

呉湾のマクロベントス・メイオベントスと底質環境

辻野 陸^{*1}・有馬 郷司^{*1}・神山 孝史^{*2}
内田 卓志^{*1}

Macrobenthos and Meiobenthos Communities in Relation to the Bottom Environment in Kure Bay of Seto Inland Sea

Mutsumi Tsujino^{*1}, Satoshi Arima^{*1}, Takashi Kamiyama^{*2},
and Takuji Uchida^{*1}

Abstract Macrobenthos and meiobenthos communities in relation to the bottom environment were surveyed in Kure Bay. The mean density of macrobenthos was 141 ind./m² during the investigated period, and showed slight seasonal fluctuations. Polychaetes were the dominant group of macrobenthic organisms, and most dominant species of this group was *Lumbrineris longifolia*. The mean density of meiobenthic organisms was 321 ind./10 cm² during the investigated period with no evident seasonal fluctuation pattern. Nematodes were the dominant group, and accounted for over 68% of the total meiobenthic organisms throughout the year. In Kure Bay the bottom environment was characterized by a high organic content in the sediment and low dissolved oxygen in the bottom water during summer, which may cause low density of macrobenthos and affect the species composition.

Key words: macrobenthos, meiobenthos, bottom environment, Kure Bay

呉湾は広島湾の東部に位置する、江田島、能美島、倉橋島に囲まれた湾である。北部は呉水道につながり、南部には音戸瀬戸と早瀬瀬戸の二つの瀬戸がある。呉湾には循環流が存在しており、音戸瀬戸を通過する潮流に起因していると言われている(橋本 1998)。しかし、呉湾全体の海水交換に果たす音戸瀬戸の寄与は小さく(橋本 1998)極めて海水交換が悪いため、この海域では赤潮が慢性的に発生し、夏季には著しい貧酸素化がおこってきた(湯浅他 1995)。また、近年では春季に貝毒が発生し、漁業に大きな被害を与えるようになり、底泥には貝毒の原因プランクトンである *Alexandrium* 属のシストが湿泥 1 g 中1000個体以上という高密度で分布している(山口他 1995)。このように底質環境の悪化が想像される呉湾であるが、ベントスと底質環境に関する詳細な調査は水産庁が行った漁場改良復旧基礎調査(水産庁 1981)

があるのみである。ベントスが *Alexandrium* 属等の渦鞭毛藻類のシストに及ぼす影響としては、^{*3}鈴木・谷口(1998)がゴカイによる *Scrippsiella* spp. シスト発芽の抑制について示した他にはほとんどない。我々は呉湾において *Alexandrium* 属シストの発芽や生存に及ぼすベントスの影響を解明する目的の一環としてベントスおよび底質環境の動態について調査を行った。

方 法

呉湾中央部の水深約 23 m の 1 定点において (Fig. 1), 1997年 5月~1998年 8月まではほぼ月 1 回計 15 回、瀬戸内海区水産研究所所属の調査船「せと」で調査を行った。スミスマッキンタイヤー採泥器(採泥面積: 0.05 m²)で 3 回採泥し、それぞれの試料についてマクロベントスの同定・計数を行った。また、内径 4 cm のポリカーボ

2000年 1月24日受理 (Accepted on January 24, 2000)

瀬戸内海区水産研究所業績 A 第10号 (Contribution No. A 10 from National Research Institute of Fisheries and Environment of Inland Sea)

^{*1} 辻野 陸・有馬郷司・内田卓志: 瀬戸内海区水産研究所 〒739-0452 広島県佐伯郡大野町丸石2-17-5 (M. Tsujino, S. Arima, and T. Uchida: National Research Institute of Fisheries and Environment of Inland Sea, 2-17-5 Maruishi, Ohno, Saeki, Hiroshima 739-0452, Japan)

^{*2} 神山孝史: 中央水産研究所 〒236-8648 神奈川県横浜市金沢区福浦2-12-4 (T. Kamiyama: National Research Institute of Fisheries Science, 2-12-4 Fukuura, Kanazawa, Yokohama, Kanagawa 236-8648, Japan)

^{*3} 鈴木 考・谷口 旭, 1998. 渦鞭毛藻 *Scrippsiella* spp. シストの発芽に与える海底泥の物理的・生物的攪拌の影響. 1998年度日本海洋学会春季大会講演要旨集 p 228.

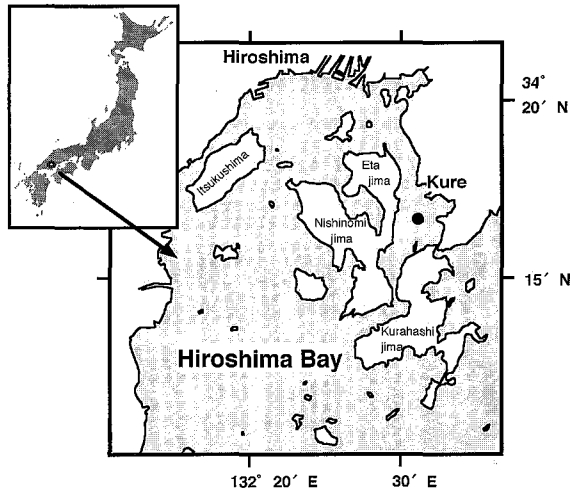


Fig. 1. Location of the sampling station in Kure Bay (●).

