

相模湾沿岸域における植物プランクトン現存量と 海洋環境の季節変動

鱧 英治・菊池知彦

Seasonal change of standing stocks of phytoplankton and some ecological parameters in the coastal waters of Sagami Bay

Eiji TATARA and Tomohiko KIKUCHI

Abstract: Seasonal change of standing stocks of zoo- and phytoplankton biomass and hydrographical parameters (Water temperature, Salinity, Transparency, Nutrients, and Chlorophyll *a* concentration) were investigated at the two stations in the coastal waters of Sagami Bay from May 2000 to November 2001. Standing stock of phytoplankton biomass indicated close relationship with vertical stability of water column through the research period.

鱧 英治¹・菊池知彦²

¹神奈川県立横須賀大津高等学校 〒239-0808 横須賀市大津町4-1

²横浜国立大学教育人間科学部 〒240-8501 横浜市保土ヶ谷区常盤台79-2

Eiji TATARA¹ and Tomohiko KIKUCHI²

¹Yokosuka-Ohtsu High School, 4-1 Ohtsu-Cho, Yokosuka, 239-0808, Japan

²Faculty of Education and Human Sciences, Yokohama National University, 79-2 Tokiwadai, Hodogaya, Yokohama 240-8501, Japan

はじめに

沿岸域生態系は陸域と沖合域の間であって、潮汐や水温、塩分濃度、光条件、栄養塩類、降雨そして陸域からの河川水等を通しての陸起源物質の供給など様々な影響を受け変動している。特に栄養塩類は人間活動による工業排水や生活雑排水の流入によって供給されるケースも多く、その結果富栄養化が進行し、プランクトンの種組成や種の多様性に変化が起こったり、場合によっては赤潮を引き起こす事例が報告され、内湾域では特に水質環境と植物プランクトンとの関係が重要な研究テーマとなっている(野村・村野、1992;板倉、2001など)。こうした沿岸の物理・化学的な環境変動に直ちに呼応

するのは沿岸性の珪藻類や赤潮の原因種となる渦鞭毛藻類であることが多い。これらの藻類はそれぞれ異なった環境・栄養要求を併せ持っていると考えられており、海洋環境が時空間的に変動する中で、これらの藻類の分布も時空間的に大きく変動していることが報告されている(岡市、1977など)。しかし、大部分の植物プランクトンは種の同定がむずかしく、種の時空間的分布についてははっきりとした状況が捉えられていないのが現状である。

相模湾における海洋環境や植物プランクトンの基礎生産を左右する栄養塩類の分布状況については、近年でも様々な研究がなされている(山田・岩田、1992;鎌谷ほか2000など)。

相模湾真鶴半島周辺の海域は毎年2～3月にかけて珪藻類を中心とする春季ブルームがおこり、その後5～7月にかけて渦鞭毛藻類のブルームがおこることが知られている。珪藻類についてはその出現種と季節消長が小山(1999)によって、渦鞭毛藻類については春季ブルーム時における詳細な調査研究が青野(2000)により行われ、陸風時の降雨開始初期に沿岸表層の硝酸塩濃度が上昇してその後渦鞭毛藻類の増殖が引き起こされていることが指摘され、陸域の大气汚染が沿岸域の赤潮を引き起こす原因の一つとなっている可能性が議論されている。戸田ら(2000)は、相模湾の真鶴港内の海洋環境を1995年から4年間に亘り各週でモニターし、水温、塩分濃度、降雨量、植物プランクトンのクロロフィル量、そして動物プランクトン量の周年、経年変化を報告している。また、Satohら(2000)は湾内の同じ定点においてサイズフラクションごとの植物プランクトンのクロロフィルaの値と炭素固定率の変遷過程から夏期を中心として起こり続ける渦鞭毛藻類を中心とするブルームについて研究を行っている。しかし、こうした研究のうち、特に陸域と沖合域との関係から沿岸域を評価しようとする研究例は少なかった。

本研究では相模湾真鶴半島沿岸域において、その海域が陸域と沖合域との相互関係の中で生ずる物質の流れを経時的に推定するための予備的知見を得ることを目的に、月毎の定期調査から水柱の環境要因、植物プランクトン現存量の季節変動について研究を行った。

