

広島湾の自由生活性線虫類の分布と底質環境

辻野 睦

Distribution of Free-Living Nematodes in Relation to Bottom Environments in Hiroshima Bay

Mutsumi Tsujino

The vertical and horizontal distributions, size-class composition and generic composition of free-living nematodes in sediments were investigated in relation to bottom environments at three stations in Hiroshima Bay. Seasonal changes in the vertical distribution of nematode abundance were different between the three stations. The distribution of nematodes was restricted at the surface layer because of particularly high average sulphide concentration of more than 1 mg/g dry sediment of the sediment column at the innermost station. Size class composition analysis indicated dominance of large-sized nematodes at all stations especially at the innermost station throughout the year. In all stations the proportion of large-sized nematodes increased with depth. The generic composition investigation revealed that the common dominant genera were *Daptonema*, *Sabatieria* and *Terschellingia* (deposit feeders).

Key words: nematodes, sulphide, distribution

海底泥にはマクロベントスの他にもこれよりはるかに多くのメイオベントスが生息し、その中で最も優占する動物群が線虫類である (Giere 1993)。線虫類は底泥に沈降する植物プランクトンの屍骸や様々な有機物を分解するバクテリアおよびデトリタスの主要な消費者と考えられているが (Giere 1993)、その生態的な機能については解明が進んでいない。我が国の浅海域における線虫類の調査に関しては、砂底域 (Ito 1978, 金・白山 1996) や藻場 (Kito 1982, Aryuthaka 1985.), 泥底域 (酒井 1985, 辻野・玉井 1996) についての報告があるものの、分布や出現種についていっそうの知見の集積が必要である。前報 (板岡・玉井 1993) において富栄養化の進行した広島湾のメイオベントス群集では常に線虫類が優占する動物群であり、環境耐性が高く、その生息密度は 1 m^2 あたり 10^6 の個体数であること、また、底層水が最も貧酸素化する9月に減少することから、溶存酸素量の著

しい減少が生息密度低下の要因の一つと考えられること等を報告した。本報では生態的な特徴をさらに明らかにするため、線虫類の鉛直的分布、サイズおよび属組成と底質環境として硫化物濃度との関係について検討したので報告する。

材料と方法

広島湾に設定した3定点において1990年8月26日から1991年11月12日にわたって、ほぼ月1回計19回の調査を行った (Fig. 1)。水深はStn. 1で約10 m, Stn. 2, 14 m, Stn. 3, 17 mであった。採泥は内径3.7 cm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定点につき6回行った。その内3本は底泥0-5 cmの線虫類生息密度およびサイズ組成と属構成の検討に用いた。底泥を1 cm毎に切り分け5%ホルマリンで固定、ローズベンガルで染色した試料について、

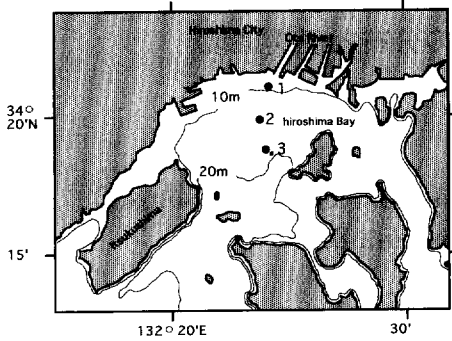


Fig. 1. Location of the sampling station in Hiroshima Bay.

目合い 40, 63, 125, 500 μm の篩で分別し 40~63 μm , 63~125 μm そして 125~500 μm の 3 サイズに分け個体数を計数した。また1991年の9月11日と10月22日の試料については、プレバートを作製し、1定点につき約300個体を検鏡して線虫類の属構成を調べた。さらに残りのうち1本のコアサンプルを用い、表層 0-5 cm まで 1 cm 毎の全硫化物濃度を検知管法によって測定した。