ネット製コアを装着した KK 式柱状採泥器を用いて 5 回採泥し、3 本についてそれぞれメイオベントスの同定・計数を行った。また、2 本を泥分率、酸揮発性硫化物濃度 (AVS)、強熱減量 (IL)、全有機炭素量 (TOC)、全窒素量 (TN) の分析用試料とした。底層水 (海底から 1 m の上層水) の水温、塩分はポータブル ST 計 (YEO-KAL MODEL602) で、底層水の溶存酸素量は DO 計 (TOA, DO-25A) で測定した。

泥分率は泥試料 20~30 g をふるい振とう機にかけてふるい、63 μm 以下の粒子の割合を求めた。AVS は検知管法により、IL は乾燥した泥試料を 550°C で 6 時間燃焼して測定した。TOC, TN は凍結乾燥した泥試料約 20 mg を塩酸処理して (Hedges and Stern 1984), CHN コーダ (柳本 MT-5 型) によって測定した。マクロベントスについては採泥後 1 mm の目合の篩でふるった物を中性ホルマリンで固定し (最終濃度約 10%), 計数した。マクロベントスの湿重量についてはホルマリン固定サンプルを濾紙上で転がして水分を除いた後測定した。マクロベントス個体数が比較的多かった月については種を同定した。メイオベントス用に採取した柱状泥は、1997 年 5 月から 1998 年 1 月までは 0-2 cm, 2-5 cm の 2 層、1998 年 2 月から 8 月までは 0~5 cm を 1 cm ずつの各層に切り分けて中性ホルマリンで固定した (最終濃度約 5%)。その後かきまぜ法 (山西 1979) によって試料を篩で分別し、目合い 40 μm 以上 1000 μm 以下の分画についてメイオベントスを計数した。また、1997 年 9 月および 1998 年 4 月の試料については 0-2 cm, 2-5 cm の層別に線虫類のプレバートを作製し、約 100 個体を検鏡して属構成を調べた。ベントスの月別の生息密度に差があるかどうかについては分散分析 (ANOVA) を行って解析した。

結 果

マクロベントス

マクロベントスの生息密度および湿重量の季節変化を Fig. 2 に示した。調査期間中のマクロベントスの平均生息密度は 141 ind./m² で、'98 年 6 月に 460 ind./m² と最も高く、'97 年 9 月と 12 月に 20 ind./m² と最低となった。年間を通じて生息密度は低いが、ANOVA の結果、各月の生息密度には差が認められ ($p < 0.01$), 生息密度は 9 月に減少した後秋から冬にかけては低く、4 月を除けば 3 月~6 月にやや高くなる傾向がみられた。'97 年 8 月、'98 年 7 月を除き出現動物群の 80% 以上が多毛類で次いで軟体類、甲殻類、棘皮類の順であった。比較的生息密度が高かった '97 年 6 月、'98 年 3 月と 6 月について 3 回採泥分 (0.15 m²) あたりの動物群別の出現種とその個体数および種類数を Table. 1 に示した。多毛類では '97 年 6 月と '98 年 3 月、6 月のいずれの月においても (アシナガギボシソメ) *Lumbrineris longifolia* が最も優占して出現し、次いで *Paraprionospio* sp. type B (玉井 1981) が多く出現した。全種類数は '97 年 6 月が 8、'98 年 3 月、6 月はそれぞれ 11 と 15 であった。調査期間中の湿重量の平均は 2.83 g/m² でその季節変動は個体数

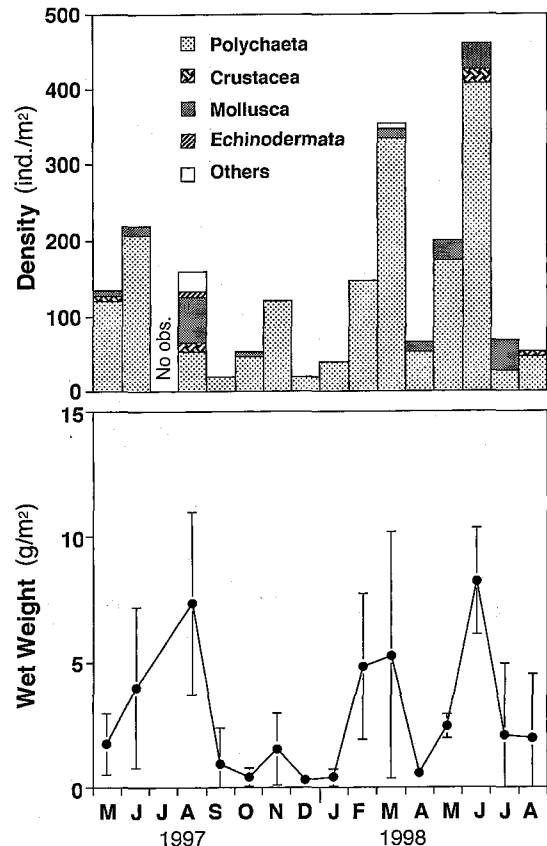


Fig. 2. Seasonal changes in mean density, composition and wet weight of macrobenthic organisms in Kure Bay.

