

## 大阪湾の底質環境とメイオベントスの分布

辻野 睦・玉井恭一

### Sediment Conditions and Meiobenthic Community in Osaka Bay, Japan

Mutsumi Tsujino and Kyoichi Tamai

The relationship between the meiobenthic community structure and eutrophication of the bottom sediment was investigated at 18 stations in Osaka Bay in April and September 1994. As a common feature in April and September, the ignition loss and total organic carbon and total sulphide contents of bottom sediments increased towards the coast. The total nitrogen contents of bottom sediments was high in the center of the Bay. However the dissolved oxygen of the bottom water was depleted at the near-shore stations only in September.

The average numerical abundance of meiobenthos was 639 individuals/10cm<sup>2</sup> in April and 445 individuals/10cm<sup>2</sup> in September. As meiobenthic components, nematodes were the most abundant and occupied 79.3 and 86.1% of the total meiobenthos in April and September, respectively; followed by harpacticoid copepods (6.9 and 2.2%) and polychaetes (0.8 and 3.6%). These three animal groups were found to be concentrated in the top 2cm of the bottom sediments at all stations. The abundance of nematodes did not differ significantly between April and September. Harpacticoids were more numerous in April than in September. As a horizontal pattern, harpacticoids were more abundant along the coast than in the center of the Bay in April, but the reverse was the case in September. The differences in horizontal distribution patterns seen in the three animal groups are considered to reflect the group-specific tolerance against decreases of dissolved oxygen levels. The nematode/copepod ratios tended to increase with decreasing dissolved oxygen down to 2ppm. It is suggested that a high nematode/copepod ratio is associated with low dissolved oxygen and the deterioration of sediment conditions.

**Key words:** Meiobenthos, Sediment conditions, Dissolved oxygen,  
Nematode/Copepod ratio, Osaka Bay

メイオベントスは海洋底質中に高密度に生息し、底質の物質循環においてバクテリアやデトライタスの摂食者(Montagna 1984, Escaravage *et al.* 1989), マクロベントスの被食者として(Bell 1980)重要な役割を担っている動物群である。また、メイオベントスを構成する各動物群の環境に対する特異性から、メイオベントスを用いた環境評価手法の研究が行われており、そのほとんどが線虫類(Nematode)と橈脚類(Copepod)の生息密度の比であるN/C比につ

いて論議されたものである(Coull *et al.* 1981, Raffaelli 1981 1987, Raffaelli and Mason 1981, Warwick 1981, Amjad and Gray 1983, Lamshead 1984, Shiells and Anderson 1985)。しかし、日本の近海におけるメイオベントス群集の報告は、深海や沿岸のごく一部に限られ、メイオベントスと底質環境の関係に関する研究も少ない。本研究では日本の主要な内湾におけるメイオベントスの分布を明らかにするとともに、メイオベントスを用いた環境評価手法の開

発を行うため、日本有数の大都市を抱え富栄養化の進行が著しい大阪湾においてメイオペントスの調査を実施したので報告する。

### 材料と方法

大阪湾の湾中央部から沿岸に向かって放射状になるように18定点を設定し (Fig.1), 1994年4月14~20日および9月2~8日に南西海区水産研究所所属の調査船しらふじ丸で調査を行った。採泥にはkk式コア採泥器を用い (木俣 他1960), 内径4.0cmのコアで1定点につき6本採泥した。1本は泥分率測定, 2本は全硫化物濃度 (TS), 強熱減量 (IL), 全有機炭素量 (TOC), 全窒素量 (TN) の分析に用い, 3本はメイオペントス用試料とした。定点XO, B1, B2, B3, B4, B5については表層0~5cmまでを1cm毎の各層に切り分け, その他の定点については0~2cmと2~5cmの上下2層に分けて試料とした。泥分率

は粒径 $63\mu\text{m}$ 以下の粒子の重量百分率として求めた。TSは検知管法により, 採泥後5, 6時間以内に測定した。ILは $550^{\circ}\text{C}$ で6時間燃焼して測定した。TOC, TNは試料を乾燥させた後, 塩酸処理をして (Hedges and Stern 1984), CHNコーダ (柳本MT-5型) によって測定した。水温, 塩分はCTDで, 溶存酸素量 (DO) はニスキン採水器で海底から1m上層の海水を採取してウインクラ法によって測定した。メイオペントス用の試料は採泥後直ちに5%ホルマリンで固定, ローゼベンガルで染色して保管した。この試料をかき混ぜ法 (山西 1979) によって, 目合 $40\mu\text{m}$ ,  $63\mu\text{m}$ ,  $125\mu\text{m}$ および $1000\mu\text{m}$ の篩分けを行い,  $1000\mu\text{m}$ の目を通過し $40\mu\text{m}$ の目に残るペントスをメイオペントスとして抽出した。さらに, それを実体顕微鏡下で線虫類, 多毛類, ハルパクチクス類, その他の動物群に分けて計数した。

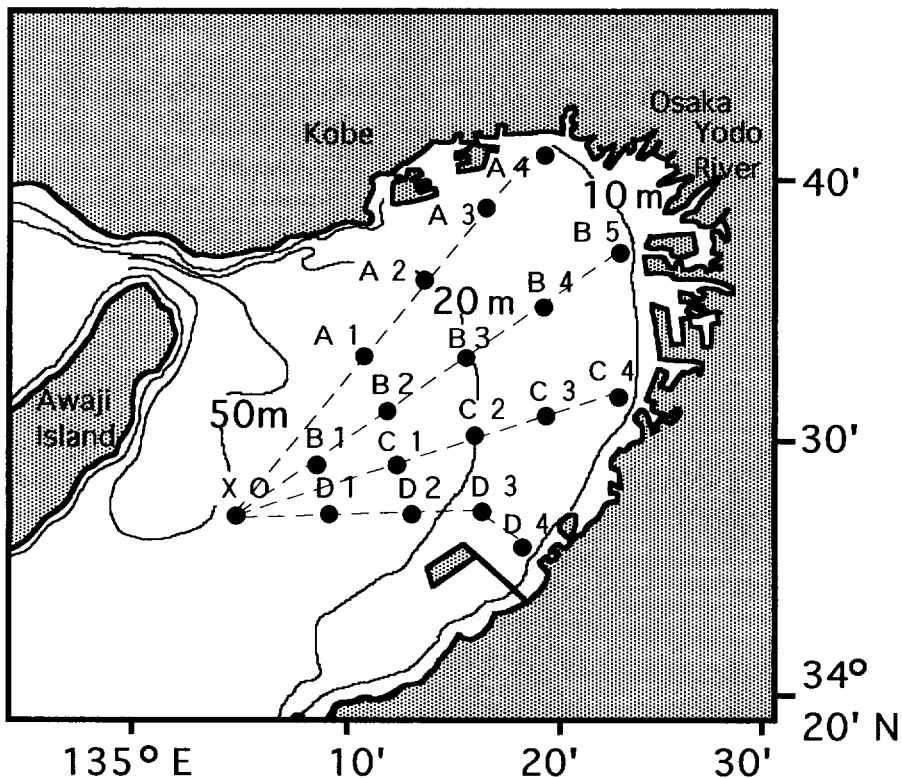


Fig.1. Sampling stations in Osaka Bay.

