

有明海の栄養塩類及び浮泥の特性について

水質課 古賀鉄也・松田綾子^{*1}・光武隆久・原崎孝子^{*2}
村山卓雄

1 はじめに

有明海は、長崎県、佐賀県、福岡県、熊本県、の4県に囲まれた海域で、湾奥部が佐賀県水域となっている。有明海の特異的な現象として6～7mという日本最大といわれる潮位差があり、湾奥部の佐賀県では干潮時で6～7kmの干がたが形成されている。この干がたは、ヘドロ状の非常に軟らかい「ガタ」で、潮の流れによって底泥を中心にまきあげられた浮泥で、淡黄色の海域となっている。この濁りを懸濁浮泥と呼んでいるが、潮が停止すると浮泥は沈降し透明度の高い海域となる。この現象を一般に浮泥現象と呼び浮泥と水質との関連など2～3の研究報告がなされている。

我々もこの懸濁浮泥と水質の問題を究明するため海域や感潮河川の水質の実態と、浮泥と水質の関係や、また浮泥懸濁液の浄化機能などについて調査研究を行ったので報告する。

2 栄養塩類等の消長

調査水域は、図1に示す県内水域の環境基準点の8地点について検討を行った。1976から1980年までの5年間について、調査地点毎、季節毎のT-N、 PO_4-P 、COD濃度の平均値及び標準偏差は、表1のとおりである。季節と月の区分については、水産庁西海区水産研究所の方法で行った。また四季別の5年間の水質変化及び水質分布状況は、図2、3に示すとおりである。

(1) COD 春から夏にかけて、その濃度は高くなり冬に良くなる季節的な周期性がみられる。四季別に水質の分布状況をもてみると、夏季を除いて良好で、特に冬季では全海域において環境基準を満足している。

(2) T-N 季節による明確な周期性はみられないが秋期のみが全体的に低い値を示している。これは湾奥部特有の「のり」の生産の影響も考えられる。四季を通して、各河川地先が高く（特に六角川地先）湾中央部で低い、いわゆる海域での自然拡散がみられる。

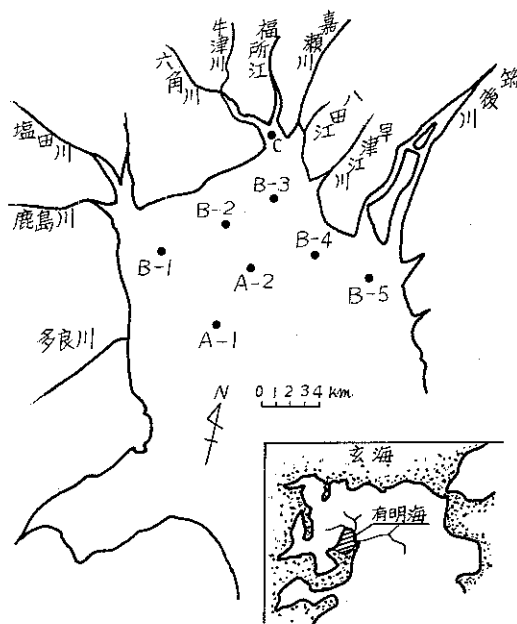
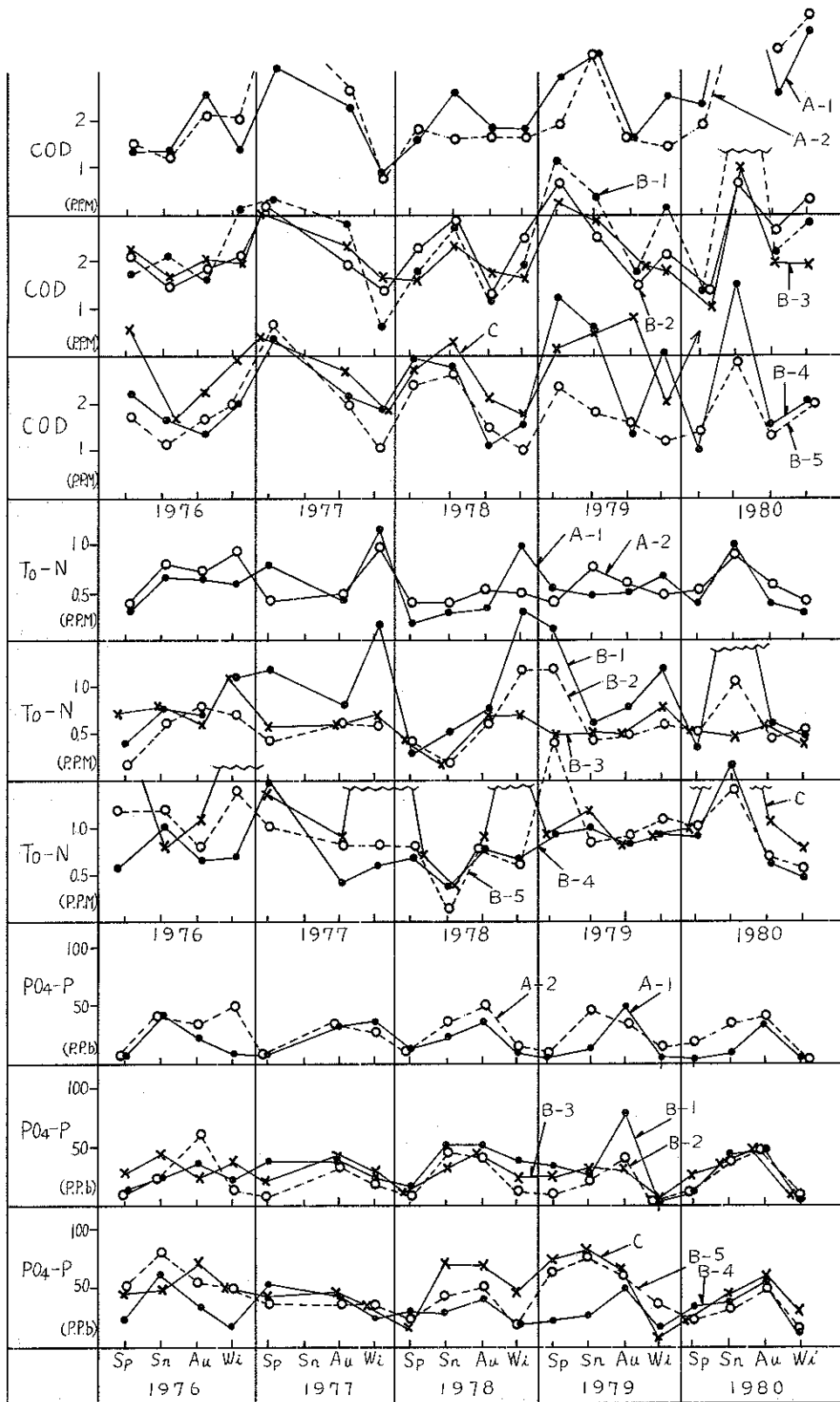


