

東京湾における水域環境構成要素の経年変化*

野村 英明**

Long-term variations of environmental parameters in Tokyo Bay, central Japan*

Hideaki NOMURA**

Abstract: Tokyo Bay is one of the most polluted bay in Japan, but no report has been presented on the long term variation of water quality since 1975. In order to know the recent changes in water quality in the bay, data of environmental parameters, such as salinity, silicate, phosphate, nitrate, nitrite, ammonia, chlorophyll *a* concentration and transparency were collected from a number of sources and compiled using a personal computer. Data collected were restricted to those from the surface except for transparency. Results obtained are as follows: (1) Salinity decreased gradually since early 1980's because of drainage via rivers. The decline of salinity at the surface layer developed a strong and stable two-layer structure in a water column. (2) Silicate decreased from 64.3 $\mu\text{g-at/l}$ in 1948 to 20.4 $\mu\text{g-at/l}$ in 1971, and stay in the same level in recent years. (3) Phosphate increased markedly from 0.56 $\mu\text{g-at/l}$ in 1950's to 1.55 $\mu\text{g-at/l}$ in 1970's. It decreased to 1.08 $\mu\text{g-at/l}$ in 1980's owing to various legal regulations. (4) Nitrite increased from 0.77 $\mu\text{g-at/l}$ in 1950's to 3.09 $\mu\text{g-at/l}$ in 1980's and nitrate increased from 10.15 $\mu\text{g-at/l}$ in 1960's to 20.77 $\mu\text{g-at/l}$ in 1980's. (5) Ammonia increased from 16.26 $\mu\text{g-at/l}$ in 1960's to 20.45 $\mu\text{g-at/l}$ in 1970's, then decreased to 16.41 $\mu\text{g-at/l}$ in 1980's. (6) Dissolved inorganic nitrogen (DIN) tends to increase with the passing of year owing to the increase of nitrite and nitrate, in spite of decrease of ammonia. (7) Chlorophyll *a* concentration did not change noticeably from 1969 to 1991 and, the average was ca. 35 $\mu\text{g/l}$. (8) Transparency was 3.7 m in 1950's, 2.9 m in 1960's, 3.3 m in 1970's, and 3.0 m in 1980's. These results suggest that: (1) The changes in nutrient concentrations and ratios between them generate a change in composition of phytoplankton community. (2) The pollution of Tokyo Bay seems to have still been developing after 1975.

1. 緒言

東京湾の水域環境を構成する要素(以後、水域環境構成要素とする)の経年変化に関しては、1975年までの水温・塩分・栄養塩類・透明度・水色等を明らかにした宇野木・岸野(1977)がある。これによれば東京湾内湾域は、1960年代後半から1970年前後にかけて急激に有機汚濁が進行したことがわかる。その後、江角(1979)は、1972年から1976年までのCOD、透明度等をもとに水域の汚濁がやや軽減する傾向にあるとした。また、清水(1985)は、1975年頃から水産上の有用魚介類相が回復し、種数・個体数共に経年的に上昇していることから、生物の生息環境としても東京湾の水域環境が好転してき

たとしている。

近年においては、栄養塩類(魚, 1992)、植物プランクトン(HAN, 1988)、クロフィル *a* 量(山口・有賀, 1988)、基礎生産(YAMAGUCHI *et al.*, 1991)の季節変化に関する報告がある。しかし、各種水域環境構成要素の経年変化を取りまとめた報告としては、湾奥・河口域におけるCOD、リン、窒素の経年変化を調べた高田(1993)以外には見当たらない。

本研究の目的は、1991年までの約40年間に調査された水域環境構成要素の資料を解析し、東京湾中央部表層におけるこれらの経年変化を明らかにすることである。

2. 材料と方法

東京湾内湾域において、1991年までに得られた塩分・各種栄養塩類・クロフィル *a* 濃度および透明度に関する既存の資料で、35°18'Nから33°Nまでの範囲にあり、かつ河川水の影響を直接受けないと考えられる岸か

*1995年1月23日受理 Received January 23, 1995

**東京水産大学資源育成学科 〒108港区港南4-5-7
Department of Aquatic Biosciences, Tokyo University of Fisheries, 4-5-7 Konan, Minato-ku, 108 Tokyo

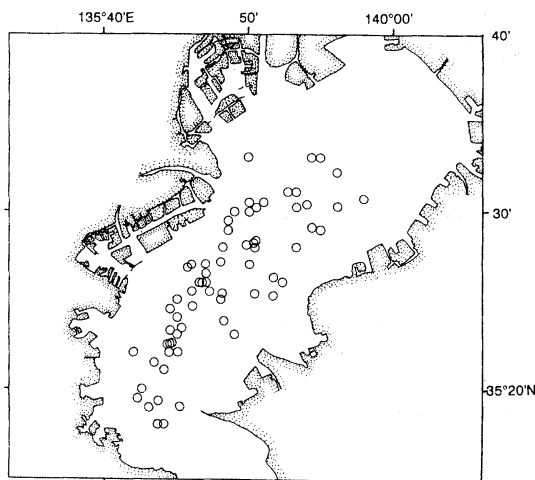


Fig. 1. Location of sampling stations.

ら2 km以上離れた観測点からの資料を抽出し、年毎及び月毎に平均化する作業を行った。この際、透明度以外はすべて表層の値を用いた。用いた海洋観測資料は付表に示す。観測点のおよその位置を地図上にプロットしたのが Fig. 1 である。

3. 結果と考察

3.1. 塩分

1948年以降の年平均値の推移を Fig. 2 に示す。1954年以前は観測が2ヶ月に1回程度しか行われていないため、資料は十分とはいえない。1960年代から1970年代にかけては30.7前後で推移したが、1980年代に入って30.0以下が目立ち始めた。1980年以降、年平均塩分が30.0を超えたのは、1984年(30.7)と1987年(30.7)の2回で、1980年代の平均塩分は29.6であった。近年、東京湾表層の塩分は、低下したといえる。

5年毎に平均した塩分の季節変化を Fig. 3 に示す。塩分は、冬季(12~3月)は変化が小さく、高いまま維持されているが、その他の季節では1960年代後半から1980年代にかけて、成層期を中心に低下傾向が続いている。特に8、9月は著しく低くなっている。このことは淡水流入量が年とともに増加しており、その傾向が成層が発達し表層に淡水の影響が強い夏季に顕著に現われることを示している。

内湾において塩分を下げる要因として降雨と河川からの淡水流入がある。年間のみた場合、海面への降雨によって内湾へ供給される淡水の量は河川流量の数%に過ぎないとされており(宇野木ほか, 1980)、海面への降雨が、