## 結 果

## 1. 環境項目

1) 水平分布 4月と9月の環境項目について、Table 1に全定点の平均値、および各定点の測定値の時期的な差の有無をWilcoxon検定法(Snedecor and Cochran 1967)によって検討した結果を示した。また、定泥0-5cmの各環境項目の平均値の水平分布をFig. 2a, 2bに示した。底泥のTOC, TNは時期的な差が認められなかったが、IL, TSは9月に上昇し、DOは低下した。底層水のDOは、4月では湾奥で6 ppm程度とやや低かったが、沖合ほど上昇し、8 ppm以上の飽和状態であった。しかし、9月では湾奥で著しく貧酸素化し、最も湾奥の定点A4では無酸素であった。沖合の定点でも4.4~5.2ppmで酸素飽

和度は70~80%であった。泥分率は両月とも水深20m以浅のほとんどの地点で90%以上であったが、20m以深域の一部で24~50%の値となる定点があった。しかし、最も沖合の定点XOでは80%以上と高かった。TSは、4月に1.0mg/g乾泥以上となったのは湾奥の数定点だけであり、沖合ほど低下し定点B1, D1では0.1mg/g乾泥以下を示した。最も沖合の定点XOでは0.93mg/g乾泥で周辺の定点に比べ特異的に高かった。9月にはほとんどの定点で上昇し、最も湾奥の定点A4では4月の1.8倍の1.84mg/g乾泥となった。底質の有機物量の目安であるILは、4月に10%以上になったのは沿岸の数点だけであるのに対し、9月には水深20m以浅の定点のほとんどで10%以上となった。しかし湾東部の沿岸の定点C4だけは2%と低かった。また、ILは沖合

**Tabl 1.** Environmental parameters, density of nematodes, harpacticoids, polychaetes and others, and the nematode/copepod ratio for the top 5cm of sediments in Osaka Bay. DO: dissolved oxygen, IL: ignition loss, TS: total sulphide, TOC: total organic carbon, TN: total nitrogen, N/C: Nematode/Copepod (Harpacticoid). Figures in parentheses denote the percentage of the total. NS: not significant.

	Months		Wilcoxon rank-test
	Apr. Mean±S.D.	Sep. Mean±S.D. (n=18)	
Environmental parameters			
DO(ppm)	7.67±0.69	3.70±1.67	$p < 0.01$
IL(%)	8.15±1.84	8.69±2.42	$p < 0.05$
TS(mg/g dry sediment)	0.52±0.42	0.61±0.44	$p < 0.05$
TOC(mg/g dry sediment)	16.24±4.25	15.34±4.90	NS
TN(mg/g dry sediment)	1.79±0.51	1.87±0.61	NS
Animal groups(No./10cm <sup>2</sup> )			
Nematodes	507±390 (79.3)	383±265 (86.1)	NS
Harpacticoids	44±24 (6.9)	10±8 (2.2)	$p < 0.01$
Polychaetes	5±3 (0.8)	16±20 (3.6)	$p < 0.01$
Others	83±39 (13.0)	36±24 (8.1)	$p < 0.01$
Total meiobenthos	639±371	445±265	NS
N/C	11	38	

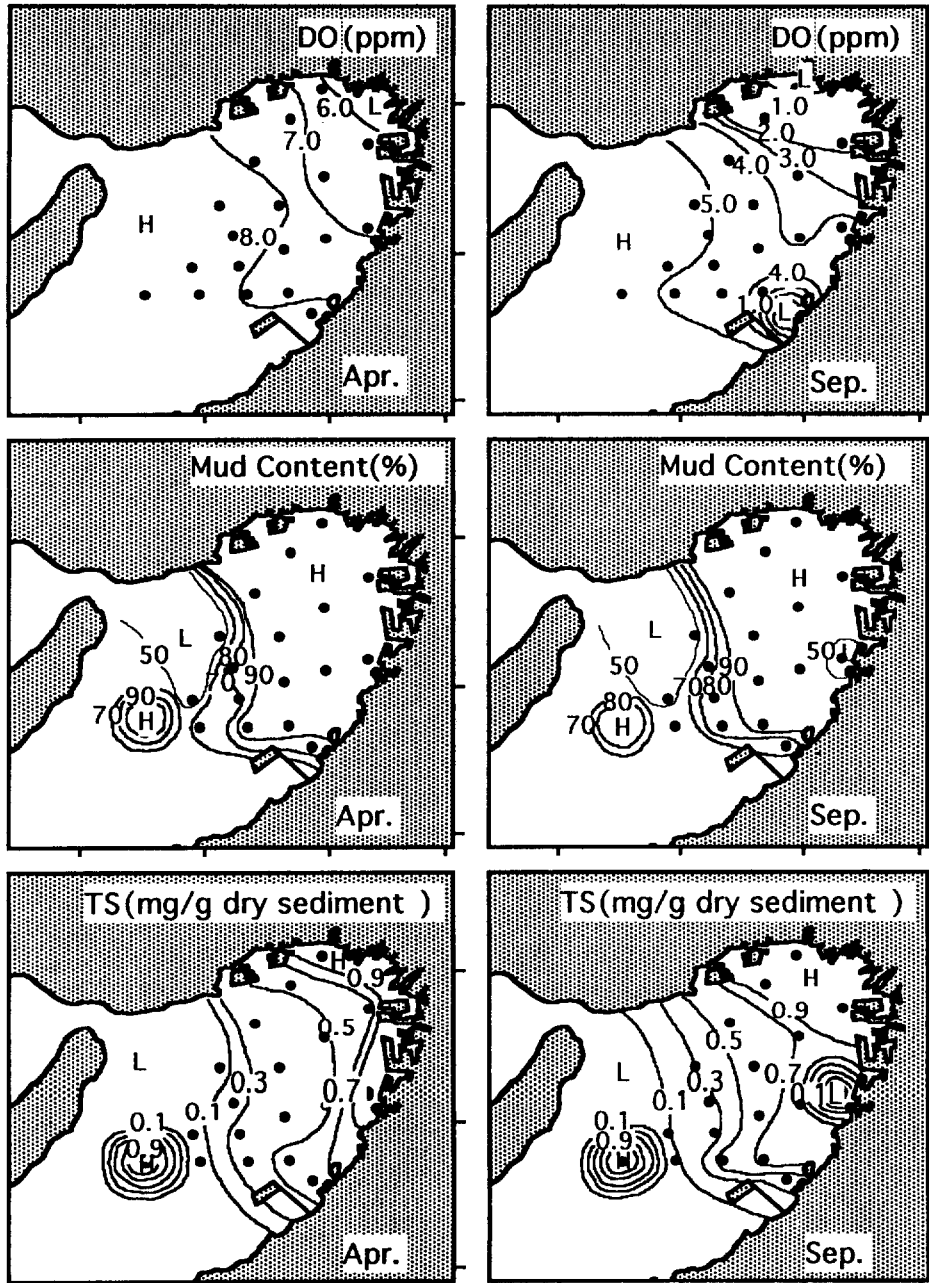


Fig.2a. Horizontal distribution in Osaka Bay of dissolved oxygen (DO) 1m above the bottom, mud content and total sulphide (TS) in the top 5cm of the bottom sediment in April (left) and September (right) 1994.

