (°)	流速 (cm/s)	遅角 (°)	流向 (°)	流速 (cm/s)	遅角 (°)	流速 (cm/s)	遅角 (°)
K1	2.0	156	2.8	162	36	3.4	160	126	0.2	70	3.4	159
O1	1.9	119	0.4	187	86	1.9	120	176	0.3	30	1.3	132
P1	0.7	156	0.9	162	36	1.1	160	126	0.1	70	1.1	159
Q1	0.7	146	0.8	12	322	1.0	354	52	0.4	84	0.5	51
M2	17.6	169	23.8	167	36	29.6	168	126	0.5	258	29.6	168
S2	7.5	201	9.9	208	37	12.4	205	127	0.7	115	12.4	205
N2	4.1	175	6.0	176	34	7.3	176	124	0.0	86	7.3	176
K2	2.0	201	2.7	208	37	3.4	205	127	0.2	115	3.4	205
M4	0.9	74	1.3	324	337	1.4	310	67	0.8	40	1.0	355
MS4	0.8	111	0.7	337	313	1.0	312	43	0.4	42	0.4	29
C	-1.1 (cm/s)		-3.7 (cm/s)		197 (°)			3.9 (cm/s)			-3.7 (cm/s)	

付表 3.2-2(5) 調和分解結果表 (St.28)

【St.28・上層】

分潮	東方流速		北方流速		楕円要素						主方向(°) 90	
					長軸			短軸				
	流速 (cm/s)	遅角 (°)	流速 (cm/s)	遅角 (°)	流向 (°)	流速 (cm/s)	遅角 (°)	流向 (°)	流速 (cm/s)	遅角 (°)	流速 (cm/s)	遅角 (°)
K1	1.6	122	0.1	90	87	1.6	122	177	0.1	212	1.6	122
O1	0.7	166	1.2	69	354	1.3	65	84	0.7	155	0.7	165
P1	0.5	122	0.0	90	87	0.5	122	177	0.0	212	0.5	122
Q1	0.7	144	0.9	54	360	0.9	54	90	0.7	144	0.7	144
M2	11.6	174	3.6	92	87	11.6	173	177	3.6	263	11.6	174
S2	5.9	214	1.9	98	279	6.0	37	9	1.7	127	5.9	214
N2	3.1	177	0.6	82	271	3.1	358	1	0.6	88	3.1	177
K2	1.6	214	0.5	98	279	1.6	37	9	0.5	127	1.6	214
M4	0.3	272	1.1	342	6	1.2	340	96	0.3	250	0.3	273
MS4	0.4	203	1.2	357	342	1.3	359	72	0.2	269	0.4	203
C	-3.8 (cm/s)		2.0 (cm/s)		298 (°)				4.3 (cm/s)		-3.8 (cm/s)	

【St.28・中層】

分潮	東方流速		北方流速		楕円要素						主方向(°) 82	
					長軸			短軸				
	流速 (cm/s)	遅角 (°)	流速 (cm/s)	遅角 (°)	流向 (°)	流速 (cm/s)	遅角 (°)	流向 (°)	流速 (cm/s)	遅角 (°)	流速 (cm/s)	遅角 (°)
K1	1.2	142	0.5	86	76	1.2	138	166	0.4	228	1.2	139
O1	1.1	142	0.5	98	70	1.2	136	160	0.3	226	1.2	139
P1	0.4	142	0.2	86	76	0.4	138	166	0.1	228	0.4	139
Q1	0.3	123	0.3	22	300	0.4	328	30	0.3	58	0.3	116
M2	6.8	178	2.0	121	80	6.8	176	170	1.6	266	6.8	176
S2	4.7	210	1.3	136	85	4.7	208	175	1.2	298	4.7	207
N2	1.4	147	0.4	86	81	1.5	144	171	0.4	234	1.4	144
K2	1.3	210	0.3	136	85	1.3	208	175	0.3	298	1.3	208
M4	0.2	261	1.3	351	360	1.3	351	90	0.2	261	0.3	300
MS4	0.1	20	0.9	11	8	0.9	12	98	0.0	102	0.3	15
C	-0.6 (cm/s)		2.3 (cm/s)		345 (°)				2.4 (cm/s)		-0.3 (cm/s)	

【St.28・下層】

分潮	東方流速		北方流速		楕円要素						主方向(°) 87	
					長軸			短軸				
	流速 (cm/s)	遅角 (°)	流速 (cm/s)	遅角 (°)	流向 (°)	流速 (cm/s)	遅角 (°)	流向 (°)	流速 (cm/s)	遅角 (°)	流速 (cm/s)	遅角 (°)
K1	1.7	150	0.5	172	75	1.7	152	165	0.2	62	1.7	151
O1	0.9	154	1.0	211	37	1.2	189	127	0.6	99	0.9	157
P1	0.6	150	0.2	172	75	0.6	152	165	0.1	62	0.6	151
Q1	0.8	304	0.5	128	299	0.9	125	29	0.0	215	0.8	304
M2	12.1	165	2.7	93	86	12.1	164	176	2.6	254	12.2	164
S2	4.8	199	0.3	53	273	4.8	19	3	0.2	109	4.8	199
N2	2.2	178	0.8	100	85	2.2	176	175	0.8	266	2.2	176
K2	1.3	199	0.1	53	273	1.3	19	3	0.1	109	1.3	199
M4	1.0	326	0.6	270	64	1.1	313	154	0.5	43	1.0	324
MS4	0.8	339	0.4	304	65	0.9	333	155	0.2	63	0.8	338
C	3.3 (cm/s)		-1.2 (cm/s)		110 (°)				3.5 (cm/s)		3.2 (cm/s)	

付表 3.2-2(6) 調和分解結果表 (St.34)

【St.34・上層】

分潮	東方流速		北方流速		楕円要素						主方向(°) 271	
					長軸			短軸				
	流速 (cm/s)	遅角 (°)	流速 (cm/s)	遅角 (°)	流向 (°)	流速 (cm/s)	遅角 (°)	流向 (°)	流速 (cm/s)	遅角 (°)	流速 (cm/s)	遅角 (°)
K1	3.8	100	1.8	316	292	4.1	286	22	1.0	16	3.9	281
O1	1.8	352	2.6	216	328	3.0	203	58	1.1	293	1.8	173
P1	1.3	100	0.6	316	292	1.4	286	22	0.3	16	1.3	281
Q1	2.0	95	1.3	321	299	2.2	286	29	0.8	16	2.0	275
M2	48.2	136	9.3	25	274	48.3	316	4	8.7	46	48.2	316
S2	10.9	142	8.0	65	72	11.2	130	162	7.6	220	10.9	322
N2	21.4	164	6.1	134	76	22.1	162	166	2.9	252	21.4	344
K2	3.0	142	2.2	65	72	3.0	130	162	2.1	220	3.0	322
M4	9.0	318	2.5	89	281	9.1	136	11	1.8	46	9.0	138
MS4	12.4	7	2.8	246	277	12.4	189	7	2.4	279	12.4	187
C	21.8 (cm/s)		-6.8 (cm/s)		107 (°)				22.8 (cm/s)		-21.8 (cm/s)	

【St.34・中層】

分潮	東方流速		北方流速		楕円要素						主方向(°) 88	
					長軸			短軸				
	流速 (cm/s)	遅角 (°)	流速 (cm/s)	遅角 (°)	流向 (°)	流速 (cm/s)	遅角 (°)	流向 (°)	流速 (cm/s)	遅角 (°)	流速 (cm/s)	遅角 (°)
K1	3.9	102	1.2	318	284	4.0	284	14	0.7	14	3.8	101
O1	3.1	29	1.8	215	301	3.6	210	31	0.2	300	3.0	28
P1	1.3	102	0.4	318	284	1.3	284	14	0.2	14	1.3	101
Q1	3.0	122	0.5	16	273	3.0	303	3	0.5	33	3.0	122
M2	50.7	136	9.2	50	89	50.7	136	179	9.1	226	50.7	136
S2	9.5	158	7.8	54	296	10.0	358	26	7.2	88	9.4	156
N2	19.9	165	6.9	152	71	21.0	164	161	1.5	254	20.2	165
K2	2.6	158	2.1	54	296	2.7	358	26	2.0	88	2.6	156
M4	11.2	315	2.2	119	281	11.4	134	11	0.6	44	11.1	315
MS4	13.5	9	1.0	273	270	13.5	189	0	0.9	279	13.5	9
C	26.0 (cm/s)		-6.4 (cm/s)		104 (°)				26.8 (cm/s)		25.7 (cm/s)	

【St.34・下層】

分潮	東方流速		北方流速		楕円要素						主方向(°) 81	
					長軸			短軸				
	流速 (cm/s)	遅角 (°)	流速 (cm/s)	遅角 (°)	流向 (°)	流速 (cm/s)	遅角 (°)	流向 (°)	流速 (cm/s)	遅角 (°)	流速 (cm/s)	遅角 (°)
K1	8.3	108	0.1	9	270	8.3	288	0	0.1	18	8.2	108
O1	4.8	58	1.5	201	284	4.9	235	14	0.8	145	4.6	59
P1	2.8	108	0.0	9	270	2.8	288	0	0.0	18	2.7	108
Q1	3.5	91	0.8	186	271	3.5	271	1	0.8	181	3.4	93
M2	65.8	140	11.0	105	82	66.4	139	172	6.1	229	66.4	139
S2	19.1	159	7.3	92	80	19.3	156	170	6.6	246	19.3	156
N2	28.3	150	8.2	143	74	29.4	150	164	1.0	240	29.2	150
K2	5.2	159	2.0	92	80	5.2	156	170	1.8	246	5.3	156
M4	14.5	326	1.7	269	86	14.5	326	176	1.4	56	14.5	325
MS4	19.1	5	2.8	305	86	19.2	5	176	2.5	95	19.1	4
C	32.7 (cm/s)		-1.2 (cm/s)		92 (°)				32.7 (cm/s)		32.1 (cm/s)	

付表 3.2-2(7)　調和分解結果表（St.35）

【St.35・上層】

分潮	東方流速		北方流速		楕円要素						主方向（°）	
					長軸			短軸			278	
	流速 (cm/s)	遅角 (°)	流速 (cm/s)	遅角 (°)	流向 (°)	流速 (cm/s)	遅角 (°)	流向 (°)	流速 (cm/s)	遅角 (°)	流速 (cm/s)	遅角 (°)
K1	2.0	48	2.1	95	44	2.7	72	134	1.2	342	1.8	222
O1	2.3	271	2.7	42	322	3.2	61	52	1.5	331	2.5	85
P1	0.7	48	0.7	95	44	0.9	72	134	0.4	342	0.6	222
Q1	1.1	110	1.2	80	43	1.6	95	133	0.4	185	1.0	295
M2	26.0	132	9.6	35	273	26.1	313	3	9.5	43	26.0	315
S2	6.8	133	6.4	239	308	7.5	282	38	5.7	192	7.0	306
N2	4.5	81	5.8	234	323	7.1	244	53	1.7	154	5.2	257
K2	1.9	133	1.7	239	308	2.0	282	38	1.5	192	1.9	306
M4	10.1	241	3.5	108	284	10.4	65	14	2.5	155	10.3	63
MS4	4.3	287	3.9	115	312	5.8	111	42	0.4	201	4.8	108
C	-7.2 (cm/s)		-10.3 (cm/s)		215 (°)				12.6 (cm/s)		5.7 (cm/s)	

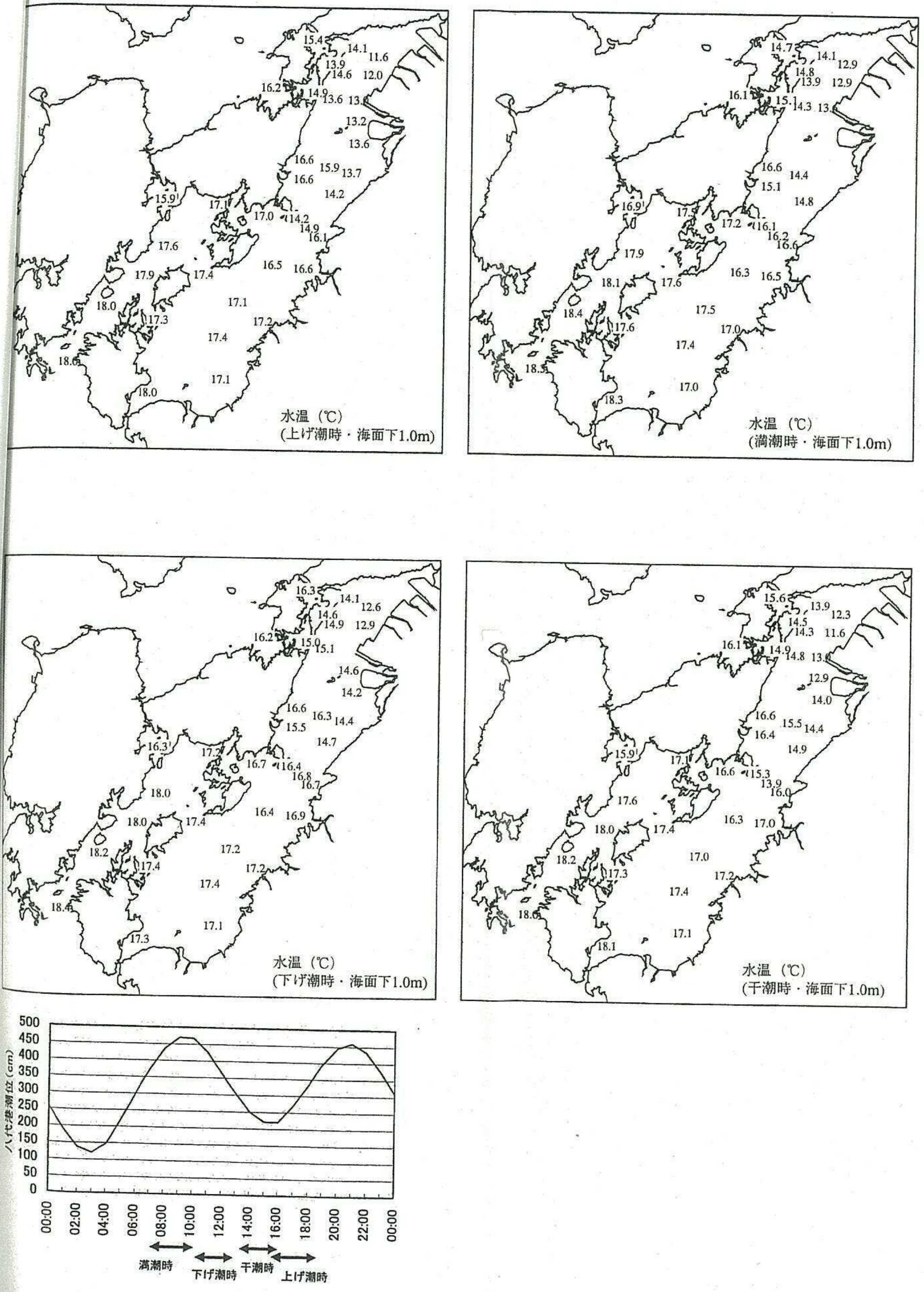
【St.35・中層】

分潮	東方流速		北方流速		楕円要素						主方向（°）	
					長軸			短軸			282	
	流速 (cm/s)	遅角 (°)	流速 (cm/s)	遅角 (°)	流向 (°)	流速 (cm/s)	遅角 (°)	流向 (°)	流速 (cm/s)	遅角 (°)	流速 (cm/s)	遅角 (°)
K1	1.8	45	1.9	115	39	2.1	86	129	1.5	356	1.6	212
O1	2.0	303	2.3	60	324	2.6	83	54	1.6	353	2.2	112
P1	0.6	45	0.6	115	39	0.7	86	129	0.5	356	0.5	212
Q1	0.7	175	1.1	68	343	1.1	58	73	0.7	148	0.8	10
M2	24.8	122	11.4	21	276	24.9	305	6	11.2	35	24.8	308
S2	6.6	135	5.7	244	302	7.1	292	32	5.0	202	6.9	306
N2	3.2	97	6.2	239	336	6.7	246	66	1.8	156	4.2	266
K2	1.8	135	1.5	244	302	1.9	292	32	1.4	202	1.9	306
M4	10.0	230	5.7	99	294	10.8	59	24	3.9	149	10.6	55
MS4	4.0	283	5.1	117	322	6.4	112	52	0.8	202	4.9	106
C	-8.1 (cm/s)		-10.7 (cm/s)		217 (°)				13.4 (cm/s)		5.6 (cm/s)	

【St.35・下層】

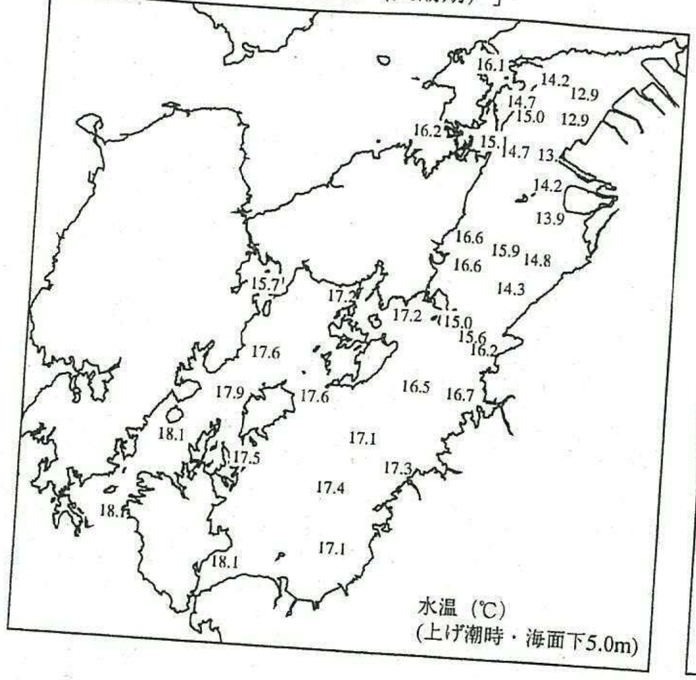
分潮	東方流速		北方流速		楕円要素						主方向（°）	
					長軸			短軸			77	
	流速 (cm/s)	遅角 (°)	流速 (cm/s)	遅角 (°)	流向 (°)	流速 (cm/s)	遅角 (°)	流向 (°)	流速 (cm/s)	遅角 (°)	流速 (cm/s)	遅角 (°)
K1	1.5	89	1.3	97	50	2.0	92	140	0.2	2	1.8	90
O1	2.5	21	1.6	300	81	2.5	16	171	1.6	106	2.5	13
P1	0.5	89	0.4	97	50	0.7	92	140	0.1	2	0.6	90
Q1	1.2	335	1.2	212	318	1.5	186	48	0.8	276	1.0	322
M2	13.6	100	8.1	30	74	14.0	91	164	7.4	181	14.0	93
S2	7.6	111	2.6	242	284	7.8	288	14	2.0	198	7.0	115
N2	4.7	225	5.8	213	39	7.4	218	129	0.7	308	5.9	222
K2	2.1	111	0.7	242	284	2.1	288	14	0.5	198	1.9	115
M4	5.6	244	2.0	126	280	5.6	68	10	1.7	158	5.2	240
MS4	3.4	248	3.9	92	319	5.1	82	49	1.1	172	2.6	239
C	-4.6 (cm/s)		-6.7 (cm/s)		215 (°)				8.1 (cm/s)		-6.0 (cm/s)	

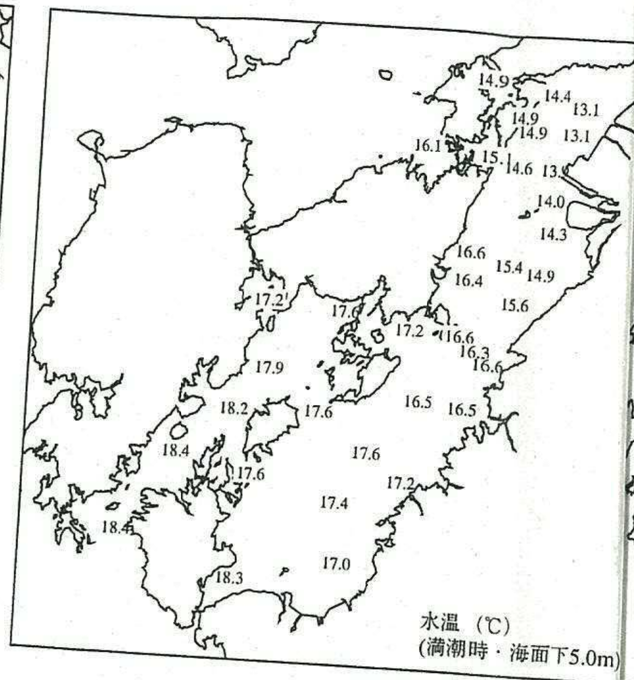
調査日：2001年12月15日（大潮期）］

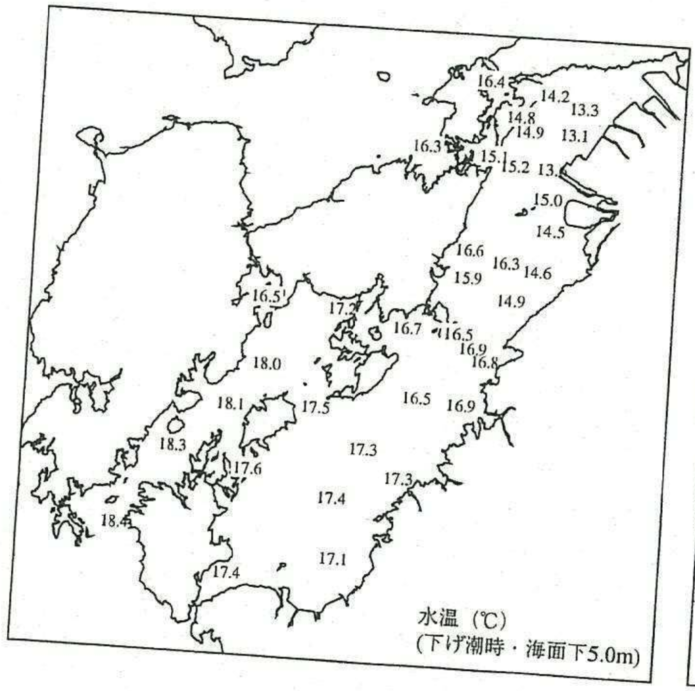


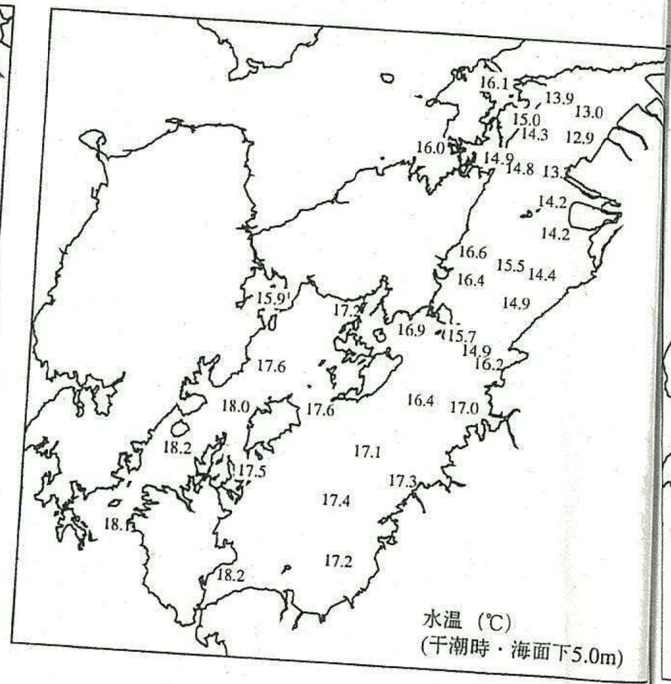
付図 3.2-3(1)　水温水平分布（大潮期・海面下 1m）

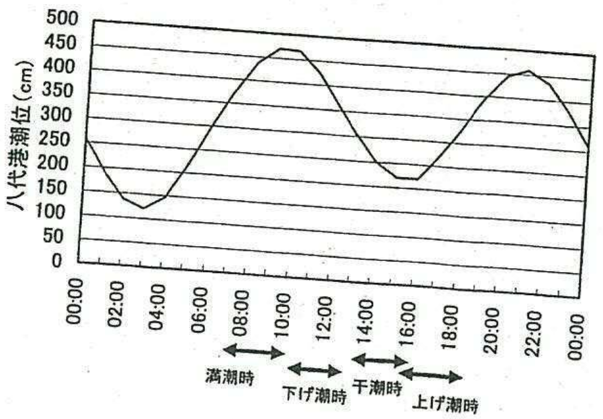
［調査日：2001年12月15日（大潮期）］





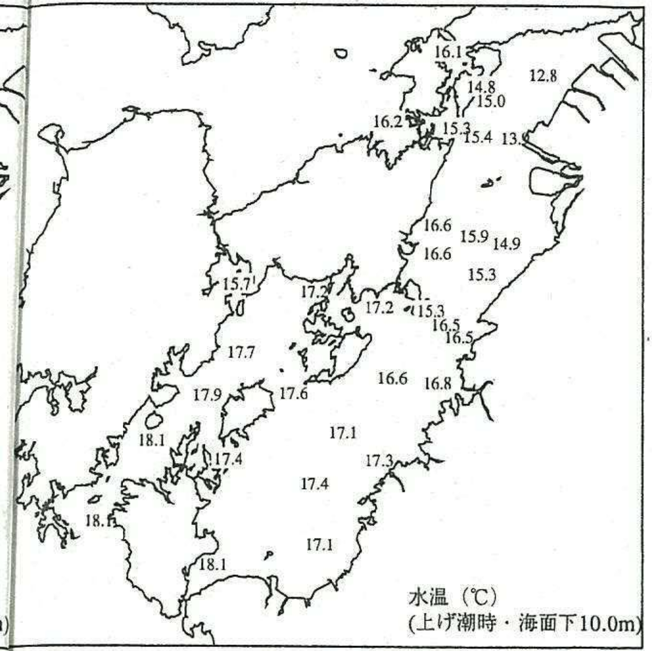


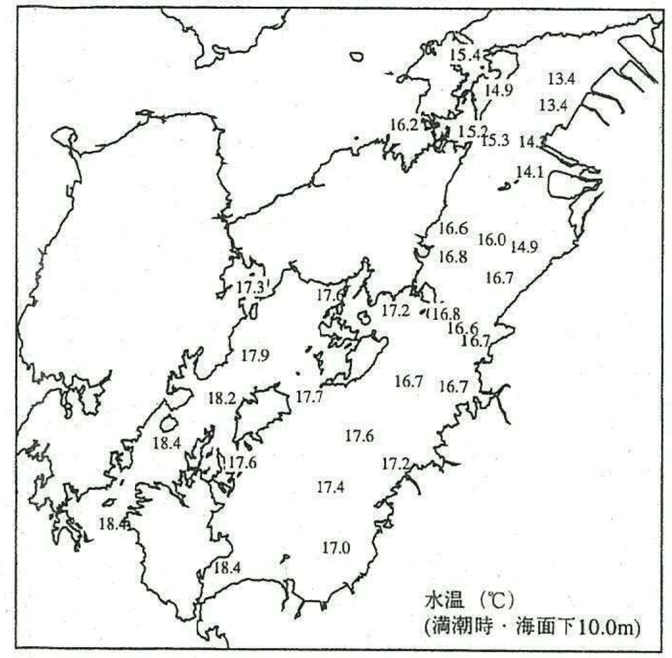


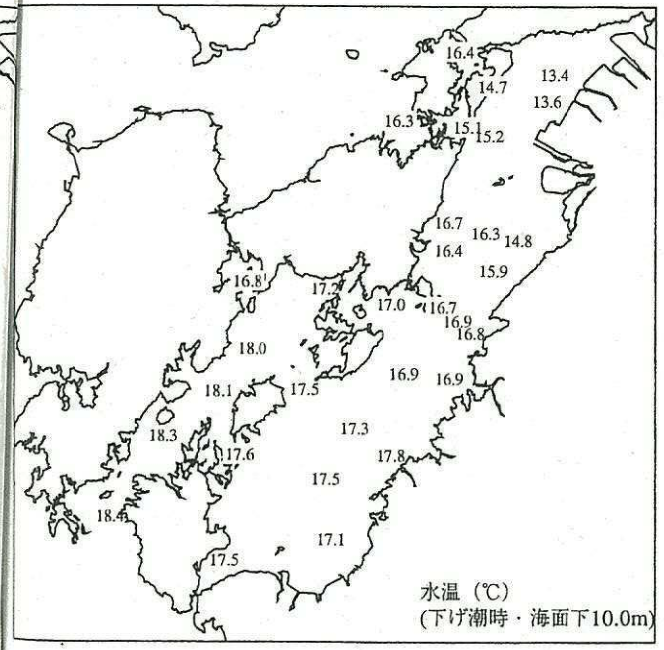


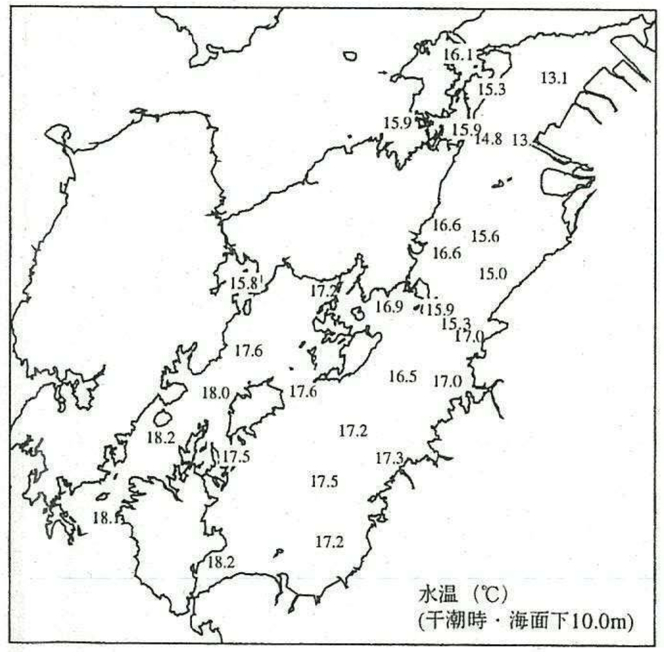
付図 3.2-3(2)　水温水平分布（大潮期・海面下 5m）

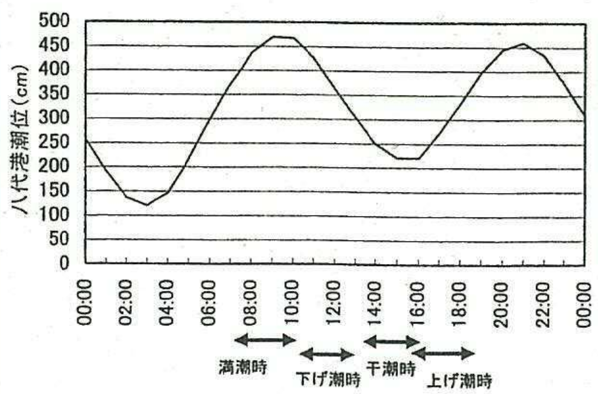
調査日：2001年12月15日（大潮期）］





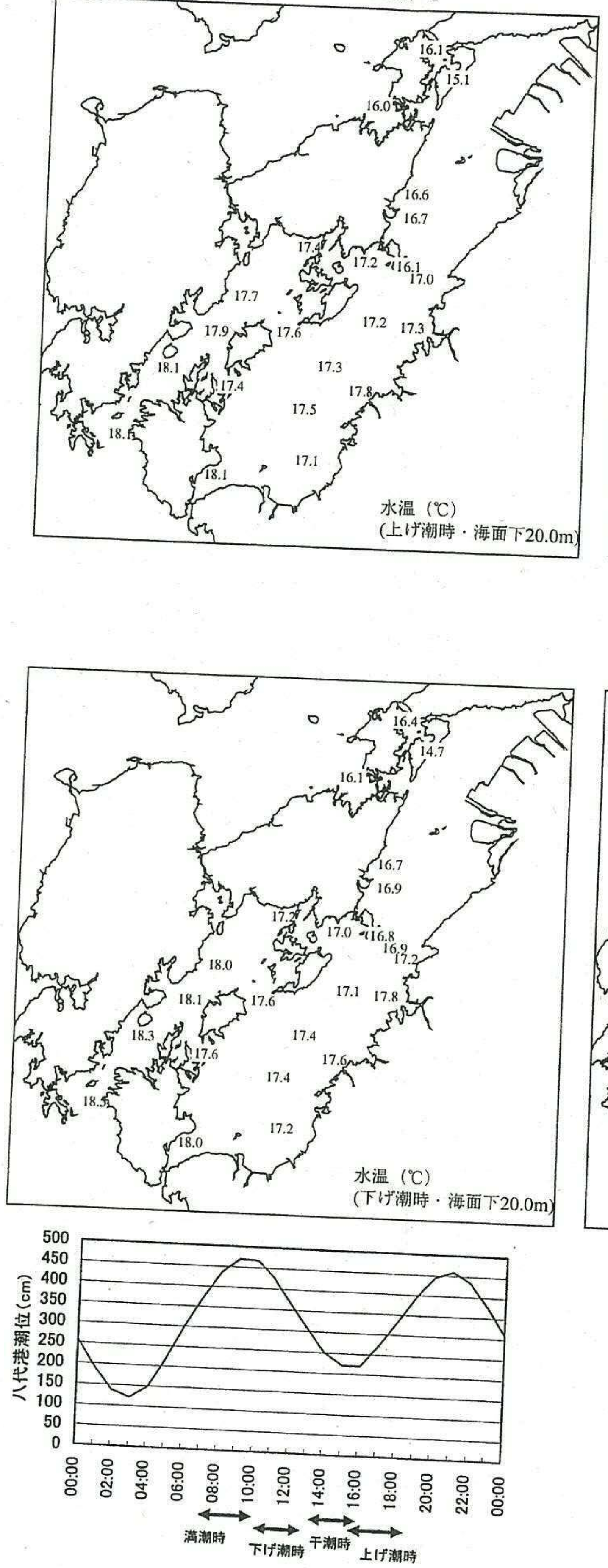






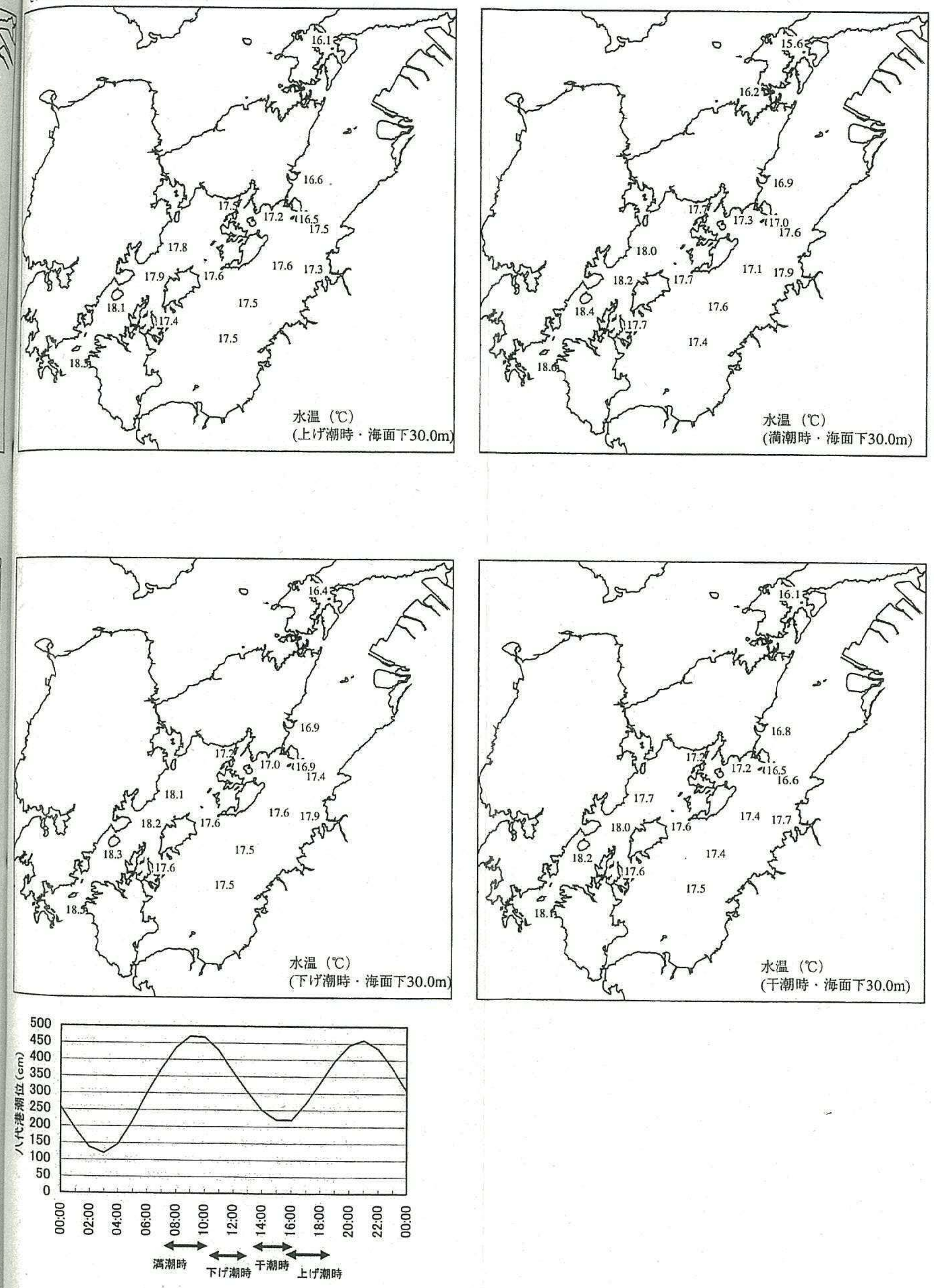
付図 3.2-3(3)　水温水平分布（大潮期・海面下 10m）

[調査日：2001年12月15日（大潮期）]



