

東京湾における近年の植物プランクトンの出現状況*

野村 英明**†・吉田 誠**

Recent occurrence of phytoplankton in the hyper-eutrophicated inlet, Tokyo Bay, central Japan*

Hideaki NOMURA**† and Makoto YOSHIDA**

Abstract: Total of 35 quantitative samples of phytoplankton communities were collected monthly during 3 years (January 1991–December 1993), to study the seasonal variation of phytoplankton communities. Sampling was conducted at a station located in a central part of Tokyo Bay, central Japan. Samples for cell enumeration were immediately fixed by a borax buffered formaline on board of the T/S Seiyō-maru or T/B Hiyodori, Tokyo University of Fisheries. Total of 55 species belonging to 36 genera were identified. On average, phytoplankton community was composed of diatoms (92%), dinoflagellates (7%) and the other algae (1%). The most of species, e.g. *Sketeonema costatum*, *Prorocentrum minimum*, *Rhizosolenia fragilissima*, were the inlet water species and were mostly contained within the red tide organisms around the temperate Japanese coast. The seasonal variation in abundance of phytoplankton was coupling with that of *S. costatum*, because of this alga was the best representative one that contain 69% of the observed phytoplankton abundance. Phytoplankton abundance in 1992 was lower than the other surveyed years, however, these changes were not reflected on the algal biomass as chlorophyll *a* concentration. This fact shows that the phytoplankton biomass was dominated by the unfixable flagellates using formaline in this year. Generally, phytoplankton communities are composed by diatom species during winter (January–March), and are dominated by unfixable flagellates using formaline in the other seasons. Seasonal variations of phytoplankton compositors seem to depend upon the change of water temperature. Environmental requirements to increase chlorophyll *a* concentration as an index of phytoplankton biomass are as follows, 1) global solar radiation of $>10 \text{ MJ/m}^2$ on average of three days, 2) water temperature of $>16^\circ\text{C}$ (spring–autumn). During winter in 1992, little diatom blooms were observed. As compared with 1992, strong stratifications in water column were formed in 1991 and 1993 with significant increases of diatom cell numbers. In the hypereutrophicated inlet, Tokyo Bay, nutrient concentrations do not limit algal growth in mixing layer whether the stratification develops strongly or weakly. Natural growth of phytoplankton community is probably controlled by light and temperature in this bay. When the mixing layer becomes thin under strong stratification condition, distance of vertical circulation in mixing layer shorten. Then, diatoms can be remained in euphotic zone and are probably received light requisite for algal growth. Under non-limiting condition of nutrients, strong stratification seems to enhance the diatomic community growth during winter.

* 名古屋大学大気水圏科学研究所
〒461-01 愛知県名古屋市千種区不老町
Laboratory of Global Aquatic Biological
Processes, Institute for Hydropheric-Atmospheric
Sciences, Nagoya University, Furo-cho,
Chikusa-ku, Nagoya-shi, Aichi 464-01, Japan

** 東京大学大学院農学生命科学研究科
〒113 東京都文京区弥生1-1-1
Graduate School of Agriculture and Agricultural
Lifesciences, The University of Tokyo,
Yayoi 1-1-1, Bunkyo-ku, Tokyo 113, Japan

† 現在：東京水産大学，〒108 東京都港区港南4-5-7
Tokyo University of Fisheries, Konan 4-5-7,
Minato-ku, Tokyo 108, Japan

1. 緒 言

東京湾は、現在、世界で最も過栄養化した内湾とされている (ISHIMARU, 1991)。東京湾における植物プランクトンの研究は、過去から多く (藤谷, 1952; 菅原・佐藤, 1966; 村田, 1973; 丸茂・村野, 1973; 丸茂ほか, 1974; 山田・柴田, 1979; 小川, 1982; SHIBATA and ARUGA, 1982; HAN, 1988; YAMAGUCHI *et al.*, 1991等)、植物プランクトンの出現状況と東京湾の水域環境との関連に関して知見が蓄積されている。しかし、1990年代に入ってから、植物プランクトンの種の出現状況を周年にわた

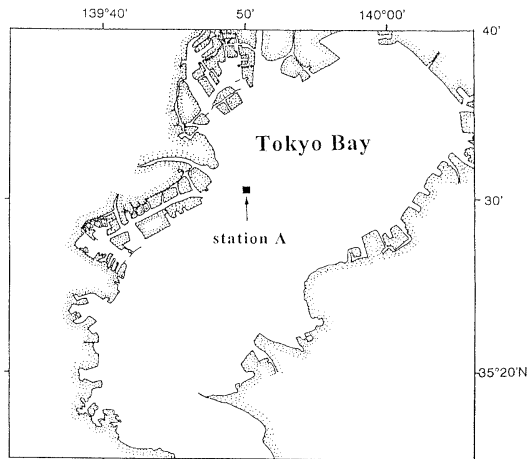


Fig. 1. Sampling station A in Tokyo Bay, central Japan.

り追跡した研究は少ない。東京湾における1990年代初頭の植物プランクトンの出現状況を記録しておくことは、今後も変遷していくであろう植物プランクトン群集の詳細を知る上で重要である。

2. 方法

調査は、東京湾中央部多摩川河口沖の定点A（北緯35°30′30″，東経139°50′00″）において（Fig. 1），1992年2月を除き，1991年1月から1993年12月までの3年間，毎月1回，昼間に実施した。採集は，東京水産大学研究練習船「青鷹丸」あるいは「ひよどり」により行った。採水バケツを用いて採取した表面海水1ℓにホルマリンを最終濃度1%になるように加え固定した。固定試料は，実験室で沈殿・濃縮した。植物プランクトンの同定・計数は，濃縮試料1mlをSedgewick-Rafter計数板に取り，光学顕微鏡（オリンパス社製BH2）を用いて行った。クロロフィルa濃度は，採取した海水50mlをガラスファイバーフィルター（Whatman GF/F）で濾過し，N,N-ジメチルフォルムアミドでフィルター上に捕集した粒子から色素を抽出し（SUZUKI and ISHIMARU, 1990），蛍光法により測定した。

観測時の物理的環境として，水温・塩分をCTDにより測定した。内間・村野（1982）は毎日の天候を晴雨により9段階に分け，天候示数として表し，調査日前2日から当日までの3日間の平均天候示数は，天候パターンと鞭毛藻及び珪藻の *Skeletonema costatum* の細胞密度の増減におおむね対応していることを示した。しかし，天候示数の場合，物理的環境因子としては晴天では海面

への光に対応するのに対し，雨天では降雨と光の両方の因子が入ってしまう。そこで本研究では内間・村野（1982）の天候指数を参考にした上で，気象庁発行の気象庁月報から東京の毎日の全天日射量の内，調査日を含む前3日間の平均日射量と植物プランクトンの細胞密度の関係を調べた。

分類に関して，*Nitzschia* 属，*Pseudo-nitzschia* 属及び *Cylindrotheca* 属は，現在光学顕微鏡による観察では種の同定が不可能とされている（TAKANO and KUROKI, 1977）。そこで本研究においては，*Nitzschia longissima* や *Cylindrotheca closterium* 等の針型の種を type A，*Pseudo-nitzschia pungens* に代表される舟形の種を type B とした。

3. 結果

3-1. 表面水温・表面塩分・全天日射量

表面水温・表面塩分・全天日射量の季節変化をFig. 2に示す。表面水温は9.8–26.0°Cの間で変動し，最高水温は1991年8月，最低水温は1993年1月であった。年間の平均水温は，1991年から1993年までそれぞれ17.8，17.5，17.2°Cで，大きな違いはみられなかった。しかし，1992年は他の年とは異なり，最高水温が24.0°Cで，1991，1993年（それぞれ26.0，25.9°C）に比べ低かった。しかし，10月においても21.0°Cと他の年より2°C高かったことや，冬季においても10°C台を割らず，年間の水温変動が小さかったことにより，年平均値は他の年と同様な値となった。また，東京湾の表層水温の最高値は，通常8月あるいは9月に見られるが（野村，1993），1992年は6月に記録した点で他の年とは異なっていた。

