

第5章 陸域からの流出土砂・懸濁態栄養塩の河口干潟域における堆積特性

5-1 序論

近年、有明海ではノリ養殖環境の不安定化が顕著であり、2000年～2001年冬季のノリ漁期にはノリの生産量が激減した。この原因については異常気象による赤潮発生が海域の栄養塩を枯渇させたとしている(農林水産省, 2001)。海域における溶存態栄養塩の主要な供給源は河川からの流入と底質からの溶出である。有明海における底質からの栄養塩溶出実験結果(環境省, 2002)によると、溶存態無機リン(DIP)が $28.3 \sim 745.2 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ 、アンモニア態窒素($\text{NH}_4^+ \text{-N}$)が $149.8 \sim 1134.3 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ と大きい。このうち、河川流量が小さくなるノリ漁期である冬季には、波浪などによる底質の影響の寄与が相対的に大きくなると考えられる。

このように河口域の底質、特にシルト・粘土は溶存態栄養塩の供給源として作用するが、河口域における表層のシルト・粘土の起源は河川から洪水時に流出した土砂(懸濁物質)が多い。生態系維持に必要な懸濁態有機物や懸濁態栄養塩についても溶存物質とともに同時に河口域に供給される。よって、河口域における河川に由来する懸濁物質の挙動を把握することは閉鎖性水域にあっては富栄養化や一次生産量の予測について重要な情報を与えるものと考えられる。

本研究では河川から流出する懸濁態栄養塩に着目してその総量を把握し、かつ筑後川河口域を対象として出水前後における底質の形態別栄養塩濃度の分布特性を調査し、出水が河口域の底質中の栄養塩濃度に与える影響を明らかにした。

5-2 河口域底泥中のリンの形態

懸濁物質に由来する栄養塩のうち、とりわけ一次生産で制限物質となりやすいリンは多様な成分から構成されており、様々な形態別分画法が提案されている。懸濁態リンは無機態リンと有機態リンに大別されるが、無機態のリンはアパタイト型リンとそれ以外(非アパタイト型リン)に分けることができる。アパタイトはカルシウムとリンを主成分とした鉱石のことで、フッ素リン灰石、炭酸アパタイト、水酸化アパタイトが存在する。水酸化アパタイトを除き生物に利用されにくい成分とされている。形態別リンのうち、クエン酸・亜ジチオン酸・重炭酸抽出リン(CDB-P)は非アパタイト型リンのうちCDB(クエン酸・亜ジチオン酸・重炭酸)抽出によって溶出するリンの分画であり、海域で循環可能なリンであるとされている(田中, 1994)。また、CDB-Pのうち、海水で溶脱されるものを吸着態リン(Ads-P)と定義し、これは河川から供給された懸濁物質のうち海中に沈降する過程で溶脱し易いリンであり、測定法が確立されている(田中, 1994)。形態別リンの全分画を図-5-1に示した。なお、このうち Res-Pは無機態リン以外のP(Residual-P)を意味している。

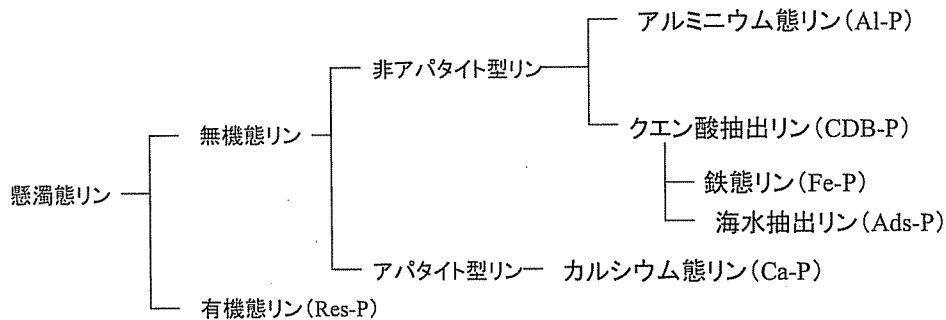


図-5-1 形態別リンの分画例

5-3 研究方法

(1) 調査対象水域

調査対象水域は筑後川流域および有明海湾奥部である。筑後川は熊本県阿蘇郡瀬の本高原に源を発し、急峻な山岳地帯を流下して日田市において、九重連山から流下する玖珠川と合流、筑紫平野を貫流し、有明海へ流入する幹川流路延長 143km、流域面積 2860km² の河川である (図-5-2)。1995 年現在において流域の 56%は森林で、耕地面積は 21%、宅地は 23%である。筑後川流域の平均年降水量は 2050mm 程度であり、その 6 割は 6 月～9 月の梅雨期および台風期に集中している (国土交通省筑後川河川事務所, 2004)。そのため、この時期に集中して土砂が流出する。2003 年の出水期の 5 月 1 日～10 月 31 日には筑後川上流域である日田、伏木、南小国、玖珠、釈迦岳の AMeDAS 観測点平均での期間降雨は平均 1721mm であり、そのうち 7 月における降雨は 636mm であった。最も大規模な洪水は 7 月 12 日～13 日に発生した。調査期間中のハイドログラフおよび調査日程を図-5-3に示す。

筑後川河口部は有明海湾奥部であり、広大な干潟 (4489ha) を有する。干潟部ではノリ養殖が盛んであり、冬季になると干潟は一面のノリ網で覆い尽くされる。

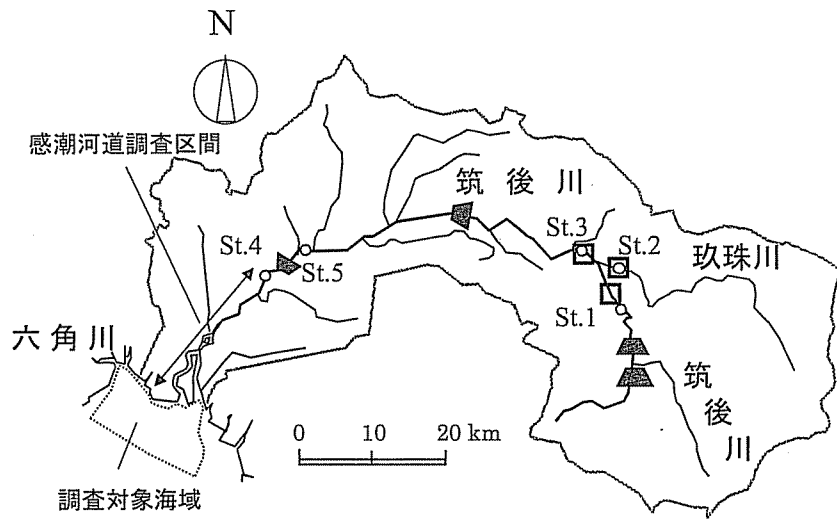


図-5-2 調査対象流域(一級河川筑後川)および調査対象海域(破線部の範囲)○:採水地点,
□:濁度計測地点, ▲:主要なダムあるいは堰

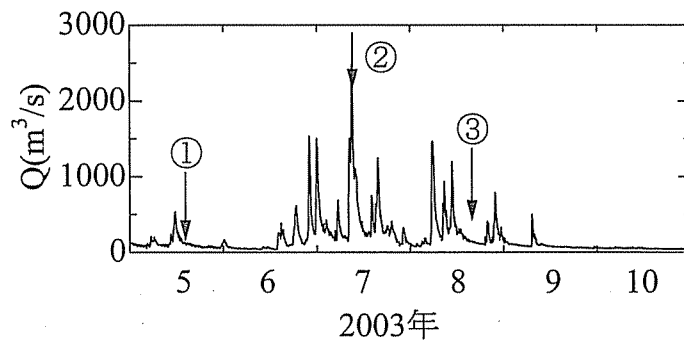


図-5-3 筑後川 St.4 直上流(宮の陣地点)での流量と調査日程(①, ③底質採取, ②:洪水時濁水採取)

(2) 洪水時懸濁土砂採取

筑後川流域において、2003年7月12日～13日に図-5-2に示す観測地点 St.1(柚木地点), St.2(小ヶ瀬地点), St.3(小淵地点), St.4(下田大橋地点)で出水時の懸濁物質の採取を行った。採取された懸濁物質は保冷して分析室に持ち込み、分析を行った。また、比較のため2004年5月16日に筑後川久留米大橋, 矢部川船小屋大橋, 菊池川内藤橋, 白川代継橋においても採水を行った。

(3)濁度モニタリング

St.1～St.3において濁度計(アレック電子製 Compact-CLW)を設置し、濁度を10分間隔で計測したデータを用いた。観測期間は2003年5月～11月とした。

(4)底質採取

2003年5月13日～18日と8月13日～18日に有明海湾奥部および筑後川河口域、感潮河川(0KP～16KP)において底質を採取した。底質の採取はダイバーが行い、表層底質を400mlのポリエチレン製パックに水中で封入し、蓋をして水上まで引き上げた。採取された底質は分取して-30℃で凍結保存し、真空凍結乾燥処理した。

(5)分析方法

河川水は懸濁物質(SS)、強熱減量(IL)、全窒素(TN)、溶存態窒素(DN)、全リン(TP)、溶存態リン(DP)を分析した。懸濁態窒素(PN)、懸濁態リン(PP)は

$$PN = TN - DN \quad (5.1)$$

$$PP = TP - DP \quad (5.2)$$

ただし PN:懸濁態窒素濃度, TN:全窒素濃度, DN:溶存態窒素濃度, PP:懸濁態リン濃度, TP:全リン濃度, DP:溶存態リン濃度

として算出した。形態別リンの分画については田中の方法(田中, 1994)に従い Ads-P, CDB-P, Al-P, Ca-Pを分析した。なお,

$$Res-P = TP - (CDB-P + Al-P + Ca-P) \quad (5.3)$$

ただし Res-P:有機態リン濃度, TP:全リン濃度, CDB-P:クエン酸・亜ジチオン酸・重炭酸抽出リン濃度, Al-P:アルミニウム態リン濃度, Ca-P:カルシウム態リン濃度