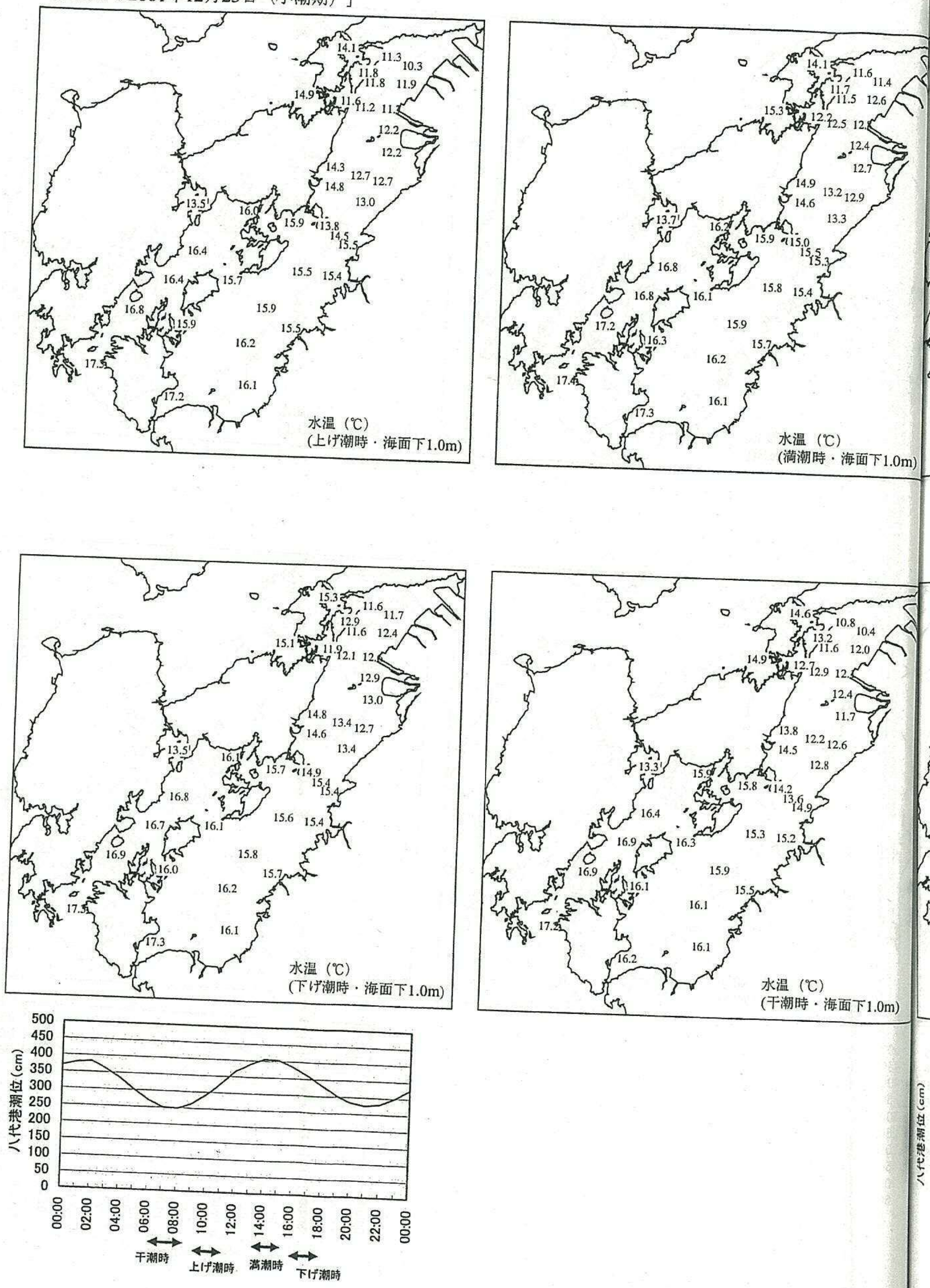
付図 3.2-3(4)　水温水平分布（大潮期・海面下 20m）

[調査日：2001年12月15日（大潮期）]



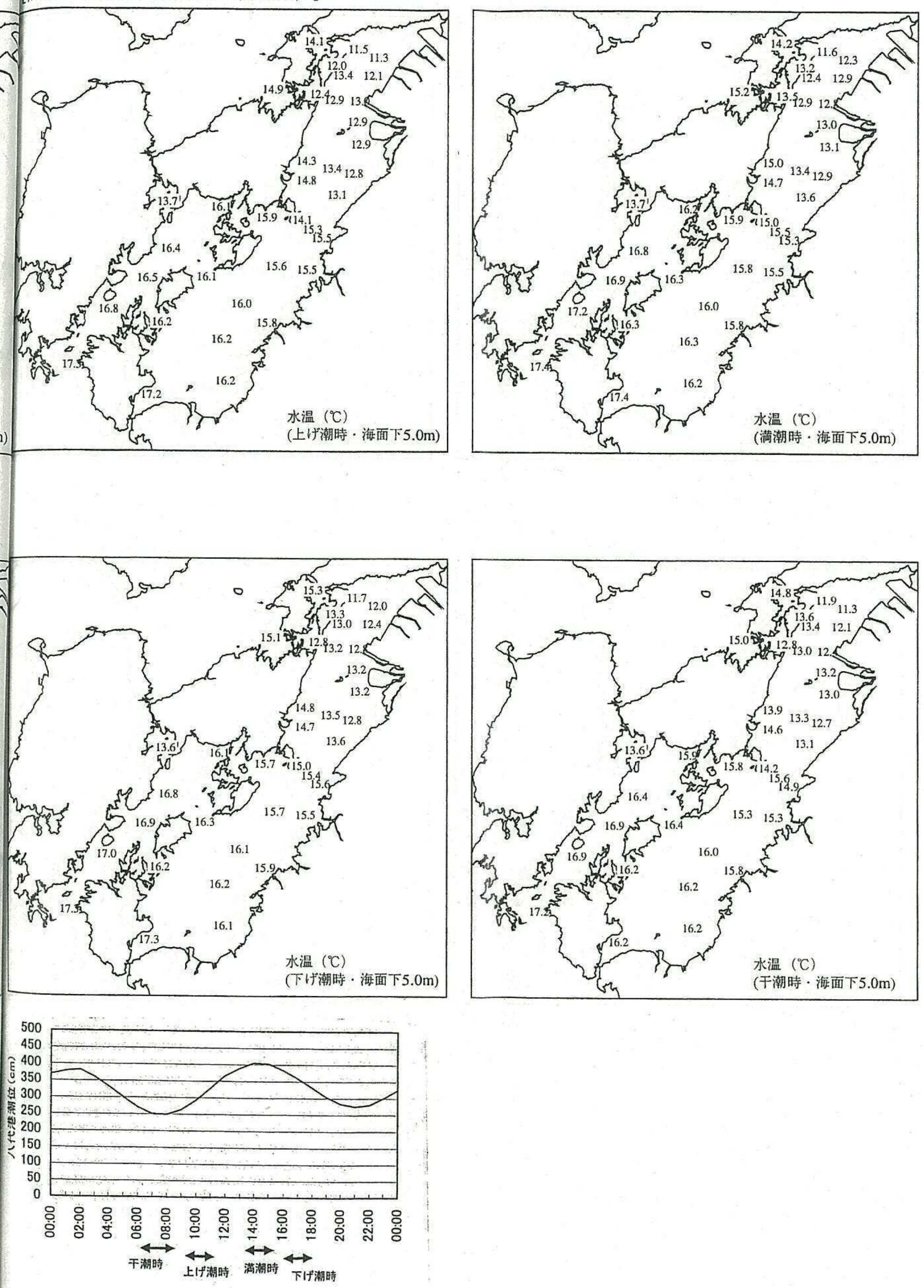
付図 3.2-3(5)　水温水平分布（大潮期・海面下 30m）

［調査日：2001年12月23日（小潮期）］



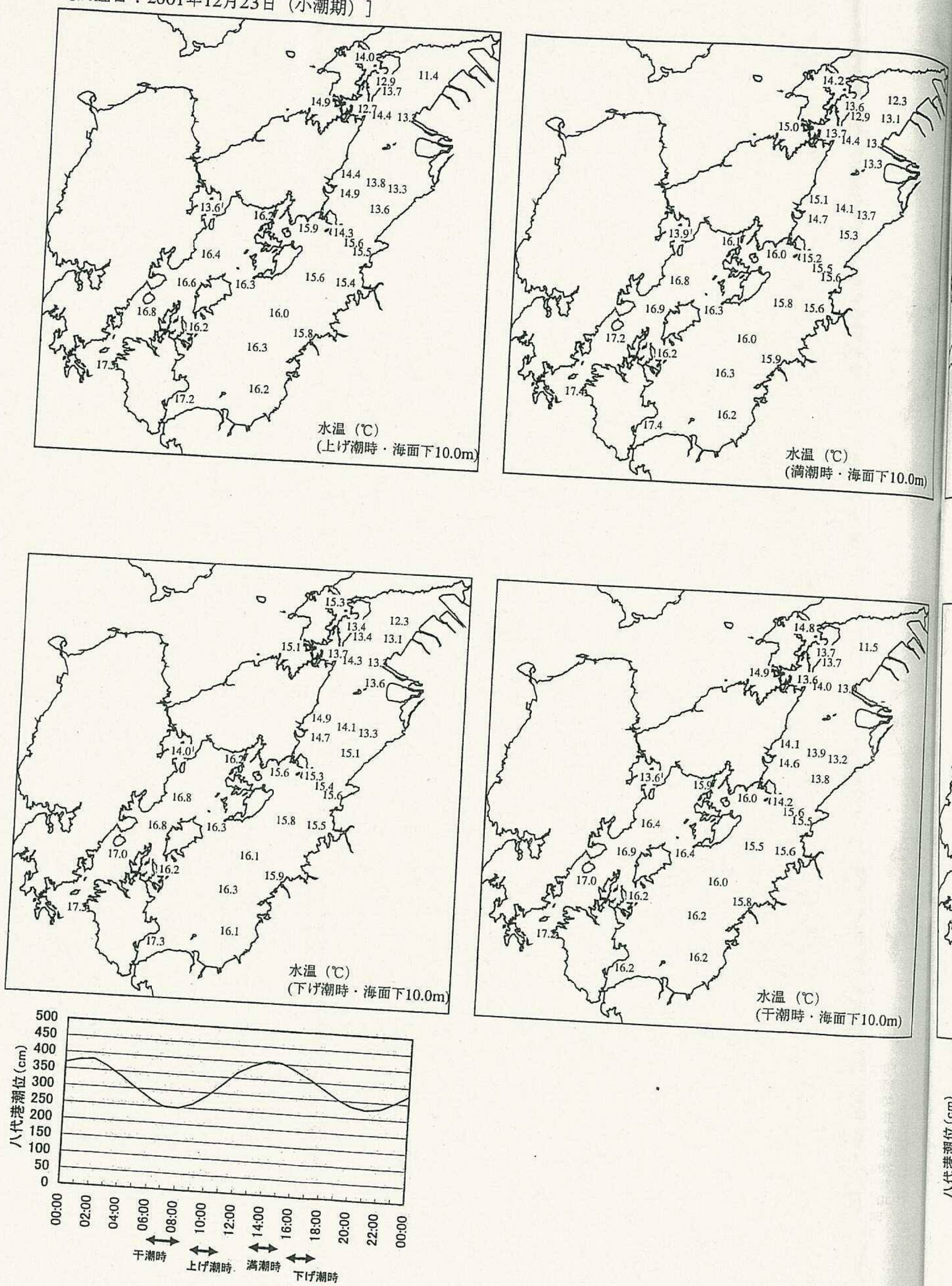
付図 3.2-4(1)　水温水平分布（小潮期・海面下 1m）

［調査日：2001年12月23日（小潮期）］



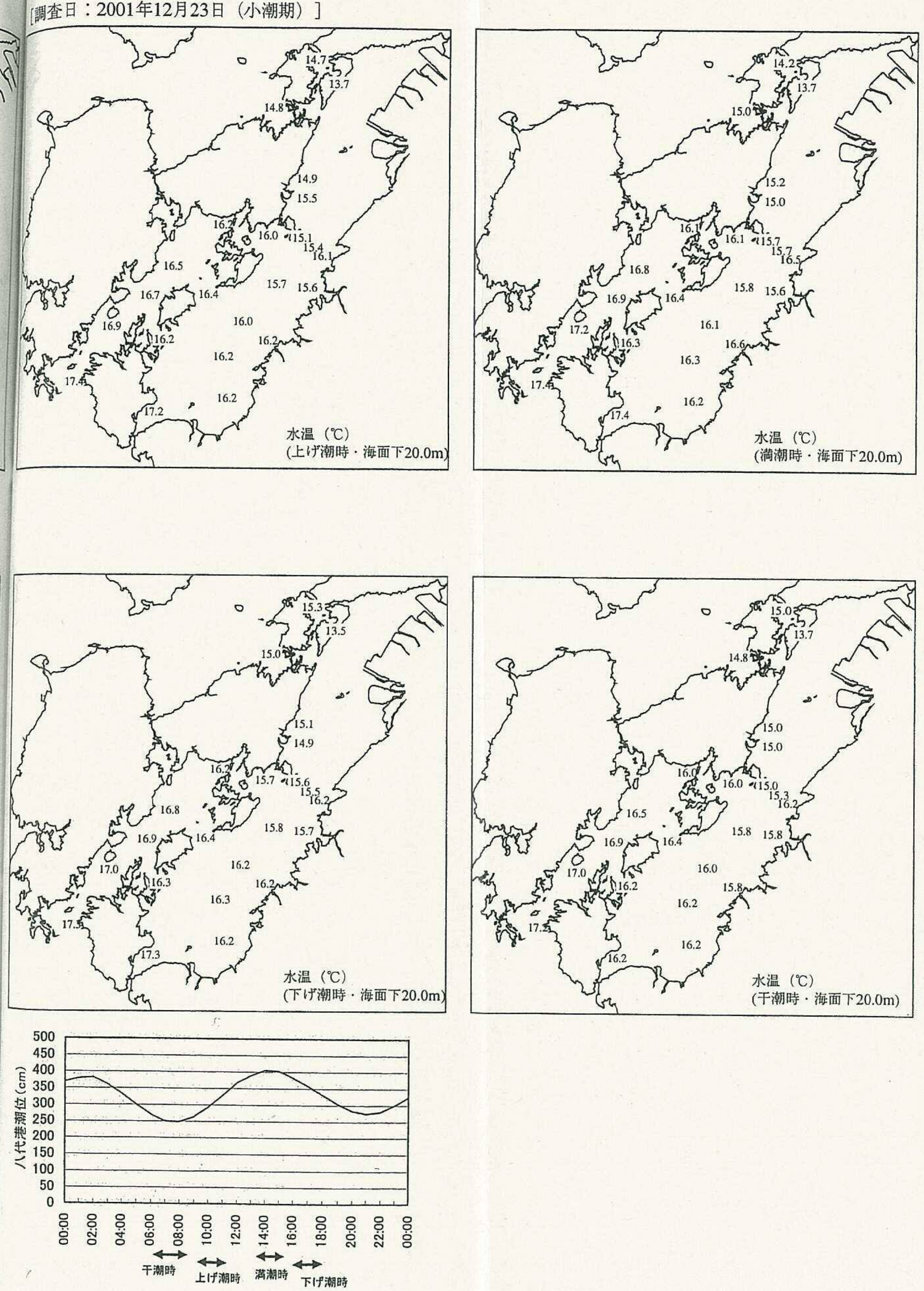
付図 3.2-4(2)　水温水平分布（小潮期・海面下 5m）

［調査日：2001年12月23日（小潮期）］



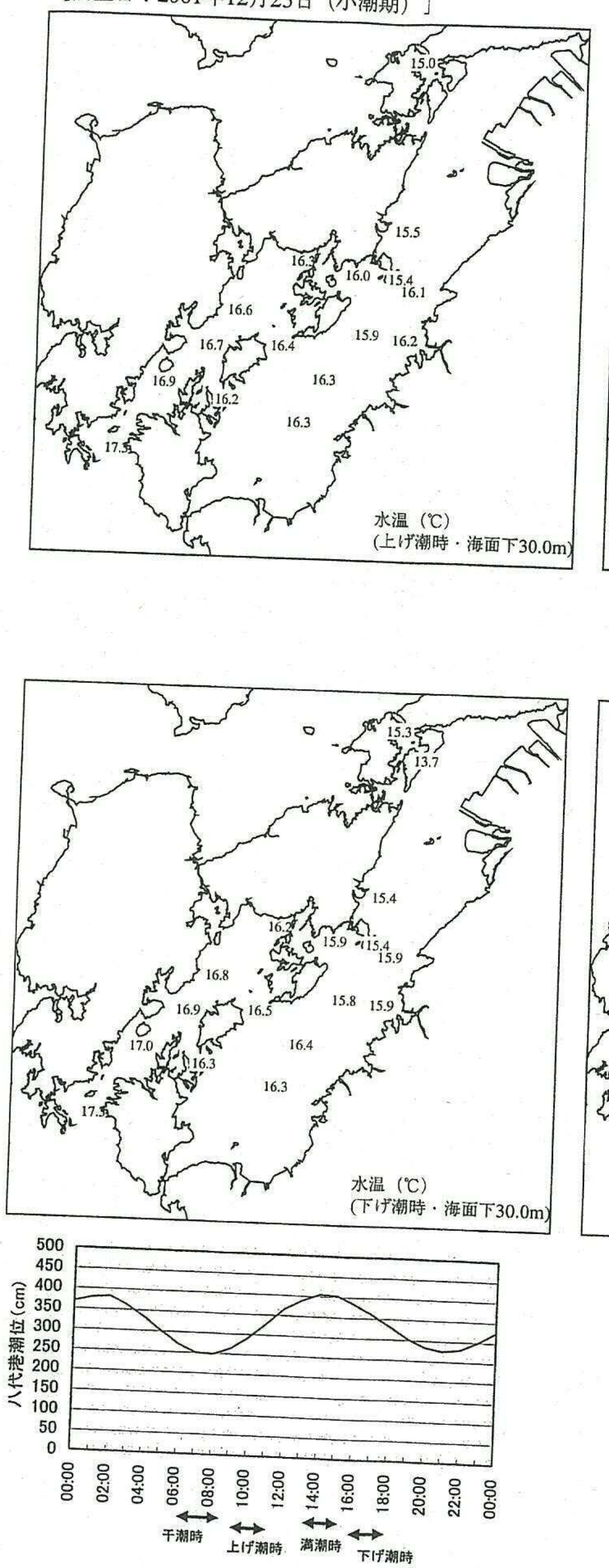
付図 3.2-4(3)　水温水平分布（小潮期・海面下 10m）

［調査日：2001年12月23日（小潮期）］



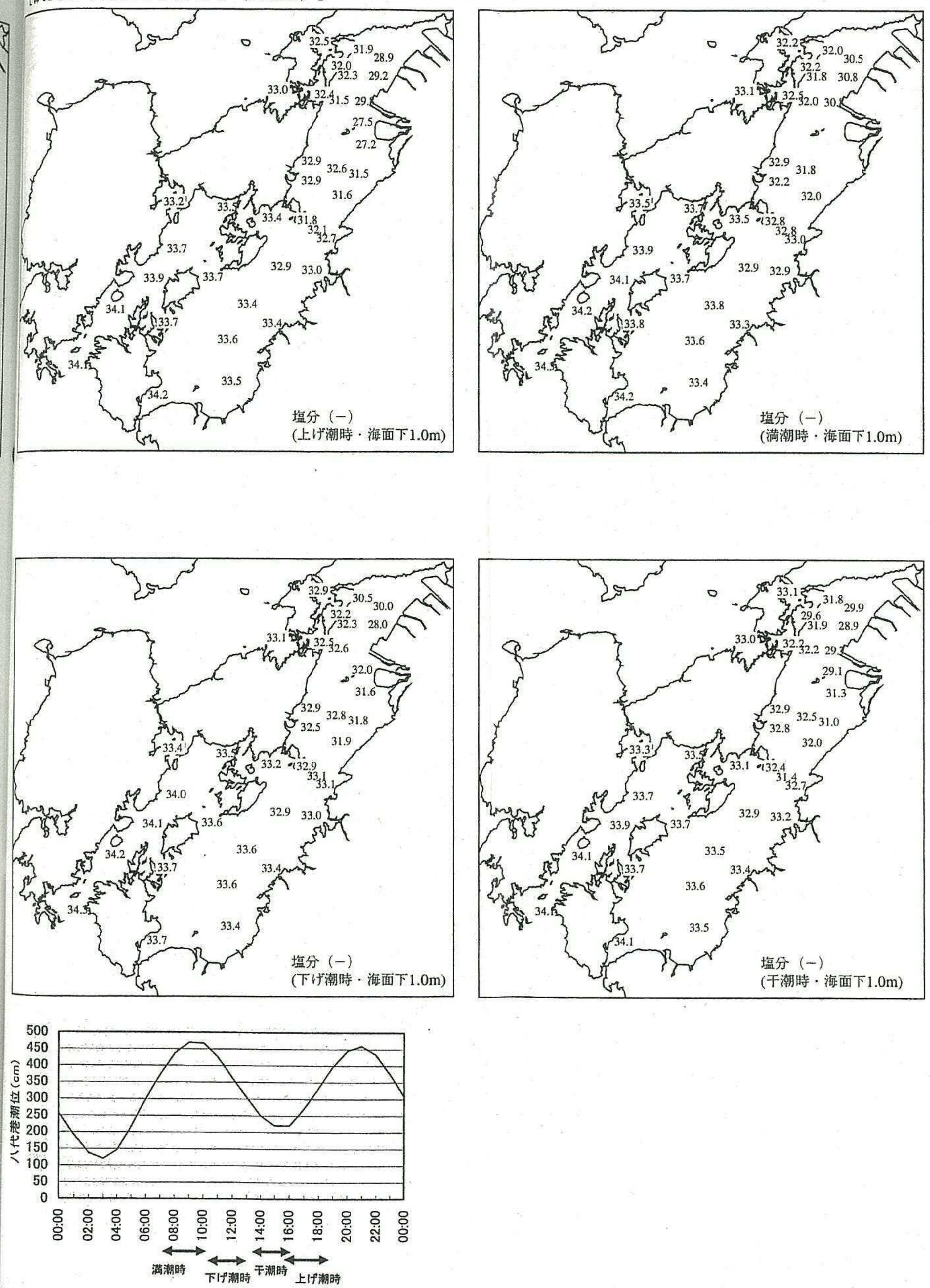
付図 3.2-4(4)　水温水平分布（小潮期・海面下 20m）

［調査日：2001年12月23日（小潮期）］



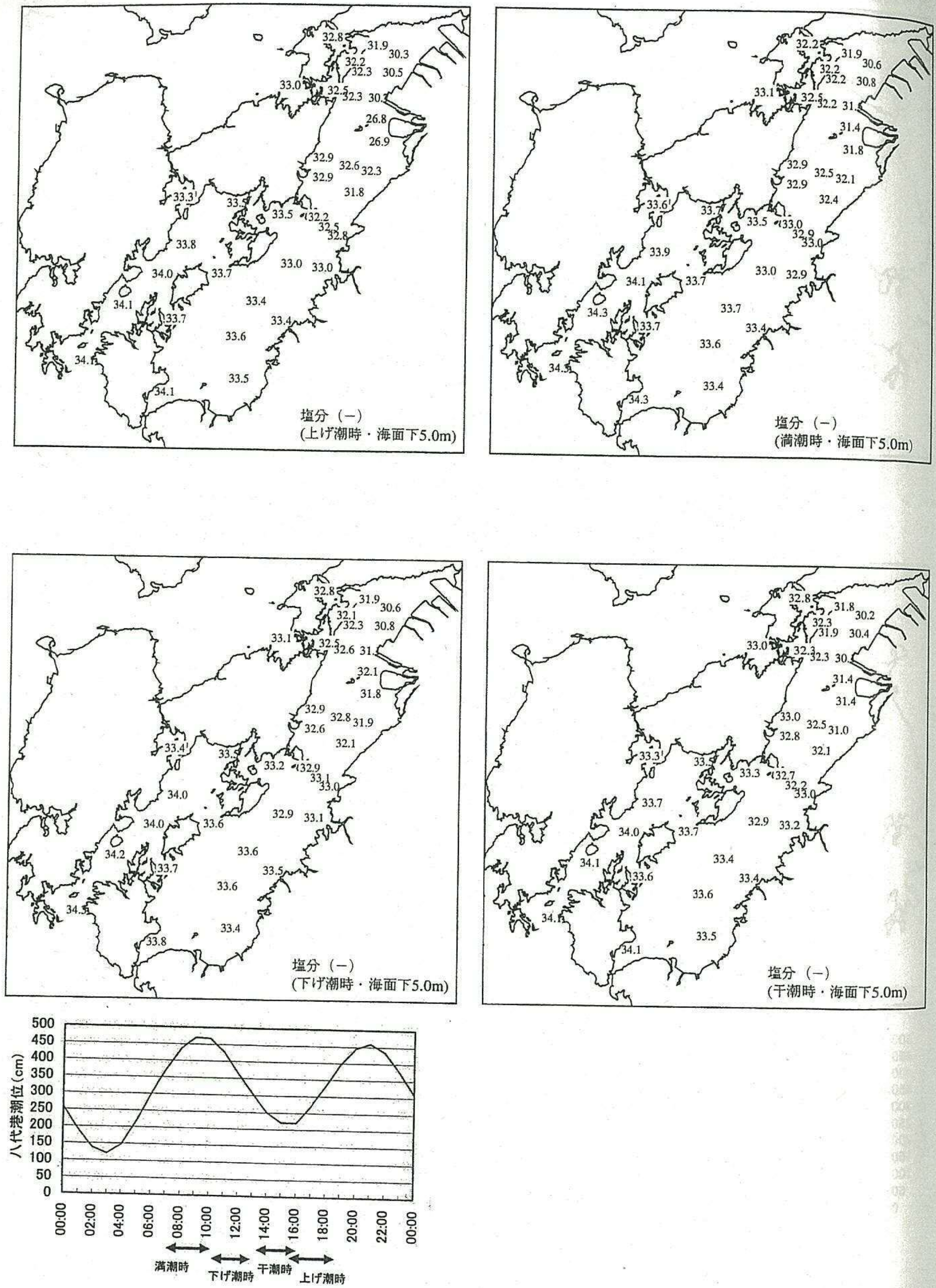
付図 3.2-4(5)　水温水平分布（小潮期・海面下 30m）

［調査日：2001年12月15日（大潮期）］



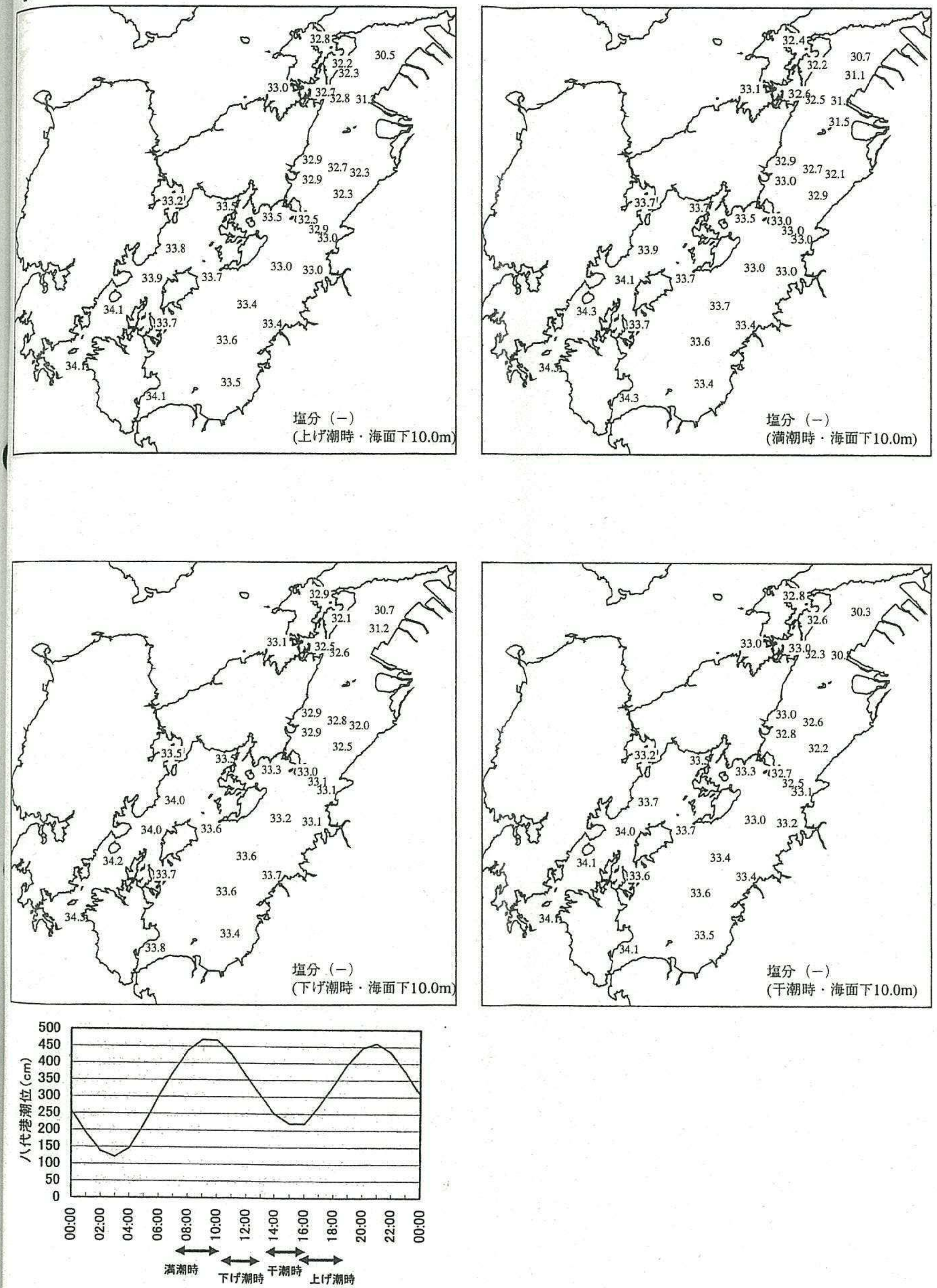
付図 3.2-5(1)　塩分水平分布（大潮期・海面下 1m）

［調査日：2001年12月15日（大潮期）］



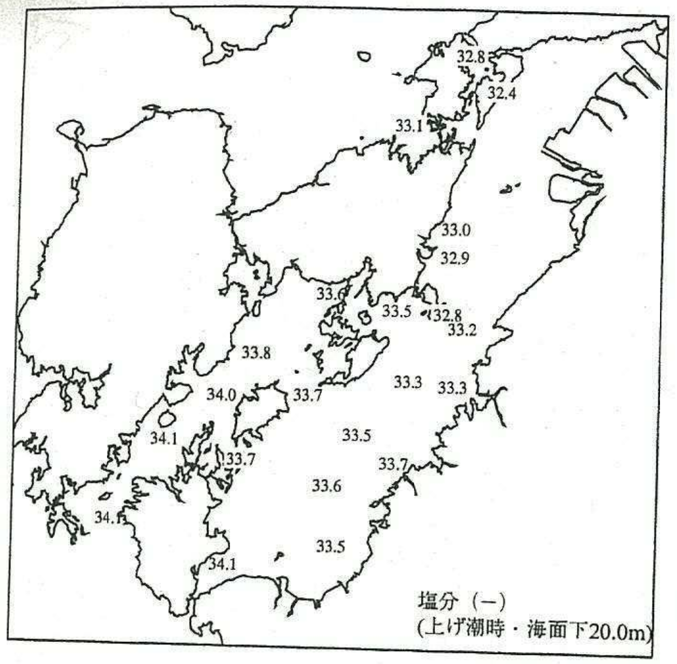
付図 3.2-5(2)　塩分水平分布（大潮期・海面下 5m）

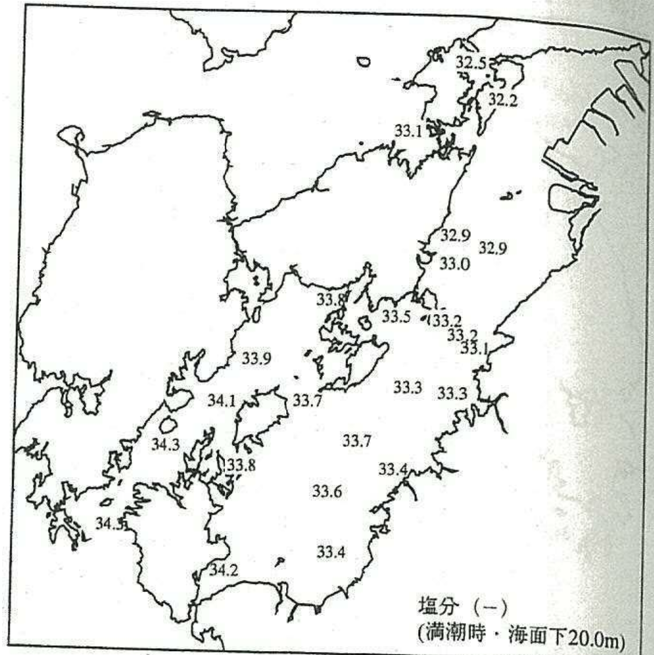
［調査日：2001年12月15日（大潮期）］

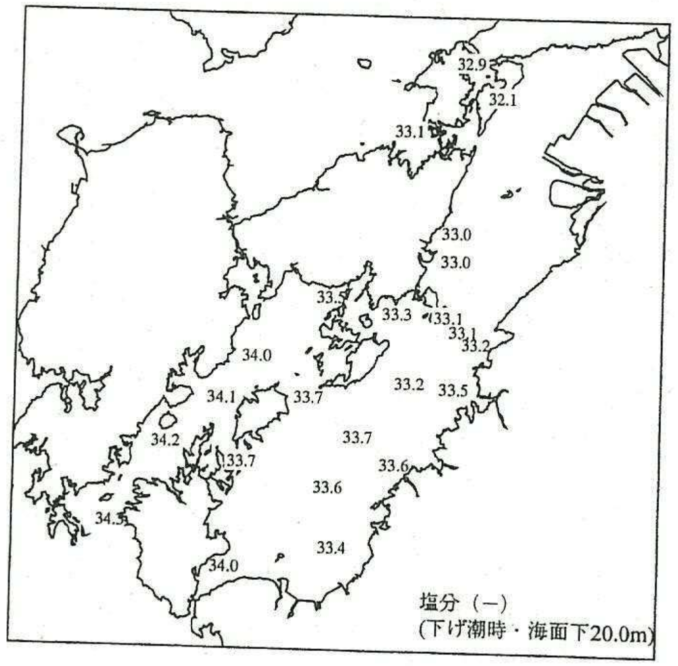


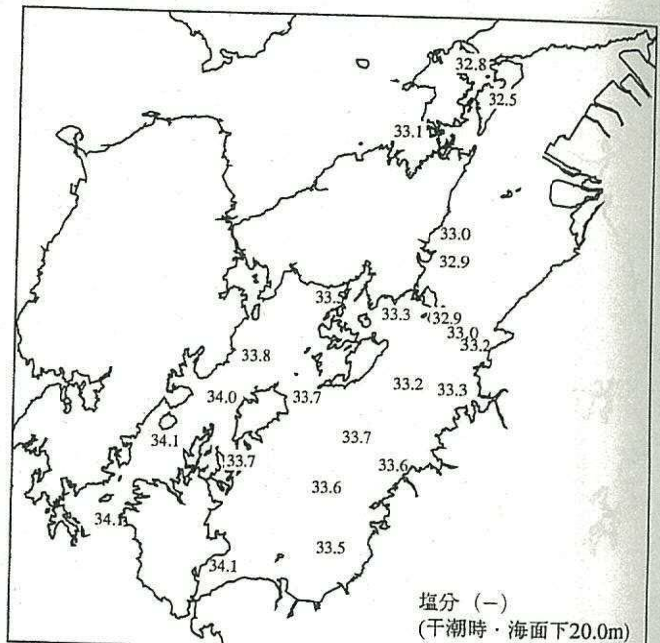
付図 3.2-5(3)　塩分水平分布（大潮期・海面下 10m）

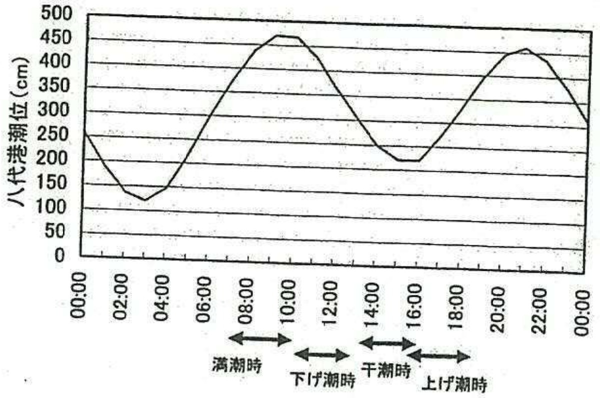
[調査日：2001年12月15日（大潮期）]





