

# 第6回 八代海域調査委員会

日時 平成14年2月4日(月) 13:30~15:30  
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

閉会

# 第6回 八代海域調査委員会

## 出席者一覧

委員長 弘田禮一郎 熊本大学名誉教授

### 委員

#### (学識経験者)

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

(敬称略 50 音順)

#### (漁業者代表)

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

(敬称略 50 音順)

#### (行政関係者)

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 気象庁長崎海洋气象台業務課長  
 中島一見 国土交通省八代工事事務所長  
 塚原健一 国土交通省川辺川工事事務所長  
 今永 繁 国土交通省熊本港湾空港工事事務所長 (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  
 板崎 清 熊本県林務水産部水産振興課長  
 伊勢田弘志 熊本県水産研究センター所長  
 前田和宏 鹿児島県水産試験場長 (代理) 福留巳樹夫 生物部長

(敬称略 順不同)

### 事務局

国土交通省八代工事事務所

# 八代海域調査委員会 配席表

資料-2

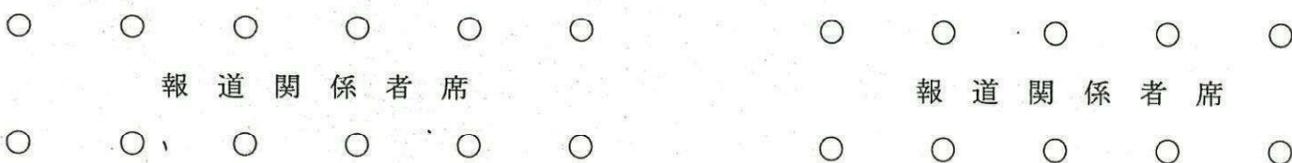
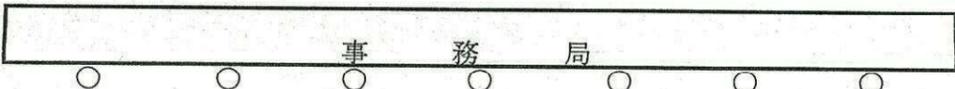
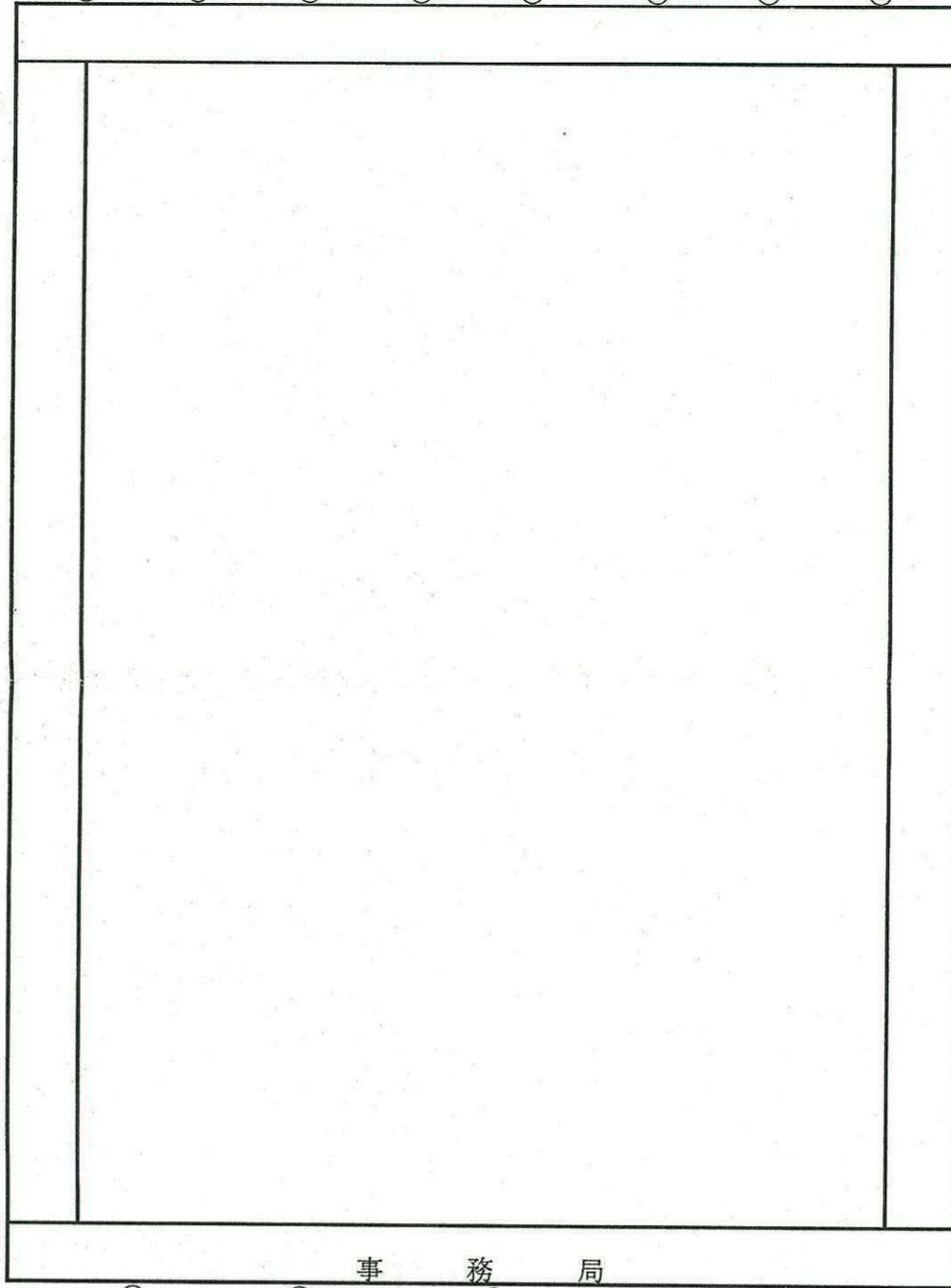
KKR ホテル熊本 城彩の間  
平成14年2月4日  
13:30~15:30

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

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

- 熊本県漁業協同組合  
連合会代表理事会長  
○ 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
- 熊本県企画開発部  
地域政策課長  
○ 望月 一範
- 熊本県環境生活部  
環境保全課長  
○ 矢澤 吉邦
- 熊本県林務水産部  
水産振興課長  
○ 板崎 清
- 熊本県土木部河川課長  
○ 上田 史朗

漁協  
及び  
県関係機関  
付き人席  
  
オブザーバー席



○ 出入口

## 第5回八代海域調査委員会議事要旨

【1】開催日時 平成13年12月3日(月) 10:00~12:00

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

(50音順)

(行政関係者)

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

(順不同)

【4】配付資料

議事次第

資料-1 出席者一覧表

資料-2 配席表

資料-3 第4回八代海域調査委員会議事要旨

資料-4 第5回八代海域調査委員会資料

熊本県有明海・八代海再生に向けた総合計画（仮称）（案）

八代海調査委員会への要望書

回答（案）

【5】議事次第

1. 開会

2. 議事

(1) 今後の委員会の調査方針について

(2) 既設ダムの影響について

(3) 八代海域の保全対策について

①熊本県有明海・八代海再生に向けた総合計画（案）について

②海域環境の保全に対する目標設定検討について

3. 閉会

【6】議事要旨

1. 八代海調査委員会への要望書（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、事務局にて再度検討する。

委員の追加交代については、学識経験者委員の追加は考えていないが、漁業者委員の交代については、漁業者の中で調整する。

（議論の結果）

- ・当委員会での専門的な話について理解できず、末端の組合員まで説明できない。漁業者が推薦する有識者についても委員に加えてほしい。
- また、「調査・検討項目」の回答（案）については、もっと具体的に回答してほしい
- ・全ての調査が終わっていない段階で具体的には回答できないし、また、すべきではないと思う。これからも説明会等開く予定なので、その時に質問すればよいのでは？
- ・川辺川ダム建設に伴う窒素、リンの変化についての検討はされたが、生態系に与える影響についての検討がなかった。
- ・「調査・検討項目」の回答（案）については、再度事務局にて検討する。
- ・漁業者代表委員として委員会に参加し、理解出来ないなりに各漁協へ報告はしてきたが、球磨川に関係が深い八代漁協からの要望であるので、委員の追加をお願いしたい。
- ・今まで2回説明会が開催されたが、なかなか理解できない面もある。また、シミュレーション結果についても川ミネラル等についても検討されていないので、全てを了解したわけではない。学識経験者委員は、皆さん素晴らしい方で十分なメンバーだとは思いますが、もう1名加えていただければ、より開かれた委員会になると思う。
- ・学識経験者委員については、あらかじめ漁業者の代表、熊本県及び鹿児島県と十分に相談した上で選出したものであり、九州管内の海域や河川環境工学等を専門にされ、八代海の事情にも非常に精通している。これまでの委員会においても十分客観的なご審議をいただいております、現段階では新たな委員を追加する必要性は感じていない。

- ・漁業者委員の交代については、漁業者の中で話し合ってもらいたい。

## 2. 今後の委員会の調査方針について

### (議論の結果)

漁業者委員より生態系についての影響調査を充実してほしいとの要望があったが、科学的知見から、現時点では川辺川ダムの影響は「水質面で評価する限り、現状とほぼ変わらないことから、影響は無視し得る程度のもものと見てとれる」との評価である。

シミュレーションの範囲について、漁業者の心配を解消するよう各委員とも相談しながら検討していく。

また、「保全対策の方向性」と「海域環境の保全に向けた監視項目」の今後の方針(案)については、了解された。

### (議論の要旨)

- ・既設ダムの影響については、県の企業局と電源開発㈱に国土交通省の調査結果も含めて説明していただきたい。既にそういう時期に来ていると思う。
- ・ダム建設による水質変化の予想結果が、我々の予想しているものとかけ離れた結果となっている。窒素、リンだけでなく生物にとって必要なミネラル等についても調査してほしい。
- ・これまでの委員会で、ケイ酸塩については調査して報告している。他の項目についても必要であれば調査する。

## 3. 既設ダムの影響について

### (議論の結果)

既設ダムで淡水赤潮が発生していることから、ダム湖の水質悪化を懸念する意見が出された。川のミネラル等の意見要望等について、事務局にてとりまとめ、学識経験者の意見を聞きながら、ダム管理者と調整しつつ調査計画を策定する。

### (議論の要旨)

- ・荒瀬ダムサイト付近のTOCは20mg/g乾泥を超え、高い値となっている。養殖場でドロが溜まって汚くなっている場所でも30mg/g乾泥程度であるから、ダムサイト付近にゴミ(有機物)等が溜まっている証拠である。  
また、淡水区間で硫化物を指標とするのは適当でない。
- ・淡水区間で硫化物が高い値を示すのは、生活雑排水からタンパク質等が溶けだしている可能性がある。
- ・球磨川河口干潟への影響については、既設ダム堆積量を単純計算して干潟層厚に変化すると、グラフに示す計算結果になるとの意味か？
- ・荒瀬ダム、瀬戸石ダムで赤潮が発生しているが、これを海に流した場合、悪影響があるのではないか？
- ・個人的な意見だが、淡水赤潮が海で再度発生することはないが、淡水域のプランクトンが有機物として海に流れ着き、それが栄養塩として分解され、それが海のプランクトンの餌となった場合の赤潮発生の可能性までは否定できない。
- ・粒度組成については、柱状グラフでは量的に把握できないので、粒度分布で表現した方

がよい。出水前後の湖底の状況についてだが、測量等を実施して正確なデータを収集する必要がある。

- ・浮泥については別途調査してほしい。
- ・ダムに溜まった水と自然水との変化について、ミネラルに着目し、調査してほしい。
- ・ミネラルがどの生物にどのように影響しているかはよくわかっていないのだが、確かにミネラルはダム湖に沈むと思う。だが、消滅するわけではない。また、それが一度に外に流出した場合、どのような影響を及ぼすのかよくわからない。
- ・人吉市周辺からの流出負荷は、ダムがあるから溜まっているが、ダムが無ければそのまま川をダラダラ流れていくことになるので、その点のプラス・マイナスの議論はあると思う。
- ・河川の浄化能力を評価する必要がある。
- ・ダムの底に溜まっている物が、出水時に一度に出ていくのが問題だと思っている。
- ・ダム管理者と調整しつつ、学識経験者委員の御指導を仰ぎながら調査計画を策定したいと思う。
- ・川辺川ダムについては水質保全対策を実施し、富栄養化が生じないとの報告を受けているが、その根拠について再度説明してほしい。
- ・既に川辺川工事事務所のインターネット等にて公表されている、川辺川ダム貯水池水質のポーレンバイダー結果により、富栄養化しない貯水池水質であることを説明。
- ・天然の水が溜まるのが生態系に影響を及ぼすものかどうかの調査を実施してほしい。
- ・科学的知見から、現時点では川辺川ダムの影響は「水質面で評価する限り、現状とほぼ変わらないことから、影響は無視し得る程度のものと見てとれる」との評価である。シミュレーションの範囲について、漁業者の心配を解消するよう各委員とも相談していきたい。
- ・流達率の図については、横石地点までしか記載されていないが、下流には八代市がありそこからの流出負荷もある。最終的に八代海域にどれだけの負荷が流入しているかが問題である。また、藻場造成の際に役立つ鉄分についてどうなっているのか？海域へ注いでいるフルボ酸鉄などについても調査してほしい。
- ・川辺川ダムに水を貯めた場合、どれくらい汚れるのか教えてほしい。
- ・下流既設ダムは上流の市街地から流下する栄養塩類により富栄養化する。しかし、川辺川ダムの位置は上流域であり栄養源が落葉程度であることから富栄養化するとは思えない。ゴミが無ければ汚れないはずである。

#### 4. 八代海域の保全対策について

(議論の結果)

- ①熊本県有明海・八代海再生に向けた総合計画(案)については、12月中に熊本県がとりまとめるとのことなので、各自意見があれば提出する。
- ②海域環境の保全に対する目標設定検討については、時間の都合により、次回の委員会で審議していただくことで了解された。

(議論の要旨)

- ①熊本県有明海・八代海再生に向けた総合計画(案)について

- ・河川水質管理についても記載すべきではないのか？
- ・底質の有害物質、例えば環境ホルモンのTBT等、場所によっては基準の50倍もの値が検出されたケースもある。これらのことについても配慮すべきではないか？
- ・河川水質については、これまで同様、国土交通省と連携して監視していきたい。
- ・底質の有害物質については、色んな先生方の御意見を伺いながら、今後検討していきたい。

②海域環境の保全に対する目標設定検討について

- ・検討内容の概略のみ事務局側から説明。

5. その他

- ・次回の委員会は、平成13年度内に開催を予定する。
- ・今回の質疑応答の内容は、発言者を特定しない形で議事要旨としてまとめたものを委員長が確認したうえでホームページに公表する。

# 第6回 八代海城調査委員会

## 資 料

平成14年2月4日

国 土 交 通 省  
水 産 庁  
熊 本 県  
鹿 児 島 県

# 目 次

1. 海域環境保全の方向性	1
2. 海域環境の水質保全に対する目標設定検討	4
2.1 目標設定の基本的な考え方	4
2.2 赤潮発生と水質との関係	7
2.3 南部海域及び西部海域の夏季水質目標値の検討	11
2.4 水質保全対策効果の基礎的検討	14
3. 八代海域の保全対策における水質シミュレーションの今後の検討方針（案）	15
3.1 目的	15
3.2 基本的考え方	15
(1) これまでの成果	15
(2) 水質保全対策の検討に係る基本方針	27
3.3 水質シミュレーションの今後の検討方針（案）	30
(1) モデルの具備すべき条件	30
(2) モデルの構築手順	31
(3) 多層メッシュモデルの内容	32
4. 底質・底生生物調査結果	34
4.1 底質	35
(1) 結果の概要	35
(2) 底質の分布特性	36
(3) 窒素、磷及び有機炭素堆積量の推定	37
(4) 干潟の有機化学物質分析結果	44
4.2 底生生物	51
(1) 概要	51
(2) 種類数・個体数	51
(3) 個体数組成	51
(4) 湿重量	52
(5) 多様性指数	52
(6) 指標種	52
4.3 底質・底生生物群集による海域区分	60
(1) 底質（粒度組成）	60
(2) 底質（含有量）	60
(3) 底生生物	60
5. 水質（ミネラル等）調査計画(案)	68
5.1 目的	68
5.2 調査内容	68

# 1. 海域環境保全の方向性

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・発展のための多種多様でかつ高い漁業生産の持続

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に示す。

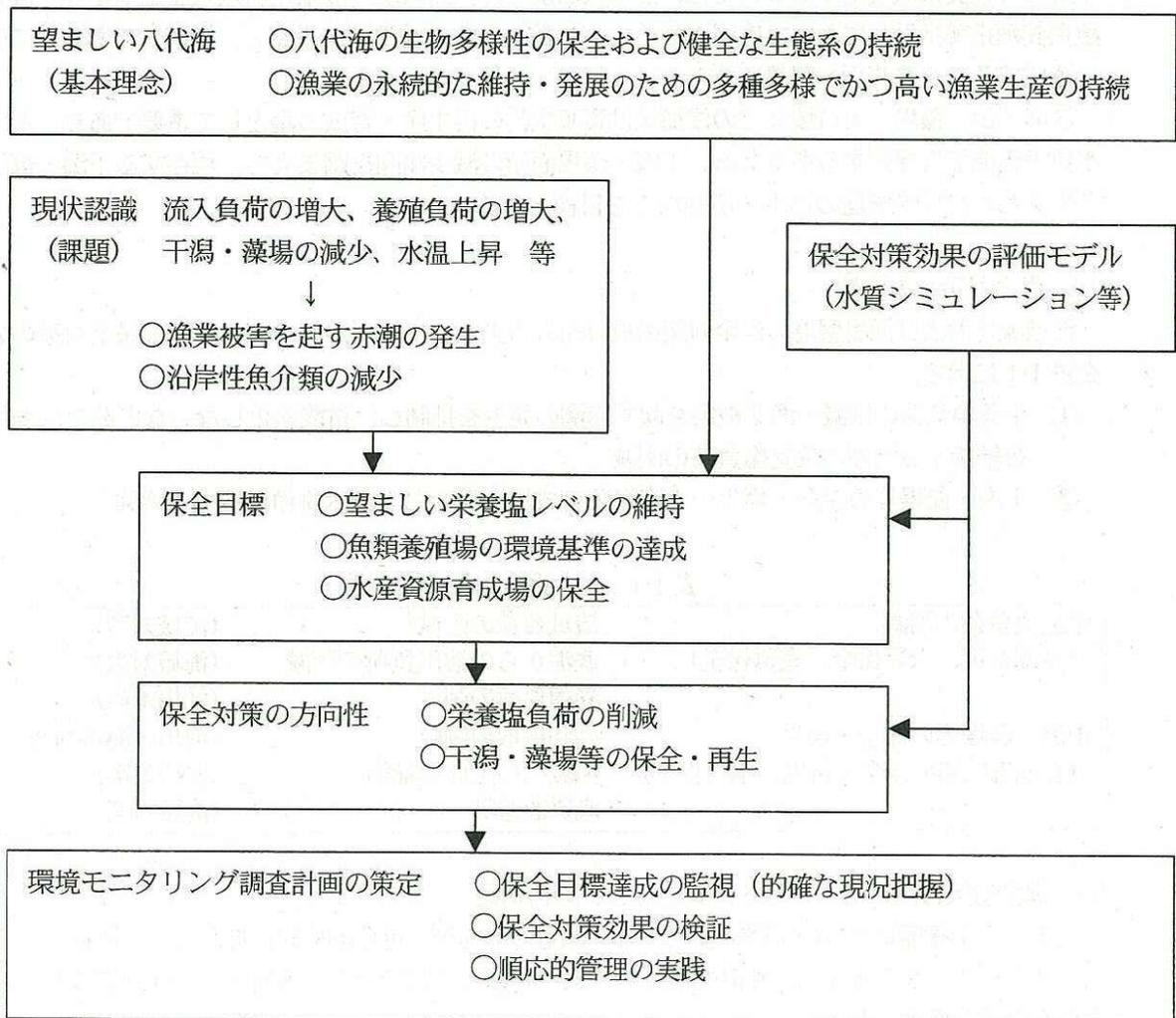


図1-1 八代海における環境保全のための取り組み

### (1) 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、不透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3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

ここで、①の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、水産生物の生活史生態、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を再構築する必要があるが、2章では既存の水質ボックスモデルを用いて、暫定的に海域の環境基準をもとに達成状況および保全対策効果について検討した。

②の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の干潟、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、かつ高い水質浄化機能を発揮する場である。干潟・藻場面積の減少傾向を踏まえて、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。

### (2) 保全対策の方向性

海域環境および漁場環境の保全対策の取り組み方針として以下が考えられ、主な保全対策の方向性を表 1-1 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 干潟・藻場等の保全・再生…水産資源育成場の保全および水質浄化機能の増強

表 1-1 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)	流域負荷の削減	(流域対策)
	底泥からの溶出負荷の削減	(海域対策)
	養殖負荷の削減	(漁場対策)
干潟・藻場等の保全・再生 (資源育成場の保全・再生、水質保全)	砂利採取の制限	(河川・海域対策)
	海域への土砂の補給	(河川対策)
	底質改善等	(海域対策)

### (3) 保全対策に向けた水質シミュレーションの再構築

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」への検討方針を3章で整理した。

#### (4) 環境モニタリング計画の策定

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。

したがって今後、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。

## 2. 海域環境の水質保全に対する目標設定検討

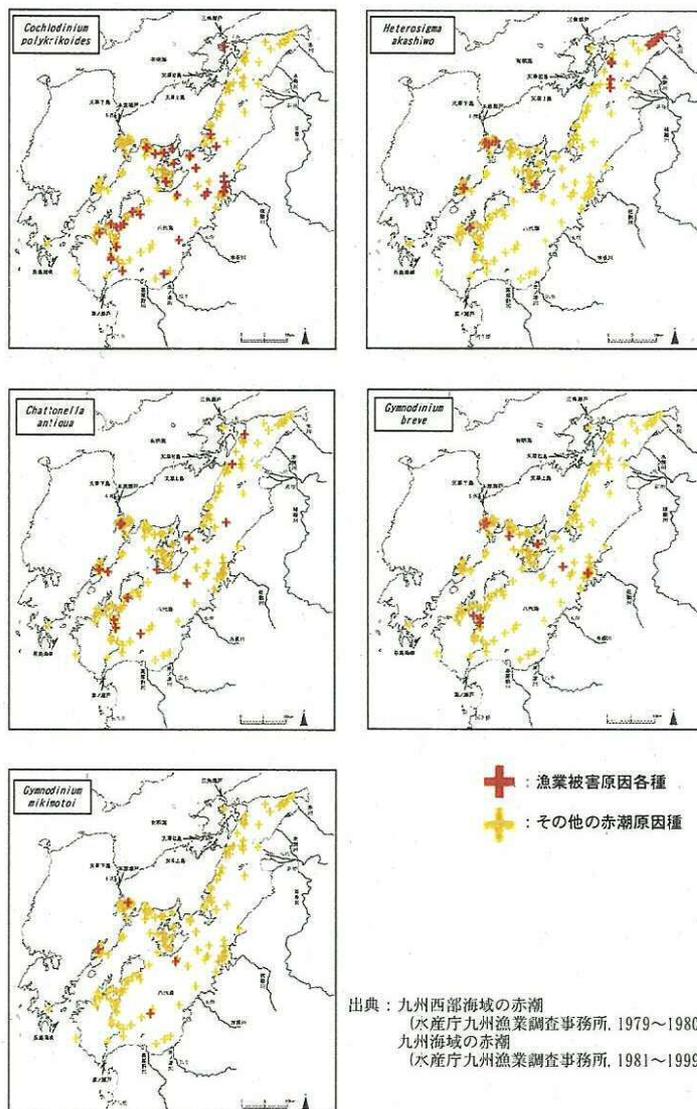
保全目標については今後も検討を続けていくが、ここでは一つの試みとして大規模な有毒、有害赤潮が発生しない栄養塩レベル（窒素、磷）について検討した。

### 2.1 目標設定の基本的な考え方

八代海では平成12年度にコクロイウムポリクリコイデス赤潮による大きな漁業被害が生じる等、有毒、有害赤潮の発生による漁業被害が問題となっている。

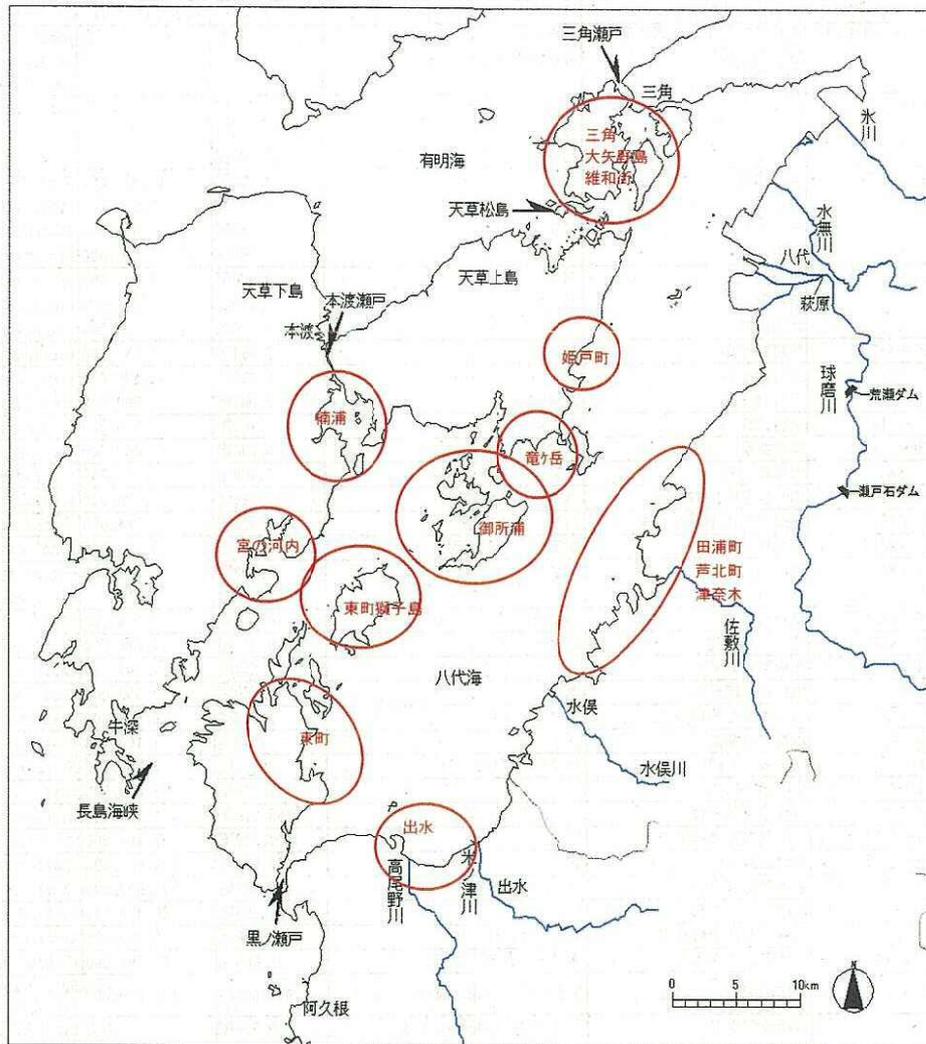
まず、赤潮による漁業被害が問題となる時期、海域を抽出した。八代海での赤潮の発生は夏季に多く、図2.1-1に示すとおり、海域的には全域で発生している（黄と赤のマーク）。これを主な有害種に限ってみると（赤のマーク）、南部、中部海域に集中している。さらに、過去に発生した漁業被害状況は図2.1-2、表2.1-1、に示すとおりであり、そのほとんどが南部、西部海域で発生しており、発生時期も7、8月を中心とした夏季に集中している。このような傾向は漁業者への聞き取り結果でも確認されている。

したがって、6～8月（夏季）の南部、西部海域において、赤潮生物の増殖制限物質となる窒素と磷をとりあげて、水質目標値を検討することとした。



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

図 2.1-1 主な漁業被害原因種による赤潮発生場所 (1979 年度～1999 年度)



出典：熊本県水産試験場学業報告（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 2. 1-2 八代海域の漁業被害発生海域

表2.1-1 八代海の赤潮による漁業被害状況 (1964年度～2000年度)

年度	発生時期	発生場所	被害の内容	被害量	被害金額 (円)	構成プランクトン
1967	7月末～8月中旬	天草上島、下島、御所浦島に 囲まれた海域 不知火海	魚介類のへい死 養殖真珠貝のへい死	不明	不明	<i>Gymnodinium</i> sp. <i>Ceratium</i> sp. <i>Peridinium</i> sp.
1977	7/12～7/20	不知火海	ブリ タイ 稚魚 (チダイ、インダイ、その他)	44,352尾 199,880尾 99,600尾	不明	<i>Gymnodinium catenatum</i>
1978	7/24～8/3	竜ヶ岳町 竜ヶ岳町 御所浦町 津奈木町	タイ ブリ ブリ タイ	37,430尾 12,150尾 180尾 200尾	15,870,000 13,632,000 648,000 70,000	<i>Gymnodinium</i> sp. <i>Gymnodinium</i> sp. <i>Gymnodinium</i> sp. <i>Gymnodinium</i> sp.
1978	8/21～9/2	竜ヶ岳町 姫戸町 御所浦町	ブリ ボラ ブリ	2,600尾 1,710kg 6,500尾	8,491,000 878,000 17,621,000	<i>Gymnodinium</i> sp. <i>Gymnodinium</i> sp. <i>Gymnodinium</i> sp.
1978	7/29～8/2	東町獅子島	ブリ	3,754尾	6,047,000	<i>Cochlodinium</i> sp.
1978	8/23～8/31	東町獅子島 東町獅子島	ブリ 雑魚	26,820尾 2,000尾	37,590,000 900,000	<i>Cochlodinium</i> sp. <i>Cochlodinium</i> sp.
1979	9/7～9/14	東町地先	ハマチ	160尾	510,000	<i>Cochlodinium</i> '78八代型
1981	8/10～8/12	御所浦町	ハマチ	6,200尾	13,200,000	<i>Cochlodinium</i> '78八代型
1981	8/7～8/8	出水市地先	マアジ、マダイ等	6,100尾	3,000,000	<i>Cochlodinium</i> '78八代型
1981	9/6～9/14	出水郡東町塩迫福浦	ハマチ、タイ等	12,920尾	16,396,000	<i>Cochlodinium</i> '78八代型
1984	9/3～9/5	津奈木町、田浦町地先	ハモ、メバル等	420尾	284,000	<i>Gymnodinium breve</i>
1985	8/31～9/17	芦北町地先	マアジ、マダイ等	157,700尾	59,322,000	<i>Cochlodinium</i> '78八代型
1988	8/20～8/28	御所浦町元浦	マアジ	2,000尾	245,000	<i>Heierosigma akashiwo</i> <i>Prorocentrum</i> sp.
1988	8/26～8/28	新和町地先	ハマチ、ブリ、アジ	10,120尾	12,250,000	<i>Chattonella antiqua</i>
1988	8/24～8/28	竜ヶ岳町地先	ハマチ、ブリ	9,400尾	14,218,000	<i>Chattonella antiqua</i>
1988	8/24～8/28	河浦町宮野河内	ハマチ、ブリ	3,253尾	4,005,000	<i>Chattonella antiqua</i>
1988	9/4～9/8	姫戸町姫浦地先	ボラ	3,750尾	1,350,000	<i>Chattonella antiqua</i>
1988	9/9～9/11	出水郡東町幣串地先	ハマチ、ブリ	3,420尾	6,843,000	<i>Chattonella antiqua</i>
1988	9/10～9/14	本渡市楠浦湾	ブリ	850尾	2,100,000	<i>Chattonella antiqua</i>
1988	9/26～9/29	河浦町宮野河内	ハマチ、ブリ、アジ	2,849尾	3,208,000	<i>Heierosigma akashiwo</i>
1989	7/31～8/1	東町脇崎地先	ブリ	35,060尾	62,560,000	<i>Chattonella antiqua</i>
1989	8/8～8/21	八代海中部全域	タイ、ブリ、フグ、アジ	489,770尾	158,594,000	<i>Gymnodinium mikimotoi</i> <sup>注1)</sup>
1989	8/15～8/19	東町及び宮ノ浦地先	ブリ	164,920尾	97,160,000	<i>Gymnodinium mikimotoi</i> <sup>注1)</sup>
1990	7/19～7/27	東町沿岸一円	ブリ	30,000尾	107,000,000	<i>Chattonella antiqua</i>
1990	7/18～8/7	熊本県ほぼ全域	ブリ、マダイ等	842,389尾	992,673,000	<i>Chattonella antiqua</i>
1990	8/31～9/2	東町幣串、立石	ブリ	24,000尾	30,300,000	<i>Cochlodinium</i> '78八代型
1990	9/2～9/10	水俣、芦北地域沿岸	トラフグ、チヌ等	7,150尾	10,080,000	<i>Cochlodinium</i> '78八代型
1991	8/5～8/14	田浦町、津奈木町	マダイ、トラフグ等	31,600尾	13,090,000	<i>Cochlodinium</i> '78八代型
1994	9/6～10/12	楠浦湾周辺～有明海	アコヤ貝へい死、衰弱	679,000個	185,000,000	<i>Heierocapsa</i> sp. ( <i>circularisquama</i> )
1996	6/9	御所浦町ウドシ 牧島 新和町大多尾 水俣市	トラフグへい死異常遊泳 トラフグ トラフグ ハモへい死	10,000尾 10,000尾 15,000尾 不明	不明 不明 不明 不明	<i>Gymnodinium</i> sp.
1996	6/13	東町脇崎	マダイへい死	1.5kg	54,000	<i>Gymnodinium</i> sp.
1998	7/29～8/10	大矢野島・維和島 ～御所浦周辺	ブリへい死 ハマチへい死	60～70尾 200尾	133,000 360,000	<i>Chattonella antiqua</i>
1998	8/6～8/18	津奈木町地先	ブリへい死	30尾	57,000	<i>Cochlodinium</i> '78八代型
1999	8/19～8/26	津奈木地先	トラフグ1年魚へい死 トラフグ2年魚へい死	13,450尾 15,250尾	4,707,000 53,200,000	<i>Cochlodinium polykrikoides</i>
2000	7/7～8/1	三角町～天草下島河浦町沿岸	カンパチ、ブリ等	2,901,000尾	3,983,000,000	<i>Cochlodinium polykrikoides</i>

注1) *Gymnodinium nagasakiense*と同物異名である。

注2) 2000年度については、速報 (1件のみ) により作成した。

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)

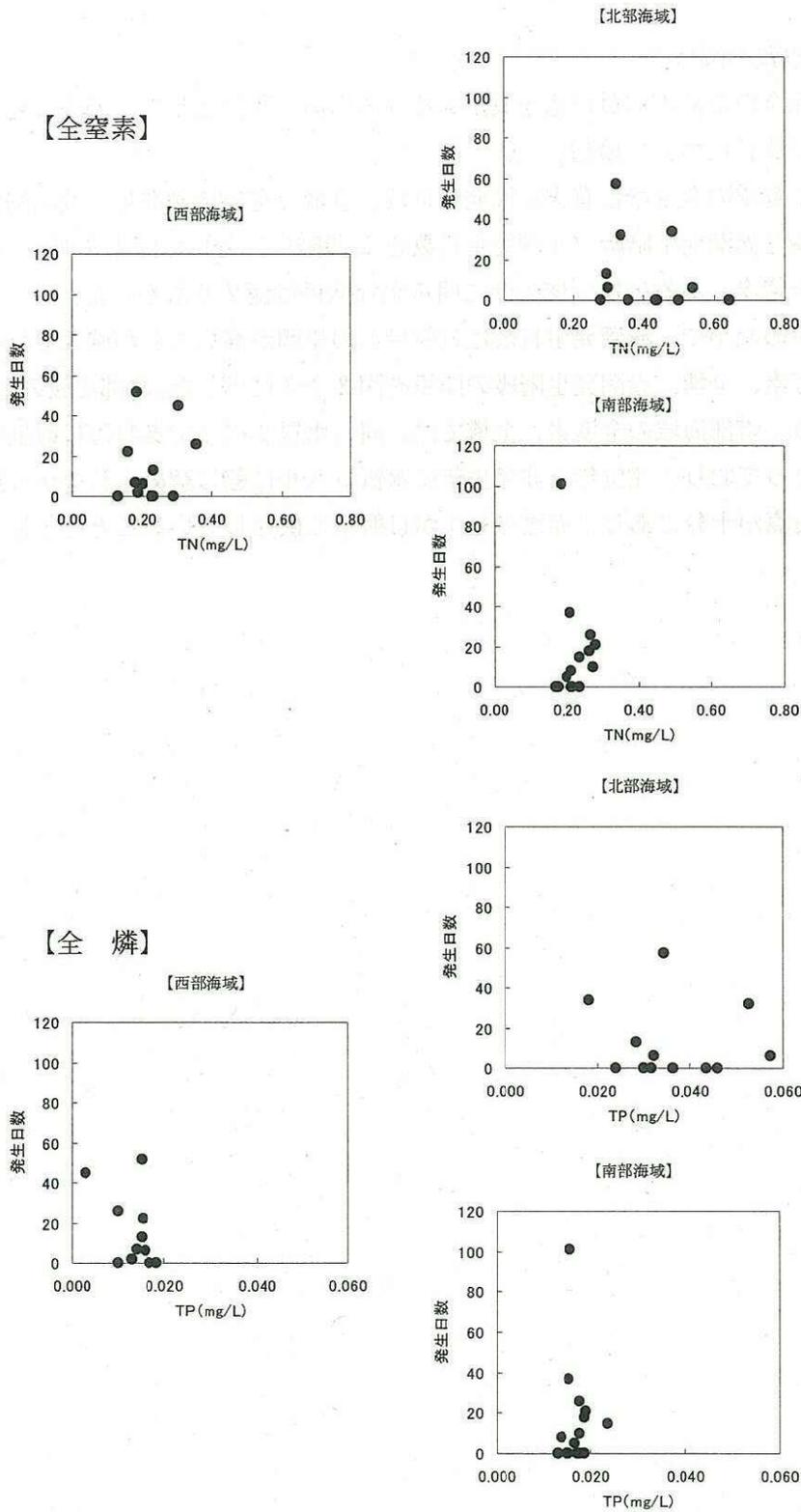
九州海域の赤潮 (水産庁九州漁業調整事務所, 1981～1999) より作成

## 2.2 赤潮発生と水質の関係

八代海域環境保全のための水質目標を設定するための第1段階として、過去の夏季における赤潮発生と水質との関係について検討した。

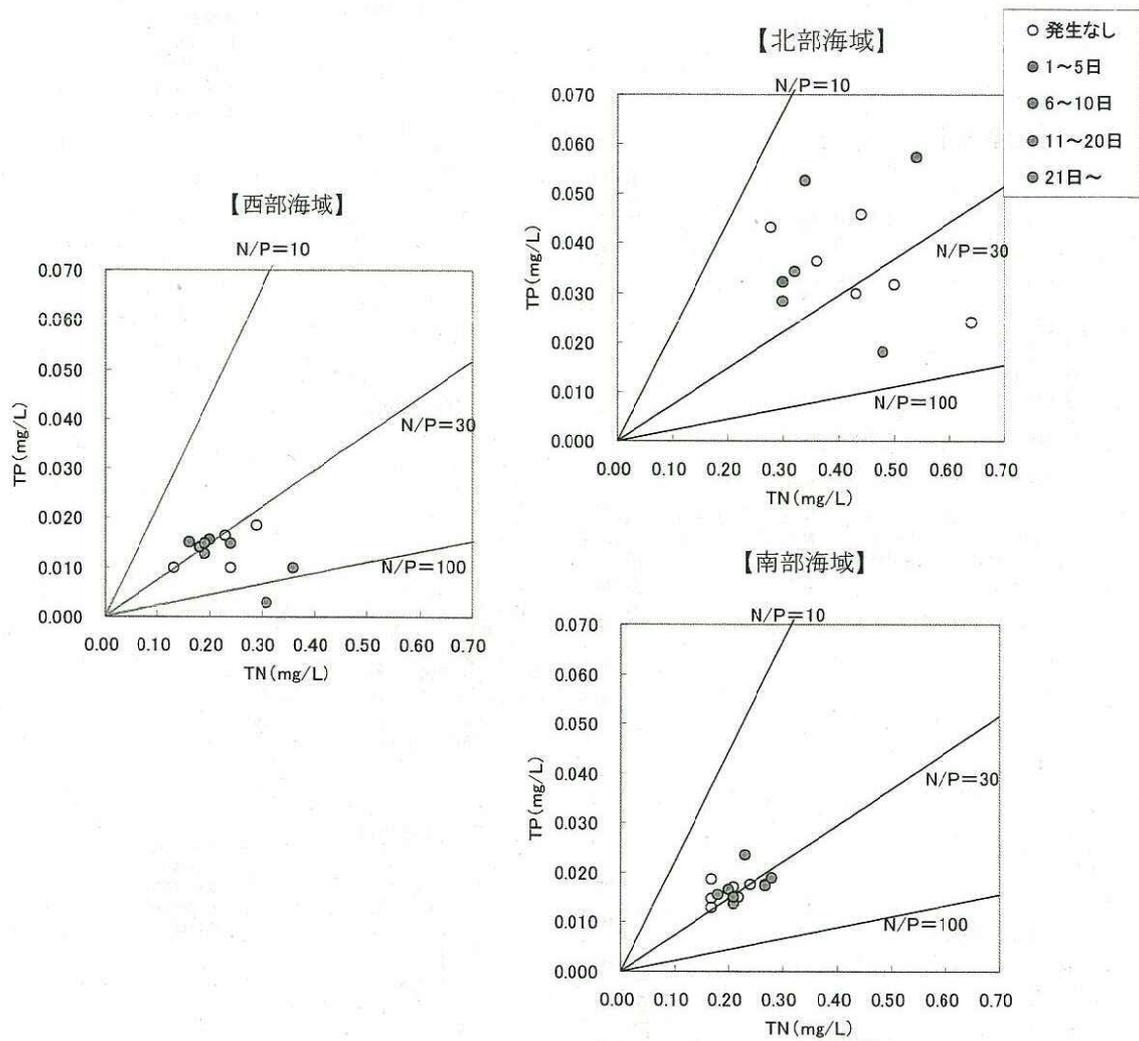
八代海における夏季の全窒素と有害赤潮発生日数、全リンと有害赤潮発生日数の関係を図 2.2-1 に、全窒素、全リンと赤潮発生階級（赤潮発生日数を5段階に区分）の関係を図 2.2-2 に示した。赤潮発生日数と全窒素、あるいは全リンの間に明らかな関係は認められなかった。

これまでの検討のなかで、赤潮発生日数は日射量との相関が高いことが確認されていることから、日射量と全窒素、全リン、赤潮発生階級の関係を図 2.2-3 に示した。北部海域の全窒素、全リン、西部海域の全窒素、南部海域の全窒素、全リンでは、同じ水質レベルであれば日射量が大きいほど発生日数が多くなっており、発生年と非発生年の水質レベルに差は認められなかった。特に北部海域では常に栄養塩が十分にあり、赤潮の発生が日射量に依存していることを示していると考えられる。



出典) 1985~1999年度 九州海域の赤潮(水産庁)、公共用水域測定結果(熊本県、鹿児島県)より作成  
 注) 各年度の海域別6~8月合計赤潮発生日数と平均水質との関係を整理

図 2.2-1 全窒素、全磷と赤潮発生日数との関係



出典) 1985~1999年度 九州海域の赤潮(水産庁)、公共用水域測定結果(熊本県、鹿児島県)より作成

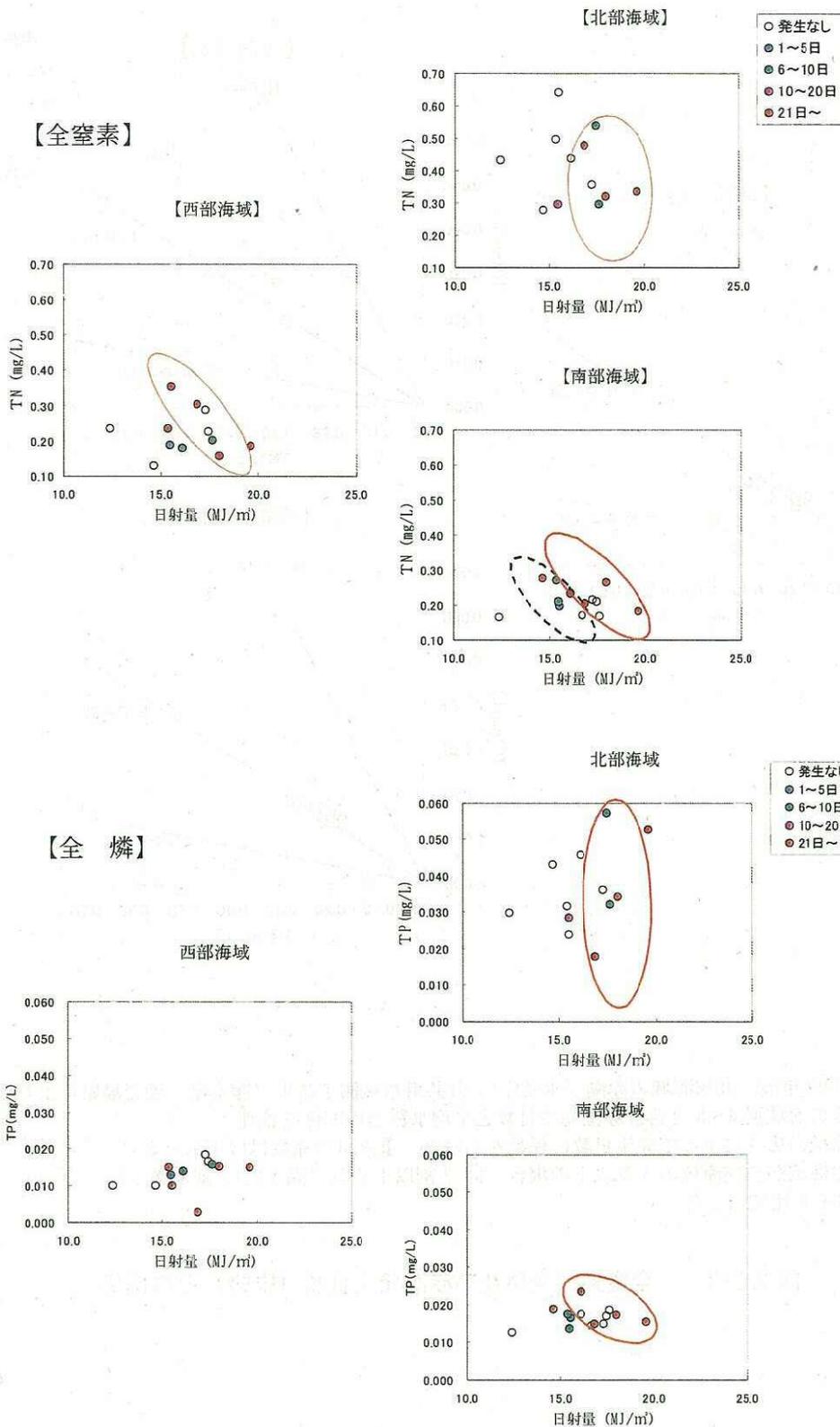
注) 1. 各年度の海域別 6~8月合計赤潮発生日数と平均水質との関係を整理

2. 発生海域の広さによって発生日数に係数をかけた。重み付け係数は以下のとおり。

発生海域が当該海域の5割以上の場合: 3、2割以上5割未満: 2、2割未満: 1

3. N/Pはモル比で示した。

図 2.2-2 全窒素、全磷及び赤潮発生日数(階級)との関係



出典) 1985~1999年度 九州海域の赤潮(水産庁)、公共用水域測定結果(熊本県、鹿児島県)より作成  
 注) 1. 各年度の海域別 6~8月合計赤潮発生日数と平均水質との関係を整理  
 2. 発生海域の広さによって発生日数に係数をかけた。重み付け係数は以下のとおり。  
 発生海域が当該海域の5割以上の場合: 3、2割以上5割未満: 2、2割未満: 1

図 2. 2-3 日射量、全窒素、全磷と赤潮発生日数(階級)との関係

### 2.3 南部海域及び西部海域の夏季水質目標の検討

赤潮による漁業被害が問題となっている南部、西部海域の夏季水質目標については、前項での検討により、赤潮発生日数と水質との間に明瞭な関係を見出すことはできなかった。これは、赤潮の発生には日射量、流れによる集積等、水質以外の重要な環境要因が関わっていると考えられることに加えて、既存データの整理では、赤潮と水質データに時間的、空間的ズレが生じていることも原因していると考えられる。今後、メッシュモデルを用いた夏季平常期の水質分布、流動特性と赤潮発生頻度の解析により、赤潮の発生頻度が少ない水質目標レベルを検討するが、ここでは先ず、環境基準値を水質暫定目標値として南部、西部海域の適合状況と対策の方向性を検討した。

環境基準は、富栄養化に伴う赤潮等の発生を防除し、利用目的に応じた望ましい水質を維持するための目標値として定められている。環境基準項目のうち、赤潮の発生に直接的に関係する項目としては窒素と磷があげられる。南部海域及び西部海域は、I 類型（底生魚介類を含め多様な魚種の生息に適した環境）に指定されており、環境基準に適合することを目標として、水質目標値を検討した。環境基準値及び海域類型区分とボックス別の適用を表 2.3-1、図 2.3-1 に示した。

環境基準の適合状況は測定値の年間平均値で評価するが、水質はその海域の特性により季節的に変化している。南部海域及び西部海域における水質の季節変化は、図 2.3-2 に示すとおりであり、南部海域では全磷が夏季から秋季にかけて増加したが全窒素は比較的安定していた。西部海域では全磷・全窒素ともに秋季に増加し、その程度は南部海域よりも顕著であった。秋季に河川影響が及び難い西部海域で変化の程度が大きいことを考えると、河川以外の影響が関与しているものと考えられる。

このような季節変化を考慮し、年間平均値として基準を満足するために必要な夏季の水質目標値を次式で与え、その結果を南部海域、西部海域別に表 2.3-2 に示した。

$$\text{夏季水質目標値} = \text{環境基準値} \times \frac{\text{1985} \sim \text{2000 年度の夏季 (6} \sim \text{8 月) 平均値}}{\text{1985} \sim \text{2000 年度の全期間平均値}}$$

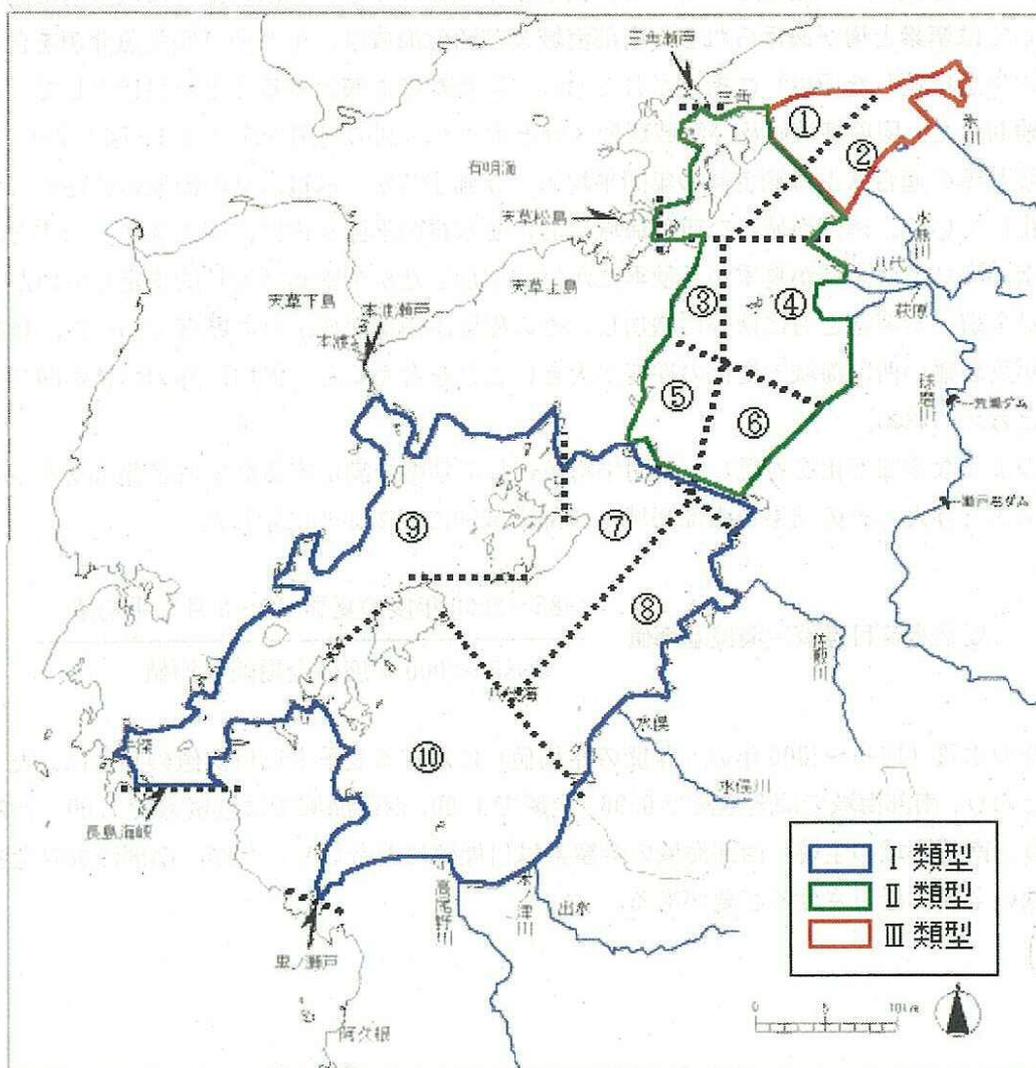
現在の水質（1996～2000年の5年間の平均値）に対する夏季水質目標値の割合は、表 2.3-2 に示すとおり、南部海域では全窒素で 0.96、全磷で 1.00、西部海域では全窒素で 1.00、全磷で 0.93 であり、南部海域の全磷、西部海域の全窒素は目標値に適合していたが、南部海域の全窒素と西部海域の全磷は低下させる必要がある。

表 2.3-1 全窒素、全燐の環境基準

海域	該当するボックス番号	環境基準における水域類型への当てはめ	環境基準値	
			全窒素	全燐
南部	⑦, ⑧, ⑩	I 類型とした	0.2mg/L以下	0.02mg/L以下
西部	⑨	I 類型とした	0.2mg/L以下	0.02mg/L以下

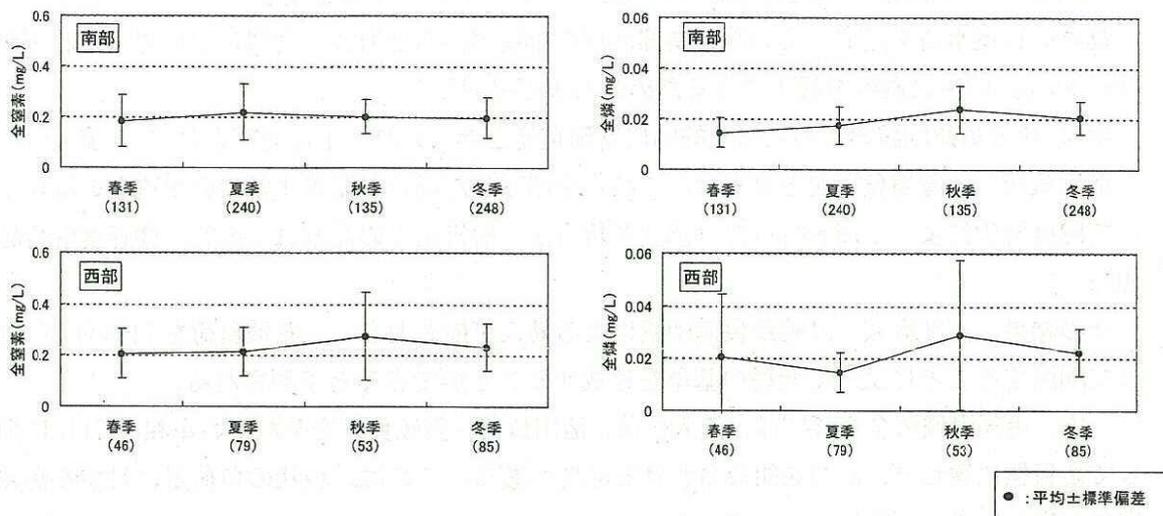
注) 熊本県、鹿児島県とも平成11年5月に八代海の類型指定を実施  
 利用目的の適用は以下のとおり

- I 類型：自然環境の保全及びII以下の欄に掲げるもの（水産2種及び3種を除く）
- II 類型：水産1種 水浴及びIII以下の欄に掲げるもの（水産2種及び3種を除く）
- III 類型：水産2種及びIV以下の欄に掲げるもの（水産3種を除く）
- IV 類型：水産3種 工業用水 生物生息環境保全



出典：類型指定区分は、熊本県、鹿児島県資料より作成

図 2.3-1 全窒素、全燐海域類型区分とボックス分割



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：1. 春季は3～5月、夏季は6～8月、秋季は9～11月、冬季は12～2月  
 2. 季節の下の（ ）内はデータ数を示す

図 2.3-2 南部海域・西部海域の水質の経年変化

表 2.3-2 夏季の南部海域・西部海域の水質と水質目標値

海域	1985～2000年度(6～8月)		水質バリエーションによる計算年 1994～1996年度(6～8月)		最近の5ヶ年 (A) 1996～2000年度(6～8月)		夏季(6～8月) 水質目標値(B)		目標率(B/A)	
	全窒素 (mg/L)	全 磷 (mg/L)	全窒素 (mg/L)	全 磷 (mg/L)	全窒素 (mg/L)	全 磷 (mg/L)	全窒素 (mg/L)	全 磷 (mg/L)	全窒素	全 磷
南部	0.22 ± 0.11 (N = 254)	0.017 ± 0.007 (N = 254)	0.20 ± 0.09 (N = 72)	0.019 ± 0.008 (N = 72)	0.23 ± 0.13 (N = 96)	0.018 ± 0.009 (N = 96)	0.22	0.018	0.96	1.00
西部	0.21 ± 0.10 (N = 83)	0.015 ± 0.007 (N = 83)	0.23 ± 0.10 (N = 36)	0.016 ± 0.007 (N = 36)	0.19 ± 0.09 (N = 44)	0.015 ± 0.007 (N = 44)	0.19	0.014	1.00	0.93

出典)熊本県、鹿児島県公共用水域測定結果より作成

注) 1. 平均値±標準偏差を示した。

2. 夏季水質目標値: 熊本県、鹿児島県公共用水域測定結果(1985～1998年度)から、海域別年間平均値(a)と夏季平均値(b)を求め、環境基準値を換算(夏季水質目標値=環境基準値×b/a)

3. 目標率: 現状の水質を最新の5ヶ年の平均値とし、これに対する夏季水質目標値の割合を示した。

#### 2.4 水質保全対策効果の基礎的検討（水質ボックスモデルによる感度解析）

夏季の目標水質を達成していない南部海域の全窒素、西部海域の全燐について、それぞれ現状の96%、93%に濃度を低下させるための対策を検討した。

窒素、燐の負荷削減のために人為的に管理可能と考えられる主な対策として、①流入負荷、②溶出負荷、③養殖負荷をとりあげ、これらを削減した場合の夏季平常時の水質との関係について感度解析により予測を行った（感度解析方法、解析結果の詳細は、p.21、③感度解析を参照）。

その結果、西部海域では養殖負荷削減による効果が最も大きく、養殖負荷を71% ( $1/\sqrt{2}$  倍)まで削減することによって全燐の基準を達成することができると予測される。

一方、南部海域の全窒素では、流入負荷、溶出負荷、養殖負荷をそれぞれ単独で71%に削減しても目標に達せず、3つを組み合わせる必要がある。これは、現状の負荷量に対する海域の容量が大きいことが原因となっている。

ここでの検討は、環境基準値に対してボックスモデルで計算した海域の平均的な水質（上層）の適合状況を検討したものであり、より局所的な環境条件で発生すると考えられる赤潮の発生状況が反映できたものではない。今後の検討においては、メッシュモデルを構築し、より局所的に生じている赤潮と水質、流れ等との関係やそれに対する対策の検討を行うものとする。

### 3. 八代海域の保全対策における水質シミュレーションの今後の検討方針（案）

#### 3.1 目的

八代海の水質を適正に維持するため、以下の事項に着目し、水質変化の主要因を把握するとともに、より適切な水質監視内容の立案、ならびに未解明事項に対する効率的な調査の立案を行うための基礎資料を得ることを目的に、水質ボックスモデルを用いた負荷収支の把握がなされ、第4回委員会（平成13年9月25日）において一定の成果が得られた。

- i) 八代海域水質の効率的・総括的な実態把握
- ii) 八代海域水質の変化要因の相互比較
- iii) 川辺川ダムを設置・運用による八代海域水質の変化の検討

今回は、これら成果を基に『八代海漁場の環境保全施策を有効に推進するための基礎情報を提供する水質モデルの開発』を目指した検討を行うものである。

#### 3.2 基本的考え方

##### (1) これまでの成果

##### ① ボックスモデルの内容

既に構築した水質ボックスモデルでは、汚濁に関する以下の基本的な諸過程を含んでいる。

- i. 八代海への汚濁物質の流入（背後陸域負荷、海面養殖負荷、外海水の流入、海底からの溶出）
- ii. 八代海からの汚濁物質の流出（外海への流出、漁獲、沈降）
- iii. 八代海内での汚濁物質の生成（内部生産）
- iv. 八代海内での汚濁物質の消滅（分解）

ボックスモデルの基本構造、鉛直層分割、水平ボックス分割を図3.2-1～図3.2-3に示し、全域での物質収支図、海域間物質移動量を図3.2-4、図3.2-5に示す。

物質収支から、八代海全域におけるCOD等の現存量に対する1日あたりの流入・養殖・溶出負荷量の比率をみると、CODでは現存量51,500トンに対し、流入負荷は約0.1%、養殖負荷は約0.2%である。T-Nでは現存量8,870トンに対し、流入負荷は約0.2%、養殖負荷は約0.1%、溶出負荷は約0.2%である。T-Pでは現存量970トンに対し、流入負荷は約0.1%、養殖負荷は約0.3%、溶出負荷は約0.4%である。

物質移動量をみると、流入負荷は北部海域に集中しているが、球磨川等の湾奥河川の影響は北部海域にとどまるとみられる。一方、養殖負荷については、天草周辺に集中していることから特に西部海域への影響は大きいものの、負荷の多くは湾外（東シナ海）へ流出するため、八代海全体への寄与は小さいと考えられる。