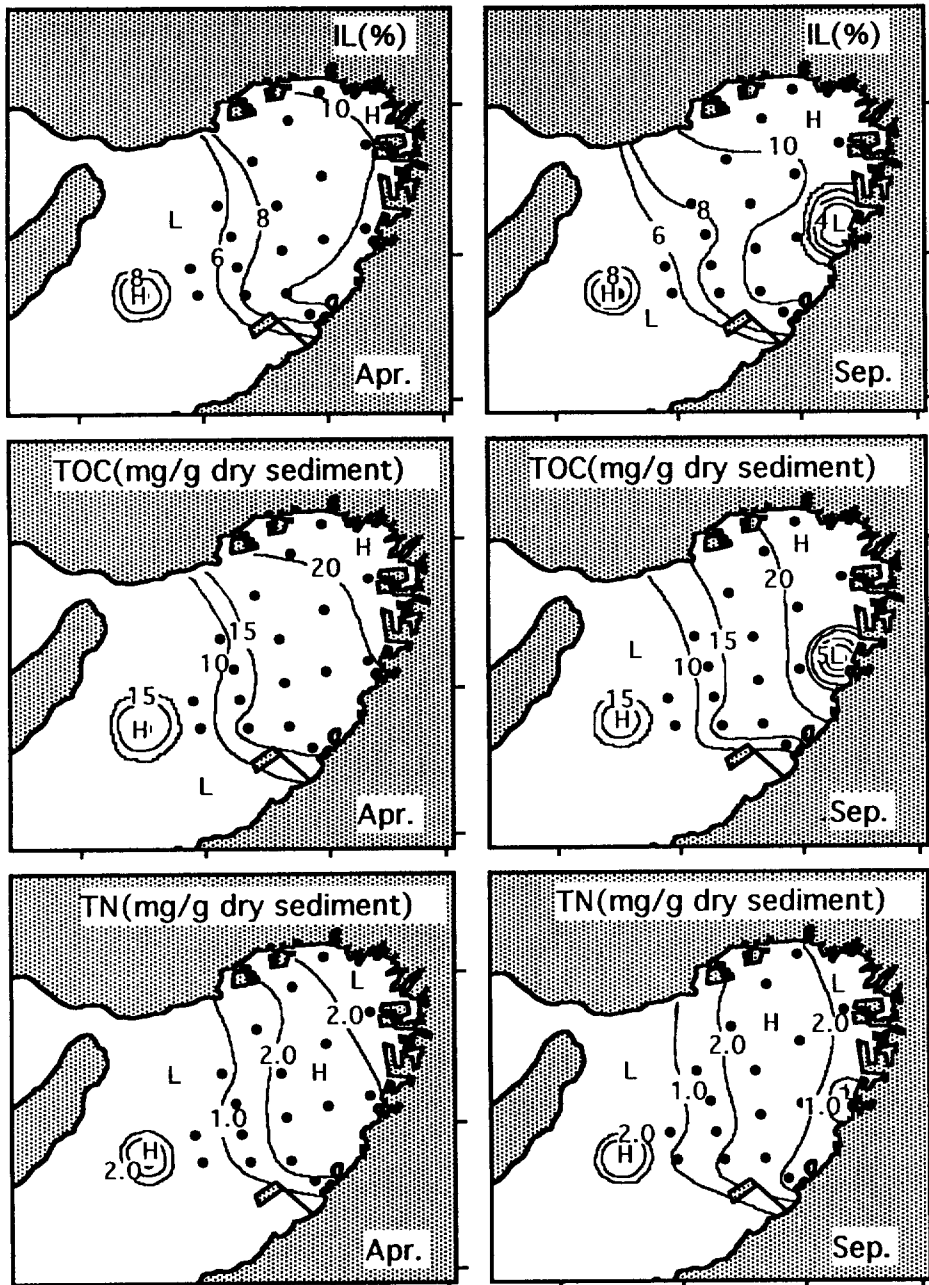


Fig.2b. Horizontal distribution in Osaka Bay of ignition loss (IL), total organic carbon (TOC) and total nitrogen (TN) in the top 5cm of the bottom sediment in April (left) and September (right) 1994.

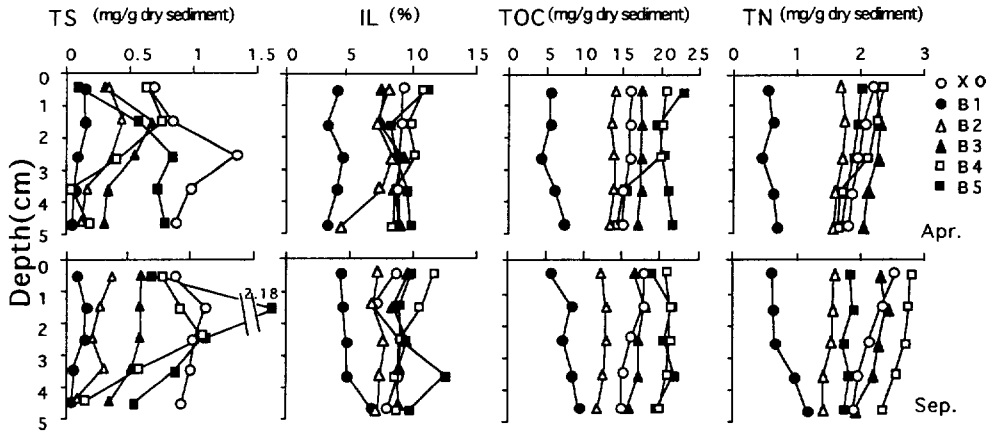


Fig.3. Vertical distribution pattern of total sulphide (TS), ignition loss (IL), total organic carbon (TOC) and total nitrogen (TN) in the top 5cm of the bottom sediment at XO, B1, B2, B3, B4, B5 stations in April (upper) and September (lower) 1994.