材料および方法

調査・採集は真鶴半島沖合の水深40mと水深70mのSt. 40とSt. 70において、横浜国立大学の実習船「たちばな」による採水とプランクトンネットによる調査を中心として、2000年5月から2001年11月まで実施された(Fig. 1)。採水はSt. 40では水深0m、5m、20m、35mの4層、St. 70では水深0m、5m、20m、40m、65mの5層

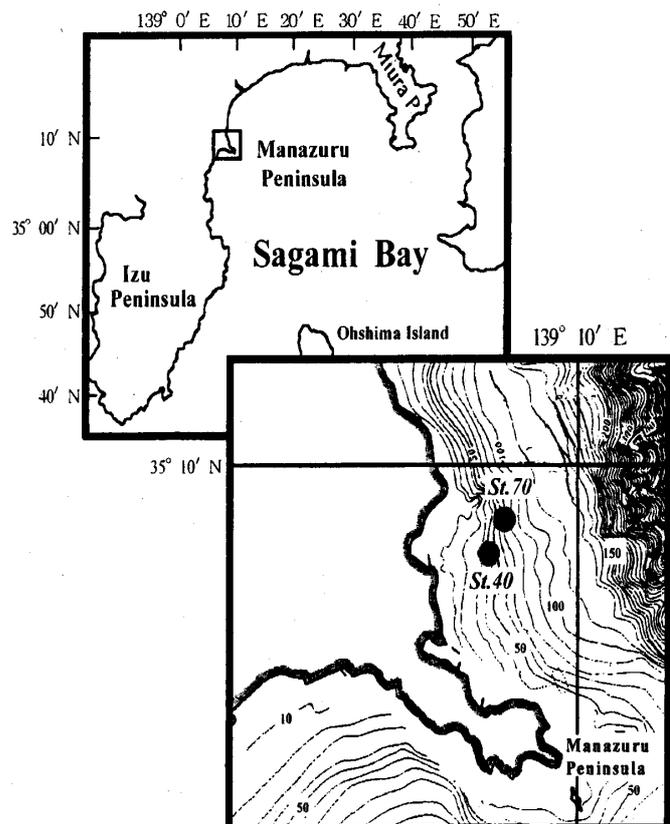


Fig. 1 調査測地点

で、6ℓニスキン採水器を用いて実施した。試水は目合い330μmのメッシュで大型動物プランクトンを取り除いた後、ダークボトルに入れ実験室に持ち帰った。プランクトンの採集は、プランクトンネット(NXX13型、口径30cm、目合い100μm)を用い、St. 40では0～30m深、St. 70では0～60mの鉛直曳としておこなわれた。得られた試料は船上で直ちに7%中性ホルマリン海水を用いて固定した。

海洋環境として水温、塩分濃度、透明度、光量、降水量の測定を調査時にあわせて実施した。また、現場の海洋環境に大きな影響を与えると思われる黒潮流軸の位置は神奈川県水産総合研究所のデータ(http://www.agri.pref.kanagawa.jp/suisoken/Kaikyozu/1to3ken_GIFs/1to3ken-2001.html)を用いた。現場の光量の測定はPUV-510(Biospherical Instruments, Inc.)を用い、海表面下の光合成有効放射照度PAR(400～700nm)を測定した。海水中の光量が1%に減衰する深度は式(1)、(2)により求めた。

$$K_d = 1.7 / Z_{SD} \quad (1)$$

K_d : 消散係数 Z_{SD} : 透明度 (m)

$$E_d(z) = E_d(-0) e^{-K_d z} \quad (2)$$

$E_d(z)$: 深度 z での放射照度

(海表面下の放射照度の1%の値)

$E_d(-0)$: 海表面下の光合成有効放射照度の値

K_d : (1) 式により求めた消散係数

Z : 1%深度 (m)

降水量は真鶴町役場の屋上で計測された雨量計のデータを用いた。なお降水量は月別の総雨量のほかに、栄養塩濃度への影響を考え、調査日の5日前からの雨量合計値として求めた。