によって算出した。底質の分析については底質の粒径分布の影響を取り除くために、底質を凍結乾燥後ふるいで75μm以下のものを取り出して分析した。

底質の分析については均一性の観点から、75μm以下にふるい分けし、75μm以下の分画について分析を行った。底質の採取については筑後川河川事務所が2003年5月と8月に有明海湾奥部および筑後川河口域において採取した底質を分取して分析した。乾燥試料をクエン酸・重炭酸緩衝液中で強い還元剤である亜ジチオン酸と反応させ、非アパタイト型リンのうち、主に鉄と結合したリン酸態鉄や、鉄吸着態リンを抽出する。その後1N-NaOH処理によってアルミニウムと結合したリンを分画し、最後に1N-HClによってカルシウムと結合したアパタイト型リンを逐次分画するものである。海水によって溶脱するリンについては24時間の人工海水(組成:表-5-1)による抽出を10回繰り返す田中らの方法に従った。以下に分析フローチャートを示す(図-5-4～図-5-6)

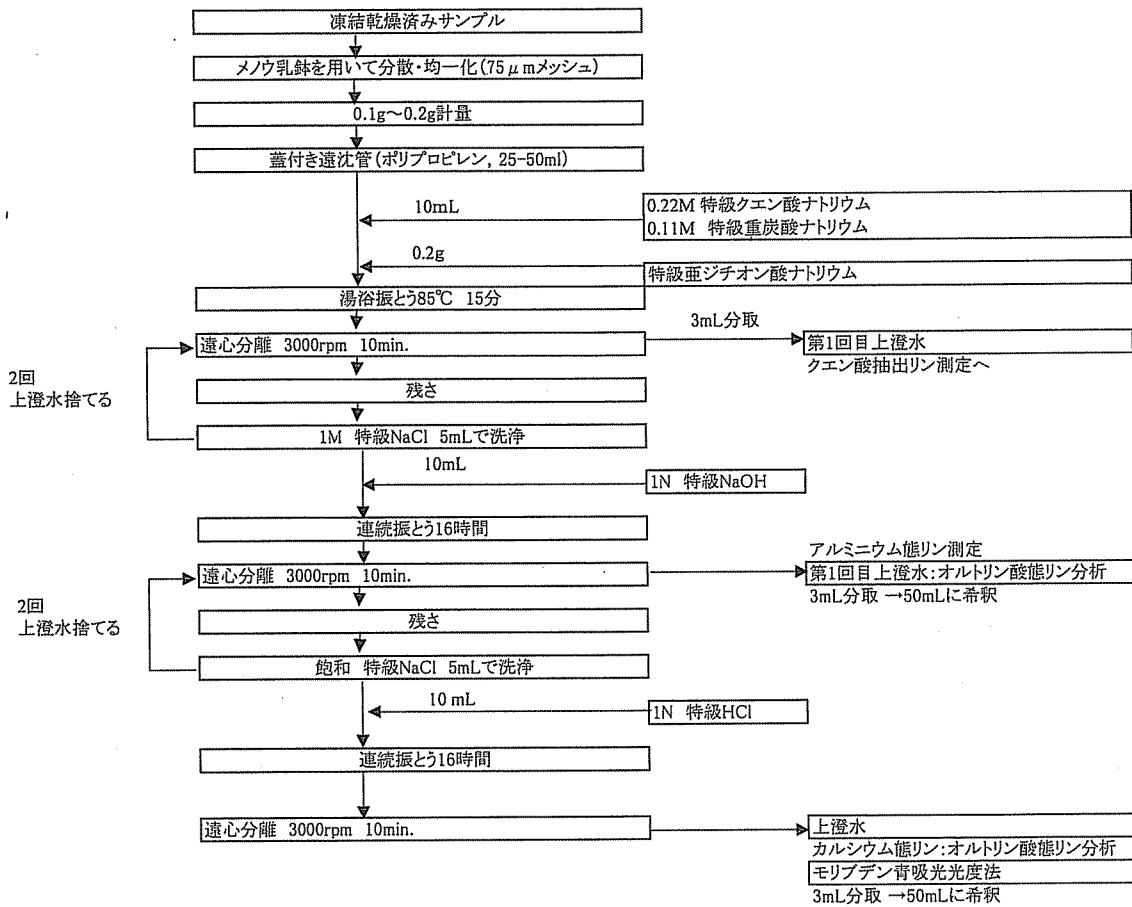


図-5-4 リン分析前処理法

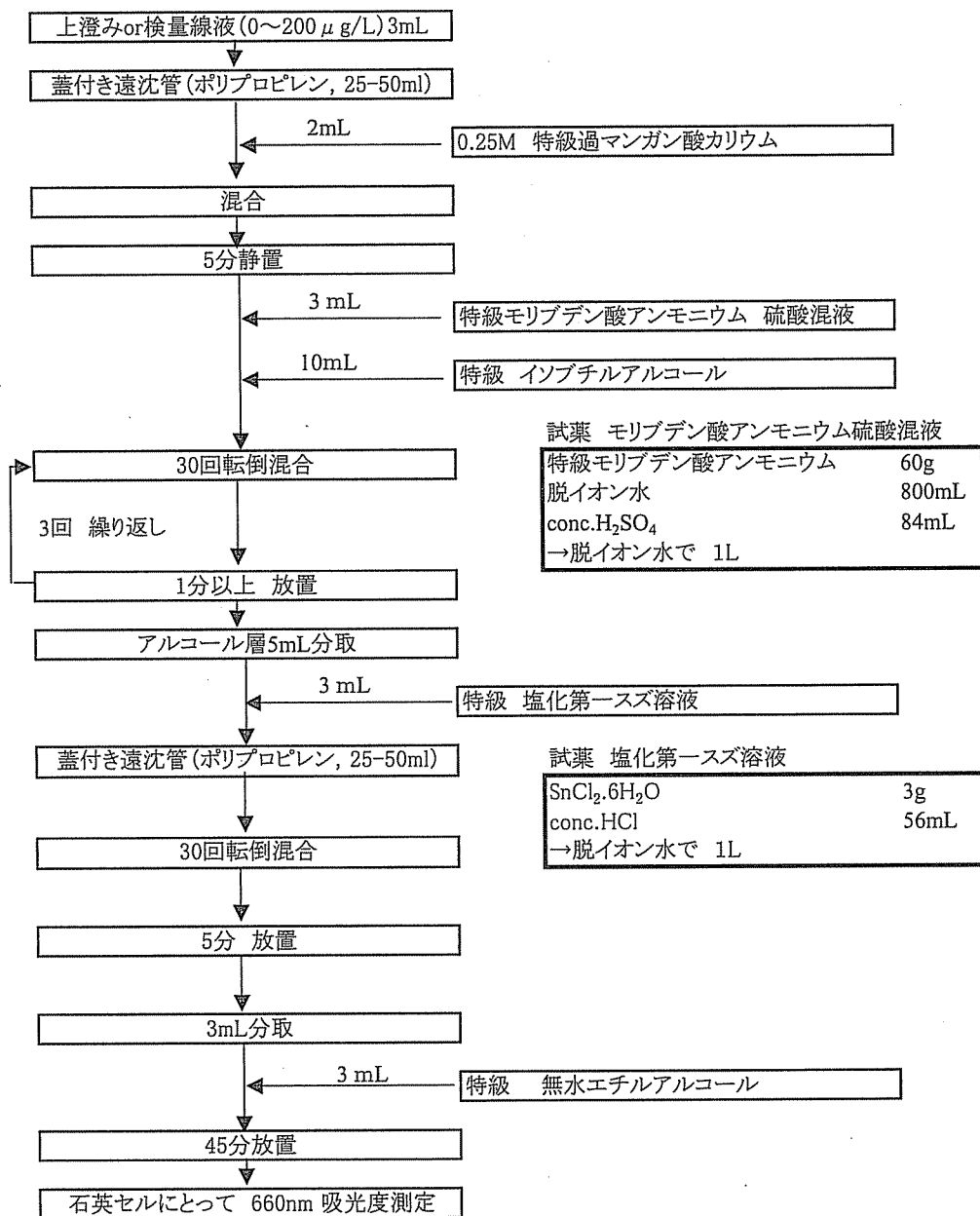


図-5-5 クエン酸抽出リン(CDB-P)の測定方法

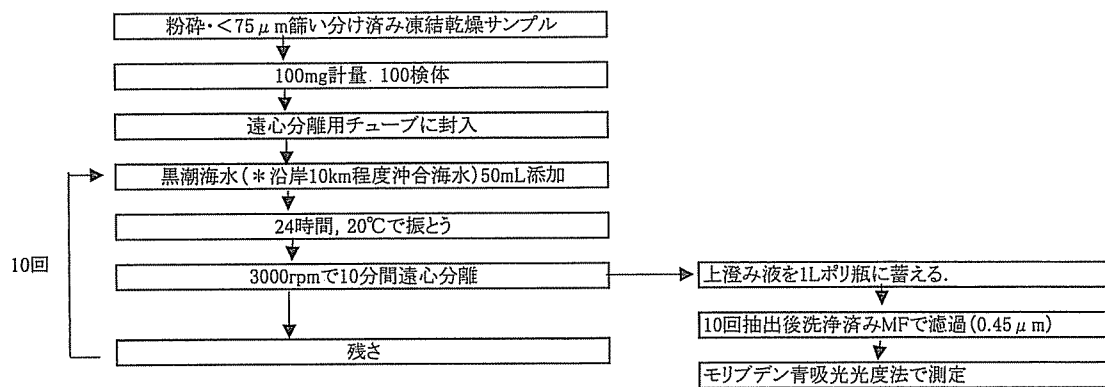


図-5-6 海水抽出リンの前処理方法

表-5-1 人工海水の成分(1Lあたり)

| | | 重量(g) |
|-------------|-------------------------------------|---------------------|
| No.1 | | |
| 塩化ナトリウム(食塩) | NaCl | 28.5 |
| 硫酸マグネシウム7水塩 | MgSO ₄ 7H ₂ O | 6.82 |
| No.2 | | |
| 塩化マグネシウム6水塩 | MgCl ₂ 6H ₂ O | 5.16 |
| 塩化カルシウム2水塩 | CaCl ₂ 2H ₂ O | 1.47 |
| No.3 | | |
| 塩化カリウム | KCl | 0.725 |
| 炭酸水素ナトリウム | NaHCO ₃ | 0.2 |
| 炭酸ナトリウム | Na ₂ CO ₃ | pH調整に適量用いる。(pH:8.2) |