表面塩分は，18.5–32.2の間で変動し，最高塩分は1993年4月，最低塩分は1993年9月であった。表面塩分は季節変化が明瞭ではないが，相対的に1–3月の冬季に高く，夏季を中心に低下した。年間の平均塩分は，1991年から1993年までそれぞれ27.8，28.8，27.6であり，1992年は塩分の高い年であった。また，その変動幅は，1991年の13.3（18.8–32.1で変動），1993年の13.7（18.5–32.2）に比べると6.6（24.9–31.5）と小さかった。表面水温・塩分で見ると，1992年は夏季の水温が低く，年間の塩分が高い年であった。

全天日射量は3.67–20.47MJ/m²の間で変動し，最高日射量は1992年6月，最低日射量は1991年10月であった。全天日射量は，10–12月，3月に低く，6–8月に高い値が見られた。年間の平均全天日射量は，1991年から1993年までそれぞれ9.94（3.67–15.27で変動），12.08（4.17–

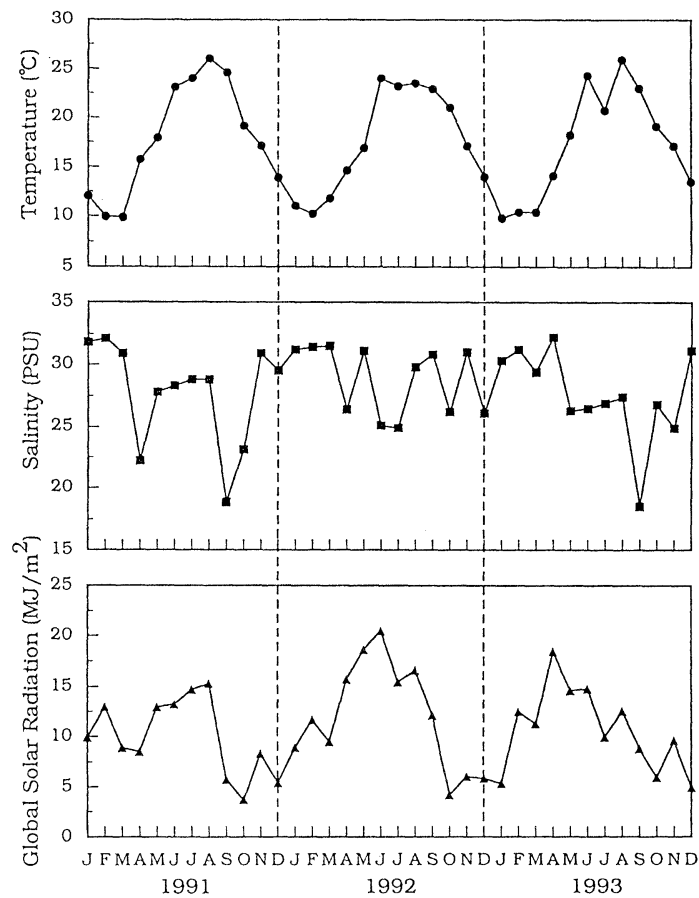


Fig. 2. Seasonal variations of temperature in surface water, salinity in surface water and global solar radiation, from 1991 to 1993.

20.47), 10.71 (4.90-18.43) MJ/m² で、1992年が高く、変動幅が大きかった。

3-2. クロロフィル a 濃度と植物プランクトンの細胞密度

出現した植物プランクトンは、珪藻綱・渦鞭毛藻綱・黄金色藻綱・ユーグレナ藻綱の4綱36属にわたり、このうち種まで同定されたのは珪藻類33種、渦鞭毛藻類19種、黄金色藻類3種の合計55種であった (Table 1)。

クロロフィル a 濃度と総細胞密度・珪藻・*Skeletonema costatum*・渦鞭毛藻それぞれの細胞密度の季節変化を Fig. 3 に示す。クロロフィル a 濃度は 3.1-104.0 $\mu\text{g}/\ell$ の間で変動し、最高濃度は1993年11月、最低濃度は1992年5月であった。年平均でみた場合、1991-1993年のクロロフィル濃度は、それぞれ 26.7, 22.8, 25.7 $\mu\text{g}/\ell$ で大きな違いは認められなかった。しかし、1991, 1992年は夏季を中心にクロロフィル濃度が高くなる季節性の

ある変動を示したのに対し、1993年は夏季にもクロロフィル濃度の上昇が顕著ではなかった。

植物プランクトンの総細胞密度は、7-8607 cells/ml で変動し、最高密度は1991年5月、最低密度は同年4月であった。年平均密度は1991, 1993年がそれぞれ 2413, 1248 cells/ml であったのに対し、1992年は 610 cells/ml で低く、年毎の最高出現密度も 2490 cells/ml で他の年の 1/2-1/3 であった。

珪藻の細胞密度は 7-8010 cells/ml で変動し、最高密度は1991年6月、最低密度は同年4月であった。珪藻は、1991, 1993年にそれぞれ年平均で 2196, 1185 cells/ml 出現したが、1992年には 541 cells/ml と低密度であった。珪藻の中で特に多く出現した *Skeletonema costatum* の細胞密度は 0-7460 cells/ml で変動し、最高密度は1991年7月に見られた。本種は1991, 1993年にそれぞれ年平均で 1898, 996 cells/ml であったが、1992年には 34 cells/ml、最高でも 291 cells/ml しか出現しなかった。

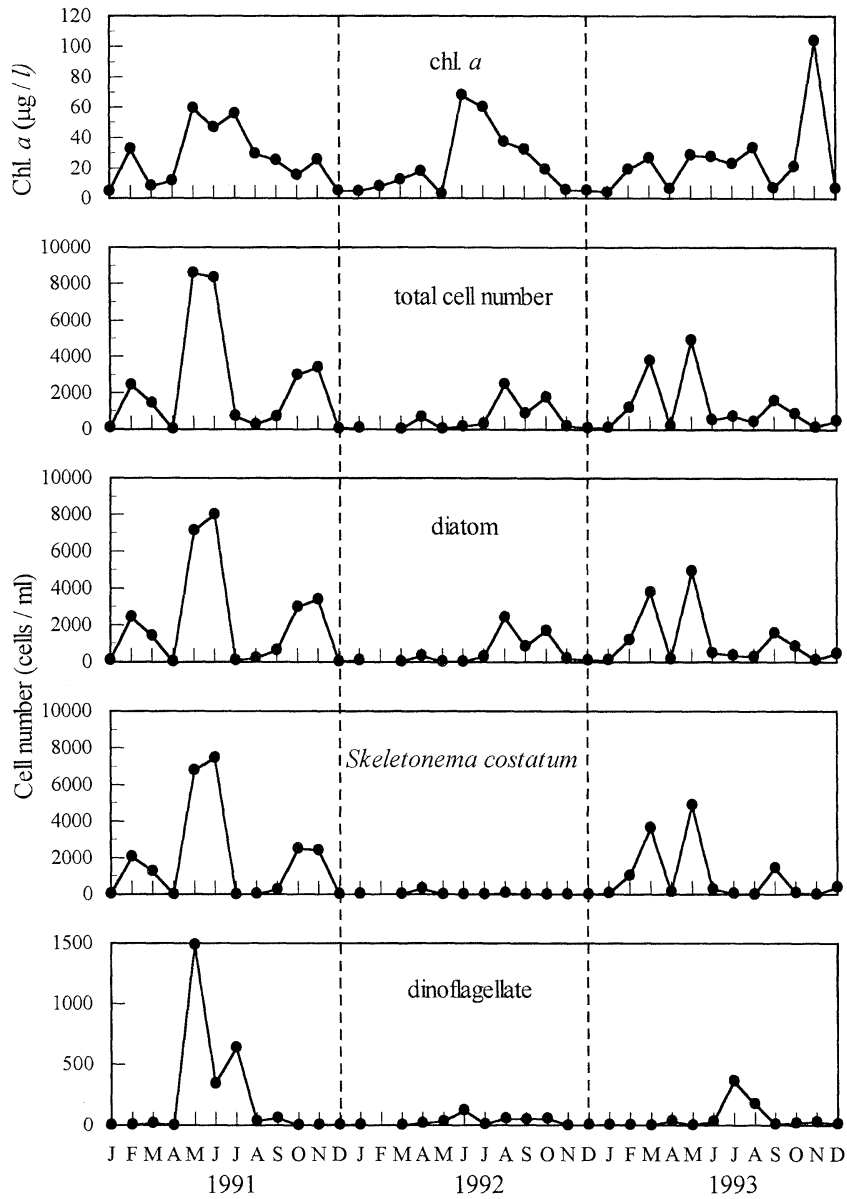


Fig. 3. Annual cycles of chlorophyll *a* concentration, total cell number of phytoplankton, diatom, *Skeletonema costatum* and dinoflagellate at station A from 1991 to 1993.