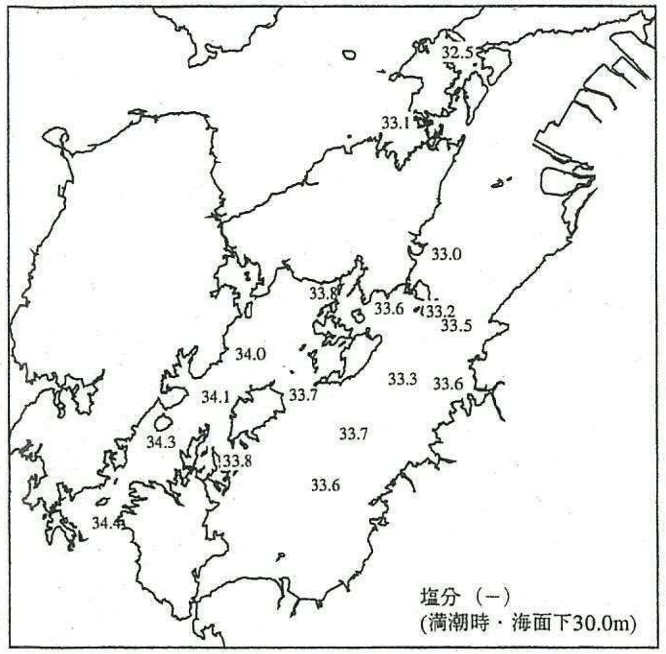


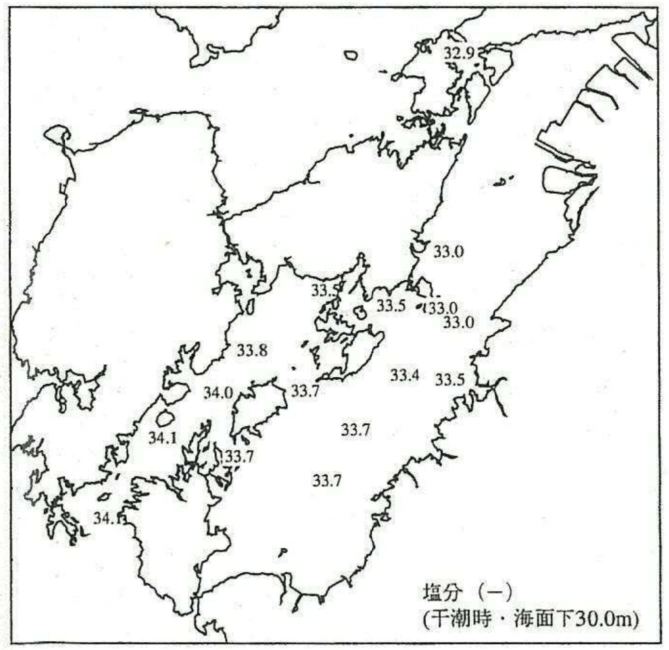


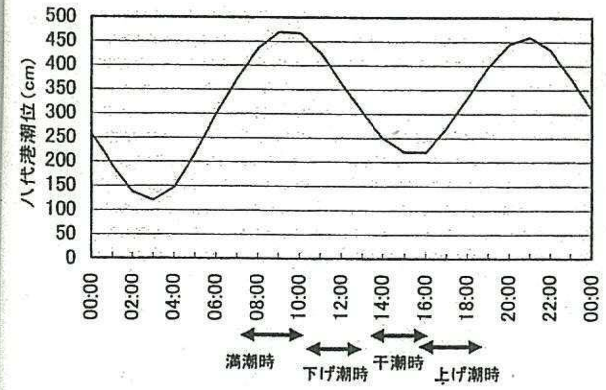


付図 3.2-5(4)　塩分水平分布（大潮期・海面下 20m）

[調査日：2001年12月15日（大潮期）]

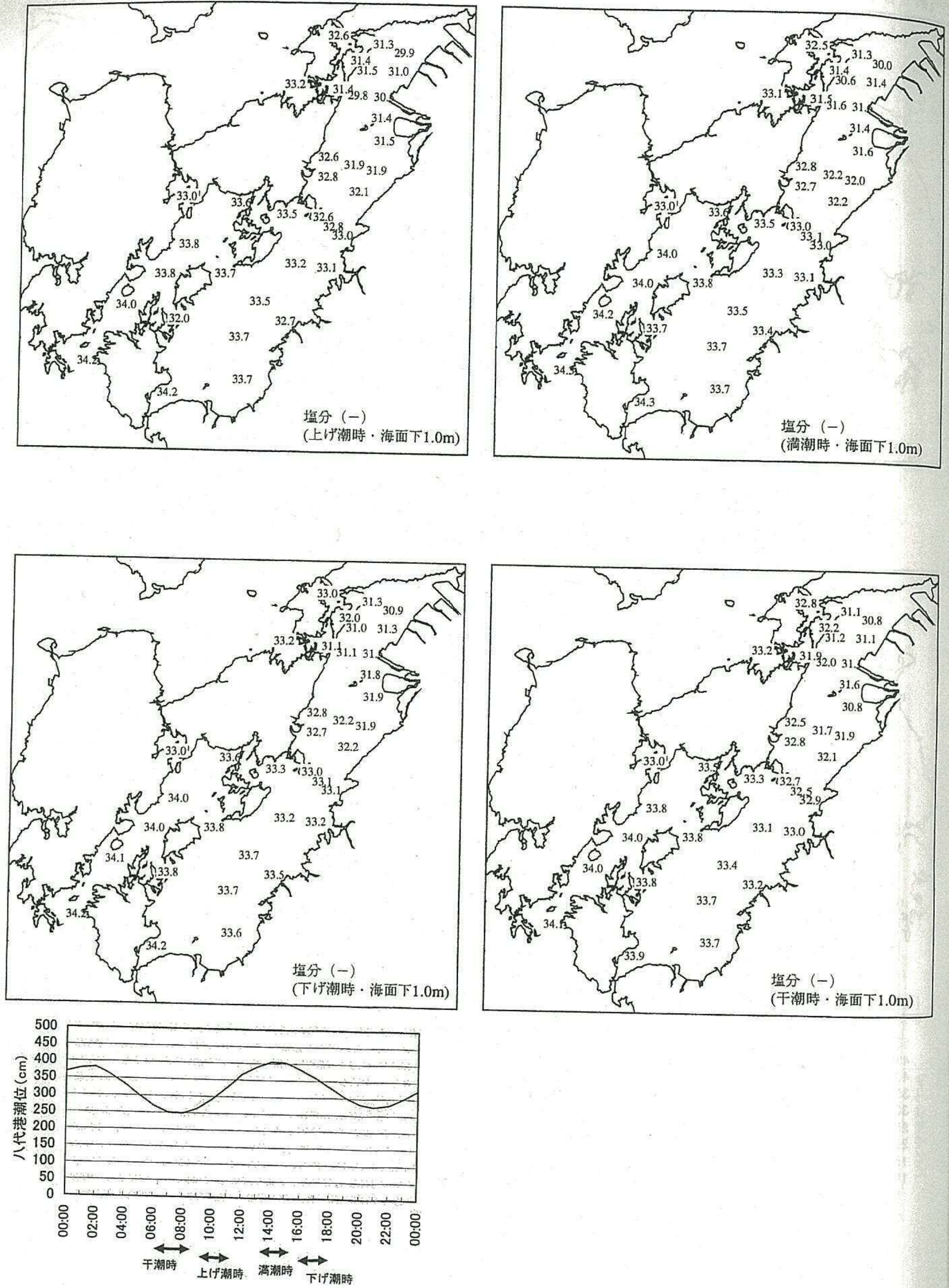






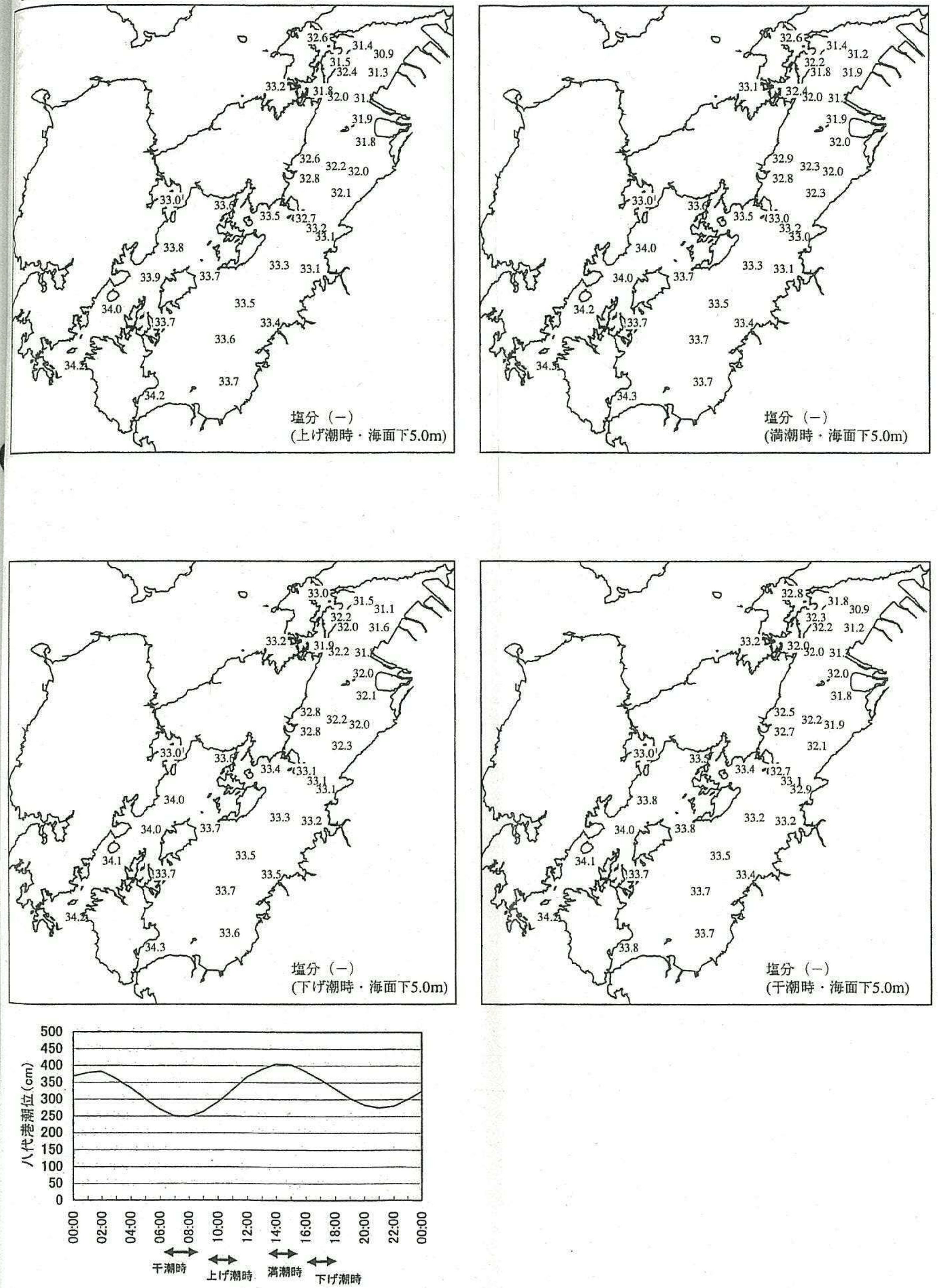
付図 3.2-5(5)　塩分水平分布（大潮期・海面下 30m）

[調査日：2001年12月23日（小潮期）]



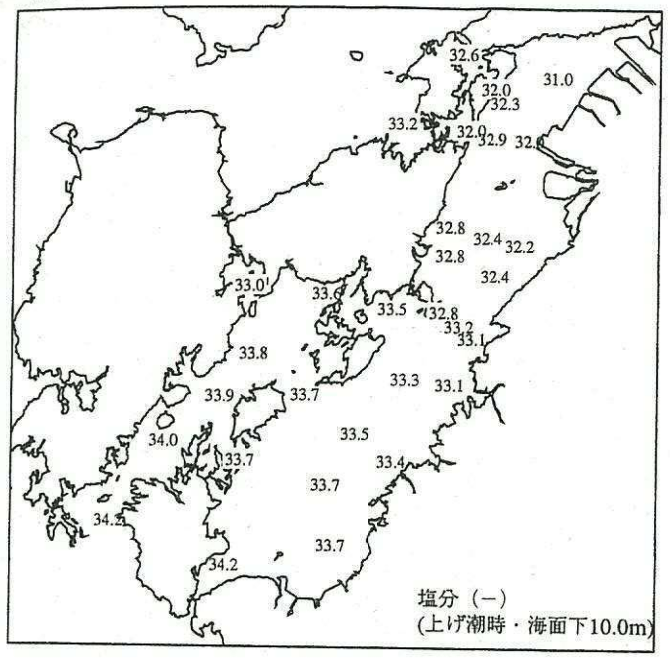
付図 3.2-6(1)　塩分水平分布（小潮期・海面下 1m）

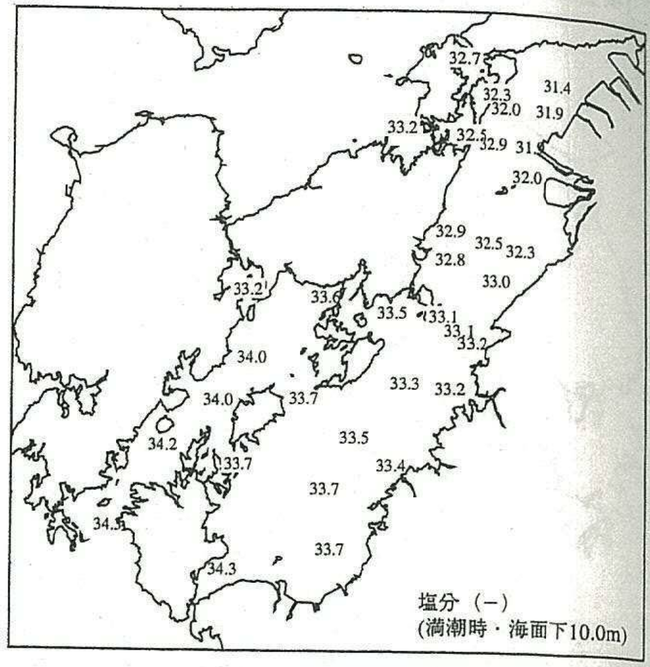
[調査日：2001年12月23日（小潮期）]

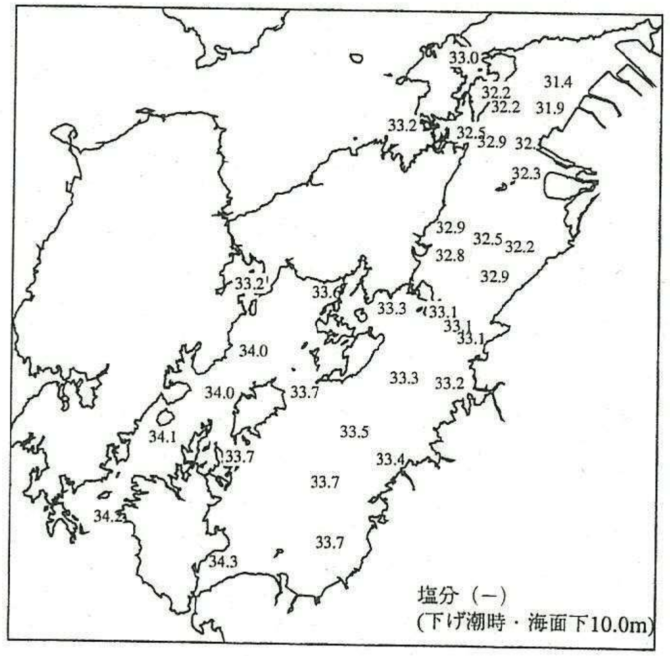


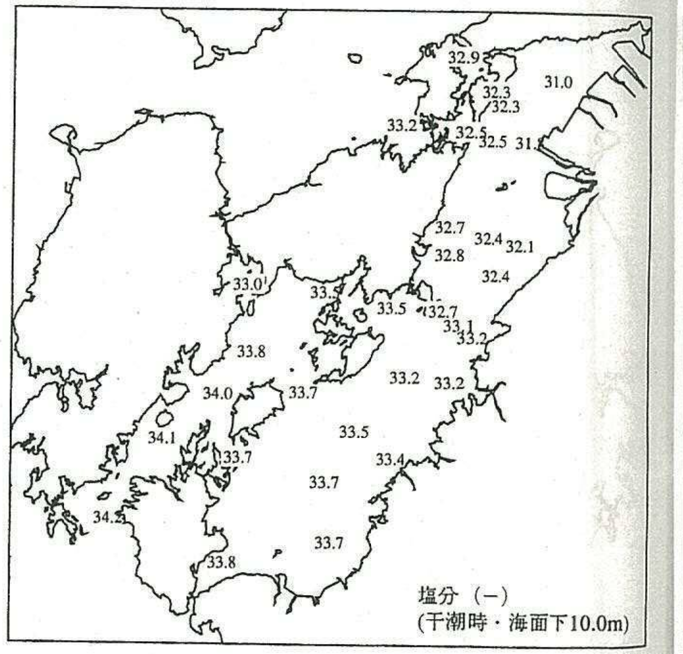
付図 3.2-6(2)　塩分水平分布（小潮期・海面下 5m）

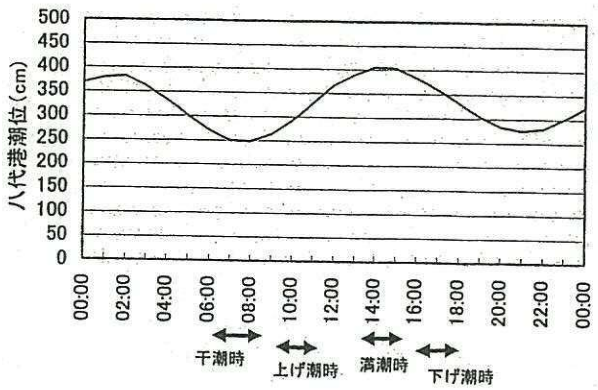
[調査日：2001年12月23日（小潮期）]





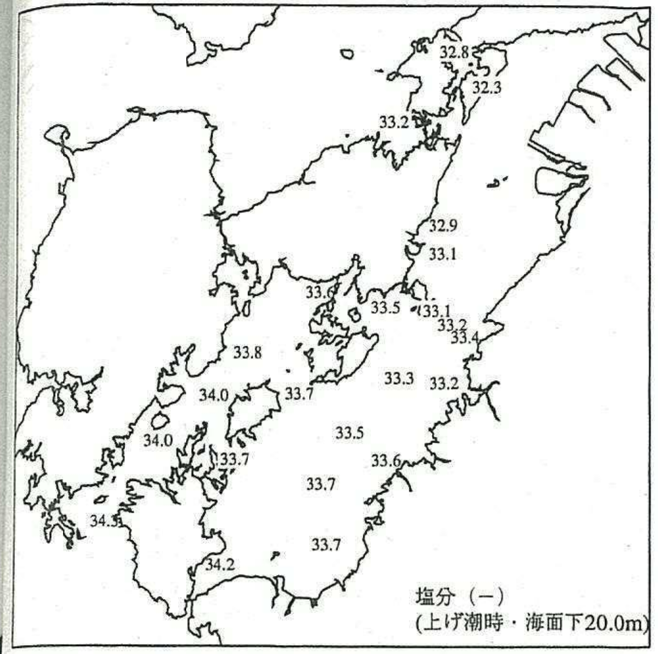


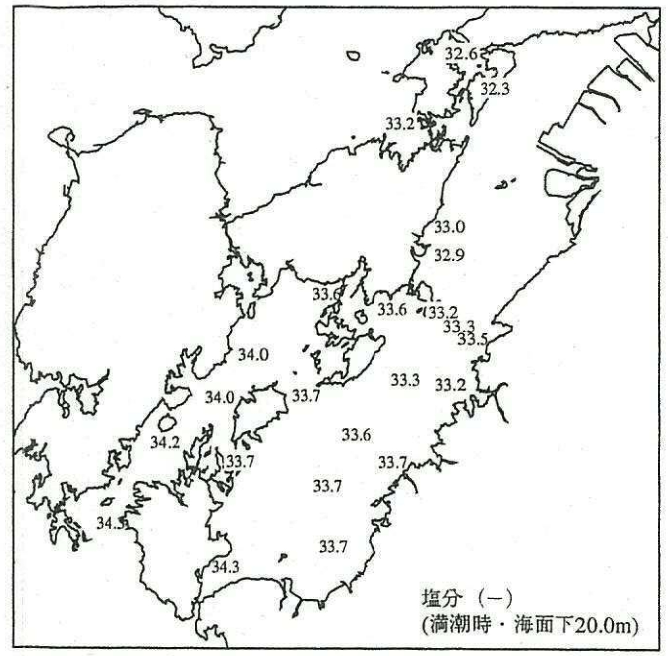


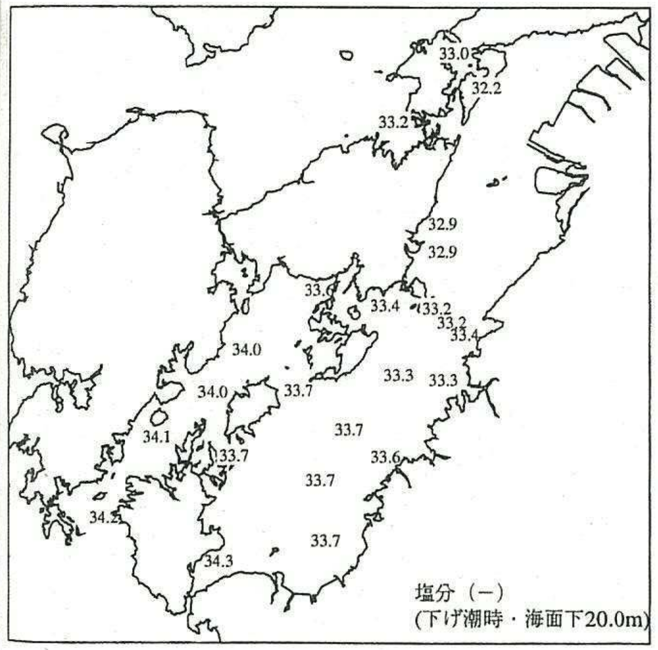


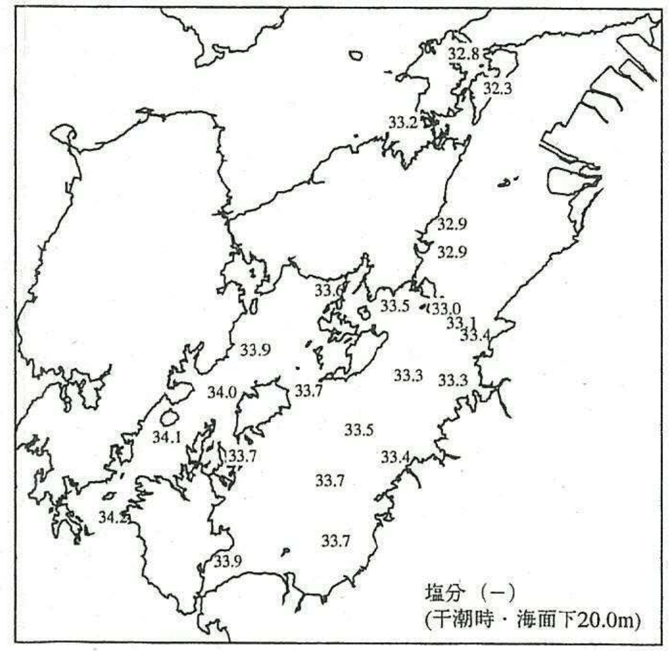
付図 3.2-6(3)　塩分水平分布（小潮期・海面下 10m）

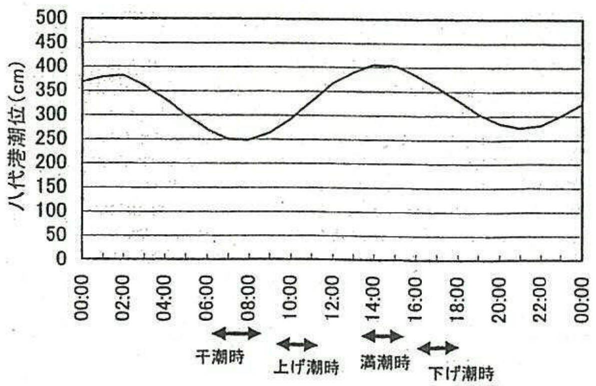
[調査日：2001年12月23日（小潮期）]





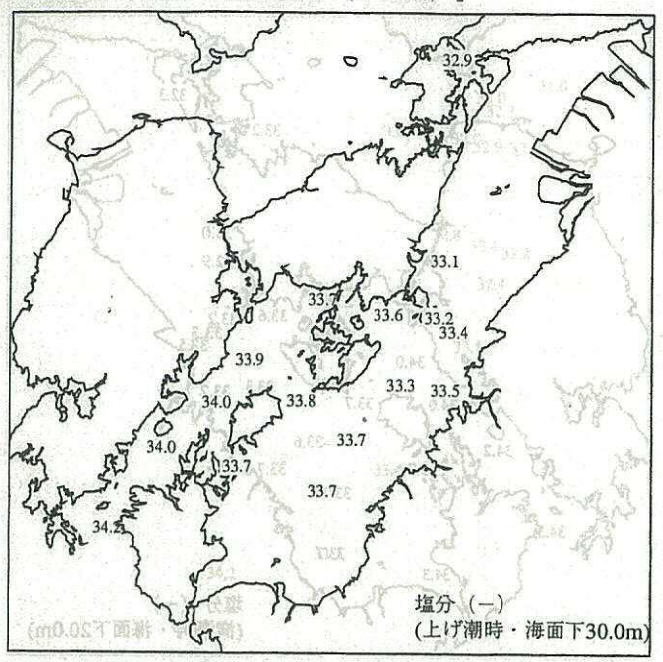


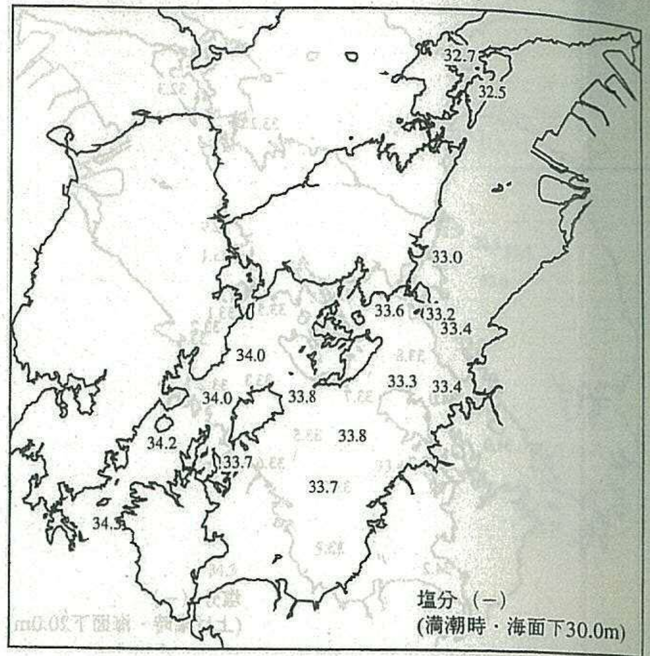


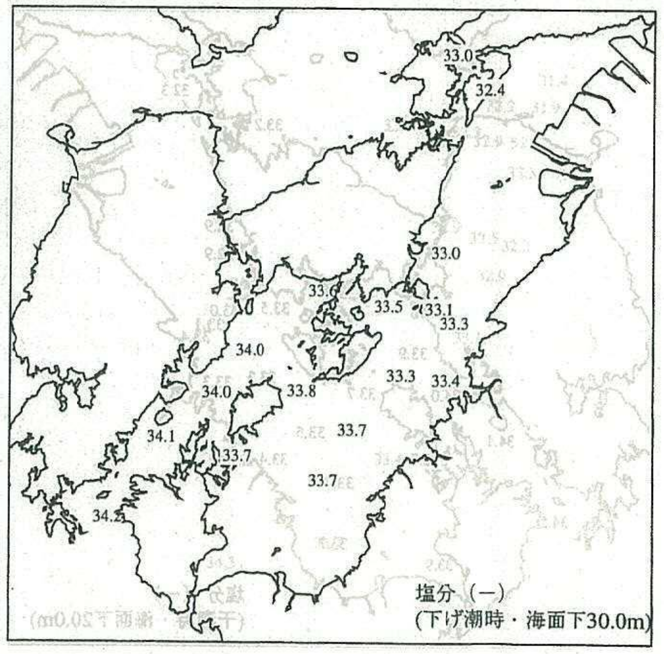


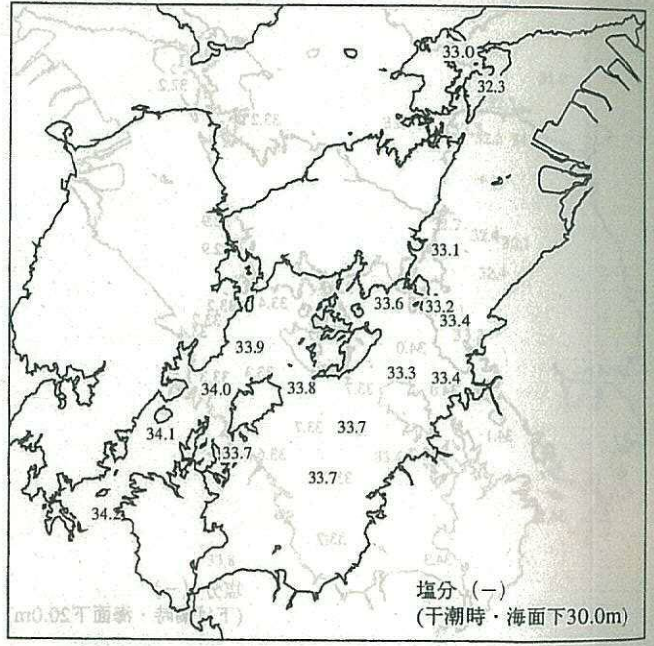
付図 3.2-6(4)　塩分水平分布（小潮期・海面下 20m）

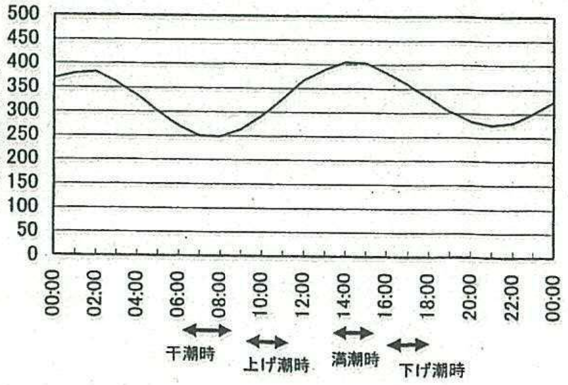
[調査日：2001年12月23日（小潮期）]



