広島湾におけるメイオベントスの群集構造と富栄養化

板 岡 睦・玉 井 恭 一

(南西海区水産研究所)

Effect of Eutrophication on the Structure of Meiobenthic Communities in Hiroshima Bay

MUTSUMI ITAOKA and KYOICHI TAMAI

Abstract

ITAOKA, MUTSUMI and KYOICHI TAMAI (Nansei National Fisheries Research Institute). 1993. Effect of eutrophication on the structure of meiobenthic communities in Hiroshima Bay. Benthos Research, 45: 19-28.

Meiobenthos was surveyed to investigate the relationship between its community structure and eutrophication of the bottom sediment at three stations in Hiroshima Bay throughout the year. The organic content of sediments was high at all these stations, namely about 14% in ignition loss and 2.3-2.6 mg/g dry sediment in total nitrogen content. At the innermost station, total sulphide concentration was 1.6 mg/g dry sediment in average, which was 3.6-5.6 times higher than at the other stations. The oxygen concentration in the bottom water was also fairly low (range: 1.6-2.9 ppm) from June to September at the station. The abundance of meiobenthos was highest at the innermost station, being about twice as much as that at the outermost station. Except at the outermost station, the abundance increased from spring to summer and decreased in September. Nematodes comprised more than 85% of the total meiobenthos at all stations, with the highest abundance occurring at the innermost station. Harpacticoids were most abundant at the outermost station. The nematode/copepod ratio was highest at the innermost station, and lowest at the outermost station. Most harpacticoids occurred in the top centimeter of sediment. Nematodes inhabited at least down to 5 cm, but they tended to occur more in the surface layer at the innermost station. It is suggested that stressful bottom conditions such as low oxygen concentrations and high total sulphide caused change of meiobenthic community structure.

はじめに

瀬戸内海は産業排水、家庭排水等の供給によって富栄養化が進み、1960年代から海洋汚染が深刻になった(湯浅, 1990)。その後、いくつかの法的規制によって

水質は改善されてきたが、沿岸域の富栄養化は依然深刻で、赤潮や慢性的な貧酸素水塊の発生は瀬戸内海の漁業に大きな被害を与えている。これまで富栄養化とベントス群集との関係について多くの報告がなされてきたが、これらの多くはマクロベントスに関するものであった(SANDULLI & DE NICOLA, 1989)。しかし、最近、海洋環境を評価するうえでメイオベントスの有

1992年10月26日受付: 1993年5月1日受理

効性について関心が高まっている (SANDULLI & DE NICOLA, 1990). メイオベントスは全生活史を底泥中において過ごし、定住性が強く、しかも世代時間が短いので環境の変化にすばやく反応するものと考えられる (SANDULLI & DE NICOLA, 1990). このことから、富栄養化とメイオベントスの関係について研究する意義は大きいと考えられるが、日本の沿岸域における報告は、酒井 (1984, 1985) を除きほとんどない。本研究では、富栄養化の進行した広島湾において周年調査を行い、海洋環境とメイオベントスとの関係について明らかにしたので報告する。

材料と方法

広島湾に面した太田川放水路から沖合へ3定点を設定し (Fig. 1), 1990年8月26日から1991年11月12日にかけて原則として月1回、夏期には月2回計19回の調査を行った。水深はStn. 1で約10m, Stn. 2で約14m, Stn. 3で約17mであった。内径3.7cmのアクリル製コアを装着したグラビティーコアサンプラーで1地点につき計6回採泥を行い、1本は0-5cmを泥分率測定用

に、2本は0-5cmを1cmずつの各層に切り分け、全硫化物濃度、強熱減量、全有機炭素量、全窒素量測定用試料とした。残り3本も0-5cmを1cmずつの各層に切り分け、メイオベントス観察用試料とした。水温、塩分はポータブルST計 (YEO-KAL MODEL602) で、泥温はコアから直接デジタル温度計によって測定した。溶存酸素量はコアの直上水をサイフォンで採水し、ウインクラ法によって測定した。泥分率は63 μ m以下の重量百分率として求めた。強熱減量は750°Cで4時間燃焼して測定した。

全硫化物濃度は検知管法により、全有機炭素量、全窒素量は試料を凍結乾燥した後、塩酸処理をして (HEDGES & STERN, 1984), CHN コーダ (柳本 MT-3 型) によって測定した。なお各環境項目のうち泥分率については、1990年8月27日、9月6日、1991年3月13日、4月17日、7月15日の試料を、強熱減量については1990年8月から1991年6月までの試料を測定した。また、全有機炭素量、全窒素量については0-1, 1-2cmの試料についてのみ、ほぼ月1回の頻度で測定した。メイオベントス用の試料は、5%ホルマリンで固定し、ローズベンガルで染色した。その後、かきま

Fig. 1 Location of the sampling stations in Hiroshima Bay.

