

田辺湾環境把握調査*

芳養晴雄・小久保友義・竹内照文

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・改修による排水の流入等、田辺湾における海洋汚染が地域周辺から社会問題として提起されている。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自浄機能の低下、それに湾内からは 魚類養殖からの自家汚染、木材の搬入による海底への外皮の堆積などこれらの有機物汚染が重なり合って富栄養化²⁾現象となっている。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³⁾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・分析結果の概要について報告する。

方 法

1. 水 質

調査は1988年6月1日、8月17日、11月29日、1989年2月14日に行い、観測定点は図1に示す10定点と、湾奥にA～Dの点を設けた。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で5、10m層を追加した。A～D点は0m層とする(1989年以降からB-1m層も追加)。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：STD (アレック電子AST-1000)

D O：ウィンクラー・アジ化ナトリウム変法

塩 分：STD (アレック電子AST-1000)

クロロフィル 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

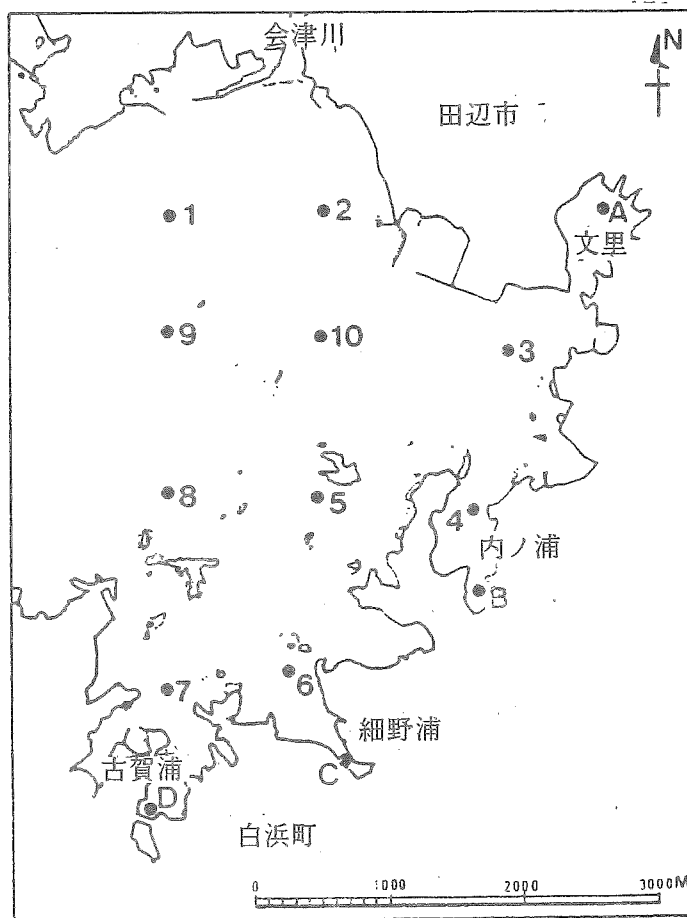


図1 調査定点

* 田辺湾環境把握調査事業費による。

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

PO₄-P : ストリックランド・パーソン法

DTN・DTP : 濾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、プランクトンについては調査時に着色していた地点やクロロフィル-aで10μg/l以上と思われる試水を検鏡により種の査定を行った。

2. 底 質

1988年8月17日、1989年2月21日に図1に示す調査地点において、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℃で分析当日まで凍結保存を行った。分析に際して試料は室温解凍後、泥表面から3cmを切断して分析に供した。なお、泥のCOD、ILは、新編水質汚濁調査指針⁹⁾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) 1988年6月1日の調査結果(表1)

水 温

最低水温はSt.9、10m層の19.3℃、最高水温はSt.A、0m層の21.9℃であった。表底層間の温度差は1.0℃程度と表層側で高くなっていた。0m、B-1m層の水平分布は北側で高目の傾向となっていた(図2)。

塩 分

最低塩分はSt.C、0m層の33.07、最高塩分はSt.8、21m層の34.32となっていた。水平分布から水温の低い海水は塩分が高くなっていた(図2)。

酸素飽和度(O₂%)

最小値はSt.7の15mの78.8%、最大値は同じくSt.7の0m層の115.4%であった。0m層における分布は湾口から湾奥に向かって順次酸素が減少する傾向にあり、B-1m層では北側より南側のほうで酸素の減少が認められた(図3)。

クロロフィル-a

最小値はSt.9、B-1層の0.31μg/l、最大値はSt.6、0m層の20.8μg/lとなっており、St.6、7、8の周辺海域では*Prorocentrum triestinum*が優占し、赤潮状態を呈していた。

0m層の水平分布は南側で高くなっていた。B-1m層においてもSt.6の養殖漁場周辺海域が特に高く、続いて各湾奥部で高くなっていた(図3)。

T-N(総窒素)

最小値はSt.9、18m層の4.26μg/l、最大値はSt.C、0mの14.4μg/lであ

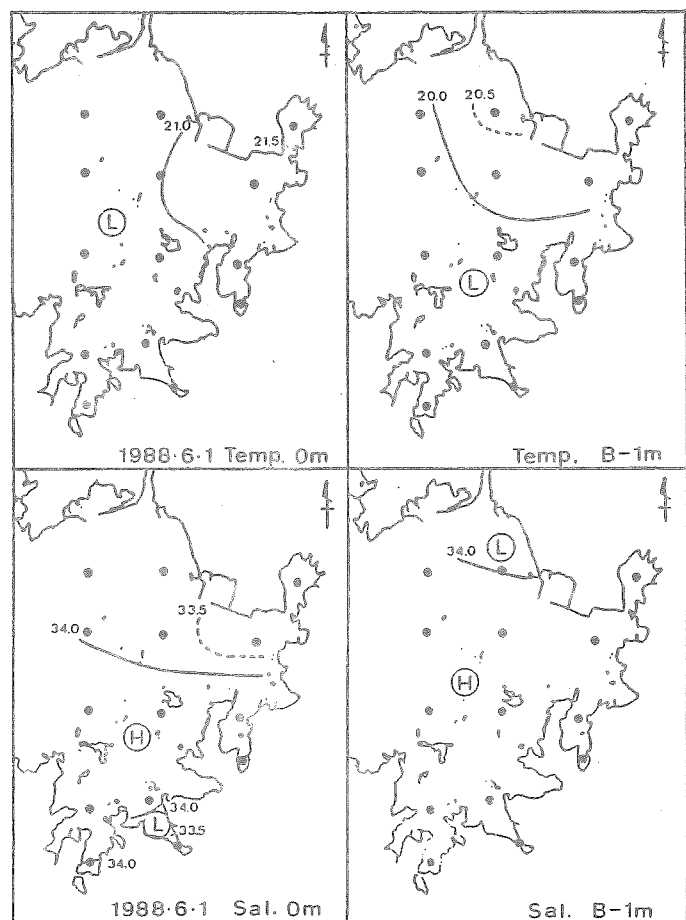


図2 水温および塩分の水平分布(℃・‰)

表 1 田辺湾環境把握調査水質分析結果

調査日：1988年6月1日

| St. No. | Dep. m | 水温 °C | 塩分 | δt | DO ml/l | 飽和度 % | Chl-a μg/l | μgatl/l | | | | | | | | | | 透明度 m | E250 | 時間 h. m | | |
|---------|--------|-------|-------|-------|---------|-------|------------|---------|------|-------|------|--------------------|--------------------|--------------------|------|------|------|-------|------|---------|-----|-------|
| | | | | | | | | T-N | PON | DTN | DIN | NH ₄ -N | NO ₂ -N | NO ₃ -N | T-P | POP | DTP | | | | DOP | DIP |
| 1 | 0 | 20.9 | 34.00 | 23.77 | 5.72 | 107.7 | 1.83 | 5.17 | 1.88 | 3.29 | 0.50 | 0.08 | 0.28 | 0.14 | 0.70 | 0.37 | 0.33 | 0.17 | 0.16 | 4.5 | 65 | 11:08 |
| | 1 | 19.9 | 34.07 | 24.08 | 5.37 | 99.5 | 1.24 | 4.27 | 1.24 | 3.03 | 0.45 | 0.11 | 0.27 | 0.07 | 0.55 | 0.24 | 0.31 | 0.20 | 0.11 | | 45 | 11:10 |
| 2 | 0 | 20.9 | 34.00 | 23.75 | 5.64 | 106.3 | 2.35 | 4.96 | 1.04 | 3.92 | 0.55 | 0.22 | 0.32 | 0.01 | 0.73 | 0.38 | 0.35 | 0.27 | 0.08 | 3.5 | 72 | 11:18 |
| | 4 | 20.8 | 34.02 | 23.81 | 5.45 | 102.5 | 2.04 | 4.60 | 1.11 | 3.49 | 0.61 | 0.29 | 0.00 | 0.32 | 0.84 | 0.50 | 0.34 | 0.23 | 0.11 | | 62 | 11:21 |
| 3 | 0 | 21.1 | 33.09 | 23.01 | 5.22 | 98.1 | 6.21 | 7.80 | 2.59 | 5.21 | 0.67 | 0.41 | 0.25 | 0.01 | 1.19 | 0.67 | 0.52 | 0.37 | 0.15 | 2.8 | 114 | 11:37 |
| | 8 | 20.1 | 34.13 | 24.07 | 4.89 | 91.0 | 6.89 | 6.29 | 1.37 | 4.92 | 0.85 | 0.58 | 0.00 | 0.27 | 1.56 | 0.99 | 0.57 | 0.00 | 0.57 | | 68 | 11:41 |
| 4 | 0 | 21.3 | 34.08 | 23.72 | 5.86 | 111.1 | 5.84 | 7.40 | 2.28 | 5.12 | 1.17 | 0.85 | 0.00 | 0.32 | 1.39 | 0.83 | 0.56 | 0.37 | 0.19 | 3.0 | 82 | 12:03 |
| | 1 | 19.7 | 34.20 | 24.23 | 5.10 | 94.3 | 6.31 | 6.20 | 1.62 | 4.58 | 1.15 | 0.83 | 0.32 | 0.00 | 1.06 | 0.53 | 0.53 | 0.30 | 0.23 | | 59 | 12:18 |
| 5 | 0 | 20.8 | 34.08 | 23.86 | 5.59 | 105.1 | 6.11 | 6.43 | 1.90 | 4.53 | 0.75 | 0.44 | 0.31 | 0.00 | 1.00 | 0.39 | 0.61 | 0.42 | 0.19 | 4.0 | 84 | 10:33 |
| | 1 | 19.9 | 34.18 | 24.15 | 4.29 | 79.6 | 2.02 | 7.88 | 0.24 | 7.64 | 4.82 | 3.51 | 0.39 | 0.92 | 1.98 | 0.26 | 1.72 | 0.54 | 1.18 | | 43 | 10:40 |
| 6 | 0 | 20.5 | 34.13 | 23.96 | 5.78 | 108.3 | 20.84 | 10.15 | 3.58 | 6.57 | 1.01 | 0.52 | 0.40 | 0.09 | 1.55 | 0.96 | 0.59 | 0.42 | 0.17 | 2.6 | 131 | 9:58 |
| | 5 | 20.4 | 34.16 | 24.01 | 5.19 | 97.1 | 12.93 | 8.87 | 3.48 | 5.39 | 1.38 | 0.85 | 0.32 | 0.21 | 1.26 | 0.31 | 0.95 | 0.77 | 0.18 | | 99 | } |
| 1 | 20.2 | 34.18 | 24.10 | 4.89 | 91.1 | 6.51 | 7.42 | 1.37 | 6.05 | 1.93 | 1.38 | 0.36 | 0.19 | 1.01 | 0.37 | 0.64 | 0.49 | 0.15 | | 79 | | |
| 7 | 1 | 19.7 | 34.26 | 24.27 | 4.98 | 92.1 | 11.02 | 11.78 | 3.50 | 8.28 | 2.19 | 1.62 | 0.39 | 0.18 | 1.40 | 0.40 | 1.00 | 0.74 | 0.26 | | 103 | 10:08 |
| | 0 | 20.7 | 34.08 | 23.89 | 6.15 | 115.4 | 16.84 | 11.45 | 4.88 | 6.57 | 0.74 | 0.21 | 0.35 | 0.18 | 1.18 | 0.63 | 0.55 | 0.41 | 0.14 | 2.9 | 116 | 10:19 |
| 8 | 1 | 19.6 | 34.22 | 24.27 | 4.27 | 78.8 | 4.63 | 11.58 | 2.06 | 9.52 | 4.62 | 3.83 | 0.40 | 0.39 | 1.56 | 0.44 | 1.12 | 0.55 | 0.57 | | 75 | 10:23 |
| | 0 | 20.5 | 34.10 | 23.94 | 5.93 | 111.1 | 16.86 | 7.21 | 2.18 | 5.03 | 0.62 | 0.14 | 0.37 | 0.11 | 0.96 | 0.34 | 0.62 | 0.49 | 0.13 | 3.4 | 101 | 10:44 |
| 9 | 2 | 19.7 | 34.32 | 24.33 | 4.74 | 87.6 | 2.63 | 5.88 | 0.17 | 5.71 | 2.65 | 1.99 | 0.35 | 0.31 | 0.84 | 0.14 | 0.70 | 0.24 | 0.46 | | 53 | 10:53 |
| | 0 | 20.8 | 34.02 | 23.81 | 5.84 | 109.8 | 6.40 | 5.95 | 1.82 | 4.13 | 1.06 | 0.53 | 0.35 | 0.18 | 0.79 | 0.27 | 0.52 | 0.31 | 0.21 | 3.0 | 99 | 10:55 |
| 10 | 5 | 20.3 | 33.94 | 23.89 | 5.81 | 108.2 | 4.08 | 4.61 | 0.81 | 3.80 | 0.64 | 0.21 | 0.35 | 0.08 | 0.85 | 0.45 | 0.40 | 0.27 | 0.13 | | 78 | } |
| | 1 | 19.3 | 33.81 | 24.04 | 5.53 | 101.3 | 0.33 | 4.48 | 0.68 | 3.80 | 0.49 | 0.12 | 0.33 | 0.04 | 0.46 | 0.00 | 0.46 | 0.25 | 0.21 | | 43 | |
| A | 1 | 19.9 | 34.24 | 24.21 | 5.43 | 100.7 | 0.31 | 4.26 | 0.57 | 3.69 | 0.68 | 0.27 | 0.33 | 0.08 | 0.48 | 0.05 | 0.43 | 0.00 | 0.43 | | 32 | 11:03 |
| | 0 | 21.0 | 33.94 | 23.68 | 5.77 | 108.9 | 4.47 | 7.43 | 2.29 | 5.14 | 0.91 | 0.47 | 0.34 | 0.10 | 0.86 | 0.24 | 0.62 | 0.47 | 0.15 | 4.0 | 98 | 11:26 |
| B | 8 | 20.1 | 34.14 | 24.09 | 5.20 | 96.7 | 4.10 | 5.72 | 1.13 | 4.59 | 0.80 | 0.35 | 0.35 | 0.10 | 0.65 | 0.17 | 0.48 | 0.33 | 0.15 | | 51 | 11:29 |
| | 0 | 21.9 | 33.33 | 22.97 | 4.91 | 93.7 | 6.63 | 7.76 | 2.37 | 5.39 | 0.68 | 0.24 | 0.34 | 0.10 | 1.33 | 0.63 | 0.70 | 0.52 | 0.18 | 2.0 | 98 | 11:43 |
| C | 0 | 21.2 | 34.04 | 23.70 | 5.47 | 103.6 | 2.90 | 6.69 | 1.88 | 4.81 | 0.90 | 0.47 | 0.25 | 0.18 | 1.05 | 0.57 | 0.48 | 0.31 | 0.17 | 2.2 | 124 | 11:57 |
| | 0 | 20.6 | 33.07 | 23.13 | 4.72 | 88.0 | 7.77 | 14.40 | 1.93 | 12.47 | 6.78 | 5.02 | 0.44 | 1.32 | 1.88 | 0.86 | 1.02 | 0.57 | 0.45 | OVER | 160 | 9:45 |
| D | 0 | 20.6 | 34.03 | 23.86 | 5.97 | 111.9 | 9.03 | 8.44 | 3.30 | 5.14 | 1.13 | 0.59 | 0.39 | 0.15 | 0.97 | 0.41 | 0.56 | 0.35 | 0.21 | 3.3 | 108 | 10:14 |

