

ノート

鹿児島湾の水質変動に関する調査研究（第IV報）

—COD, TOC, 透明度及びプランクトン沈殿量の変動—

吉留雅仁 實成隆志 清原拓二
末吉恵子 寶来俊一 宮田義彦

要 旨

1990～2006年度の鹿児島湾におけるCOD, 透明度, プランクトン沈殿量及び全有機炭素 (TOC) に関する調査データを解析し, 海域毎の差や懸濁物質の影響について検討した結果, 以下の知見が得られた。

- (1) CODと透明度の分布を4海域間で比較した結果, COD濃度が比較的低い湾央・指宿沖の透明度は, 比較的高い湾奥部及び鹿児島市沖より15m以上を示す割合が明らかに高かった。また, 透明度の変動はCOD濃度が概ね2 mg/L以下で大きく, それ以上では小さくなる傾向を示し, 透明度がCODの汚染レベルをある程度反映していることが示唆された。
- (2) プランクトン沈殿量は鹿児島湾海域全体で春季から夏季にかけて高くなる傾向を示した。
- (3) 懸濁態のTOCは, TOCと良好な相関関係を有しており, 春季から夏季のTOCの濃度上昇について, 荒川ら¹⁾の報告したCODに関する結果と同様, プランクトンの増殖が関係していることが確認された。

キーワード: 鹿児島湾, COD, 透明度, プランクトン沈殿量, TOC, POC

1 はじめに

本調査研究の一環で, 荒川らは1990～2005年度の鹿児島湾における調査データを解析し, 近年のCOD濃度の上昇傾向は, 湾奥, 鹿児島市沖, 湾央・湾口の各海域によって異なることと, 懸濁態CODが鹿児島湾のCODの上昇に対して大きく寄与していることを報告した¹⁾。

本報告では, CODとの相関関係が推測される項目として透明度, プランクトン沈殿量, 全有機炭素 (TOC) を選択した。透明度及びプランクトン沈殿量は, 荒川らと實成ら²⁾の報告をもとに区分した海域毎に動態を比較した。さらに透明度はCODとの相関関係の解析を, プランクトン沈殿量は懸濁態CODとの比較をそれぞれ行った。TOCについては溶存態TOCを分析し, その差分から求めた懸濁態TOCとの相関関係などからプランクトン増殖の影響についても考察した。

2 調査方法

2. 1 調査地点

解析対象とした地点は, 鹿児島湾における環境基準点の基準点1～16である。図1に各基準点の位置を示す。

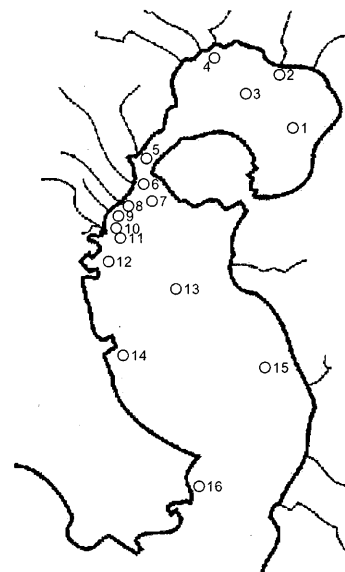


図1 調査地点

本研究では、これらの基準点を湾奥（基準点1～4）、鹿児島市沖（北部）（基準点5～8）、鹿児島市沖（南部）（基準点9～12）、湾央・指宿沖（基準点13～16）の4海域に分類した。

2. 2 解析データ

COD及び透明度は、1990年度から2006年度に各年6回測定した「公共用水域及び地下水の水質測定結果」の値を用いた。ただし、基準点16については全水深が約5mと浅く正確な透明度を測定できないため、透明度を用いた解析においては除外した。また、プランクトン量、溶存態COD（D-COD）及びCODとD-CODの差分から求めた懸濁態COD（P-COD）は2005年度から2006年度に測定した結果を用いた。TOC³⁾、試料を孔径0.45μmのメンブランフィルターで濾過しTOCを測定した溶存態有機炭素（DOC）⁴⁾、及びTOCとDOCの差分から求めた懸濁態

