

大阪湾における底質汚染の現況とベントスの生息状況について

(1975年5月 大阪湾底質調査結果)

城 久・矢持 進・安部恒之

The Present Condition of Sediment Pollution and Benthic Community in OSAKA Bay, 1975.

Hisashi JOH, Susumu YAMOCHI, Tuneyuki ABE

大阪湾の底質とベントスに関する調査は、古くは1937~'39年に宮地によって行われたのをはじめとして過去十数回にわたって調査されているが、大別すると戦前、昭和30年代、40年代の3時期に集中している。

これらの調査はそれぞれの時代を反映して特徴のある内容となっている。すなわち戦前の調査は生態学的な見地からベントスの精査を行い大阪湾を特徴のことなる6区に区分している(宮地 1940年¹⁾)。

昭和30年代は内湾の水質汚染が深刻な状況に向うと共に湾奥部の埋立が盛んに行われた時期であるが、この時点では調査海域を湾奥沿岸部に限定したケースが多く、有機汚染項目と指標生物を主体に調査している。

昭和40年代になると汚染の影響は湾奥部を中心に広域的に現われるようになり、南部海域の漁場価値が相対的に重くなったこともあって調査海域を次第に南部地先や湾中央部に拡大している^{2), 3)}。またこの時期は環境庁や水産庁等国の調査も併行して行われている。

今回の調査はPCBによる水域汚染問題と海域の富栄養化に関する論議が高まる状況にあって、PCB汚染の実態を把握し、それが水産生物に及ぼす影響を検討することを第一の目的として底質とベントスの採取を行ったものであるが、同時に底泥からの溶出が内湾の富栄養化に寄与しているとみなされるN, P等底泥中の栄養塩濃度についても測定した。以下にこれらの観点から見た底質汚染の現況と1968年以降の状況が十分でないベントスの生息状況について概要を記さるが、PCBによる底質の汚染が水産生物におよぼす影響については別校で報告する。

なお、この調査においてベントスの検索、計数は全て新日本気象海洋株式会社 北森良之介博士によるもので、調査結果の記さいにさいしても多くの助言と指導を賜った。ここに厚く感謝の意を表します。

調 査 の 方 法

1. 調 査 時 期 1975年5月21~23日

2. 調査海域と観測地点

大阪、和歌山県境と神戸須磨を結ぶ線以東の海域を対象として図-1のごとく45地点から底質をエ

ックマンバーチ採泥器によって採取し、その上層5cmを泥質分析試料とした。このうち大阪府沿岸に沿って代表的海域であるst. 4, 25, 30, 34の4地点は底質を柱状に採取し1部の項目(PGB, IL)について鉛直的な分布状況を調査した。

3. 調査項目と測定方法

① 粒子組成…… Mesh

32, 150の分布篩を使って底質を砂礫(0.5mm以上)、細砂(0.5~0.105mm)、泥(0.105mm以下)の3つに分別した。

② 酸化還元電位……東亜電波製RM-1型使用

③ COD

④ IL

⑤ 全硫化物

⑥ 全窒素

⑦ 全炭素

水質汚濁調査指針の方法による。

風乾した底質で、Mesh 32以下の組成成分を柳本製作所 MT-500型CNコーダーにかけて測定した。

⑧ 全リン………C, N測定に使用した風乾泥をFiske-Subba Rawの変法により測定

⑨ PCB………採取した湿泥を環境汚染分析法⁴⁾の方法によって測定した。

⑩ ベントス………エックマン・バーチ採泥器で2回採取した底質を1mm meshの篩で篩分けし、得られたベントスについて査定計数した。

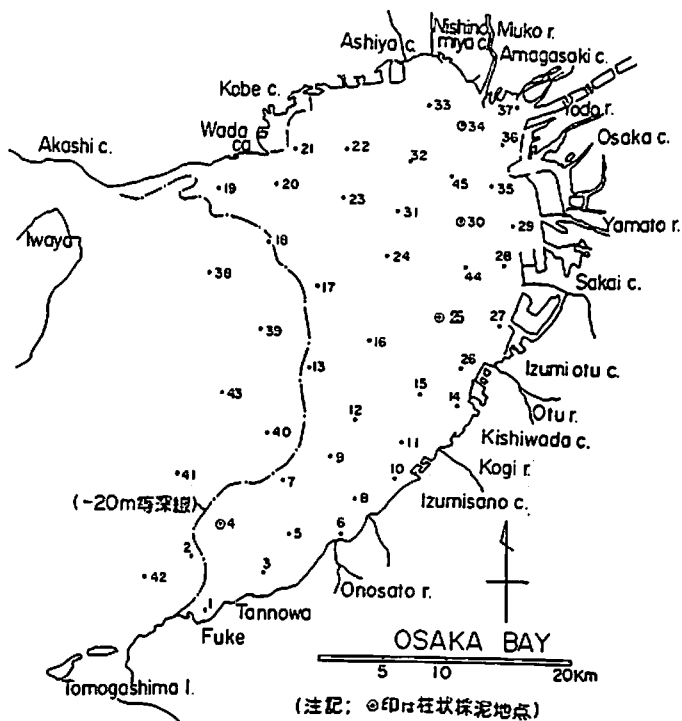


図-1 大阪湾底質調査地点図
(1975年5月21日~23日採取)

調査結果および考察

1. 底質汚染

(1) 汚染指標値の平面分布

① 酸化還元電位 図-2のごとく-290~-470mVの値で分布している。電位差は底質の還元状態を示す1つの指標であり、値が低いほど底質は悪化しているといえる。最低値は神崎川河口海域で記録しているがこの海域が依然として大阪湾で最も汚染していることは最近でも変わっていない。

-400mV以下の低い値は神戸和田岬~岸和田港を結ぶ線以北の海域に分布しているが、堺・泉北地先には局部的に-340mVのいく分高い海域が存在する。岸和田以南の泉南海域は大部分が-350~-380mVの値を示すが、男里川以南では沿岸部が-320~-340mVで沖合よりいくらか高い。また神戸和田岬沖と深日沖には-290~-360mVの高い海域があり、海峡部からこの方向に外洋水が流入して

いる状況を見わけている。

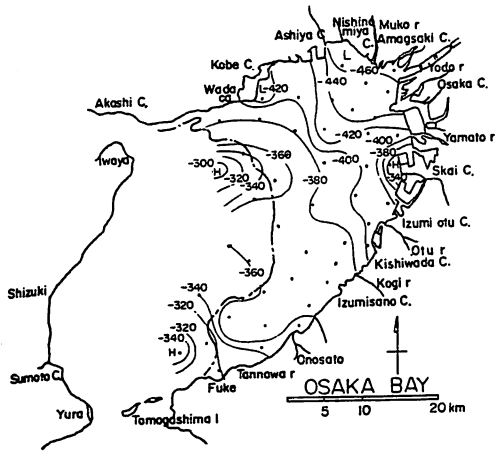


図-2 酸化還元電位の分布 (mV)

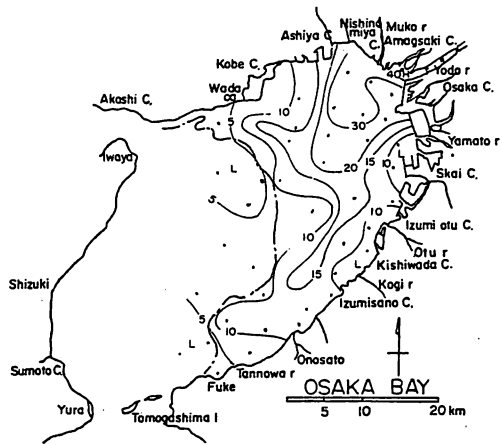


図-3 CODの分布 (ppm)

② COD 今回の調査では最高値 ($42.5 \text{ mg}/1 \text{ g} \cdot \text{乾泥}$)を示す神崎川河口を除いて、1972年調査時³⁾に湾奥の広い海域にみられた40以上の高い分布は現われていない(図-3)。分布のパターンは神崎川河口を中心として大阪港～西宮港にいたる沿岸部に汚染の中心があり、その影響は南西方向湾中央部に向っている。一方神戸港～芦屋地先と堺・泉北地先には $10 \sim 15 \text{ mg}/1 \text{ g} \cdot \text{乾泥}$ の低い海域があり、その間に20以上の高濃度分布が入りこんでいる。この傾向は岸和田以南の泉州海域でも同様にみられ、沿岸域と20m以深海域の間の沖合部が比較的高い値を示している。湾中央より以西の20m以深海域と男里川以南の泉州地先は 10 mg 以下で低い分布となっている。