図1 有明海の調査地点

*1 松田綾子（神埼保健所） *2 原崎孝子（鹿島保健所）

表1 5年間(1976~1980)の四季別水質変化(平均値 標準偏差)

季節	地点	T - N (ppm)		PO ₄ - P (ppm)		C O D (ppm)	
		平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
春 (3月~5月)	A-1	0.44	0.233	0.007	0.003	2.3	0.802
	A-2	0.40	0.077	0.011	0.005	2.1	0.724
	B-1	0.76	0.613	0.022	0.013	2.3	1.114
	B-2	0.56	0.401	0.009	3.316	2.5	0.948
	B-3	0.55	0.129	0.023	0.006	2.2	0.937
	B-4	0.91	0.360	0.034	0.012	2.8	1.258
	B-5	1.19	0.452	0.042	0.018	2.3	0.840
	C	1.19	0.528	0.043	0.024	3.4	0.632
夏 (6月~8月)	A-1	0.63	0.329	0.021	0.015	3.1	1.692
	A-2	0.68	0.245	0.042	0.004	2.7	1.579
	B-1	1.08	0.884	0.038	0.015	3.5	1.702
	B-2	0.57	0.367	0.033	0.011	2.6	0.936
	B-3	0.50	0.238	0.036	0.006	2.7	1.026
	B-4	1.02	0.547	0.042	0.016	3.1	1.203
	B-5	0.89	0.561	0.061	0.022	2.0	0.695
	C	1.09	0.684	0.064	0.019	4.1	2.803
秋 (9月~11月)	A-1	0.47	0.124	0.036	0.011	2.1	0.427
	A-2	0.58	0.052	0.040	0.009	2.3	0.792
	B-1	0.73	0.105	0.043	0.018	2.6	1.420
	B-2	0.61	0.132	0.046	0.010	1.8	0.527
	B-3	0.61	0.067	0.040	0.009	1.9	0.207
	B-4	0.65	0.167	0.048	0.008	1.5	0.370
	B-5	0.81	0.082	0.053	0.008	1.6	0.257
	C	0.97	0.124	0.052	0.024	3.4	1.795
冬 (12月~2月)	A-1	0.74	0.351	0.007	0.005	2.0	1.171
	A-2	0.63	0.274	0.023	0.020	1.8	0.889
	B-1	1.28	0.532	0.017	0.016	2.3	1.086
	B-2	0.72	0.274	0.010	0.005	2.2	0.684
	B-3	0.75	0.250	0.009	0.013	1.7	0.213
	B-4	0.67	0.157	0.021	0.006	2.0	0.609
	B-5	0.88	0.331	0.033	0.015	1.4	0.505
	C	1.91	1.074	0.042	0.021	2.7	1.432