渦鞭毛藻の細胞密度は0-1487 cells/mlで変動し、最高密度は1991年5月に見られた。渦鞭毛藻は春季から夏季、特に5-8月に密度が高くなる傾向が観察された。年毎の平均出現密度は、珪藻ほど顕著ではないものの1992年に31 cells/mlと低密度で、1991、1993年にはそれぞれ215、55 cells/mlが出現した。

1992年は植物プランクトン、特に珪藻の出現密度が前後の2年に比べ低かったが、この変動はほとんど植物プ

ランクトンの現存量（クロロフィル*a*濃度）には反映しなかった（Fig. 3）。やはり、1993年11月にもクロロフィル濃度が3年間での最高値を示したにもかかわらず、植物プランクトンの出現密度がこれに対応しなかった。この時には生試料の観察により、フォルマリン固定出来ない種、*Heterosigma akashiwo*が多量に存在したことが確認された。1992年の植物プランクトン細胞密度と現存量の不一致は、フォルマリンで固定出来ない無殻の鞭

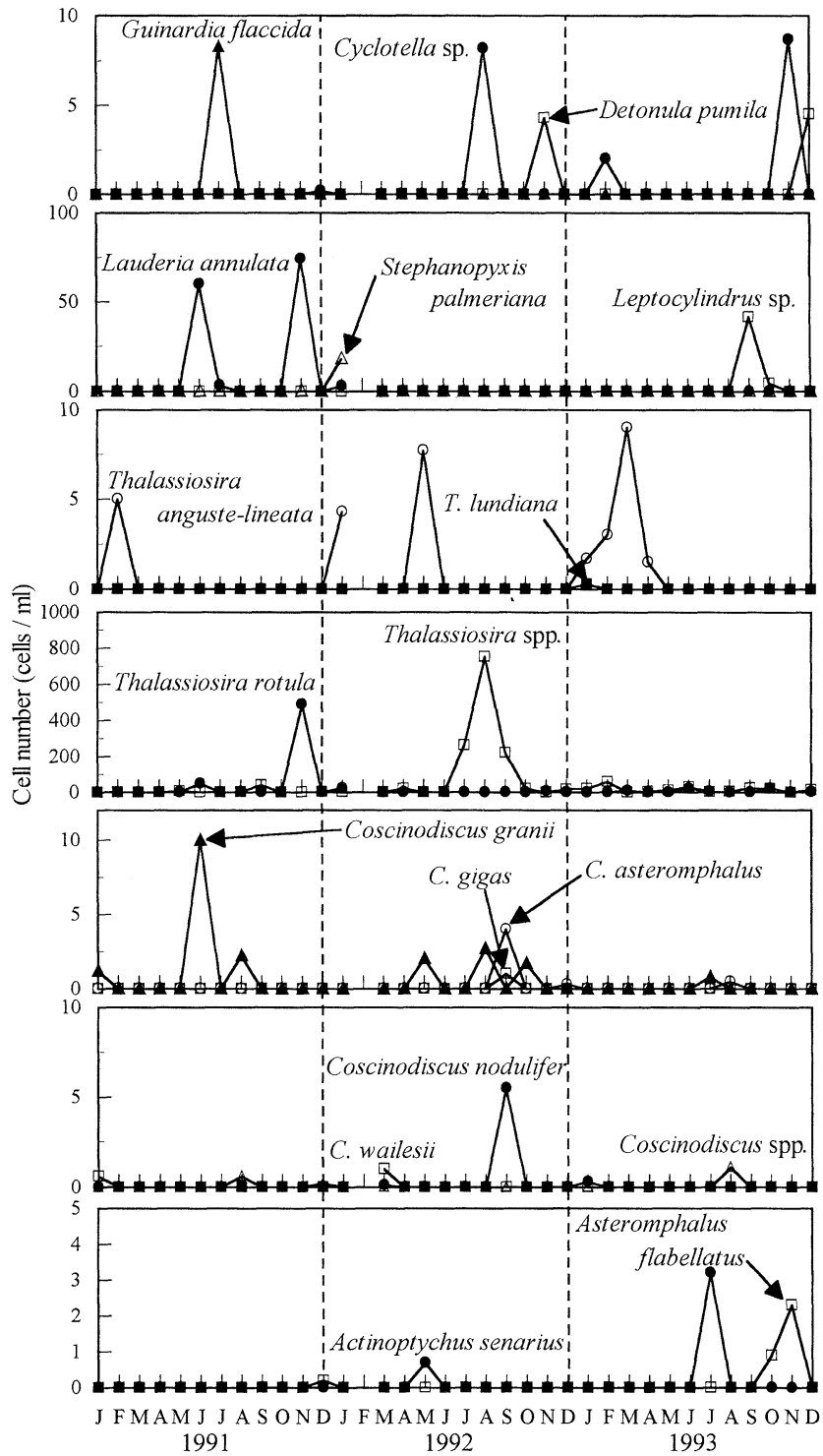


Fig. 4-1. Annual cycles of phytoplankton species at station A from 1991 to 1993.