ほど低下したが、定点XOは両月ともに8%以上と高かった。TOCもILと同じ傾向を示し、4月に20mg/g乾泥以上になったのは沿岸の3定点であったのに対し、9月には4定点となった。TNは両月とも湾奥と沖合20m以深の定点は2.0mg/g乾泥以下と低く、その中間の水深10mから20mまでの定点および最も沖合の定点XOでは2.0mg/g乾泥以上と高かった。

2) 鉛直分布 湾中央部から湾奥に向かう6定点XO~B5についてTS, IL, TOC, TNの表層0-5cmの鉛直分布をFig.3に示した。TSは4月、9月ともに湾中央部の定点B1, B2, B3では上層から下層へ緩やかに低下し、層別の差が小さかった。さらに湾奥の定点B4, B5および最も沖合の定点XOでは層別の変化が大きく、1-2cmあるいは2-3cmに最高値があった。また、定点B3, B4, B5, XOでは9月の上層の濃度が4月の値に比べて上昇した。ILは、4月の定点B2では4-5cm層が低く、9月のB4では下層ほど低下し、B5では3-4cm層が高かったが、その他の定点では両月とも上層から下層までほぼ均一な分布を示した。TOCは、4月の定点B4では下層で低下したが、その他の定点では4月、9月ともに上層から下層までほぼ均一な分布を示した。TNは両月とも全層で大きな違いはないが、定点B1では下層ほど上昇し、その他の定点では下層になるにつ

れて徐々に低下する傾向があった。

## 2. メイオベントス

1) 水平分布 4月と9月におけるメイオベントスの3動物群について、Table 1に全定点の平均生息密度、および各定点の生息密度の時期的な差の有無についてWilcoxon検定法(Snedecor and Cochran 1967)によって検討した結果を示した。また底泥0-5cmまでの生息密度の水平分布をFig.4に示した。4月および9月のメイオベントスの生息密度はそれぞれ639個体/10cm<sup>2</sup>と445個体/10cm<sup>2</sup>であり、有意な差は認められなかった。その中で線虫類は4月には79.3%、9月には86.1%を占め、ハルパクチクス類はそれぞれ6.9%と2.2%を構成していた。また、多毛類は4月には0.8%、9月には3.6%を占めた。メイオベントスの3動物群の中で線虫類については、両月の間で有意な差が認められなかったが、ハルパクチクス類と多毛類については差が認められ、ハルパクチクス類は9月に低下したが多毛類は上昇した。また、N/C比は、4月が11.5、9月が38.3であった。

メイオベントスの生息密度の水平分布は、4月には湾南部の定点B1, C1, D1, D3においては他の定点に比べ幾分高く、9月にはA1, B2, C1, D2の20m以深30m以浅の定点で高かった。線虫類の分布は、4月、9月ともに湾中央部に

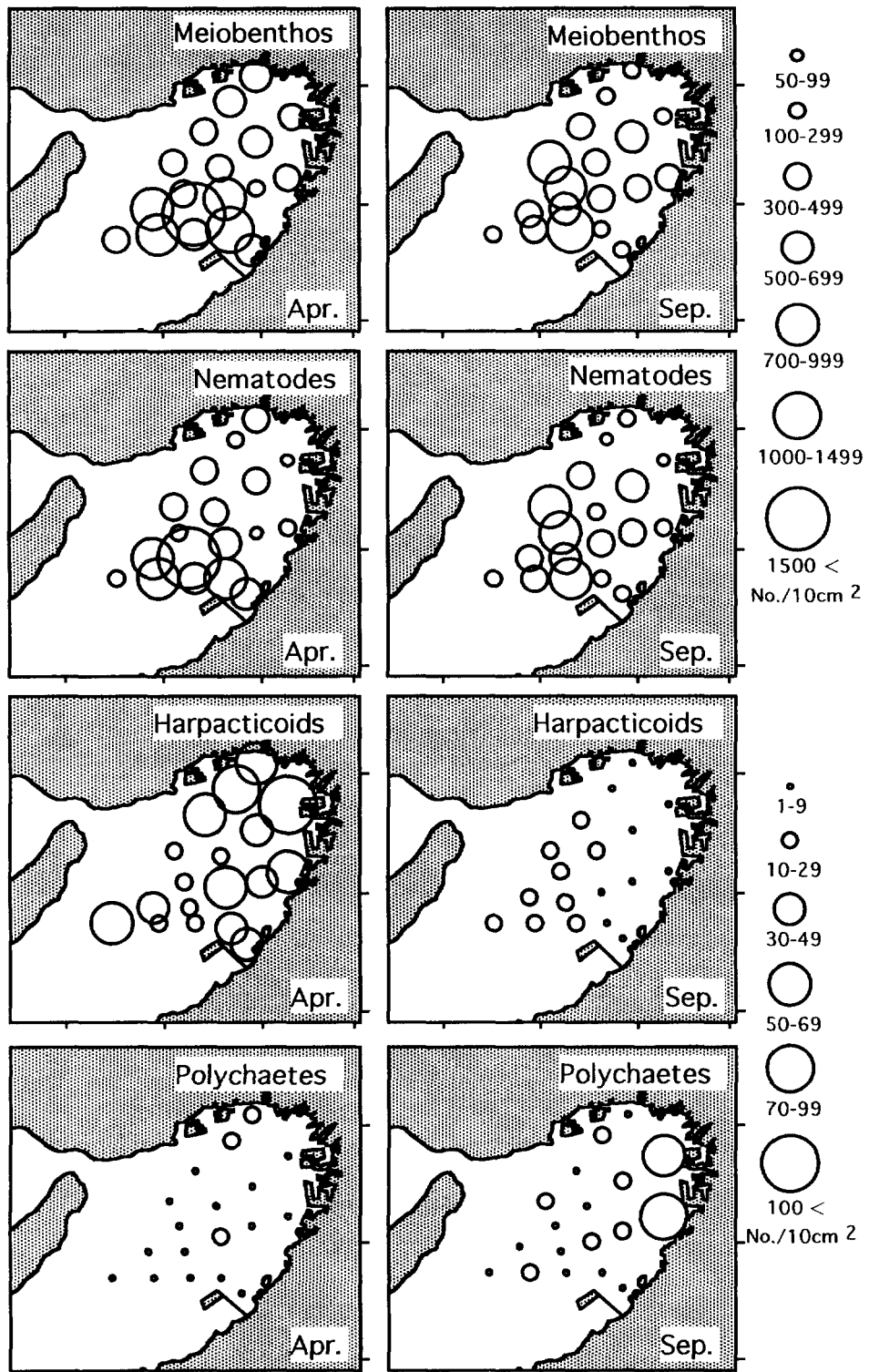


Fig.4. Horizontal distribution and abundance of meiobenthos and its components including nematodes, harpacticoids and polychaetes in the top 5cm of the bottom sediment in Osaka Bay, investigated in April (left) and September (right) 1994. Note the change of scale for the lower two sets of figures.