Table 1. Number of individuals of macrobenthos species from mud sediments in Kure Bay

| Species | 1997 | | 1998 | |
|---------------------------|---|---------|---------|----|
| | Jun. 17 | Mar. 24 | Jun. 17 | |
| Polychaeta | <i>Glycera chirori</i> | 1 | 1 | |
| | <i>Nephtys oligobranchia</i> | | 1 | 8 |
| | <i>Ophiodromus pugettensis</i> | 1 | | |
| | <i>Sigambra tentaculata</i> | | 6 | 1 |
| | <i>Sigambra</i> sp. cf. <i>occelata</i> | | | 2 |
| | <i>Lumbrineris longifolia</i> | 22 | 19 | 32 |
| | <i>Paraprionospio</i> sp. type B* | 3 | 13 | 10 |
| | <i>Prionospio (Minuspio) pulchra</i> | | | 2 |
| | <i>Prionospio (Prionospio) ehlersi</i> | | | 2 |
| | <i>Pseudopolydora</i> sp. | | 2 | |
| | <i>Magelona</i> sp. | 1 | | 1 |
| | <i>Spiochaetopterus costarum</i> | 1 | 6 | |
| | <i>Aphelochaeta</i> sp. | | 1 | 1 |
| | <i>Aphelochaeta moniralis</i> | | 1 | |
| | <i>Chaetozone spinosa</i> | | | 1 |
| | <i>Cirratulus</i> sp. | | | 1 |
| <i>Euchone alicaudata</i> | 2 | | | |
| Mollusca | <i>Theora fragilis</i> | 2 | | 5 |
| | <i>Philine argentata</i> | | 2 | |
| Crustacea | <i>Listriella orientalis</i> | | | 1 |
| | <i>Synchelidium rostriopiculum</i> | | | 1 |
| | <i>Pinnixa rathbuni</i> | | | 1 |
| Cnidaria | <i>Edwardsiidae</i> sp. | | 1 | |
| Number of species | | 8 | 11 | 15 |

* Tamai 1981

(ind./0.15 m²)

とほぼ同じ傾向を示し、6月に 8.23 g/m² で最高となり、'97年12月に 0.34 g/m² で最低となった。

メイオベントス

メイオベントスの生息密度の変化を Fig. 3 に示した。調査期間中のメイオベントスの平均生息密度は 321 ind./10 cm² で'97年5月, 11月, '98年8月に 500 ind./10 cm² 以上になった他はほとんどが 250 ind./10 cm² 以下の低水準で推移し、最低密度は'97年9月に 95 ind./10 cm² となった。各月の生息密度には差が認められた (p < 0.05) が、グラフからは季節的な変動の傾向はみられなかった。個体数の約80%以上は線虫類であった。次いでカイアシ類が多く出現し、その全てはハルパクチクス類であった。底泥 0-5 cm に生息する線虫類の個体数に対する 0-2 cm の個体数の割合を Fig. 4a に示した。線虫類は 0-5 cm に出現する個体数のうち、'97年11月を除いて70%以上が 0-2 cm の表層に分布した。さらに'98年2月~8月までの底泥 0-5 cm における 1 cm 毎の層別の線虫類個体数を調べ Fig. 4b に示した。線虫類の分布は 1-2 cm で最大値を示すことが多かった。また、3-4 cm では線虫類は非常に少なく、4-5 cm ではみら

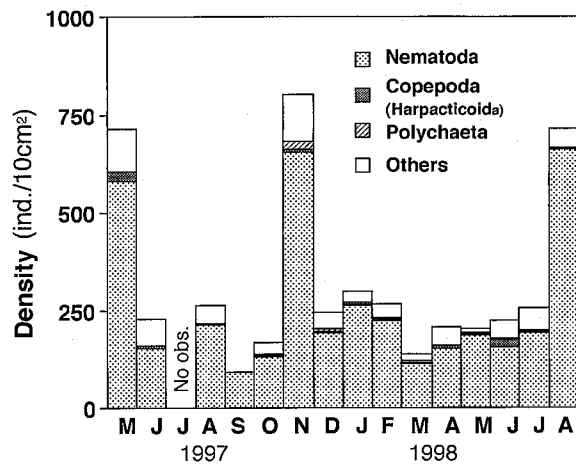


Fig. 3. Seasonal changes in mean density, composition of meiobenthic organisms from the sediments surface to 5 cm depth in Kure Bay.

れない月もあった。環境生物指標の1つとして Raffaelli and Mason (1981) によって提案された Nematoda と Copepoda の個体数の比 N/C の変化を Fig. 5 に示した。N/C は両年ともに8月には100を上回った。8月から翌年2月までは50以上で推移したが、3月から7月ま

