

養殖漁場環境保全技術開発試験*

竹内 照文・小久保友義・山内 信

目 的

和歌山県における魚類養殖は1955年頃から始まり、年々、生産量が増加し続けている。養殖魚種は当初、ハマチから始まったが、1988年頃からはマダイ養殖が中心になってきた。1993年の養殖漁業の生産量は6,523トン、生産金額は110億円で、水産業全体に占める割合は各々10%と30%で、本県における主要な漁業種類となっている。

ところが、近年、養殖漁業はイワシ類漁獲量の激減による飼料費の高騰、魚病の多発による歩留まりの低下とともに漁場環境の老化が大きな問題となっている。漁場環境の老化は魚の健康度を低下させ、このことが魚病の発生にも関連するものである。

そこで、漁場環境の実態を把握するとともに環境保全技術を開発することが急務となっている。

この事業では平成元年度から田辺湾をモデル水域として、漁場環境の実態を把握するための調査を行ってきた。その結果、同湾では南部域の魚類養殖場周辺で、栄養塩濃度が高く、夏季に貧酸素水塊や赤潮が頻発することが明らかになってきた。¹⁻³⁾

平成6年度には県下の主要な内湾域で漁場環境の実態を把握するための調査を行った。

方 法

1 水 質

調査は図1に示す6水域に調査定点を設定し、四季に1回づつ実施した(表1)。採水はバンドーン採水器を用いて、表層と海底上1m層で行った。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：ウインクラール・アジ化ナトリウム変法

クロロフィルa：吸光度法

NH₄-N：インドフェノール改良法

NO₂-N：ジアゾ化法

NO₃-N：Cdカラム還元法

PO₄-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6水域で夏季と冬季に行った(表1)。採泥はエクマンバース採泥器で行い、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

IL：同上

TS：検知管法(西尾工業製ヘドロテック)

* 養殖漁場環境保全技術開発試験費による。

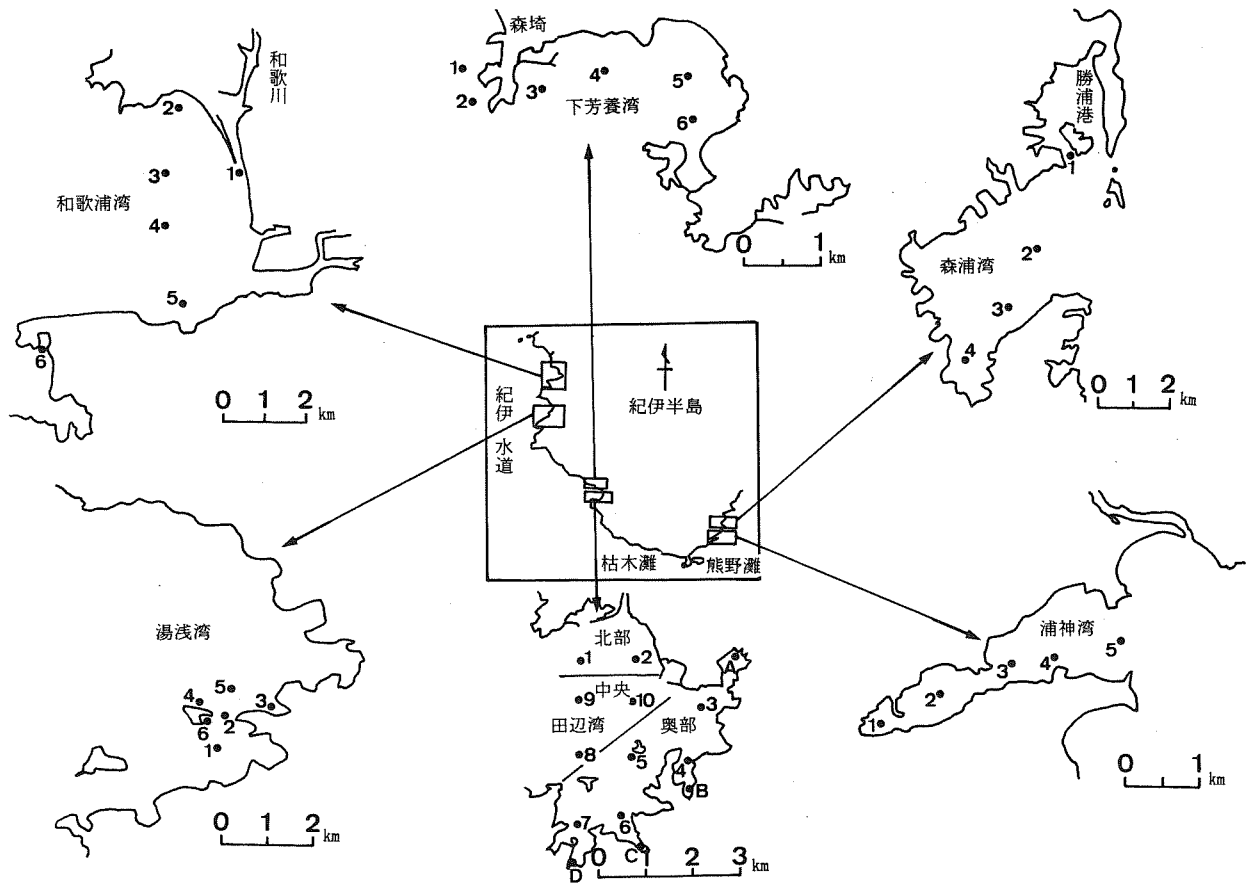


図1 調査水域と定点

表1 調査の実施日 (1994~'95年)