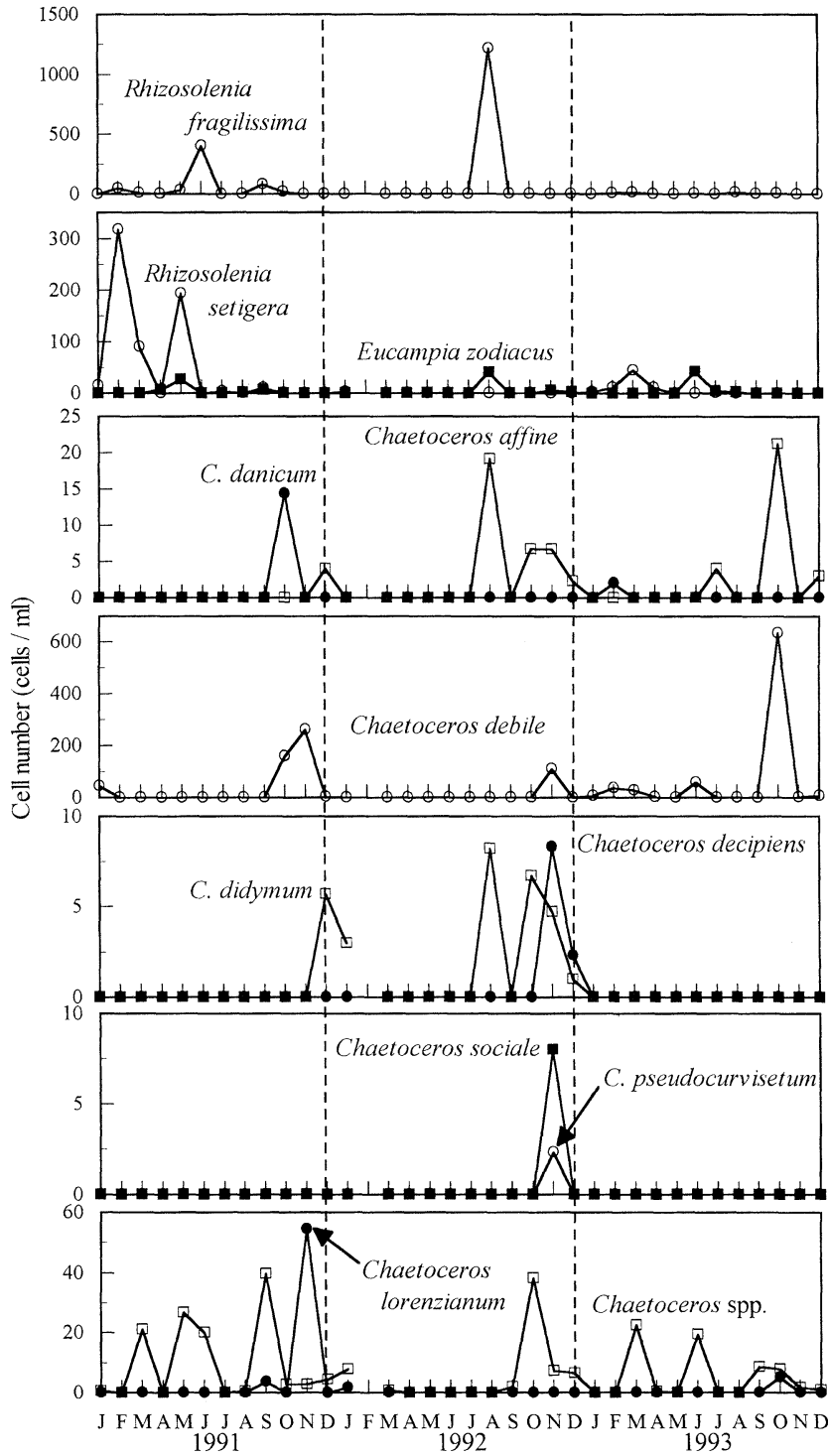


Fig. 4-2. Annual cycles of phytoplankton species at station A from 1991 to 1993.

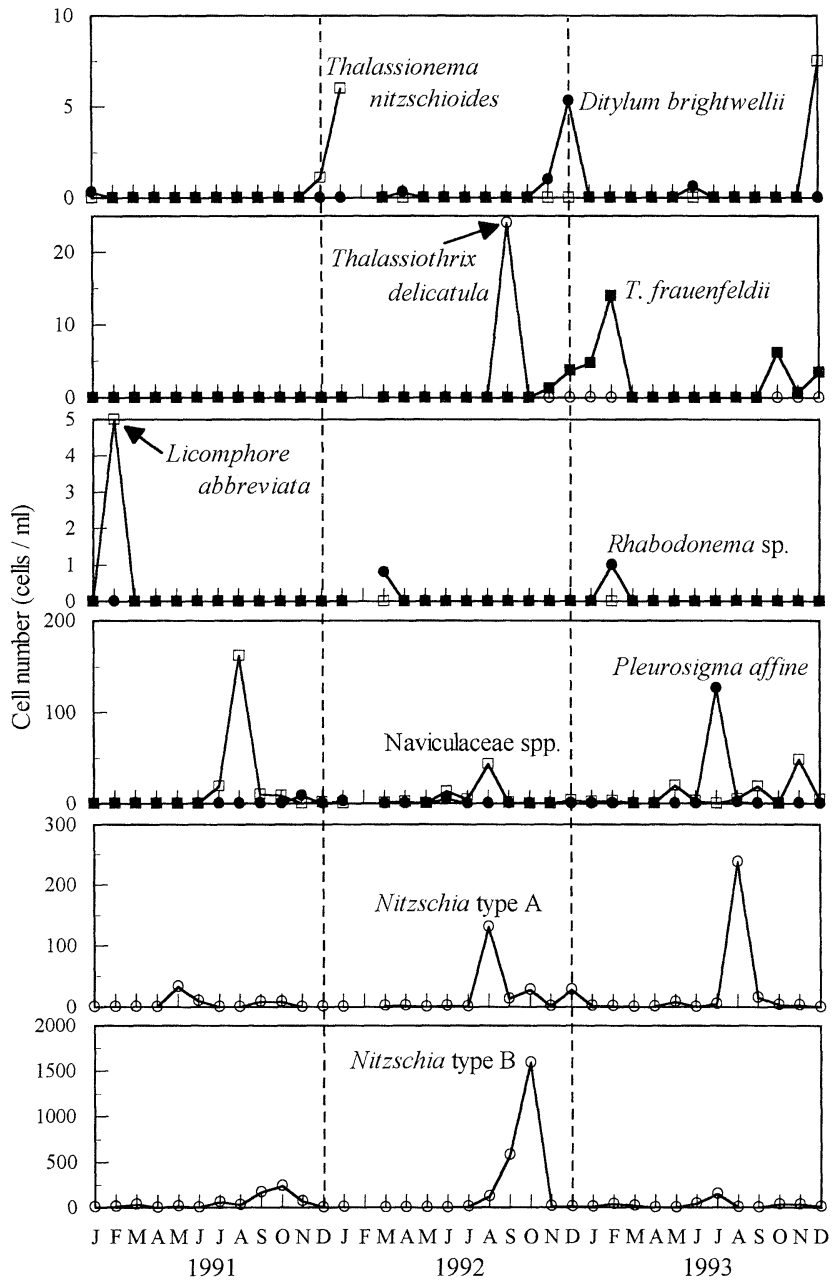


Fig. 4-3. Annual cycles of phytoplankton species at station A from 1991 to 1993.

毛藻が、クロロフィル濃度が高い比率を占めていたと
考えられる。東京湾においては、1992年の様にフォルマ
リンで固定出来ない鞭毛藻が多く出現する年があること
を示す。

3-3. 植物プランクトンの季節変化

3年間で平均すると出現密度の高い植物プランクトン
は順に、*Skeletonema costatum* (平均細胞密度1003
cells/ml), *Nitzschia* type B (94), *Prorocentrum mini-*
imum (74), *Rhizosolenia fragilissima* (54), *Thalas-*