多く分布し、9月には湾奥や東部の沿岸部でその生息密度が減少した。ハルパクチクス類の生息密度は、4月には沖合から沿岸に近づくにつれて高くなり、9月には4月とは逆に沿岸よりも沖合の定点で高い傾向にあった。多毛類の分布は4月には定点間の違いはないが、9月には沖合よりも沿岸で高い傾向があり、中でもXO~B5、XO~C4のラインでは沖合から沿岸の定

点に近づくにつれて生息密度が増加した。しかし、XO~A4のラインは湾奥の定点A4で最も減少した。

2) 鉛直分布 XOからB5の定点における底泥0-5cmの3動物群の鉛直分布をFig.5に示した。線虫類はどの定点においても0-2cm層の間に全層の出現数の90%以上が分布し、2cm以下の層では極端に減少した。ハルパクチクス類は

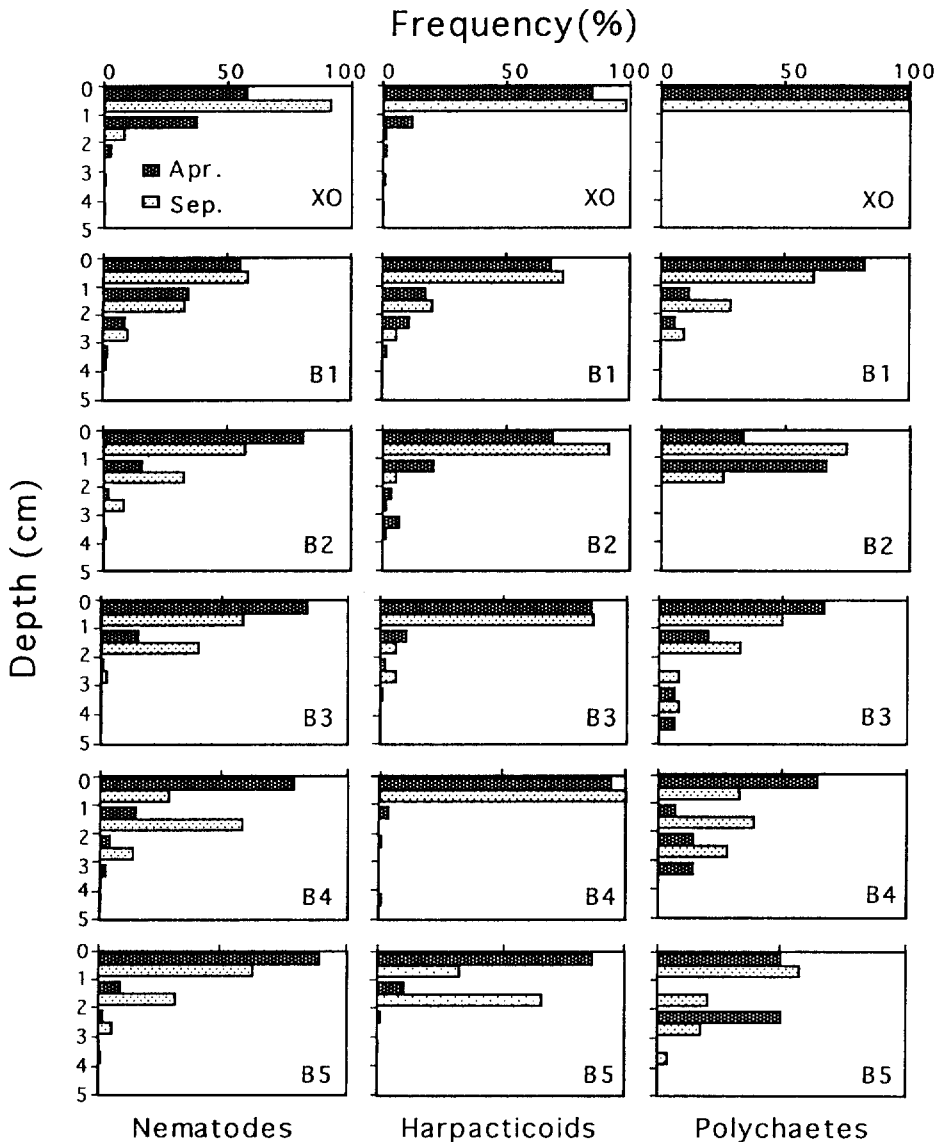


Fig.5. Vertical distribution pattern of the relative numerical abundance (percent) of nematodes, harpacticoids, and polychaetes in the top 5cm of the bottom sediment at XO, B1, B2, B3, B4, B5 stations in April and September 1994.



B1, B2の泥分率の低い定点ではやや下層まで生息したが、その他の定点では80%以上が0-1cmに分布し、3cm以下の層にはほとんど生息しなかった。多毛類はほとんどの定点で50%以上が0-1cm層に分布し、下層ほど低下して、ハルパクチクス類と同様に3cm以下の層にはほとんど生息しなかった。どの動物群も両時期の分布の違いはみられなかった。

3) N/C比の分布 沖合の湾中央部から沿岸へ向かうXO~A4, XO~B5, XO~C4, XO~D4

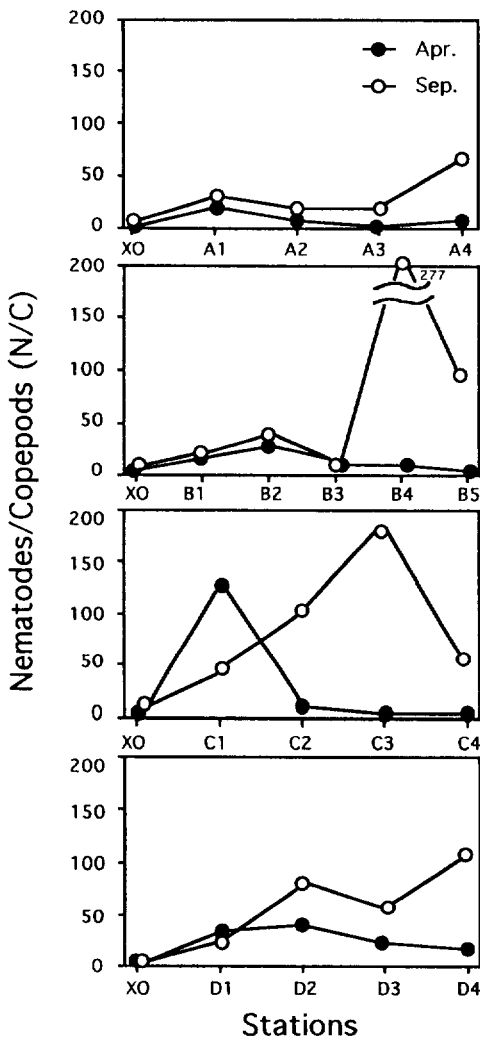


Fig.6. Horizontal changes in the nematode/copepod (harpacticoid) ratios along the four transects (XO~A4, XO~B5, XO~C4, XO~D4, see Fig.1) in Osaka Bay investigated in April and September 1994.

