

# 田辺湾の環境調査\*

竹内 照文・小久保 友義

## 目 的

田辺湾は湾口幅 4 km、奥行き 4 km の開放的な水域であるが、南部域は支湾や入り江とその前面に島嶼が点在し、閉鎖的な形状を示している。この静穏域を利用して古くから大規模な魚類養殖が行われ、その結果、自家汚染と後背地からの汚染負荷が相乗して富栄養化が進行し、赤潮が頻発する<sup>1、2)</sup>とともに貧酸素水塊が形成され、<sup>3、4)</sup> これらが魚類養殖に被害を与えている。

そこで、赤潮の発生機構や貧酸素水塊の形成機構を明らかにし、防除対策を確立することが急務となっている。

ここでは田辺湾における富栄養化の実態と環境改善技術を開発するために前年度<sup>5-8)</sup>に引き続き環境調査を行ったので報告する。

## 方 法

### 1 水 質

調査は図 1 に示す 14 定点で 1993 年 5 月 27 日、8 月 24 日、11 月 25 日と 1994 年 2 月 14 日に行った。採水はバンドーン採水器を用いて、0 m と海底上 1 m 層で行った。また、湾奥部の st. 6 と湾口部の st. 9 では上記の 2 層に 5 m 層と 10 m 層を追加して行った。観測項目と分析方法は以下のとおりである。

水温：STD (アレック電子 k. k 製 AST-1,000)

塩分：同上

溶存酸素量：ウインクラー・アジ化ナトリウム変法

クロロフィル a：吸光度法

NH<sub>4</sub>-N：インドフェノール改良法

NO<sub>2</sub>-N：ジアゾ化法

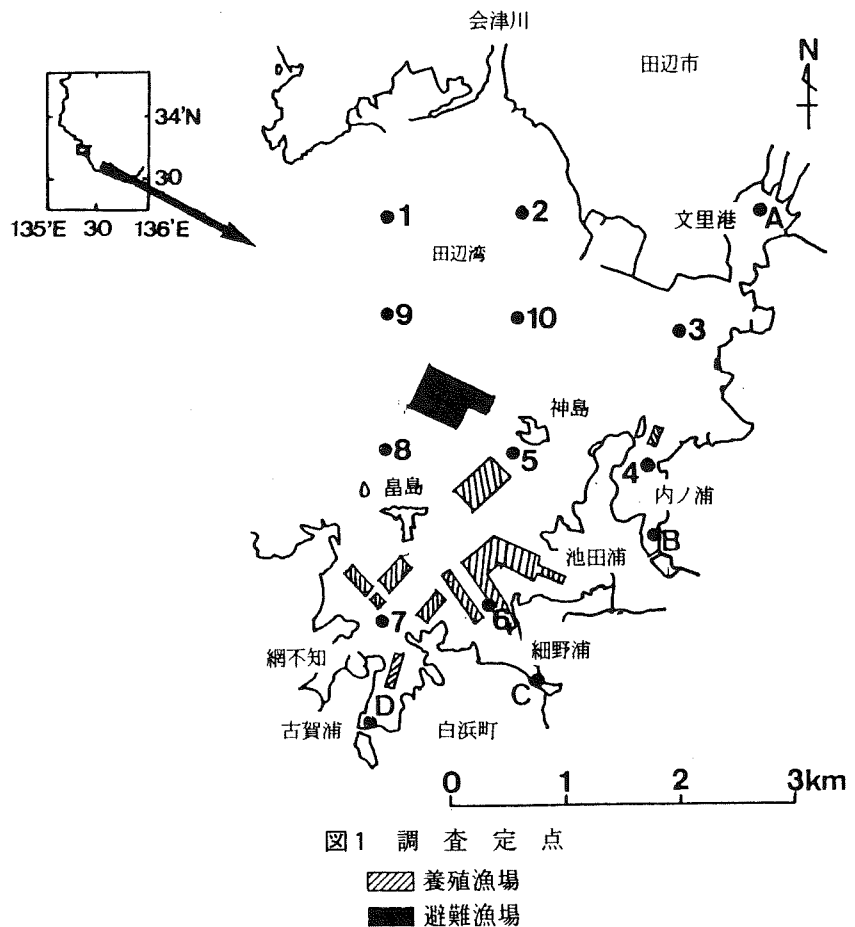


図1 調査定点

//// 養殖漁場  
■ 避難漁場

\* 養殖漁場環境保全技術開発試験費による。

NO<sub>3</sub>-N：Cdカラム還元法

PO<sub>4</sub>-P：ストリックランド・パーソンズ法

2 底 質

調査は図1に示す14定点で、1993年8月24日と1994年2月14日に行った。採泥はエクマンバージ採泥器で行い、表面から3cm深の泥を試料とし、分析当日まで-20℃で凍結保存した。分析方法は以下のとおりである。

COD：新編水質汚濁調査指針<sup>9)</sup>

IL：同上

TS：検知管法（西尾工業製ヘドロテック）

結 果

1 水 質

春季（5月27日）

表・底層水における観測項目の水平分布を図2に示す。

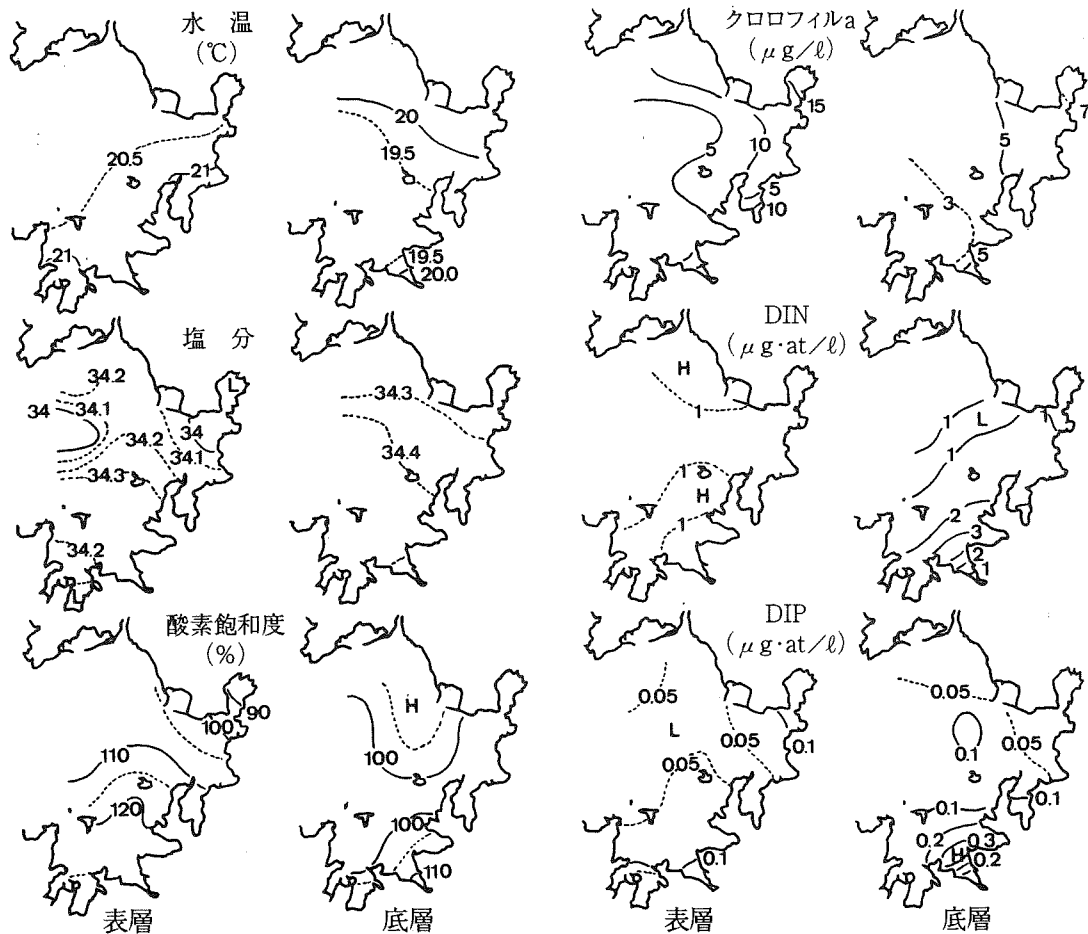


図2 表、底層水における観測項目の水平分布（5月27日）

水温は、表層では20.0~21.2℃で東部域~南部域が高く、湾口部~北部域でいくぶん低かった。一方、底層では19.0~20.4℃で北部域が高く、南部域から湾口部で低く、表層と異なった分布を示した。また、北部域では表・底層間の水温差がほとんどなかったが、南部域から湾口部では1.0~1.5℃の差があった。塩分は、表層では湾口部のSt. 9と東部域のSt. 3、Aが33台であったが、ここを除くと34以上の分布を示した。底層では34.20以上の高塩分水が広く覆い、外海水の影響が強く及んでいた。特に、南部域でその傾向が著しい。