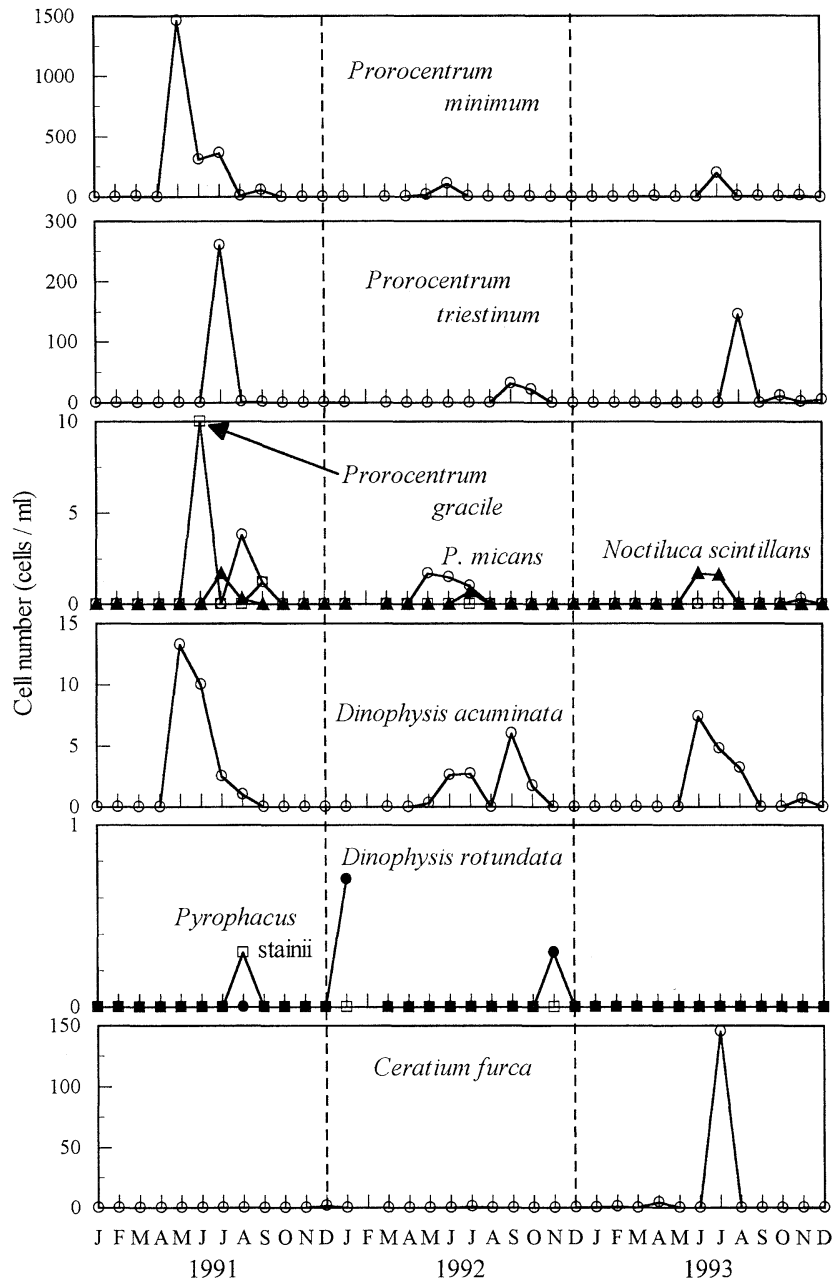


Fig. 4-4. Annual cycles of phytoplankton species at station A from 1991 to 1993.

siosira spp. (44), *Chaetoceros debile* (39), *R. setigera* (20), *T. rotula* (18), *Nitzschia* type A (16), *P. triestinum* (14), *Eutreptiella* sp. (13), Naviculaceae spp. (11) である。他は殆どが 5 cells/ml 以下であった。植物プランクトンの年平均細胞密度 (1447 cells/ml) に対する珪藻の細胞密度は92%であり, *S. costatum* の細

胞密度が珪藻の76% (総出現密度の69%) を占めていた。植物プランクトンの総出現密度の変動は, ほぼ *S. costatum* の変動を反映したものであり, 本種はフォルマリン固定できる植物プランクトンの最優占種である。

本研究において出現した各植物プランクトンの細胞密度の季節変化を Fig. 4-1~5 に示す。東京湾における植

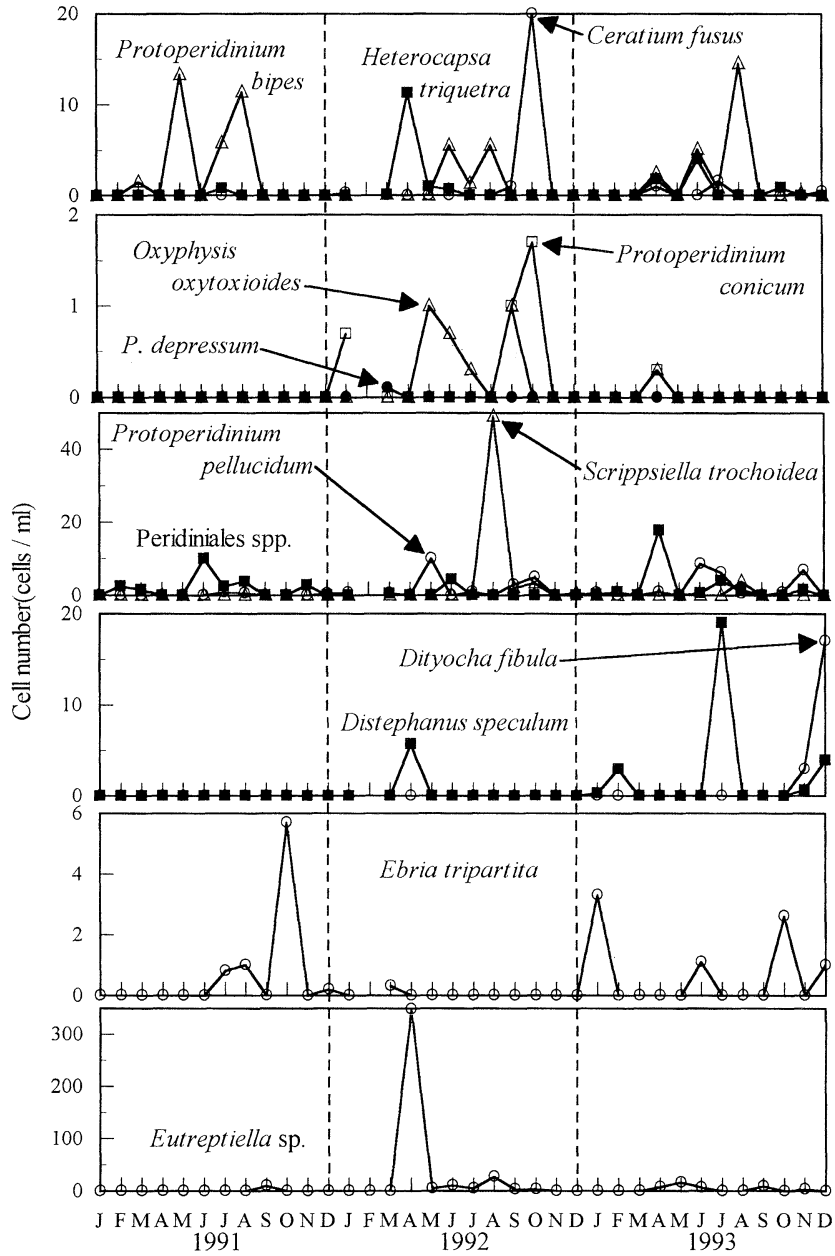


Fig. 4-5. Annual cycles of phytoplankton species at station A from 1991 to 1993.

物プランクトンの季節変化に関しては、HAN (1988), 佐藤・小川 (1990-1992) 等による知見と本研究の結果で相違は見られなかった。このことは1980年代から本調査時期までの植物プランクトンの出現状況が大きく変化していないことを示している。即ち、植物プランクトンの季節的な消長は、以下の通りである。冬季における

Thalassiosira anguste-lineata, *Coscinodiscus wailesii*, 冬季から春季に*Rhizosolenia setigera*, 春季から夏季にかけて*Eucampia zodiacus*, *Actionoptychus senarius*, *Eutreptiella* 属及び多種の鞭毛藻 *Heterocapsa triquetra*, *Dinophysis acuminata*, *Protoperidinium bipes*, *Prorocentrum minimum*, *P. triestinum*, *Scrippsiella trochoi-*