(6) 河川から流出する栄養塩負荷量の算出方法

本研究では栄養塩流出負荷の算定に、濁度を用いた栄養塩流出負荷量の推定法である L-Q-Turb 法(山本ら, 2003)を用いた。懸濁態栄養塩については洪水時に濁度と栄養塩濃度との関係を調べ、自記濁度計を用いて懸濁態栄養塩濃度を推定する。溶存態栄養塩については、流量(Q)と負荷量(L)の関係を調べて負荷量に変換する。洪水時の栄養塩負荷は溶存態栄養塩と懸濁態栄養塩に分けてそれぞれ以下のように求める。ただし、St.4 については懸濁態、溶存態ともに下記に示す溶存態栄養塩負荷の推定方法を用いた。平水時の水質および流量は 2003 年の瀬ノ下地点(St.5)のデータを用いた。平水時のデータについては、無機態窒素(硝酸態+亜硝酸態+アンモニア態窒素)を溶存態窒素、リン酸態リンを溶存態リンとみなして計算した。

a) 溶存態栄養塩負荷量の算定

流量から栄養塩負荷量を求めるため下式で栄養塩負荷の流量への回帰式を作成する。

$$L_N = C_N Q^n \quad (5.1)$$

$$L_P = C_P Q^p \quad (5.2)$$

St.1~St.3 については溶存態、St.4 については懸濁態および溶存態について適用する。

b) 懸濁態栄養塩濃度の算定

懸濁態栄養塩濃度を算定するため下式で懸濁態栄養塩濃度の濁度への回帰式を作成する。

$$C_{PN} = k_{PN} \cdot Turb^{a_{PN}} \quad (5.3)$$

$$C_{PP} = k_{PP} \cdot Turb^{a_{PP}} \quad (5.4)$$

c) 栄養塩負荷の算定

ある時刻 t での栄養塩負荷は溶存態栄養塩負荷と懸濁態栄養塩負荷の和として下式で求める。

$$L_{TN}(t) = L_{DN}(t) + L_{PN}(t) = C_{DN} Q(t)^n + k_{PN} \cdot Turb(t)^{a_{PN}} Q(t) \quad (5.5)$$

$$L_{TP}(t) = L_{DP}(t) + L_{PP}(t) = C_{DP} Q(t)^p + k_{PP} \cdot Turb(t)^{a_{PP}} Q(t) \quad (5.6)$$

ここで

L_N : 窒素負荷 (g/s) L_P : リン負荷 (g/s) L_{TN} : 全窒素負荷 (g/s), L_{DN} : 溶存態窒素負荷 (g/s), L_{TP} : 全リン負荷 (g/s), L_{DP} : 溶存態リン負荷 (g/s), Q : 流量 (m^3/s), L_{PN} : 懸濁態窒素負荷 (g/s), $Turb$: 濁度 (mg/L), L_{PP} : 懸濁態リン負荷 (g/s), C_{DN} , C_{DP} , n , p , k_{PN} , a_{PN} , k_{PP} , a_{PP} : 定数

5-4 筑後川上流域から流出する栄養塩負荷量

(1) 流量と溶存態栄養塩負荷量の関係

流量と負荷量の関係を(5.1)式, (5.2)式でモデル化したところ, 溶存態栄養塩はほぼ流量の1乗に比例し, 流量によるモデル化が可能であった. 各地点における(5.1)式, (5.2)式の係数を表-5-2に示す. 感潮域である St.4 では n や p が1以上であり, 濃度増加型の傾向を示した. St.4の平水時については非感潮域である瀬ノ下地点(St.5)の水質データを用いて計算した.

表-5-2 筑後川各地点における(5.1)式, (5.2)式の係数 C_{DN} (溶存態窒素), C_{PN} (懸濁態窒素), C_{DP} (溶存態リン), C_{PP} (懸濁態リン), 相関係数 R , データ数 N St.1: 柚木地点, St.2: 小ヶ瀬地点, St.3: 小淵地点, St.4: 下田大橋(平水時: 瀬ノ下地点))

| 地点 | C_{DN} | n | R | N |
|------|----------|-------|-------|-----|
| St.1 | 0.414 | 1.04 | 0.998 | 21 |
| St.2 | 1.20 | 0.933 | 0.978 | 18 |
| St.3 | 1.51 | 0.873 | 0.946 | 21 |
| St.4 | 0.880 | 1.00 | 0.997 | 14 |
| 地点 | C_{DP} | p | R | N |
| St.1 | 0.0149 | 1.05 | 0.815 | 9 |
| St.2 | 0.0124 | 1.15 | 0.911 | 18 |
| St.3 | 0.0169 | 1.05 | 0.871 | 21 |
| St.4 | 0.0423 | 1.34 | 0.984 | 14 |
| 地点 | C_{PN} | n | R | N |
| St.4 | 0.0171 | 1.60 | 0.986 | 14 |
| 地点 | C_{PP} | p | R | N |
| St.4 | 0.0042 | 1.64 | 0.984 | 14 |

(2) 濁度と懸濁態栄養塩濃度の関係

濁度と懸濁態栄養塩濃度の関係を整理して得られた各係数を表-5-3にまとめた. 懸濁態栄養塩濃度は濁度の0.8乗~1.1乗に比例し, 相関係数は St. 4を除き0.9以上で高い.

表-5-3 筑後川各地点における(5.3)式, (5.4)式の係数, 相関係数 R , データ数 N (St.1: 柚木地点, St.2: 小ヶ瀬地点, St.3: 小淵地点)

| 地点 | k_{PN} | a_{PN} | R | N |
|------|----------|----------|-------|-----|
| St.1 | 0.0022 | 1.148 | 0.975 | 9 |
| St.2 | 0.0081 | 0.907 | 0.994 | 18 |
| St.3 | 0.0357 | 0.641 | 0.924 | 21 |
| 地点 | k_{PP} | a_{PP} | R | N |
| St.1 | 0.00102 | 1.06 | 0.977 | 9 |
| St.2 | 0.00110 | 1.07 | 0.984 | 18 |
| St.3 | 0.00227 | 0.897 | 0.974 | 21 |

(3) 河川上流から供給された栄養塩負荷量

河川の出水期における, 各地点の栄養塩流出負荷量を表-5-4にまとめた. 溶存態栄養塩の負荷量については, 玖珠川から流出する負荷量は筑後川本川と均衡していたが, 懸濁態栄養塩の負荷量については玖珠川流域から流出する栄養塩負荷量が卓越していた.

下流域における懸濁態窒素・リン負荷は上流域から流出した量に対してかなり多い量が流下している.

筑後川における懸濁態栄養塩負荷量は洪水時におけるSt.3よりも上流域からの寄与に加え, 中流域からの負荷や河道内の底質の巻上げによって負荷量が増大するものと考えられる. 溶存態栄養塩負荷量も下流域で増大する. 中流域～下流域に広がる農耕地, 市街地の排水等の影響が強く出ているものといえる.

表-5-4 筑後川各地点における栄養塩流出負荷量(t)

2003年5月1日～2003年10月31日 (St.1: 柚木地点, St.2: 小ヶ瀬地点, St.3: 小淵地点, St.4: 下田大橋(平水時: 瀬ノ下地点))

| 地点 | PN | DN | PP | DP |
|------|------|------|-----|----|
| St.1 | 102 | 408 | 31 | 17 |
| St.2 | 540 | 531 | 73 | 16 |
| St.3 | 605 | 1038 | 134 | 26 |
| St.4 | 1900 | 2654 | 601 | 68 |

5-5 河川から流出する懸濁態リンの形態

2004年5月16日に採取された筑後川、矢部川、菊池川、白川における洪水時における河川水の懸濁物質中のリン組成を図-5-7に示す。これは河川の洪水ピーク時に採取した試料である。筑後川から流出する懸濁物質のうち65%はFe-Pであり、海域において物理化学的に溶出する可能性がある。また、Al-P、Res-Pはそれぞれ10%、12%であった。生物に利用不可能な形態であるアパタイト型リンのCa-P(230mg/kg)は13%であった。よって筑後川から海域に供給される懸濁態リンのうち、溶出あるいは生物に利用される可能性のあるFe-PとRes-Pを合計すると77%であり、7割以上の懸濁態リンが海域で溶出する形態であった。

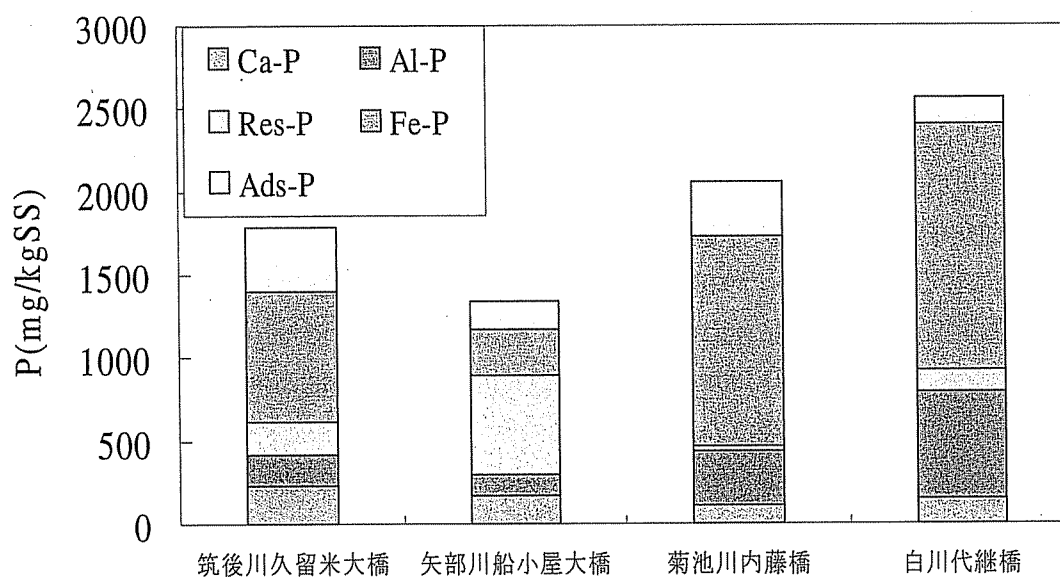


図-5-7 有明海沿岸の各河川から流出するリンの形態(2004年5月16日採取)

