

底質の泥化、有機物・硫化物増加 に関する知見の整理（作業中）

1. 底質の泥化・浮泥の堆積

(1) 河川からの土砂供給の減少

【原因・要因として指摘されている事項】

底質の細粒化が進行している原因としては、流入と底泥の動きの2つの変化が考えられる。流入河川から懸濁物質の粒度組成の変化については明らかでないが、何らかの原因で粗粒の流入が特に減少したとすれば底質の細粒化の一因となろう。また、近年台風の来襲が減少し、年最大有義波高の低下傾向が認められる。海の静穏化は細粒の堆積を促進すると考えられる。ただ、いずれも確証がなく、今後詳細な調査検討が必要であろう。

『出典：「最終報告書 - 有明海の漁業と環境の再生を願って - 」(平成15年3月、農林水産省 有明海ノリ不作為対策関係調査検討委員会)』

筑後川は有明海へ流入する河川の流域面積の約35%を占めており¹⁾、有明海への影響が最も大きい河川である。筑後川からの土砂供給については、福岡委員から報告がなされており、ここでは、その他の情報も含めて、知見の整理を行った。

ア) 流域での土砂生産量¹⁾

ダム堆砂量から推計した筑後川流域の土砂生産量は32万m³/年であり、うち、ダム流域内の生産量は10万m³/年。

イ) 河床の低下、土砂の持ち出し^{1) 2)}

筑後川では1953年から50年間に各種事業により砂が持ち出され、3,300万m³の河床低下が生じたと推定。人為的な砂の持ち出しは、ダム堆砂7.7%、砂利採取が72.9%、河川改修・干拓築堤が19.4%(資料1)であり、特に砂利採取は最盛期に年間200~300万m³/年と言われ、近年の土砂生産推定量32万m³/年を遙かに上まわる。

ウ) 河床材料の細粒化、掃砂流量の減少^{1) 2)}

人為的な砂の持ち出しの結果、筑後川の河床材料中の砂の割合が大きく減少し、シルト・粘土が増加(資料2)。流砂量については年毎にばらつきがあるものの減少傾向が認められ、砂の現存量の減少、河床の緩勾配化が指摘されている(資料3)。

エ) シルト・粘土の海域への流出

短期的なイベントとして、感潮域に堆積したシルト粘土は出水時に浸食されて河口沖合域に堆積するとの報告がなされている(資料4)。

整理

1950～60年代の砂利採取やダム堆砂により、筑後川から海域へ砂の供給量が大きく減少したことは明らかと思われる。また、土砂のうち、シルト・粘土の挙動については、1つの事例として、出水時の浸食、河口沖合への堆積が報告されているが、出水の規模等により土砂の挙動は異なることが想定される。

筑後川における人為的な砂の持ち出しが有明海の泥化の要因の一つと考えられるが、その程度を把握するためには、筑後川感潮域から河口沖合域における土砂の組成と各々の挙動についての調査が必要となる。

(2) 潮流の低下・潮位差の減少・平均潮位の上昇

【原因・要因として指摘されている事項】

諫早湾の底質の泥質化、細粒子化は工事の影響、潮受け防波堤締め切りによる流動の低下等が考えられるが、どの程度影響したのかは今後更に検討を要する。

『出典：「諫早湾干拓地潮受け堤防排水門の開門調査について」(平成13年12月、農林水産省有明海ノリ不作等対策関係調査検討委員会)』

経年的な潮流・潮位差の低下や平均潮位の上昇が底質の泥化につながっていると科学的な根拠を示した文献は見つけることはできなかった。

(参考)

関連文献として、海底堆積物のコア試料の分析を行ったものがある。当該文献ではZnを筑後川起源の堆積粒子と仮定し、Zn濃度が時代とともに筑後川河口沖で減少する一方、湾奥部(西部)で増加する相補的な関係が認められることから、筑後川粒子の堆積場が西偏した可能性を示している。この原因としては、河川排出量の減少の可能性が示唆され、堆積粒子が有明海の反時計回りの恒流の中心に到達できず(湾中央部を南下できず)、浮泥が恒流の外周に沿って西へ移動・堆積したことを推測している(資料5)。

なお、当該文献は、小委員会で最も重要参考となる文献とされており、「有明海の長期にわたる環境変化の解釈に貴重な知見を与えるものと思われるが、堆積環境は潮汐、恒流と関連があるため、それらの情報により解釈が変わりうることに留意すべき」とコメントされている。

また、他の現地観測調査の結果から、有明海奥部は上層で流出、下層で流入のエスチュアリー循環型の流動構造になっており、懸濁物質が湾奥部に集積する構造になっていることが報告されている(資料6)。

<参考資料>

- 1)福岡捷二(2005)「有明海・八代海における河川の影響について(第13回評価委員会(H17.4.21))」第13回有明海・八代海総合調査評価委員会 資料3
- 2)文献リストH16 -2:横山勝英(東京都大)(2004)「陸域からの土砂流出 - 筑後川における流砂環境の変容 -」有明海・八代海研究者会議(公開シンポジウム)資料; PAGE.11-14

2. 底質中の有機物、硫化物の増加

(1) 栄養塩の流入、有機物の流入

【原因・要因として指摘されている事項】

内陸部の都市化・農薬使用等に伴い河川流入負荷の質と量が増加したことにより、底質が悪化（泥質化、浮泥化）してきている。

『出典：滝川（2005）「有明海・八代海における底質環境について（第14回評価委員会（H17.6.16）」第15回有明海・八代海総合調査評価委員会 資料2-1』

有明海への流入負荷量

流入負荷量（COD、T-N、T-P）は経年的に減少傾向である（資料7、8）。

有明海の底質中の有機物、硫化物

有明海湾奥部における底質中 COD 及び硫化水素については、1990年～2000年の経年変化や1989年と2000年の比較から、濃度が高くなっている地点がみられる（資料9、10）。

整理

有明海への流入負荷量は経年的に減少傾向であるにもかかわらず、底質中の有機物、硫化物の濃度が高くなっている地点がみられる。

(2) 酸処理・施肥

【原因・要因として指摘されている事項】

ノリ養殖における酸処理剤の使用や施肥による海域への直接負荷が水質・底質へ悪影響を及ぼしている。

『出典：滝川（2005）「有明海・八代海における底質環境について（第14回評価委員会（H17.6.16）」第15回有明海・八代海総合調査評価委員会 資料2-1』

酸処理剤

ノリ漁場で通常見込まれる濃度の酸処理剤（有機酸）については、底泥への移行は認められなかった。また、ノリ漁場におけるモニタリング調査結果では有機酸（クエン酸、リンゴ酸及びグルコン酸）は、検出されなかった（資料11）。