表層塩分低下の主因とは考えられない。

東京湾への淡水流入量の多い河川は、江戸川・荒川・多摩川の順であるが(宇野木・岸野, 1977)、ここでは建設省河川局編日本河川協会発行の流量年表を用いて作成した多摩川の流量の経年変化を Fig. 4 に示す。観測地点の下石原は、河口より28.1km上流であるが、長期にわたり計測が行われており、観測地点の移動もないことから、東京湾へ淡水を供給する河川の代表として、その値を用いた。河川流量が年平均 $15\text{m}^3/\text{sec}$ 以下の年には東京湾表層の塩分は高くなり、 $25\text{m}^3/\text{sec}$ 以上の年には低くなる傾向を示した。1980年代において河川流量と塩分の変動はかなり良く同調していた。例えば、河川流量が $15\text{m}^3/\text{sec}$ を下回った1984、1987年には、いずれも塩分が30を越えており、 $25\text{m}^3/\text{sec}$ 以上の年にはいずれも塩分は30未満であった。

1965年以降の河川流量を5年毎に平均し、その傾向をみると、変動はあるものの、1965-1969年の $18.8\text{m}^3/\text{sec}$ から1985-1989年の $31.6\text{m}^3/\text{sec}$ へと上昇している。1980年代の平均流量は $29.1\text{m}^3/\text{sec}$ であった。1980年代における表面塩分の低下傾向の一因は、河川からの淡水流入量の増加に求められる。

近年、首都圏への人口集中による水道水の確保のため、従来、東京湾以外に流出していた利根川や相模川水系などの淡水が、首都圏に供給されるようになり、これらが下水道を経て、東京湾に供給される量も増加していると考えられる(野村, 1993)。魚(1995)は、1992年度に関し、東京湾内湾部に河口を持つ18河川の淡水流入量を調べ、それが年平均 $428\text{m}^3/\text{sec}$ であることを示した。さらに彼はこの値が MATSUKAWA and SASAKI (1990) の1979年の下水等をも含めた淡水流入量($300\text{m}^3/\text{sec}$)より40%あまり高い値であることを明らかにしている。

MATSUKAWA and SASAKI (1990) は、東京湾の海底に堆積する窒素は、流入負荷に比べその割合が小さいことを指摘し、その要因として、淡水流入量が多いため二層流が強いかつ安定していることと、この二層流が冬の季節風によってさらに強まることを挙げている。東京湾における水温・塩分の鉛直分布の特徴として、通常、循環期においても高温・高塩分水が常に底層に存在するため鉛直循環が底層まで達せず、成層構造が通年維持されることが挙げられる(野村, 1993)。表層の塩分の低下は、表層水の密度を小さくし、底層水との間の密度差を大きくする。そのため密度流が強化される。これは、吹送流と共に東京湾の海水交換に重要な役割を果たしていると考えられる。

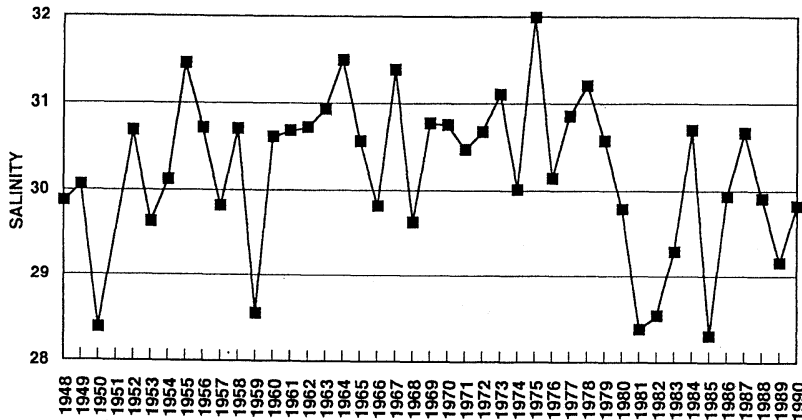


Fig. 2. Yearly variation of surface salinity in Tokyo Bay in a period from 1948 to 1990.

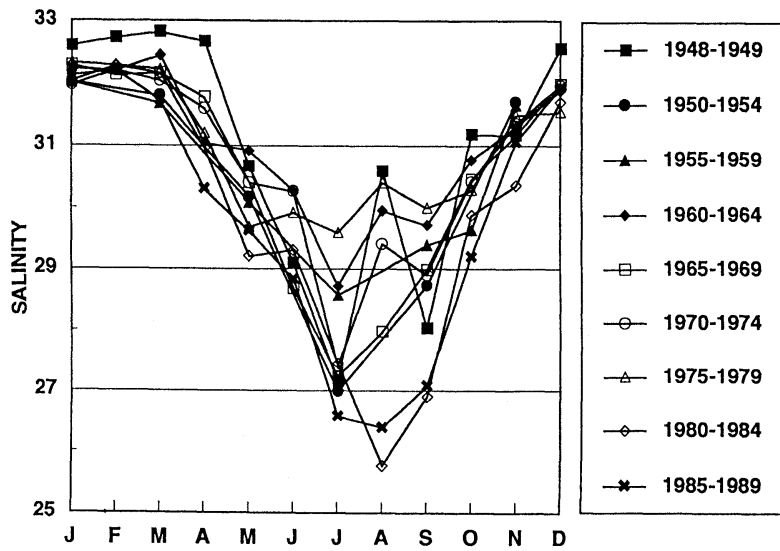


Fig. 3. Seasonal variation of surface salinity in Tokyo Bay.

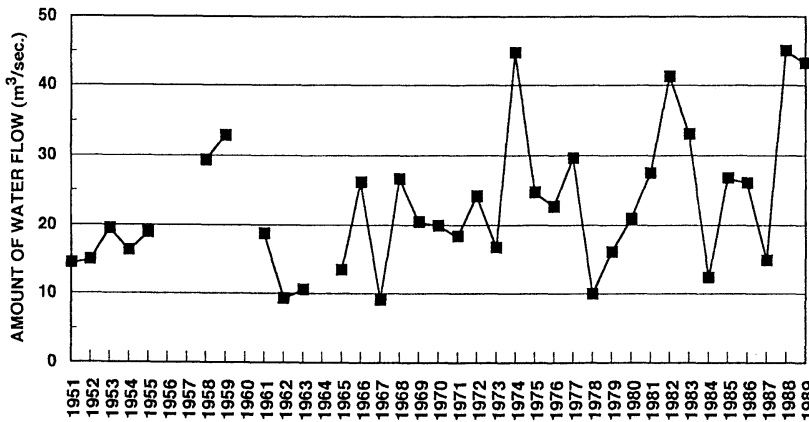


Fig. 4. Yearly variation of amount of water flow of river Tama-gawa at Shimo-ishihara in a period from 1951 to 1989.