③ IL CODと酷似した分布パターンを示すのが特徴的である。即ちCODが30以上を示した湾奥部で13%以上と高く、堺以南の泉州沿岸部と20m以深の沖合海域で8~10%の低い値を示している。これら低い値を示す2つの海域の間には12.5%前後の均一な海域が広範囲に分布している(図-4)。

④ 全硫化物 神崎川河口～尼崎地先に $3 \sim 5 \text{ mg}/1 \text{ g} \cdot \text{乾泥}$ の極度に高い値を示す海域があり、

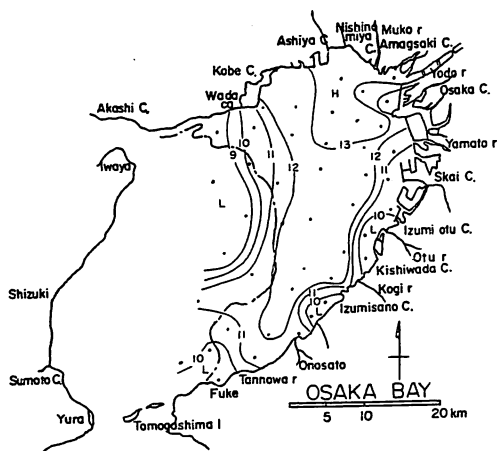


図-4 強熱減量 (I L) の分布 (%)

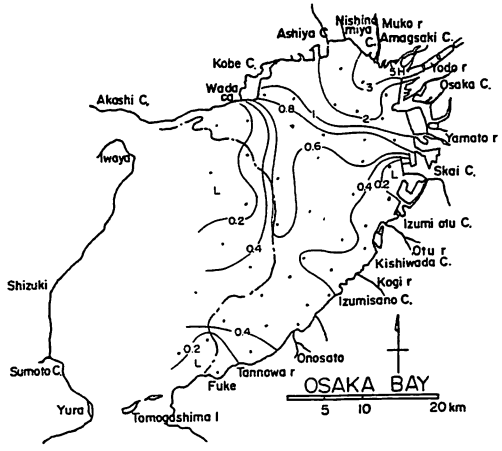


図-5 全硫化物の分布 ($\text{mg}/1 \text{ g} \cdot \text{乾泥}$)

その影響は湾中央にかけて次第に減少する(図-5)。しかし神戸和田岬~大和川以北の湾奥海域は1以上の高い値を示している。正常な底質中の硫化物量としておおよそ $0.2\text{ mg}/1\text{ g}\cdot\text{乾泥}$ が一つの目安とされているが⁵⁾、大阪湾の底質は全般的に全硫化物の値が高く、有機汚染の進行の度合とともに、東部海域における水塊の停滞性が強いことをあらわしている。 0.2 mg 以下の一応正常とみなされる海域は和田岬以西の沖合部と岬町地先等、海峡に近いところでみられるが、堺地先にも小規模な分布が出現している。

⑤ 全リン 大阪湾底質中の全リンは $0.3\sim 1.7\text{ mg}/1\text{ g}\cdot\text{乾泥}$ の濃度で分布している(図-6)。最高値は他の項目と同様に神崎川河口域で検出されたが大和川北港沖にかけて濃度勾配が大きい。

神戸和田岬~大和川河口を結ぶ線以南の海域は $0.4\sim 0.6\text{ mg}$ の比較的濃度差の少ない分布となっているが、20m以深沖合域や泉州沿岸部で低くなる傾向はCOD, IL, 硫化物等と同様にあらわれている。

⑥ 全窒素 窒素は $0.8\sim 2.4\text{ mg}/1\text{ g}\cdot\text{乾泥}$ の濃度で分布しており沿岸部より沖合で高くなるのが特徴的である(図-7)。すなわち最高を示すのは芦屋~神戸沖の孤立した海域で、リン等の項目で最高となった神崎川河口域は2.0といくらか低い濃度を示している。これは分解のおそい有機物が沖合で再沈降している状況をあらわしているとみられ、PとNで最高となる海域がことなるのは両者の分解速度の違い等がいく分関与しているのではないと思われる。東神戸沖の高濃度海域のまわりは $2.0\sim 2.2\text{ mg}$ の海域が分布するが、その影響は湾東部沖合から男里川河合沖に達している。これに対して堺~泉佐野地先沿岸部は $1.2\sim 1.4$ 、湾中央20m以深海域と淡輪以西の海域は1.2前後の低い値を示している。

⑦ 全炭素 全炭素は $12\sim 26\text{ mg}/1\text{ g}\cdot\text{乾泥}$ の濃度を示すが全般的な分布パターンはI.Lとほぼ同一である(図-8)。最高値(26 mg)は神崎川河口で検出されたが、芦屋~西宮沖に沿岸とは孤立して高い分布($24\sim 25$)を示す海域があり、これを中心に神戸港~大和川河口を結ぶ線以北の湾奥部は22以上の高い分布を示す。18以下の低い値は東部沿岸域、北西部の20以深海域、岬町地先海域にあらわれている。

窒素と同様に神戸~西宮沖に出現する高濃度分布はこの海域で収束する環流が存在する可能性を示唆⁶⁾しており、全ての項目で湾奥の高濃度分布の影響が東部泉州沖合方向におよんでいるのはこの海域で時計回りの恒流が卓越していることに起因するのであろう。

⑧ PCB PCBによる底質の汚染状況は図-9に示したごとく湾奥神崎川河口~尼崎地先に高濃度($1.1\sim 1.2\text{ ppm}$)な分布の中心があり、湾中央部にかけて急激に減少している。

和田岬~泉北港を結ぶ線以南の海域では 0.2 ppm 以下となり、20以深の湾中央海域は $0.05\sim 0.1\text{ ppm}$ で湾奥の影響はほとんどおよんでいない。また堺と岸和田地先の沿岸部には局所的に 0.1 以下の低い分布が現われている。

これらの濃度分布を示すPCBの塩化物組成を全点の平均値で図-10に示した。4塩化物が約半分近く(44.7%)を占めている。次いで3塩化物(25.1%)が多く、5塩化物(14.5%)、6塩化物(9.2%)の順となっている。2塩化物、8塩化物は2%以下の比率でしか含まれていない。このように大阪湾の底質中に含まれるPCBは塩素数4以下の低塩化物(平均組成 71.5%)が多いといえるが低塩化物含有比の分布を図-11に示した。大半の海域は低塩化物が $60\sim 80\%$ の比率で分布しているが、神崎川河口海域と泉州南部沿岸に低塩化物の比率が高い($80\sim 90\%$)海域が分布している。前者は市内の都市廃水による影響と考えられるが、後者についてはその原因が判然としない。

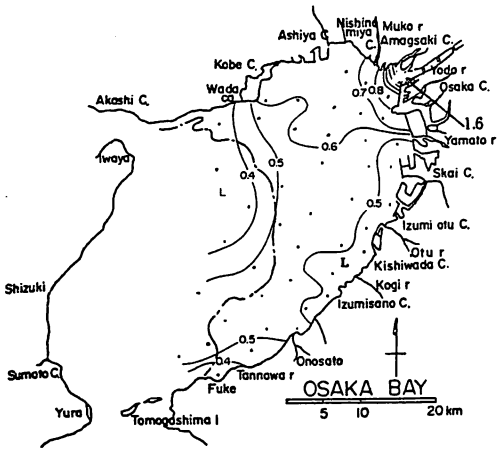


図-6 全リンの分布 (mg/1g・乾泥)

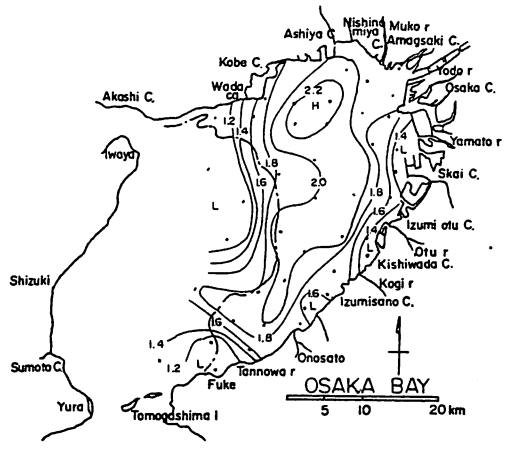


図-7 全窒素の分布 (mg/1g・乾泥)

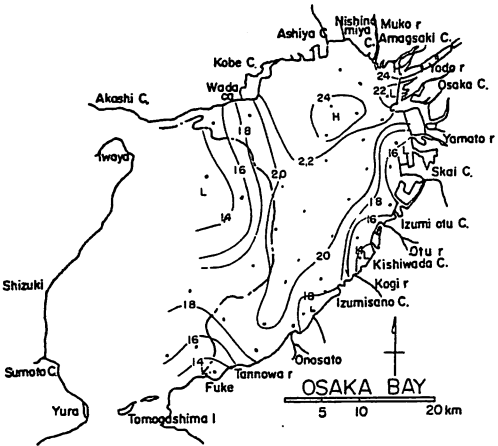


図-8 全炭素の分布 (mg/1g・乾泥)