ぜ法（山西，1979）によって40 μ m，63 μ m，125 μ m，500 μ mのサイズの篩を用いてメイオベントスを採集し，実体顕微鏡下でメイオベントスとして線虫類，多毛類，底生性の橈脚類であるハルパクチクス類の3動物群を計数した．3定点間におけるメイオベントスの生息密度差や，季節的な変動の存在については分散分析（ANOVA）を行った．

結 果

1. 環境項目

各定点の底質の環境項目の平均値を Table 1 に示した．3 定点の泥分率は，Stn. 1 で92.6%，Stn. 2 で96.2%，Stn. 3 で94.7%と，極めて高かった．底泥の有機物量の目安である0-5cm 層の強熱減量，0-2cm 層までの全有機炭素量，全窒素量の各平均値は，強熱減量，全窒素量がそれぞれ13.8~14.1%，2.27~2.59mg/g 乾泥の範囲にあり，地点間の差が小さかったのに対し，全有機炭素量は24.6~32.4mg/g 乾泥で，最奥部の

Stn. 1 でやや高かった．全硫化物濃度も Stn. 1 で1.58 mg/g 乾泥と高く，その平均値は Stn. 2 のおよそ3.6 倍，Stn. 3 の5.6倍であった．

底層水の水温，塩分，溶存酸素量および定点間で差が大きかった底泥の全硫化物濃度の季節変動を Fig. 2 に示した．水温，塩分については，定点間の差が小さかった．水温は毎年9月に最高となり，3月に最低となった．ここでは示さなかったが，泥温もこの傾向と一致した．塩分は1990年8月に低かったほかは，30以上で安定していた．これに対し，溶存酸素量の季節変動は定点間で異なり，ほぼ周年にわたって湾奥部で低く，沖合いに向かうにつれて高くなる傾向にあった．1991年の変動をみると最奥部の Stn. 1 では6月下旬に既に4 ppmを下回り，7月から9月下旬まで3 ppmを切った状態（最低1.6ppm）が続いた後，水温が下降し循環期に入ったと考えられる10月には，急速に回復に向かった．Stn. 2 では6月の下旬に4 ppmを切ってから10月までの間に4 ppm以上に回復する時期が見られ，Stn. 1 ほど貧酸素状態が継続していなか

Table 1 Annual mean values of environmental factors, densities of major animal groups of meiobenthos and nematode/copepod ratio

	Station		
	Stn. 1	Stn. 2	Stn. 3
Environmental Factors			
Water Depth(m)	10	14	17
Mud Contents(%)	92.6	96.2	94.7
IL ^{*1} (%)	13.9	13.8	14.1
T-S ^{*2} (mg/g dry sediment)	1.58	0.44	0.28
TOC ^{*3} (mg/g dry sediment)	32.4	24.6	26.1
TN ^{*4} (mg/g dry sediment)	2.35	2.27	2.59
Animal Groups (No./10cm ²)			
Nematodes	1,502 (98.0) ^{*5}	1,281 (96.8)	656 (87.0)
Polychaetes	11 (0.7)	22 (1.7)	18 (2.4)
Harpacticoids	20 (1.3)	20 (1.5)	80 (10.6)
Total Meiobenthos	1,533	1,323	754
N/C ^{*6}	75	64	8

^{*1}IL: Ignition loss, ^{*2}T-S: Total sulphide, ^{*3}TOC: Total organic carbon, ^{*4}TN: Total nitrogen. ^{*5}Figures in parentheses denote percentage of total. ^{*6}N/C: Nematode/copepod (harpacticoid).

Fig. 2 Seasonal changes in temperature, salinity, and dissolved oxygen of the bottom water and total sulphide in the bottom sediments at the three stations.