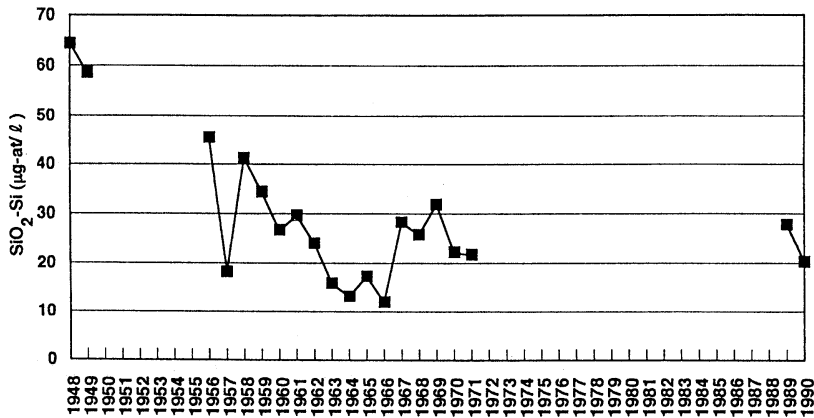


Fig. 5. Yearly variation of $\text{SiO}_2\text{-Si}$ at surface in Tokyo Bay in a period from 1948 to 1990.

3.2. 栄養塩

3.2.1. $\text{SiO}_2\text{-Si}$

1973年から1988年までは解析に十分な資料が収集できなかった。これは水質に関する注目がリンと窒素に集まり、 $\text{SiO}_2\text{-Si}$ の分析が行われなかったためであろう。1948、1949年の $\text{SiO}_2\text{-Si}$ の年平均濃度（64.3、58.5 $\mu\text{g-at/l}$ ）は、近年のほぼ年最高値に匹敵することから、 $\text{SiO}_2\text{-Si}$ が1948、1949年当時より減少したことは明らかである（Fig. 5）。 $\text{SiO}_2\text{-Si}$ は1970年頃まで減少傾向が続き、その後17年間資料はないが、現在は1970年頃と同じ水準にある。この減少の理由として、埋立てにより砂浜から海域への $\text{SiO}_2\text{-Si}$ の供給が減少したことが上げられるが、その他に、海域における珪藻が他の栄養塩の増加により従来より高密度に増殖し、その結果として $\text{SiO}_2\text{-Si}$ が多く消費されること、従来上流部より供給されていた $\text{SiO}_2\text{-Si}$ がダム建設によってダム湖内の珪藻によって消費され、湖底に沈降しストックされてしまうこと、河川の改修によって河床からの溶出が減少したことなどが考えられる。

$\text{SiO}_2\text{-Si}$ の季節変化をFig. 6に示す。 $\text{SiO}_2\text{-Si}$ は2～4月に低く、6～10月に高くなるという季節変化は経年的にも変化していないが、1948–1959年での季節変化が20～100 $\mu\text{g-at/l}$ の範囲であるのに対し、1960–1964年以後は10～50 $\mu\text{g-at/l}$ の狭い範囲で変動し、季節変化が不明瞭になる傾向にある。

3.2.2. $\text{PO}_4\text{-P}$

年平均濃度は、1960年代中頃の0.3 $\mu\text{g-at/l}$ から1970

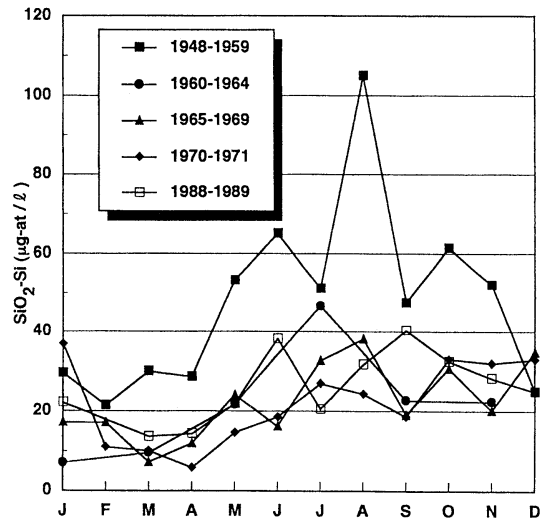


Fig. 6. Seasonal variation of $\text{SiO}_2\text{-Si}$ at surface in Tokyo Bay.

年代中頃の2.0 $\mu\text{g-at/l}$ へと増加したが、その後合成洗剤の無リン化などにより減少して（高田，1993），1980年代には1 $\mu\text{g-at/l}$ 前後で推移し現在に至っている（Fig. 7）。

$\text{PO}_4\text{-P}$ の季節変化をFig. 8に示す。 $\text{PO}_4\text{-P}$ の季節変化は明瞭ではない。1956–1959、1960–1964年には、周年1 $\mu\text{g-at/l}$ 以下の値で変動したが、1965–1969年には0.5～3 $\mu\text{g-at/l}$ と変動幅が大きくなり、1970–1974年以後はほぼ0.5～2 $\mu\text{g-at/l}$ の間で変動している。

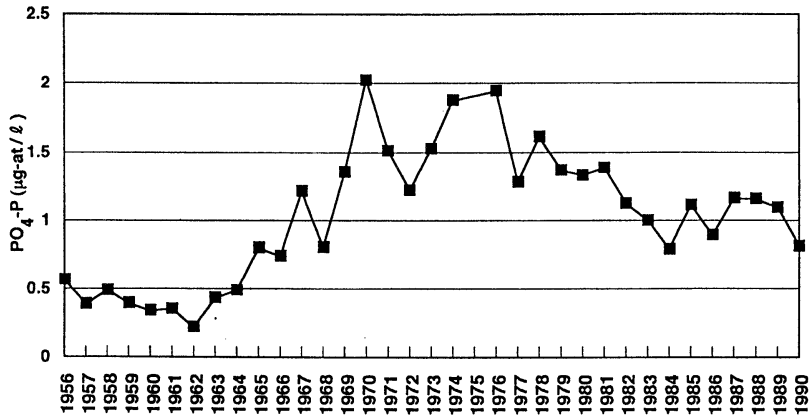


Fig. 7. Yearly variation of $PO_4\text{-P}$ at surface in Tokyo Bay in a period from 1956 to 1990.

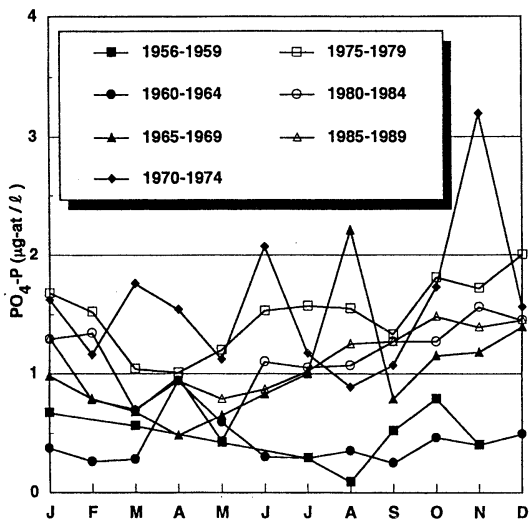


Fig. 8. Seasonal variation of $PO_4\text{-P}$ at surface in Tokyo Bay.