酸素飽和度は、表層では86~130%で東部域のSt. Aを除くと全域が過飽和状態であったが、南部域では著しく高かった。また、底層では83~112%で、北部域では表層と同様に過飽和状態であったが、東部域と南部域ではいくぶん低かった。クロロフィルaは、表層では1.1~18.6 $\mu\text{g}/\ell$ で東部域、北部域と南部域の奥で高かった。一方、底層では1.1~7.6 $\mu\text{g}/\ell$ で、表層に比べるといくぶん低かったが、分布傾向は表層と良く似ていた。DINは表・底層ともに4.0 $\mu\text{g}\cdot\text{at}/\ell$ 以下、また、DIPも0.3 $\mu\text{g}\cdot\text{at}/\ell$ 以下で栄養塩類は極めて少なく、枯渇状態にあった。特に、表層ではそれ傾向が著しい。

夏季（8月24日）

表・底層水における観測項目の水平分布を図3に示す。

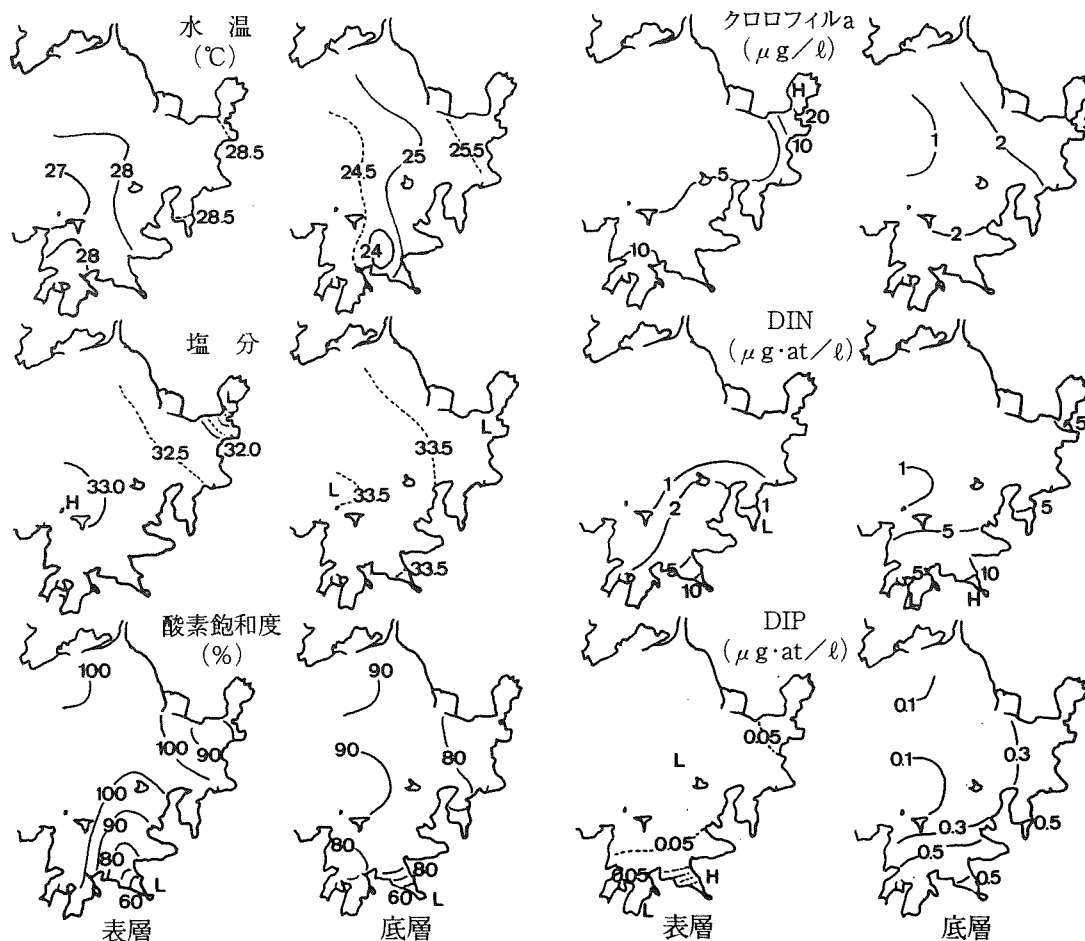


図3 表、底層水における観測項目の水平分布（8月24日）

水温は、表層では26.6~28.9℃で湾口南側から南部域でやや低かったが、その他の定点では28℃台であり差がなかった。底層では24.3~26.0℃で、湾奥部では昇温が底層にまで及び、湾口部の定点に比べると2℃程高かった。また、表・底層間の水温差は2~4℃で、水温成層が形成されていた。塩分は、表層では30.47~33.16、また、底層では全域が33台で、湾奥部を中心に低塩分化していた。

酸素飽和度は、表層では59~110%、底層では55~100%で、両層とも南部域で低かった。特に、南部域のSt.Cでは底層から表層まで50%台で貧酸素水塊が形成されていた。クロロフィルaは、表層では2.2~28.2 $\mu\text{g}/\text{l}$ で、東部域のSt.Aと南部域のSt. 7、Dが高く、ここでは植物プランクトンが赤潮状に増殖していた。しかし、ここ以外の定点では5 $\mu\text{g}/\text{l}$ 以下の範囲が広く覆い、植物プランクトン量が極めて少なかった。一方、底層では4 $\mu\text{g}/\text{l}$ 以下で植物プランクトン量が極めて少なかった。DINは、表層では0.09~11.06 $\mu\text{g}\cdot\text{at}/\text{l}$ で、南部域のSt.Cで高かったが、ここを除くと1 $\mu\text{g}\cdot\text{at}/\text{l}$ 以下の範囲が広く覆い、極めて少なかった。一方、底層では0.50~12.08 $\mu\text{g}\cdot\text{at}/\text{l}$ で表層に比べるといくぶん高かったが、分布傾向は表層とよく似ていた。DIPは、表層では0.00~0.95 $\mu\text{g}\cdot\text{at}/\text{l}$ で南部域のSt.Cを除くと殆どの定点で枯渇状態にあった。また、底層では0.00~0.82 $\mu\text{g}\cdot\text{at}/\text{l}$ で、湾奥部が高く、湾口部~北部域で少なかった。

秋季(11月25日)