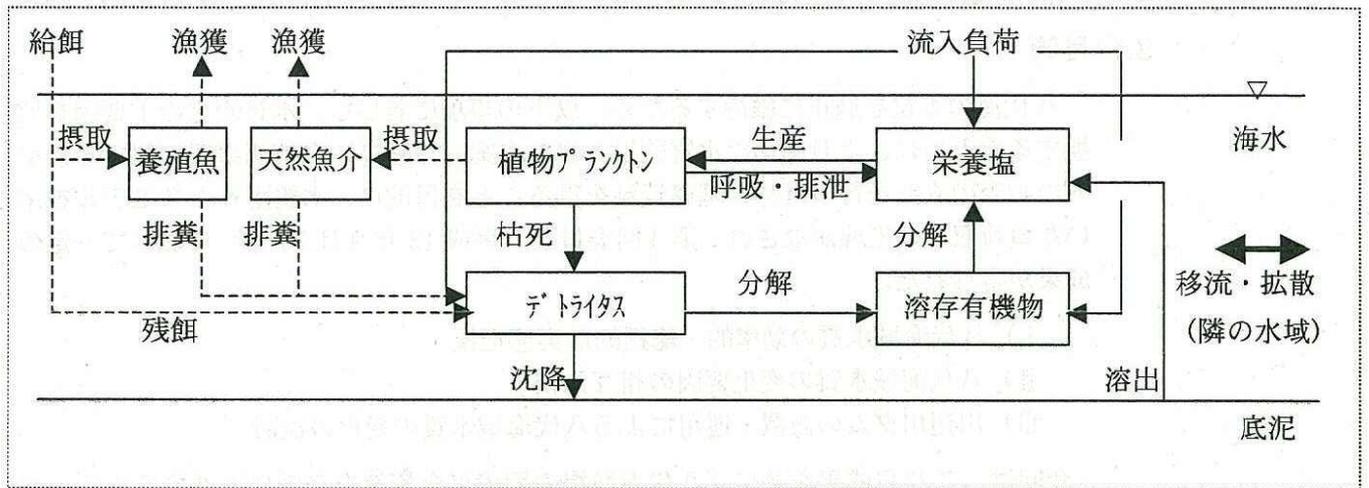


図 3.2-1 水質ボックスモデルの基本構造

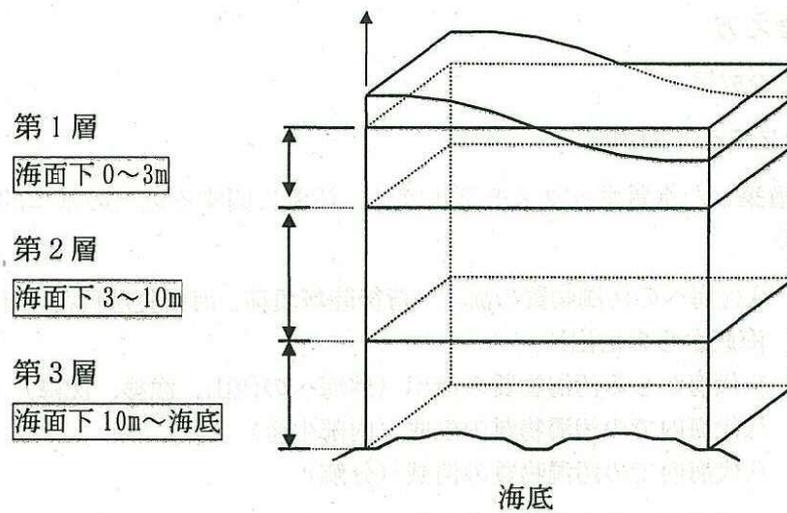


図 3.2-2 水質ボックスモデルの鉛直分割

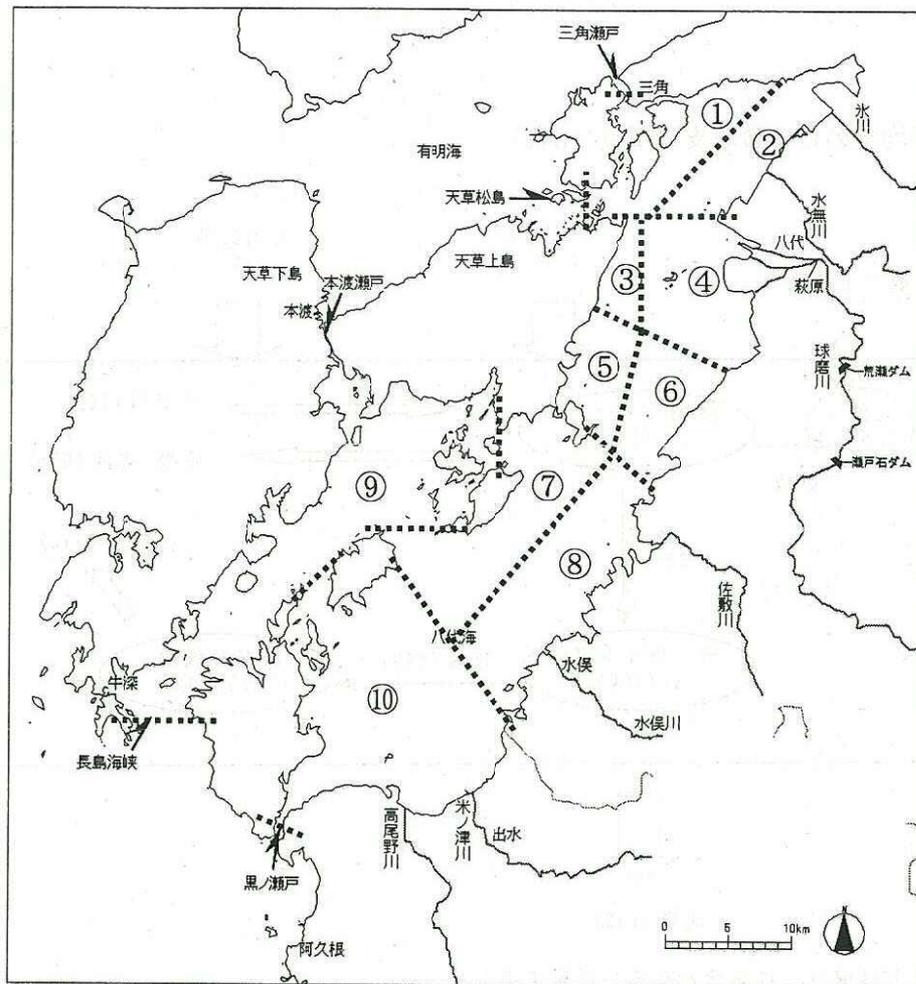
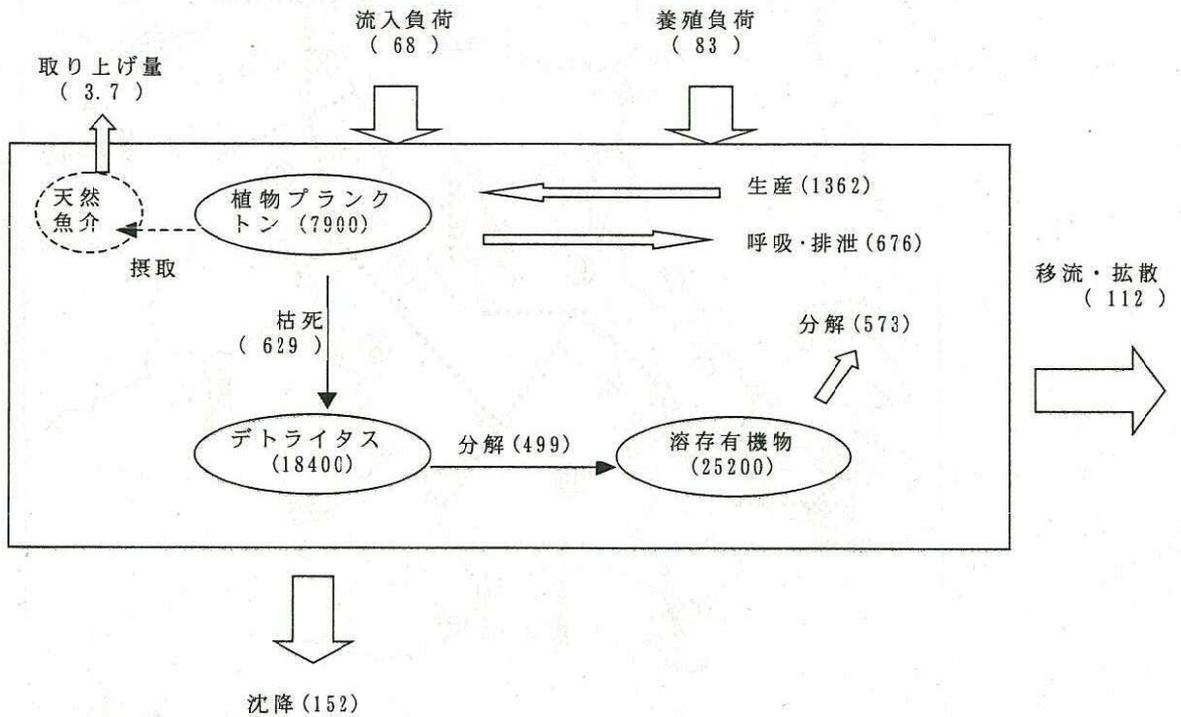


図 3.2-3 水質ボックスモデルの水平分割

表 3.2-1 各ボックスの諸元

ボックス番号	名称	面積 (km <sup>2</sup> )	容積 (km <sup>3</sup> )	平均水深 (m)
①	球磨川河口北西側	67.3	0.336	5.0
②	球磨川河口北東側	63.3	0.170	2.7
③	球磨川河口前面西側	25.8	0.350	13.6
④	球磨川河口前面東側	86.3	0.472	5.5
⑤	球磨川河口南西側	46.3	1.138	24.6
⑥	球磨川河口南東側	44.8	0.635	14.2
⑦	南部水域北西側	115.8	4.034	34.9
⑧	南部水域北東側	110.3	3.213	29.1
⑨	西部水域	229.8	6.862	29.9
⑩	南部水域南西側	214.0	5.070	23.7
計 (平均)		1,003.3	22.281	(22.2)

15日平均でのCOD収支 (単位: t/日)

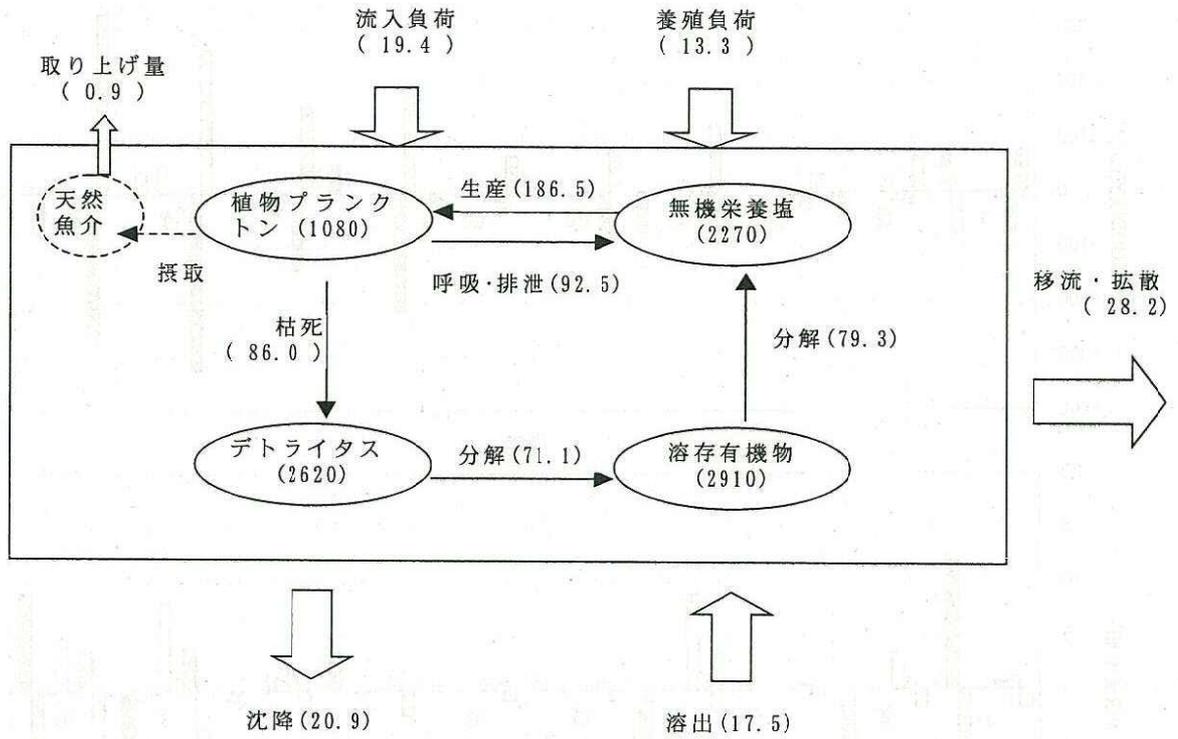


注) 養殖負荷は取り上げ量を差し引いた量である。

図 3.2-4(1) 八代海全体での現状の物質収支(COD)

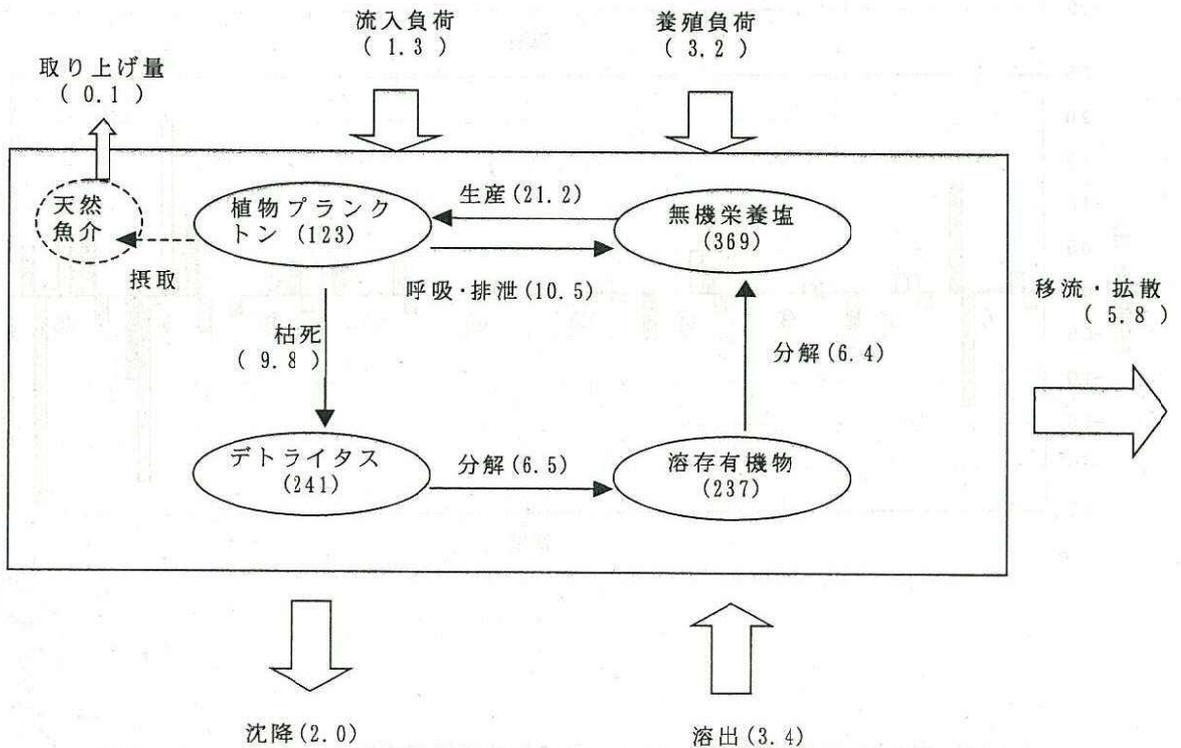
項目	単位	値	説明
流入負荷	t/日	68	外部からのCOD流入
養殖負荷	t/日	83	養殖活動によるCOD負荷
取り上げ量	t/日	3.7	天然魚介の収穫
生産	t/日	1362	植物プランクトンの生産
呼吸・排泄	t/日	676	植物プランクトンの呼吸・排泄
枯死	t/日	629	植物プランクトンの枯死
デトライタス	t/日	18400	枯死した植物プランクトン
分解	t/日	499	デトライタスの分解
溶存有機物	t/日	25200	分解された有機物
分解	t/日	573	溶存有機物の分解
移流・拡散	t/日	112	外部への物質移動
沈降	t/日	152	海底への沈降

15日平均でのT-N収支 (単位: t/日)



注) 養殖負荷は取り上げ量を差し引いた量である。

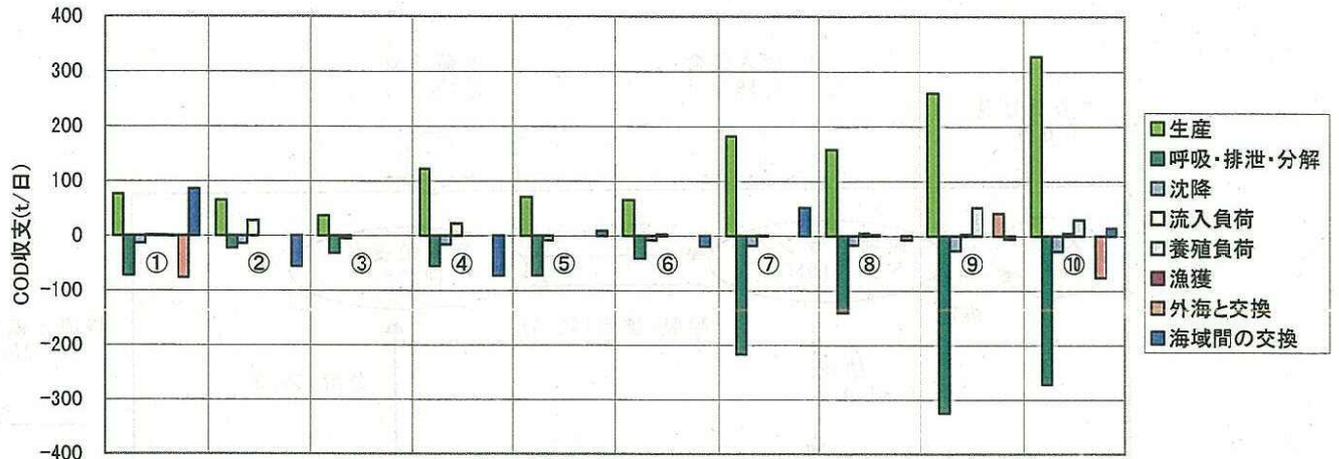
15日平均でのT-P収支 (単位: t/日)



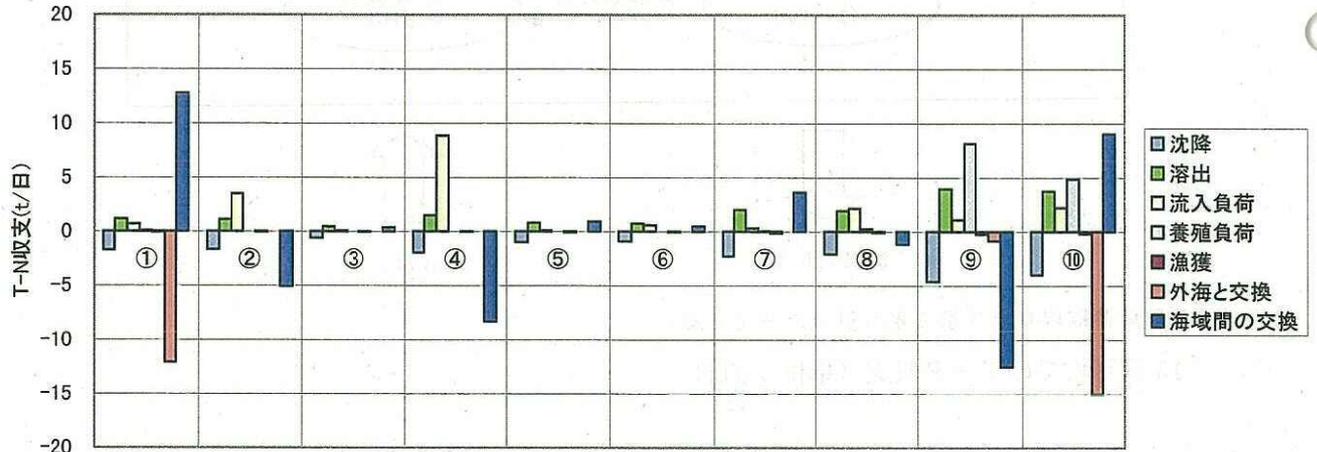
注) 養殖負荷は取り上げ量を差し引いた量である。

図 3.2-4(2) 八代海全体での現状の物質収支(T-N、T-P)

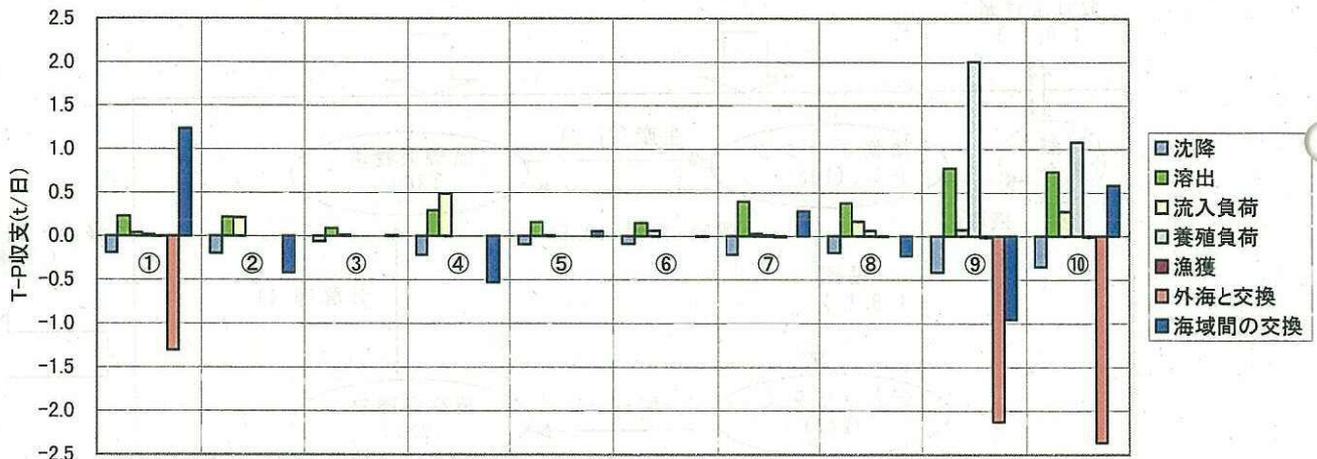
各ボックスの諸元										
	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
平均水深(m)	5.0	2.7	13.6	5.5	24.6	14.2	34.9	29.1	29.9	23.7
容積(km <sup>3</sup> )	0.336	0.170	0.350	0.472	1.138	0.635	4.034	3.213	6.862	5.070
河川流量(m <sup>3</sup> /s)	3.8	21.2	0.5	122.4	0.9	3.7	3.1	20.7	12.5	22.3



海域

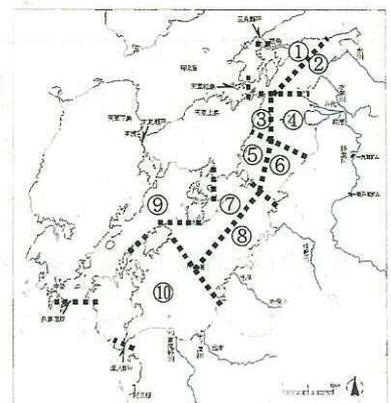


海域



海域

図3.2-5 ボックス毎の物質収支(1994~1996年の夏季平常時)



### ③感度解析（保全対策効果の基礎的検討）

八代海域保全対策効果の基礎的検討として、八代海において人為的に管理可能と考えられる事項について、本委員会で検討した水質ボックスモデルを用いてその変化量と夏季平常時の八代海の水質との関係について感度解析的に予測を行った。

保全対策により人為的に管理可能な事項としては、以下の項目が挙げられる。これらの項目のそれぞれについて、負荷が減少あるいは増加した場合に、各ボックスの水質がどの程度変化するかを予測、整理した。

- 流入負荷
- 溶出負荷
- 養殖負荷

#### 1) 検討ケース

感度解析は、第4回八代海域調査委員会で提示した夏季の平常時のケースを基本ケースとし、以下の表に示す計12ケースを実施した。

表 3.2-2 検討ケース

検討項目	検討ケース			
	ケース1	ケース2	ケース3	ケース4
流入負荷	基本ケース×1/2 (×0.5)	×1/√2 (×約0.7)	×√2 (×約1.4)	×2
溶出負荷	基本ケース×1/2 (×0.5)	×1/√2 (×約0.7)	×√2 (×約1.4)	×2
養殖負荷	基本ケース×1/2 (×0.5)	×1/√2 (×約0.7)	×√2 (×約1.4)	×2

#### 2) 計算条件

感度解析として検討計算を行う流入負荷、溶出負荷、養殖負荷以外の計算条件（流動場、境界水質、気象条件等）については、第4回八代海域調査委員会で提示した夏季平常時の条件を用いた。

各検討項目の具体的な設定値は以下のとおりである。

表 3.2-3 各ケースの設定負荷量（八代海全体）

検討項目		検討ケース				
		基本ケース (夏季平常時)	ケース1	ケース2	ケース3	ケース4
流入負荷 (t/日)	COD	67.6	33.8	47.8	95.6	135.2
	T-N	19.4	9.7	13.7	27.5	38.8
	T-P	1.3	0.67	0.95	1.9	2.7
溶出負荷 (mg/m <sup>2</sup> /日)	COD	-	-	-	-	-
	T-N	17.5	8.7	12.3	24.7	34.9
	T-P	3.4	1.7	2.4	4.9	6.9
養殖負荷 (t/日)	COD	82.9	41.4	58.6	117.2	165.8
	T-N	13.3	6.7	9.4	18.8	26.6
	T-P	3.2	1.6	2.2	4.5	6.3

表 3.2-4 各ボックスにおける河川流量および流入負荷量 (基本ケース:夏季平常時)  
(1994~1996年の6~8月)

ボックス 番号	河川流量 (m <sup>3</sup> /s)	流入負荷量 (kg/日)		
		COD	T-N	T-P
①	3.8	1,280	678	34
②	21.2	27,864	3,457	210
③	0.5	235	66	8
④	122.4	22,632	8,853	484
⑤	0.9	286	79	7
⑥	3.7	2,441	587	62
⑦	3.1	824	283	22
⑧	20.7	4,501	2,134	167
⑨	12.5	3,063	1,076	73
⑩	22.3	4,486	2,209	278
合計	211.1	67,612	19,422	1,345

表 3.2-5 各ボックスにおける養殖負荷量 (基本ケース:夏季平常時)

ボックス番号	1995年(H7)		
	養殖負荷量 (kg/日)		
	COD	T-N	T-P
①	350	54	14
②	0	0	0
③	0	0	0
④	0	0	0
⑤	0	0	0
⑥	7	1	0
⑦	257	39	10
⑧	1,480	222	60
⑨	51,660	8,141	2,003
⑩	29,145	4,855	1,077
計	82,899	13,312	3,164

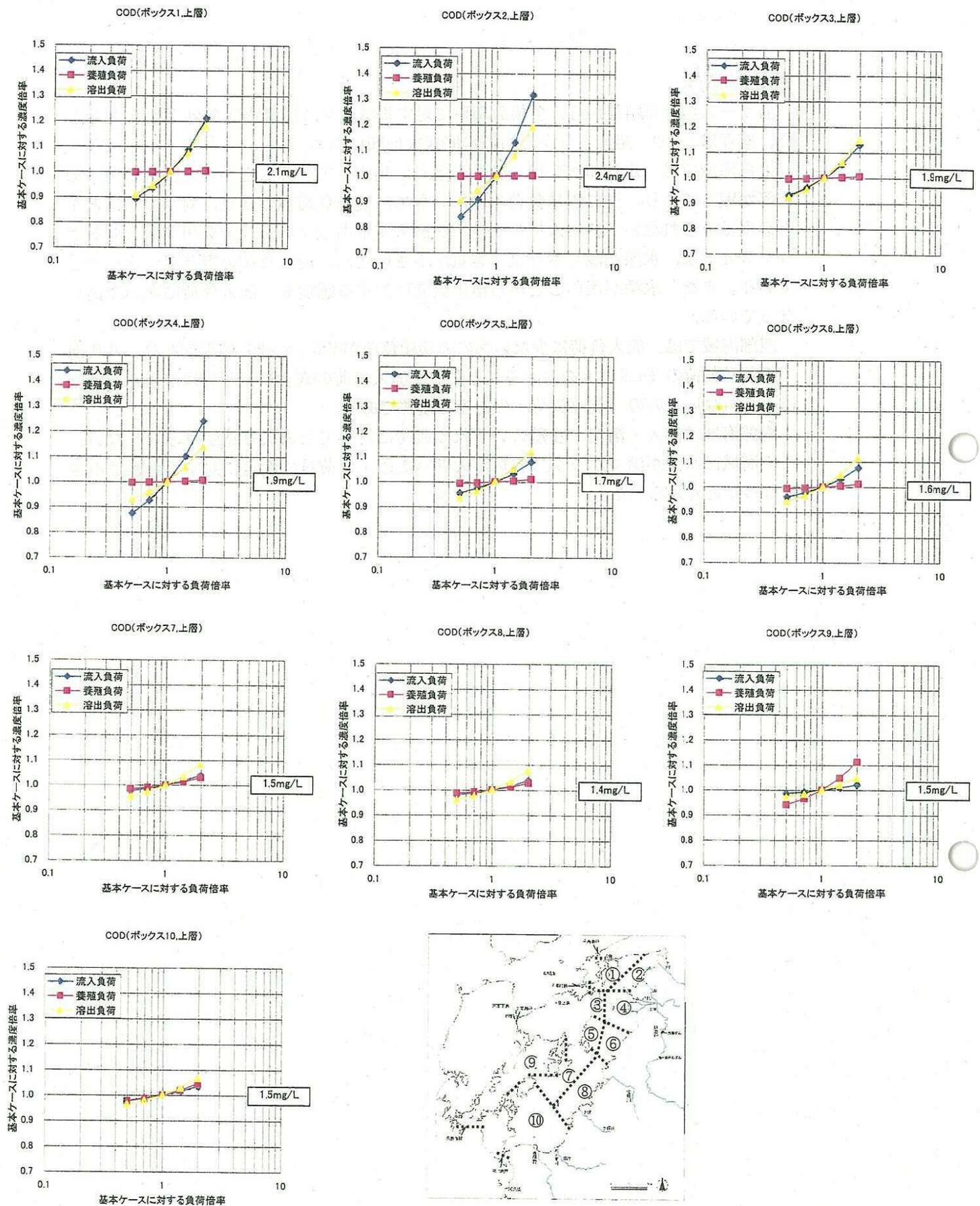
### 3) 感度解析結果

各ケースの計算結果から、各検討項目に対するボックス毎の感度を図 3.2-6 に示した。感度は、COD、窒素、リンとも概ね同様な傾向にある。

北部海域では、八代海への流入負荷の多くが集中していることから、流入負荷への応答が顕著であり、逆に養殖負荷は少ないため、養殖負荷量の変化に対してはほとんど感度はみられない。特に氷川や水無川が流入するボックス2や球磨川が流入するボックス4では、水深が浅くボックス容量が小さいため、流入負荷の寄与が大きくなっている。また、水深が浅いことから溶出負荷に対する感度も、流入負荷に次いで高くなっている。

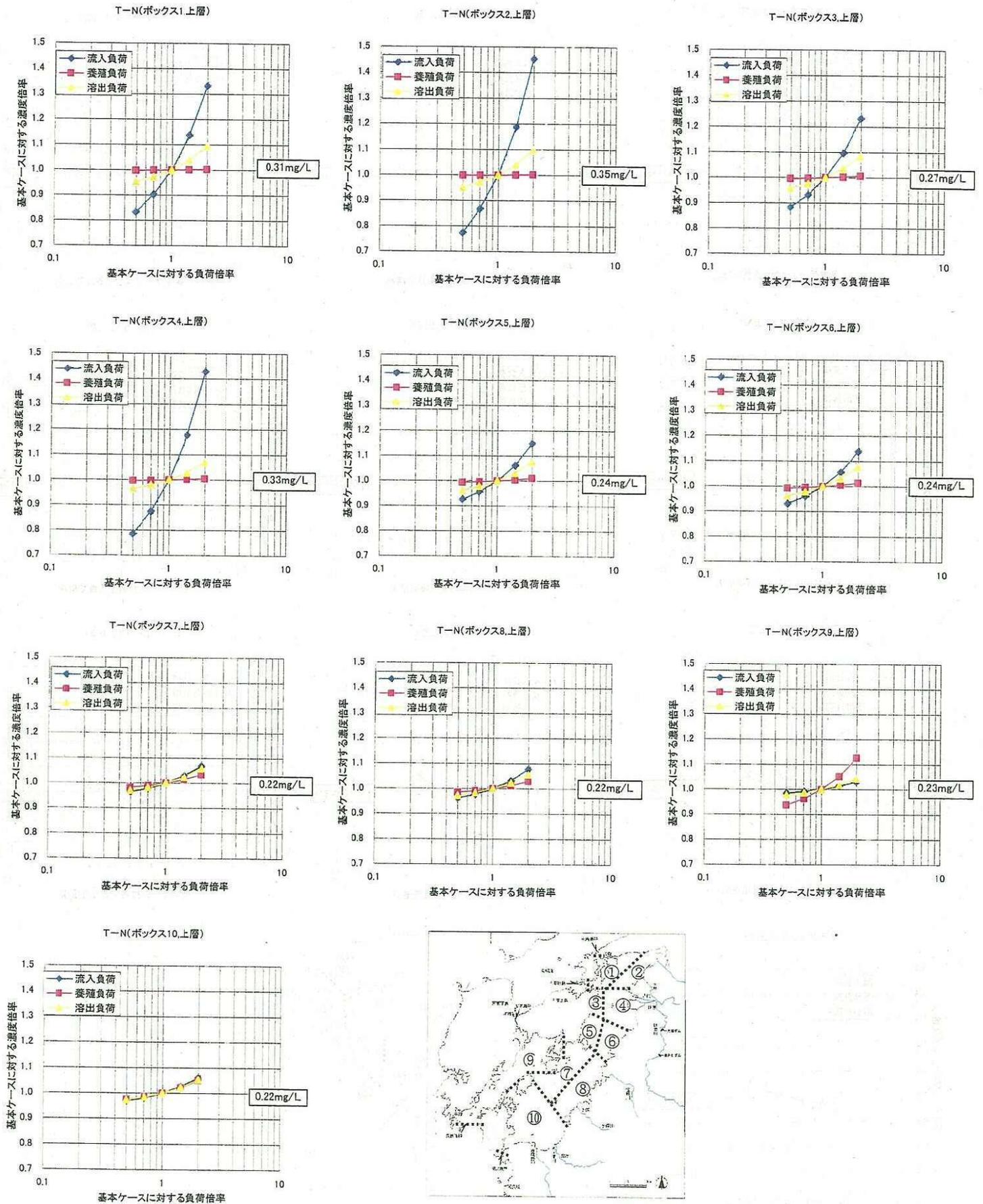
西部海域では、流入負荷は少ないものの養殖負荷がその8~30倍程度あり、八代海での養殖負荷の50%以上を占めることから、流入負荷の変化に対してはほとんど感度はみられないものの、養殖負荷への応答は顕著である。

南部海域は流入・溶出・養殖のいずれの負荷に対してもあまり感度はみられない。この海域は水深が深くボックス容量が大きいため、負荷量の変化に対する応答は小さくなったと考えられる。



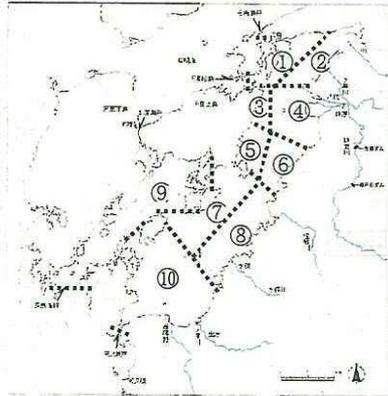
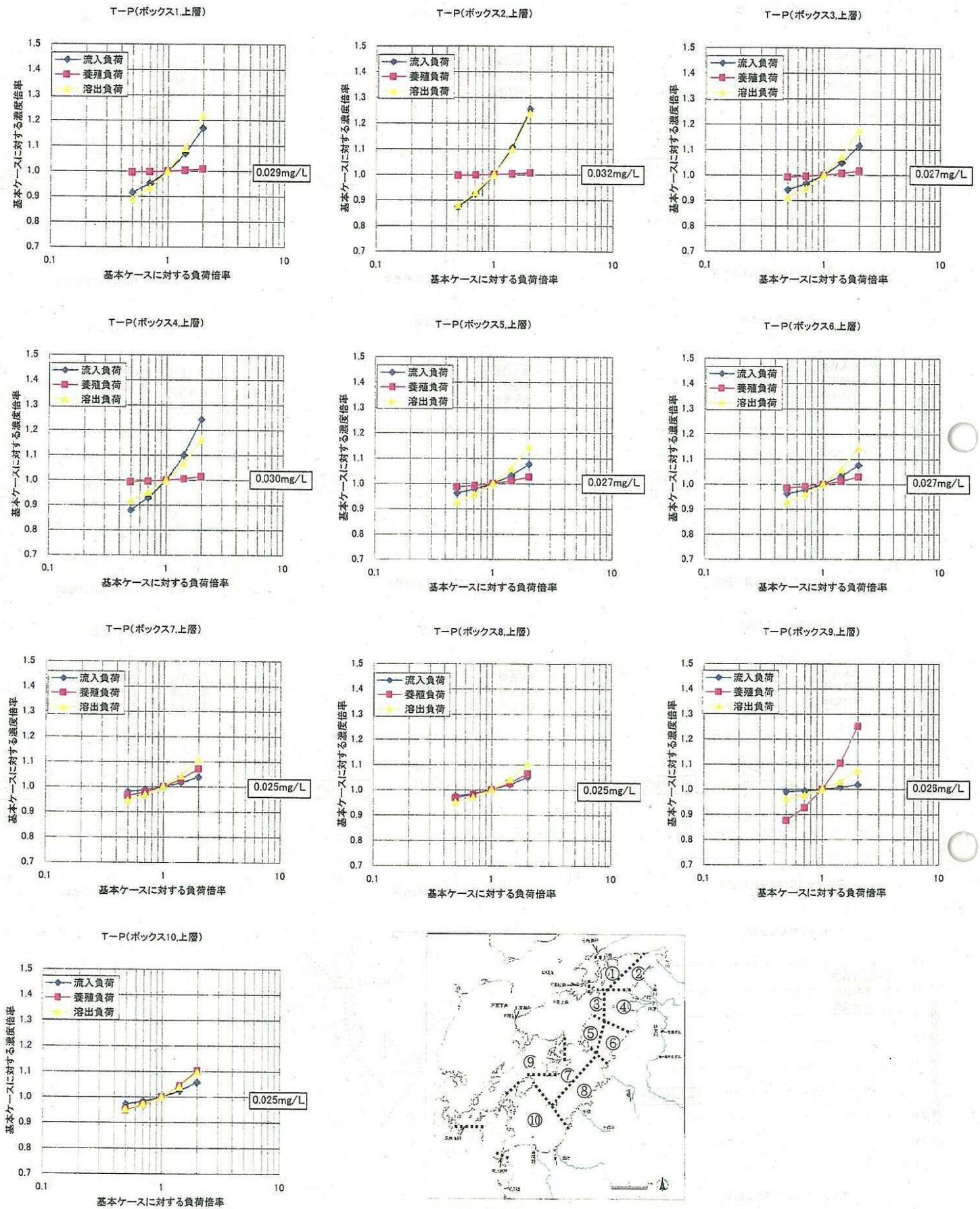
注)      中の数値は基本ケースの各ボックスの濃度である。

図 3.2-6(1) 感度解析結果 (COD)



注) 中の数値は基本ケースの各ボックスの濃度である。

図 3.2-6(2) 感度解析結果 (T-N)



注) 0.025mg/L 中の数値は基本ケースの各ボックスの濃度である。

図 3.2-6(3) 感度解析結果 (T-P)

(2) 水質保全対策の検討に係る基本方針

① 水質保全対策効果の表現方法

海域水質の保全対策手法の事例と、その機能の水質モデルでの表現方法は、以下のように整理される。

既に構築した水質ボックスモデルにおいては、これら水質保全対策の効果を概ね表現できるようになっており、今後、必要に応じて当モデルの構造を変更していく。

表 3.2-6 海域の水質保全対策とモデルでの表現方法

水質保全の対策手法事例		水質モデルでの表現方法	
対象	対策	入力項目	現行モデルでの状況
背後陸域負荷	発生源対策	流入負荷量の変更	済み
	河川内浄化能の強化	(同上)	(同上)
海面養殖負荷	環境負荷の少ない餌料への転換	養殖負荷量の変更	済み
	複合養殖	海藻による栄養塩の取込み	未：海藻の成長条件・速度、給餌の形態変化等に関する情報が必要。
海底汚泥	浚渫・覆砂	溶出速度(DO消費速度)の変更	済み ただし、現状の溶出速度(DO消費速度)の分布は全域一様なので、分布を与える必要がある。
滞留域	海域の流況変更(作濤等)	流況変化	済み(ただし、計算メッシュ(500m)以上の規模に限る)
海域内の汚濁水	海域内浄化能の強化(干潟・藻場、海浜造成等)	負の流入負荷	済み
		海藻・底生生物等による有機物の取込量	未：海藻・底生生物等の成長条件・速度等に関する情報が必要。
	エアレーション	DOの増加	未：送気量とDOの増加量・範囲との関係に関する情報が必要。

② 海域間の物質移動量の詳細把握（メッシュ化）

既に構築した水質ボックスモデルでは、海水の流動条件を得るため、500m のメッシュ計算を行っている。

よって、海域間の物質移動量の詳細把握には、この成果を活用するものとし、コンピューターによる計算だけでなく、その精度を確認するため、現在情報の不足している現地データの取得、潮流・水質の変化過程を現わす諸係数に関する知見の充実についても併せて検討する。

なお、計算領域を詳細に分割（メッシュ化）することは、各種保全対策による効果の波及状況を等濃度線（コンター）で表示することが可能になり、海域ごとの有効な水質保全対策を検討する上で有益な情報を与えるものと考えられる。

鉛直方向の層分割については、平成 13 年 6 月に実施した現地調査結果から海域の水利構造を概ね表現できるものとして、海面下 0～3m、3～10m、10m～海底の 3 層としたが、今後のモデル更新では海域の保全対策等を検討するため、鉛直方向の表現も多層化してさらに詳細に表現することとする。層分割にあたっては、第 1 層の層厚はボックスモデルと同じ 3m とし、養殖場周辺の水深も考慮して同じ層厚で 11 層程度に分割する。

検討区分		現状	更新（案）
海域の実測値	潮流	潮位：八代港の 1 点 流向・流速：平成 13 年度の本調査における観測値	特になし
	水質	公共用水域水質測定： 熊本県；30 点 1 層、年 4～12 回 鹿児島県；8 点 1 層、年 6 回 浅海定線調査：23 点 1～6 層、年 12 回 *測点数、層、測定回数は H12 年度実績	観測の充実 （自治体を実施している既存調査ならびに H13 年度現地調査点は図 3.2-7 参照）
潮流・水質の変化過程に関する情報（諸係数等）		研究論文等の既存知見に基づく	既存情報の範囲内で実測水質等の再現を図る
モデルの構造		水平 10 ボックス分割 （但し、演算は水平 500m 区分）	水平 500m メッシュ分割
		鉛直 3 層（0-3、3-10、10m 以深）	鉛直 11 層程度

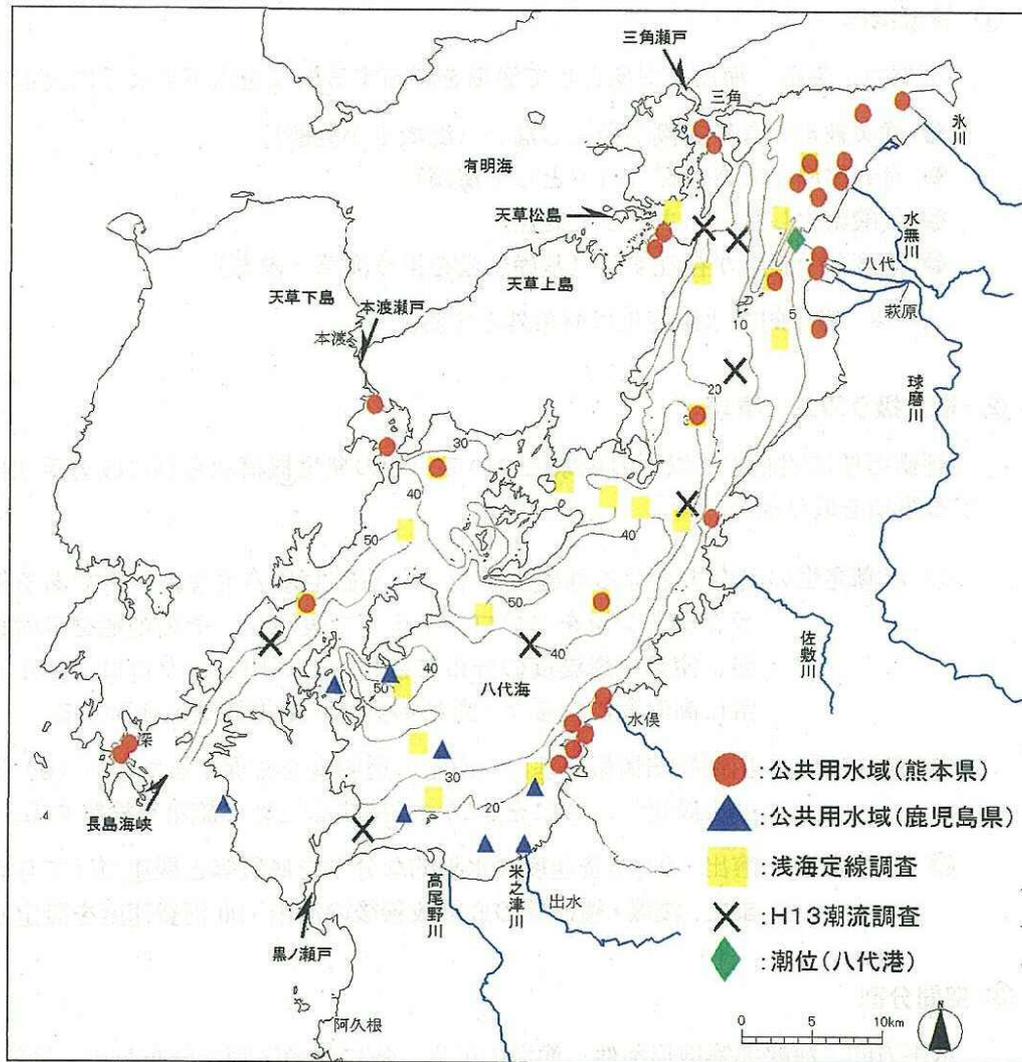


図 3.2-7 八代海の潮流・水質等調査測点位置

### 3.3 水質シミュレーションの今後の検討方針（案）

#### (1) モデルの具備すべき条件

##### 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・リン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・リン抑制策を検討する。
- ◎ 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・D<sub>0</sub>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・D<sub>0</sub>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。

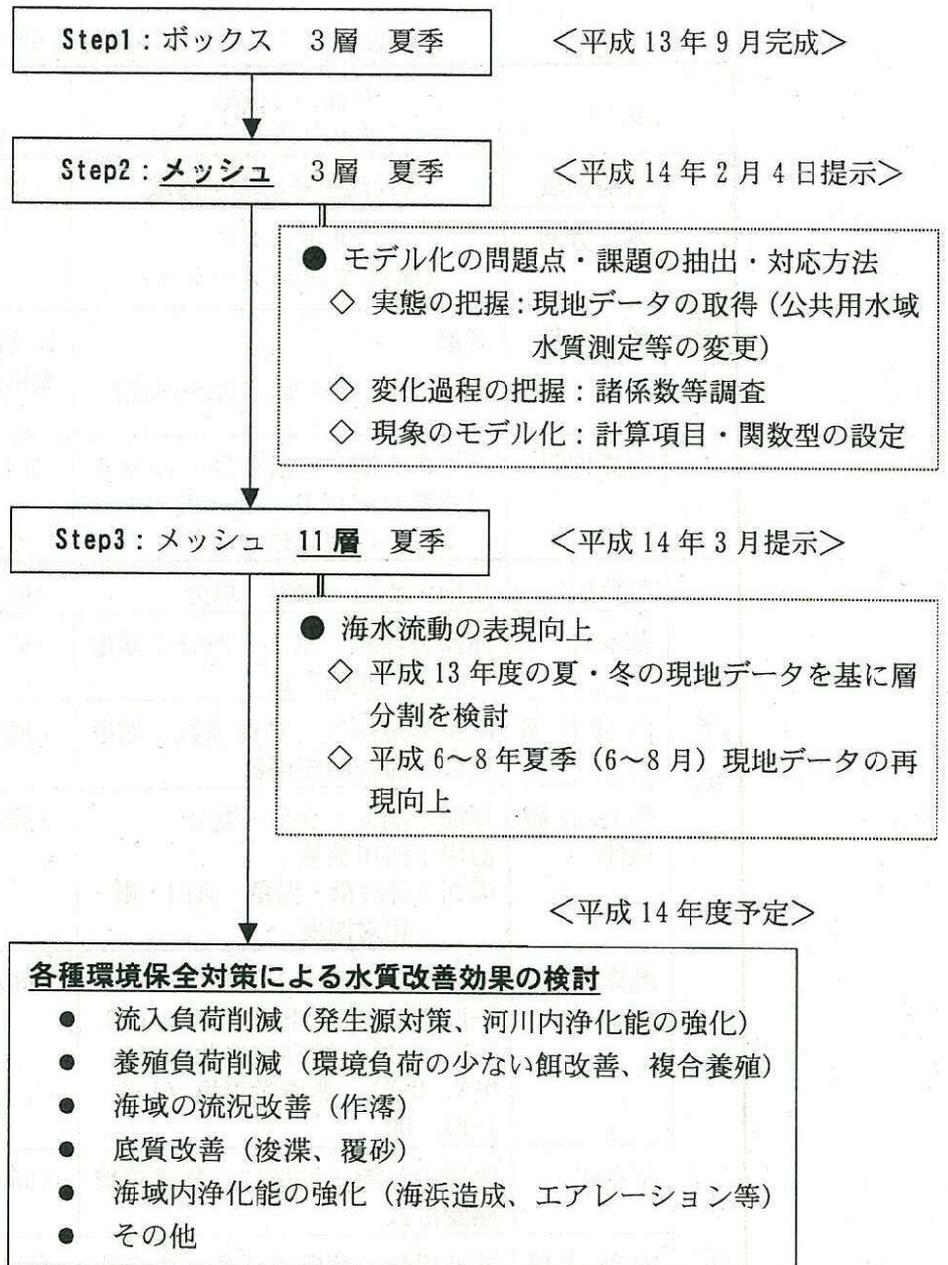
##### ⑤ その他

上記①～④の条件で現場水質の変化を表現できない場合には、想定される原因、解明方法、モデル向上策を検討することとする。

有明海との整合性については、必要に応じて適宜、調整する。

## (2) モデルの構築手順

モデルの構築は以下の手順で進める。



(3) 多層メッシュモデルの内容

ボックスモデル (Step1) から多層メッシュモデル (Step3) への変更は以下のよう  
 に行う。

表 3.3-1 モデルの変更 (案)

区分		Step1 (実績) ＜ボックスモデル＞	Step3 (案) ＜多層メッシュモデル＞
基本	計算領域	八代海とその周辺海域	(同左)
	水平分割	10 ボックス (演算は 500m メッシュ)	500m メッシュ (図 3.3-1)
	鉛直分割	3 層 (0~3m、3~10m、10m~海底)	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)
	計算期間	夏季の大潮・小潮を含む 15 昼夜 (水質は平成 6~8 年度の 6~ 8 月を再現目標とした)	(同左)
海 水 流 動	計算項目	流向・流速、水温、塩分	(同左)
	基本式	運動方程式、水温・塩分の拡散 方程式、連続の式	(同左)
	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	(同左)
	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	(同左)
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	(同左)
	基本式	物質の移流・拡散式、物質の形 態変化式	(同左)
	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・磷半飽 和定数、COD/Chl. a 比等)、分解 速度定数 (温度定数)、沈降速度	(同左)
	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 その他：漁獲による取上量	溶出負荷と DO 消費速度はメッシ ュ毎に分布を与える。

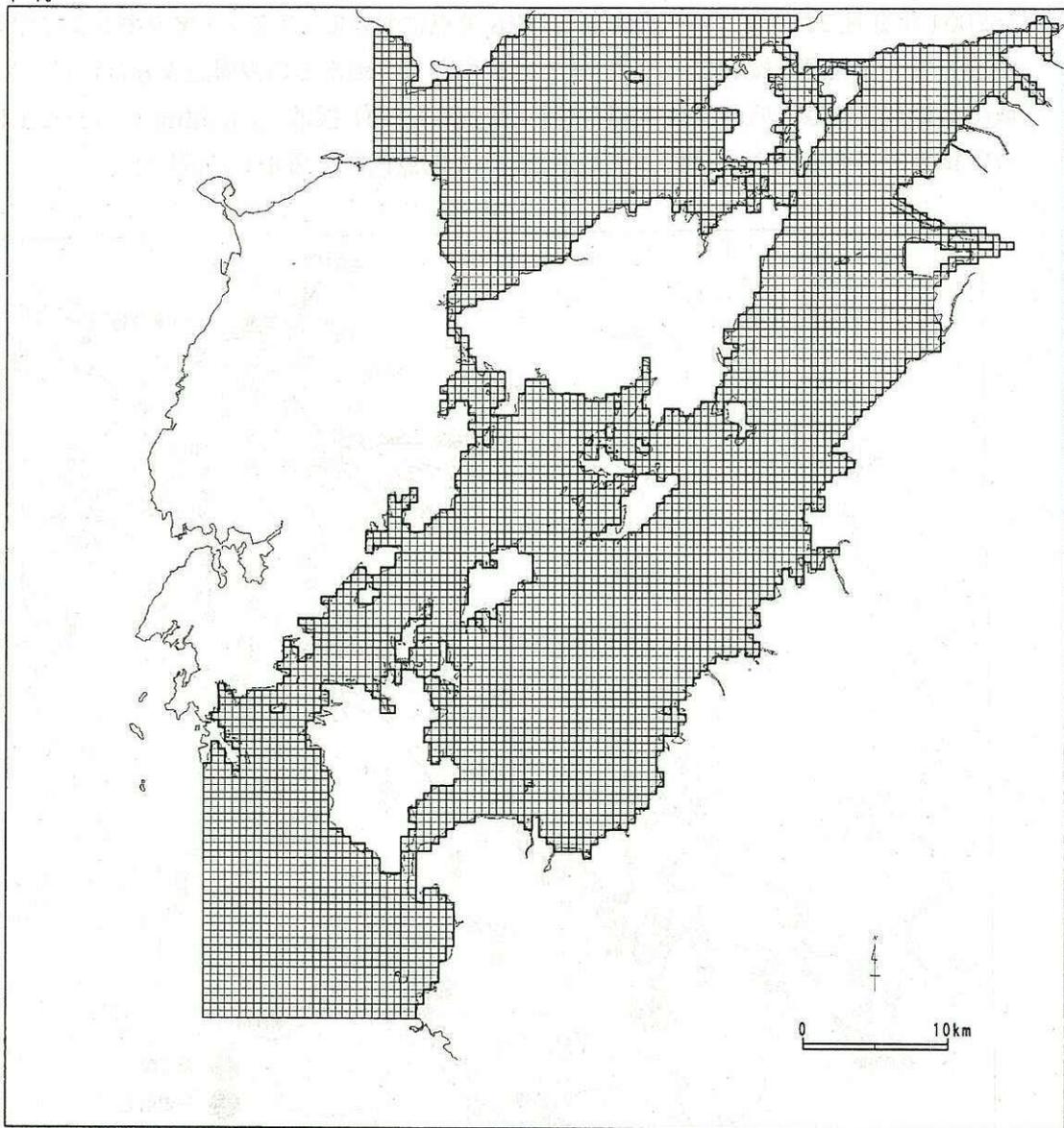


図 3.3-1 メッシュ分割

#### 4. 底質・底生生物調査結果

2001年9月26～28日に八代海全域の48地点において、スミス・マッキンタイヤ型採泥器を用いて底泥を採取し、底質調査では表面から2cmまでの表層泥を分析試料とした。底生生物調査では1地点当たり3回（採泥面積0.15m<sup>2</sup>）採取し、0.5mmメッシュ上に残った試料について同定・計数を行なった。調査地点位置を図4-1に示した。

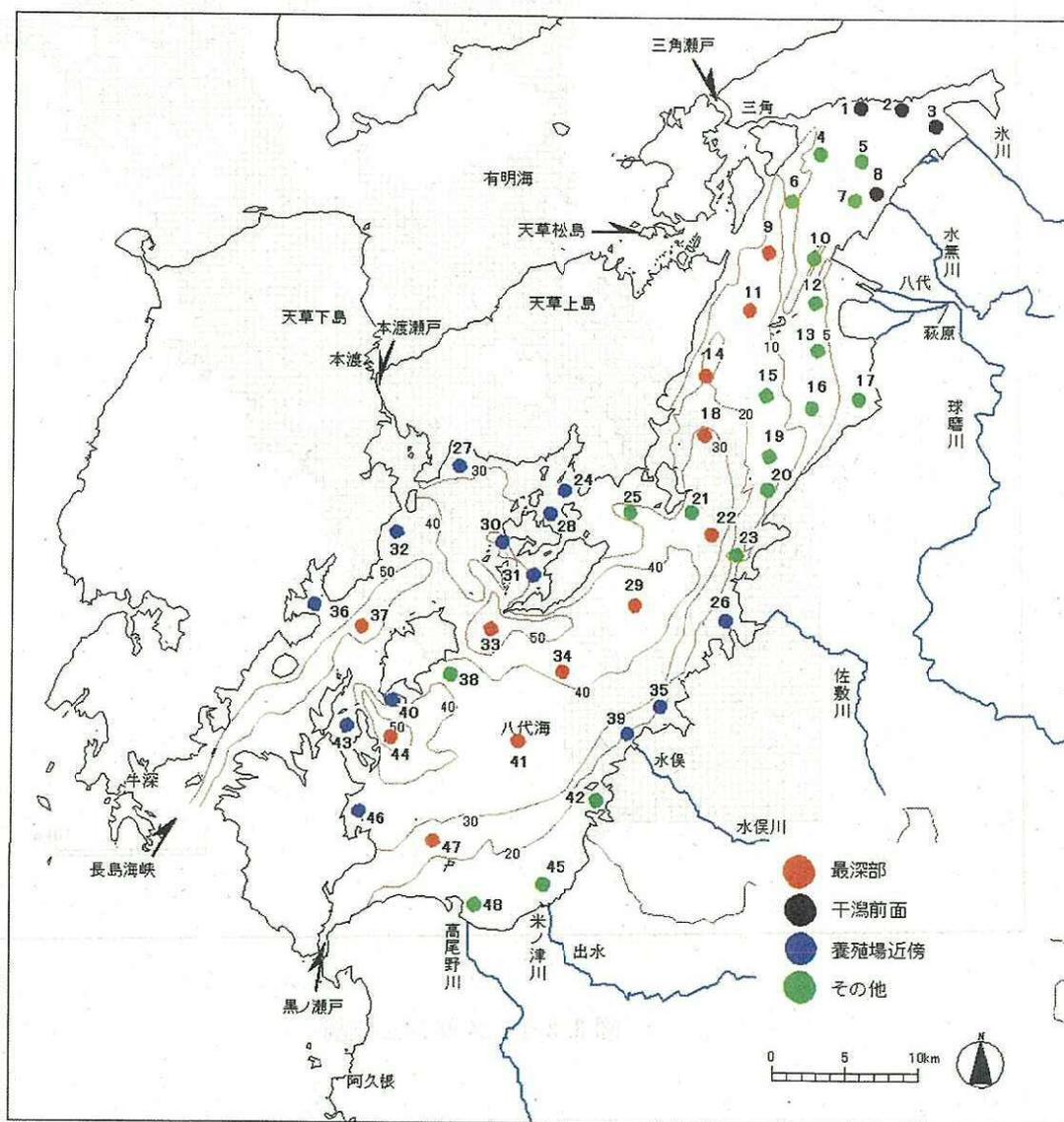


図 4-1 底質・底生生物調査地点

#### 4.1 底質

##### (1) 結果の概要

底質の調査結果概要を表 4.1-1 に示した。

硫化物は水産用水基準で基準値が定められており、基準値 0.20mg/g 乾泥を超えた地点は、全 48 地点のうち約 38% の 18 地点であった。

一方、底層の DO は地点間で大きな差はなく、DO 飽和度は 79~101% の範囲にあり、飽和状態に近い値であった。水産用水基準では、水質の DO について、内湾漁場の夏季底層において最低限維持しなくてはならない濃度は 4.3mg/L とされている。今回調査した底層の DO 濃度は全地点で基準値に適合していた。

表 4.1-1 底質の調査結果概要

調査期日：2001年9月26~28日

調査海域：八代海（八幡瀬戸を含む）全域48地点

調査方法：スミス・マッキンタイヤ型採泥器（表層0~2cm）

項目	単位	最小値	最大値	平均値	標準偏差 n=48	水産用水基準※2)		
						基準	不適合率	
水深	m	2.8	56.1	23.4	15.1	—	—	
粒度組成	泥分(シルト+粘土)	%	4.3	99.7	63.9	30.7	—	—
	中央粒径 (d)	mm	0.008	2.010	0.175	0.390	—	—
	φ <sub>50</sub>	—	-1.0	6.9	4.5	2.1	—	—
底質 分析 値	単位体積重量	g/cm <sup>3</sup>	1.252	1.854	1.479	0.157	—	—
	含水率	%	25.4	67.1	50.6	11.9	—	—
	硫化物	mg/g乾泥	<0.01	0.42	0.18	0.11	0.2以下	37.5% (18/48地点)
	全有機炭素(TOC)	mg/g乾泥	0.51	18	9.6	4.2	—	—
	全窒素 (T-N)	mg/g乾泥	0.14	3.1	1.5	0.6	—	—
	全燐 (T-P)	mg/g乾泥	0.24	4.50	0.69	0.60	—	—
※1) 現場 換 算 値	硫化物	mg/cm <sup>3</sup>	<0.01	0.23	0.11	0.06	—	—
	全有機炭素(TOC)	mg/cm <sup>3</sup>	0.71	11	6.2	2.0	—	—
	全窒素 (T-N)	mg/cm <sup>3</sup>	0.19	1.6	1.0	0.3	—	—
	全燐 (T-P)	mg/cm <sup>3</sup>	0.21	2.9	0.50	0.44	—	—
底層 DO	DO濃度	mg/L	5.3	6.8	6.1	0.3	4.3以上	0% (0/48地点)
	DO飽和度	%	79	101	91	5	—	—

注) ※1.  $C [mg/cm^3] = C [mg/g乾泥] \times (1 - 含水率 [%] / 100) \times 単位体積重量 [g/cm^3]$

※2. 日本水産資源保護協会(2000):水産用水基準2000年版

## (2) 底質の分布特性

八代海の水深と底層DO、底質の泥分率、中央粒径 $\phi_{50}$ 、硫化物、TOC、T-N、T-Pの水平分布を図4.1-2に示した。

八代海の水深は、北部海域の大部分が5~20mで、中央部で20~30mとなる。南部海域は御所浦島の南部地先が水深50mでここを中心に水深20m以上の海域が広がる。西部海域（八幡瀬戸）は南北方向に水深約50mの狭い谷が走り、これに向かって両岸地先は急傾斜を呈する。

泥分率、現場換算した硫化物、TOC、T-N（以下、現場換算値で検討する）は北部海域の奥部と全域及び南部海域の大部分で比較的高く、西部海域の八幡瀬戸と島嶼水道域及び南部海域の南部で低い傾向がみられた。T-Pは、前述の項目と対照的に西部海域の八幡瀬戸と島嶼水道域で高い傾向がみられた。なお、津奈木地先 St.26 で高い値を示した。

水深及び底質分析項目間の相関マトリックスを表4.1-2に示した。

水深は泥分、中央粒径及び硫化物等と負の相関があり（危険率1%、以下同様）、水深の深い八幡瀬戸、島嶼水道海域の底質は粗く、有機物含有量が低いことと対応していた。底質分析項目間ではT-Pと底層DO及びT-Nの一部項目間を除き、いずれも有意な相関が認められた。T-NはTOCや硫化物の含有量項目とは相関がみられたが、粒度組成等の物理的性状とは有意な相関はみられなかった。T-Pは前述のとおり、分布が他の項目とはやや異なっており、底層DOは調査海域全体で値が高く、顕著な分布傾向がなかったために、他の項目との相関が低かった。

表 4.1-2 底質分析項目間の相関マトリックス

	水深	硫化物	TOC	T-N	T-P	泥分	$\phi_{50}$	DO
硫化物	-0.421	1.000						
全有機炭素(TOC)	-0.367	0.508	1.000					
全窒素(T-N)	-0.130	0.402	0.732	1.000				
全磷(T-P)	0.041	-0.104	0.066	0.263	1.000			
泥分	-0.497	0.532	0.517	0.327	-0.333	1.000		
中央粒径 $\phi_{50}$	-0.467	0.557	0.486	0.307	-0.300	0.969	1.000	
底層溶存酸素量(DO)	0.207	-0.362	-0.012	-0.019	0.035	-0.138	-0.158	1.000

注) 硫化物・TOC・T-N・T-Pは湿泥当たりの換算値。48地点。

凡例： = 0.5%の危険率で有意

= 1%の危険率で有意

これらの関係のうち、泥分と含有量項目及び各項目間の関係について、調査地点を地域属性（干潟前面域、最深部域、養殖場近傍域及びその他の海域）に分けて図4.1-3に示した。

泥分と硫化物、全有機炭素（TOC）、全窒素（T-N）との関係では、いずれの地域属性区分においても、泥分が増加するほどこれらの項目値が高くなる傾向がみられた。一方、泥分と全リン（T-P）との関係では、むしろわずかに逆の傾向がみられた。これはT-Pの分布が泥分の低い八幡瀬戸及び水道域でわずかに高い傾向がみられたことを示している。

調査地点の地域属性区分別にみると、前述のように各区分とも同様の傾向であったが、各調査地点間の関係（近似直線・曲線）についてみると、有機物含有量自体を示す項目のうちT-N、TOCの場合は、養殖場近傍海域が他の属性区分海域に比べ、いずれの泥分率でもほぼ一定してわずかに高い傾向がみられた。一方、硫化物のように他の条件（有機物量、微生物の活性率、底層DO等）に左右される生成物量については、泥分が低い場合は養殖場近傍海域が属性区分海域中でわずかに高い傾向がみられたが、泥分率が高い場合はその他の地点で上回る傾向がみられた。TOCと硫化物、T-Nの場合はいずれの区分海域においてもTOCの増加に伴い硫化物、T-Nは増加したが、硫化物の場合はTOCの増加に伴うばらつきが大きかった。T-NとT-P間ではT-Nの増減に伴うT-Pの顕著な増減はみられなかった。

### (3) 窒素、リン及び有機炭素堆積量の推定

本調査で得られた底質の分析結果をもとに、T-N、T-P及びTOCの堆積量を試算した。堆積量の計算にあたっては、海域を500mメッシュに区分し、線形補間した各格子の濃度から表層2cmまでの堆積量を求めた。八代海の堆積量の試算結果を表4.1-3に示した。

八代海における2001年9月時におけるT-N、T-P及びTOC堆積量は、それぞれ21,086トン、11,250トン及び128,125トンと試算された。これは、八代海への流入負荷、養殖負荷合計に対して、窒素で1.8年分、リンで6.8年分に相当する。

表 4.1-3 T-N、T-P 及び TOC 堆積量の試算値

調査期日：2001年9月26～28日  
 調査海域：八代海（八幡瀬戸を含む）全域48地点  
 調査方法：スミス・マッキンタイヤ型採泥器（表層0～2cm）

項目	単位	T-N	T-P	TOC
推定堆積量	t	21,086	11,250	128,125
データ数（格子数）	枠（500m四方）	4,183		
試算対象面積	km <sup>2</sup>	1,045.75		
採泥層厚	cm	2		

