

田辺湾環境把握調査*

芳養晴雄・小久保友義

目 的

近年生活様式の多様化・近代化により生活排水が増加する傾向にある。加えて河川や下水溝の整備・改修によりそれらの排水等が浄化されないまま海域に流入している。また、後背地の開発により降雨後の土砂流出、沿岸の埋め立て等から海浜地の減少による浄化機能の低下、それに湾内からは魚類養殖の自家汚染、木材の搬入による海底への外皮の堆積など、これら有機物汚染が重なり合って富栄養化現象をおこしている。その結果、規模に大小があるものの毎年赤潮の発生や貧酸素水塊の出現等の問題が起きている。それも年々大規模あるいは長期化するといった傾向にある。

そこで、湾内の水域環境の実態を調査し、過去の知見とも比較しながら現在どの様な状態にあるかを把握・検討し、将来田辺湾の水質環境改善対策等の資料とする。ここでは、今年度に行った調査結果の概要と、昨年度の結果¹⁾も含め一部とりまとめたので報告する。

方 法

1. 水質

調査は1989年6月6日、9月11日、11月27日、1990年2月19日に行い、観測定点は図1に示す定点で観測を行った。観測層は0m層とB-1m(海底上1m層)の二層を基本とし、中層の現状を把握するためSt.6.9には5、10m層を設けている。試水はバンドーン採水器で採水し、以下に示す方法により測定した。

水 温：採水と同時に棒状水銀水温計(気象庁検定済み1/10°C目盛)により测温

D O：ウインクラー・アジ化ナトリウム変法

塩 分：オートラブ社製サリノメータによる

Chlorophyll a：海洋観測指針による(ワットマンGF/Cで濾過)

NH₄-N：インドフェノール改良法

NO₂-N：テクニコンオートアナライザーによるジアゾ化法

NO₃-N：テクニコンオートアナライザーによるCdカラム還元法

DIP：ストリックランド・パーソン法

DTN・DTP：ろ過海水に紫外線照射しNO₃-N・PO₄-Pに分解

T-N・T-P：生海水に紫外線照射しNO₃-N・PO₄-Pに分解

なお、調査時に着色している海域の試水は検鏡によりプランクトンの査定を行った。

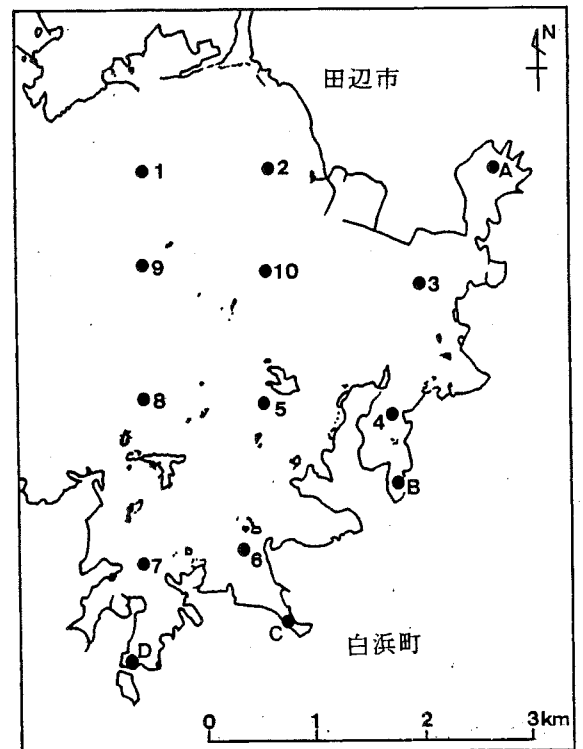


図1 調査定点

* 養殖漁場環境保全技術開発試験事業費による。

2. 底質

1989年9月11日、1990年2月19日に図1に示す調査定点において、柱状採泥器を用いて採泥した。サンプルは、採泥筒の両端をゴム栓で封じ-20°Cで凍結した。また、泥層分析試料は、泥表面から3cm毎に切断して分析に供した。泥のCOD、ILは、新編水質汚濁調査指針²⁾により、硫化物は検知管法（西尾工業製ヘドロテック）により分析した。

結果及び考察

1. 水質

(1) 1989年6月6日の調査結果（表1）

水温はS t. 8の底層で21.0°Cと最も低く、最高はS t. 4、表層の24.2°Cであった。全測点の平均値は22.9°Cと昨年度の調査時（6月1日）より約3.0°C高くなっていた。

塩分は水温と同様に測点の深いところで高く、湾全体の平均値は33.7と昨年34.0より若干低目であった。S t. 2、0m層は会津川の影響により29.4となっていたが、他の測点はすべて30.0以上を示した。

酸素飽和度はS t. D、0m層の113%が最も高く、S t. A、0m層の68%が最も低くなっていた。湾全体としては96%であり、ほぼ昨年と同じ様な値であった。

Chlorophyll aの平均値は4.3 $\mu\text{g}/\ell$ と、昨年度の6.4 $\mu\text{g}/\ell$ より低くなっていた。また、10 $\mu\text{g}/\ell$ を越える定点はS t. A、C、Dの湾奥であった。しかし、これらChlorophyll aの高いところで酸素飽和度との顕著な相関はあまり見られなかった。

栄養塩の中でT-Nの平均値は6.20 $\mu\text{g at}/\ell$ と昨年の7.32 $\mu\text{g at}/\ell$ に比べて低い値を示した。また、それ以上にT-Pは昨年の1.07 $\mu\text{g at}/\ell$ に比べて0.56 $\mu\text{g at}/\ell$ と大きく減少していた。湾口に位置するS t. 9などは全層で0.3 $\mu\text{g at}/\ell$ 程度かそれ以下を示し、全体に栄養塩の量が少なくなっていた。

Chlorophyll aや栄養塩は昨年より低い値を示しているのと同様に、透明度も全体の平均値が7.5mと昨年の3.2mと比べて高くなっていた。

(2) 1989年9月11日の調査結果（表2）

水温は採水層が深くなるにつれて、小数点下で若干低下する傾向が見られた。しかし、底層は27°C台、表層は28°C台と表底層間の温度差は殆ど見られなかった。

塩分はS t. Aの表層で29.1と低く、S t. 8の底層で33.5となっていた。全測点の平均は32.4であった。

表層の酸素飽和度はS t. Cを除いたすべての定点で100%以上の飽和状態となっていた。反対に底層水はS t. 4、6、7、A、Dで50%以下の貧酸素状態となっていた。

Chlorophyll aの平均値は6.84 $\mu\text{g}/\ell$ であり、湾奥の定点では10 $\mu\text{g}/\ell$ を超える測点も多くみられた。表層の酸素飽和度は飽和状態となりしかもChlorophyll aの高いところも見られたが両者の関係はあまり認められなかった。

底層のT-Nで15 $\mu\text{g at}/\ell$ を越える点はS t. 4、5、6、7、A、Dであった。これらの定点は酸素飽和度の極端な減少がみられ、特に $\text{NH}_4\text{-N}$ の値が増加していた。また、S t. 9の全層の平均値5.9 $\mu\text{g at}/\ell$ と比べても約3倍の値を示し、T-Nの低い値の定点と高い値の定点に分かれていた。T-PもT-Nと同様にS t. 4、5、6、7、8、A、C、Dの定点で1 $\mu\text{g at}/\ell$ 以上の値を示した。