表・底層水における観測項目の水平分布を図4に示す。

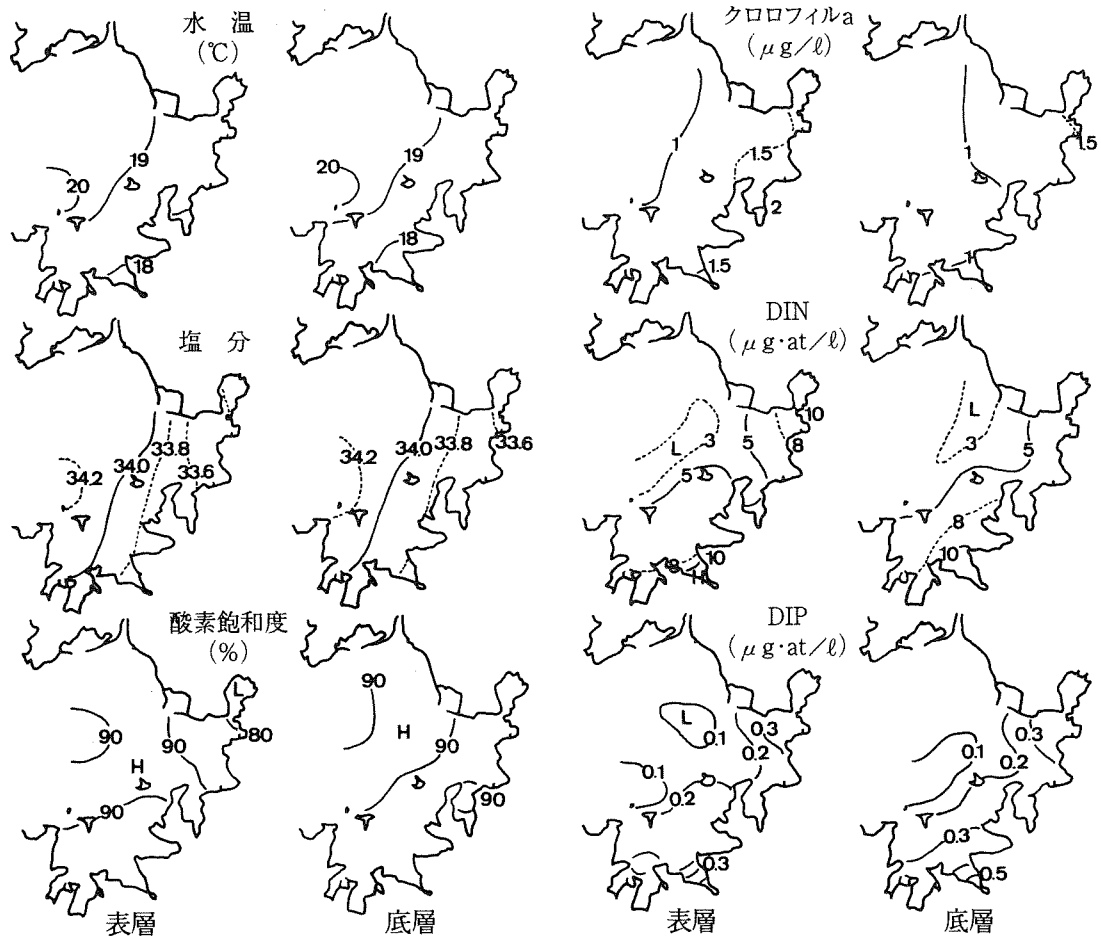


図4 表・底層水における観測項目の水平分布(11月25日)

水温は、表層では17.3~20.2℃、底層では17.6~20.3℃で、表・底層間の水温差がほとんどなかった。また、両層とも湾奥部では湾口部よりも2~3℃低かった。塩分は、水温と同様に表・底層間の差がほとんどなく、湾口部から中央部では34台であったが、湾奥部では33台でいくぶん低下していた。

酸素飽和度は表・底層とも70~90%台で湾中央部から北部域が高く、南部域がいくぶん低かった。クロロフィルaは表・底層とも $2.0\mu\text{g}/\text{l}$ 以下で均一な分布を示し、植物プランクトン量が極めて少なかった。DINは、表層では $1.93\sim 13.85\mu\text{g}\cdot\text{at}/\text{l}$ 、底層では $3.48\sim 12.94\mu\text{g}\cdot\text{at}/\text{l}$ で、両層とも東部域と南部域の奥が高く、湾中央部~北部域が低かった。DIPは、表層では $0.06\sim 0.55\mu\text{g}\cdot\text{at}/\text{l}$ 、底層では $0.02\sim 0.57\mu\text{g}\cdot\text{at}/\text{l}$ で、東部域と南部域の奥が高く、DINと良く似た分布傾向を示した。

冬季（2月14日）

表・底層水における観測項目の水平分布を図5に示す。

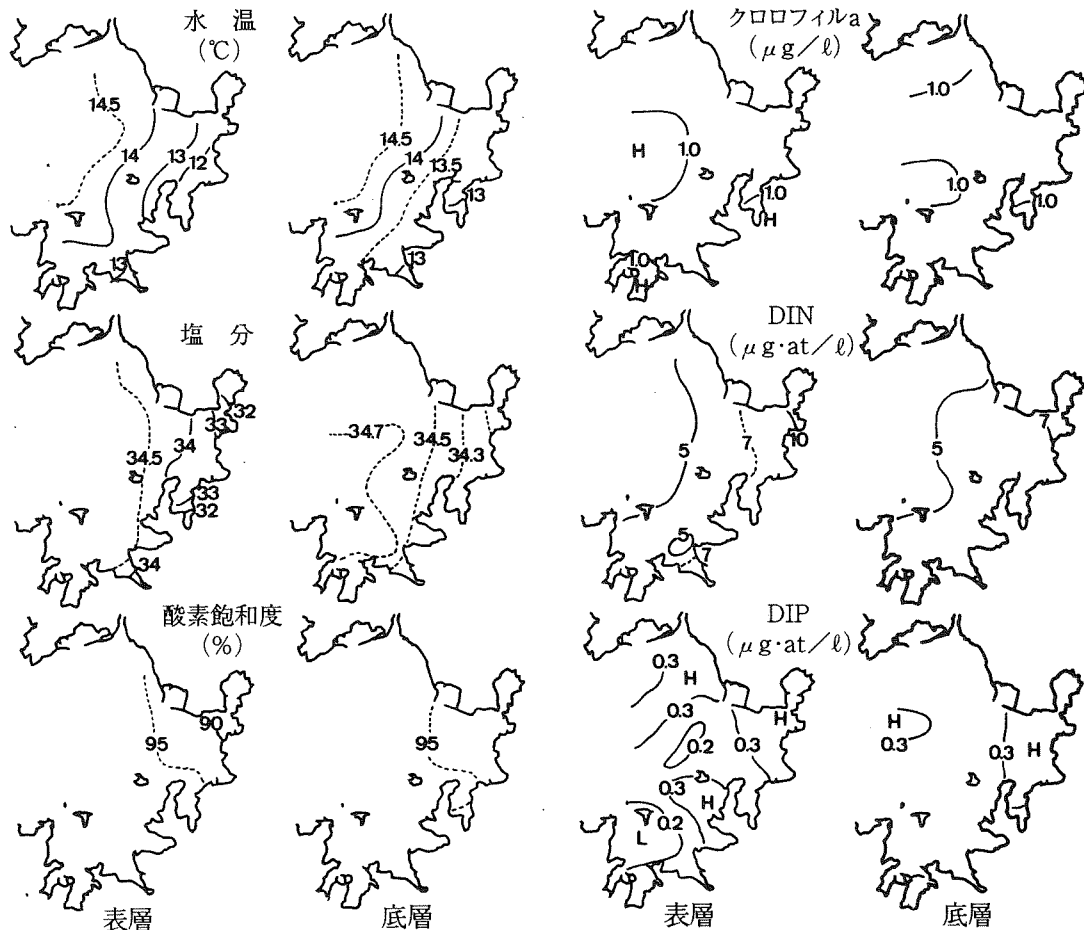


図5 表・底層水における観測項目の水平分布(1994年2月14日)

水温は、表層では10.2~14.7℃、底層では12.6~14.8℃で、気温の影響により湾奥部の表層では湾口部よりも2~4℃低く、温度勾配が著しかった。塩分は、表層では31.53~34.75で東部域のSt. A、Bで著しく低下していたが、ここを除くと34.50以上の範囲が広く覆っていた。一方、底層では34.00~34.73で湾全域が高塩分であった。

酸素飽和度は東部域のSt. Aを除くと、表・底層とも90%台で極めて均一な分布を示した。また、ク

ロコフィルaは表・底層とも $1.5\mu\text{g}/\text{l}$ 以下で植物プランクトン量が少なく、極めて均一な分布を示した。DINは、表層では $4.28\sim 11.59\mu\text{g}\cdot\text{at}/\text{l}$ 、底層では $4.21\sim 8.47\mu\text{g}\cdot\text{at}/\text{l}$ で、両層とも湾口部が低く、湾奥部で高かった。DIPは、表層では $0.16\sim 0.45\mu\text{g}\cdot\text{at}/\text{l}$ 、底層では $0.19\sim 0.40\mu\text{g}\cdot\text{at}/\text{l}$ で、湾中央部と南部域がいくぶん低く、DINの分布と必ずしも一致することがなかった。