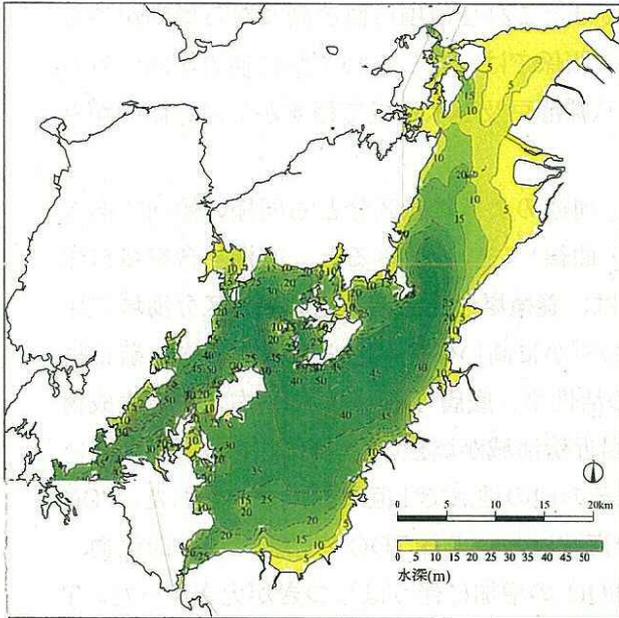


図 4.1-2(1) 水 深

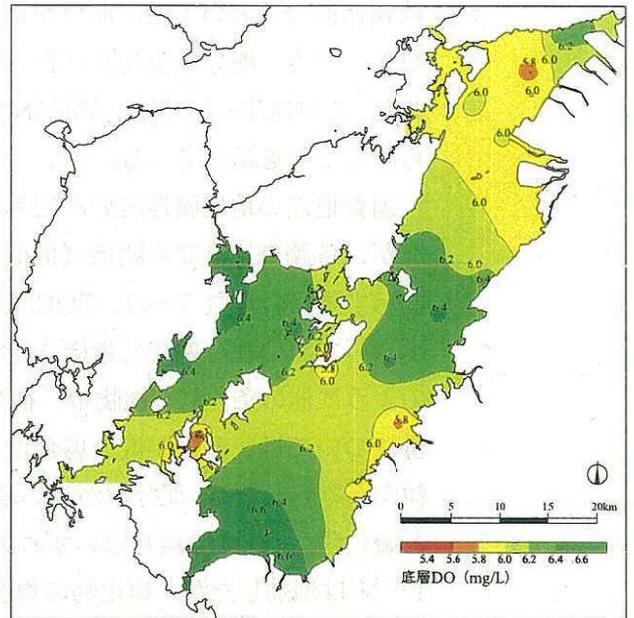


図 4.1-2(2) 底層DOの水平分布

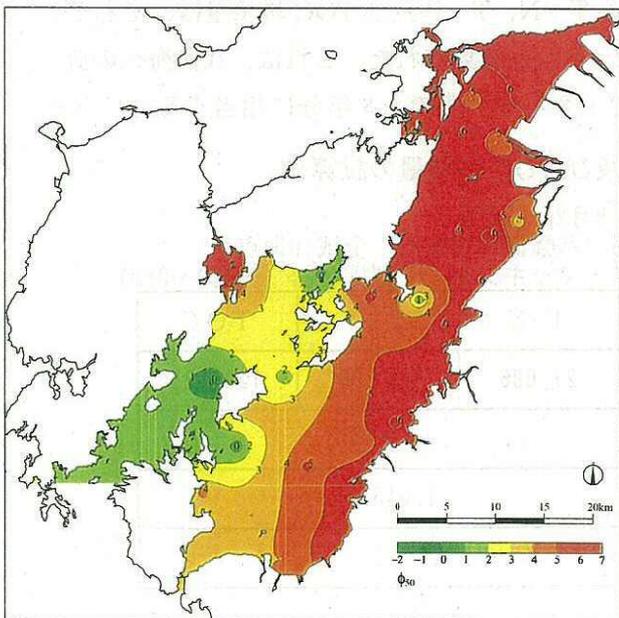


図 4.1-2(3) 底質の水平分布 (中央粒径Φ<sub>50</sub>)

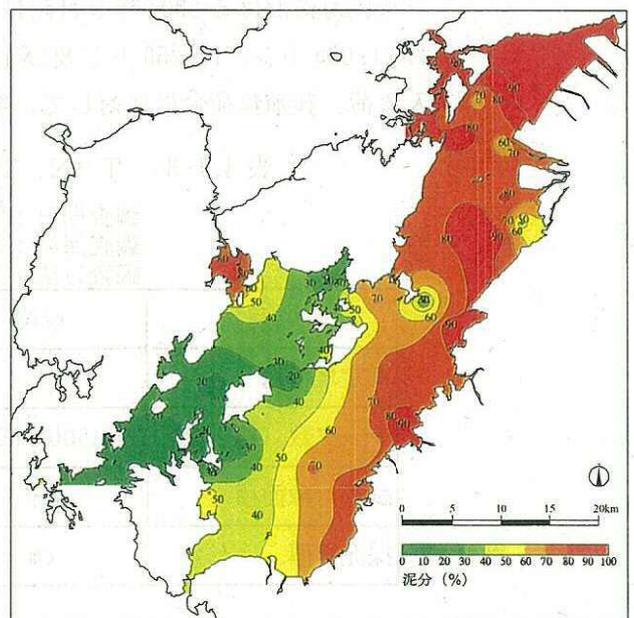


図 4.1-2(4) 底質の水平分布 (泥分)

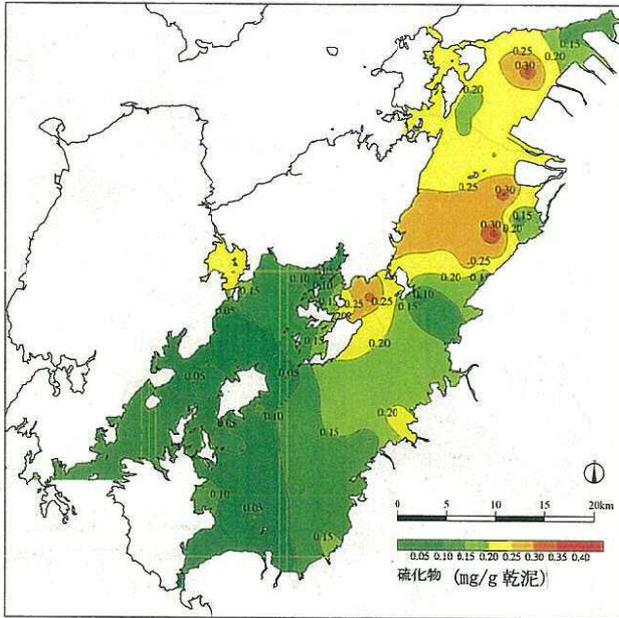


図 4.1-2 (5) 底質の水平分布 (硫化物 : mg/g 乾泥)

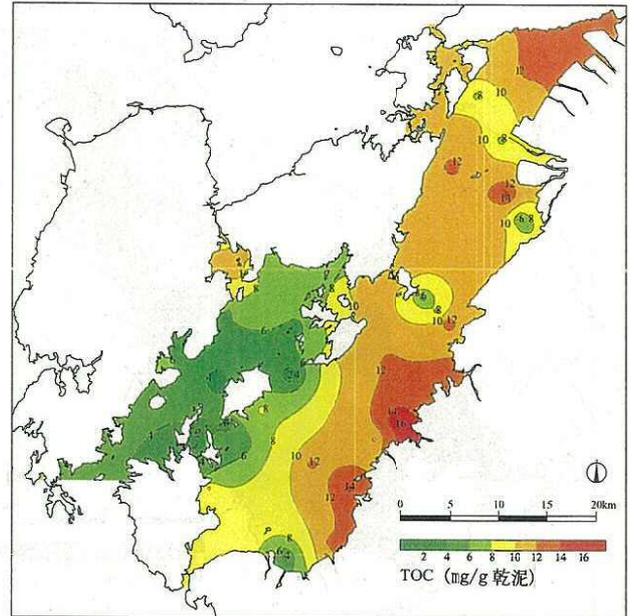


図 4.1-2 (6) 底質の水平分布 (TOC : mg/g 乾泥)

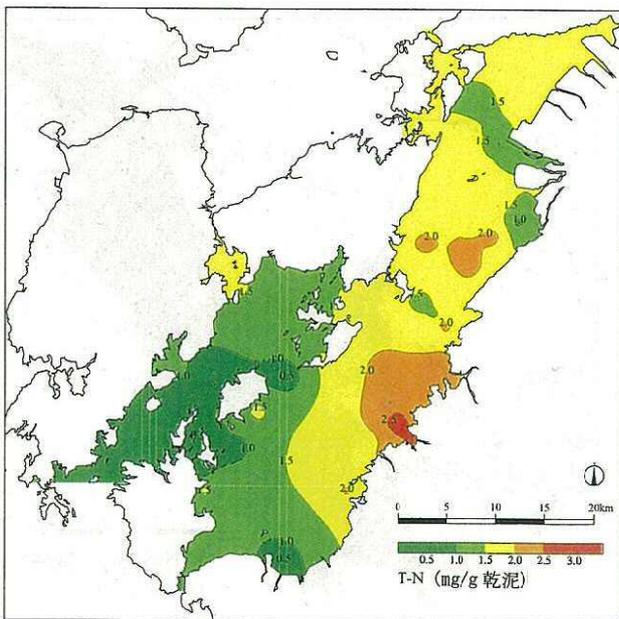


図 4.1-2 (7) 底質の水平分布 (T-N : mg/g 乾泥)

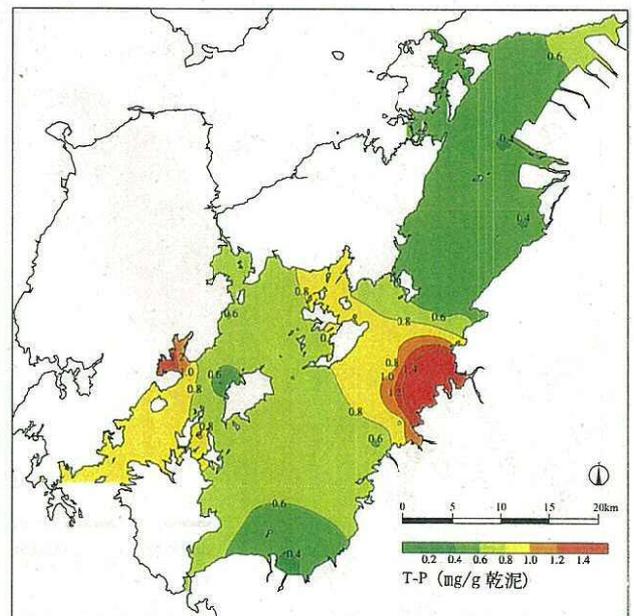


図 4.1-2 (8) 底質の水平分布 (T-P : mg/g 乾泥)

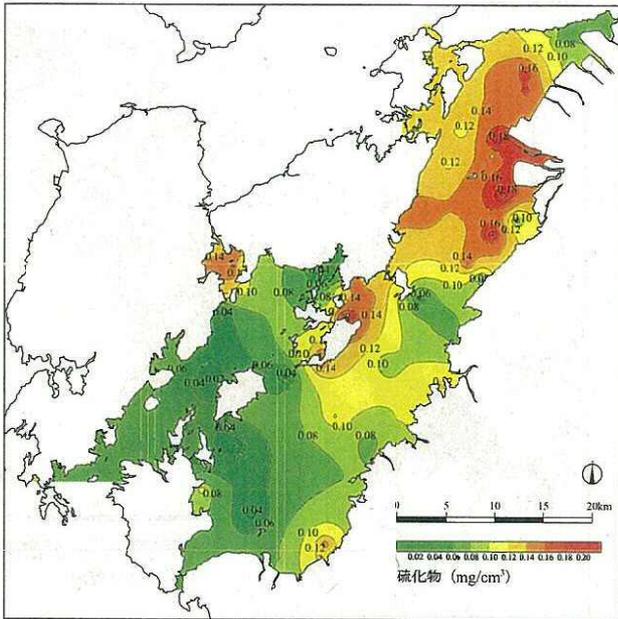


図 4.1-2(9) 底質の水平分布 (硫化物 :  $\text{mg}/\text{cm}^3$ )

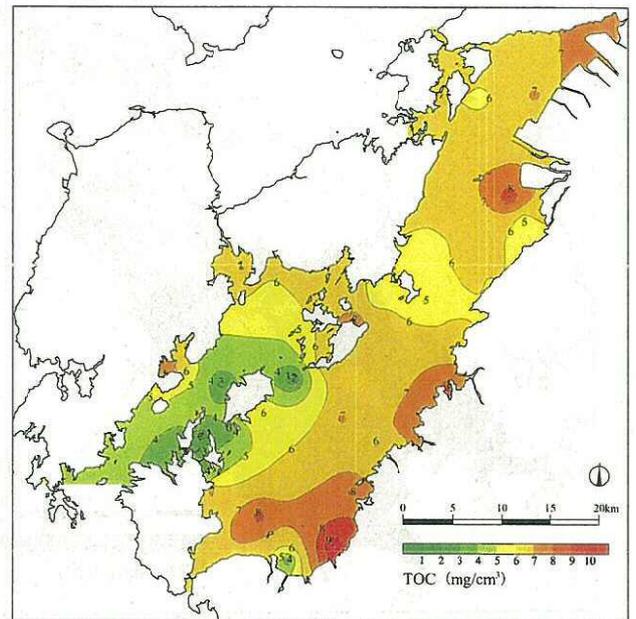


図 4.1-2(10) 底質の水平分布 (TOC :  $\text{mg}/\text{cm}^3$ )

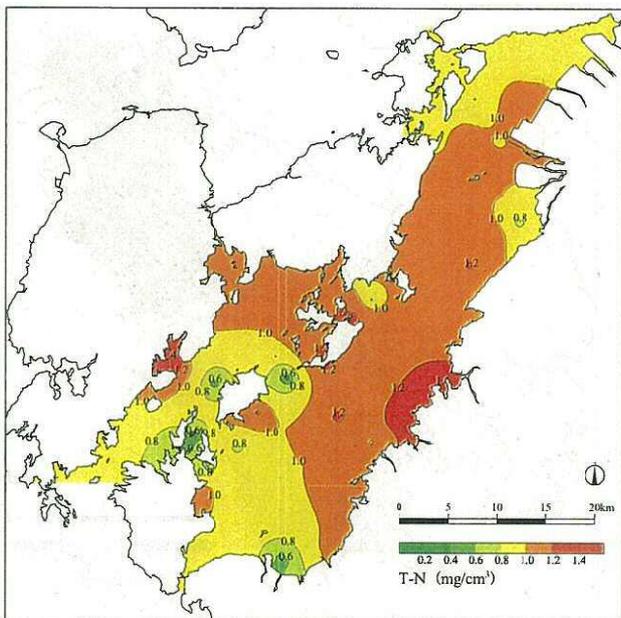


図 4.1-2(11) 底質の水平分布 (T-N :  $\text{mg}/\text{cm}^3$ )

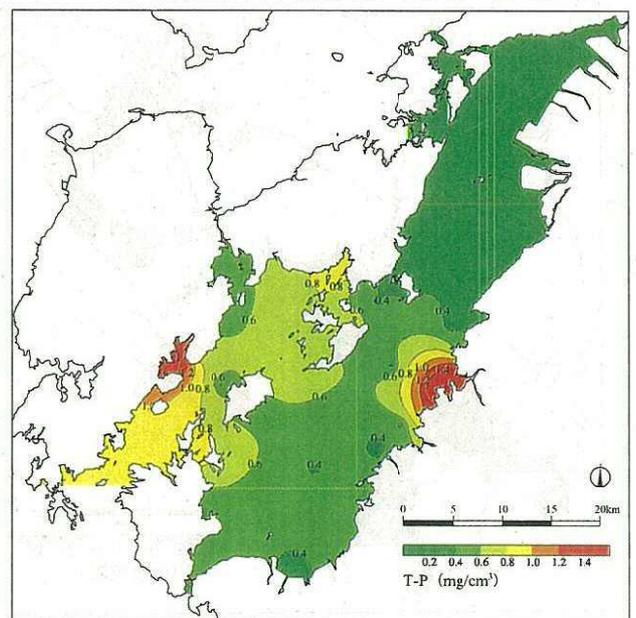
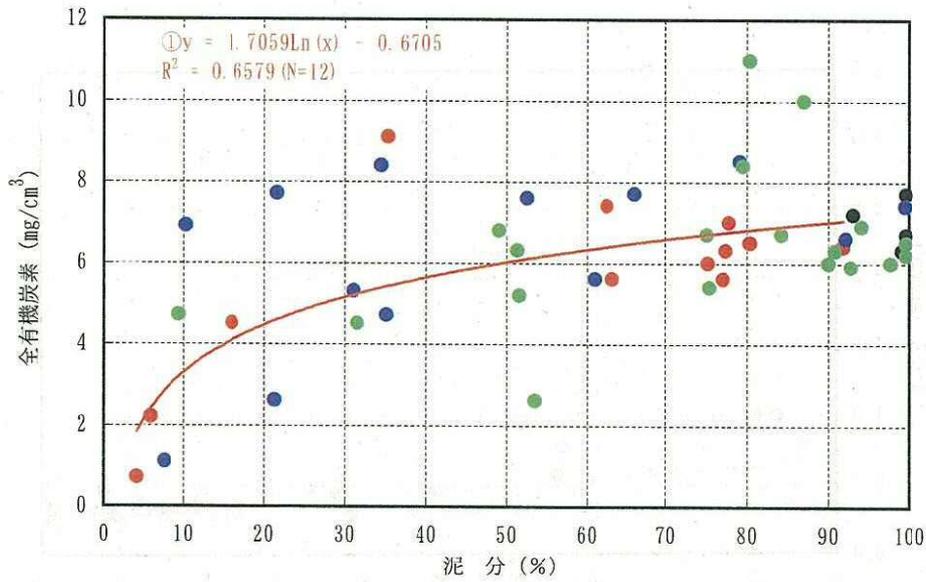
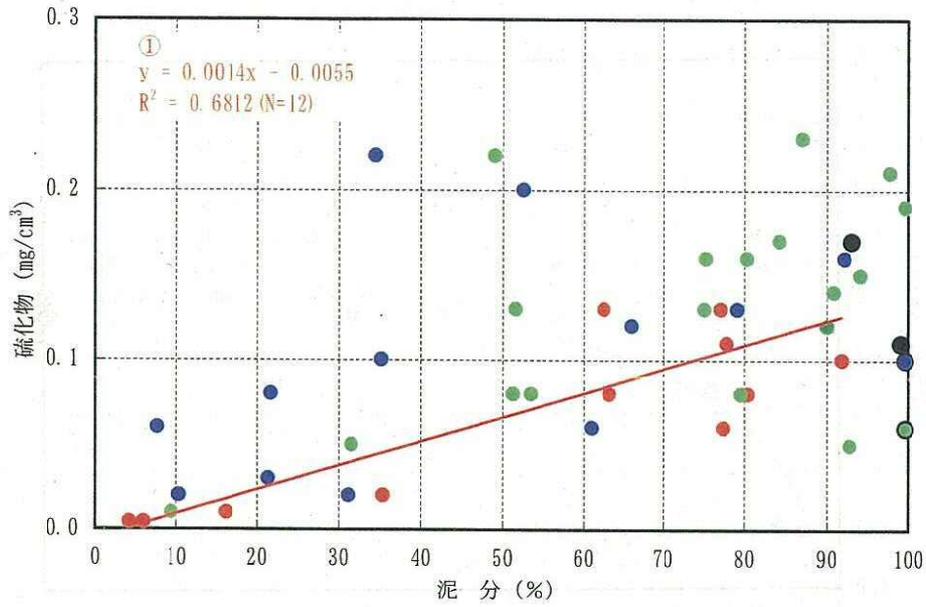
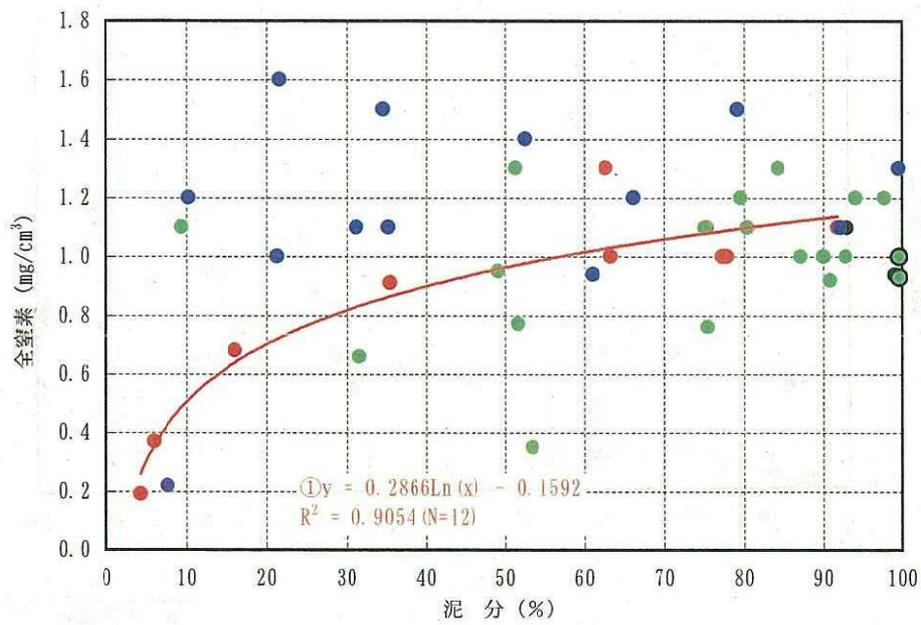


図 4.1-2(12) 底質の水平分布 (T-P :  $\text{mg}/\text{cm}^3$ )

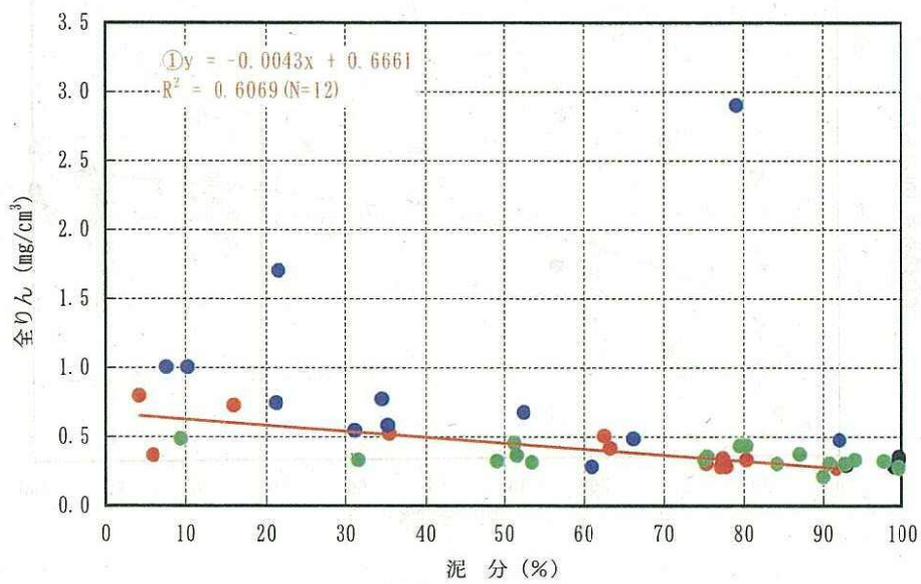


調査期日: 2001年9月26~28日  
 調査海域: 八代海(八幡瀬戸を含む)  
 調査方法: スミス・マッキンタイヤ型採泥器(表層0~2cm)

図4.1-3(1) 底質の分析各項目間の関係



- 干潟前面
- 最深部
- 養殖場近傍
- その他
- : 最深部



調査期日: 2001年9月26~28日  
 調査海域: 八代海(八幡瀬戸を含む)  
 調査方法: スミス・マッキンタイヤ型採泥器(表層0~2cm)

図4. 1-3 (2) 底質の分析各項目間の関係

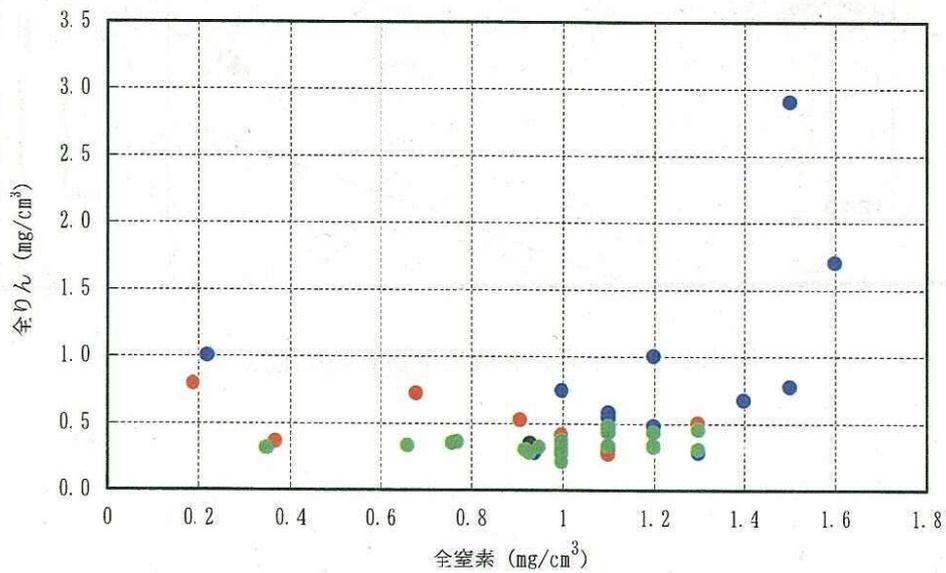
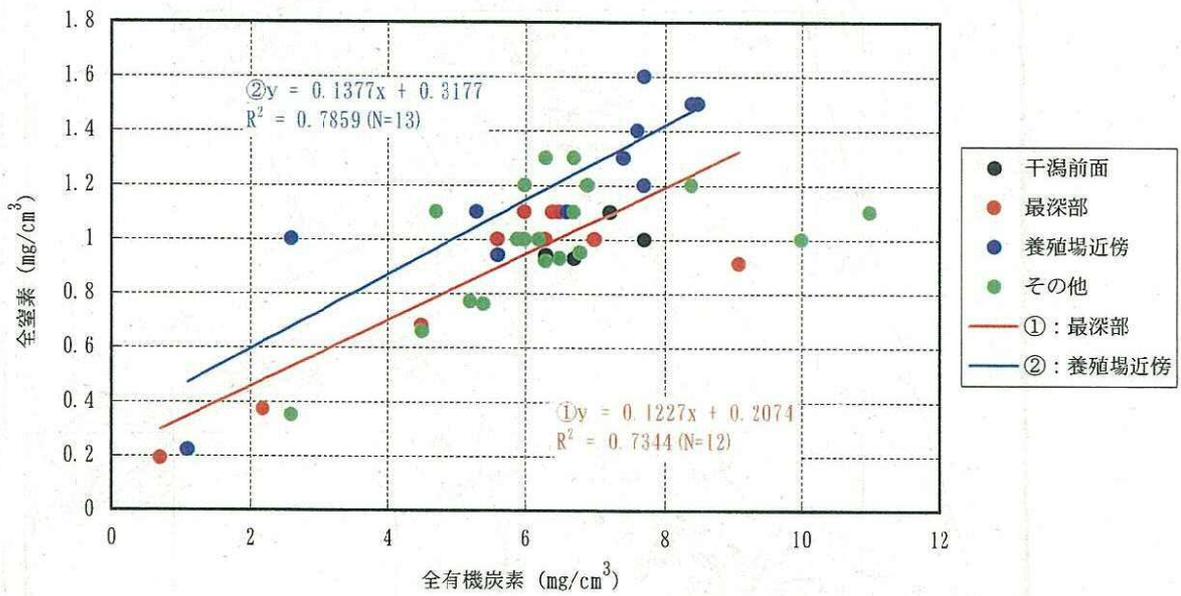
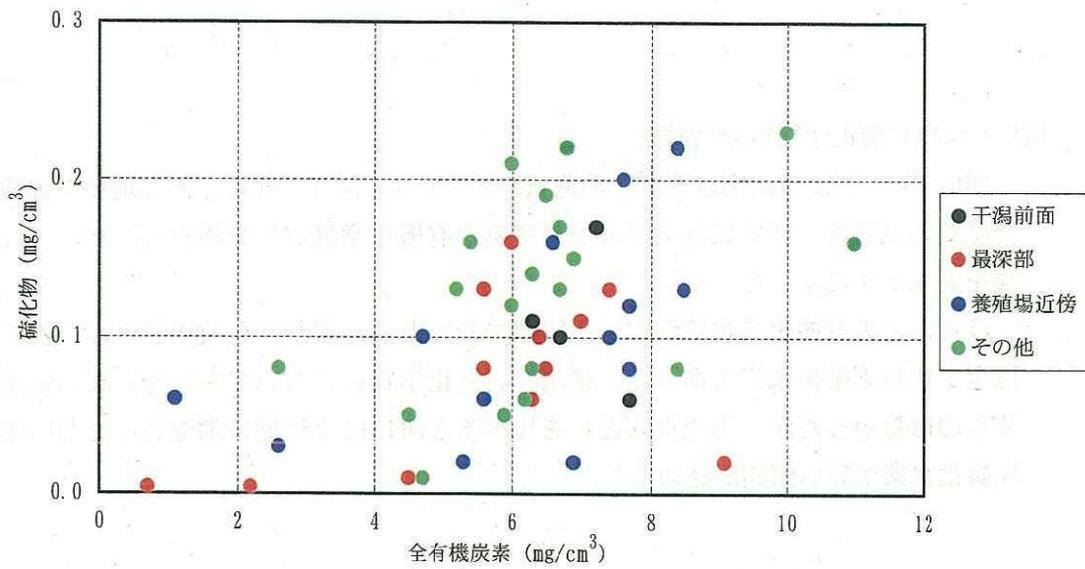


図4. 1-3 (3) 底質の分析各項目間の関係

#### (4) 干潟の有機化学物質分析結果

2001年7月21日に出水後の干潟底質調査として、図4.1-4に示す2地点で採取した底質の試料を、熊本県立大学篠原研究室が有機化学物質の分析を行った。その結果を表4.1-4に示した。

ほとんどの有機化学物質が定量下限値未満であり、残留性有機化学物質、農薬類は全て定量下限値未満であった。検出された化学物質についても、特に高い値を示すものは無かったが、調査点AとCを比べると河口により近い調査点Cにおいて飽和炭化水素が高い傾向が認められた。

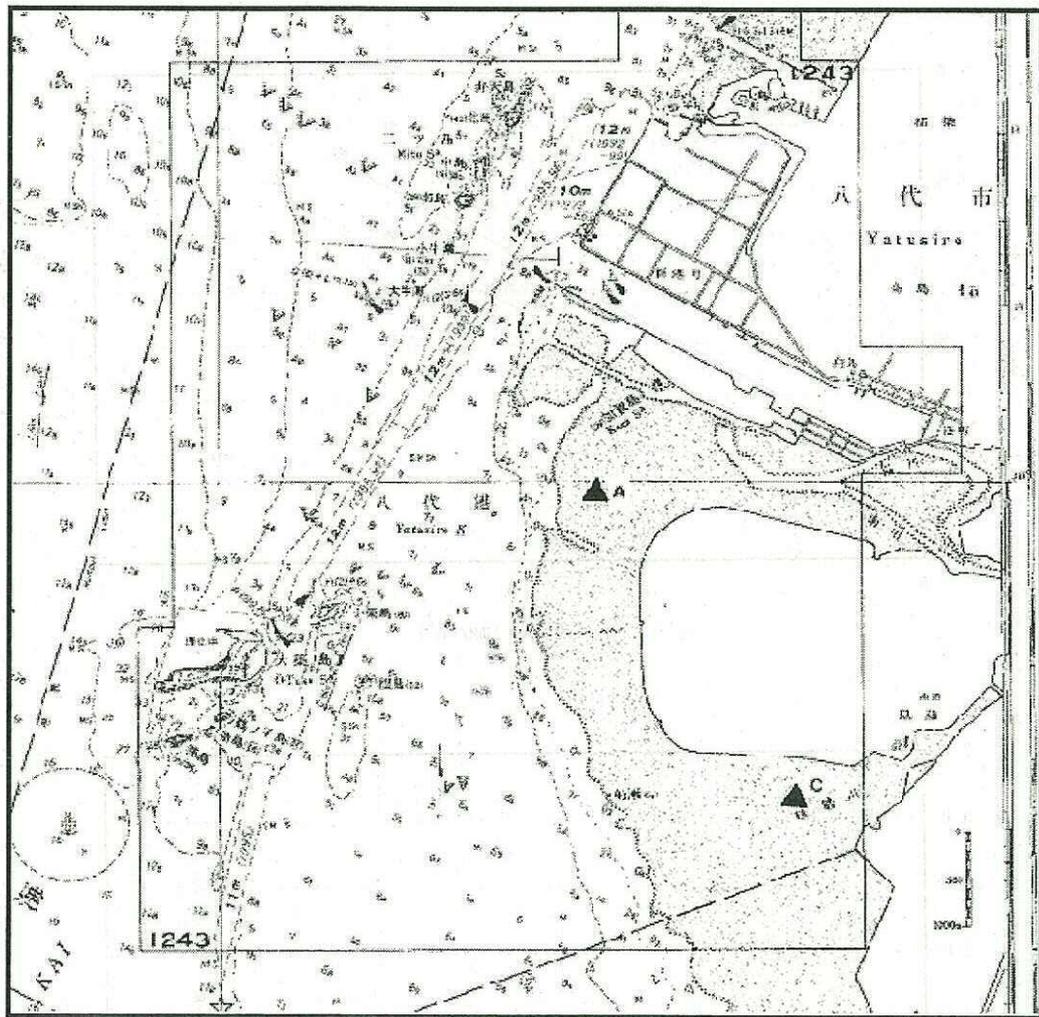


図 4.1-4 干潟の有機化学物質調査地点

表5.1-3(1)

## 有機化学物質分析結果

単位:  $\mu\text{g/g}$ 乾泥

化合物名	A	C	備考	メモ
n-C13H28	0.000	0.000	飽和炭化水素	石油などに由来
n-C14H30	0.000	0.000	飽和炭化水素	
n-C15H32	0.007	0.005	飽和炭化水素	
n-C16H34	0.013	0.017	飽和炭化水素	
n-C17H36	0.032	0.028	飽和炭化水素	
n-C18H38	0.055	0.063	飽和炭化水素	
n-C19H40	0.062	0.068	飽和炭化水素	
n-C20H42	0.054	0.076	飽和炭化水素	
n-C21H44	0.048	0.083	飽和炭化水素	
n-C22H46	0.039	0.099	飽和炭化水素	
n-C23H48	0.041	0.200	飽和炭化水素	
n-C24H50	0.036	0.285	飽和炭化水素	
n-C25H52	0.059	0.445	飽和炭化水素	
n-C26H54	0.050	0.531	飽和炭化水素	
n-C27H56	0.067	1.089	飽和炭化水素	
n-C28H58	0.054	0.906	飽和炭化水素	
n-C29H60	0.073	1.893	飽和炭化水素	
n-C30H62	0.048	4.378	飽和炭化水素	
n-C31H64	0.029	6.075	飽和炭化水素	
n-C32H66	0.034	1.266	飽和炭化水素	
squalane	1.020	2.939	生体成分(コレステロールの前駆体)	
pentachloroethane	0.000	0.000		
hexachloroethane	0.000	0.000		
1,2-dibromo-3-chloropropane	0.000	0.000		
hexachlorobutadiene	0.000	0.000		
styrene	0.076	0.034	スチレン	
4-cymene	0.295	0.000	イソプロピルトルエン	
pentamethylbenzene	0.000	0.000		
1,3-dichlorobenzene	0.000	0.000		
benzylchloride	0.000	0.000		
1,4-dichlorobenzene	0.008	0.003	要監視項目(p-ジクロロベンゼン)	
1,2-dichlorobenzene	0.000	0.000		
3-bromochlorobenzene	0.000	0.000		
2-bromochlorobenzene	0.000	0.000		
1,3,5-trichlorobenzene	0.000	0.000		
1,2,4-trichlorobenzene	0.000	0.000		
hexachloropropylene	0.000	0.000		
1,2,3-trichlorobenzene	0.000	0.000		
1,2,4,5-tetrachlorobenzene	0.000	0.000		
pentachlorobenzene	0.000	0.000		
hexachlorobenzene	0.000	0.000		
naphthalene	0.044	0.024	要調査項目(183 ナフタレン)	
2-methylnaphthalene	0.001	0.000		
biphenyl	0.000	0.000		
2,6-dimethylnaphthalene	0.000	0.000		
1,3-dimethylnaphthalene	0.000	0.000		
diphenylmethane	0.000	0.000		
1,4-dimethylnaphthalene	0.000	0.000		
2,3-dimethylnaphthalene	0.000	0.000		
acenaphthylene	0.000	0.000		
1,2-dimethylnaphthalene	0.000	0.000		
2-isopropylnaphthalene	0.000	0.000		
1,8-dimethylnaphthalene	0.000	0.000		

表5.1-3(2) 有機化学物質分析結果

単位:  $\mu\text{g/g}$ 乾泥

化合物名	A	C	備考	メモ
acenaphthene	0.001	0.001	多環芳香族炭化水素類	
fluorene	0.001	0.000		
2,6-diisopropylnaphthalene	0.000	0.001		
phenanthrene	0.002	0.003	多環芳香族炭化水素類	
anthracene	0.000	0.000		
1-phenylnaphthalene	0.000	0.000		
2-terphenyl	0.000	0.000		
4,5-methylene-phenanthrene	0.000	0.000		
2-phenylnaphthalene	0.000	0.000		
3,6-dimethylphenanthrene	0.000	0.000		
fluoranthene	0.002	0.002	多環芳香族炭化水素類	
pyrene	0.002	0.002	多環芳香族炭化水素類	
3-terphenyl	0.000	0.000		
4-terphenyl	0.000	0.000		
2,3-benzofluorene	0.000	0.000		
benz(a)anthracene	0.000	0.000		
chrysene	0.000	0.000		
triphenylene	0.000	0.000		
benzo(b)fluoranthene	0.000	0.000		
7,12-dimethylbenz(a)anthracene	0.000	0.000		
benzo(j)fluoranthene	0.000	0.000		
benzo(k)fluoranthene	0.000	0.000		
benzo(e)pyrene	0.000	0.000		
benzo(a)pyrene	0.000	0.000		
perylene	0.000	0.000		
3-methylcholanthrene	0.000	0.000		
indeno(1,2,3-cd)pyrene	0.000	0.000		
dibenz(a,h)anthracene	0.000	0.000		
benzo(ghi)perylene	0.000	0.000		
2-chloronaphthalene	0.000	0.000		
1-chloronaphthalene	0.000	0.000		
dicyclopentadiene	0.000	0.000		
trans-decahydronaphthalene	0.000	0.000		
longifolene	0.000	0.000		
hexachlorocyclopentadiene	0.000	0.000		
1,2,3-trimethoxybenzene	0.000	0.000		
diphenyl ether	0.000	0.000		
dibenzylether	0.000	0.000		
bis(2-chloroethyl) ether	0.000	0.000		
bis(2-chloroisopropyl) ether	0.000	0.000		
bis(2-chloroethoxy)methane	0.000	0.000		
4-chlorophenyl phenyl ether	0.000	0.000		
4-bromophenyl phenyl ether	0.000	0.000		
acetophenone	0.009	0.002		樹脂の溶剤
isophorone	0.923	0.419	要調査項目(35 イソホロン)	
2,6-di-t-butyl-p-benzoquinone	0.019	0.022		
anthraquinone	0.002	0.000		
benzanthrone	0.000	0.000		
phenol	0.031	0.008		
2-cresol	0.000	0.000		
3-cresol	0.000	0.000		
4-cresol	0.000	0.000		
2-methoxyphenol	0.000	0.000		

単位:  $\mu\text{g/g}$ 乾泥

化合物名	A	C	備考	メモ
2,4-dimethylphenol	0.000	0.000		
3,5-dimethylphenol	0.000	0.000		
1,3-benzenediol	0.000	0.000		
4-methyl-2,6-di-t-butylphenol	0.000	0.005		
2,6-di-t-butyl-4-ethylphenol	0.000	0.000		
2,4,6-tri-t-butylphenol	0.000	0.000		
4-octylphenol	0.000	0.000	ノルフェノールと共に内分泌攪乱作用が疑われている	
2-chlorophenol	0.000	0.000		
2,4-dichlorophenol	0.000	0.000		
2,6-dichlorophenol	0.000	0.000		
4-bromophenol	0.003	0.000		
4-chloro-3-methylphenol	0.000	0.000		
2,4,6-trichlorophenol	0.000	0.000		
2,4,5-trichlorophenol	0.000	0.000		
2,3,6-trichlorophenol	0.000	0.000		
2,3,4,6-tetrachlorophenol	0.000	0.000		
pentachlorophenol	0.000	0.000		
dimethyl phthalate	0.096	0.036	フタル酸ジメチル	フタル酸エステル類
dimethylterephthalate	0.000	0.000		
diethyl phthalate	0.004	0.003	フタル酸ジエチル	
diisobutyl phthalate	0.007	0.007	フタル酸ジイソブチル	
dibutyl phthalate	—	—		
butyl benzyl phthalate	0.000	0.008	フタル酸ブチルベンジル	
diheptyl phthalate	0.000	0.009		
bis(2-ethylhexyl) phthalate	1.782	1.706	要監視項目	
dioctyl phthalate	0.000	0.007		
benzyl alcohol	0.212	0.073	ベンジルアルコール	
alpha-terpineol	0.000	0.000		
safrole	0.000	0.000		
isosafrrole	0.000	0.000		
dibenzofuran	0.001	0.000		
1,3-dichloro-2-propanol	0.000	0.000		
diisopropyl chloromalenate	0.000	0.000		
diisopropyl dichloromalenate	0.000	0.000		
aniline	0.041	0.008	アニリン	
N-methylaniline	0.000	0.000		
2-toluidine	0.000	0.000		
4-toluidine	0.000	0.000		
3-toluidine	0.000	0.000		
N,N-dimethylaniline	0.000	0.000		
N-ethylaniline	0.000	0.000		
2,5-dimethylaniline	0.000	0.000		
2-anisidine	0.000	0.000		
3,5-dimethylaniline	0.000	0.000		
2,3-xylidine	0.000	0.000		
3,4-xylidine	0.000	0.000		
4-anisidine	0.000	0.000		
3-anisidine	0.000	0.000		
1-naphthylamine	0.000	0.000		
2-naphthylamine	0.000	0.000		
diphenylamine	0.005	0.001		
phenacetin	0.000	0.000		
N-phenyl-1-naphthylamine	0.000	0.000		

表5.1-3(4)

## 有機化学物質分析結果

単位:  $\mu\text{g/g}$ 乾泥

化合物名	A	C	備考	メモ
4-dimethylamino-azobenzene	0.000	0.000		
N-phenyl-2-naphthylamine	0.000	0.000		
2-chloroaniline	0.000	0.000		
3-chloroaniline	0.000	0.000		
4-chloroaniline	0.000	0.000		
5-chloro-2-methyl aniline	0.000	0.000		
2,4-dichloroaniline	0.000	0.000		
2,5-dichloroaniline	0.000	0.000		
2,3-dichloroaniline	0.000	0.000		
2,4,6-trichloroaniline	0.000	0.000		
3,4-dichloroaniline	0.000	0.000		
2-bromo-4,6-dichloroaniline	0.000	0.000		
4-bromo-2,6-dichloroaniline	0.000	0.000		
2,6-dibromo-4-chloroaniline	0.000	0.000		
2,4,6-tribromoaniline	0.000	0.000		
3,3'-dichlorobenzidine	0.000	0.000		
4,4'-methylene-bis(2-chloroaniline)	0.000	0.000		
quinoline	0.001	0.000		
nitrobenzene	0.022	0.010	ニトロベンゼン	
2-nitrophenol	0.000	0.000		
2-nitrotoluene	0.000	0.000		
3-nitrotoluene	0.000	0.000		
4-nitrotoluene	0.000	0.000		
3-nitroanisole	0.000	0.000		
4-nitroanisole	0.000	0.000		
2-nitroanisole	0.000	0.000		
2-nitroaniline	0.000	0.000		
2,6-dinitrotoluene	0.000	0.000		
3-nitroaniline	0.000	0.000		
2,4-dinitrotoluene	0.000	0.000		
5-nitro-o-toluidine	0.000	0.000		
2,4-dinitroaniline	0.000	0.000		
3-chloronitrobenzene	0.000	0.000		
2,3-dichloronitrobenzene	0.000	0.000		
4-chloro-2-nitroaniline	0.000	0.000		
2,6-dichloro-4-nitroaniline	0.000	0.000		
pentachloronitrobenzene	0.000	0.000		
N-nitrosodiethylamine	0.000	0.000		
N-nitrosopiperidine	0.000	0.000		
N-nitrosodibutylamine	0.000	0.000		
carbazole	0.000	0.000		
dimethyl sulfone	0.000	0.000		
benzothiazole	0.014	0.008	ベンゾチアゾール	
2-methylbenzothiazole	0.000	0.000		
2-(methylthio)-benzothiazole	0.000	0.000		
dibenzothiophene	0.000	0.000		
diphenyldisulfide	0.000	0.000		
phenothiazine	0.000	0.000		
tributyl phosphate	0.005	0.005		
diethyl-p-nitrophenyl phosphate	0.000	0.000		
tris(2-ethylhexyl) phosphate	0.000	0.000		
tricresyl phosphate	0.000	0.000		
tris(2-chloroethyl) phosphate	0.000	0.000		

表5.1-3(5) 有機化学物質分析結果

単位:  $\mu\text{g/g}$ 乾泥

化合物名	A	C	備考	メモ
tris(1,3-dichloro-2-propyl) phosphat	0.000	0.000		
fenobucarb	0.000	0.000		
$\alpha$ -HCH	0.000	0.000		残留性有機汚染物質
$\beta$ -HCH	0.000	0.000		
$\gamma$ -HCH	0.000	0.000		
diazinon	0.000	0.000		
$\delta$ -HCH	0.000	0.000		残留性有機汚染物質
heptachlor	0.000	0.000		
fenitrothion (MEP)	0.000	0.000		
chlorpyrifos	0.000	0.000		
aldrin	0.000	0.000	アルドリン	残留性有機汚染物質
isofenphos	0.000	0.000		
chlorfenvinphos	0.000	0.000		
heptachlor epoxide	0.000	0.000		
trans-chlordane	0.000	0.000		残留性有機汚染物質
cis-chlordane	0.000	0.000		
endosulfan I	0.000	0.000		
trans-nonachlor	0.000	0.000	トランスノナクロル	残留性有機汚染物質
4,4'-DDE	0.000	0.000		残留性有機汚染物質
dieldrin	0.000	0.000		残留性有機汚染物質
isoxathion	0.000	0.000		
endrin	0.000	0.000		残留性有機汚染物質
endosulfan II	0.000	0.000		
4,4'-DDD	0.000	0.000		残留性有機汚染物質
endrin aldehyde	0.000	0.000		
endosulfan sulfate	0.000	0.000		
4,4'-DDT	0.000	0.000		残留性有機汚染物質
pyridaphenthion	0.000	0.000		
endrin ketone	0.000	0.000		
EPN	0.000	0.000		
methoxychlor	0.000	0.000		
carbaryl (NAC)	0.000	0.000		
dichlofenthion (ECP)	0.000	0.000		
buprofezin	0.000	0.000		
malathion	0.000	0.000		
chlorpyrifos oxon	0.000	0.000		
isofenphos oxon	0.000	0.000		
benfluralin	0.000	0.000		
simazine (CAT)	0.000	0.000		
propryzamide	0.000	0.000		
terbucarb (MBPMC)	0.000	0.000		
thiobencarb	0.000	0.000		
pendimethalin	0.000	0.000		
methyl dymron	0.000	0.000		
butamifos	0.000	0.000		
napropamide	0.000	0.000		
CNP amino type	0.000	0.000		
nitrofen (NIP)	0.000	0.000		
chlornitrofen (CNP)	0.000	0.000		
chlomethoxyfen (X-52)	0.000	0.000		
esprocarb	0.000	0.000		
simetryn	0.000	0.000		
bromobutide	0.000	0.000		

農薬類

表5.1-3(6) 有機化学物質分析結果

単位:  $\mu\text{g/g}$ 乾泥

化合物名	A	C	備考	メモ
mefenacet	0.000	0.000		
molineate	0.000	0.000		
butamifos oxon	0.000	0.000		
pretilachlor	0.000	0.000		
etridiazole (echlomezol)	0.000	0.000		
chloroneb	0.000	0.000		
pencycuron	0.000	0.000		
chlorothalonil (TPN)	0.000	0.000		
iprobenfos (IBP, Kitazin P)	0.000	0.000		
tolclofos-methyl	0.000	0.000		
captan	0.000	0.000		
flutolanil	0.000	0.000		
isoprothiolane	0.000	0.000		
iprodione	0.000	0.000		
mepronil	0.000	0.000		
edifenphos (EDDP)	0.000	0.000		
tricyclazole	0.000	0.000		
fthalide	0.000	0.000		
probenazole	0.000	0.000		
tolclophos-methyl oxon	0.000	0.000		
2-fluorophenol	0.000	0.000		

## 4.2 底生生物

底生生物の調査結果概要を表 4.2-1、出現種リストを表 4.2-2 に示し、種類（分類群）数、個体数、湿重量、多様性指数及び汚濁指標種の水平分布を図 4.2-1 に示した。

### (1) 概要

底生生物は 48 調査地点全体で 256 種類、6,125 個体、232.17 g が採集された。

種類数を動物門別にみると環形動物が 107 種類で最も多く、次いで節足動物が 73 種類、軟体動物が 51 種類が多かった。48 地点全体での個体数組成比は、種類数と同様に環形動物が最も多く約 61% を占め、次いでその他の動物門（軟体、環形、節足動物門以外）が約 21% を占めた。

表 4.2-1 底生生物の調査結果概要

調査期日：2001年9月26～28日

調査海域：八代海（八幡瀬戸を含む）全域48地点

調査方法：スミス・マッキンタイヤ型採泥器 3 回採泥

項目 \ 単位	単位	最小	最大	平均	48地点全体	
種類数	種類	3	67	24	256	
個体数	個体/0.15m <sup>2</sup>	6	629	128	6,125	
個体数組成比	軟体動物	%	0.0	43.4	5.4	11.0
	環形動物	%	5.2	100.0	67.8	60.7
	節足動物	%	0.0	37.5	10.1	7.4
	その他	%	0.0	59.9	16.7	20.9
湿重量	g/0.15m <sup>2</sup>	0.16	22.36	4.84	232.17	
多様性指数*)	—	0.802	3.863	2.307	—	

\*)・多様性指数は森下（1996）の多様性指数（H<sup>\*</sup>）を用いた。

### (2) 種類数・個体数

地点別種類数は 3～67 種類（平均 24 種類）の範囲にあり、御所浦、獅子島周辺で多い傾向を示した。また、全般に沿岸寄りが多く、湾中央部寄りで少ない傾向を示した。

地点別個体数は 6～629 個体/0.15 m<sup>2</sup>の範囲にあり、最も湾奥部の干潟前面地点、沿岸寄りや御所浦、獅子島など島嶼部周辺で比較的多く、湾中央部寄りで少ない傾向を示した。

### (3) 個体数組成

個体数組成比は底生生物の主要な分類群別の個体数百分率を示したものである。軟体動物は北部海域湾奥の干潟前面海域を除き 5%未満の地点が多く、全般に低い傾向にあった。環形動物は 50%以上の地点が多く、分類群中で最も多かった。環形動物組成比が比較的低かった地点は、最も湾奥部の干潟前面付近、松島町地先や津奈木町地先にみられた。節足動物の比率が 10%以上で比較的高かった地点は、海域北部や津奈木町地先、獅子島西部、長島東部にみられた。その他の動物門の比率が 10%以上で比較的高かった地点は、主に海

域北部の干潟前面や御所浦・獅子島周辺にみられた。

#### (4) 湿重量

地点別湿重量は  $0.16 \sim 22.36 \text{g}/0.15 \text{m}^2$  ( $1 \text{m}^2$ あたり平均約  $32 \text{g}$ ) の範囲にあり、最も湾奥部の干潟前面地点、沿岸寄りや御所浦、獅子島など島嶼部周辺で比較的多く、湾中央部寄りで少ない傾向を示した。

#### (5) 多様性指数

多様性指数は生物群集の多様性を示す指数の一種であり、ここでは Shannon-Weaver (1946) の  $H'$  を補正した森下 (1996) の  $H'$  を用いた。サンプルの大きさの影響を受けにくいので、小標本でも適用できるとされている。

$$H'^* = H' + \frac{A}{\left(2N + \frac{A}{3.3}\right)}$$
$$H' = -\sum_{i=1}^S \frac{n_i}{N} \ln \frac{n_i}{N}$$
$$A = S + S_1 \frac{S}{S - S_1}$$

ここで、 $S$ : 種数,  $S_1$ : 1 個体だけ出現した種数,  $N$ : 総個体数,  $n_i$ :  $i$  種の個体数である。多様性指数は、 $0.802 \sim 3.863$  の範囲にあり、湾奥部の干潟前面域、田浦町前面から芦北・津奈木町までの海域中部で 2 以下の比較的低い地点がみられた。

#### (6) 指標種

海域の富栄養化状態や有機汚濁状態の指標種として知られている種類のうち、本調査では環形動物門多毛綱のヨツバナスピオ A 型、ヨツバナスピオ B 型、軟体動物門二枚貝綱のシズクガイの 3 種が採集されており、この 3 種の合計個体数を汚濁指標種の水平分布として図示した。

汚濁指標種は北部海域と南部海域で出現し全般に個体数は少なかったが、その中では、八代港前面、球磨川河口部前面で多かった。

一方、有機汚濁指標種と対照的な生息生態を有する弱内湾性種とされている種類について、本調査で出現した種類のうち 7 種 (環形動物の *Paralacydonia paradoxa*, ダルマゴカイ, 節足動物のクビナガスガメ, ヒトツメスガメ, *Ampelisca* sp., ニッポンスガメ, 原索動物のナメクジウオ) について、合計個体数の分布を示した。

ダルマゴカイ, クビナガスガメは北部海域の球磨川河口地先に出現し、他の種類は主として八幡瀬戸及び島嶼水道域に出現した。北部海域では有機汚濁指標種も同時に出現する地点もみられたが、いずれも個体数が少なく、大きく一方に偏るほどの環境条件ではないものといえる。

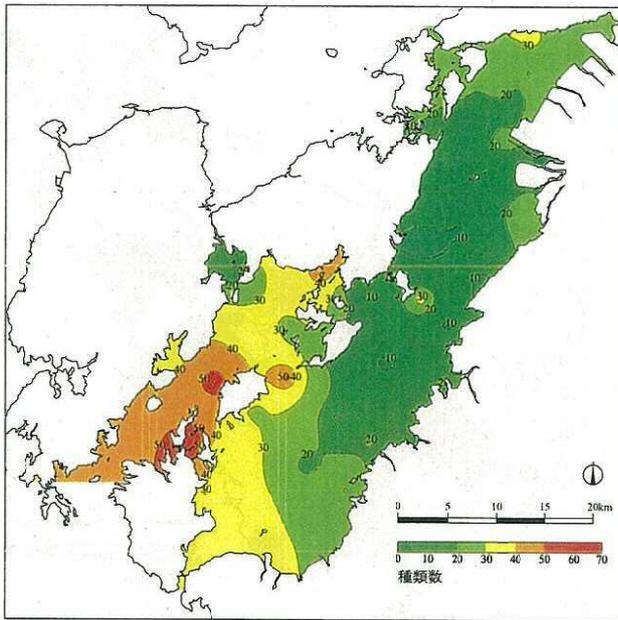


図 4.2-1(1) 底生物の水平分布 (種類数)

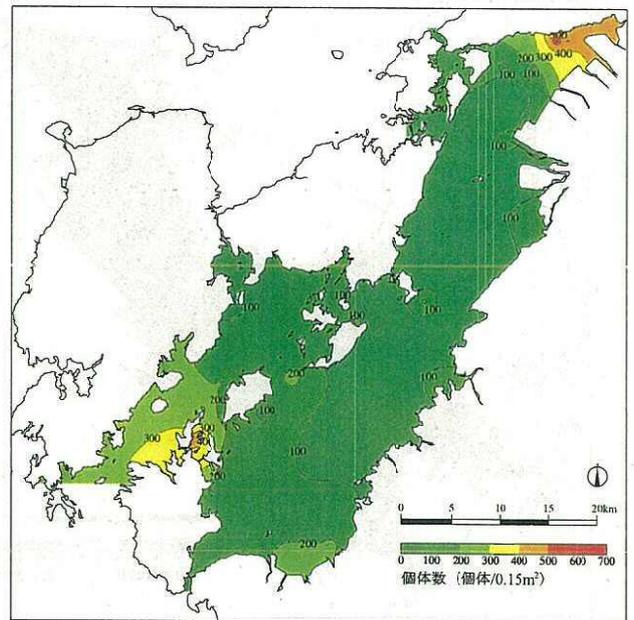


図 4.2-1(2) 底生物の水平分布 (個体数)

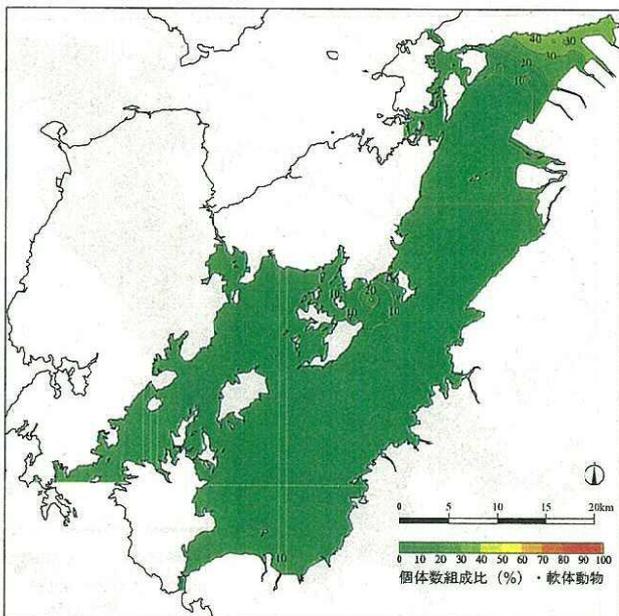


図 4.2-1(3) 底生物の水平分布  
(個体数組成比：軟体動物門)

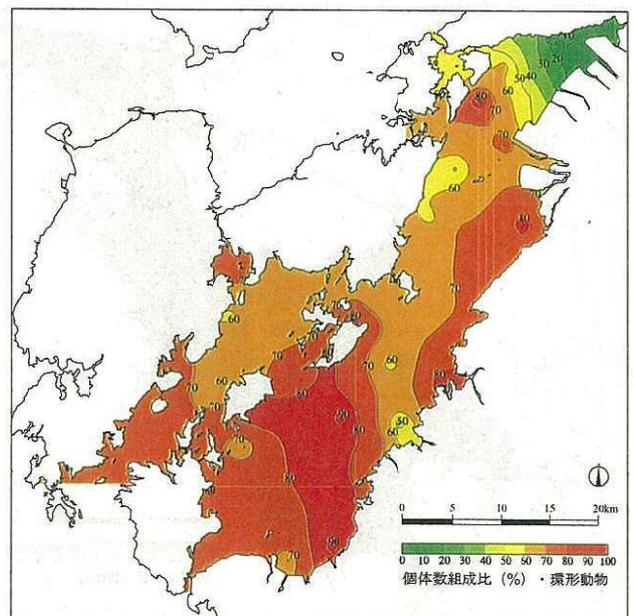


図 4.2-1(4) 底生物の水平分布  
(個体数組成比：環形動物門)

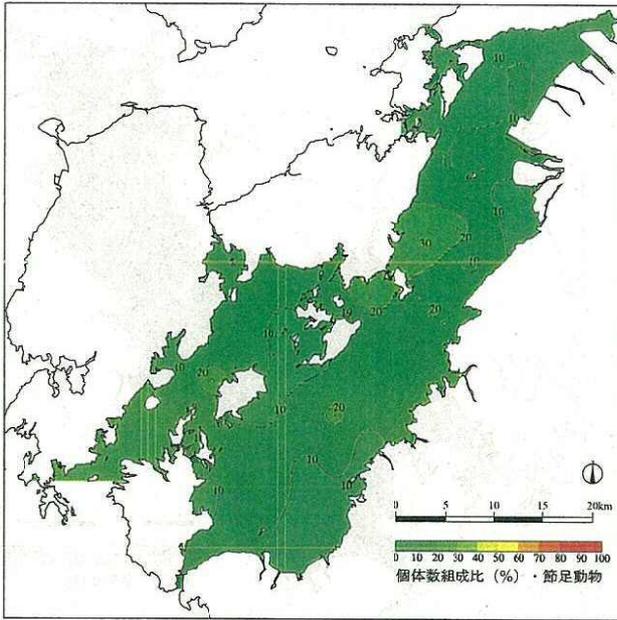


図 4.2-1(5) 底生生物の水平分布  
(個体数組成比：節足動物)

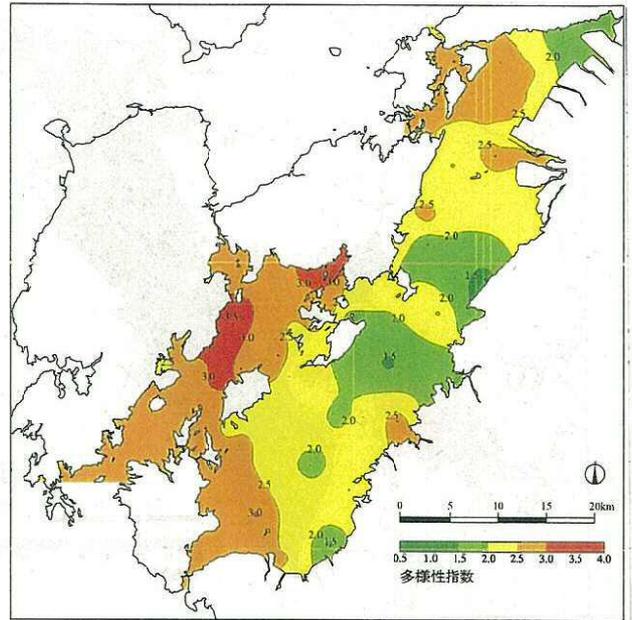
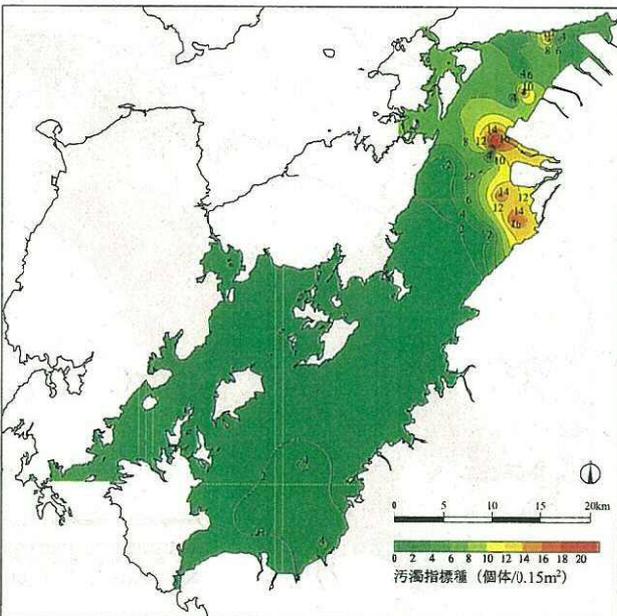
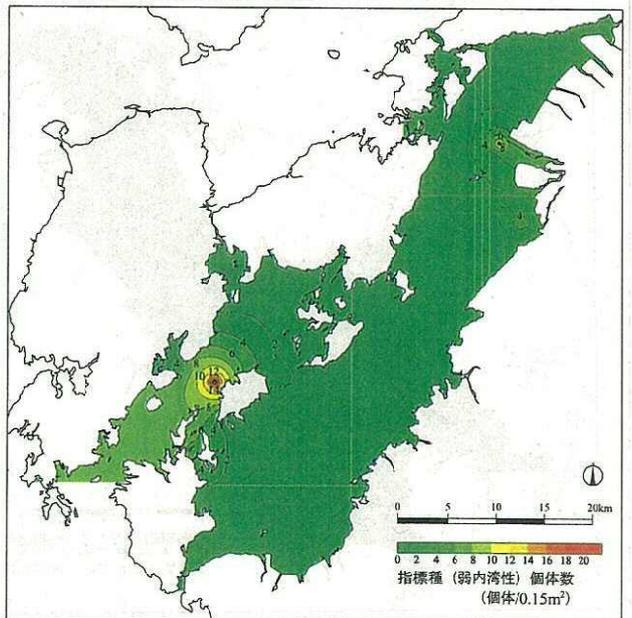


図 4.2-1(6) 底生生物の水平分布 (多様性指数)



(ヨツバネスピオ A 型、ヨツバネスピオ B 型、  
シズクガイの 3 種の合計個体数を示した。)

図 4.2-1(7) 底生生物の水平分布  
(有機汚濁指標種個体数)



(*Paralacydonia paradoxa*, ダルマゴカイ, クビナガスガメ,  
ヒトツメスガメ, *Ampelisca* sp., ニッポンスガメ, ナメク  
ジウオの 7 種の合計個体数を示した。)

図 4.2-1(8) 底生生物の水平分布  
(弱内湾性指標種個体数)