った。湾全体では0m、B-1m層ともに南側及び湾奥になるに従い高くなる傾向にあった(図4)。

T-P (総磷)

最小値はSt. 9、10m層の0.46 $\mu\text{gat}/\ell$ 、最大値はSt. 5、B-1m層の1.98 $\mu\text{gat}/\ell$ であった。

水平分布はT-Nの分布とほぼ類似し、B-1m層ではSt. 7からSt. 3にかけて帯状に湾奥より高い数値が見られた(図4)。

水質分析結果(6月)のまとめ

降水量は5月下旬で20mmとなっており、しかもまとまった雨は22日の19mm⁶⁾と、比較的河川水量の少ない時に調査を行った。

従って、塩分はほとんどの定点で34台が認められた。T-Nにおいても5 $\mu\text{gat}/\ell$ 以下を示す定点はSt. 1、2、9で認められ、ある程度外海系水の進入があったものと思われた。しかし、透明度は全観測点で5m以下を示した。これら透明度の低い原因は、おもにP. triestinum赤潮によるものと思われ、それらの観測点はT-Nで10 $\mu\text{gat}/\ell$ 以上認められた。また、St. 6、7、Cでは、P. triestinumの影響により、クロロフィル-aの値は10 $\mu\text{g}/\ell$ を越え、酸素飽和度も100%を越えていた。ただし、この場合の酸素飽和度はT-Nの濃度の低いところや、塩分の高いところでも100%を越えていた。

酸素飽和度は養殖漁場周辺海域(St. 5、7)のB-1m層で80%以下の値を示し、他の定点に比べて酸素が少なくなっていた。貧酸素水塊の出現は表層間における水温差に左右

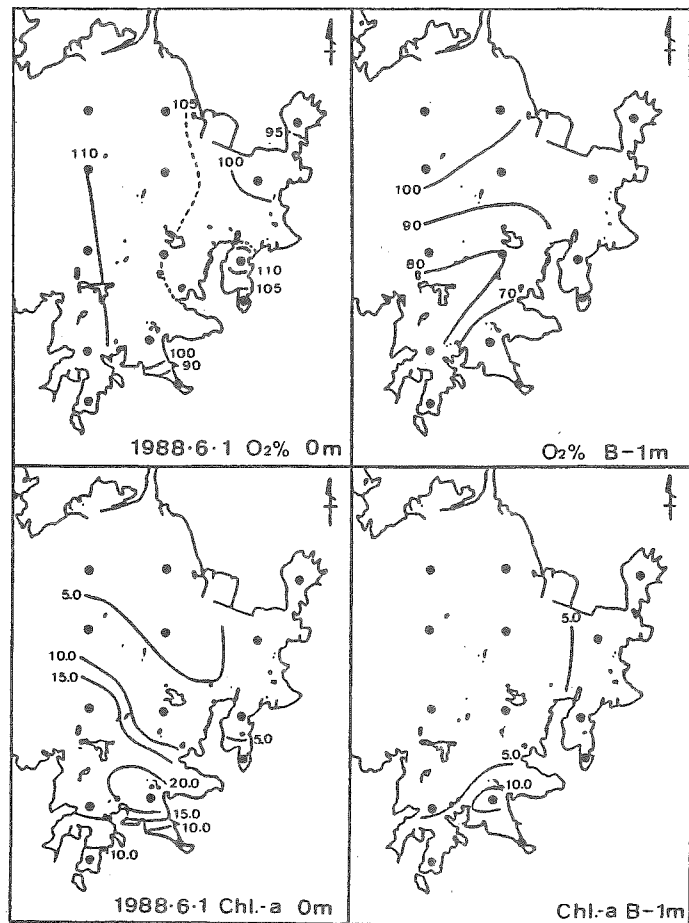


図3 酸素飽和度およびクロロフィル-aの水平分布(%、 $\mu\text{g}/\ell$)

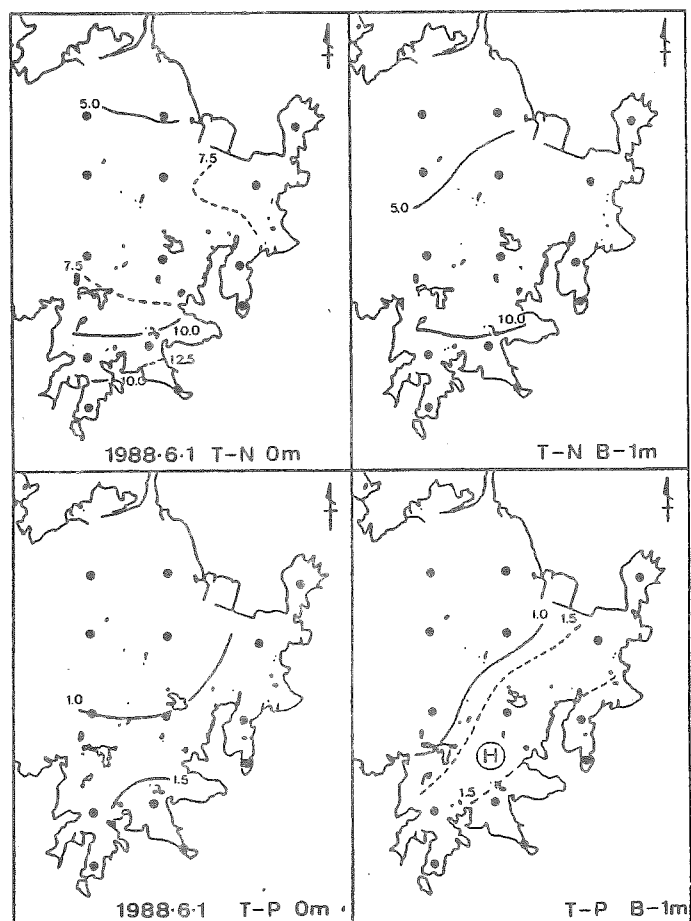


図4 総窒素および磷の水平分布($\mu\text{gat}/\ell$)

される³⁾とされており、この調査時における水温差(1℃)は小さく、大きな酸素飽和度の減少は見られなかったものと思われる。また、このような地点では酸素の減少にともなってNH₄-Nの増加が認められた。他の定点のNH₄-Nは1.0μgat/l以下となっているのに対して、この地点のNH₄-Nは3.5μgat/l以上と突出していた。特にSt. Cは表層であるにもかかわらずNH₄-Nは5.02μgat/lと全定点で一番高い値となっていた。このように酸素の減少にともなってNH₄-Nが増加する現象は養殖漁場周辺海域の特徴の一つと考えられる。

(2) 1988年8月17日の調査結果(表2)
水 温

最低水温はSt.9、B-1m層の23.8℃、最高水温はSt.4、0m層の28.1℃であった。表底層間の温度差は1℃程度(St.1、8、9を除く)で表層側で高くなっていた。特に、20m以深を越える定点では3℃以上の差が認められた(St.8、9)。0m層の水平分布は内ノ浦(St.4)が若干高く、他の湾奥は河川水の影響によるものが低目であった(図5)。

塩 分

最低塩分はSt.A、0m層の5.76、最高塩分はSt.9、B-1m層の33.74であった。

水平分布は水温と同じような傾向を示し、特に文里港内(St.A)は淡水で覆われた状態となっていた。B-1m層は20m以深でも33台の値となり湾全体が低塩分化していた(図5)。

酸素飽和度

最小値はSt.6、B-1m層の43.6%、最大値はSt.4、2m層の106.0%であった。

0m層の分布からは全体的に酸素の減少が認められ、ほとんどの定点で100%以下の値を示した。また、

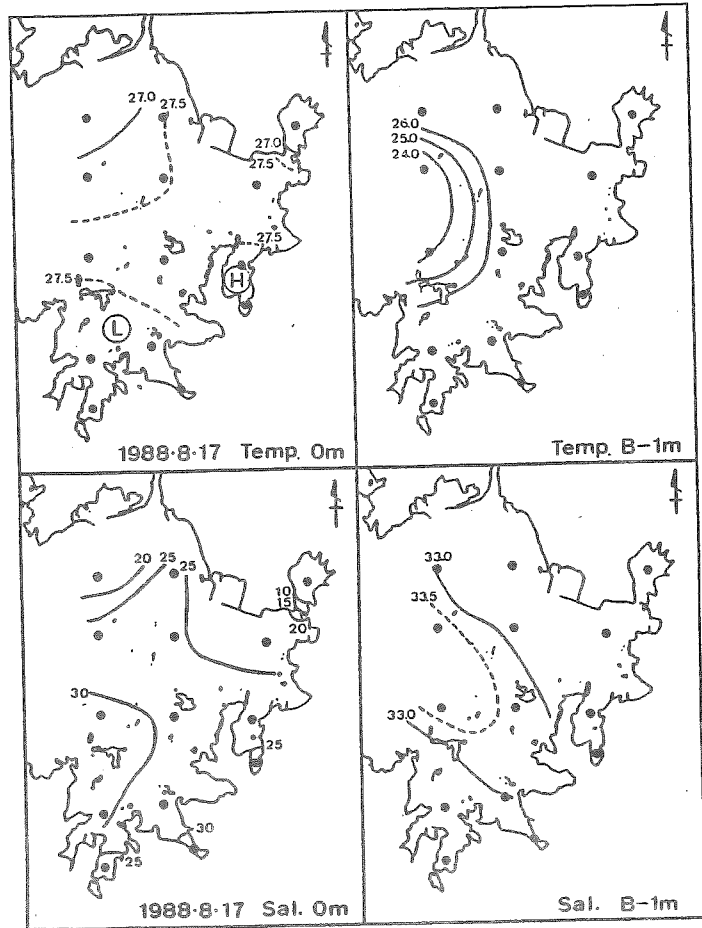


図5 水温および塩分の水平分布(℃・‰)