水柱の栄養塩類濃度とクロロフィルa濃度の測定

栄養塩類濃度の測定は、実験室に持ち帰った各層の試水（表層試水は除く）を目合い0.45 μ mのフィルター（Millipore Millex-HV Filter Unit）でろ過した後、Parsons, et al., (1984) の分析方法に従い、オートアナライザー（Bran Luebbe AACS II）を用いて珪酸塩濃度、硝酸塩+亜硝酸塩濃度、リン酸塩濃度を測定した。クロロフィルa濃度の測定は、N, N-Dimethylformamide (DMF) による色素抽出（Suzuki and Ishimaru 1990）の後、Holm-Hansen, et al., (1965) の分析方法に従い、蛍光光度計（Turner Designs fluorometer Model-10AU）を用いて蛍光値を測定した。測定した蛍光値は式（3）を用いて単位体積当たりのクロロフィルa量を求めた。

$$Chla(mg/m^3) = 0.211 \times (F_b - F_a) \times dxv / V \quad (3)$$

F_b : 5% HCl を加える前の蛍光値

F_a : 5% HCl を加えた後の蛍光値

d : 希釈率

v : 抽出溶媒 (DMF) 量 (5ml)

V : ろ過した試水量 (ml)

動植物プランクトンの計数と生物量の測定

船上で固定された試料は実験室に持ち帰り、個体数に応じてフォルサム分割器で分割し、1/4~1/32を検鏡解析用試料とし、1/4~1/8を沈殿体積及び乾燥重量測定用試料とし、プランクトンネットの濾水量から1 m^3 当たりの個体数を求めた。出現種の同定は千原・村野 (1997) の

分類体系に基づき、亜綱・目・科レベルまでおこなった。

結果

海洋環境

St. 40と St. 70における水温と塩分濃度の鉛直構造の季節変化を Fig. 2に示す。水温は両測点とも全層で2001年3月が最も低く、13.9~14.5 $^{\circ}$ Cであり、2001年8月が最も高く、St. 40が27 $^{\circ}$ C、St. 70が27.5 $^{\circ}$ Cであった。季節的な水温躍層は2000年、2001年とも6月から9月上旬にかけて発達した。

塩分濃度

塩分濃度は調査直前の降雨による影響を強く受けるものの、水温の季節変動と負の相関を示した。2001年1月中旬から2月までの全層において34.5PSU以上の最も高い値が観測された。また、2001年9月には降雨の影響で表層の塩分濃度は25PSU前後に低下し、密度躍層が認められた。なお、2001年の7月の水温下降時に St. 70では34.5PSUの高塩分濃度の底層水が水深20m付近まで上昇しており、その前後の月とくらべて表層と底層間での塩分濃度差は小さくなっていた。2000年と2001年を比較すると、2000年は6-7月にかけて降雨による表層の低塩分層がみられたが、2001年のこの時期は低塩分層もあまり発達しなかった。これらの違いを除くと、塩分濃度は6-7月と9-10月に表層で低く、鉛直混合が起こっている1-2月に全層にわたって高かった。

透明度

St. 40および St. 70における透明度の季節変化を Fig. 3に示す。透明度は両測点とも2000年12月から翌年の1月にかけて最も高く、21.5mを記録し、2000年7-8月が最低で2.5-4mであった。年間を通じては1月から徐々に低くなり植物プランクトンの春季ブルームがおこる3-4月頃に5m前後となりこの傾向は8月頃まで続き、水温が低下しプランクトン量が低下する9月下旬以降12月にかけて徐々に高くなり20m前後となった。