透明度の平均値は4.4mを示し、湾の北部域で透明度が良く、S t. A~Dの湾奥部が悪くなっていた。

表1 田辺湾環境把握調査水質分析結果

調査日：1989年06月06日

St. No.	Dep. m	水温 °C	塩分	δ t	D O ml/l	飽和度 %	Chl-a μgat/l	T-N	PON	DTN	DIN μgat/l	NH4-N	NO2-N	NO3-N	T-P	POP	DTP μgat/l	DOP	DIP	透明度 m	E250	時間 h:m
1	0	23.4	32.962	22.28	4.78	93.2	3.75	7.66	1.82	5.84	1.64	0.04	0.27	1.33	0.52	0.19	0.33	0.33	0.00	5.5	138	9:24
	10	22.6	34.047	23.33	4.37	84.7	1.67	5.29	0.56	4.73	2.19	1.50	0.24	0.45	0.70	0.26	0.44	0.26	0.18	7.0	90	9:29
2	0	23.0	29.348	19.66	4.64	87.9	2.58	24.58	3.17	21.41	17.98	3.04	0.53	14.41	1.17	0.48	0.69	0.42	0.27	7.0	209	9:17
	7	22.9	33.835	23.08	5.06	98.4	2.18	3.97	0.42	3.55	0.47	0.03	0.19	0.25	0.30	0.05	0.25	0.25	0.00	7.0	86	9:21
3	0	22.9	33.951	23.17	5.07	98.7	4.23	4.64	2.08	2.56	0.46	0.00	0.18	0.28	0.55	0.35	0.20	0.20	0.00	7.0	100	8:25
	10	22.5	34.075	23.38	5.05	97.7	2.45	3.72	0.93	2.79	0.40	0.00	0.19	0.21	0.46	0.20	0.26	0.26	0.00	6.0	103	8:30
4	0	24.2	33.823	22.69	5.27	104.8	3.19	2.93	0.66	2.27	0.93	0.54	0.15	0.24	0.43	0.29	0.14	0.14	0.00	6.0	110	11:31
	3	23.0	34.018	23.19	5.52	107.7	3.83	3.60	1.20	2.40	0.65	0.24	0.16	0.25	0.41	0.28	0.13	0.13	0.00	6.0	115	
	8	22.8	34.060	23.28	5.37	104.4	6.57	7.66	4.59	3.07	1.09	0.67	0.18	0.24	0.58	0.31	0.27	0.27	0.00	7.0	117	
	12	22.8	34.053	23.27	5.33	103.6	3.49	3.98	1.05	2.93	0.65	0.23	0.16	0.26	0.41	0.15	0.26	0.26	0.00	7.0	110	11:45
5	0	24.0	33.875	22.79	5.15	102.1	2.80	6.37	1.81	4.56	1.39	0.97	0.19	0.23	0.39	0.06	0.33	0.33	0.00	10.0	120	10:4
	16	22.2	34.111	23.49	4.37	84.2	1.34	5.56	0.27	5.29	2.51	2.07	0.20	0.24	0.60	0.02	0.58	0.32	0.26	10.0	115	10:8
6	0	23.1	33.899	23.07	4.90	95.7	4.86	5.96	1.14	4.82	2.22	1.81	0.19	0.22	0.50	0.00	0.50	0.50	0.00	8.0	159	10:47
	5	22.6	33.995	23.29	4.89	94.7	9.78	6.08	2.63	3.45	1.62	1.18	0.19	0.25	0.62	0.30	0.32	0.32	0.00	8.0	120	
	10	22.6	34.119	23.38	4.71	91.3	2.51	5.30	0.66	4.64	2.73	2.29	0.18	0.26	0.44	0.06	0.38	0.34	0.04	8.0	119	
	15	22.3	34.123	23.47	4.43	85.5	1.84	5.43	0.91	4.52	3.13	2.52	0.19	0.42	0.40	0.04	0.36	0.32	0.04	8.0	116	10:52
7	0	23.1	33.810	23.00	5.07	98.9	4.17	7.51	1.83	5.68	3.42	2.47	0.22	0.73	0.45	0.06	0.39	0.39	0.00	9.0	157	10:30
	14	22.3	34.033	23.40	4.06	78.3	1.66	6.88	1.19	5.69	3.94	2.60	0.27	1.07	0.57	0.19	0.38	0.22	0.16	9.0	129	10:35
8	0	23.1	33.747	22.96	4.86	94.8	3.63	6.60	2.25	4.35	2.66	1.94	0.23	0.49	0.51	0.10	0.41	0.39	0.02	13.0	144	10:15
	21	21.0	34.256	23.93	4.73	89.4	0.61	5.75	0.42	5.33	2.40	0.84	0.28	1.28	0.72	0.01	0.71	0.31	0.40	13.0	87	10:20
9	0	23.3	33.672	22.84	5.14	100.5	2.97	3.28	0.63	2.65	0.48	0.04	0.18	0.26	0.37	0.13	0.24	0.24	0.00	13.0	142	9:31
	5	22.9	33.877	23.11	5.23	101.8	2.71	3.05	0.80	2.25	0.58	0.18	0.18	0.22	0.27	0.04	0.23	0.23	0.00	13.0	110	
	10	22.8	33.853	23.12	5.18	100.6	2.16	2.79	0.64	2.15	1.06	0.11	0.19	0.76	0.28	0.04	0.24	0.19	0.05	13.0	113	
	14	22.5	33.999	23.32	5.01	96.9	1.44	3.32	0.53	2.79	2.42	0.55	0.27	1.60	0.35	0.07	0.28	0.28	0.00	9.0	98	9:38
10	0	23.1	33.856	23.04	5.27	102.9	2.08	4.81	1.87	2.94	0.42	0.00	0.18	0.24	0.37	0.10	0.27	0.27	0.00	9.0	115	9:7
	9	22.5	34.051	23.36	4.83	93.5	1.99	5.46	1.87	3.59	1.02	0.62	0.18	0.22	0.48	0.09	0.39	0.39	0.00	9.0	131	9:13
A	0	22.7	31.174	21.12	3.57	68.1	20.09	13.10	6.48	6.62	1.45	0.37	0.22	0.86	1.58	0.72	0.86	0.77	0.09	4.0	326	8:52
	8	22.7	33.995	23.26	4.76	92.4	2.88	5.73	1.37	4.36	1.39	0.66	0.21	0.52	0.48	0.09	0.39	0.34	0.05	4.0	132	8:55
B	0	23.7	33.214	22.38	5.00	98.2	4.51	5.56	2.11	3.45	0.62	0.22	0.18	0.22	0.75	0.38	0.37	0.37	0.00	5.5	164	11:26
	6	22.7	34.023	23.28	5.61	108.9	6.10	7.05	3.57	3.48	0.81	0.39	0.18	0.24	0.88	0.49	0.39	0.39	0.00	5.5	135	11:30
C	0	23.5	33.676	22.79	5.53	108.5	10.44	5.02	1.50	3.52	0.95	0.54	0.23	0.18	0.71	0.28	0.43	0.43	0.00	3.5	156	10:56
	7	22.7	34.004	23.27	4.98	96.7	7.18	6.64	2.42	4.22	1.44	1.02	0.20	0.22	0.62	0.21	0.41	0.41	0.00	3.5	136	10:58
D	0	23.5	33.706	22.81	5.77	113.3	10.57	7.94	2.25	5.69	0.67	0.26	0.19	0.22	0.70	0.30	0.40	0.32	0.08	4.0	186	10:36
	12	22.3	34.032	23.40	3.88	74.8	2.76	7.51	0.48	7.03	2.46	2.16	0.19	0.11	0.63	0.16	0.47	0.45	0.02	4.0	149	10:40
最大値		24.2	34.256	23.93	5.77	113.3	20.09	24.58	6.48	21.41	17.98	3.04	0.53	14.41	1.58	0.72	0.86	0.77	0.40	13.0	326	
最小値		21.0	29.348	19.66	3.57	68.1	0.61	2.79	0.27	2.15	0.40	0.00	0.15	0.11	0.27	0.00	0.13	0.13	0.00	3.5	86	
平均値		22.9	33.684	22.98	4.92	95.7	4.27	6.20	1.65	4.55	2.01	0.94	0.21	0.85	0.56	0.19	0.37	0.32	0.05	7.5	133	