結 果

全硫化物濃度の鉛直分布

全硫化物濃度の鉛直分布の季節変化を Fig. 2

に示した。Stn. 1 の全硫化物濃度は他の 2 点に比べて高く、鉛直分布の様相は季節的に大きく変動した。この地点の 0-1 cm 層の濃度は、2 月に 1.06 mg/g 乾泥になったものの 1 月から 8 月の上旬までは 0.29~0.72 mg/g 乾泥で推移し、特に 3 月から 6 月上旬にかけては 0.5 mg/g 乾泥を下回った。しかし、8 月下旬から 11 月までは 1 mg/g 乾泥以上の値となった。0-1 cm 層より下層では 1 mg/g 乾泥を下回るのはほとんどなかった。このように Stn. 1 の硫化物濃度の鉛直分布は 0-1 cm 層で低く下層になるにつれて高くなり 3-5 cm 層にピークがみられることが多かったが、両年ともに 9 月から 10 月にかけては 0-1 cm 層で高く下層になるにつれて低下する逆の分布がみられることがあった。他の 2 定点でも 0-1 cm 層の濃度が 8 月下旬から 10 月に高くなる傾向は見られるが、0.5 mg/g 乾泥を越えることはまれであった。ほとんどの月において最低濃度は 0-1 cm 層でみられ、鉛直的な変化は小さかった。

線虫類の鉛直分布

底泥 0-5 cm 層の線虫類鉛直分布の季節変化を Fig. 3 に示した。Stn. 1 では全調査期間を通じて表層 0-3 cm までに大部分が生息し、2-5 cm 層では下層になるほど減少した。3 cm より下層の生息数の変動は小さかった。一方、上層特に

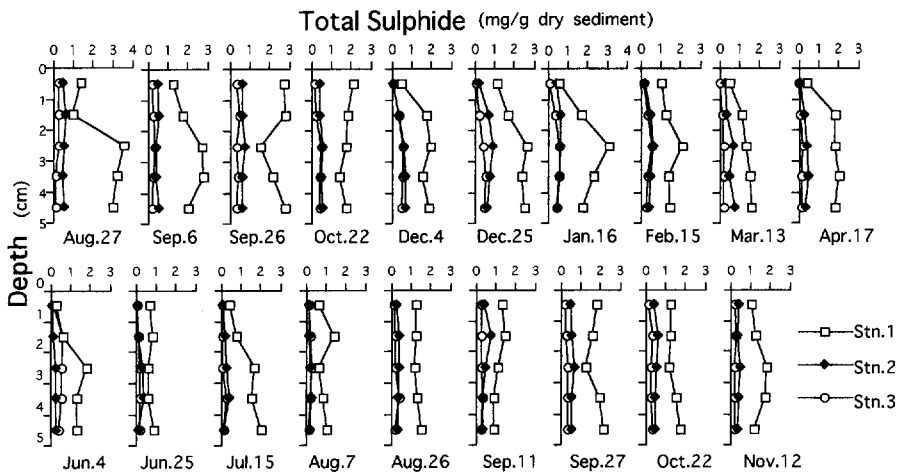


Fig. 2. Seasonal fluctuations in vertical distribution pattern of total sulphide from the surface to 5 cm depth in bottom sediments.

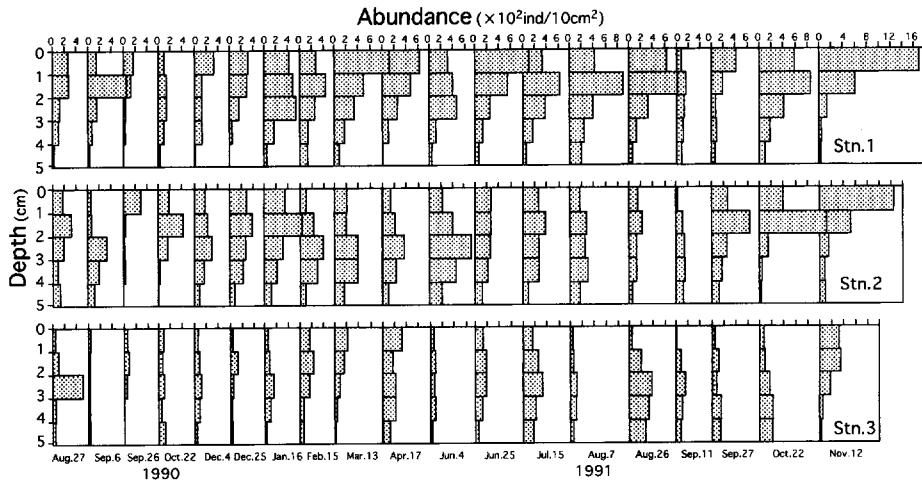


Fig. 3. Seasonal fluctuations in vertical distribution pattern of nematodes from the surface to 5cm depth in bottom sediments at the three stations.