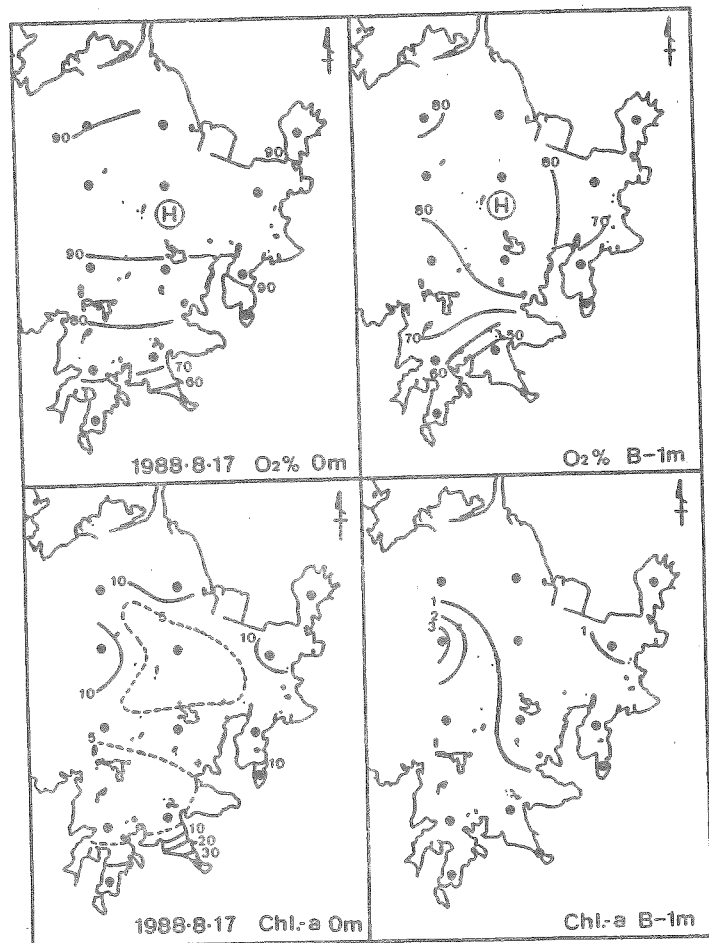


図6 酸素飽和度及びクロロフィル-aの水平分布(%・μg/l)

表2 田冠灣環境把握調查水質分析結果

調查日: 1988年8月7日

| St. No. | Dep. m | 水溫 °C | 塩分 | δ t | DO ml/L | 飽和度 % | Chl-a μg/L | T-N | PON | DTN | μgat/L | | | | NO ₂ -N | NO ₃ -N | T-P | POP | μgat/L | | | DIP | 透明度 m | E250 | 時間 h m |
|---------|--------|-------|-------|-------|---------|-------|------------|-------|-------|-------|--------|--------------------|--------------------|-------|--------------------|--------------------|------|------|--------|-----|-------|-------|-------|------|--------|
| | | | | | | | | | | | DIN | NH ₄ -N | PO ₄ -P | DTP | | | | | DOP | | | | | | |
| 1 | 0 | 26.2 | 17.85 | 10.10 | 4.81 | 89.7 | 7.19 | 86.50 | 4.98 | 81.52 | 72.81 | 0.95 | 0.48 | 71.38 | 2.55 | 1.27 | 1.28 | 0.25 | 1.03 | 0.5 | 475 | 10: 5 | | | |
| | 1 1 | 26.6 | 33.04 | 21.36 | 3.81 | 78.5 | 0.42 | 37.86 | 16.23 | 21.63 | 3.63 | 1.92 | 0.59 | 1.12 | 0.71 | 0.14 | 0.57 | 0.21 | 0.36 | 80 | 10: 9 | | | | |
| 2 | 0 | 27.5 | 25.58 | 15.50 | 4.30 | 95.8 | 12.73 | 19.49 | 6.09 | 13.40 | 3.98 | 1.22 | 0.51 | 2.25 | 1.49 | 0.77 | 0.72 | 0.33 | 0.39 | 1.0 | 334 | 10:13 | | | |
| | 7 | 26.8 | 32.94 | 21.22 | 4.02 | 83.1 | 0.81 | 5.78 | 0.13 | 5.65 | 2.28 | 1.31 | 0.56 | 0.41 | 0.39 | 0.00 | 0.39 | 0.06 | 0.33 | 102 | 10:16 | | | | |
| 3 | 0 | 27.8 | 23.50 | 13.84 | 4.58 | 90.8 | 12.55 | 31.30 | 5.01 | 26.29 | 5.33 | 4.24 | 0.53 | 1.06 | 1.83 | 0.89 | 0.94 | 0.36 | 0.58 | 1.0 | 501 | 10:29 | | | |
| | 9 | 26.8 | 32.89 | 21.20 | 3.69 | 76.2 | 1.07 | 7.56 | 0.12 | 7.44 | 3.66 | 2.25 | 0.59 | 0.82 | 0.49 | 0.15 | 0.34 | 0.20 | 0.14 | 95 | 10:32 | | | | |
| 4 | 0 | 28.1 | 26.25 | 15.79 | 4.61 | 93.5 | 6.25 | 22.11 | 1.31 | 20.80 | 7.06 | 3.80 | 0.41 | 2.85 | 1.77 | 0.55 | 1.22 | 0.54 | 0.68 | 1.5 | 563 | 11: 2 | | | |
| | 2 | 27.7 | 31.61 | 19.94 | 5.09 | 106.0 | 11.32 | 9.83 | 3.69 | 6.14 | 2.19 | 0.61 | 0.26 | 1.32 | 0.84 | 0.39 | 0.45 | 0.22 | 0.23 | 213 | ~ | | | | |
| 5 | 5 | 27.0 | 32.62 | 20.94 | 2.50 | 51.7 | 1.56 | 11.11 | 1.26 | 9.85 | 6.87 | 5.15 | 0.34 | 1.38 | 0.54 | 0.17 | 0.37 | 0.23 | 0.14 | 138 | ~ | | | | |
| | 1 0 | 26.6 | 32.85 | 21.23 | 3.42 | 70.4 | 0.66 | 11.15 | 0.23 | 10.92 | 7.81 | 6.01 | 0.37 | 1.43 | 0.93 | 0.20 | 0.73 | 0.25 | 0.48 | 123 | ~ | | | | |
| 6 | 1 3 | 26.5 | 32.94 | 21.33 | 3.31 | 68.0 | 0.82 | 12.21 | 0.86 | 11.35 | 8.51 | 6.56 | 0.46 | 1.49 | 1.29 | 0.23 | 1.06 | 0.32 | 0.74 | 124 | 11:25 | | | | |
| | 0 | 27.6 | 29.34 | 18.27 | 4.26 | 87.3 | 5.18 | 9.82 | 1.66 | 8.16 | 2.86 | 1.40 | 0.33 | 1.13 | 0.66 | 0.25 | 0.41 | 0.18 | 0.23 | 3.0 | 220 | 9:37 | | | |
| 7 | 1 2 | 26.8 | 33.10 | 21.34 | 4.17 | 86.3 | 0.85 | 6.71 | 0.82 | 5.89 | 2.58 | 1.25 | 0.36 | 0.97 | 0.45 | 0.07 | 0.38 | 0.14 | 0.24 | 90 | 9:40 | | | | |
| | 0 | 27.4 | 28.37 | 17.61 | 3.88 | 78.7 | 3.35 | 46.63 | 8.83 | 37.80 | 4.76 | 3.41 | 0.33 | 1.02 | 0.77 | 0.18 | 0.59 | 0.33 | 0.26 | 3.0 | 299 | 9: 0 | | | |
| 8 | 5 | 27.0 | 32.49 | 20.82 | 2.61 | 54.0 | 6.44 | 50.45 | 14.98 | 33.47 | 6.11 | 4.88 | 0.34 | 0.89 | 0.58 | 0.19 | 0.39 | 0.25 | 0.14 | 124 | ~ | | | | |
| | 1 0 | 26.7 | 32.80 | 21.15 | 3.19 | 65.8 | 1.55 | 36.67 | 6.57 | 30.10 | 5.59 | 4.32 | 0.37 | 0.90 | 0.61 | 0.17 | 0.44 | 0.19 | 0.25 | 104 | ~ | | | | |
| 9 | 1 6 | 26.3 | 33.00 | 21.45 | 2.13 | 43.6 | 1.33 | 49.91 | 5.49 | 44.42 | 13.75 | 12.30 | 0.41 | 1.04 | 2.07 | 0.12 | 1.95 | 0.24 | 1.71 | 135 | 9: 7 | | | | |
| | 0 | 27.3 | 30.52 | 19.25 | 3.58 | 73.5 | 3.51 | 10.91 | 2.28 | 8.63 | 3.95 | 2.58 | 0.31 | 1.06 | 0.67 | 0.16 | 0.51 | 0.38 | 0.13 | 3.5 | 228 | 9:14 | | | |
| 10 | 1 4 | 26.5 | 32.90 | 21.29 | 3.35 | 68.9 | 1.15 | 10.42 | 0.48 | 9.94 | 6.01 | 4.43 | 0.37 | 1.21 | 0.78 | 0.01 | 0.77 | 0.34 | 0.43 | 121 | 9:18 | | | | |
| | 0 | 27.6 | 30.85 | 19.42 | 4.33 | 89.5 | 5.47 | 10.22 | 1.11 | 9.11 | 3.52 | 2.22 | 0.36 | 0.94 | 0.60 | 0.19 | 0.41 | 0.35 | 0.06 | 4.5 | 181 | 9:45 | | | |
| A | 2 2 | 24.4 | 33.58 | 22.46 | 3.86 | 76.8 | 1.24 | 10.42 | 1.33 | 9.09 | 5.13 | 2.60 | 0.49 | 2.04 | 2.13 | 1.10 | 1.03 | 0.26 | 0.77 | 83 | 9:50 | | | | |
| | 0 | 27.4 | 26.52 | 17.41 | 4.90 | 91.8 | 17.16 | 18.07 | 2.28 | 15.79 | 10.44 | 0.96 | 0.46 | 9.02 | 1.28 | 0.64 | 0.64 | 0.39 | 0.25 | 2.0 | 368 | 9:54 | | | |
| B | 5 | 27.2 | 32.90 | 21.09 | 3.92 | 81.5 | 4.77 | 7.31 | 0.63 | 6.68 | 3.13 | 1.71 | 0.36 | 1.06 | 0.47 | 0.09 | 0.38 | 0.25 | 0.13 | 107 | ~ | | | | |
| | 1 0 | 27.0 | 33.12 | 21.31 | 4.90 | 101.7 | 9.55 | 10.57 | 1.24 | 9.33 | 5.03 | 0.59 | 0.33 | 4.11 | 0.63 | 0.28 | 0.35 | 0.27 | 0.08 | 211 | ~ | | | | |
| C | 2 3 | 23.8 | 33.74 | 22.76 | 4.26 | 84.0 | 3.44 | 5.62 | 0.95 | 4.67 | 1.88 | 0.71 | 0.26 | 0.91 | 0.35 | 0.02 | 0.33 | 0.27 | 0.06 | 98 | 10: 1 | | | | |
| | 0 | 27.5 | 25.26 | 15.25 | 4.55 | 90.6 | 3.43 | 4.79 | 0.90 | 3.89 | 1.05 | 0.24 | 0.22 | 0.59 | 0.53 | 0.23 | 0.30 | 0.15 | 0.15 | 116 | 10:21 | | | | |
| D | 9 | 26.8 | 32.94 | 21.24 | 4.17 | 86.2 | 0.59 | 9.58 | 1.07 | 8.51 | 4.32 | 1.41 | 0.48 | 2.43 | 0.79 | 0.16 | 0.63 | 0.20 | 0.43 | 72 | 10:24 | | | | |
| | 0 | 26.9 | 5.76 | 0.86 | 4.64 | 81.7 | 11.61 | 83.79 | 5.84 | 77.95 | 61.70 | 0.58 | 0.67 | 60.45 | 3.28 | 0.98 | 2.30 | 0.23 | 2.07 | 0.5 | 1454 | 10:38 | | | |
| E | 0 | 27.5 | 24.25 | 14.49 | 4.31 | 85.4 | 10.53 | 40.84 | 1.43 | 39.41 | 36.71 | 3.34 | 0.44 | 31.93 | 1.91 | 0.51 | 1.40 | 0.30 | 1.10 | 0.5 | 640 | 10:56 | | | |
| | 0 | 27.2 | 30.25 | 19.07 | 2.73 | 55.9 | 39.82 | 25.21 | 1.31 | 23.90 | 13.06 | 7.65 | 0.39 | 5.02 | 2.42 | 0.73 | 1.69 | 0.76 | 0.93 | 1.0 | 585 | 8:53 | | | |
| F | 0 | 27.4 | 22.40 | 13.13 | 3.24 | 63.4 | 19.25 | 56.89 | 32.63 | 24.26 | 6.63 | 2.78 | 0.32 | 3.53 | 0.92 | 0.34 | 0.58 | 0.38 | 0.20 | 1.5 | 401 | 9:26 | | | |