※ SP 3月~5月 Su 6月~8月 Au 9月~11月 Wi 12月~2月

図2 四季別水質経年変化 (1976~1980)

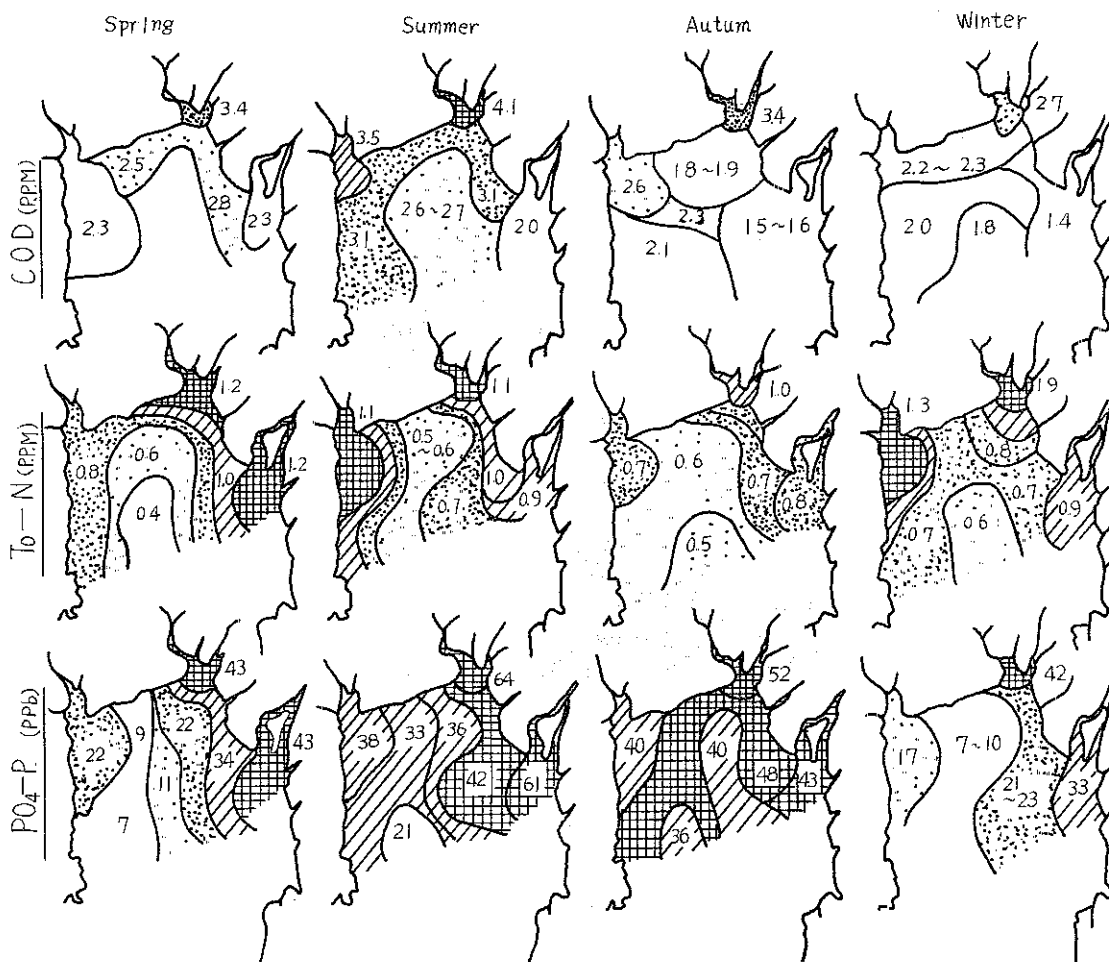


図3 四季別水質の変化（1976～1980の平均値）

(3) PO_4-P 春から夏 秋と高くなり 冬場で低い季節による周期性がみられる。六角川地先が四季を通じて高く、河川の影響が考えられる。

また秋季に湾奥部で高い濃度がみられるのに対し、COD値が低い。全体的に言えることとしては 降雨量により内陸部からの流入が大きく影響し、季節的な周期性がみられる。また湾奥部は、殆んど「のり」の生産地で秋から冬にかけてはその生産影響が考えられる。