表2 田辺湾環境把握調査水質分析結果

調査日：1989年09月11日

St. No.	Dep. m	水温 °C	塩分	δ t	D O ml/l	飽和度 %	Chl-a μgat/l	T-N	PON	DTN μgat/l	DIN μgat/l	NH4-N	NO2-N	NO3-N	T-P	POP μgat/l	DTP μgat/l	DOP	DIP	透明度 m	E250	時間 h:m
1	0	28.0	30.939	19.35	5.71	119.0	2.83	8.09	0.11	7.97	4.96	0.86	0.25	3.85	0.48	0.26	0.21	0.15	0.06	9.0	132	8:41
	11	27.4	32.949	21.05	2.43	50.7	16.27	8.52	0.99	7.53	3.87	2.07	0.40	1.40	0.72	0.33	0.39	0.26	0.13	158	8:45	
2	0	28.0	32.051	20.18	5.45	114.3	1.39	4.19	0.44	3.75	0.65	0.08	0.19	0.38	0.31	0.03	0.29	0.02	0.26	over	96	8:34
	7	27.6	32.786	20.86	4.34	90.9	5.43	3.88	0.59	3.29	0.74	0.28	0.19	0.27	0.44	0.21	0.23	0.02	0.21	105	8:38	
3	0	28.3	31.358	19.56	5.47	115.0	6.65	5.92	1.01	4.91	0.57	0.11	0.19	0.28	0.77	0.41	0.36	0.28	0.08	7.0	190	8:19
	10	27.3	32.955	21.09	2.46	51.2	9.10	6.71	1.34	5.36	1.33	0.30	0.31	0.71	0.67	0.32	0.35	0.24	0.11	148	8:24	
4	0	28.5	32.024	20.00	5.15	109.1	2.42	6.26	1.24	5.02	1.75	0.96	0.26	0.53	0.49	0.05	0.43	0.09	0.35	5.0	157	9:42
	13	27.4	32.979	21.07	1.80	37.7	6.84	16.32	0.71	15.61	11.06	8.34	1.01	1.71	1.43	0.37	1.06	0.11	0.95	114	9:51	
5	0	28.5	32.306	20.21	5.30	112.3	1.90	6.04	1.00	5.03	1.60	0.80	0.23	0.57	0.50	0.24	0.26	0.13	0.13	6.0	122	9:38
	17	27.3	33.224	21.29	2.83	59.0	3.17	15.28	2.36	12.92	9.63	7.13	0.78	1.73	1.53	0.25	1.28	0.29	0.99	86	9:42	
6	0	28.4	32.442	20.34	4.98	105.6	4.84	11.05	0.57	10.48	4.64	3.51	0.38	0.75	0.75	0.22	0.53	0.30	0.23	3.5	198	9:28
	5	27.9	32.457	20.52	4.84	101.7	8.23	10.92	2.38	8.94	4.60	2.82	0.35	1.42	0.82	0.38	0.44	0.24	0.20	164		
	10	27.5	32.689	20.82	2.54	53.0	9.94	15.01	1.30	13.71	9.33	7.28	0.55	1.50	0.75	0.23	0.52	0.32	0.21	151		
	15	27.3	33.165	21.24	2.06	43.1	2.93	18.45	0.91	17.54	13.38	10.88	0.72	1.79	1.42	0.17	1.25	0.18	1.07	102	9:35	
7	0	28.0	32.426	20.46	5.05	106.3	7.90	7.39	0.64	6.75	2.70	1.74	0.31	0.64	0.59	0.20	0.40	0.27	0.13	5.5	169	9:13
	15	27.3	33.062	21.17	2.25	47.0	4.19	17.45	0.51	16.93	12.65	10.15	0.65	1.84	1.72	0.10	1.62	0.39	1.23	109	9:17	
8	0	28.1	32.298	20.33	5.48	115.5	4.01	5.14	0.30	4.84	1.45	0.87	0.22	0.36	0.37	0.03	0.34	0.26	0.08	6.5	134	8:57
	22	27.0	33.483	21.58	3.38	70.3	2.46	8.89	0.35	8.54	5.60	4.12	0.65	0.83	1.38	0.22	1.16	0.13	1.02	90	9:1	
9	0	28.1	32.103	20.19	5.45	114.7	1.49	4.67	0.32	4.35	1.01	0.46	0.20	0.35	0.32	0.02	0.30	0.23	0.07	9.0	113	8:47
	5	27.8	32.305	20.44	5.15	107.8	2.27	4.11	0.23	3.88	1.02	0.53	0.19	0.30	0.32	0.09	0.23	0.18	0.06	101		
	10	27.4	33.204	21.24	3.86	80.8	5.81	7.74	0.83	6.91	4.58	2.87	0.45	1.26	0.57	0.16	0.41	0.26	0.15	122		
	16	27.2	33.371	20.78	3.72	80.4	4.88	6.95	0.23	6.72	4.10	2.26	0.49	1.34	0.81	0.23	0.58	0.12	0.47	97	8:54	
10	0	28.0	32.080	20.20	5.59	117.3	1.29	3.97	0.31	3.67	1.09	0.61	0.19	0.29	0.30	0.05	0.25	0.17	0.08	over	122	8:28
	10	27.6	32.848	20.91	4.05	84.8	9.35	6.14	1.31	4.83	1.31	0.42	0.25	0.64	0.51	0.17	0.34	0.15	0.19	137	8:32	
A	0	28.0	29.138	18.00	5.75	118.5	24.31	9.45	2.51	6.95	0.48	0.00	0.17	0.31	2.04	1.46	0.58	0.42	0.16	1.5	356	8:13
	8	27.4	32.896	21.01	1.03	21.4	8.15	28.70	0.91	27.78	17.92	16.21	0.62	1.08	3.70	0.53	3.17	0.34	2.83	198	8:16	
B	0	28.7	31.698	19.69	5.09	107.9	4.86	9.43	1.23	8.20	4.45	3.08	0.29	1.08	0.80	0.37	0.43	0.33	0.10	2.5	221	9:53
	8	28.0	32.980	20.88	4.63	97.7	9.90	5.11	1.02	4.09	0.79	0.22	0.22	0.35	0.78	0.40	0.38	0.36	0.02	163	9:57	
C	0	28.0	32.296	20.37	4.26	89.5	15.06	11.07	3.67	7.40	2.48	0.99	0.40	1.10	1.00	0.58	0.43	0.37	0.06	2.3	167	9:23
	5	27.8	32.470	20.56	4.26	89.3	12.84	10.39	2.66	7.72	2.42	0.98	0.41	1.03	0.81	0.37	0.44	0.40	0.04	159	9:26	
D	0	28.2	32.132	20.18	5.10	107.5	12.56	11.50	3.20	8.30	3.31	1.73	0.35	1.22	0.77	0.35	0.42	0.42	0.00	3.5	173	9:8
	13	27.5	32.857	20.95	1.66	34.8	5.63	22.09	1.05	21.04	16.10	13.83	0.62	1.65	1.44	0.11	1.34	0.37	0.97	124	9:11	
最大値			33.483	21.58	5.75	119.0	24.31	28.70	3.67	27.78	17.92	16.21	1.01	3.85	3.70	1.46	3.17	0.42	2.83	9.0	356	
最小値			29.138	18.00	1.03	21.4	1.29	3.88	0.11	3.29	0.48	0.00	0.17	0.27	0.30	0.02	0.21	0.02	0.00	1.5	86	
平均値			32.437	20.52	4.10	86.1	6.84	9.90	1.13	8.77	4.74	3.33	0.39	1.02	0.92	0.28	0.64	0.24	0.39	4.4	146	

(3) 1989年11月27日の調査結果 (表3)