北側から南側湾奥に從って順次酸素の減少していく様子が認められた。B-1 m層も0 m層より10%程度少なく、0 m層と同じ様な傾向で南側湾奥にかけて酸素が減少していた(図6)。

クロロフィル-a

最小値はSt.1、B-1m層の0.4 $\mu\text{g}/\text{l}$ 、最大値はSt. c、0 m層の39.8 $\mu\text{g}/\text{l}$ となっていた。クロロフィル-aの高い値はすべてG.nagasakiense赤潮によるものと思われる。

0 m層は南側湾奥で高い傾向を示し、B-1m層はSt. 9の3.44 $\mu\text{g}/\text{l}$ を最高に他の定点は全て1 $\mu\text{g}/\text{l}$ 以下の値であった(図6)。

T-N

最小値はSt.10、0m層の4.79 $\mu\text{gat}/\text{l}$ 、最大値はSt.1、0 m層の86.5 $\mu\text{gat}/\text{l}$ であった。0m層、B-1m層の分布は河川水や赤潮の影響により河口及び湾奥ほど値が高くなっていた(図7)。

T-P

最小値はSt. 9、B-1m層の0.35 $\mu\text{gat}/\text{l}$ 、最大値はSt. A、0 m層の3.28 $\mu\text{gat}/\text{l}$ であった。0 m層の分布はT-Nの分布とほぼ類似していた。また、B-1m層はSt. 6、8の養殖漁場周辺域が高くなっていた(図7)。

水質分析結果(8月)のまとめ

降水量は調査日当日の51mm、また1週間以内に231mmの降雨が観測⁵⁾されている。

從って、河口や内湾では土砂の流出により白濁を呈し、透明度は全ての定点で5 m以下を示し、1 m以下は6定点もあった。また、透明度の低い原因は降雨以外にG.nagasakienseが赤潮状態になっていたことも相乗した原因の一つとなっていた。

このG.nagasakiense赤潮は7月の中旬より発生し、消長を繰り返しながら今日に至っていた⁶⁾。しかし、調査当日は降雨後による表層低塩分化のためか、クロロフィル-aが高くなっているところでも、溶存酸素の減少ある

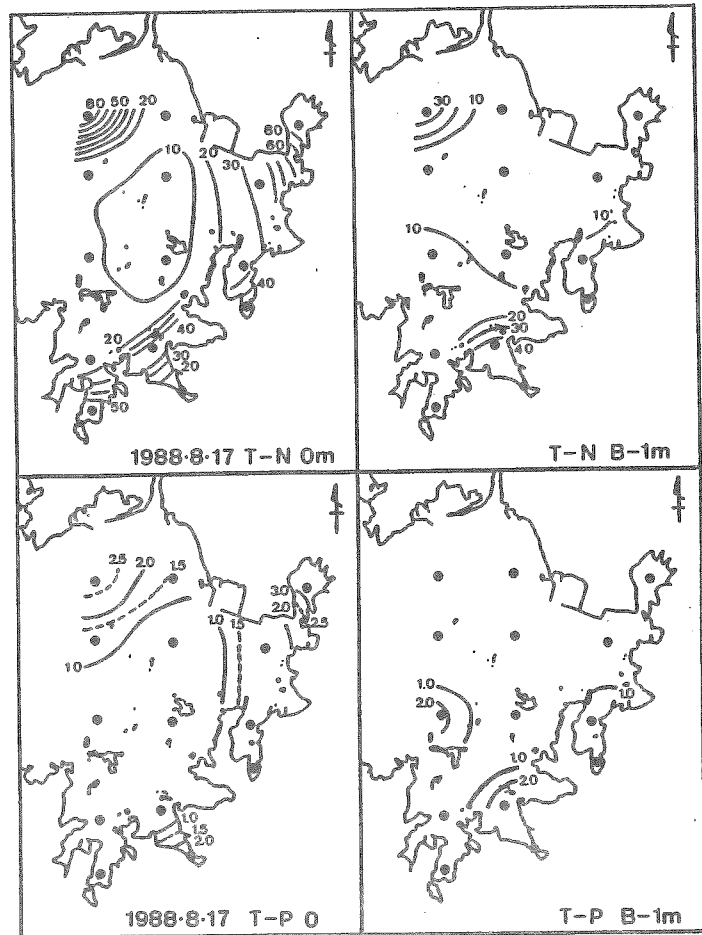


図7 総窒素及び燐の水平分布 ($\mu\text{gat}/\text{l}$)

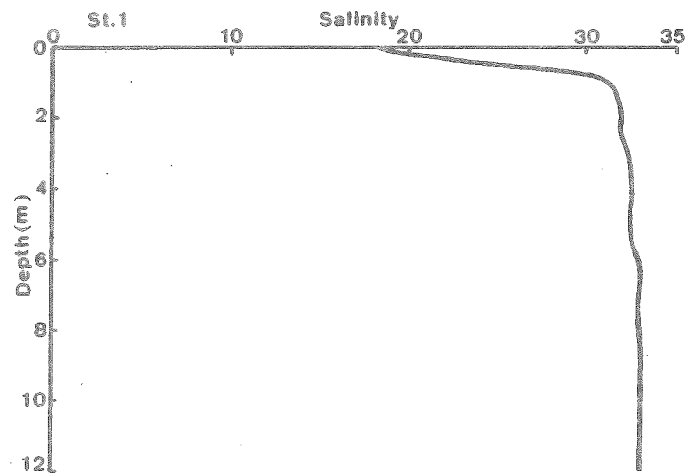


図8 St. 1における塩分の垂直分布

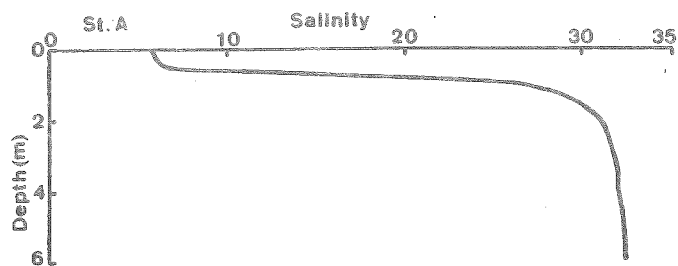


図9 St. Aにおける塩分の垂直分布

いはNH₄-N濃度の増加が認められ、G.nagasakiense赤潮の末期的現象⁷⁾と思われた。ただSt. 4、9の2、10m層のクロロフィル-aの値は11.3、9.55μg/lとそれほど高くなっていないものの酸素飽和度で100%を越えていることから、場所によってはまだまだ増殖可能なG.nagasakiense赤潮が中層付近に存在する可能性も示唆された。

栄養塩は河川水の流入、赤潮の崩壊等により著しく高く、河口、湾奥、養殖漁場周辺域ではT-Nで30μgat/lを越える(通常高くても20μgat/l程度)採水点が多く確認された。今回の調査の中で特に栄養塩が高くなるのに次の二つの特徴があった。まず、河川からの栄養塩の流入があげられる。St. 1、Aがその代表する定点である。St. 1、AのT-Nはそれぞれ87、84μgat/lと全ての試水の中で一番高濃度であった。しかし、窒素成分からみると、St. 1、0m層は84%が無機態窒素(DIN)であり、しかもDINの中で97%がNO₃-Nで占められていた。同じくSt.A、0m層はDIN74%、そのうち98%がNO₃-Nであった。このように河川水は有機物質をほとんど含まず、窒素成分中最終の分解過程であるNO₃-Nが主成分となっていた。従って、田辺湾に対しては栄養塩の供給になるものの酸素消費など直接の原因とはなっていない。また、海域に対して鉛直方向の影響を見るために図8、9にこのときのSt. 1、Aの塩分の鉛直分布を示した。この図からも解るように栄養塩の高い河川水は海域の表面に直接影響を与え、水深が増すごとに塩分は急増し、栄養塩濃度は反比例して減少する。表層部のみ淡水化していたSt.Aにおいても直接河川水の影響が及ぼしていたのは

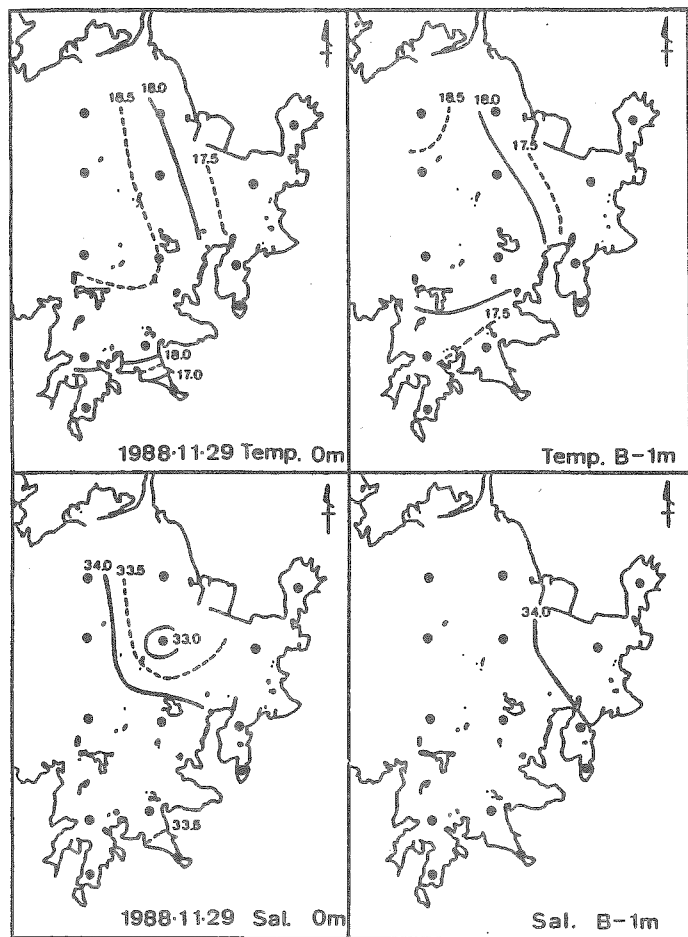


図10 水温および塩分の水平分布(°C・‰)

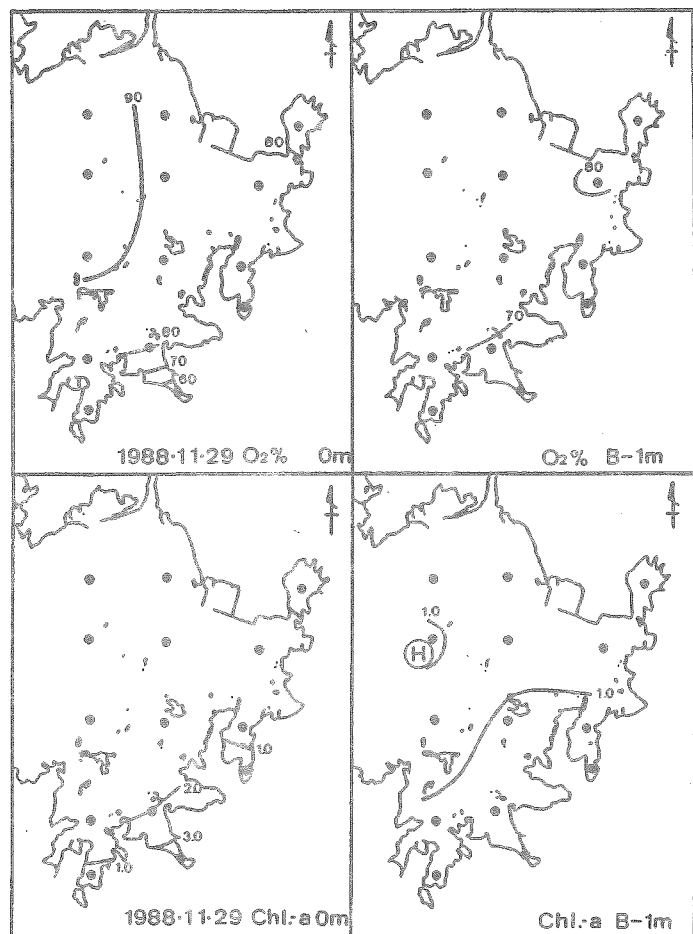


図11 酸素飽和度及びクロロフィル-aの水平分布(°C・μg/l)