(4) 懸濁浮泥と栄養塩類等

湾奥部の図4に示す河口地先海域4地点について、

潮時における水質の変化を調査したが、その結果は表2-1に示すとおり小潮時に比べ大潮時に、満潮と中潮とで大きな差がみられた。大潮時に、満潮時と中潮時との変動巾を平均でみるとSSで1040ppm、CODで81ppm、T-Nで0.322ppm、T-P 0.066ppmと中潮時に高い値がみられた。(表2-2)。これに対し、小潮時にはその変動差はほとんどわずかであった。このことは、湾奥部での水質は、潮の流況による底泥からのまきあげ浮泥が大きく影響していると考えられる。

3 浮泥の特性について

(1) 浮泥と水質の固液分配

感潮河川及び湾奥部海域では、SS濃度(浮泥)が高く、栄養塩類及びCODとどのような相関があるかについて調査を行った。

まず感潮河川である筑後川で7地点、六角牛津

川で6地点の計13地点で、海域では図5に示すとおり塩田川、六角川、筑後川のそれぞれの地先6地点について、浮泥懸濁水とろ過水について分析を行った。その結果、表3のとおり、BOD、CODが60~70%、T-Nが30~60%、T-Pが60~90%と固液分配がみられた。

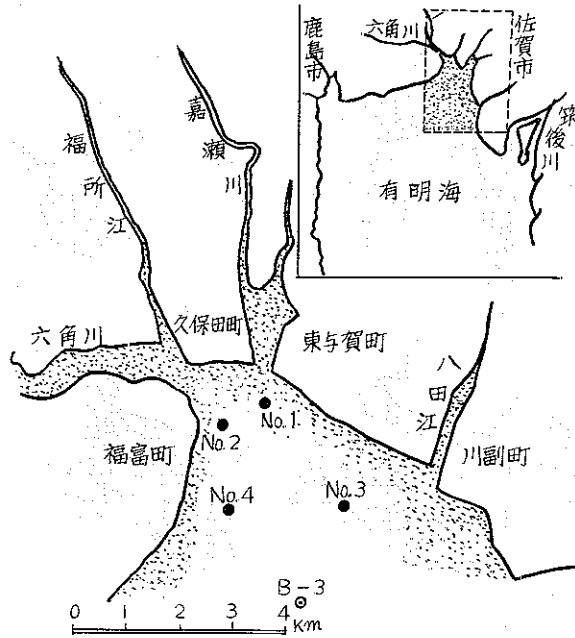


図4 潮時における水質調査地点図

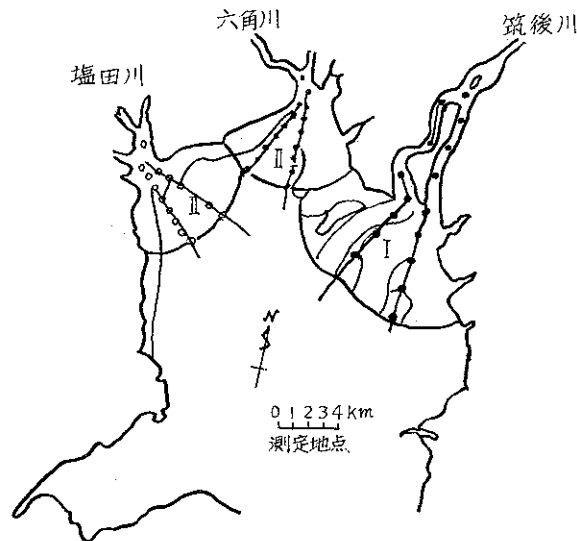


図5 海域浮泥懸濁水の調査地点

表 2-1 潮時における水質の変化 (平均値、標準偏差値) (1979 ~ 1981)

潮区分	満潮区分	地点 No.	SS (ppm)		COD (ppm)		T-N (ppm)		T-P (ppm)	
			平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
大潮	満潮	1	168	85.71	2.4	0.467	0.559	0.213	0.063	0.025
		2	179	96.45	3.7	3.261	0.677	0.449	0.075	0.037
		3	185	69.05	3.0	3.446	0.495	0.303	0.046	0.025
		4	170	65.62	4.5	3.331	0.442	0.181	0.058	0.020
中潮	中潮	1	1,223	1,312.0	17.5	15.693	1.089	0.598	0.198	0.193
		2	2,015	1,970.0	10.4	4.058	0.966	0.575	0.102	0.091
		3	470	75.02	6.1	1.126	0.501	0.305	0.053	0.031
		4	1,152	846.9	12.2	10.032	0.892	0.566	0.154	0.153
小潮	満潮	1	360	115.5	3.8	1.625	0.875	0.610	0.157	0.138
		2	282	234.7	3.8	2.333	0.713	0.501	0.143	0.113
		3	354	148.7	4.1	0.608	0.702	0.554	0.233	0.183
		4	381	153.0	3.8	2.450	0.763	0.684	0.115	0.113
中潮	中潮	1	194	151.0	3.7	0.692	1.131	0.697	0.186	0.148
		2	119	49.23	3.1	1.819	0.795	0.937	0.218	0.218
		3	332	333.7	4.7	3.464	1.083	0.744	0.187	0.147
		4	206	144.0	2.6	0.585	0.907	0.607	0.128	0.095

