

洞海湾における 水質環境とプランクトンの性状—I* ネットプランクトンの分布

鶴田 新生・山田 眞知子**

Hydrological and Biological Observations in Dokai Bay,
Northern Kyushu—I.
Representative Species Occurring in Plankton Samples

By
Arao TSURUTA and Machiko YAMADA

Observations on water color, transparency, temperature, dissolved oxygen, pH, salinity, COD, $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{PO}_4\text{-P}$, and planktonic organisms collected with a standard net (NXX 13) were made at a series of stations between the entrance and inner part of Dokai Bay, northern Kyushu, from November 1973 to March 1976.

(1) Highly eutrophic zones were located in the middle and inner parts of the bay. Water pollution, which showed the highest degree in the brackish-water area located in the inner part, was on the gradual decrease toward the entrance.

(2) The plankton community consisted mainly of neritic and littoral marine species, but in the inner part of the bay the fresh-water and brackish-water species were observed abundantly. *Skeletonema costatum*, one of the dominant species in the samples, occurred throughout the year in all areas.

(3) Changes in the seasonal and geographic distribution of representative planktonic species appeared to be associated with changes in hydrographic conditions and chemical characteristics.

* 水産大学校研究業績 第832号, 1978年7月31日受理。
Contribution from the Shimonoseki University of Fisheries, No. 832. Received July 31, 1978.

** 北九州市環境衛生研究所
The Kitakyushu Municipal Institute of Environmental Health Sciences, Kitakyushu.
本報告の内容の一部は昭和49年度日本水産学会中国四国支部例会(於福山)および昭和51年度日本水処理生物学会13回大会(於横浜)で口述発表した。

まえがき

近年、産業および都市の発展にともない、それらの廃水の流入による沿岸海域の富栄養化現象が著しく、とくに内湾においては赤潮が頻繁に発生するなど今までの調和のとれた生態系の構造は大きく変化しつつある。このような水質汚濁の実態を把握するため、水質環境的調査だけでなく生物現象をも含めた海域の環境診断が重視され、試みられるようになった(安達ら, 1972; 丸茂ら, 1973; 吉田, 1973; 山路, 1975²; 鶴田ら, 1975)。

筆者らは、水質汚濁と生物相に関する研究の一環として、我国有数の工業地帯をひかえ汚濁海域として知られている洞海湾のプランクトンについて研究する機会を得た。本報では、ネット採集によるプランクトン群集の季節的消長を明らかにするとともに、湾内における水平分布様式と水質環境との関係を検討した結果二・三の知見を得たので報告する。

本文を草するにあたり、種の同定に懇切なご指導をいただいた東海区水産研究所高野秀昭博士、国立公衆衛生院橋爪健一郎博士、奈良女子大学渡辺仁治博士、三重大学関口秀夫博士、京都大学上田拓史氏ならびに広島修道大学羽田良禾博士に衷心より感謝の意を表す。また、多大なご支援を賜った北九州市環境衛生研究所長秋山高博士、宮崎昭夫主査および本研究の採水作業や水質分析等に多くの協力をいただいた同研究所職員原口清史、武富眞の両氏に感謝する。

洞海湾水域の概況

洞海湾は北九州工業地帯に囲まれ関門海峡西部に位置し、響灘に開口する小さな内湾である(第1図)。湾幅は湾口部で約1.2 km、湾奥部で約0.3 km、奥行きは約13.0 kmと東西に細長く、大小数個の泊地が板状に設備されている。平均水深は約7 mと浅い。湾奥部には都市生活排水の流入する一級および二級(県指定)

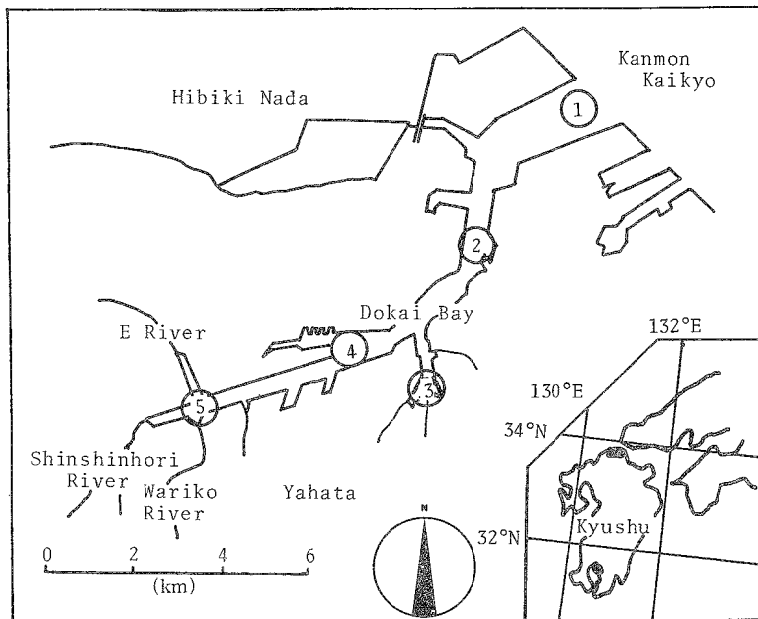


Fig. 1. Sampling stations in Dokai Bay.