の4つのライン上におけるN/C比の変化をFig.6に示した。4月ではXOからC4のライン上の定点C1でN/C比129.6の高い値を示したが、他の3つのラインのN/C比の変化は横這いで、50を越えることはなかった。4月のN/C比と沖合から沿岸へ向かう定点番号との間の回帰直線を求めt検定を行った結果、傾き0は棄却できず( $p > 0.1$ )、沖合と沿岸との間にN/C比の一定の変化は認められなかった。9月ではどの直線においても沖合よりも沿岸部で高い値が見られ、水深20m以浅の定点のほとんどが50を越える値を示した。4月と同様に回帰直線による検定を行った結果、傾き0は棄却され( $p < 0.05$ )、沿岸に向かって高くなる傾向が示された。

4) 環境要因と動物群の関係 4月と9月において底質の状態を現す泥分率, TS, IL, TOC, TNの5つの環境要因について環境要因相互間の相関係数をTable 2に示した。TSと各環境要因相互間でやや低かったほかは、0.8以上の高い値が認められた。またこの結果をもとに相関行列を用いた主成分分析を行うと、4月、9月のそれぞれの第一主成分(Z1)は  
 $Z1 = 0.4557 X_{MUD} + 0.4834 X_{IL} + 0.3357 X_{TS} + 0.4749 X_{TOC} + 0.4694 X_{TN}$  (4月)

Table 2. Correlation matrix between the environmental parameters of sediments investigated at eighteen stations in April (upper of each compartment) and September (lower) in Osaka Bay. IL: ignition loss, TS: total sulphide, TOC: total organic carbon, TN: total nitrogen. \* Significant  $p=0.05$ (\*), 0.01(\*\*) or 0.001(\*\*\*) level. Not significant(NS)

	Mud Content	IL	TS	TOC	TN
Mud Content	1	0.8956***	0.4490 <sup>NS</sup>	0.8863***	0.8963***
IL		1	0.6628**	0.9442***	0.9224***
TS			1	0.5803*	0.5313*
TOC				1	0.9169***
TN					1

$Z1 = 0.4500 X_{MUD} + 0.4590 X_{IL} + 0.3951 X_{TS} + 0.4707 X_{TOC} + 0.4571 X_{TN}$  (9月)  
と表され、その固有値は4.1279と4.3712とともに全体の情報の80%以上が集約された。項目の

係数は両時期の全てで0.3以上の値を示した。これらのことからZ1は底泥の富栄養化の程度の指標と解釈され、数値が大きいほど底質の悪化が進んでいることを表している。さらに、

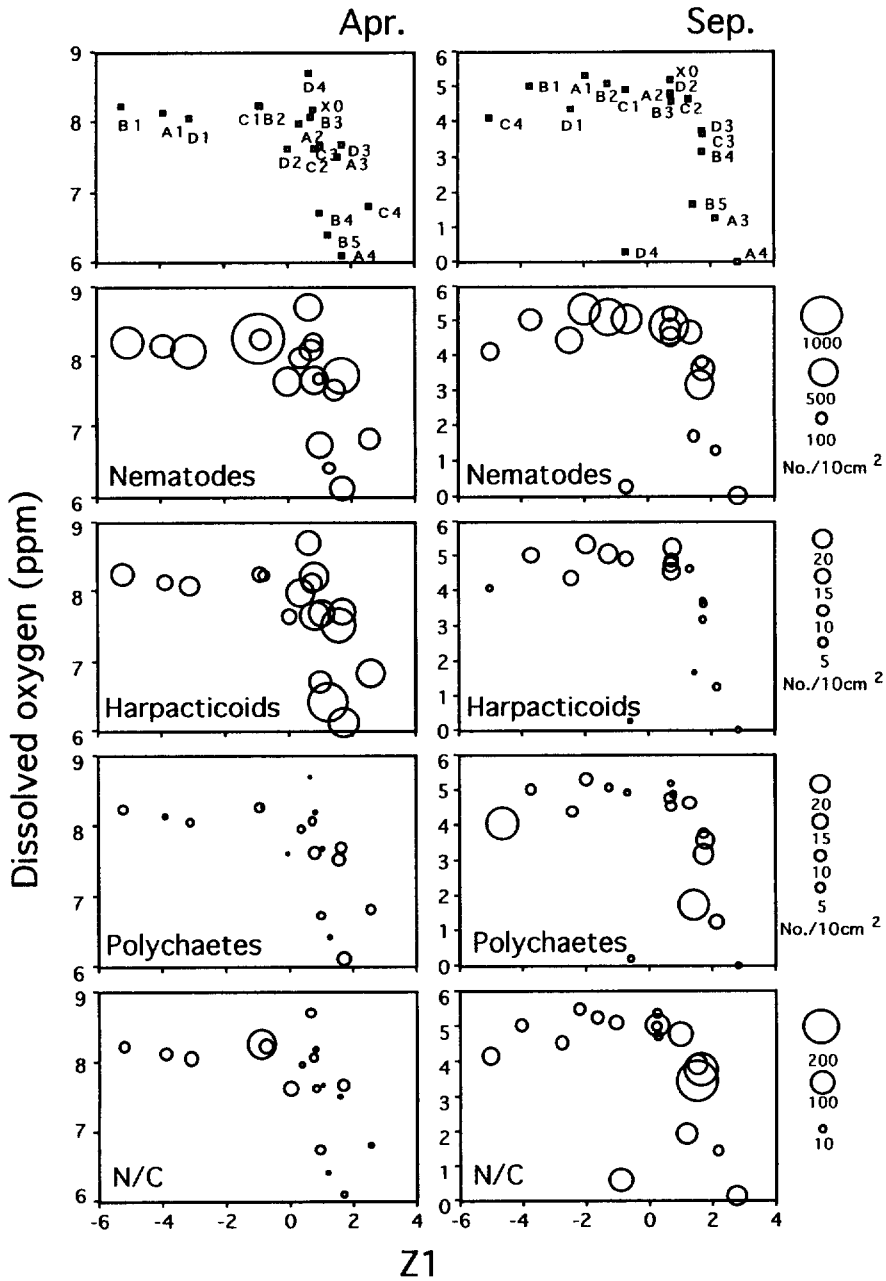


Fig.7. Abundance of nematodes, harpacticoids, polychaetes and the nematode/copepod ratio as a function of Z1 (the first principal component from the Principal Components Analysis for mud content, ignition loss, total sulphide, total organic carbon and total nitrogen) and the dissolved oxygen contents.