表4.2-2(1) マクロベントス出現種一覧

番号	門	科	種名	和名	総個体数	A
1	刺胞動物	ムシトキギンチャク	EDWARDSIIDAE	ムシトキギンチャク科	8	
2			ACTINIARIA	イソギンチャク目	5	
3		ハナギンチャク	CERIANTHIDAE	ハナギンチャク科	19	○
4	扁形動物		POLYCLADIDA	ヒラムシ目	1	
5	紐形動物		NEMERTINEA	紐形動物門	355	
6	袋形動物		NEMATODA	線虫綱	80	
7	軟体動物		NEOLORICATA	ヒザガカイ目	1	○
8		ミスゴマツボ	<i>Stenothyra edogawaensis</i>	エトガワミスゴマツボ	180	○
9		ハナゴウナ	<i>Balcis martinii</i>	セトモノガイ	1	○
10			<i>Eulima</i> sp.		2	○
11			EULIMIDAE	ハナゴウナ科	2	○
12		タマガイ	NATICIDAE	タマガイ科	1	○
13			MESOGASTROPODA	ニナ目	1	○
14		タモトガイ	PYRENIDAE	タモトガイ科	1	○
15		ムシロガイ	<i>Niotha variegata</i>	アヲレガイ	1	○
16			<i>Reticunassa japonica</i>	キヌボウ	1	○
17		コロモガイ	<i>Trigonostoma stenomphala</i>	ヘソアキホソオリレボウ	1	○
18		クタマキガイ	TURRIDAE	クタマキガイ科	1	○
19		オオシノミガイ	<i>Solidula strigosa</i>	コシノミガイ	3	○
20		マメウラシマガイ	<i>Ringicula doliaris</i>	マメウラシマガイ	2	○
21		タマゴガイ	ATYIDAE	タマゴガイ科	6	○
22		スイフガイ	SCAPHANDRIDAE	スイフガイ科	1	○
23		キセウタガイ	<i>Philina argentata</i>	キセウタガイ	3	○
24			<i>Yokoyamaia ornatissima</i>	ヨコヤマキセウタガイ	3	○
25		カノキセウタガイ	AGLAJIDAE	カノキセウタガイ科	1	○
26			NUDIBRANCHIA	ウミウシ目	5	○
27		キヌタレガイ	<i>Petrasma japonica</i>	アサヒキヌタレガイ	5	○
28			<i>Petrasma pusilla</i>	キヌタレガイ	9	○
29		フネガイ	<i>Arca navicularis</i>	ワシノハガイ	2	○
30		イガイ	<i>Modiolus</i> sp.	ヒバリガイ属	1	○
31			<i>Musculista japonica</i>	ヤマホトキスガイ	3	○
32		ミノガイ	LIMIDAE	ミノガイ科	1	○
33		ツキガイ	<i>Pillucina pisidium</i>	ウメノハガイ	3	○
34		ハナシガイ	<i>Leptaxinus oyamai</i>	マルハナシガイ	16	○
35		フタバシラガイ	UNGULINIDAE	フタバシラガイ科	1	○
36		チリハギガイ	LASAEIDAE	チリハギガイ科	192	○
37		ブンブクヤドリガイ	MONTACUTIDAE	ブンブクヤドリガイ科	22	
38		ウロコガイ	<i>Devonia</i> sp.		76	○
39			GALEOMMATIDAE	ウロコガイ科	3	
40		モンシガイ	<i>Nipponocrassatella nana</i>	スタレモンシガイ	4	○
41			<i>Nipponocrassatella</i> sp.		2	
42		ザリガイ	<i>Fulvia hungerfordi</i>	チゴトリガイ	3	○
43		ニッコウガイ	<i>Arcopella isseli</i>	ハツヒザクラガイ	8	○
44			<i>Macoma</i> sp.	シラトリガイ属	1	○
45			<i>Nitidotellina nitidula</i>	サクラガイ	34	○
46			<i>Nitidotellina</i> sp.	サクラガイ属	2	
47			TELLINIDAE	ニッコウガイ科	3	
48		アサジガイ	<i>Theora fragilis</i>	シスウガイ	27	○
49		シオサザナミガイ	PSAMMOBIIIDAE	シオサザナミガイ科	1	○
50		キヌタアサマキガイ	<i>Azorinus abbreviatus</i>	ズンガリアアサマキガイ	1	○
51		マテガイ	<i>Solen dunkerianus</i>	チゴマテ	19	○
52		マルスタレガイ	<i>Circe scripta</i>	シラオガイ	2	○
53			<i>Paphia undulata</i>	イヨスタレガイ	3	○
54		クチヘニガイ	<i>Anisocorbula venusta</i>	クチヘニガイ	1	○
55		オキナガイ	<i>Laternula anatina</i>	オキナガイ	1	○
56		スエモノガイ	THRACIIDAE	スエモノガイ科	9	
57			BIVALVIA	ニマイガイ綱	4	

注) A: 「○」は多様性指数の計算、クラスター分析に使用した種類

表4.2-2(2) マクロベントス出現種一覧

番号	門	科	種名	和名	総個体数	A
58	環形動物	ウロコムシ	<i>Lepidasthenia</i> sp.		1	○
59			POLYNOIDAE	ウロコムシ科	33	
60		ナリウロコムシ	<i>Sigalion</i> sp.		4	○
61			<i>Sthenelais</i> sp.		11	○
62			<i>Sthenolepis</i> sp.		125	○
63			SIGALIONIDAE	ナリウロコムシ科	27	
64		タンザクゴカイ	CHRYSOPETALIDAE	タンザクゴカイ科	7	
65		スゴカイ	<i>Pisione</i> sp.		8	○
66		サバゴカイ	<i>Anaitides</i> sp.		1	○
67			<i>Eumida</i> sp.		3	○
68			<i>Genetyllis</i> sp.		3	○
69			PHYLLODOCIDAE	サバゴカイ科	16	
70		オビムゴカイ	<i>Gyptis</i> sp.		72	○
71			<i>Leocrates</i> sp.		5	○
72			<i>Ophiodromus</i> sp.		29	○
73			HESIONIDAE	オビムゴカイ科	17	
74		かきゴカイ	<i>Pilargis</i> sp.		6	○
75			<i>Sigambra tentaculata</i>		176	○
76		シリス	Autolytinae	アウトリタス亜科	1	
77			Exogoninae	エクソゴネ亜科	1	
78			Syllinae	シリス亜科	44	
79		ゴカイ	<i>Ceratonereis</i> sp.		2	○
80			<i>Neanthes caudata</i>	ヒムゴカイ	13	○
81			<i>Nectoneanthes latipoda</i>		1	○
82			<i>Nereis nichollsi</i>	ウスミゴカイ	1	○
83			<i>Nereis pelagica</i>	アツウゴカイ	3	○
84			<i>Platynereis bicanaliculata</i>	ツルビゴカイ	1	○
85			<i>Leonnates nipponicus</i>		4	○
86			NEREIDAE	ゴカイ科	6	
87		チロリ	<i>Glycera chirori</i>	チロリ	2	○
88			<i>Glycera</i> sp.		127	
89			GLYCERIDAE	チロリ科	1	
90		ニカイチロリ	<i>Glycinde</i> sp.		12	○
91			<i>Goniada</i> sp.		2	○
92			GONIADIDAE	ニカイチロリ科	2	
93		シロガネゴカイ	<i>Aglaophamus</i> sp.		24	○
94			<i>Nephtys</i> sp.		54	○
95			NEPHTYIDAE	シロガネゴカイ科	14	
96		ウキゴカイ	ALCIOPIDAE	ウキゴカイ科	1	○
97		PARALACYDONIIDAE	<i>Paralacydonia paradoxa</i>		4	○
98		ホカクウロコムシ	<i>Acoetes jogasimae</i>		6	○
99		ウミケムシ	<i>Chloeia flava</i>	ウミケムシ	13	○
100			AMPHINOMIDAE	ウミケムシ科	5	
101		イソメ	<i>Eunice</i> sp.		46	○
102			<i>Marphysa</i> sp.		7	○
103		ギボシイソメ	<i>Lumbrineris latreilli</i>		4	○
104			<i>Lumbrineris longifolia</i>		146	○
105			<i>Lumbrineris</i> sp.		239	
106		セグロイソメ	ARABELLIDAE	セグロイソメ科	2	○
107		リコイソメ	<i>Protodorvillea</i> sp.		6	○
108			<i>Schistomeringos</i> sp.		30	○
109		ホコサコカイ	<i>Leitoscoloplos pugettensis</i>	ナガホコムシ	7	○
110			<i>Phylo</i> sp.		1	○
111			<i>Scoloplos</i> sp.		6	○
112		スビオ	<i>Aonides oxycephala</i>		271	○
113			<i>Paraprionospio</i> sp. (A型)		9	○
114			<i>Paraprionospio</i> sp. (C1型)		28	○

注) A: 「○」は多様性指数の計算、クラスター分析に使用した種類

表4. 2-2(3) マクロベントス出現種一覧

番号	門	科	種名	和名	総個体数	A		
115	環形動物	スビオ	<i>Paraprionospio</i> sp. (B型)		120	○		
116			<i>Polydora</i> sp.		10	○		
117			<i>Prionospio depauperata</i>		11	○		
118			<i>Prionospio ehlersi</i>		65	○		
119			<i>Prionospio lineata</i>		1	○		
120			<i>Prionospio paradisea</i>		9	○		
121			<i>Prionospio</i> sp.		165			
122			<i>Pseudopolydora</i> sp.		4	○		
123			<i>Scoelelepis</i> sp.		3	○		
124			<i>Spiophanes</i> sp.		10	○		
125				SPIONIDAE	スビオ科	1		
126			モロテゴカイ		<i>Magelona japonica</i>	モロテゴカイ	253	○
127					<i>Magelona</i> sp.		325	
128		ツハサコカイ		<i>Phyllochaetopterus</i> sp.		168	○	
129				<i>Spiochaetopterus costarum</i>	アジキツハサコカイ	5	○	
130			CHAETOPTERIDAE	ツハサコカイ科		43		
131		ハラオニス		<i>Aricidea neosuecica nipponica</i>		1	○	
132				<i>Aricidea</i> sp.		1	○	
133			PARAONIDAE	ハラオニス科		57		
134		ミズヒキゴカイ		<i>Cirratulus</i> sp.		1	○	
135				<i>Cirriformia tentaculata</i>	ミズヒキゴカイ	9	○	
136				<i>Chaetozone</i> sp.		38	○	
137				<i>Tharyx</i> sp.		79	○	
138			CIRRATULIDAE	ミズヒキゴカイ科		5		
139			TROCHOCHAETIDAE	<i>Poecilochaetus</i> sp.		3	○	
140		ハボウキゴカイ		<i>Pherusa</i> sp.		36	○	
141			FLABELLIGERIDAE	ハボウキゴカイ科		18		
142		ダルマゴカイ		<i>Sternaspis scutata</i>	ダルマゴカイ	5	○	
143		イトゴカイ		<i>Dasybranchus</i> sp.		3	○	
144			<i>Heteromastus</i> sp.		43	○		
145			<i>Mediomastus</i> sp.		31	○		
146			<i>Notomastus</i> sp.		141	○		
147		CAPITELLIDAE	イトゴカイ科		125			
148	タケフシゴカイ		<i>Praxillella pacifica</i>		5	○		
149		MALDANIDAE	タケフシゴカイ科		63			
150	オフレリアゴカイ		<i>Armandia</i> sp.		10	○		
151	トノサマゴカイ		SCALIBREGMIDAE	トノサマゴカイ科	7	○		
152	チマキゴカイ		<i>Owenia fusiformis</i>	チマキゴカイ	2	○		
153		OWENIIDAE	チマキゴカイ科		3	○		
154	ウミイサゴムシ		<i>Lagis bocki</i>	ウミイサゴムシ	1	○		
155	カザリゴカイ		AMPHARETIDAE	カザリゴカイ科	36			
156	タマグシフサゴカイ		<i>Terebellides</i> sp.		9	○		
157	フサゴカイ		<i>Lanice</i> sp.		9	○		
158			<i>Loimia</i> sp.		1	○		
159		TEREBELLIDAE	フサゴカイ科		40			
160	ケヤリムシ		<i>Chone</i> sp.		45	○		
161			<i>Euchone</i> sp.		2	○		
162			<i>Sabella</i> sp.		1	○		
163		SABELLIDAE	ケヤリムシ科		1	○		
164		POLYCHAETA	ゴカイ綱		2			
165	星口動物	サメハダホシムシ	<i>Apionsoma</i> sp.	イトクスホシムシ属	29	○		
166		タテホシムシ	ASPIDOSIPHONIDAE	タテホシムシ科	60	○		
167		SIPUNCULA	星口動物門		1			
168	節足動物		PYCNOGONIDA	ウミグモ綱	2			
169			OSTRACODA	カイムシ目	59			
170		アジツボ	<i>Balanus trigonus</i>	サンカクアジツボ	3	○		
171		コノハヒ	<i>Nebalia bipes</i>	コノハヒ	5	○		

注) A : 「○」 は多様性指数の計算、クラスター分析に使用した種類

表4.2-2(4) マクロベントス出現種一覧

番号	門	科	種名	和名	総個体数	A
172	節足動物	ボドトリア	BODOTRIIDAE	ボドトリア科	1	○
173		レウコン	LEUCONIDAE	レウコン科	5	
174			TANAIDACEA	タナイド目	7	
175		スナウミナナシ	ANTHURIDAE	スナウミナナシ科	5	
176		スナホリムシ	<i>Eurydice</i> sp.		1	○
177		フトビゲ'ソコエビ'	LYSIANASSIDAE	フトビゲ'ソコエビ'科	2	
178		コンボ'ソコエビ'	AORIDAE	コンボ'ソコエビ'科	5	
179		ド'ロウダ'ムシ	<i>Corophium</i> sp.		11	○
180		イシヤコエビ'	<i>Photis longicaudata</i>	クダ'オコエビ'	2	○
181			ISAEIDAE	イシヤコエビ'科	4	
182		カマキリヨコエビ'	<i>Erichthonius pugnax</i>	ホソヨコエビ'	4	○
183		マルハサミヨコエビ'	<i>Leucothoe</i> sp.		1	○
184		マルソコエビ'	<i>Urothoe</i> sp.		2	○
185		メリタヨコエビ'	<i>Melita</i> sp.		4	○
186			<i>Nippopisella nagatai</i>	ト'ロコエビ'	36	○
187			MELITIDAE	メリタヨコエビ'科	4	
188		クチバ'シソコエビ'	<i>Synchelidium</i> sp.		2	○
189		スカ'メソコエビ'	<i>Ampelisca brevicornis</i>	クビ'ナカ'スガ'メ	15	○
190			<i>Ampelisca cyclops iyoensis</i>	ヒトツメスガ'メ	4	○
191			<i>Ampelisca</i> sp.		13	
192			<i>Byblis japonicus</i>	ニッポ'ンスガ'メ	24	○
193		スカ'メソコエビ'	AMPELISCIDAE	スカ'メソコエビ'科	1	
194		ツバヒゲ'ソコエビ'	HAUSTORIIDAE	ツバヒゲ'ソコエビ'科	12	
195			GAMMARIDEA	ヨコエビ'亜目	7	
196		クルマエビ'	<i>Atypopenaeus stenodactylus</i>	マイマイエビ'	1	○
197			PENAEIDAE	クルマエビ'科	1	○
198		ユメエビ'	<i>Lucifer typus</i>	ユメエビ'	1	○
199		オキエビ'	<i>Leptocheila gracilis</i>	ソコシラエビ'	2	○
200		<i>Leptocheila aculeocaudata</i>	マルソコシラエビ'	1	○	
201		<i>Leptocheila pugnax</i>	カト'ソコシラエビ'	32	○	
202		<i>Leptocheila</i> sp.	ソコシラエビ'属	3		
203	テッポ'ウエビ'	<i>Athanas</i> sp.	ムラサキエビ'属	2	○	
204		<i>Alpheus japonicus</i>	テナガ'テッポ'ウエビ'	3	○	
205		<i>Alpheus</i> sp.	テッポ'ウエビ'属	26		
206		ALPHEIDAE	テッポ'ウエビ'科	3		
207	ツノメエビ'	<i>Ogyrides orientalis</i>	ツノメエビ'	1	○	
208	モエビ'	HIPPOLYTIDAE	モエビ'科	3		
209	エビ'ジャコ	CRANGONIDAE	エビ'ジャコ科	2		
210	スナモグリ	<i>Callianassa</i> sp.	スナモグリ属	1	○	
211	ホンヤド'カリ	PAGURIDAE	ホンヤド'カリ科	3		
212	カニダ'マシ	<i>Raphidopus ciliatus</i>	ト'ロカニダ'マシ	2	○	
213		PORCELLANIDAE	カニダ'マシ科	6		
214	ワタリガ'ニ	<i>Charybdis bimaculata</i>	フタホシイサガ'ニ	1	○	
215		<i>Charybdis truncata</i>	ヒロハ'イサガ'ニ	2	○	
216		<i>Charybdis</i> sp.	イサガ'ニ属	1		
217	オウギ'ガ'ニ	<i>Neoxanthops lineatus</i>	ウスハ'オウギ'ガ'ニ	2	○	
218		XANTHIDAE	オウギ'ガ'ニ科	17		
219	ムツアシガ'ニ	<i>Hexapinus anfractus</i>	ヒメムツアシガ'ニ	17	○	
220	エンコウガ'ニ	<i>Carcinoplax vestita</i>	クア'カエンコウガ'ニ	4	○	
221		<i>Eucrate crenata</i>	マルバ'ガ'ニ	1	○	
222		<i>Heteroplax nitida</i>	キハ'ガ'ニ	5	○	
223		<i>Typhrocarcinus villosus</i>	メクラガ'ニ	15	○	
224		GONEPLACIDAE	エンコウガ'ニ科	9		
225	カクガ'ニ	<i>Asthenognathus inaequipipes</i>	ヨコナガ'モト'キ	13	○	
226		<i>Pinnotheres</i> sp.	シロビ'ソノ属	1	○	
227		<i>Xenophthalmus pinnotheroides</i>	メシビ'ソノ	4	○	
228	スガ'ニ	<i>Camptandrium sexdentatum</i>	ムツバ'アリアケガ'ニ	11	○	

注) A : 「○」は多様性指数の計算、クラスター分析に使用した種類

表4.2-2(5) マクロベントス出現種一覧

番号	門	科	種名	和名	総個体数	A
229	節足動物	カイカマリ	DROMIIDAE	カイカマリ科	3	
230		ヘイダガニ	DORIPPIDAE	ヘイダガニ科	1	○
231		コブシガニ	<i>Arcania globata</i>	ヒメダガニ科	1	○
232		ケモガニ	<i>Pugettia incisa</i>	ヤハズモガニ	1	○
233			<i>Pugettia quadridens quadride</i>	ヨツバモガニ	1	○
234			MAJIDAE	ケモガニ科	1	○
235		ヤワラガニ	<i>Neorhynchoplax ariakensis</i>	アリアケヤワラガニ	1	○
236		ヒシガニ	<i>Parthenope valida intermedia</i>	セシジヒシガニ	1	○
237			<i>Parthenope sp.</i>		1	○
238			<i>megalopa cf BRACHYURA</i>	カニ垂目のメカロガニ	3	
239	シヤコ	<i>Clorida japonica</i>	サヌキメダコ	1	○	
240		<i>Oratosquilla sp.</i>	シヤコ属	2	○	
241	触手動物	ホウキムシ	<i>Phoronis sp.</i>		4	○
242		シヤミセンガイ	<i>Lingula sp.</i>		8	○
243	半索動物		BALANOGLOSSIDA	ギボシムシ目	3	
244	棘皮動物	スナケモヒトデ	<i>Ophiophragmus japonicus</i>	カキモヒトデ	2	○
245		クモヒトデ	<i>Ophiura kinbergi</i>	クシノハクモヒトデ	1	○
246			OPHIUROIDEA	クモヒトデ綱	90	
247		サンショウウニ	TEMNOPLEURIDAE	サンショウウニ科	1	○
248			ECHINOIDEA	ウニ綱	5	
249		イカリナマコ	<i>Protankyra bidentata</i>	トゲイカリナマコ	543	○
250			SYNAPTIDAE	イカリナマコ科	51	
251			HOLOTHUROIDEA	ナマコ綱	5	
252	原索動物	ナメクジウオ	<i>Branchiostoma belcherii</i>	ナメクジウオ	1	○
253	脊椎動物	ウミヘビ	OPHICHTHIDAE	ウミヘビ科	1	○
254		サイウオ	<i>Bregmaceros nectabanus</i>	トヤマサイウオ	2	○
255		ハセ	<i>Taenioides cirratus</i>	チワラスボ	1	○
256			GOBIIDAE	ハセ科	3	

注) A : 「○」は多様性指数の計算、クラスター分析に使用した種類

#### 4.3 底質・底生生物群集による海域区分

底質および底生生物（個体数）による地点間の類似度指数（ $C_{\pi}$ ）を求め、Moundford法によるクラスター分析（群分析）を行った（木元 1967）。この手法は各調査地点を類似性の高いグループに分け、それをもとに海域を区分する解析手法である。

ここで、類似度指数  $C_{\pi}$  とは、地点間の生物群集の類似性を表す指数であり、例えば2地点の生物群集の構成が全く同一であれば値は1となり、類似性が低下するほど値が低くなり、構成が全く異なれば値は0となる。

$$C_{\pi} = 2 \sum_{i=1}^s n_{1i} n_{2i} / \left( \sum \Pi_1^2 + \sum \Pi_2^2 \right) N_1 \cdot N_2$$

$$\sum \Pi_1^2 = \sum_{i=1}^s n_{1i}^2 / N_1^2 \quad \sum \Pi_2^2 = \sum_{i=1}^s n_{2i}^2 / N_2^2$$

ここで、 $n_{1i}$  は1番目の地点の種類毎の個体数、 $N_1$  は総個体数を、 $n_{2i}$  は2番目の地点の種類毎の個体数、 $N_2$  は総個体数である。

底質の粒度組成、含有量および底生生物群集についてクラスター分析を行い、Mountford法によるデンドログラムからある  $C_{\pi}$  の水準でタイプ分けした（表 4.3-1）。

表 4.3-1 底質・底生生物のクラスター分析の概要

項目	データの種類	データ数	$C_{\pi}$	区分数
底質(粒度組成)	中礫, 細礫, 粗砂, 細砂, シルト, 粘土	6	0.95	6
底質(含有量)	硫化物, TOC, T-N, T-P(いずれも, mg/cm <sup>3</sup> ), 泥分, 中央粒径 $\phi_{50}$	6	0.78	5
底生生物	表 4.2-2 に示す種の個体数	187	0.38	13

(1) 底質（粒度組成） 図 4.3-1、4.3-2

シルト・粘土が80%以上のAグループは北部海域から南部海域東岸にかけて分布し、砂・礫が80%以上を占めるE・Fグループは西部海域および南部海域西岸ににかけて分布している。

(2) 底質（含有量） 図 4.3-3、4.3-4

泥分が高く、T-P以外の含有量が高いaグループは北部海域から南部海域にかけて広く分布している。泥分が低いが、TOC、T-N、T-Pが高いcグループは八幡瀬戸と南部海域との間の島嶼の水道海域などの魚類養殖場周辺に分布している。

(3) 底生生物 図 4.3-5、4.3-6

地点間の  $C_{\pi}$  は比較的低いことから、当該海域の底生生物群集が多様であることが推察される。主な底生生物群集型の概要を表 4.3-2 に示した。北部海域の湾奥では少数種の卓越により強く特徴づけられる（Iグループ）。これに加えて、御所浦・獅子島及び長島間の島嶼水道部及び入江状の沿岸部の主として砂礫底海域の多様な生物群集が局地的に分布する特性を示した。

表 4.3-2 主な底生生物群集型の概要

群集型	海域の範囲	主な出現種
I	北部海域最奥部の干潟部周辺の海域	干潟域の環境に対応したトゲイカリナマコ、エドガワミズゴマツボなどの群集が形成されている。 環形動物門以外の個体数が卓越し、個体数が最も多い。その他の海域は、概ね環形動物門が卓越している。
II	最奥部の干潟域に連続した沖合いで、八代港、球磨川河口前面に広がる海域	<i>Paraprionospio</i> sp.(B型)、モロテゴカイ等の多毛綱群集が卓越する内湾性の富栄養～有機汚濁海域とみられる。
III	北部海域の南部中央、南部海域の沿岸部及び天草上島南部に分布する局所的な海域	<i>Sigambra tentaculata</i> 等の多毛綱が卓越する。
IV	北部海域のII海域沖側とIII海域と同様に南部海域沿岸部及び御所浦島南西部に分布する局所的な海域	<i>Magelona</i> 属の種類、 <i>Lumbrineris longifolia</i> 等の多毛綱が卓越する。多毛綱が卓越する点ではIII海域と同様であるが、出現種の優占順位が異なる。
V	北部海域の南部から南部海域の中央部に広がるやや沖合い型の海域	ノラリウロコムシ科の <i>Sthenolepis</i> sp. が卓越する。種類数、個体数とも最も少ない海域。
VI～XIII	—	—

1975～1977年(S50～52)に21地点で行った菊池等<sup>1</sup>の調査によると、底生生物区分は2タイプに大きく分かれて、それぞれの底層の海水流動の強さと堆積物の性格に強く依存している。しかも、この両タイプ以外に局所的な環境に規定される局地的分布が伺われると述べており、本調査でも同様の結果を得た。このように、八代海における底生生物の分布パターンは地形による底質、海水流動等の大きな環境要因によって強く規定されており、基本的な分布パターンは安定しているものと考えられる。

<sup>1</sup> 菊池泰二・田中雅生(1978)特定研究「海域保全」有明海班(昭和50～52年度)研究成果報告,59-74.

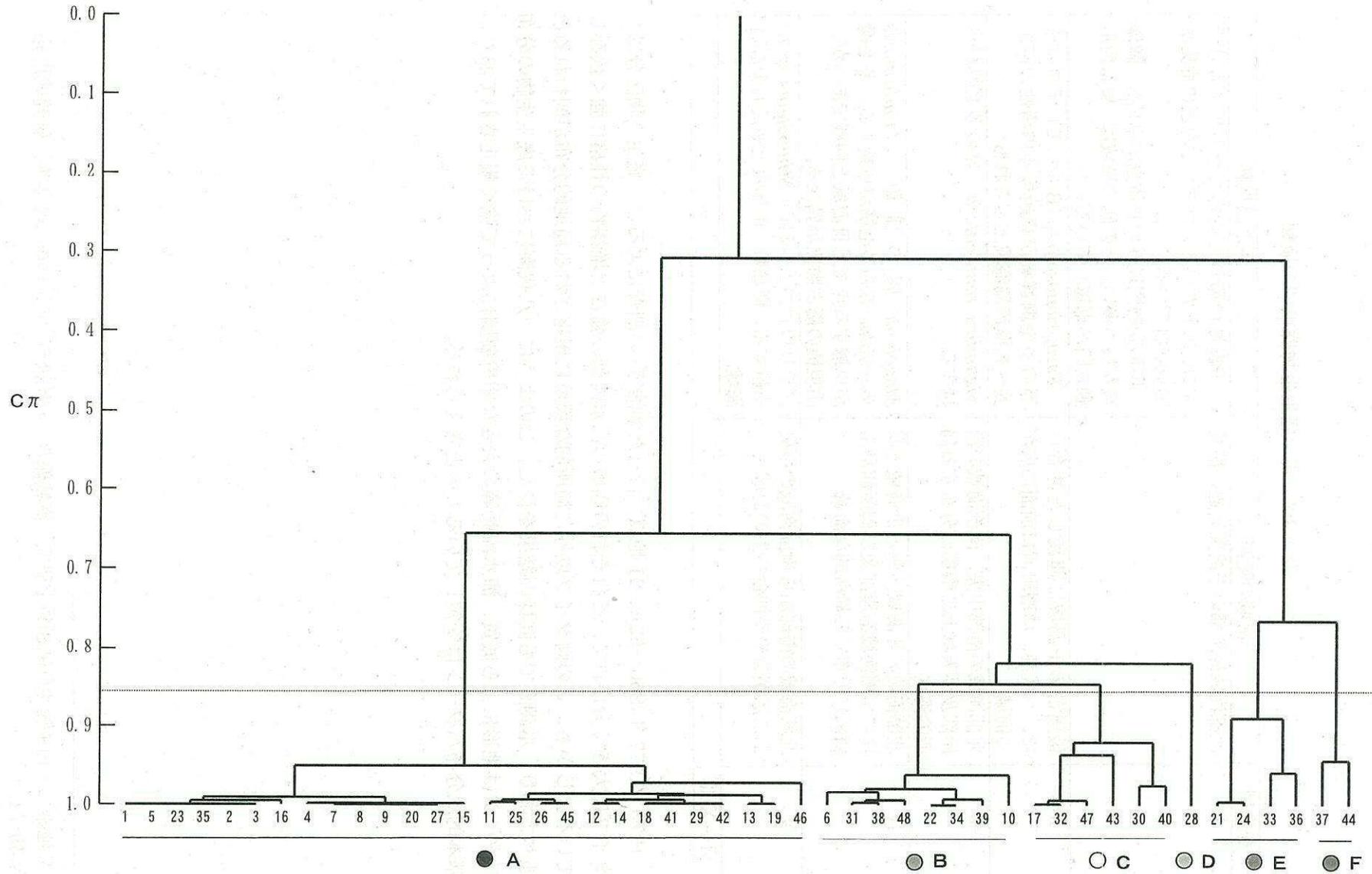


図 4.3-1 Mountford 法による底質(粒度組成)のデンドログラム

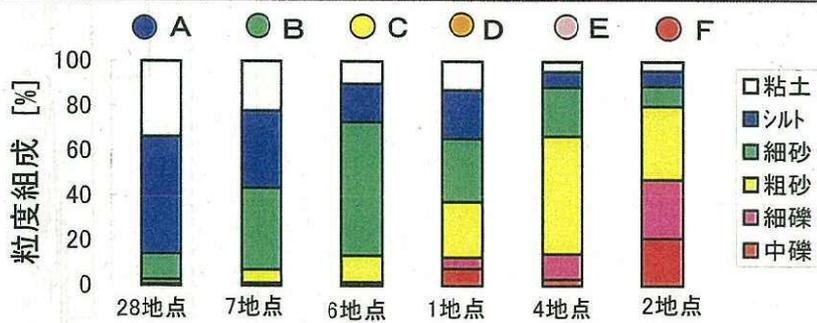
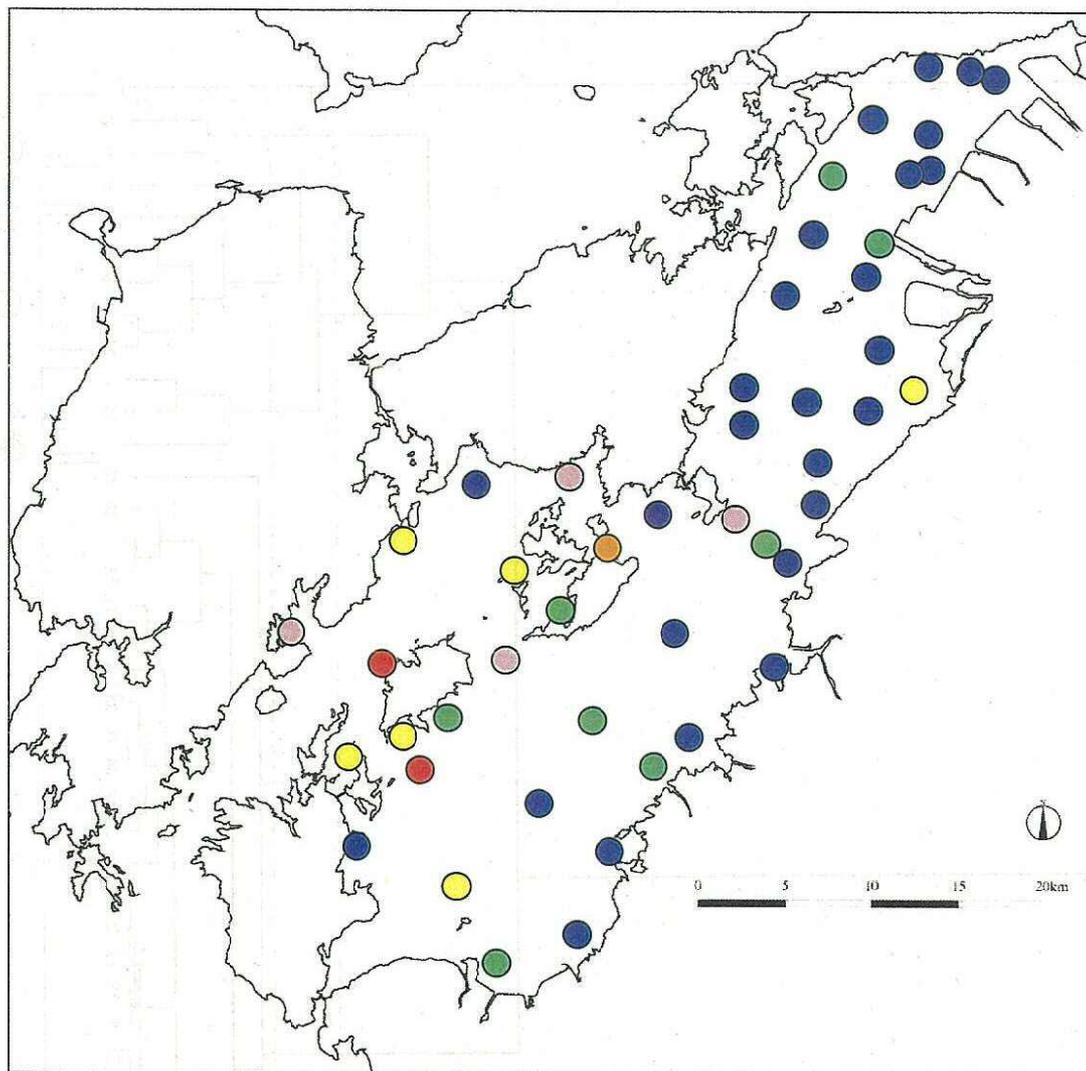


図 4.3-2 クラスタ分析による底質(粒度組成)グループの分布と平均値

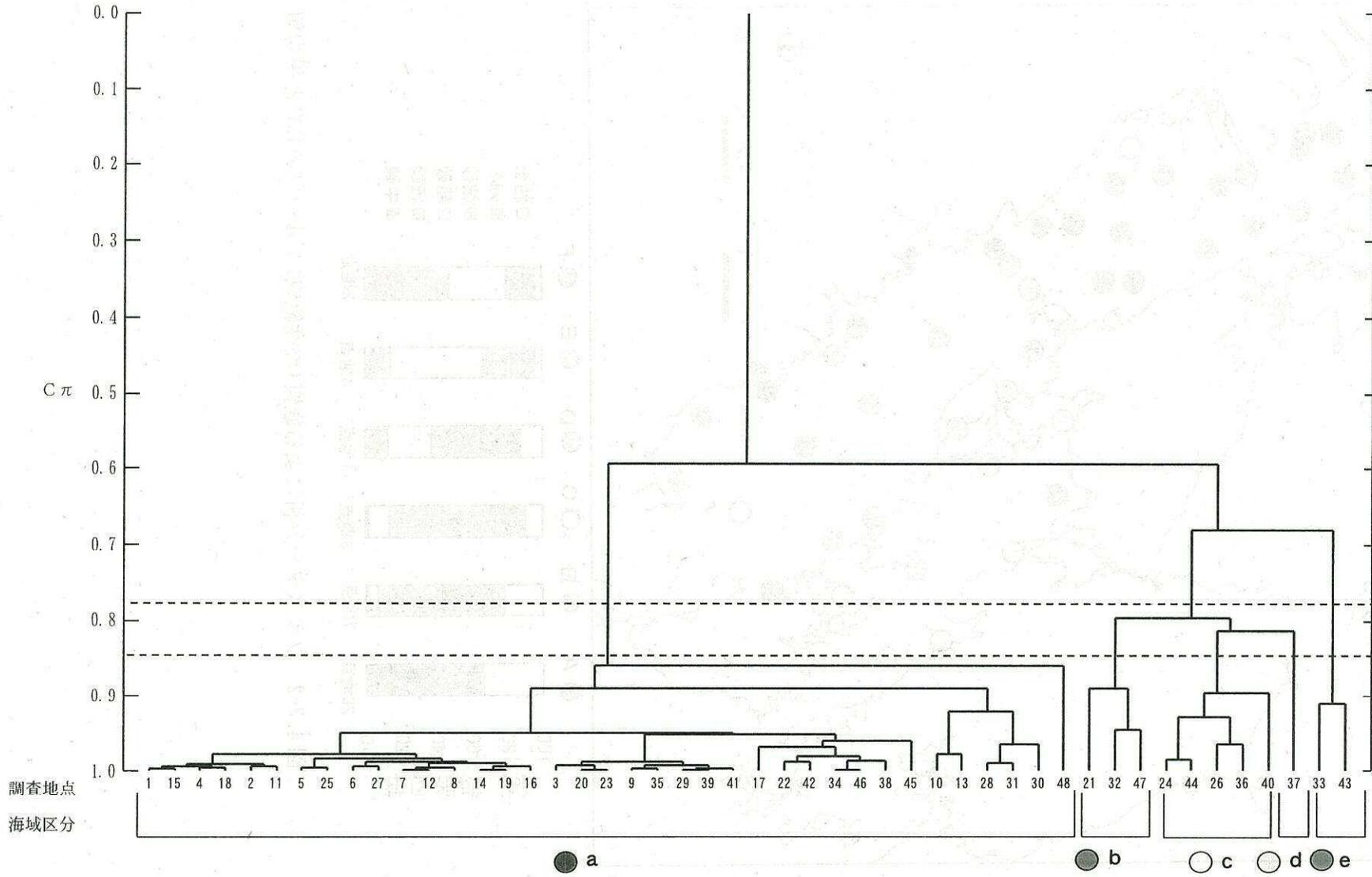
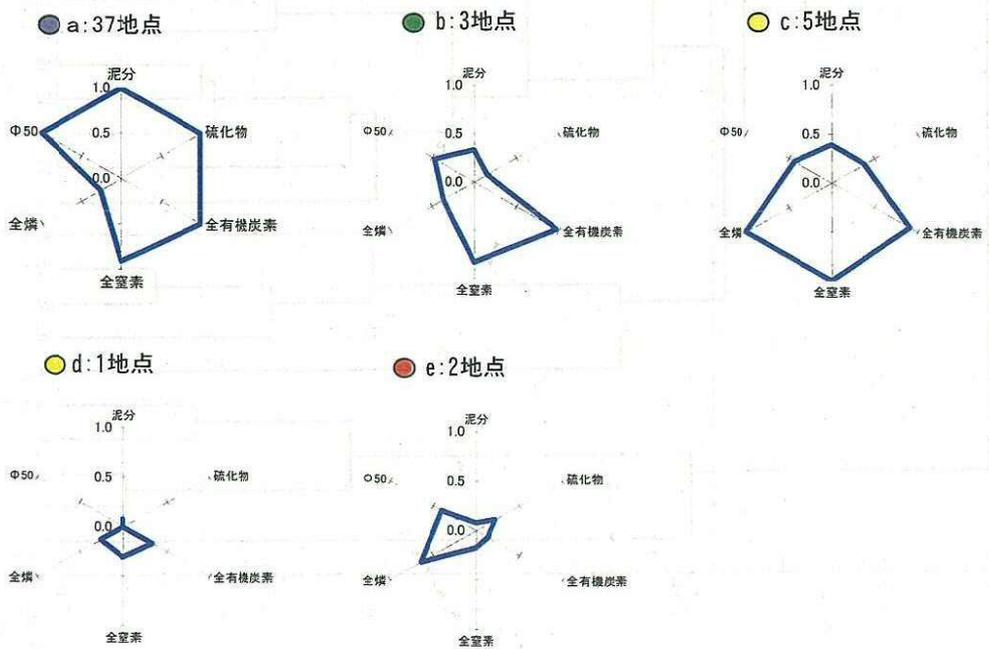
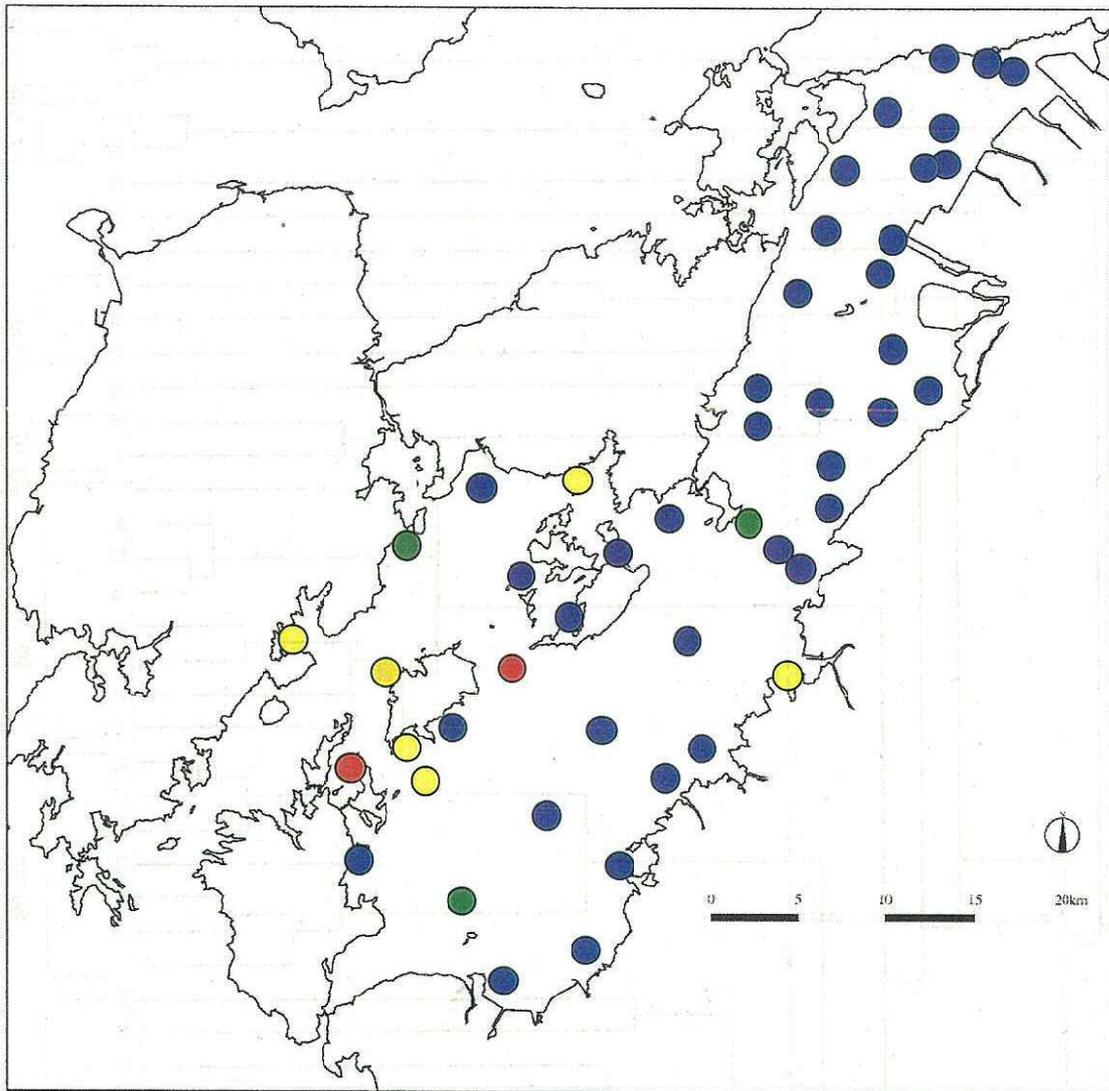


図 4.3-3 Mountford 法による底質(含有量)のデンドログラム



注: 底質グラフは、それぞれの海域別平均値を、その最大値で割った値で作成。

図 4.3-4 クラスター分析による底質(含有量)グループの分布と平均値

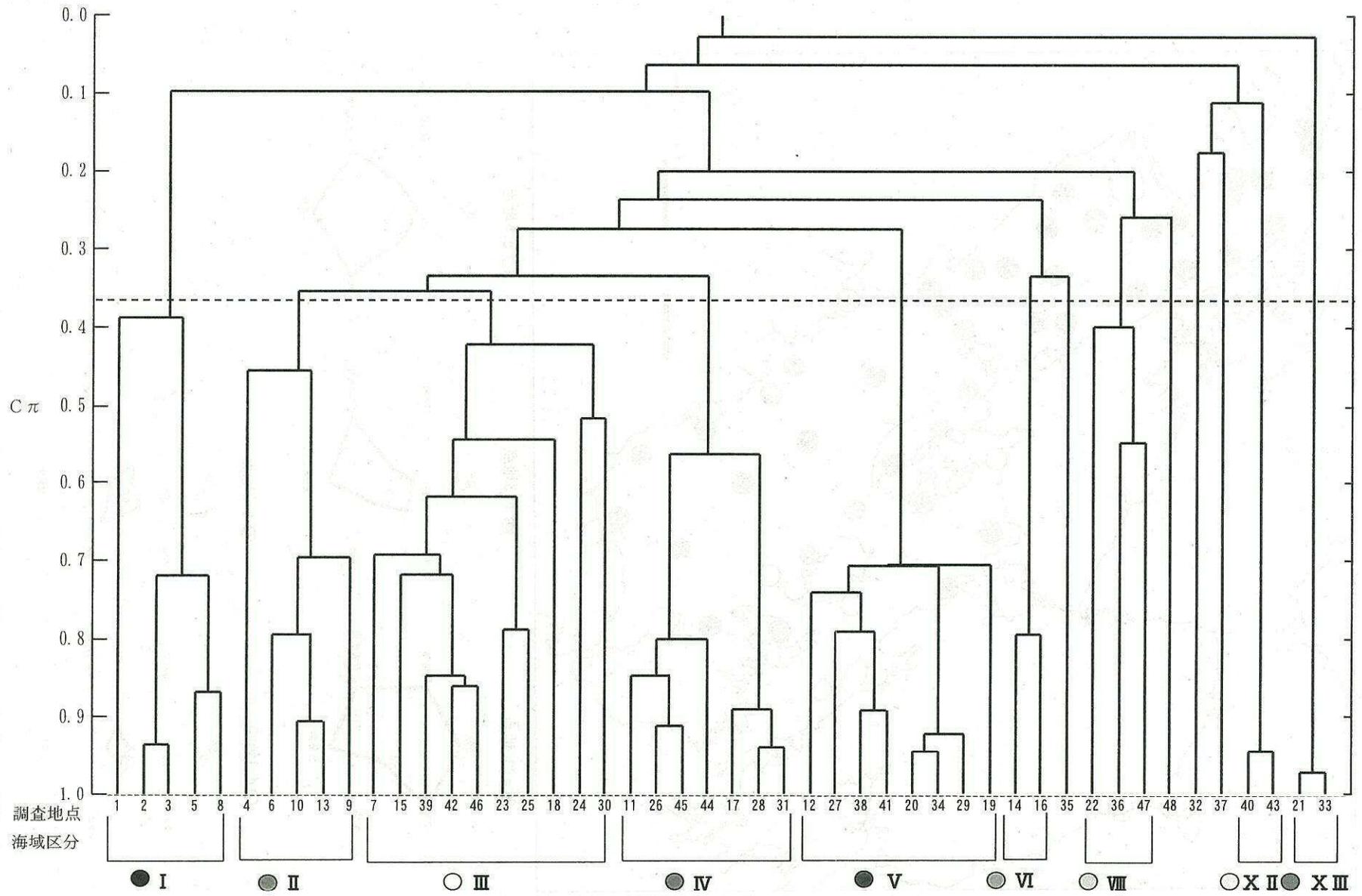
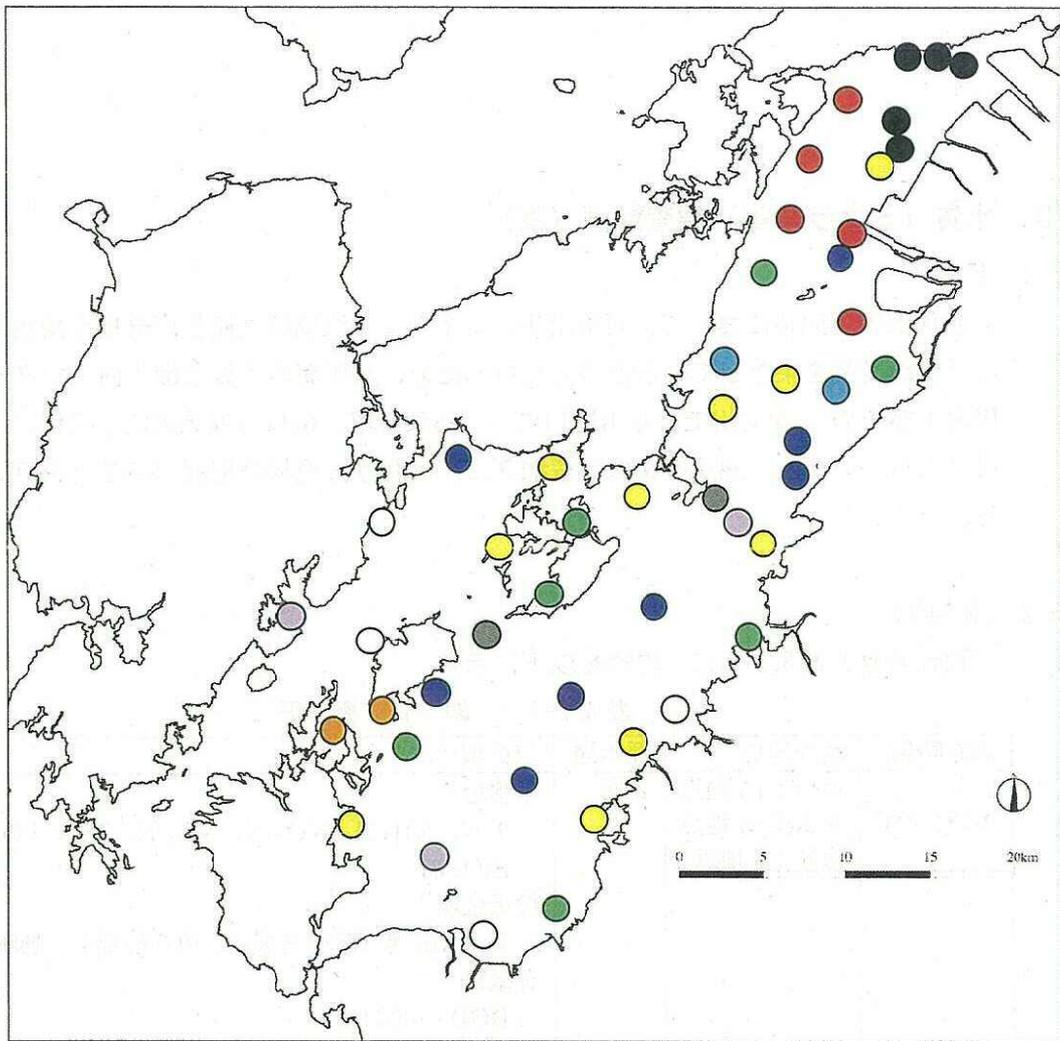


図 4.3-5 Mountford 法による底生生物群集によるデンドログラム



分類群	種名	群集型													全地点	
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII		
刺胞動物	ハナキソコウ科														17.6	
軟体動物	イトガワミゴマツホ	9.9														
	マルハシカイ														5.9	
環形動物	チリハシカイ科	9.2														
	サウカイ															4.5
	<i>Sthenolepis</i> sp.		6.7	10.6		52.3	8.7	12.5							15.6	
	<i>Pisone</i> sp.															8.2
	<i>Gyptis</i> sp.															6.2
	<i>Ophiodromus</i> sp.									12.5						
	<i>Sigambra tentaculata</i>		7.5	29.1				10.8								
	<i>Glycera</i> sp.								12.5	11.5	6.6					
	<i>Nephtys</i> sp.					5.1										
	<i>Eunice</i> sp.														11.8	
	<i>Lumbrineris longifolia</i>				18.4											
	<i>Protodorvillea</i> sp.														6.2	
	<i>Aonides oxycephala</i>														44.1	6.3
	<i>Paraprionospio</i> sp. (C型)															6.1
	<i>Paraprionospio</i> sp. (B型)	6.5	26.4													
	<i>Spiophanes</i> sp.														5.9	
	モロコカイ		12.5	5.5	17.0						8.0					5.9
	<i>Magelona</i> sp.			8.1	25.9	8.7				8.2						7.6
	<i>Phyllochaetopterus</i> sp.															53.0
	<i>Chaetozone</i> sp.										8.5					
<i>Tharyx</i> sp.									12.5						10.6	
<i>Heteromastus</i> sp.															32.4	
<i>Noiomastus</i> sp.		5.0								20.4						
<i>Armandia</i> sp.															7.2	
トノサマゴカイ科															8.8	
<i>Chone</i> sp.									7.1							
星口動物	タテホムシ科														22.2	
節足動物	ニッポンスガノ														20.6	
	マルコシラエビ									12.5						
	カドソコシラエビ									12.5	5.0					
	ムラサキエビ属									9.1						
ヨコガモトキ									15.0	25.0						
棘皮動物	トゲイカリナマ	37.0														
脊椎動物	トヤマサウオ														12.6	
地点数		5	5	10	7	8	2	1	3	1	1	1	1	2	2	48

注) 優占種は各群集型の上位5種、ただし5%未満は除く。

図 4.3-6 クラスタ分析による底生生物群集型の分布と優占種

## 5. 水質（ミネラル等）調査計画（案）

### 5.1 目的

八代海の生態系において、河川由来のミネラルが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ため、八代海の主要な流入河川である球磨川およびその1次支川である川辺川における栄養塩、微量元素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する。

### 5.2 調査内容

調査概要を表5.2-1に、内容を以下に示す。

表5.2-1 調査概要

調査時期	調査地点	採水層	分析項目
2季 冬季、夏季	河川：15地点 ダム湖：3地点 海域：3地点	表層	栄養塩 T-N、NH <sub>4</sub> -N、NO <sub>2</sub> -N、NO <sub>3</sub> -N、T-P、PO <sub>4</sub> -P、 SiO <sub>2</sub> -Si 微量元素 Fe、Mn等（溶存有機態、溶存無機態、懸濁態） 有機物 BOD、COD 一般項目 水温、濁度、SS、VSS 植物プランクトン（ダム湖、海域のみ） 総細胞数の計数と主要種の同定、クロフィル a、フェオフィチン

#### (1) 調査時期

有害赤潮の発生頻度が高い夏季と、ノリ養殖を始めとする海藻の繁茂期にあたる冬季に実施する。

#### (2) 調査点、調査層

図5.2-1に示す河川15点、ダム湖内3点、海域3点で調査を行なう。

調査点は、流下過程での水質変化を把握できるように、図5.2-2に示すとおり河川合流部では合流前後、ダム部ではダム流入部、湖内、直下を選定した他、市街地からの排水流入影響点や既設の水質調査点を加えて選定した。また、海域調査点は現行の調査点の中から、河川影響を強く受ける調査点、魚類養殖場の影響を強く受ける調査点、これらに対するバックグラウンドとなる調査点の3点を選定した。調査層は、いずれも表層とする。

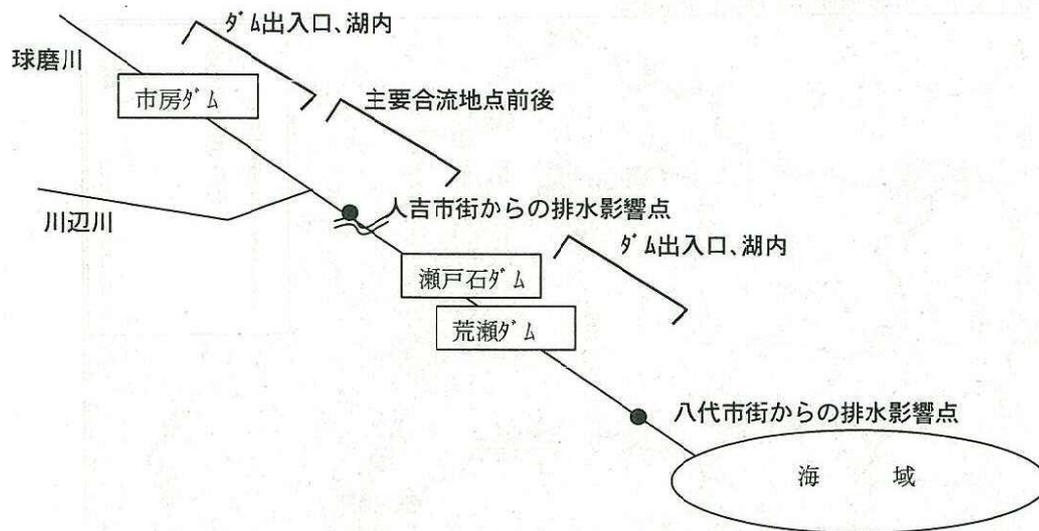


図 5.2-2 調査点配置の概要

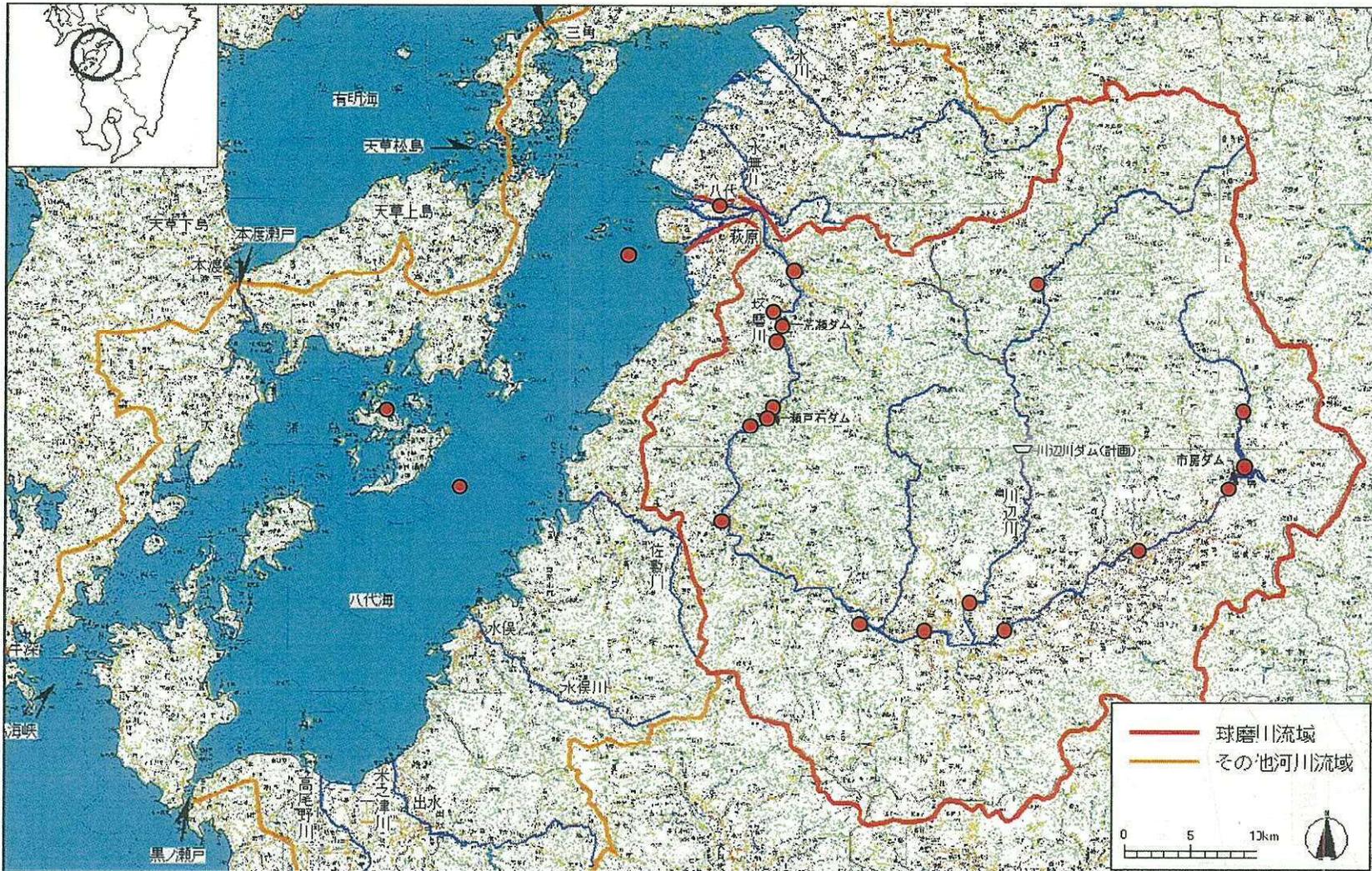
(3) 調査項目

ミネラルとは、生体内を含む環境中に存在する微量無機元素を指し、生体の存在そのものや代謝、繁殖、成長等の生理活性に欠かせないものである。

海域の生物にとって必要なミネラルを網羅することは困難であるので、ここでは海域での基礎生産を担う藻類（植物プランクトンとノリ）の生育に必要な元素を対象とした。

藻類の培養液の成分に着目して抽出した主要ミネラルの河川水、海水、プランクトン、海藻中の濃度は表 5.2-2 に示すとおりであり、そのうち海水中よりも河川水中に多く存在し、河川からの供給が変化すれば海域の生物に影響する可能性が考えられる主な成分として窒素、燐、けい素等の栄養塩、鉄、マンガン等の微量金属について分析を行う。

また、採水時の水質の基本情報として、水温、濁り、BOD、COD等の分析を行う他、浮遊性植物プランクトンの試水に対する影響が大きいと考えられるダム湖、海域調査点においては、プランクトンの調査もあわせて実施する。



調査点	微量元素分析
市房ダム上流	○
市房ダム	○
市房ダム直下流	○
多良木	○
一武	○
人吉	○
天狗橋	○
大野	○
瀬戸石ダム上流	○
瀬戸石ダム	○
瀬戸石ダム直下流	○
荒瀬ダム上流	○
荒瀬ダム内	○
荒瀬ダム直下流	○
横石	○
八代市街地	○
五木宮園	○
柳瀬	○
海域3地点	○

図5.2-1 調査地点

表 5.2-2 河川水、海水、藻類中の主要なミネラルとその濃度

名 称	元 素 記号	河川水中の 濃度 (mg/L)	海水中の元素 含量 (mg/L)	海産プランクトン (mg/kg)	海 藻 (mg/kg)
カリウム	K	1.0	391		50~5,000
ナトリウム	Na	5.1	10,770		1,000
カルシウム	Ca	6.3	412		200~50,000
マグネシウム	Mg	2.4	1,290		500~7,300
鉄	Fe	0.48	0.03		10~1,300
塩素	Cl	5.2	19,350		
マンガン	Mn	<0.01~ 0.07	0.002	118	
銅	Cu	0.0014	0.0009	36	1.4~5.5
亜鉛	Zn	0.0050	0.005	282	3.4~170
ヨウ素	I	0.0022	0.064		4~500
ケイ素	Si	8.1	2.9		580~640

資料：河川水濃度は菅原健ら(1963)、ただし、河川水中のマンガン濃度は水質年表 第39回 平成10年、建設省河川局編(2000)、海水濃度は、海洋学講座6 海洋無機化学、財団法人東京大学出版会(1975)、海産プランクトン中濃度はRiley&Roth(1971)より作成

# 巻末資料

## 目次

3層メッシュモデルによる計算	(3-1)
1. モデルの内容	(3-1)
1.1 流動モデル	(3-1)
(1) 基本式	(3-1)
(2) 計算条件	(3-3)
(3) 現況再現性	(3-8)
1.2 水質モデル	(3-17)
(1) 基本式	(3-17)
(2) 計算条件	(3-21)
(3) 現況再現性	(3-28)
2. 川辺川ダムの影響検討再現性	(3-32)
 付属資料-流況計算結果	(3-37)
 多層メッシュモデルの層分割について	(3-64)
(1) 八代海の水温・水質鉛直分布[平成13年夏季調査]	(3-64)
(2) 多層メッシュモデルの層分割	(3-79)

### 3層メッシュモデルによる計算

#### 1. モデルの内容

3層メッシュモデルでは、八代海を500mメッシュで表現したものである。

計算対象時期及び負荷量等の与条件は、基本的にボックスモデルと同じとしているが、現況再現性についてはボックスモデルとは異なり、観測点毎の潮流・水質について評価を行った。

##### 1.1 流動モデル

###### (1) 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<sup>2</sup>)、 $p$ : 圧力 (g/cm<sup>2</sup>)、 $\rho$ : 密度 (g/cm<sup>3</sup>)、 $A_H, A_Z$ : 渦動粘性係数 (cm<sup>2</sup>/s)、 $K_H, K_Z$ : 渦動拡散係数 (cm<sup>2</sup>/s)、 $T$ : 温度 (°C)、 $S$ : 塩分、 $\phi$ : 海面での熱フラックス (cal/cm<sup>2</sup>/s)、 $C_w$ : 比熱 (cal/g/°C) である。

また、海面での熱フラックス  $\phi$  は以下のように計算される。

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

$\phi_s, \phi_b, \phi_c, \phi_e$  は次ページに示すとおりである。

a) 吸収日射量  $\phi_s$

$$\phi_s = (1 - \alpha_r) \phi_{s0}$$

$\alpha_r$ : 水面反射率、 $\phi_{s0}$ : 海面での日射量 (kcal/m<sup>2</sup>/日)

b) 有効長波放射量  $\phi_b$

$$\phi_b = S_{\sigma} \theta_w^4 (1 - a - b \sqrt{e(T_a)}) (1 - cn^2) + 4S_{\sigma} \theta_w^3 (T_w - T_a)$$

$$e(T_a) = f e_s(T_a)$$

$$e_s(T_a) = 6.11 \times 10^{\frac{7.5T_a}{237.3 + T_a}}$$

$S_{\sigma}$ :  $1.32 \times 10^{-12}$ 、 $\theta_w$ : 海水の絶対温度 (K)、 $a$ : 0.51、 $b$ : 0.066、 $T_a$ : 接水大気の気温 (°C)、  
 $f$ : 相対湿度、 $e(T_a)$ :  $T_a$  (°C) における大気水蒸気圧、 $e_s(T_a)$ :  $T_a$  (°C) における水面上の飽和蒸気圧 (mb)、 $c$ : 0.65、 $n$ : 雲量 (0~1)、 $T_w$ : 水温 (°C)

c) 大気と水面間の乱流伝達係数 (顕熱輸送量)  $\phi_c$

$$\phi_c = K_c \{T_w - T_a\}$$

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

$K_c$ : 乱流熱伝達係数 (cal/cm<sup>2</sup> · s · °C)、 $W$ : 海面上の風速 (m/s)

d) 水の相変化に伴う潜熱  $\phi_e$

$$\phi_e = \frac{\phi_c}{B}$$

$$B = \frac{0.66(T_w - T_a)}{e_s(T_w) - e(T_a)}$$

$e_s(T_w)$ :  $T_w$  (°C) における水面上の飽和蒸気圧 (mb)