なお、平成13年度の酸処理剤のT-N、T-Pの負荷量はそれぞれ30ton/年、85ton/年であり、養殖ノリによる窒素（N）、リン（P）の取り上げ量はそれぞれ937ton/年、103ton/年である¹⁾。

施肥

佐賀県資料によると、平成11年度～平成15年度の施肥量は窒素量として82～373ton/年（平成13年度は82ton/年）である。

整理

酸処理剤に含まれる有機物は海水希釈や分解等のため、海底に蓄積される可能性は少ないと推察される。

また、酸処理剤と施肥（窒素量のみ）の T-N、T-P の負荷量はそれぞれ 112ton/年、85ton/年であり、養殖ノリによる窒素（N）、燐（P）の取り上げ量はそれぞれ 937ton/年、103ton/年である。これらのことから、酸処理剤・施肥が底質の有機物・硫化物の増加の主たる要因とは考えにくい。

（3）赤潮の発生件数の増加・大規模化

【原因・要因として指摘されている事項】

赤潮の増大・大規模化あるいは貧酸素水塊の発生に伴い、底質の有機物・硫化物が増加している。

赤潮によって増殖した植物プランクトン等が海底に沈降・堆積し、海底での分解過程で酸素を消費し、そこで貧酸素水塊が発生し、底質が嫌気的環境になるという悪循環に陥っている。

『出典：滝川（2005）「有明海・八代海における底質環境について（第14回評価委員会（H17.6.16）」第15回有明海・八代海総合調査評価委員会 資料2-1』

有明海奥部と諫早湾の堆積物

有明海の表層堆積物中の有機炭素量は鹿島沖、諫早湾で高く、特に諫早湾では有機炭素安定同位対比（ ^{13}C ）が他海域より高い値を示しており、海産生物起源の有機物の影響を強く受けていると推測される。また、鹿島沖や諫早湾ではクロロフィル色素量の値も高く、有機物への植物プランクトンの寄与が示唆される。諫早湾のクロロフィル色素量は最も高濃度であり、調整池からの植物プランクトンの流入、小長井を中心とした赤潮の増大及び潮受け堤防閉め切りによる流速の減少によるものと指摘されている（資料12）。

中緯度の海産植物プランクトンで-20%、陸域 C3 植物で-27%を示すことが知られており、有機物の起源の指標として使用される。

諫早湾内の底質コア試料の分析

渦鞭毛藻シストの分析結果から、1960年代までは独立栄養群が60%前後占めていたが、それ以降従属栄養種群が増加し始め1990年代には65~80%を占めることを指摘。これは、珪藻類などの植物プランクトンの増殖を反映しており、1960年代後半から1980年代前半にかけて富栄養化が進行し、現在はその状態が継続していると推測（資料13）。

赤潮の発生件数

1984年以降の赤潮発生件数は、福岡県では概ね横ばい、佐賀県では1990年代中頃から増加傾向、長崎県と熊本県は増加傾向である（資料14）。

整理

海域の富栄養化、赤潮発生の増大等により、植物プランクトン由来の有機物が鹿島沖、諫早湾等の海域に沈降、堆積してきたものと推測され、底質中の有機物の増加の主たる要因の一つである可能性が高いものとする。

なお、諫早湾においては浮泥が堆積する傾向にあること、調整池の排水中に含まれる淡水性植物プランクトンは諫早湾中央部に至るまでに沈降することが報告されている（資料15）。

（4）貧酸素水塊の発生

【原因・要因として指摘されている事項】

赤潮の増大・大規模化あるいは貧酸素水塊の発生に伴い、底質の有機物・硫化物が増加している。

赤潮によって増殖した植物プランクトン等が海底に沈降・堆積し、海底での分解過程で酸素を消費し、そこで貧酸素水塊が発生し、底質が嫌気的環境になるという悪循環に陥っている。

『出典：滝川（2005）「有明海・八代海における底質環境について（第14回評価委員会（H17.6.16）」第15回有明海・八代海総合調査評価委員会 資料2-1』

佐賀県湾奥の有機炭素濃度が高い海域（資料12参照）の浅海定線調査地点（海底上1m）のDO濃度が低下傾向にあると認められる（資料16）。

整理

佐賀県湾奥の一部海域において、貧酸素水塊発生の増加とそれに伴う底質中の硫化物の増加の可能性がうかがわれる。

(5) ベントスの減少

【原因・要因として指摘されている事項】

底生生物の減少に伴い、底質の生物攪乱（バイオターベーション）が低下し、有機物の分解能力が低下してきている。

『出典：滝川（2005）「有明海・八代海における底質環境について（第14回評価委員会（H17.6.16）」第15回有明海・八代海総合調査評価委員会 資料2-1』

有明海湾奥部における1989年と2000年の調査結果から、2000年のマクロベントスの平均密度、5,000個体/m²を超える地点数は、1989年より少ない。但し、種によっては大幅に個体数が増加したものもいる（資料17）。

白川河口の干潟の底泥を用い、イソゴカイを投入したカラム実験より、イソゴカイの分解量と排泄量の関係で底泥中の有機物量が多い底泥では有機物量が減少し、有機物が少ない底泥では有機物が増加した（資料18）。

整理

1989年と2000年の調査結果の比較から、ベントスが減少したと考えられ、有機物の分解に作用する生物攪乱が低下した可能性はある。但し、2カ年の比較であるため、経年的に減少しているかどうかは不明である。