の四河川(1974~75年のBODは5.3~78.8ppm)が開口しており、流入量は20~30万 m^3 /日と推定される。湾周辺には、新日本製鉄所をはじめ重工・化学および食品の大小約1,000の工場が立地し、湾内の水はこれらの工場群に工業用水として利用されている。本湾の水質汚濁の主要因は工場排水(約410万 m^3 /日)であり、また都市下水(約6万 m^3 /日)も汚濁の一因となっている。汚濁の年次推移を湾奥部のCOD(表層と7m層の平均値)でみると1969年には35.8ppm(工場排水のCOD汚濁負荷量は131t/日)であったが、1972年には6.5ppmに減少し、その後この状態を継続している(これらの数値は北九州市の公害第4号によった)。

研究 方法

プランクトンの採集ならびに水質調査は、1973年11月から1976年3月の間に20回にわたり実施した。調査地点は第1図に示すように湾口部水域にSt.1、湾中央部水域にSt.2およびSt.4、湾奥部水域にSt.5、そして湾中央部付近から枝分れしている八幡泊地にSt.3の合計5地点を設定した。プランクトンは北原式表面プランクトンネット(口径30cm、全長120cm、網地NXX13)を用いて、表層部(0~1m深)を水平的に約50cm/秒の速さで約200mを曳網して採集し、中性ホルマリンで溶液の濃度が約5%になるよう固定した。水質については水色、透明度ならびに表層の水温、溶存酸素量、pH、塩素量、栄養塩類量(NH_4-N 、 NO_2-N 、 NO_3-N 、 PO_4-P)およびCODの測定を行なった。なおこれらの調査分析方法は海洋観測指針に従ったが、CODの分析はJIS K 0102によった。

結果および考察

水質環境

水温は12月の最低9.7°Cから8月の最高30.3°Cの範囲に変化した。湾口部水域と湾奥部水域の水温を比較すると、湾奥部水域が周年にわたってやや高い(較差0~3.6°C)傾向を示した(後述、第3図a~c、第5図)。各々の水質項目測定値は第2図に示したように湾口部水域においては沖合海水の値(北九州市公対局、1975)と類似した。一方、湾奥部水域では工場排水、都市生活排水、河川水、降水、潮汐流および赤潮現象などの影響を受けてそれぞれの測定項目の値に大きな変動が認められ、次のような点で湾口部水域と異なった(かっこの中の数字は湾奥部水域での測定値である)。1)水色の黄色化(フォーレン・ウーレ水色計で13~21)、2)透明度の低下(0.5~2.0m)、3)塩素量の低下(7.8~17.3‰)、4)溶存酸素飽和度の大きな変動(7.6~178.6%)、5)pHの低下(7.4~8.4)、6)無機窒素化合物やリン酸態リンの増大(それぞれ95.0~915.9 $\mu g-at N/l$ 、3.2~28.4 $\mu g-at P/l$)および7)CODの増大(最大値15.8ppm)である。このように湾奥部水域では富栄養化の著しい汽水域が形成されており、汚濁と関連ある諸項目の測定値は湾口部に近づくに従い漸次軽減した。本湾では無機窒素化合物のうち硝酸態窒素の占める割合が湾内全域にわたって多い(38~94%)のが特徴的である。

プランクトンの季節的消長

プランクトンの出現状況を第3a~c図に示した。プランクトンの季節的消長は水温の変化に従ってかなり規則的で第5図のようなプランクトンカレンダーにまとめることができた。優位を占めた群集は珪藻類および機脚類で、なかでも*Skeletonema costatum*は周年にわたって出現した。概観的に冬期には海産珪藻類などの植物プランクトンが湾全域にわたって優勢であり、春期になると他の内湾と同様に海産動物の幼生類をはじめ動物プランクトンが多量出現するようになった。また、傾向として夏期には湾奥部水域に出現する汽水産種が、冬期には湾口部水域の群集が湾内全域にわたって広く分布する現象が認められた。このような傾向は、東京湾湾奥部水域において低鹹な夏および高鹹な冬にも認められている(山路、1975²⁾)。