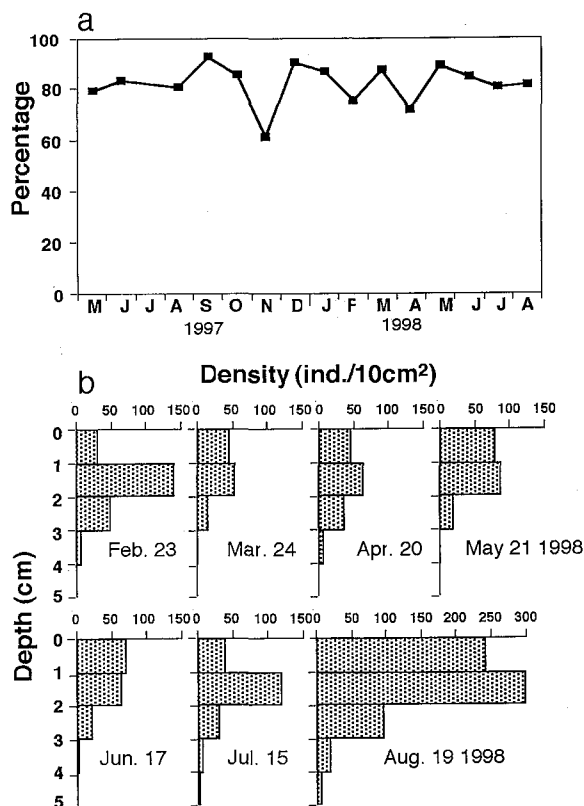


Fig. 4. Seasonal changes of vertical distribution of nematodes in Kure Bay. a: Percentage of nematoda abundance in the top 2 cm depth to that of 0-5 cm depth of the bottom sediment. b: Vertical distribution pattern of nematodes from 0 cm to 5 cm depth in the bottom sediment.

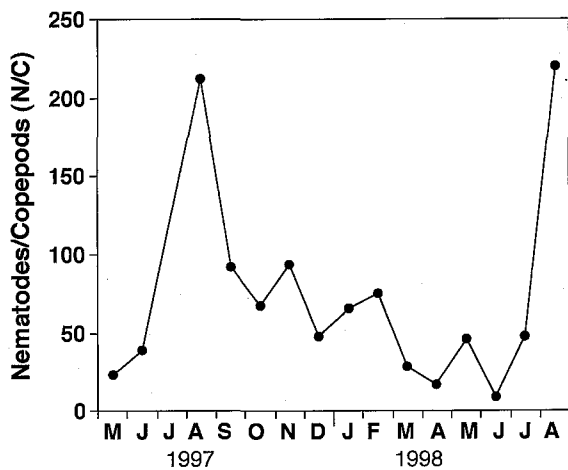
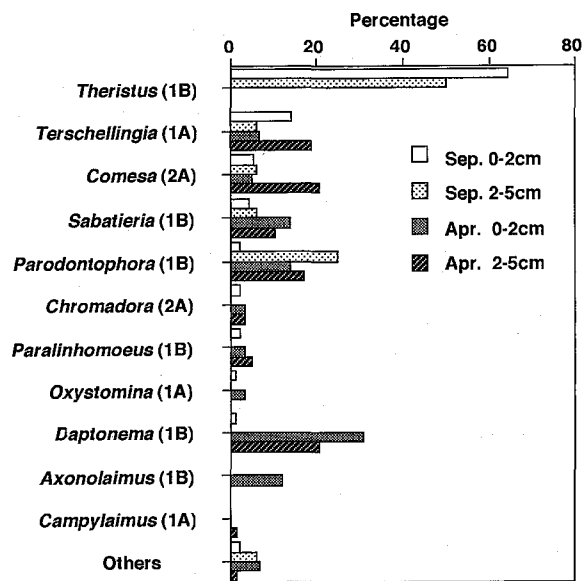


Fig. 5. Seasonal changes in nematodes/copepods (harpacticoides) ratio in Kure Bay.

では50以下であった。

’97年9月と’98年4月に出現した線虫類の属構成を0-2 cm層と2-5 cm層に分けて Fig. 6 に示した。’97年9月では0-2 cmと2-5 cm どちらの層でも出現し



1A: Selective deposit feeders 1B: Non-selective deposit feeders
2A: Epigrowth feeders

Fig. 6. Dominant nematode genera in the top 0-2 cm layer and 2-5 cm layer of the bottom sediment.

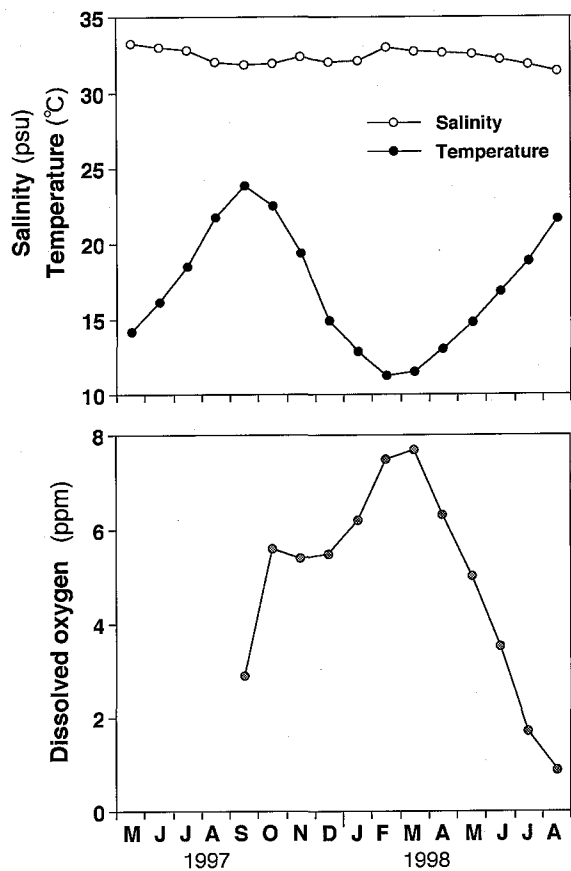


Fig. 7. Seasonal changes in temperature, salinity, and dissolved oxygen in the bottom water in Kure Bay.