## 2 底 質

8月24日と2月14日のCOD、TSとILの分布を図6に示す。

CODは、8月24日には $4.38\sim 61.12\text{O}_2\text{mg}/\text{g}$ (全点平均値 $32.43\text{O}_2\text{mg}/\text{g}$ )、2月14日には $6.31\sim 58.70\text{O}_2\text{mg}/\text{g}$ (全点平均値 $30.81\text{O}_2\text{mg}/\text{g}$ )で、夏季と冬季の差がほとんどなく、しかも、同じ分布傾向を示した。すなわち、北部域では $20\text{O}_2\text{mg}/\text{g}$ 以下、湾中央部から湾口部では $20\sim 40\text{O}_2\text{mg}/\text{g}$ 、また、南部域では $40\text{O}_2\text{mg}/\text{g}$ 以上の値が広く覆い最も高かった。特に、南部域や東部域の奥、St. A、Dでは $50\sim 60\text{O}_2\text{mg}/\text{g}$ で著しく汚れていた。

TSは、8月24日には $0\sim 1.89\text{mg}/\text{g}$ (全点平均値 $0.57\text{mg}/\text{g}$ )、2月14日には $0\sim 1.01\text{mg}/\text{g}$ (全点平均値 $0.38\text{mg}/\text{g}$ )、また、ILは、8月24日には $6.01\sim 15.01\%$ (全点平均値 $11.17\%$ )、2月14日には $5.77\sim 14.94\%$ (全点平均値 $11.05\%$ )で、両項目ともCODと同じで南部域が高く、北部域で低い分布を示した。

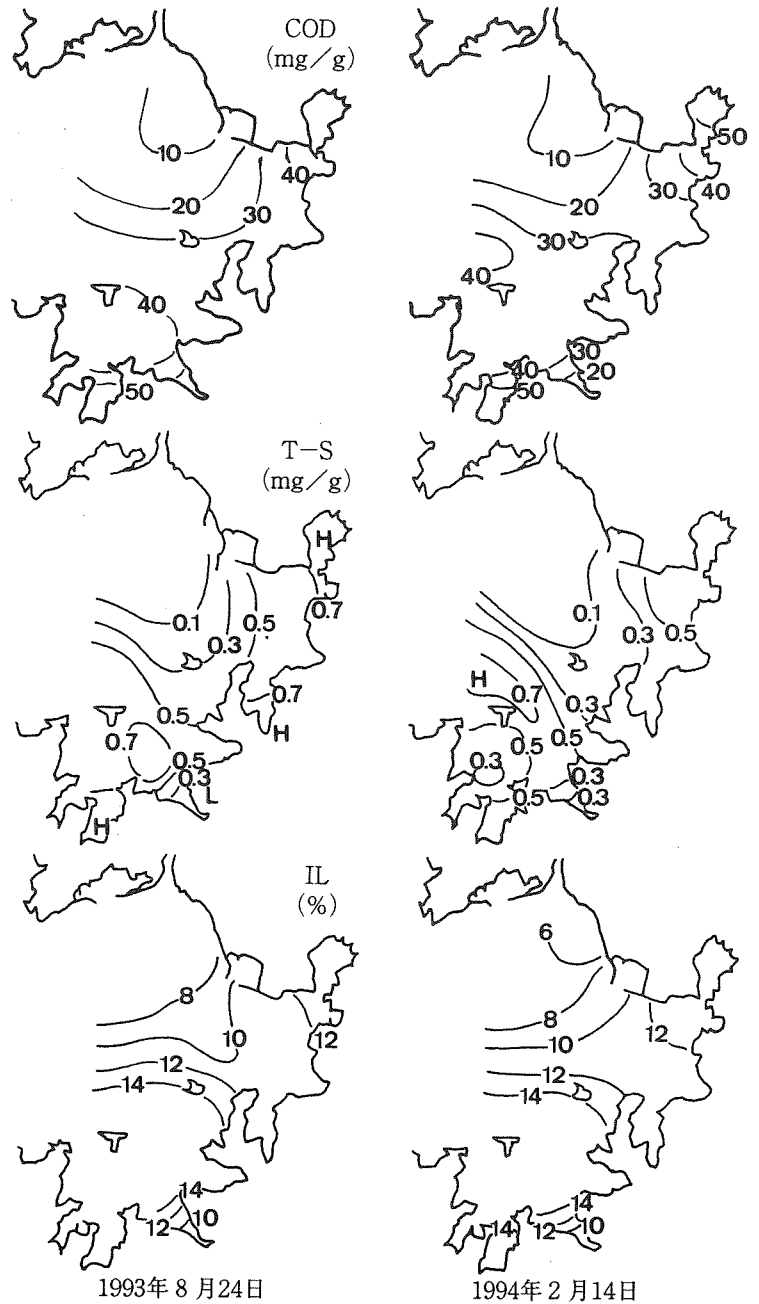


図6 底泥中のCPD(上段)、T-S(中段)とIL(下段)の水平分布

## 考 察

田辺湾では春先から秋口の高温期に赤潮が頻発する<sup>1,2)</sup>とともに貧酸素水塊が形成され<sup>3,4)</sup>、これらが漁業被害を起こすことがある。この赤潮の発生や貧酸素水塊の形成は当湾の富栄養化と密接に関係するものであり、長年にわたる魚類養殖と陸上からの有機物負荷が相乗して形成されたものであるが、その状況は図6に示した底質の分析項目に表れている。すなわち、CODでは、会津川河口を除くほぼ湾全域が人為的な汚染が加わった時にみられる数値<sup>10)</sup>とされている $20 \text{ O}_2\text{mg/g}$ 以上の値を示し、特に、文里港や古賀浦などでは $50 \text{ O}_2\text{mg/g}$ 以上にも及んでいた。また、TSやILでもCODと同じ分布状況が見られ、北部域を除くほぼ全域で高濃度の有機物の堆積していることが明らかになった。城<sup>11)</sup>によると、海底に堆積した有機物が海水の停滞など海洋条件が整った時に水中に栄養塩等を溶出することが知られている。ところが、8月24日の南部域奥部の底層を除くと必ずしも高い栄養塩濃度が見られない。特に、湾口、St.8付近ではCODやILが非常に高かったにもかかわらず、底層の栄養塩濃度は絶えず低い値であった。この塩分濃度は33~34台であり、外海水の影響下にあることが示唆されるが、田辺湾では南部域を除くと一般に海水交換が良好であるため、海底に堆積した有機物が水中に悪影響を及ぼしにくいのであろう。

また、田辺湾への汚染負荷は南部域の魚類養殖とともに後背地からの負荷が考えられ、このうち、湾口北側に位置する会津川は未処理の都市下水等が流入して大きな負荷源になっている。しかし、底質の分析項目の分布を見ると、北部域はその他の水域に比べると低く(図6)、分布傾向は負荷の状況と一致していない。微細粒子の堆積については流れが大きく影響するので、北部域でCOD等が低かったのはこの流動によるものと考えられる。また、南部域は魚類養殖と半閉鎖的な地形等により汚染物質が集積されやすいため高濃度であったものと考えられる。

11月と2月の調査は降雨後に行われ、塩分の低下した湾奥部で栄養塩濃度が高くなっていった(図4、5)。これらの調査時には、クロロフィルaが少なかったことから、陸上起源と考えられる栄養塩が保存されている状態の結果が得られたと考えられる。そこで、表層の塩分とDINや $\text{NO}_3\text{-N}$ の関係について図7に示した。塩分濃度33.50以下の値が少なく、両者の関係が必ずしも鮮明でないが、塩分濃度が34.00以下の時にはDINが $7 \mu\text{g}\cdot\text{at/l}$ 以上の値を示し、塩分の低下に伴ってDINの増加する傾向が窺える。また、 $\text{NO}_3\text{-N}$ では両者の関係がより明瞭であった。この結果から、降雨に伴って陸上から栄養塩が負荷されていることが推察される。更に、8月24日のように