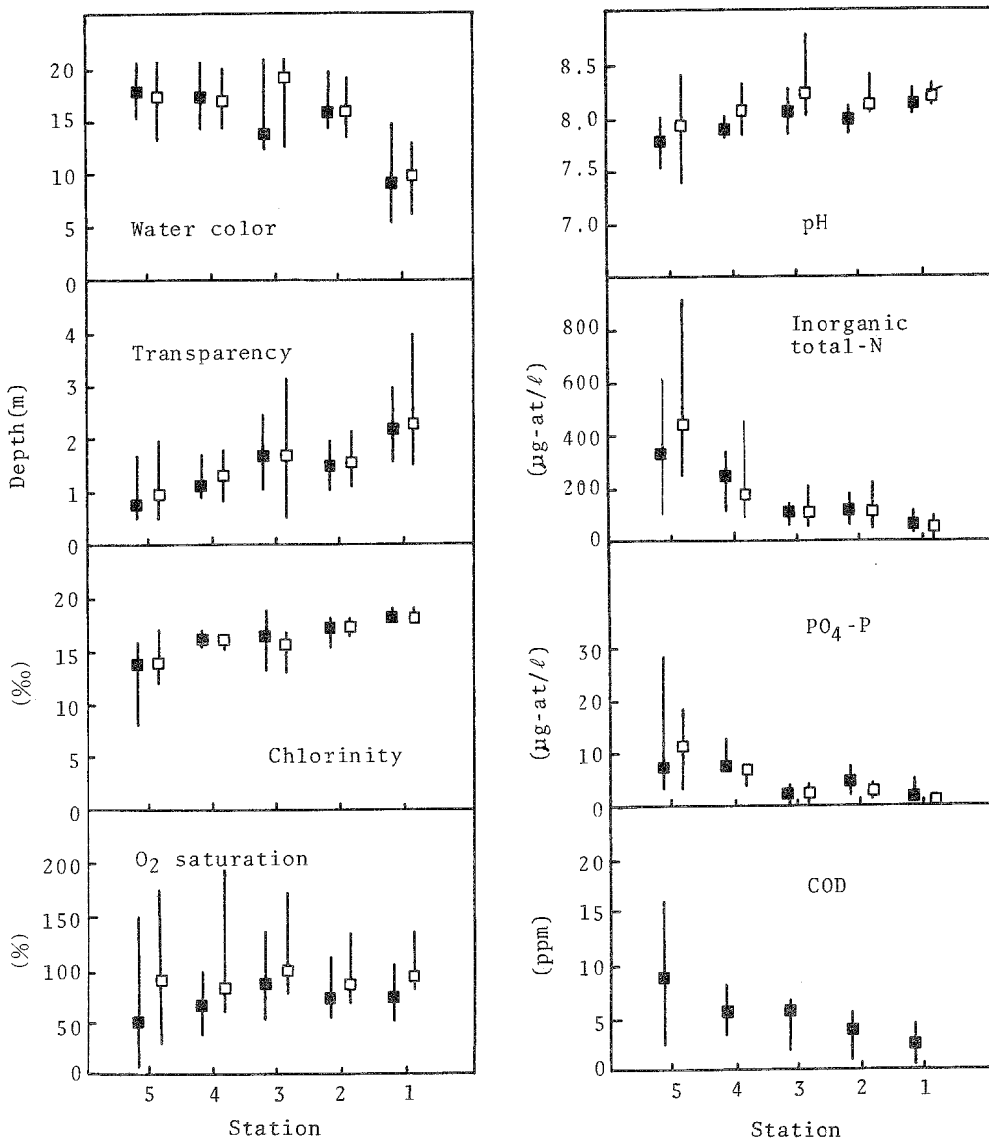


Fig. 2. Physical and chemical characteristics of water in each station.

—■—, range of observed values from March 1974 to February 1975 ;
 —□—, range of observed values from April 1975 to March 1976 ;
 solid and open squares, mean values of each period.