Ads-P:海水抽出態リン, Fe-P:鉄態リン, Al-P:アルミニウム態リン, Res-P:有機態リン, Ca-P:カルシウム態リン

5-6 出水期前後における細粒底質中の各態栄養塩含有量の変化

(1)リン化合物等の含有量の変化

図-5-8~図-5-37に筑後川の出水期前(2003年5月),および出水期後(2003年8月)における河口域底質の各形態のリン化合物,窒素,有機炭素含量を示した.海域毎の成分変動特性を調べるため,海域を便宜的に6区域(A海域:筑後川・早津江川河口前面, B海域:筑後川・早津江川河口テラス, C海域:筑後川・早津江川沖合部, D海域:東与賀町沖干潟, E海域:六角川濘筋, F海域:白石町沖干潟および沖合)に分けた.表-5-5に海域毎の底質中における懸濁態栄養塩濃度の平均値および主成分分析結果を示す.ここでは底質中の全リン(TP)は,懸濁態リン(PP)と同義に用いている.

TPは出水後特にB海域で濃度が高い領域が形成され,平均974mg/kgの高濃度の領域が形成された.洪水時に供給される懸濁態リンの濃度は75 μ m以下について1800mg/kg程度であり,海域における底質中の濃度(600~800mg/kg)よりはるかに高く,5月に比較して濃度が高くなった地点は河川から流出した細粒土砂の影響を受けているといえる. Ads-Pは懸濁物質に吸着したリンのうち,酸化的環境下において海水との接触により懸濁物質から溶出するリンの分画である.海中に存在している時間が長いほどSS当たりの濃度が低下するが,他のリン分画の溶出によっても濃度は増加する.5月の時点においては海域全体で100mg/kg以下であったが,出水後B海域で濃度が上昇した. Fe-Pは5月においてはB海域およびE海域における濘筋部で濃度が高く,海水中に溶出した溶存態リンが潮汐の作用により巻き上げられた底質中の水酸化鉄に好氣的に吸着していることが考えられる.出水によって800mg/kgに達する高濃度のFe-Pの供給があったと考えられるにも関わらず出水後においては全般的に鉄態リンの濃度が低下しているので,水温の上昇に伴い底質の微生物活動が活発になり,底質内部では還元状態になって鉄態リンが溶出したと考えられる.

Al-PはFe-Pと同様に非アパタイト型リンであり,土壤鉱物中の珪酸アルミニウム等にリンが吸着したものである.火山灰土壤には珪酸アルミニウムが多量に含有されるので火山灰土壤がSSに含まれているとSS中のAl-Pの濃度は高くなる. Al-Pは植物の根から分泌される酸によっても土壤から溶出しないために陸域では植物が利用不可能なリンの形態である.海域で物理的に海水と混合するだけではAl-Pは溶出しないためにAl-PはAds-PやFe-Pに比較して保存性が良い. D海域では低い濃度で増減がなかったが, B海域およびE海域で高い濃度であった.これはD海域に河川から流出した細粒土砂の影響が直接及んでいないことを示している.

Ca-P濃度は特にD海域で高く,全リンに占める割合も60%程度である. D海域の干潟土壤に生物が利用不可能な形態のリンが蓄積していることを示している.出水後である8月の調査時にはB海域で濃度が低い領域が広がった.洪水時に河川から供給される土砂により濃度が低下した可能性があるが,洪水時に供給されるSS中のCa-Pは150~230mg/kgであるので,海域底泥との濃度差はなかった.

Res-PはINHClによっても溶出しない形態のリンであることから有機態リンであると考えられる.

有機態リンは有機物に結合したリンや生物体自体およびそのデトリタスから構成される。出水後、B 海域において高濃度になった。河川から流出する有機態リン濃度は 200mg/kg～600mg/kg 程度であるので河川から流出した土砂に含まれる有機態リンが堆積したと考えられる。

一方、底泥中の全窒素(T-N)濃度は出水による明確な濃度上昇は見られず、D 海域と C 海域で全窒素濃度が低下している現象がみられた。陸域から供給された懸濁物質中の窒素成分は速やかに生物に利用されていることを示している。

全有機炭素(TOC)濃度は5月における海域平均で19000mg/kgであったが8月は20250mg/kgであり濃度が増加した。河口域では濃度が上昇していたのに対してD 海域で濃度が低下した。これは干潟部における活発な有機物酸化を反映している。

(2)主成分分析による底質組成の変動傾向解析

底質組成の変動傾向を知るために底質の各成分を用いて主成分分析を行った(表-5-5)。サンプルは5月と8月の底質に加え、洪水時の懸濁物質(筑後川, 矢部川, 菊池川, 白川)を対象とし、解析には各態リン濃度とT-N, TOC, 600°CIL, 800°CILを用いた。

第2主成分までの累積寄与率は71.3%であり、第2主成分まででおおよその底質の分布傾向を表すことが可能である。第1主成分(寄与率51.97%)は河川からの懸濁物質の寄与を示す軸であると解釈される。なぜなら、主成分負荷量分布図(図-5-38)において第1主成分にTOCやT-P, T-Nなど、河川から供給される成分が分布し、主成分得点分布図(図-5-39)においても河川の懸濁物質の第1主成分得点が正でかつ大であるからである。第2主成分については主成分負荷量分布におけるCa-Pの負荷量が大であり、Ca-Pは貝殻中に含まれるほか海域でも海水中に含まれるカルシウムと底泥中でリン濃度が高くなると沈殿により生成することから、海域における底質の存在時間の長さを示しているとみられる。

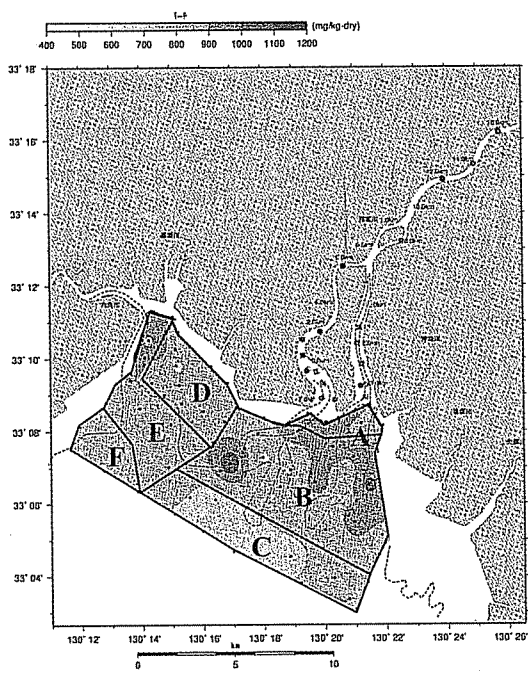


図-5-8 全リン(2003年5月)

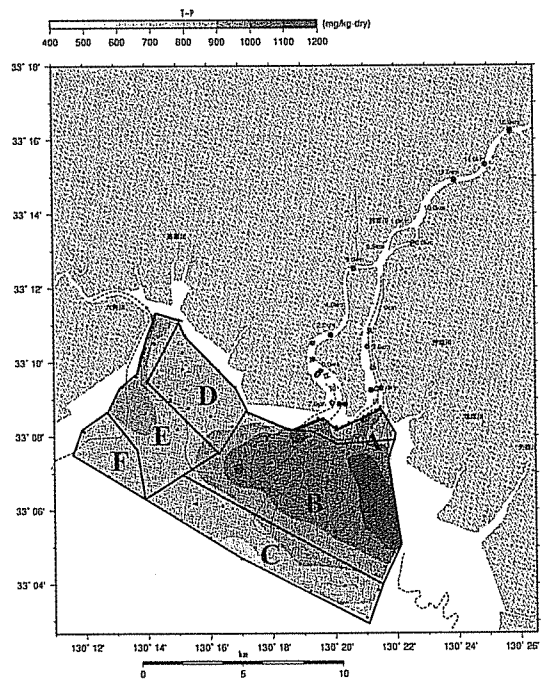


図-5-9 全リン(2003年8月)

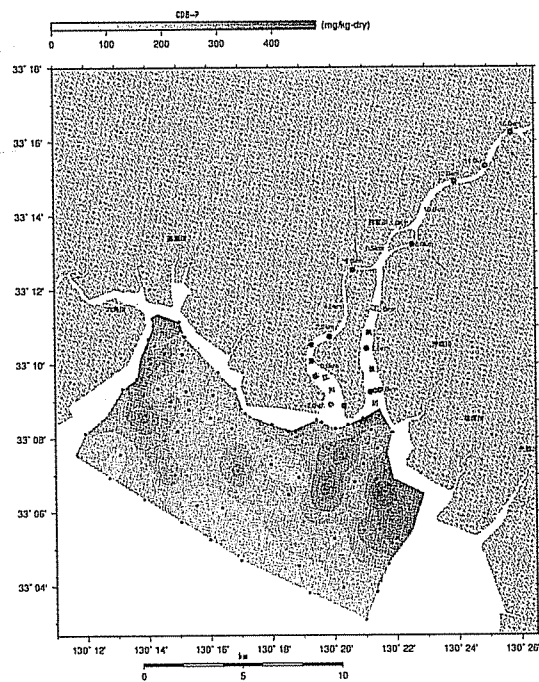


図-5-10 クエン酸抽出リン(2003年5月)