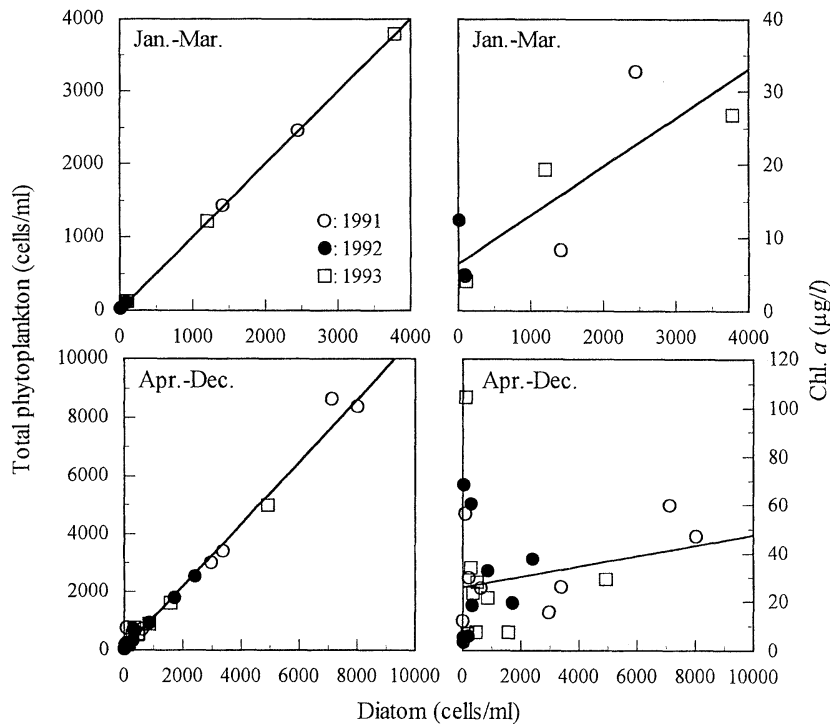


Fig. 5. Relationship between diatom cell numbers and total phytoplankton cell numbers (left column), chlorophyll *a* concentrations (right column).

dea, *Oxyphysis oxytoxioides*, *Noctiluca scintillans*, 夏季から秋季に *Nitzschia* 属, *Asteromphalus flabellatus*, *Chaetoceros affine*, 秋季から冬季には珪藻種が増え, *Chaetoceros debile*, *C. didymum*, *C. lorenzianum*, *Thalassionema nitzchioides*, *Thalassiothrix frauenfeldii* が出現する。ほぼ周年出現する植物プランクトンにおいても, 主な出現時期が存在し, *Skeletonema costatum* が秋季から春季, *Rhizosolenia fragilissima*, *Naviculaceae* spp. が夏季, *Protoperdinium pellucidum* が春季から夏季であった。

1992年は1991, 1993年と比べて植物プランクトンの年平均細胞密度が低かったが (Fig. 3), 1992年に細胞密度の高い植物プランクトンも見られた。年平均細胞密度として *Nitzschia* type B は1991-1993年にそれぞれ 52, 212, 28 cells/ml, *Rhizosolenia fragilissima* はそれぞれ 50, 111, 5 cells/ml, *Eutreptiella* sp. はそれぞれ 1, 34, 4 cells/ml 出現した。

同定された種には, ある年の, 主にある月にのみ観察されたものもあった。1991年には *Licmophora abbreviata* (2月), *Prorocentrum gracile* (6, 9月), *Guinardia flaccida* (7月), *Pyrophacus stainii* (8月)

の4種, 1992年には *Stephanopyxis palmeriana* (1月), *Dinophysis rotundata* (1, 11月), *Protoperdinium depressum* (2月), *Coscinodiscus gigas* (9月), *Thalassiothrix delicatula* (9月), *Chaetoceros decipiens* (11, 12月), *C. pseudocurvisetum* (11月), *C. sociale* (11月) の8種, 1993年には *Thalassiosira lundiana* (1月), *Dictyocha fibula* (11, 12月) の2種が観察された。HAN (1988), 佐藤・小川 (1990-1992), 福代ほか (1990) を参照した結果, 上記の内, *P. stainii*, *C. gigas*, *C. sociale*, *D. rotundata*, *T. lundiana*, *D. fibula* は, 東京湾において出現しており, 種によっては季節的な出現時期が定まっている。しかし, その他の種は出現状況から見て, 海水交流によって湾外から流入したと考えられる。湾外種は1991年3種, 1992年5種で, 1993年には見られなかった。その中で, *G. flaccida*, *S. palmeriana*, *P. depressum* は1940年代後半の東京湾 (藤谷, 1952) あるいは浦賀水道 (高島・森本, 1922) では観察されたが, 1970年代以後の東京湾で報告されていなかった種であった。

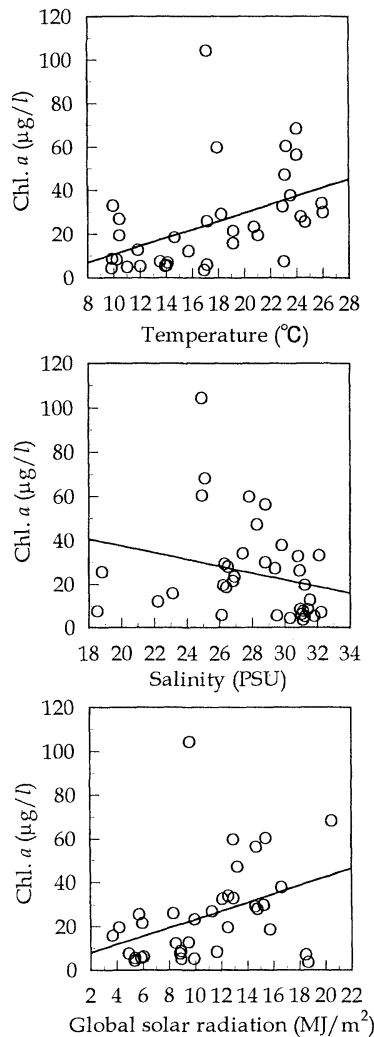


Fig. 6. Relationship between chlorophyll *a* and temperature in surface water (upper), salinity in surface water (middle), global solar radiation (lower) from all data.

4. 考 察

4-1. 植物プランクトンの現存量と水温・塩分・日射量

一般に温帯の沿岸域では、冬季に珪藻が、夏季に鞭毛藻が植物プランクトン群集で卓越することが知られている (SMAYDA, 1980). そこで珪藻と植物プランクトンの細胞密度の関係 (Fig. 5) を、冬季1-3月と春季から秋季4-12月の2つの時期に分けてみると、冬季の珪藻細胞密度は植物プランクトン総密度によく対応していた (相関係数 $r=1.000$). その他の季節においても、ほぼ珪藻の細胞密度は総細胞密度と良い相関 ($r=0.993$) が見られた。しかし、珪藻の細胞密度とクロロフィル濃度を

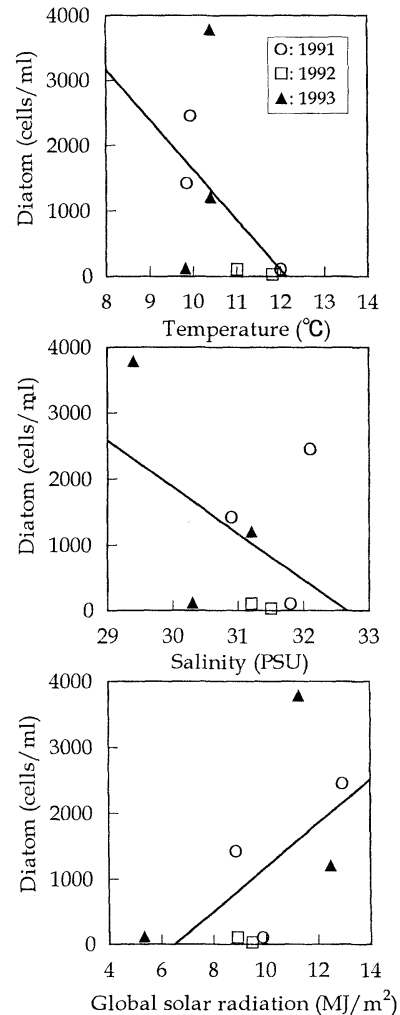


Fig. 7. Relationship between diatom cell numbers and temperature in surface water (upper), salinity in surface water (middle), global solar radiation (lower) during winter (January-March).