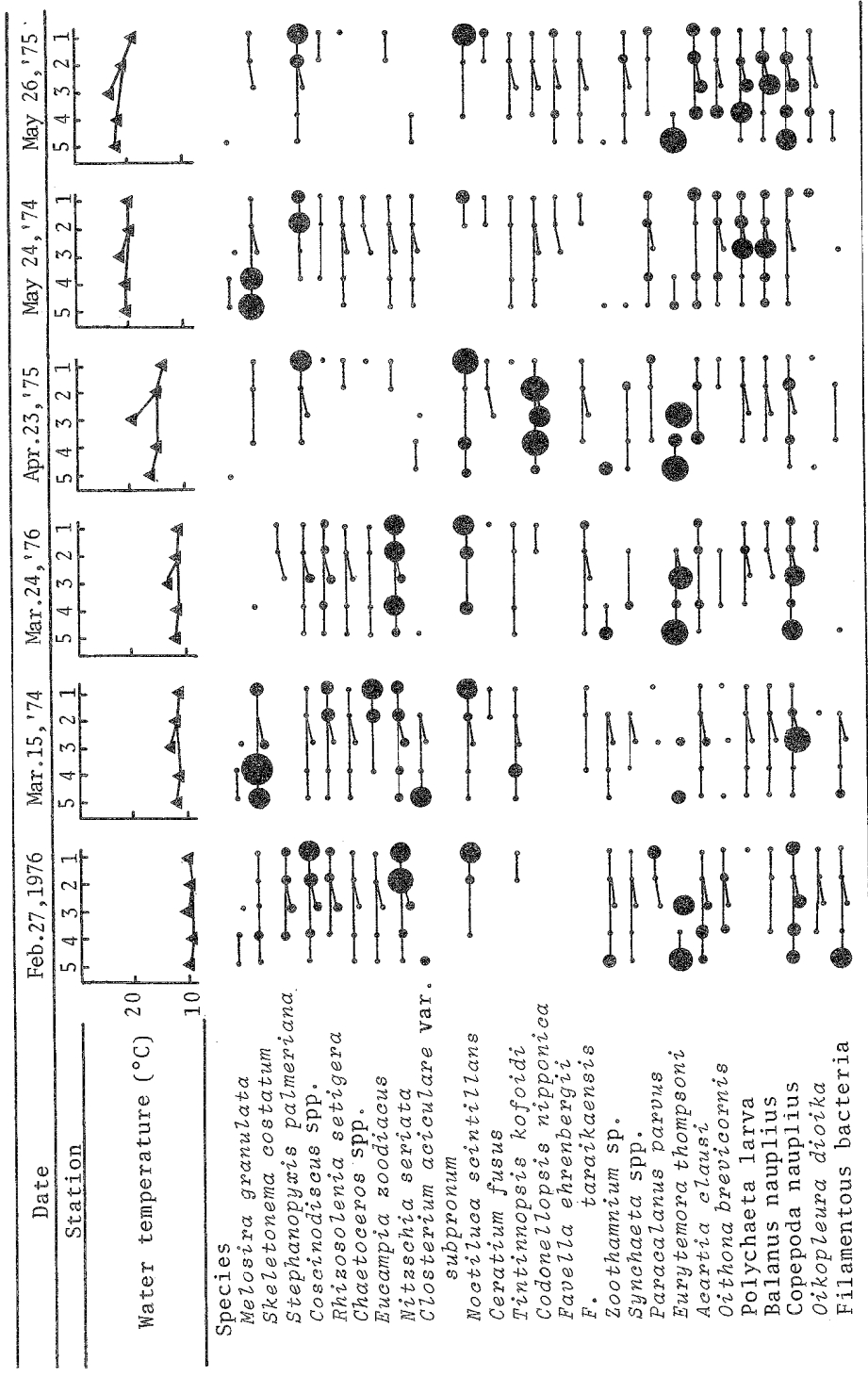


Fig. 3a. Occurrence of the representative plankton and the water temperature in each station during the period between February and May in three years, 1974—1976.

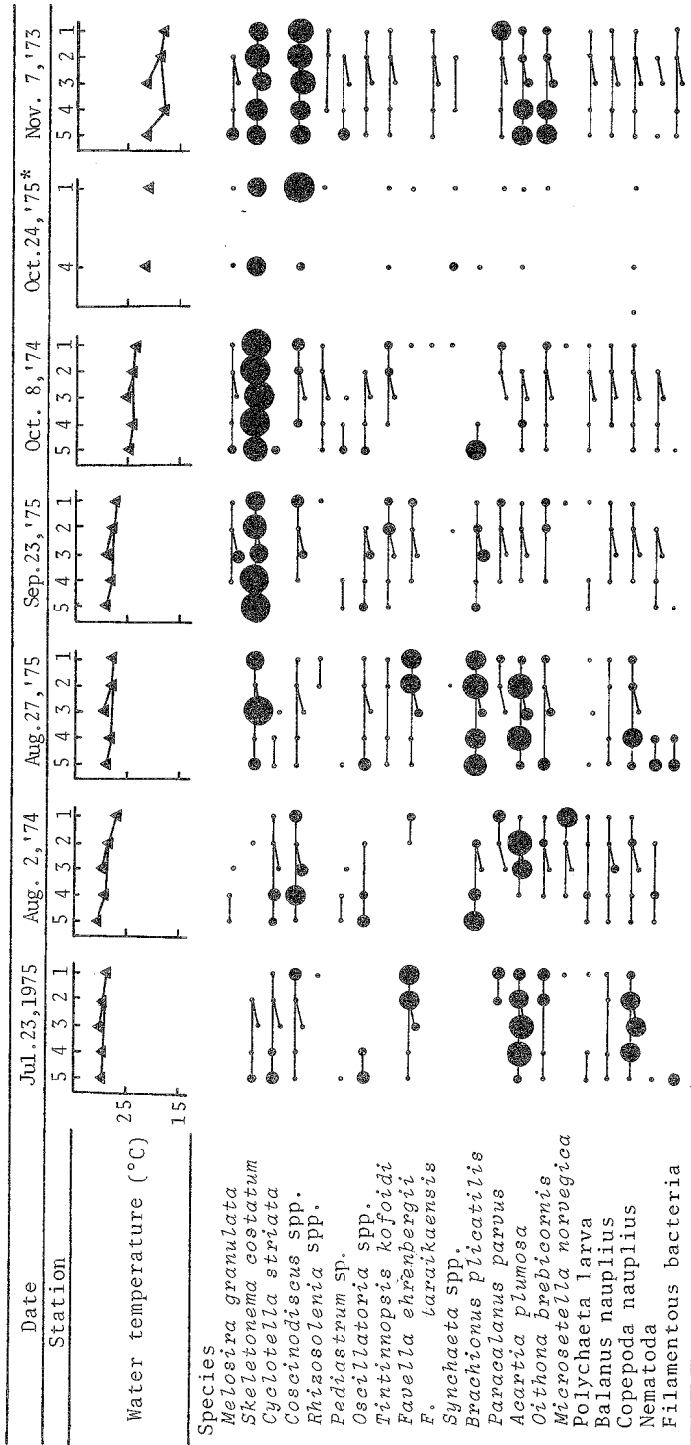


Fig. 3b. Occurrence of the representative plankton and the water temperature in each station during the period between July and November in three years, 1973—1975. Symbols are the same as those in Fig. 3a. * Only two stations were investigated.