(2)計算条件

①空間分割

水平分割：500mメッシュ

鉛直分割：3層（海面下0～3m、3～10m、10m～海底）

②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

③開境界条件

a) 境界水温・塩分

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表1.1-1に示すとおり設定した。

表 1.1-1 開境界水温・塩分（平成6～8年、6～8月の平均値）

		第1層	第2層	第3層	設定方法	
東シナ海側	水温(℃)	24.6	24.3	22.9	熊本県沿岸定線 St. 10 より設定	
	塩分	33.7	33.8	34.0		
天草下島北側	水温(℃)	22.8	22.7	22.5	浅海定線 St. A の測定値より設定	
	塩分	33.2	33.2	33.3		
有明海側	水温(℃)	口之津側	23.7	23.3	浅海定線 St. 3, St. 6 の測定値より設定	
		三角側	23.2	23.2		22.9
	塩分	口之津側	32.2	32.4		32.7
		三角側	32.3	32.4		32.6

b) 境界潮位

図 1.1-1 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以下の通り設定した。

表 1.1-2 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 (°)							
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)

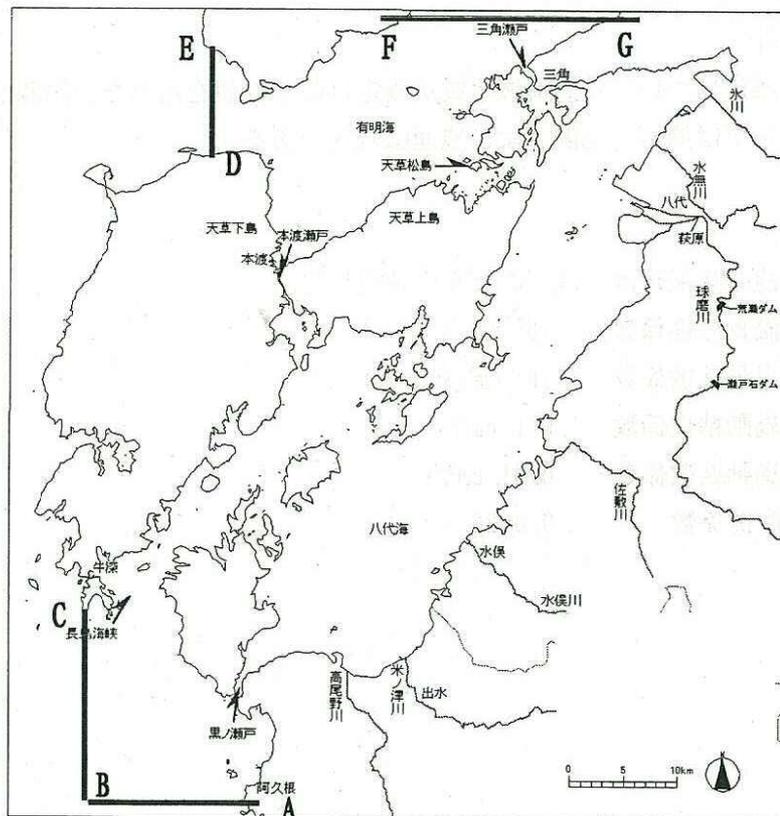


図 1.1-1 開境界位置

#### ④流入水量

##### a) 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16～671m<sup>3</sup>/s、平均119m<sup>3</sup>/sであり、これを平常時の球磨川河川流量とした。

##### b) 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（9.35m<sup>3</sup>/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、表1.1-3、図1.1-2に示すとおりである。

#### ⑤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。

#### ⑥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 <sup>6</sup> cm <sup>2</sup> /s
水平渦動拡散係数	10 <sup>6</sup> cm <sup>2</sup> /s
鉛直渦動粘性係数	0.1 cm <sup>2</sup> /s
鉛直渦動拡散係数	0.01 cm <sup>2</sup> /s
海底摩擦係数	0.0026

表 1.1-3 流入水量

番号	河川名	流域面積(km <sup>2</sup> )	流量(m <sup>3</sup> /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	八杖戸川	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 <sup>2</sup> )	流量(m <sup>3</sup> /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

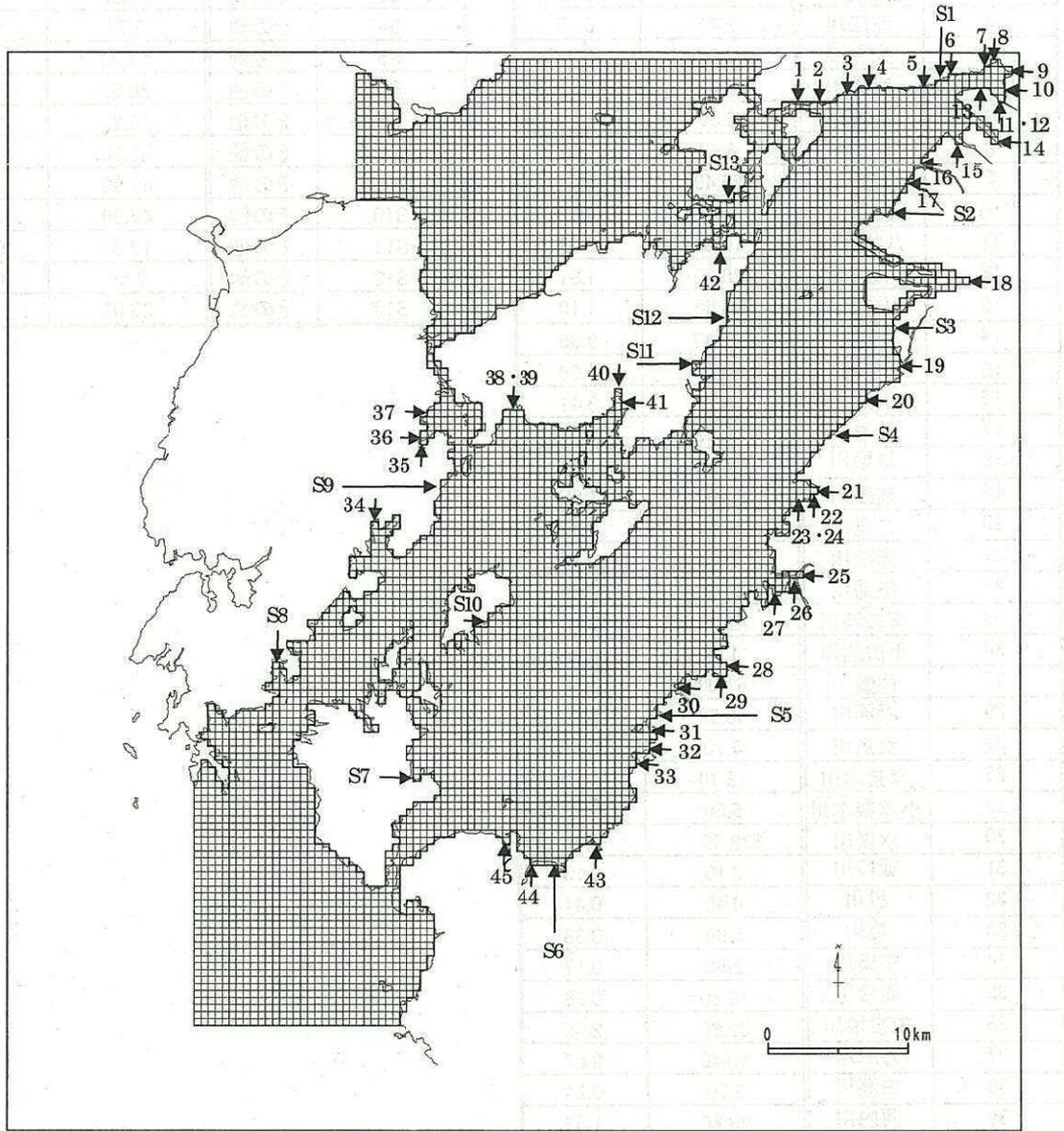


图 1.1-2 流入位置

(3)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1.1-3～図1.1-5に示す。

- 平成13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)
- 平成6～8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

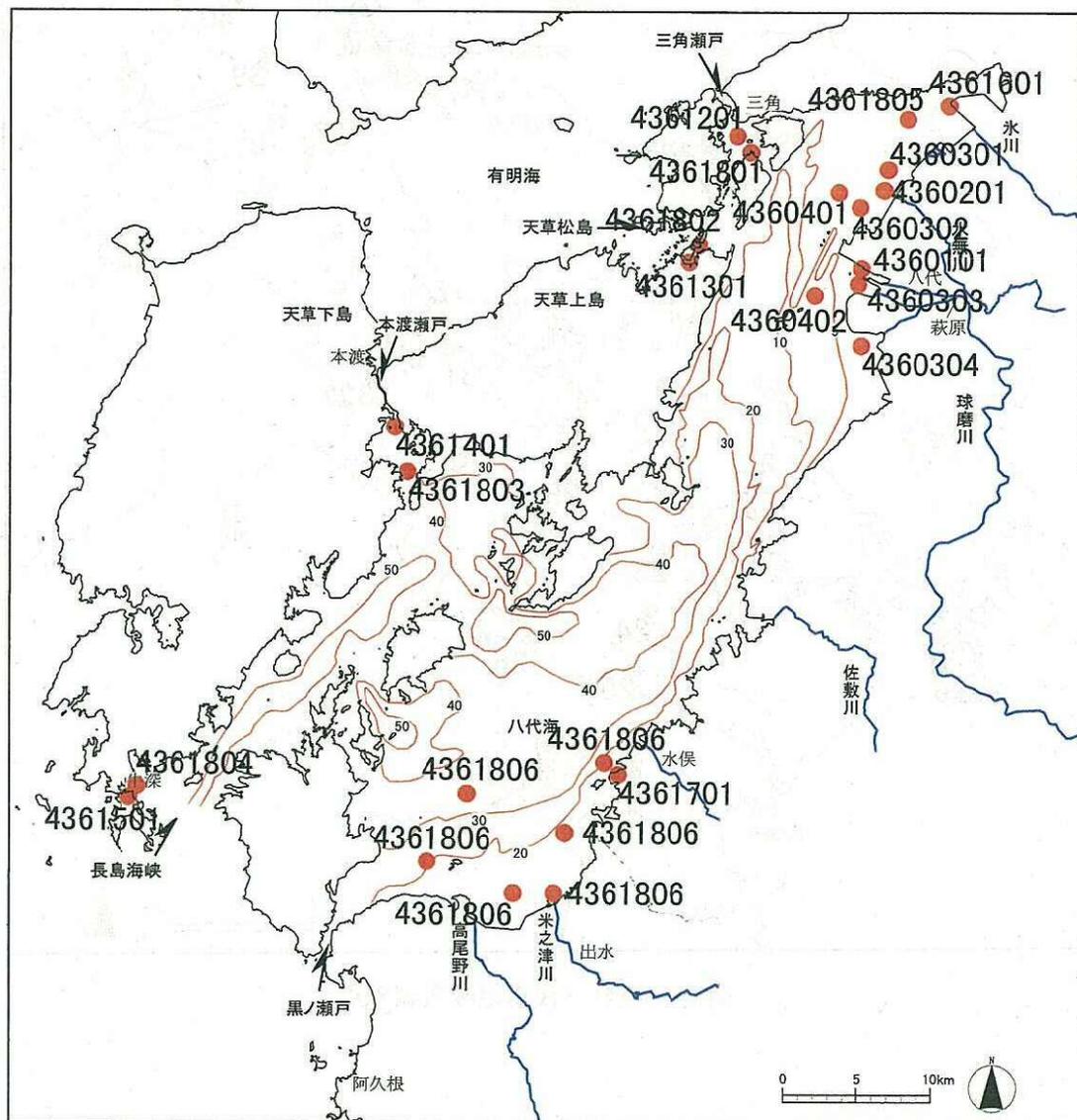


図1.1-4(1) 公共用水域水質調査点

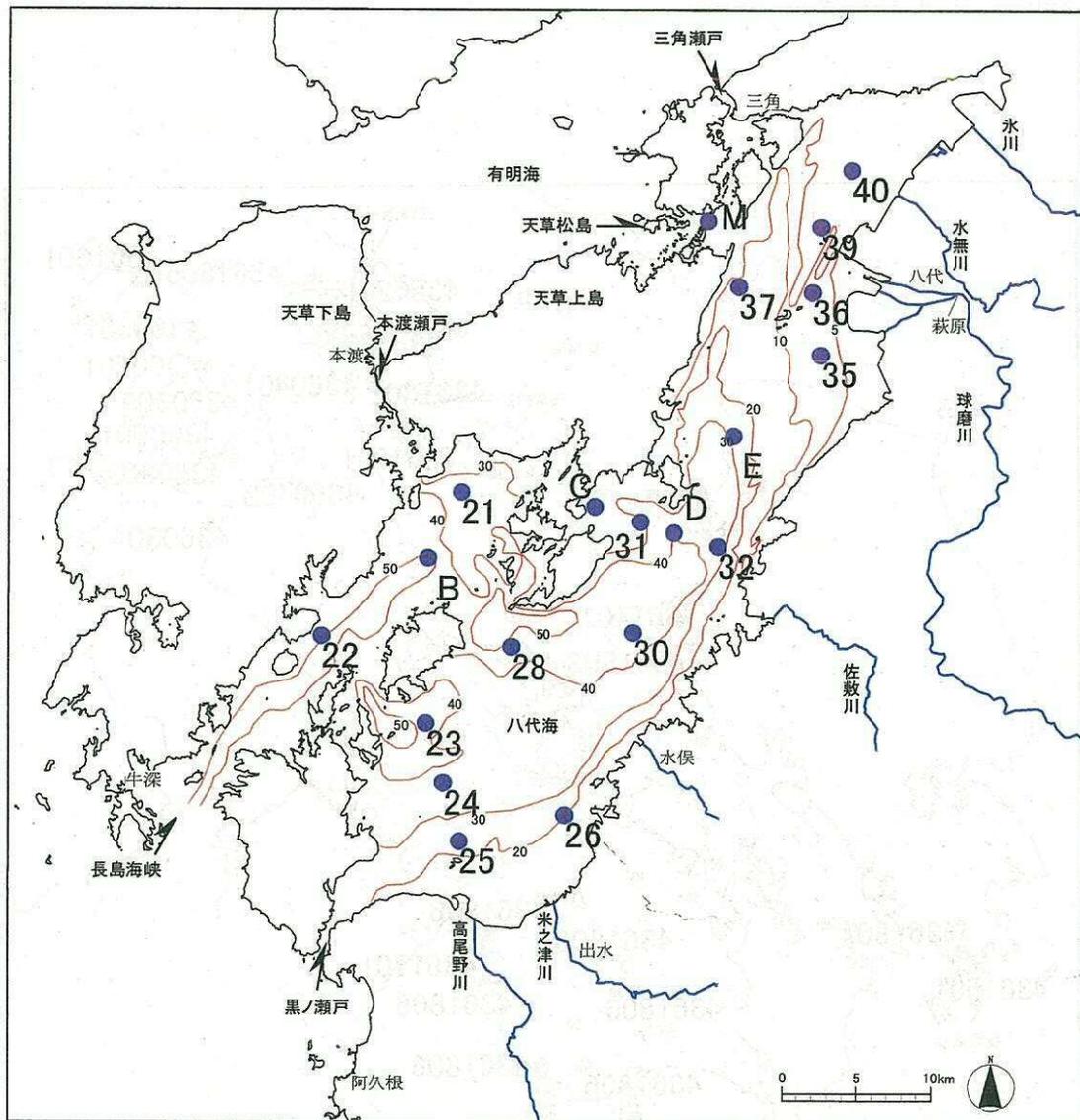


図 1.1-4(2) 浅海定線質調査点

【K<sub>1</sub>潮】

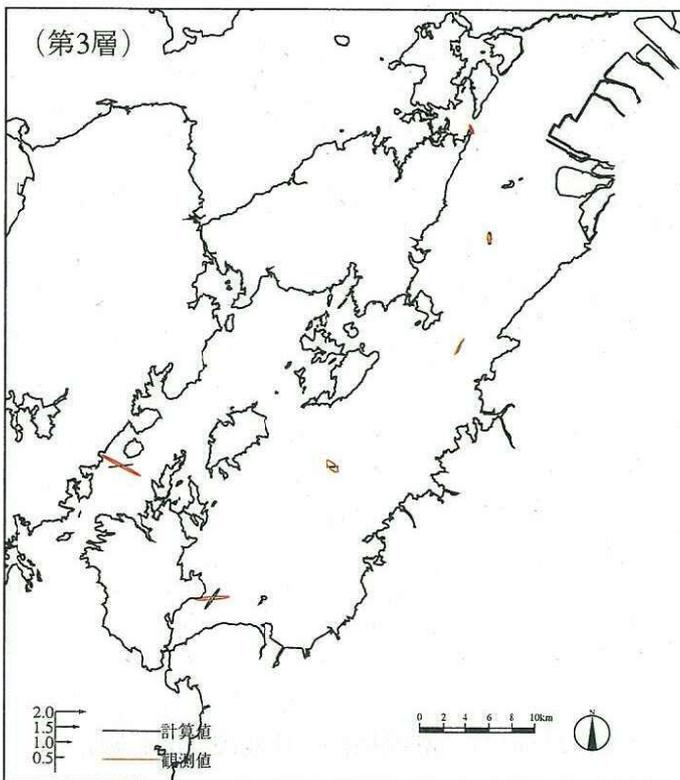
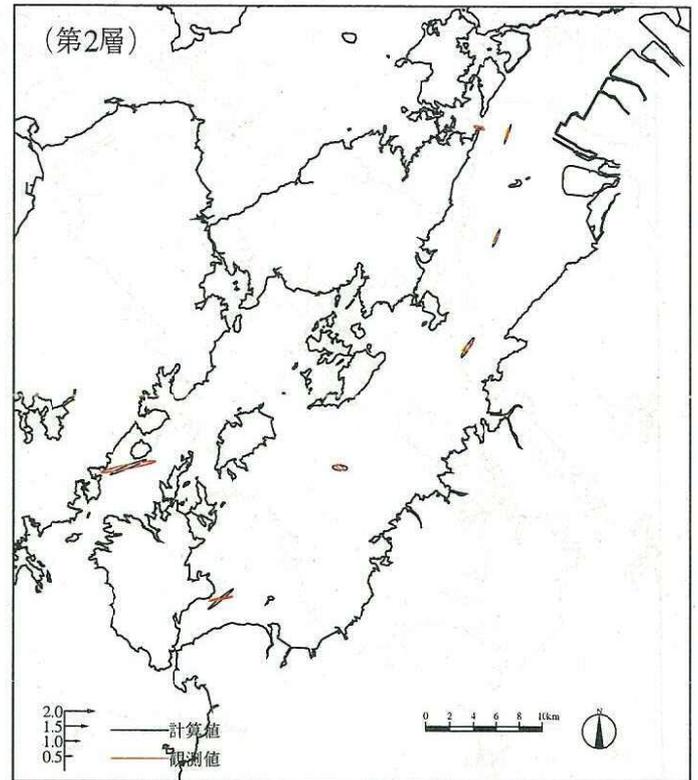
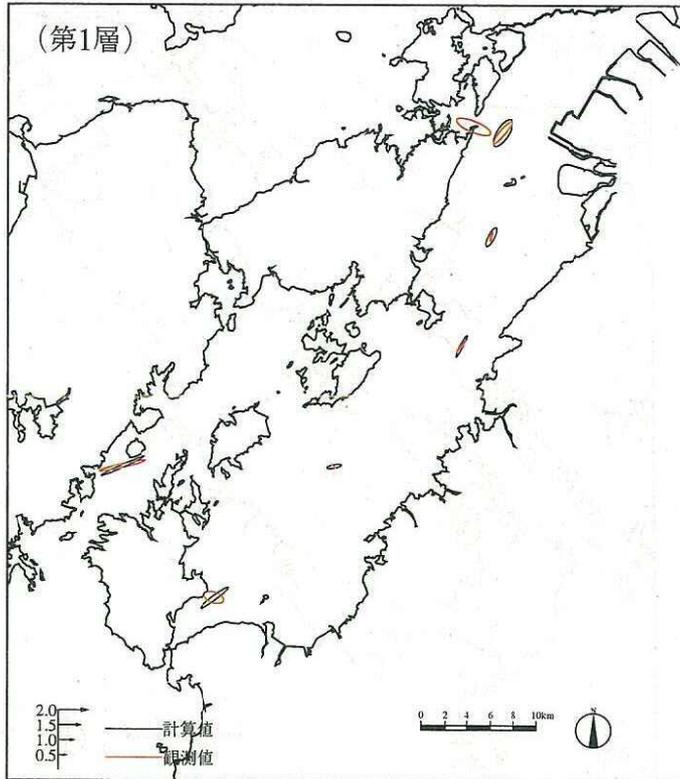


図 1.1-3 (1) 潮流楕円の比較図 (K<sub>1</sub>分潮)

【O<sub>1</sub>潮】

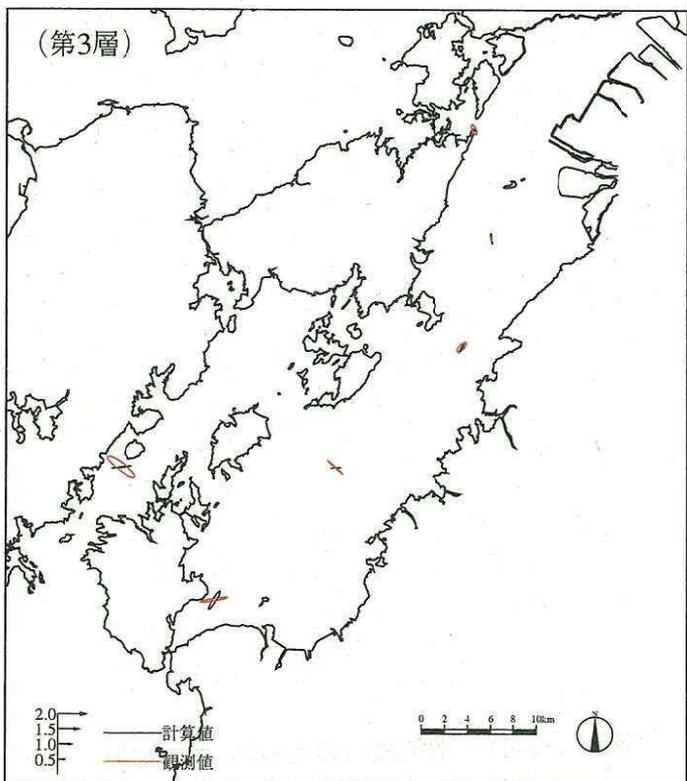
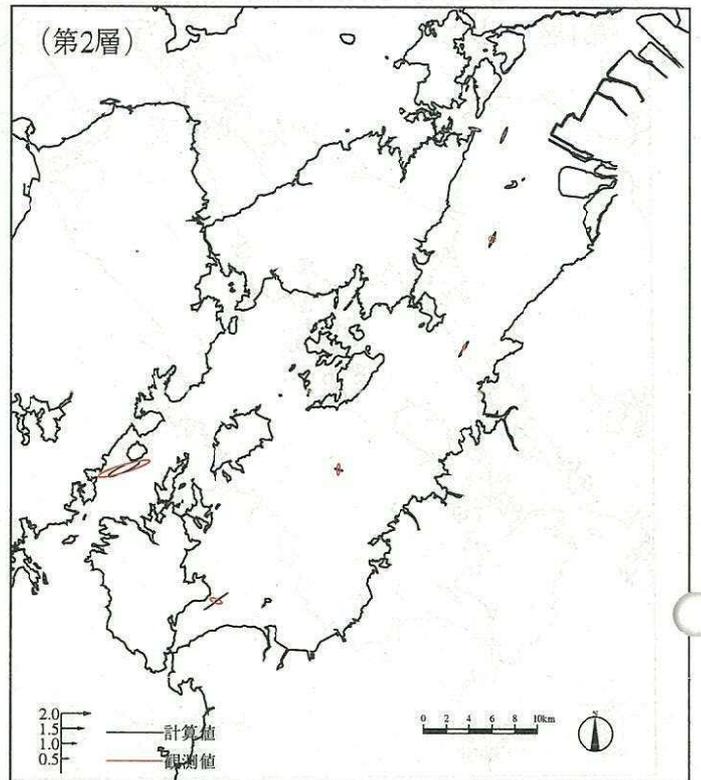
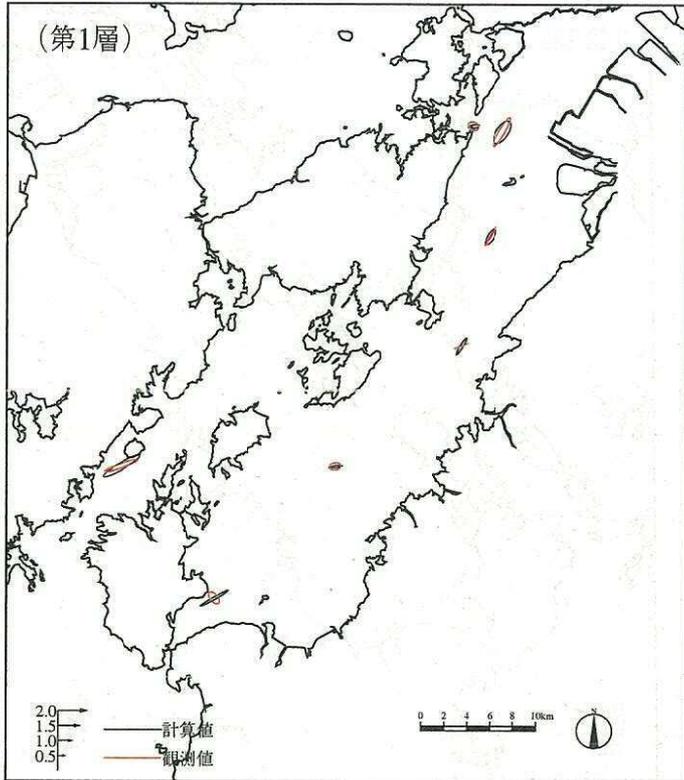


図 1.1-3(2) 潮流楕円の比較図 (O<sub>1</sub>分潮)

【M<sub>2</sub>潮】

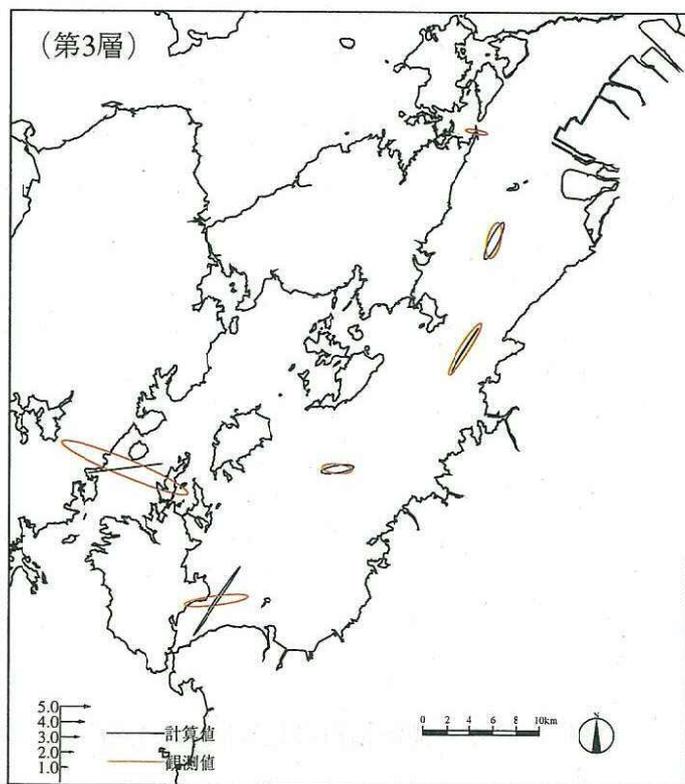
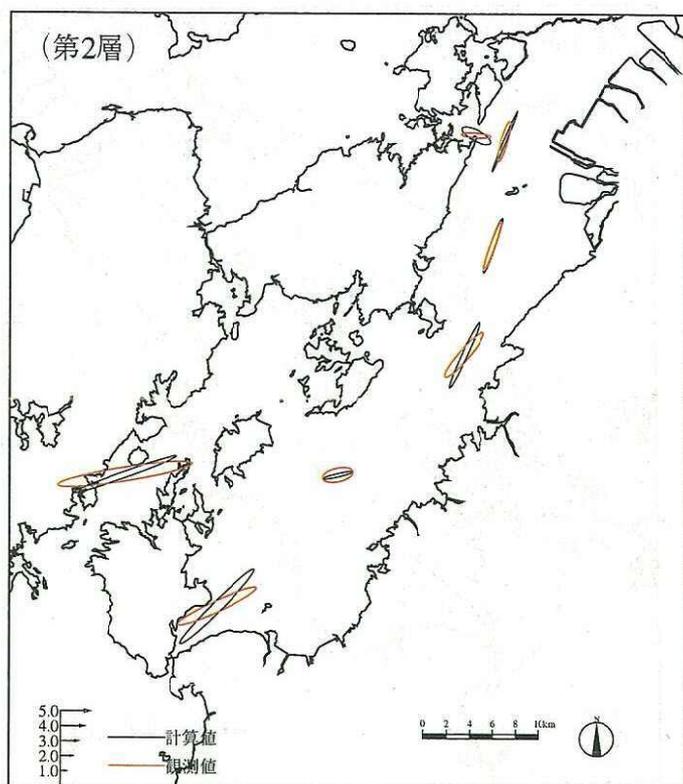
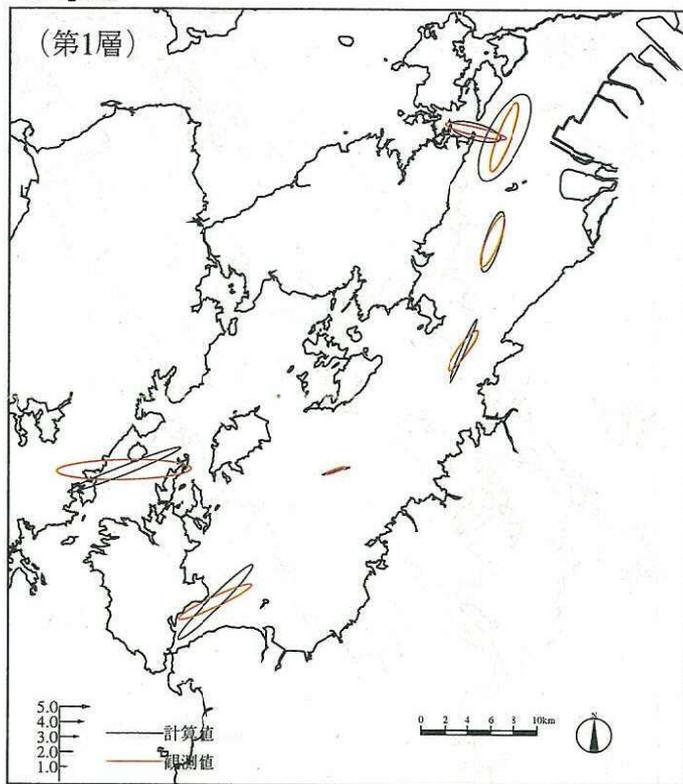


図 1.1-3 (3) 潮流楕円の比較図 (M<sub>2</sub>分潮)

【S<sub>2</sub>潮】

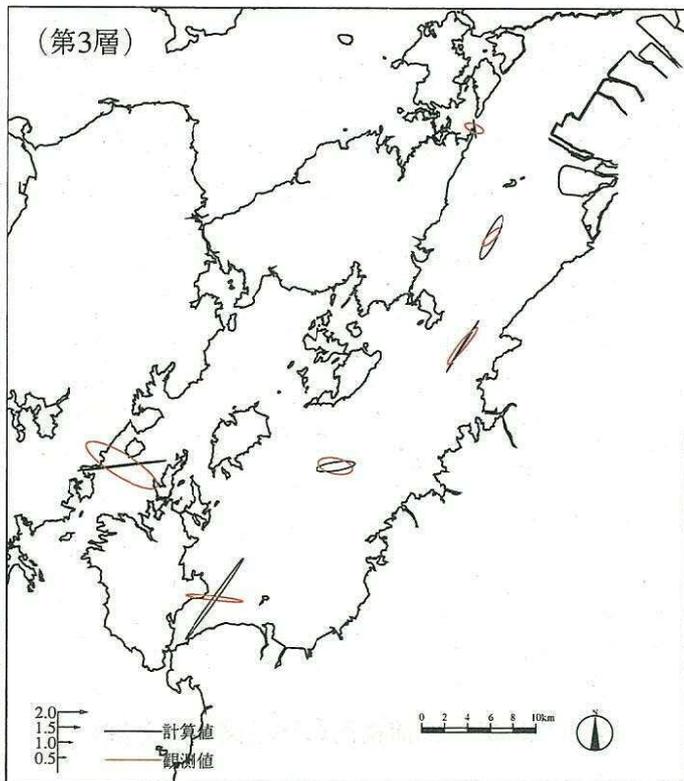
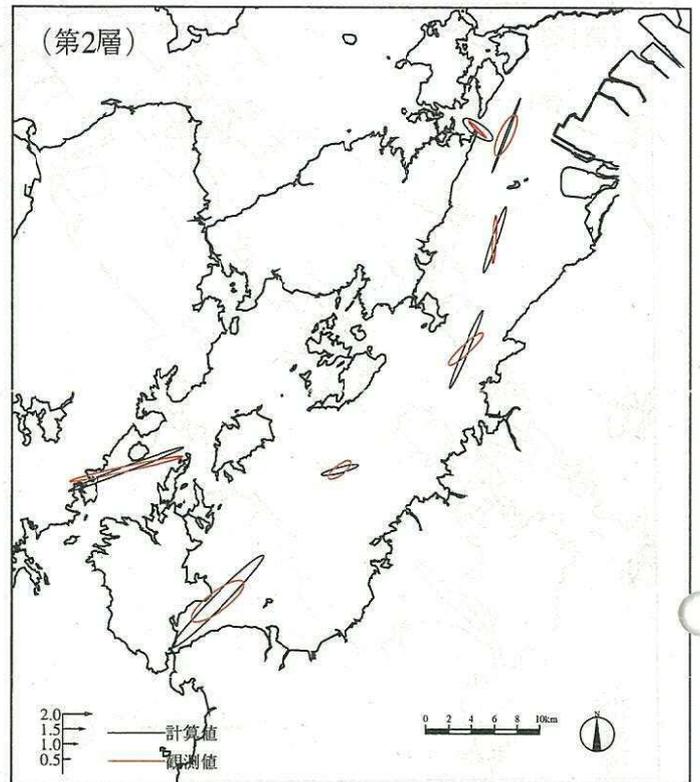
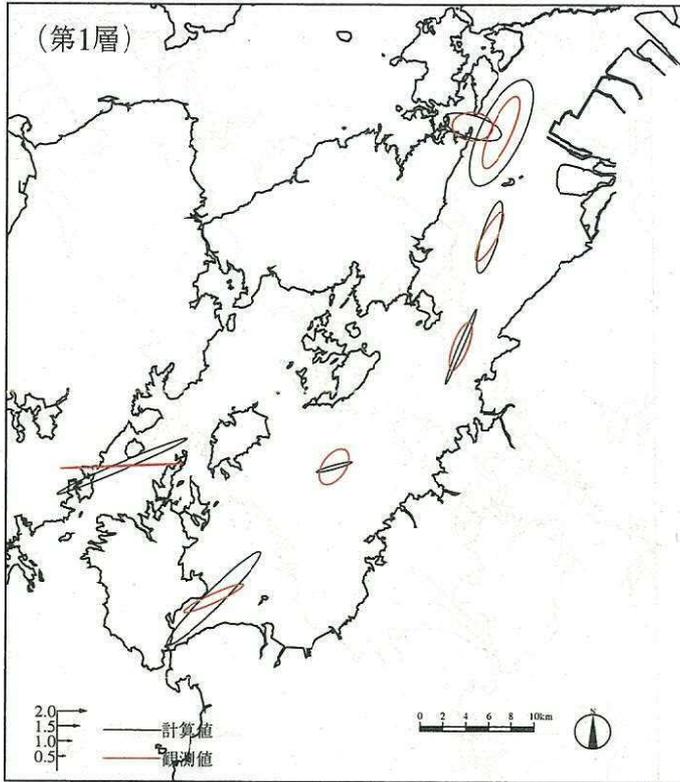


図 1.1-3(4) 潮流楕円の比較図 (S<sub>2</sub>分潮)

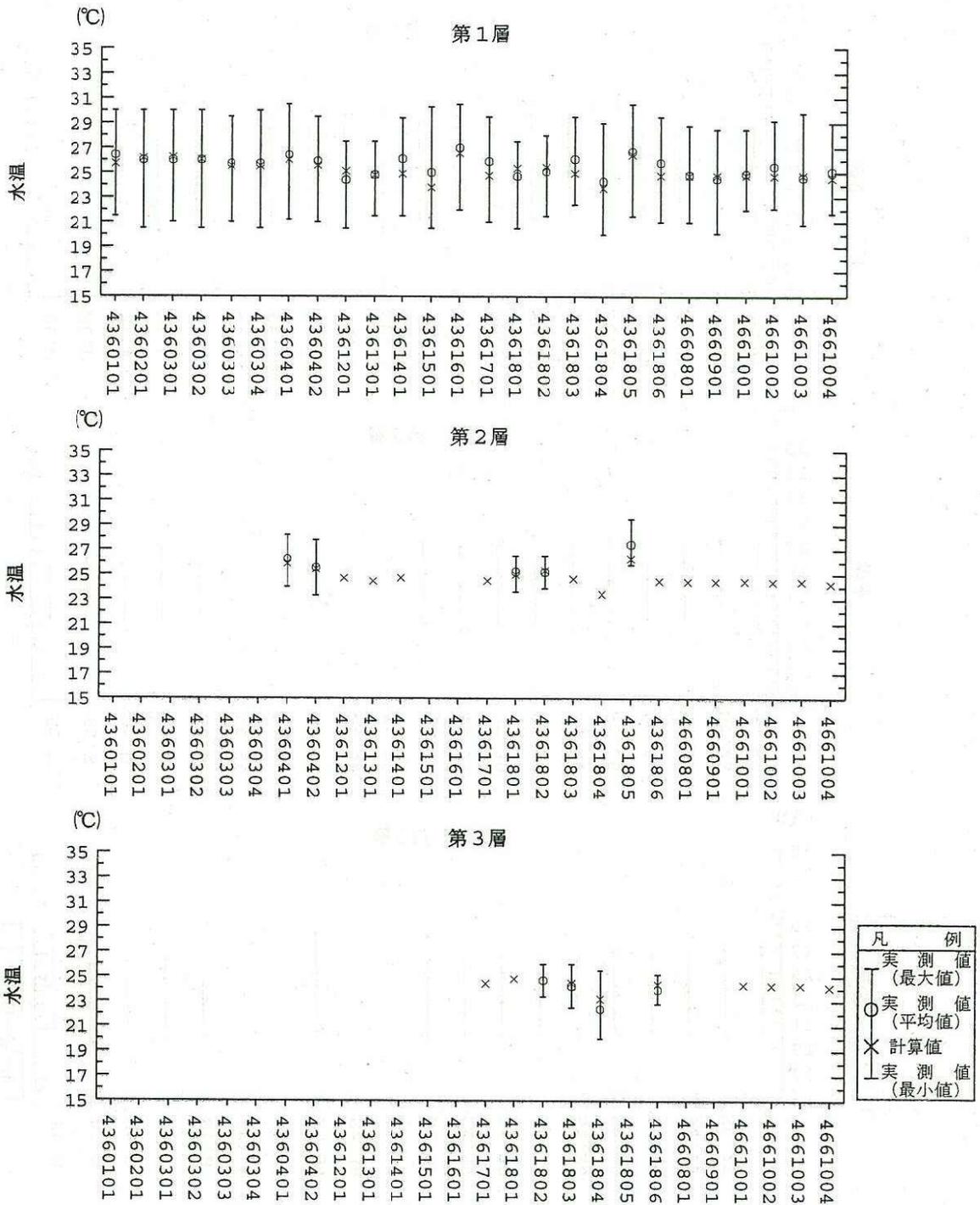


図 1.1-5 (1) 水温の比較 (公共用水域水質調査結果)

注) 第2、3層の実測値は、平成7年度のみ測定値である。

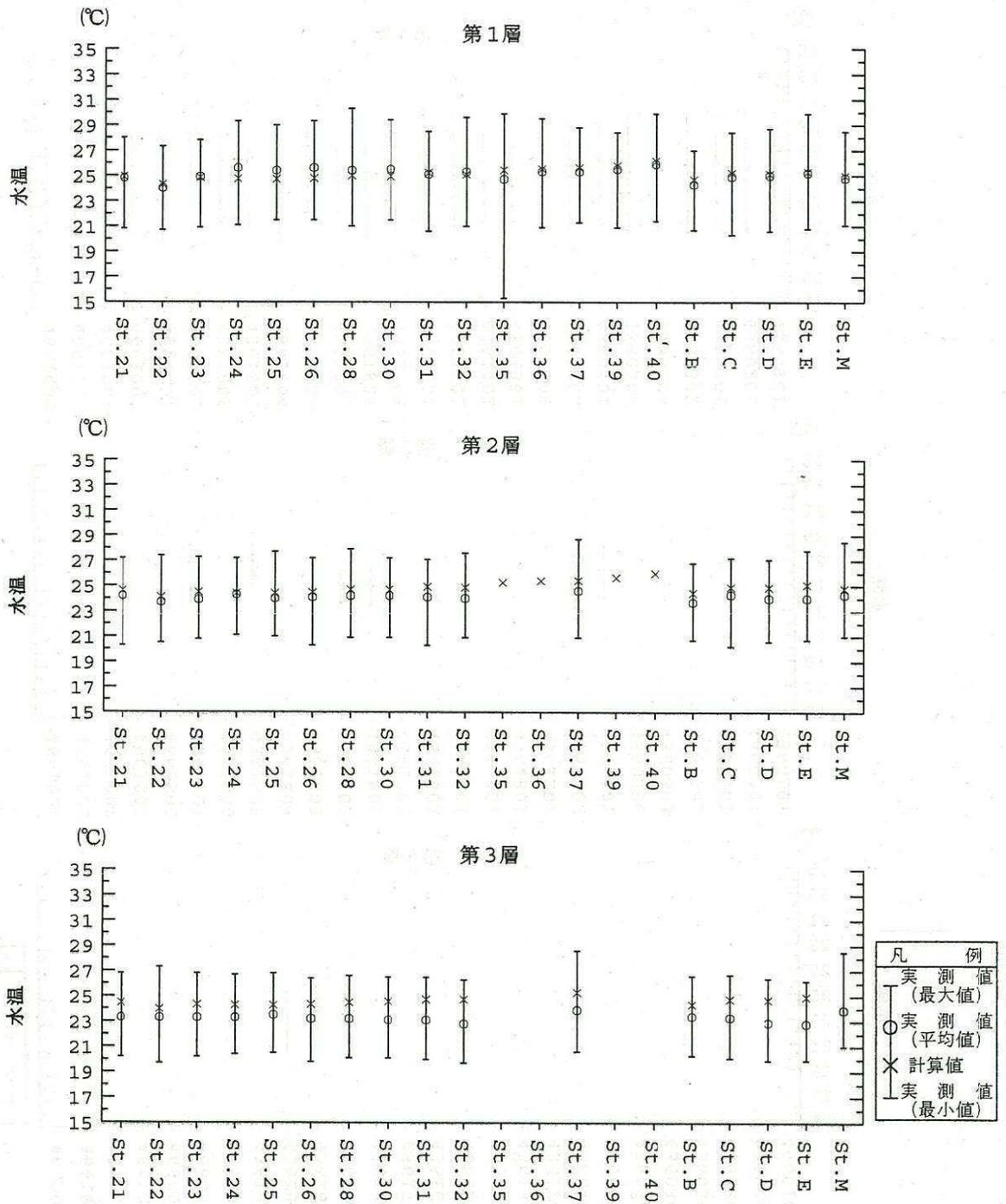


図 1.1-5(2) 水温の比較 (浅海定線調査結果)

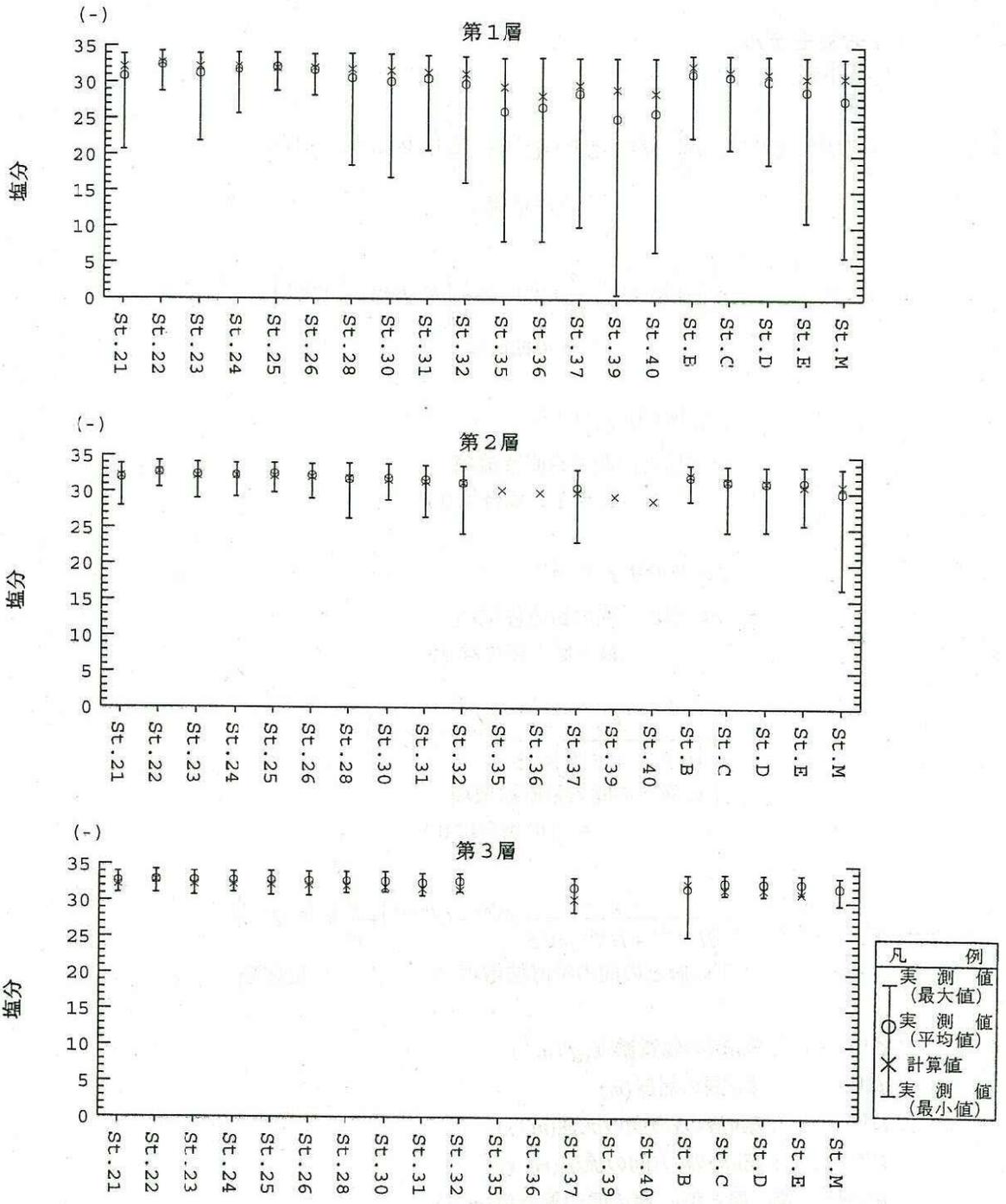


図 1.1-5(3) 塩分の比較 (浅海定線調査結果)

## 1.2 水質モデル

### (1) 基本式

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

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)

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

上の層との間の鉛直拡散項

(n = 1 の場合は 0)

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

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)

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

$$W^{(n_1, n_2)} < 0 \text{ なら } C^{(n_1, n_2)} = C^{(n_1)}$$

$K$  : 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 (磷、窒素) (第n層)

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

- 植物プランクトンの生産項+呼吸項

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

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 (磷、窒素、COD) (第n層)

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

植物プランクトンの枯死項

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

無機化項                  分解項

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

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 (磷、窒素、COD) (第n層)

$$\frac{d}{dt} (DOM^{(n)} \cdot H^{(n)}) = + \left( Pr^{(n)} \cdot \epsilon \right) / r_{P_{1|2}} \cdot H^{(n)}$$

植物プランクトンの細胞外分泌項

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

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)

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

生産項 - 細胞外分泌項      呼吸項

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

枯死項

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

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)

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

植物プランクトンの生産項 - 呼吸項

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

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層の無機態磷(IP)、窒素(IN)濃度( $g/m^3$ )

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

$DOM^{(n)}$ : 第n層の溶存態有機態磷(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

$$P_r^{(n)} = P_{hy}^{(n)} \cdot \mu_{max} \cdot f(T) \cdot f(N, P) \cdot f(I)$$

$\mu_{max}$  : 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 (°C)

$f(N, P)$  : 増殖速度の栄養塩依存項

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

$K_{IP}$  : 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)

$\epsilon$  : 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

①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。

②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

③開境界条件

図 1.1-1 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、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平成 13 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。

表 1.2-1 開境界水質（平成 6~8 年、6~8 月の平均値）

【東シナ海側】

		第1層	第2層	第3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	0.0	T-P 濃度より換算 <sup>注1</sup>	
COD (mg/L)	植物 pl. 態	0.05	0.05	0.0	Chl. a × 換算比 <sup>注1</sup>	
	デトライタス態	0.02	0.02	0.07	TCOD-植物 pl. 態-溶存態	
	溶存態	1.1	1.1	1.1	TCOD × 溶存態比 <sup>注2</sup>	
T-N (mg/L)	有機態	植物 pl. 態	0.007	0.007	0.0	Chl. a × 換算比 <sup>注1</sup>
		デトライタス態	0.07	0.07	0.08	(T-N-無機態-植物 pl. 態) × 懸濁態比 <sup>注2</sup>
		溶存態	0.08	0.08	0.08	(T-N-無機態-植物 pl. 態) × 溶存態比 <sup>注2</sup>
	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	0.0	Chl. a × 換算比 <sup>注1</sup>
		デトライタス態	0.002	0.002	0.003	(T-P-無機態-植物 pl. 態) × 懸濁態比 <sup>注2</sup>
		溶存態	0.003	0.003	0.003	(T-P-無機態-植物 pl. 態) × 溶存態比 <sup>注2</sup>
	無機態	0.007	0.007	0.007	T-P × (P04-P/T-P 比) <sup>注3</sup>	

※) 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】

		第1層	第2層	第3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	0.0	T-P 濃度より換算 <sup>注1</sup>	
COD (mg/L)	植物 pl. 態	0.2	0.2	0.0	Chl. a×換算比 <sup>注1</sup>	
	デトライタス態	0.01	0.01	0.2	TCOD-植物 pl. 態-溶存態	
	溶存態	0.7	0.7	0.7	TCOD×溶存態比 <sup>注2</sup>	
T-N (mg/L)	有機態	植物 pl. 態	0.03	0.03	0.0	Chl. a×換算比 <sup>注1</sup>
		デトライタス態	0.04	0.04	0.07	(T-N-無機態-植物 pl. 態)×懸濁態比 <sup>注2</sup>
		溶存態	0.05	0.05	0.05	(T-N-無機態-植物 pl. 態)×溶存態比 <sup>注2</sup>
	無機態	0.13	0.13	0.13	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	0.0	Chl. a×換算比 <sup>注1</sup>
		デトライタス態	0.002	0.002	0.005	(T-P-無機態-植物 pl. 態)×懸濁態比 <sup>注2</sup>
		溶存態	0.003	0.003	0.003	(T-P-無機態-植物 pl. 態)×溶存態比 <sup>注2</sup>
	無機態	0.009	0.009	0.009	T-P×(P04-P/T-P比) <sup>注3</sup>	

※)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】

		第1層	第2層	第3層	設定方法	
DO(mg/L)		7.0	7.0	7.0	長崎県公共用水域 須川港より設定	
Chl. a(mg/L)		0.0036	0.0036	0.0	T-P 濃度より換算 <sup>注1</sup>	
COD (mg/L)	植物 pl. 態	0.5	0.5	0.0	Chl. a×換算比 <sup>注1</sup>	
	デトライタス態	0.02	0.02	0.5	TCOD-植物 pl. 態-溶存態	
	溶存態	0.9	0.9	0.9	TCOD×溶存態比 <sup>注2</sup>	
T-N (mg/L)	有機態	植物 pl. 態	0.06	0.06	0.0	Chl. a×換算比 <sup>注1</sup>
		デトライタス態	0.02	0.02	0.08	(T-N-無機態-植物 pl. 態)×懸濁態比 <sup>注2</sup>
		溶存態	0.02	0.02	0.02	(T-N-無機態-植物 pl. 態)×溶存態比 <sup>注2</sup>
	無機態	0.14	0.14	0.14	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	0.007	0.0	Chl. a×換算比 <sup>注1</sup>
		デトライタス態	0.002	0.002	0.009	(T-P-無機態-植物 pl. 態)×懸濁態比 <sup>注2</sup>
		溶存態	0.002	0.002	0.002	(T-P-無機態-植物 pl. 態)×溶存態比 <sup>注2</sup>
	無機態	0.012	0.012	0.012	T-P×(P04-P/T-P比) <sup>注3</sup>	

※)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P04-PとT-Pの測定値より設定

注4) 長崎県測定のコド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)

④汚濁負荷量

a) 流入負荷量

流入負荷量については、図1.1-2に示した位置で、表1.2-2に示す値を与えた。

表1. 2-2 流入汚濁負荷量

河川番号	河川名	流入負荷(kg/day)		
		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	八杖戸川	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

河川番号	河川名	流入負荷(kg/day)		
		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

b) 養殖負荷量

養殖負荷量については、以下に示す 1995 年夏季における負荷量を養殖区画毎に与えた。

表 1.2-3 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	1	3	19
鹿児島県	21 長島	55	251	1502
	22 東町	1492	6721	40346
	23 黒之浜	317	1308	8228

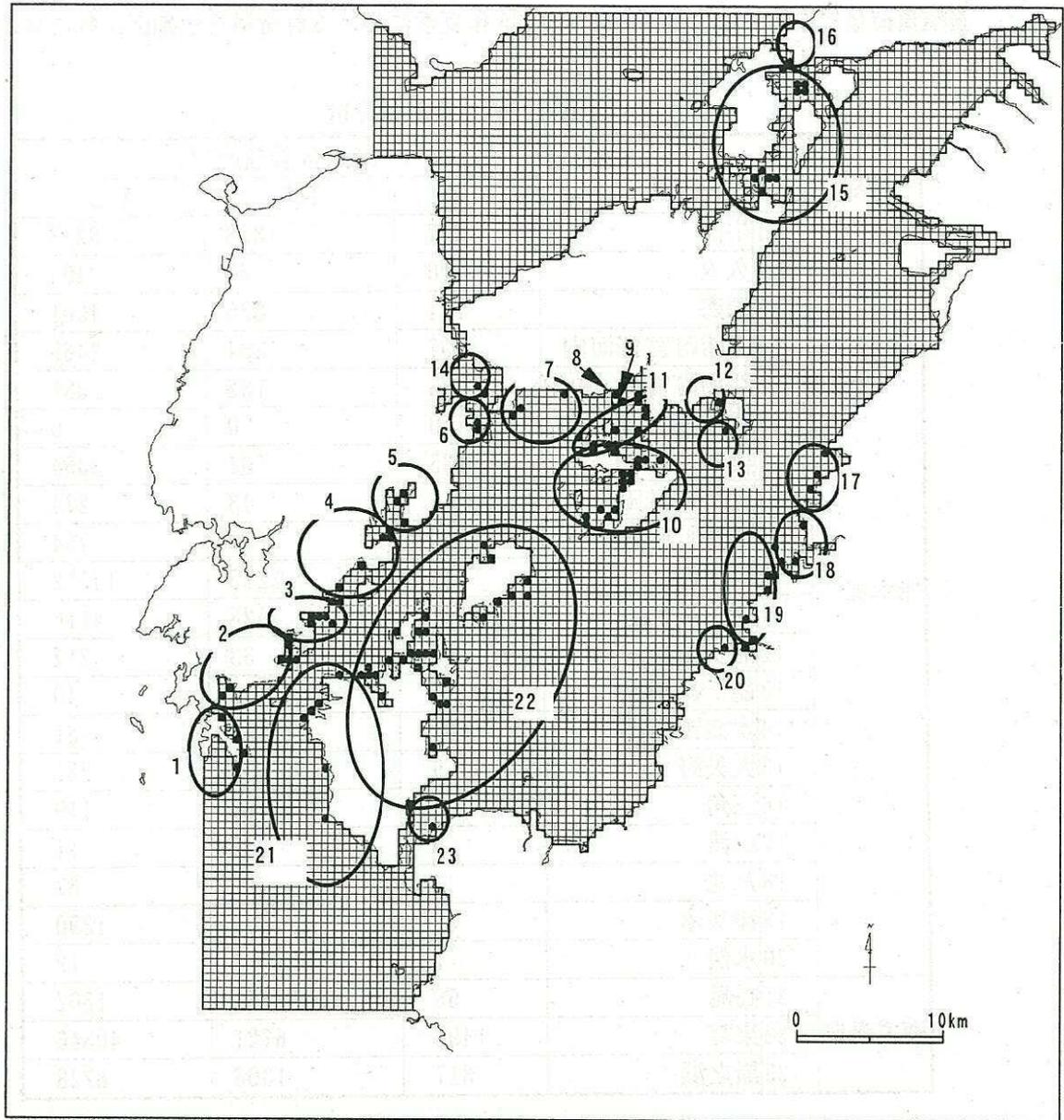


图 1.2-1 养殖负荷位置

c) 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、ここではボックスモデルで設定した取り上げ量を、図 1.2-2 に示す各ボックスに含まれるメッシュに均等配分した。

表 1.2-4 各ボックスにおける漁船漁業による取り上げ量 (1995 年度)

ボックス番号	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
①	61.04	6.345	3.95	0.838	254.03	53.89
②	24.93	9.235	1.61	1.220	103.76	78.43
③	16.93	1.723	1.10	0.228	70.47	14.63
④	14.77	5.242	0.96	0.692	61.48	44.52
⑤	50.37	0.179	3.26	0.024	209.64	1.52
⑥	21.59	0.319	1.40	0.042	89.84	2.71
⑦	138.12	0.015	8.94	0.002	574.82	0.12
⑧	77.38	0.000	5.01	0.000	322.03	0.00
⑨	235.98	0.247	15.27	0.033	982.12	2.10
⑩	208.79	0.015	13.51	0.002	868.95	0.12
合計	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

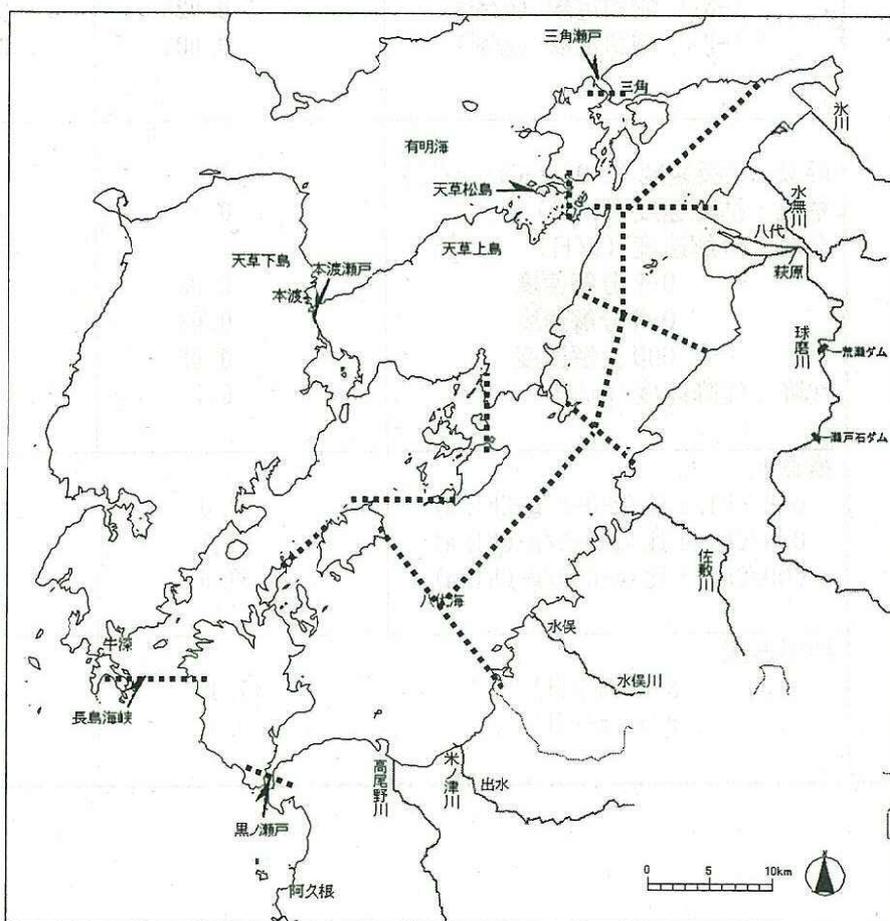


図 1.2-2 ボックス分割

⑤溶出負荷量

海底からの窒素・リン溶出速度は、既存文献等をもとに以下に示す値を設定した。

表 1.2-5 八代海における窒素・リン溶出速度

項目	溶出速度(mg/m <sup>2</sup> /日)
窒素	17.5
リン	3.4

⑥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。

⑦諸係数

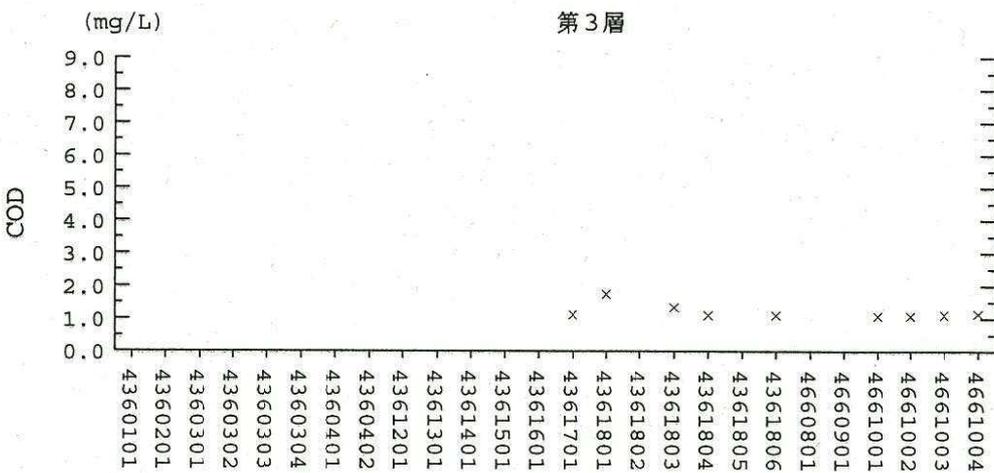
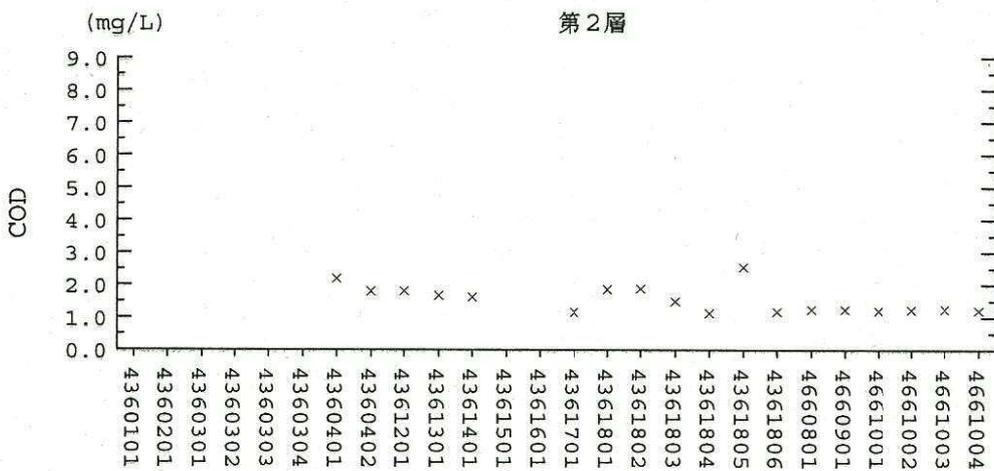
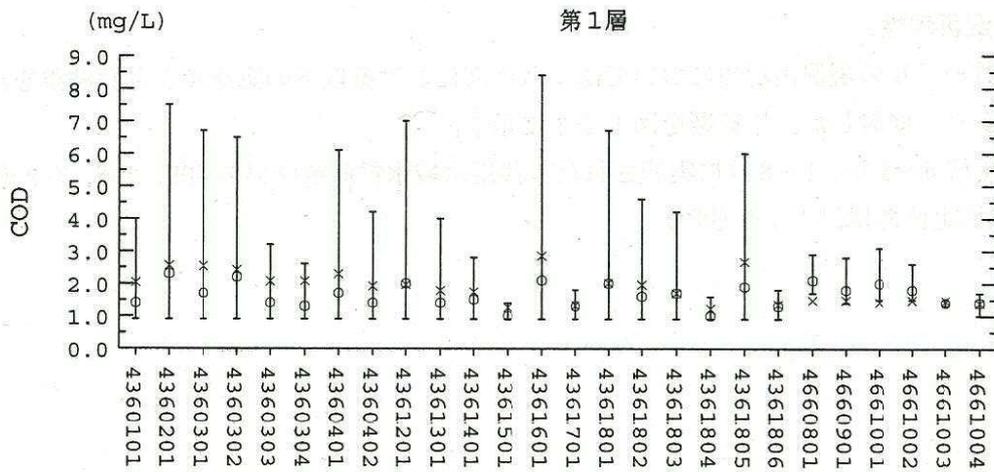
表 1.2-6 諸係数の設定