った。Stn. 3では同期間に4 ppmを下回ったのは一度だけであった。全硫化物濃度については、Stn. 1では周年を通じて他の2定点より高い値を示し、1990年の8月、9月に2 mg/g 乾泥以上と高く、その後徐々に低下し、1991年の6月に最低となった後増加に転じた。Stn. 2では3月まで0.5mg/g 乾泥前後であったが、4月から8月上旬にかけて0.3~0.2mg/g 乾泥程度まで低下し、8月の下旬に増加に転じた。Stn. 3では9月から2月にかけて0.3mg/g 乾泥以上で推移したがその後低下し、6月の下旬に高かったほかは7月まで0.2mg/g 乾泥以下と低く、8月に増加に転じた。

底泥0-5cmまでの強熱減量と全硫化物濃度の鉛直分布をFig. 3に示した。強熱減量の分布は定点間ではほぼ同じで、表層から下層へ徐々に減少した。全硫化物濃度の分布は、Stn. 1では0-1cm層が低く2-3cm層まで増加し、下層では変わらなかった。この傾向はStn.

2, Stn. 3でもみられるが濃度は低く、各層の値の差も小さかった。

2. メイオベントス

1) 年平均生息密度

各定点における3動物群およびメイオベントスの年平均生息密度をTable 1に示した。メイオベントスの生息密度はStn. 1が最大で、1,533個体/10cm²、Stn. 2では1,323個体/10cm²、Stn. 3ではStn. 1、Stn. 2のおよそ1/2の754個体/10cm²であり、そのうち線虫類は、Stn. 1、Stn. 2ではそれぞれ1,502個体/10cm²、1,281個体/10cm²と95%以上を占め、Stn. 3では約87%の656個体/10cm²であった。多毛類は3点とも同程度で、Stn. 1では11個体/10cm²、Stn. 2では22個体/10cm²、Stn. 3では18個体/10cm²であった。ハルバクチクス類は、Stn. 1、Stn. 2ともに20個体/10cm²であったが、

Fig. 3 Annual mean vertical distribution pattern of ignition loss and total sulphide to 5 cm depth at the three stations. Horizontal bars: S.D.

Stn. 3 ではその 4 倍の 80 個体/10cm² を示し、3 地点ともに底生性の橈脚類のほぼ 100% を占めた。定点間のメイオバントスおよび各動物群の生息密度には有意な差が認められた (メイオバントス, $p < 0.001$, 線虫類, $p < 0.001$, 多毛類, $p < 0.05$, ハルパクテス類, $p < 0.005$)。また、環境生物指標の一つとして、RAFFAELLI & MASON (1981) によって提案された線虫類 (Nematode) とハルパクテス類が主体である底生性橈脚類 (Copepod) の比, すなわち N/C 比は, Stn. 1 では 75, Stn. 2 では 64, Stn. 3 では 8 であった。

2) 生息密度の季節変動

各定点のメイオバントスの生息密度の季節変動を Fig. 4 に示した。Stn. 1 では 413-2,527 個体/10cm², Stn. 2 では 382-2,184 個体/10cm², Stn. 3 では 181-1,305 個体/10cm² で推移し, Stn. 1, Stn. 2 は 1990 年, 1991 年とも, 底層水の溶存酸素の顕著な低下と高水温が重なる 9 月の下旬あるいは下旬に最低密度となった。その後, 底層の溶存酸素が回復するとともに, 比較的すばやく回復したが, その減少と回復の仕方には定点間で多少違いがあった。Stn. 1 では 1991 年の春から夏

にかけて高密度を維持し, 9 月に入って急激に減少したが, 回復は 2 年ともに Stn. 2 よりも遅れた。これに対し Stn. 2 では底層の貧酸素化の開始からやや遅れた 6 月から徐々に減少し, Stn. 1 よりもすばやく回復した。Stn. 3 では他の 2 点ほど明瞭ではないが, やはり春から夏にかけて上昇し, 9 月に低下する傾向を示した。各定点のメイオバントスの生息密度には有意な季節変動が認められた (Stn. 1, $p < 0.005$, Stn. 2, $p < 0.1$, Stn. 3, $p < 0.01$)。