0-2 cm の生息密度は季節により大きく変動し、9月上旬に急激に低下したが、10月には回復した。Stn. 2ではStn. 1に比べると0-1 cm層の生息密度は低く、同じように9月上旬に低下がみられた。最も生息密度の高い層は0-3 cmにあり、この高密度層は9月の密度低下からの回復期にはやや浅く、2月から6月上旬にかけては深くなる傾向にあった。Stn. 3では他の2点に比べて生息密度が低く、層別の生息密度の差は小さかった。生息密度の高い層は他の定点に比べて深い傾向にあった。

線虫類のサイズ組成

篩により線虫類のサイズを小型 (40-63 μm)、中型 (63-125 μm)、大型 (125-500 μm) に分けてサイズ組成を求めた (Fig. 4)。Stn. 1では周年大型個体が60-90% (平均78%) 生息し、その他はほとんど中型個体であった。Stn. 2では大型個体の割合は40-85%の間で変動し (平均60%)、91年の1月から3月の冬期には中型個体が増え、7月から9月の夏期には大型個体が増加する傾向が認められた。Stn. 3では大型個体の割合は40-80% (平均62%) で、サイズ構成は季節によって大きく変動することはなかった。すべての定点で小型個体の割合は低く、その傾向は特にStn. 1で顕著であった。

調査期間を通じての平均サイズ構成の鉛直分

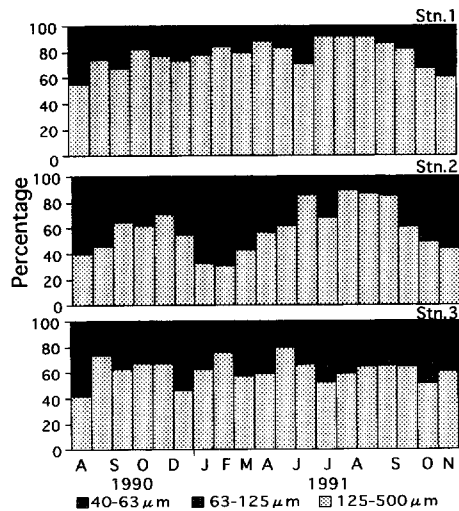


Fig. 4. Seasonal fluctuations in composition of three nematode sizes at the three stations. 40-63 μm: the nematodes passed through 63 μm mesh size and remained at 40 μm mesh size of the sieve. 63-125 μm: they passed through 125 μm mesh size and remained at 63 μm mesh size of the sieve. 125-500 μm: they passed through 500 μm mesh size and remained at 125 μm mesh size of the sieve.

布を Fig. 5 に示した。Stn. 1では他の2点に比べ全層で大型個体の割合がかなり高かった。全ての定点で下層になるにしたがって大型個体の割合が高くなり、その傾向は特にStn. 1で顕著

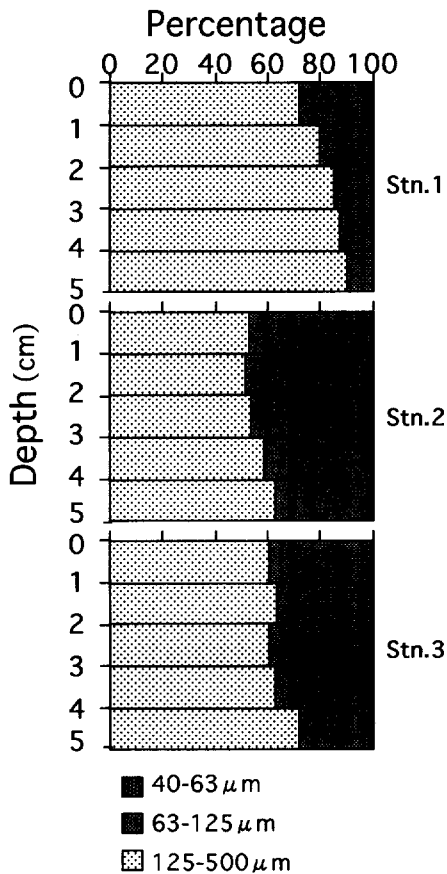


Fig. 5. Annual mean vertical changes in composition of three nematode sizes within 5 cm depth in the bottom sediment columns at the three stations.