Z1をX軸にとり、Y軸に季節によって変化し、生物に大きな影響を及ぼす底層水のDOをとって各定点をプロットした。また各定点のプロットを線虫類、ハルパクチクス類、多毛類の生息密度およびN/C比の大ききで表した (Fig.7)。4月の線虫類、多毛類の生息密度は、Z1の大きさや底層水のDOとの間に明瞭な関係はみられなかった。ハルパクチクス類はZ1が0~2の間の比較的有機物濃度の高い富栄養化した底質に多く、N/C比はZ1が0~2、DOが7ppm以下の範囲で低かった。9月の線虫類の生息密度は底層水のDOが2ppm以上、Z1が-4~2の範囲で高かった。ハルパクチクス類はDOが4 ppm以上でZ1が-4~1、多毛類はDOが1~4ppmでZ1が1~2の範囲で高かった。N/C比は底層のDOが2ppm以上では、Z1が大きくなるにつれて上昇する傾向があった。

## 考 察

大阪湾は北部と東部に大都市を抱え、湾奥の淀川水系からは大量の有機物を含んだ河川水が流入している。また、水深20mを境にして東西に分けられ、東部では弱い潮流が時計回りに流れ成層が発達しているが、西部では明石海峡の影響を受けて潮流が速く、海域の中央部で渦を巻いている (藤原 1995)。大阪湾の底質環境はこれらの地形的、物理的な要素を強く反映し、水深20m以深ではやや底質が粗いが、それ以浅では極めて泥分率の高い泥地であった。IL, TOC, TSは湾東部の湾奥の沿岸で高く沖合になるにつれて低下し、底層水のDOは沿岸部で低く沖合にいくにつれて上昇した。沖合の渦の中心部に相当する海域では、特異的に有機物濃度、TSの上昇がみられた。また、季節的にみると9月は4月に比べIL, TSが沿岸部で上昇し、湾奥部では著しく貧酸素化した。このように大阪湾の底質環境は北東部の湾奥部で最も富栄養化が進行し、水平的にも季節的にも異なっていることから、底質環境の変化がメイオベントス動物群の分布に様々な影響を与えていることが予測される。

メイオベントスの生息密度は水温、DO、底質

の粒度組成、有機物濃度および食物等、様々な要因によって影響され、それを構成する動物群によっても違いがある (Hulings and Gray 1976, Bell 1980, Giere 1993)。メイオベントスの中で80%以上を占めた線虫類の生息密度には、4月と9月の時期的な差は認められなかった。しかし9月の沿岸部の生息密度は低く、大阪湾の線虫類の生息密度は底層のDOが2 ppm以上では底質の富栄養化の程度に左右されないが、それ以下となる場合には減少する傾向があった (Fig.7)。広島湾においても貧酸素化の著しい沿岸部で9月に最低密度が認められた (板岡・玉井 1993)。これらのことから線虫類は基本的に底質の有機汚染に対する耐性が高いが、極端な貧酸素化は高い耐性をもつ線虫類にとってもその生存に対して不利に働くと推定される。

ハルパクチクス類の生息密度は9月に比べ4月の方が高く、4月は比較的有機物濃度の高い沿岸部で高いが、9月は逆に沖合で高く沿岸部にいくほど低下する傾向を示した。さらにこの動物群は線虫類に比べDOの低下に対する耐性が低く、4 ppm以下になると生息密度が著しく減少する傾向がみられた (Fig.7)。このことからハルパクチクス類はDOの高い時期には有機物濃度の高い底質に多くなるが (Sandulli and de Nicola 1990)、貧酸素に対する耐性が低い (Raffaelli 1982, Amjad and Gray 1983) ために、通常夏季に増加する (Shiells and Anderson 1985, Sandulli and de Nicola 1990) にもかかわらず、底層水が貧酸素化する9月には減少すると考えられる。

多毛類の生息密度は4月よりも9月の方が高く、9月には無酸素となった湾奥の一部を除いて沖合いよりも沿岸部で高密度となった。このことは、汚染程度の低い海域では通常春から夏にかけて生息密度が上昇することおよび有機汚染に強い種類の多毛類は8月から10月にかけて生息密度のピークをもつためとおもわれる (玉井 1982)。しかし多毛類はほとんどがマクロベントスの範疇に入り、メイオベントスに分類されるのは小型の種がわずかであることから、個体数も少なくメイオベントスに含まれる多毛類を用いた環境指標を考えるには問題がある。

以上のことから、1)メイオベントスを環境指標として利用しようとする場合には、採集個体数が比較的多く、かつほとんどの個体がメイオベントスサイズに含まれる線虫類とハルパクチクス類を対象動物群として考慮することが適当であること、2)DOが高い場合には底質中の有機物濃度が高いことは両動物群の生息に対して不利な条件とはならず、特にハルパクチクス類にとってはそのことはむしろ有利に働いていること、3)線虫類もハルパクチクス類も底層水の貧酸素化の影響を受け、生息密度は低下するが、線虫類はハルパクチクス類よりも貧酸素耐性が高く、この差を利用した環境評価ができる可能性があること、の3点が指摘できる。

したがって、Raffaelli and Mason (1981)によって提案された線虫類とハルパクチクス類の生息密度の比、N/C比をわが国における環境評価手法の一つとしてとり入れることは、上記のような観点からみて妥当性がある。そこで、この点を今回の大阪湾の調査結果にもとづいて検討してみた。

大阪湾のN/C比の分布は4月では沖合と沿岸で差はなく (Fig. 6)、底質環境およびDOとの関係を解析すると、4月のDOの範囲ではZ1の値が高い海域、すなわち底泥の有機物濃度の高いところでN/C比が低い傾向がみられ、全体的に値は低く1定点を除いて50を越えることはなかった (Fig. 7)。しかし、9月では底層水が貧酸素化した沿岸で高く (Fig. 6)、DO 2 ppmまではDOの低下とともに高くなる傾向がみられた (Fig. 7)。N/C比は水深や底質の粒度組成によっても変化する例も知られているが (Raffaelli and Mason 1981)、大阪湾においてはこれらの影響はみられなかった。このことから大阪湾ではDOがN/C比の変動の主要因と推察され、N/C比が高いことはDOが低下し底質環境が悪化したことを示すと考えられる。しかし、一方次のような問題点が指摘される。1)ハルパクチクス類の個体数が少ないためにN/C比の変動が大きく、4月の定点C1でみられるようにDOが4ppm以上でもN/C比が100以上の値となることがあった。2)DO 2ppm以下では線虫類の生息密度も低下するために汚染されているにもかかわらず

ならずN/C比が低下する傾向があった。3)これらのために大阪湾のN/C比からはDO低下の著しい海域とそうでない海域を区別する値を決めることができなかった。1)についてはRaffaelli and Masonも指摘しており、沿岸の浅海域における泥分率の高い海域では、汚染されていない地点でも高い値を示すことがあるが、決して汚染域でみられるような極端に高い値となることはないとして述べている。2)についてはDOが2 ppm以下に減少するような富栄養化が進行した全ての海域でみられる現象なのかどうか検討する必要がある。したがってこれらのことを考慮すると、N/C比の値だけから海域の環境を判断することは危険であるが、少なくともDOの低下がN/C比を上昇させる主要因であると推察され (Amjad and Gray 1983)、N/C比が100以上を示す海域では、DOが継続的にかなり低下し、底生動物群集に悪影響を及ぼすほど底質環境が悪化している可能性が指摘できる。