- (注) 1 測定回数 大潮、小潮時にそれぞれ年2回
 2 測定値 懸濁物質こみの値
 3 中潮 満潮から3時間経過後の潮時に採水

表 2-2 潮時における水質の変化 (1979 ~ 1981 平均値)

潮区分	満潮区分	SS (ppm)	COD (ppm)	T-N (ppm)	T-P (ppm)
大潮	満潮	175.5	3.4	0.540	0.060
	中潮	1215.0	11.5	0.862	0.126
小潮	満潮	344.2	3.8	0.763	0.162
	中潮	212.7	3.5	0.979	0.179

表 3 栄養塩類等の固液分配

水域区分	感潮河川域		海 域					
	筑後川	六角牛津川	塩田川地先		六角川地先		筑後川地先	
採取年月日	S.53.12.4	S.53.12.4	S.54.2.19	S.54.3.16	S.54.2.19	S.54.3.16	S.54.2.19	S.54.3.16
調査地点数	7	6	6	6	6	6	6	6
BOD	0.67	0.69	-	-	-	-	-	-
酸性 COD	0.59	0.70	0.57	0.65	0.61	0.73	0.42	0.64
NH ₄ -N	不能	不能	0.82	不能	0.77	0.96	0.77	0.37
T-N	0.32	0.52	0.67	0.60	0.72	0.60	0.21	0.52
T-P	0.57	0.69	0.87	0.85	0.89	0.93	0.85	0.84

※ 不能：SSこみの原水濃度よりろ過水濃度の方が大きくなったことを示す。

次に感潮河川である六角牛津川について、上流から下流河口までの6地点(図6)の水質について調査を行った。図7に示すとおり、淡水河川域を流下してきた溶質は、感潮河川に入って懸濁する浮泥と接し、吸着、凝集等により浮泥に移行し(固液分配)、海域に拡散、また流況に伴いたい積或いは侵食を繰り返していると考えられる。しかし $\text{NH}_4\text{-N}$ の浮泥への吸着は、イオン吸着現象と考えられ、海水希釈により吸着は減少していると考えられる。

(2) 懸濁浮泥の浄化機能

海水等に懸濁している浮泥の浄化機能をみるため、図8のとおり河川域及び海域の浮泥を使ってSS1,000ppmの懸濁水を調整し、汚濁負荷として、し尿処理場の消化脱離液(滅菌後調整)を連続添加し、栄養塩類等の水質の消長について調査

を行った。図9(表4)は、感潮河川の懸濁浮泥による除去効果をみた実験結果で、BODが約90%と大きな除去率がみられ、COD、 $\text{NH}_4\text{-N}$ についても50%の除去効果がみられた。同様図10(表5)は、海域での懸濁浮泥による除去効果をみたもので、COD、T-Pが60%の除去率がみられた。この実験から、懸濁浮泥(SS)の存在は、吸着、凝集、イオン交換等による浄化機能の特性を持っており、水質の保全に効果があると考えられる。

以上のことから、有明海灣奥部の海域及び感潮河川にみられる浮泥現象は、栄養塩類等の水質と懸濁浮泥に固液分配が生じており浮泥こみの水質と正味の水質(液相水質)に著しく相違しており、この点を考慮に入れ水質の評価を行うべきと考える。またこの浮泥の作用については、未解決の分野が多く課題が残されている。