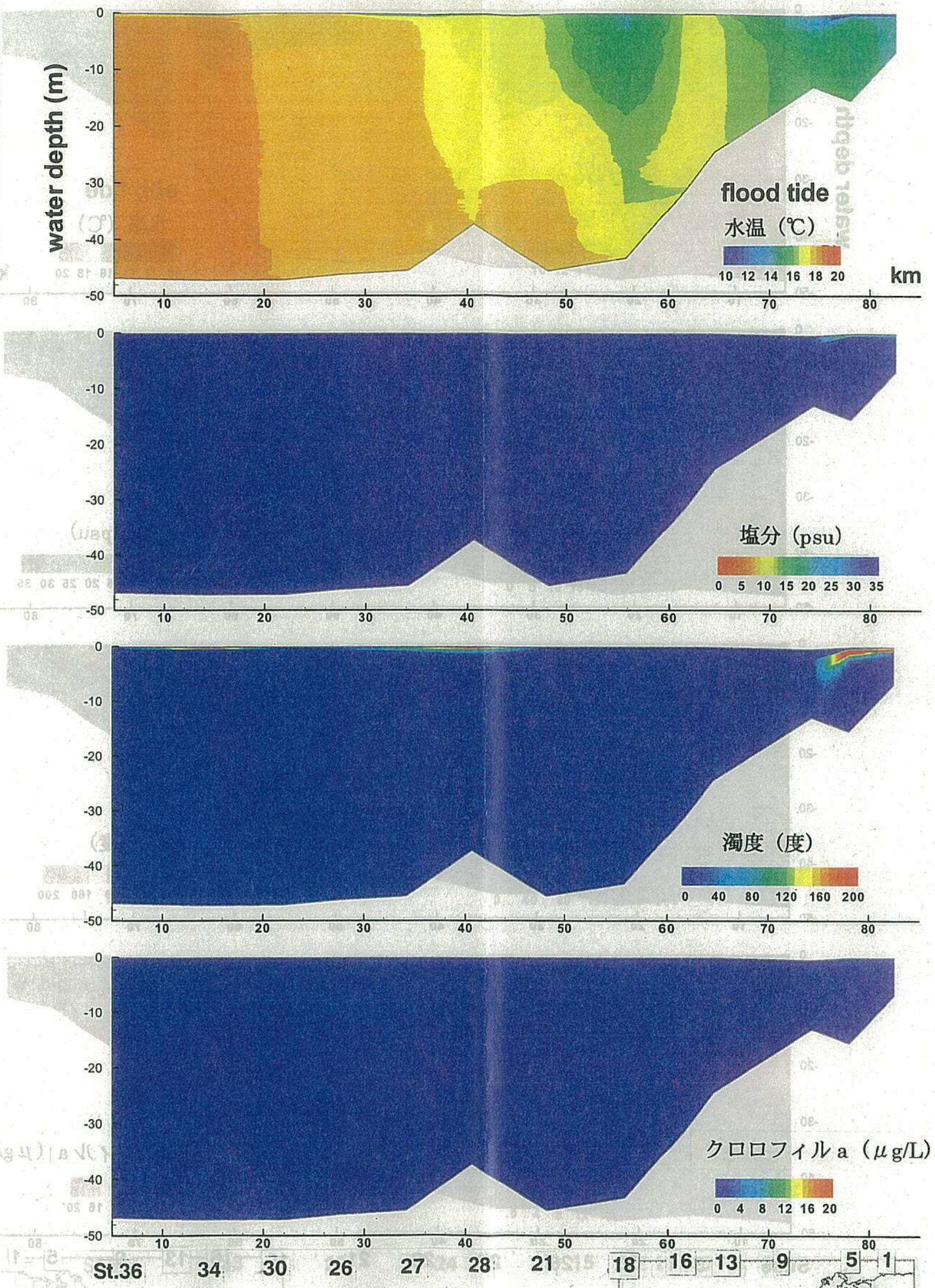


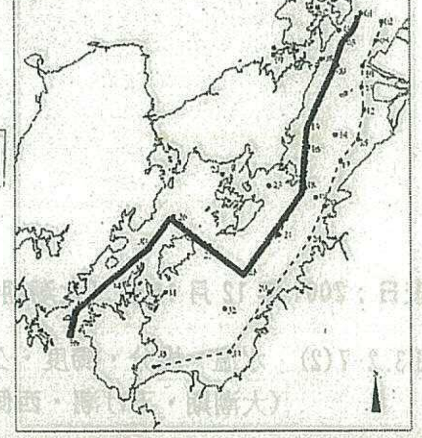






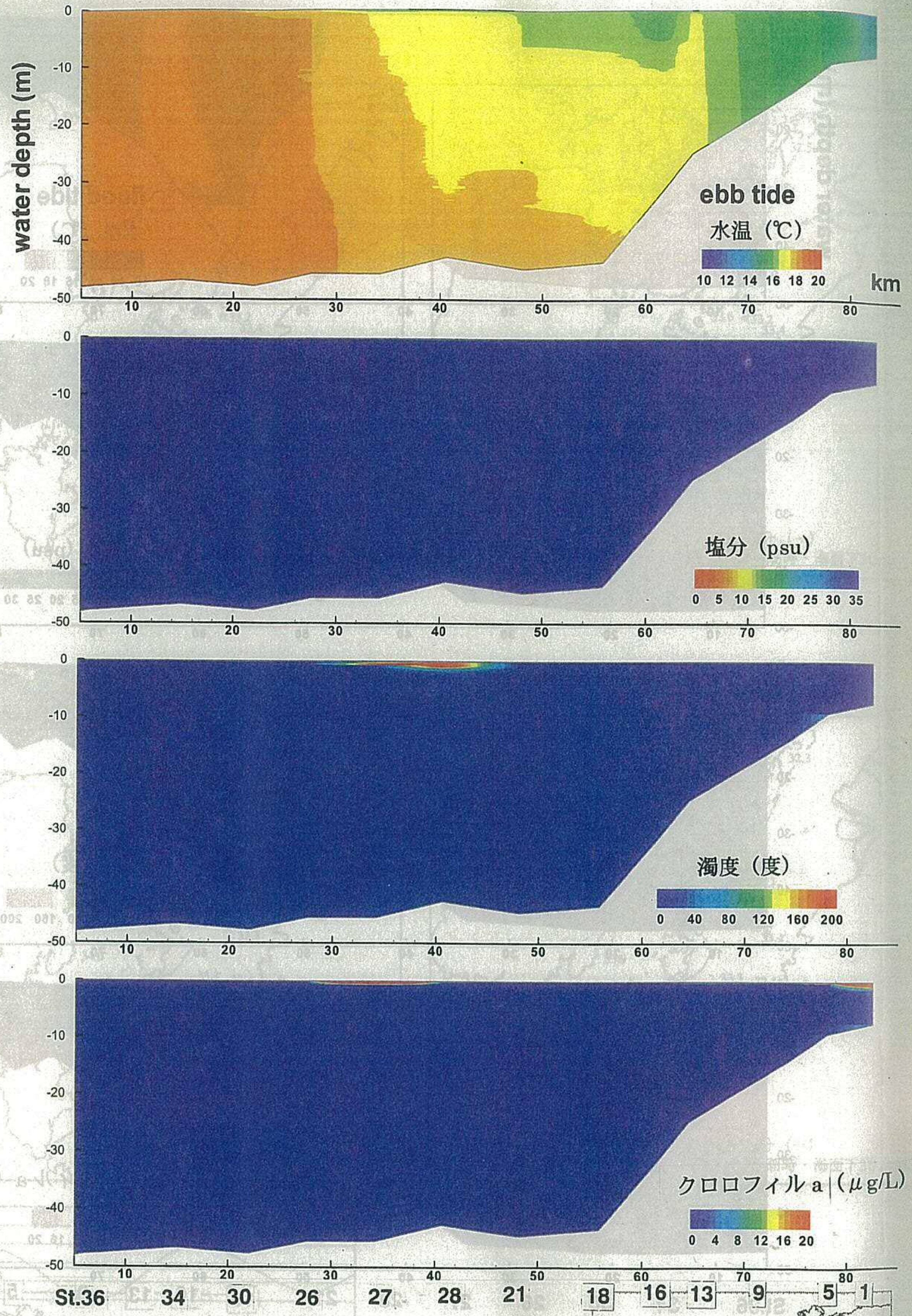
付図 3.2-6(5) 塩分水平分布（小潮期・海面下 30m）



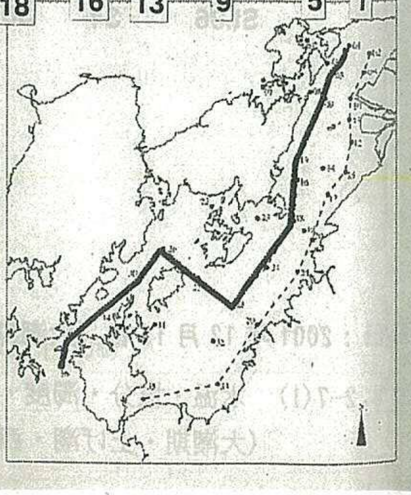


[調査日：2001 年 12 月 15 日（大潮期）]

付図 3.2-7(1) 水温・塩分・濁度・クロロフィル a 断面分布
（大潮期・上げ潮・西側ライン）

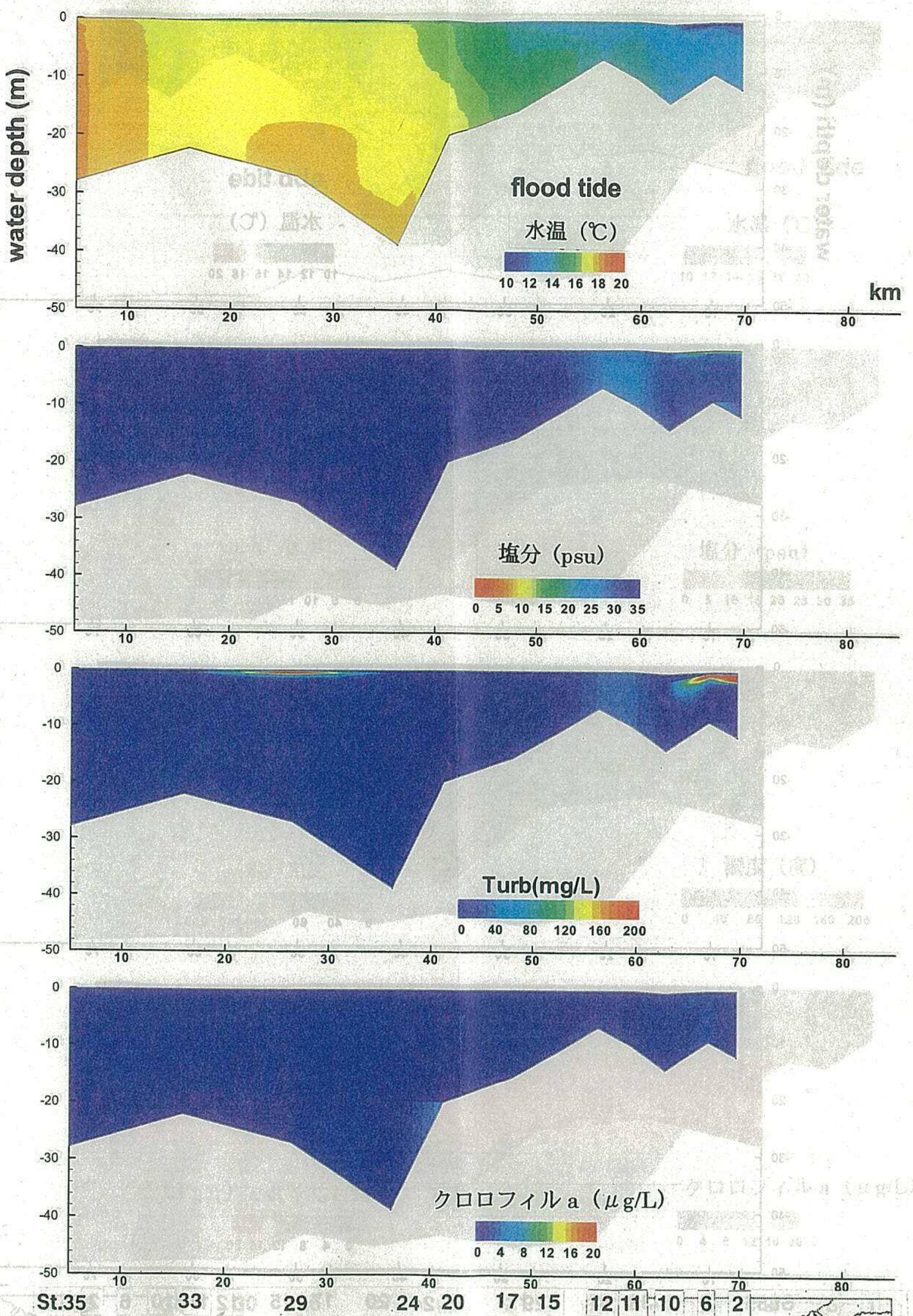


西側ライン

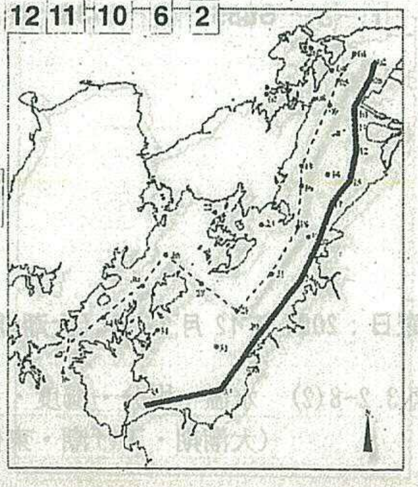


[調査日：2001 年 12 月 15 日（大潮期）]

付図 3.2-7(2)　水温・塩分・濁度・クロロフィル a 断面分布
（大潮期・下げ潮・西側ライン）

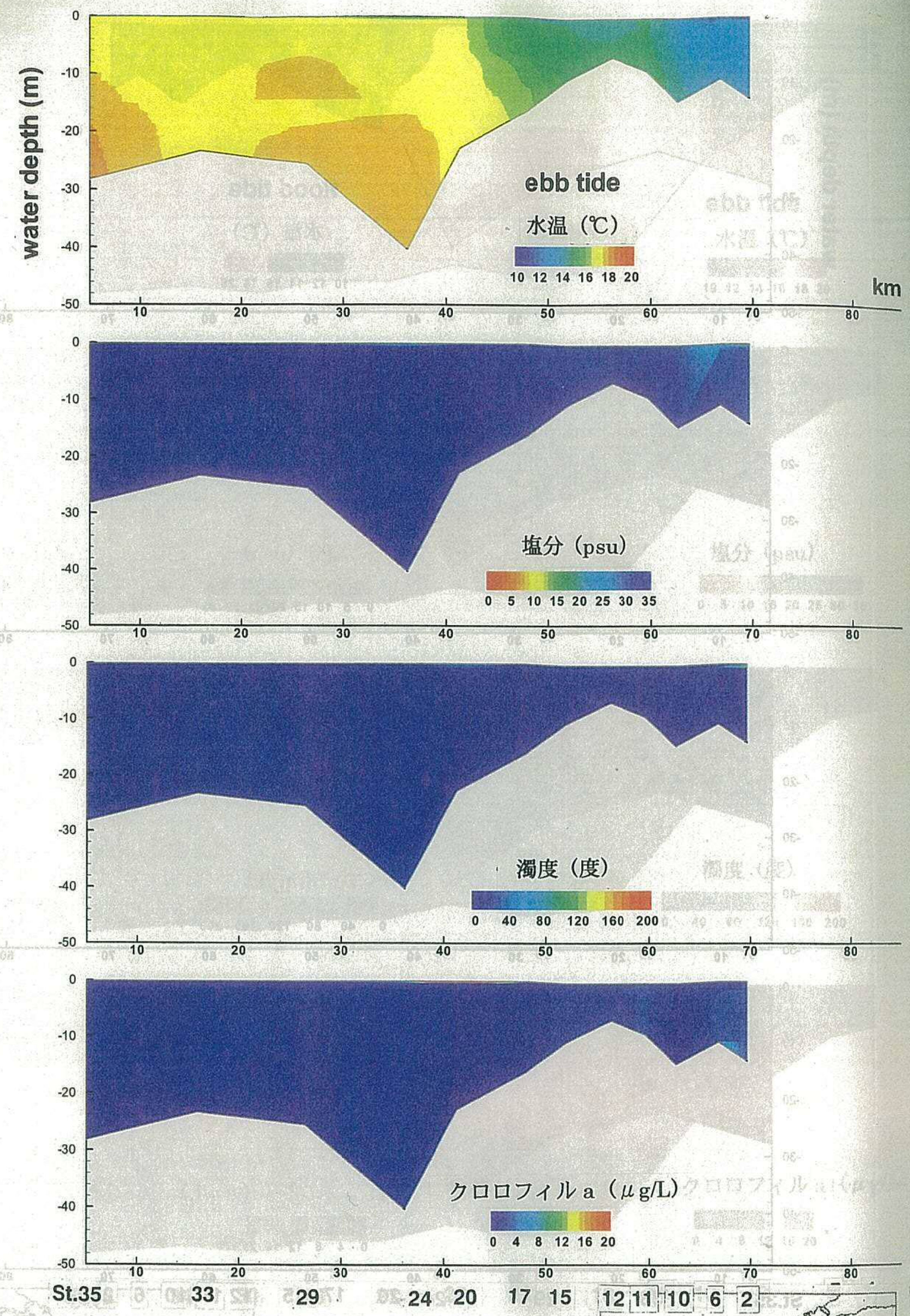


東側ライン

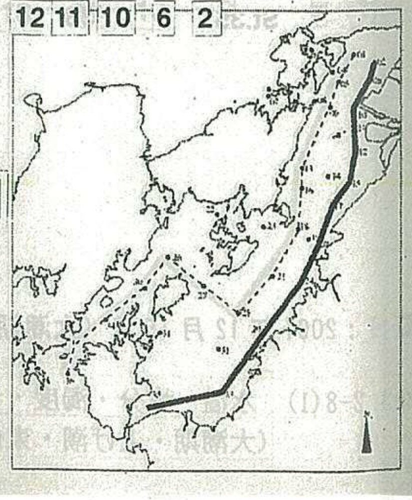


[調査日：2001 年 12 月 15 日（大潮期）]

付図 3.2-8(1)　水温・塩分・濁度・クロロフィル a 断面分布
（大潮期・上げ潮・東側ライン）

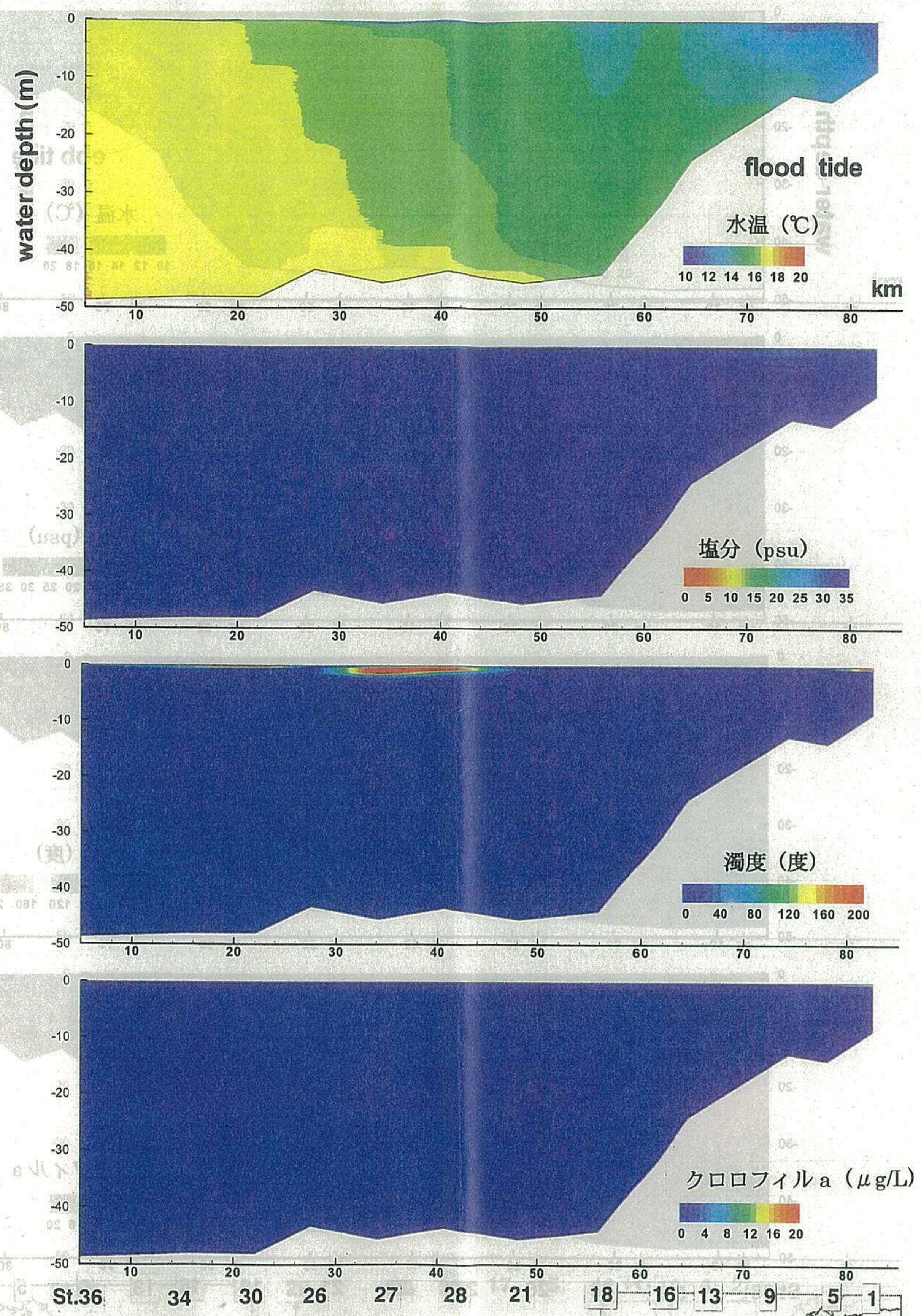


東側ライン

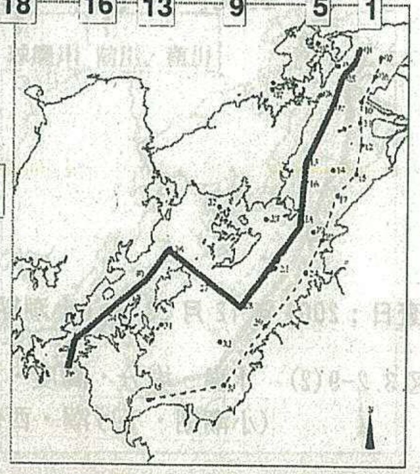


[調査日：2001年12月15日（大潮期）]

付図 3.2-8(2)　水温・塩分・濁度・クロロフィルa断面分布
（大潮期・下げ潮・東側ライン）　(3-38)

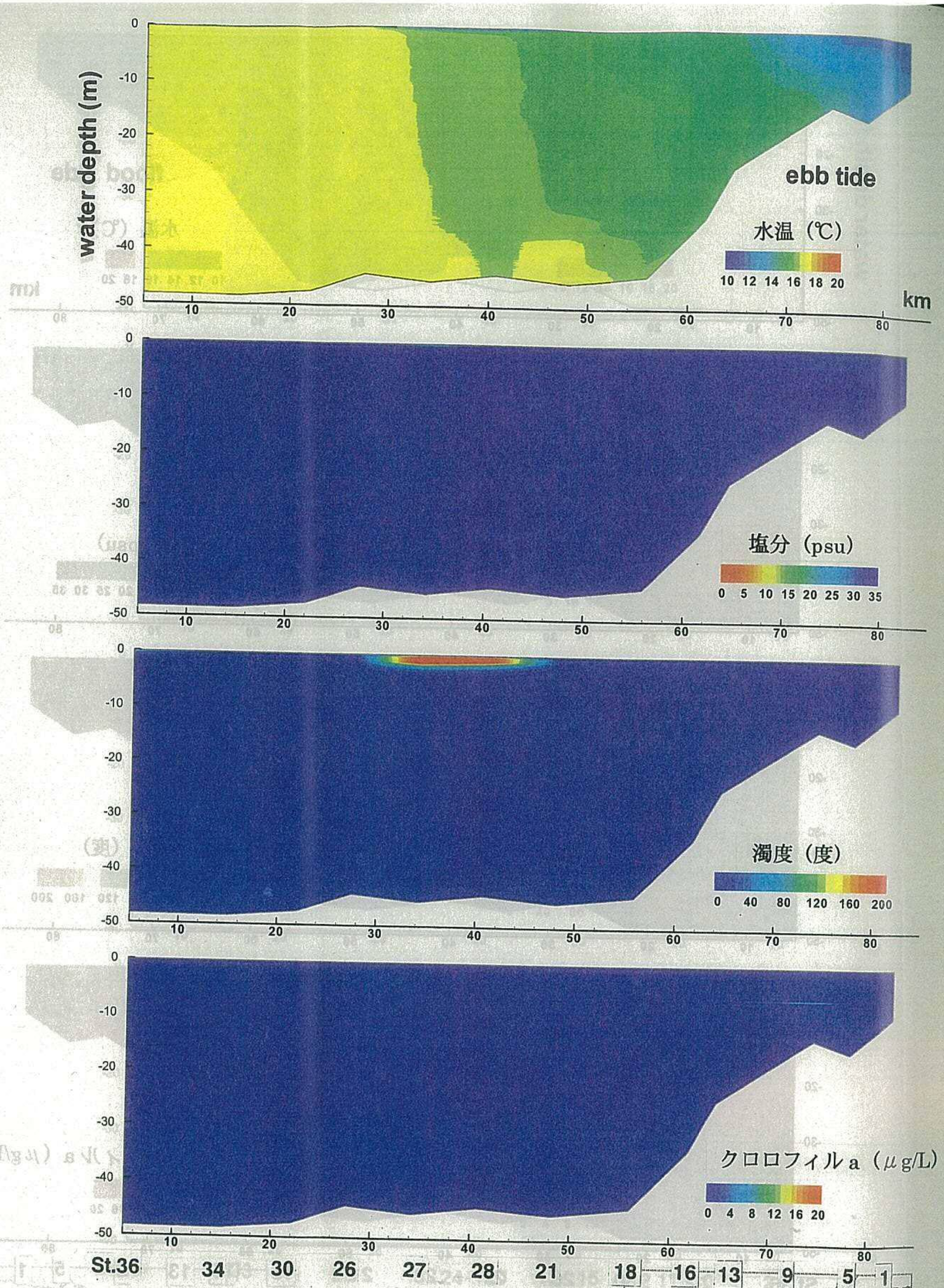


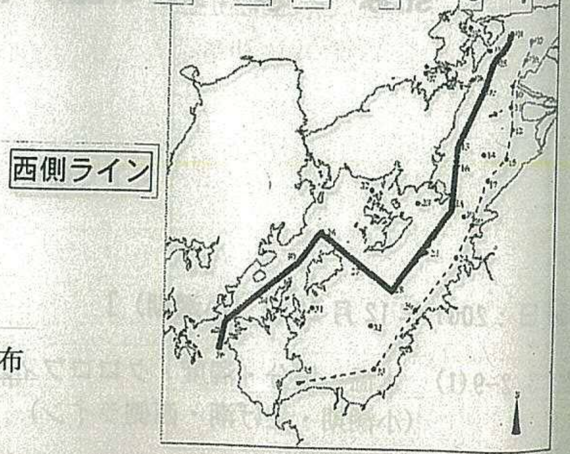
西側ライン



[調査日：2001年12月23日（小潮期）]

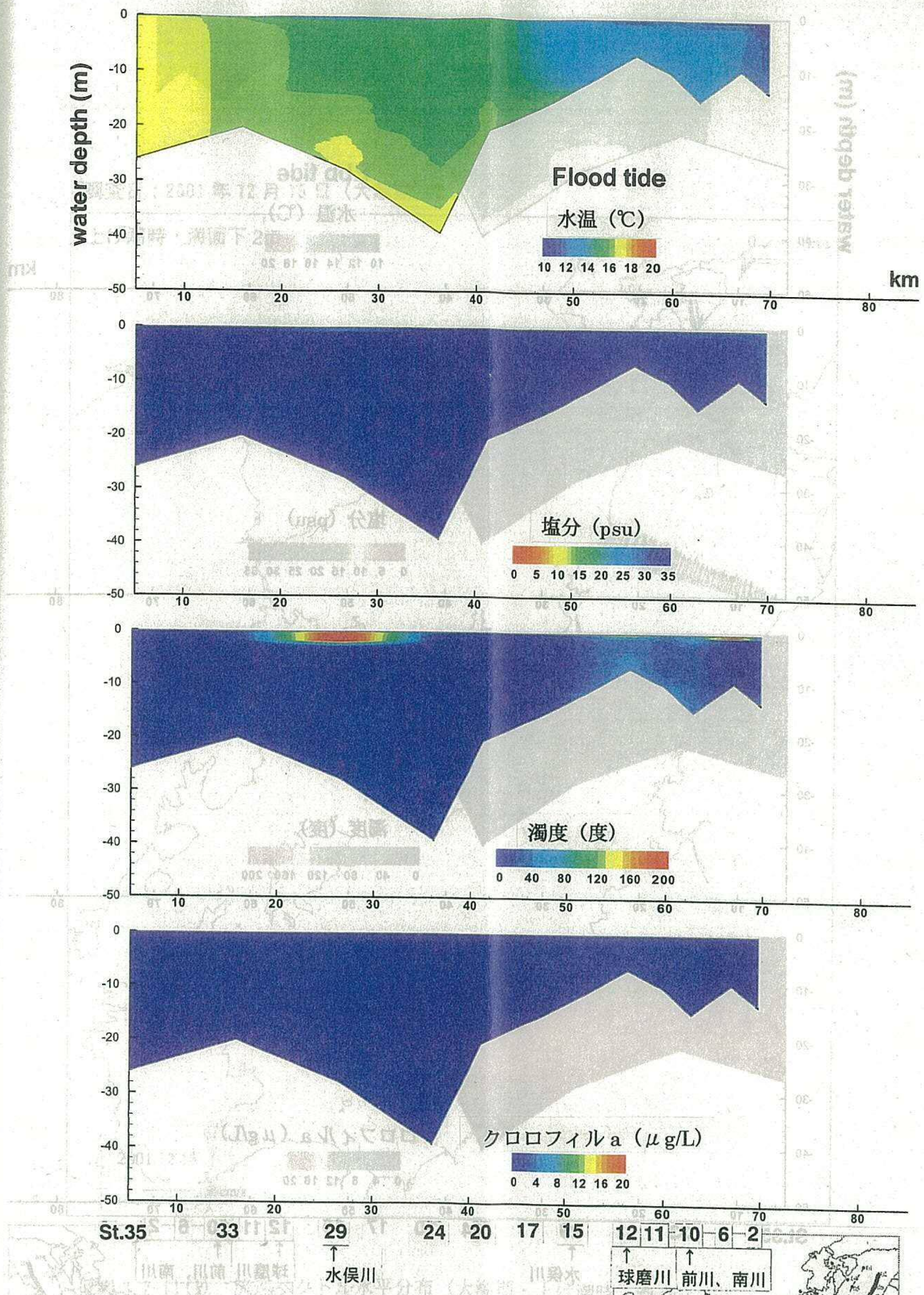
付図 3.2-9(1)　水温・塩分・濁度・クロロフィルa断面分布
（小潮期・上げ潮・西側ライン）　(3-39)





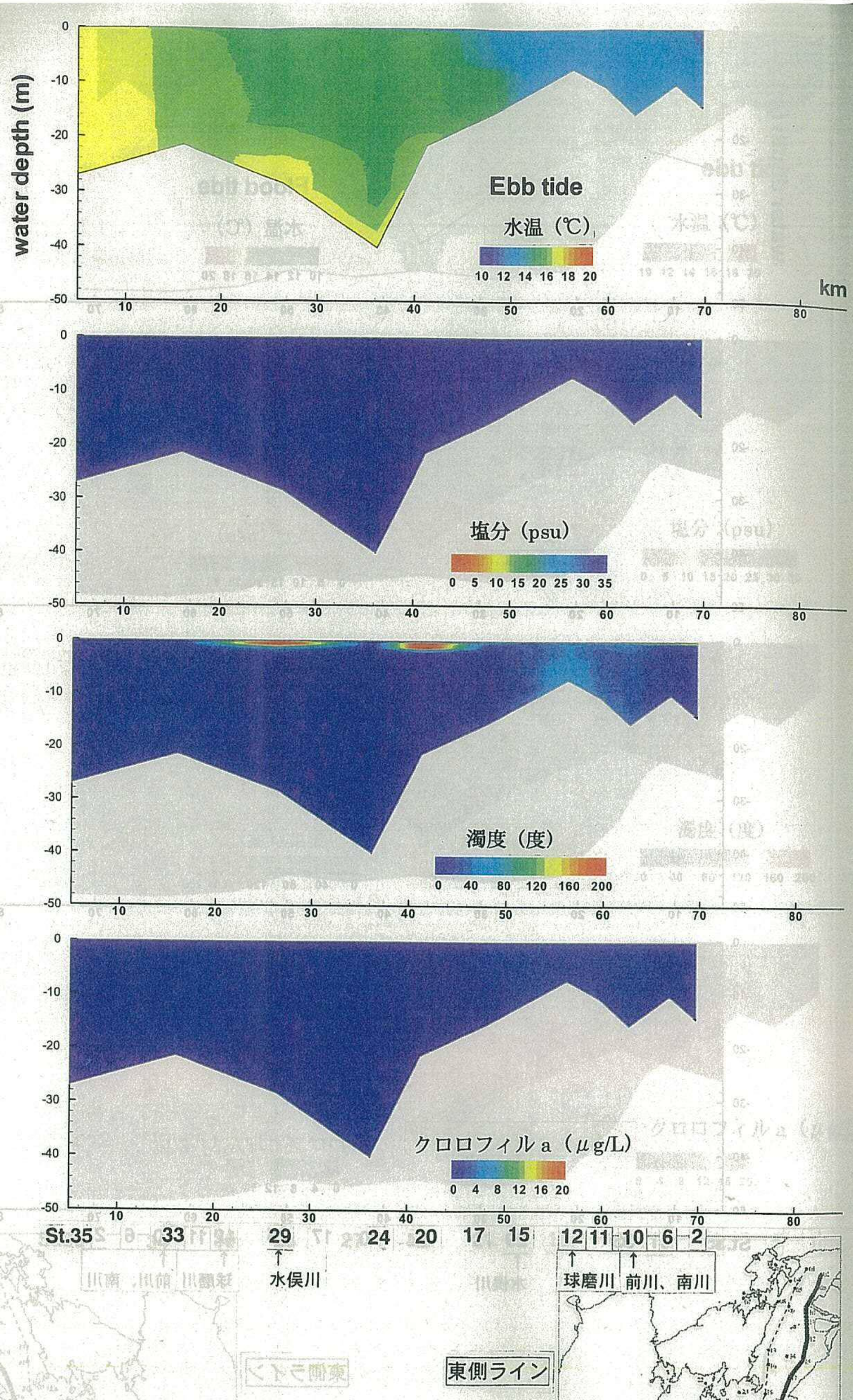
[調査日：2001 年 12 月 23 日（小潮期）]

付図 3.2-9(2)　水温・塩分・濁度・クロロフィル a 断面分布
（小潮期・下げ潮・西側ライン）　(3-40)



[調査日：2001 年 12 月 23 日（小潮期）]