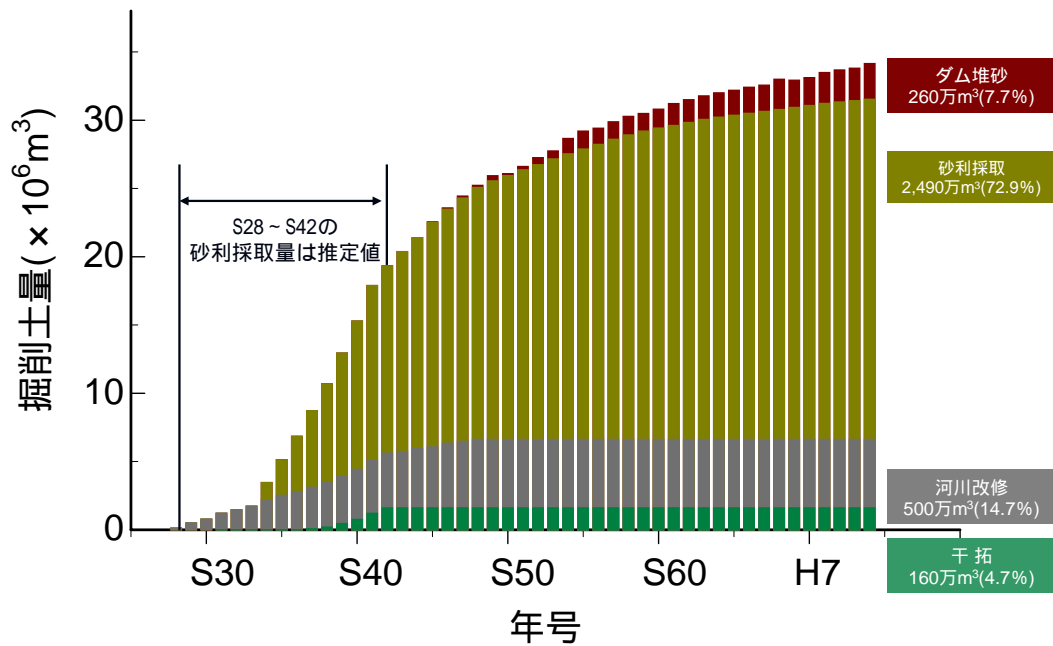
底質の有機物の分解についてみると、底質の有機物量や酸化還元電位等の性状、生息している生物種の摂餌量や排泄量（二枚貝では濾過水量や呼吸速度が種、水温により異なる：資料19参照）等の分解条件が複雑で検討内容が多い。

ベントスの減少は、底質中の有機物、硫化物の増加の要因の一つになると考えられるが、その程度を把握するためには、ベントスの生息種とその生態、生息環境の状況を踏まえた有機物の分解に関する調査が必要になる。

<参考資料>

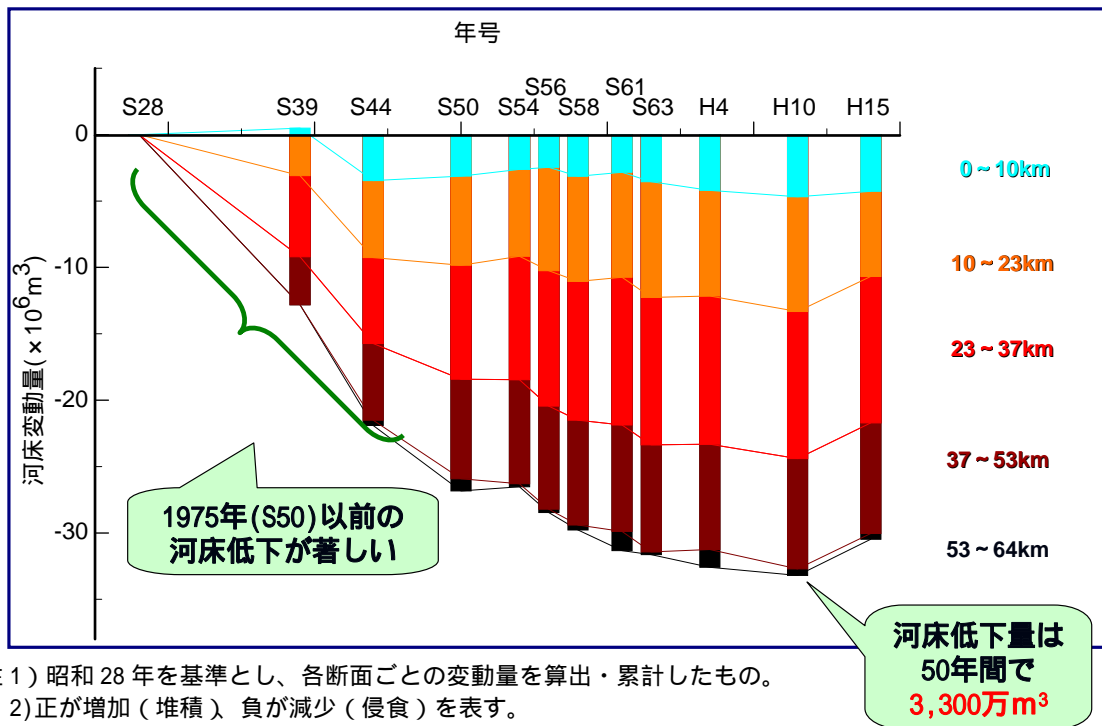
- 1) 鬼頭釣（2003）「有明海におけるノリ養殖について（第6回評価委員会（H15.11.10）」第6回有明海・八代海総合調査評価委員会 資料2