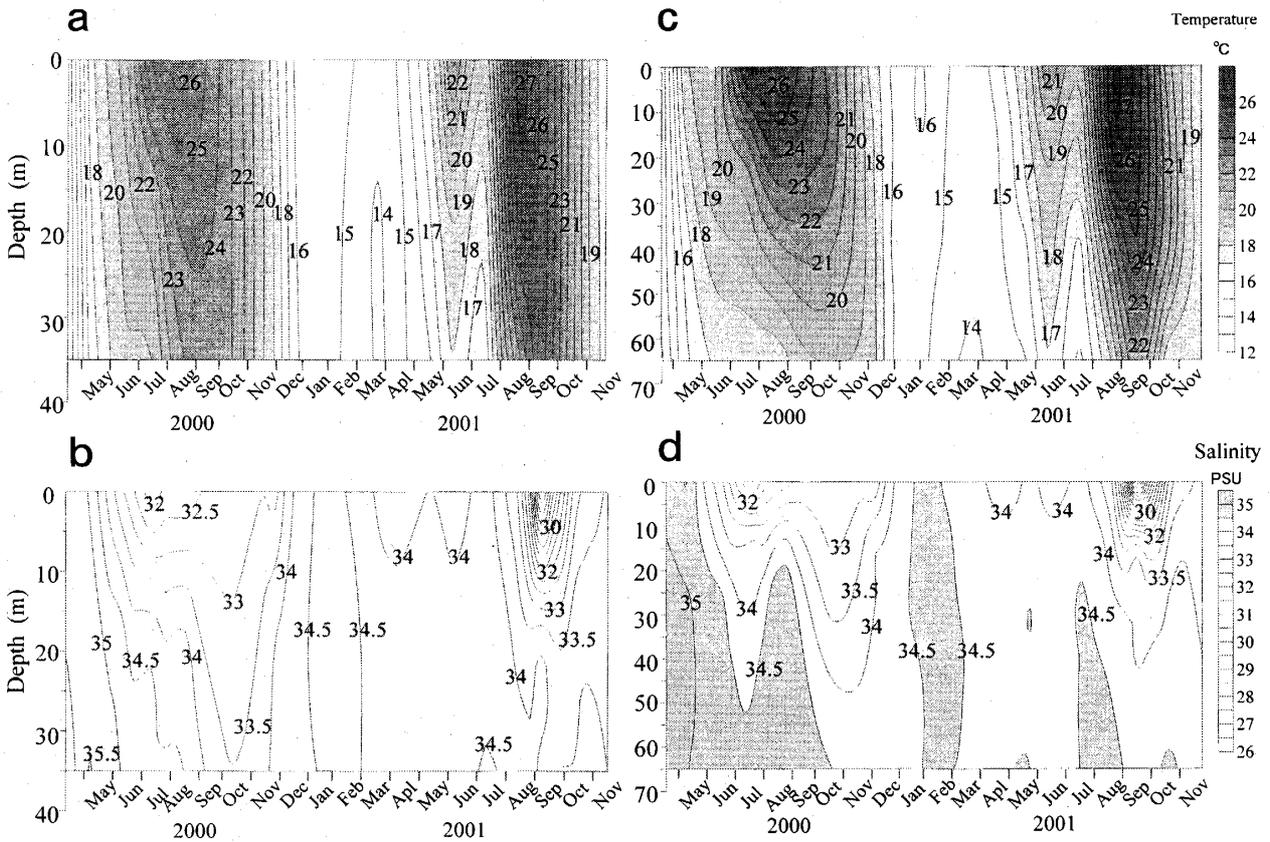


Fig. 2 St. 40 と St. 70 における水温 (°C) と塩分濃度 (PSU) の鉛直構造の季節変化. a: St. 40 における水温 b: St. 40 における塩分濃度 c: St. 70 における水温 d: St. 70 における塩分濃度

光量

調査期間中の St. 40 および St. 70 における水中光量が、海面光量の 1% となる深度の季節変化を Fig. 4 に示す。海面の 1% 光量となる深度は、調査開始の 2000 年 5-7 月にかけて 20m 以浅であったが、その後急激に深層へ移動し、10 月から翌 2001 年の 2 月にかけては両地点とも水深 40m 以深を示した。St. 40 は水深が 40m であるが、この値は、St. 40 の海底での光量が、この期間中ずっと海面光量の 1% 以上であったことを示すものである。2001 年の 7 月は前年に比べると 1% 深度は 30m 以深にあり、前年よりも 10m 以上深かった。