	春	夏	秋	冬
和歌浦湾	5. 9	7. 26	11. 29	2. 27
湯浅湾	6. 9	8. 25	11. 24	2. 22
下芳養湾周辺水域	6. 30	8. 19	11. 11	1. 31
田辺湾	5. 11	8. 2	11. 21	2. 23
浦神湾	5. 30	8. 31	12. 1	2. 7
森浦湾	5. 30	8. 31	12. 1	2. 7

底質は夏、冬に実施

(月.日)

結果および考察

1 和歌浦湾

和歌浦湾は湾口幅 5 km、奥行き 4 km の開放的な水域である。湾内では船曳網や底曳網とともに東部の浅海域では古くからノリ養殖、また、北部の和歌浦港周辺では四国方面から京阪神へ出荷するブリ類等の中継地として一時蓄養が行われている。ところが、後背地には和歌山市、海南市と下津町など大都市を控えており富栄養化が危惧される水域である。

当湾と隣接する下津港に 6 定点を設定して調査を行った (図 2、3)。

春季の調査時には表層水温が 21.8°C、底層水温が 20.5°C で、表、底層間の水温差がわずかに認められたが、夏季調査時には水温差がなく、また、秋、冬季も混合期の状況を反映し、ほとんど均一

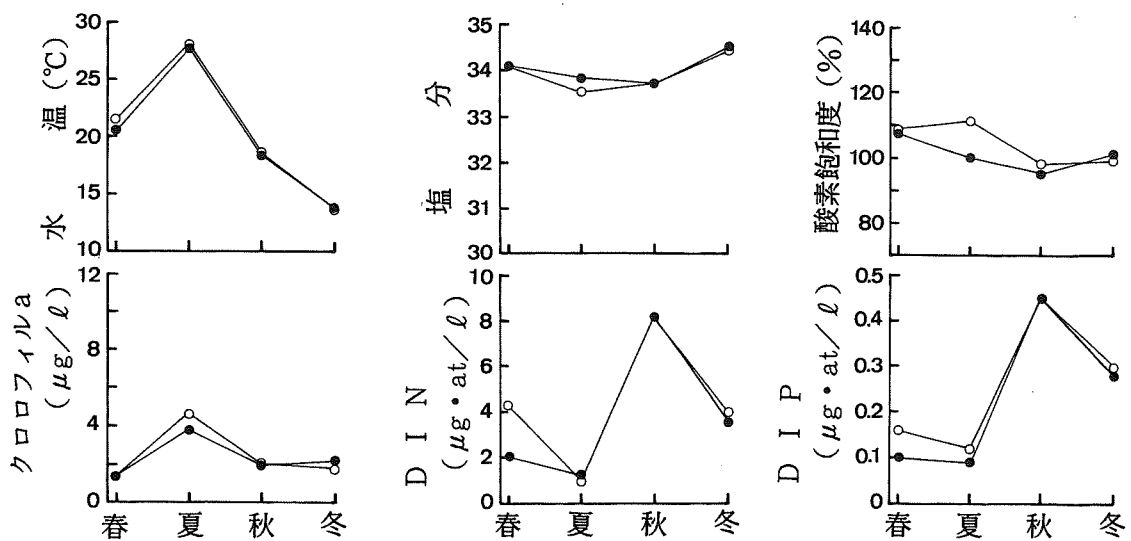


図 2 和歌浦湾における観測項目の季節変化 (1994~'95年)

○：表層 ●：底層
全定点の平均値による

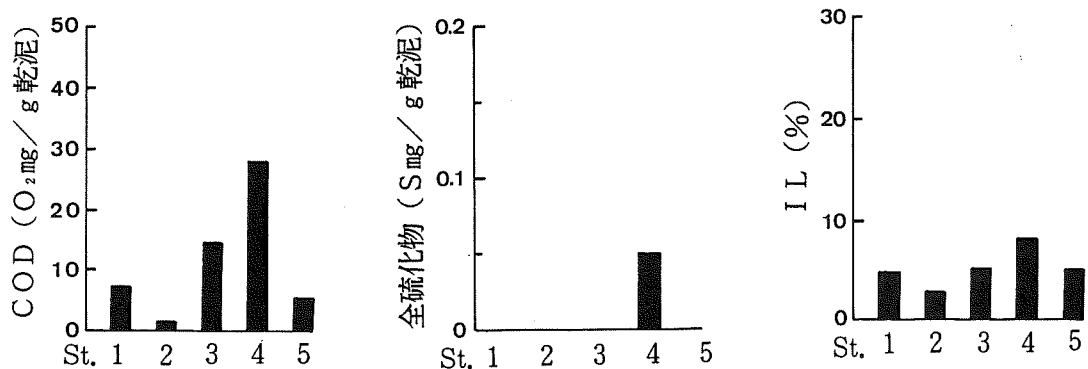


図 3 和歌浦湾における COD、全硫化物、IL の変化 (1994年 7月 26日)

であった。塩分は調査が好天時に行われたこともあり、いずれも33、34.0台であまり低下することがなかった。酸素飽和度は表、底層とも90、100%台で、ほぼ飽和状態であったが、夏季に表層でいくぶん高くなった。この時にはクロロフィルaが $4.65 \mu\text{g}/\ell$ で、植物プランクトンがいくぶん増殖していたが、この時を除くと $2.0 \mu\text{g}/\ell$ 以下で極めて低かった。栄養塩は秋季に表、底層で $\text{NO}_3\text{-N}$ を中心としたDINが $8.0 \mu\text{g}\cdot\text{at}/\ell$ で著しく高くなっていて、この時を除くと $5.0 \mu\text{g}\cdot\text{at}/\ell$ 以下であった。秋季の栄養塩は塩分濃度や底層の酸素飽和度から考えると、陸上から負荷されたり底泥から溶出したものでなく、むしろ、定点外からの輸送によりもたらされたものと考えられる。