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)	2.2	1.27~2.4
	最適照度 (cal/cm <sup>2</sup> /日)	200	100~200
	最適水温 (°C)	25	25~35
	I-N 半飽和定数 (g/m <sup>3</sup> )	0.025	0.020~0.025
	I-P 半飽和定数 (g/m <sup>3</sup> )	0.007	0.003~0.027
	呼吸：呼吸速度 (g-O <sub>2</sub> /g-Chl. a/日)	15	15
	枯死：枯死速度 (1/日)	0.1	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)	128.6		
溶出速度			
I-N (mg/m <sup>2</sup> /日)	17.1		
I-P (mg/m <sup>2</sup> /日)	3.4		

### (3)現況再現性

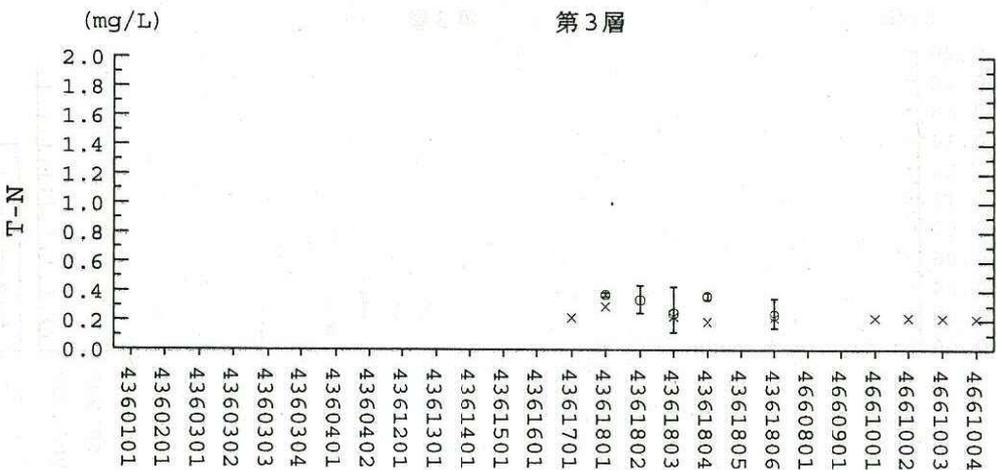
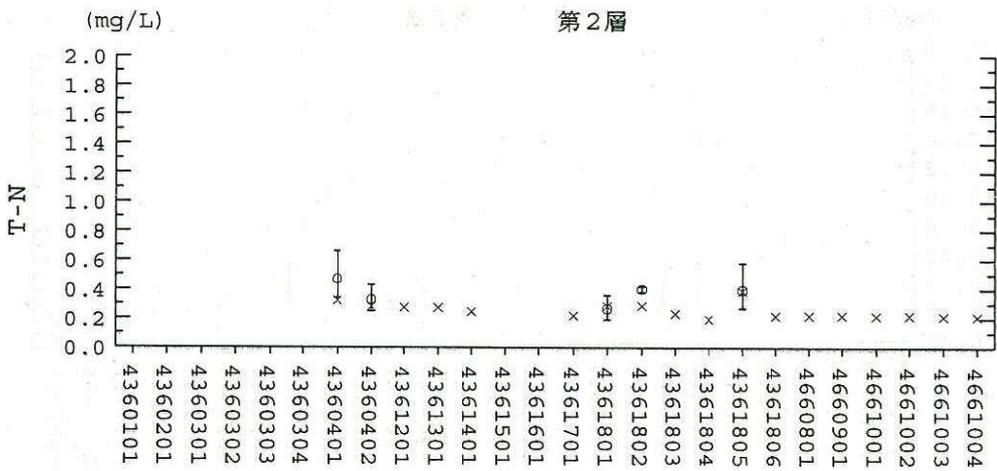
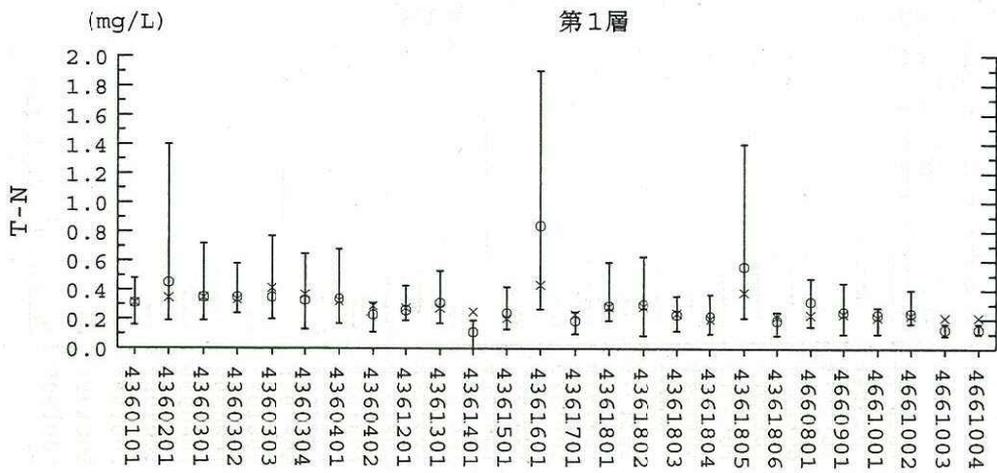
水質モデルの現況再現性については、八代海における以下の実測値と計算結果を比較することにより、検討した。比較図を図1.2-3に示す。

- 平成6～8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1.1-4参照)



凡	例
—	実測値 (最大値)
○	実測値 (平均値)
×	計算値
	実測値 (最小値)

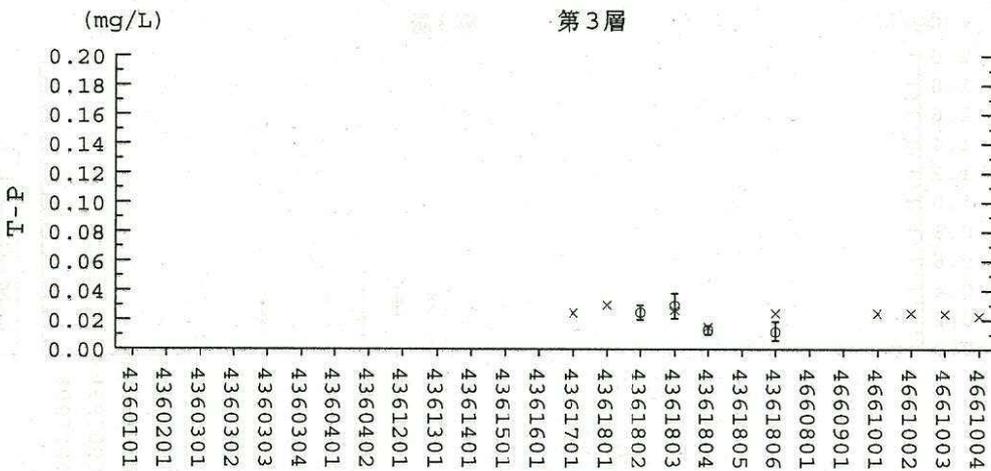
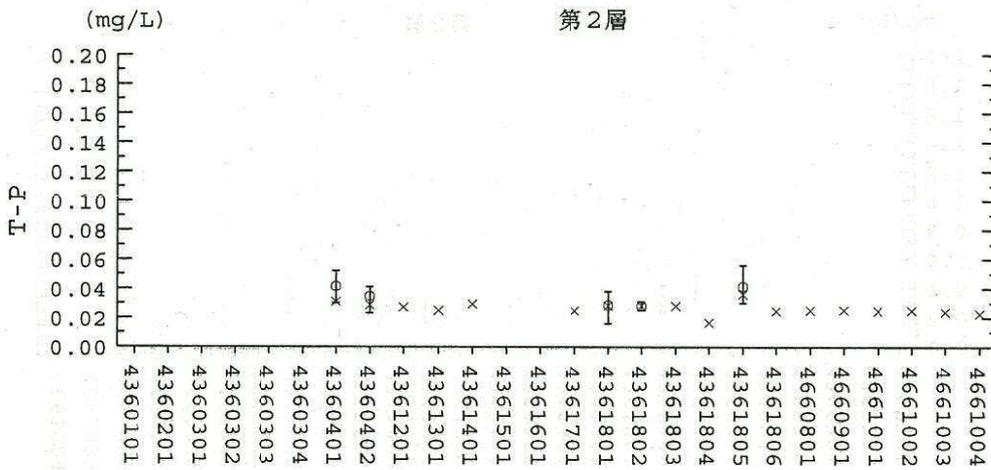
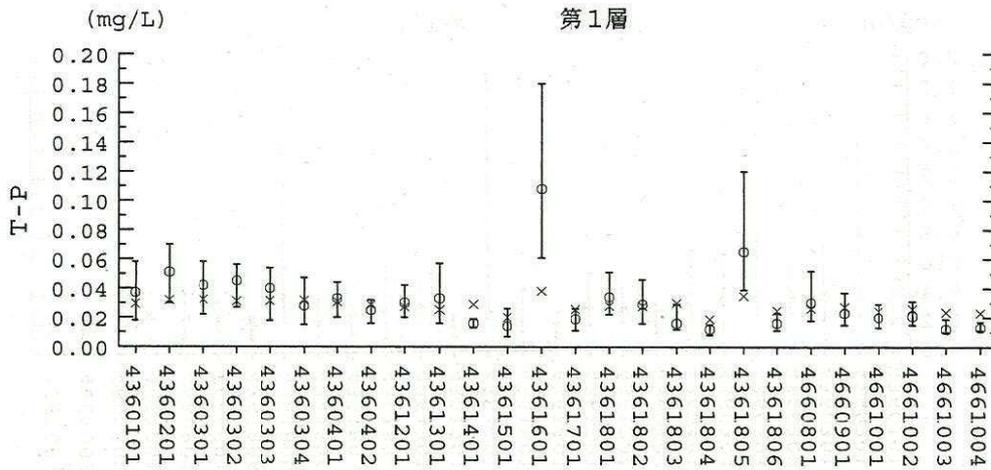
図 1.2-3(1) 水質の比較 (COD)



凡 例	
—	実測値 (最大値)
○	実測値 (平均値)
×	計算値
—	実測値 (最小値)

図 1.2-3(2) 水質の比較 (T-N)

注) 第2、3層の実測値は、平成7年度のみでの測定値である。



凡 例	
— —	実測値 (最大値)
○	実測値 (平均値)
X	計算値
— —	実測値 (最小値)

図 1.2-3(3) 水質の比較 (T-P)

注) 第2、3層の実測値は、平成7年度のみ測定値である。

## 2. 川辺川ダムの影響検討

3層メッシュモデルによる予測結果から、夏季平常時における川辺川ダムのありなしについて、クロロフィル a、COD、T-N、T-P 濃度と濃度変化値の分布を図 2.1-1 に示した。

なお、モデルの現況再現性については夏季平常時（平成 6～8 年、6～8 月）の水質実測値と比較することにより検証している。クロロフィル a 濃度については、測定がなされていないため、直接再現性を検証してはいるが、クロロフィル a 濃度と密接に関連していると考えられる COD、T-N、T-P 濃度については妥当な再現性が得られていることから、八代海におけるクロロフィル a 濃度についても概ね妥当な値が得られているものと判断した。

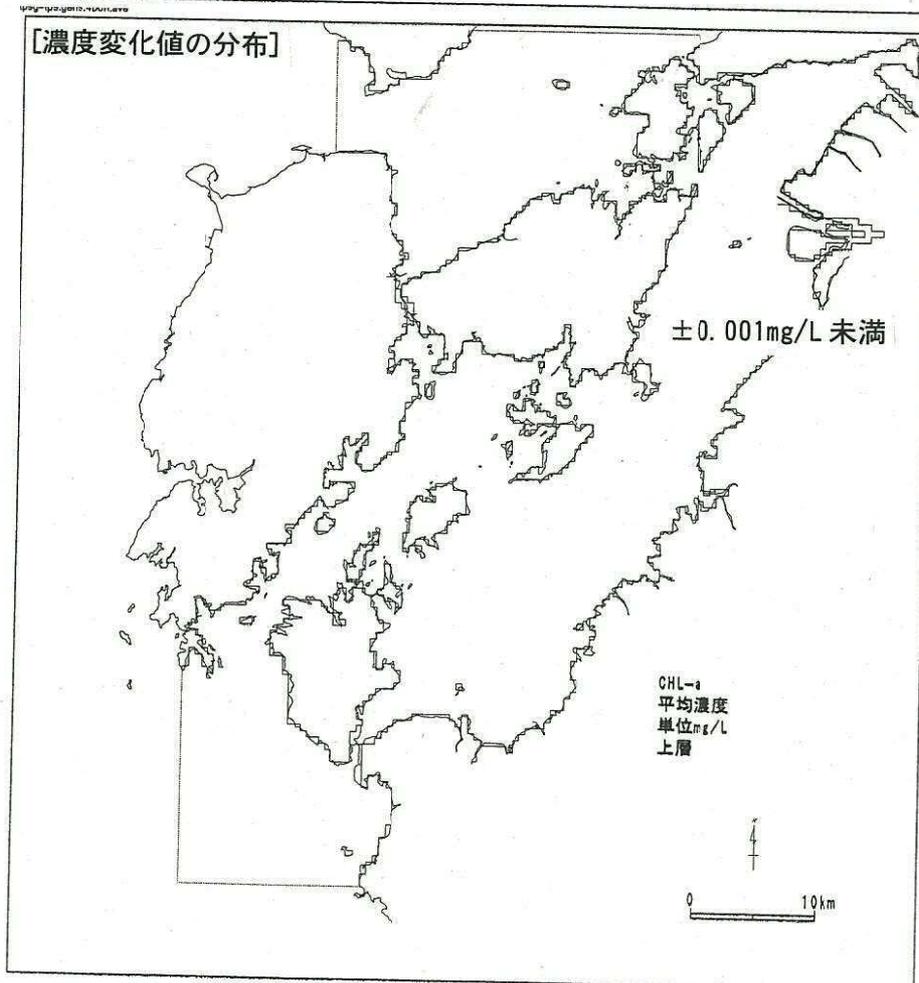
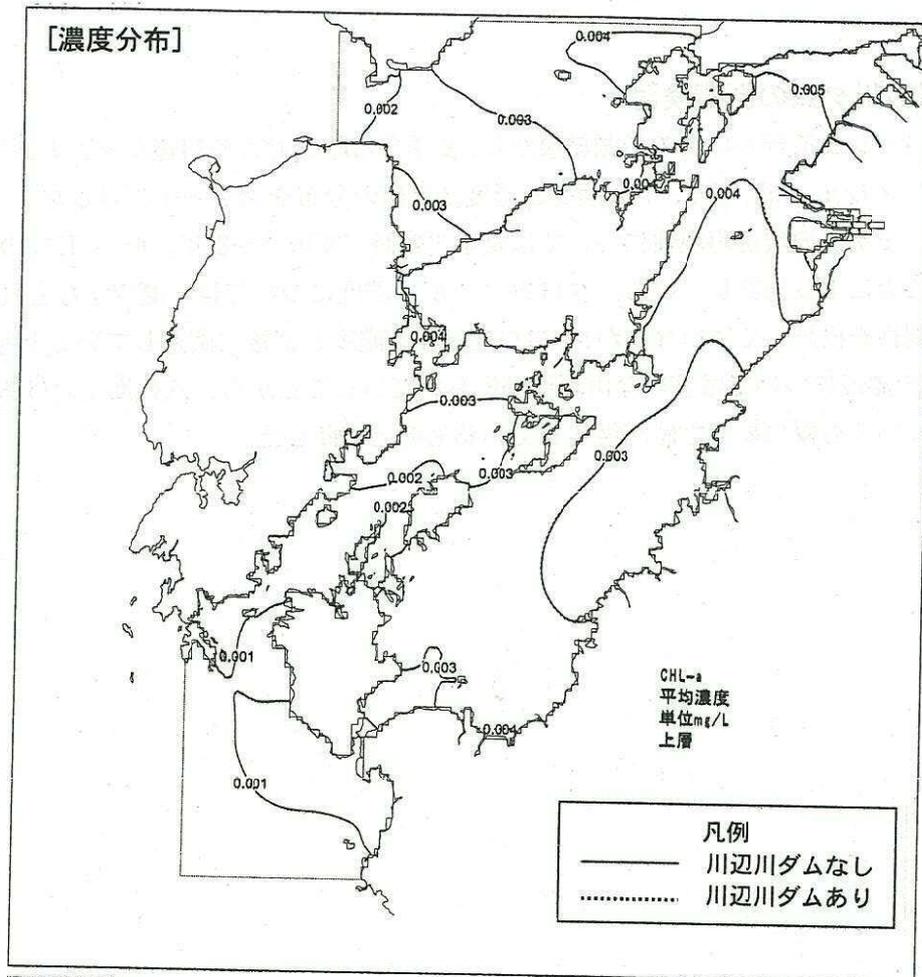


図 2.1-1(1) 夏季平常時の予測結果 (クロロフィル a)  
(3-33)

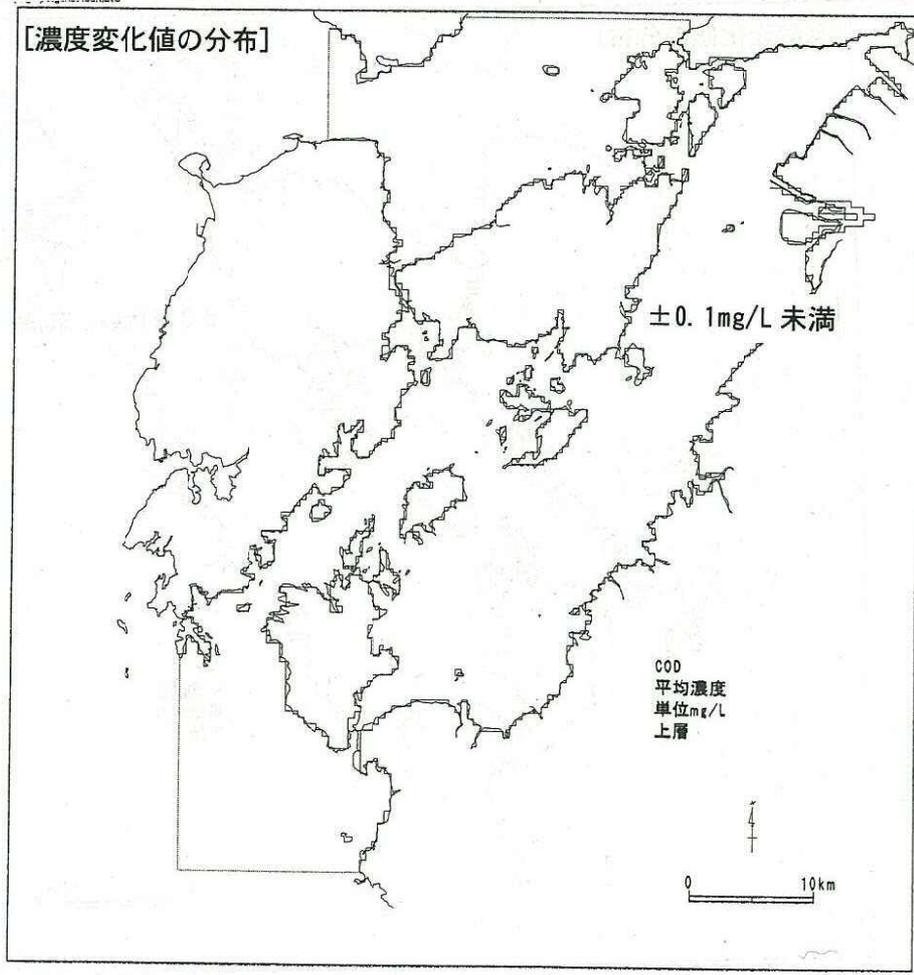
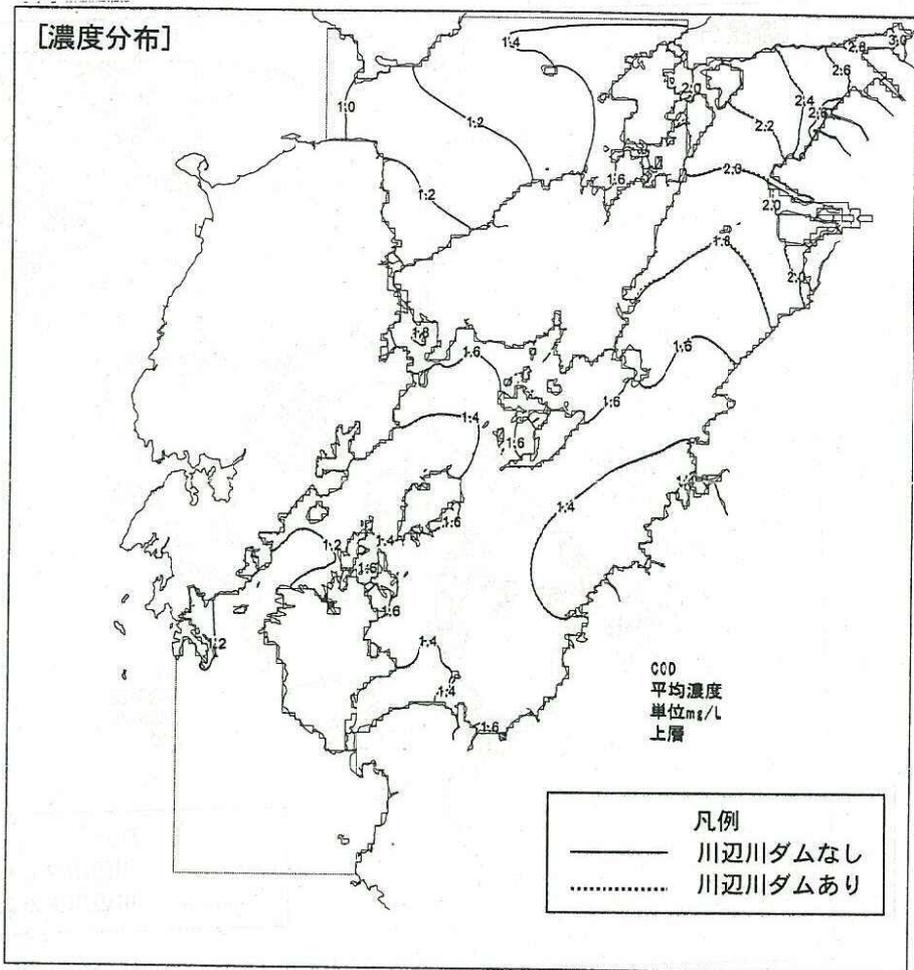


図 2.1-1(2) 夏季平常時の予測結果 (COD)  
(3-34)

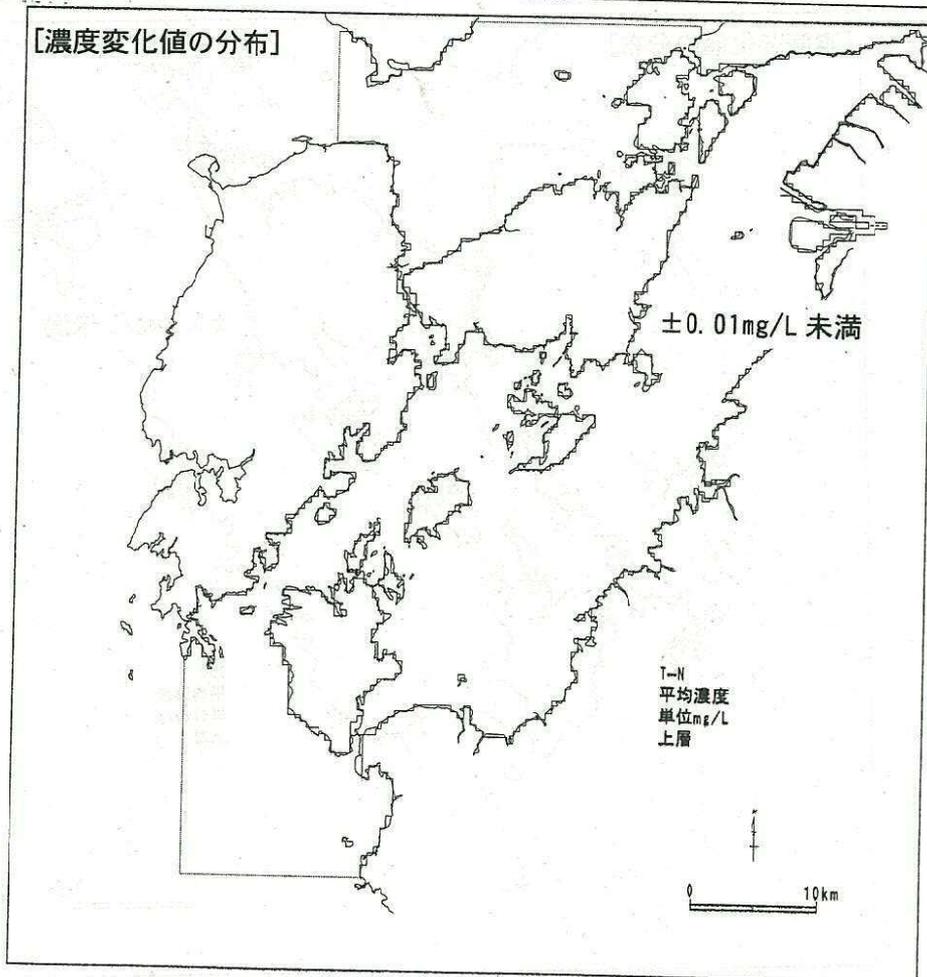
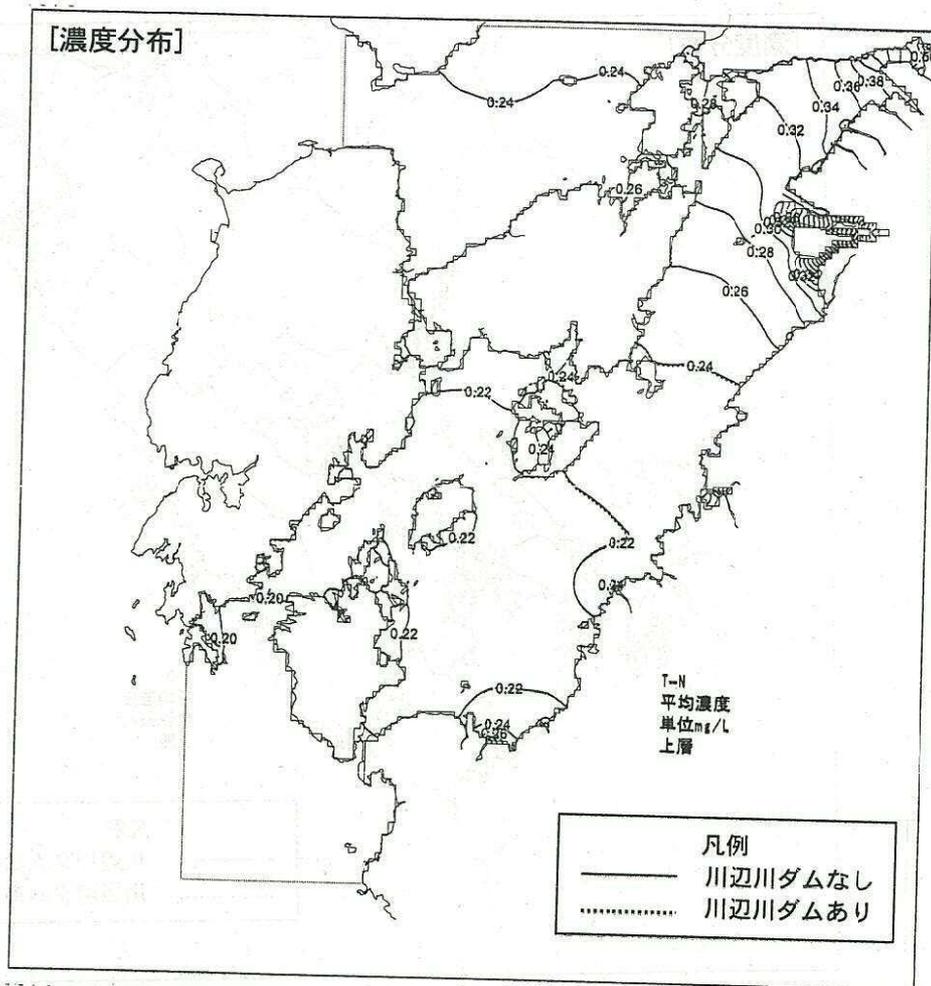


図 2. 1-1 (3) 夏季平常時の予測結果 (T-N)  
(3-35)

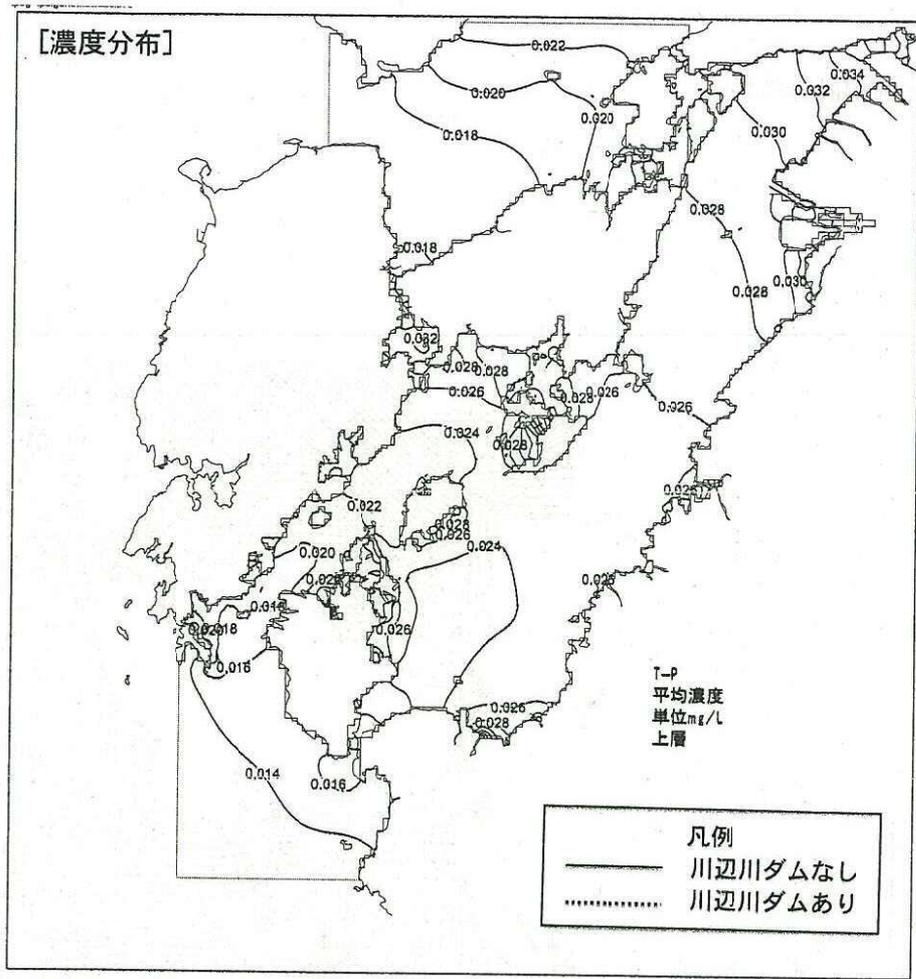
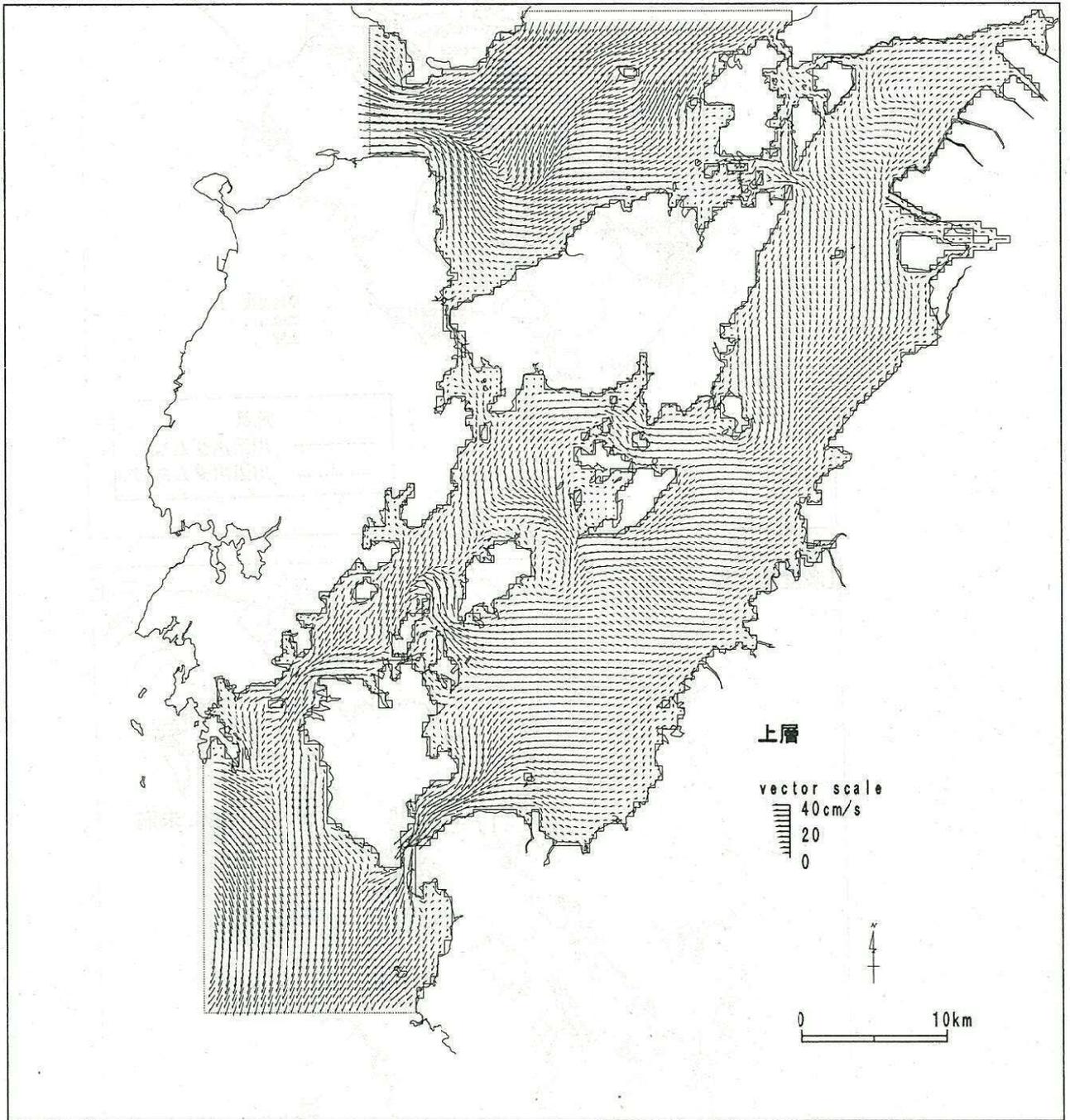
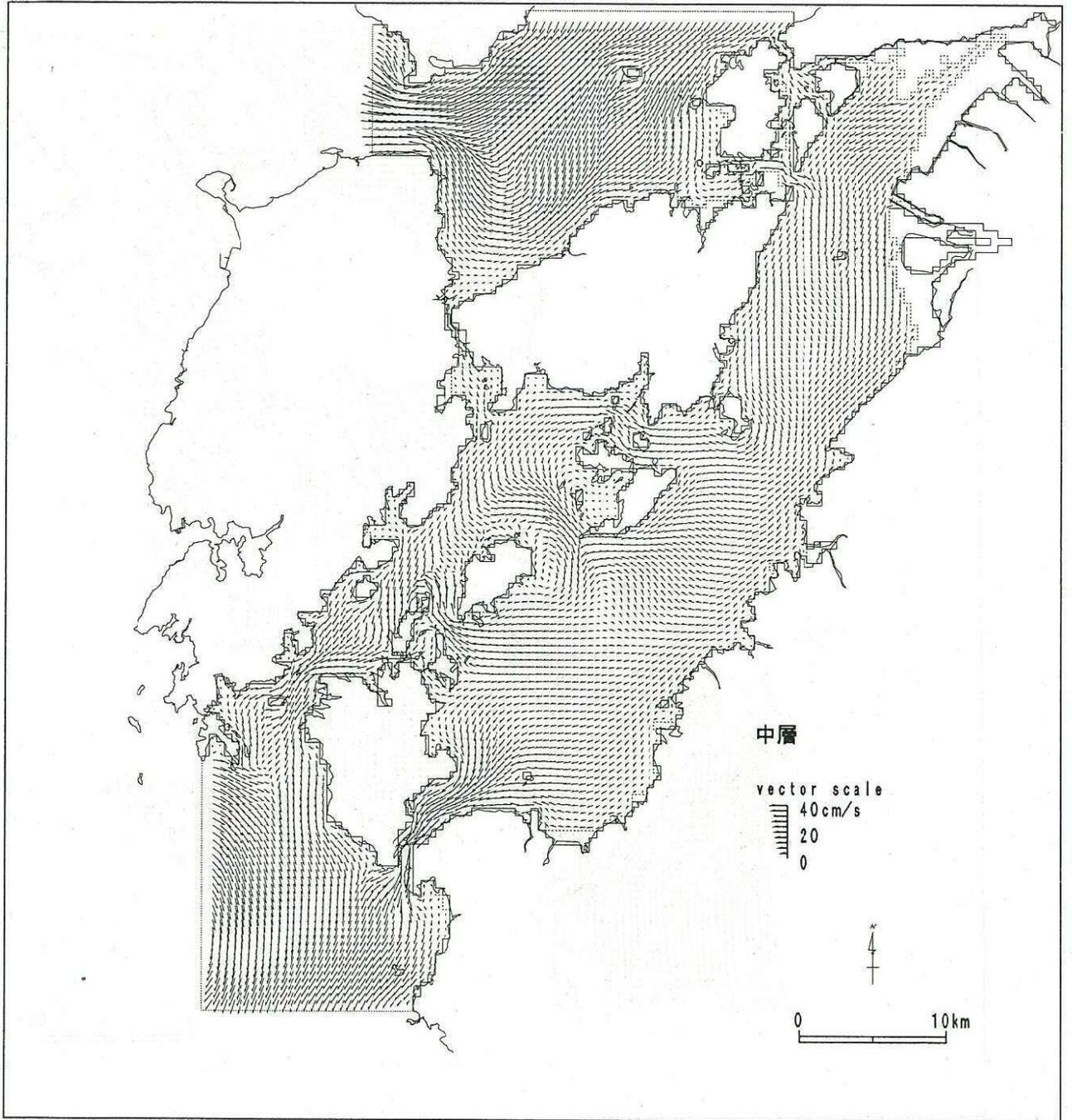


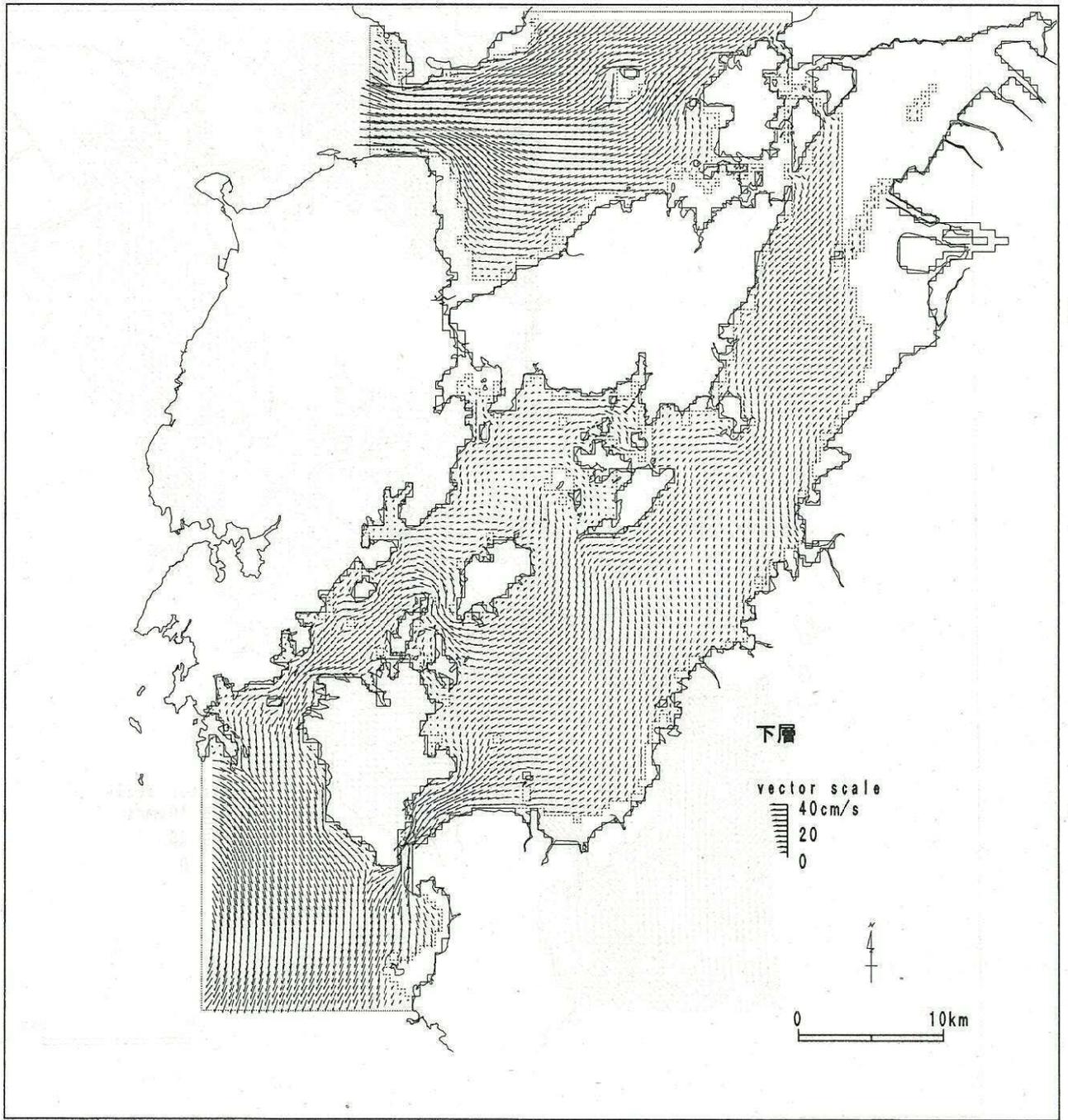
図 2. 1-1(4) 夏季平常時の予測結果 (T-P)  
(3-36)



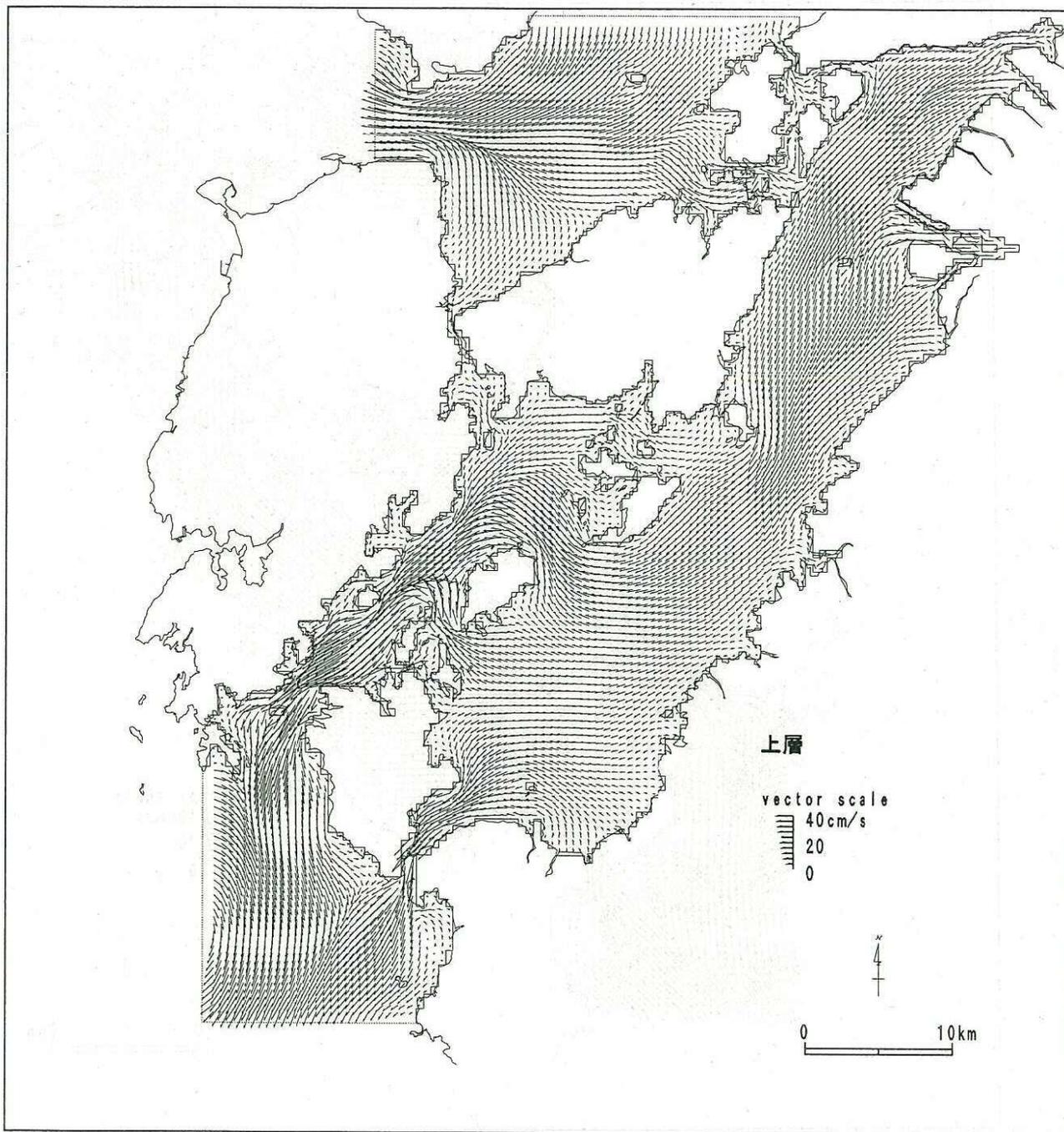
付図 1(1) 夏季平常時の流速ベクトル (大潮期、満潮時、上層)



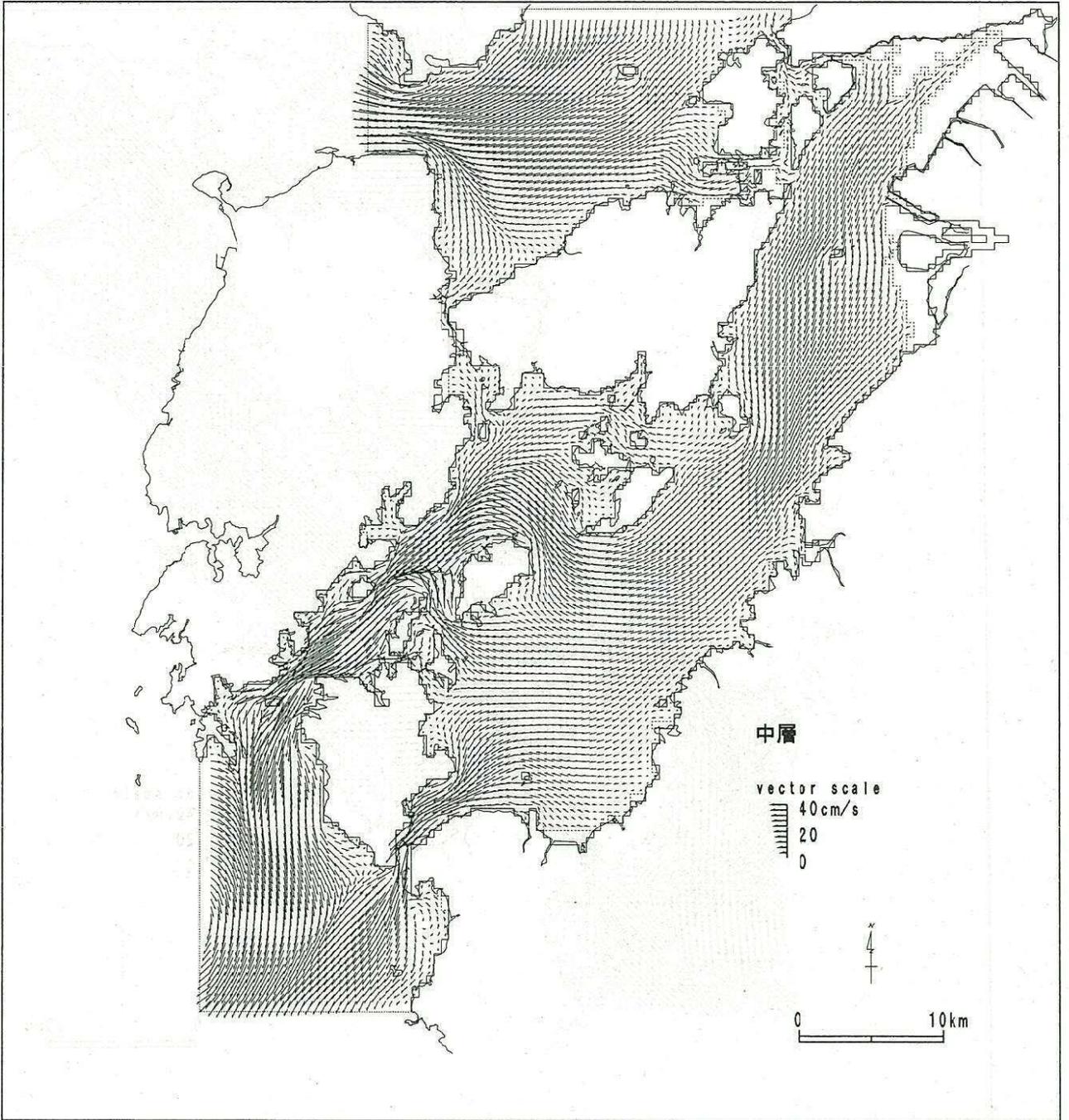
付図1(2) 夏季平常時の流速ベクトル (大潮期、満潮時、中層)



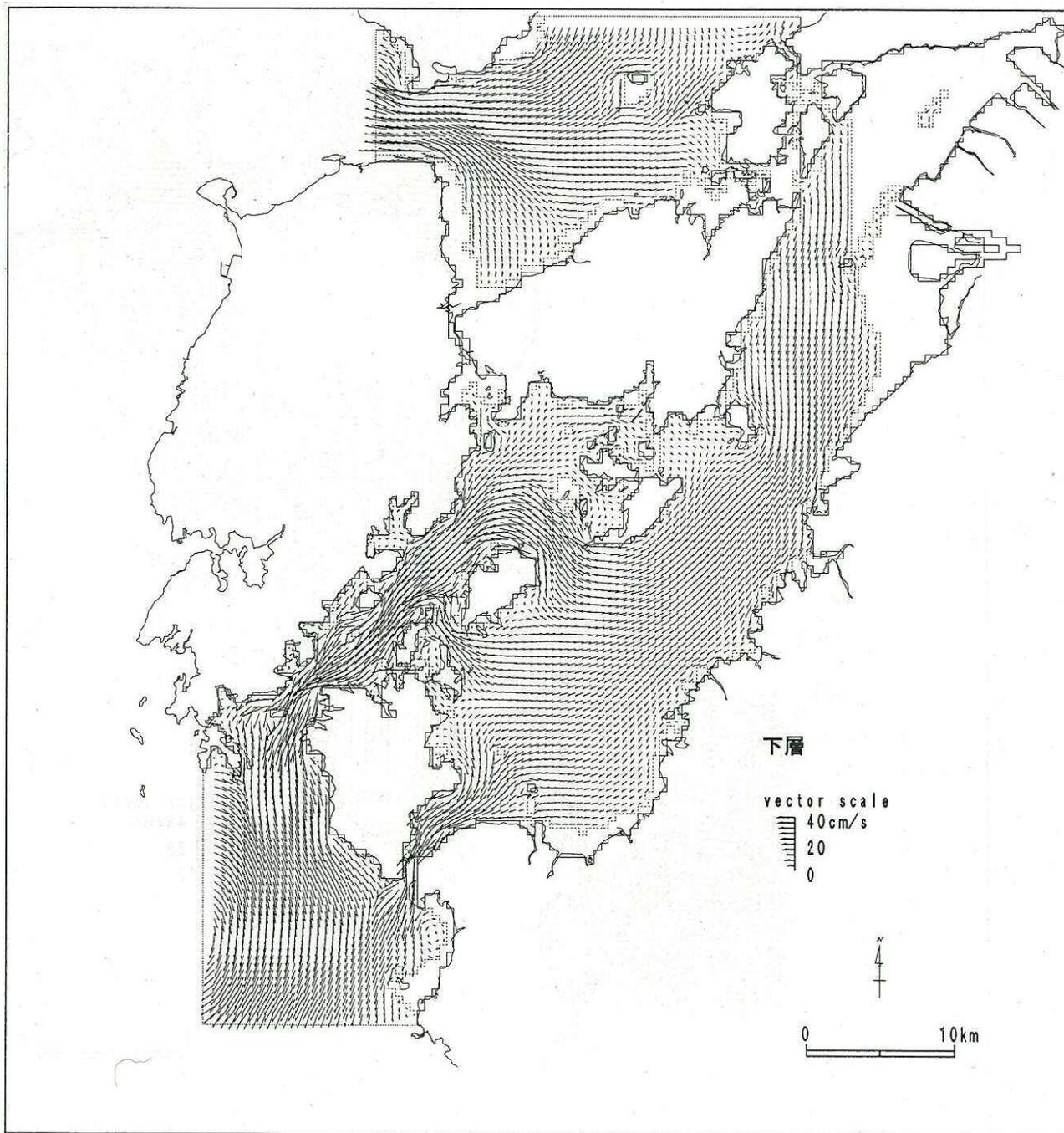
付図1(3) 夏季平常時の流速ベクトル (大潮期、満潮時、下層)



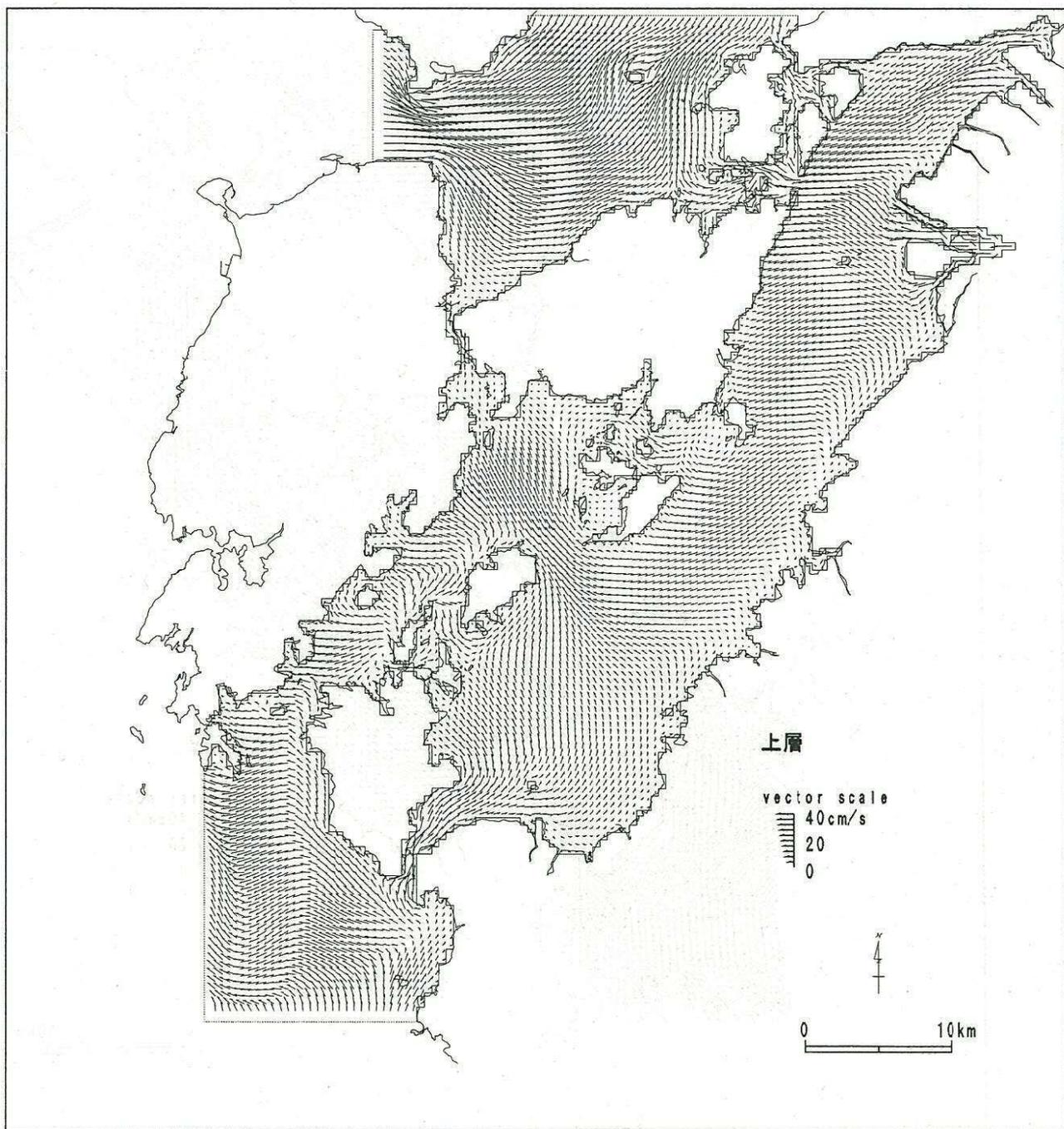
付図 2(1) 夏季平常時の流速ベクトル (大潮期、下げ潮時、上層)



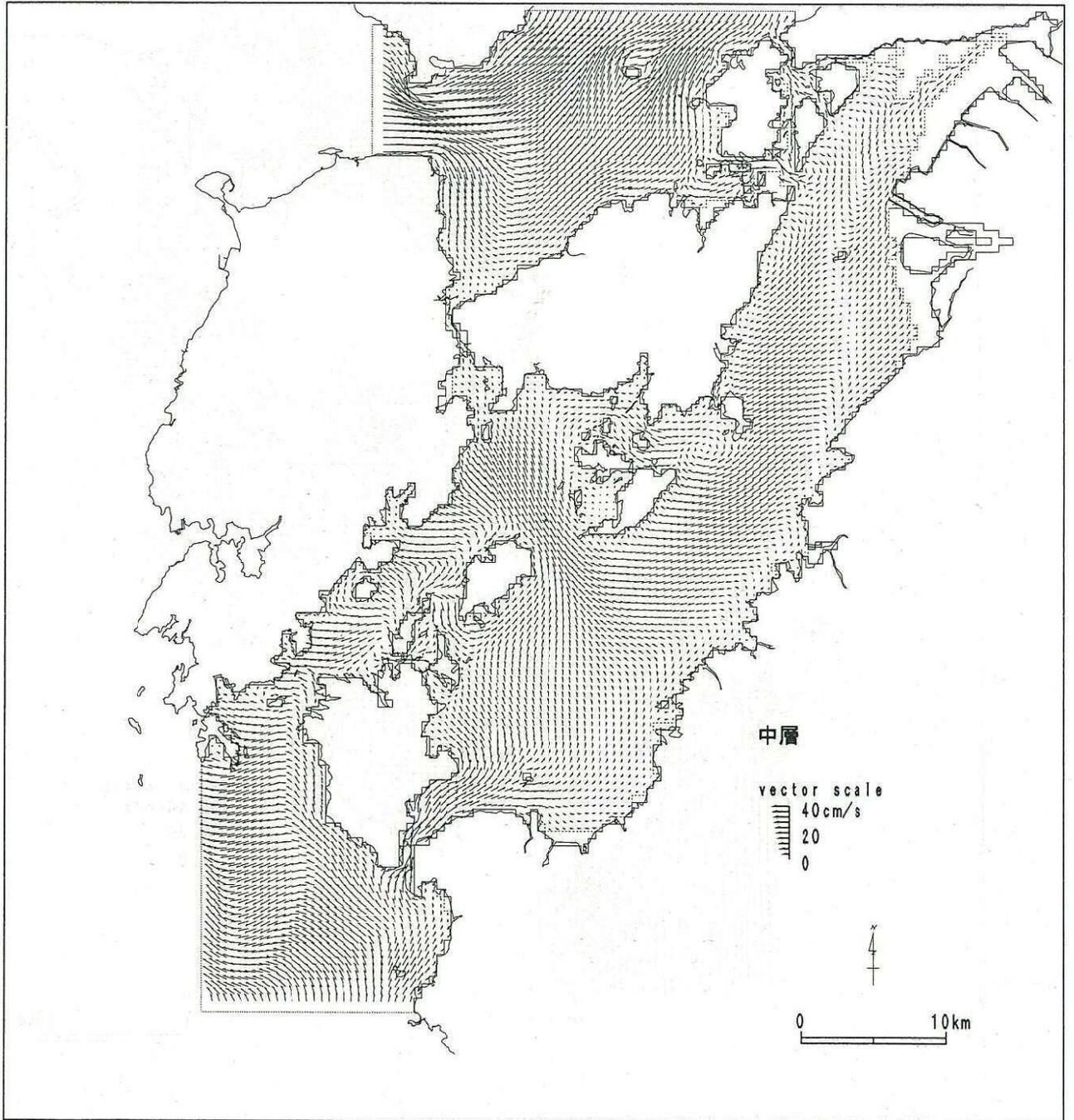
付図 2(2) 夏季平常時の流速ベクトル (大潮期、下げ潮時、中層)



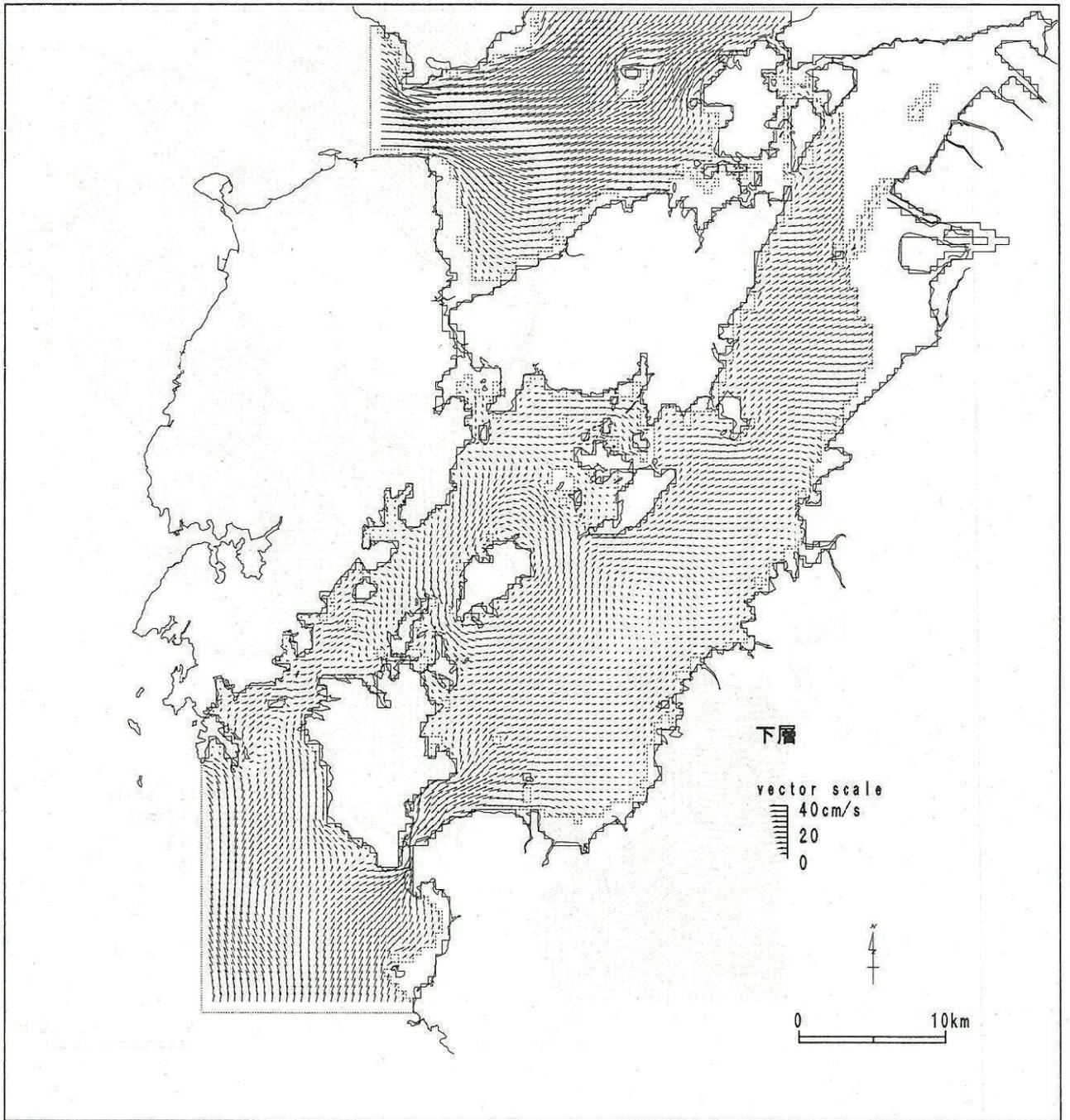
付図 2(3) 夏季平常時の流速ベクトル (大潮期、下げ潮時、下層)