水温の全定点の平均値は 19.4°C であった。これは昨年度 (11月29日) の調査より表底層ともに $1\sim 2^{\circ}\text{C}$ 高目であった。また、表底層間には温度差がなくなり底層側で水温が高くなっている定点が多くなっていた。昨年は表底層間に温度差は見られなかったが、水温の逆転も認められなかった。

全測点の平均塩分は34.1で昨年度の塩分34.0と差はなかった。また、表底層間の塩分も差はなく昨年とほぼ同じ様な傾向であった。

酸素飽和度は昨年同様、全測点で減少傾向にあった。特に、栄養塩の高い定点ほど酸素飽和度は低くなっていた。

Chlorophyll a は昨年同様に全測点で $5\mu\text{g}/\ell$ を越す定点は見られなかった。

前回の9月の調査時と同様に透明度の良い所は栄養塩の量が少なく、反対に透明度の悪い湾奥では栄養塩が多くなっていた。透明度で5m以下を示す定点はT-Nで $10\mu\text{g at}/\ell$ 以上を示し、T-Pも表層ないし底層は $1\mu\text{g at}/\ell$ 以上認められる測点が多くなる。NO₃-NやDIPは水温の昇温期に比べて増える傾向にあるが、今年はNO₃-Nで約 $1\mu\text{g at}/\ell$ 、DIPで $0.1\mu\text{g at}/\ell$ 程度昨年より増加する量が少ない。

(4) 1990年2月19日の調査結果 (表4)

水温は昨年度調査 (2月14日) と同様に $13\sim 15^{\circ}\text{C}$ の間で変化し、底層は表層より若干高い傾向を示す。

塩分はSt. 1、0m層の31.86が一番低く、湾奥の表層で33.0台の塩分値となっていた。昨年はほとんどの定点が34.0以上であった。

酸素飽和度は昨年と同様に全測点で減少していたが11月の調査時に比べ湾奥での減少は余り見られなかった。

Chlorophyll a はSt. A、B-1m層の $5.3\mu\text{g}/\ell$ 以外すべて $5\mu\text{g}/\ell$ 以下の値であり、しかも表底層共に同じような値であった。

栄養塩は全測点でT-Nの値が高くなっていた。これは昨年と同様にNO₃-Nの全点全層の増加によるものと思われ、昨年のNO₃-Nの増加 $3\mu\text{g at}/\ell$ に比べ、今年はそれ以上に $5\mu\text{g at}/\ell$ 程度の増加がみられた。それに加えて湾奥ではNH₄-Nの $6\mu\text{g at}/\ell$ 程度の増加が加わってT-N値を高くしている。

表3 田辺湾環境把握調査水質分析結果

調査日：1989年11月27日

St. No.	Dep. m	水温 °C	塩分	δ t	D O ml/l	飽和度 %	Chl-a μgat/l	T-N	PON	DTN	DIN	NH4-N	NO2-N	NO3-N	T-P	POP	DTP μgat/l	DOP	DIP	透明度 m	E250	時間 h : m
1	0	18.5	32.590	23.31	5.01	89.8	0.54	13.22	0.31	12.91	9.66	3.08	0.39	6.19	0.65	0.15	0.50	0.18	0.32	7.0	95	9 : 45
	10	19.5	34.208	24.29	4.82	88.8	0.92	5.80	0.84	4.96	3.03	1.09	0.29	1.64	0.40	0.04	0.35	0.14	0.22		66	9 : 49
2	0	19.7	34.259	24.28	5.10	94.4	0.72	5.12	0.05	5.07	2.06	0.51	0.27	1.28	0.33	0.02	0.31	0.12	0.19	over	55	9 : 37
	6	19.9	34.257	24.22	5.22	96.8	0.65	4.60	0.05	4.55	2.09	0.46	0.25	1.38	0.32	0.01	0.30	0.14	0.16		58	9 : 43
3	9	18.9	34.171	24.41	4.96	90.5	1.78	7.05	1.46	5.59	2.25	0.32	0.28	1.65	0.48	0.12	0.35	0.15	0.20	5.5	73	9 : 25
	9	18.5	34.057	24.43	5.05	91.5	1.41	6.95	0.10	6.85	3.19	0.66	0.30	2.23	0.46	0.01	0.45	0.18	0.27		81	9 : 29
4	0	18.9	34.123	24.38	5.18	94.4	3.25	8.94	1.67	7.26	2.75	0.92	0.32	1.51	0.46	0.10	0.36	0.14	0.23	4.5	86	10 : 53
	12	19.0	34.168	24.38	4.85	88.7	0.78	7.37	0.63	6.74	3.82	2.05	0.33	1.44	0.65	0.11	0.54	0.29	0.24		71	11 : 1
5	0	20.1	34.345	24.24	4.79	89.2	0.69	6.22	0.07	6.15	3.34	1.91	0.27	1.16	0.35	0.06	0.28	0.04	0.25	10.0	52	10 : 43
	16	20.0	34.322	24.25	4.20	78.2	0.64	9.02	0.03	8.99	6.23	4.26	0.30	1.67	0.60	0.08	0.51	0.03	0.48		52	10 : 46
6	0	19.7	34.345	24.34	4.20	77.8	2.06	12.28	1.93	10.35	7.58	5.90	0.29	1.39	0.66	0.06	0.60	0.18	0.42	7.0	70	10 : 33
	5	19.8	34.327	24.30	4.03	74.6	2.65	13.43	1.78	11.65	8.04	6.34	0.29	1.41	0.86	0.16	0.70	0.24	0.46		76	
	10	19.5	34.312	24.37	3.67	67.6	1.90	15.83	1.10	14.74	10.24	8.60	0.33	1.31	1.05	0.10	0.95	0.29	0.66		110	
	14	19.4	34.288	24.38	3.83	70.5	0.89	13.33	0.31	13.01	9.20	7.37	0.35	1.48	0.89	0.10	0.79	0.18	0.60		86	10 : 39
7	0	19.9	34.347	24.29	4.72	87.6	0.51	6.77	0.97	5.80	3.11	1.75	0.27	1.08	0.35	0.02	0.34	0.09	0.25	8.5	56	10 : 18
	14	18.4	34.232	24.59	4.47	80.9	0.93	9.98	0.73	9.25	6.14	4.31	0.34	1.49	0.57	0.07	0.50	0.11	0.37		67	10 : 22
8	0	20.5	34.341	24.13	4.99	93.5	0.51	4.13	0.52	3.60	1.52	0.29	0.26	0.97	0.23	0.01	0.21	0.09	0.13	18.0	45	10 : 2
	21	21.6	34.222	23.74	4.54	86.6	0.70	8.20	0.05	8.15	5.19	3.36	0.36	1.47	0.53	0.01	0.52	0.11	0.40		75	10 : 6
9	0	20.5	34.334	24.12	5.05	94.7	0.53	5.17	0.05	5.12	1.88	0.57	0.30	1.01	0.26	0.05	0.21	0.09	0.13	over	80	9 : 52
	5	20.6	34.326	24.09	4.97	93.3	0.48	4.18	0.05	4.13	1.60	0.50	0.25	0.85	0.22	0.00	0.22	0.09	0.13		56	
	10	20.6	34.321	24.09	5.05	94.9	0.60	4.55	0.21	4.34	1.66	0.56	0.25	0.84	0.22	0.02	0.20	0.04	0.16		53	
	15	20.6	34.322	24.09	5.01	94.0	0.44	4.65	0.68	3.97	1.72	0.52	0.24	0.96	0.18	0.03	0.16	0.01	0.15		63	9 : 58
10	0	20.1	34.322	24.22	5.02	93.5	0.54	5.02	0.65	4.37	1.83	0.62	0.26	0.96	0.26	0.00	0.26	0.10	0.16	10.0	67	9 : 32
	9	19.1	34.108	24.32	4.88	89.2	1.32	7.00	0.26	6.74	3.27	1.07	0.29	1.92	0.41	0.05	0.36	0.11	0.25		85	9 : 36
A	0	17.3	33.106	23.99	4.08	71.9	3.19	16.62	2.40	14.21	11.83	6.03	0.90	4.90	1.23	0.19	1.04	0.24	0.81	2.5	210	9 : 17
	7	17.9	33.680	24.29	4.49	80.3	2.02	10.01	0.34	9.67	7.08	2.93	0.65	3.50	0.70	0.02	0.68	0.20	0.48		123	9 : 21
B	0	18.2	33.897	24.38	5.06	91.1	1.50	8.52	0.78	7.73	4.78	2.35	0.48	1.94	0.55	0.05	0.50	0.25	0.25	2.5	128	10 : 53
	7	17.7	33.746	24.39	4.96	88.4	1.43	9.46	0.10	9.35	6.01	3.40	0.47	2.14	0.54	0.02	0.52	0.25	0.27		112	10 : 56
C	0	18.7	33.705	24.11	4.06	73.6	3.98	19.70	3.14	16.57	11.80	8.04	0.58	3.18	1.32	0.41	0.90	0.30	0.60	2.5	136	10 : 28
	4	19.0	34.191	24.40	4.09	74.7	3.34	13.64	2.04	11.60	7.47	5.17	0.45	1.85	0.92	0.18	0.75	0.31	0.43		107	10 : 31
D	0	18.3	34.253	24.63	4.87	88.0	3.91	11.65	0.63	11.03	6.05	4.12	0.39	1.54	0.67	0.06	0.61	0.30	0.31	4.5	135	10 : 12
	12	19.1	34.261	24.43	4.63	84.8	3.68	10.92	1.25	9.67	6.14	4.14	0.39	1.62	0.61	0.07	0.55	0.22	0.33		103	10 : 16
最大値		21.6	34.347	24.63	5.22	96.8	3.98	19.70	3.14	16.57	11.83	8.60	0.90	6.19	1.32	0.41	1.04	0.31	0.81	18.0	210	
最小値		17.3	32.590	23.31	3.67	67.6	0.44	4.13	0.03	3.60	1.52	0.29	0.24	0.84	0.18	0.00	0.16	0.01	0.13	2.5	45	
平均値		19.4	34.109	24.25	4.68	86.1	1.52	9.04	0.79	8.25	5.08	2.91	0.36	1.81	0.56	0.07	0.49	0.16	0.32	5.9	85	