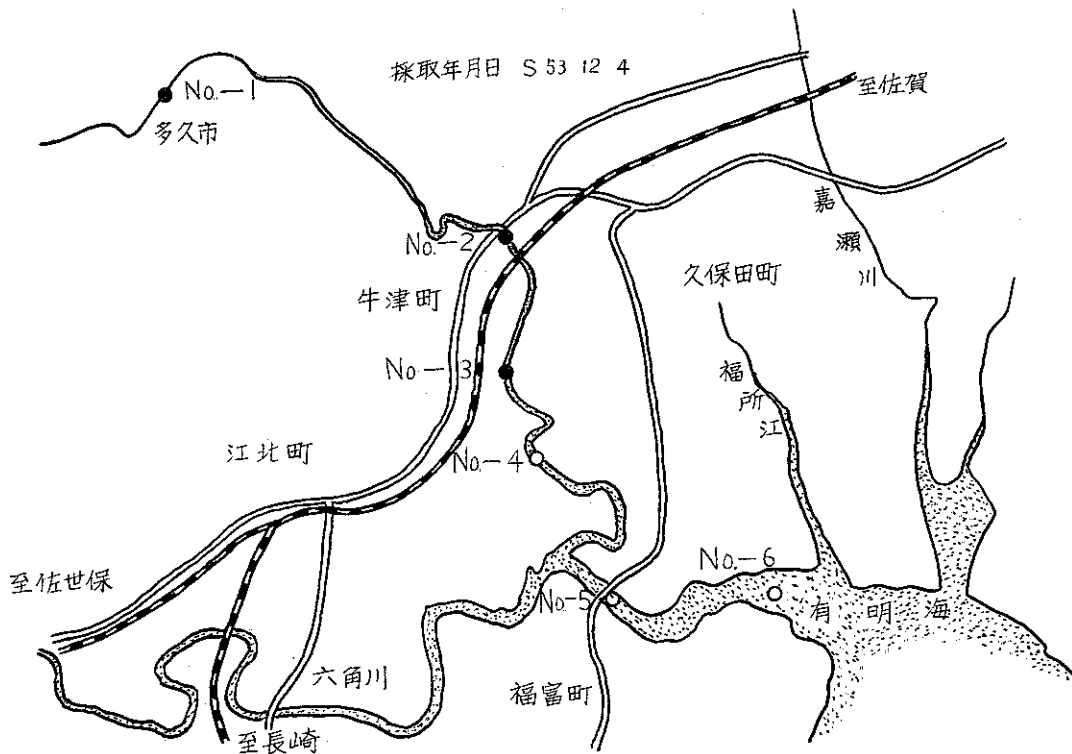


図6 牛津六角川水質調査地点図

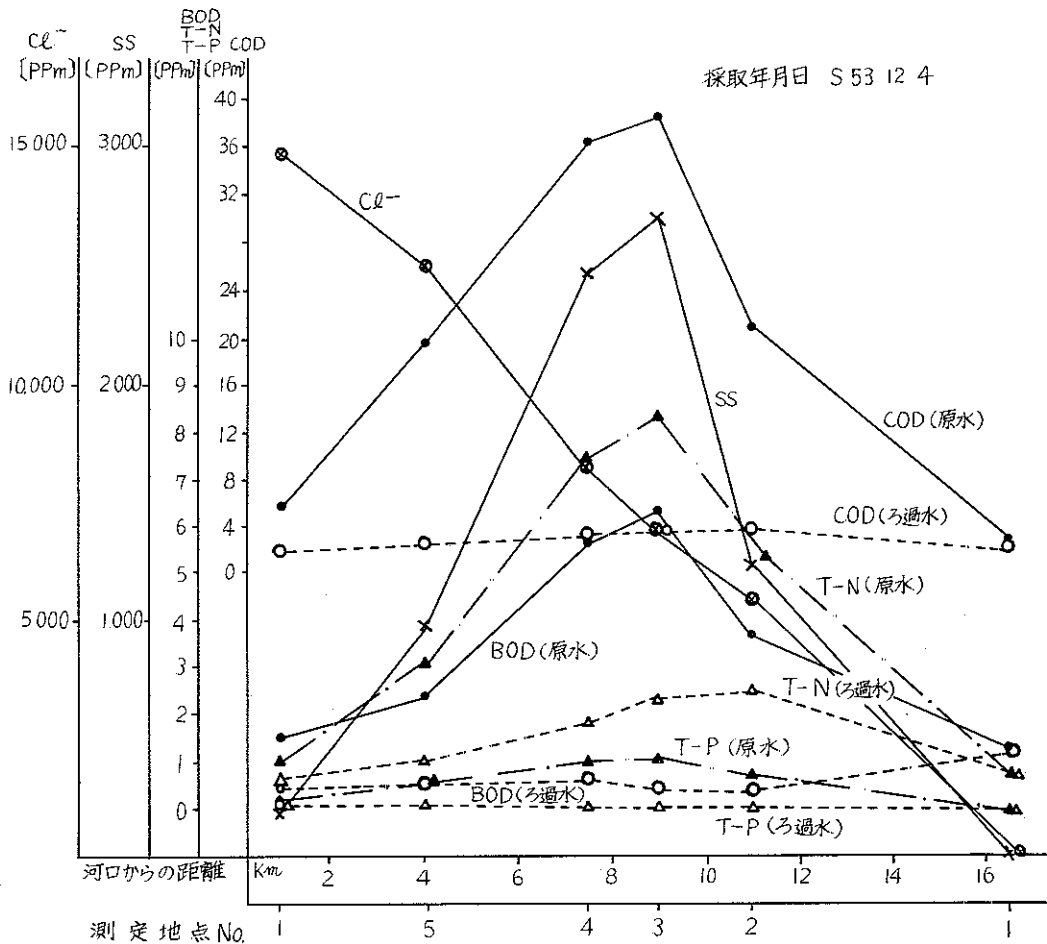


図7 牛津・六角川下流水質縦断面図

[実験方法]