3) 動物群構成の季節変動

各定点の線虫類, 多毛類, ハルパクテス類の個体数比率の季節変動を Fig. 5 に示した。Stn. 1 と Stn. 2 では, 線虫類がほぼ周年 90% 以上を占め, 多毛類は冬期よりも夏期にやや高く, 逆にハルパクテス類では, 1 月から 6 月までの底層の溶存酸素が比較的豊富で水温が低い時期に高くなる傾向があった。これに対し, Stn. 3 では多毛類の変動の傾向は変わらないが, Stn. 1, Stn. 2 で認められたハルパクテス類の季節変動の傾向がより顕著であった。

4) N/C 比の季節変動

各定点の N/C 比の季節変動を Fig. 6 に示した。Stn. 1, Stn. 2 では 8 月から 10 月, Stn. 3 では 8 月, 9 月にかけて高く, 3 点ともその後低下する傾向にあった。しかし, Stn. 1 では 2 月まで 100 を超えていたが, Stn. 2 では 1 月には既に 100 を下回っていた。その後両定点とも 50 前後の同レベルで推移し 8 月に増加に転じた。Stn. 3 では 9 月以降 12 月にやや高くなったほかは 6 月まで 10 以下と安定して低く, その後徐々に増加の傾向を示した。Stn. 3 は他の 2 点に比べほぼ周年低い数値で推移した。

5) 各動物群の鉛直分布

線虫類, 多毛類, ハルパクテス類の年平均の鉛直分布を Fig. 7 に示した。後 2 者それぞれの鉛直分布の傾向は定点間でよく似ており, 多毛類は表層 0-1cm 層に 40-50% が分布し, 下層に行くにつれ徐々に減少した。また, ハルパクテス類は Stn. 1 では 95%, Stn. 2 では 85%, Stn. 3 では 90% が 0-1cm 層に分布し, 2cm 層以下にはほとんどみられなかった。しかし, 線虫類は少なくとも 5cm 層まで分布し, Stn. 1 では 0-1cm 層, Stn. 2 では 1-2cm 層, Stn. 3 では 2-3cm 層の生息密度が最大で, 湾奥部の Stn. 1 から沖合の Stn. 3 に向けて, 最も密度の高い層が深くなる傾向があった。

Fig. 4 Seasonal changes in mean density of meiobenthic animals to 5 cm depth at the three stations. Vertical bars: S.D.

考 察

調査を行った広島湾の3定点における水深と泥分率、強熱減量、全窒素量などの底質の物理・化学的環境はよく似ていたが、底層水の溶存酸素量と底質中の全硫化物濃度にはかなり差異が認められた。すなわち、溶存酸素量はほぼ周年を通じて沿岸寄りの Stn. 1 で最も低く、Stn. 2, Stn. 3 と沖合いに向かうにつれて高くなった。また、溶存酸素量が 4 ppm を下回る期間も Stn. 1 で最も長く、Stn. 3 では最も短かった。さらに全

硫化物濃度も常に Stn. 1 で高く、ついで Stn. 2, Stn. 3 の順であった。以上のことは、底質環境の悪化の程度は湾奥の Stn. 1 で最も高く、Stn. 2, Stn. 3 と沖合いに向かうにつれて順次低下していることを示しており、このような底質環境の違いが各定点のメイオベントスの群集構造に大きな影響を及ぼしているのではないかと推測される。

本研究では、メイオベントス動物群として線虫類、多毛類、底生性の橈脚類のほとんど全てを占めたハルパクテウス類の3動物群のみを対象とした。線虫類、

Fig. 5 Seasonal changes in percentage composition of major animal groups at the three stations.

多毛類、橈脚類以外の動物群がメイオベントス全体の固体数に対して占める割合は底質の違いによっても異なるが、広島湾と同様に泥分率の高い大阪湾や周防灘の調査では10%程度であった(酒井, 1984, 1985), 酒井は $63\mu\text{m}$ 以下のサイズの篩に残るメイオベントスは計数していないが、広島湾の $40\sim 63\mu\text{m}$ に残るメイオベントスは5%以下と少なかった。そこで本研究では3動物群の合計がメイオベントス全体にほぼ相当するものとみなした。

広島湾の3定点におけるメイオベントスの年平均生息密度はStn. 1で最も高く、ついでStn. 2, Stn. 3の順となり、Stn. 3は他の定点のほぼ1/2であった。3定点の底泥中の有機物含量はほぼ等しく、一方、溶存酸素量や全硫化物濃度からみた底質環境は前述のようにStn. 1よりもStn. 3のほうが良好である。それにもかかわらずStn. 1, Stn. 2の年平均生息密度がStn. 3の