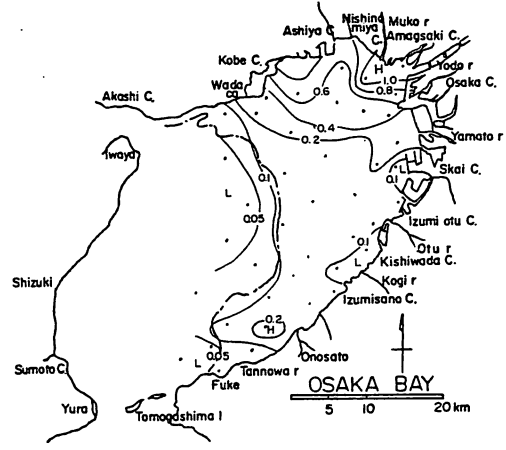


図-9 PCBの分布 (ppm)

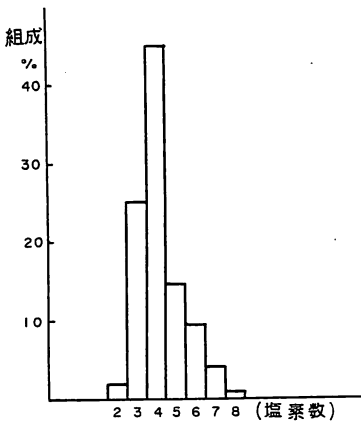


図-10 大阪湾底質中に含まれるPCBの塩化物組成 (平均値)

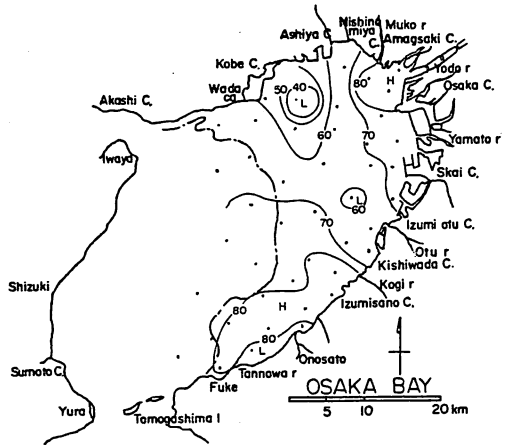


図-11 PCB中の低塩化物(塩素数4以下)含有組成の分布 (%)

しかし男里川周辺には再生紙工場が密集していてその影響が泉州南部海域におよんでいる可能性がある。一方神戸港沖には低塩化物が40%以下の海域がある。これは相対的に塩素数5以上の高塩化物の比率が高いことをあらわしており大阪湾ではやゝ特異的といえる。この海域は神戸港外にあって大型船舶が多く停泊するところで、その汚染源として船舶塗料によるものではないかと推察される。

以上のごとく各種の汚染指標について各項目別底質中の濃度分布を記載したが、各指標とも分布のパターンは基本的に類似していた。共通的な特徴としていえることは、第1に分布の中心となる高濃度海域は大和川河口～神戸港を結ぶ線以北の湾奥部にあってその影響は南々西に延び湾中央部から大阪府泉南の沖合海域に及んでいる。これは神戸和田岬沖合には明石海域から流入する沖合水の影響が認められ、湾奥部では時計廻りの恒流が卓越することによるものと考えられる。

第2に湾東部大阪府沿岸海域は沖合よりも低濃度で、特に堺～泉佐野にいたる沿岸部に低い分布が現われている。この海域は近年埋立等の木木工事が盛んに行われたところであるが、一般に沿岸域は風浪等によって底質の攪拌が行われ易く、沿岸から流入して周辺に沈降した有機汚染物質が沖合に運ばれ沖合域で再沈降しているものと考えられる。たゞこの特徴が1972年7月調査より明確になった点については冬の混合攪拌期から間もない5月調査という季節的な要因もいづらか加味して考える必要がある。

第3に神戸和田岬沖の20m以深海域と湾口部に近い淡輪沖の海域に低い分布が現われることである。これらの海域では外海水の流入がみられ、海水の交流が盛んなことから底質中の微細泥率が相対的に少なく、汚染物質が沈降しにくい条件にあるといえる。

(2) 汚染指標値の鉛直分布

大阪湾東部沖合海域の代表的な4地点で底質を柱状採取し、PCB、I.Lの2項目について海域別の鉛直濃度分布を調査した。結果は図-12に示すとおりである。図の左から右の順に湾奥から湾口部の状

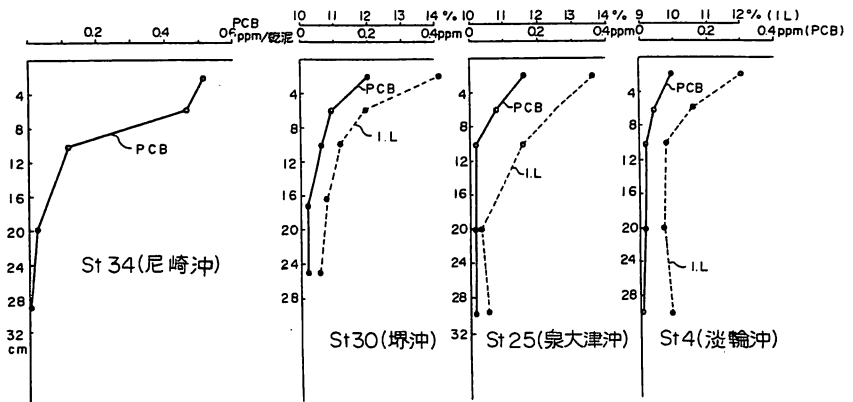


図-12 大阪湾底質の鉛直濃度分布

況をあらわしている。PCBでは湾奥海域(st.34)で表層に高濃度な汚染泥が堆積している状況が明らかであるが、湾口部に向うにつれて表層濃度と下層への濃度勾配が徐々に低くなる傾向がよみとれる。

湾奥の汚染海域ではPCBが主に堆積するのは4～8cm層(第2層)までであり第3層(8～12cm層)にかけて急激に減少する。しかし第4層(17～23cm層)でも0.03ppmの値が検出されたことはPCB

の使用開始年代を考えるとこの海域の海底堆積量がかなり大きいことになるが、その他人為的な要因による底質の上下混合の可能性も否定できない。27～31cm層（第5層）になるとPCBは殆んど検出されない。

堺沖（st.30）と泉大津沖（st.25）の海域では表層濃度が0.16～0.20ppmとなり、st.34とst.30の間で表層濃度が急激に減少することを示している。下層への減少勾配はst.30で表層と第2層の間が比較的大きく第2層から4層にかけて緩慢になる。st.25では表層から第3層の間で直線的に減少し、第4層以下では0.01ppmと検出限界近くの値となっている。

淡輪沖の南部海域（st.4）では表層の値が0.09ppmと小さく、第3層までの間に弱い傾斜を生じている。

同一試料について測定した強熱減量は堺沖の地点で表層が14.1%と高く、下層に向ってPCBと類似の濃度傾斜で減少するが、PCBで濃度差が消失する4～5層間でも、ゆるい勾配をもって減少している。

泉大津沖の海域では第4層にいたる迄直線的に減少しており、20cm層まで表層と同じ減少勾配を示していることが特徴的である。

淡輪沖では第3層までの間に減少し、10cmより下ではほとんど変化が現われていない。

このように2つの項目から見た鉛直的な底質汚染の状況は湾奥部ほど上層の濃度勾配が大きく、かつ下層にまで傾斜がみられることから、湾奥部ほど陸上から流入する汚染物質等を起源とする堆積量が多いことを表わしている。またPCBの使用年代等を考えると海域別に年間底質堆積量の概数値について大まかな見当をつけることが出来る。

(3) 底質汚染状況の総合的判定

前項で記載した各汚染指標の分布状況から大阪湾における有機汚染の現況について輪郭は把握できる。しかし一般的に底質の汚染は底質中の泥率組成に支配されるところが大きく、その場における汚染状況は粒子組成との関連で考えなければならない。そこで底質有機汚染の現況を総合的に判定するため、測定項目のうちから有機汚染指標7項目（COD、IL、全硫化物、C、N、P、電位差）について指標値と泥率組成の関係をグラフ上にプロットした。その一例を図-13、14に示す。一般に汚染のパラメーターは泥率組成に比例して増加するものとみなされるので、両者の関係がほぼ比例している標準泥とそれより指標値が少ない地点、多い地点の3群に分けた。