3.2.3. $NO_3\text{-N}$

年平均濃度は一貫して増加傾向にあり (Fig. 9), 5年毎の平均でみると, 1965-1969年の $10.8 \mu\text{g-at/l}$ に対し, 1985-1989年では2倍以上の $23.2 \mu\text{g-at/l}$ になった。

$NO_3\text{-N}$ の季節変化をFig.10に示す。 $NO_3\text{-N}$ は1980-1984年までは秋・冬季に高く, 夏季に向けて低下する季節変化を示したが, 1985-1989年では夏季に高い値を示し, 明瞭な季節変化がみられなくなった。

3.2.4. $NO_2\text{-N}$

$NO_3\text{-N}$ 同様増加傾向が顕著で (Fig. 11), 5年毎の平均で1960-1964年の $0.8 \mu\text{g-at/l}$ に対し, 1985-1989年では約4倍の $3.3 \mu\text{g-at/l}$ になった。

$NO_2\text{-N}$ の季節変化をFig.12に示す。 $NO_2\text{-N}$ は1960-1964年以前には周年にわたり $1.5 \mu\text{g-at/l}$ 以下で変動し,

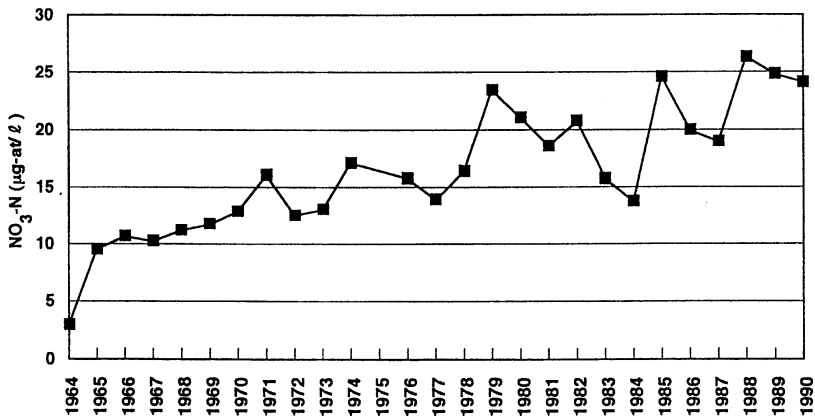


Fig. 9. Yearly variation of $NO_3\text{-N}$ at surface in Tokyo Bay in a period from 1964 to 1990.

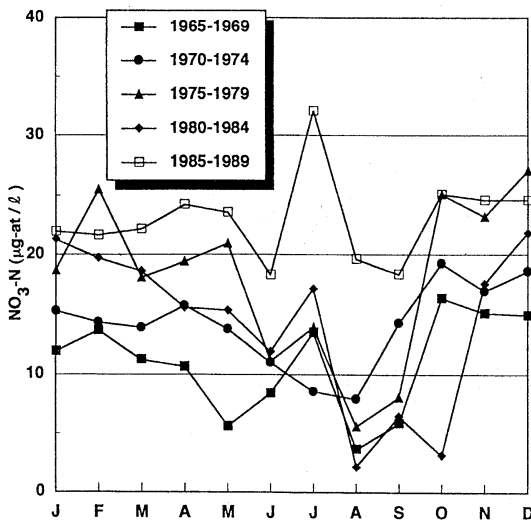


Fig. 10. Seasonal variation of $\text{NO}_3\text{-N}$ at surface in Tokyo Bay.

夏季に高く冬季に低い傾向を示したが、1965-1969年以後では明瞭な季節変化がみられなくなった。

3.2.5. $\text{NH}_4\text{-N}$

1947年より観測データはあるが、宇野木・岸野(1977)によれば、1963年頃までに分析方法に数回の変更がなされたという。そこで本論文では、1964年からの資料について解析を行った。 $\text{NH}_4\text{-N}$ の年平均濃度には、1970年前後まで増加傾向がみられたが、その後減少傾向を示し、1970年代中頃からは15~20 $\mu\text{g-at/l}$ の水準にある (Fig. 13)。湾奥・河口域において表層の

$\text{NH}_4\text{-N}$ の変遷を報告した高田(1993)を参照すると、1970年前後から1975年頃にかけてその濃度が低下したことは本研究と同様である。しかし、高田(1993)では1978年から $\text{NH}_4\text{-N}$ の濃度は上昇し、1970年頃よりも高いレベルに達し近年に至っている。このような $\text{NH}_4\text{-N}$ の上昇は、本調査海域では見られない。その理由として、先に述べた淡水流入量の増加との関連が考えられ、湾奥・河口域に負荷される $\text{NH}_4\text{-N}$ は増加するものの、河口付近で植物プランクトンの取り込みにより消費されるため、湾中央部の濃度には負荷量の増加が反映されないことが考えられる。

$\text{NH}_4\text{-N}$ の季節変化を Fig.14 に示す。 $\text{NH}_4\text{-N}$ は1~4月に高く、8~10月に低くなる明瞭な季節変化が認められ、この傾向は年代を問わず変っていない。

3.2.6. 溶存態無機窒素

Figure 15には溶存態無機窒素(DIN)の経年変化を示す。 $\text{NH}_4\text{-N}$ は1970年頃から減少傾向がみられたものの、 $\text{NO}_3\text{-N}$ ・ $\text{NO}_2\text{-N}$ は一貫して増加したため、全体としてDINは増加傾向にある。1970年頃までは下水処理が十分でなく、未処理のままの下水が直接東京湾に流入する量も多く、そのため有機窒素から分解して生じた $\text{NH}_4\text{-N}$ が海水中に多く含まれていたが、下水処理場が整備されると共に酸化された窒素($\text{NO}_2\text{-N}$ ・ $\text{NO}_3\text{-N}$)が湾内に流入するようになったためと考えられる。

3.3. クロロフィルa

1969年から1979年までは資料数が少ないので、全データを平均した値を用いる。クロロフィルa濃度は、1969-1979年の平均と1980年代に入ってからの年平均値

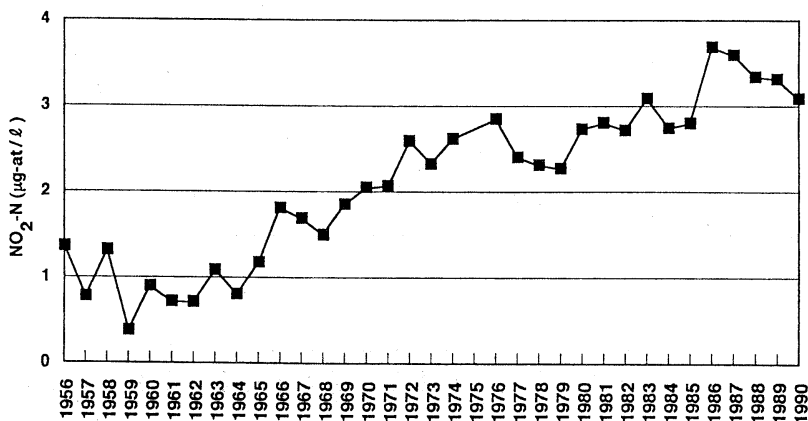


Fig. 11. Yearly variation of $\text{NO}_2\text{-N}$ at surface in Tokyo Bay in a period from 1956 to 1990.