【資料1】



出典：福岡捷二（2005）「有明海・八代海における河川の影響について（第13回評価委員会（H17.4.21）」
第13回有明海・八代海総合調査評価委員会 資料3

図1 河川からの土砂の持出し等

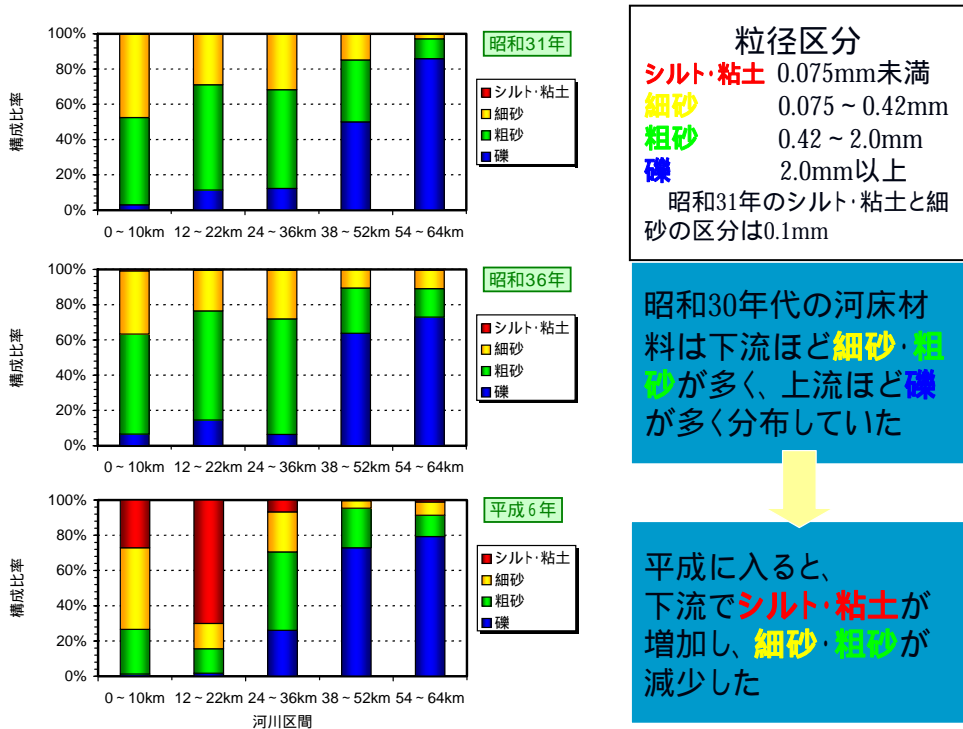


注1) 昭和28年を基準とし、各断面ごとの変動量を算出・累計したもの。
2) 正が増加（堆積）、負が減少（侵食）を表す。

出典：福岡捷二（2005）「有明海・八代海における河川の影響について（第13回評価委員会（H17.4.21）」
第13回有明海・八代海総合調査評価委員会 資料3

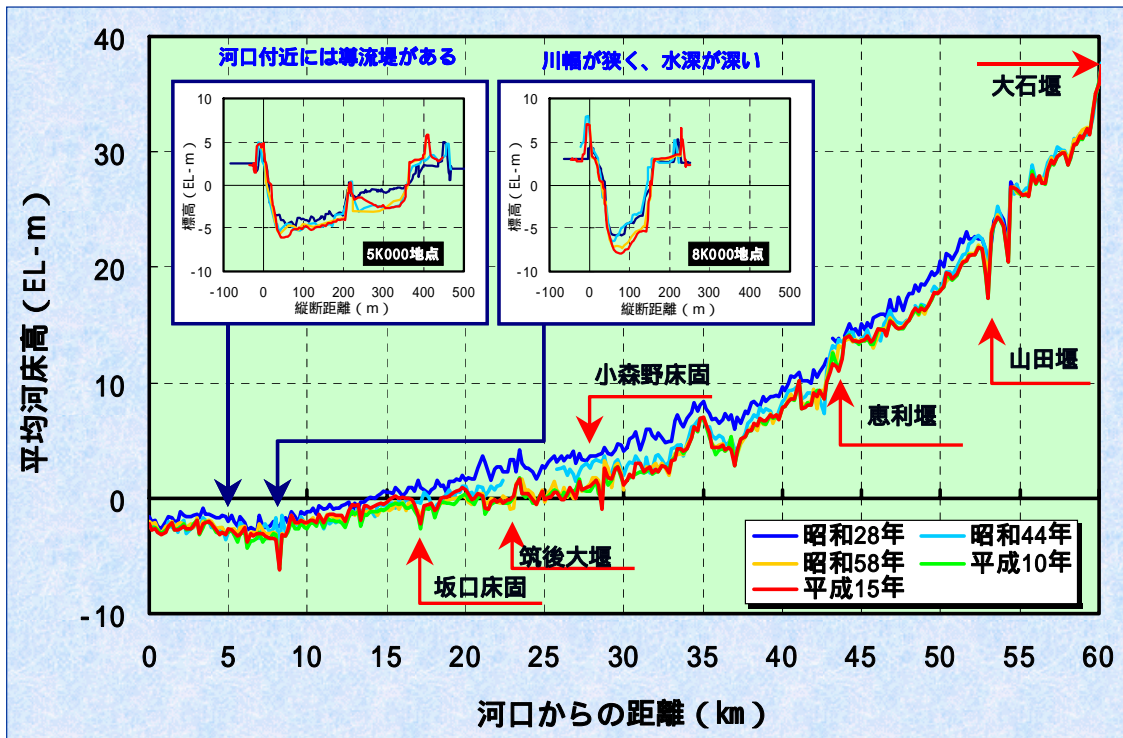
図2 長期的にみた河床変動量

【資料2】



出典：福岡捷二(2005)「有明海・八代海における河川の影響について(第13回評価委員会(H17.4.21))」
 第13回有明海・八代海総合調査評価委員会 資料3

図1 筑後川の河床材料の変化



出典：福岡捷二(2005)「有明海・八代海における河川の影響について(第13回評価委員会(H17.4.21))」
 第13回有明海・八代海総合調査評価委員会 資料3

図2 筑後川の河床変動の状況

【資料3】

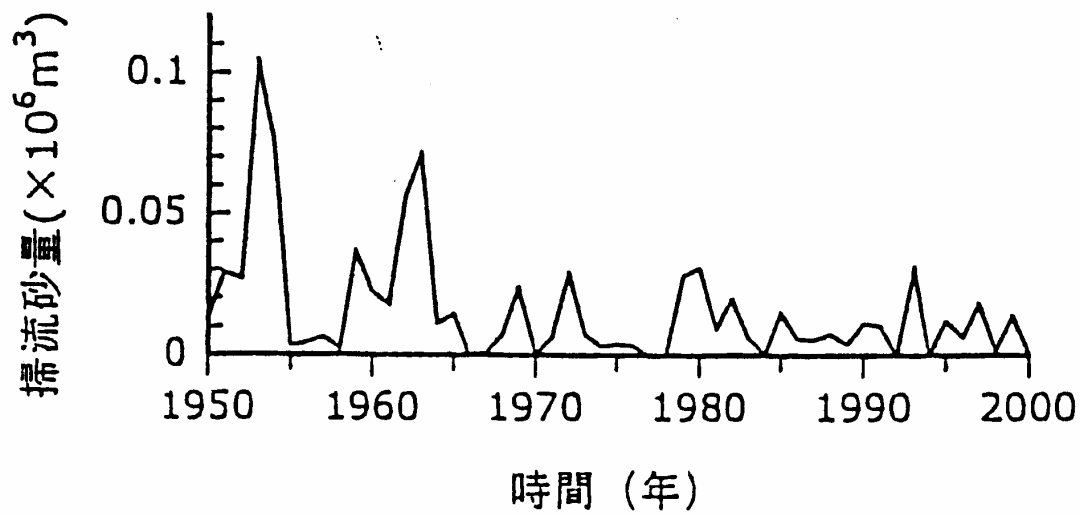


図 9 掃流砂量の経年変化 (25.5km 地点)

出典：文献リスト H16 -2：横山勝英（東京都大）（2004）「陸域からの土砂流出 - 筑後川における流砂環境の変容 -」有明海・八代海研究者会議（公開シンポジウム）資料； PAGE.11-14