有機炭素（POC）⁴⁾は2006年度に測定した結果を用いた。本報告で示すCOD及びTOCの値は、全て表層（0.5m）の海水を測定した値である。

2. 3 プランクトン沈殿量の測定

プランクトンの採取は、プランクトンネットを水深20mから引き上げて行った。プランクトンネットには網目0.335mm、口径45cmのもの（以下、手法A）と、網目0.1mm、口径22.5cmのもの（以下、手法B）の2種類を用いた⁵⁾。一般的に手法Aでは主に動物プランクトンが、手法Bでは植物プランクトンと動物プランクトンの両方が採取されると考えられている。採取したプランクトンをメスシリンダーに移し、沈殿量から海水中に含まれるプランクトンの量を求めた。

3 調査結果

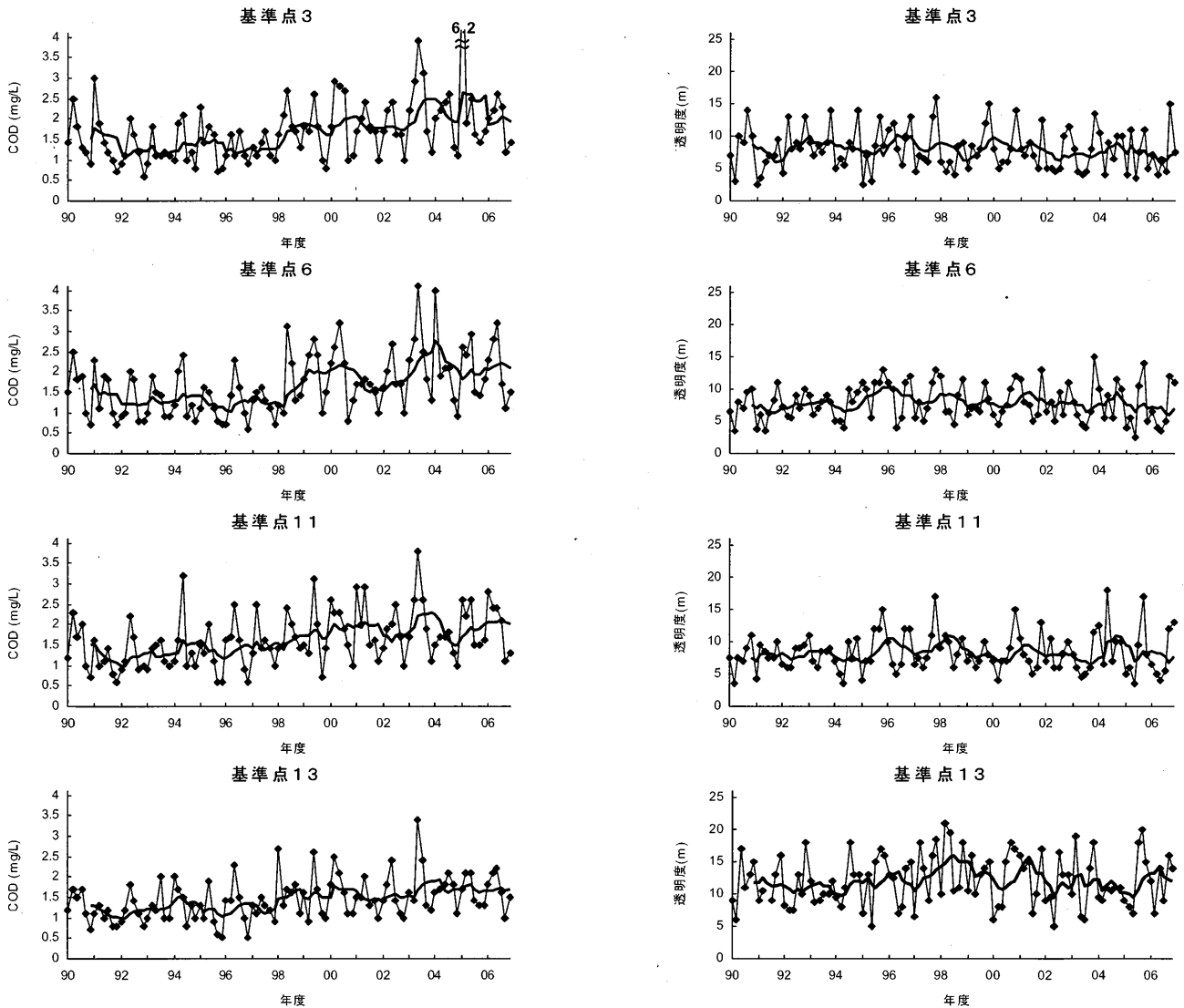