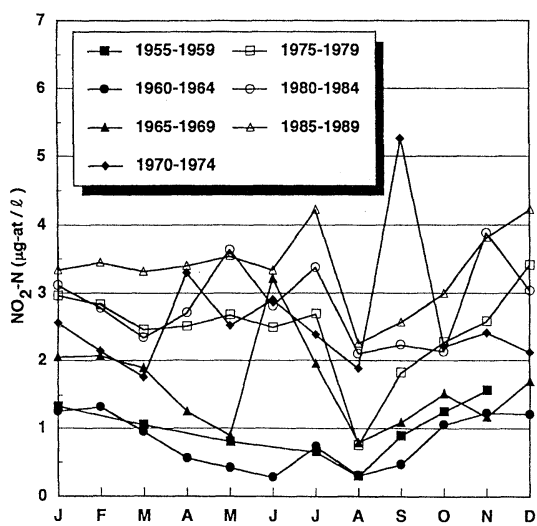


Fig. 12. Seasonal variation of $\text{NO}_2\text{-N}$ at surface in Tokyo Bay.

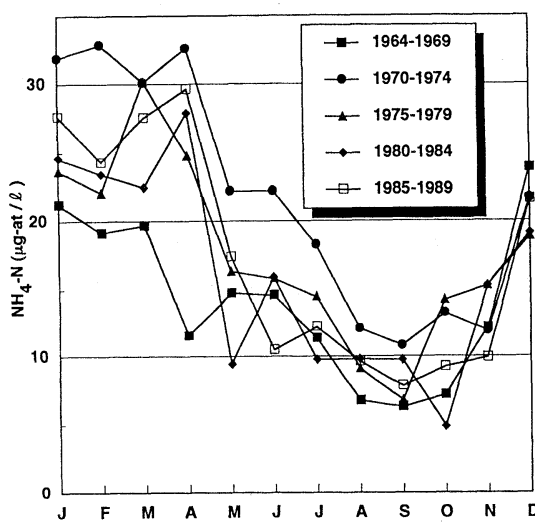


Fig. 14. Seasonal variation of $\text{NH}_4\text{-N}$ at surface in Tokyo Bay.

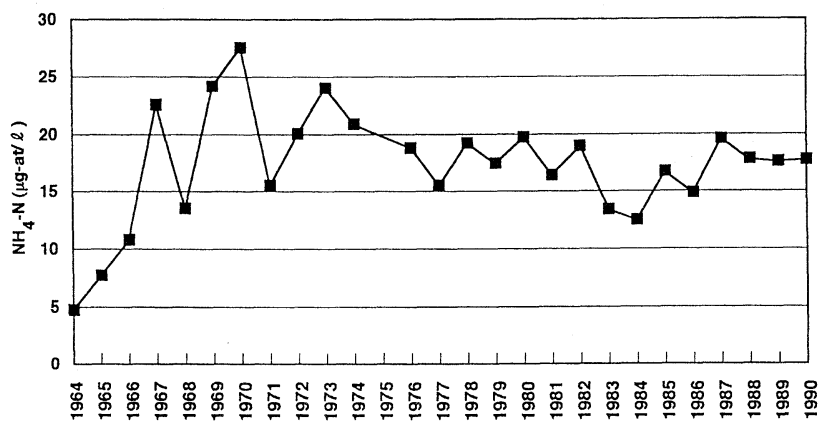


Fig. 13. Yearly variation of $\text{NH}_4\text{-N}$ at surface in Tokyo Bay in a period from 1964 to 1990.

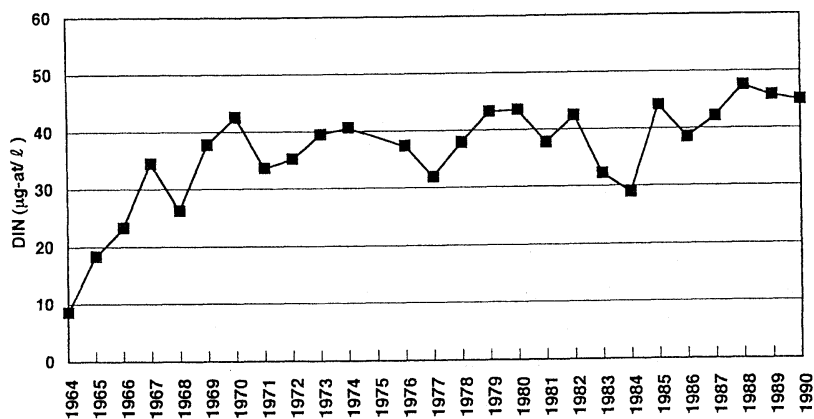


Fig. 15. Yearly variation of dissolved inorganic nitrogen (DIN) at Tokyo Bay in a period from 1964 to 1990.

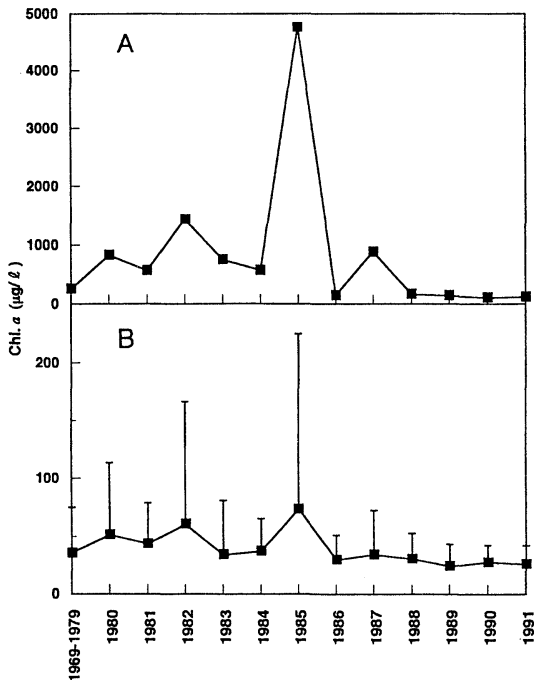


Fig. 16. Yearly variation of maximum (A) and average (B) chlorophyll *a* concentrations at surface in Tokyo Bay. Bars indicate the standard deviation. From 1969 to 1979, an average is used for insufficiency of available data.