【資料4】

- ・出水後(2003年8月)河口14kmで河床が2m低下し、河口0kmで河床が1m上昇(図7)。
- ・出水後、河口0~6kmではシルト・粘土が増大し、河口8~16kmでは逆に砂質が増えている(図3、4)。
- ・特に侵食の著しい河口14kmの中央~左岸(図7)において、シルト粘土が欠落して砂が増大(図4)。
- ・平水時に高濁度水塊により形成された上流区間の泥質河床が出水で侵食され、下流へ輸送されたと推定(上流域の侵食は150万m³、下流域の堆積は40万m³であり、その差110万m³が沖合へ移動したと推定)。

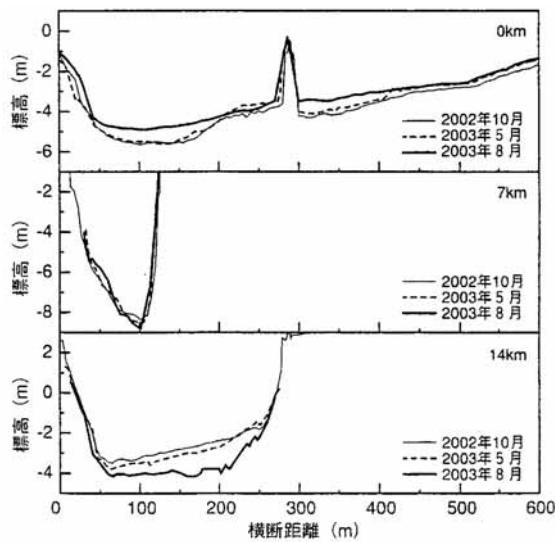


図-7 河床横断面(0 km, 7 km, 14 km)

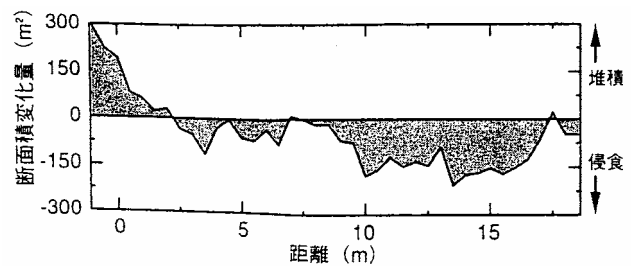


図-8 筑後川感潮域における出水前後の断面積変化

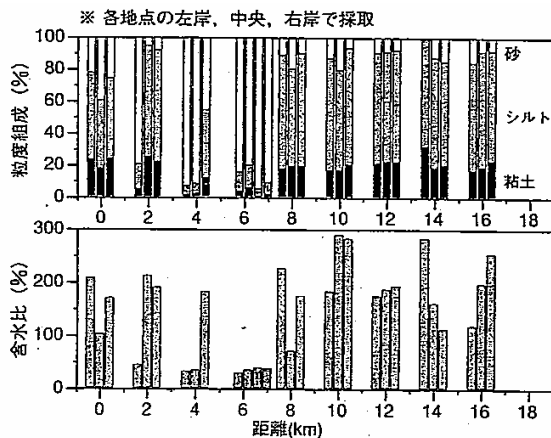


図-3 筑後川感潮域の粒度組成と含水比(出水前)

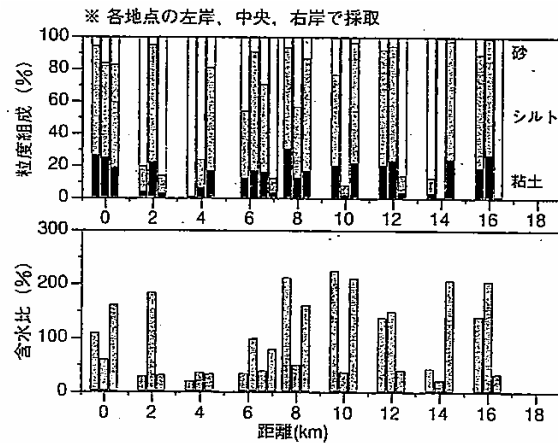


図-4 筑後川感潮域の粒度組成と含水比(出水後)

出典：文献シート H18 -3：横山勝英(首都大学東京)，河野史郎(国土環境㈱) 環境技術本部，山本浩一(佐賀大学) (2005)「有明海湾奥部の地形・底質分布に関する現地調査」海岸工学論文集 VOL.52 NO.2;PAGE.936-940

【資料 5】

- ・有明海全体の表層泥における重金属濃度の平面分布より、Zn の最高濃度地域が筑後川河口沖に限定される。Zn を筑後川起源の堆積粒子のトレーサーとしてみると、筑後川河口沖では時代とともに Zn 濃度が減少し、湾奥では時代とともに Zn 濃度の増加する相補的な関係が認められた。筑後川起源の高濃度 Zn を含む、粒子の堆積場が時代とともに西偏した可能性を示唆する。
- ・3本の海底水道(塩田川沖海底水道、住之江川沖海底水道、筑後川沖海底水道)のうち、筑後川の澇筋は現在では住之江川海底水道(中央の水道)につながっているが、筑後川の南下する澇筋の痕跡から、筑後川がかつて筑後川沖海底水道(右側の水道)につながっていた可能性が示唆される(図8)。
- ・現在の筑後川と早津江川の澇筋が西に大きく蛇行しているのは、河川改修に伴う平均的な流速の減少と有明海の湾奥部で発生する西向き恒流に呼応した可能性がある(図8)。
- ・河川の排出量が十分にある場合、砕屑粒子は有明海で発生する反時計回りの恒流中心に海底水道を使って供給され、浮遊性砕屑物も潮流に沿って湾奥部を南下することができる(図8)。一方、河川の排出量が減少した場合、堆積粒子の水平移動距離は短縮され、より河口付近に堆積場が移動する(図8)。結果として恒流中心に到達できない堆積粒子(特に浮遊性砕屑物)は浮泥として近傍の干潟に吹き寄せられる確率が高くなる。