表 4 田辺湾環境把握調査水質分析結果

調査日：1990年02月19日

St. No.	Dep. m	水温 °C	塩分	δ t	D O ml/l	飽和度 %	Chl-a μgat/l	μgat/l								DIP	透明度 m	E250	時間 h : m				
								T-N	PON	DTN	DIN	NH4-N	NO2-N	NO3-N	T-P					POP	DTP	DOP	
1	0	14.4	33.887	25.24	5.61	94.5	4.26	9.71	0.87	8.84	5.98	0.72	0.59	4.67	0.75	0.26	0.49	0.16	0.33	4.5	132	9 : 25	
	10	15.0	34.164	25.33	5.44	92.7	2.46	8.75	0.37	8.38	5.73	0.66	0.52	4.55	0.74	0.20	0.53	0.19	0.34		99	9 : 28	
2	0	14.4	33.915	25.27	5.58	94.0	3.79	10.74	0.17	10.58	6.97	1.07	0.52	5.37	0.91	0.33	0.58	0.16	0.42	4.2	100	9 : 19	
	6	14.6	34.065	25.34	5.42	91.8	3.20	9.49	0.37	9.12	6.02	0.73	0.52	4.77	0.76	0.13	0.62	0.29	0.34		95	9 : 22	
3	0	14.6	33.925	25.23	5.30	89.5	3.77	11.97	0.97	11.00	6.49	0.98	0.52	4.99	0.77	0.17	0.59	0.13	0.47	4.2	110	9 : 4	
	9	15.0	34.248	25.39	5.31	90.6	3.67	9.67	0.69	8.98	5.63	0.68	0.50	4.45	0.71	0.19	0.51	0.20	0.31		82	9 : 8	
4	0	14.2	33.667	25.12	5.76	96.5	2.42	11.47	0.70	10.77	6.50	0.86	0.56	5.08	0.76	0.22	0.54	0.16	0.38	4.0	106	10 : 48	
	12	15.1	34.364	25.46	5.41	92.6	2.55	9.82	0.73	9.10	5.40	0.48	0.48	4.43	0.54	0.00	0.53	0.21	0.32		76	10 : 52	
5	0	14.4	34.034	25.36	4.84	81.6	1.80	16.36	0.69	15.67	11.51	5.71	0.56	5.24	1.20	0.07	1.13	0.26	0.87	5.0	102	10 : 25	
	16	15.3	34.399	25.44	5.51	94.7	2.03	8.98	0.36	8.62	5.13	0.68	0.46	3.99	0.63	0.19	0.45	0.15	0.30		59	10 : 28	
6	0	14.1	33.822	25.26	4.96	83.0	3.11	17.32	0.97	16.36	12.75	6.75	0.59	5.41	1.36	0.18	1.18	0.25	0.93	4.5	116	10 : 14	
	5	14.2	33.965	25.35	4.79	80.3	1.50	16.54	0.41	16.13	11.42	6.50	0.56	4.35	1.33	0.05	1.29	0.28	1.00		112		
10	14.4	34.034	25.36	4.81	81.1	81.1	1.12	16.83	0.35	16.49	12.14	6.35	0.56	5.23	1.45	0.20	1.25	0.20	1.05		119		
	15	14.4	34.054	25.37	4.74	79.9	1.00	15.81	0.05	15.76	10.51	6.06	0.56	3.89	1.32	0.06	1.25	0.20	1.06		94	10 : 22	
7	0	13.9	33.808	25.29	4.96	82.7	2.21	17.77	0.92	16.86	12.89	6.89	0.57	5.43	1.21	0.04	1.17	0.37	0.81	5.0	89	9 : 58	
	15	14.4	34.028	25.35	4.76	80.2	1.05	16.86	0.49	16.37	12.26	6.40	0.53	5.33	1.41	0.22	1.19	0.29	0.90		115	10 : 2	
8	0	14.9	34.219	25.39	5.28	89.8	1.64	12.69	1.23	11.46	8.28	2.63	0.48	5.17	0.77	0.06	0.71	0.12	0.59	12.0	90	9 : 41	
	23	15.4	34.399	25.42	5.39	92.8	2.40	9.18	0.10	9.09	5.77	0.24	0.44	5.08	0.55	0.01	0.54	0.23	0.31		75	9 : 46	
9	0	14.6	34.068	25.34	4.88	82.6	2.88	10.43	0.14	10.29	6.67	0.91	0.48	5.28	0.61	0.03	0.57	0.01	0.56	9.0	76	9 : 31	
	5	14.8	34.127	25.34	5.59	95.0	2.64	9.79	0.24	9.55	6.61	1.00	0.46	5.16	0.63	0.10	0.53	0.24	0.29		79		
10	15.7	34.451	25.39	5.44	94.1	94.1	1.29	8.74	0.36	8.38	5.53	0.36	0.42	4.75	0.84	0.36	0.48	0.17	0.31		81		
	17	15.4	34.394	25.42	5.56	95.5	2.10	9.31	0.67	8.64	4.95	0.40	0.42	4.14	0.71	0.24	0.48	0.23	0.25		64	9 : 38	
10	0	14.4	33.957	25.30	5.60	94.3	3.67	10.05	0.31	9.74	5.87	0.48	0.52	4.87	0.66	0.02	0.65	0.39	0.26	5.0	64	9 : 12	
	9	15.0	34.267	25.41	5.48	93.4	3.30	10.62	2.12	8.50	5.37	0.19	0.44	4.74	0.63	0.02	0.61	0.33	0.28		107	9 : 16	
A	0	14.2	31.864	23.72	4.15	68.7	1.72	24.74	0.98	23.76	15.76	11.22	0.95	3.59	1.85	0.20	1.64	0.54	1.10	2.9	90	8 : 57	
	7	14.8	34.119	25.34	5.19	88.2	5.30	12.88	1.79	11.09	5.85	1.15	0.54	4.16	0.67	0.01	0.66	0.37	0.29		247	9 : 2	
B	0	14.5	33.812	25.16	5.48	92.3	3.64	12.11	1.03	11.09	7.07	1.54	0.56	4.96	0.77	0.01	0.76	0.44	0.31	3.5	142	10 : 36	
	7	14.9	34.218	25.39	5.19	88.3	3.52	11.60	1.28	10.33	6.32	1.52	0.50	4.30	1.06	0.15	0.90	0.49	0.41		105	10 : 40	
C	0	13.8	33.712	25.23	4.88	81.2	3.92	18.14	0.57	17.57	15.58	6.86	0.59	8.12	1.29	0.19	1.10	0.27	0.83	4.0	120	10 : 7	
	5	13.8	33.829	25.32	4.93	82.1	2.69	17.23	0.43	16.80	12.80	7.28	0.58	4.94	1.17	0.04	1.12	0.29	0.83		109	10 : 10	
D	0	13.6	33.903	25.42	5.35	88.7	1.85	18.66	2.53	16.13	11.36	5.67	0.63	5.06	0.96	0.09	0.87	0.21	0.66	5.0	127	9 : 53	
	11	14.0	33.291	24.87	5.28	87.9	1.80	16.11	0.56	15.55	12.48	7.00	0.63	4.86	1.02	0.14	0.88	0.15	0.73		99	9 : 56	
最大値		15.7	34.451	25.46	5.76	96.5	5.30	24.74	2.53	23.76	15.76	11.22	0.95	8.12	1.85	0.36	1.64	0.54	1.10	12.0	247		
最小値		13.6	31.864	23.72	4.15	68.7	1.00	8.74	0.05	8.38	4.95	0.19	0.42	3.59	0.54	0.00	0.45	0.01	0.25	2.9	59		
平均値		14.6	33.969	25.27	5.22	88.1	2.63	13.14	0.73	12.41	8.55	3.12	0.54	4.89	0.94	0.13	0.81	0.25	0.56	5.2	102		