約2倍とかなり高くなっている原因としては、太田川河口に近いStn. 1, Stn. 2では沖合いのStn. 3より河川からの有機物の流入負荷量が多いこと、メイオベントスに対して餌料価値の高い有機物の割合が高いこと、メイオベントスの生息密度の低下を引き起こすほどの極端な富栄養化状態(RAFFAELLI, 1987; SANDULLI & DE NICOLA, 1991)ではないことなどが可能性として考えられ、今後さらに検討する必要がある。

季節的なメイオベントスの生息密度の変動をみると、Stn. 1, Stn. 2では溶存酸素量が2 ppm前後となる9月に年間の最低値を示した。このことは線虫類がメイオベントスの90%以上を占めていることから、ハルパクテクス類に比べ環境ストレスに対する耐性が高いと思われる線虫類(STEELE *et al.*, 1973; RAFFAELLI & MASON, 1981; RAFFAELLI, 1982)といえども、2 ppm程度またはそれ以下の貧酸素状態ではかなりの悪影響

Fig. 6 Seasonal changes in nematode/copepod (harpacticoid) ratio at the three stations. * : No harpacticoids recorded.

を受けることを示唆している。しかし、Stn. 1 よりもむしろ貧酸素化の程度が厳しくない Stn. 2 において、生息密度の低下がより早い時期（6 月）に始まっている原因については明らかではない。

各定点の動物群構成をみると、Stn. 3 のハルパクチス類の年平均生息密度は他の定点の 4 倍と高く、その割合は 10.6%，他の 2 定点は 1.5% 以下であった。前述したように、一般にハルパクチス類は線虫類よりも環境ストレスに弱いと思われる (STEELE *et al.*, 1973; RAFFAELLI & MASON, 1981; RAFFAELLI, 1982)。すなわち Stn. 1, Stn. 2 でハルパクチス類が少ないのは、溶存酸素量の低下や高い全硫化物濃度といった環境ストレスが原因であると考えられ、また、

動物群構成の季節変動においても、3 定点すべてにおいて底層水の溶存酸素量が高く全硫化物濃度も低下傾向にある 1 月から 6 月にかけてハルパクチス類の割合が高まり、夏期に低くなる傾向が窺えることはこのことを支持するものである。

環境悪化に対する線虫類とハルパクチス類のコペポダイトのこのような感受性の違いに着目した報告は多くあり、線虫類と底生性の橈脚類の比、すなわち N/C 比は一般に環境が悪化するほど大きくなることから、環境汚染の一つの指標としての可能性が指摘されている (RAFFAELLI, 1981, 1987; RAFFAELLI & MASON, 1981; COULL *et al.*, 1981; WARWICK, 1981; AMJAD & GRAY, 1983; LAMBSHAD, 1984;

Fig. 7 Annual mean vertical distribution pattern of three animal groups to 5 cm depth at the three stations.

SHIELLS & ANDERSON, 1985). 今回調査した広島湾の3定点における年平均のN/C比はStn. 1が75, Stn. 2が64であるのに対してStn. 3では8と低く、各定点の富栄養化のレベルとよく一致していた。また、季節的には3定点とも溶存酸素量が回復し全硫化物濃度が次第に低下するにつれてN/C比も低下し、再び底層の貧酸素化が始まるが、全硫化物濃度は低い時期である6月ごろに最低となり、貧酸素化がさらに進行し、全硫化物濃度が増加に転じるとともに上昇する傾向を示した。これらのことからN/C比は溶存酸素量だけでなく、全硫化物濃度とも関係した総合的な底質環境を反映していると考えられる。

線虫類の底泥内での鉛直分布は、酸化還元不連続層の深さ、全硫化物濃度、底泥中の溶存酸素量および利用できる餌料の分布などに影響され、線虫類の種類によっても違いがあるといわれている (JENSEN, 1984; HELP *et al.*, 1985; LORENZEN *et al.*, 1987)。これらは多毛類の棲管の有無など生物的要因によっても変化するが、底層水の溶存酸素量や有機物の負荷などの富栄養化の程度によって大きく左右される。したがって、