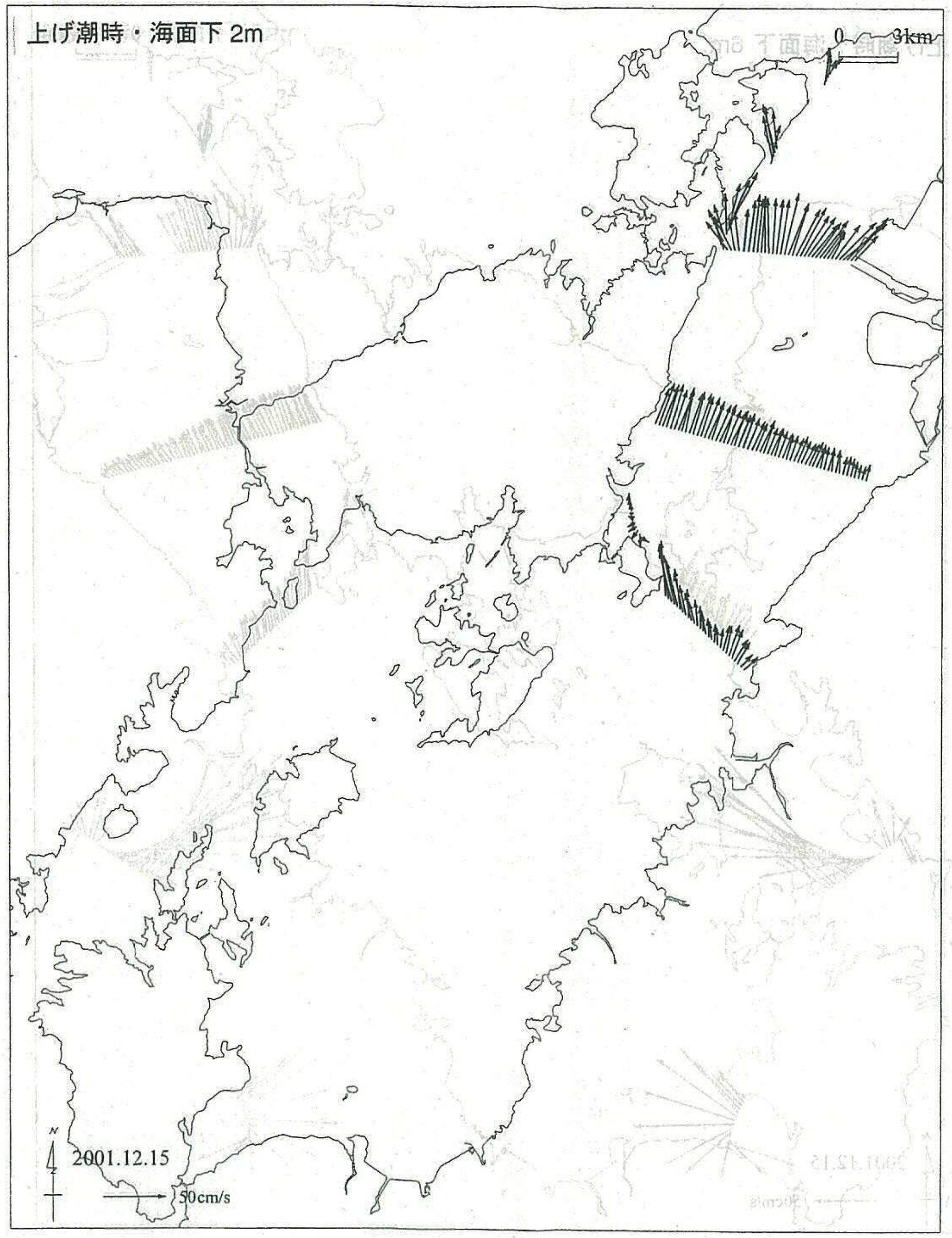
付図 3.2-10(1)　水温・塩分・濁度・クロロフィル a 断面分布
（小潮期・上げ潮・東側ライン）　(3-41)



[調査日：2001 年 12 月 23 日（小潮期）]

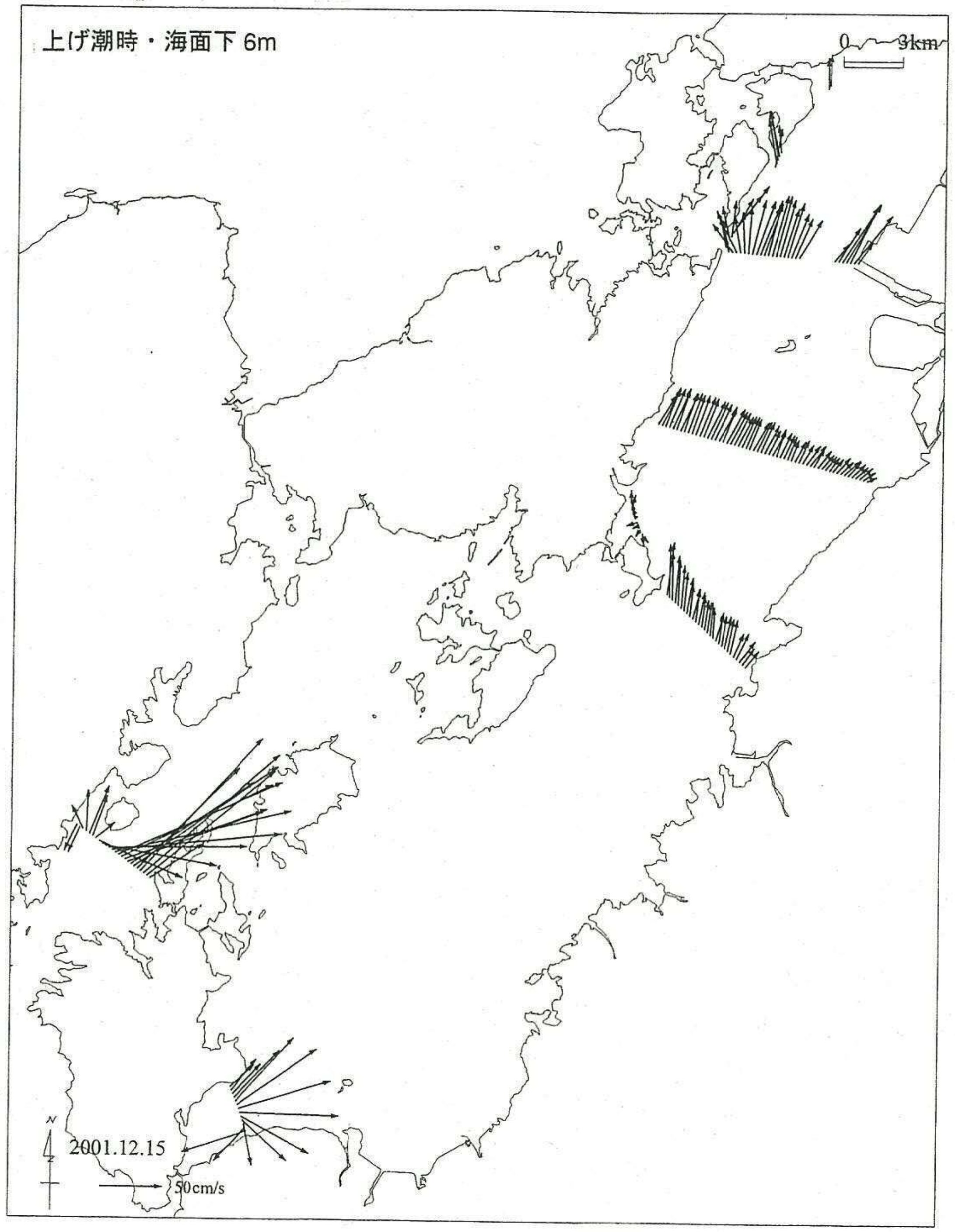
付図 3.2-10(2)　水温・塩分・濁度・クロロフィル a 断面分布
（小潮期・下げ潮・東側ライン）

[調査日：2001 年 12 月 15 日（大潮期）]



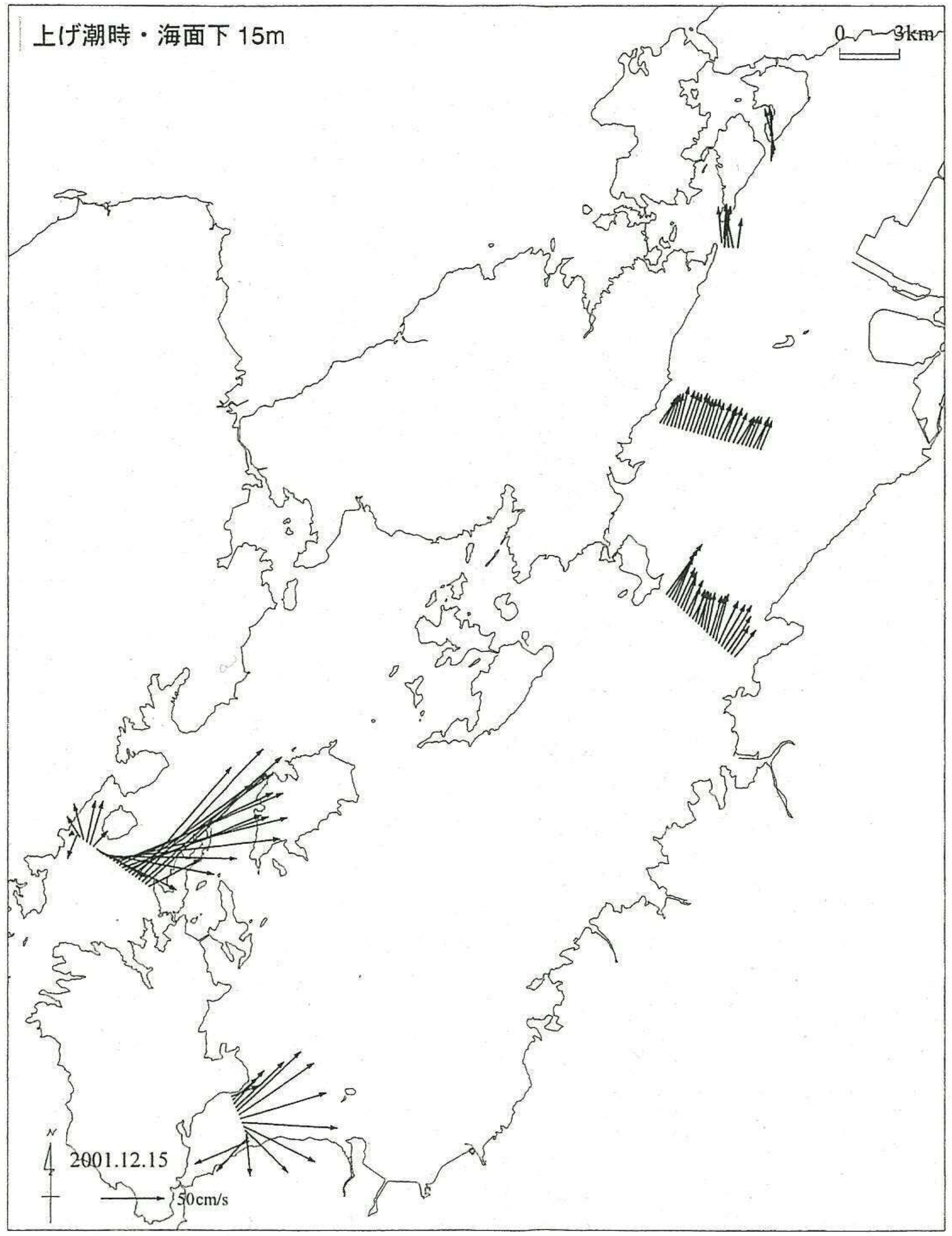
付図 3.2-11(1)　流速ベクトル水平分布（大潮期・上げ潮時・海面下 2m）

[調査日：2001 年 12 月 15 日（大潮期）]



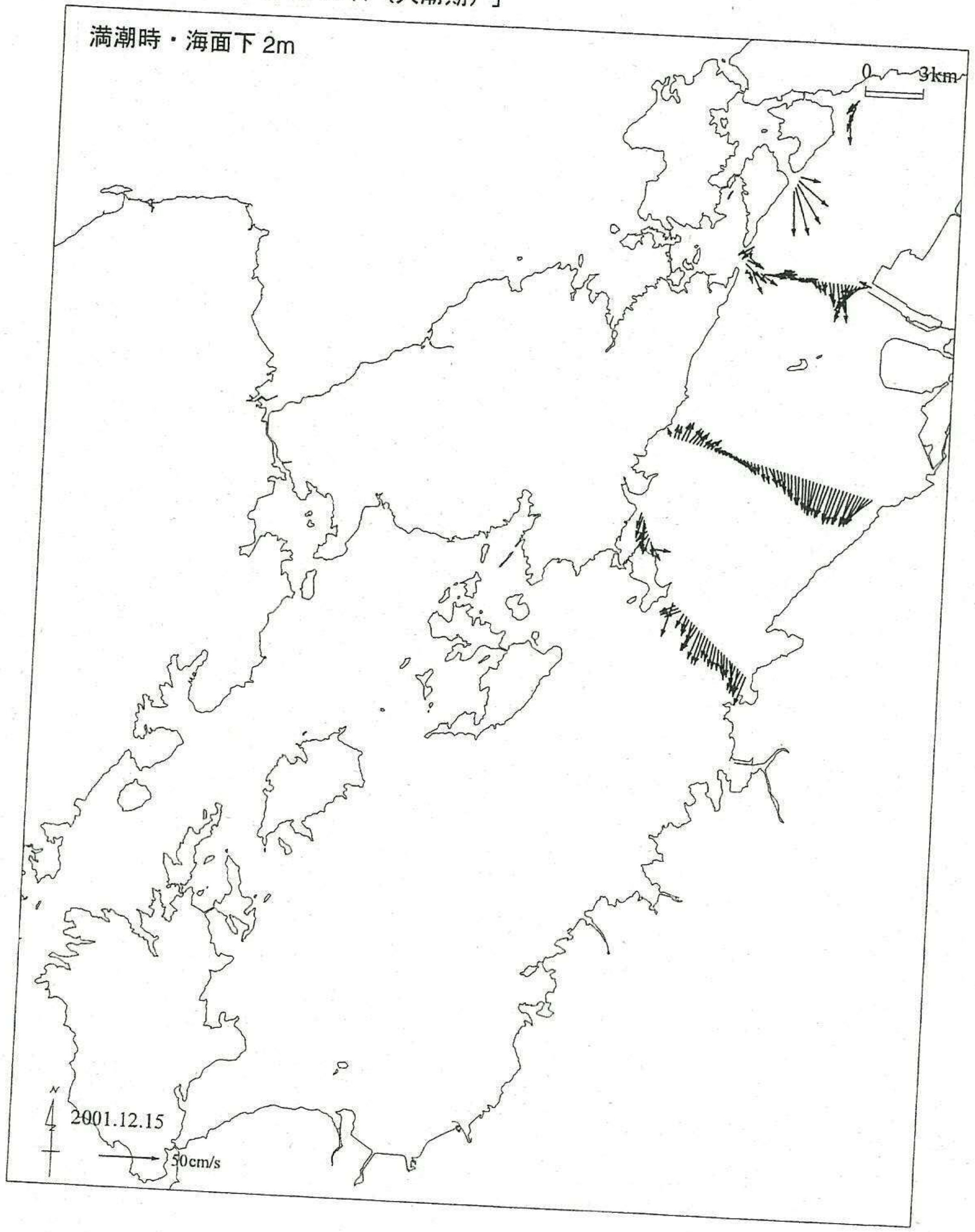
付図 3.2-11(2) 流速ベクトル水平分布（大潮期・上げ潮時・海面下 6m）

[調査日：2001 年 12 月 15 日（大潮期）]



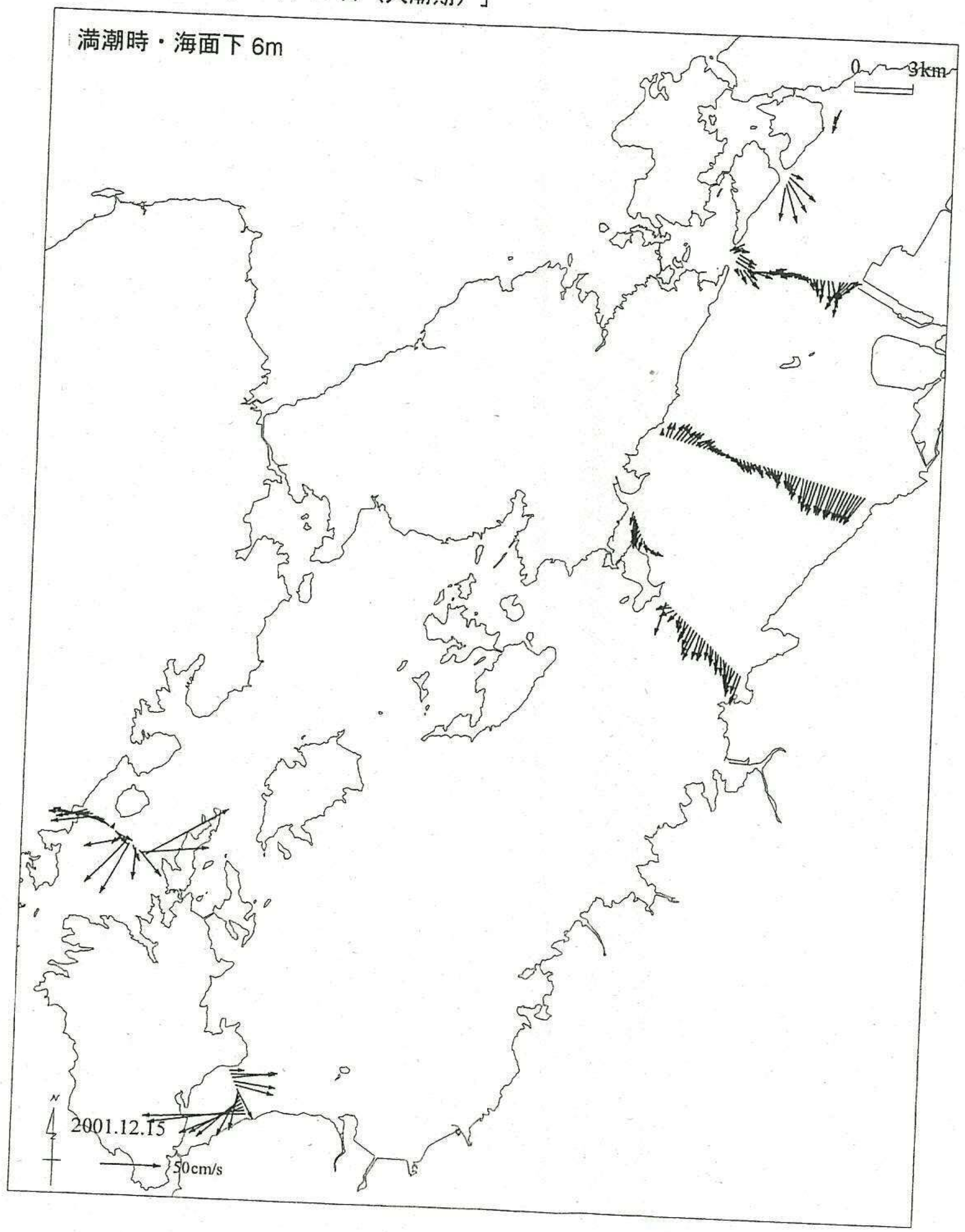
付図 3.2-11(3) 流速ベクトル水平分布（大潮期・上げ潮時・海面下 15m）

[調査日：2001 年 12 月 15 日（大潮期）]



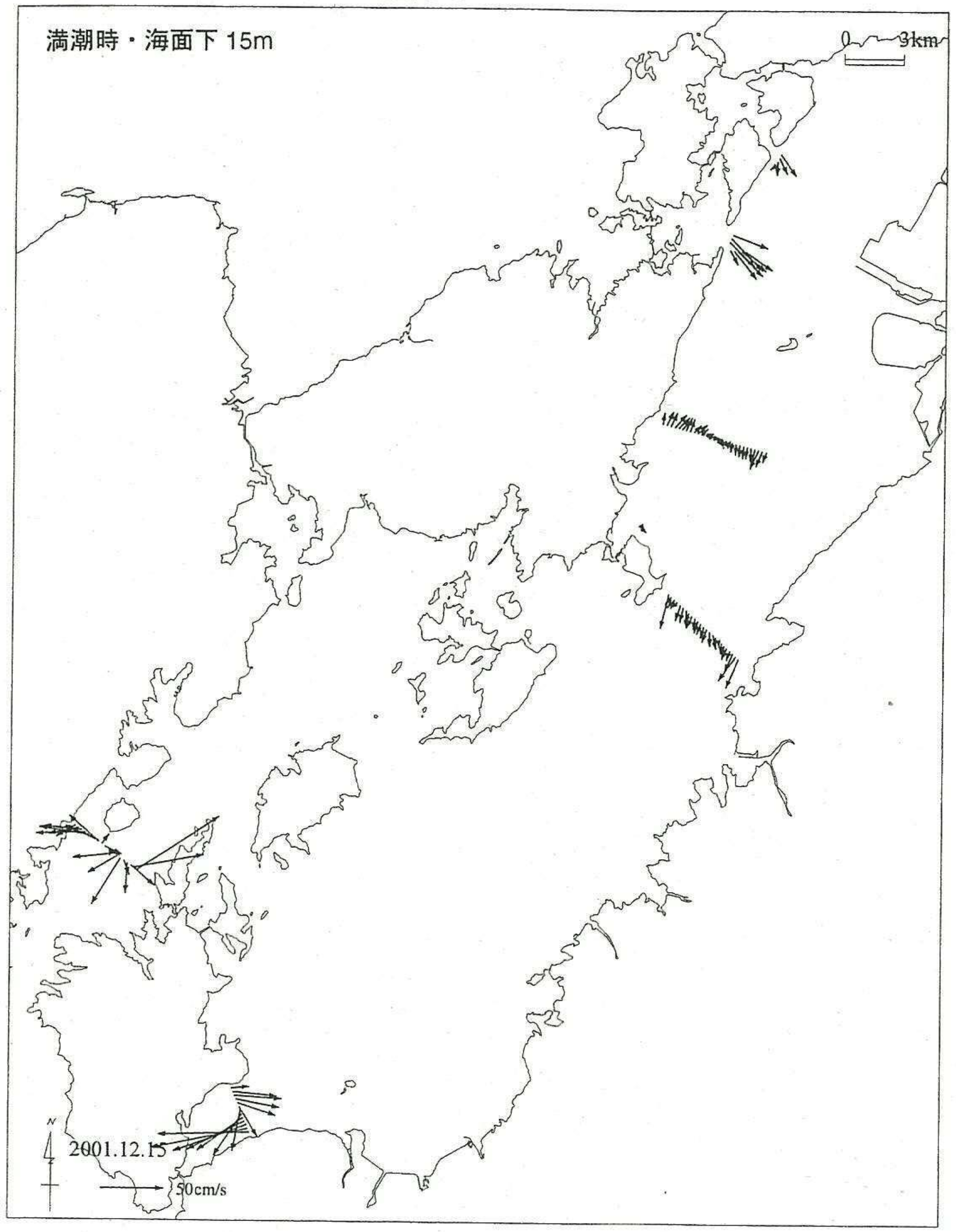
付図 3.2-11(4)　流速ベクトル水平分布（大潮期・満潮時・海面下 2m）

[調査日：2001 年 12 月 15 日（大潮期）]



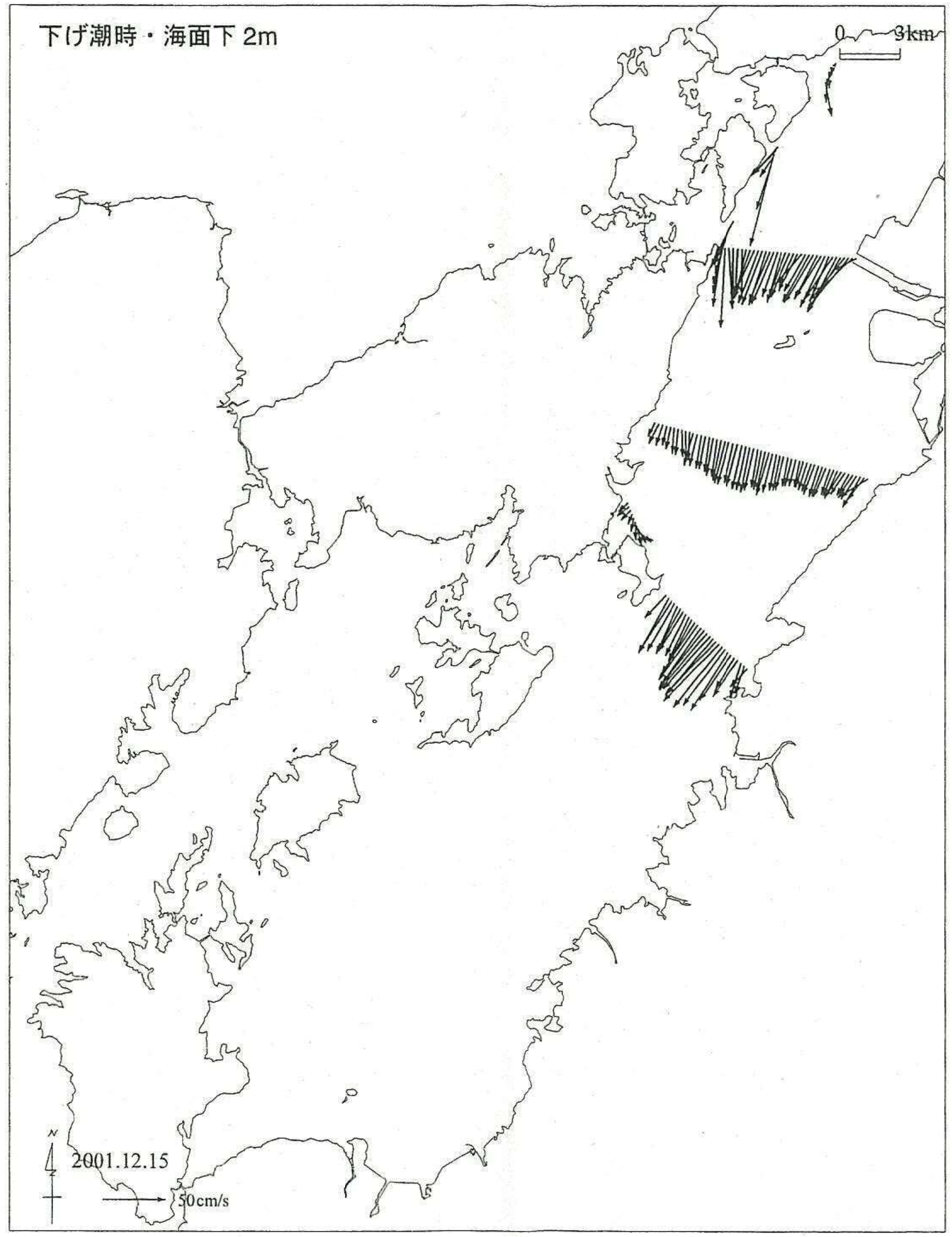
付図 3.2-11(5)　流速ベクトル水平分布（大潮期・満潮時・海面下 6m）

[調査日：2001年12月15日（大潮期）]



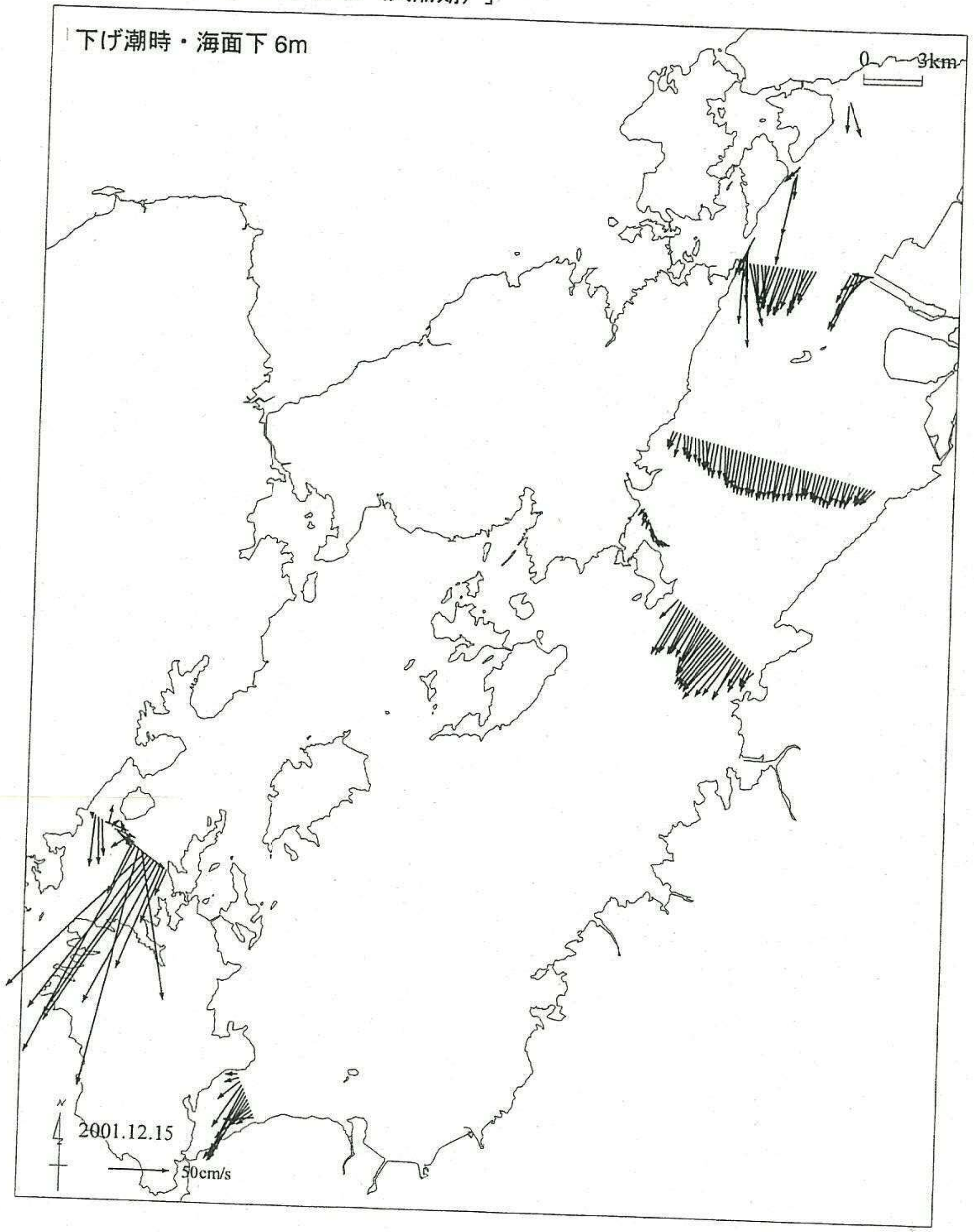
付図 3.2-11(6)　流速ベクトル水平分布（大潮期・満潮時・海面下 15m）

[調査日：2001年12月15日（大潮期）]



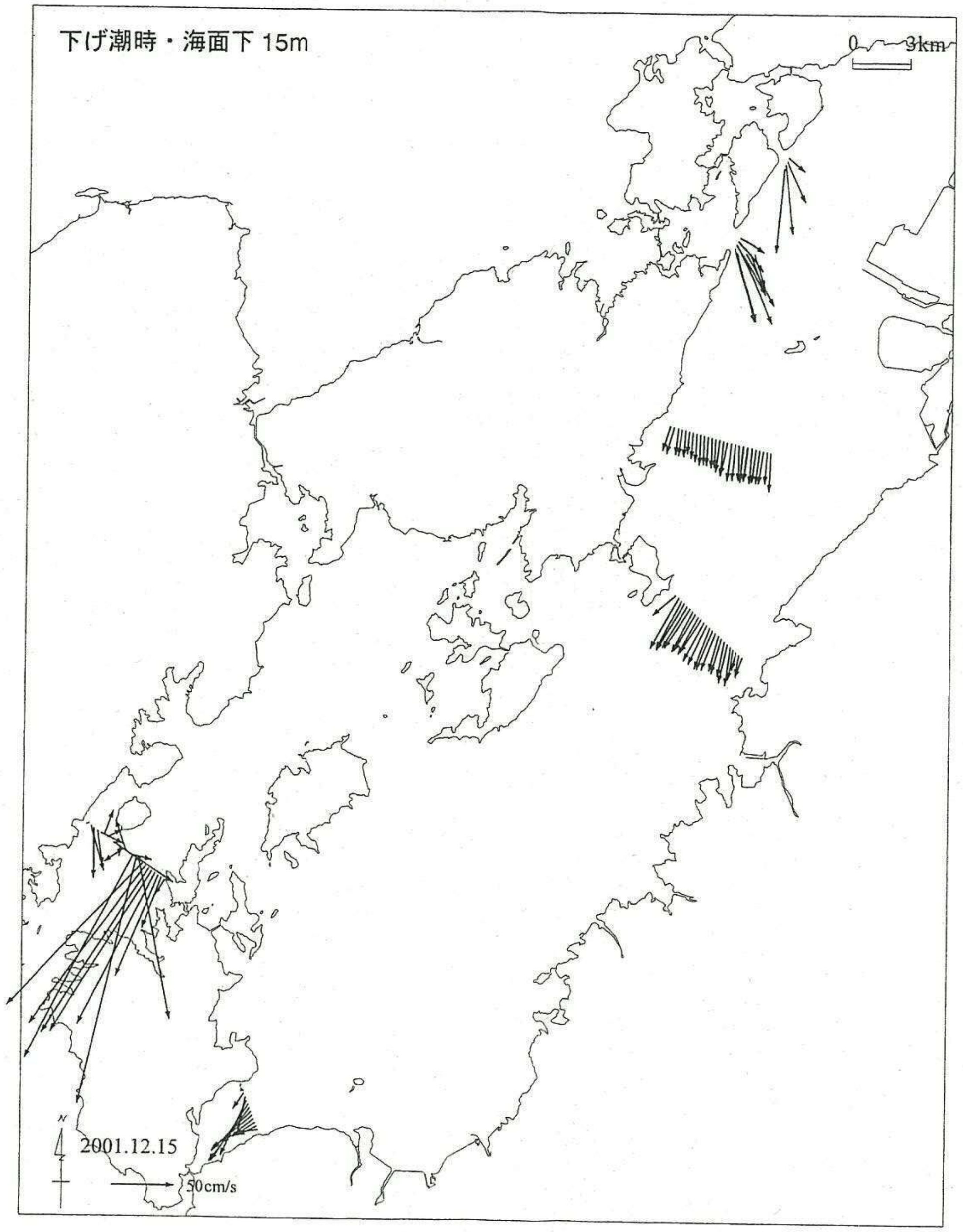
付図 3.2-11(7)　流速ベクトル水平分布（大潮期・下げ潮時・海面下 2m）

[調査日：2001 年 12 月 15 日（大潮期）]