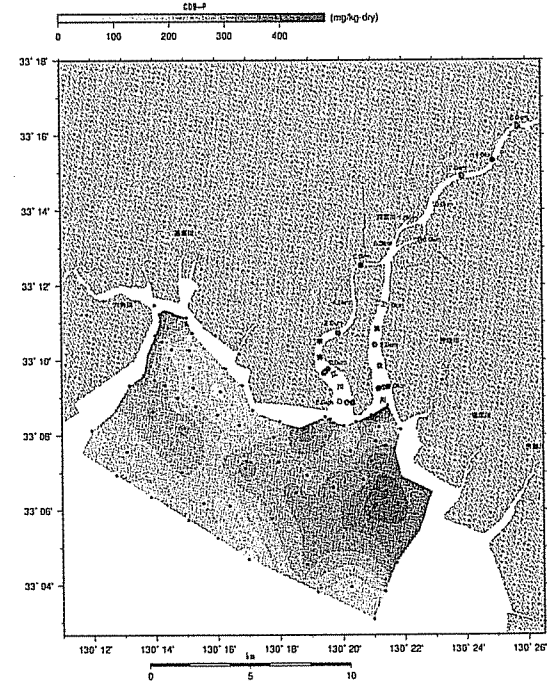


図-5-11 クエン酸抽出リン(2003年8月)

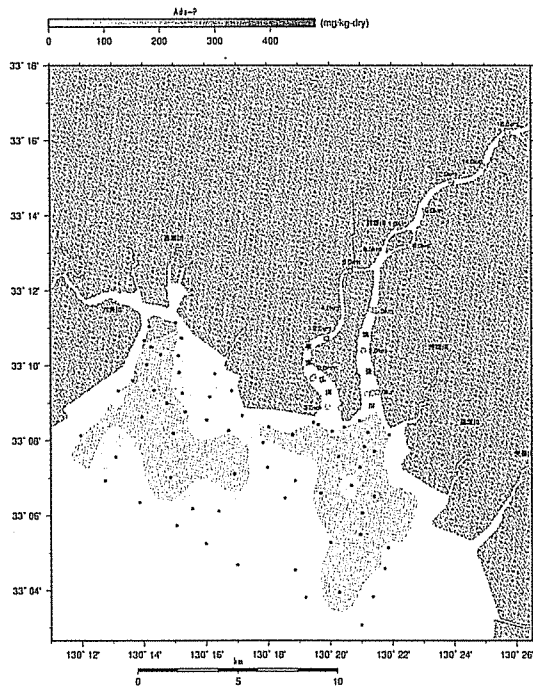


図-5-12 海水抽出リン(2003年5月)

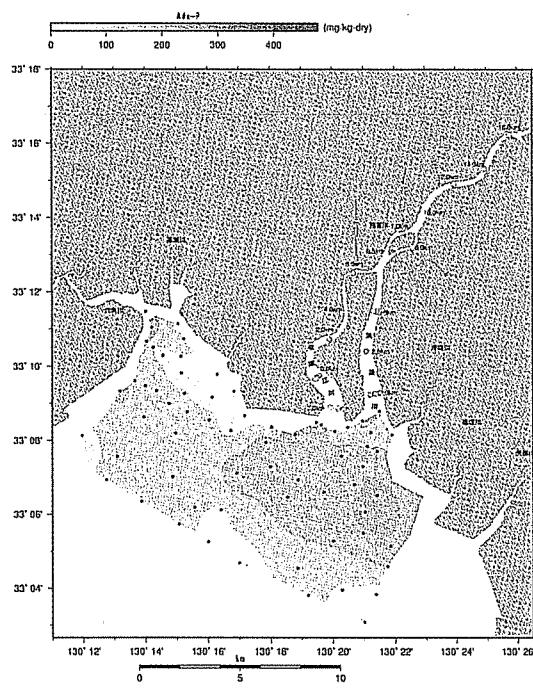


図-5-13 海水抽出リン(2003年8月)

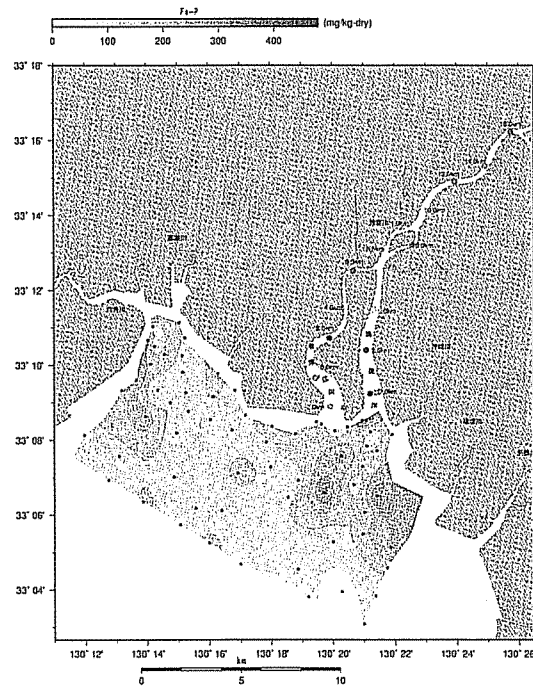


図-5-14 鉄態リン(2003年5月)

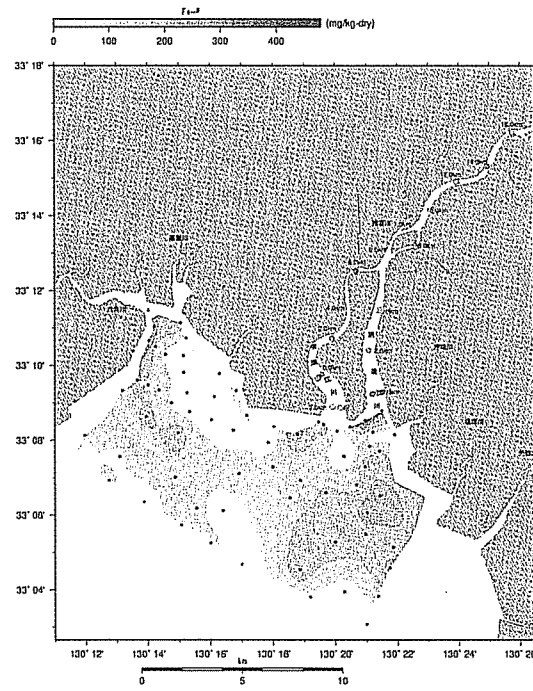


図-5-15 鉄態リン(2003年8月)

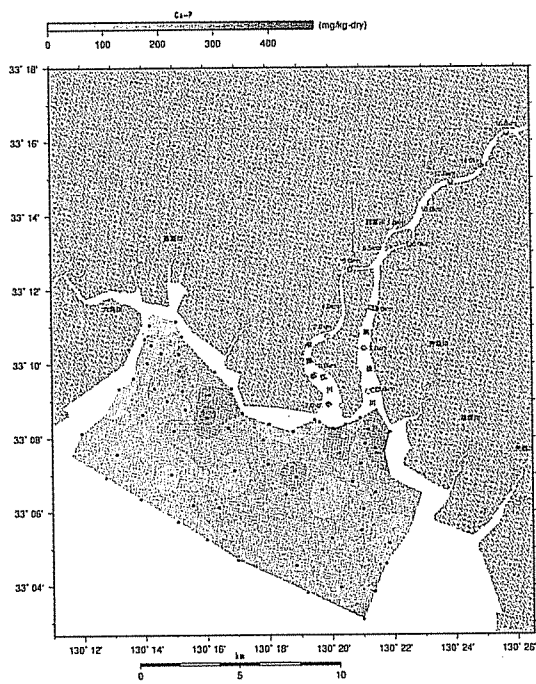


図-5-16 カルシウム態リン(2003年5月)

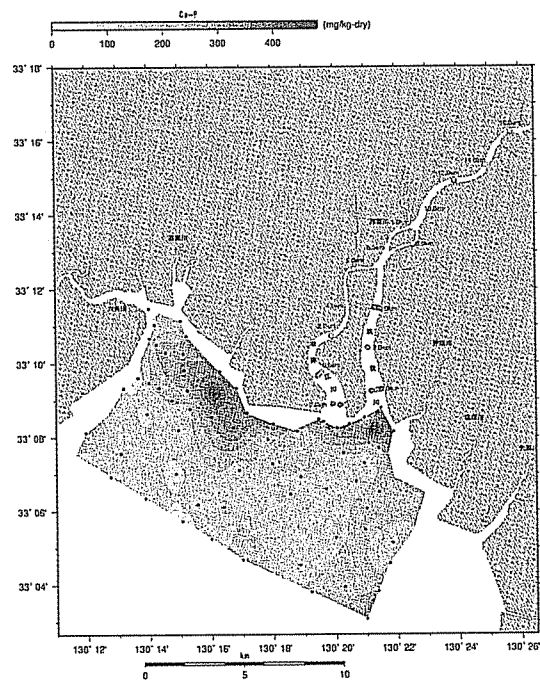


図-5-17 カルシウム態リン(2003年8月)

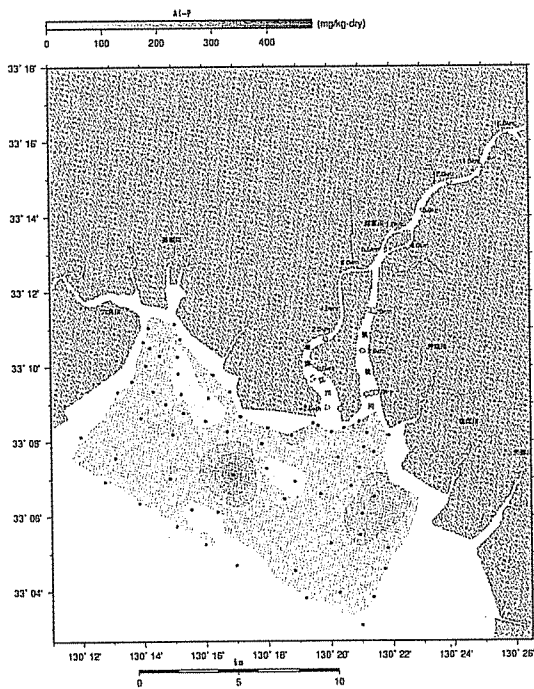


図-5-18 アルミニウム態リン(2003年5月)