水深1~2m程度であった。

一方、St. 6の養殖漁場では表層から底層にかけて均一に栄養塩が高くなっていった。窒素成分からみるとSt. 6、0m層では90%が有機態窒素(PON+DON)で占められ、残り10%のDINの中では $\text{NH}_4\text{-N}$ が72%の割合であった。同じくSt. 6、B-1m層も72%が有機態窒素で占められ、残り28%のDIN中、89%が $\text{NH}_4\text{-N}$ であった。また、 $\text{NH}_4\text{-N}$ の増加は溶存酸素の減少につながり、St. 6、B-1m層の酸素飽和度は44%と貧酸素になっていた。養殖漁場周辺域(St. 4、7)などではT-Nが $10\mu\text{g at/l}$ 程度とSt. 6より低い値となっても $\text{NH}_4\text{-N}$ の値が他の海域よりも高くなっており、同時に $\text{NH}_4\text{-N}$ の増加は酸素が減少する要因となっていた。このように有機物が生物学的分解による過程で多くの酸素を消費する現象が顕著に認められた。

(3) 1988年11月29日の調査結果
(表3)

水温

最低水温はSt. C、0m層の 17.0°C 、最高水温はSt. 9、0mの 18.8°C であった。0m、B-1mの分布ではともに湾奥から湾口に向かって水温が上昇していた(図10)。

塩分

最低塩分はSt. 10、0m層の32.33、最高塩分はSt. D、23m層の34.35となっていた。0m層の分布からは北部域で若干の塩分低下が見られた(図10)。

酸素飽和度

酸素飽和度の最小値はSt. C、0m層の58.6%、最大値はSt. 8、9、0m層の93.9%であった。湾全体では全ての採水点で100%を下回り、文里港(St. A)及び養殖漁場周辺

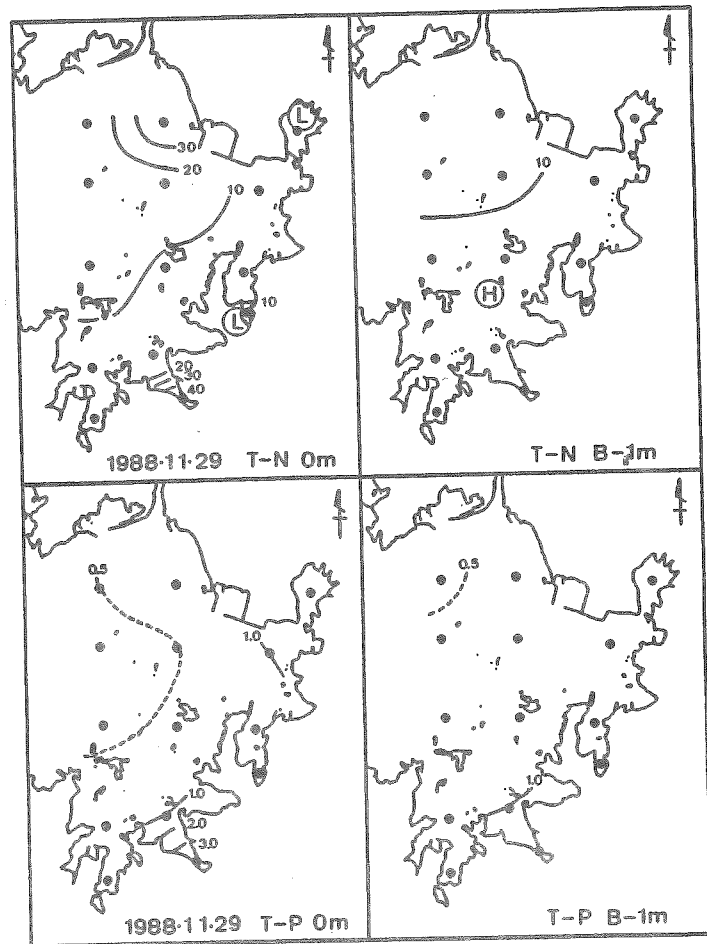


図12 総窒素および燐の水平分布 ($\mu\text{g at/l}$)

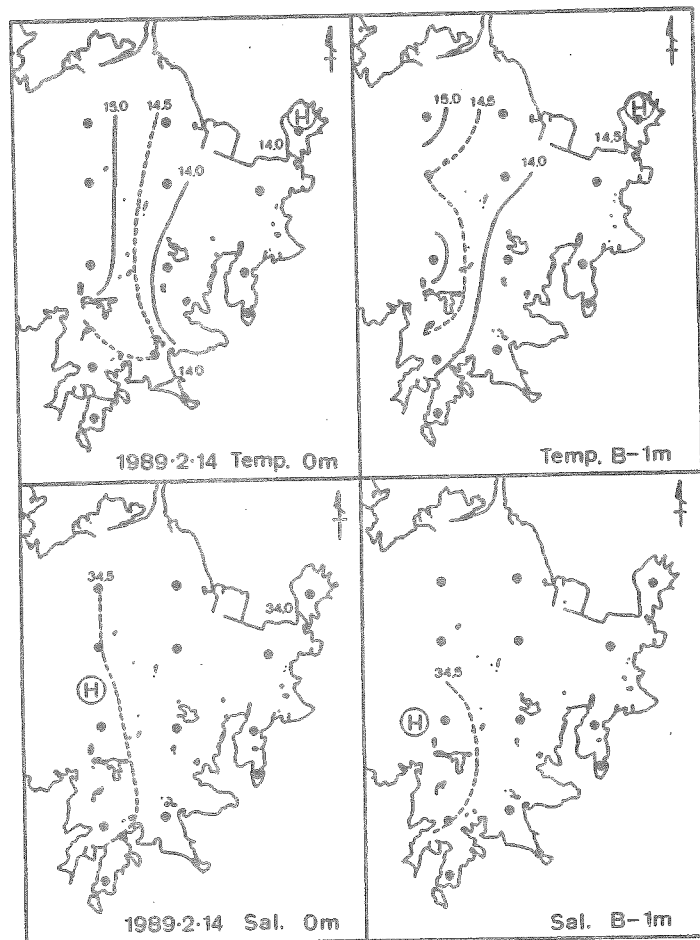


図13 水温および塩分の水平分布 ($^\circ\text{C}\cdot\text{‰}$)

表3 田辺湾環境把握調査水質分析結果

調査日：1988年11月29日

| St. No | Dep. m | 水温 °C | 塩分 | δt | DO ml/l | 飽和度 % | Chl-a μg/l | T-N | PON | DTN | μgat/l | | | | NO ₂ -N | NO ₃ -N | T-P | POP | DTP | DOP | DIP | 透明度 m | E250 | 時間 |
|--------|--------|-------|-------|-------|---------|-------|------------|-------|------|-------|--------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|------|------|------|------|-------|-------|------|----|
| | | | | | | | | | | | DIN | NH ₄ -N | NO ₂ -N | NO ₃ -N | | | | | | | | | | |
| 1 | 0 | 18.8 | 34.21 | 24.46 | 5.15 | 93.8 | 1.19 | 7.11 | 0.95 | 6.16 | 3.71 | 0.74 | 0.48 | 2.49 | 0.46 | 0.01 | 0.45 | 0.25 | 0.20 | 9.0 | 58 | 10:27 | | |
| | 16 | 18.7 | 34.34 | 24.59 | 4.92 | 89.5 | 0.74 | 6.77 | 0.12 | 6.65 | 4.14 | 1.49 | 0.44 | 2.21 | 0.43 | 0.08 | 0.35 | 0.17 | 0.18 | 43 | 10:30 | | | |
| 2 | 0 | 18.0 | 33.35 | 24.01 | 4.92 | 87.9 | 0.96 | 24.98 | 5.59 | 19.39 | 9.64 | 4.36 | 0.51 | 4.77 | 0.77 | 0.15 | 0.62 | 0.31 | 0.31 | 4.0 | 60 | 10:40 | | |
| | 7 | 17.9 | 34.13 | 24.64 | 4.83 | 86.5 | 0.95 | 9.18 | 0.03 | 9.15 | 6.15 | 2.65 | 0.44 | 3.06 | 0.67 | 0.18 | 0.49 | 0.23 | 0.26 | 41 | 10:44 | | | |
| 3 | 0 | 17.1 | 33.76 | 24.54 | 4.80 | 84.7 | 1.20 | 11.11 | 0.95 | 10.16 | 8.07 | 4.09 | 0.51 | 3.47 | 0.97 | 0.42 | 0.55 | 0.06 | 0.49 | 3.5 | 85 | 11:6 | | |
| | 9 | 17.0 | 33.80 | 24.60 | 5.23 | 92.1 | 0.73 | 12.58 | 2.32 | 10.26 | 7.65 | 3.55 | 0.52 | 3.58 | 0.77 | 0.24 | 0.53 | 0.07 | 0.46 | 48 | 11:9 | | | |
| 4 | 0 | 17.4 | 33.94 | 24.61 | 4.79 | 85.0 | 0.89 | 11.72 | 0.96 | 10.76 | 7.15 | 3.53 | 0.54 | 3.08 | 0.72 | 0.02 | 0.70 | 0.38 | 0.32 | 3.0 | 62 | 11:25 | | |
| | 13 | 17.4 | 33.95 | 24.62 | 4.74 | 84.1 | 1.11 | 11.62 | 0.51 | 11.11 | 6.34 | 3.32 | 0.44 | 2.58 | 0.71 | 0.17 | 0.54 | 0.20 | 0.34 | 53 | 11:27 | | | |
| 5 | 0 | 18.5 | 34.20 | 24.54 | 4.67 | 84.6 | 1.38 | | | 9.64 | 6.03 | 2.76 | 0.64 | 2.63 | | | 0.48 | 0.24 | 0.24 | 7.0 | 42 | 11:43 | | |
| | 12 | 18.3 | 34.22 | 24.60 | 4.91 | 88.7 | 1.28 | | | 9.42 | 6.02 | 2.89 | 0.56 | 2.57 | | | 0.50 | 0.15 | 0.35 | 44 | 11:47 | | | |
| 6 | 0 | 18.1 | 34.28 | 24.69 | 4.46 | 80.3 | 2.18 | | | 13.93 | 8.72 | 5.83 | 0.58 | 2.31 | | | 0.81 | 0.28 | 0.53 | 7.0 | 60 | 12:18 | | |
| | 5 | 18.1 | 34.31 | 24.73 | 4.51 | 81.2 | 2.53 | | | 13.53 | 8.09 | 5.31 | 0.58 | 2.20 | | | 0.88 | 0.34 | 0.54 | 65 | 65 | ~ | | |
| 7 | 10 | 17.7 | 34.26 | 24.79 | 4.39 | 78.4 | 2.57 | | | 12.81 | 8.65 | 5.76 | 0.55 | 2.34 | | | 0.74 | 0.26 | 0.48 | 79 | 79 | ~ | | |
| | 15 | 17.3 | 34.14 | 24.78 | 4.21 | 74.7 | 0.96 | | | 14.23 | 10.37 | 7.25 | 0.54 | 2.58 | | | 0.84 | 0.16 | 0.68 | 109 | 109 | 12:24 | | |
| 8 | 0 | 18.2 | 34.18 | 24.59 | 4.89 | 88.2 | 1.39 | | | 12.56 | 6.47 | 3.57 | 0.62 | 2.28 | | | 0.63 | 0.31 | 0.32 | 10.0 | 76 | 12:10 | | |
| | 15 | 17.7 | 34.12 | 24.66 | 4.76 | 85.1 | 1.12 | | | 9.79 | 5.80 | 3.16 | 0.51 | 2.13 | | | 0.64 | 0.26 | 0.38 | 70 | 70 | 12:13 | | |
| 9 | 0 | 18.6 | 34.18 | 24.49 | 5.17 | 93.9 | 1.66 | 6.89 | 0.03 | 6.86 | 3.83 | 0.34 | 0.75 | 2.74 | 0.43 | 0.00 | 0.43 | 0.28 | 0.15 | 6.0 | 37 | 10:0 | | |
| | 25 | 18.2 | 34.32 | 24.70 | 4.55 | 82.1 | 0.78 | 11.23 | 1.09 | 10.14 | 7.79 | 4.76 | 0.56 | 2.47 | 0.71 | 0.10 | 0.61 | 0.15 | 0.46 | 44 | 44 | 10:5 | | |
| 10 | 0 | 18.8 | 34.15 | 24.43 | 5.16 | 93.9 | 1.84 | 7.37 | 0.01 | 7.36 | 4.15 | 0.57 | 0.67 | 2.91 | 0.41 | 0.12 | 0.29 | 0.17 | 0.12 | 5.0 | 46 | 10:10 | | |
| | 5 | 18.8 | 34.25 | 24.49 | 5.06 | 92.2 | 2.22 | 8.09 | 1.09 | 7.00 | 4.02 | 0.54 | 0.69 | 2.79 | 0.39 | 0.05 | 0.34 | 0.16 | 0.18 | 47 | 47 | ~ | | |
| A | 10 | 18.8 | 34.24 | 24.48 | 5.06 | 92.2 | 2.16 | 7.24 | 0.11 | 7.13 | 4.24 | 0.75 | 0.69 | 2.80 | 0.38 | 0.03 | 0.35 | 0.12 | 0.23 | 65 | 65 | ~ | | |
| | 23 | 18.4 | 34.26 | 24.60 | 4.80 | 86.9 | 1.09 | 9.19 | 0.24 | 8.95 | 5.12 | 1.97 | 0.59 | 2.56 | 0.55 | 0.07 | 0.48 | 0.19 | 0.29 | 48 | 48 | 10:16 | | |
| B | 0 | 18.3 | 32.33 | 23.16 | 5.01 | 89.4 | 1.18 | 8.10 | 0.01 | 8.09 | 4.94 | 1.82 | 0.49 | 2.63 | 0.53 | 0.12 | 0.41 | 0.17 | 0.24 | 11.0 | 40 | 10:48 | | |
| | 10 | 18.3 | 34.26 | 24.64 | 4.73 | 85.4 | 0.93 | 9.51 | 0.33 | 9.18 | 5.98 | 3.09 | 0.44 | 2.45 | 0.58 | 0.14 | 0.44 | 0.13 | 0.31 | 59 | 59 | 10:51 | | |
| C | 0 | 17.1 | 33.55 | 24.38 | 4.31 | 75.9 | 0.81 | 8.11 | 0.36 | 7.75 | 10.39 | 5.69 | 0.58 | 4.12 | 1.19 | 0.45 | 0.74 | 0.11 | 0.63 | 3.0 | 82 | 11:2 | | |
| | 0 | 17.3 | 33.92 | 24.61 | 4.58 | 81.2 | 1.96 | 9.66 | 0.27 | 9.39 | 8.06 | 4.81 | 0.42 | 2.83 | 0.81 | 0.13 | 0.68 | 0.30 | 0.38 | 3.0 | 63 | 11:19 | | |
| D | 0 | 17.0 | 33.19 | 24.13 | 3.40 | 59.7 | 3.26 | 47.07 | 7.77 | 39.30 | 23.16 | 16.53 | 0.74 | 5.89 | 3.18 | 0.27 | 2.91 | 0.87 | 2.04 | 3.0 | 276 | 12:29 | | |
| | 0 | 17.8 | 34.35 | 24.82 | 4.75 | 85.2 | 2.05 | 11.95 | 0.48 | 11.47 | 7.32 | 4.20 | 0.49 | 2.63 | 0.99 | 0.33 | 0.66 | 0.24 | 0.42 | 5.0 | 55 | 13:3 | | |