線虫類の鉛直分布は底質環境を表す指標の一つとして利用できるのではないと思われる。3定点の中でも夏期の貧酸素化が最も著しく、2 cm層以深の全硫化物濃度が特に高い湾奥部のStn. 1では線虫類は0-1 cm層に多く分布しており、一方、比較的底質環境の良好なStn. 3では2-3 cm層に多く分布していた。これらのことは底層水の貧酸素化と高い全硫化物濃度が線虫類の鉛直分布の表層化をもたらすことを示唆している。

以上のことから広島湾では、底泥の富栄養化による溶存酸素量の低下や全硫化物濃度の増加などの環境悪化がメイオベントス各動物群に影響を及ぼし、それぞれの環境耐性の違いを反映した空間的、時間的な群集構造の変化が引き起こされていることが明らかとなった。すなわち、メイオベントス群集の構造解析は底質環境を総合的に評価する手段として有効であり、従来から広く行われているマクロベントス群集の構造解析による評価手法と組み合わせることによって、より的確な環境評価が可能になるものと考えられる。

謝 辞

本研究に際し、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「せと」の後藤幹夫技官、赤潮環境部漁場保全研究室の神山孝史技官および本文を校閲していただいた、赤潮環境部海況動態研究室長の本城凡夫博士、資源増殖部介類増殖研究室の浜口昌巳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: 178-181.
- 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: 378-381.
- HEIP, C., M. VINCK and G. VRANKEN, 1985. The ecology of marine nematodes. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.*, 23: 399-489.
- HEDGES, J. I. and J. H. STERN, 1984. Carbon and nitrogen determinations of carbonate-containing solids. *Limnol. Oceanogr.*, 29: 657-663.
- JENSEN, P., 1984. Ecology of benthic and epiphytic nematodes in brackish waters. *Hydrobiologia*, 108: 201-217.
- LAMBSHEAD, P. J. D., 1984. The nematode/copepod ratio: Some anomalous results from the Firth of Clyde. *Mar. Pollut. Bull.*, 15: 256-259.
- LORENZEN, S., M. PREIN and C. VALENTIN, 1987. Mass aggregations of the free-living marine nematode *Pontonema virgare* (Oncholaimidae) in organically polluted fjords. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 37: 27-34.
- RAFFAELLI, D., 1981. Monitoring with meiofauna: A reply to COULL, HICKS and WELLS (1981) and additional data. *Mar. Pollut. Bull.*, 12: 381-382.
- RAFFAELLI, D. and C. F. MASON, 1981. Pollution monitoring with meiofauna, using the ratio of nematodes to copepods. *Mar. Pollut. Bull.*, 12: 158-163.
- 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.
- 酒井保次, 1984. 浅海砂泥底におけるメイオベントスの定量的研究—瀬戸内海中, 西部のメイオベントス現存量について—. ペントス研究会誌, 27: 14-21.
- 酒井保次, 1985. 周防灘におけるメイオベントスの生態学的研究. 南西水研研報, 19: 53-87.
- SANDULLI, R. and M. DE NICOLA, 1989. Effects of organic enrichment on meiofauna: A laboratory study. *Mar. Pollut. Bull.*, 20: 223-227.
- SANDULLI, R. and M. DE NICOLA, 1990. Pollution effects on the structure of meiofaunal communities in the bay of Naples. *Mar. Pollut. Bull.*, 21: 144-153.
- SANDULLI, R. and M. DE NICOLA, 1991. Responses of meiobenthic communities along a gradient of sewage pollution. *Mar. Pollut. Bull.*, 22: 463-467.
- SHIELLS, G. M. and K. J. ANDERSON, 1985. Pollution monitoring using the nematode/copepod ratio: A practical application. *Mar. Pollut. Bull.*, 16: 62-68.
- STEELE, J. H., A. D. MCINTYRE, R. JOHNSTON, I. G. BAXTER, G. TOPPING and H. D. DOOLEY, 1973. Pollution studies in the Clyde sea area. *Mar. Pollut. Bull.*, 4: 153-157.
- WARWICK, R. M., 1981. The nematode/copepod ratio and its use in pollution ecology. *Mar. Pollut. Bull.*, 12: 329-333.
- 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. ペントス研究会誌, 17/18: 52-58.
- 湯浅一郎, 1990. 瀬戸内海の貧酸素水塊. 海の気象, 35: 90-102.
- 〒739-04 広島県佐伯郡大野町丸石二丁目17-5
南西海区水産研究所
板岡 睦