であった。

線虫類の属レベルの分布

最も生息密度が低下した1991年9月11日と密度が上昇した10月22日の試料について各定点における属構成の変化を調べた (Fig. 6)。ただし属レベルまでの分類が難しい線虫類については科までの分類とした。*Daptonema* 属, *Terschellingia* 属の種は全定点で共通して多く出現した。*Aponema* 属, *Sabatieria* 属の種は Stn. 1 と Stn. 2 に共通して多く出現した。*Ptycholaimellus* 属の種は Stn. 1 のみに出現した。Axonolaimidae 科, *Paralinhomoeus* 属, *Halalaimus* 属の種はいずれの定点にも出現したが, Stn. 1 で多く沖合いに向かうにつれて減少した。一方 *Chromadora* 属

の種は Stn. 1 と Stn. 3 とに多く出現した。また, *Leptolaimus* 属の種は全ての定点に出現し, 特に Stn. 2 で多く見られた。9月, 10月で各定点に出現した属の種類には大きな差はなかったが, Stn. 1 および Stn. 2 では優占する属の交代がみられた。Stn. 1 では9月は *Chromadora* 属が最も多く, 次いで *Daptonema* 属が多いのに対し, 10月は Axonolaimidae 科が多く次いで *Daptonema* 属, *Sabatieria* 属の順であった。Stn. 2 では9月は *Sabatieria* 属の種が優占するのに対し, 10月は *Leptolaimus* 属, *Sabatieria* 属の順で優占した。Stn. 3 では両月とも *Daptonema* 属の種が多く出現した。分類した線虫類を, Wieser (1953) が線虫類の口形から分けた4つの食性型に分けると, 今回同定した個体は, 泥分率が高い地点に多い selective deposit feeder (1A) および non-selective deposit feeder (1B) に属する線虫類が多かった (Fig. 6)。

3 定点で出現した主要な7属と1科について9月と10月の鉛直分布を Fig. 7 に示した。*Daptonema* 属は, 両月ともに全ての定点で5 cm 層まで分布していたが, 10月の Stn. 1, Stn. 2 では主に0-3 cm の上層において高い密度が計数された。*Sabatieria* 属の分布についても5 cm 層まで分布し, Stn. 1, Stn. 2 では10月に0-2 cm の上層で, Stn. 3 では3 cm 以深の下層で増加した。Axonolaimidae 科については9月の Stn. 1, Stn. 2 では比較的下層まで均一に分布したが, 10月には Stn. 1 の上層0-2 cm で飛躍的に増加した。*Aponema* 属は10月の Stn. 1, Stn. 2 の上層特に1-2 cm に多く分布した。*Paralinhomoeus* 属は少数ではあるが全ての定点で5 cm 層まで分布し, 特に Stn. 1 では2-3 cm 層に多かった。*Terschellingia* 属は9月, 10月ともに全定点で5 cm 層まで分布した。これらの2つの属では分布量の回復期10月において上述の *Daptonema* 属などと比較して, より下層で密度が増加した。*Chromadora* 属は Stn. 1, Stn. 2 においては両月ともに下層よりも上層に多く分布した。*Leptolaimus* 属は9月には少なく, 0-5 cm まで出現したが, 10月の Stn. 1, Stn. 2 では1-2 cm 層に特に多くみられた。