近年、当湾では冬季の栄養塩濃度が低下し（竹内 未発表）、ノリ養殖にとって憂慮すべき状況になってきている。ここでの結果も冬季の栄養塩濃度は低く、近年の減少傾向の延長線上にあるものであった。また、4回の結果から貧酸素水塊の発生はなく、富栄養化している状況は認められなかった。しかし、底泥をみると湾中央部のSt.4ではCODが $20\text{mg}/\text{g}$ 以上で全硫化物やILもいくぶん高くなっていて、ここでは局所的であるが、人為的汚染負荷の影響が窺えたことから、海水が停滞した時には溶存酸素が低下することも十分に考えられる。

2 湯浅湾

湾口幅7 km、奥行き6 kmの開放的な水域で、南部域では魚類や藻類の養殖漁業が行われている。ここでは南部域の魚類養殖場周辺に6定点を設定して調査を行った（図4、5）。

夏季調査時には表層水温が 28.3°C 、底層水温が 27.4°C で、わずかに水温差が認められたが、秋、冬季には混合期の状況を反映し、ほぼ均一であった。塩分は表、底層とも春、夏季が33.0台、秋、冬季が34.0台であった。酸素飽和度は表、底層とも100、110%台、また、クロロフィルaは $2.0 \mu\text{g}\cdot\text{at}/\ell$ 以下で、植物プランクトンが極めて少なかった。栄養塩類は、いずれの調査時においても、DINが $4.0 \mu\text{g}\cdot\text{at}/\ell$ 以下、DIPは $0.25 \mu\text{g}\cdot\text{at}/\ell$ 以下で、植物プランクトンによる取り込みが考えら

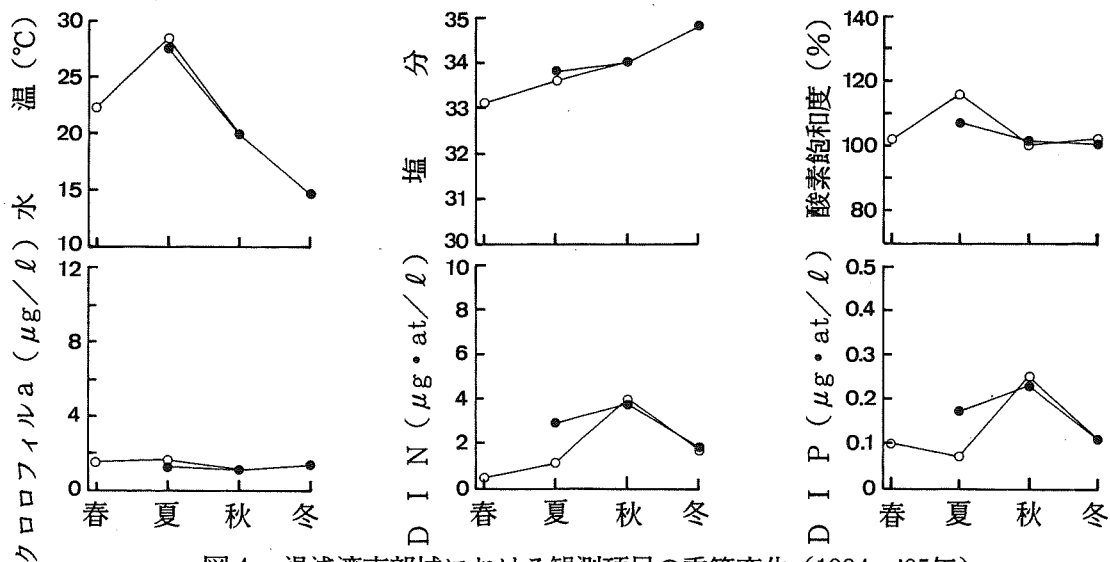


図4 湯浅湾南部域における観測項目の季節変化 (1994~'95年)

○：表層 ●：底層
全定点の平均値による

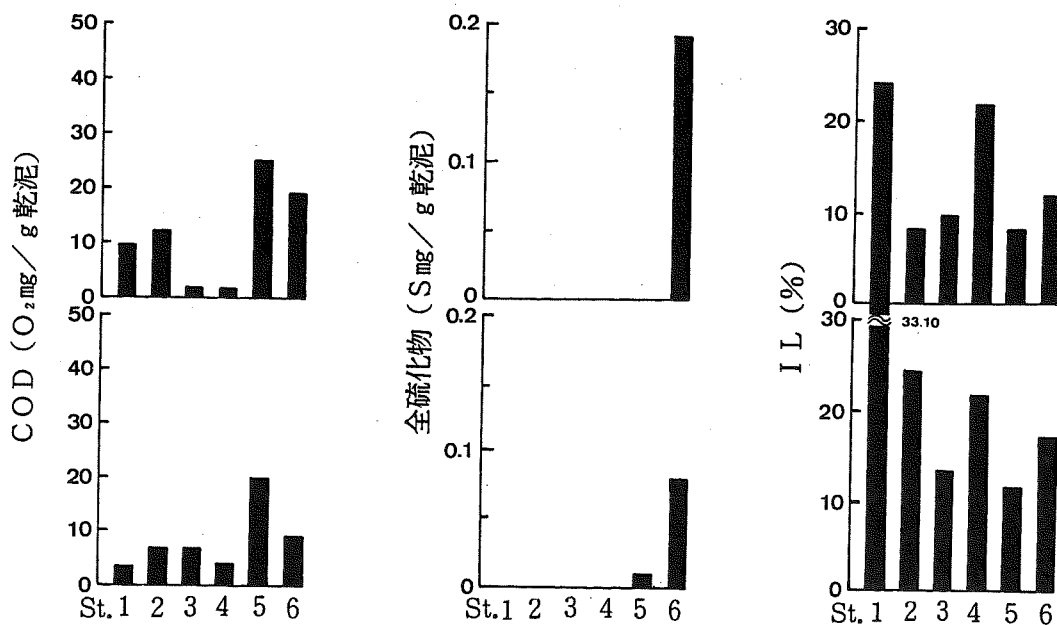


図5 湯浅湾南部域におけるCOD、全硫化物、ILの変化
上段：夏季 下段：冬季

れないような状況のなかで極めて少なかった。このように養殖場周辺での調査であるにもかかわらず、栄養塩が少なく、貧酸素水塊の発生もみられなかった。ここでは赤潮の発生が少ないことも知られている⁴⁾が、湾の形状が開放的で、海水交換が良好であるため水質が悪化していないものと考えられる。