上記の状況を踏まえると、浮泥が恒流の外周に沿って移動し、さらに西の Sta.3 や Sta.4 で堆積した可能性が高い。

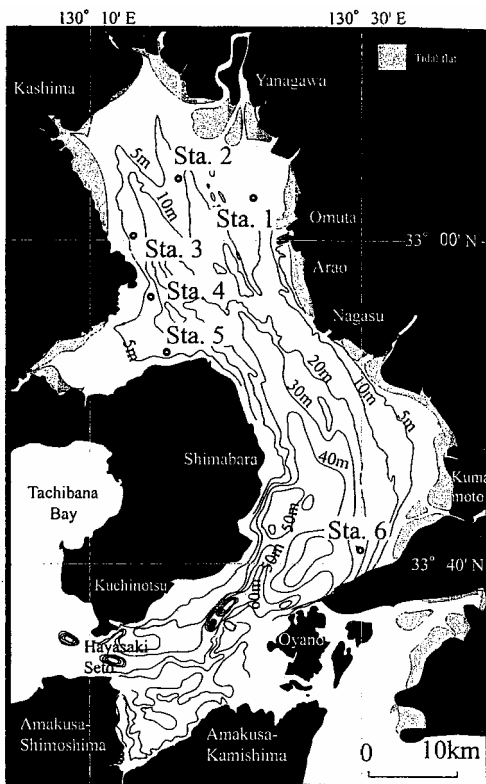


図 2 試料採取地点.

Fig. 2 Sampling stations for six sediment cores.

出典：横瀬久芳, 百島則幸, 長谷義隆, 本座栄一(熊本大学理学部), 松岡数充(長崎大学 水産学部) (2005) 「海底堆積物を用いた有明海 100 年変遷史の環境評価」 地学雑誌, VOL.114, NO.1, pp.1-20

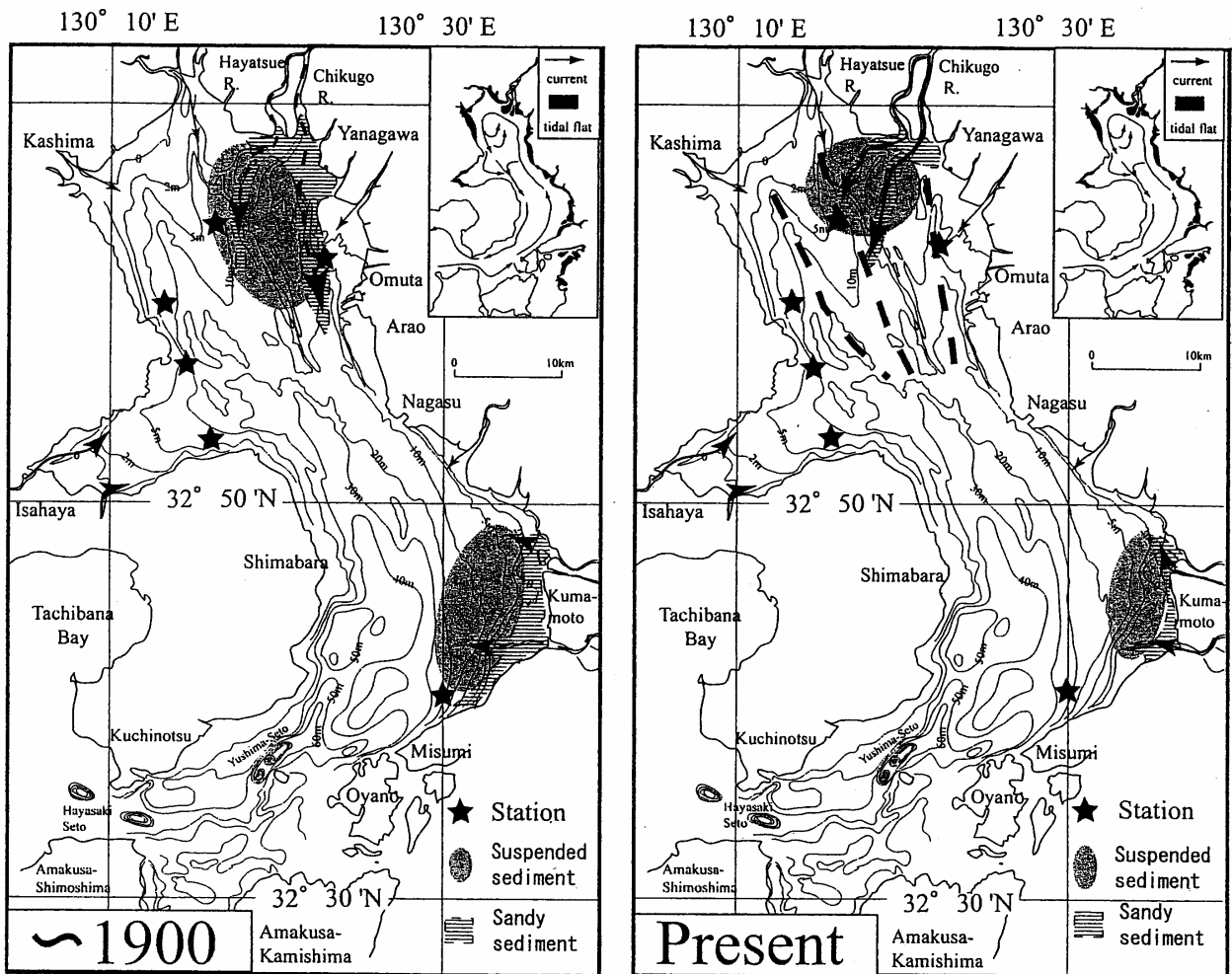


図 8 堆積物の微量元素組成に基づく堆積区の復元. 約 100 年前 (左) と現在 (右).
 ★ : 試料採取地点, 太い破線 : 海底水道, 破線矢印 : 旧滞筋, 実線矢印 : 現在の滞筋. 挿入図の矢印 : 反時計回りの恒流パターン (有明海研究グループ, 1965).

Fig. 8 Sedimentary systems in the past (ca. 100 years ago) and at present, reconstructed from the trace element analysis.

★ : sampling station, thick dashed line: submarine channel, dashed line with arrow head: paleo-channel, Arrow: channel. Arrows in the inset maps show the counterclockwise mean current pattern in the Ariake Bay (Ariake Research Group, 1965).