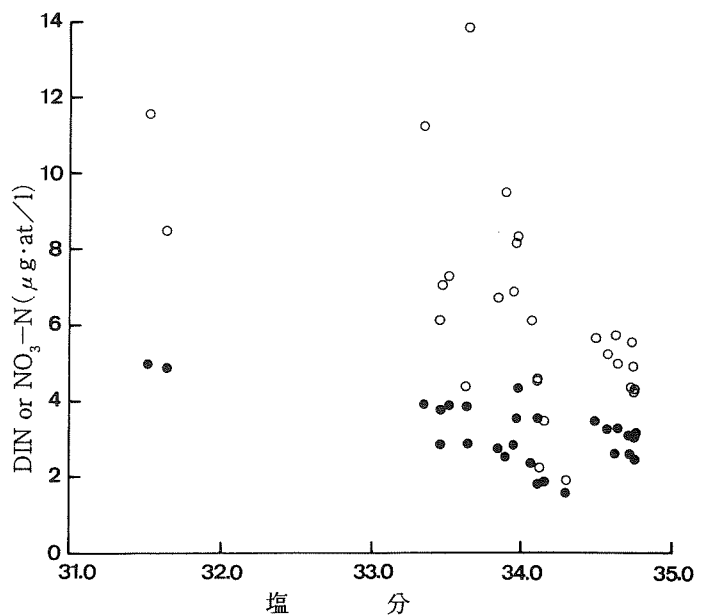


図7 表層水における塩分とDINや $\text{NO}_3\text{-N}$ の関係  
○:DIN ●: $\text{NO}_3\text{-N}$

塩分が低下しているにも拘わらず栄養塩濃度が低いのは植物プランクトンに取り込まれたものと考えられ、梅雨期や台風の襲来する秋季には陸上からかなりの栄養塩が補給されているものと推察される。

## 文 献

- 1) 竹内照文、芳養晴雄、1979：田辺湾の赤潮－1 発生傾向と環境について。昭和54年度赤潮予察調査報告書（瀬戸内海ブロック）水産庁、200－215。
- 2) 竹内照文、1990：田辺湾における *Gymnodinium nagasakiense* の出現環境。昭和63年度和歌山水試事報、139－149。
- 3) 和歌山県水産試験場・アジア航測株式会社、1993：平成4年度貧酸素水塊被害防止対策事業報告書。pp. 25。
- 4) 竹内照文・小久保友義・清水昭治、1993：田辺湾における貧酸素現象に関する研究－1 定点観測結果からみた湾南部域における貧酸素水塊の発生状況。平成3年度和歌山水試事報、145－153。
- 5) 芳養晴雄・小久保友義・竹内照文、1990：田辺湾環境把握調査。昭和63年度和歌山水試事報、55－70。
- 6) 芳養晴雄・小久保友義、1991：田辺湾環境把握調査。平成元年度和歌山水試事報、44－55。
- 7) 小久保友義・芳養晴雄・竹内照文、1992：田辺湾環境把握調査。平成2年度和歌山水試事報、52－65。
- 8) 小久保友義・芳養晴雄・竹内照文、1993：田辺湾環境把握調査。平成3年度和歌山水試事報、64－76。
- 9) 日本水産資源保護協会、1980：新編水質汚濁調査指針。恒星社厚生閣、東京、242－245。
- 10) 日本水産資源保護協会、1995：水産用水基準（1995年版）。pp. 68。
- 11) 城久、1986：大阪湾における富栄養化の構造と富栄養化が漁業生産におよぼす影響について。大阪水試研報、第7号、pp. 174。



付表1 田辺湾環境把握調査水質分析結果

St. No.	Dep. m	水温 °C	塩分	δ t	D O ml/l	飽和度 %	Chl-a ug/l	T-N	PON	DTN	DIN	NH4-N	NO2-N	NO3-N	T-P			DOP	DIP
															POP	DTP	DIP		
																ugat/l			
1	0	20.1	34.220	24.14	5.54	107.0	9.29	4.48	1.04	3.44	0.83	0.27	0.18	0.39	0.41	0.02	0.39	0.33	0.06
	13	20.4	34.422	24.22	5.21	101.2	3.90	4.05	1.40	2.65	1.10	0.32	0.20	0.58	0.48	0.01	0.47	0.42	0.05
2	0	20.4	34.190	24.04	5.47	106.1	12.72	4.67	1.02	3.64	1.73	1.16	0.18	0.40	0.54	0.29	0.25	0.23	0.03
	7	20.3	34.276	24.13	5.56	107.8	4.83	5.38	1.64	3.75	1.23	0.66	0.18	0.39	0.56	0.25	0.31	0.31	0.00
3	0	20.5	33.995	23.86	5.26	102.2	10.23	7.43	3.18	4.25	0.61	0.06	0.17	0.38	0.91	0.52	0.39	0.31	0.08
	7	20.2	34.298	24.18	5.03	97.3	5.89	6.71	1.65	5.07	1.08	0.60	0.19	0.28	0.74	0.35	0.39	0.37	0.02
4	0	21.2	34.180	23.82	5.62	110.8	11.62	5.50	1.25	4.25	0.70	0.22	0.20	0.28	0.42	0.16	0.27	0.25	0.02
	12	19.7	34.382	24.37	5.16	99.1	6.60	5.26	1.82	3.44	1.36	0.87	0.18	0.32	0.50	0.18	0.32	0.24	0.08
5	0	20.9	34.345	24.02	6.11	119.7	6.22	7.73	3.57	4.16	1.17	0.38	0.21	0.59	0.69	0.29	0.40	0.31	0.09
	14	19.4	34.430	24.48	5.16	98.5	4.30	4.16	0.20	3.95	1.35	0.77	0.18	0.40	0.52	0.18	0.34	0.27	0.07
6	0	20.6	34.351	24.11	4.30	83.9	2.55	7.84	3.17	4.67	0.85	0.35	0.18	0.33	0.74	0.44	0.30	0.25	0.05
	5	20.4	34.357	24.17	5.81	112.9	5.27	5.89	1.02	4.87	0.68	0.10	0.21	0.37	0.65	0.22	0.43	0.24	0.19
	10	19.9	34.394	24.33	5.40	103.9	1.83	4.68	1.24	3.44	1.01	0.44	0.21	0.37	0.56	0.25	0.31	0.24	0.07
	16	19.3	34.426	24.51	6.09	115.9	1.01	6.30	0.31	6.00	3.49	2.40	0.29	0.80	0.72	0.19	0.53	0.22	0.32
7	0	21.0	34.269	23.94	6.33	124.2	1.08	8.45	3.47	4.98	1.10	0.52	0.18	0.40	0.71	0.31	0.41	0.31	0.10
	14	19.5	34.416	24.45	4.90	93.7	2.88	5.20	0.23	4.97	2.03	1.24	0.25	0.55	0.46	0.08	0.38	0.27	0.12
8	0	20.3	34.373	24.21	5.73	111.2	3.78	4.57	1.00	3.56	0.79	0.00	0.21	0.58	0.56	0.09	0.46	0.44	0.02
	19	19.1	34.479	24.60	5.28	100.2	2.75	2.51	0.19	2.32	0.86	0.26	0.24	0.35	0.50	0.27	0.24	0.18	0.06
9	0	20.0	33.862	23.90	5.46	105.0	3.09	6.51	3.05	3.46	0.81	0.03	0.32	0.46	0.52	0.20	0.31	0.28	0.04
	5	20.0	34.375	24.29	5.76	111.1	11.19	5.38	2.31	3.07	1.16	0.58	0.20	0.38	0.43	0.18	0.25	0.20	0.05
	10	19.9	34.394	24.33	5.73	110.3	7.06	5.37	1.83	3.54	0.90	0.32	0.21	0.37	0.57	0.30	0.27	0.25	0.02
	20	19.0	34.460	24.61	5.16	97.7	4.14	3.52	0.29	3.24	1.06	0.46	0.25	0.35	0.48	0.15	0.33	0.25	0.08
10	0	20.3	34.202	24.08	5.61	108.7	3.52	3.95	1.01	2.94	0.56	0.02	0.17	0.36	0.57	0.21	0.36	0.34	0.03
	9	19.9	34.345	24.29	5.62	108.1	4.71	5.08	2.56	2.52	0.94	0.41	0.21	0.32	0.49	0.13	0.36	0.25	0.11
A	0	20.0	33.197	23.39	4.47	85.6	18.59	13.37	8.19	5.18	0.69	0.10	0.20	0.39	1.79	1.09	0.70	0.56	0.14
	7	20.3	34.173	24.05	4.91	95.1	7.51	5.50	1.34	4.16	0.64	0.05	0.21	0.38	0.68	0.25	0.42	0.40	0.03
B	0	21.2	34.189	23.82	5.69	112.0	3.47	4.16	1.13	3.03	0.83	0.23	0.21	0.39	0.55	0.19	0.36	0.35	0.01
	7	20.0	34.344	24.26	5.14	99.1	5.53	4.98	0.01	4.97	2.10	1.47	0.21	0.42	0.76	0.01	0.75	0.58	0.17
C	0	20.9	34.310	24.00	6.20	121.4	13.42	5.99	1.93	4.05	0.86	0.23	0.21	0.42	0.71	0.26	0.46	0.27	0.19
	6	20.4	34.354	24.16	5.77	112.1	7.64	5.28	2.23	3.05	0.81	0.23	0.21	0.37	0.70	0.25	0.45	0.37	0.07
D	0	21.0	34.186	23.88	6.60	129.5	2.65	10.61	3.49	7.12	1.09	0.10	0.21	0.78	0.72	0.02	0.70	0.63	0.07
	14	19.3	34.439	24.52	4.33	82.5	2.91	7.21	0.58	6.63	2.56	1.95	0.28	0.32	0.55	0.12	0.43	0.24	0.18
最小値		19.0	33.197	23.39	4.30	82.5	1.01	2.51	0.01	2.32	0.56	0.00	0.17	0.28	0.41	0.01	0.24	0.18	0.00
最大値		21.2	34.479	24.61	6.60	129.5	18.59	13.37	8.19	7.12	3.49	2.40	0.32	0.80	1.79	1.09	0.75	0.63	0.32
平均		20.2	34.270	24.16	5.45	105.4	6.01	5.87	1.79	4.07	1.15	0.53	0.21	0.42	0.63	0.23	0.40	0.32	0.08