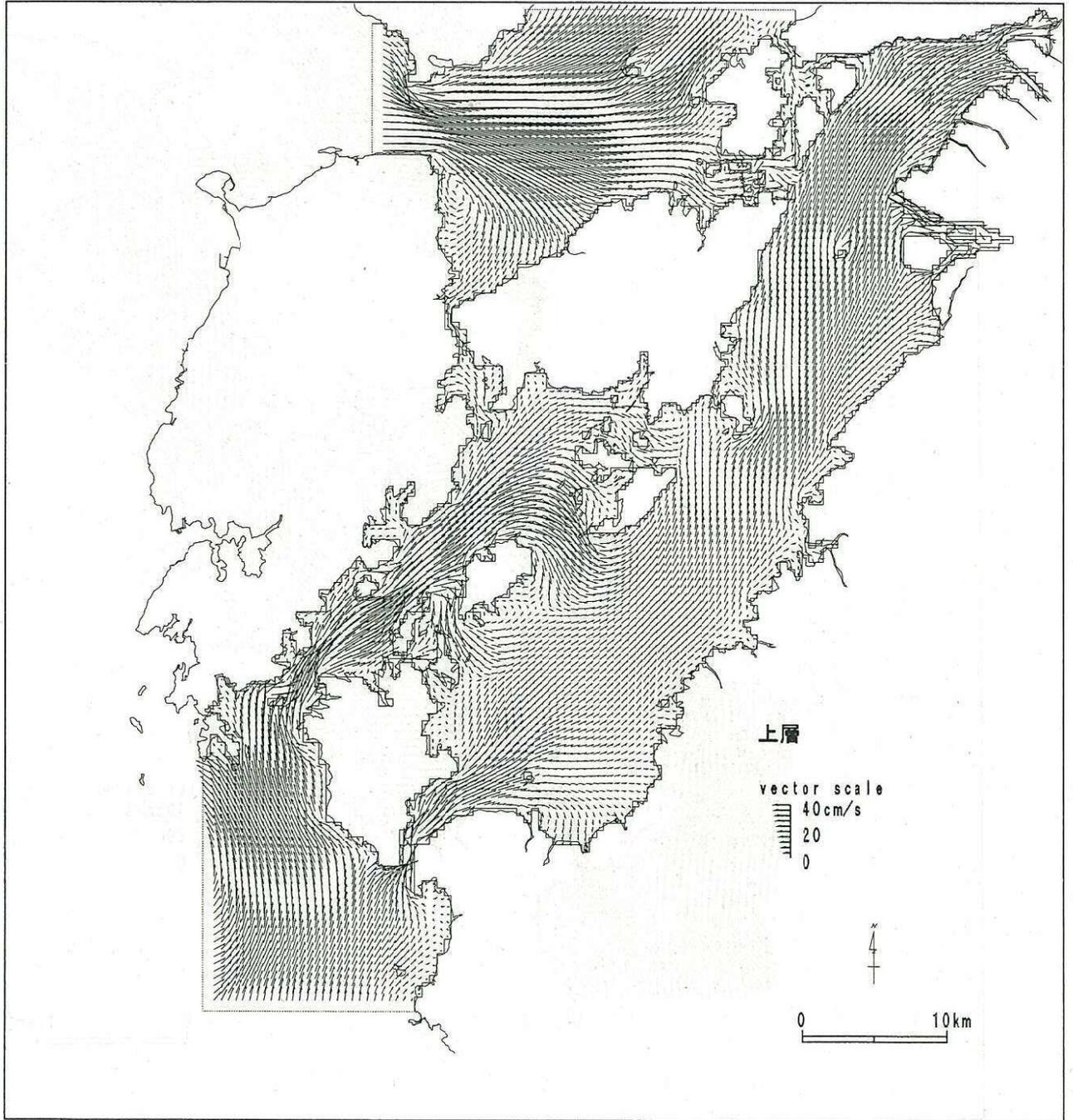
付図 3(1) 夏季平常時の流速ベクトル (大潮期、干潮時、上層)



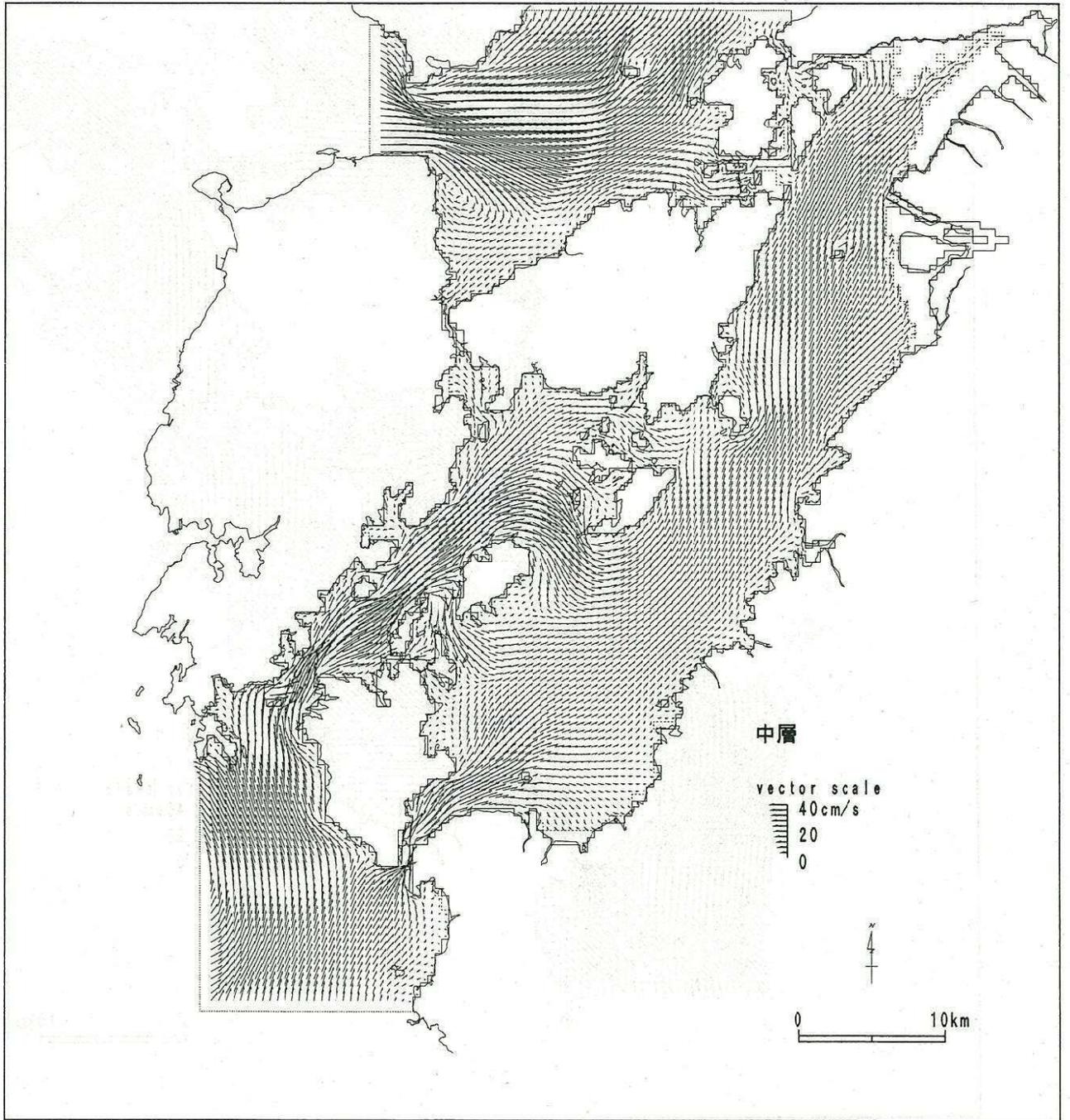
付図 3(2) 夏季平常時の流速ベクトル (大潮期、干潮時、中層)



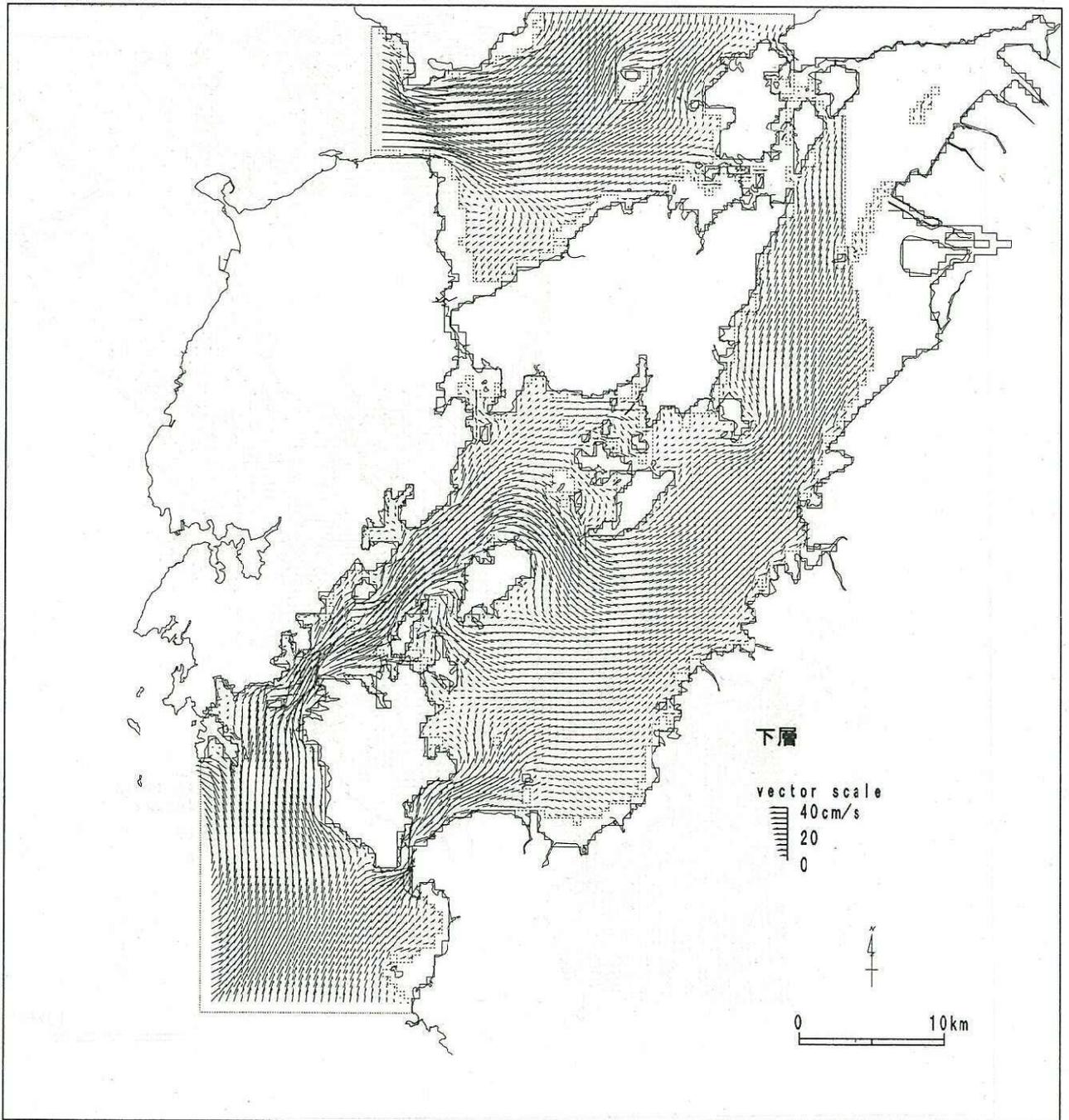
付図 3(3) 夏季平常時の流速ベクトル (大潮期、干潮時、下層)



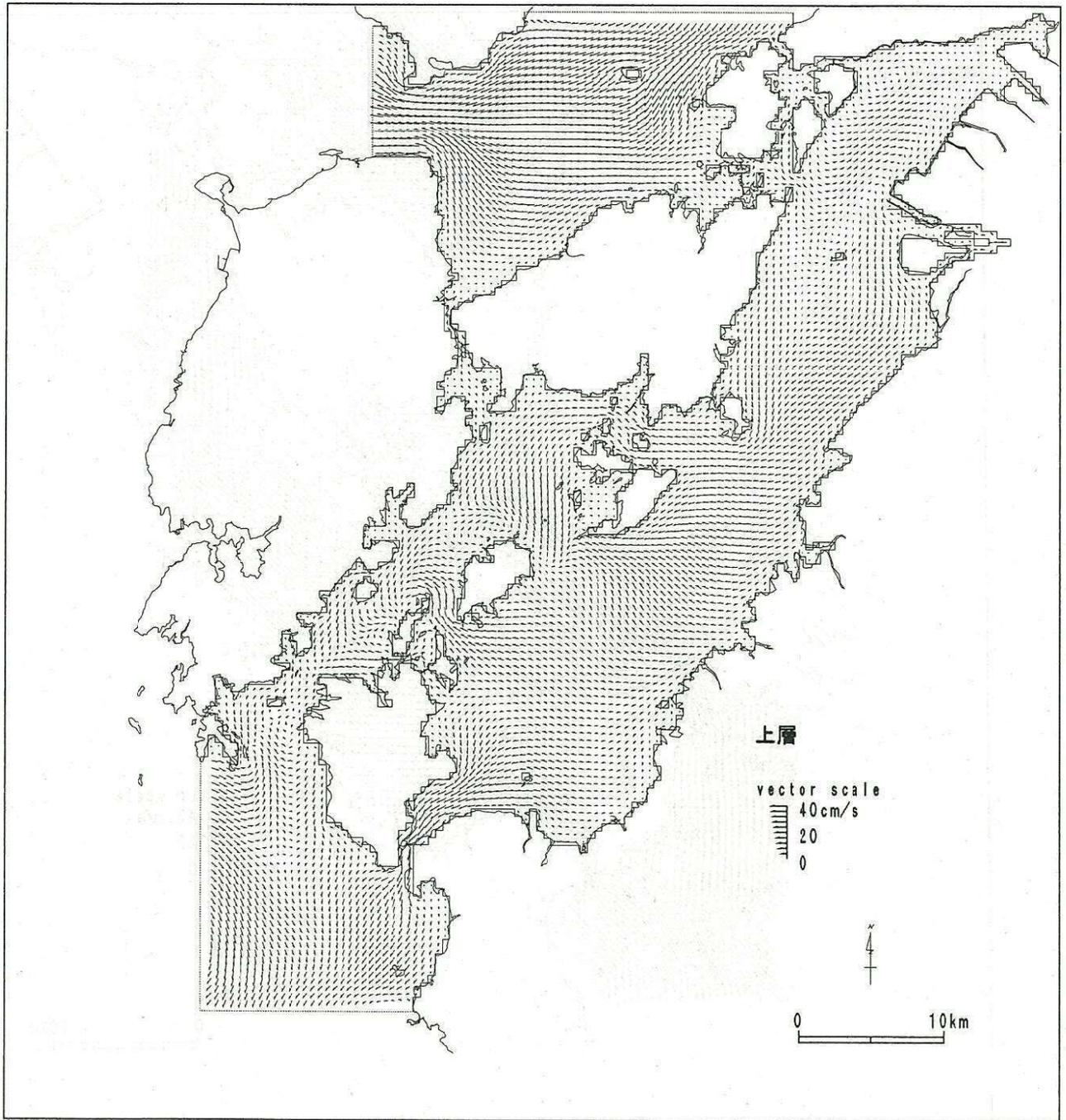
付図 4(1) 夏季平常時の流速ベクトル (大潮期、上げ潮時、上層)



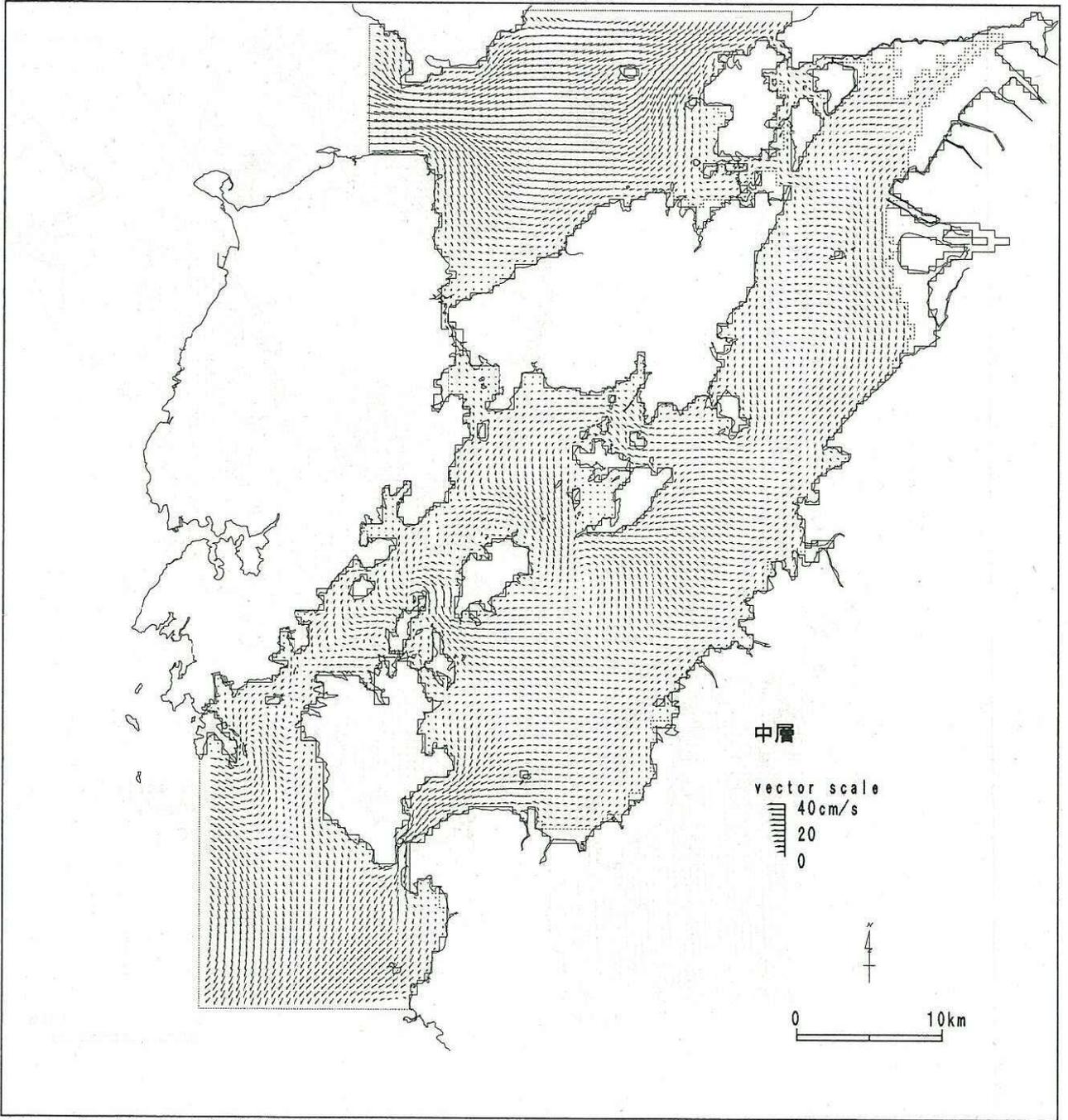
付図 4(2) 夏季平常時の流速ベクトル (大潮期、上げ潮時、中層)



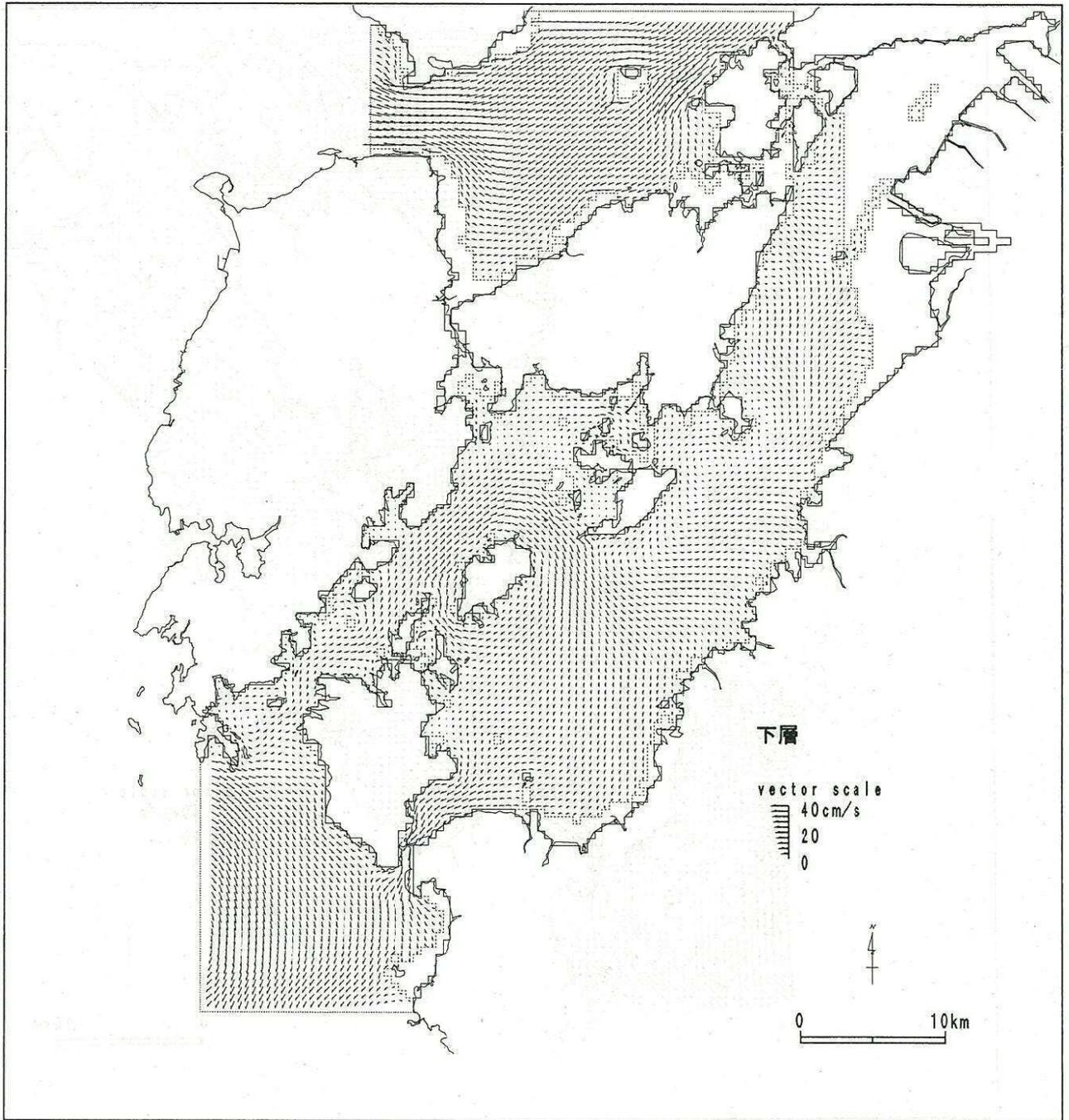
付図 4(3) 夏季平常時の流速ベクトル (大潮期、上げ潮時、下層)



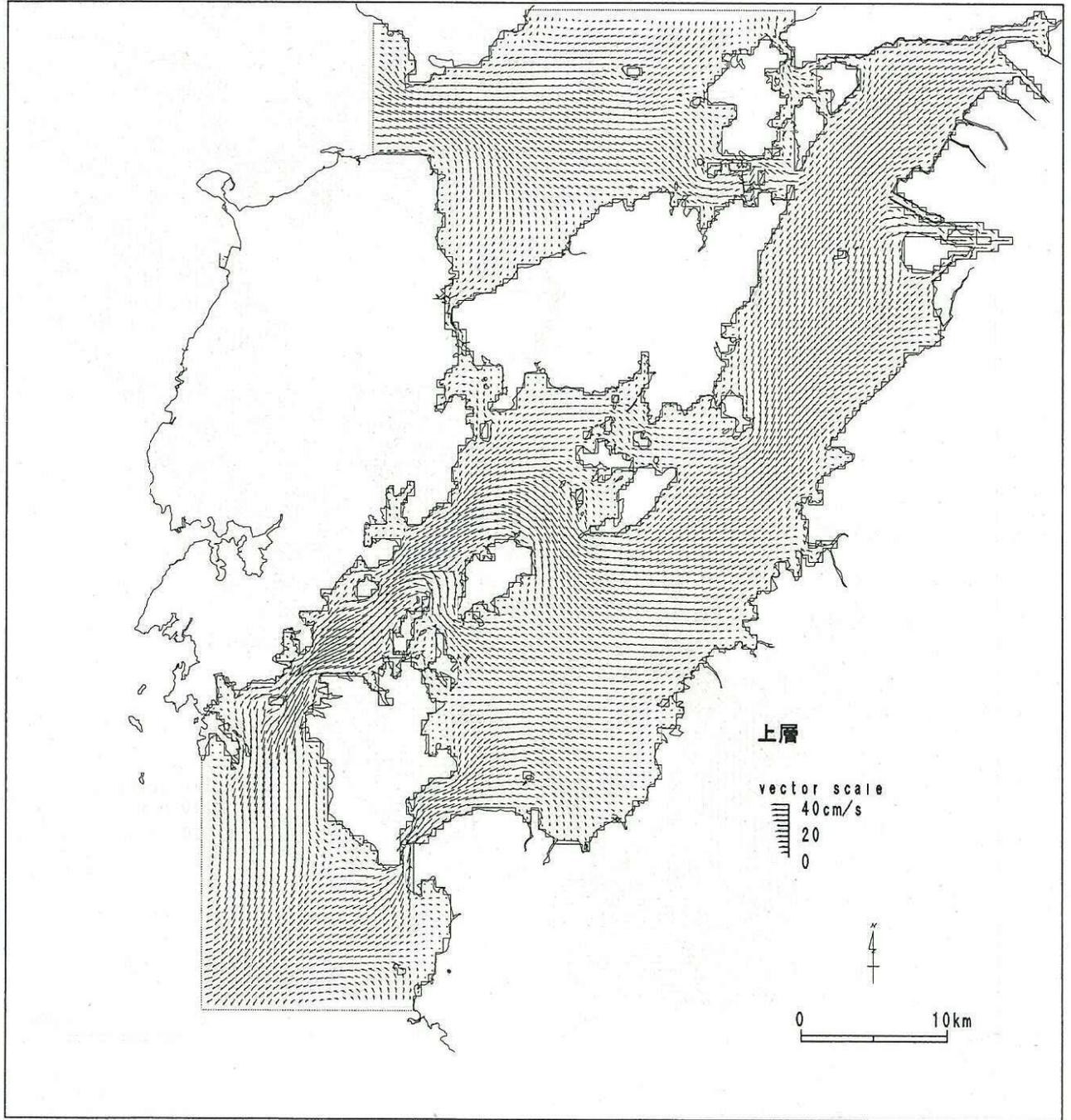
付図 5(1) 夏季平常時の流速ベクトル (小潮期、満潮時、上層)



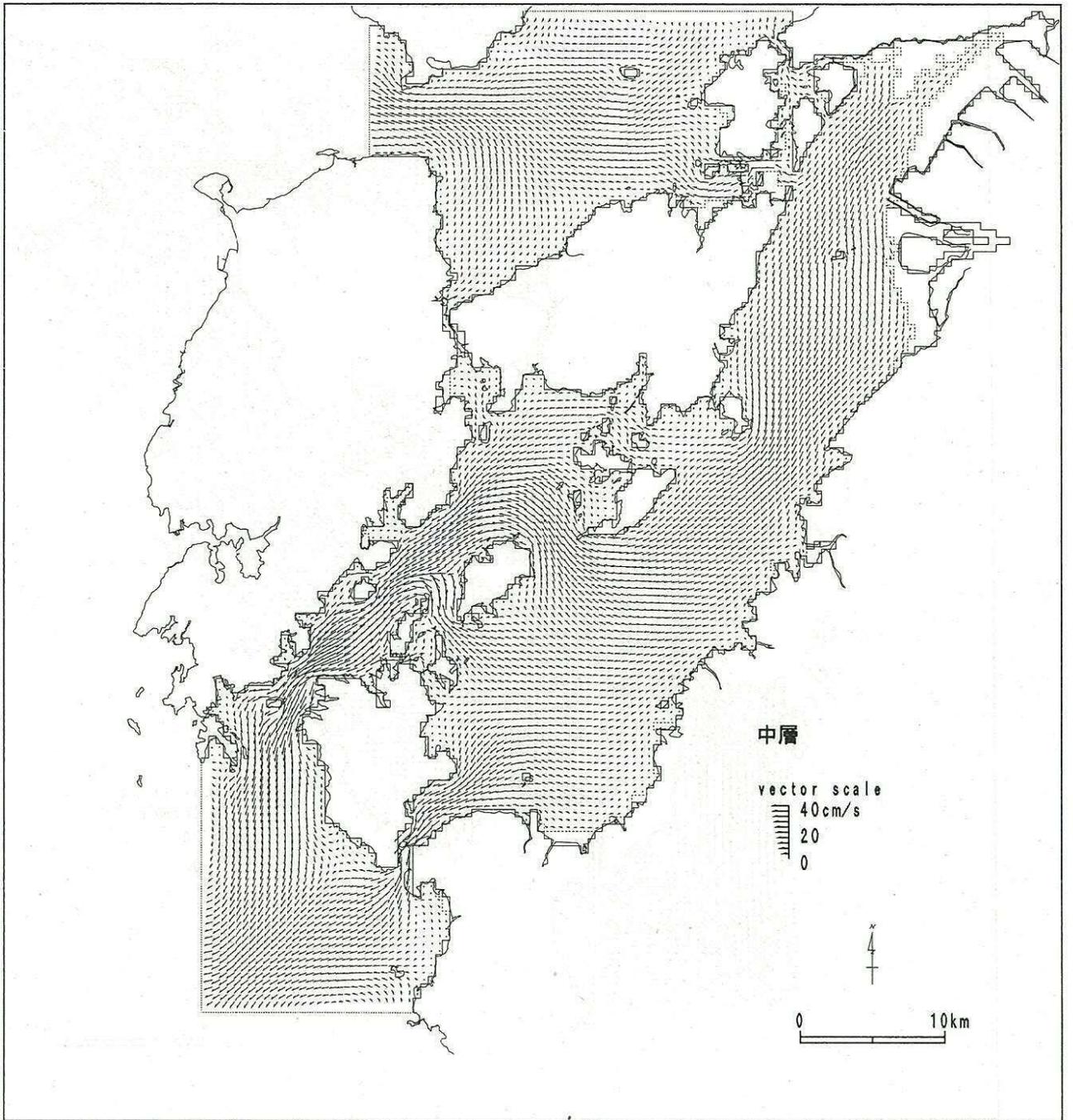
付図5(2) 夏季平常時の流速ベクトル（小潮期、満潮時、中層）



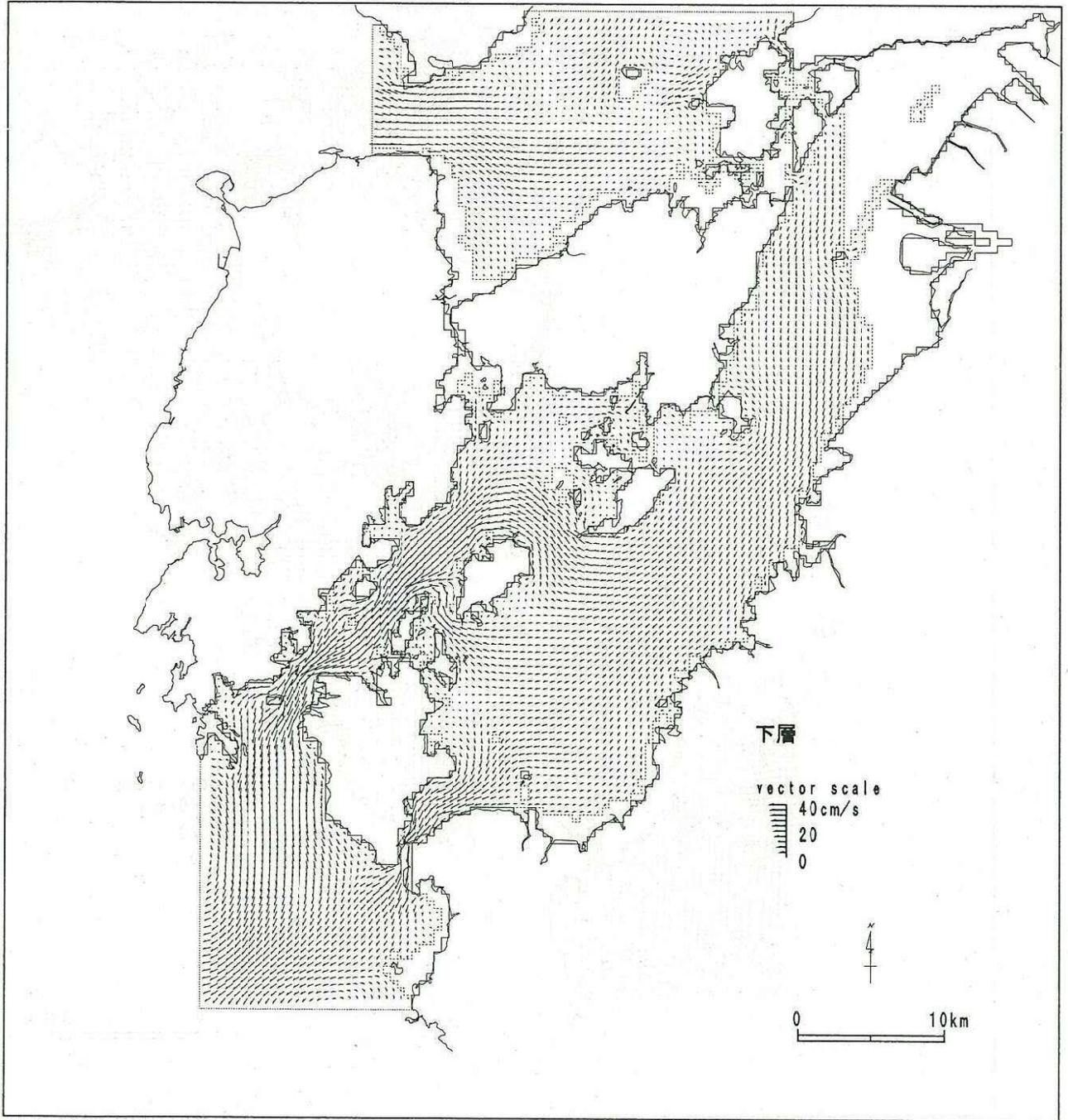
付図5(3) 夏季平常時の流速ベクトル（小潮期、満潮時、下層）



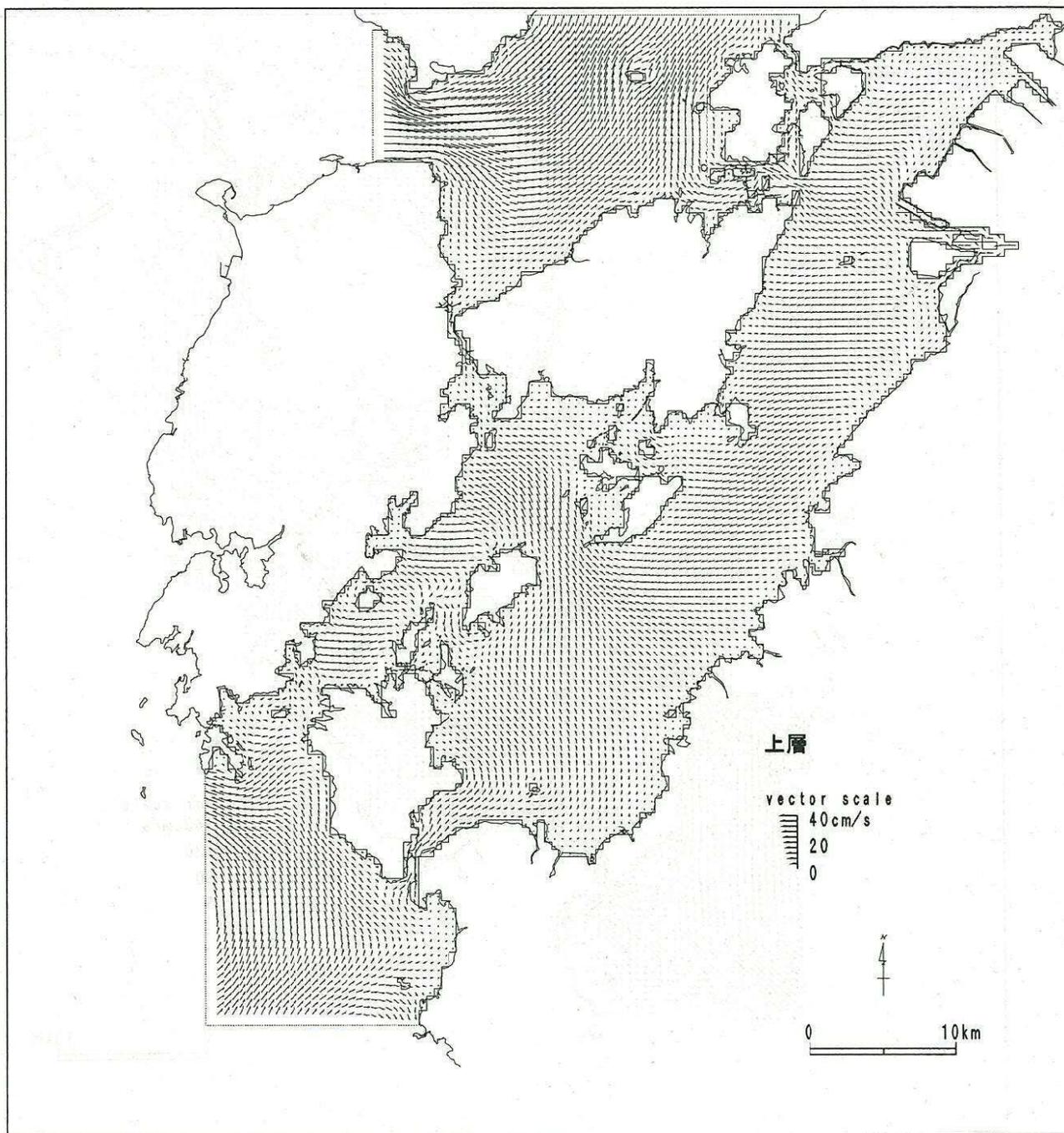
付図 6(1) 夏季平常時の流速ベクトル (小潮期、下げ潮時、上層)



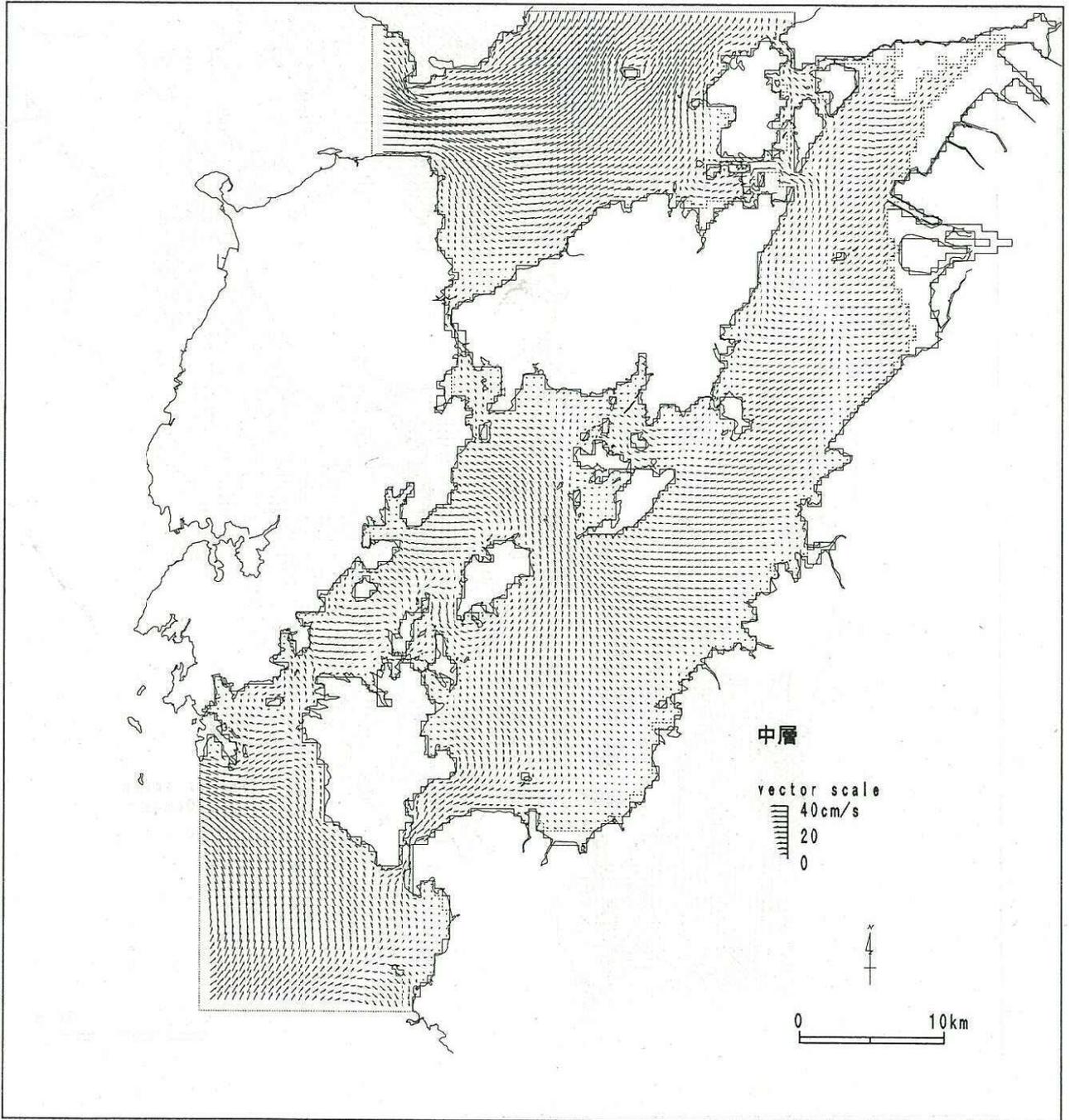
付図 6(2) 夏季平常時の流速ベクトル (小潮期、下げ潮時、中層)



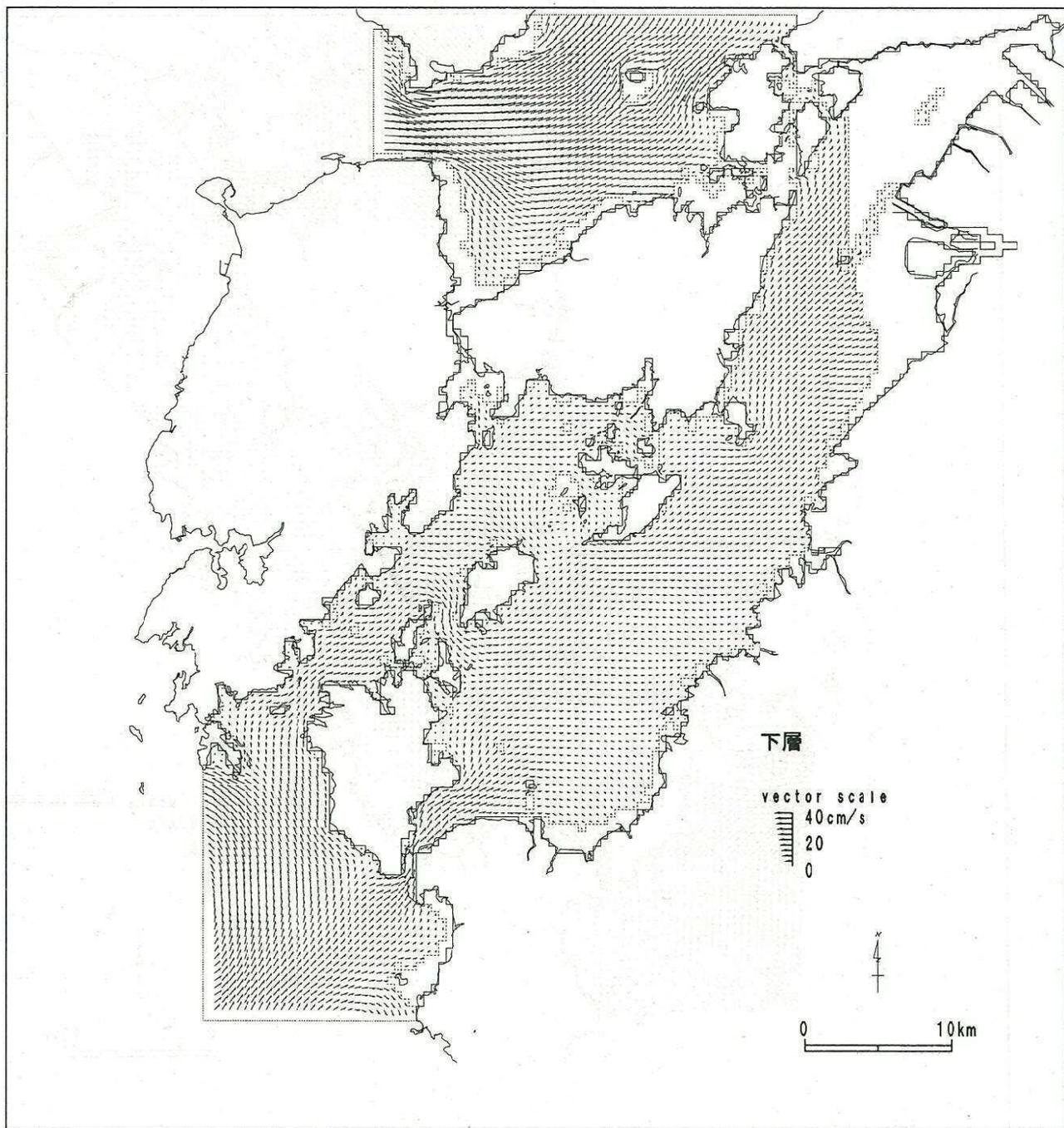
付図 6(3) 夏季平常時の流速ベクトル (小潮期、下げ潮時、下層)



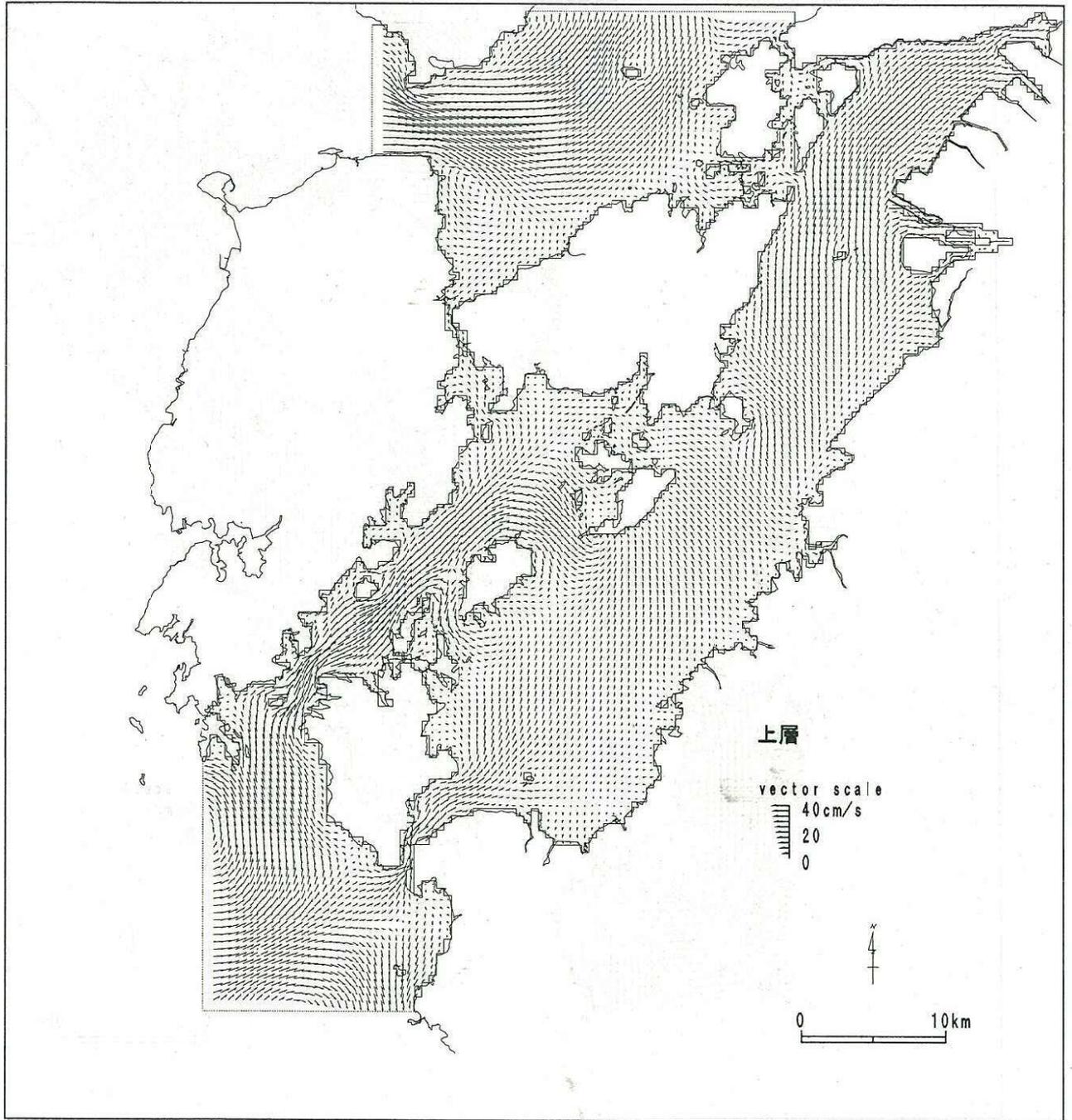
付図 7(1) 夏季平常時の流速ベクトル (小潮期、干潮時、上層)



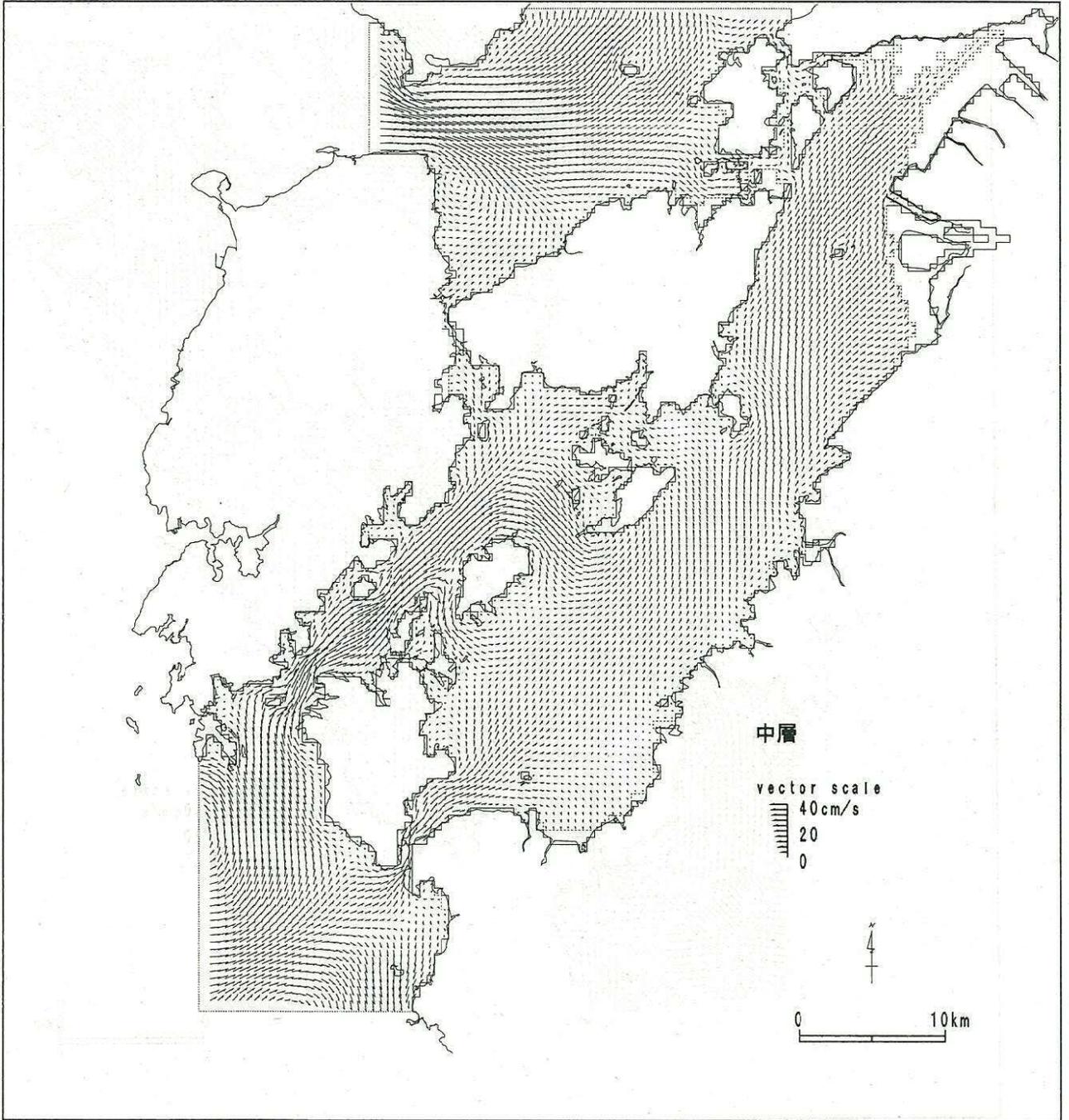
付図 7(2) 夏季平常時の流速ベクトル (小潮期、干潮時、中層)



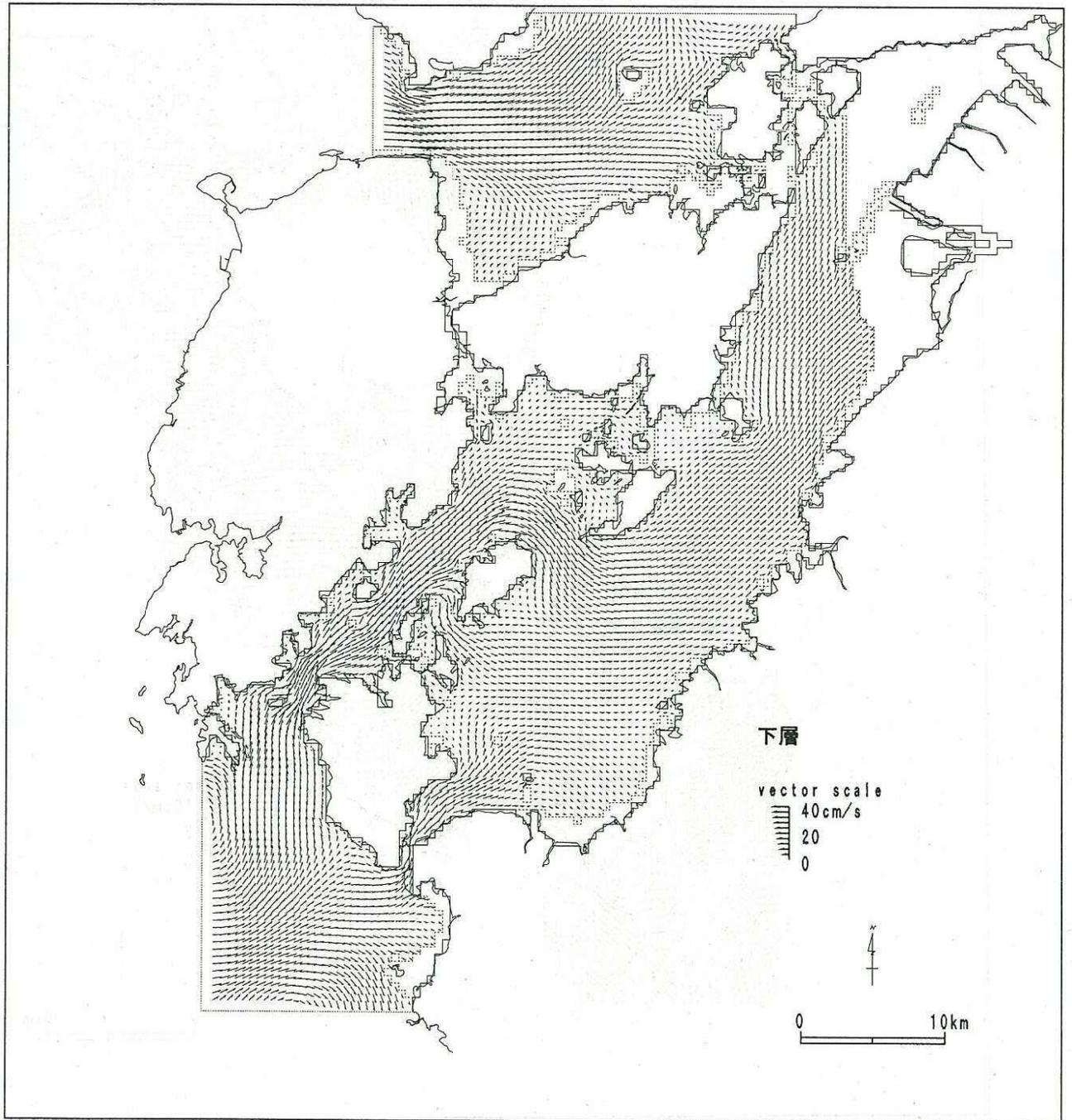
付図 7(3) 夏季平常時の流速ベクトル (小潮期、干潮時、下層)



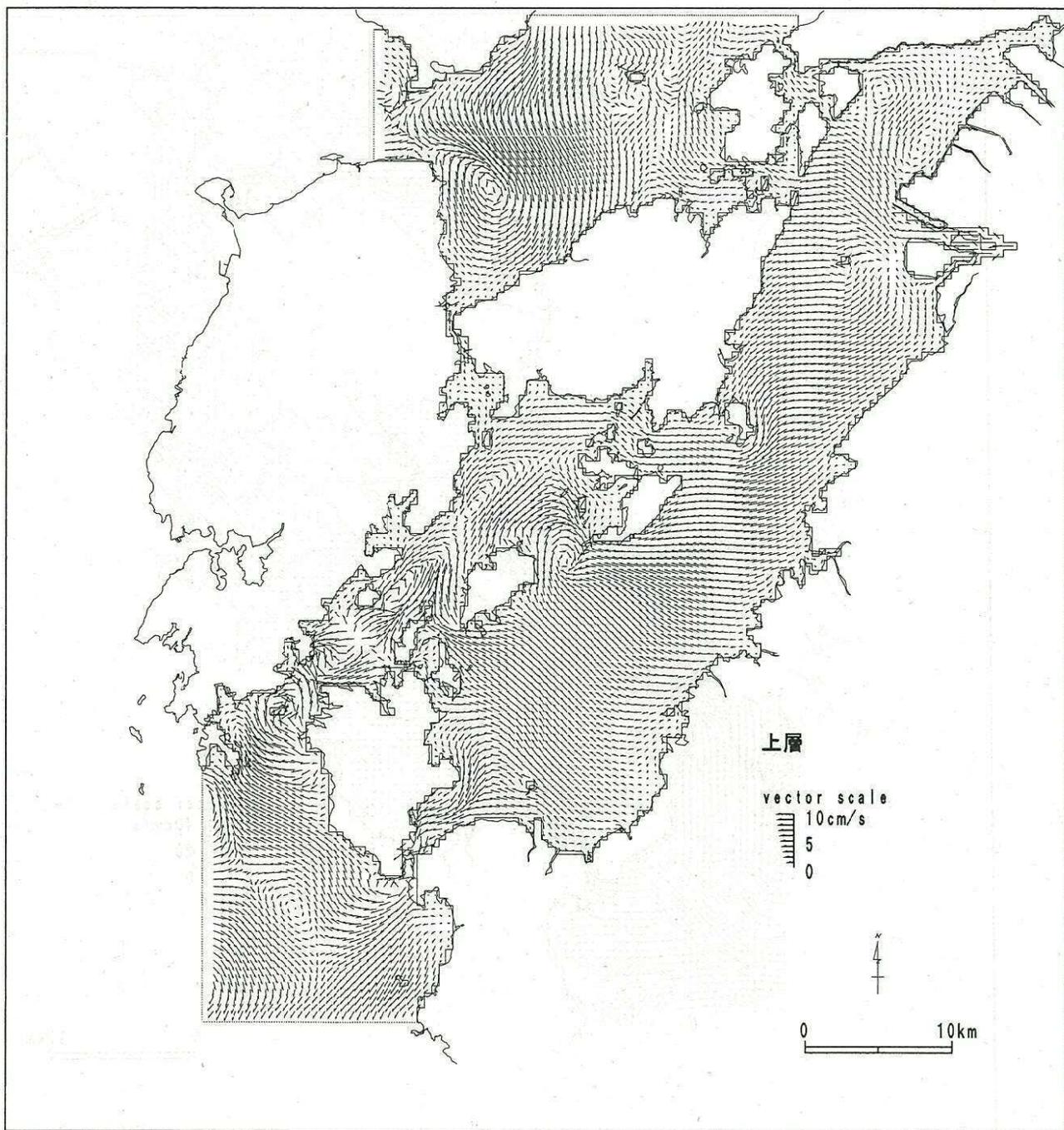
付図 8(1) 夏季平常時の流速ベクトル (小潮期、上げ潮時、上層)



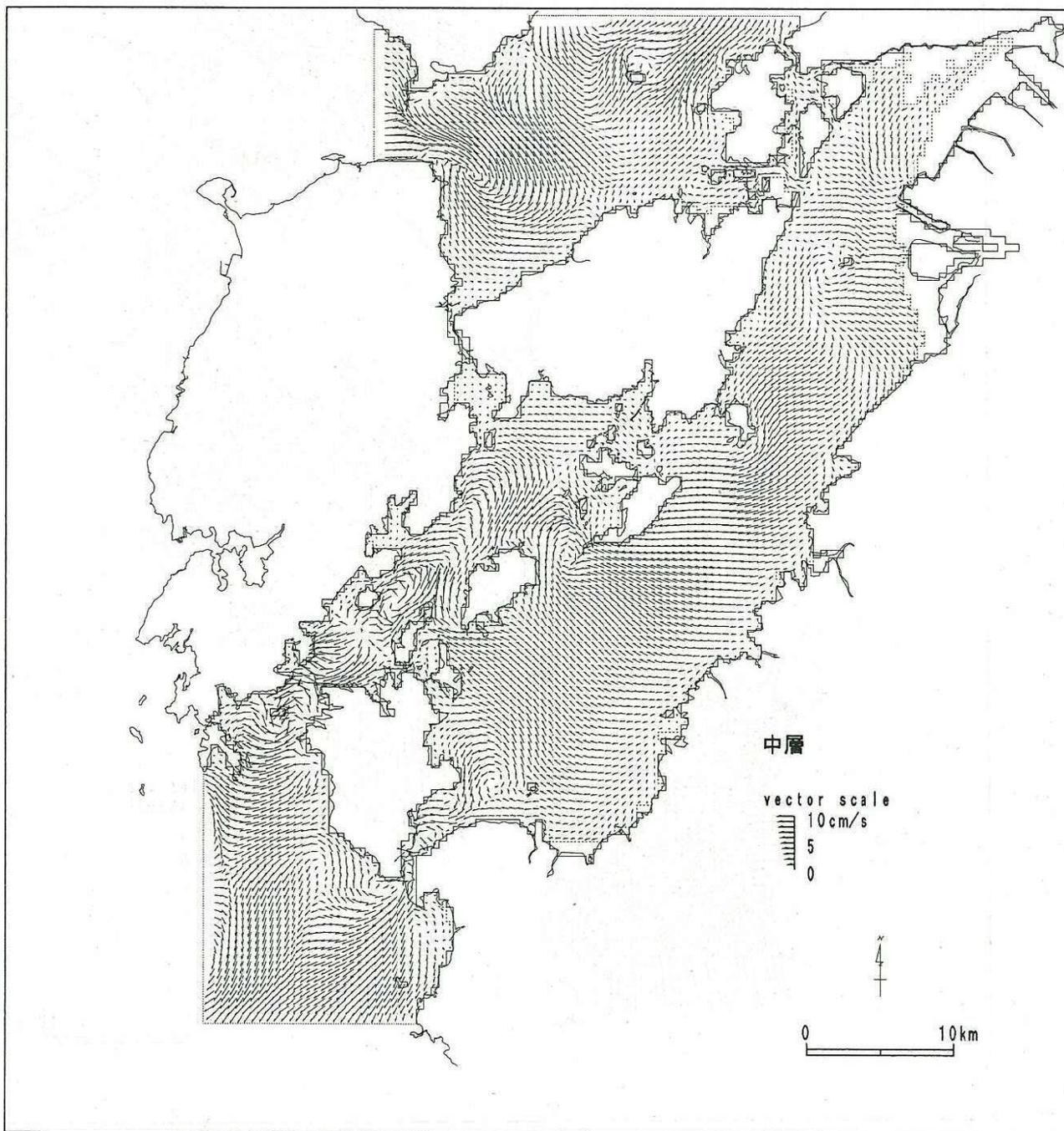
付図 8(2) 夏季平常時の流速ベクトル (小潮期、上げ潮時、中層)