との間に大きな違いはみられなかった (Fig. 16)。しかし、平均化する前の個々のデータで見た場合、1985年までは年間最高クロロフィル *a* 濃度は、250~4760 µg/l と大きな変動を示したのに対し、それ以後、1987年の882 µg/l を除けば、106~164 µg/l に下がり、高いクロロフィル *a* 濃度は観測されなくなった。

クロロフィル *a* 濃度は最高値が経年的に低下すると共に、標準偏差は小さくなってきている。この原因は表層クロロフィル *a* 濃度が、湾奥から湾口まで均一化してきていることと (山口・有賀, 1988)、極めて高濃度のクロロフィル *a* 量が記録されない代わりに、年間を通して高いクロロフィル *a* 量が維持されていることにある。

200 µg/l 以上の高濃度を記録したのは、1980年5月、1982年は6月、1985年6月で、それぞれ204.4, 383.2, 551.6 µg/l であった。その主因となった植物プランクトンは、それぞれ *Olisthodiscus* sp., *Heterosigma* sp. (ともに *Heterosigma akashiwo* と思われる, 原 (1990) 参照), *Prorocentrum minimum* であった (東京都環境保全局水質保全部, 1981, 1984, 1987)。 *Skeletonema*

Table 1. Yearly variations of Si/DIP, DIN/DIP and Si/DIN in Tokyo Bay.

YEAR	Si/DIP	DIN/DIP	Si/DIN
1956	80.23	ND	ND
1957	101.63	ND	ND
1958	84.47	ND	ND
1959	87.25	ND	ND
1960	78.32	ND	ND
1961	83.80	ND	ND
1962	109.68	ND	ND
1963	36.50	ND	ND
1964	26.81	17.21	1.56
1965	21.59	22.98	0.94
1966	16.12	31.45	0.51
1967	23.27	28.39	0.82
1968	32.08	32.69	0.98
1969	23.52	27.90	0.84
1970	10.93	21.02	0.52
1971	14.33	22.23	0.64
1972	ND	28.84	ND
1973	ND	25.85	ND
1974	ND	21.63	ND
1975	ND	ND	ND
1977	ND	19.25	ND
1976	ND	24.89	ND
1978	ND	23.47	ND
1979	ND	31.60	ND
1980	ND	32.68	ND
1981	ND	27.25	ND
1982	ND	37.73	ND
1983	ND	32.14	ND
1984	ND	36.76	ND
1985	ND	69.33	ND
1986	ND	43.24	ND
1987	ND	36.21	ND
1988	ND	41.28	ND
1989	25.34	41.79	0.64
1990	25.01	55.48	0.45

ND=no data. Si=SiO₂-Si. DIP (dissolved inorganic phosphorus)=PO₄-P. DIN (dissolved inorganic nitrogen)=NH₄-N + NO₂-N + NO₃-N.

costatum を中心とする珪藻赤潮は年間を通してみられるもの (山口・有賀, 1988)、高クロロフィル *a* 値への寄与は主として鞭毛藻によっていた。

村田 (1973) は、1953, 1962, 1972年をそれぞれ比較し、1953, 1962年には出現しなかったごく小さな珪藻や微小な有色鞭毛藻類が1972年には多量に出現したことを示し、また、山口・有賀 (1988) は植物プランクトンに占める鞭毛藻の比率が近年高くなってきていることを指摘している。東京湾内湾赤潮調査報告書 (東京都環境保全部水質保全部, 1990) を参照すると、1977年から1988年までの間、発生した赤潮の年平均回数は、繊毛

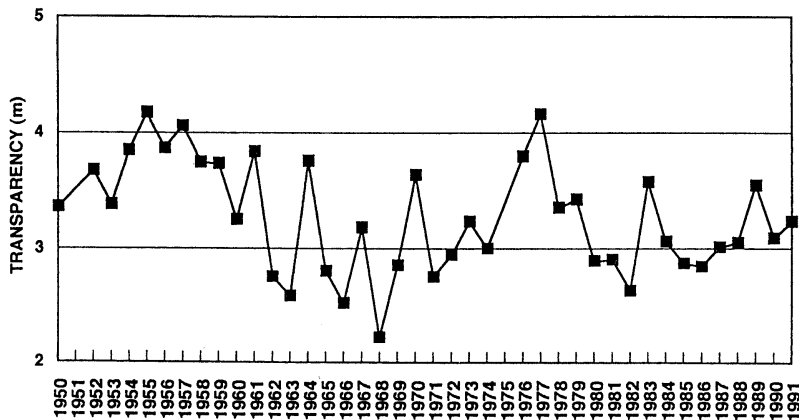


Fig. 17. Yearly variation of transparency in Tokyo Bay in a period from 1950 to 1991.

虫の *Mesodinium* を除くと17.8回、このうち珪藻によるものが8.2回、そのうち *Skeletonema costatum* による赤潮が5.8回で、全体の33%を占めていた。本種は、1970年代同様、東京湾の代表的な珪藻と言える。この *S. costatum* の1ml当たりの細胞数は近年減少傾向にあり、1970年代には周年 $10^3 \sim 10^6$ のオーダーで推移したが、1991年から1993年の3年間は 10^5 以下で推移し、 10^6 以上は見られなくなった(吉田, 私信)。ここでTable.1にSi/DIP, DIN/DIP, Si/DINの比率の経年変化を示す。Si/DIN比にはほとんど変化が見られないが、Si/DIP比は1960年代初頭までとそれ以後では低下、DIN/DIP比は徐々に上昇した。湾内に存在する栄養塩濃度や比率の変化は、栄養塩を利用する植物プランクトンの群集構造に影響を及ぼしたと考えられる。

3.4. 透明度

1959年以前、1960年代、1970年代そして1980年代では、それぞれ3.7, 2.9, 3.3, 3.0mであった(Fig.17)。5年毎に各月を平均化すると(Fig.18)、冬季に高く夏季に低いという季節変化に変わりはないが、1955-1959年には夏季においても3m前後の透明度が保たれていた。1965-1969年の夏季の透明度は2m以下で、1975-1979年には一時的に上昇したが、1985-1989年になって2m以下へと低下した。年平均の透明度を左右するのは、表層クロロフィルa濃度の高い5~9月における値である(野村, 1993)。