付表2 水質分析結果

調査日：1993年08月24日

St. No.	Dep. m	水温 °C	塩分	δ t	D O ml/l	飽和度 %	Chl-a ug/l	T-N	PON	DTN	DIN	NH4-N	NO2-N	NO3-N	T-P			DIP	
															POP	DTP	DOP		
1	0	28.0	32.698	20.67	4.44	97.5	4.43	5.08	1.86	3.22	0.10	0.00	0.04	0.06	0.32	0.14	0.18	0.18	0.00
	18	24.8	33.607	22.35	4.49	93.9	1.45	4.35	0.44	3.91	1.32	0.05	0.31	0.96	0.42	0.14	0.28	0.19	0.09
2	0	28.3	32.467	20.40	4.98	109.8	2.66	4.96	1.33	3.63	0.30	0.19	0.01	0.10	0.43	0.25	0.18	0.17	0.01
	8	25.3	33.424	22.06	4.12	86.8	2.12	3.99	0.06	3.93	1.31	0.14	0.39	0.78	0.36	0.03	0.33	0.19	0.14
3	0	28.3	32.195	20.19	4.08	89.8	3.79	6.82	2.68	4.14	0.15	0.03	0.05	0.07	0.69	0.38	0.31	0.26	0.05
	10	25.6	33.350	21.91	3.52	74.6	2.64	7.25	0.62	6.63	4.70	2.85	0.66	1.19	0.70	0.18	0.52	0.12	0.40
4	0	28.3	32.685	20.56	4.84	106.8	5.09	5.30	1.07	4.23	1.15	0.47	0.19	0.49	0.42	0.21	0.21	0.17	0.04
	14	25.2	33.469	22.13	3.87	81.5	1.82	5.85	0.03	5.82	4.17	2.34	0.66	1.17	0.49	0.07	0.42	0.06	0.36
5	0	28.3	32.828	20.67	4.33	95.6	5.11	5.10	0.86	4.24	2.10	0.72	0.33	1.05	0.40	0.15	0.25	0.25	0.00
	18	25.1	33.554	22.22	3.99	83.8	1.49	5.39	0.35	5.04	3.47	1.63	0.51	1.33	0.43	0.04	0.39	0.20	0.19
6	0	27.8	32.828	20.83	3.45	75.6	8.89	8.87	1.72	7.15	4.52	3.27	0.33	0.92	0.55	0.29	0.26	0.20	0.06
	5	26.2	33.181	21.60	3.56	76.0	3.12	9.85	1.40	8.45	6.95	5.41	0.42	1.12	0.87	0.19	0.68	0.18	0.50
10	0	25.0	33.492	22.20	3.46	72.5	1.44	8.76	0.21	8.55	6.50	4.44	0.72	1.34	0.85	0.09	0.76	0.08	0.68
	17	23.8	33.826	22.81	4.35	89.6	2.68	8.65	0.42	8.23	6.66	4.16	0.64	1.86	1.15	0.27	0.88	0.06	0.82
7	0	28.1	32.852	20.75	4.79	105.5	10.39	7.56	2.28	5.28	1.23	0.22	0.29	0.72	0.48	0.19	0.29	0.23	0.06
	15	24.3	33.660	22.54	3.64	75.6	2.57	7.54	0.11	7.43	5.41	3.10	0.68	1.63	0.71	0.14	0.57	0.01	0.56
8	0	26.6	33.158	21.46	4.92	105.7	2.22	2.48	0.30	2.18	0.10	0.00	0.07	0.03	0.15	0.02	0.13	0.12	0.01
	23	24.3	33.490	22.41	4.78	99.1	1.08	2.61	0.16	2.45	0.51	0.00	0.11	0.40	0.19	0.04	0.15	0.15	0.00
9	0	28.0	32.751	20.71	4.79	105.1	4.34	4.75	1.42	3.33	0.09	0.00	0.08	0.01	0.27	0.07	0.20	0.20	0.00
	5	26.5	33.060	21.42	4.75	101.9	2.26	2.34	0.54	1.80	0.19	0.00	0.08	0.11	0.18	0.04	0.14	0.11	0.03
10	0	25.8	33.281	21.80	4.87	103.4	1.71	2.52	0.44	2.08	0.34	0.00	0.12	0.22	0.17	0.03	0.14	0.10	0.04
	26	24.3	33.709	22.58	4.17	86.5	0.85	4.98	0.44	4.54	2.17	0.25	0.47	1.45	0.40	0.10	0.30	0.16	0.14
10	0	28.0	32.580	20.58	4.89	107.3	3.09	3.95	0.51	3.44	0.10	0.00	0.04	0.06	0.34	0.16	0.18	0.15	0.03
	11	24.9	33.554	22.28	4.02	84.2	1.94	4.94	0.37	4.57	2.18	0.60	0.50	1.08	0.49	0.13	0.36	0.19	0.17
A	0	28.9	30.465	18.70	4.14	91.2	28.18	12.26	6.33	5.93	0.11	0.00	0.04	0.07	1.43	1.03	0.40	0.33	0.07
	8	25.4	33.444	22.05	3.55	74.9	3.61	7.56	1.89	5.67	5.24	3.16	0.69	1.39	0.61	0.13	0.48	0.05	0.43
B	0	28.6	32.638	20.43	4.51	100.1	5.11	6.20	4.11	2.09	0.12	0.00	0.11	0.01	0.42	0.31	0.11	0.08	0.03
	8	25.6	33.341	21.91	3.31	70.2	1.99	7.58	0.18	7.40	7.18	5.16	0.76	1.26	0.62	0.01	0.61	0.04	0.57
C	0	27.8	32.790	20.80	2.70	59.2	5.43	11.91	0.79	11.12	11.06	8.59	0.52	1.95	1.24	0.26	0.98	0.03	0.95
	6	26.0	33.262	21.72	2.59	55.2	1.93	12.96	0.58	12.38	12.08	10.15	0.70	1.23	1.57	0.19	1.38	1.02	0.36
D	0	28.0	32.736	20.70	4.54	99.7	13.61	9.43	1.44	7.99	3.05	1.34	0.39	1.32	0.61	0.25	0.36	0.35	0.01
	15	24.5	33.682	22.50	4.01	83.5	2.32	6.28	0.05	6.23	4.43	2.10	0.72	1.61	0.63	0.06	0.57	0.24	0.33
最小値		23.8	30.465	18.70	2.59	55.2	0.85	2.34	0.03	1.80	0.09	0.00	0.01	0.01	0.15	0.01	0.11	0.01	0.00
最大値		28.9	33.826	22.81	4.98	109.8	28.18	12.96	6.33	12.38	12.08	10.15	0.76	1.95	1.57	1.03	1.38	1.02	0.95
平均		26.4	33.064	21.44	4.14	88.8	4.35	6.50	1.09	5.41	3.09	1.89	0.36	0.84	0.58	0.17	0.41	0.18	0.22