浮泥懸濁水

[実験水温]

海水実験 17.5~23.0℃
河川水実験 18.0~22.5℃

ろ過水

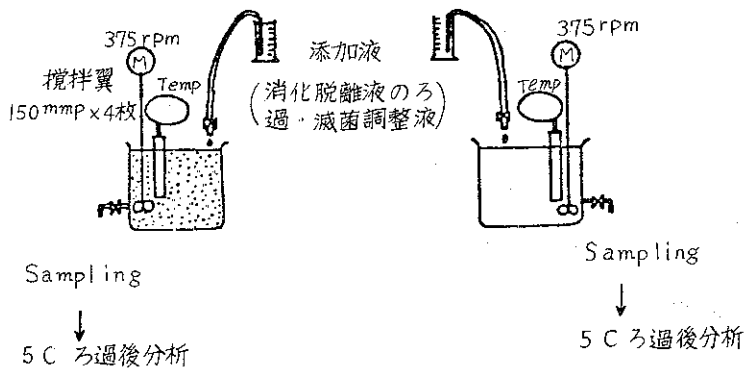


図8 消化脱離液連続添加実験方法

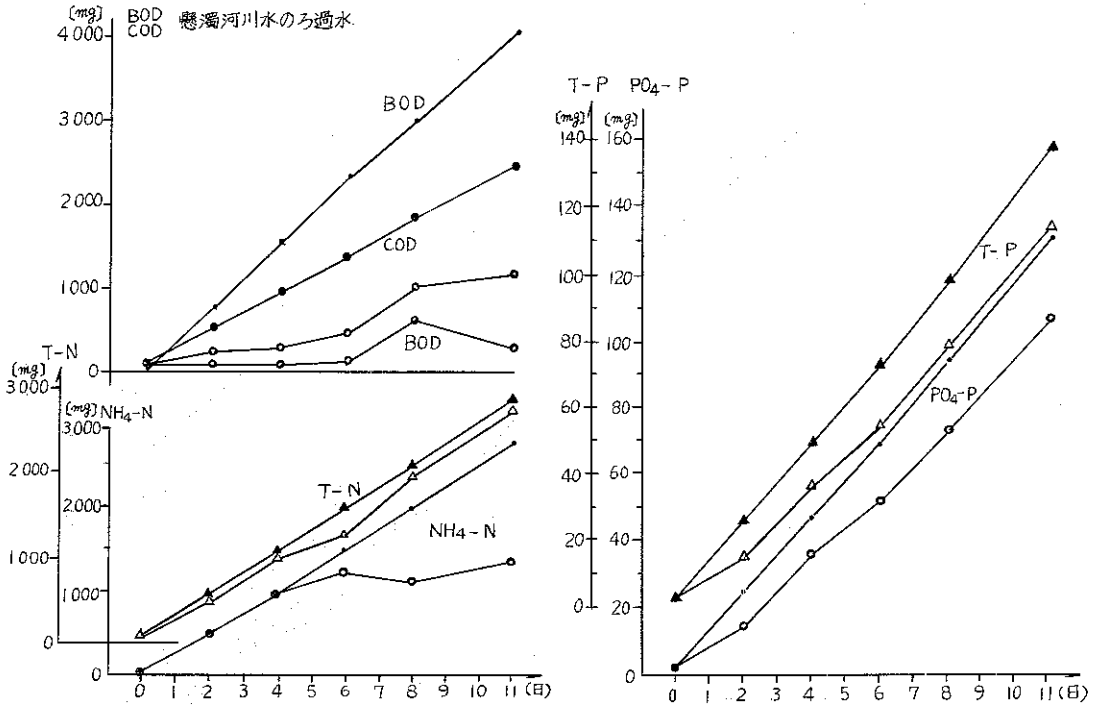


図9 感潮河川水消化脱離液連続添加実験

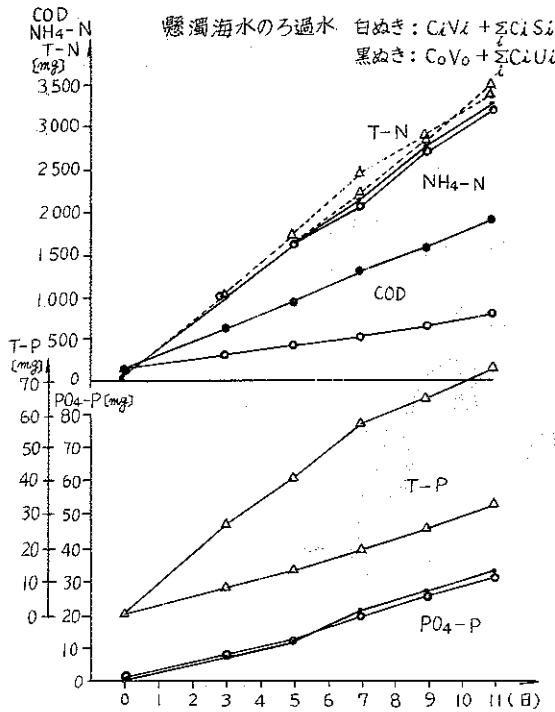


図10 海水消化脱離液連続添加実験

表4 消加脱離液連続添加実験結果 (物質収支表)