有賀(1986)の式($D_{1\%} = 2.67 \times D_s$; ここで $D_{1\%}$ は相対照度の1%になる深度; D_s は透明度)によって透明度から求めた補償深度は、1980年代ではクロロフィルa濃度の高い夏季の8月に5m前後になる。強く成層す

る夏季においては10m以深の水柱は、殆ど光のない状況にあるといえる。また、クロロフィルa濃度の最も低い1月の補償深度は15m前後であることから、東京湾中央部においては、周年、生産層が海底に達することはない。

1952年から1990年までの透明度と塩分の相関関係をFig.19に示す。プロットされた点を年代毎に囲むと、1950年代には塩分は28.55~31.45の広い範囲にあるが、透明度は3.4~4.2mの高い値であった。1960年代には塩分は29.62~31.49、透明度は2.2~3.8mで、塩分が相対的に高く、透明度は低下した。1970年代にはいると、塩分は30.01~31.20と高く、透明度は2.8~4.2mで、プロットされた点は1950年代と1960年代の中間に位置した。1980年代以降、塩分は28.30~30.69、透明度は

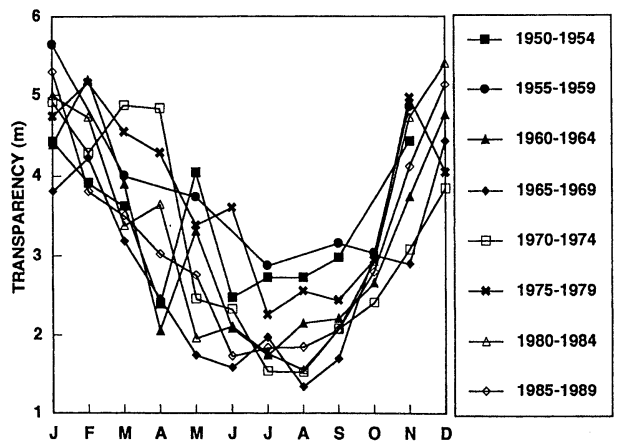


Fig. 18. Seasonal variation of transparency in Tokyo Bay.

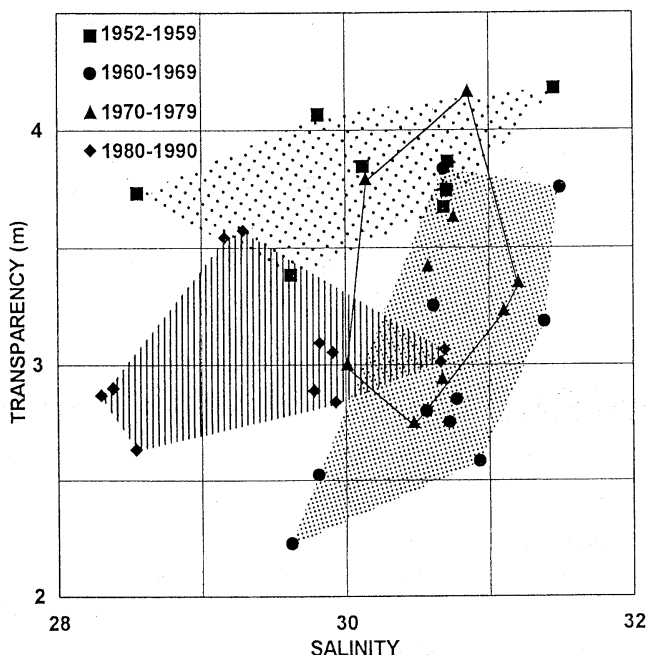


Fig. 19. Relationship between transparency and surface salinity in Tokyo Bay in a period from 1952 to 1990.

2.6~3.6mで共に低下し、多くの点が塩分30以下、透明度3.1m以下にプロットされるようになったことがわかる。外海との海水交流の多い年は、透明度・塩分共に高くなることが期待される。黒潮が伊豆大島東水道あるいは西水道より相模灘に流入した時には、その流れの影響が東京湾に及ぶとされている(川田・岩田, 1957; 大塚, 1972; 細窪, 1989)。透明度の高い1975-1979年は黒潮大蛇行期であり(川辺, 1986)、先に述べた様に東京湾湾奥・河口域の $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度の低下した時期ともかなりよい一致が見られる。このことから黒潮の影響が大きい年には、透明度が上昇することが考えられる。一方、1959-1962年は同様に大蛇行期であったが(石井ほか, 1984)、明瞭な透明度との関連は見られない。これは透明度の変動には外海との交流の強弱以外に、河川等淡水流入量の増減との関係などに因るものと考えられ、詳細についてはなお一層の研究が必要である。

4. おわりに

以上のように、淡水流入量の上昇と共に栄養塩の負荷は経年的に大きくなっている。また、透明度は低下しており、クロロフィル a 量には極度に高濃度な値は見られなくなったものの周年高い値が維持されている。表層の資料で見る限り、東京湾の汚濁した水域環境は、1970

年代と変化していないか、むしろ徐々に悪化しているように見える。

清水(1985)は、1975年以降に水産有用魚介類の採集種数・個体数が経年的に増加したこと、野村(1993)は1980年代になって、外湾性カイアシ類種数が経年的に上昇したことを示した。これらは一見、汚濁した水域環境の好転を反映しているように見えるが、淡水流入量の上昇による二層流の強化により下層を流入する外洋系水の影響によることも考えられ、必ずしも汚濁の軽減がその原因になっているとは言えない。

高田(1993)は、東京湾の有機汚濁が1970年代前半までは河川からの汚染物質の直接流入であったものが、後半以降は高濃度の栄養塩の負荷を背景に植物プランクトンが大増殖する、いわゆる「二次汚濁」型に変化したとしている。風呂田(1988)は、近年低層の貧酸素化が進行し、底生・付着生物群集の衰退していることを報告し、また、野村(1993)は、1960, 1970年代と比較して底質の強熱減量が増加したことを示した。これらの結果は、パターンは変化したものの、汚濁はむしろ進んだことを示しているように思われる。