【資料 6】

- ・2005年7月15日及び2006年3月10日の観測時の懸濁物フラックスはいずれも湾奥向きであり、懸濁物質は湾奥部に集積する構造になっていた。2005年11月1日には、懸濁物フラックスは湾奥では沖向き、沖の測点 E、F では湾奥向きであり、懸濁物質は測点 D、E に集積する構造になっていた（図 16）。
- ・それぞれの観測時の密度構造と測線方向の残差流分布は、いずれも湾奥表層側が低密度で沖合底層側が高密度となり、上層流出、下層流入のエスチュアリー循環型の流動構造となっていた（図 17）。

資料) 速水, 山本, 浜田, 加, 吉野, 大串, 平川 (佐賀大学), 宮坂, 大森 (愛媛大学) (2006) 「有明海奥部における物質輸送と低次生態系の動態について」 佐賀大学有明海総合研究プロジェクト成果報告集, 第 2 巻, pp37-46

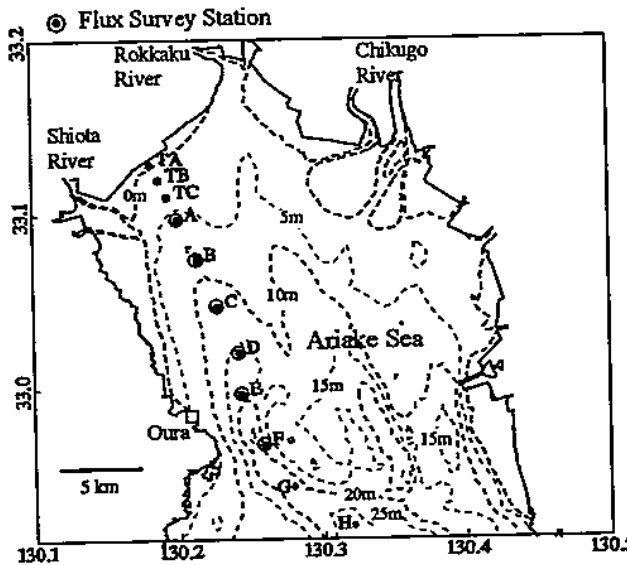


図 7 有明海奥部の地形と測点配置

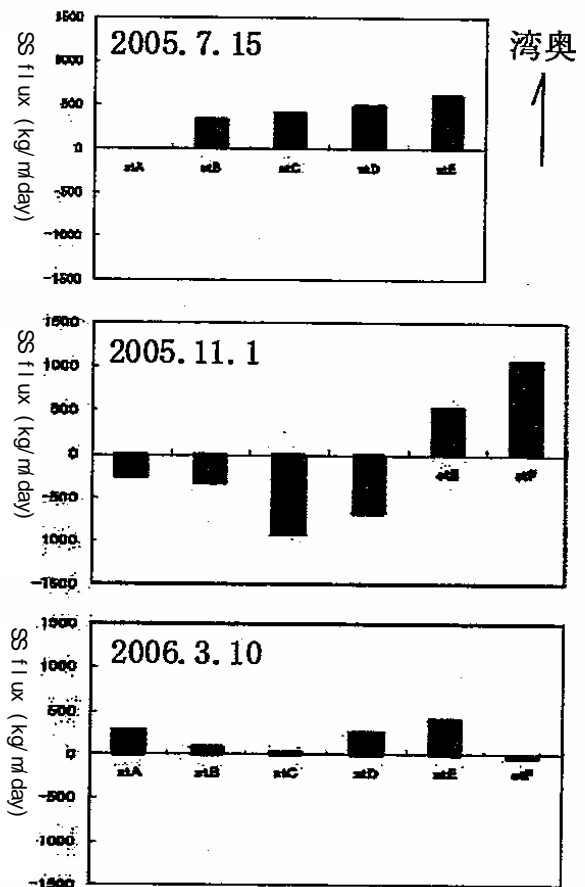


図 16 2005年7月15日, 11月1日, 2006年3月10日における測線に沿った方向の懸濁物質フラックスの分布。

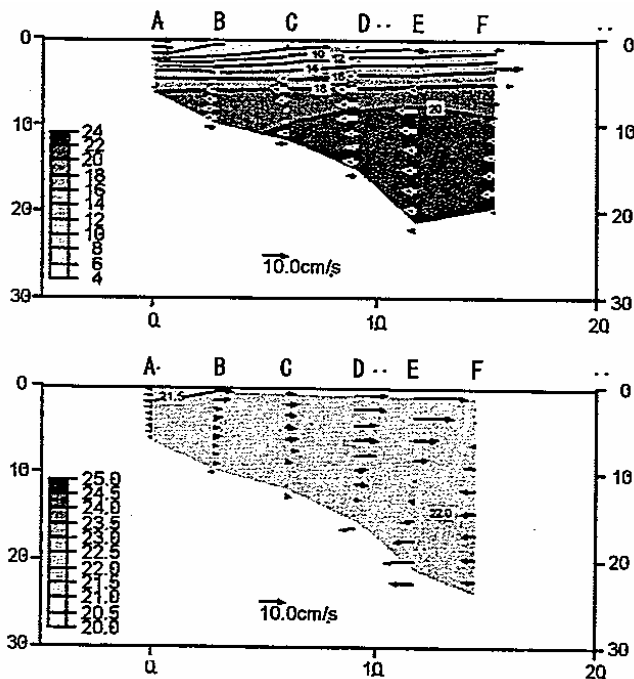
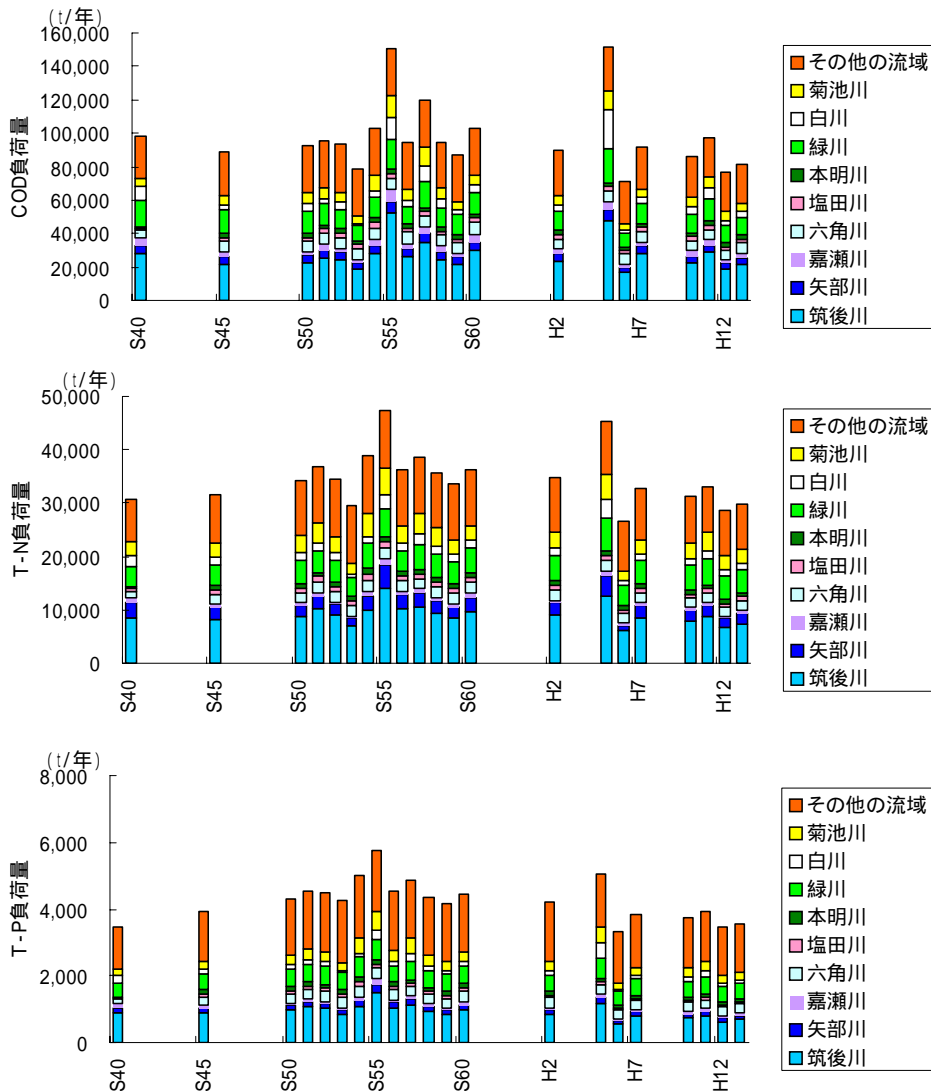