降水量

真鶴半島周辺海域での月別降水



Fig. 3 St. 40 と St. 70 における透明度 (m) の季節変化

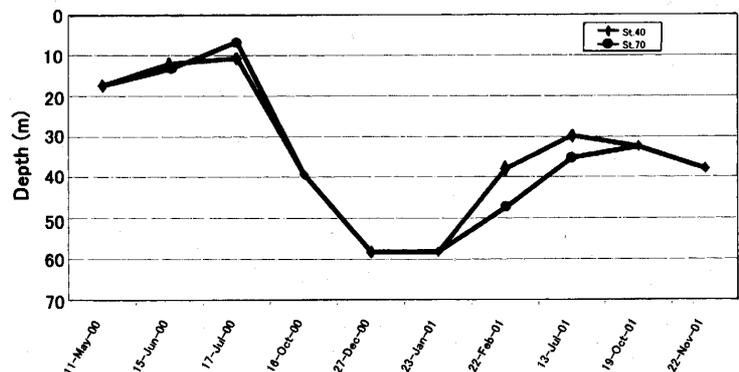


Fig. 4 St. 40 と St. 70 における表面光量の 1% 透過深度の季節変化

量を Fig. 5 に示す。年間を通じた月別降水量の変動は、梅雨時の 6-7 月と秋雨時の 9-10 月に高く、11~4 月に低い値を示した。

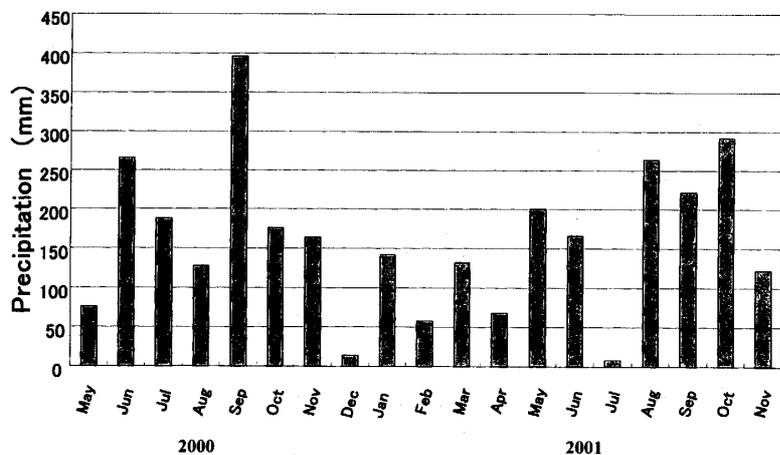


Fig. 5 真鶴半島周辺域における月別降水量 (mm)

水柱の栄養塩類濃度とクロロフィルa濃度

St. 40 および St. 70 における栄養塩類濃度の季節変化を Fig. 6 と Fig. 7 にそれぞれ示す。珪酸塩は St. 40 では 2000 年 6 月に 5m 層で $11.24 \mu\text{mol} / \text{l}$ の高濃度を示し、8 月には全層で $3 \sim 4 \mu\text{mol} / \text{l}$ と低濃度となり、11 月から翌年の 2 月にかけては鉛直方向にほぼ均一で $9 \sim 11 \mu\text{mol} / \text{l}$ の高濃度を示した。3-4 月は全層で低濃度になったが、7 月にかけて全層で $10 \sim 17 \mu\text{mol} / \text{l}$ の高濃度を示した後、8 月に全層で低濃度を示した。St. 70 も St. 40 とほぼ同じ変動傾向を示したが、65m 層はほとんどの月で 65m 以浅の層よりも高濃度であった。

硝酸塩と亜硝酸塩は St. 40 では 2000 年 8 月に全層で $0.5 \mu\text{mol} / \text{l}$ 未満の低濃度となり特に 5m 層では硝酸塩が $0.16 \mu\text{mol} / \text{l}$ とほぼ枯渇した。10 月から翌年の 1 月までは全層を通じて $3.2 \sim 5.8 \mu\text{mol} / \text{l}$ と高濃度の範囲で推移した。4 月以降は 5m 層、20m 層の硝酸塩濃度が急激に低下し、6 月には 5m 層で $0.17 \mu\text{mol} / \text{l}$ とほぼ枯渇した。7 月には全層で $5.4 \sim 10.7 \mu\text{mol} / \text{l}$ の高濃度となったが、8 月には全層で低濃度となった。