7項目について同じように処理し底質有機汚染の状況を総括的に表わしたのが図-15である。5項目以上が標準泥よりも悪いと判定されたのは湾奥大阪湾～芦屋地先の7地点でこの海域は大阪湾で底質汚染が最も進んでいるところといえる。その外側には神戸地先を含めて標準泥より2～4項目の指標値が高い汚染海域がある。さらにその外側周辺にはほぼ大阪湾の標準的な底質と判断された地点が分布しているが、これらの状況から考えると湾奥汚染源の影響は南に向い泉北沖合から泉南地先の方におよんでいる。これらの分布パターンは湾奥部に存在する大規模な汚染源と湾東部海域で卓越する時計廻りの恒流に支配されるものと考えられる。

これに対して神戸和田岬～泉佐野を結ぶ線以南は標準泥より指標値が少ない海域が分布しており湾奥汚染源の影響は湾中央部にはあまり及んでいないことを示している。また大和川河口～泉佐野地先の沿岸部も湾中央部以西と同様に底質汚染度が低いと判定されるが、この海域では陸岸から流入する汚染物

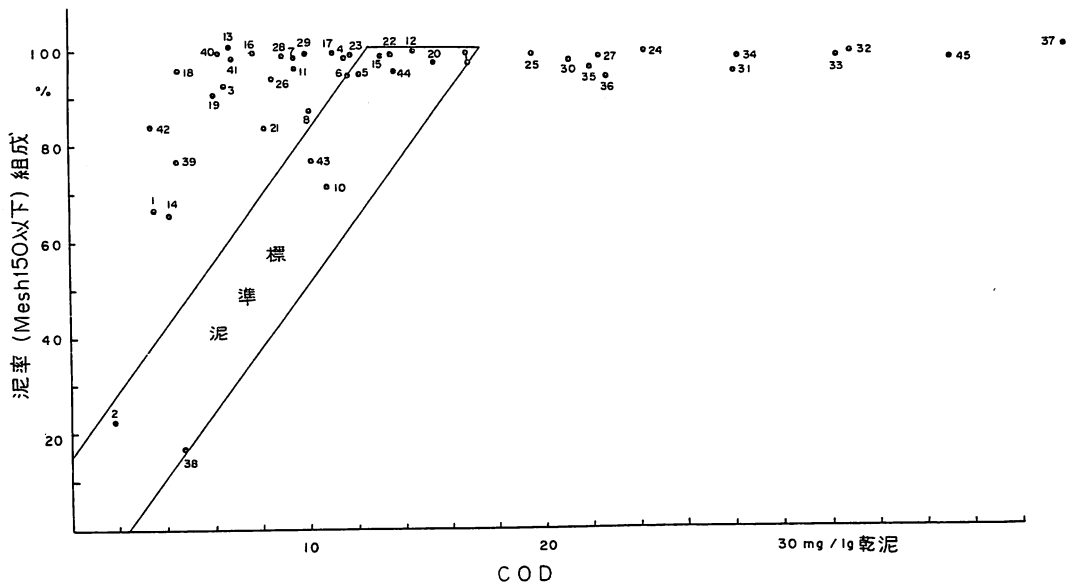


図-13 泥率組成とCODの関係

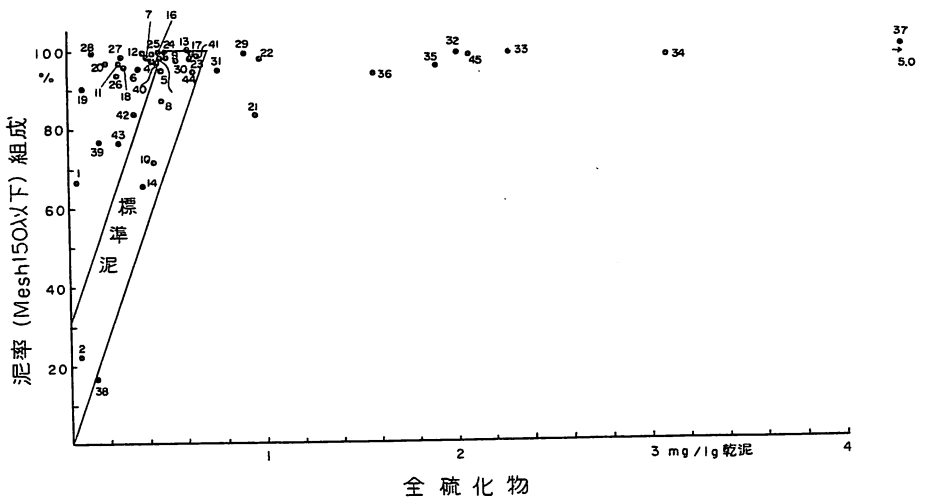


図-14 泥率組成と全硫化物の関係

質が沿岸汚染源の周辺に沈降しても風浪により攪拌をうけて沖合部に運ばれ、再沈降しているものと推測される。

(4) 汚染指標値の相互関係

大阪湾における環境汚染の特徴は湾奥を中心に各種の汚染物質が一体となって排出されるいわゆる複合汚染であり、湾内における汚染物質の分布や拡がりについて各項目とも類似のパターンを示すことが多い。1972年7月に行った重金属に関する調査においても重金属相互間、および重金属と有機汚染指標との間には比較的密接な関連関係が認められている。

今回の調査では過去から継続して測定しているCOD、IL、硫化物等の有機汚染指標値のほか、N、

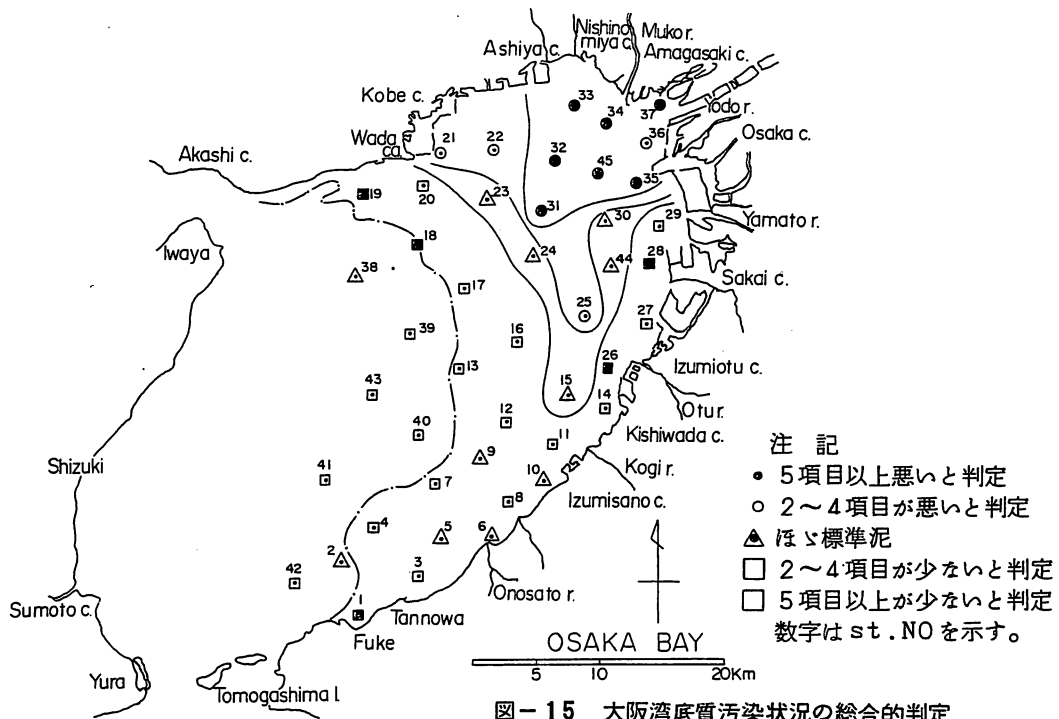


図-15 大阪湾底質汚染状況の総合的判定

P, C等内湾の富栄養化に関連が深い元素やPCB等の項目について測定したが、これらの指標値の相互の関係について検討した。

① C, N, Pの関係

まずCとPの関係では湾奥部の4点を除いて両者は $C = 39p - 0.9$ の一次直線で回帰され ($r = 0.89$) 相互の関係は密である。図ではst.36, 37の2点が一群の点から大きく離れているが神崎川河口から大阪北港前の海域がリンを含む汚染物質によって特異的に汚染されていることをあらわしている。