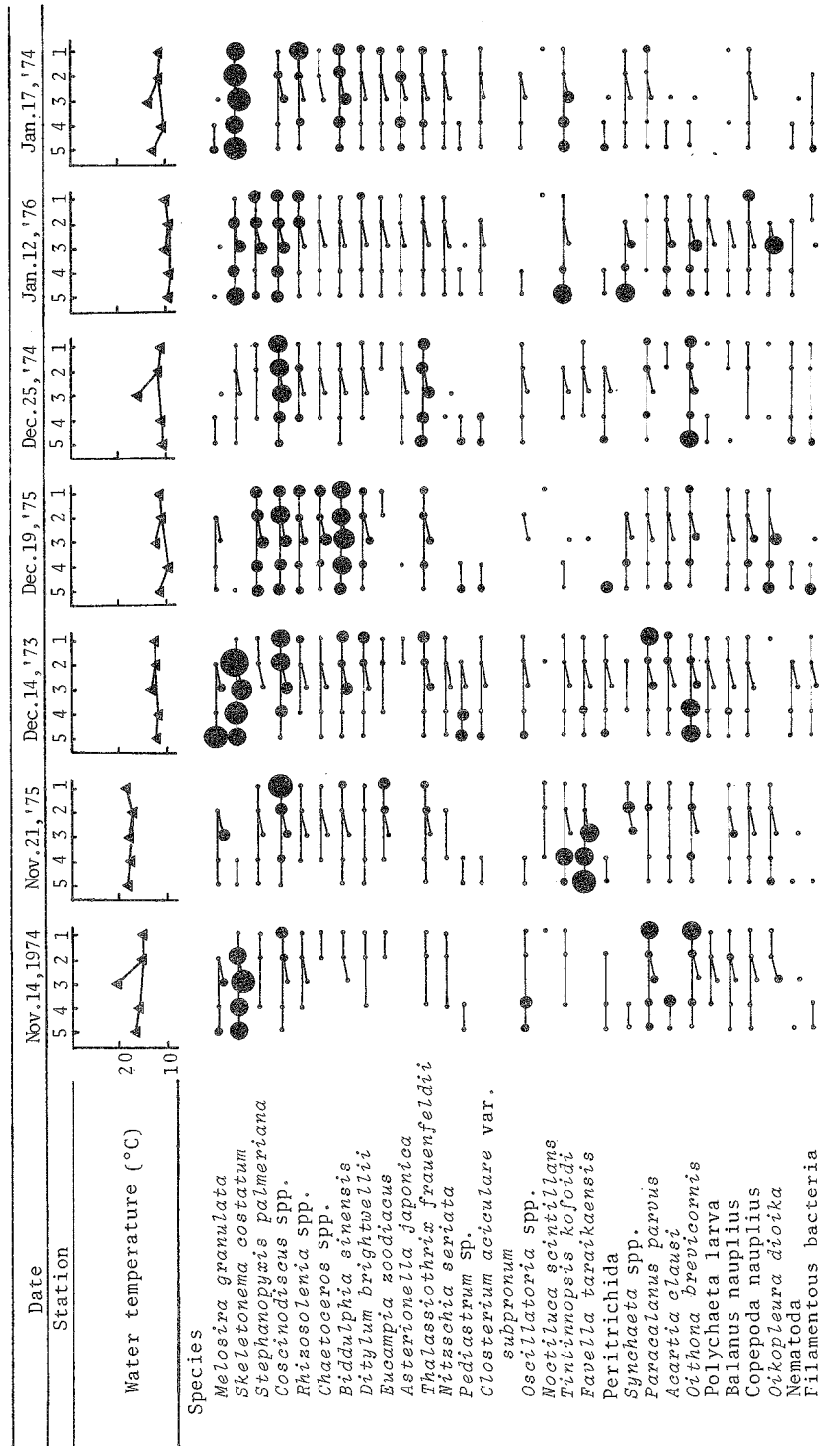


Fig. 3c. Occurrence of the representative plankton and the water temperature in each station during the period between November and January in four years, 1973—1976.

Symbols are the same as those in Fig. 3a.