リン酸塩濃度の経時的な変動は亜硝酸塩 + 硝酸塩濃度の変動とほぼ同じであった。St. 40 では珪酸塩濃度や亜硝酸塩と硝酸塩濃度よりも低い

値を示した。5m 層でのリン酸塩の枯渇は 2001 年の 5~6 月に起ったが、7 月には全層で高濃度となり、5m 層では $0.48 \mu\text{mol} / \text{l}$ の高濃度を示した。しかし 8 月には全層で低濃度となり 10 月の 35m 層では $0.02 \mu\text{mol} / \text{l}$ と非常に低い値を示した。

一方、St. 70 における 5-40m 層のリン酸塩濃度の変動は St. 40 とは多少異なっていた。特に 5m 層のリン酸塩の枯渇が St. 40 よりも早い 2001 年の 3 月 ($0.02 \mu\text{mol} / \text{l}$) から始まった。一方、65m 層のリン酸塩濃度は全期間を通じてほとんどの月が他の層よりも高濃度で推移した。

クロロフィル a 濃度

St. 40 と St. 70 におけるにおけるクロロフィル a 濃度の季節変化を Fig. 8 に示す。St. 40 のクロロフィル a 濃度は全期間を通じて 5m 層が高く、35m 層で低かった。2000 年 8 月のクロロフィル a 濃度は 5m 層で $7.8 \text{ mg Chl } a / \text{m}^3$ と高い値を示し、10 月以降は全層で低い値となり翌年の 1 月までは徐々に低下した。一方、2 月以降は高くなり 3 月は全層で急激なクロロフィル a 濃度の上昇がみられ、5m 層では調査期間を通じて最高の $9.7 \text{ mg Chl } a / \text{m}^3$ を記録した。その後は 5 月頃まで高濃度を維持し、6 月の 5m 層で再びピークを示した後 7 月に急激な低下を示し、その後 $0.7 \sim 1.7 \text{ mg Chl } a / \text{m}^3$ の低濃度で推移した。

St. 70 におけるクロロフィル a 濃度は St. 40 とほぼ同じような変動を示し、65m 層のクロロフィル a 濃度はほぼ全期間を通じて他の層よりも低濃度で推移し、季節的水温躍層が発達する 6-9 月にかけては特に低く $0.06 \sim 0.26 \text{ mg Chl } a / \text{m}^3$ であった。

プランクトンの種組成と細胞数

St. 40 における動物プランクトン個体数と植物プランクトン (珪藻) 細胞数の季節変化を Fig. 9 に示す。珪藻類の細胞数は 2001 年 8 月に最多の約 2.4×10^7 万 cells/ m^3 を、2001 年 11 月に最少の約