(St. 6, C) で低くなる傾向となっていたが、50%以下を示す所はなかった(図11)。

クロロフィル-a

最小値はSt. 3、8.5m層の0.7 $\mu\text{g}/\ell$ 、最大値はSt. C、0 m層の3.3 $\mu\text{g}/\ell$ となっていた。水平分布からは南側湾奥で高い傾向を示していたが、最高でも3 $\mu\text{g}/\ell$ 程度の値は前2回の調査に比べて数値が低く、特に植物プランクトン量は少なくなっていたものと推定できる(図11)。

T-N

最小値はSt. 1、B-1m層の6.77 $\mu\text{gat}/\ell$ 、最大値はSt. B、0 m層の47.1 $\mu\text{gat}/\ell$ であった。0 m、B-1m層の水平分布はともに全点で6 $\mu\text{gat}/\ell$ 以上占められていた。0 m層ではSt. 2、Cが特に高くなっていた。B-1 m層は0 m層に比べて値に大きな変動はないものの、北部域では6~10 $\mu\text{gat}/\ell$ の値を示し、南部域は反対に10~14 $\mu\text{gat}/\ell$ の値を示した。

なお、水平分布を表す際に欠測したT-NはDINにPONの平均値を加算し、下記のT-Pも同様に処理をした(図12)。

T-P

最小値はSt. 9、10m層の0.38 $\mu\text{gat}/\ell$ 、最大値はSt. C、0 m層の3.18 $\mu\text{gat}/\ell$ であった。0 m層の水平分布はT-Nの分布とほぼ類似する傾向であった。また、B-1m層はSt. 1が0.50 $\mu\text{gat}/\ell$ 以下、St. 6で1.00 $\mu\text{gat}/\ell$ 以上となっている以外各定点は0.70 $\mu\text{gat}/\ell$ 前後の値となっていた(図12)。

水質分析結果(11月)のまとめ

11月は23、24日の両日にわたって50mm程度の降雨⁵⁾があり、その5日後の調査であった。その

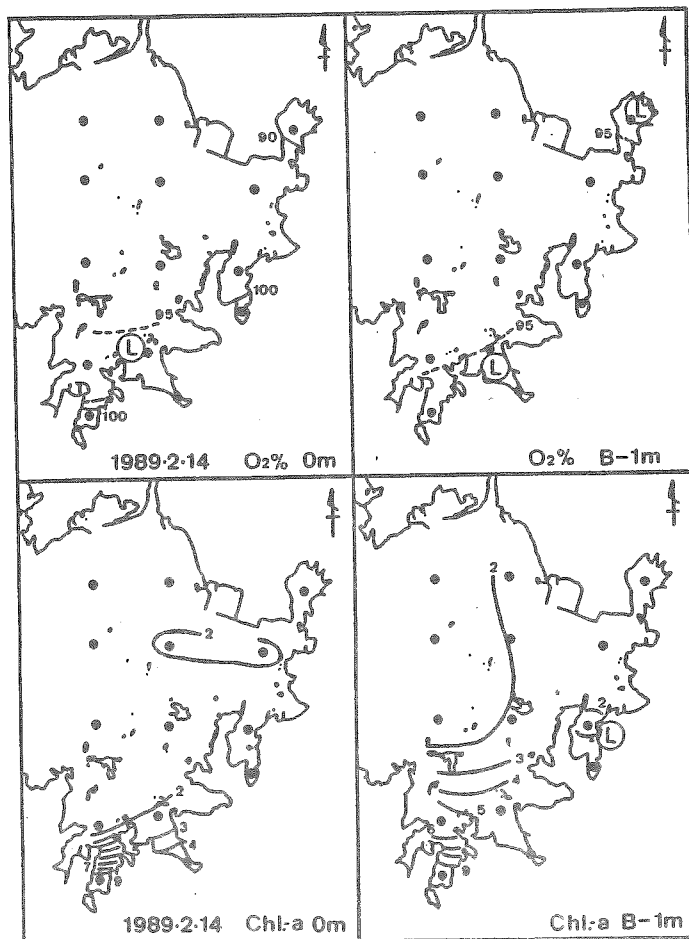


図14 酸素飽和度およびクロロフィル-aの水平分布(%・ $\mu\text{g}/\ell$)

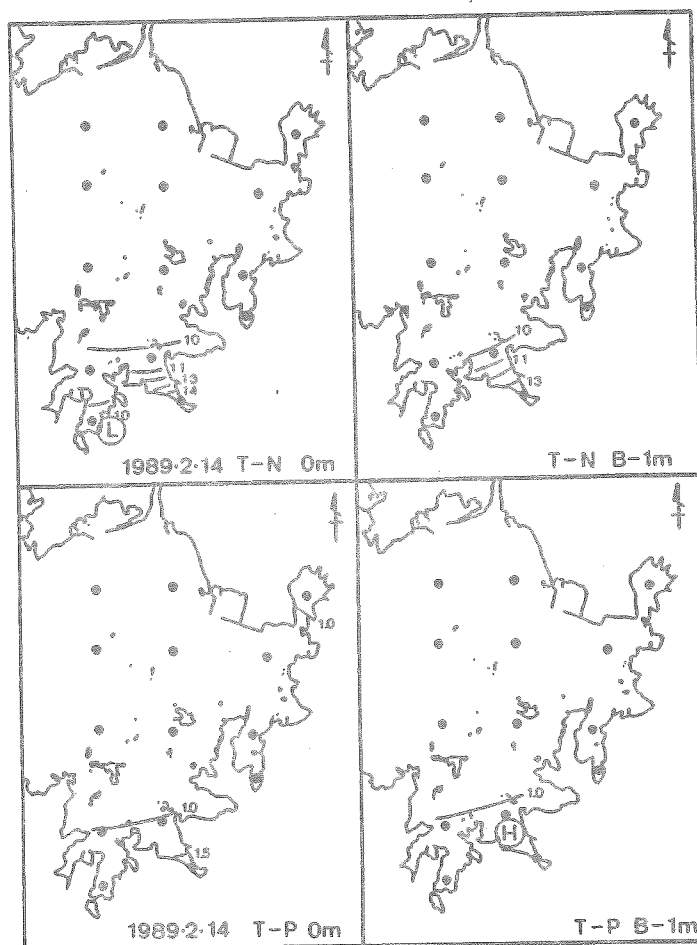


図15 総窒素および磷の水平分布($\mu\text{gat}/\ell$)