CとNでは特定の地

点が特にはずれることもなく両者はほぼ比例関係にある。この場合底質中にN 1mgに対してC 11～12mgの割合で含まれている。

NとPの関係ではy軸に切片を持った一本の直線で近似されるのが特徴である。図-18でN=0のときP=0.2～0.3の値を示すことから、Nの堆積とは別に一定量のPが底質中には存在している

図-16, 17, 18にCとP, CとN, NとPの関係について示した。

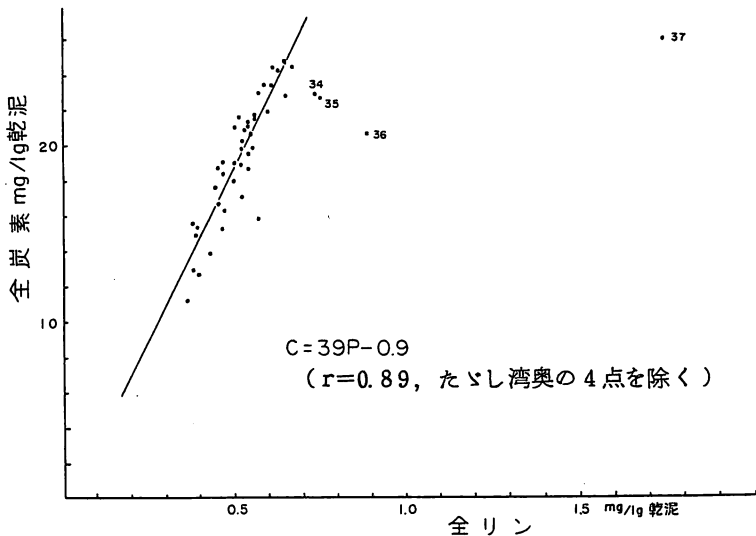


図-16 全リンと全炭素の関係

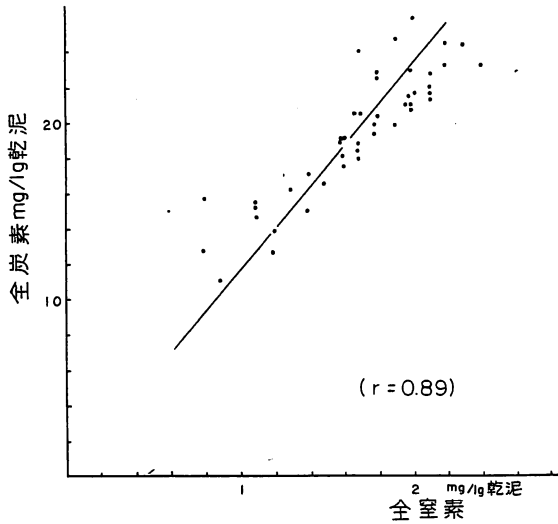


図-17 全炭素と全窒素の関係

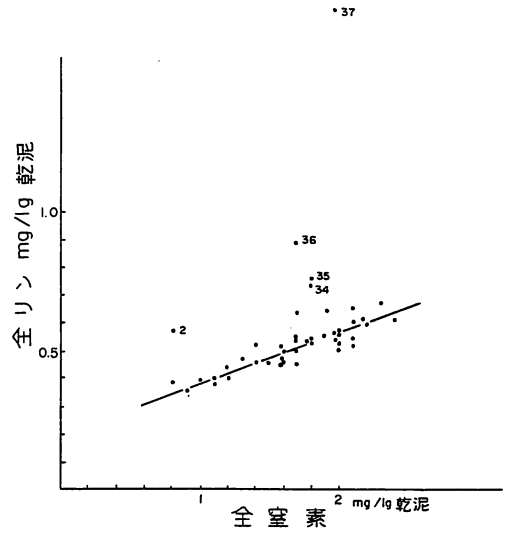


図-18 全リンと全窒素の関係

といえる。

一般にプランクトン中に存在する主要元素の構成比は $(\text{CH}_2\text{O})_{106}(\text{NH}_3)_{16}\text{H}_3\text{PO}_4$ の示性式であらわされるものと考えられている⁷⁾。これを重量比であらわせれば41:7.2:1になる。大阪湾では湾奥を中心に常時赤潮が発生しているため、浅海堆積物はプランクトンに由来するデトリティスによるところが大きいものと推察されるが、湾奥の2点を除いた43点の平均値でC:N:P比を求めると37:3.2:1となった。この場合CとPの比はほぼ上述の理論値に近いがNは $\frac{1}{2}$ 以下でN含有率が低い。

これらの3元素は他の有機汚染指標ともそれぞれ特徴のある関係を示すが、一例として3元素とI.L.の関係を図-19, 20, 21に示した。3項目ともI.L.と比較的密接な関係にあることがわかるが、特にCとI.L.の関係は密接で $C = 1.8(I.L.) - 0.75$ で近似できる。

② PCB汚染と有機汚染の関係 底質中に含まれるPCBの湾内分布は有機汚染指標と類似のパターンを示していた。したがってPCB濃度は各有機指標と比較的密接な関係を持っているが、なかでも酸化還元電位と全硫化物との関係がより緊密である。両者の関係を図-22, 23に示す。PCB濃度はマイナス電位の増加に伴って指数函数的に増加する傾向が明らかであり、硫化物に対しては一次の比例関係をもって増加している。PCBと有機汚染の関係で