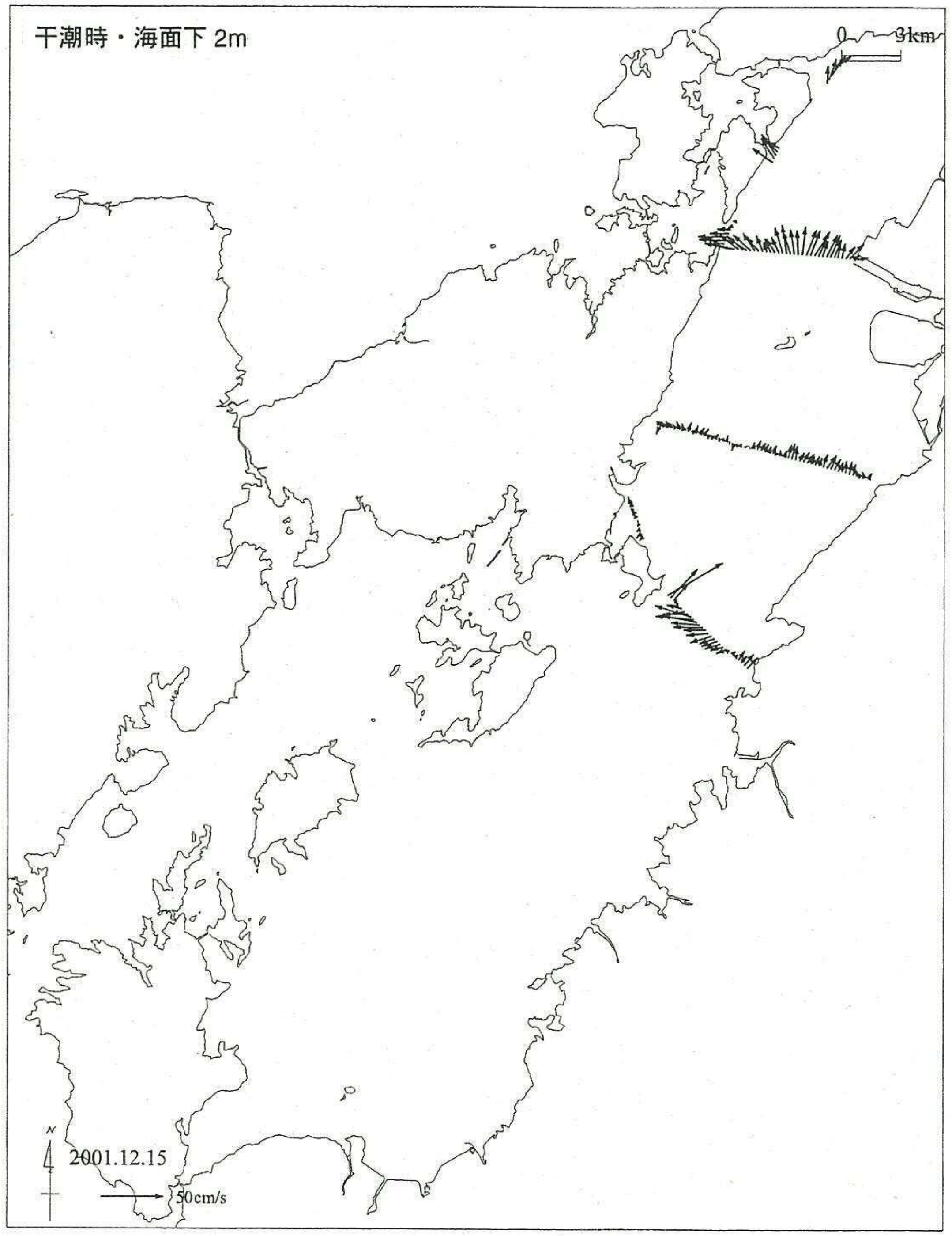
付図 3.2-11(8)　流速ベクトル水平分布（大潮期・下げ潮時・海面下 6m）

[調査日：2001 年 12 月 15 日（大潮期）]



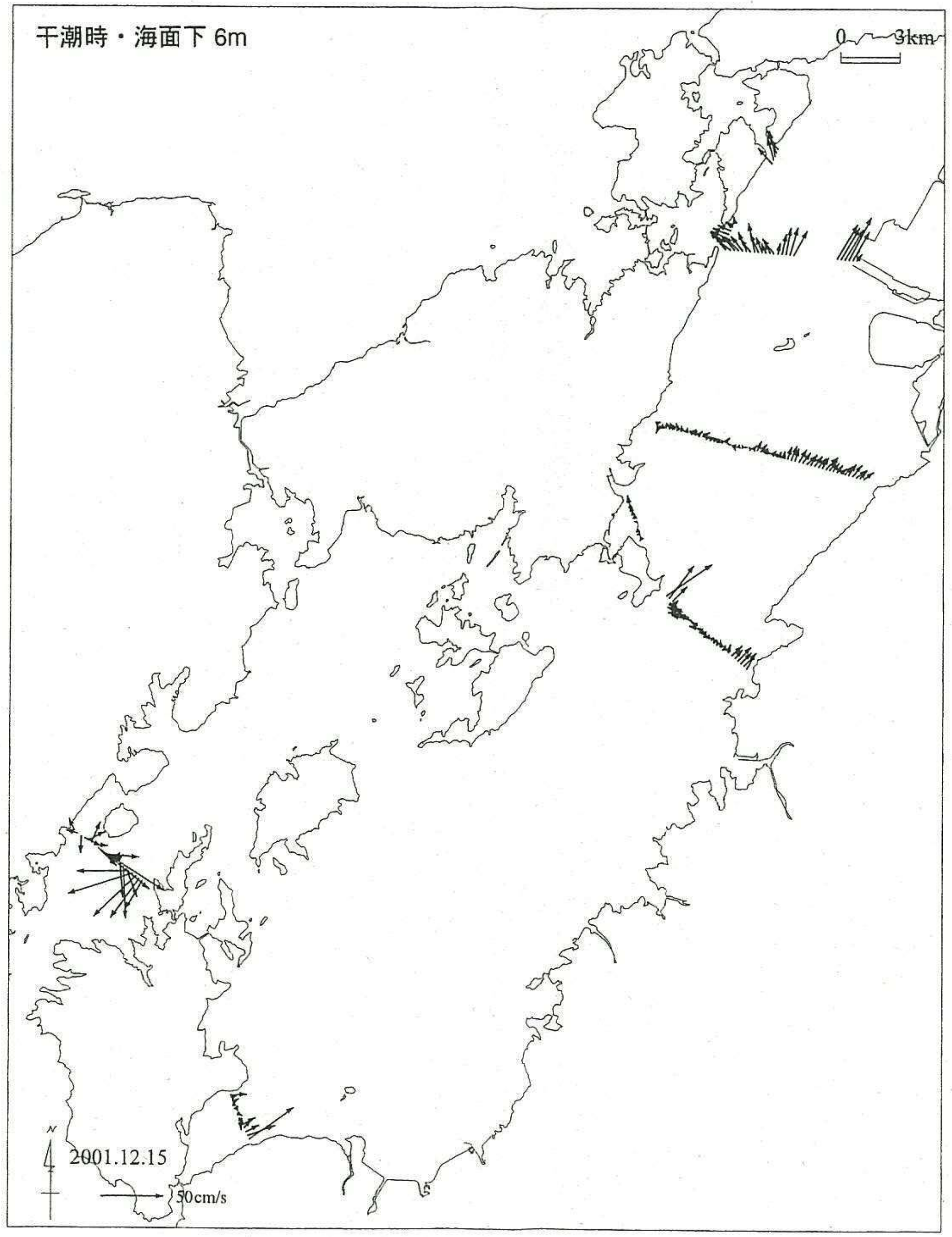
付図 3.2-11(9)　流速ベクトル水平分布（大潮期・下げ潮時・海面下 15m）

[調査日：2001年12月15日（大潮期）]



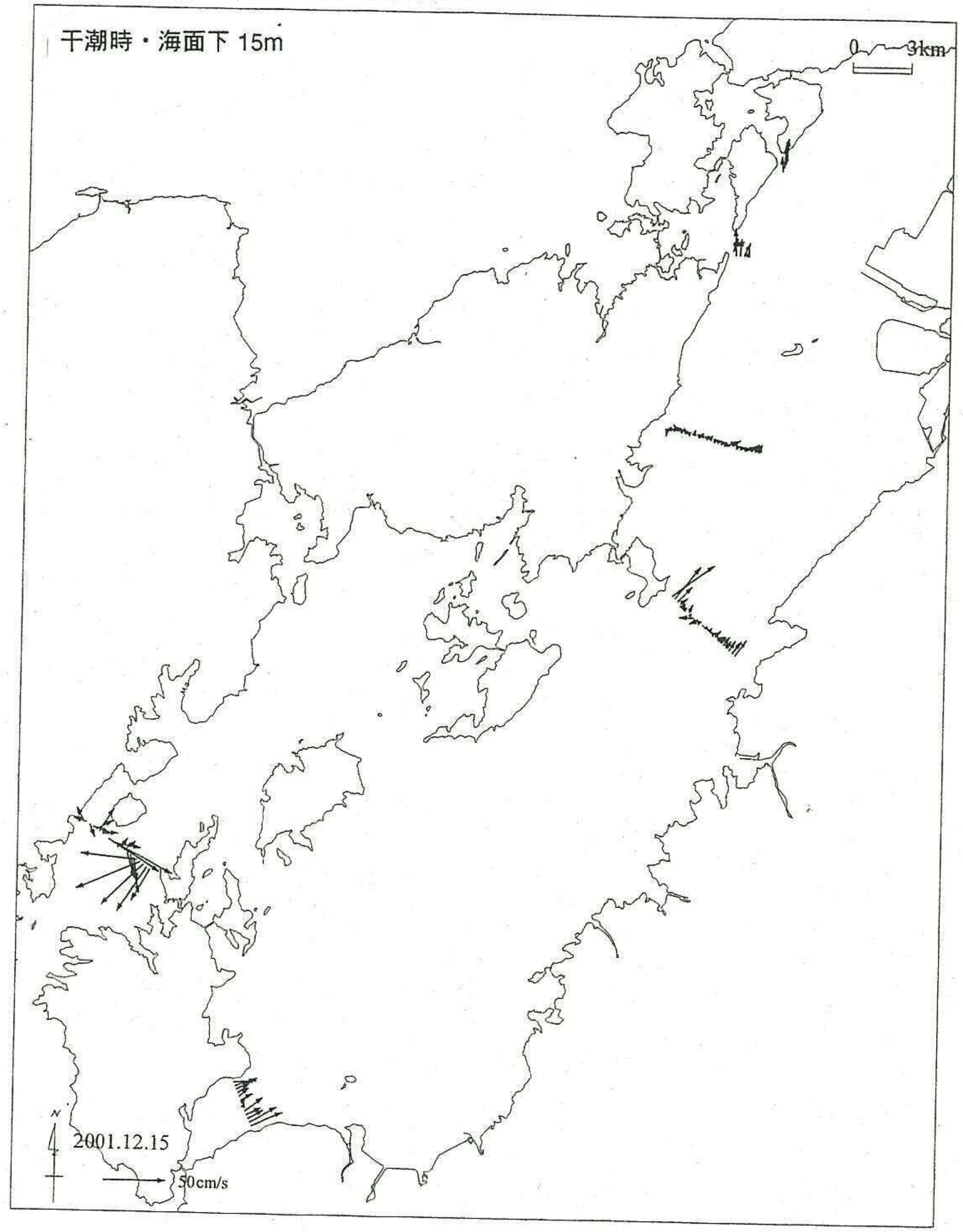
付図 3.2-11(10)　流速ベクトル水平分布（大潮期・干潮時・海面下 2m）

[調査日：2001年12月15日（大潮期）]



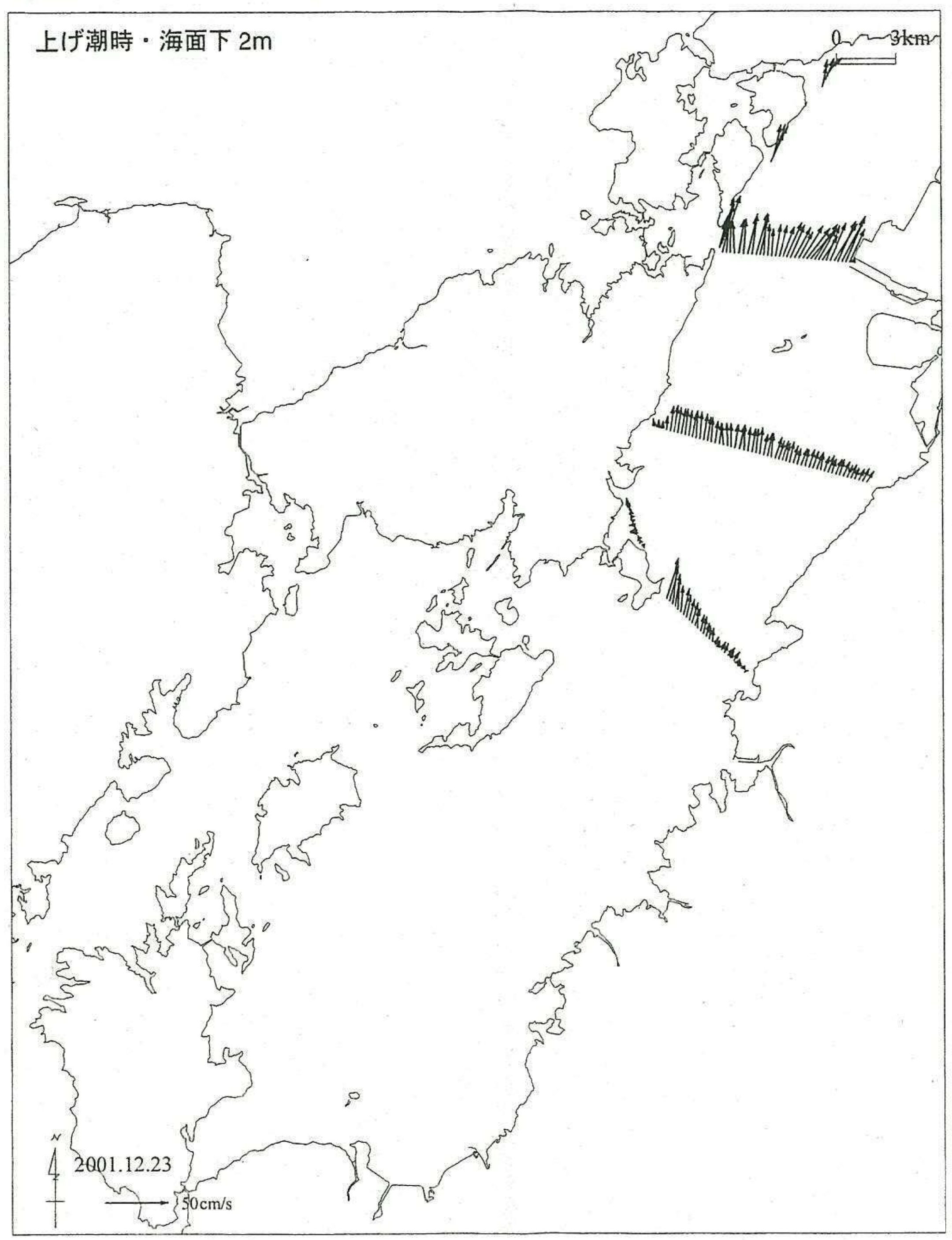
付図 3.2-11(11)　流速ベクトル水平分布（大潮期・干潮時・海面下 6m）

[調査日：2001 年 12 月 15 日（大潮期）]



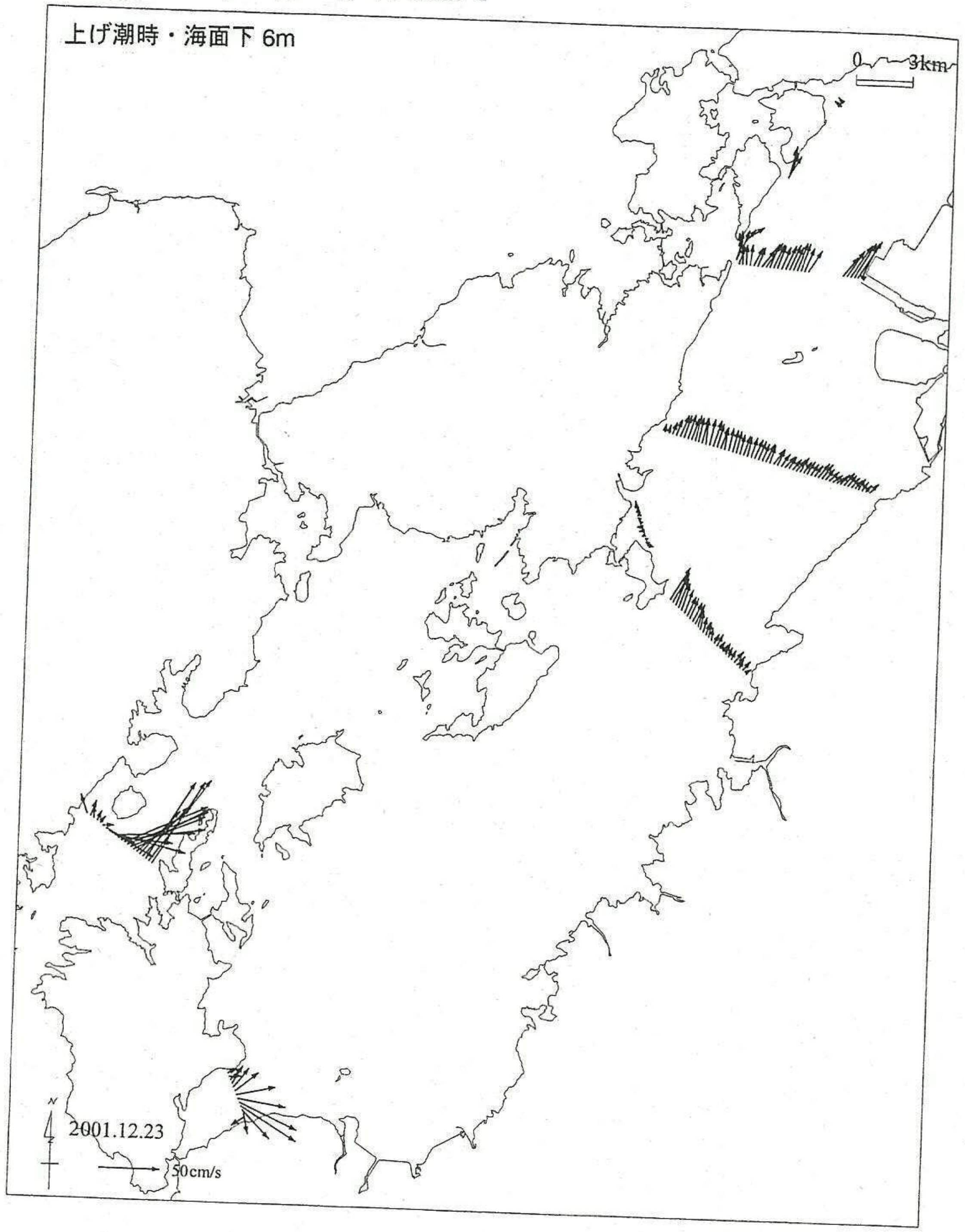
付図 3.2-11(12)　流速ベクトル水平分布（大潮期・干潮時・海面下 15m）

[調査日：2001 年 12 月 23 日（小潮期）]



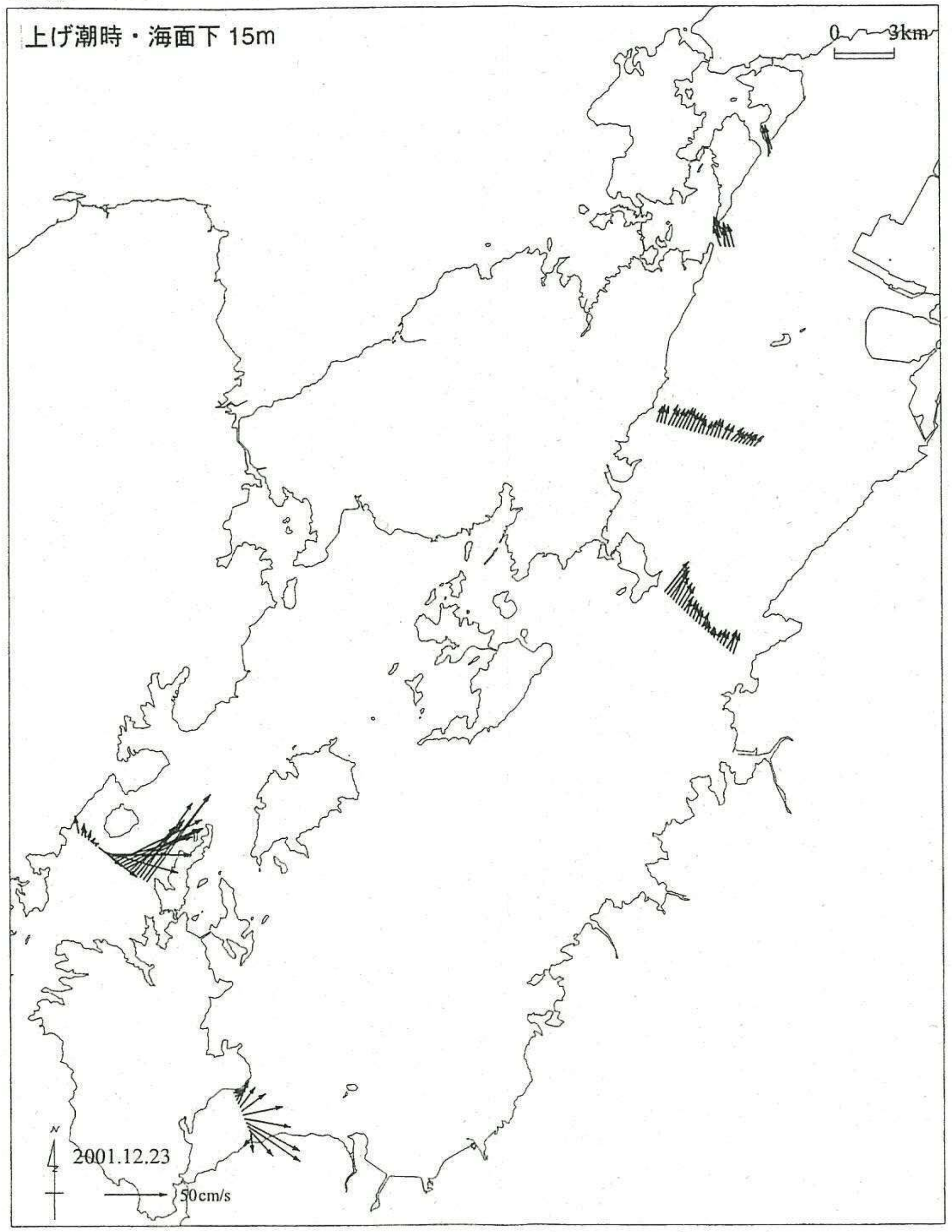
付図 3.2-12(1)　流速ベクトル水平分布（小潮期・上げ潮時・海面下 2m）

[調査日：2001 年 12 月 23 日（小潮期）]



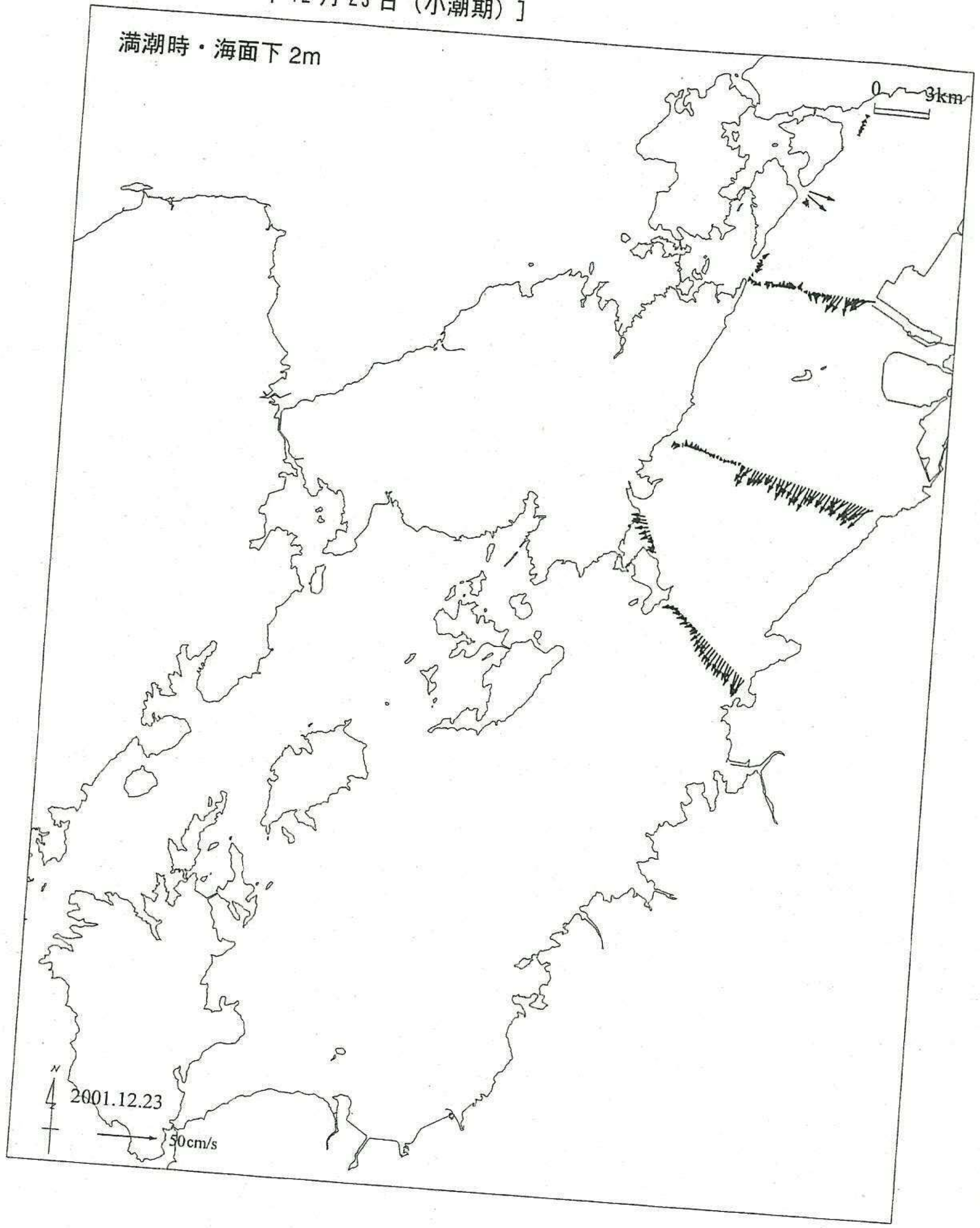
付図 3.2-12(2)　流速ベクトル水平分布（小潮期・上げ潮時・海面下 6m）

[調査日：2001 年 12 月 23 日（小潮期）]



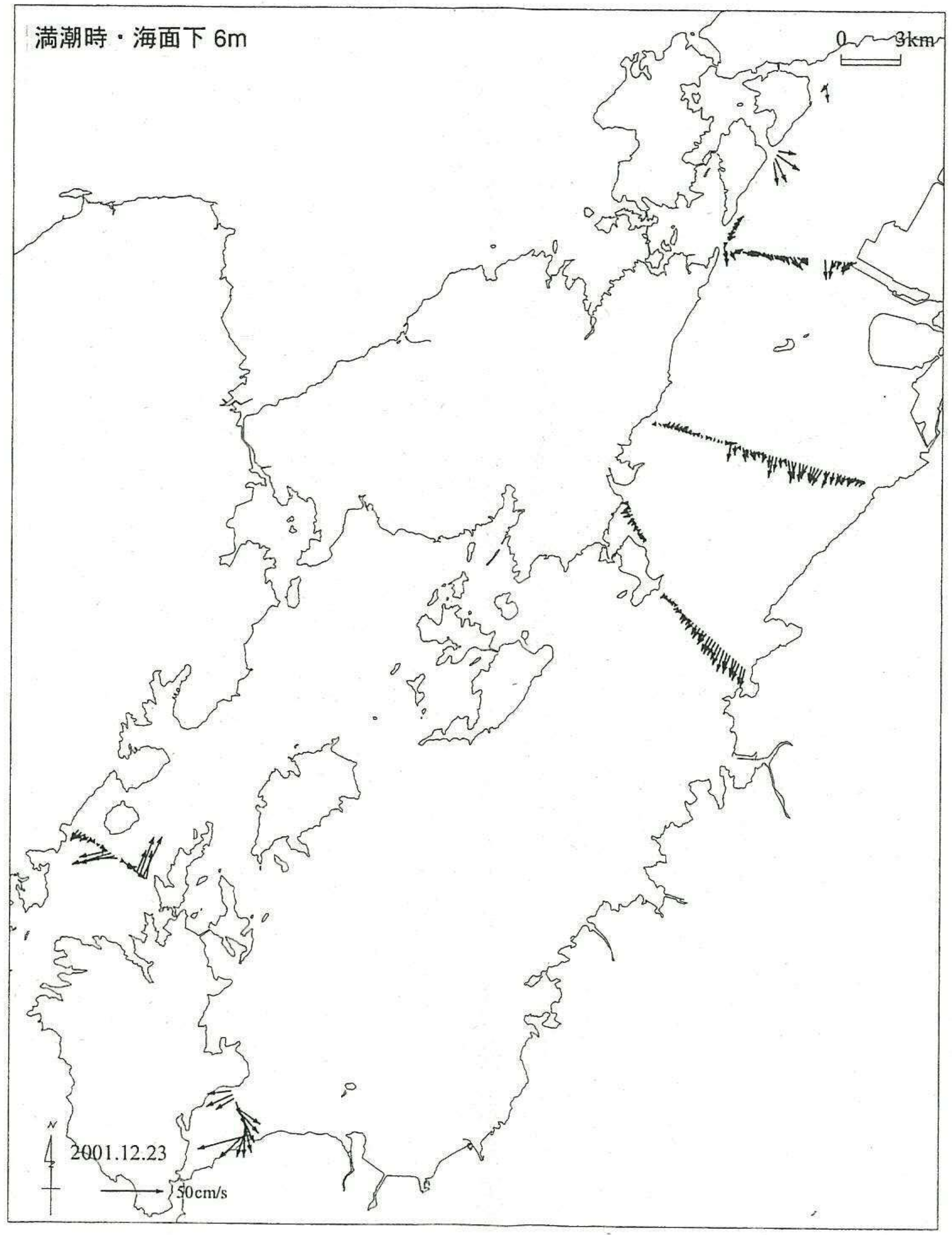
付図 3.2-12(3)　流速ベクトル水平分布（小潮期・上げ潮時・海面下 15m）

[調査日：2001年12月23日（小潮期）]



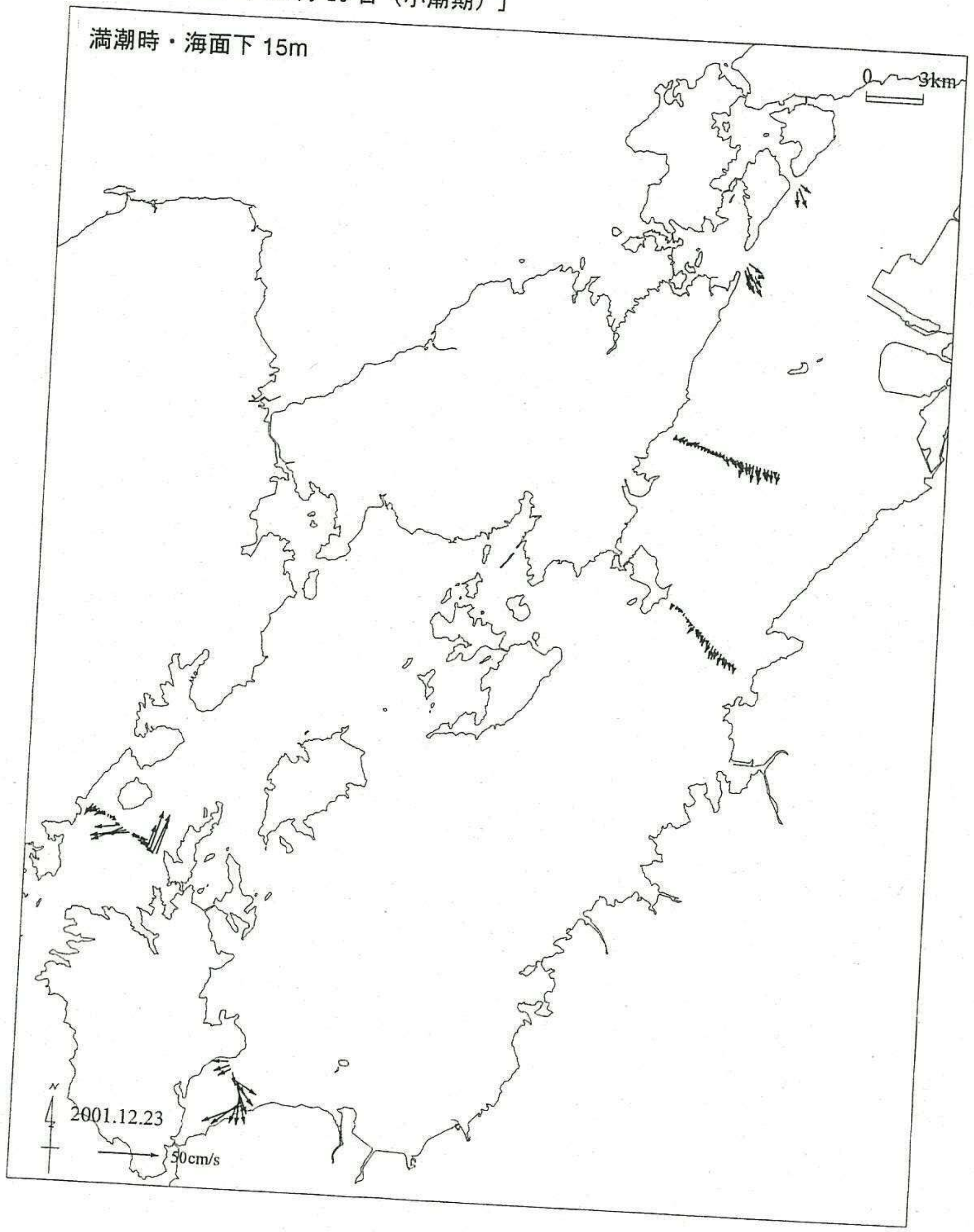
付図 3.2-12(4)　流速ベクトル水平分布（小潮期・満潮時・海面下 2m）

[調査日：2001年12月23日（小潮期）]



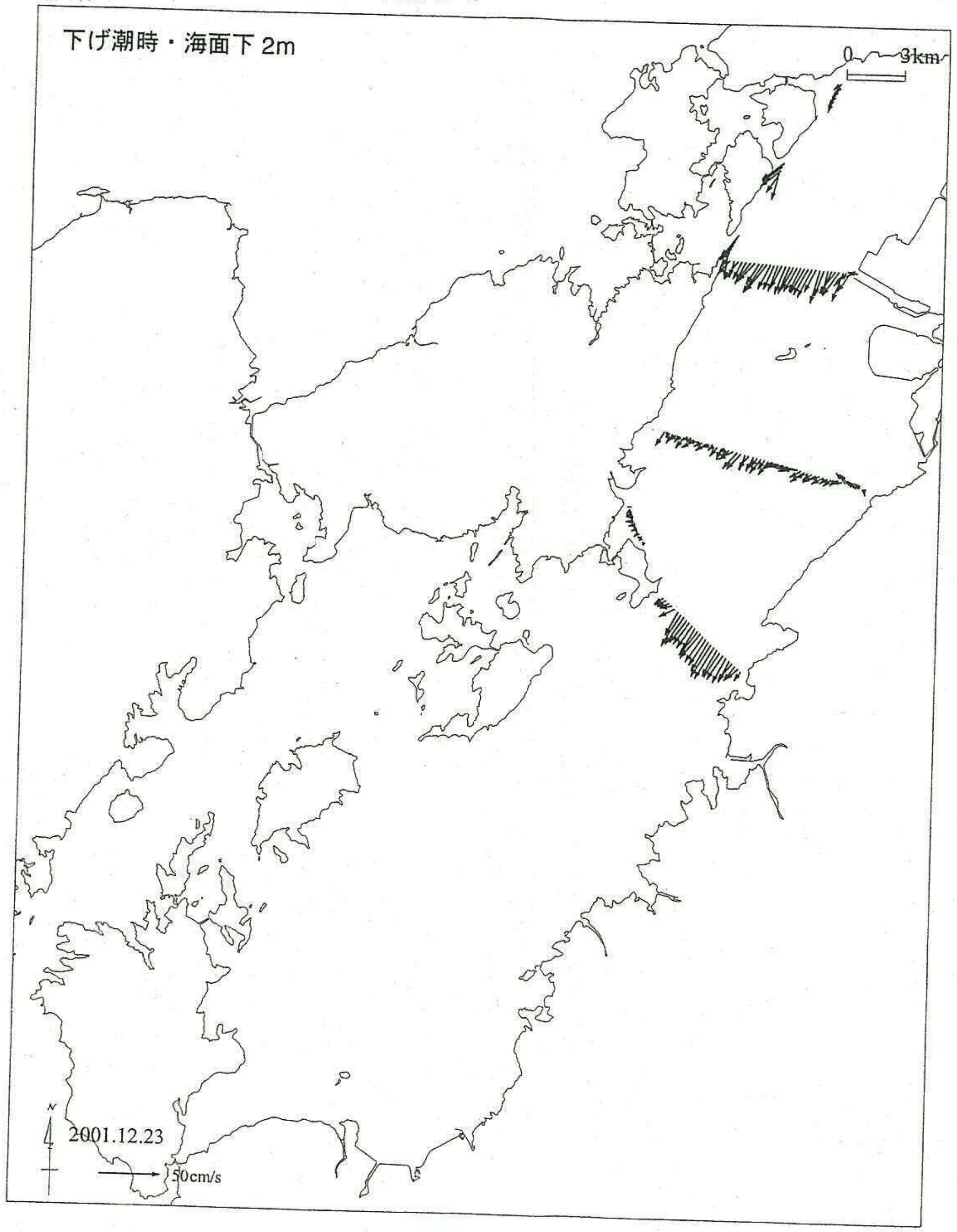
付図 3.2-12(5)　流速ベクトル水平分布（小潮期・満潮時・海面下 6m）

[調査日：2001年12月23日（小潮期）]