感潮河川懸濁浮泥

経過 日数	項目 区分	浮泥懸濁河川水 (SS 998ppm start)					
		BOD	COD	NH ₄ -P	T-N	PO ₄ -P	T-P
0	C ₀ (ppm)	1 1	3 1	0 66	1 42	0 08	0 09
2	C ₀	774 00	522 00	493 80	555 60	24 90	26 10
	C ₂	76 75	221 04	457 43	493 66	14 12	15 05
	C ₀ - C ₂	697 25	300 96	36 37	61 94	10 78	11 05
4	C ₀	1 572 00	948 00	966 30	1 052 10	47 40	49 35
	C ₄	78 50	291 86	919 35	1 005 14	35 37	36 33
	C ₀ - C ₄	1 493 50	656 14	46 95	46 96	12 03	13 02
6	C ₀	2 325 00	1 381 50	144 33	1 532 10	69 60	72 45
	C ₆	103 53	467 22	1 202 25	1 254 22	51 61	54 62
	C ₀ - C ₆	2 221 47	914 28	241 05	277 88	17 99	17 83
8	C ₀	3 000 00	1 815 00	1 962 30	2 064 45	94 80	98 40
	C ₈	618 07	1 004 24	1 085 22	1 955 89	72 61	78 80
	C ₀ - C ₈	2 381 93	810 76	877 08	108 56	22 19	19 60
11	C ₀	4 064 25	2 460 75	2 729 55	2 849 70	131 25	137 55
	C ₁₁	275 71	1 148 35	1 307 41	2 722 51	106 59	112 45
	C ₀ - C ₁₁	3 788 54	1 312 40	1 422 14	127 19	24 66	25 10
除去率 (%)		93 2	53 3	52 1	4 5	18 8	18 2

C_0 $C_0 V_0 + \sum_i C_i V_i$ (mg) 初期容質量と i 日後までの添加溶質量の和

C_i $C_i V_i + \sum_i C_i S_i$ (mg) i 日後までの残存液、採取サンプル溶質量の和

$C_0 - C_i$ (mg) i 日後までに浮泥作用により減衰溶質量

表5 消加脱離液連続添加実験結果（物質収支）

海域懸濁浮泥

経過 日数	項目 区分	浮泥懸濁海水（SS.920 ppm start）				
		COD	NH ₄ -N	T-N	PO ₄ -P	T-P
0	C ₀ (ppm)	4.4	0.81	1.36	nd	0.016
3	C ₀	615.75	985.05	1,015.05	7.09	26.78
	C ₂	294.69	990.66	992.23	7.36	7.80
	C ₀ -C ₂	321.06	-5.61	22.82	-0.27	18.98
5	C ₀	909.75	1,615.05	1,675.05	11.53	40.33
	C ₅	395.40	1,597.20	1,711.06	11.91	12.46
	C ₀ -C ₅	514.35	17.85	-36.01	-0.38	27.87
7	C ₀	1,266.75	2,165.55	2,240.55	19.93	56.50
	C ₇	484.95	2,064.66	2,437.22	18.79	19.11
	C ₀ -C ₇	781.80	100.89	-196.67	1.14	37.39
9	C ₀	1,571.25	2,716.05	2,854.05	25.45	63.82
	C ₉	607.79	2,698.85	2,876.70	24.08	24.26
	C ₀ -C ₉	963.46	17.20	-22.65	1.37	39.56
11	C ₀	1,874.25	3,277.05	3,479.55	31.08	72.69
	C ₁₁	754.89	3,188.34	3,345.41	29.77	31.98
	C ₀ -C ₁₁	1,119.36	88.71	134.14	1.31	40.71
除去率(%)		59.7	2.7	3.9	4.2	56.0

最後にこの浮泥の研究に対し、御意見を賜った「有明海浮泥に関する調査検討委員会」の諸先生方に感謝の意を表します。

この調査研究の内容は、第7回九州衛生公害技術協議会化学部会（S57年2月、福岡市）で発表を行った。

文 献

- (1) 有明海浮泥に関する調査研究報告書
(S 54 3 佐賀県)
- (2) 有明海の栄養塩類と濁りの特性
代田昭彦（1980 月刊海洋科学）