た属の50%以上を *Theristus* 属が占めていた。次いで0-2 cm 層では *Terschellingia* 属が、2-5 cm 層では *Parodontophora* 属が多く出現し、0-2 cm 層では9属が、2-5 cm 層では5属が確認された。'98年4月に最も多く出現した属は0-2 cm 層と2-5 cm 層ともに *Daptonema* 属であった。0-2 cm 層では次いで *Parodontophora* 属が、2-5 cm 層では *Comesa* 属が出現し、0-2 cm 層では9属が2-5 cm 層では8属が確認された。4月と9月の全ての層で共通して確認されたのは *Terschellingia*, *Comesa*, *Parodontophora*, *Sabatieria* 属であった。また、4月と9月の0-2 cm 層だけにみられたのは *Oxystomina* 属であった。'97年9月に多く見られた *Theristus* 属は4月にはまったく出現しなかった。

底層水の環境

底層水の水温、塩分、溶存酸素量の変化を Fig. 7 に示した。底層水の塩分は31.4~33.3 psu の間で推移し、常に高塩分であった。水温は9月に23.9°Cで最高となり、2月に11.3°Cで最低となった。溶存酸素量は'97年9月~'98年8月の間では、3月に7.7 ppmで最高となった後、徐々に下がり始め、6月には4 ppmを下回り、8月には0.9 ppmで最低となった。

底泥の環境

底泥の泥分率、IL, AVS, TOC, TN の変化を Fig. 8 に示した。底泥の泥分率は高くほとんど90%以上を示した。ただし、'97年12月の底泥0-2 cm はシルト分の多

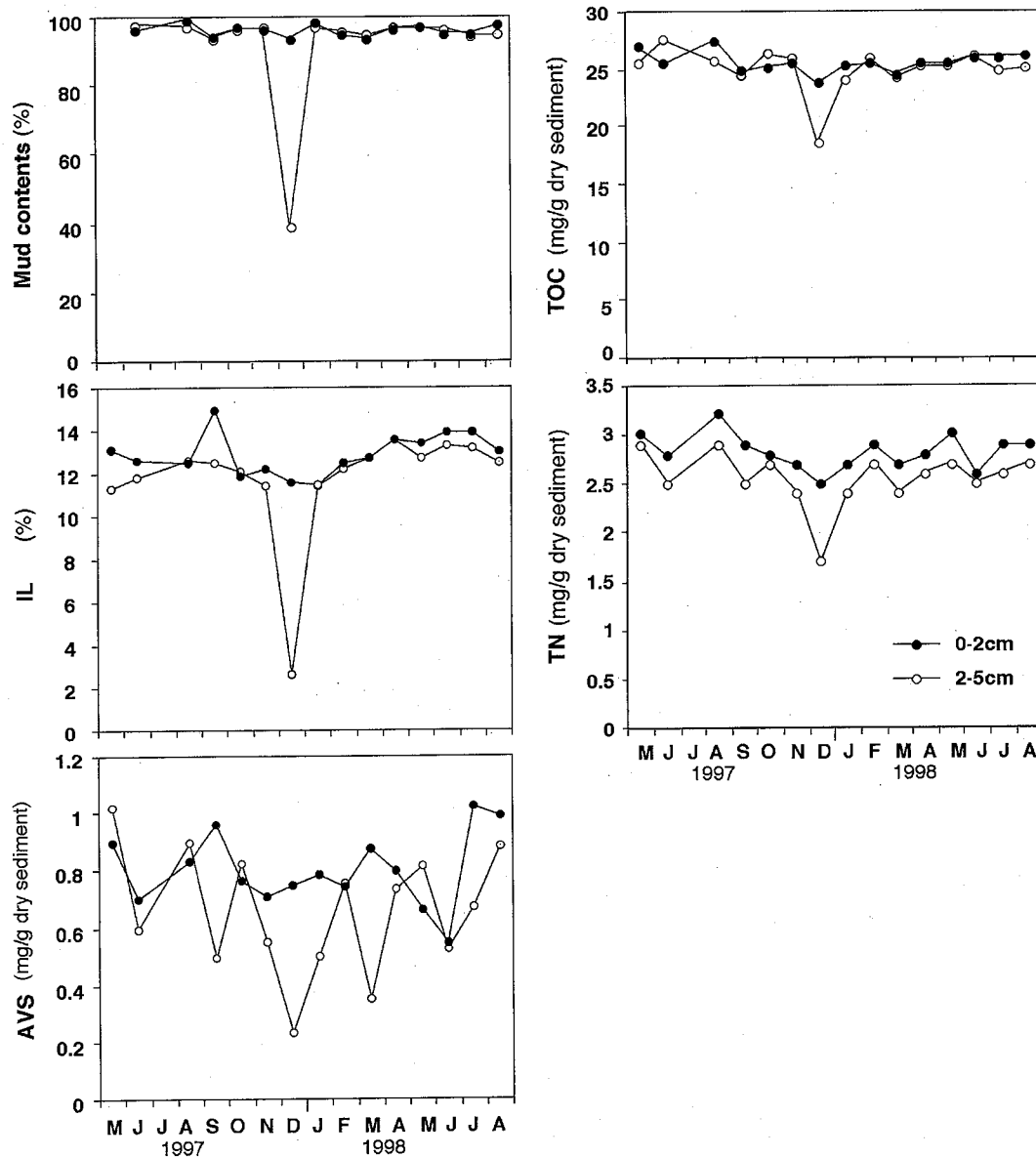


Fig. 8. Seasonal changes in mud contents, ignition loss (IL), acid volatile sulphide (AVS), total organic carbon (TOC) and total nitrogen (TN) in the top 0-2 cm and 2-5 cm layers of the bottom sediment.