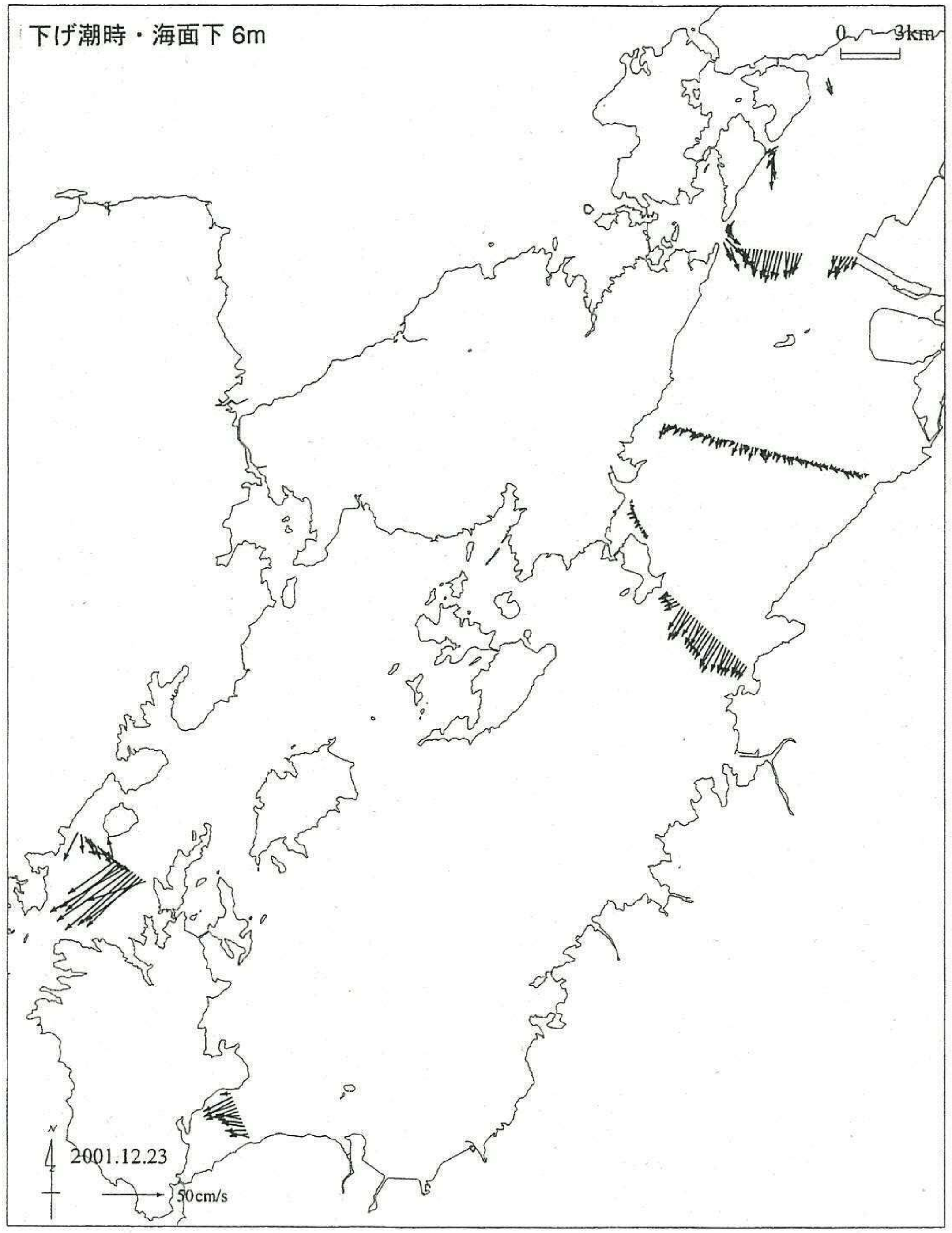
付図 3.2-12(6)　流速ベクトル水平分布（小潮期・満潮時・海面下 15m）

[調査日：2001年12月23日（小潮期）]



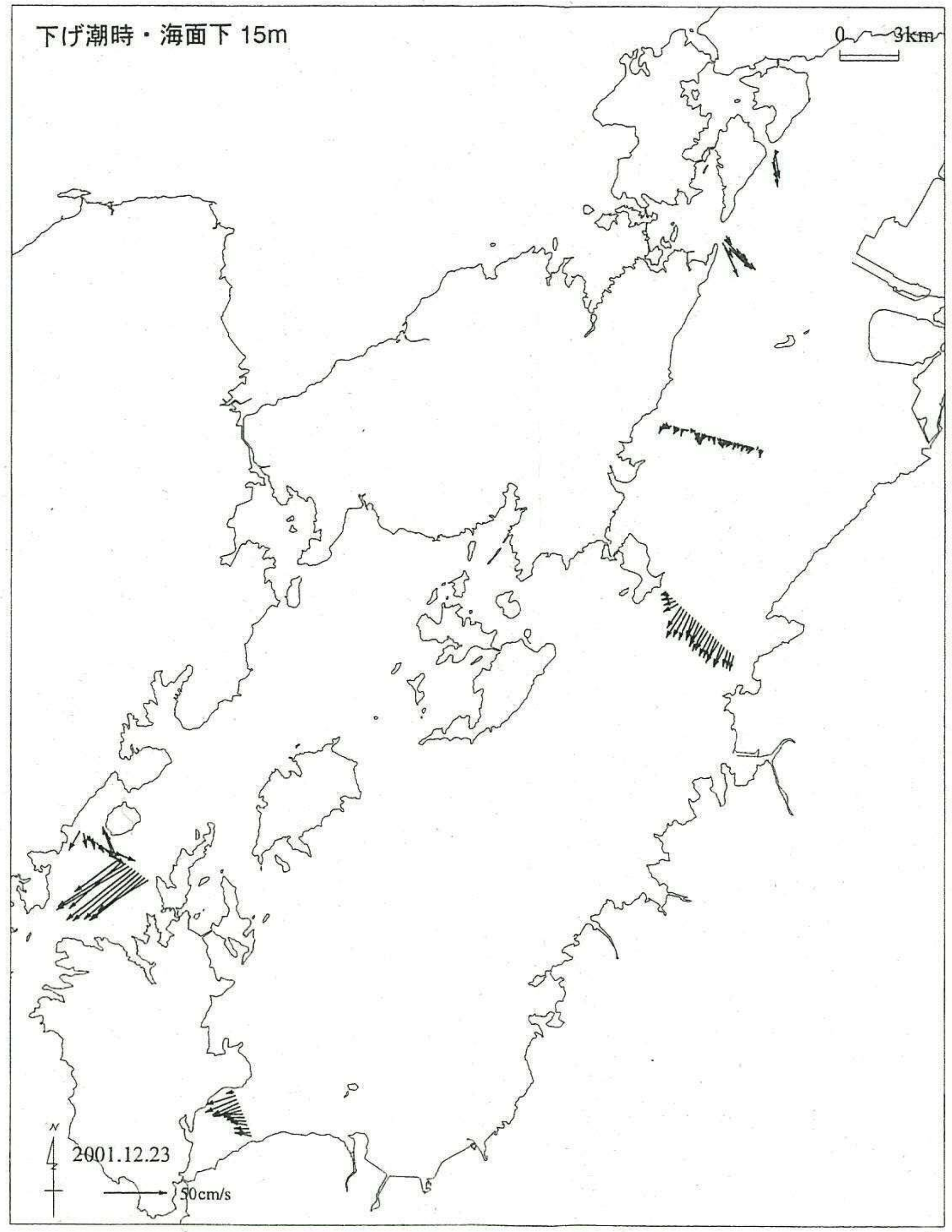
付図 3.2-12(7)　流速ベクトル水平分布（小潮期・下げ潮時・海面下 2m）

[調査日：2001年12月23日（小潮期）]



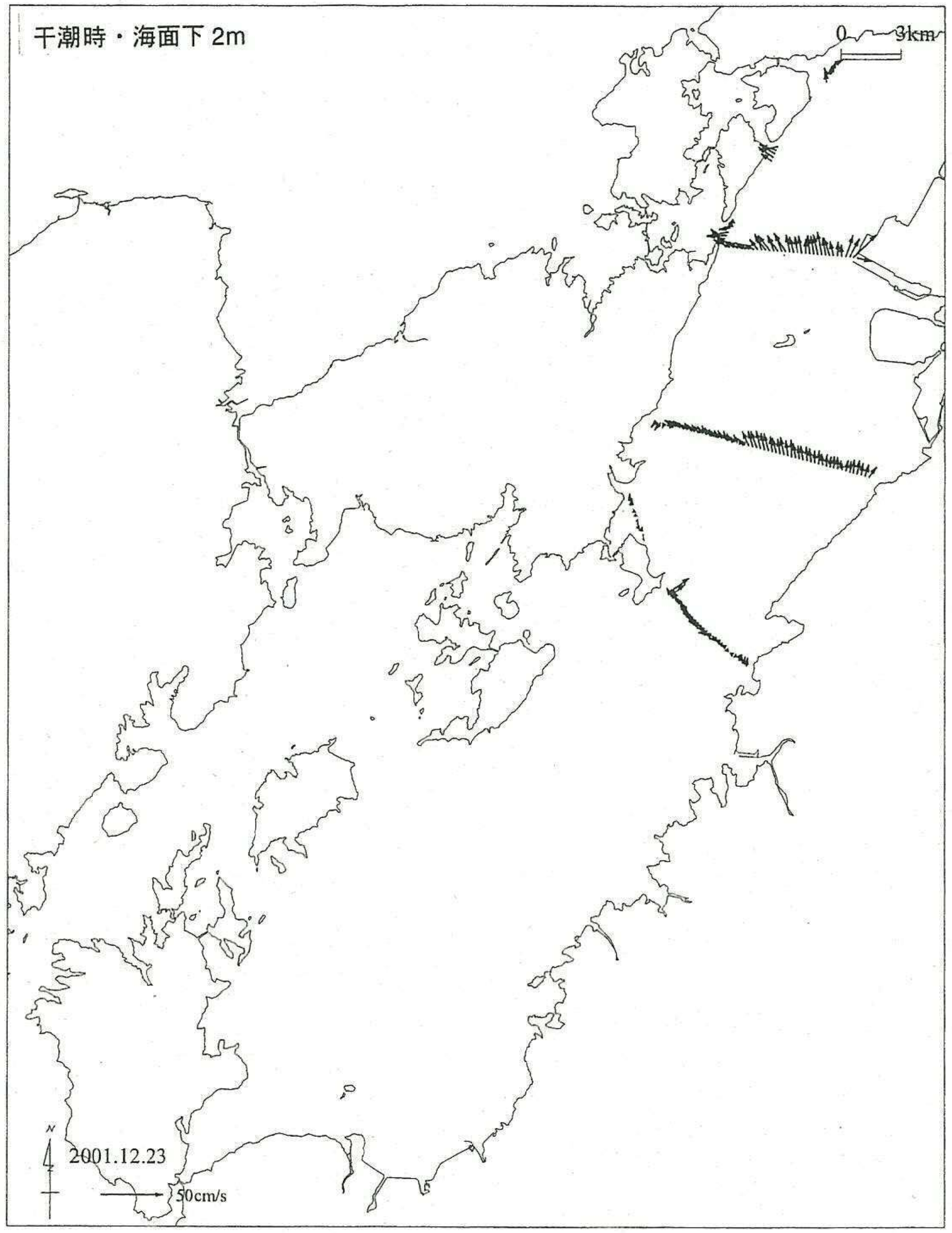
付図 3.2-12(8)　流速ベクトル水平分布（小潮期・下げ潮時・海面下 6m）

[調査日：2001年12月23日（小潮期）]



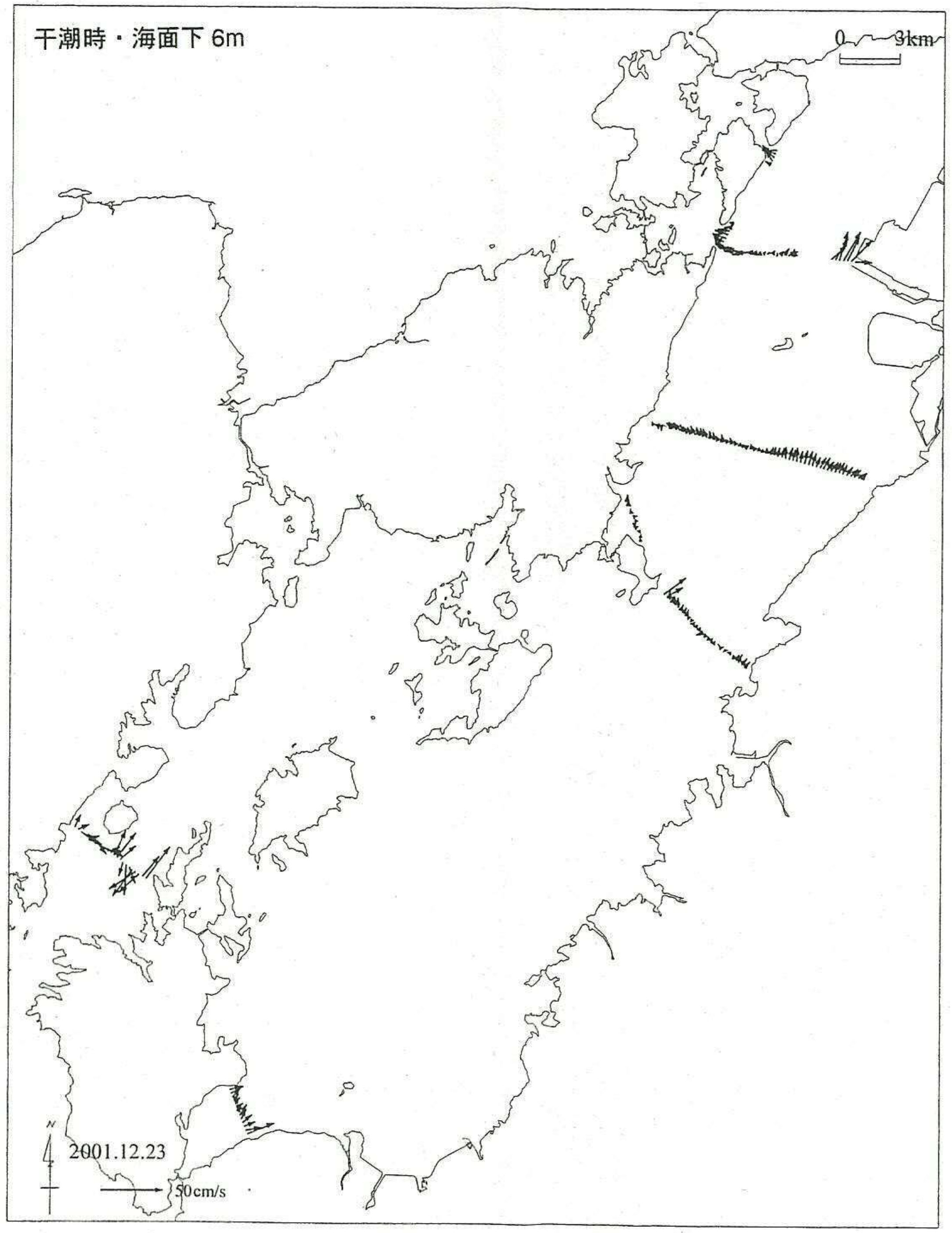
付図 3.2-12(9)　流速ベクトル水平分布（小潮期・下げ潮時・海面下 15m）

[調査日：2001年12月23日（小潮期）]



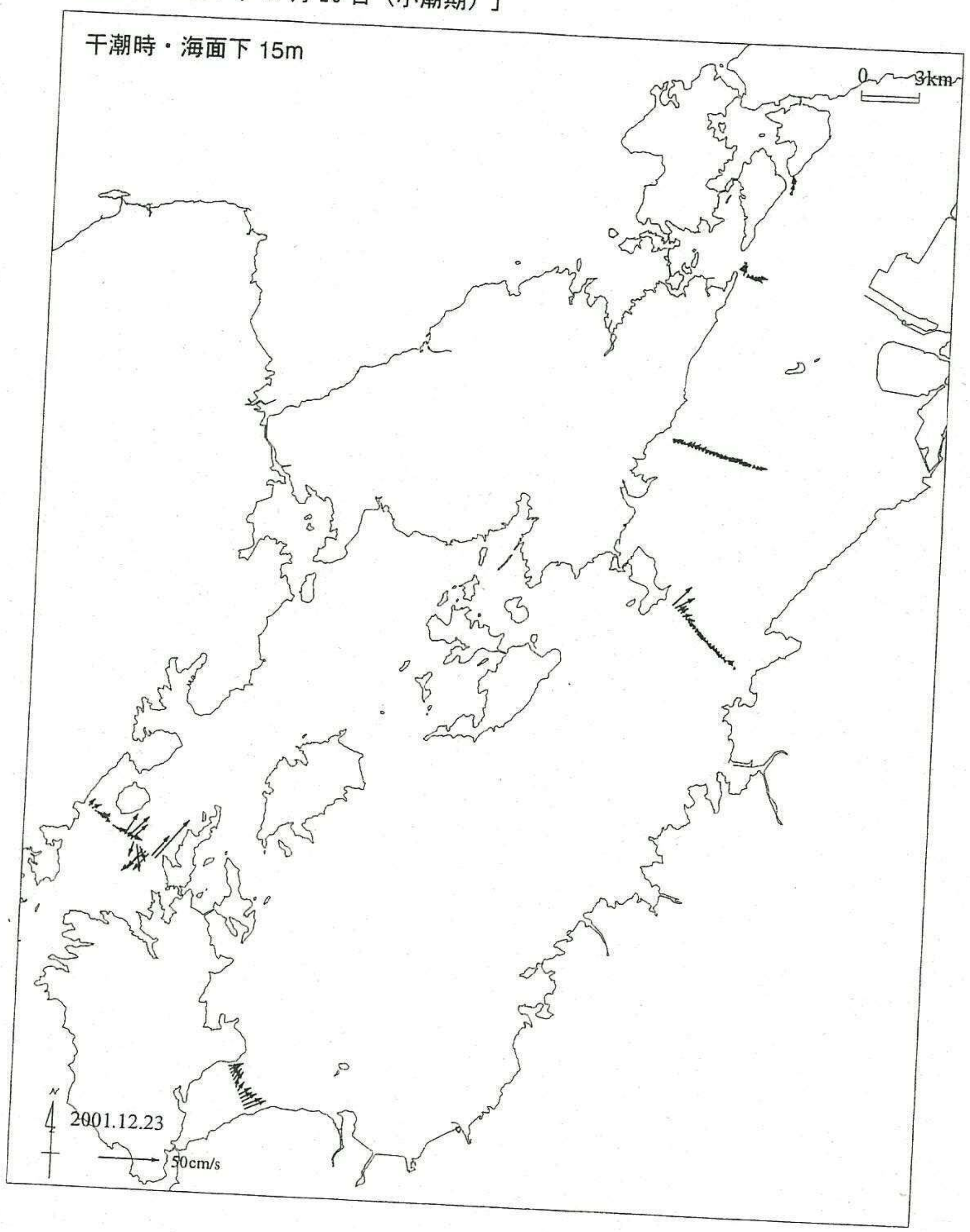
付図 3.2-12(10)　流速ベクトル水平分布（小潮期・干潮時・海面下 2m）

[調査日：2001年12月23日（小潮期）]

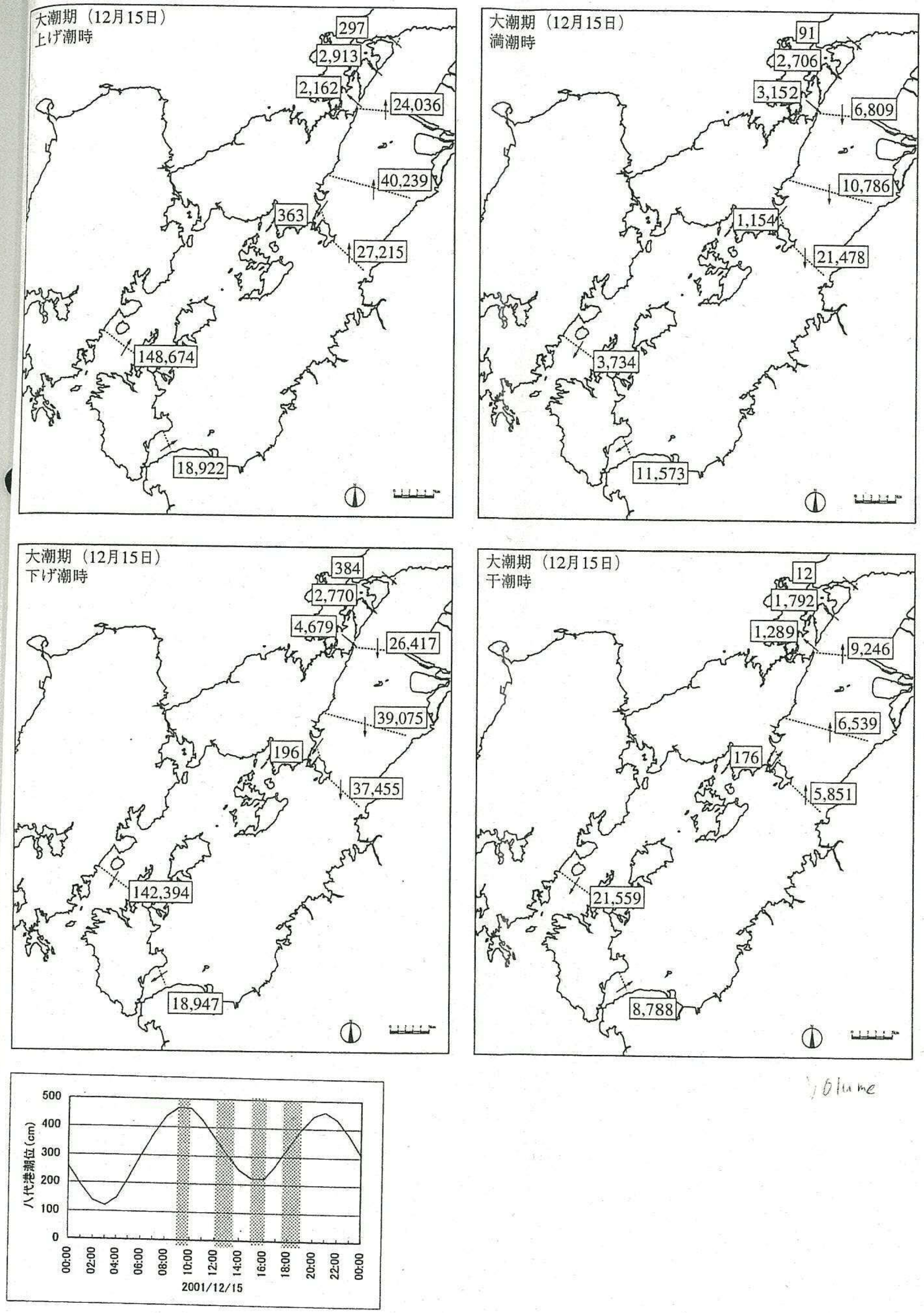


付図 3.2-12(11)　流速ベクトル水平分布（小潮期・干潮時・海面下 6m）

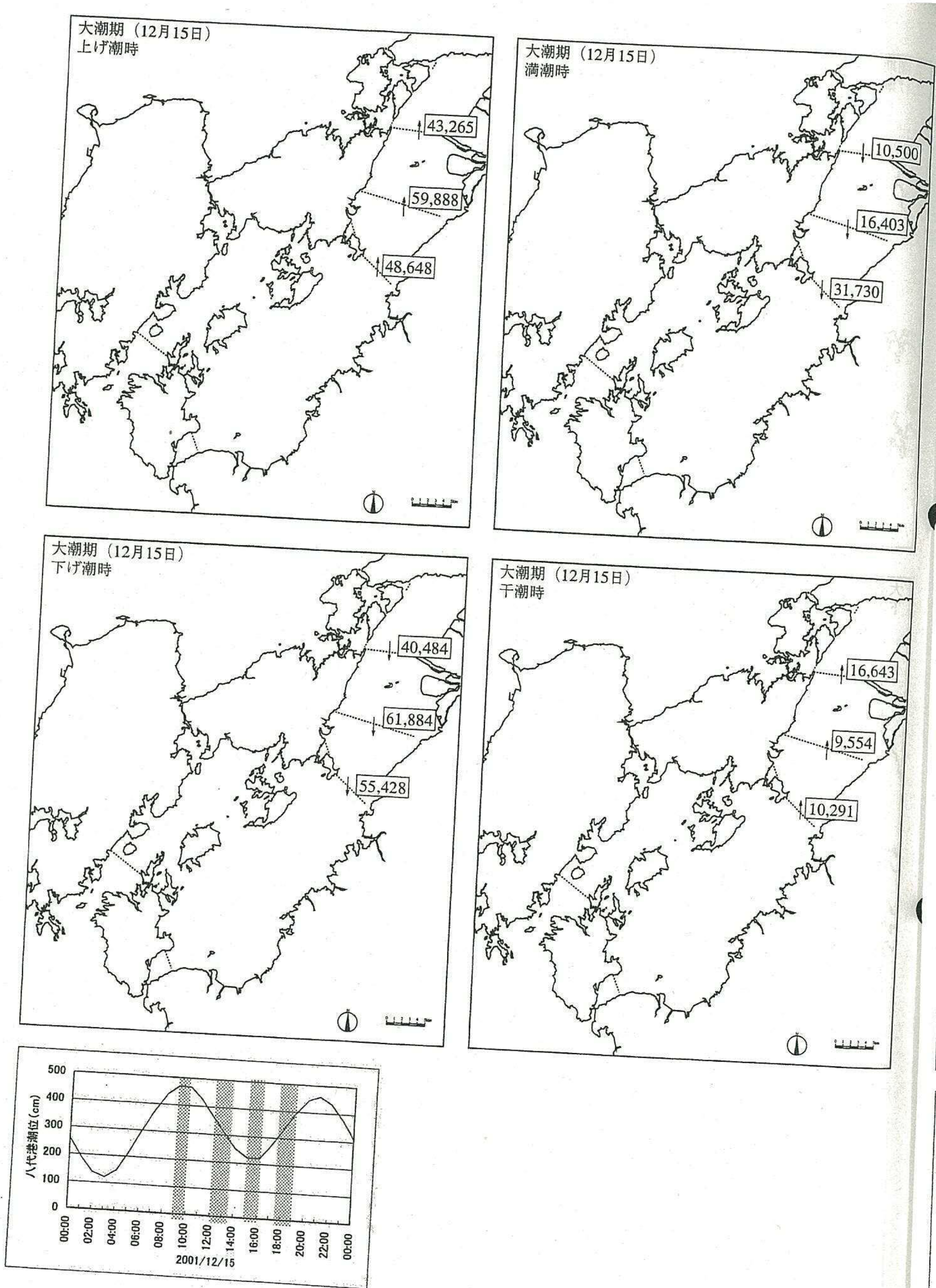
［調査日：2001 年 12 月 23 日（小潮期）］



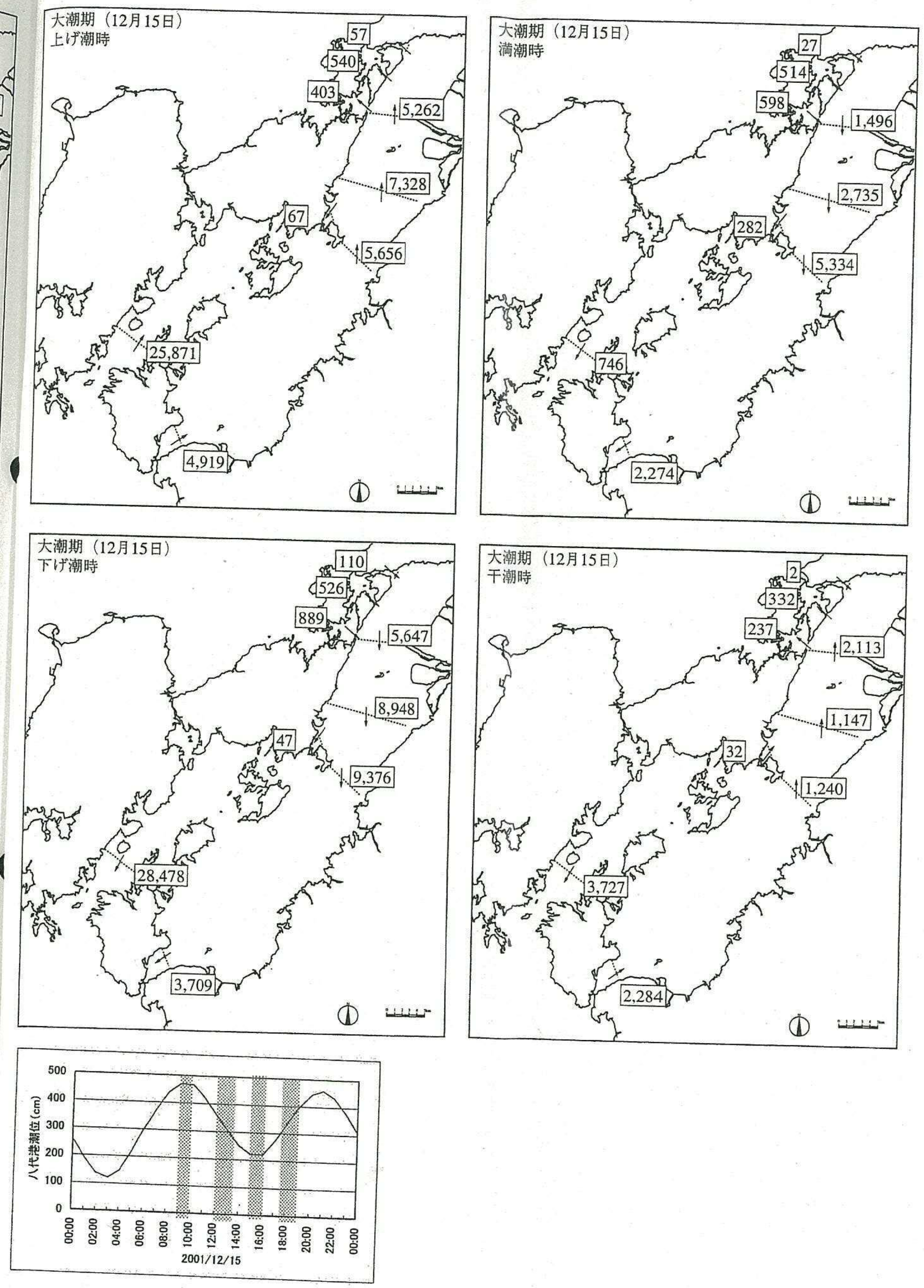
付図 3.2-12(12)　流速ベクトル水平分布（小潮期・干潮時・海面下 15m）