(5) 窒素と磷の関係

図2は昨年と今年の7回の調査結果（1988年8月の調査は除く）から表層と底層におけるT-NとT-Pの平均値をプロットした。

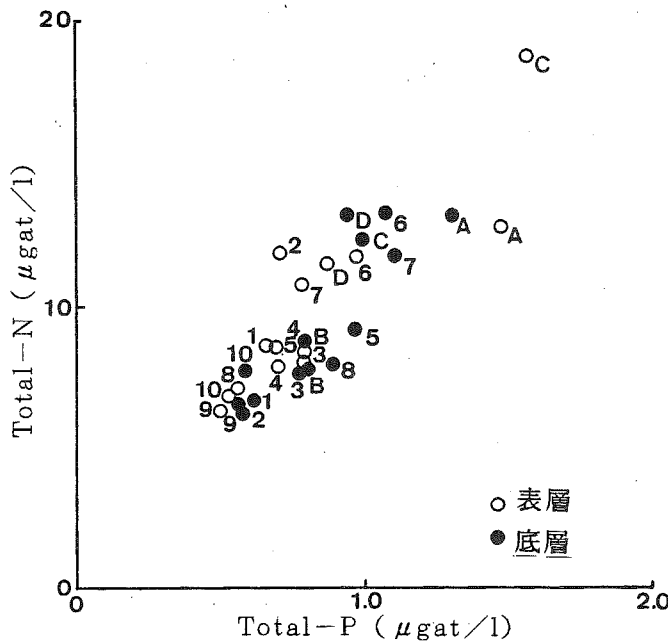


図2 総窒素と総リンとの関係

N・Pの量が少ないほど湾口部か、外海の影響を受け易い定点と思われる。Nで $10 \mu\text{g at/l}$ 、Pで $1 \mu\text{g at/l}$ 程度以下がその中に入るものと考えられる。St.2の表層はPの割合に比べてNの量が高く、また、底層水のN・Pに比べて表層部で数値が高くなっているのは田辺湾に流入する会津川の河川水や小河川の陸水起源によるものである。これら河川水の影響はSt.2に次いでSt.1、3などで顕著に認められる。

St.Aの表層ないし底層は他の定点のN・Pの関係からはずれている。これは、この定点だけが特に海水交換が悪く、田辺湾全域のN・Pの関係に比べて異なった水質形態をとっているものと思われる。

St.6、7、C、Dの定点は養殖漁場及び養殖関連施設からのN・Pの負荷と考えられ、St.Cを除いて常に底層側で栄養塩が高くなっている。St.Cの表層で特に高い数値となっているのは湾奥からN・Pが降雨により流入したものと考えられる。

St.Bは湾の一番奥まった所に位置しているもののN・Pの値は低くなっている。これは、湾奥の割に外海系水の影響をこの二年間は良く受けていた。あるいは、陸上からの特に負荷を受けていない事などが想定できる。

St.Bは湾の一番奥まった所に位置しているもののN・Pの値は低くなっている。これは、湾奥の割に外海系水の影響をこの二年間は良く受けていた。あるいは、陸上からの特に負荷を受けていない事などが想定できる。

(6) 窒素の形態別変化と分布

内湾の富栄養化は栄養負荷の増大に起因している。しかしながら負荷された栄養物質が内湾環境の中で光合成・分解・その他によって化学形態がどのように変化するか解明する必要がある。田辺湾のN・Pの分布は前項で示したとおりであるが、定点ごとに化学的に形態別変化に特徴がみられる。そこで図3、4に2カ年のN成分について形態別変化の分布を示した。