表 4 田辺湾環境把握調査水質分析結果

調査日：1989年2月14日

| St. No. | Dep. m | 水温 °C | 塩分 | δ t | DO ml/l | 飽和度 % | Chl-a μg/l | T-N | PON | DTN | μgatl/l | | | | NO ₃ -N | NO ₂ -N | NO _x -N | T-P | POP | μgatl/l | | | 透明度 m | E250 | 時間 h m |
|---------|--------|-------|-------|-------|---------|-------|------------|-------|------|-------|---------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|------|------|---------|------|------|-------|-------|--------|
| | | | | | | | | | | | DIN | NH ₄ -N | NO ₂ -N | NO ₃ -N | | | | | | DTP | DOP | DIP | | | |
| 1 | 0 | 15.4 | 34.52 | 25.51 | 5.56 | 95.7 | 1.20 | 9.21 | 2.18 | 7.03 | 4.09 | 0.26 | 0.43 | 3.40 | 0.43 | 3.40 | 1.03 | 0.32 | 0.71 | 0.35 | 0.36 | 13.0 | 71 | 11:3 | |
| | 1 2 | 15.3 | 34.53 | 25.55 | 5.61 | 96.3 | 1.07 | 7.72 | 0.22 | 7.50 | 4.03 | 0.16 | 0.47 | 3.40 | 0.47 | 3.40 | 0.78 | 0.09 | 0.69 | 0.34 | 0.35 | | 48 | 11:7 | |
| 2 | 0 | 14.4 | 34.16 | 25.47 | 5.66 | 95.4 | 1.54 | 8.40 | 0.53 | 7.87 | 4.83 | 0.99 | 0.47 | 3.37 | 0.47 | 3.37 | 0.76 | 0.05 | 0.71 | 0.32 | 0.39 | 7.0 | 67 | 11:13 | |
| | 6 | 14.2 | 34.25 | 25.57 | 5.82 | 97.5 | 2.24 | 7.97 | 0.94 | 7.03 | 3.38 | 0.35 | 0.40 | 2.63 | 0.40 | 2.63 | 0.75 | 0.05 | 0.70 | 0.45 | 0.25 | | 88 | 11:21 | |
| 3 | 0 | 13.7 | 34.07 | 25.53 | 5.71 | 95.1 | 2.10 | 7.52 | 0.02 | 7.50 | 4.16 | 1.23 | 0.43 | 2.50 | 0.43 | 2.50 | 0.82 | 0.08 | 0.74 | 0.41 | 0.33 | 7.0 | 123 | 11:37 | |
| | 8 | 13.8 | 34.12 | 25.55 | 5.86 | 97.7 | 2.62 | 7.39 | 0.03 | 7.36 | 3.18 | 0.60 | 0.40 | 2.18 | 0.40 | 2.18 | 0.74 | 0.00 | 0.74 | 0.53 | 0.21 | | 113 | 11:40 | |
| 4 | 0 | 13.8 | 34.12 | 25.56 | 5.95 | 99.2 | 1.49 | 6.47 | 0.44 | 6.03 | 2.72 | 0.70 | 0.37 | 1.65 | 0.37 | 1.65 | 0.65 | 0.00 | 0.65 | 0.34 | 0.31 | 6.0 | 110 | 12:6 | |
| | 1 2 | 13.8 | 34.13 | 25.56 | 5.87 | 97.9 | 1.55 | 6.23 | 0.32 | 5.91 | 2.75 | 0.65 | 0.37 | 1.73 | 0.37 | 1.73 | 0.74 | 0.04 | 0.70 | 0.49 | 0.21 | | 92 | 12:10 | |
| 5 | 0 | 13.8 | 34.21 | 25.62 | 5.86 | 97.8 | 1.41 | 7.84 | 1.14 | 6.70 | 3.79 | 1.10 | 0.36 | 2.33 | 0.36 | 2.33 | 0.79 | 0.06 | 0.73 | 0.38 | 0.35 | 10.0 | 105 | 12:20 | |
| | 1 6 | 13.6 | 34.20 | 25.65 | 5.67 | 94.3 | 2.46 | 6.79 | 0.20 | 6.59 | 3.51 | 1.04 | 0.43 | 2.04 | 0.43 | 2.04 | 0.78 | 0.11 | 0.67 | 0.29 | 0.38 | | 102 | 12:24 | |
| 6 | 0 | 14.5 | 34.41 | 25.62 | 5.49 | 92.9 | 2.19 | 10.45 | 1.25 | 9.20 | 6.63 | 3.01 | 0.43 | 3.19 | 0.43 | 3.19 | 1.03 | 0.15 | 0.88 | 0.24 | 0.64 | 8.0 | 82 | 13:3 | |
| | 5 | 14.2 | 34.43 | 25.72 | 5.56 | 93.5 | 2.60 | 11.15 | 1.58 | 9.57 | 6.06 | 2.55 | 0.44 | 3.07 | 0.44 | 3.07 | 1.10 | 0.23 | 0.87 | 0.20 | 0.67 | | 99 | ~ | |
| 7 | 1 0 | 14.0 | 34.40 | 25.72 | 5.52 | 92.6 | 3.59 | 11.74 | 2.63 | 9.11 | 6.40 | 2.91 | 0.43 | 3.06 | 0.43 | 3.06 | 1.09 | 0.15 | 0.94 | 0.21 | 0.73 | | 100 | ~ | |
| | 1 5 | 13.8 | 34.35 | 25.74 | 5.69 | 95.0 | 4.88 | 10.12 | 1.36 | 8.76 | 6.41 | 2.79 | 0.50 | 3.12 | 0.50 | 3.12 | 1.09 | 0.16 | 0.93 | 0.37 | 0.56 | | 88 | 13:10 | |
| 8 | 0 | 14.9 | 34.57 | 25.65 | 5.36 | 91.5 | 1.45 | 11.06 | 1.71 | 9.35 | 6.64 | 2.89 | 0.44 | 3.31 | 0.44 | 3.31 | 0.95 | 0.08 | 0.87 | 0.26 | 0.61 | 9.0 | 68 | 12:52 | |
| | 1 5 | 14.2 | 34.51 | 25.77 | 5.57 | 93.8 | 5.73 | 9.01 | 1.06 | 7.95 | 5.12 | 1.51 | 0.47 | 3.14 | 0.47 | 3.14 | 1.13 | 0.21 | 0.92 | 0.41 | 0.51 | | 78 | 12:56 | |
| 9 | 0 | 15.4 | 34.62 | 25.60 | 5.61 | 96.6 | 1.83 | 6.93 | 0.36 | 6.57 | 4.05 | 0.23 | 0.47 | 3.35 | 0.47 | 3.35 | 0.67 | 0.00 | 0.67 | 0.30 | 0.37 | 13.0 | 56 | 10:30 | |
| | 2 3 | 15.3 | 34.57 | 25.58 | 5.67 | 97.4 | 1.68 | 7.30 | 0.60 | 6.70 | 4.32 | 0.26 | 0.50 | 3.56 | 0.50 | 3.56 | 0.76 | 0.00 | 0.76 | 0.31 | 0.45 | | 54 | 10:37 | |
| 10 | 0 | 15.4 | 34.53 | 25.53 | 5.63 | 96.9 | 1.55 | 7.16 | 1.08 | 6.08 | 4.23 | 0.27 | 0.47 | 3.49 | 0.47 | 3.49 | 0.77 | 0.12 | 0.65 | 0.28 | 0.37 | 13.0 | 78 | 10:41 | |
| | 5 | 15.4 | 34.54 | 25.53 | 5.59 | 96.2 | 1.79 | 6.93 | 0.02 | 6.91 | 4.03 | 0.22 | 0.44 | 3.37 | 0.44 | 3.37 | 0.73 | 0.11 | 0.62 | 0.21 | 0.41 | | 63 | ~ | |
| A | 1 0 | 15.4 | 34.56 | 25.55 | 5.70 | 98.1 | 1.49 | 7.65 | 0.98 | 6.67 | 4.02 | 0.07 | 0.47 | 3.48 | 0.47 | 3.48 | 0.82 | 0.03 | 0.79 | 0.33 | 0.46 | | 76 | ~ | |
| | 2 1 | 14.5 | 34.36 | 25.59 | 5.58 | 94.4 | 1.56 | 8.31 | 0.34 | 7.97 | 4.45 | 0.84 | 0.41 | 3.20 | 0.41 | 3.20 | 0.84 | 0.07 | 0.77 | 0.31 | 0.46 | | 109 | 10:55 | |
| B | 0 | 14.1 | 34.17 | 25.52 | 5.77 | 96.8 | 2.08 | 8.24 | 1.30 | 6.94 | 4.29 | 0.91 | 0.40 | 2.98 | 0.40 | 2.98 | 0.72 | 0.08 | 0.64 | 0.07 | 0.57 | 9.0 | 98 | 11:25 | |
| | 1 0 | 14.2 | 34.30 | 25.60 | 5.72 | 96.2 | 1.99 | 9.69 | 1.41 | 8.28 | 4.33 | 1.06 | 0.40 | 2.87 | 0.40 | 2.87 | 0.88 | 0.20 | 0.68 | 0.26 | 0.42 | | 101 | 11:30 | |
| C | 0 | 14.4 | 33.88 | 25.25 | 5.29 | 89.0 | 1.35 | 9.67 | 1.26 | 8.41 | 5.43 | 2.06 | 0.47 | 2.90 | 0.47 | 2.90 | 1.09 | 0.23 | 0.86 | 0.40 | 0.46 | 4.0 | 133 | 11:45 | |
| | 6 | 14.2 | 34.01 | 25.38 | 5.44 | 91.3 | 2.78 | 8.89 | 1.25 | 7.64 | 4.27 | 1.26 | 0.44 | 2.57 | 0.44 | 2.57 | 0.93 | 0.19 | 0.74 | 0.17 | 0.57 | | 119 | 11:48 | |
| D | 0 | 13.7 | 34.05 | 25.51 | 6.18 | 102.9 | 1.99 | 6.47 | 0.89 | 5.58 | 2.11 | 0.46 | 0.36 | 1.29 | 0.36 | 1.29 | 0.82 | 0.20 | 0.62 | 0.37 | 0.25 | 5.5 | 128 | 11:59 | |
| | 8 | 13.8 | 34.04 | 25.49 | 6.00 | 100.0 | 2.16 | 5.68 | 0.59 | 5.09 | 1.71 | 0.18 | 0.32 | 1.21 | 0.32 | 1.21 | 0.78 | 0.14 | 0.64 | 0.33 | 0.31 | | 140 | 12:3 | |
| E | 0 | 13.8 | 34.08 | 25.53 | 5.60 | 93.3 | 4.55 | 15.75 | 2.18 | 13.57 | 9.48 | 4.96 | 0.58 | 3.94 | 0.58 | 3.94 | 1.56 | 0.33 | 1.23 | 0.46 | 0.77 | 3.5 | 124 | 13:17 | |
| | 1 2 | 13.8 | 34.19 | 25.61 | 5.81 | 96.9 | 5.01 | 13.90 | 1.47 | 12.43 | 7.92 | 3.66 | 0.54 | 3.72 | 0.54 | 3.72 | 1.44 | 0.15 | 1.29 | 0.53 | 0.76 | | 128 | 13:21 | |
| F | 0 | 13.8 | 34.26 | 25.66 | 6.04 | 100.8 | 10.11 | 9.90 | 1.90 | 8.00 | 4.06 | 0.55 | 0.50 | 3.01 | 0.50 | 3.01 | 1.06 | 0.29 | 0.77 | 0.35 | 0.42 | 4.0 | 116 | 12:40 | |
| | 1 6 | 13.6 | 34.32 | 25.74 | 6.01 | 100.1 | 10.06 | 9.57 | 1.47 | 8.10 | 4.34 | 0.86 | 0.50 | 2.98 | 0.50 | 2.98 | 1.02 | 0.19 | 0.83 | 0.26 | 0.57 | | 113 | 12:44 | |

ため塩分は河口や湾奥などで若干低下しており、33台の値もみられた。しかし、全体的には表底層間で34台以上を示し高塩分となっていた。従って、透明度もSt. 7、10などでは10m以上を示した。

T-Nは塩分や透明度から外海水の影響と思われるものの値は全体に高くなっており、 $5.0\mu\text{gat}/\ell$ 以下の採水点はなかった。T-Nが全体的に高目となった原因は $\text{NO}_3\text{-N}$ の湾全体の増加が考えられ、 $\text{NO}_3\text{-N}$ の最小値も $2.13\mu\text{gat}/\ell$ であることから約2~3 $\mu\text{gat}/\ell$ 程度湾外からの付加と考えられた。もし、湾内から有機物の分解にともなって $\text{NO}_3\text{-N}$ が増えたとするなら、養殖漁場周辺の $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度の高いところに比例して $\text{NO}_3\text{-N}$ の濃度も増えることが想定できるが、今回の調査時には $\text{NH}_4\text{-N}$ の増減に関係なく均一に $\text{NO}_3\text{-N}$ が増えていた。St.C、0 m層ではT-N、T-Pが特に高く $\text{NH}_4\text{-N}$ も $16.56\mu\text{gat}/\ell$ を示し酸素飽和度も60%となっていた。

今回の調査は前の2回の調査に比べ水温降下期にあたるためか、田辺湾内の水温・塩分の分布に若干異なった特徴が認められた。水温上昇期の前2回の調査時は湾口になるに従い水温は低下し、塩分は水温が低くなるほど高塩分になる傾向であった。しかし、今回からは湾口の方で水温・塩分ともに高く、湾奥になるに従い水温・塩分ともに低下する傾向となっていた。

(4) 1989年2月14日の調査結果 (表4)

水 温

最低水温はSt.D、15、5 m層の 13.6°C で、最高水温はSt. 1、0 m及びSt. 9の0、5、10 m層の 15.4°C であった。表底層間の温度差は全体的に小さくSt. 6の 0.7°C 差を最高にその他の定点は ± 0.2 程度の温度差となっており、St. 3、10、Bなどでは表層部の方が底層より水温が低くなっていた。0 m、B-1 m層の水平分布は湾奥から湾口に向かって水温が上昇する傾向となっていた(図13)。

塩 分

最低塩分はSt. A、0 m層の塩分33.88、最高塩分はSt. 8、0 m層の塩分34.62となっており、水温が高いほど塩分も高くなっていた。全体に高塩分であった。

St.Aの塩分を除いて他の定点はすべて塩分34以上の値であり、0 m、B-1 m層の水平分布はともに大きな差は認められず湾口で若干高くなる傾向にあった(図13)。

酸素飽和度

最小値はSt. A、0 m層の89.0%、最大値はSt.B、0 m層の102.9%であった。湾全体ではSt.B、Dの定点以外90~100%と変化の少ない値であった。そのため、0 m、B-1 m層の水平分布はともに大きな変化は認められなかった(図14)。