い底質で、泥分率は93.1%であったが、2-5 cm は砂質で泥分率は38.8%であった。IL は0-2 cm ではほぼ12%以上で推移し、2-5 cm では0-2 cm の値よりもやや低めに推移した。AVS は0-2 cm では周年を通してほぼ0.6 mg/g dry sediment 以上で推移し、2-5 cm よりも高い傾向にあり、明瞭な季節的变化は認められなかった。底泥の TOC は0-2 cm では23.8~27.6 mg/g dry sediment, 2-5 cm では18.6~27.7 mg/g dry sediment で推移した。TN は0-2 cm では2.5~3.3 mg/g dry sediment, 2-5 cm では1.7~2.9 mg/g dry sediment で推移した。TOC, TN とともに明確な季節変動はみられないが1年を通じて高い値を維持していた。12月の2-5 cm ではIL, AVS, TOC, TN の値全てが低下した。

考 察

呉湾底泥の有機物含量を示す IL, TOC, TN のレベルはいずれも高く、以前調査を行った広島湾湾奥部太田川河口の定点と同レベル(板岡・玉井 1993)であった。太田川のような大河川の河口域では、河川を通じて負荷された有機物が河口域で塩分の急激な変化によって凝集し急速に沈降する(和田 1988)ため、有機物含量が高くなる。それに対し調査を行った呉湾の定点はほぼ湾中央部に位置する水深の深い地点である。呉湾には循環流が存在し、また2つの瀬戸を通じての海水交換が非常に悪いことから(橋本 1998)、呉湾に運ばれてきた有機物は徐々に湾内に沈降し、その結果高い有機物含量がみとめらるゝと考えられる。また、その有機物含量の高さを反映して呉湾中央部では夏季における底層水の溶存酸素量の低下が著しく、その低下レベルは広島湾湾奥部(板岡・玉井 1993)に匹敵する。1970年代から1980年代にかけてのデータからは呉湾のほうが広島湾より貧酸素化が著しく、この状態は20年余りに渡って継続している(湯浅他 1995)。

呉湾のマクロベントスの生息密度は低く、調査期間中における平均生息密度は141 ind./m²で大阪湾の水深10~20 m の汚染泥底域(玉井・永田 1978)と同程度であった。通常、有機汚染の進行した海域におけるマクロベントスの生息密度は、春から初夏にかけて高く、貧酸素化の進行とともに減少し、夏から秋にかけて低密度になる傾向にある(玉井 1998)。呉湾のマクロベントスにおいても類似した傾向が見られ、春から初夏(3月~6月)にかけて幾分増加した個体数が夏に低下し、底層水の貧酸素化の影響が最も強く現れる9月に最低密度となり、その後溶存酸素量が回復する秋から冬季にかけては低密度で推移した。

呉湾に出現するマクロベントス動物群のほとんどが多毛類であった。また、0.15 m²あたりの種類数は8~15で通常の泥底域(玉井 1998)に比べて少なかった。マ

クロベントスはその海域の底質環境を反映した生物学的な環境指標となり、有機汚染の進行した海域におけるマクロベントス群集の特徴として①多毛類の増加と甲殻類、棘皮類の減少、消滅、②種類数の減少と多様度の低下、③年令の高い個体の減少、消滅、④小型個体の増加、⑤有機汚染指標種の増加、⑥生物貧困域または無生物域の出現などがあげられている(玉井 1998)。呉湾においては、多毛類の優占、種類数の減少、生物貧困域の出現といった項目があてはまる。さらに有機汚染指標種の増加の点においては、呉湾で出現種を同定した'97年6月と'98年3, 6月のサンプルでは、多毛類の *L. longifolia* (アシナガギボシイソメ) が最も多く出現した。ついで多毛類の *Paraprionospio* sp. type B であった。*L. longifolia*, *Paraprionospio* sp. type B は汚染指標種として、有機物過剰域に優占的に出現することが知られている(玉井 1998)。また、*L. longifolia* については、石川ら(1999)が東京湾における調査から底層水の溶存酸素量が2~3 mg/l まで低下する環境においても比較的高密度で出現することを明らかにし、強汚濁海底の指標種としている。