にみられることが多かった。沖側の Stn. 3 では、各層の線虫類の生息密度が低く、層別の密度差が小さかった。線虫類の鉛直分布は酸化還元不連続層の深さ、硫化物濃度、溶存酸素量および線虫類の食性の違いなどに影響されると言われ (Platt 1977, Jensen 1984, Heip *et al.* 1985), 季節的にも変化し、春～夏にかけては上層に多く秋～冬にかけて下層にひろがる傾向にある (Tietjen 1969, Boucher 1980)。Stn. 1 の層別の硫化物濃度は、0-1 cm 層以外では 1 mg/g 乾泥を下回することはほとんどなく、0-1 cm 層の濃度は 8 月下旬～11 月を除くとほとんどの月で 1 mg/g 乾泥以下となり、3 月から 6 月上旬にかけては 0.5 mg/g 乾泥を下回った。線虫類は硫化物濃度の高い環境の中でも酸化的な層の周辺に極めて高密度に生息する (Heip *et al.* 1985)。また、線虫類の鉛直分布は酸化還元不連続層で示されるような化学的な躍層の動きによって変動し、躍層の上下では線虫類の生息密度が異なり、下層では低い (Giere 1993)。Stn. 1 では、硫化物濃度の鉛直分布から、酸化層とそれに続く酸化還元不連続層が浅く薄いと推察され、そのために分布が表層に集中していると考えられる。それに対し沖側の Stn. 2 と Stn. 3 の硫化物濃度は Stn. 1 に比べるとかなり低く鉛直的な変化は小さかった (Fig. 2)。したがってこれらの定点では Stn. 1 に比べて酸化層と酸化還元不連続層に幅があるため、線虫類は極端な表層分布にならず、層の厚さが変わることによって分布が変化する。

また、季節的な線虫類の鉛直分布の変化から、前報で報告した貧酸素化による 9 月の中旬における Stn. 1 と Stn. 2 の密度低下は、主に 0-2 cm 層で起こっており、それ以下の層の密度は変化していないことが明らかとなった。

線虫類のサイズ構成は各定点で異なり、鉛直的にも違いがみられた。Stn. 1 では大型の線虫類が平均 78% と多く、あまり季節変化がみられないのに対し、Stn. 2 では平均 60% とやや低く、夏季に高く冬季に低いという明瞭な季節変動を示した。Jensen (1983, 1984, 1986, 1987) は海産自由生活性線虫類について水平分布、鉛直分布の違いを示し、酸化的な環境に多く生息する種類 (oxybiotic species) と、還元的な環境に多く

生息する種類 (thiobiotic species) とに分けた。そして還元的な層に生息する種類は酸化的な層に生息する種類に比べ細長い体型をしていることを示し、このような線虫類の重量および体半径あたりの体表面積の増加は溶存酸素の低下に対する適応と考えられると報告した。3 定点の貧酸素化の程度は湾奥部になるほど著しく、Stn. 1 の底層水の溶存酸素量が 6 月下旬から 9 月下旬まで 4 ppm 以下 (最低 1.6 ppm), Stn. 2 では 6 月下旬から 9 月上旬まで 2-4 ppm の貧酸素状態となるのに対し、Stn. 3 で 4 ppm を下回るのは 8 月下旬のみであった (板岡・玉井 1993)。Stn. 2 のサイズ組成には明瞭な季節変動がみられ、1991 年の 7 月から 9 月の夏季に大型化する傾向にあることは、このように本地点の底層水の溶存酸素量が貧酸素状態となること (板岡・玉井 1993) と関係があると考えられ、種類組成が季節によって変化している可能性がある。また、Stn. 1 において一年を通して大型の線虫類の占める割合が高いことは、硫化物濃度の鉛直分布からも推察されるように、この定点の酸化層はわずかしがなく、その泥柱のほとんどが還元性の強い環境であることを反映していると考えられる。

線虫類の種類相は通常粒度組成に大きく左右される (Ward 1975)。しかし、調査した 3 定点の泥分率はいずれも 90% 以上で (板岡・玉井 1993)、粒度組成は線虫類の種類組成の違いの原因とはならないと考えられる。線虫類の口形から分けた 4 つの食性型の分類 (Wieser 1953) に従うと、今回同定した個体は、泥分率が高い地点に多い selective deposit feeder (1A) および non-selective deposit feeder (1B) に属する線虫類が多かった (Fig. 6)。なかでも 1 mm 以上の大型の線虫類である *Sabatieria* 属、*Terschellingia* 属の種はいずれの定点でも幅広い層で出現した。このことからこれらの属の線虫類は泥質であれば比較的厳しい環境でも生息できると思われる。同じく大型の *Paralinhomoeus* 属は Stn. 1 に多く比較的下層に分布していた。この属は酸化還元不連続層よりも下層に分布する種を含むことが知られており (Jensen 1987)、広島湾でもこのような還元的環境へ適応している種の存