また、広島湾では線虫類の鉛直分布が底質環境を表す指標の一つとして提案された (板岡・玉井 1993)。しかし大阪湾における線虫類の鉛直分布は、どの海域でも0-2cm層に集中し極端に表層に偏っていた。線虫類の鉛直分布は粒度組成、TS、底泥中のDOおよび他の底生動物の影響を受けるといわれ (Bell and Coen 1982, Jensen 1984, Heip *et al.*, 1985, Lorenzen *et al.*, 1987)、広島湾ではそれが底層水の貧酸素化とTSの上昇に起因すると考えられた (板岡・玉井 1993)。しかし、大阪湾では海域による変化がなく、大阪湾全海域に共通する原因があると推察される。

以上のことから大阪湾のメイオベントスの分布は、DOが豊富な時期には底質環境に大きく左右されることはないが、底層水が貧酸素化する時期には各動物群の貧酸素耐性の違いが分布に反映されると考えられた。中でも線虫類とハルパクチクス類は貧酸素耐性に明らかな差がみられ、このことを利用したN/C比は底質の状態を知る一つの目安となると思われる。しかし、底質環境指標として使用するにはメイオベントスの群集構造に影響を及ぼす要因の研究が未だ不十分であるためさらに検討が必要である。

## 謝 辞

本研究を行うにあたり、現場調査にご協力いただいた、南西海区水産研究所調査船しらふじ丸の土谷貞征船長はじめ乗組員の皆様および赤潮環境部漁場保全研究室の重田利拓技官に深く感謝申し上げます。また、本原稿を御校閲いただいた赤潮環境部主任研究官の神山孝史博士に厚く御礼申し上げます。

## 文 献

- Amjad, S. and J. S. Gray, 1983: Use of the nematode-copepod ratio as an index of organic pollution. *Mar. Pollut. Bull.*, 14(5), 178-181.
- Bell, S. S. 1980: Meiofauna-macrofauna interactions in a high salt marsh habitat. *Ecol. Monogr.*, 50(4), 487-505.
- Bell, S. S. and L. D. Coen, 1982: Investigations on epibenthic meiofauna I. Abundances on and repopulation of the tube-caps of *Diopatra cuprea* (Polychaeta: Onuphidae) in a subtropical system. *Mar. Biol.* 67, 303-309.
- Coull, B. C., G. R. F. Hicks and J. B. J. Wells, 1981: Nematode/copepod ratios for monitoring pollution: A rebuttal. *Mar. Pollut. Bull.* 12(11), 378-381.
- Escaravage, V., M. E. Garcia and J. Castel, 1989: The distribution of meiofauna and its contribution to detritic pathways in tidal flats (Arcachon Bay, France). *Sci. Mar.* 53, 551-559.
- 藤原建紀, 1995: 大阪湾の生態系を支配する流れの構造. 瀬戸内海, 2-3, 85-93.
- Giere, O. 1993: *Meiobenthology*. Springer-Verlag, Berlin, 328pp.
- Hedges, J. I. and J. H. Stern, 1984: Carbon and nitrogen determinations of carbonate-containing solids. *Limnol. Oceanogr.*, 29(3), 657-663.
- Heip, C., M. Vincx and G. Vranken, 1985: The ecology of marine nematodes. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.*, 23, 399-489.
- Hulings, N. C. and J. S. Gray, 1976: Physical factors controlling abundance of meiofauna on tidal and atidal beaches. *Mar. Biol.*, 34, 77-83.
- 板岡 睦・玉井恭一, 1993: 広島湾におけるメイオベントスの群集構造と富栄養化. ベントス学会誌, 45, 19-28.
- Jensen, P., 1984: Ecology of benthic and epiphytic nematodes in brackish waters. *Hydrobiologia*, 108, 201-217.
- 木俣正夫・河合 章・石田祐三郎, 1960: 海底泥土の採取法. 日水誌., 26(12), 1227-1230.
- Lambhead, P. J. D., 1984: The nematode/copepod ratio: Some anomalous results from the Firth of Clyde. *Mar. Pollut. Bull.*, 15(7), 256-259.
- Lorenzen, S., M. Prein and C. Valentin, 1987: Mass aggregations of the free-living marine nematode *Pontonema vulgare* (Oncholaimidae) in organically polluted fjords. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 37, 27-34.
- Montagna, P. A., 1984: In situ measurement of meiobenthic grazing rates on sediment bacteria and edaphic diatoms. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 18, 119-130.
- Raffaelli, D., 1981: Monitoring with meiofauna-a reply to Coull, Hicks and Wells (1981) and additional data. *Mar. Pollut. Bull.*, 12(11), 381-382.
- Raffaelli, D., 1982: An assessment of the potential of major meiofauna groups for monitoring organic pollution. *Mar. Environ. Res.* 7, 151-164.
- Raffaelli, D., 1987: The behaviour of the nematode/copepod ratio in organic pollution studies. *Mar. Environ. Res.* 23, 135-152.
- Raffaelli, D. and C. F. Mason, 1981: Pollution monitoring with meiofauna, using the ratio of nematodes to copepods. *Mar. Pollut. Bull.*, 12(5), 158-163.
- Sandulli, R. and M. De Nicola-Giudici, 1990: Pollution effects on the structure of meiofaunal communities in the bay of Naples. *Mar. Pollut. Bull.*, 21(3), 144-153.
- Shiells, G. M. and K. J. Anderson, 1985: Pollution monitoring using the nematode/copepod ratio. A practical application. *Mar. Pollut. Bull.*, 16(2), 62-68.
- Snedecor, G. W. and W. G. Cochran, 1967: *Statistical Methods*. 6th ed., The Iowa State University Press, Ames.
- [畑村又好・奥野忠一・津村善郎共訳, 1977: 統計的方法. 第6刷, 岩波書店, 東京, 546pp.]
- 玉井恭一, 1982: 大阪湾におけるスピオ科の多毛類 *Paraprionospio* sp. (A型) 個体群の季節変動と成長. 日水誌., 48(3), 401-408.
- 山西良平, 1979: かきまぜ法によるメイオベントス抽出の効率. ベントス研会誌, 17/18, 52-58.
- Warwick, R. M., 1981: The nematode/Copepod ratio and its use in pollution ecology. *Mar. Pollut. Bull.* 12, 329-333.

---

1995年12月12日受理 (Accepted on December 12, 1995)

南西海区水産研究所業績A第48号

(Contribution No.A48 from the Nansei National Fisheries Research Institute)

辻野 睦・玉井 恭一：南西海区水産研究所

〒739-04 広島県佐伯郡大野町丸石2-17-5

(M. Tsujino, K. Tamai: Nansei National Fisheries Research Institute, 2-17-5 Maruishi, Ohno, Saeki, Hiroshima 739-04, Japan)