謝辞

本研究を行うにあたり、東京水産大学水産生物学講座

村野正昭教授、石丸隆助教授、丸山隆助手には御校閲と貴重な御助言を頂いた。水産生物学講座有賀祐勝教授には、1983年から1990年までの東京湾6定点におけるクロフィル a のデータの提供を受けた。水域環境構成要素の資料の収集にあたり、千葉県水質保全研究所小川カホル博士、千葉県内面水産試験場細谷岑生氏、千葉県水産試験場富津分場分場長安原宏氏、兼子昭夫氏、神奈川県水産試験場場長岩田静夫博士、岡部久氏には御多忙の中を快く資料の探索、貸出に応じて頂いた。東京水産大学資源育成学講座大学院生魚京善氏には貴重な栄養塩の資料を提供頂いた。これらの方々に対し、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・横浜康継共編), 内田老鶴圃, 東京, 81-121.
- 江角比出郎 (1979) : 東京湾の水質 (1972~76). 沿岸海洋研究ノート, **16**, 101-105.
- 風呂田利夫 (1988) : 東京湾における貧酸素水の底生・付着性動物群集に与える影響について。沿岸海洋研究ノート, **25**, 104-113.
- HAN, M.-S. (1988) : Studies on the population dynamics and photosynthesis of phytoplankton in Tokyo Bay. Ph. D. Thesis, Univ. Tokyo, 172 pp.
- 原 慶明 (1990) : ラフィド藻 (緑色鞭毛藻) 綱ラフィドモナス目ヴァキュオラリア科 *Heterosigma akashiwo* (HADA) HADA. 日本の赤潮生物 (福代康夫・高野秀昭・千原光雄・松岡数充編), 内田老鶴圃, 東京, 346-347.
- HATTORI, A. (1981) : Routine observation of hydrographic variables in Tokyo and Funaka bays. Distributions and fate of pollutants in coastal environments, Data records 1979-1980, 「環境科学」研究報告集, B 97-R 14-4: 1-27.
- HATTORI, A. (1982) : Summary of oceanographic data in Tokyo Bay on KT-81-9 cruise of Tansei Maru. Distributions and fate of pollutants in coastal environments and dissolution of chemical substances from the shallow sea bottom, Data records supplement, 「環境科学」研究報告集, B141-R14-1, 4: 1-3.
- 細窪 迅 (1989) : 東京湾奥部漁場環境に関する基礎的研究。東京水産大学大学院修士学位論文, 46 pp.
- 石井春雄・道田 豊・小杉 英 (1984) : 黒潮流路変動の統計的解析—流路パターン特性の解析—。黒潮の開発利用の調査研究成果報告書 (その7), 73-90.
- 川田健次・岩田憲幸 (1957) : 相模湾の海潮流について。水路要報, 第53号: 44-47.
- 川辺正樹 (1986) : 黒潮および対馬海流の研究—流路変動について—。日本海洋学会誌, **42**, 319-331.
- MATSUKAWA, Y. and K. SASAKI (1990) : Nitrogen budget in Tokyo Bay with special reference to the low sedimentation to supply ratio. J. oceanogr. Soc. Japan, **46**, 44-54.
- 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。東京水産大学大学院博士學位論文, 82 pp.
- 大塚一志 (1972) : 日平均水面の変動からみた相模灘への黒潮分岐流の流入について。水産海洋研究会報, 第20号: 1-12.
- 清水 誠 (1985) : 東京湾の環境の変化と漁業資源の推移。産業公害, **21**, 733-745.
- 下村敏正 (1953) : ミクロプランクトンの生産・分布及び海況と関係に関する研究。日水研研報, 第3号: 1-167.
- 須田皖次・日高孝次・川崎英男・松平康雄・水内松一・久保時夫・高島 勉 (1931) : 東京海湾海洋観測調査報告。海洋時報, **3**: 1-119.
- 高田秀重 (1993) : 水質。東京湾 (小倉紀雄編), 恒星社恒星閣, 東京, 39-44.
- 東京都環境保全局水質保全部 (1981) : 昭和54年度東京湾内湾プランクトン調査結果, 70-73.
- 東京都環境保全局水質保全部 (1984) : 昭和57年度東京湾内湾赤潮調査報告書, 22-83.
- 東京都環境保全局水質保全部 (1987) : 昭和60年度東京湾内湾赤潮調査報告書, 72-101.
- 東京都環境保全局水質保全部 (1990) : 昭和63年度東京湾内湾赤潮調査報告書, 112 pp.
- 宇野木早苗・岸野元彰 (1977) : 東京湾の平均的海況と海水交流。Technical Report of the Physical Oceanography Laboratory, The Institute of Physical and Chemical Research, No. 1, 89 pp.
- 宇野木早苗・岡崎守良・長崎秀樹 (1980) : 東京湾の循環流と海況。Technical Report of the Physical Oceanography Laboratory, The Institute of Physical and Chemical Research, No. 4: 262 pp.
- 山口征矢・有賀祐勝 (1988) : 東京湾における基礎生産の変遷。沿岸海洋研究ノート, **25**, 87-95.
- YAMAGUCHI, Y., H. SATOH 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.
- YAMAZI, I. (1955) : Plankton investigation in inlet water along the coast of Japan XVI. The plankton of Tokyo Bay in relation to the water movement. Publ. Seto mar. biol. Lab., **4**, 285-309.
- 吉村広三 (1971) : 東京湾表面水の化学的生物学的調査 (1). 海と空, **47**, 19-27.
- 吉村広三・鷲 猛・佐野 昭 (1972) : 東京湾表面水の化学的生物学的調査 (2). 海と空, **48**, 11-18.
- 魚 京善 (Yu, J.-S.) (1992) : 東京湾における栄養塩の循環と収支に関する研究。東京水産大学大学院修士學位論文, 24 pp.
- 魚 京善 (1995) : 東京湾の海洋環境と生態系モデル。東京水産大学大学院博士學位論文, 56 pp.

付表. 収集された海洋観測資料 (出典及び調査実施年)

一都三県公害防止協議会水質汚濁調査報告書 (東京湾総合調査)	1972
神奈川県水産指導所内湾支所内湾月報	1959
神奈川県水産指導所内湾支所事業報告	1960-1962
神奈川県水産試験場金沢分場事業報告	1962-1971
神奈川県水質調査年表	1971-1989
気象庁月報	1957-1990
建設省河川局編日本河川協会流量年表	1951-1989
建設省関東地方建設局企画部東京湾汚濁調査報告書 (解析編)	1972
下村 (1953)	1948-1949
須田ほか (1931)	1929
千葉県内湾水産試験場海洋調査水質分析表	1948-1973
千葉県公共用水域水質測定結果 (資料編)	1983-1990
千葉県水質保全研究所年報	1983-1989
* 東京水産大学水産生物学講座東京湾月例調査資料	1983-1991
* 東京大学海洋研究所淡青丸航海記録	1975, 1978
東京都都内河川・内湾の水質測定結果 (資料編)	1973-1975
東京都環境保全局水質保全部東京都内湾プランクトン調査結果	1979-1980
東京都環境保全局水質保全部東京都内湾赤潮調査報告書	1980-1990
東京都公共用水域の水質測定結果 (資料編)	1981-1990
HATTORI (1981)	1979-1980
HATTORI (1982)	1981
* 村野 (未発表資料)	1975-1976
YAMAZI (1955)	1948
吉村 (1972)	1969-1972
吉村ほか (1972)	1971-1972

* : 未発表資料