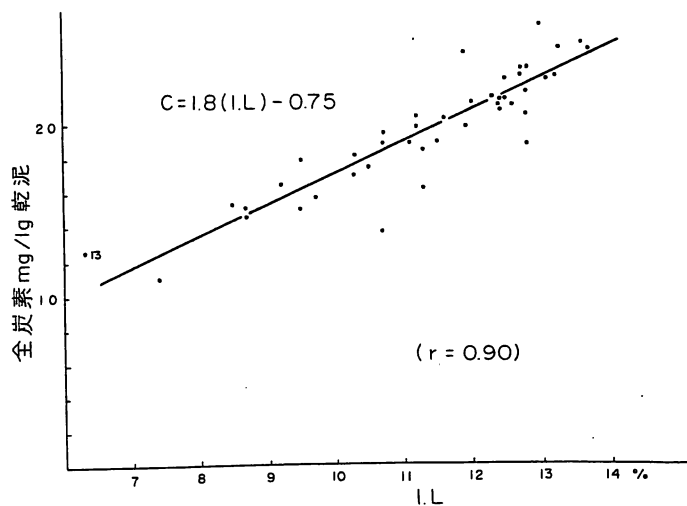


図-19 全炭素とI.L.の関係

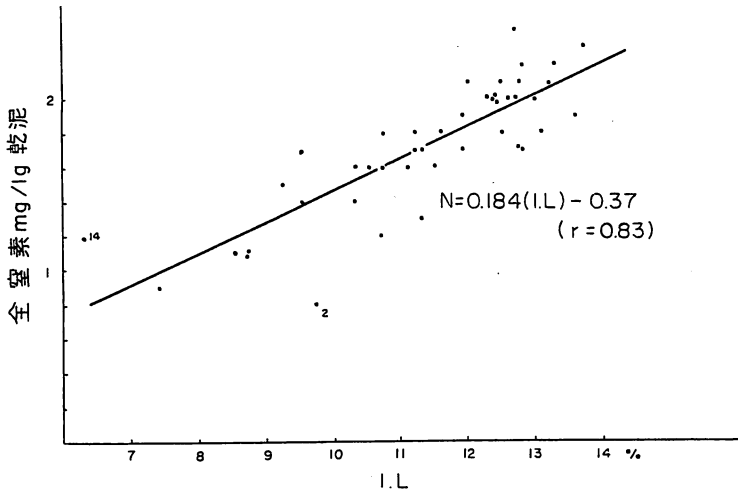


図-20 全窒素とL.L.の関係

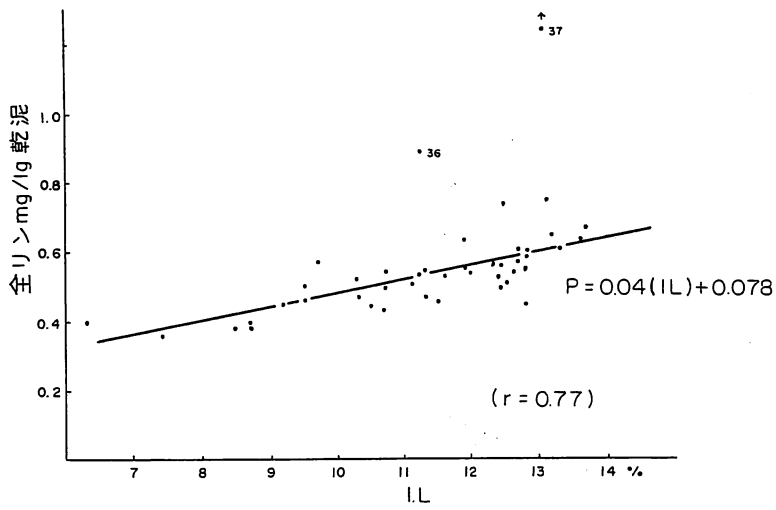


図-21 全リンとL.L.の関係

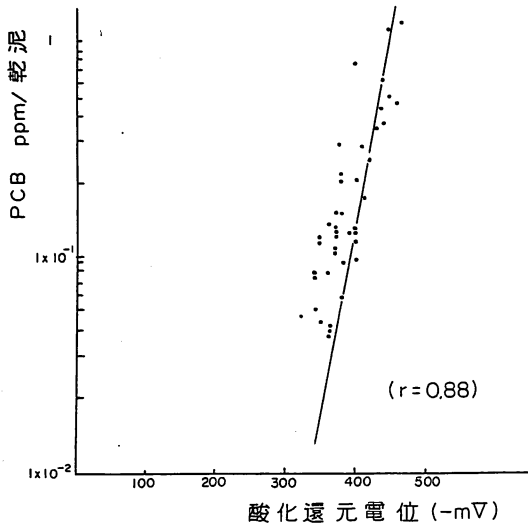


図-22 PCB濃度と酸化還元電位の関係

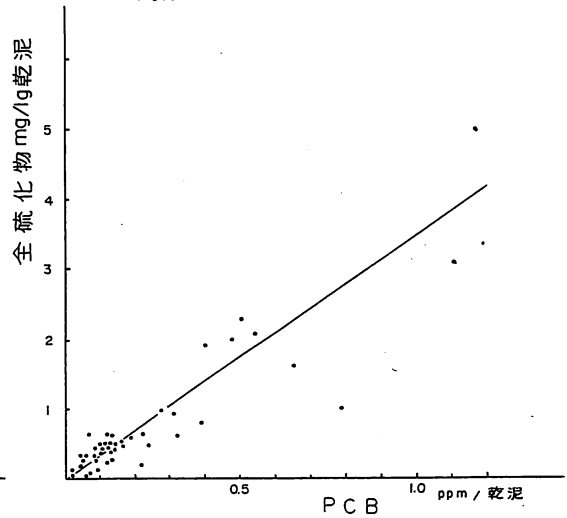


図-23 全硫化物とPCBの関係

は I L や COD 等の有機汚染の指標よりも酸化還元電位や全硫化物でより密接な相関を示すことは、PCB を含む汚染物質の分布が底質の還元状態にあらわれる底層水の流動とより関連が深いことを示しているのではないかと考えられる。

2. ベントスの生息状況

大阪湾の底生動物に関する調査は宮地が 1930 年代に詳細な調査を行い、標式動物の分布から生物相を図-24 のごとく区分している。

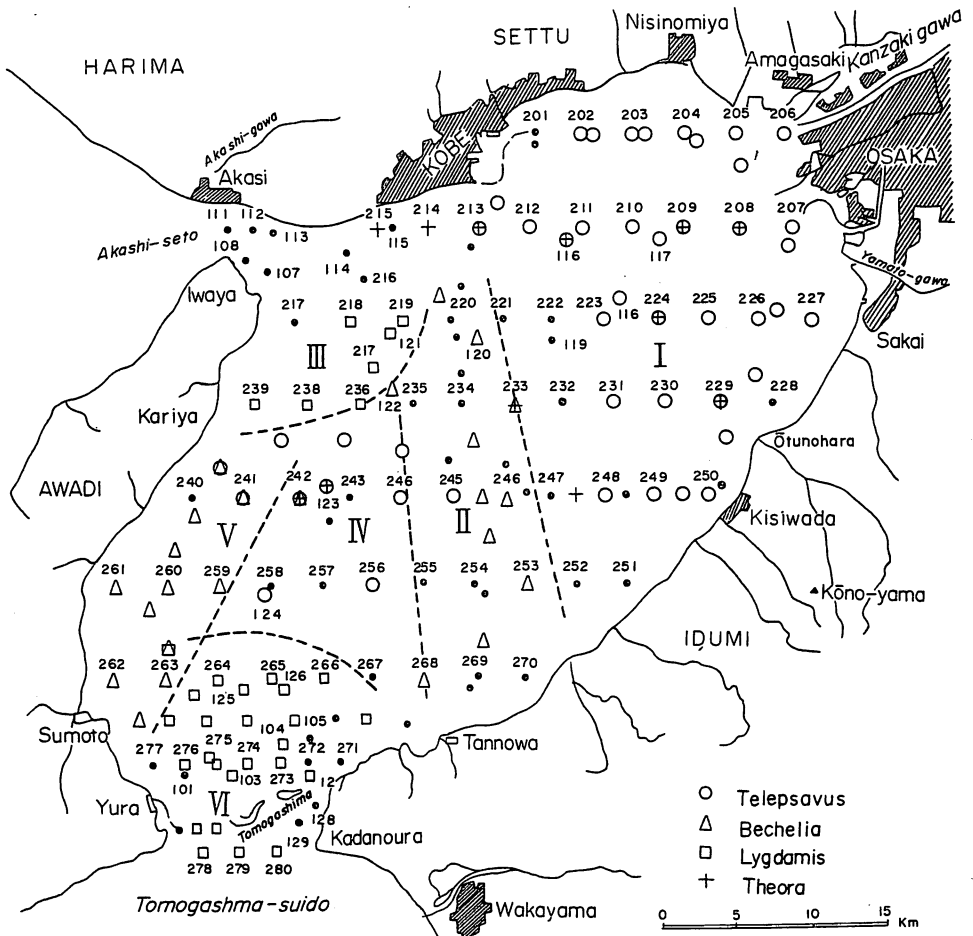


図-24 標式動物の分布からみた大阪湾の生物相
(宮地, 1939年8月、エックマン型)

地理的には6区に分けられるが動物群集区では砂礫底質を好む多毛類の Lygdamis 区(Ⅲ, Ⅵ区)、キチン質の生息管をもつ多毛類 Telepsavus 区(Ⅰ, Ⅳ区)、無足ナマコの Bechelia 区(Ⅱ, Ⅴ区)の3区にまとめられた。Ⅲ, Ⅵ区は水道部に近く底層水の流動が良好なこと、Ⅰ区ではシズグガイ (*Theora lata*) が採取され内湾性と停滞性が強いことがわかる。

1955年以降マクロベントスは度々調査されるようになったが、これらはいずれも大阪市内河川の河口や大阪港周辺など、ごく沿岸部の調査に終わっている。その後比較的広い範囲の調査が行われたのは1968年(11月)になってからであり、宮地の1区にほぼ相当する海域で底質の有機汚染とマクロベ

ントスの調査を行い、湾奥部における汚染状況の経年変化について解析した²⁾。このうちから *Prionospio pinnata* の編組比率分布を 図-25 に示した。1939年の標式動物 *Telepsavus costarum* は減少し、これに変わって当時全く採取されなかった *P. pinnata* が優占しており、この間に大きな変化を示していることがわかる。今回の調査はその後の内湾汚染とベントスの生息状況の現況を明らかにすることを目的としたが、調査範囲をより拡大して宮地のⅠ、Ⅱ区に相当する海域を対象にした。

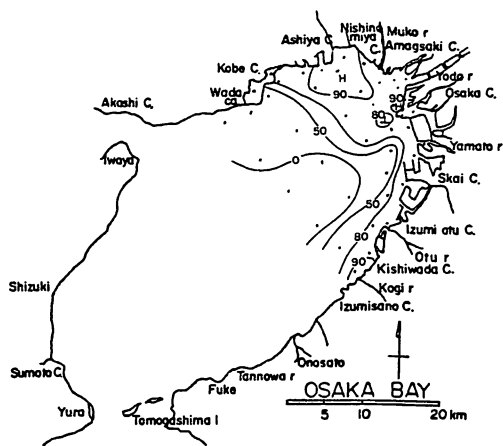


図-25 大阪湾奥部における *Prionospio Pinnata* 偏組比率分布 (1968年11月)

これらの結果からその後の環境変化の推移について若干の推測も可能であるが、調査時期の相違などに起因する動物相の季節変化を考慮すれば、より多くの資料についての比較検討が必要である。したがって経年的な変化については次の機会に譲ることとし、生息状況の現況について報告する。

(1) 出現種類数・個体数・多様度指数等

地点別採取結果の一覧は昭和50年度大阪府水産試験場事業報告に付載した。このうちから湾内における海域特性と汚染状況の一端を示す、出現種類数・個体数、Biotic Index, 多様度指数の分布をあらわしたのが 図 26 ~ 29 である。