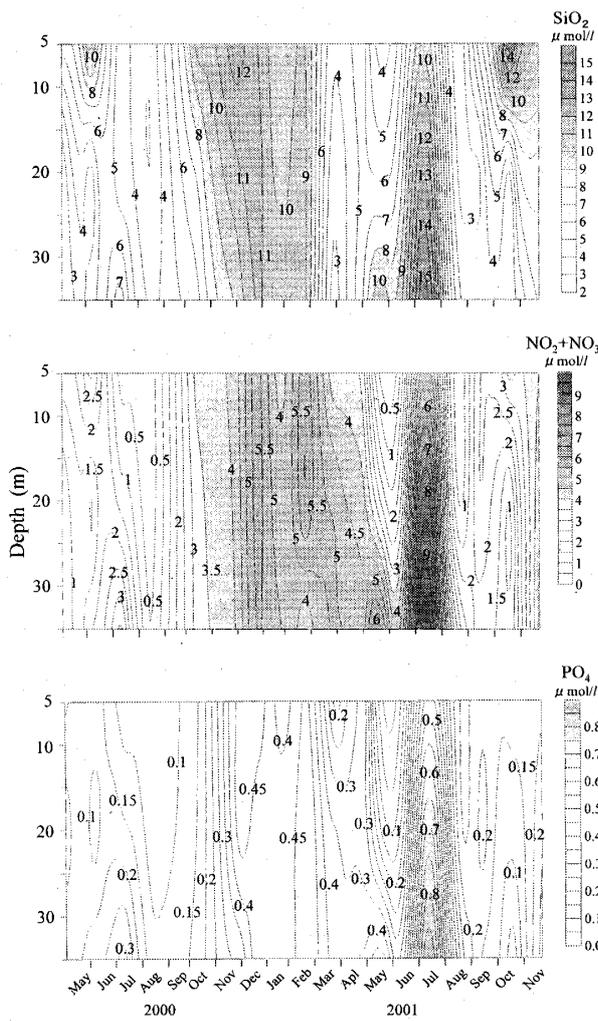


Fig. 6 St. 40における栄養塩類濃度の季節変化. 上から珪酸塩濃度、亜硝酸塩+硝酸塩濃度、リン酸塩濃度

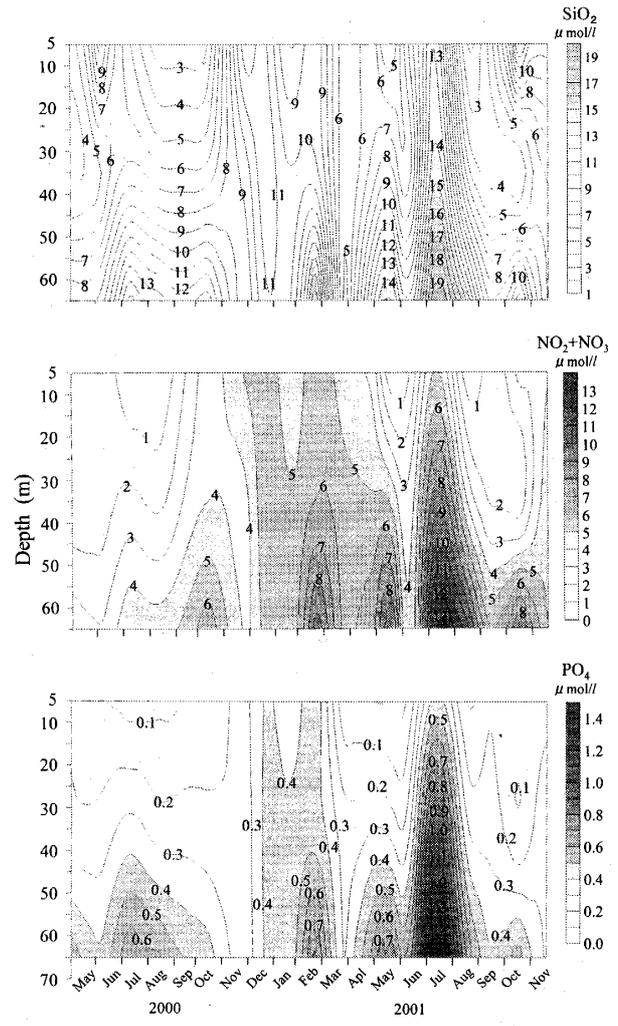


Fig. 7 St. 70における栄養塩類濃度の季節変化. 上から珪酸塩濃度、亜硝酸塩+硝酸塩濃度、リン酸塩濃度

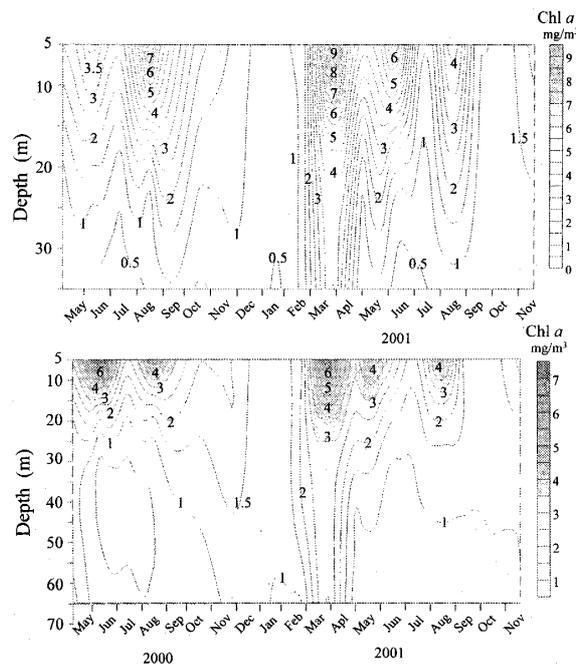


Fig. 8 St. 40 (上) と St. 70 (下) におけるクロロフィルa濃度の季節変化

15000 cells / m³を示した。St. 70での珪藻類の細胞数の季節変化は St. 40とほぼ同じ傾向を示した。

季節変化は St. 40とほぼ同じ傾向を示した。

考 察

水温、塩分濃度、栄養塩類、光量の変動

調査期間中の海洋環境は、St. 40と St. 70ではほぼ同じ変動を示し、水温と塩分濃度は負の相関を示した。2001年は梅雨明けが例年よりも早かったため、7月の降水量が前年に比べても特に少なかったのが特徴である (Fig. 5)。この影響で2000年とくらべ梅雨時の表層の塩分濃度は高く、また表層の栄養塩類濃度も前年のこの時期とくらべると少なかった。しかし2001年7月は前の月にくらべ、全ての層で栄養塩類濃度のレベルが高く、同時に水温の急激な降下が観測された。これは調査の数日前から続いた南西風の強吹の影響で、沿岸湧昇がおこったためであると思われる。

この沿岸湧昇により低温で高塩分の栄養塩濃度の高い水深100m以深の水が、水深100m以浅へ上昇したと考えられ、その結果、一時的に成層が消失し、塩分濃度も水深20m 付近まで高塩分 (34.5PSU) となり、さらに栄養塩類濃度が全層にわたって高くなったものと思われる (Figs. 6,7)。

一般に栄養塩類の増加の原因として、降雨による河川水からの供給がよく知られているが、河川水は海水に比べ密度が低いため、海洋の表層に拡延し10m以深にまで直接影響を及ぼすことは希で、湾内に流入した河川水は4~5日を