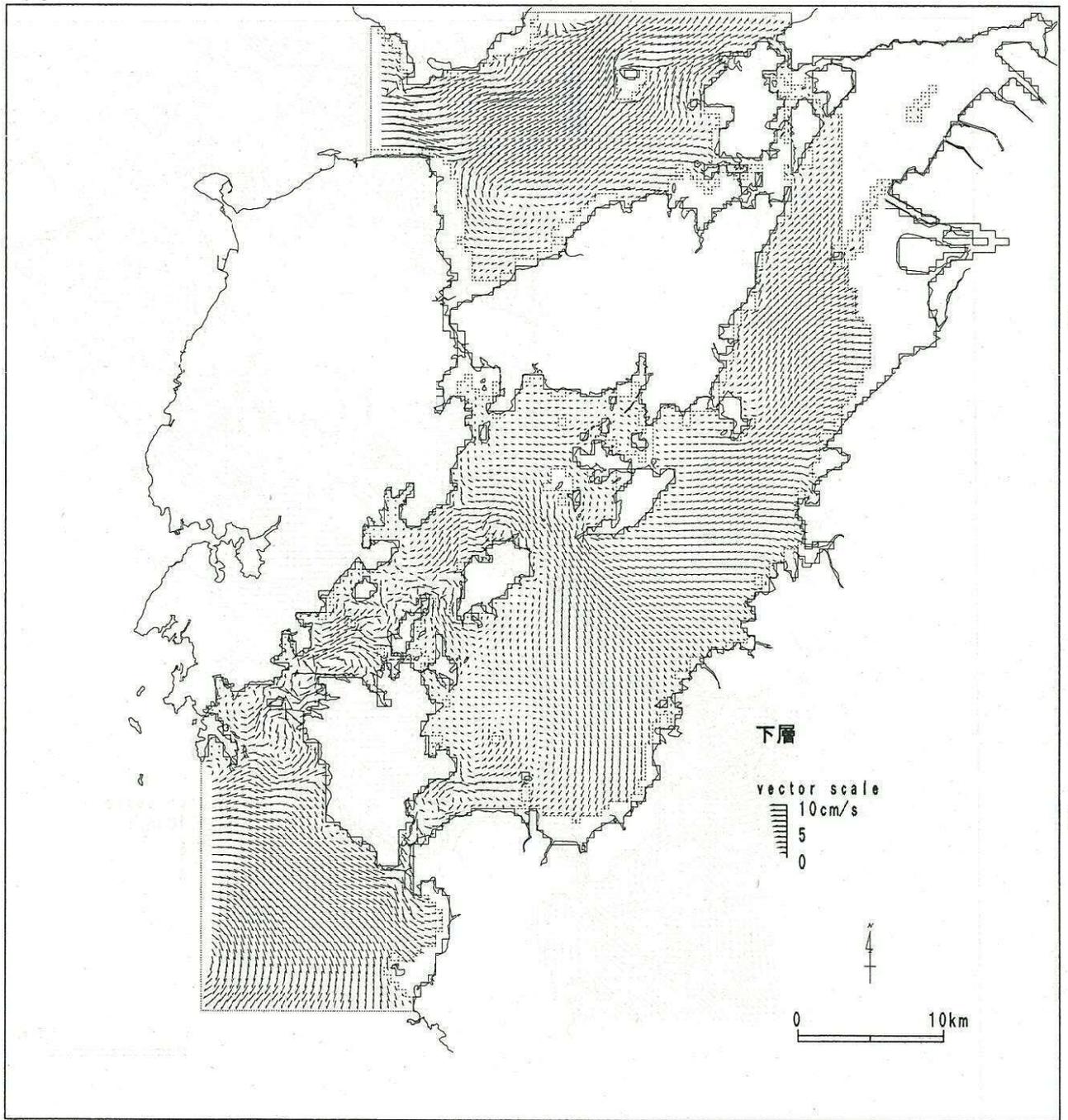
付図 8(3) 夏季平常時の流速ベクトル (小潮期、上げ潮時、下層)



付図 9(1) 夏季平常時の流速ベクトル (15 日間平均流、上層)



付図 9(2) 夏季平常時の流速ベクトル (15 日間平均流、中層)



付図9(3) 夏季平常時の流速ベクトル (15日間平均流、下層)

多層メッシュモデルの層分割について

(1) 八代海の水質・水温鉛直分布[平成13年夏季調査]

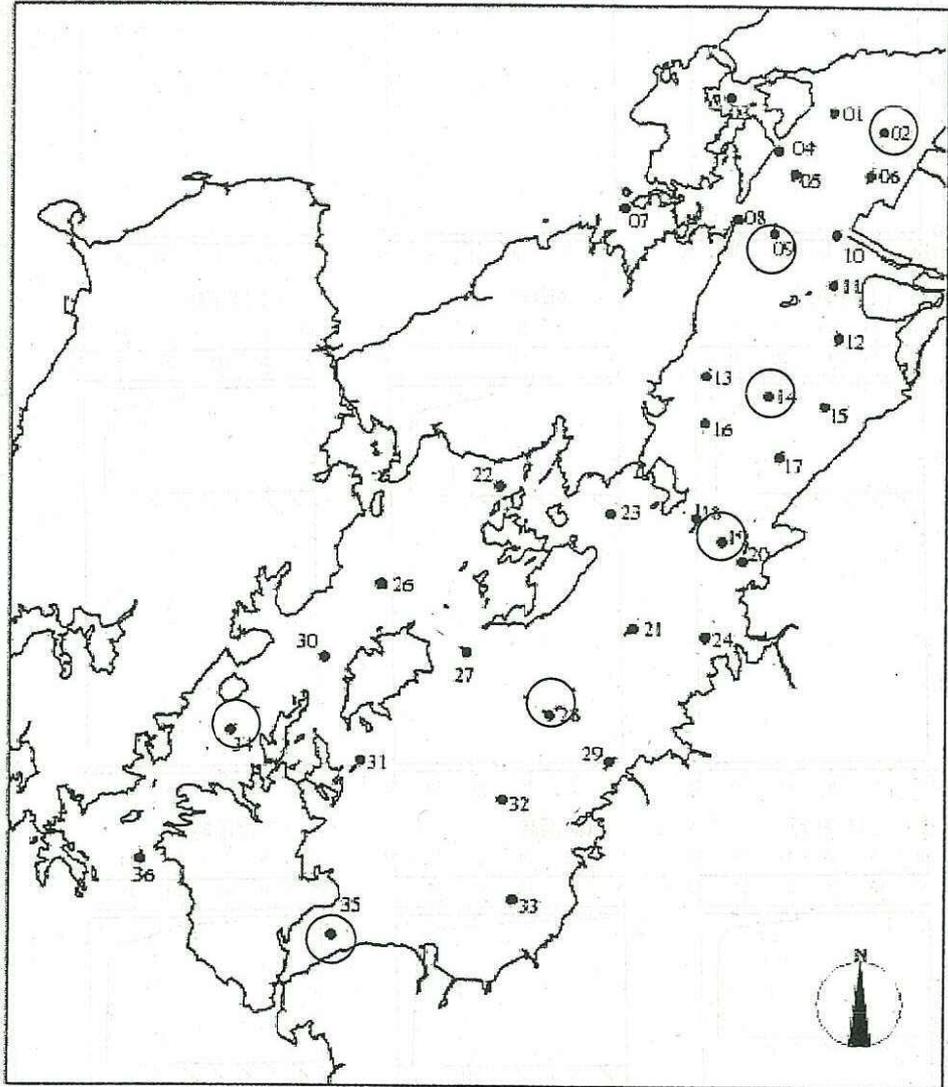


図1 水質測定値地点図

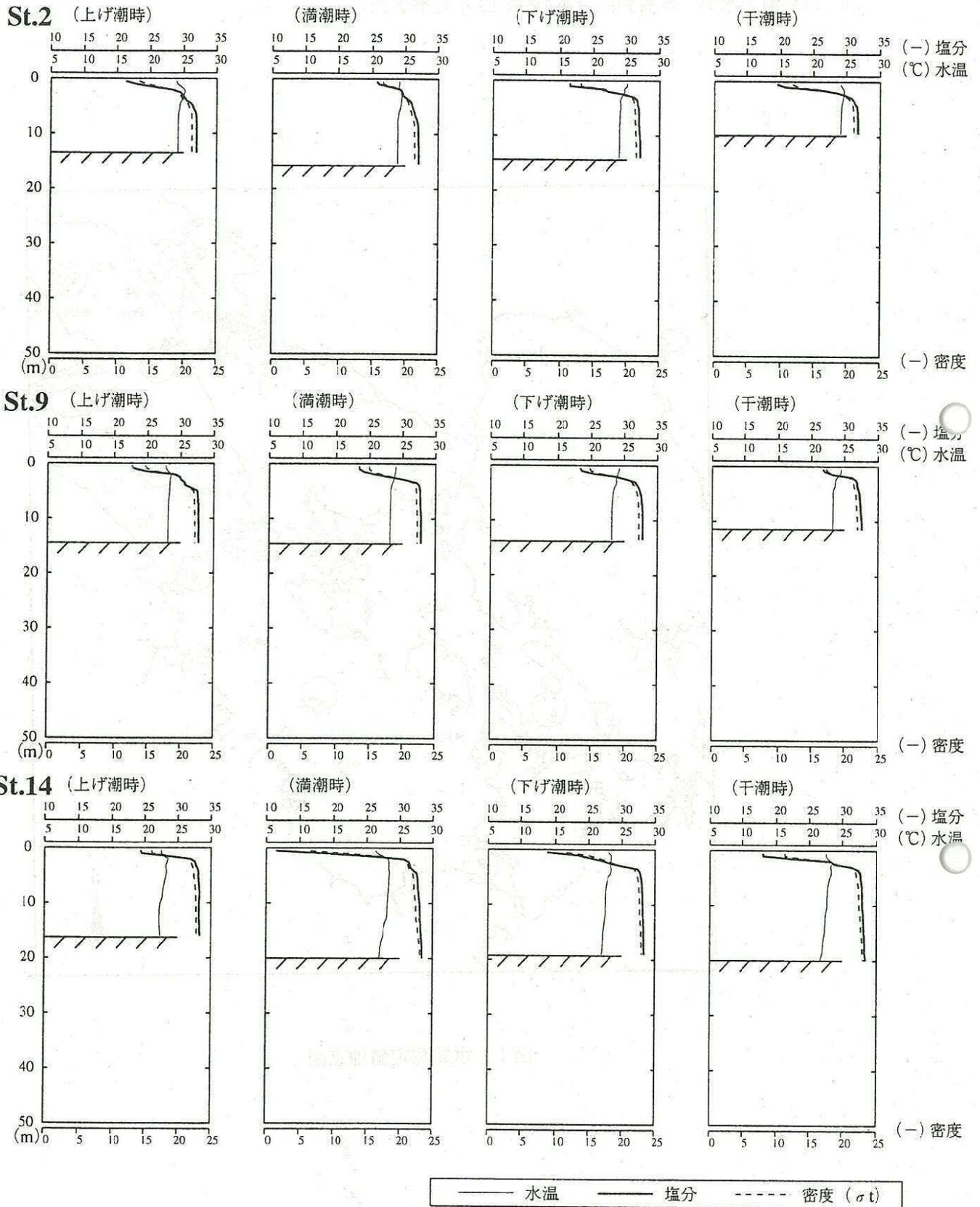


図 2(1) 水温、塩分の鉛直分布図（大潮期：6月21日）

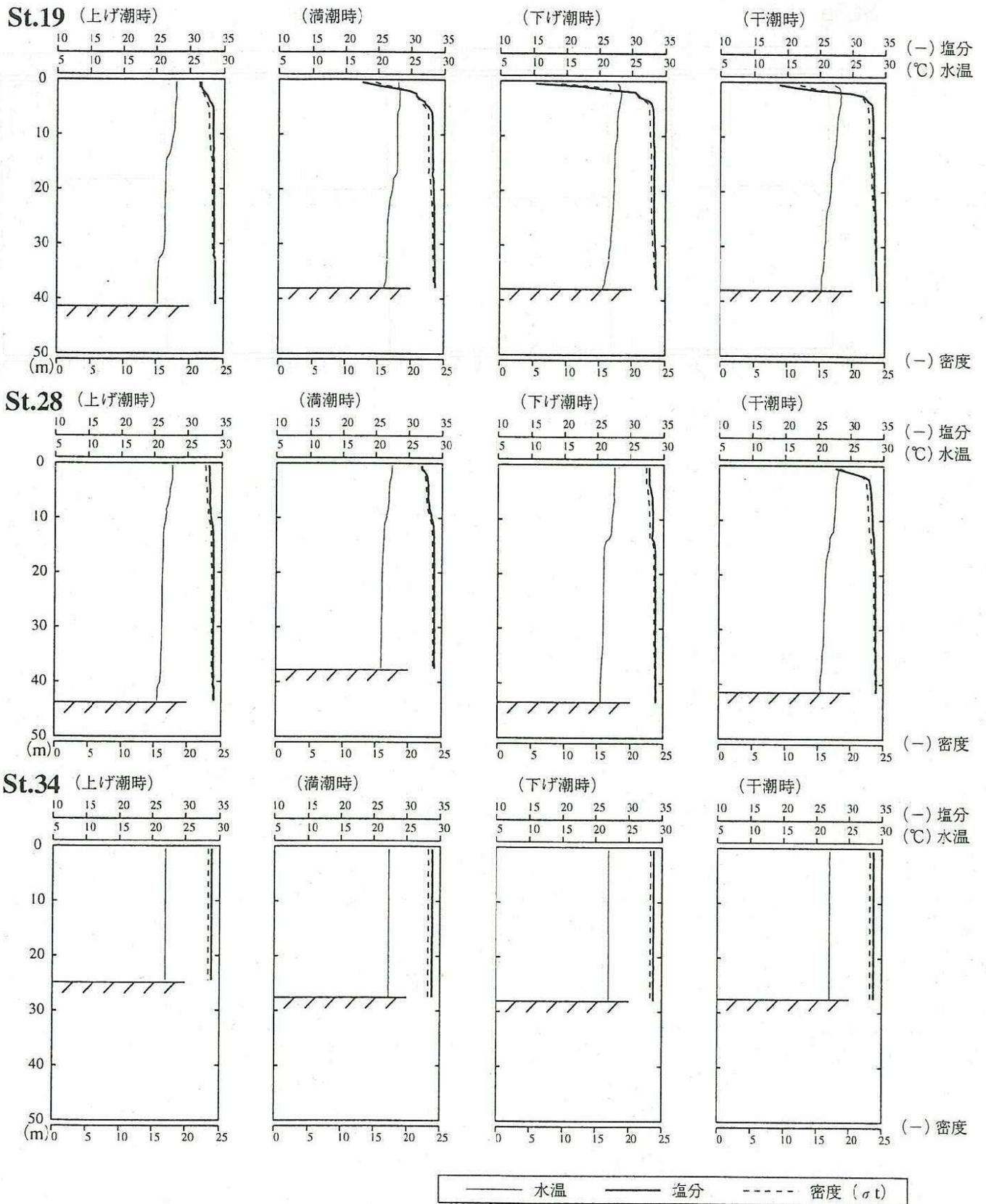


図 2(2) 水温、塩分の鉛直分布図（大潮期：6月21日）



[調査日：2001年6月28日（小潮期）]

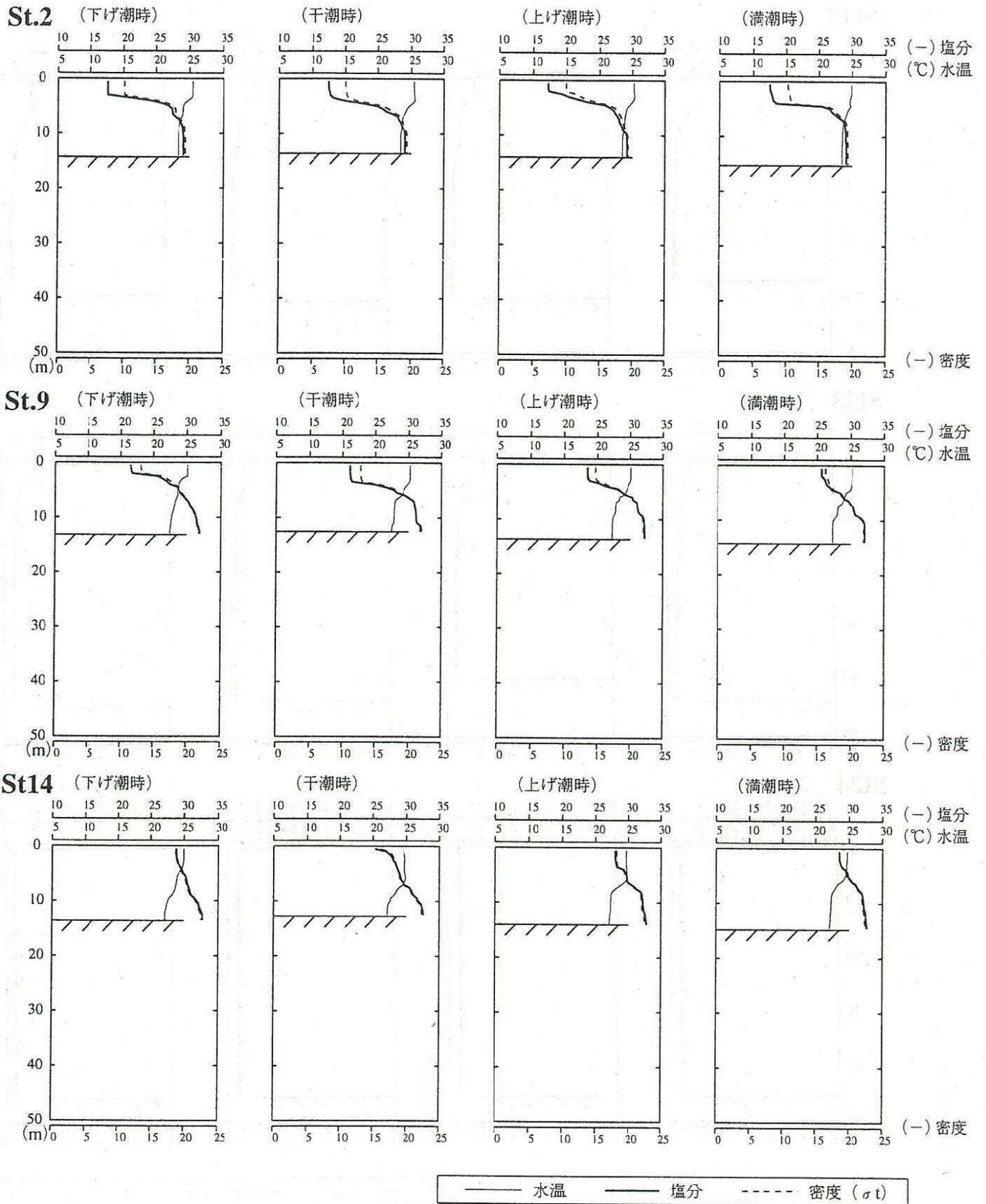


図 3(1) 水温、塩分の鉛直分布図（小潮期：6月28日）

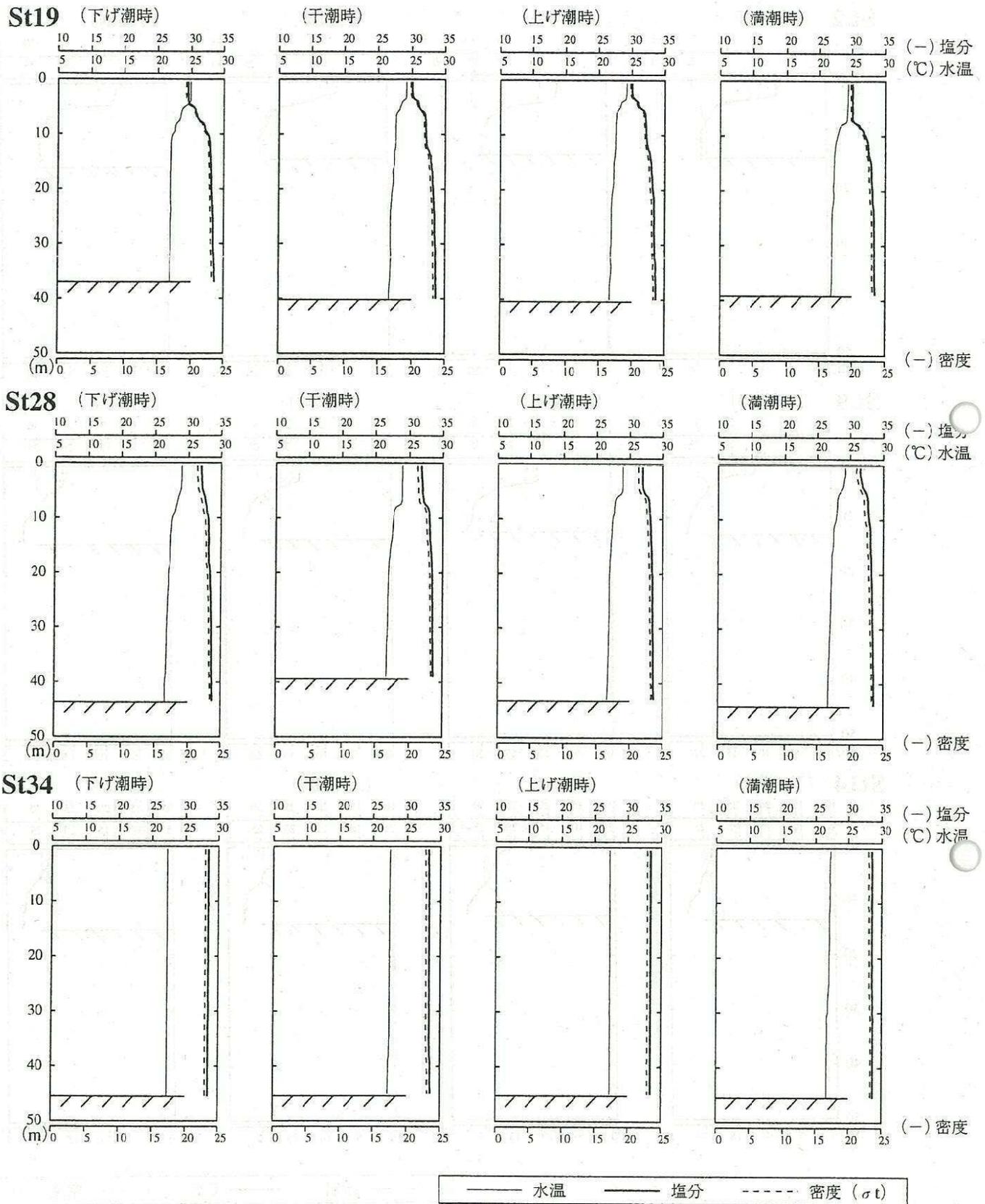


図 3(2) 水温、塩分の鉛直分布図（小潮期：6月28日）

[調査日：2001年6月28日（小潮期）]

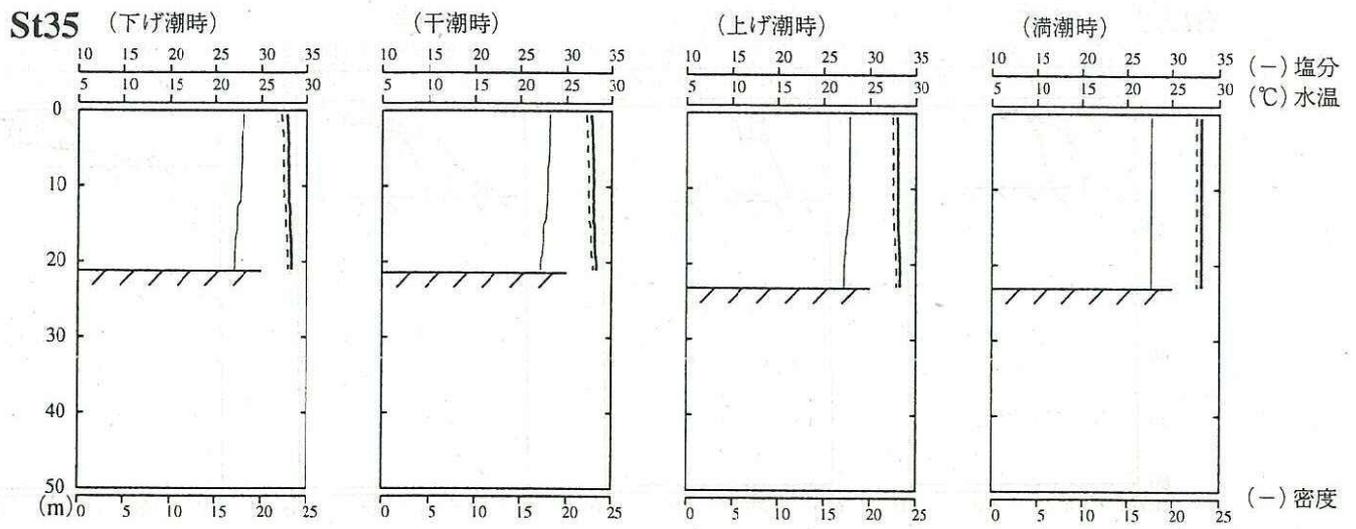


図 3(3) 水温、塩分の鉛直分布図（小潮期：6月28日）

[調査日：2001年6月21日（大潮期）]

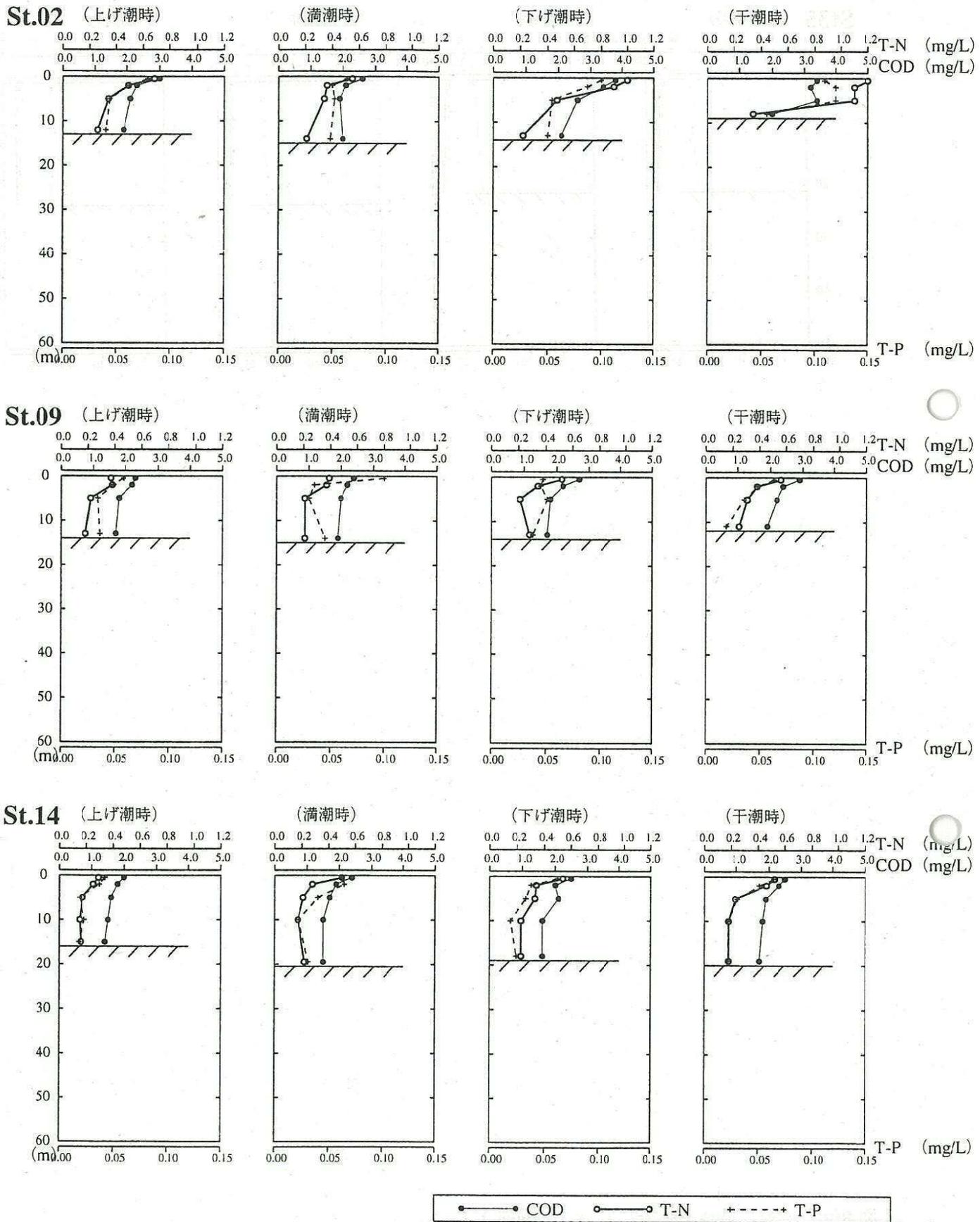


図4(1) COD、T-N、T-Pの鉛直分布図（大潮期：6月21日）

[調査日：2001年6月21日（大潮期）]

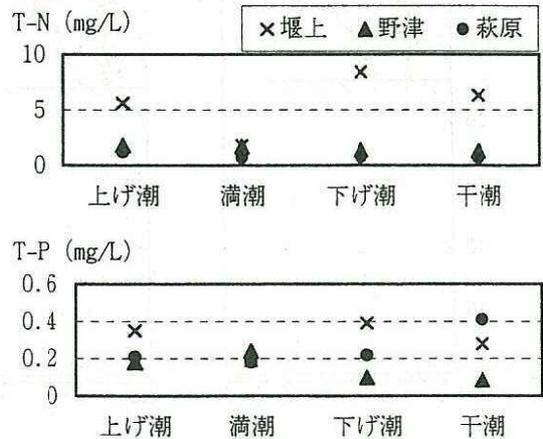
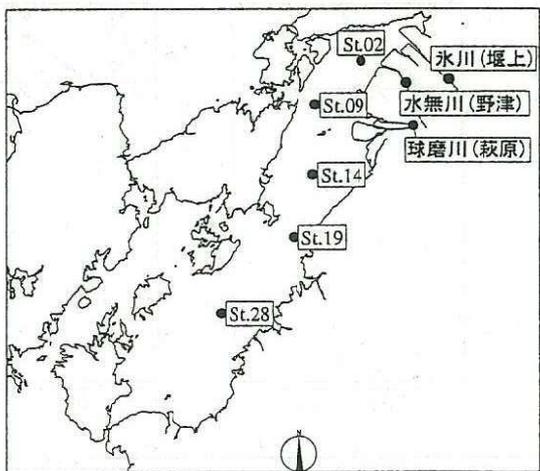
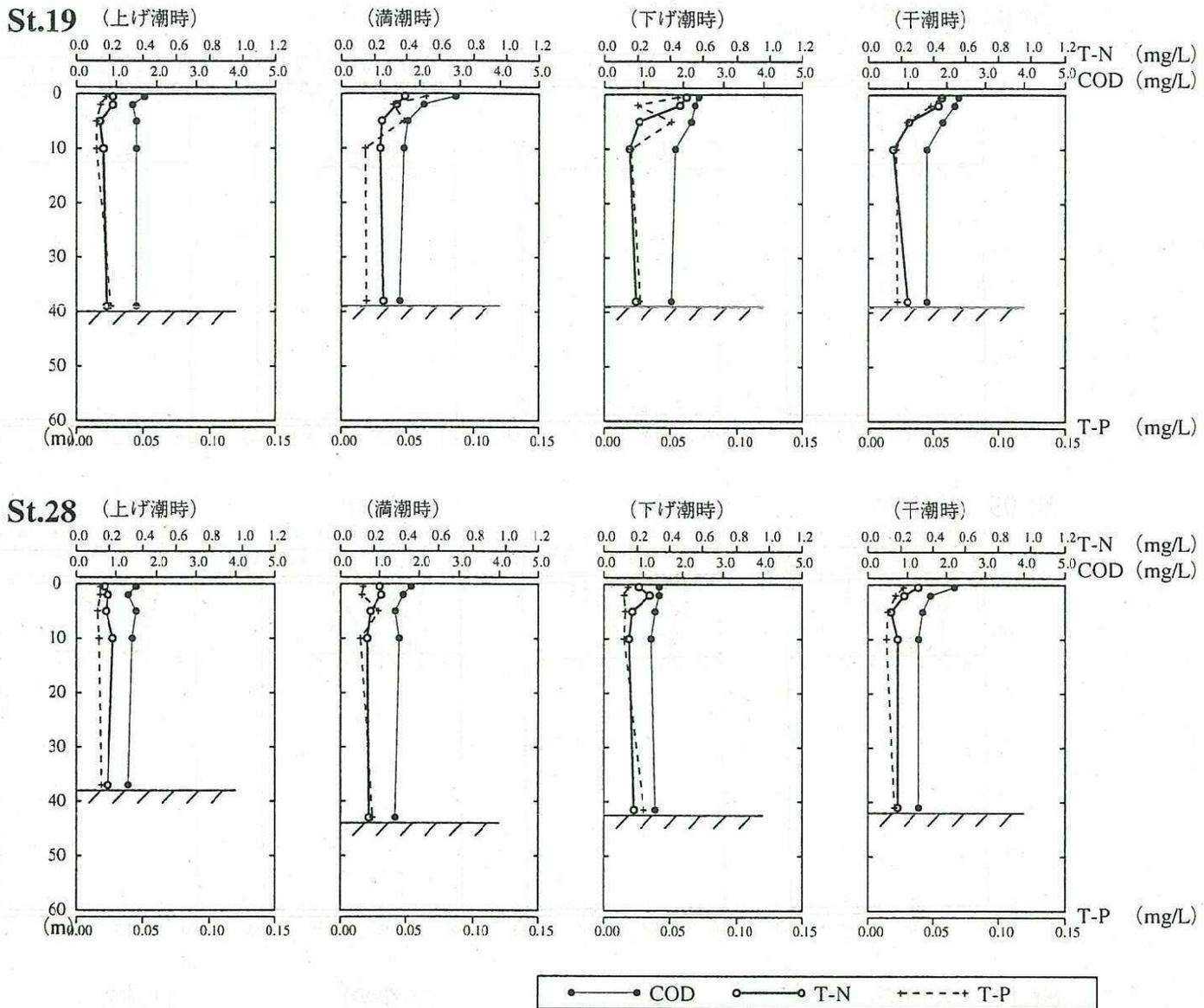


図4(2) COD、T-N、T-Pの鉛直分布図（大潮期：6月21日）

[調査日：2001年6月28日（小潮期）]

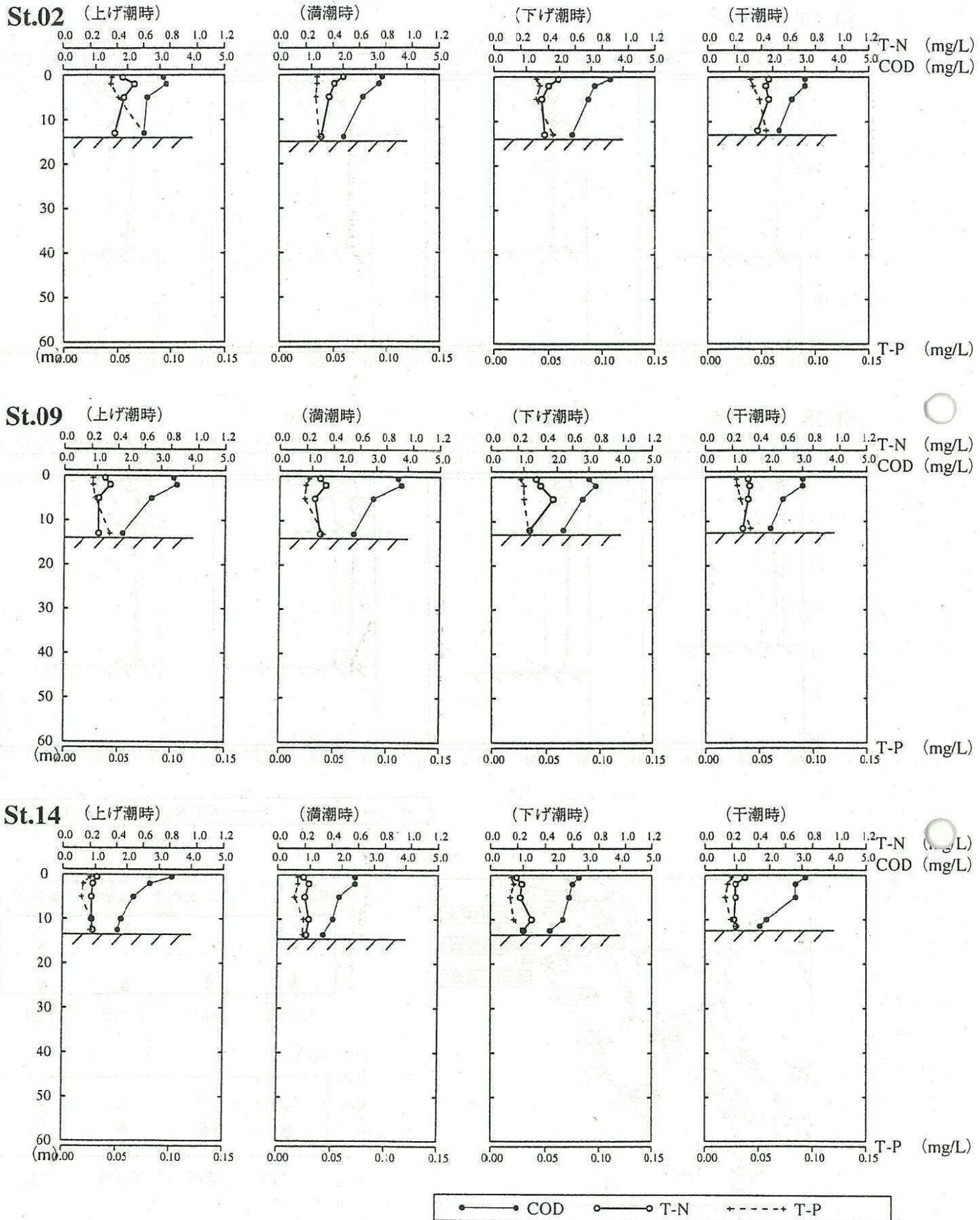


図5(1) COD、T-N、T-Pの鉛直分布図（小潮期：6月28日）

【調査日：2001年6月28日（小潮期）】

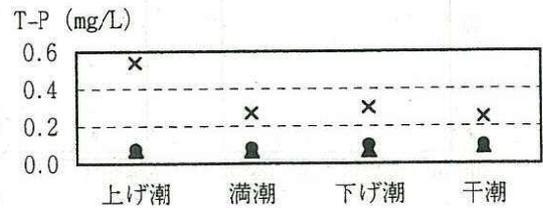
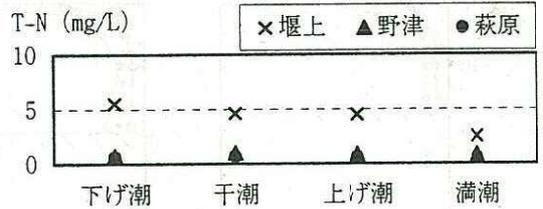
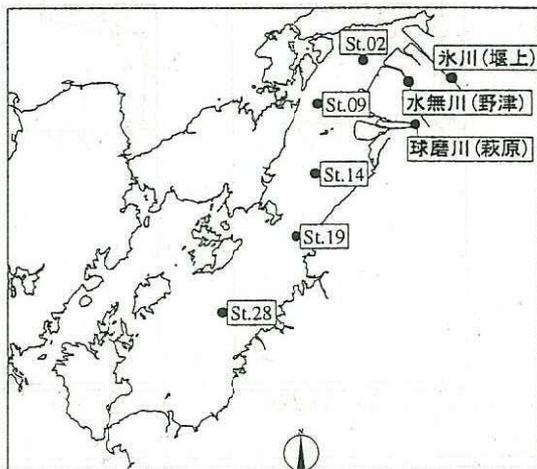
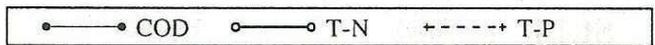
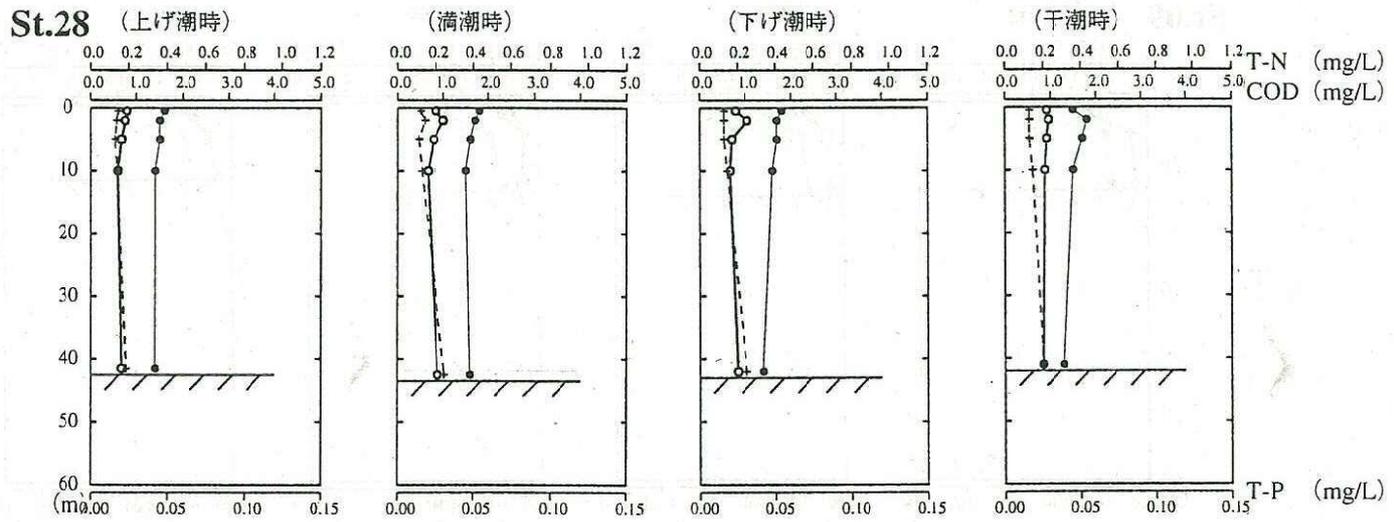
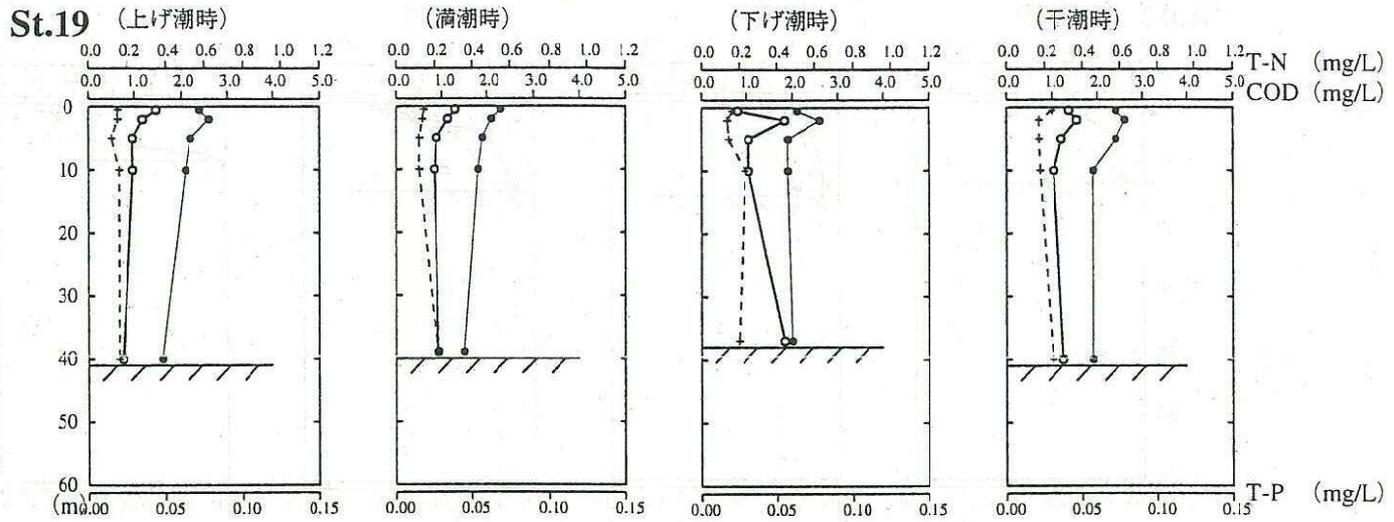


図5(2) COD、T-N、T-Pの鉛直分布図（小潮期：6月28日）

[調査日：2001年6月21日（大潮期）]

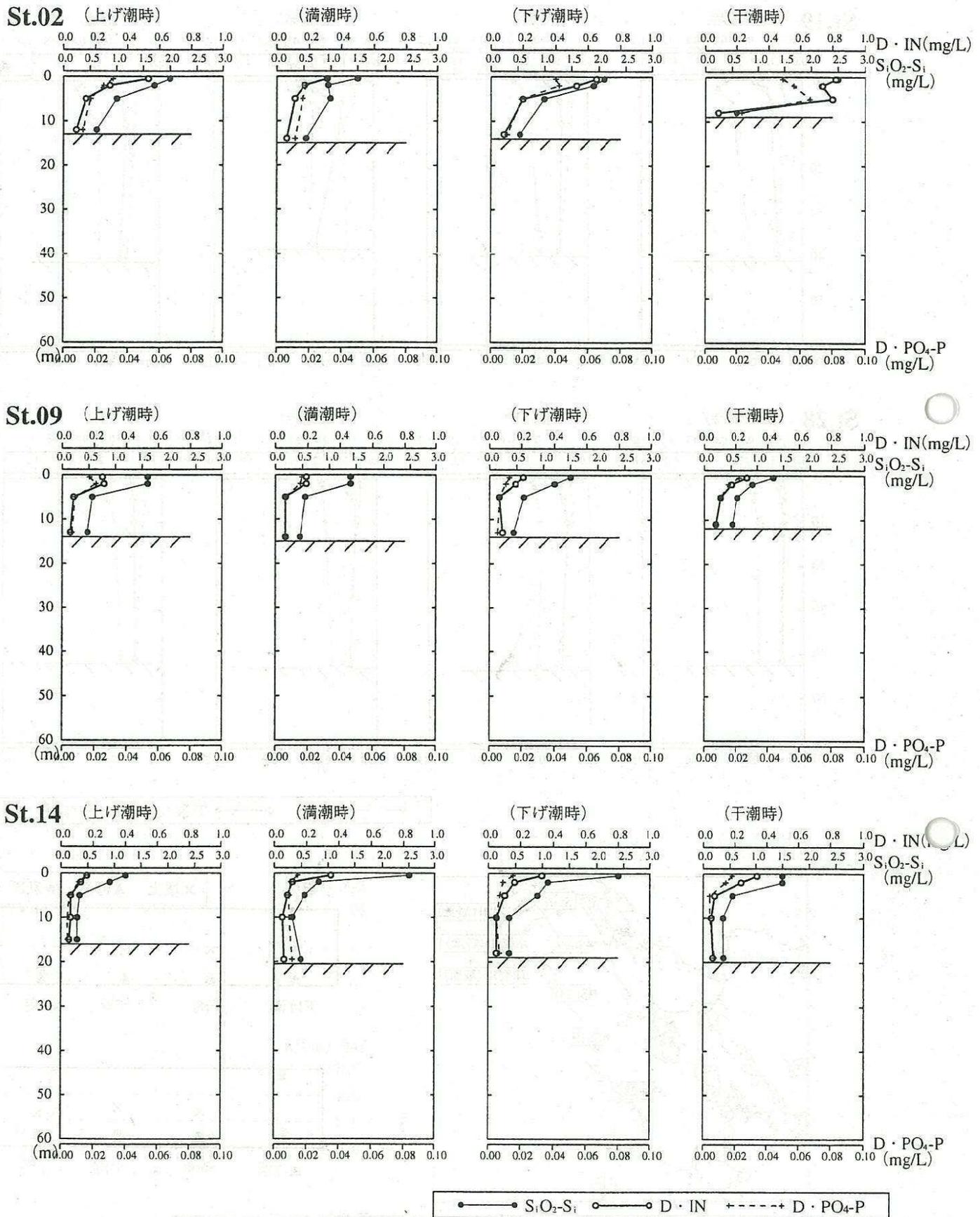
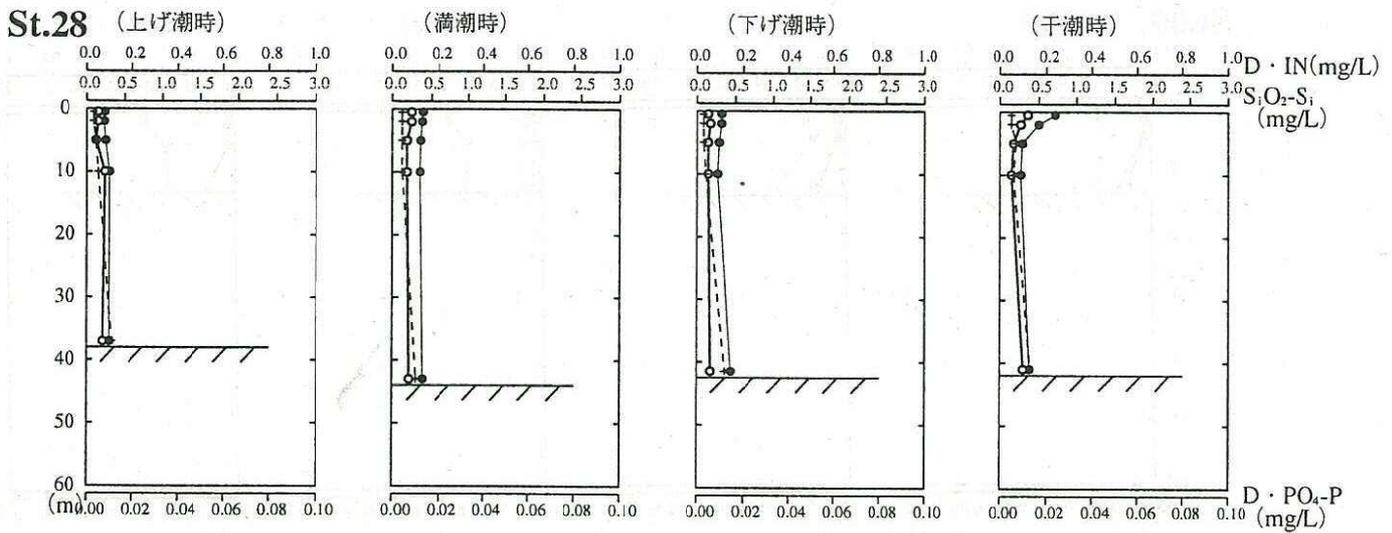
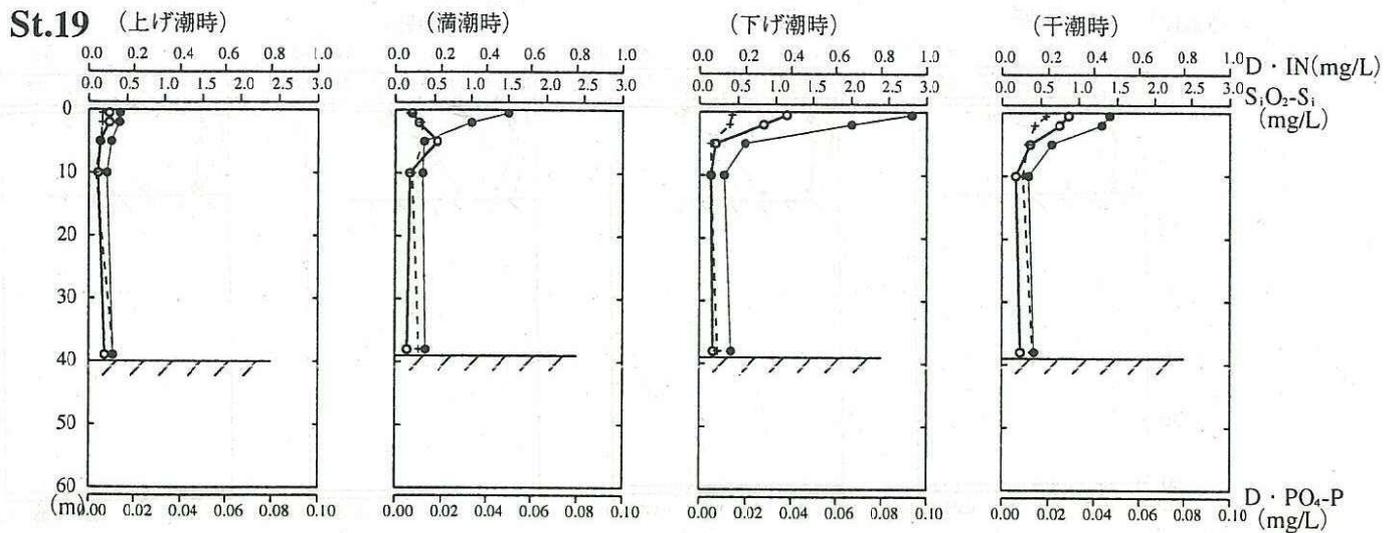


図 6(1)  $\text{SiO}_2\text{-Si}$ 、 $\text{D}\cdot\text{IN}$ 、 $\text{D}\cdot\text{PO}_4\text{-P}$  の鉛直分布図（大潮期：6月21日）

[調査日：2001年6月21日（大潮期）]



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

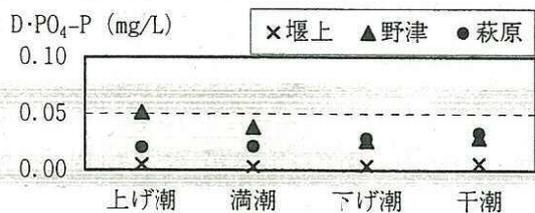
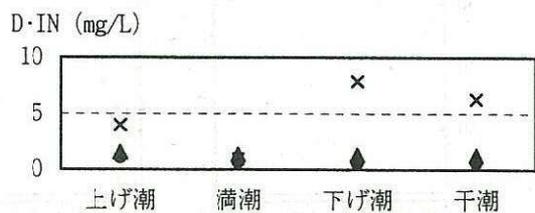
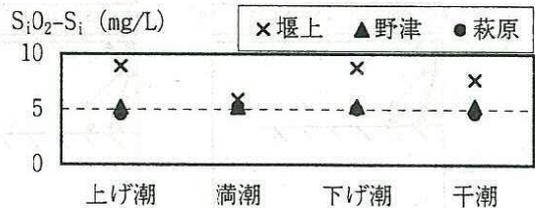
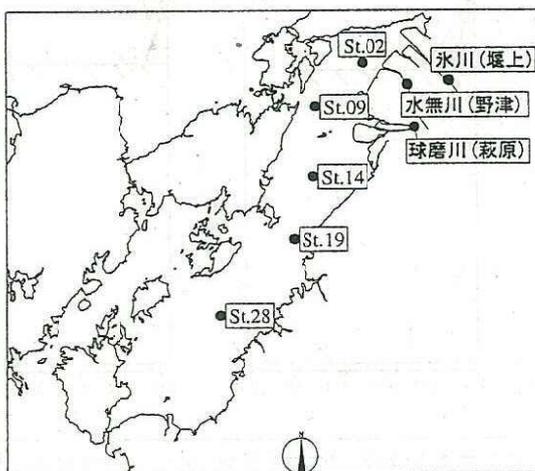


図 6(2)  $\text{SiO}_2\text{-Si}$ 、 $\text{D}\cdot\text{IN}$ 、 $\text{D}\cdot\text{PO}_4\text{-P}$  の鉛直分布図 (大潮期：6月21日)

[調査日：2001年6月28日（小潮期）]

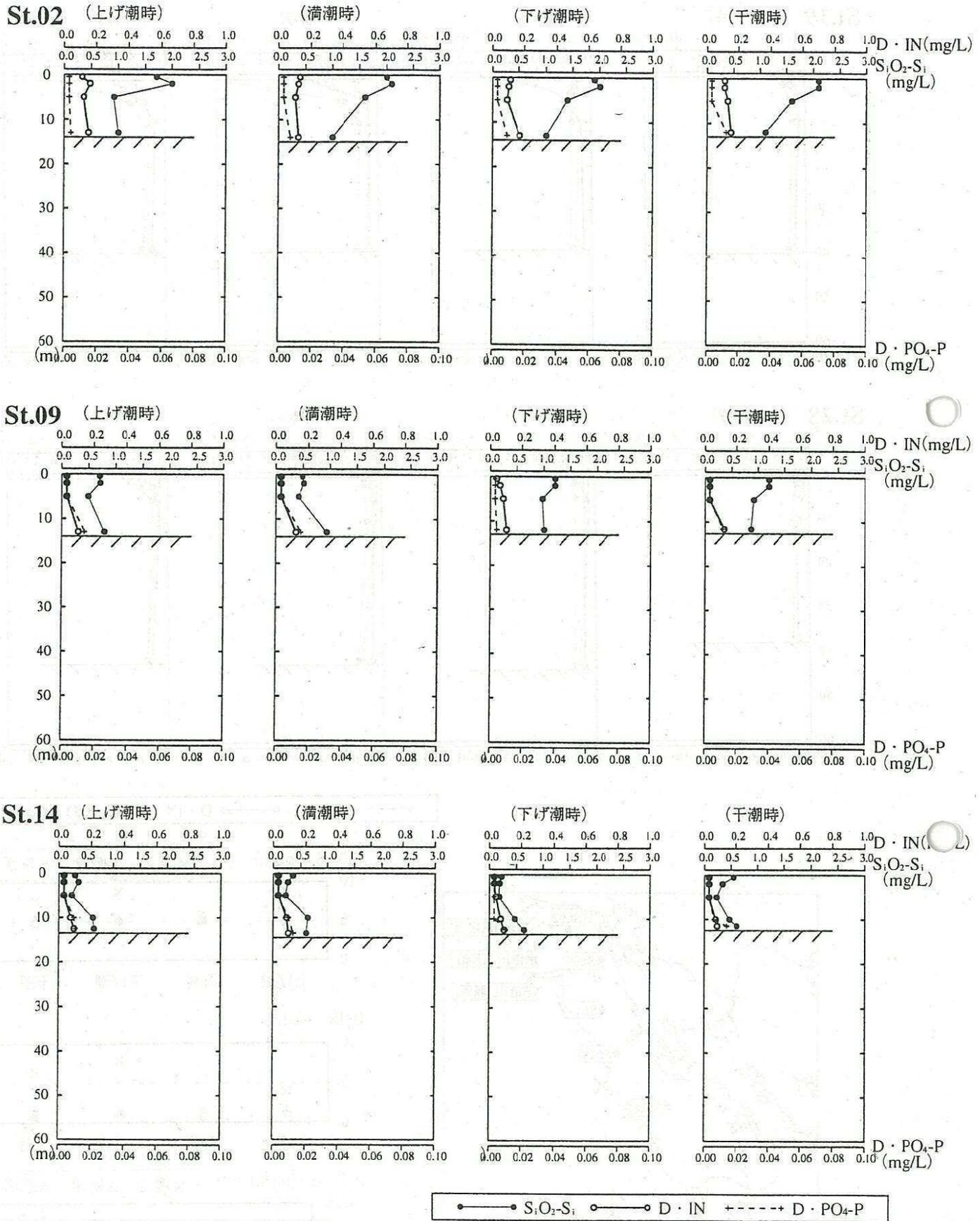
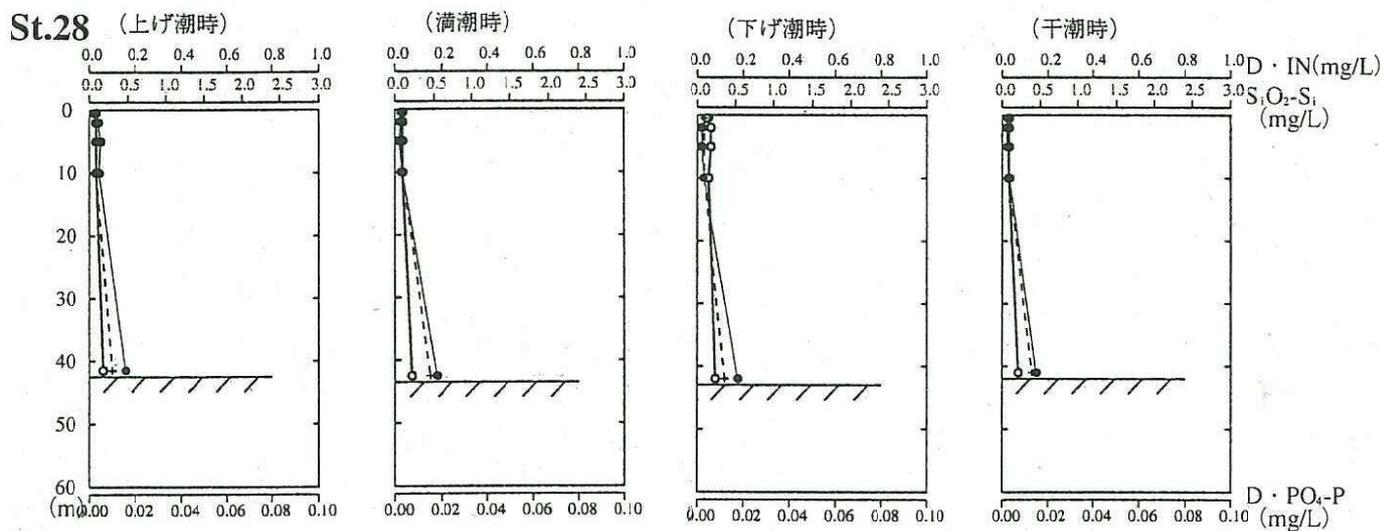
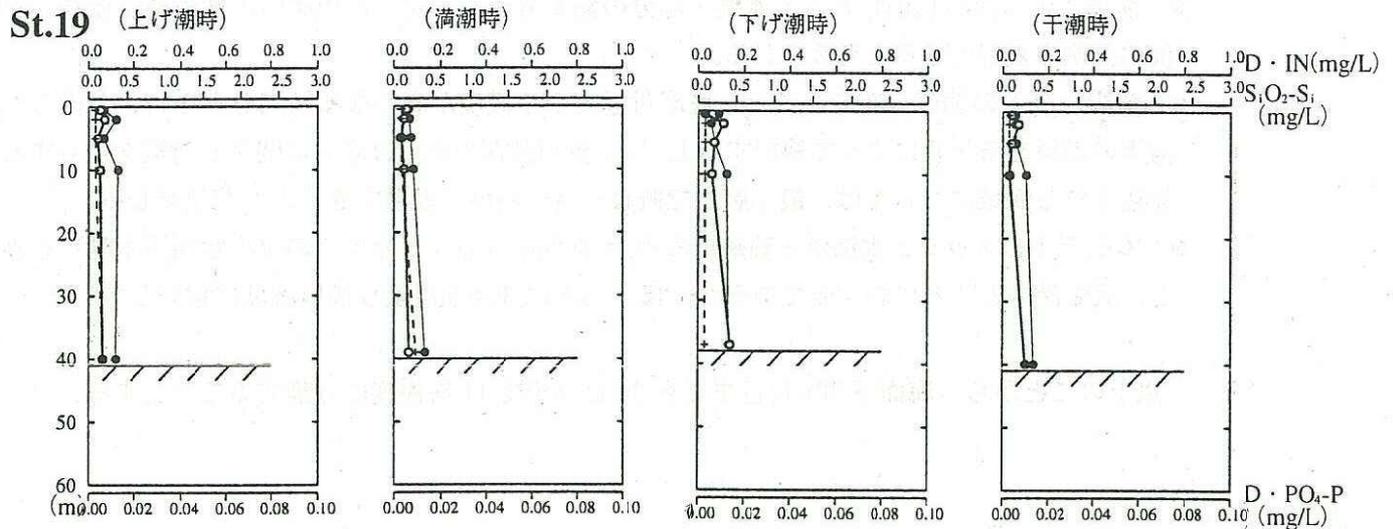


図 7(1)  $\text{SiO}_2\text{-Si}$ 、 $\text{D}\cdot\text{IN}$ 、 $\text{D}\cdot\text{PO}_4\text{-P}$  の鉛直分布図 (小潮期：6月28日)

[調査日：2001年6月28日（小潮期）]



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

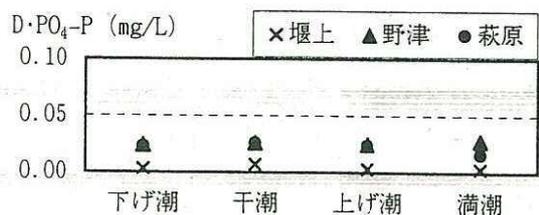
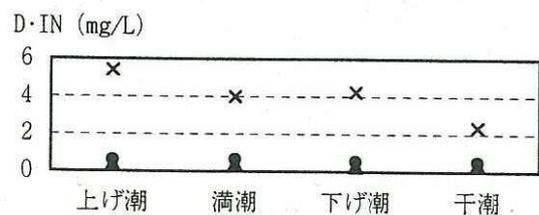
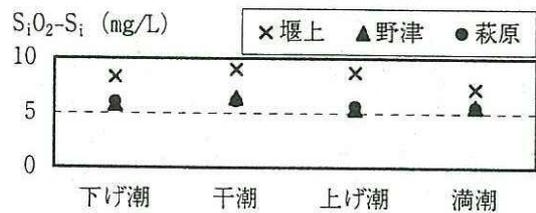
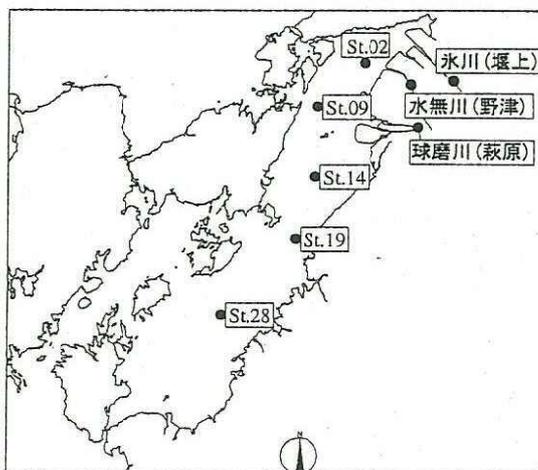


図7(2)  $\text{SiO}_2\text{-Si}$ 、 $\text{D}\cdot\text{IN}$ 、 $\text{D}\cdot\text{PO}_4\text{-P}$  の鉛直分布図 (小潮期：6月28日)

(2) 多層メッシュモデルの層分割

- 前項で示した八代海における水温・塩分の鉛直分布からは、八代海の水利構造は概ね3層程度の分割で表現できると考えられる。
- 窒素、リンの鉛直分布をみると、底層付近でやや濃度が高くなる傾向もみられ、今後の保全対策の効果をモデルによって検討する上では、養殖負荷あるいは底泥に関する対策を検討すると見込まれる海域については、最下層まで概ね一定の精度で表現できることが望ましい。
- 本モデルのメッシュ水深から養殖場の水深（500m メッシュ平均での平均水面下水深）をみると、最も深いところは約40mであるが、ほとんどは30m前後より浅い海域に位置している。

以上のことから、海面下30m付近までを3mピッチで11層程度に分割することとする。