底泥は夏季に養殖場直下のSt.5でCODが20mg/g以上、また、St.6でもCODが20mg/g、全硫化物が0.2mg/g近くあり、ここでは人為的汚染負荷が窺えたが、これらの定点以外ではCODが低いわりにILが高かった。また、冬季にはCODや全硫化物が約1/2の濃度に低下していたが、ILは増加する傾向がみられた。

3 下芳養湾周辺水域

田辺湾の北部に隣接する下芳養湾と森崎の沿岸に6定点を設定して調査を行った(図6、7)。

冬季調査は1月末に行われたが、水温は表、底層とも15℃台であまり低下することがなかった。また、秋、冬季には表、底層の塩分が34.5以上で極めて高く、黒潮分枝流に支配されやすい水域であることが窺える。また、四季を通して酸素飽和度は95~105%、クロロフィルaは2.0μg/l以下で、極めて安定した水域環境を保っていることが窺えた。ただ、栄養塩は春、夏季と秋季にはDINとDIPが各々2.0、0.05μg·at/l以下で極めて低かったが、冬季にはDINが4.0μg·at/l、DIPが0.3μg·at/lでいくぶん増加していた。これは塩分濃度から外洋底層水によってもたらされたものと考えられる。また、調査は好天時に行われたが、降雨後には芳養川からの冷濁水が湾全域を覆うので、ここでの結果と異なったものになると考えられる。

底泥は、夏季にSt.5のCODが20mg/g以上あったが、全硫化物は低く、海水交換の良好なことが窺える。ただ、ILが20%以上のところがあり、冬季もあまり低下することがなかった。

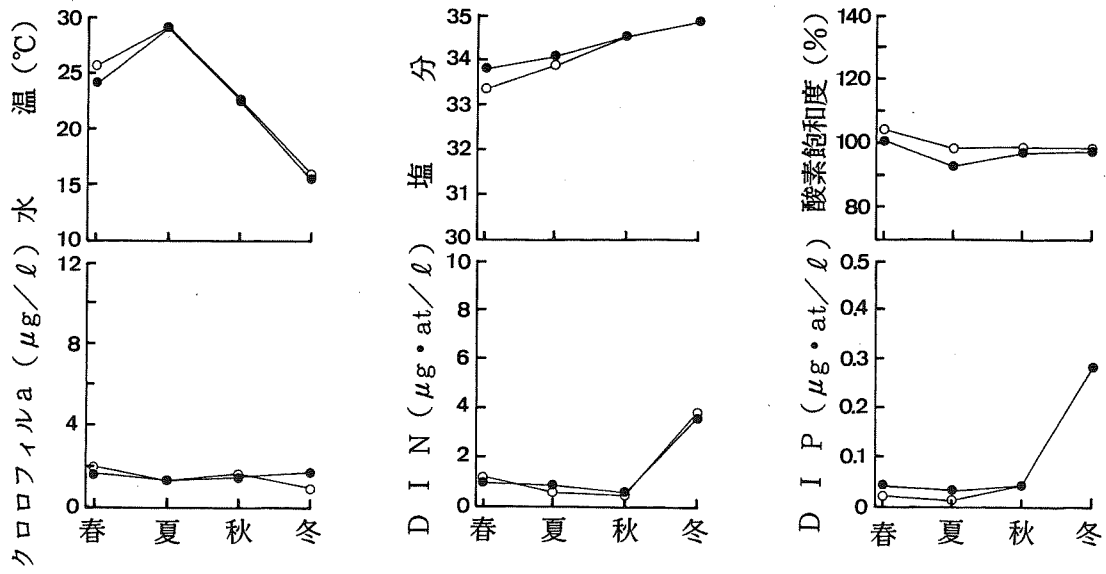


図6 下芳養湾における観測項目の季節変化 (1994~'95年)