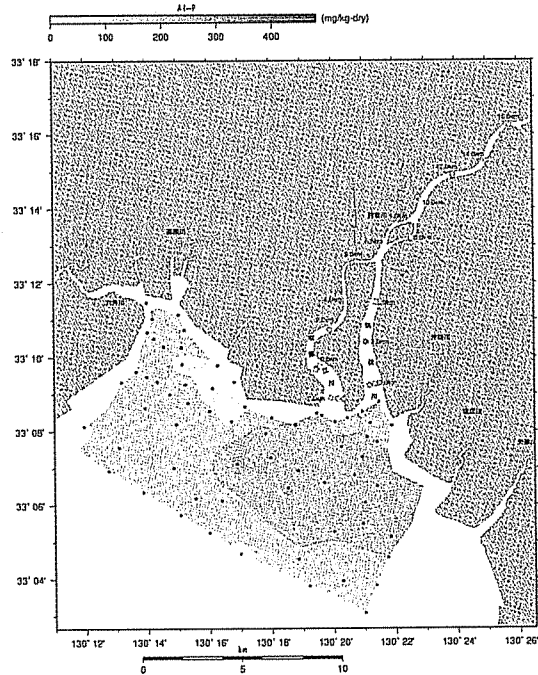


図-5-19 アルミニウム態リン(2003年8月)

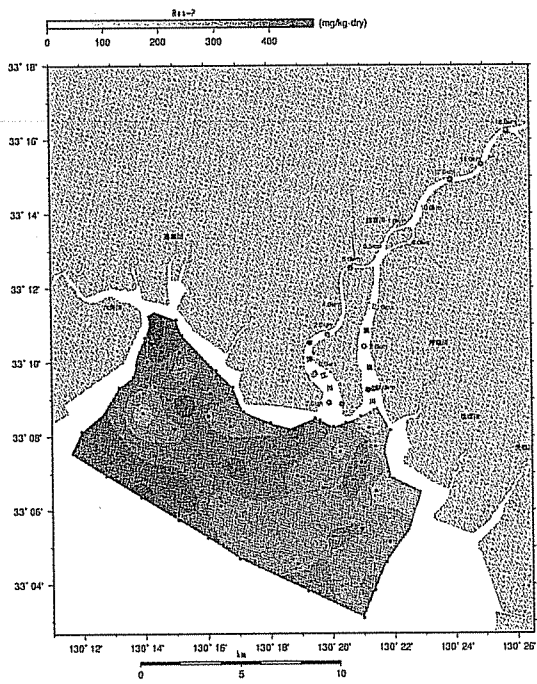


図-5-20 有機態リン(2003年5月)

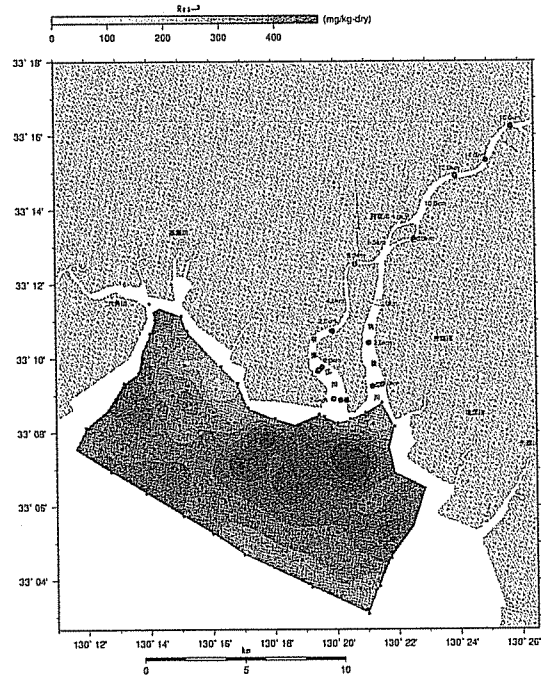


図-5-21 有機態リン(2003年8月)

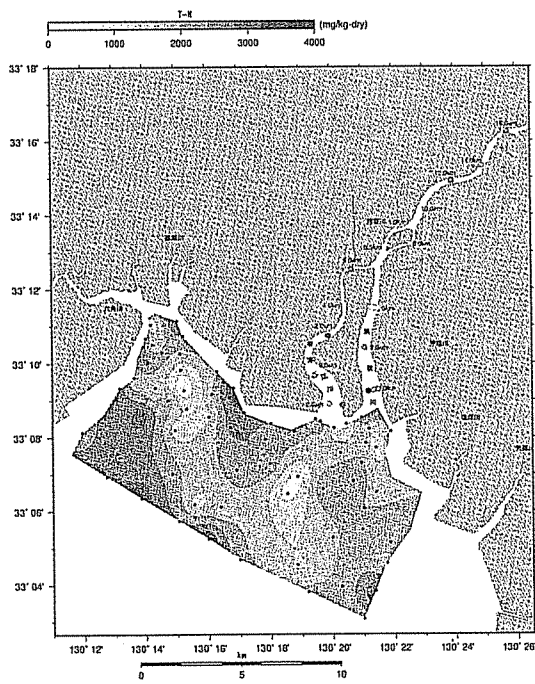


図-5-22 全窒素(2003年5月)

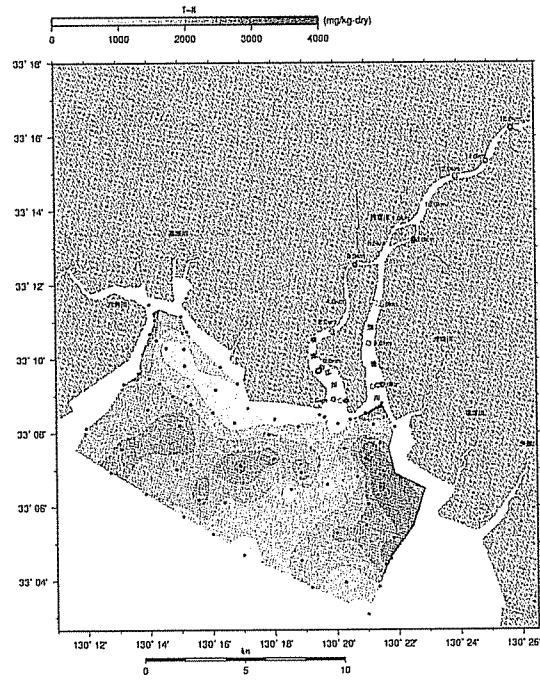


図-5-23 全窒素(2003年8月)

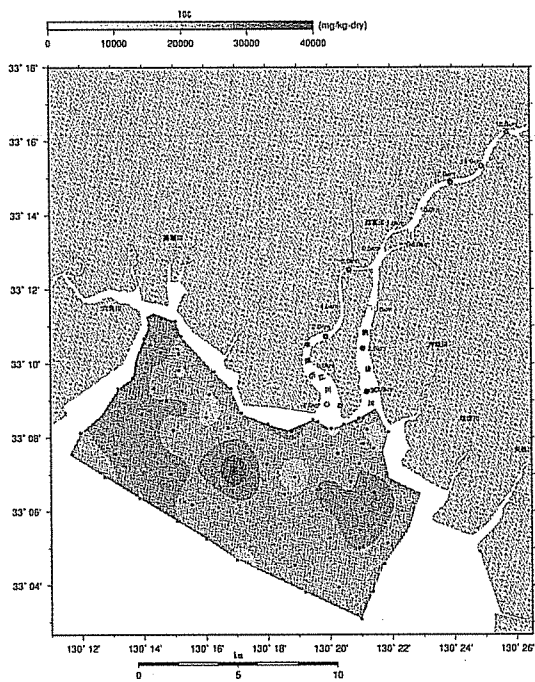


図-5-24 全有機炭素(2003年5月)

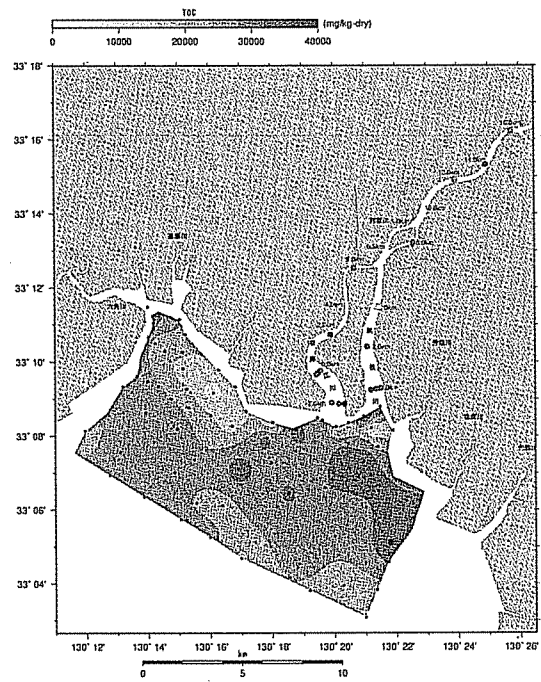


図-5-25 全有機炭素(2003年8月)

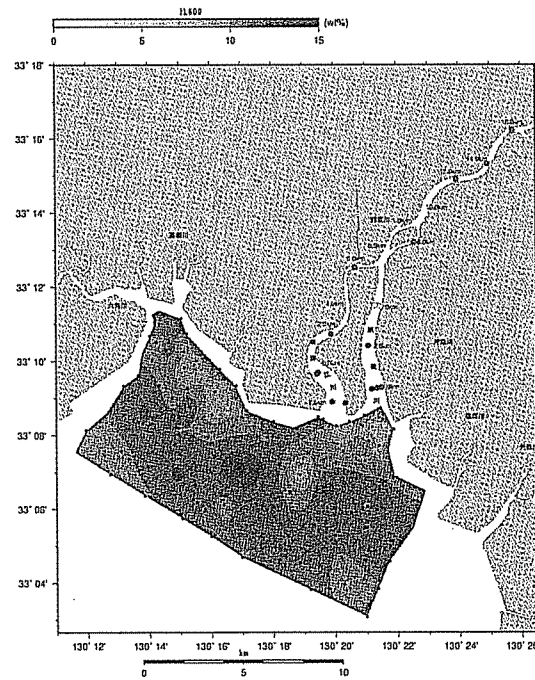


図-5-26 600°C強熱減量(2003年5月)