指標とした植物プランクトン現存量の関係は、冬季では比較的良好な相関 ($r=0.835$) を得られたが、その他の季節では明瞭な関係は見られなかった。以上のことから東京湾の植物プランクトン群集は、冬季には珪藻主体で構成され、珪藻が植物プランクトン全体の現存量に大きく貢献するのに対し、他の季節にはそれ程貢献しないことを示唆する。すなわち植物プランクトンの現存量から東京湾の基礎生産者の1年は、1-3月の珪藻の卓越する時期と、4-12月のフォルマリン固定できない鞭毛藻の卓越する時期の2つの時期に大別できる。

Fig. 6 に植物プランクトン現存量と水温・塩分・3

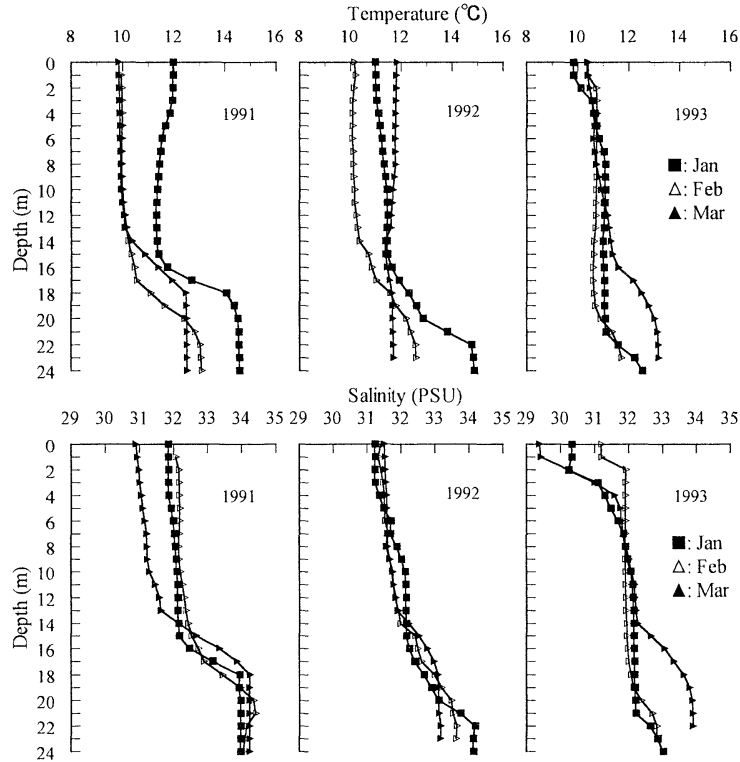


Fig. 8. Vertical distributions of water temperature (upper) and salinity (lower) at station A during winter.

日間の平均日射量をそれぞれプロットした。図中の回帰直線は最小二乗法により求めた。相関係数 r はそれぞれ 0.460, 0.246, 0.385 で良い相関は得られなかった。珪藻が主体となる水温 10°C 前後の1-3月 (Fig. 2, 5) にも現存量 $20 \mu\text{g}/\ell$ 以上の値が見られるが、全体の傾向としては、植物プランクトンの現存量は水温 16°C 以上の5-11月の鞭毛藻主体の時期に高い傾向を示した。東京湾の平均的な表層塩分の範囲は25-33である (野村, 1995)。塩分25以上で見ると、植物プランクトン現存量は塩分の上昇と共に低下していき、25-30で高い傾向が見られる。しかし、東京湾の表層塩分の変動幅が大きい中で、植物プランクトン現存量も大きく変動し、現存量と塩分に明らかな関係は認められない。平均日射量では、 $10\text{MJ}/\text{m}^2$ 以上になると現存量が高くなる傾向が見られる。日射量が $10\text{MJ}/\text{m}^2$ 以上になる月は、2, 4-9月にあたり、通常4-8月に高くなる (Fig. 2)。KAWABE and KAWABE (1997) は、植物プランクトンのブルームによる異常に高いCOD (化学的酸素要求量) 値 ($9\text{mg}/\ell$ 以上) が、表面水温 $18-23^{\circ}\text{C}$ 、日射量 $10\text{MJ}/\text{m}^2$ 以上 (特に $10-15\text{MJ}/\text{m}^2$) で観察されることを示した。本研究における

$10\text{MJ}/\text{m}^2$ 以上で植物プランクトン現存量が高くなる傾向は、KAWABE and KAWABE (1997) の有機物生産が盛んになる $10\text{MJ}/\text{m}^2$ 以上でCODに特異的な高い値が観察されるという結果を支持するものである。

分類群を大まかに分けた場合、鞭毛藻の最大分裂速度は珪藻より高い水温でえられ (SMAYDA, 1980)、鞭毛藻の光合成の飽和照度が珪藻より高いという実験結果は (RYTHER, 1956)、本研究の野外での結果と矛盾しない。東京湾において植物プランクトンの現存量の上昇が見込まれる夏季の物理的環境条件は、水温 16°C 以上、3日間の平均全天日射量 $10\text{MJ}/\text{m}^2$ 以上の時に見られる傾向がある。

4-2. 冬季における珪藻の細胞密度と物理的環境

1991-1993年の冬季1-3月を比較すると、1991, 1993年の2, 3月に珪藻の細胞密度が高かった。しかし、1992年には2月の細胞密度の資料が欠測しているものの、クロロフィル濃度から見ての顕著な増加がなかったことから、珪藻の増殖は低かったと考えられる。東京湾では栄養塩による植物プランクトンの増殖への律速は殆どなく

(魚ほか, 1995), 植物プランクトンの成長速度は物理的な環境である水温・日射量・混合層の厚さに支配されていると考えられている(魚, 1994). 各年の冬季の珪藻の細胞密度と水温・塩分・平均日射量の関係を Fig 7 に示す。図中の回帰直線は最小二乗法により求めた。水温・塩分においては珪藻の細胞密度との間に相関は見られなかったが, 水温 10°C 前後において細胞密度で 1000 cells/ml 以上の値が見られた。平均日射量との間にはやや相関が見られ ($r=0.590$), 日射量の上昇が珪藻の密度上昇を促す傾向にあるようだ。このことは, 冬季に植物プランクトン現存量が低い主要因が日射量にあるという, 魚(1994)の指摘を支持するものである。

珪藻の出現密度と水柱の鉛直構造との関連を調べるために, 各年の冬季の水温・塩分の鉛直分布を Fig. 8 に示す。各年とも, 表層に低温・低塩分水が, 底層に高温・高塩分水があり, 水柱に二層構造が見られた。特に珪藻の細胞密度が 2000 cells/ml を越えた 1991 年 2 月と 1993 年 3 月の場合, 共通して 17m 付近に水温・塩分躍層が形成されていた。冬季の 10°C 前後の水温は鞭毛藻にとって適していないと考えられるが, 珪藻の増殖の妨げにはなっていない。東京湾は周年にわたり栄養塩が植物プランクトンの増殖を律速しないほど過剰に存在するので, 冬季の珪藻の増進に必要なのは光量であると考えられる。有賀(1986)の式を基に透明度から求めた 2, 3 月の補償深度は, 1991 年にそれぞれ 9.3, 10.1m, 1992 年両月共 12.0m, 1993 年両月共 6.7m であり, 1992 年が低かった。冬季に鉛直混合が充分進めば, 珪藻はより下層まで運ばれ, 低照度下におかれる時間が長くなる。しかし, 鉛直混合が進まず成層が維持されれば, 鉛直的な輸送距離が短い分, 珪藻は必要な光を受ける機会が増えると考えられる。したがって, 鉛直混合が進まず, 成層が維持されて水柱の鉛直安定度が高いことが, 珪藻の増殖を促進する可能性がある。

一般に成層して貧栄養な水塊では, 微細な鞭毛藻やサイアノバクテリアが, 鉛直混合して栄養塩が豊富な環境では大型の植物プランクトン, 例えば珪藻が, 植物プランクトン群集中で卓越する (PARSONS and TAKAHASHI, 1973; MALONE, 1980; FURUYA and MARUMO, 1983; HARRIS *et al.*, 1987; KJØRBOE *et al.*, 1990). この植物プランクトン群集の差異は, 季節的にもあるいは海洋の位置的な違いにおいてもよく知られた事実である (KJØRBOE *et al.*, 1990). しかし, 東京湾の場合, 周年にわたり成層構造が維持され, 混合層内の栄養塩は過度に存在する。低水温期には植物プランクトン群集中で卓越す