○：表層 ●：底層
全定点の平均値による

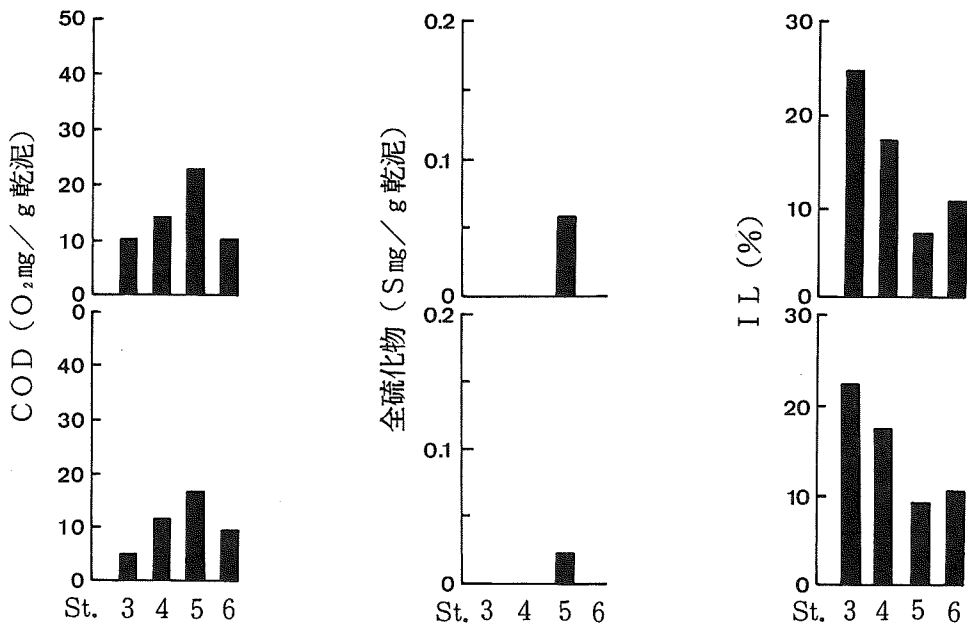


図7 下芳養湾におけるCOD、全硫化物、I Lの変化 (1994年7月26日)

上段：夏季 下段：冬季

4 田辺湾

昨年までと同様に湾全域に14定点を設定して調査を行った(図8、9、10)。春、秋季と冬季の調査時には全定点の平均塩分が34.0以上、特に、春、冬季には34.5以上を示し、黒潮系の外洋水が湾内を覆っていた。これらの調査時には、クロロフィルaは何れも4.0 $\mu\text{g}/\text{l}$ 以下で植物プランクトンの増殖が認められなかったが、DINは2~5 $\mu\text{g}\cdot\text{at}/\text{l}$ 台、また、DIPは0.1~0.2 $\mu\text{g}\cdot\text{at}/\text{l}$ 台でこの栄養塩濃度としては低い値であった。

一方、夏季の調査時には湾口に低温・高塩分水、湾奥には高温・低塩分の海水が分布していた。また、表層の酸素飽和度は80~110%、クロロフィルaは5 $\mu\text{g}/\text{l}$ 以下のところが広く覆っていたが、湾奥部では15 $\mu\text{g}/\text{l}$ 以上を示し、植物プランクトンが増殖して赤潮状に着色していた。この底層では酸素飽和度が60%以下で、貧酸素水塊が形成されていた。また、貧酸素水塊の形成域では栄養塩濃度が高く、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 等の溶出していることが窺えた。田辺湾では外洋水の進入が止まり、表層で植物プランクトンが増殖した時に貧酸素水塊が形成されることが知られている⁴⁾ので、ここでの結果は今までの指摘と一致するものである。

また、底質は湾北部、中央部と湾奥部に区分して図示したが、湾奥部では、CODが20mg/g以上、全硫化物が0.2mg/g以上で人為的な汚染負荷が加わり、著しく汚れていたが、各項目とも湾中央部から湾北部に向かって低下していた。また、易分解性有機物の指標であるCODは通常、夏季に堆積し、秋季から冬季に分解して回復することが知られているが、ここでは夏季よりも冬季の方が高くなっていたので、分解を上回る量の有機物が周年にわたって負荷されていることが推察された。

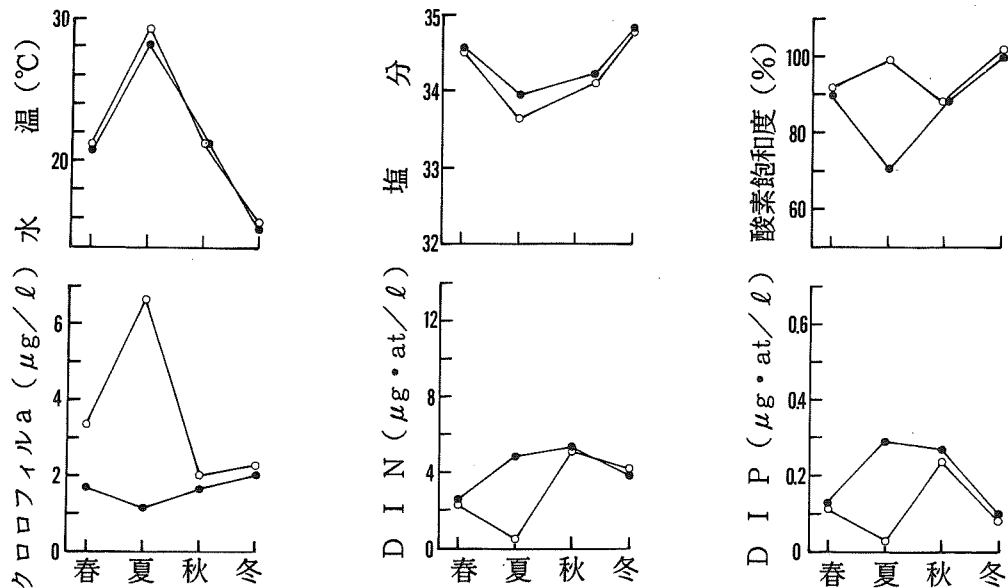


図8 田辺湾における観測項目の季節変化 (1994~'95年)