在が示唆される。一方、体長 1 mm 以下の線虫類である *Aponema* 属、*Chromadora* 属の分布は 0-3 cm 層に限られていた。これらの属は Wieser (1953) の食性分類では epigrowth feeder (2A) に分別される (Fig. 6)。この食性型の線虫類は酸化還元不連続層より上層に多く (Jensen 1983)、とくに *Chromadora* 属が含まれる Chromadoridae 科の線虫類は表層に分布する傾向があるといわれている (Platt 1977)。

以上の結果より線虫類の生息密度、鉛直分布、サイズおよび種類構成は同じ広島湾の中でも地点や季節によって異なっていることが明らかとなった。さらに線虫類は硫化物濃度が 1 mg/g 乾泥を越えるような汚染された底質でも周年生息でき、硫化物濃度レベルの高い場所では表層付近に分布の中心がみられることが明らかとなった。このことから硫化物濃度の鉛直分布の特性が線虫類の鉛直分布を左右する要因となることが示唆された。このような場所で底層水の貧酸素化が進行すると線虫類の生息密度は低下するものの、溶存酸素濃度の回復に伴い速やかにもとの生息密度に回復できる。これらのことから線虫類の現存量や鉛直分布および種類組成の変化は底質環境を評価する目安の一つとなる可能性がある。また、線虫類は硫化物濃度に対する耐性が高いことから、富栄養化水域の底泥の生物的な環境修復に資するものと考えられるので、いっそうの生理的機能研究が望まれる。

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、赤潮環境部主任研究官の神山孝史博士に厚く御礼申しあげます。また、本文をまとめるにあたり貴重なご意見をいただいた赤潮環境部漁場保全研究室長有馬郷司氏および赤潮環境部長前田昌調博士に深く感謝いたします。

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.

Austen, M. C. and B. Widbom, 1991: Changes in and slow recovery of a meiobenthic nematode assemblage following a hypoxic period in the Gullmar Fjord basin, Sweden. *Mar. Biol.*, **111**, 139-145.

Boucher, G., 1980: Facteurs d'équilibre d'un peuplement de nématodes des sables sublittoraux. *Mem. Mus. natn. Hist. nat., Ser. A. Zool.*, **114**, 3-81.

Giere, O., 1993: *Meiobenthology*. Springer-Verlag, Berlin, 328 pp.

Heip, C., M. Vincx and G. Vranken, 1985: The ecology of marine nematodes. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.*, **23**, 399-489.

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.

Ito, T., 1978: Meiobenthos of a shallow-water sandy bottom in Ishikari Bay. Hokkaido: A general account. *Journal of the Faculty of Science, Hokkaido University, Series VI, Zoology*, **21**, 287-294.

Jensn, 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., 1984: Ecology of benthic and epiphytic nematodes in brackish waters. *Hydrobiologia*, **108**, 201-217.

Jensen, P., 1986: Nematode fauna in the sulphide-rich brine seep and adjacent bottoms of the East Flower Garden, NW Gulf of Mexico. IV. Ecological aspects. *Mar. Biol.*, **92**, 489-503.

Jensen, P., 1987: Differences in microhabitat, abundance, biomass and body size between oxybiotic and thiobiotic free-living marine nematodes. *Oecologia*, **71**, 564-567.

Josefson, A. B. and B. Widbom, 1988: Differential response of benthic macrofauna and meiofauna to hypoxia in the Gullmar Fjord basin. *Mar. Biol.*, **100**, 31-40

金 東成・白山義久, 1996: 大植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.

Kito, K., 1982: Phytal marine nematode assemblage on *Sargassum confusum* Agardh, with reference to the structure and seasonal fluctuations. *Journal of the Faculty of Science, Hokkaido University, Series VI, Zoology*, **23**, 143-161.

Platt, H. M., 1977: Vertical and horizontal distribution of free-living marine nematodes from Strangford Lough, northern Ireland. *Cah. Biol. mar.*, **18**, 261-273.

- 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.
- Tietjen, J. H., 1969: The ecology of shallow water meiofauna in two New England estuaries. *Oecologia*, **2**, 251–291.
- 辻野 睦・玉井恭一, 1996: 大阪湾の底質環境とメイオベントスの分布. 南西水研研報, **29**, 87–100
- 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: Die Beziehungen zwischen Mundhöhlengestalt, Ernährungsweise und Vorkommen bei freilebenden marinen Nematoden. *Arkiv for zoologi* (Ser. 2), **4**: 439–484.