図2 1990年度から2006年度までのCOD及び透明度の経時変化

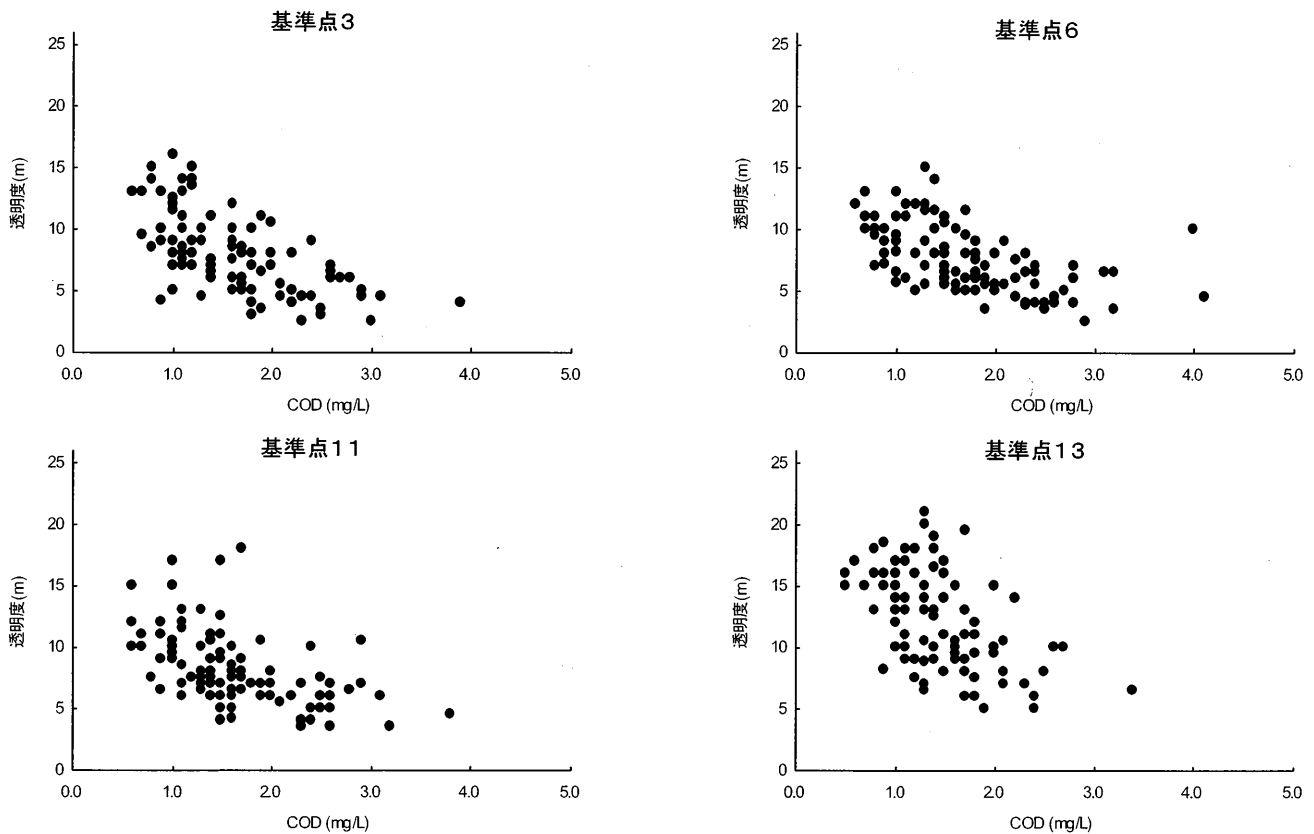


図3 CODと透明度の相関関係

3. 1 CODと透明度の相関関係

各海域の代表的な地点として基準点3, 6, 11, 13における1990年度から2006年度までの表層0.5mのCOD及び透明度の推移とそれぞれの移動平均(年平均値)を図2に示す。CODはいずれの地点においても夏季に高くなり冬季に低くなる季節変動を示し、一方透明度はCODとは逆に冬季に高くなり、夏季に低くなる傾向を示した⁶⁾。長期的には、CODの移動平均は1996年前後を境として明確な上昇傾向を示しているのに対し、透明度は基準点3, 6においてわずかに漸次下降傾向が見られるが明確ではない。