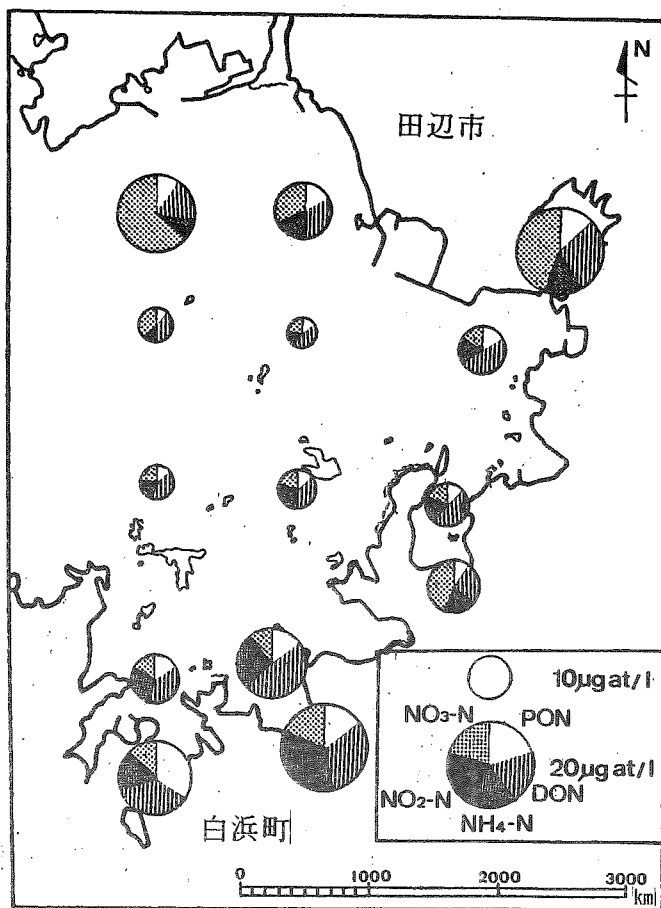


図3 表層における窒素の形態別変化と分布

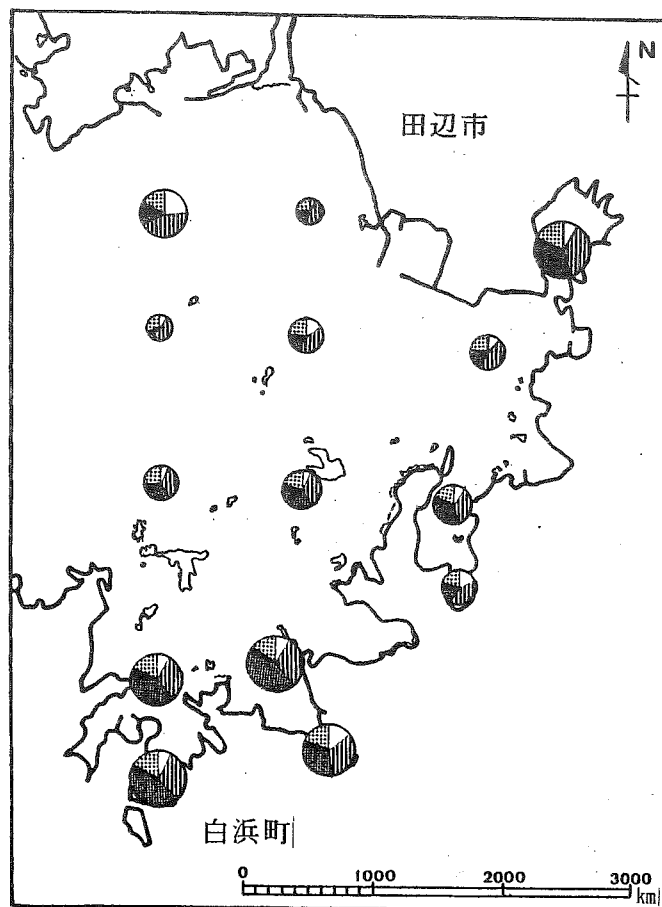


図4 底層における窒素の形態別変化と分布

なお、この図では1988年8月のG.nagasakiense赤潮の発生していたときの数値も平均されているため、特に表層部でこの影響が現れている。従って、図2に比べて表層と底層間の数値に差が見られる。

表層におけるT-N (図3) はそれぞれ沿岸寄りか湾奥で濃度が高くなっている。その中でSt. 1、2、A、B、Cなどは無機態窒素 ($DIN = NH_4-N + NO_2-N + NO_3-N$) の比率が高く陸上からの負荷が原因と思われる。特に北部域ではDINの中で NO_3-N の占める割合が高くなっている。反対に湾中央部から南部にかけてはDINより有機態窒素 (PON+DON) の量が多くなっている。南部域のT-Nの多いところではDINの中で NH_4-N の量が多くなっている。これらは海域における生物生産量の増加が原因と思われる。一方、底層におけるT-N (図4) はSt. 1、2、3、10、Bを除いてDINの量が多く、その中でT-Nの大きい所ほどDINの中で NH_4-N の占める割合が高い。また、その様な定点は底質も悪化している。ただし、St. 1のT-Nが高くなっているのは赤潮発生時の異常に高い数値によるものである。そのため、底層においても表層並みに有機態窒素の量が高くなっている。

2. 底質

調査地点内での田辺湾の底質は、殆どが軟泥でシルト・粘土であった。また、泥質は湾奥部 (St. A、B、C、D)、養殖生簀付近 (St. 4、5、6、7、8) で、黒色化しており硫化物臭を発していた。なお、St. 8は避難漁場である。

(1) 1989年9月11日の調査結果 (表5)

表5 底質分析結果

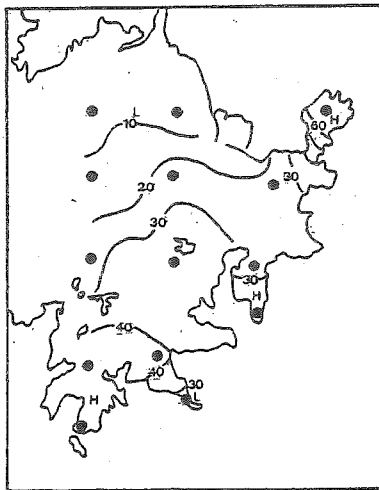
1989年9月11日調査

St	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	A	B	C	D
COD (O ₂ mg/乾泥g)	8.67	4.90	20.54	27.62	38.46	40.92	43.28	29.30	10.85	25.44	67.10	36.52	27.24	46.80
T-S (mg/乾泥g)	0.21	0.09	0.78	1.21	0.34	1.75	0.86	0.73	0.23	0.16	2.37	1.46	2.05	2.20
IL (%)	10.08	5.96	11.51	14.66	19.17	19.34	21.02	17.64	22.61	10.47	16.96	15.32	10.34	13.77

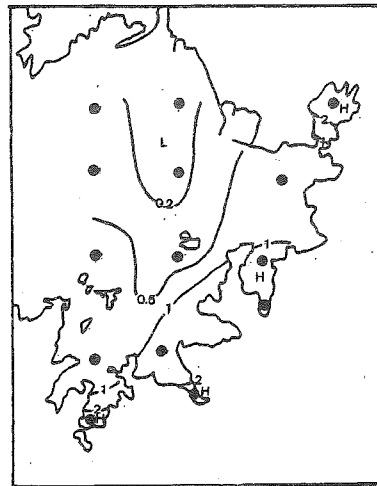
CODはSt.A(文里港)で67.10 O₂mg/乾泥gで最も高く、続いてSt.Dであった。湾奥部では、27.24~67.10 O₂mg/乾泥gの範囲、養殖生簀付近では、27.62~43.20 O₂mg/乾泥gの範囲であった。その他の定点では4.90~29.30 O₂mg/乾泥gの範囲でSt.2が4.90 O₂mg/乾泥gと最も低かった(図5)。

T-Sは、COD同様St.A(文里港)が2.37mg/乾泥gと最も高く、続いてSt.Dであった。湾奥部では、1.46~2.37mg/乾泥gの範囲、養殖生簀付近では、0.34~1.75mg/乾泥gの範囲であった。その他の定点では0.09~0.78mg/乾泥gの範囲で、St.2が0.09mg/乾泥gと最も低かった(図5)。

ILはSt.7が21.02%と最も高く、St.2が5.96%と最も低かった。湾奥部では、10.34~16.96%の範囲、養殖生簀付近では、14.66~21.02%の範囲であった。その他の定点では、5.96~22.61%の範囲であった(図6)。

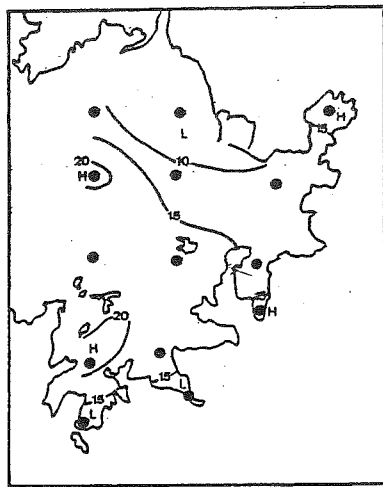


CDO (O₂mg/乾泥g)

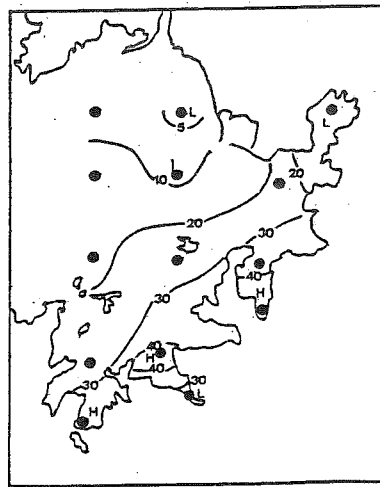


T-S (mg/乾泥g)