内湾の水温躍層が強固に発達しない5月の調査であるため無生物海域は出現しないが、1968年の調査²⁾、水産庁の調査⁸⁾にくらべて種類数や個体数が一般的に少ないのが特徴的である。環境劣化の少ない内湾では通常4~6月にマクロベントス相は最も豊富であるとされているが、大阪湾では5月にこのような低い出現度であったことが注目され、富栄養化の進行のあらわれの一つであるかもしれない。出現種類数は1~16、個体数は1~205となっているが両者の分布には共通点が多い。すなわちこれらの高い分布は湾北西部と南部岬町地先および泉州沿岸海域、湾奥大阪地先等にあらわれていて、これらの海域によって囲まれる湾中央の水深15~20mの海域では種類数・個体数ともに低い。湾北西部と岬町地先の海域は底層水の流れがよいところで、種類数の分布パターンからみて明石海峡から大阪湾に流入する流れは神戸沖に向うものと湾中央から泉南沿岸に向う2系統があるのではないかと推測される。これに対して湾中央の沖合海域で両者の分布が低いことはこの海域の停滞性が強いことをあらわしている。

過栄養域や汚染域で生息密度や Biotic Index (B.I) が高くなり、多様性指数は低くなることは一般によく知られている^{9), 10)}。これはこのような環境では汚染に対する抵抗性が強いとか、ある程度の汚染を好むなど特異な生態を持つ種類が異常に繁殖するためこの特性を利用して環境の異質性や汚染度の判定に用いられている。図-28から B.I は大阪港周辺、神戸港外、泉州沿岸部で高く背後の汚染源が生物相の変化となってあらわれていると判定される。大和川河口の値が低いのは沿岸の土木工事により汚染域が埋立てられたり汚泥が除去されたことに起因するとみられ、この海域の底質汚染度も比較的低い。その他の沖合海域は1~2の値を示している。

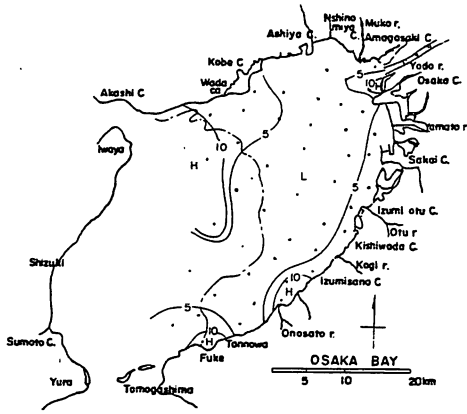


図-26 出現種類数の分布

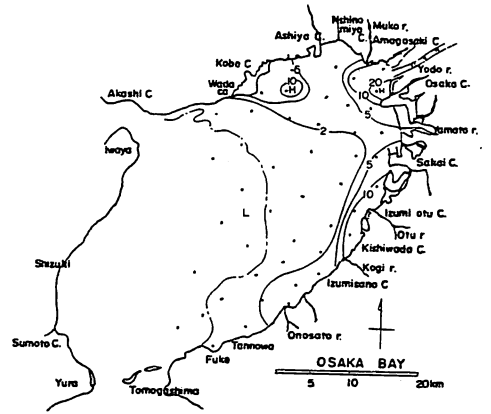


図-28 Biotic Index (個体数/種類数) の分布

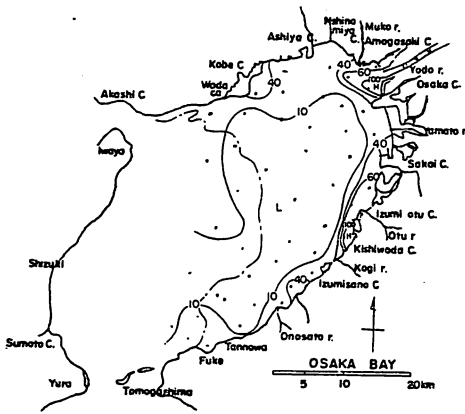


図-27 出現個体数の分布

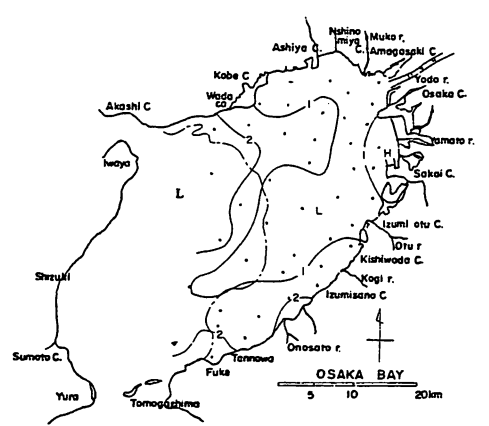


図-29 多様度指数の分布

環境が劣悪化して動物群集が変容する時に優占度のかたよりの強化が生じるが、このような場合は、多様度指数で判定するのが望ましい。

今回の調査では湾中央部に生物相の貧困な区域があって、指数化するにはやゝ問題もあるが図-29の分布は大阪湾の環境特性を比較的よく表わしている。すなわち2以上の分布は底層水の交換がよく行われ、汚染の影響が少ない湾北西部と泉州南部沿岸域にあらわれている。一方湾奥から中央部沖合海域は指数1以下と低いが、この海域は底質中の化学成分が高いところと合致している。

(2) 指標生物

出現個体の分類群別個体数偏組比率では多毛類が圧倒的に多く(図-30)湾奥部から泉南地先は全

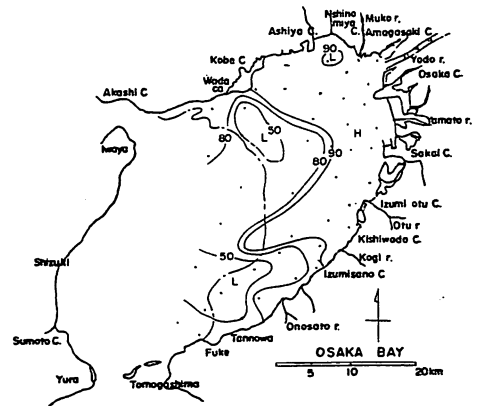


図-30 多毛類偏組比率の分布 (%)

体の90%以上を占めており、神戸和田岬沖と泉州南部地先ではやや低下している。湾中央部の出現個体数が少ない海域では比率の変異が大きいが、動物相の極度に貧困化したところではよくみられる現象で、その数値にはあまり大きな意味はない。

このように本湾では多毛類の比率が高いことが特徴といえるが、一般に指標生物として知られている *Prionospio pinnata*, *Lumbrineris brevicirra* の出現比率の分布を図-31, 32に示した。*P. pinnata* は淡水の影響の及ばない、やや沖合の有機汚染域ないし停滞性の強い海域の指標生物とされている¹¹⁾。この種の分布は神戸港外、淀川地先、大津川地先の3カ所で80%以上と高率であり、大和川河口を挟んで湾奥北部と泉州沿岸域に高い分布が現われている。しかし水深15m以上の沖合域では出現していない。*P. pinnata* は11月~2月に多く採取され他の季節は減少することが多い。今回の採取では1968年11月や、'75年3月の調査にくらべて全般的に分布範囲が縮小し、かつ比率も低下しているが、これは季節変化の影響によるものとみなされる。

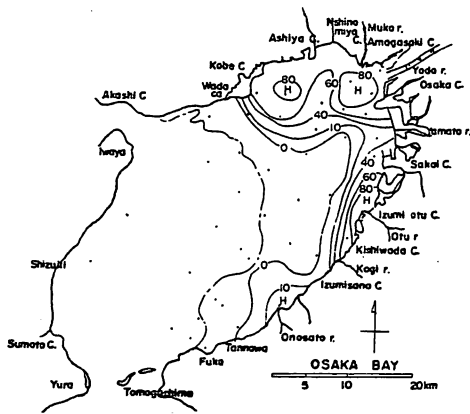


図-31 *Prionospio pinnata* 出現比率の分布 (%)

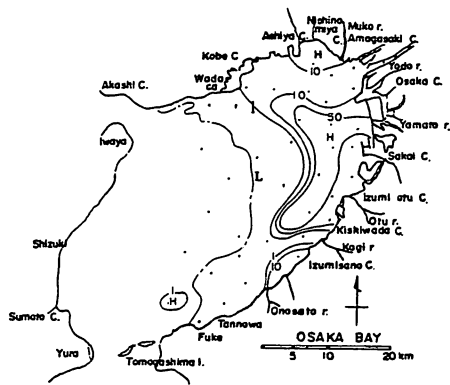


図-32 *Lumbrineris brevicirra* 出現比率の分布 (%)