栄養機序とプランクトン相

水質環境の富栄養化の程度を吉田 (1975) の栄養階級区分を用いて表現すると、本湾は過栄養域に相当しており、湾奥部および湾口部水域はそれぞれ腐水域寄り、富栄養域寄りに位置した (北九州市公対局, 1975)。

1) 種類数 このような栄養機序にある本湾のプランクトンの多様性を第4図に種類数の変化で示した。種類数は全般的に湾口部水域に多く (28~62種)、湾奥部に進むに従い減少する傾向が認められ (湾奥部水域では12~49種)、種類の豊富さと水質の良好さとは対応した。しかし、八幡泊地 (St. 3) の水質環境は湾奥部水域と比較して大きな変動や悪化が認められなかった (第2図) にもかかわらず、プランクトン組成は単調化することが多かった (11~49種)。

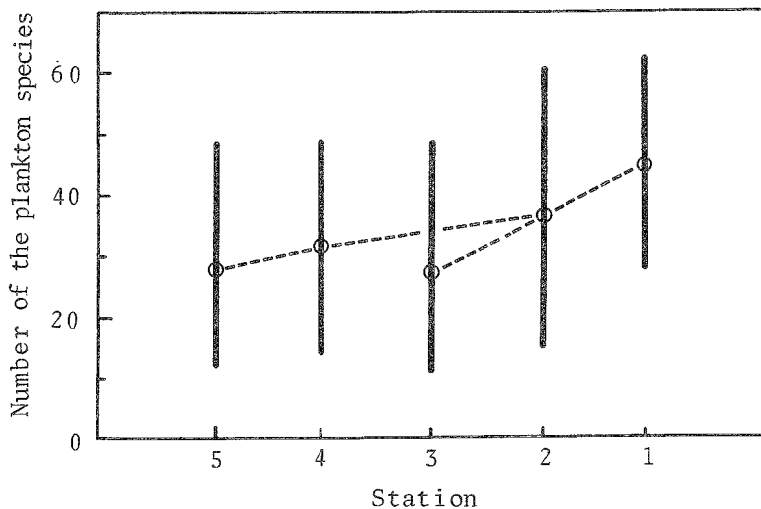


Fig. 4. Number of the plankton species in each station from November 1973 to March 1976.

—, range ; ○, mean.

2) 各水域の代表種 プランクトン相について概観すると、海産種はほとんどのものが内湾沿岸性種で外洋性種の侵入は認められなかった。各プランクトンの出現水域は地理的に異なっており、その分布水域を第5図のように整理できた。

湾奥部水域における特徴的な種類は、淡水産および汽水産プランクトンである。淡水産種としては、珪藻類の *Melosira granulata*, 緑藻類の *Pediastrum simplex* var. *duodenarium*, *Closterium aciculare* var. *subpronum*, 藍藻類の *Oscillatoria* 属, 根足類の *Arcella vulgaris*, 線虫類および細菌類が出現した。*Melosira granulata* は津田ら (1974) の汚水生物表によると β -中腐水性種であり, *Closterium aciculare* var. *subpronum* は赤野 (1974) によって琵琶湖浜大津の α -中腐水性の水域での優占種の一つとして記載された種である。細菌類は糸状のものがほとんどであったが, *Zooglea ramigera* (津田ら, 1974によると強腐水性種) なども混在した。また, 調査船上からは細菌を主体とした羽毛状の水わたも多数観察され, これら細菌類の種名は未同定であるが, その出現は汚濁の著しい河川水の流入を示唆するものと考えられた。このように淡水産プランクトンには β -中腐水性から強腐水性水域に生息するような種類が含まれており, 湾奥部水域に流入する淡水の有機汚濁の一端を反映した。また, これら淡水産プランクトンは汚濁が著しい場合は7.8~14.0%の