CODと透明度の関係を調べるため、横軸をCOD、縦軸を透明度としてプロットした結果を図3に示す。いずれの地点においてもCODが高くなるに従って透明度が低くなるという逆相関関係を示した。透明度の変動は、CODが約2 mg/L以下で比較的大きく、約2 mg/L以上で小さくなる傾向がみられた。

4 海域間の水質の相異を比較検討するため、各海域におけるCOD及び透明度の度数分布をそれぞれ表1及び表2に示す。表1より、湾央・指宿沖においてはCODは0~1.5mg/Lが6割以上を占め、他の3海域と比較して低い濃度分布を示している。一方、表2の透明度は、

表1 各海域におけるCODの度数分布

(単位: %)

COD (mg/L)	湾奥域 n=408	鹿児島市沖 (北部) n=408	鹿児島市沖 (南部) n=408	湾央・指宿沖 n=306
0~0.5	0.5	0.0	0.7	1.0
0.5~1.0	15.2	20.8	16.4	22.9
1.0~1.5	31.6	31.9	33.1	40.2
1.5~2.0	26.0	23.0	27.7	22.9
2.0~2.5	14.5	12.5	11.5	8.2
2.5~3.0	8.1	7.8	5.6	3.9
3.0<	4.2	3.9	4.9	1.0

表2 各海域における透明度の度数分布

(単位: %)

透明度 (m)	湾奥域 n=408	鹿児島市沖 (北部) n=408	鹿児島市沖 (南部) n=407	湾央・指宿沖 n=305
0~5	27.9	19.7	20.6	2.3
5~10	50.2	55.1	63.7	42.3
10~15	19.6	23.3	14.7	36.1
15~20	2.2	1.7	0.7	17.7
20~25	0	0.2	0	1.6