日本におけるメイオベントスに関する詳細な分布調査(Ito 1978, Kito 1982, Aryuthaka 1985, 金・白山 1996)は少なく、中でも沿岸浅海泥底域の調査は板岡・玉井(1993)、辻野・玉井(1996)に限られている。呉湾は広島湾の枝湾で、有機物含量は広島湾湾奥部(板岡・玉井 1993)と同様に高いが、水深は湾奥部に比べ深い。呉湾のメイオベントスの生息密度は広島湾の湾奥部(板岡・玉井 1993)と比較して低密度であった。メイオベントスの生息密度は通常有機物含量の高い沿岸浅海域では高く(Sandulli and Nicola 1991, 板岡・玉井 1993)、季節的には5月、6月の春先に高く、夏の終わりに低下する傾向を示す(Rudnick *et al.* 1985, 板岡・玉井 1993)。呉湾の生息密度の低さの原因については明らかではないが、広島湾においても水深が深くなるにつれて生息密度は低下する傾向にあり(板岡・玉井 1993)、水深の影響も考えられる。メイオベントス生息密度の季節的変動は小さいものの、最低値は9月に観察され貧酸素化の影響(板岡・玉井 1993)が示唆された。

メイオベントスを用いた底質環境を表す指標として、これまで線虫類と底生性カイアシ類であるハルパクテクス類の個体数の比 N/C (Raffaelli and Mason 1981) と線虫類の鉛直分布パターンを考察してきた(板岡・玉井 1993, 辻野・玉井 1996, 辻野 1998)。N/C は一般に底質環境の悪化とともに大きくなり(Raffaelli and Mason 1981)、N/C 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されている(辻野・玉井 1996)。呉湾で N/C が100を超える数値を示したの

は'97年, '98年ともに8月であった。これは底層水の貧酸素化が顕著な8月にハルパクチクス類が低密度になったことに起因する。また, '97年9月のハルパクチクス類の個体数は1 ind./10 cm²であったが, 線虫類の密度も減少したため100を超えることはなかった。広島湾では8月から11月にN/Cは100を超える値となり(板岡・玉井 1993), 大阪湾においては沿岸部の有機物含量が高い地点では9月に50以上あるいは100を超える傾向があった(辻野・玉井 1996)。このように夏季の貧酸素化が著しく, 有機汚染が進行した海域では夏季にN/Cが高くなる傾向がみられた。線虫類の鉛直分布は出現個体数の70~80%近くまでが0-2 cm層に集中しており, 3 cm以深にはほとんど出現しなかった。通常, 砂質域に比べ泥質では線虫類の分布は浅くなる傾向にある(Heip *et al.* 1985)。広島湾では同じ泥質であっても夏季に貧酸素化し, 硫化物濃度の高い海域の方が底泥における線虫類の分布が浅かった(辻野 1998)。呉湾では一年を通して硫化物濃度が高く, 夏季には著しい貧酸素化が認められた。これらは高い硫化物濃度と底層水の貧酸素化が, 線虫類が表層に偏在する要因の1つである(板岡・玉井 1993)ことを支持するものである。

線虫類の種類相は他の沿岸浅海域(Ward 1973, Palacin *et al.* 1992)に比べると単純で, Wieser(1953)の4つの食性型に分類するとそのほとんどがselective deposit feeder(1A)およびnon-selective deposit feeder(1B)であった。この傾向は泥分率の高い底質に生息する線虫類の特徴であり(Ward 1975), 広島湾(辻野 1998)と同様である。属構成は9月と4月で相違がみられ'97年9月では0-2 cmの上層2-5 cmの下層の区別なく*Theristus*属が出現個体数の50%以上を占めたのに対し, '98年4月にはまったく見られなかった。逆に'97年9月にはほとんどみられなかった*Daptonema*属は'98年4月では上層, 下層において最も優占する属であった。線虫類の出現種に関しては粒度組成による変化(Ward 1975)や, 鉛直的, 特に硫化物濃度と関係した酸化還元不連続層の深さを境とした出現種の変化(Jensen 1983, 1987)が報告されている。呉湾の底質環境において4月と9月で大きく異なる点は底層水の水温と溶存酸素量であるが, これらの環境要因と線虫類の属構成の関係については明らかではない。*Terschellingia*, *Comesa*, *Sabatieria*, *Parodontophora*属については月別, 層別の区別なく出現し, 中でも*Terschellingia*, *Sabatieria*, *Parodontophora*属については広島湾浅海域でも広く分布している(辻野 1998)ことから有機物含量の高い泥質に幅広く適応した属と考えられる。

以上の結果から呉湾の底質環境は非常に有機汚染の進行した海域の特質を示しており, マクロベントスの季節変動にはその影響が認められた。また, マクロベントス

の大部分を占める多毛類の出現種も有機汚染指標種が卓越していた。しかし, 水深10 m以浅の沿岸浅海域と違ってマクロ・メイオベントスともに低密度で生産性の低い海域であることが明らかとなった。呉湾ではマクロベントスの密度の低さやメイオベントスの分布の浅さから推定して, マクロベントスによる*Alexandrium*属シストに対する捕食や, マクロ・メイオベントスのバイオターベーションによるシストの鉛直移動等の影響は小さいと考えられる。今後は実験的にマクロ・メイオベントスによるシストの分布や発芽への影響を調べ, 本調査結果と合わせて呉湾においてベントスが*Alexandrium*属シストに及ぼす影響を推定する。

謝 辞

本研究を遂行するにあたり, 現場調査にご協力いただいた南海海区水産研究所調査船「せと」の後藤幹夫技官, 赤潮環境部赤潮生物研究室室長山口峰生博士および赤潮環境部主任研究官の板倉 茂博士に厚くお礼申し上げます。