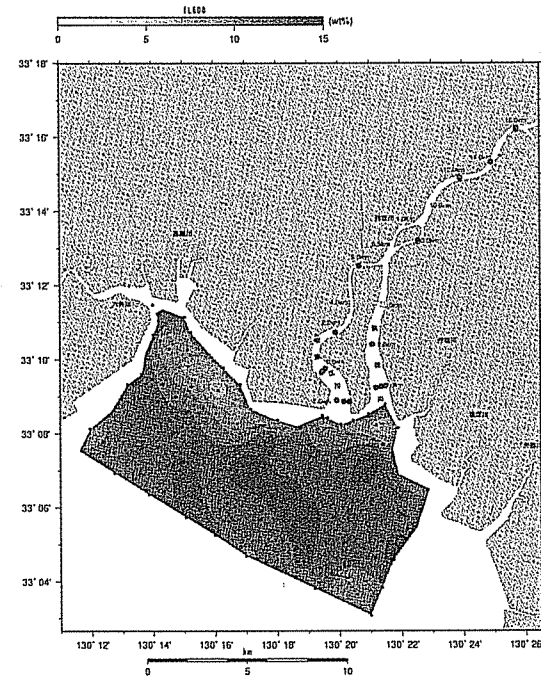


図-5-27 600°C強熱減量(2003年8月)

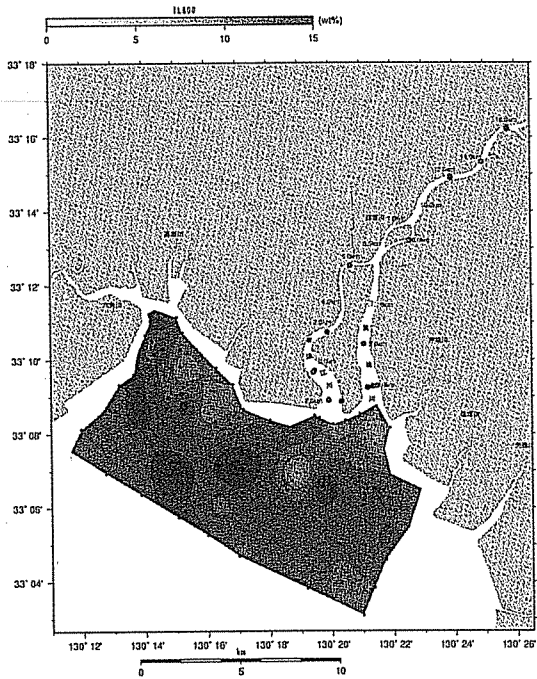


図-5-28 800°C強熱減量(2003年5月)

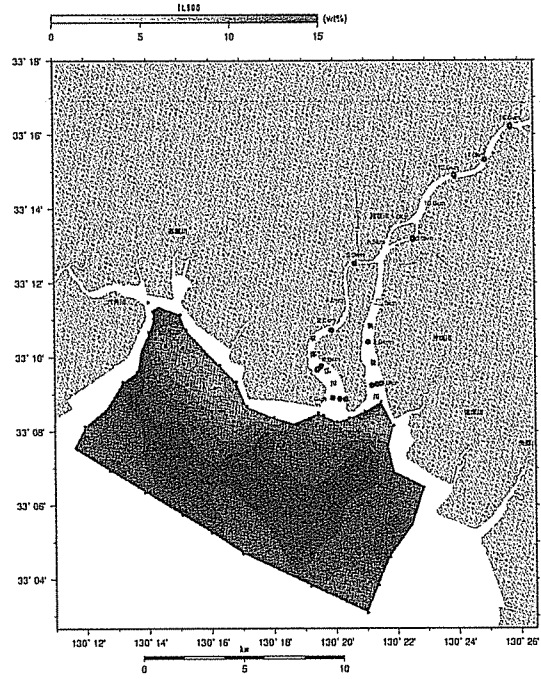


図-5-29 800°C強熱減量(2003年8月)

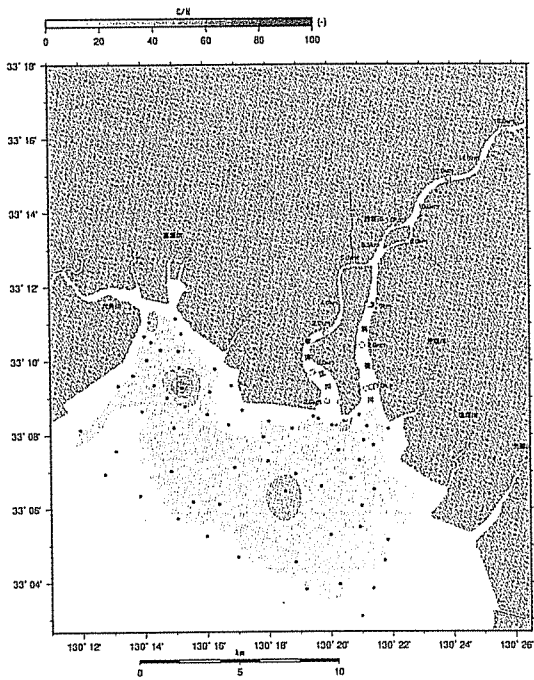


図-5-30 C/N比(2003年5月)

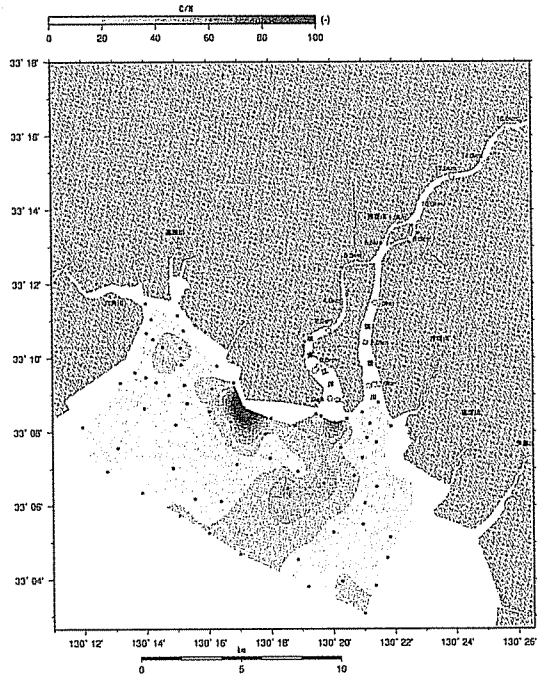


図-5-31 C/N比(2003年8月)

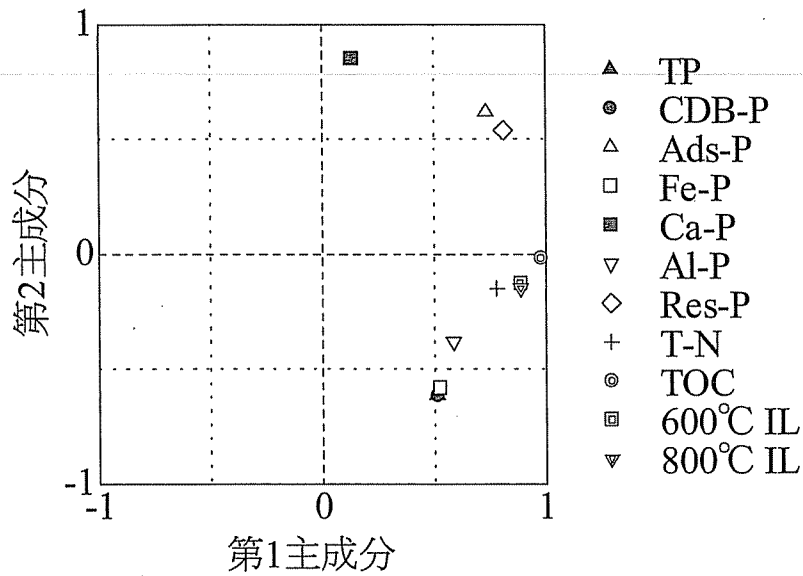


図-5-38 河川感潮域底泥・海域底泥・洪水時懸濁土砂についての主成分負荷量分布

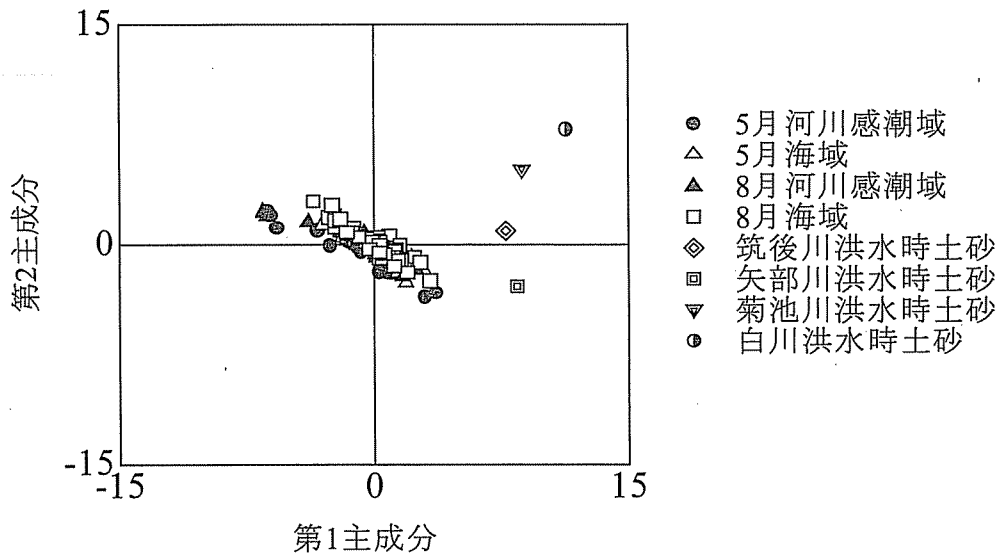


図-5-39 筑後川感潮域底泥・海域底泥・洪水時懸濁土砂についての主成分得点分布(2003年5月, 8月)