付表3 水質分析結果

調査日：1993年11月25日

St. No.	Dep. m	水温 °C	塩分	δ t	D O ml/l	飽和度 %	Chl-a ug/l	T-N	PON	DTN	DIN	NH4-N	NO2-N	NO3-N	ugat/l				DIP
															T-P	POP	DTP	DOP	
1	0	19.7	34.100	24.15	5.04	96.5	0.76	10.36	0.49	9.87	4.52	0.54	0.45	3.53	0.70	0.05	0.65	0.49	0.16
	15	19.4	34.080	24.22	4.67	89.0	0.65	7.44	0.96	6.48	4.04	1.28	0.45	2.31	0.67	0.24	0.43	0.23	0.20
2	0	19.7	34.156	24.20	4.92	94.2	1.00	6.80	0.70	6.10	3.49	1.21	0.39	1.89	0.26	0.02	0.24	0.11	0.13
	7	19.9	34.146	24.14	5.00	96.1	1.10	11.41	1.46	9.95	2.94	0.90	0.37	1.67	0.54	0.06	0.48	0.33	0.15
3	0	18.1	33.514	24.11	4.62	85.6	1.36	8.42	0.31	8.11	7.29	2.63	0.78	3.88	0.49	0.06	0.43	0.10	0.33
	9	18.3	33.635	24.15	4.69	87.2	1.15	12.84	2.54	10.30	6.28	2.08	0.67	3.53	0.71	0.20	0.51	0.18	0.33
4	0	18.1	33.645	24.21	4.94	91.6	1.75	10.58	1.58	9.00	4.40	0.84	0.67	2.89	0.71	0.27	0.44	0.23	0.21
	13	18.2	33.659	24.20	4.94	91.7	1.32	7.61	1.23	6.38	5.03	1.28	0.68	3.07	0.58	0.31	0.27	0.04	0.23
5	0	18.5	33.872	24.29	4.81	90.0	1.36	8.19	0.26	7.93	6.73	3.48	0.54	2.71	0.58	0.06	0.52	0.31	0.21
	15	18.6	33.901	24.28	4.57	85.6	0.81	8.71	0.24	8.47	6.78	3.53	0.57	2.68	0.58	0.08	0.50	0.30	0.20
6	0	18.2	33.941	24.41	4.46	82.9	1.15	6.04	0.38	5.66	6.93	3.49	0.57	2.87	0.56	0.04	0.52	0.25	0.27
	5	18.4	33.934	24.36	4.54	84.8	1.47	10.68	0.32	10.36	9.31	6.00	0.54	2.77	1.00	0.34	0.66	0.35	0.31
10	0	18.2	33.909	24.39	4.50	83.8	1.75	11.07	0.32	10.75	9.90	6.50	0.58	2.82	0.64	0.04	0.60	0.27	0.33
	16	17.8	33.841	24.43	4.45	82.1	0.99	8.94	1.22	7.72	10.56	6.77	0.62	3.17	0.50	0.01	0.49	0.12	0.37
7	0	18.6	34.064	24.41	4.60	86.3	1.14	9.10	1.33	7.77	6.17	3.36	0.46	2.35	0.44	0.09	0.35	0.04	0.31
	15	18.6	34.041	24.39	4.63	86.8	0.80	7.90	0.34	7.56	7.12	4.06	0.51	2.55	0.45	0.09	0.36	0.06	0.30
8	0	20.2	34.291	24.17	4.91	95.0	0.85	9.76	1.69	8.07	1.93	0.00	0.33	1.60	1.74	1.27	0.47	0.41	0.06
	22	20.3	34.276	24.13	4.83	93.7	0.91	7.95	0.05	7.90	3.48	1.42	0.35	1.71	1.45	1.01	0.44	0.42	0.02
9	0	19.7	34.100	24.15	4.42	84.6	0.76	10.36	0.49	9.87	4.52	0.54	0.45	3.53	0.70	0.05	0.65	0.49	0.16
	5	19.7	34.089	24.15	4.83	92.5	1.89	8.51	1.30	7.21	3.93	1.59	0.43	1.91	0.47	0.09	0.38	0.28	0.10
10	0	19.7	34.046	24.11	4.80	91.9	1.22	8.55	1.65	6.90	5.37	2.62	0.69	2.06	0.42	0.06	0.36	0.20	0.16
	15	19.4	34.080	24.22	4.67	89.0	0.67	7.44	0.96	6.48	4.04	1.28	0.45	2.31	0.67	0.24	0.43	0.23	0.20
10	0	19.4	34.123	24.25	4.90	93.3	1.07	7.08	0.74	6.34	2.24	0.00	0.41	1.83	1.10	0.69	0.41	0.35	0.06
	9	19.5	34.108	24.21	4.91	93.7	1.17	12.38	0.72	11.66	2.32	0.00	0.39	1.93	1.07	0.30	0.77	0.67	0.10
A	0	18.2	33.352	23.96	4.14	76.7	1.81	16.77	2.45	14.32	11.22	6.18	1.14	3.90	0.79	0.02	0.77	0.40	0.37
	8	18.5	33.465	23.97	4.42	82.4	2.09	14.30	2.31	11.99	9.56	4.82	0.86	3.88	0.74	0.07	0.67	0.37	0.30
B	0	17.9	33.465	24.12	5.13	94.6	2.14	7.28	1.45	5.83	6.15	2.51	0.81	2.83	0.43	0.13	0.30	0.04	0.26
	9	17.9	33.522	24.17	4.80	88.6	1.47	7.63	1.27	6.36	6.18	2.73	0.76	2.69	0.49	0.19	0.30	0.03	0.27
C	0	17.3	33.647	24.41			1.63	14.61	2.67	11.94	13.85	9.19	0.77	3.89	0.83	0.15	0.68	0.13	0.55
	8	17.6	33.763	24.42	4.39	80.7	1.26	13.54	3.09	10.45	12.94	8.80	0.70	3.44	0.82	0.24	0.58	0.01	0.57
D	0	18.0	33.892	24.42	4.61	85.4	1.16	11.50	0.28	11.22	9.50	6.39	0.57	2.54	0.68	0.04	0.64	0.37	0.27
	15	18.1	33.918	24.42	4.69	87.1	1.23	11.38	0.01	11.37	9.77	6.65	0.58	2.54	0.63	0.04	0.59	0.32	0.27
最小値		17.3	33.352	23.96			0.65	6.04	0.01	5.66	1.93	0.00	0.33	1.60	0.26	0.01	0.24	0.01	0.02
最大値		20.3	34.291	24.43	5.13	96.5	2.14	16.77	3.09	14.32	13.85	9.19	1.14	3.90	1.74	1.27	0.77	0.67	0.67
平均		18.7	33.893	24.24	4.56	85.7	1.25	9.85	1.09	8.76	6.52	3.21	0.58	2.73	0.70	0.20	0.50	0.25	0.24