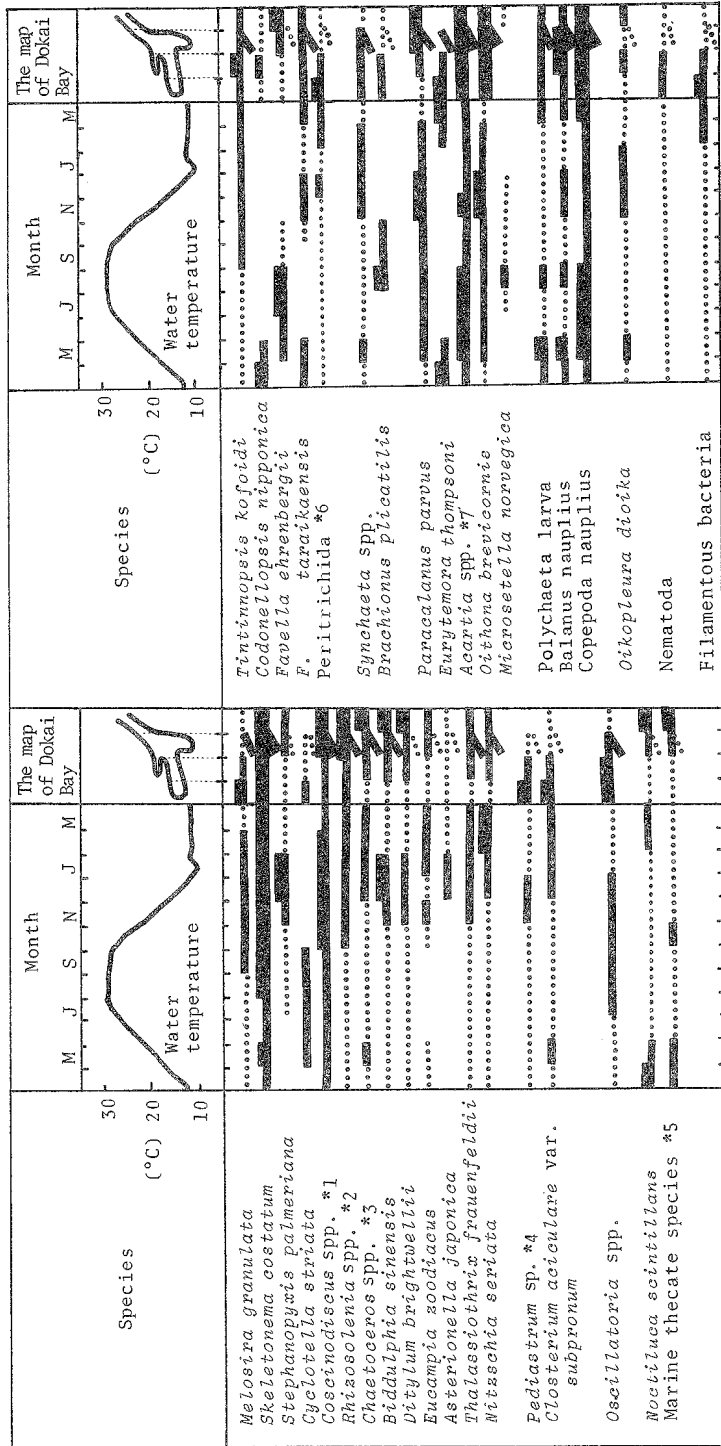


Fig. 5. Seasonal succession and geographic distribution of the representative plankton from November 1973 to March 1976. Solid wide line, abundant and frequent; solid thin line, common; dotted line, rare and very rare.

*1 *Coccolodiscus* spp. include *C. gigas*, *C. grani*, *C. jonesianus*, *C. radiatus* and *C. walesii*.

*2 *Rhizosolenia* spp. include *R. alata* forma *indica*, *R. calcar-avis*, *R. imbricata*, *R. seigera* and *R. stouterfothii*.

*3 *Chaetoceros* spp. include *C. affinis*, *C. eibentii* and *C. decipiens*.

*4 *Pediastrum* sp. was identified *Pediastrum simplex* var. *duodenarium*.

*5 Thecate marine species include *Peridinium depressum*, *P. oceanicum* var. *oblongum*, *Ceratium furca* and *C. fuscus*.

*6 Peritrichida include mainly *Zoothamnium* sp.. Besides this genus, several specimens of *Vorticella* and *Carchesium* of this order were observed.

*7 *Acartia* spp. include *A. clausi* occurred from November to July and *A. plumosa* (*A. bayly*) occurred from July to November.

CI 値でも生存するようである。汽水産プランクトンとしては珪藻類の *Cyclotella striata*、輪虫類の *Brachionus plicatilis* および橈脚類の *Eurytemora thompsoni* が出現した。*Cyclotella striata* は本湾において赤潮形成種の一つで(北九州市公対局, 1975)、形態的にはナノプランクトンに属する種類である。福島ら(1975)によると本種は耐汚濁性で半鹹性水域に分布すると記載された。*Brachionus plicatilis* は卵を持った成体が、また *Eurytemora thompsoni* は卵嚢や貯精嚢を携行した成体とその幼生が多量出現した。従ってこれらの汽水産種は富栄養化の著しい湾奥部の水質環境に適応して再生産しているものと考えられる。また、*Eurytemora* の体表に繊毛虫類に属する *Zoothamnium* などが多量附着した個体が湾奥部水域に出現した。これら附着性の繊毛虫類の発生水域については今後の調査を待たねばならない。

湾中央部水域には有機懸濁物質や微細藻類を濾過食する海産動物プランクトンの出現が優勢であった。代表的な種類は有鐘繊毛虫類の *Tintinnopsis kofoidi*, *T. radix*, *Codonellopsis nipponica*, *Favella taraikaensis*、輪虫類の *Synchaeta* 属、尾虫類の *Oikopleura dioika*、橈脚類の *Acartia clausi*, *A. plumosa*, *Oithona brevicornis* および多毛類、二枚貝類、ふじつば類そして橈脚類の幼生などである。これらは本湾のような過栄養域に多量生息していることから有機汚濁には抵抗性を持ち得る内湾性種と判断される。とくにこの中でも *Tintinnopsis*, *Synchaeta*, *Favella* および *Oithona brevicornis* などは東京湾や伊勢湾において汚濁に対して抵抗性の強い種として報告されており(山路, 1975⁶)、本湾で認められる性質と一致している。