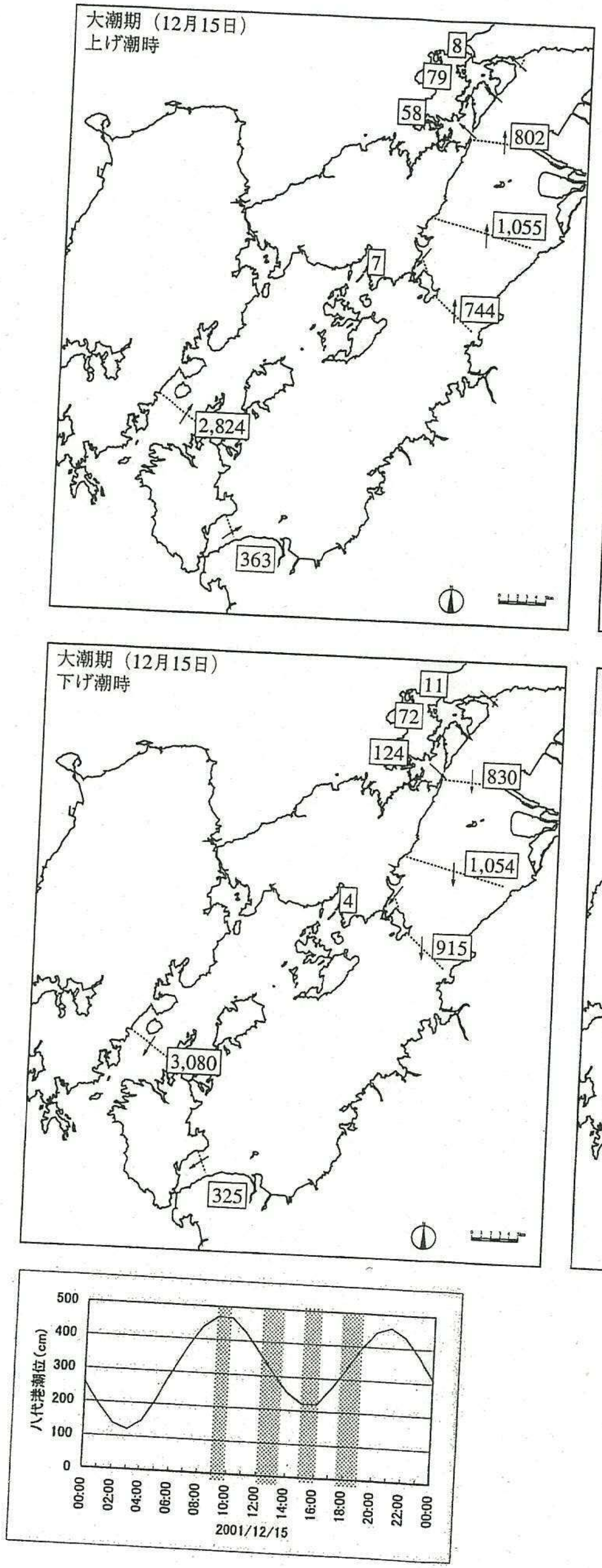
付図 3.2-13(1)　断面通過量（大潮期・流量）



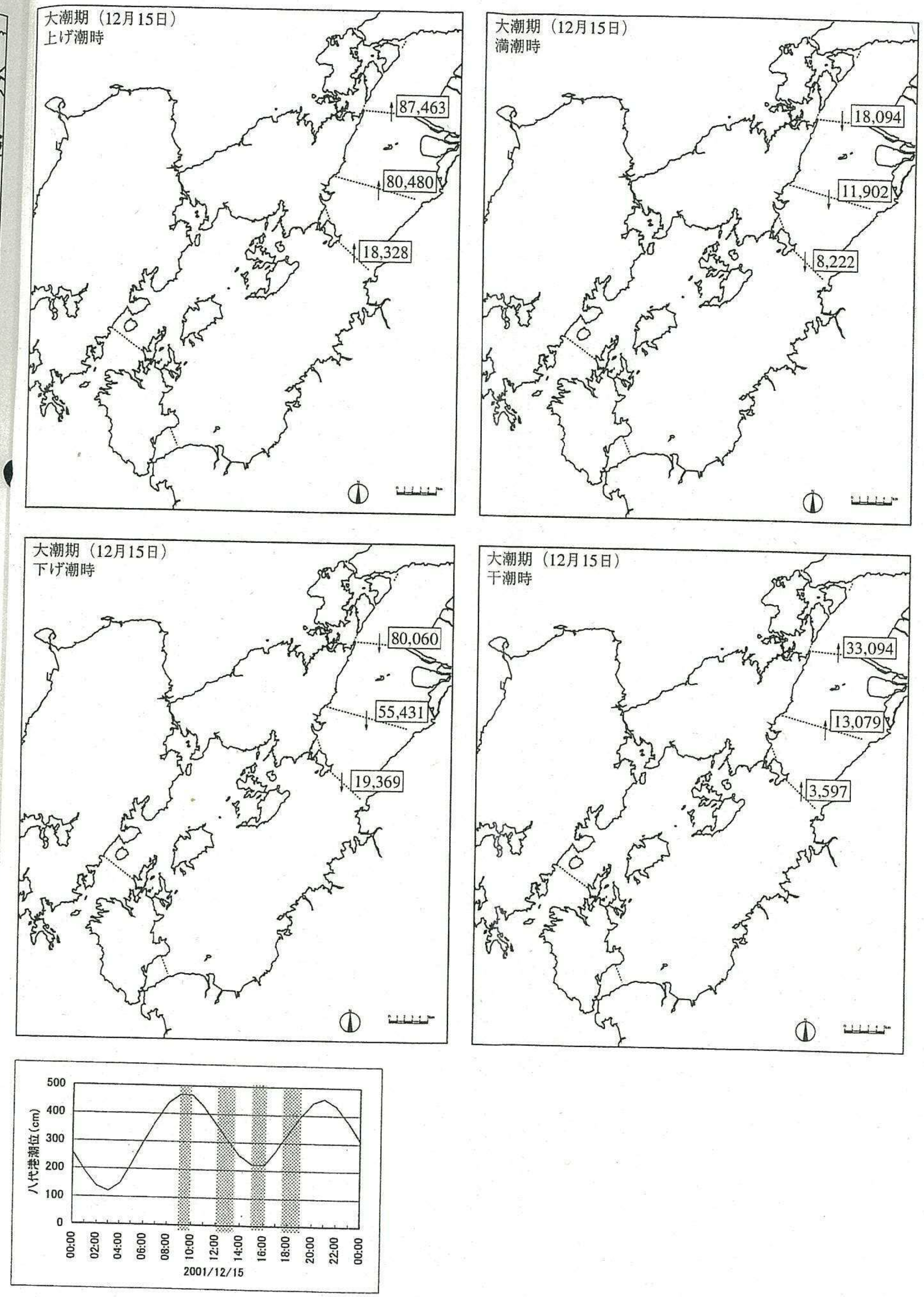
付図 3.2-13(2)　断面通過量（大潮期・COD）



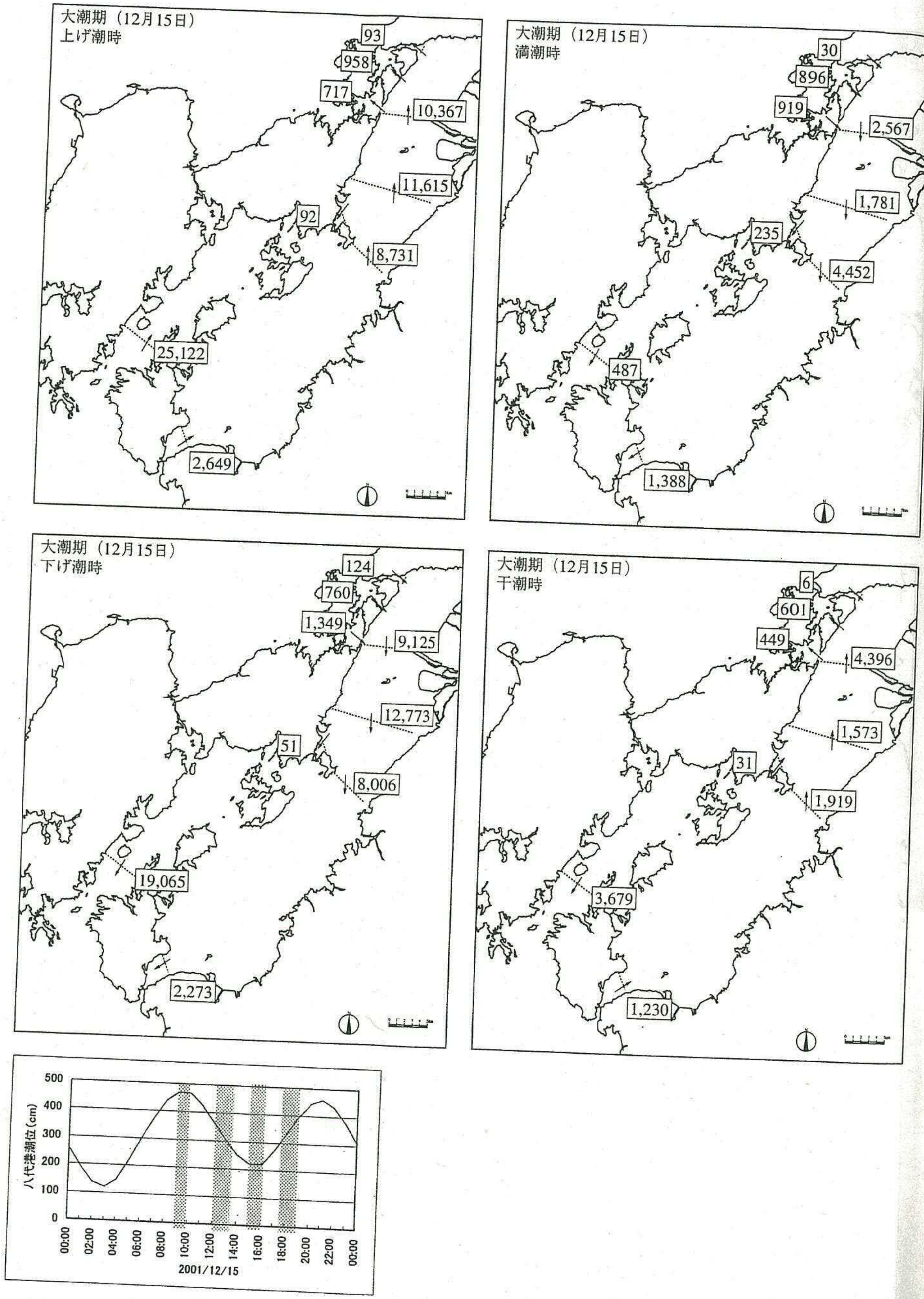
付図 3.2-13(3)　断面通過量（大潮期・T-N）



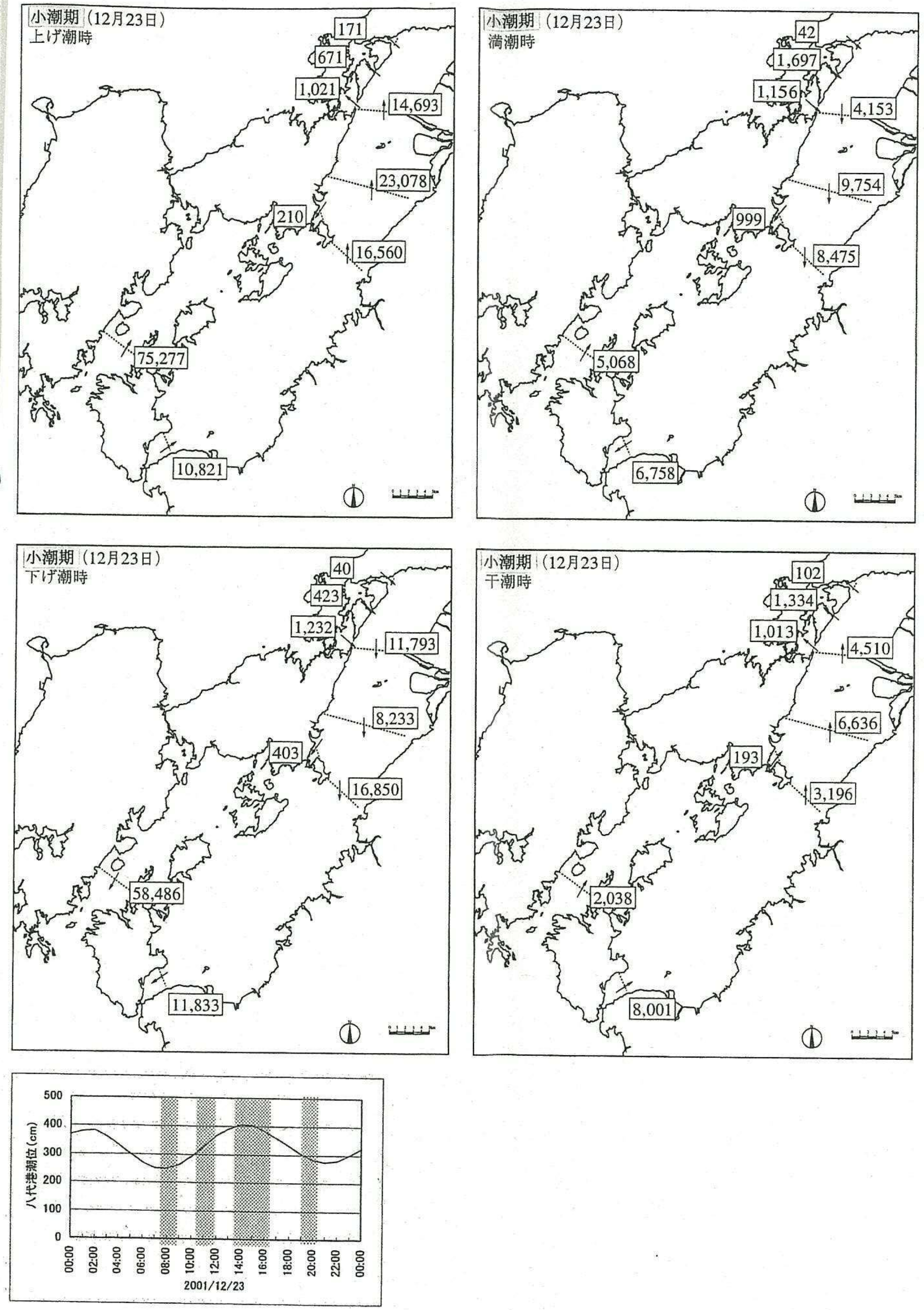
付図 3.2-13(4)　断面通過量（大潮期・T-P）



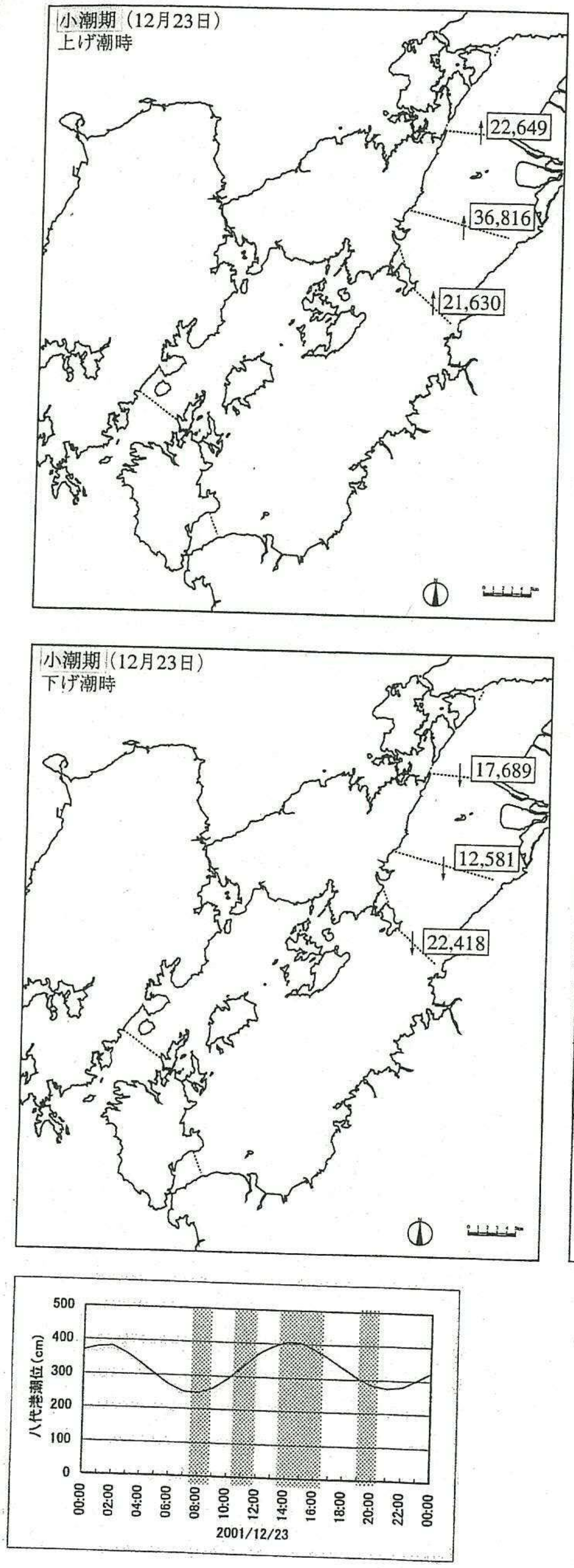
付図 3.2-13(5)　断面通過量（大潮期・SS）



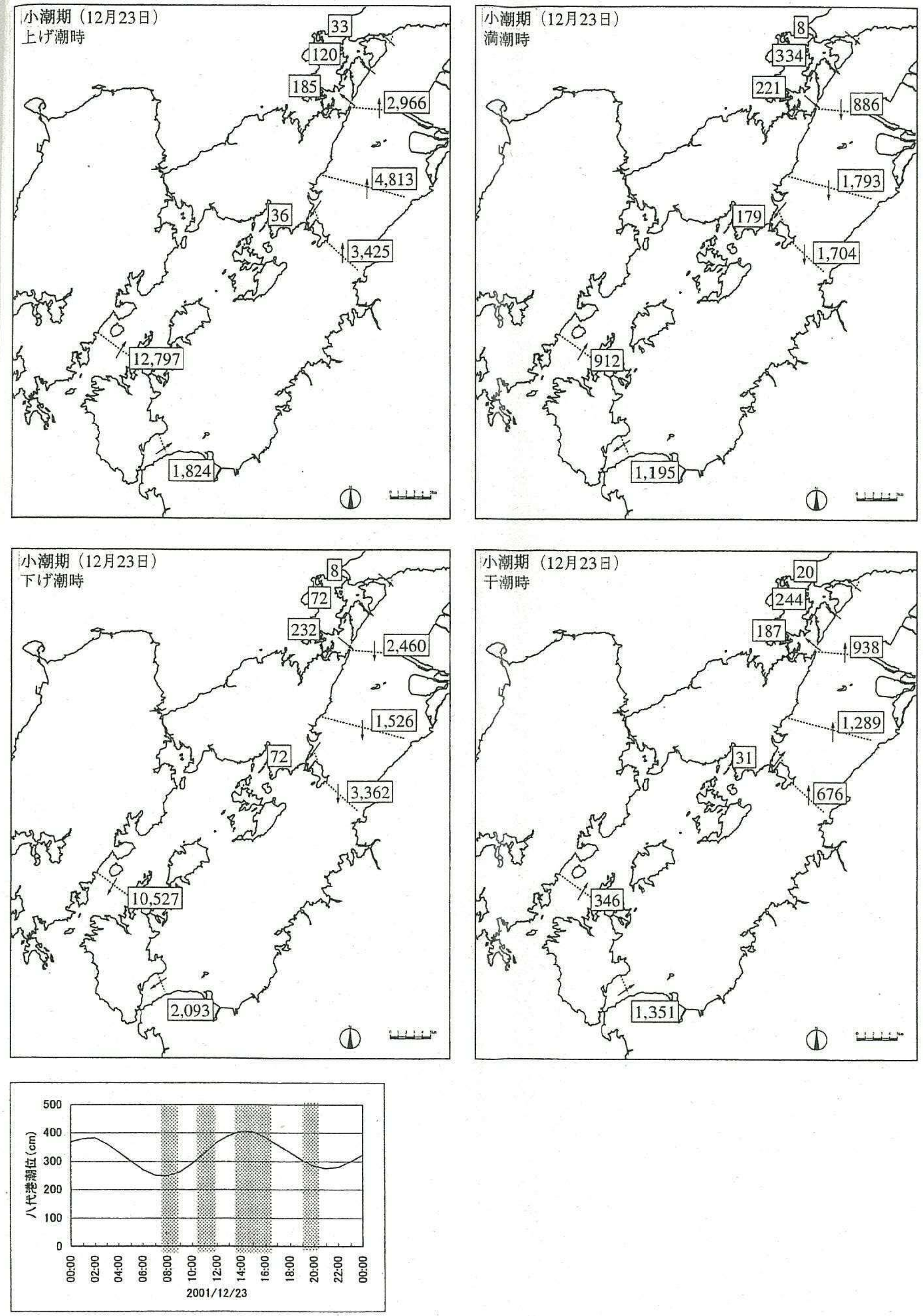
付図 3.2-13(6)　断面通過量（大潮期・SiO_2-Si）



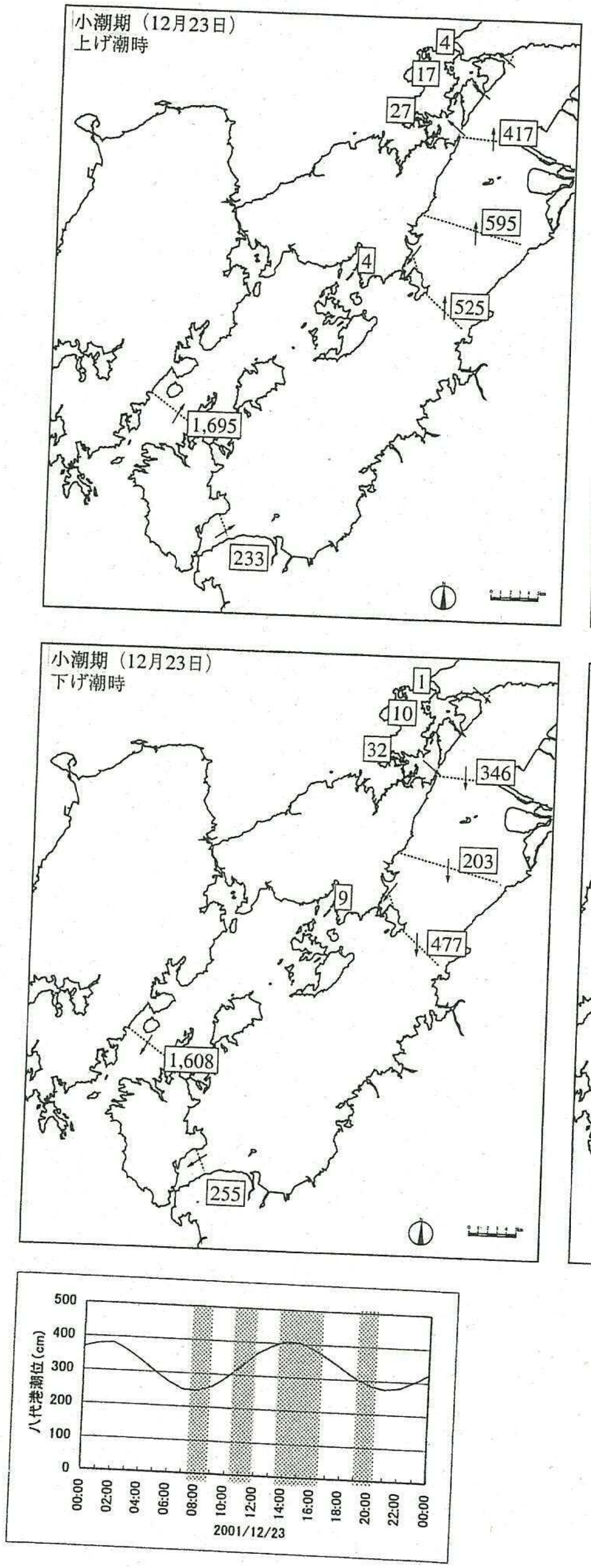
付図 3.2-14(1)　断面通過量（小潮期・流量）



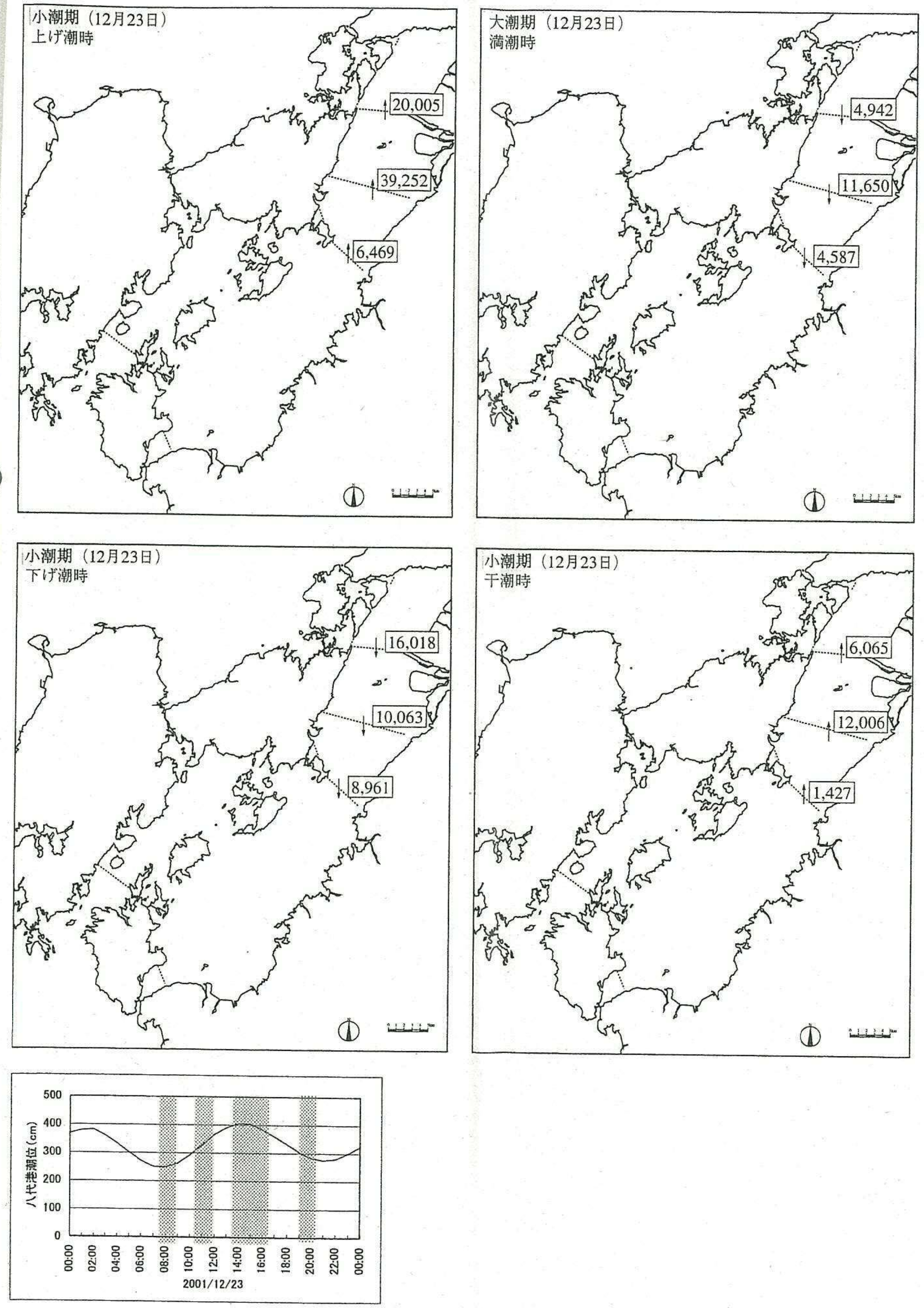
付図 3.2-14(2)　断面通過量（小潮期・COD）



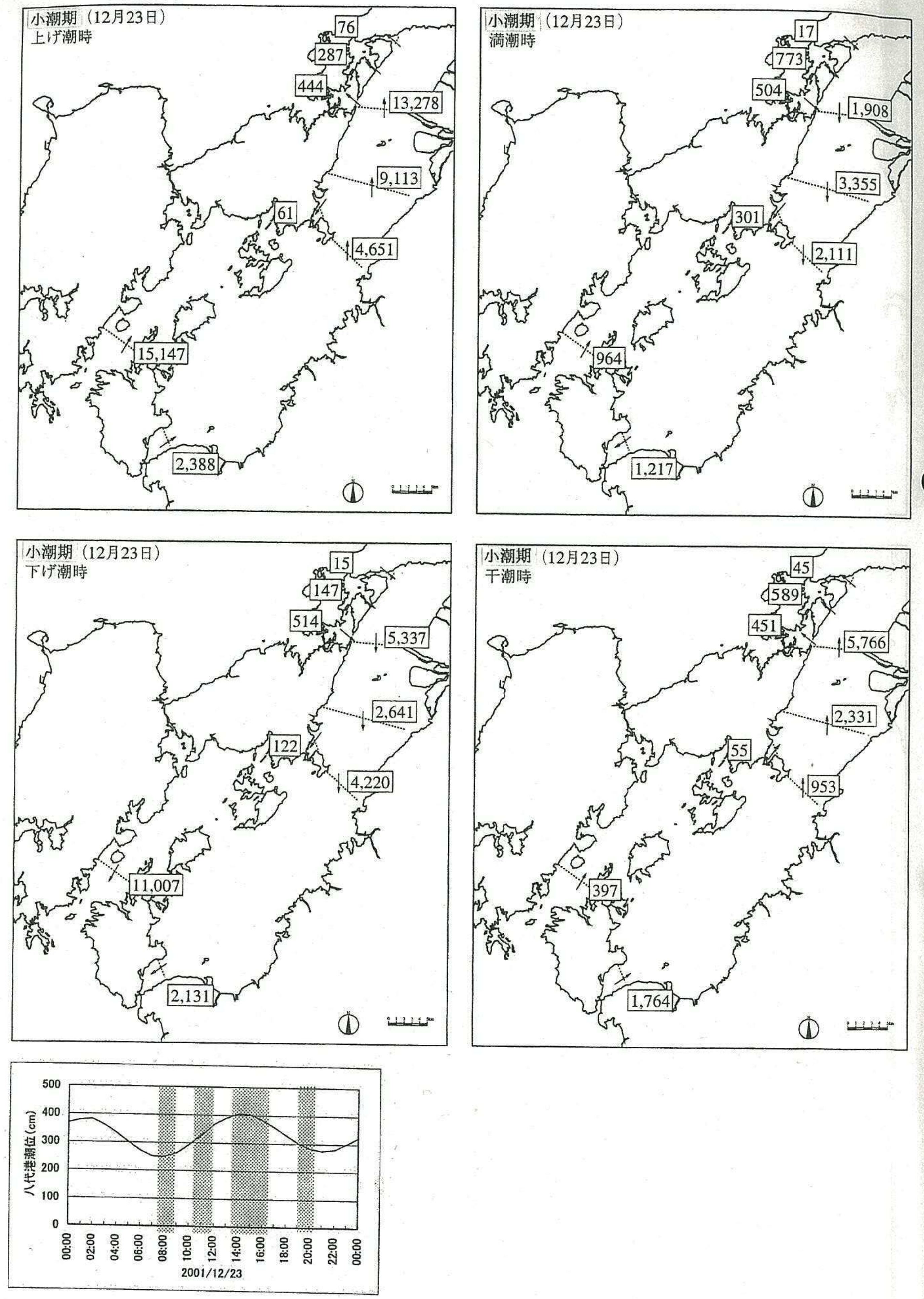
付図 3.2-14(3)　断面通過量（小潮期・T-N）



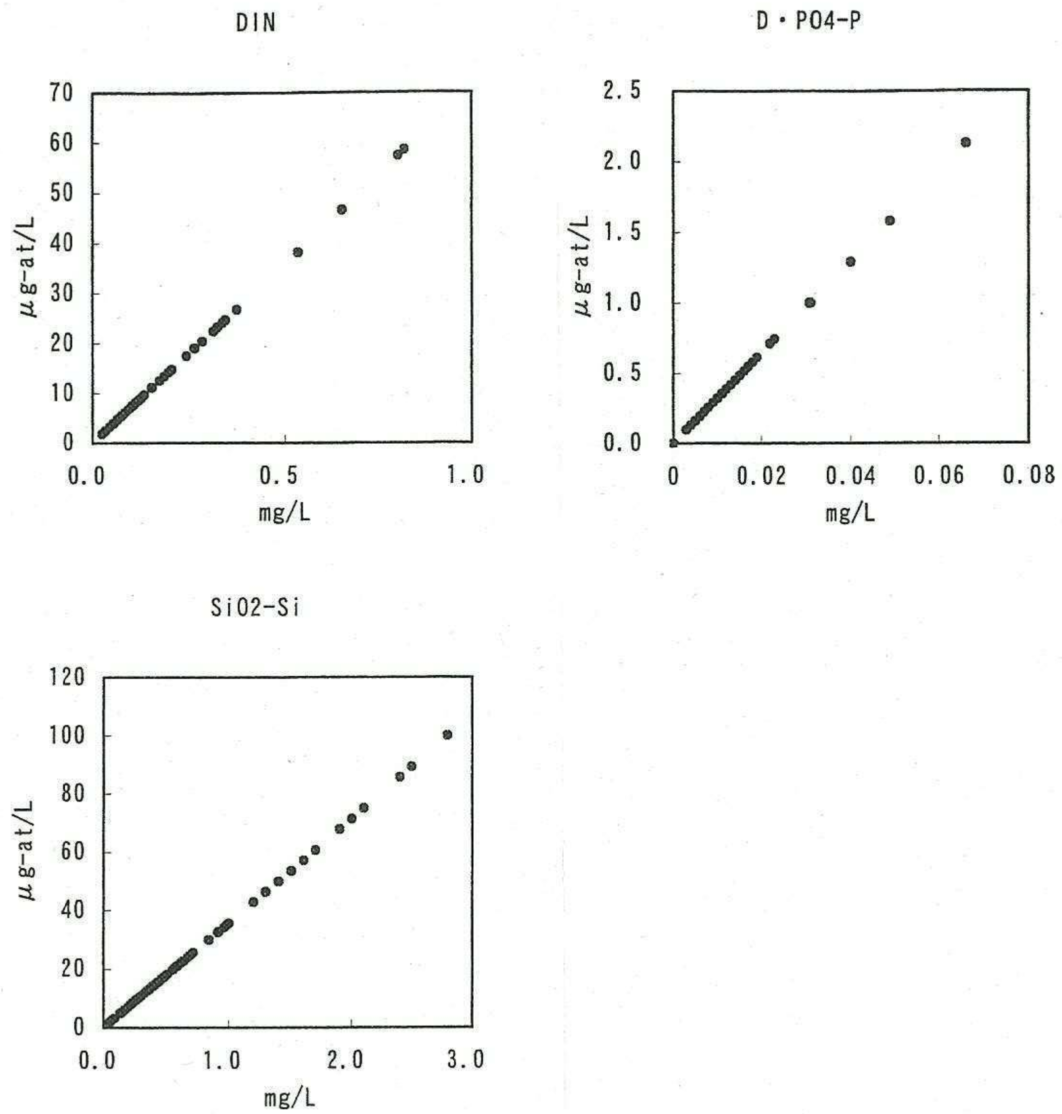
付図 3.2-14(4)　断面通過量（小潮期・T-P）



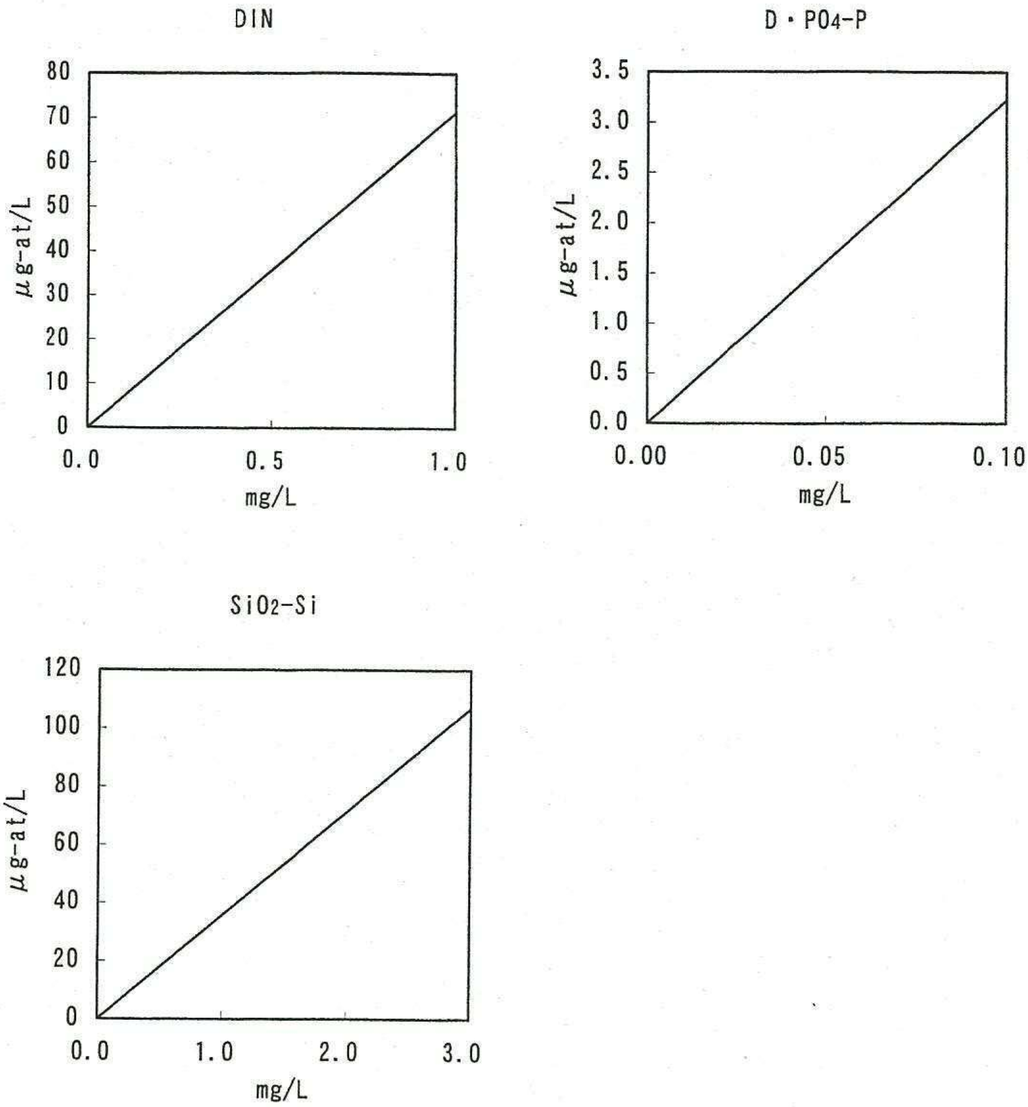
付図 3.2-14(5)　断面通過量（小潮期・SS）



付図3.2-14(6)　断面通過量（小潮期・SiO_2-Si）



付図3.3-1　DIN、D・PO4-P、SiO2-Si濃度の単位換算図



DIN、D・PO_4-P、SiO_2-Si濃度の単位換算図