附表4 水質分析結果

調査日：1994年02月14日

St. No.	Dep. m	水温 °C	塩分	δ t	D O ml/l	飽和度 Chl-a		T-N	PON	DTN	DIN	NH4-N	NO2-N	NO3-N	T-P	POP	DTP	DOP	DIP
						%	ugat/l												
1	0	14.7	34.724	25.83	5.52	96.3	0.69	7.93	0.87	7.06	4.29	0.85	0.36	3.08	0.81	0.50	0.31	0.06	0.25
	21	14.7	34.689	25.80	5.57	97.2	1.04	8.37	0.75	7.62	4.34	1.12	0.31	2.91	0.64	0.35	0.29	0.01	0.28
2	0	14.3	34.482	25.72	5.50	95.1	0.81	7.34	0.09	7.25	5.69	1.53	0.70	3.46	0.65	0.22	0.43	0.11	0.32
	7	14.5	34.693	25.84	5.62	97.6	0.98	8.97	1.04	7.93	4.94	1.15	0.85	2.94	0.71	0.12	0.59	0.30	0.29
3	0	13.0	33.955	25.58	5.41	90.7	0.80	9.10	0.10	9.00	8.35	3.58	0.49	4.33	0.80	0.21	0.59	0.20	0.39
	8	13.4	34.200	25.69	5.48	92.8	0.98	9.16	0.16	9.00	6.63	2.32	0.55	3.76	0.68	0.15	0.53	0.13	0.40
4	0	11.0	33.487	25.60	6.03	96.6	0.97	8.91	0.10	8.81	7.06	2.78	0.51	3.77	0.54	0.17	0.37	0.16	0.21
	12	13.3	34.280	25.78	5.65	95.5	0.72	8.90	0.29	8.61	5.69	1.79	0.43	3.47	0.61	0.11	0.50	0.17	0.33
5	0	13.5	34.567	25.96	5.67	96.4	0.85	8.96	1.15	7.81	5.24	1.57	0.38	3.29	1.22	0.66	0.56	0.16	0.40
	15	13.6	34.551	25.92	5.62	95.8	0.97	6.63	0.10	6.53	5.61	2.19	0.27	3.15	0.66	0.38	0.28	0.01	0.27
6	0	13.9	34.730	26.00	5.60	96.1	0.75	6.30	0.31	5.99	4.93	1.90	0.58	2.45	0.83	0.59	0.24	0.04	0.20
	5	13.8	34.718	26.01	5.66	97.0	1.88	6.63	0.45	6.18	4.79	1.76	0.28	2.75	0.58	0.26	0.32	0.03	0.29
10	0	13.6	34.700	26.04	5.52	94.2	1.06	7.07	0.65	6.42	4.95	1.97	0.30	2.68	0.89	0.53	0.36	0.10	0.26
	14	13.4	34.707	26.09	5.68	96.5	0.75	7.37	0.33	7.04	5.42	2.53	0.51	2.38	0.68	0.47	0.21	0.02	0.19
7	0	13.9	34.741	26.01	5.58	95.7	0.52	7.23	0.19	7.04	5.55	2.31	0.66	2.58	0.74	0.54	0.20	0.04	0.16
	14	13.6	34.700	26.04	5.63	96.0	0.86	7.88	0.08	7.80	5.21	2.26	0.58	2.37	0.95	0.70	0.25	0.04	0.21
8	0	14.7	34.750	25.85	5.54	96.7	1.17	6.59	0.13	6.46	4.28	0.80	0.35	3.13	0.56	0.31	0.25	0.04	0.21
	23	14.7	34.733	25.83	5.46	95.2	1.12	6.68	0.82	5.86	4.21	0.77	0.32	3.12	0.60	0.31	0.29	0.04	0.25
9	0	14.6	34.716	25.84	5.52	96.1	1.01	10.98	2.53	8.45	4.37	0.90	0.38	3.09	0.68	0.08	0.60	0.26	0.34
	5	14.8	34.744	25.82	5.51	96.3	1.00	7.09	0.04	7.05	4.36	0.90	0.39	3.07	0.47	0.16	0.31	0.04	0.27
10	0	14.6	34.721	25.84	5.54	96.4	1.08	7.51	0.44	7.07	4.43	0.99	0.44	3.00	1.03	0.81	0.22	0.01	0.21
	16	14.8	34.690	25.78	5.52	96.4	0.80	9.80	2.27	7.53	4.31	1.06	0.34	2.91	0.36	0.04	0.32	0.01	0.31
10	0	14.5	34.628	25.79	5.54	96.2	0.96	7.27	0.03	7.24	5.00	1.18	0.53	3.29	0.59	0.30	0.29	0.10	0.19
	9	14.5	34.703	25.85	5.50	95.6	0.72	6.95	0.13	6.82	6.05	2.00	1.01	3.04	0.23	0.02	0.21	0.01	0.20
A	0	12.7	31.526	23.76	4.99	81.9	0.77	16.62	0.99	15.63	11.59	5.96	0.66	4.97	0.74	0.09	0.65	0.20	0.45
	8	13.2	33.996	25.58	5.38	90.6	0.88	12.94	1.25	11.69	8.47	3.69	0.60	4.18	0.84	0.38	0.46	0.12	0.34
B	0	10.2	31.638	24.30	6.21	96.6	1.43	11.47	0.39	11.08	8.50	3.21	0.42	4.87	0.91	0.52	0.39	0.04	0.35
	8	12.7	34.004	25.68	5.59	93.2	1.45	9.12	0.46	8.66	6.97	2.95	0.54	3.48	0.88	0.59	0.29	0.03	0.26
C	0	12.0	33.962	25.78	5.79	95.1	0.96	10.36	0.41	9.95	8.13	4.21	0.35	3.57	0.75	0.39	0.36	0.04	0.32
	5	12.6	34.270	25.91	5.64	94.0	0.68	8.89	0.09	8.80	7.05	3.58	0.44	3.03	0.55	0.15	0.40	0.11	0.29
D	0	13.2	34.610	26.05	5.62	95.0	1.48	8.62	0.20	8.42	5.73	2.69	0.40	2.64	0.86	0.48	0.38	0.03	0.35
	14	13.4	34.662	26.05	5.64	95.7	0.84	8.37	0.84	7.53	5.07	2.27	0.33	2.47	0.78	0.43	0.35	0.03	0.32
最小値	10.2	31.526	23.76	4.99	81.9	0.52	6.30	0.03	5.86	4.21	0.77	0.27	0.27	2.37	0.23	0.02	0.20	0.01	0.16
	最大値	14.8	34.750	26.09	6.21	97.6	1.88	16.62	2.53	15.63	11.59	5.96	1.01	4.97	1.22	0.81	0.65	0.30	0.45
平均	13.6	34.321	25.74	5.59	95.0	0.97	8.63	0.55	8.07	5.85	2.15	0.48	3.23	0.71	0.34	0.37	0.08	0.28	

付表5 低質分析結果

1993年8月24日調査

St	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	A	B	C	D
COD(O <sub>2</sub> mg/乾泥g)	16.89	4.38	38.06	29.73	32.58	42.74	43.29	39.65	14.29	11.08	59.89	39.73	20.54	61.12
T-S(mg/乾泥g)	0.03	0.01	0.68	0.59	0.30	0.89	0.68	0.72	0	0.01	0.98	1.01	0.19	1.89
I L ( % )	7.08	6.01	11.98	10.57	14.92	15.01	14.80	14.19	7.01	8.97	12.28	10.15	9.34	14.05

1994年2月14日調査

St	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	A	B	C	D
COD(O <sub>2</sub> mg/乾泥g)	18.89	6.31	37.46	25.53	30.85	39.56	36.11	45.42	13.14	10.02	57.99	37.48	13.80	58.78
T-S(mg/乾泥g)	0.02	0.07	0.70	0.34	0.18	0.62	0.28	1.01	0	0	0.46	0.90	0.16	0.64
I L ( % )	7.10	5.77	12.16	10.22	14.76	14.94	14.72	14.10	6.72	9.39	12.09	10.07	8.74	13.93