図 17 2005年7月15日 (上) および11月1日 (下) における測線方向の残差流分布と密度構造。

【資料7】

- ・流入負荷量（COD、T-N、T-P）の変動は降雨の影響を受ける。また、昭和50年代以降減少傾向がみられる。

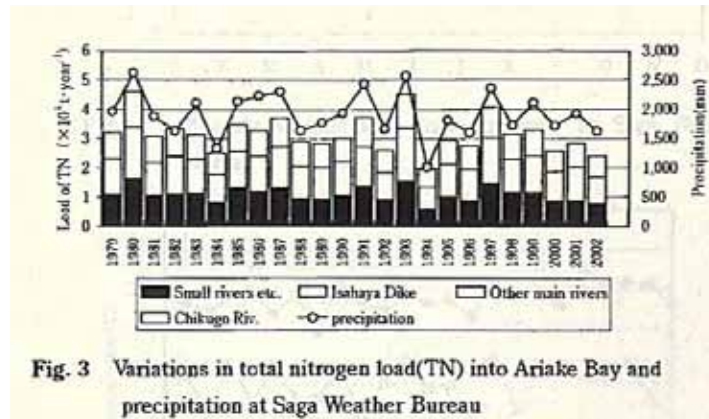
資料) 環境省(2005)「有明海・八代海への汚濁負荷の変遷について」第15回有明海・八代海総合調査評価委員会 資料4



【資料 8】

- 1979～2002年の有明海の年間全窒素流入負荷量は、大湯水の1994年に約20,000t、降雨が多かった1980年、1993年、1997年に約40,000tであったことを除けば30,000t前後で推移し、経年的にやや減少傾向にある（Fig.3）。

資料）中嶋雅孝,横山佳裕,内田唯史,中野拓治,中西弘（2005）「有明海における冬季のノリ及び赤潮プランクトンの増殖特性」水環境学会誌 VOL.28 NO.5;PAGE.339-345



【資料 9】

- 1990年～2000年の有明海湾奥部における底質調査結果から、(a) 図のCODについてみると、海域Aでは汚染（水産用水基準によるとCOD20mg/g以上は汚染泥である）が進んでおり、海域Bも近年値が高くなってきている。(b) 図の硫化水素についてみると、海域Bの上昇がみられ同時に(c) 図の強熱減量でも増加がみられる（図-10）。

資料）滝川清,田中建路,外村隆臣,西岡律恵,青山千春（2003）「有明海の過去25年間における海域環境の変動特性」海岸工学論文集第50巻;PAGE.1001-1005

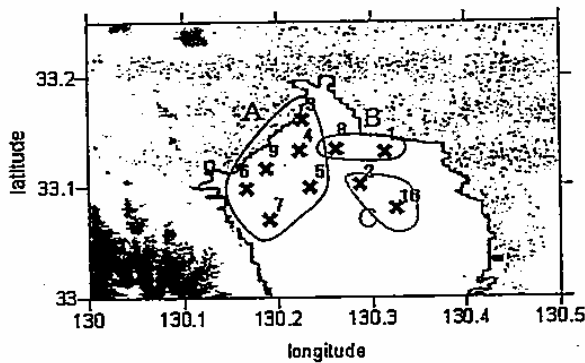


図-2 底質モニタリング調査地点（クラスター分類）

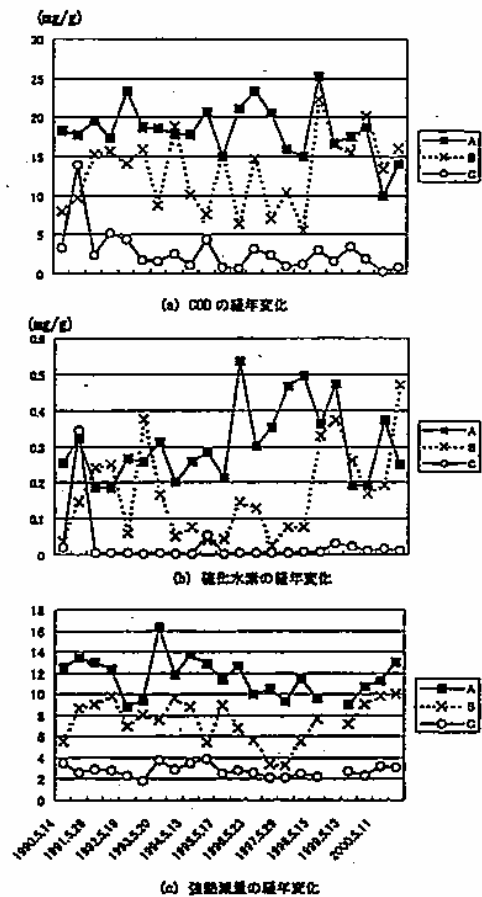


図-10 湾奥底質の経年変動特性