湾央・指宿沖では15m以上の値が約2割を占めており、1~2%である他の3海域よりも明らかに高い度数分布を示している。また、湾奥、鹿児島市沖(北部)及び鹿

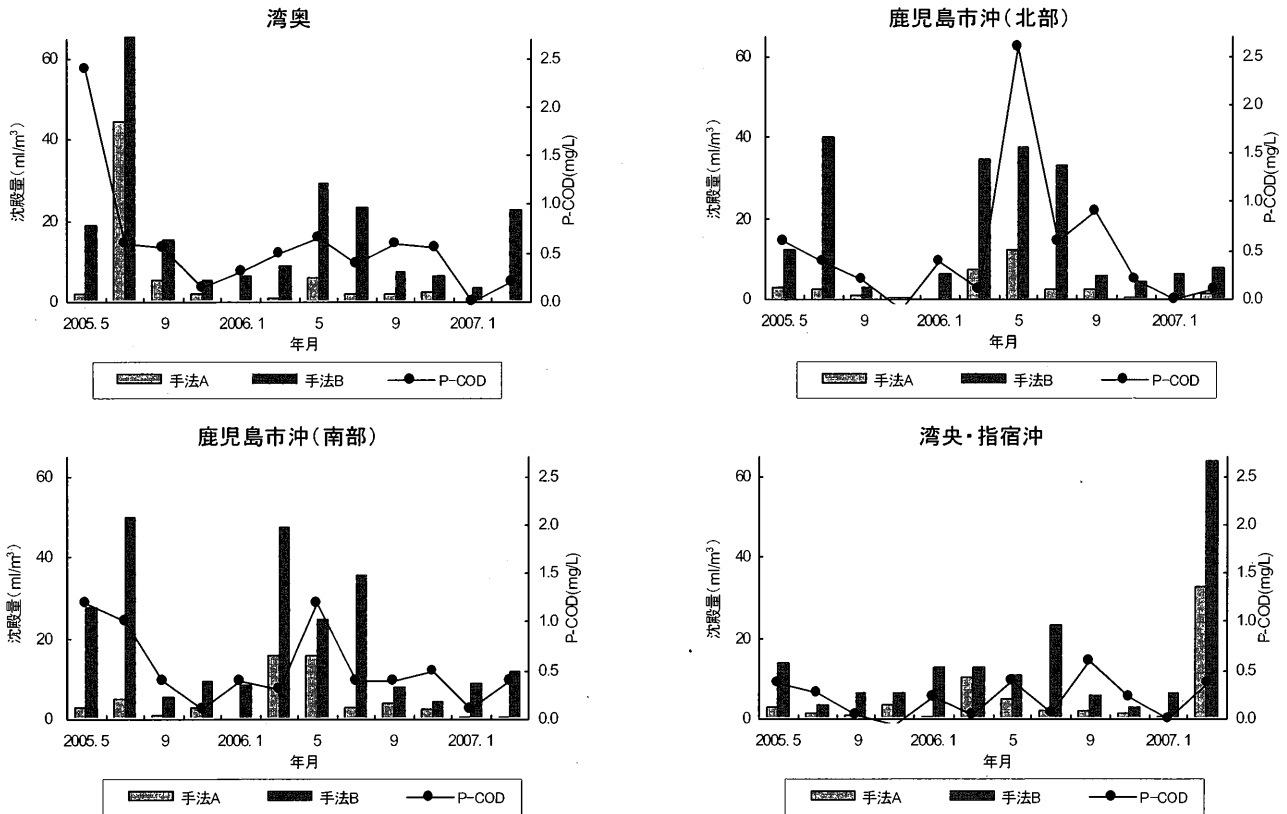


図4 各海域におけるプランクトン沈殿量の経年変化とP-CODの平均値

鹿児島市沖（南部）の間には、COD、透明度とも大きな差はみられなかった。湾央・指宿沖のCODと透明度の結果は、他の3海域と比較して汚濁の度が低いことを示しており、荒川らによる報告¹⁾とも一致する。

以上の結果から、CODが概ね2 mg/L以下の海域における透明度の変動は、CODによる汚濁度の変動を反映していることが示唆された。

3.2 CODとプランクトン沈殿量の相関

CODの濃度変動に対して影響が大きいプランクトンの増殖を反映するプランクトン沈殿量とCODの関係について調べた。

図4に各海域におけるプランクトン沈殿量を濾過した海水の体積で規格化した値と、同じ海域におけるP-CODの時系列変化を示す。湾奥は基準点1と3を平均した値、鹿児島市沖（北部）は基準点7の、鹿児島市沖（南部）は基準点11の、湾央・指宿沖は基準点13, 14, 16を平均した値である。採取方法や海域に関係なくプランクトン沈殿量は3月から7, 9月まで高く、プランクトンの春季から夏季にかけての増殖が顕著であった。P-CODは5～9月の夏季に上昇し冬季に低くなるなど、概ねプランクトン沈殿量と類似した変動を示した。一方、湾央・指宿沖の2006年3月の結果のように採取されたプランクト

ンの沈殿量に比べてP-CODの値が低い月もあった。これは、P-CODが表層0.5mの海水を試料としているのに対し、プランクトン沈殿量は表層から水深20mまでの総和であることも影響している可能性があると考えられる。

以上の結果から、プランクトン沈殿量は、年度によって様相が変化するが、概ね春季から夏季にかけて増大する傾向を示した。

3.3 CODとTOCの相関

全有機炭素量を測定するTOCは水質汚濁の総合指標であり³⁾、同じく総合指標であるCODの結果と比較し評価することは重要である。図5に2006年度の全基準点におけるTOC濃度の平均値の推移を、図6にCODとTOCの相関関係をそれぞれ示す。TOCにおいてもCODと同様、春季から夏季にかけて上昇し冬季に低下するという季節変動を示した。また、CODとTOCの間には有意な相関関係が認められたことから、TOCはCODと同様の水質評価の指標になると考えられる。

DOCとD-COD、POCとP-CODの相関関係を求めた結果をそれぞれ図7に示す。DOCとD-CODは比較的よい直線関係を示し、相関係数は0.69であった。一方、POCとP-CODは相関係数が0.36と低く有意な相関関係はみられなかった。この原因については、CODとTOCの測定方法