○:表層 ●:底層
全定点の平均値による

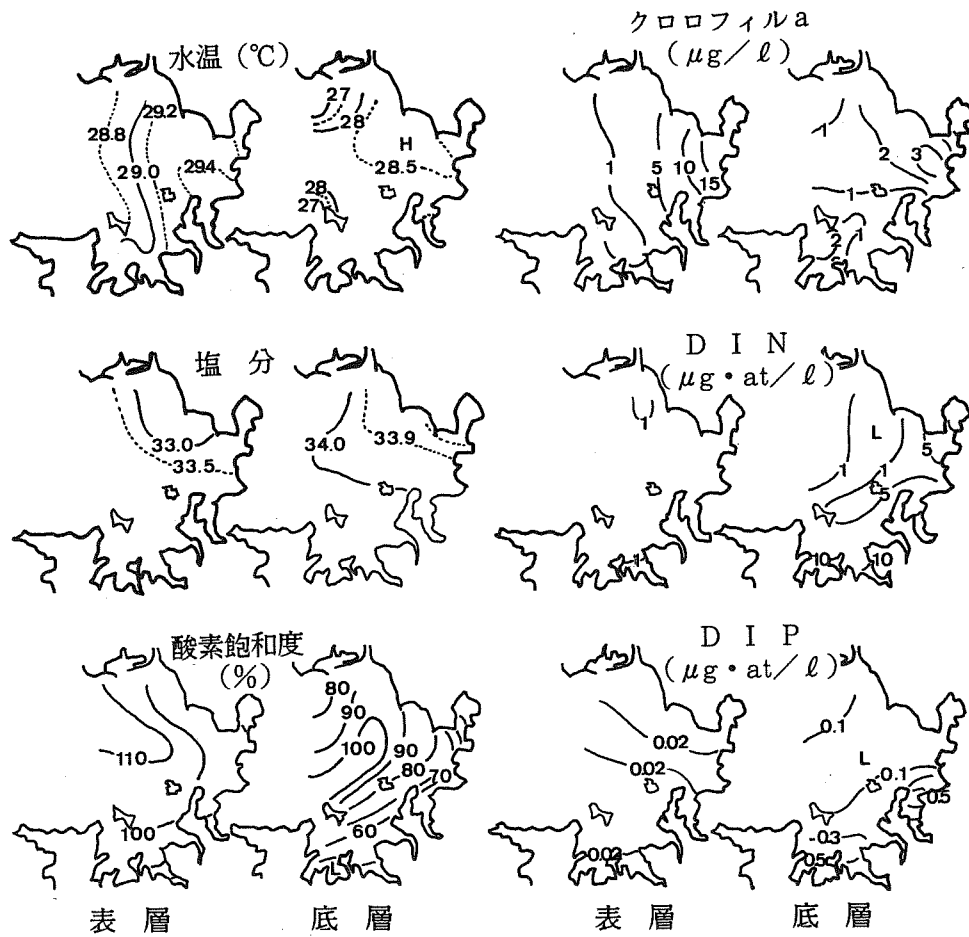


図9 田辺湾の表、底層水における観測項目の水平分布 (1994年8月2日)

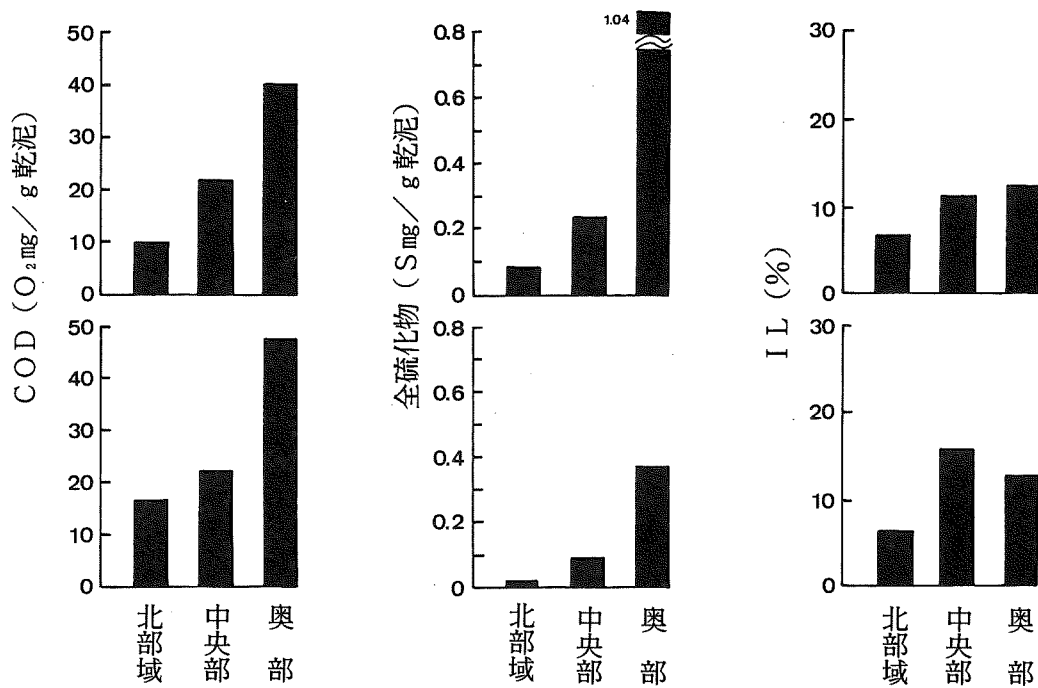


図10 田辺湾におけるCOD、全硫化物、ILの変化
上段：夏季 下段：冬季

5 浦神湾

熊野灘に面した湾口幅1.5Km、奥行き4 Km、平均水深10m程の小湾であり、湾口では古くから魚類養殖が行われている。湾口から湾奥に5 定点を設定して調査を行った(図11、12)。

春、夏季には表層と底層の水温差が生じ、成層が強固に形成されていたが、秋、冬季には差がなく、混合期の状況が捉えられた。塩分は、春季の表層では30.83で、湾口部に位置する太田川の影響