るのは珪藻であるが, 夏季にも珪藻はたびたび赤潮を形成する。東京湾における植物プランクトンの消長の機構は, 水温・光・水柱の鉛直安定度の他に, 種間の競合などが考えられ, 今後の研究課題は多い。

5. おわりに

東京湾における植物プランクトン出現種に関する報告は比較的多いが, その多くは, 赤潮調査のための春季から秋季のみ行われていたり, 断片的である感は免れない。今日のように海洋観測機器が普及する以前, プランクトンは水塊の指標として良く用いられたが, その必要性の低くなった現今においては, 出現種を記載するという分類学を基盤とする研究は衰退してしまうのではないかという危惧すら覚える。

近年, 生物の長期モニターの重要性が, 諸外国に遅れ日本においても言われるようになった。本来, 長期モニターは個人の力では継続困難である。本研究のような種を査定し記載する地味な研究の積み重ねが, 生物群集の過去からの長期的な変化を知るための基礎となっている。例えば, 赤潮種や貝毒種が出現した時, 在来種なのか, 移入種なのか問題になる。そのような時こそ記載的な研究が重要性を持つことをここで強調したい。

謝 辞

本研究を行うにあたり, 東京水産大学村野正昭先生(現・新日本気象海洋株式会社環境創造研究所), 石丸隆先生, 丸山隆先生に懇切な御助言と御校閲の労を賜った。植物プランクトンの分類に関して, 東京大学古谷研先生に御助言を頂いた。採集にあたり, 東京水産大学研究練習船「青鷹丸」春日功船長(現・海鷹丸船長), 高須康介船長(現・神鷹丸船長), 土官並びに乗組員の方々, 実習艇「ひよどり」伊豆哲夫元艇長に御助力を賜った。採集及びサンプル処理にあたり, 水産生物学講座浮遊生物学研究室の学生諸氏には多大な御助力を頂いた。これらの方々には, ここで深謝の意を表す。

文 献

- 有賀祐勝(1986): 海洋植物プランクトンの生産生態・藻類の生態(秋山優・有賀祐勝・坂本充・横浜康継編), 内田老鶴圃, 東京, 81-121.
 藤谷超(1952): 東京湾における珪藻類の年変化について。内海区水研報, 2, 27-33.
 福代康夫・高野秀昭・千原光雄・松岡敷充(1990): 日本の赤潮生物-写真と解説-。内田老鶴圃, 東京, 407pp.
 FURUYA, K. and R. MARUMO (1983): Size distribution

- of phytoplankton in the western Pacific Ocean and adjacent waters in summer. *Bull. Plankton Soc. Japan*, **30**, 21-32.
- HAN, M.-S (1988): Studies on the population dynamics and photosynthesis of phytoplankton in Tokyo Bay. Ph. D. thesis, University of Tokyo, 172pp.
- HARRIS, G., G.G. GANF and D.P. THOMAS (1987): Productivity, growth rates and cell size distributions of phytoplankton in the SW Tasman Sea: Implications for carbon metabolism in the photic zone. *J. Plankton Res.*, **9**, 1003-1030.
- ISHIMARU, T. (1991): Primary production in Tokyo Bay and material flux to the open ocean (Abstract). *La mer*, **29**, p.180.
- KAWABE Mi. and M. KAWABE (1997): Factors determining chemical oxygen demand in Tokyo Bay. *J. Oceanogr.*, **53**, 443-453.
- KIØBOE, T., H. KAAS, B. KRUSE, F. MØHLENBERG, P. TISELIUS and G. ÆRTEBJERG (1990): The structure of the pelagic food web in relation to water column structure in the Skagerrak. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **59**, 19-32.
- MALONE, T.C. (1980): Algal size. *In* The physiological ecology of phytoplankton. (Studies in ecology; Vol.7) (I. MORRIS, ed.), Blackwell Scientific Publications, Oxford, London, 433-463.
- 丸茂隆三・村野正昭 (1973): 東京湾の珪藻プランクトンの遷移. *La mer*, **11**, 70-82.
- 丸茂隆三・佐野昭・村野正昭 (1974): 東京湾の珪藻プランクトンの遷移-続. *La mer*, **12**, 145-156.
- 村田靖彦 (1973): 東京湾におけるプランクトンの季節的変動. 千葉県内湾水試調査報告, 第14号, 49-60.
- 野村英明 (1993): 東京湾における動物プランクトンの群集構造と遷移に関する研究. 東京水産大学博士学位論文, 82pp.
- 野村英明 (1995): 東京湾における水域環境構成要素の経年変化. *La mer*, **33**, 107-118.
- 小川カホル (1982): 東京湾・相模湾及び黒潮における浮遊珪藻の分布生態に関する研究. 東京大学博士学位論文, 163pp.
- PARSONS, T.R. and M. TAKAHASHI (1973): Environmental control of phytoplankton cell size. *Limnol. Oceanogr.*, **18**, 511-515.
- RYTHER, J.H. (1956): Photosynthesis in the ocean as a function of light intensity. *Limnol. Oceanogr.*, **1**, 61-70.
- 佐藤正春・小川カホル (1990): 赤潮等プランクトン調査. 千葉県水保研年報 (平成元年度), 43-52.
- 佐藤正春・小川カホル (1992): 赤潮等プランクトン調査. 千葉県水保研年報 (平成3年度), 43-50.
- SHIBATA, Y. and Y. ARUGA (1982): Variation of chlorophyll *a* concentration and photosynthetic activity of phytoplankton in Tokyo Bay. *La mer*, **20**, 75-92.
- 菅原兼男・佐藤正春 (1966): 4. 東京湾の赤潮. 千葉県内湾水試調査報告書, 第8号, 57-95.
- SMAYDA, T.J. (1980): Phytoplankton species succession. *In* The physiological ecology of phytoplankton. (Studies in ecology; Vol.7) (I. MORRIS, ed.), Blackwell Scientific Publications, Oxford, London, 493-570.
- SUZUKI, R. and T. ISHIMARU (1990): An improved method for the determination of phytoplankton chlorophyll using N, N-Dimethylformamide. *J. Oceanogr. Soc. Japan*, **46**, 190-194.
- TAKANO, H. and K. KUROKI (1977): Some diatoms in the section *Pseudonitzschia* found in coastal waters of Japan. *Bull. Tokai Reg. Fish. Res. Lab.*, No.91, 41-51.
- 高島哲次・森本敬義 (1922): 東京湾湾々口における海洋状態と浮遊生物の関係 (二). *水産研究誌*, **17**, 109-116.
- 内間満明・村野正昭 (1982): 東京湾奥部における植物プランクトンの動態. 文部省「環境科学」特別研究, 海洋環境特性と赤潮発生研究班, 海洋環境特性と赤潮発生に関する基礎研究, 21-31.
- 山口征矢・柴田佳明 (1979): 東京湾における基礎生産の現状. 沿岸海洋研究ノート, **16**, 106-111.
- YAMAGUCHI, Y., H. SATO and Y. ARUGA (1991): Seasonal changes of organic carbon and nitrogen production by phytoplankton in the estuary of river Tamagawa. *Mar. Poll. Bull.*, **23**, 723-725.
- 魚京善 (1994): 東京湾の海洋環境と生態系モデル. 東京水産大学博士学位論文, 56pp.
- 魚京善・石丸隆・小池義夫・峰雄二・栗田嘉宥 (1995): 東京湾における栄養塩類濃度の季節変動. *J. Tokyo Univ. Fish.*, **82**, 33-44.

1997年1月10日 受付
1997年6月15日 受理