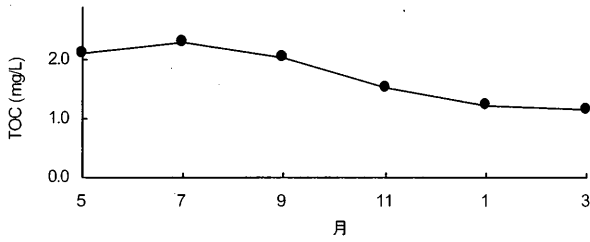


図5 2006年度のTOCの平均値の経月変化

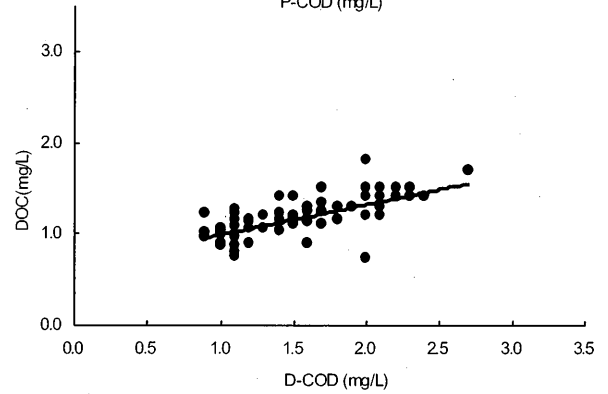
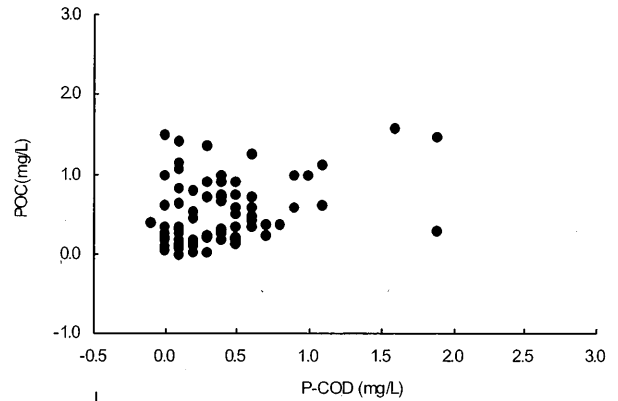


図7 P-CODとPOC及びD-CODとDOCの相関関係

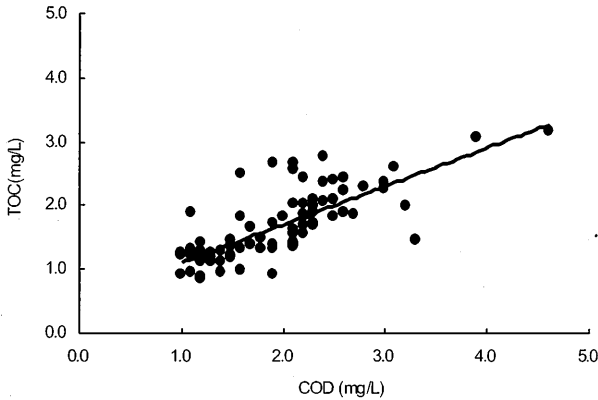


図6 CODとTOCの相関関係

上の違いが関係していると考えられ、プランクトンのような有機性の懸濁態を多く含む試料についてCODとTOCの測定結果を比較する場合には注意が必要である。

荒川⁹⁾らは、CODとP-CODには高い相関があり、懸濁態のプランクトン増殖がCOD上昇の重要な要因の一つであることを示した。そこでTOCとPOCとの相関を調べた結果、相関係数は0.95と高く図8に示すとおり高い相関関係を示した。このことから、TOCの濃度上昇は、CODと同様にプランクトンの増殖が関係していると考えられる。