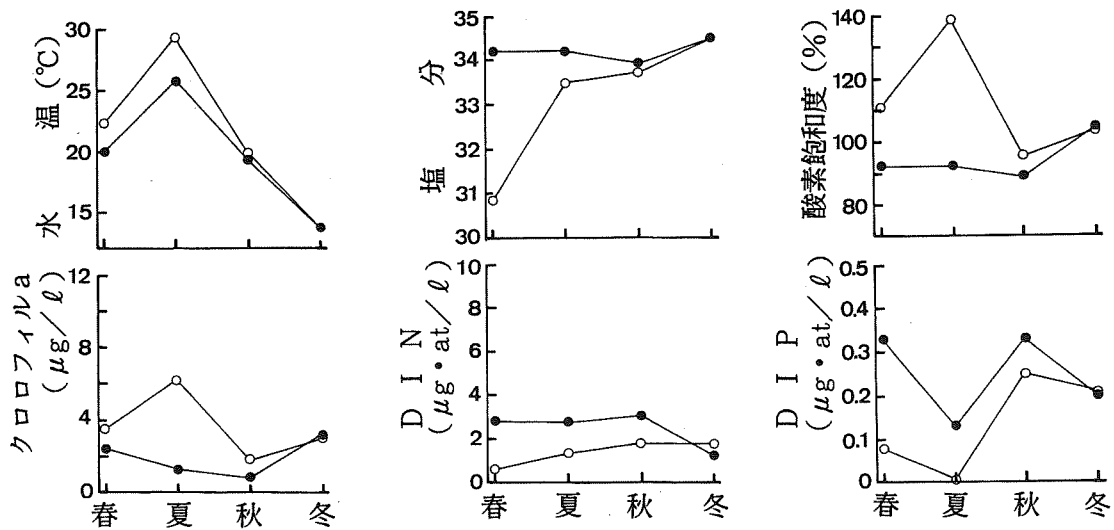


図11 浦神湾における観測項目の季節変化(1994~'95年)

○:表層 ●:底層
全定点の平均値による

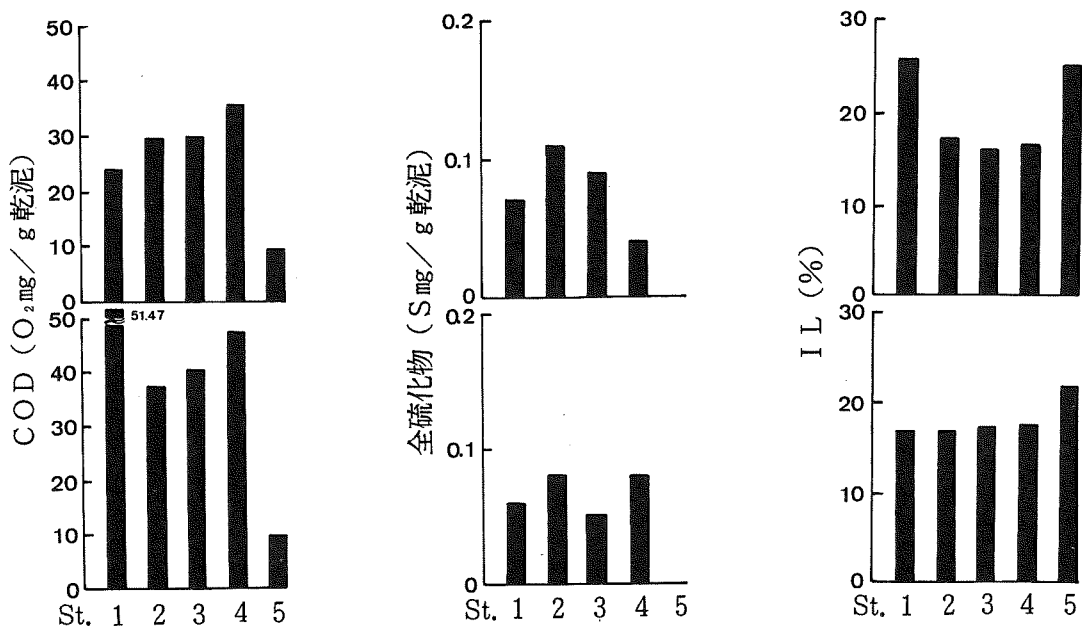


図12 浦神湾におけるCOD、全硫化物、I Lの変化
上段:夏季 下段:冬季

が湾奥部にまで及んでいた。酸素飽和度は表層では絶えず飽和状態であったが、夏季には138.2%、また、クロロフィルaは $6.2\mu\text{g}/\text{l}$ で、湾奥部では植物プランクトンが増殖して赤潮状に着色していた。底層では酸素飽和度が85~105%で、表層に比べるといくぶん低かったが、田辺湾で観察されたような貧酸素水塊は認められなかった。栄養塩はDINが $3.5\mu\text{g}\cdot\text{at}/\text{l}$ 以下で、高濃度になることがなかったが、DIPは、春、秋季には $0.3\mu\text{g}\cdot\text{at}/\text{l}$ あり、DINに比べると高濃度であった。

ところが、底泥は、St.4から奥でCODが $20\text{mg}/\text{g}$ 以上、ILが15%以上で全硫化物も $0.1\text{mg}/\text{g}$ 以上を示す定点が多く、有機物が大量に負荷されていることが明らかになった。また、当湾では夏季から冬季にかけてこれらが回復することなく、分解を上回る量の有機物が負荷されているものと推察される。

6 森浦湾

湾口幅3km、奥行き4kmの北東に開口した小湾である。ここでは湾口北部の勝浦港口で魚類養殖、また、湾奥部では真珠養殖が行われている。ここに4定点を設けて調査を行った(図13、14)。

夏季には表層と底層の水温差が生じ、成層が形成されていたが、秋、冬季には差がなく、混合期の状況が捉えられた。塩分は春季には表層で32.0台に低下していたが、この時を除くと33.0、34.0台であった。酸素飽和度は表、底層とも90、100%台の飽和状態、また、クロロフィルaは、冬季には表、底層で5、 $6\mu\text{g}/\text{l}$ で植物プランクトンがいくぶん増えていたが、その他は $4.0\mu\text{g}\cdot\text{at}/\text{l}$ 以下で極めて少なかった。栄養塩類はDIN、DIPともに極めて少なかった。