クロロフィル a

最小値はSt. 1、B-1 m層の $1.1\mu\text{g}/\ell$ 、最大値はSt.D、0 m層の $10.1\mu\text{g}/\ell$ となっていた。St.Dで $10\mu\text{g}/\ell$ 以上を示すのは *Mesodinium rubrum* によるものである。0 m、B-1 m層の水平分布はともに大きな値はみられず同じような分布パターンとなり、南側ほど高くなる傾向にあった(図14)。

T-N

最小値はSt.B、8 m層の $5.68\mu\text{gat}/\ell$ 、最大値はSt.C、0 m層の $15.8\mu\text{gat}/\ell$ であった。0 m、B-1 m層の水平分布はSt.B、B-1 m層を除いて、 $6\mu\text{gat}/\ell$ 以上の値となっており、ともに同じような分布状態となっていた。特に、養殖漁場周辺から南側湾奥にかけて急に値が高くなっていた(図15)。

T-P

最小値はSt. 4、0 mの $0.65\mu\text{gat}/\ell$ 、最大値はSt.C、0 m層の $1.56\mu\text{gat}/\ell$ であった。0 m、B-1 m層の水平分布はともにT-Nの分布とほぼ類似する傾向にあった(図15)。

水質分析結果 (2月) のまとめ

降雨は2月8、9日の両日に30mm程度⁹⁾認められ、その5日後に調査を行った。そのため、塩分はSt.A、0 m層を除く全点全層で塩分34以上の値がみられ、全体的に高塩分となっていた。透明度も、St. 1、8、9などでは13mと今年度の調査で一番透明度がよかった。透明度が良く、他の定点より水温の高い海水は塩分も高く、外海系水と思われた。また、11月の調査の時と同じように外海系水と思われ

る海水は $\text{NO}_3\text{-N}$ を $3\mu\text{g at/l}$ 程度もっており、湾全体に T-N が高くなる要因にもあった。養殖漁場周辺では酸素飽和度の僅かな減少に対応して $\text{NH}_4\text{-N}$ の増加も認められた。

2. 底 質

(1) 1988年8月17日の調査結果 (表5)

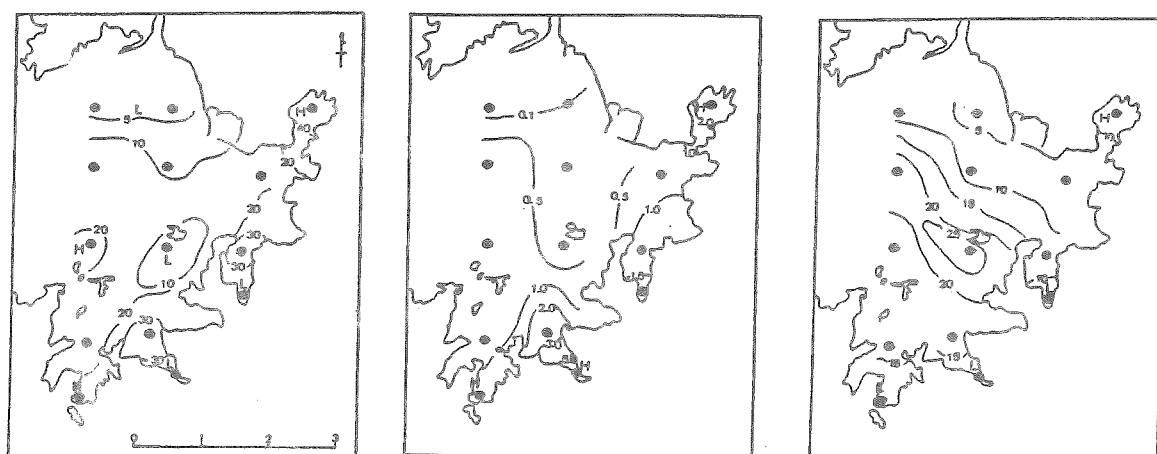
結果の水平分布は図16に示す。

調査地点内での泥質の外観は、ほとんどが軟泥でシルト・粘土であった。また、泥質の色及び臭気は湾奥部 (St. A、B、C、D)、養殖生簀付近 (St. 4、5、7、8) で、黒色化しており硫化水素臭を発していた。なお、St. 8は避難漁場である。

CODはSt. A (文里港) で 48.10mg/g で最も高く、続いてSt. 6であった。湾奥部では、 $20.1\sim 48.10\text{mg/g}$ の範囲、養殖生簀付近では、 $9.12\sim 39.60\text{mg/g}$ の範囲であった。その他の定点では $3.12\sim 18.00\text{mg/g}$ の範囲でSt. 1が 3.12mg/g と最も低かった。

T-Sは細野浦 (St. C) で 5.37mg/g と最も高く、続いてSt. 4であった。湾奥部では $1.26\sim 5.37\text{mg/g}$ の範囲、養殖生簀付近では、 $0.24\sim 2.96\text{mg/g}$ の範囲であった。その他の定点では $0.03\sim 0.91\text{mg/g}$ の範囲とCOD同様にSt. 1では 0.03mg/g と最も低くなっていた。

ILはSt. 5で 28.8% と最も高く、St. 2が 3.41% と最も低かった。また、湾奥部は $9.12\sim 11.7\%$ 、養殖生簀付近は $11.5\sim 28.8\%$ 、その他の定点では、 $3.41\sim 22.6\%$ の範囲であった。



COD ($\text{O}_2\text{mg/g}$ 乾泥)

T-S (mg/g 乾泥)

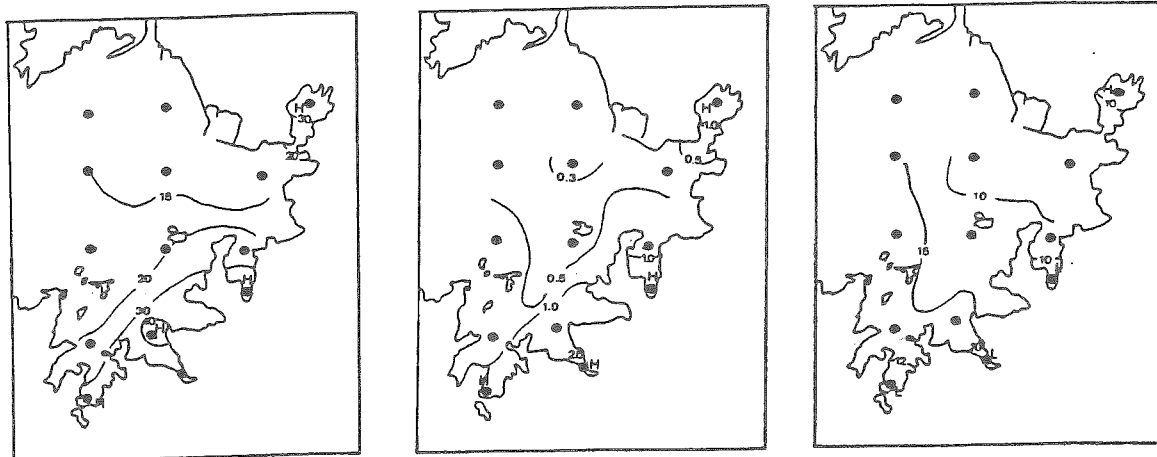
IL (%)

図16 COD、T-SおよびILの水平分布 (1988年8月17日)

(2) 1989年2月21日の調査結果 (表5)

結果の水平分布は図17に示す。

湾奥部でのCODは $32.7\sim 38.50\text{mg/g}$ 、T-Sは $1.45\sim 2.94\text{mg/g}$ 、ILは $9.30\sim 10.3\%$ の範囲であった。養殖生簀付近でのCODは $17.4\sim 41.00\text{mg/g}$ 、T-Sは $0.35\sim 1.79\text{mg/g}$ 、ILは $11.8\sim 17.5\%$ の範囲であり、その他の定点のCODは $5.88\sim 15.20\text{mg/g}$ 、T-Sは $0.28\sim 0.44\text{mg/g}$ 、ILは $6.52\sim 15.4\%$ の範囲であった。



COD (O₂/g 乾泥)

T-S (mg/g 乾泥)

I L (%)

図17 COD、T-SおよびI Lの水平分布 (1989年2月21日)

表5 底質分析結果

1988年8月17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) | 3.12 | 3.52 | 17.96 | 35.91 | 9.12 | 39.58 | 17.61 | 21.20 | 15.67 | 9.38 | 48.11 | 20.09 | 29.53 | 23.44 |
| T-S (mg/乾泥g) | 0.03 | 0.10 | 0.69 | 2.96 | 0.24 | 2.62 | 0.59 | 0.95 | 0.91 | 0.21 | 2.80 | 1.26 | 5.37 | 1.95 |
| I L (%) | 7.03 | 3.41 | 7.87 | 11.45 | 28.77 | 15.85 | 18.65 | 17.82 | 22.59 | 8.72 | 11.74 | 9.12 | 11.08 | 10.66 |

1988年2月21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) | 5.88 | 欠 | 10.36 | 24.72 | 20.03 | 40.97 | 20.36 | 17.37 | 15.15 | 12.20 | 33.91 | 38.50 | 32.71 | 34.36 |
| T-S (mg/乾泥g) | 0.44 | | 0.35 | 0.98 | 0.35 | 1.79 | 0.60 | 0.67 | 0.38 | 0.28 | 1.72 | 1.48 | 2.94 | 1.45 |
| I L (%) | 7.73 | 測 | 6.52 | 11.84 | 13.88 | 16.48 | 15.34 | 17.46 | 15.38 | 6.64 | 10.15 | 9.30 | 9.66 | 10.25 |

(3) まとめ

CODの基準値は200₂mg/gとされており、湾奥部や養殖生け簀付近では、ほとんどの定点で数値が越え、底質の悪化が認められた。また、T-Sの基準値は0.2mg/g¹⁾とされており、この値を越したときには、少なくとも有機物の人為的な影響が泥を変化させ始める証拠になる。また、0.4mg/g以上ではかなり汚染された状態であり、1.0mg/gは生物生育の限界とされている²⁾。従って、今回の調査結果をこのT-Sの基準値にあてはめると、St. 1、2、5を除いた全ての定点で数値が越えていた。

田辺湾における夏季の養殖生け簀付近の堆積有機物は養殖にともなう残餌や排泄物がほとんどと思われる。また、湾奥部では河川水の流入などいろいろな汚染負荷によるものと思われる。その他、田辺湾では近年、毎年のように赤潮が起り、その死骸なども大きく影響されると考えられる。特に、St. CでのT-Sが、他の定点に比べかなり高い数値となっている。ここでは、赤潮の発生回数が多く、餌料の積出し場となっており、凍結飼料の解凍排水などがかなりのウェイトを持っていると考えられる。

堆積した有機物は分解のため、底層水の酸素が少なくなると硫酸塩還元菌が増え、底泥の硫化物が

増加傾向を示す。夏季などに豪雨により養殖漁場区内の海水の上層を低かん水がおおい、あるいは、表層水温が急激に低下すると、養殖魚（ハマチ）は底層を遊泳するようになる。このような場合には、しばしば底土が著しく攪拌され、もし底土に有機堆積物が多く、還元層が発達していると、浮泥の酸素消費により養殖漁場区内の海水や網生簀の周囲の海水中の溶存酸素が急激に低下し、また硫化水素の放出が起こって（底層水の白濁するのがしばしば見られる）思わぬ被害を生じることもある⁹⁾、田辺湾内の養殖漁場区内はCOD、T-Sとも基準値を越えているため十分な注意を要する必要がある。

文 献

- 1) 日本水産資源保護協会、1952：水産環境水質基準、1-25.
- 2) 吉田陽一、1975：水園の富栄養化と水産増養殖-低次生産段階における生物生産の変化-、日本水産学会編、水産学シリーズNo.1.92-103.
- 3) 城 久、1989：大阪湾の貧酸素水塊、沿岸海洋研究ノート、26(2)、87-98.
- 4) 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.
- 5) 和歌山県気象月報、1988,1989：日本気象協会和歌山支部、和歌山气象台編集.
- 6) 水産庁瀬戸内海漁業調整事務所、1988：昭和63年9月瀬戸内海における赤潮発生状況.
- 7) 竹内照文・金盛浩吉・渡辺勇二郎・芳養晴雄・金丸誠司・中西 一・小川満也・竹内淳一・南忠七、1986,1984年7月熊野灘南部域に出現した*Gymnodinium nagasakiense*赤潮について、赤潮末期における内湾域での貧酸素化現象、昭和59年度和歌山県水産試験場事業報告、87-90.
- 8) 野上和彦、1978：底質調査、昭和52年度・関西空港漁業影響調査報告、第二分化冊、環境生物編、214-260.
- 9) 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.