多毛類 *Lumbrineris brevicirra* は底質の栄養度が高いところに多く生息する。図-32の分布では大和川河口から泉佐野沖合海域で50%以上と特に高い比率となった。泉佐野以南の海域では殆んど出現していないが、樫井川周辺の沿岸部には10~20%の比率で出現していて、*P. pinnata* の分布と同様にこの海域は、富栄養化が進んでいることを示唆している。

多毛類 *Sthenolepis yhleni*, *Sternaspis scutata*, *Prionospio marmgreni* は強内湾性の指標生物とされる反面、多少とも沖合水の影響があるところに出現する種類である。また *Spiophanus* sp., *Sabellaria ishikawaensis* は底層水の動きがよいところに生息する種類で環境条件が比較的良好な海域に出現する。これらの多毛類はごく少数しか出現しないがその出現状況を図-33に示した。*P. pinnata*, *L. brevicirra* の比率が高い水深約18m以浅の湾奥~東部海域にはこれら5種は全く出現していない。図-33に示したこれらの出現海域と非出現海域を区分する実線は通念的な大阪湾の環境特性の相違を明確に区分しているものと考えられるが、この線より西の海域でもこの種の多毛類が出現しないところが局所的に存在している。神戸港沖のst.20は種類数が少なくシズクガイの多い地点であるが、この附近は明石海峡からの流入水の影響域にありなが

ら局部的に停滞しやすい海域である。また泉南地先の st. 1, 4, 5 の海域でも出現しないが、地形的に湾入していたり、内湾水の卓越など st. 20 と同じ状況にあるものとみなされる。男里川～樫井川の河口海域は富栄養化の進行を示す反面沖合性の種類も分布している。

泉南地先海域の水塊構造は沿岸域では外洋水が、沖合部は内湾性水塊の影響を受けることが多い。友ヶ島水道から流入する分枝流の影響は泉南沿岸ぞいに男里川河口付近に達していると考えられているが、この海域における *Sthenolepis yhleni*, *Sternaspis scutata* の出現は分枝流の存在とその北限を示すものとして注目される。

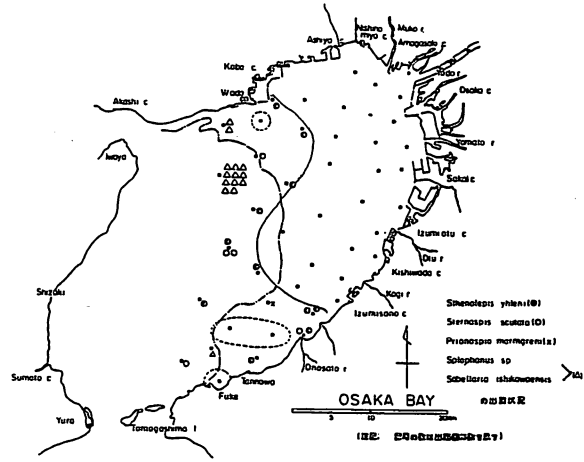


図-33

以上調査結果の概要について記載したが総合的に検討すると大阪湾のベントス生息状況は特徴の異なる3つの海域に大別され、それはまた底質の汚染状況とも比較的良好に合致している。

A. *Sthenolepis yhleni*, *Spiophanus* sp. 等沖合性指標種5種が採取された海域

この海域は沖合水の影響がみられ湾奥汚染源の影響は直接およびにくいところである。

B. *Prionospio pinnata* の生息比率が高い湾奥北部と泉州東部沿岸域

沿岸から各種の汚染源が流入し、躍層形成期には底層が貧酸素化する等の点で両者の海域には共通点が多い。しかし底質汚染の状況は前者が大阪湾のなかで最も進んでいるのに反し、後者では水深が浅いこと土木工事の影響や微細泥率がいく分低いこともあって沖合域より低い値となっている。この違いは沿岸から流入した汚染物質が一時はその周辺に沈降しても季節風等によって沿岸水が攪拌され沖合域で再沈降するためではないかと考えられ、水質測定値等を考慮に入ればこの海域は大阪湾で最も富栄養化が進んでいるところであり、それがベントス生息状況にあらわれたものと推測される。

C. 沖合性水域(A)と湾奥および東部沿岸域(B)に囲まれる沖合の動物相が貧困な海域

この海域は湾奥沿岸水の影響が支配的で(B)の海域に流入する汚染物質が恒流の影響や風浪攪拌によって再沈降しているところであり底質の化学成分は湾奥北部について高い。また躍層形成期には底層水が貧酸素化する等水の停滞性の大きいところで泥率組成が高く、水深が比較的深いこと等が動物相の貧困さとなって現われたものと考えられる。

要 約

大阪湾における底質の汚染とベントスの現況について各項目ごとに記載したが、その概略を要約すれば次のようにいえる。

(1) 窒素、リン、炭素等内湾の富栄養化に関連の深い元素は $N = 0.8 \sim 2.4$, $P = 0.3 \sim 1.7$, $C = 12 \sim 26$ (各 $\text{mg} / 1\text{g} \cdot \text{乾泥}$) の濃度で含まれている。これらはいずれも湾奥北部で高くなるが、西宮～神戸沖で孤立して高い分布が現われることが多く、この海域に収束する環流が存在する可能性がある。

(2) PCBは0.01~1.2 ppmの濃度分布を示す。最高値は神崎川河口で検出され、湾中央部に向けて次第に減少する。その鉛直分布は湾奥部ほど上層での濃度勾配が大きく、かつより下層にまでおよんでいる。ほとんど検出されなくなるのは尼崎沖の海域で30cm層、泉大津、淡輪沖の海域で20cm層となった。

(3) COD, I L, 全硫化物等有機汚染指標の分布もN.P.C等と類似のパターンを示し、湾奥北部で高く泉州沖海域にかけて高い分布が現われる。これに対して泉州沿岸部、20m以深の中央部海域、湾口部に近い岬町地先ではいずれも低い分布を示している。

(4) 泥率組成を考慮した底質汚染の現況は芦屋~大阪港を結ぶ線以北の湾奥が重汚染海域であり、堺・城北沿岸部を除く神戸港~大津川河口以北の湾奥海域が汚染されていると判定される。その影響は西方向には向わず、南下して泉州沖合海域に徐々に広がっている。これはこの海域で卓越する時計廻りの恒流によるところが大きい。

(5) 底生動物については、5月調査にしては全般的に種類数や個体数がいくらか少なく1~16種、1~205個体の範囲で採取された。分類群別偏組比率は多毛類が圧倒的に多くPrionospio pinnata, Lumbrineris brevicirraの優占する湾奥北部、泉州地先で90~100%を占めている。明石・友ヶ島を通じる外海水との交換の影響は種類数、多様度指数、やゝ沖合の種類(Sthenolepis yhleni, Sternaspis scutata, Prionospio marmgreni)水の動きがよく砂地を好む種類(Spiophanus sp., Sabellaria ishikawaensis)の出現などに現われており、これらの種類は湾中央部以東、榎井川以北のP. pinnata, L. brevicirraが優占する湾奥海域には出現しない。これは通念的な大阪湾の汚濁水塊や赤潮多発海域、貧酸素水塊発生海域とよく合致していて、これらの5種が出現しない湾奥海域は内湾沿岸水の卓越する海域と考えられる。たゞ男里川河口周辺および神戸沖海域等両者の緑辺部ではL. brevicirra P. pinnata等汚染性の多毛類も同時に出現しており、この海域では時によって両者の水塊が交互に影響しあっているものと考えられる。

参 考 文 献

- 1) 宮地伝三郎：海洋学会誌 Vol 12, 1~15 (1940)。
- 2) 城・林・三好：大阪府水試研究報告, No.1, 23~45 (1969)。
- 3) 城・矢持・安部：大阪府水試研究報告, No.4, 1~41 (1974)。
- 4) 竹下隆三・武田明治・土屋悦輝：環境汚染分析法 9, 30~67 大日本図書 (1973)。
- 5) 水産環境水質基準：日本水産資源保護協会 (1972)。
- 6) 山田紀男：水路要報, No.92, 23~29 (1972)。
- 7) 小山忠四郎：海洋科学基礎講座 11, 海洋生化学 74~111, 東海大学出版会 (1970)。
- 8) 水島重油流出事故漁業影響調査 昭和49年度調査報告書：水島重油流出事故漁業影響調査推進協議会 (1975)。
- 9) 北森良之介：海洋学講座 9, 海洋生態学 175~185, 東京大学出版会 (1973)。
- 10) 菊地泰三：環境と生物指標 2, 255~264, 共立出版 (1975)。
- 11) 北森良之介：環境と生物指標 2, 265~273, 共立出版 (1975)。