1) 感潮河道

出水前(5月時点)において感潮河道の河岸に堆積したガタ土は0km地点を除いて第1主成分得点が負あるいは零に近い。すなわち河川流域から流出してから時間が経過した底泥であることを示している(図-5-40)。出水後には感潮河道全体で第1主成分得点が増加し、河川から流出して間もない底質(河川起源の土砂)が分布した。区間毎の特徴は次の通りである。

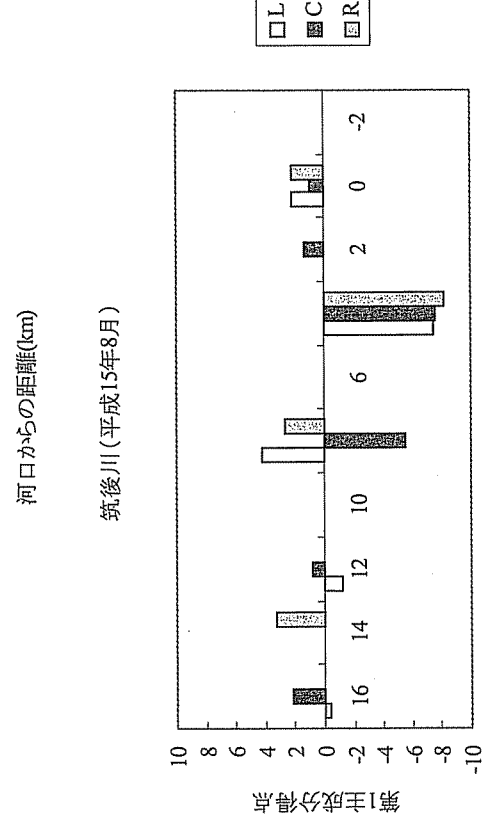
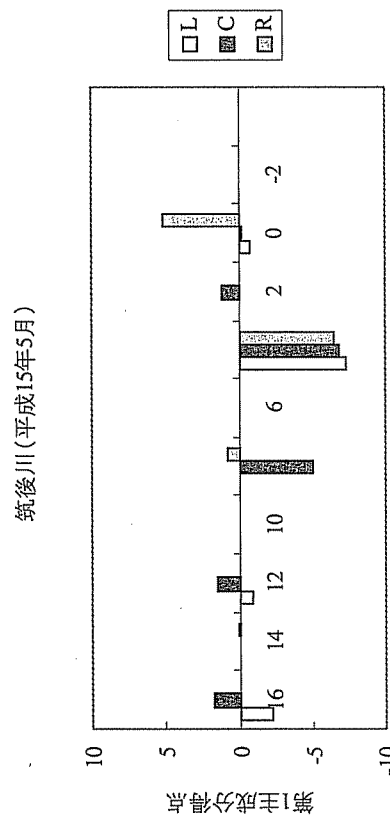
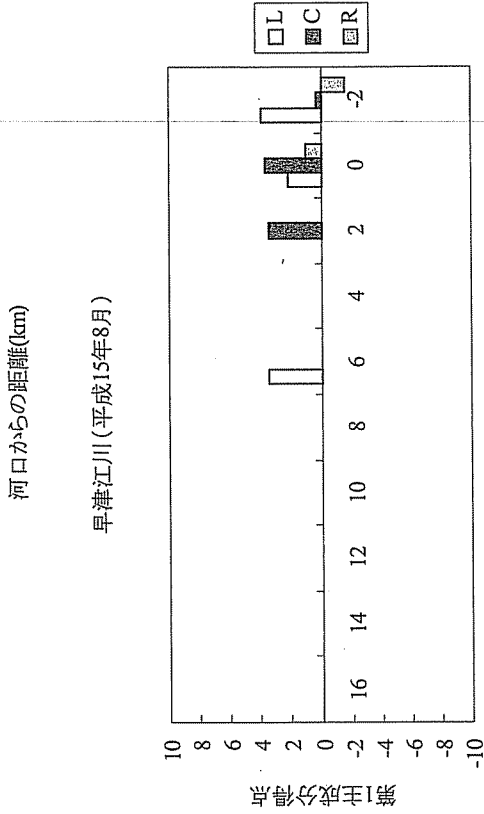
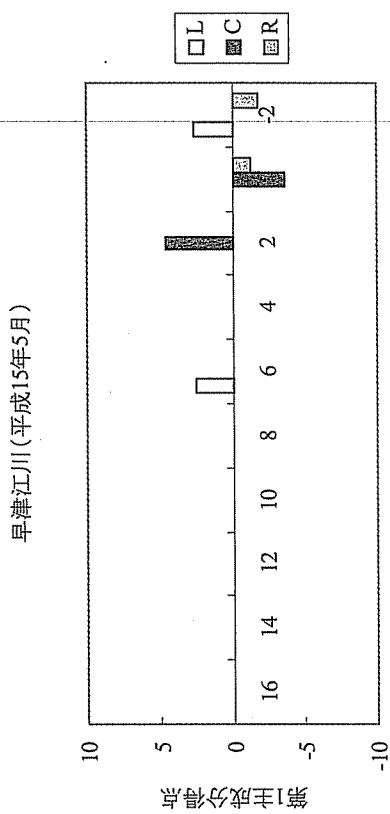
感潮河道上流(12km地点～16km地点)において、滞筋は河川から流出した土砂を起源としているが、滞筋以外は河川から流出してから時間が経過した「古い」ガタ土である。出水により新規に供給された土砂が14km地点右岸に分布する。12km地点は主成分得点に変化がなく、出水時に侵食されたまま堆積が少なかったことを意味している。

感潮河道中流(4km地点～8km地点)においては滞筋は泥質～砂泥質である。滞筋における第1主成分得点は負であり、古いガタ土が堆積していた。出水後も滞筋では得点の変化が無く、新規に堆積しなかった(一部はフラッシュされたと考えられる)が、河岸では第1主成分の増加がおり、新規にガタ土の堆積が起こったと推測される。4km地点は出水前後において砂質で変わらなかった。8km地点の滞筋は古い底質であるという結果になったが、河川上流から供給された土砂や潮汐による逆流に伴って遡上したシルト・粘土成分の溜まり場になっている可能性がある。

筑後川感潮河道下流(2km地点～0km地点)では全般的に第1主成分の得点は正の値をとるので、新しい底質が分布しているといえる。出水後は滞筋および兩岸の底質の第1主成分得点は増加するためさらに新しい土砂が堆積したものと考えられる。

早津江川においては-2km地点の右岸および0kmより下流の滞筋においては第1主成分得点が負であり古い底質が分布することが示されるが、4kmより上流では新しい底泥が分布していることがわかる。出水後は-2km地点を除いて第1主成分の得点が増加し、新しい底質が堆積したとみられた。

筑後川においては感潮河道の各地点において地形的特徴によって、河川から供給されて間もない「新しい底質」と河川から供給されて時間が経過した「古い底質」が混在している。一般的に滞筋には「新しい底質」が分布し、河岸には「古い底質」が堆積する傾向があった。ただし周囲より深い区間においては滞筋においても「古い底質」が分布している(8km地点)。これは流水によって侵食された結果、古い底質が露出したものであると考えられる。出水に伴って古い底質の河岸は出水に伴い概ね「新しい底質」に変化したとみられる。早津江川においては河口部を除き、常に「新しい底質」が分布する傾向にあった。



図一5-40 筑後川・早津江川感潮河道における主成分得点の変化

2) 沿岸干潟域底質

2003年5月の時点ではB、E海域のみ第1主成分得点が高く、出水後はさらに増加する。すなわちこれらの地点では出水により新規にシルト・粘土成分が河川から新規に供給されたとみられる。一方C、D、F海域の第1主成分得点は負値であり、かつC海域については出水後減少している。これらの海域には河川から新規に供給されたシルト・粘土成分の堆積は起こらず、さらに底質中の有機物の分解・変質が進行したことを示している。

5-7 まとめ

本章のまとめを以下に示す。

- 1) 筑後川から有明海湾奥部には2003年の出水期の6ヶ月に1900t程度の懸濁態窒素、600t程度の懸濁態リンが流出したと推定された。リンのうち70%以上は海域で溶出する可能性のある形態であった。
- 2) 形態別のリン濃度を測定し、主成分分析によって河口域における河川の出水に由来する細粒土砂の分布域を明らかにした。
- 3) 有明海湾奥海域においては筑後川・早津江川に由来する懸濁物質の直接影響が強い海域と弱い海域が存在する。標高が高い区域には洪水時に流出した土砂は堆積しにくくなることがわかった。
- 4) 河川からの直接影響が弱い海域では底質中のリン・窒素・有機炭素の含有量は夏季に減少する。それらの摂取・分解速度に対し懸濁態栄養塩の供給速度が遅いためであると推測される。

今後の課題として、生物に利用可能なリンや窒素の分布は直上の水塊の一次生産速度や量に影響する可能性があるため、海域に供給された河川の出水に由来する底質のその後の動態を明らかにする必要がある。また底質の懸濁態栄養塩含量の変化に伴う溶出速度や溶出量について検討する必要がある。

<参考文献>

- 農林水産省有明海ノリ不作対策関係調査検討委員会(2001):有明海のノリ不作対策等に関する中間取りまとめ。
- 環境省水環境部(2002):平成13年度有明海水質等状況補足調査報告書, pp.292.
- 田中勝久(1994):沿岸・河口域のリン循環過程に及ぼす土壌物質の影響, 西南水研技報, No.28, pp.73-119.
- 国土交通省筑後川河川事務所(2004):筑後川流域基礎情報。
- 山本浩一・二村貴幸・坂野章・日下部隆昭・末次忠司・横山勝英(2003):濁度計による懸濁態栄養塩負荷推定に関する研究, 河川技術論文集 Vol.9, pp. 515-520.