文 献

- Aryuthaka, C., 1985. Ecological studies on sediment meiofauna in a seagrass (*Zostera marina*) bed, with special reference to nematodes. ベントス研究会誌, **28**, 42-62.
- 橋本英資, 1998. 音戸瀬戸を通しての海水交換. 中国工業技術研究所報告, **50**, 17-23.
- Hedges, J. I. and J. H. Stern, 1984. Carbon and nitrogen determinations of carbonate-containing solids. *Limnol. Oceanogr.*, **29**, 657-663.
- Heip, C., M. Vincx and G. Vranken, 1985. The ecology of marine nematodes. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.*, **23**, 399-489.
- 石川公敏・風呂田利夫・小山利郎・山崎史, 1999. 東京湾の内湾域におけるマクロベントスの季節変化. 海洋, **31**, 495-503.
- 板岡 陸・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.
- Ito, T., 1978. Meiobenthos of a shallow-water sandy bottom in ishikari Bay, Hokkaido: A general account. *J. Fac. Sci. Hokkaido Univ. Ser. VI, Zool.*, **21**, 287-294.
- Jensen, P., 1983. Meiofaunal abundance and vertical zonation in a sublittoral soft bottom, with a test of the Haps corer. *Mar. Biol.*, **74**, 319-326.
- Jensen, P., 1987. Differences in microhabitat, abundance, biomass and body size between oxybiotic and thiobiotic free-living marine nematodes. *Oecologia*, **71**, 564-567.
- Kito, K., 1982. Phytal marine nematode assemblage on *Sargassum confusum* Agardh, with reference to the structure and seasonal fluctuations. *J. Fac. Sci. Hokkaido Univ. Ser. VI, Zool.*, **23**, 143-161.
- 金 東成・白山義久, 1996. 大槌湾潮下帯の粗砂底に生息するメイオベントス群集の季節変動—特に線虫類を中心として— *Benthos Research*, **51**, 9-20
- Palacin, C., J. M. Gili and D. Martin, 1992. Evidence for

- coincidence of meiofauna spatial heterogeneity with eutrophication processes in a shallow water mediterranean bay. *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, **35**, 1-16.
- Raffaelli, D. and C. F. Mason, 1981. Pollution monitoring with meiofauna, using the ratio of nematodes to copepods. *Mar. Pollut. Bull.*, **12**, 158-163.
- Rudnick D. T., R. Elmgren and J. B. Frithsen, 1985. Meiofaunal prominence and benthic seasonality in a coastal marine ecosystem. *Oecologia*, **67**, 157-168.
- Sandulli, R. and M. de Nicola, 1991. Responses of meiobenthic communities along a gradient of sewage pollution. *Mar. Pollut. Bull.*, **22**, 463-467.
- 水産庁編, 1981. 漁場改良復旧基礎調査報告書 (広島湾). pp 138
- 玉井恭一, 1981. 西日本周辺海域に生息する *Paraprionospio* 属 (多毛類: スピオ科) 4 type の形態的特徴と分布について. 南西水研報, **13**, 41-58.
- 玉井恭一, 1998. マクロベントスの分布と生産, 「沿岸の環境圏」(平野敏行監修), フジ・テクノシステム, 東京, pp. 244-253.
- 玉井恭一・永田樹三, 1978. 底生生物底質調査, 昭和52年度 関西国際空港漁業環境影響調査報告, 第二分冊, 環境生物編, pp. 179-213.
- 辻野 陸, 1998. 広島湾の自由生活性線虫類の分布と底質環境 南西水研報, **31**, 25-32.
- 辻野 陸・玉井恭一, 1996. 大阪湾の底質環境とメイオベントスの分布. 南西水研報, **29**, 87-100.
- 山口峰生・板倉 茂・今井一郎, 1995. 広島湾海底泥における有毒渦鞭毛藻 *Alexandrium tamarense* および *Alexandrium catenella* シストの現存量と水平・鉛直分布. 日水誌, **61**, 700-706.
- 山西良平, 1979. かきませ法によるメイオベントス抽出の効率. ベントス研究会誌, **17/18**, 52-58.
- 湯浅一郎・山崎宗広・橋本英資・宝田盛康・田辺弘道, 1995. 広島湾・呉湾における貧酸素水塊の分布と歴史. 中国工業技術研究所報告, **44**, 9-17.
- Ward, A. R., 1973. Studies on the sublittoral free-living nematodes of Liverpool Bay. I. The structure and distribution of the nematode populations. *Mar. Biol.*, **22**, 53-66.
- Ward, A. R., 1975. Studies on the sublittoral free-living nematodes of Liverpool Bay. II. Influence of sediment composition on the distribution of marine nematodes. *Mar. Biol.*, **30**, 217-225.
- Wieser, W., 1953. Diebeziehungen zwischen mundhöhlengestalt, ernährungsweise und vorkommen bei freilebenden marinen nematoden. *Arkiv for zoologi* (Ser. 2), **4**, 439-484.
- 和田英太郎, 1988. 第1章 河口・沿岸域の環境特性 2. 化学環境, 「河口・沿岸域の生態学とエコテクノロジー」(栗原康編著), 東海大学出版会, 東京, pp. 26-31.