図5 CDOおよびT-Sの水平分布 (1989年9月11日)



IL (%)



COD (O₂mg/乾泥g)

図6 IL (1989年9月11日) およびCOD (1990年2月19日)の水平分布

(2) 1990年2月19日の調査結果 (表6)

湾奥部でのCODが14.89~44.50 O₂mg/乾泥g、T-Sが0.22~3.32mg/乾泥g、ILが13.76~23.60%の範囲であった。養殖生簀付近でのCODが19.83~41.11 O₂mg/乾泥g、T-Sが0.48~1.58mg/乾泥g、ILが21.36~28.08%の範囲であった。

その他の定点では、CODが4.65～13.86 O₂mg/乾泥g、T-Sが0.05～0.63mg/乾泥g、ILが8.48～36.64%の範囲であった(図6、7)。

表6 底質分析結果

1990年2月19日調査

St	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	A	B	C	D
COD (O ₂ mg/乾泥g)	7.82	4.65	20.49	37.76	26.39	41.11	25.23	19.83	13.86	8.62	14.89	44.50	29.13	37.57
T-S (mg/乾泥g)	0.08	0.07	0.63	0.96	0.48	1.58	0.78	0.77	0.12	0.05	0.22	1.53	3.32	1.82
IL (%)	8.48	9.34	17.36	26.55	21.36	28.08	22.68	22.10	12.98	36.64	16.77	23.60	13.76	15.61

特に、St. 1、2は底質が砂混じり及び岩盤で汚染物が沈降堆積しにくい場所であり、他の定点に比べ非常に低い値となっている。

次に水域別に値を図8、9に示した。CODについては、9月11日の調査でSt. Aが特に高い値であったため、他の場所に比べ湾奥部が高い値となっている。なお、St. Aは外材の基地となっており、木皮などの沈降等の有機物の堆積が大きなウェートを占めるものと思われる。これを除くと湾奥部と養殖生簀付近では、あまり差は見られなかった。また、養殖生簀付近については、季節的変化が見られ、夏季に比べ冬季の養殖活動の小さいほうが低い値となった。その他の場所では、湾奥部や養殖生簀付近に比べ1/3～1/4の値であった(図8)。CODは20. O₂mg/乾泥gが危険ラインとされ³⁾、その他の場所以外の湾奥部、養殖生簀付近は殆どの定点で数値を越えて悪化が認められた。

T-Sについては、湾奥部>養殖生簀付近>その他の場所となっている。昨年度は養殖生簀付近で季節的変化が見られたものの、今年度はあまり見られなかった。硫化物生産活性は高温期には著しく

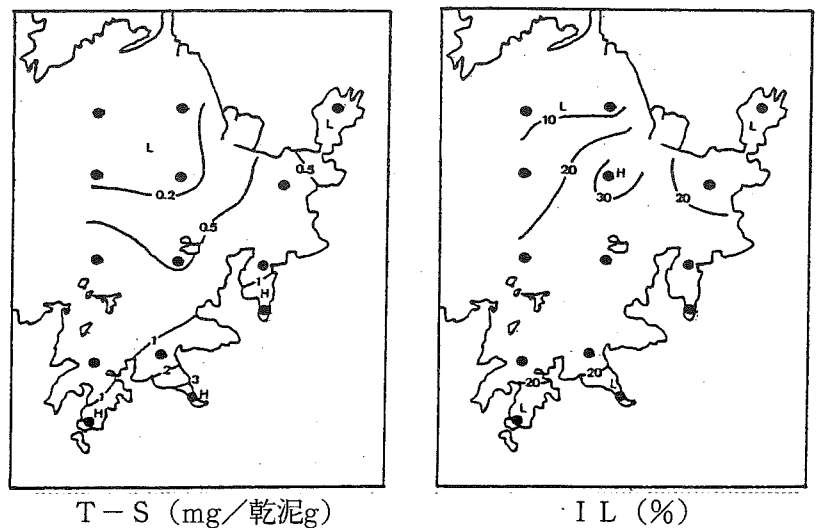


図7 T-SおよびILの水平分布(1990年2月19日)

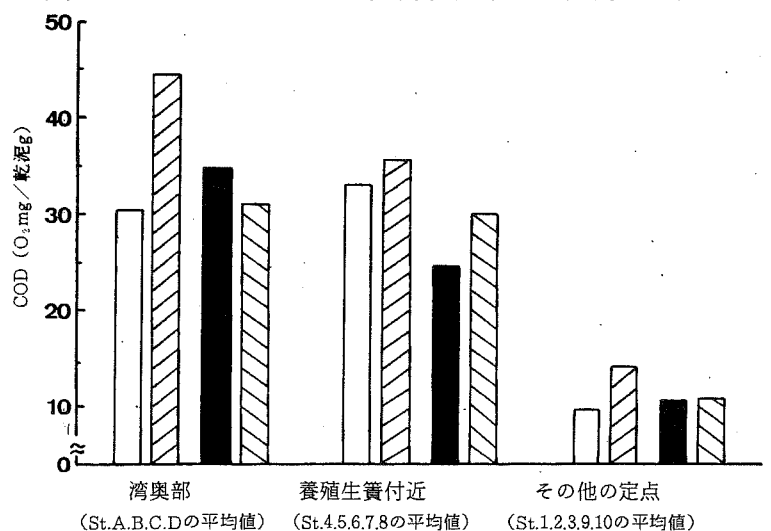


図8 海域別のCOD量

□:1988年 8月17日 ■:1989年 2月21日
 ▨:1989年 9月11日 ▩:1990年 2月19日

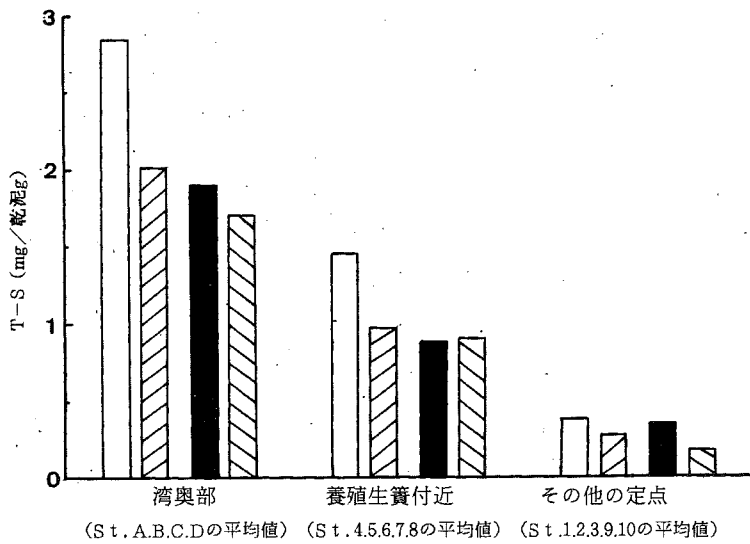


図9 海域別のT-S量

□:1988年 8月17日 ■:1989年 2月21日
 ▨:1989年 9月11日 ▩:1990年 2月19日

増大するとされ、特に昨年度の調査では、湾奥部、養殖生簀付近でその傾向が顕著であった。また、その他の定点では、湾奥部や養殖生簀付近に比べ1/3~1/10の値であった(図9)。

COD、T-Sとも殆ど湾奥部が高い値となっており、負荷有機物質の分解は、地形に基づく水の交換など環境条件に支配されるところが大きいと思われ、ここでの湾奥部の閉鎖性が窺える。

文 献

- 1) 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年度和歌山県水産試験場事業報告、55~70.
- 2) 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.
- 3) 日本水産資源保護協会、1952:水産環境水質基準、1~25.
- 4) 井上裕雄、1971:ハマチ養殖場の環境、とくに底質について、農業土木学会誌、第39巻、第8号、30~37.