湾口部水域における代表的な種類は海産珪藻類、渦鞭毛虫類、繊毛虫類の *Favella ehrenbergii*、枝角類、橈脚類および魚卵仔魚などであった。これらは湾内奥部まで出現するものと殆んど出現しないものとに類別され、前者は *Coscinodiscus* 属、*Rhizosolenia* 属などの海産珪藻類および *Paracalanus parvus* の橈脚類で、後者は有殻の渦鞭毛虫類、橈脚類の *Microsetella norvegica* や *Corycaeus* 属および魚卵仔魚などである。これらの湾口部の群集には響灘に優占する珪藻類の *Eucampia zodiacus*, *Nitzschia seriata* および渦鞭毛虫類の *Noctiluca scintillans* など(鶴田, 1972; 福岡水試, 1974)も含まれており、プランクトン組成からも湾口部水域と外海との海水の交換および水質の類似性が推定された。

本研究の対象となったネットプランクトンは、*Skeletonema* や *Cyclotella* など数種の微小な植物プランクトンを除くと60~500 μ の小型プランクトンであり、これらの分布密度は1 ml 当り10個体(細胞)を越えない群集であった。これらのプランクトンには水温および塩素量などの要因に加えて、環境水の富栄養化の程度とも対応しているような分布特性が認められた。プランクトンは水塊の指標生物(高野, 1975)あるいは内湾類型化の指標生物(YAMAZI, 1956)として用いられている。しかし、富栄養化(有機汚濁)とプランクトンの関連性についてはまだ充分解明されてはいない。本研究で認められたような富栄養化環境に対応するプランクトンの分布特性は、将来プランクトンを汚濁指標生物として使用できる可能性を示唆している。

要 約

洞海湾の水質環境とネットプランクトンの分布について調査検討した結果、づきのような知見を得た。

本湾の水質環境は過栄養域にランクされよう。湾奥部では腐水に近いほど汚濁された汽水域が形成されており、有機汚濁と関係ある諸項目の測定値は極めて高くその変動も大きかった。これら汚濁度は湾口部に近づくに従い漸次軽減した。

出現したプランクトンは主として沿岸・内湾性種のものであり、湾奥部水域では淡水・汽水産種のものも優勢に出現した。外洋性種は出現しなかった。優位を占めた群集は珪藻類および橈脚類で、なかでも *Skeletonema costatum* は周年にわたって多量に出現した。また夏期には湾奥部水域に出現した淡水・汽水産種の群集が、冬期には湾口部水域に出現した海産種の群集が湾内全域にわたって広く分布する傾向が認められた。

プランクトンの地理的分布や季節的消長は水温および塩素量などの要因に加えて、環境水の富栄養化(汚濁)の程度とも対応しているような分布特性が認められた。

文 献

- 赤野寿子, 1974: 琵琶湖大津におけるプランクトンの季節変化. 水処理技術, **15**, 59~68.
- 安達六郎・富永裕之, 1972: 伊勢湾におけるプランクトン相と汚染の現状. 水産科学, **17**, 1~5.
- 北九州市衛生局, 1970: 北九州市の公害. 第4号, 163~169.
- 北九州市公害対策局, 1975: 水質汚濁の現状. 昭和50年度版北九州市の公害, **9**, 150~151, 178~181.
- 高野秀昭, 1975: 生物指標としての植物プランクトン, 環境と生物指標 **2**. 水界編, 232~236, 共立出版.
- TAKANO, H., 1976: Scanning electron microscopy of Diatom-I. *Cyclotella striata* (KUETZ.) GRUNOW. Bull. Tokai Reg. Fish. Res. Lab., (86), 51-57.
- 津田松苗・森下郁子, 1974: 生物による水質調査法. p86, 山海堂.
- 鶴田新生, 1972: 響灘漁場汚染問題検討委員会報告書. 日本水産資源保護協会, 59~60.
- 鶴田新生・俵 悟・荻田芳久, 1975: 周防灘における水質環境とプランクトンの分布-II. プランクトンの分布とその特性. 昭和50年度日本水産学会春季大会講演要旨集, 152.
- 丸茂隆三・村野正昭, 1973: 東京湾の珪藻プランクトン群集の遷移. うみ, **11**, 10~22.
- 福岡県福岡水産試験場, 1974: 昭和49年度浅海定線調査報告書, 358~361.
- 福島博・小林艶子, 1975: 生物指標としての珪藻, 環境と生物指標 **2**. 水産編, p206, 共立出版.
- YAMAZI, I., 1956: Plankton investigation in inlet waters along the coast of Japan, XIX. Regional characteristics and classification of inlet waters based on the plankton communities. Publ. Seto Mar. Bio. Lab., **5**, 157-196, pl. XVII-XXIII.
- 山路勇, 1975^a: 汚濁環境の生物群集. 産業公害, **11**, 7~11.
- 山路勇, 1975^b: 環境指標としての動物プランクトン, 環境と生物指標 **2**. 水界編, 243~254, 共立出版.
- 吉田陽一, 1973: 低次生産段階における生物生産の変化. 水圏の富栄養化と水産増殖, 水産学シリーズ **I**, 92~103, 恒星社厚生閣.