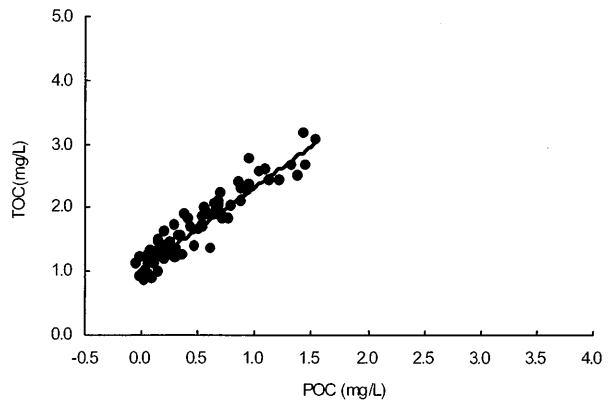


図8 TOCとPOCの相関関係

4 まとめ

1990～2006年度の鹿児島湾におけるCOD、透明度、プランクトン沈殿量及びTOCに関する調査データを解析し、以下の知見が得られた。

- 1) 透明度の変動は、CODが約2 mg/L以下で大きく、2 mg/L以上で小さくなる傾向が見られた。
- 2) 分類した4海域でCODと透明度の分布を比較した結果、CODが比較的低い湾央・指宿沖の透明度は、湾奥部及び鹿児島市沖よりも15m以上を示す割合が明らかに高く、透明度はCODによって示される汚染の度合を反映していることが示唆された。

- 3) プランクトン沈殿量は鹿児島湾海域全体で春季から夏季にかけて高くなる傾向を示した。
- 4) TOCとCODの分析値は概ね良好な相関関係を有しており、海域の富栄養化などの水質を評価する上でTOCも有効な情報であると考えられる。
- 5) DOCの分析結果から算出したPOCは、TOCと良好な相関関係を有しており、鹿児島湾における春季から夏季のTOCの濃度上昇についても、荒川らの報告したCODに関する結果と同様、プランクトンの増殖が関係していることが確認された。

- 6) POCとP-CODとの間には有意な相関関係が認められなかったことから、プランクトンを主体とする懸濁物質の寄与が大きい試料を評価する場合には、測定法上の問題を考慮する必要があると考えられる。
- 2) 實成隆志, 末吉恵子, 他; 鹿児島湾の水質変動に関する調査研究 (第II報), 本誌, 8, 58~62 (2007)
- 3) 米倉茂雄; 全有機炭素と全酸素要求量の測定, 環境と測定技術, 5 (5), 23~34 (1980)
- 4) 小川浩史; 海水中の溶存有機炭素, 資源と環境, 2 (1), 13~23 (1993)
- 5) 昭和59年度鹿児島湾ブルー計画推進に係る総合調査外部委託調査・生物調査報告書
- 1) 荒川浩亮, 末吉恵子, 他; 鹿児島湾の水質変動に関する調査研究 (第I報), 本誌, 7, 49~56 (2006)
- 6) 切通淳一郎, 西中須暁子, 他; 鹿児島湾における透明度の推移について, 本誌, 6, 101~104 (2005)

参考文献

Studies on the Water Quality Variations of Kagoshima Bay (IV)

— Transition of COD, TOC, transparency and the settled volume of plankton —

Masahito YOSHIDOME, Takashi MINARI, Takuji KIYOHARA

Keiko SUEYOSHI, Shun-ichi HORAI, Yoshihiko MIYATA

Kagoshima Prefectural Institute for Environmental Research and Public Health

18, Jonan-cho, Kagoshima-shi, 892-0835, JAPAN

Abstract

Chemical oxygen demand (COD) is important for the estimation of water qualities. We studied COD of Kagoshima bay as an indicator of pollution of seawater by comparison with transparencies, the settled volume of plankton and total organic carbon (TOC). Transparencies showed inverse correlation with COD concentrations. The tendency of transparencies in the center and the entrance of the bay was toward deeper, meaning cleaner seawater, comparing with other sea areas. This corresponds with the result of distribution of COD in Kagoshima bay reported in our previous studies.

Settled volumes of plankton increased in the spring and the summer when COD concentrations of suspended solids indicated tendency to higher. TOC concentrations showed good correlation with COD concentrations and TOC concentrations of suspended solids. These results indicate that suspended solids, especially plankton, are important factor for understanding the transition of COD concentrations.

Key Words : Kagoshima bay, COD, transparency, settled volume of plankton, TOC, POC