また、底泥は、湾奥部ではCODが $20\text{mg}/\text{g}$ 以上、ILが20%以上で人為的な汚染が加わり、有機物の堆積している状況がみられたが、全硫化物は $0.05\text{mg}/\text{g}$ 以下で、海水交換が良好であることが窺える。また、浦神湾と同様にこれらの項目が夏季から冬季にかけて回復することがなかった。

今年度は従来までの田辺湾に5水域を加えて、四季の環境調査を行った。その結果、水質が悪化すると顕在化する現象である貧酸素水塊は田辺湾を除くとみられず、富栄養化しているような状況は窺えなかった。しかし、各水域とも、底泥のCODやILが高く、人為的な汚染が加わった時に観

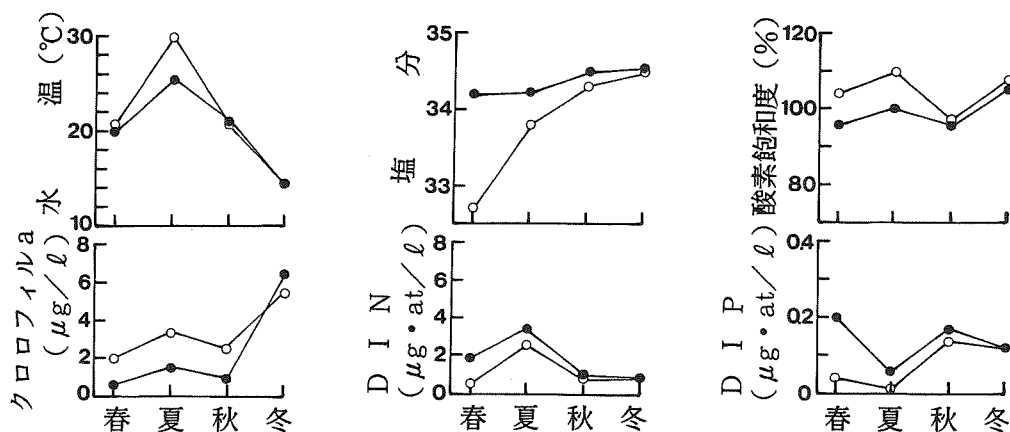


図13 森浦湾における観測項目の季節変化(1994~'95年)

○：表層 ●：底層
全定点の平均値による

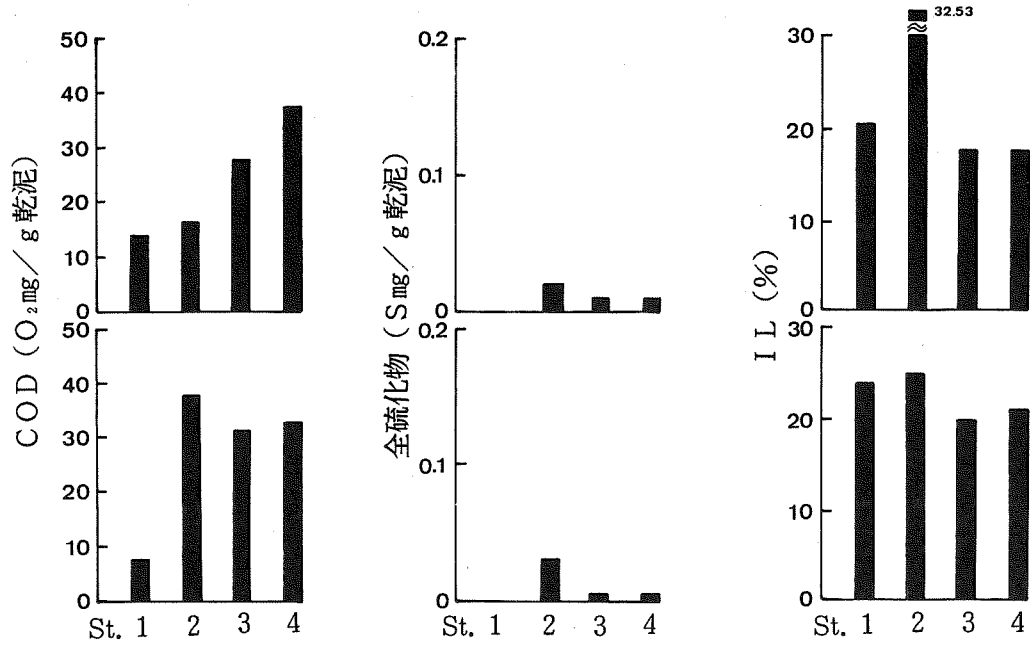


図14 森浦湾におけるCOD、全硫化物、I.L.の変化
上段：夏季 下段：冬季

測されるような値が得られ、極めて汚れていることが明らかになった。特に、田辺湾、浦神湾や森浦湾では冬季にも改善されることがなかった。調査した水域の形状が開放的で海水交換が良好であるため水質は悪化していなかったものと考えられるが、海水の停滞した時には酸素が消費され、貧酸素水塊が形成されることも想定され、魚類養殖場では魚の斃死することも考えられるので、環境改善策を講じる必要があるであろう。

文 献

- 1) 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.
- 2) 小久保友義・竹内照文・山内 信, 1994: 田辺湾環境把握調査. 平成4年度和歌山水試事報, 88-99.
- 3) 小久保友義・竹内照文, 1995: 田辺湾環境把握調査. 平成5年度和歌山水試事報, 51-63.
- 4) 和歌山県水産試験場, 1993: 平成4年度貧酸素水塊被害防止対策事業報告書, 25pp.