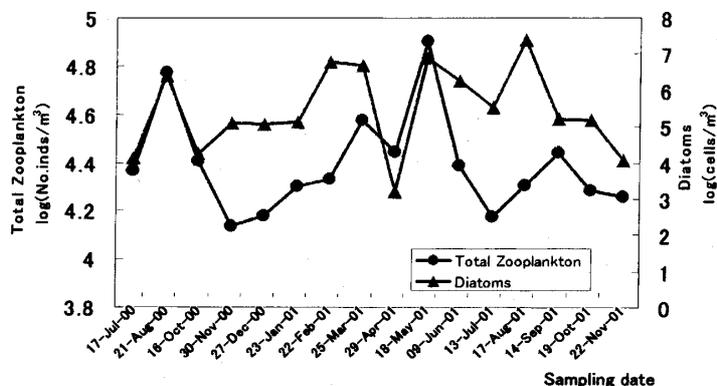


Fig. 9 St. 40における動物プランクトン個体数と植物プランクトン (珪藻類) の細胞数の季節変化

植物プランクトンの種組成の変動

St. 40に出現した珪藻類と渦鞭毛藻類の割合の季節変化を Fig. 10に示す。調査期間中のほとんどの月で珪藻類が優占し、渦鞭毛藻類は2000年7月と2001年4月に97%以上の出現を示した。調査期間中を平均すると珪藻類が77.3%、渦鞭毛藻類が22.7%の割合であった。2000年7月の渦鞭毛藻類は大半が *Ceratium fusus* であり、8月の珪藻類は *Thalassiosira* spp. である。10月は珪藻類が約40%、渦鞭毛藻類が約60%を占め、珪藻類では *Thalassiosira* spp. が50%を占めた。また渦鞭毛藻類の *Ceratium tripos* が68%と多かった。12月は *Chaetoceros* spp. が優占した。2001年2月は約50%が *Rhizosolenia* spp. で、次が *Chaetoceros* spp. であった。3月は *Eucampia* spp.、*Chaetoceros* spp.、*Stephanopyxis* spp. が優占し、4月になると珪藻類に代わって渦鞭毛藻類の *Noctiluca scintillans* の大発生が起こり、5月には珪藻類の *Nitzschia* spp.、*Chaetoceros* spp.、*Rhizosolenia* spp. が優占、7月には再び渦鞭毛藻類の *Noctiluca scintillans* が多く出現、8月には珪藻類の *Skeretonema costatum* 単一の大増殖が見られ、9月には渦鞭毛藻の *Ceratium fusus* が顕著な増加を示した。

St. 70における植物プランクトン組成の

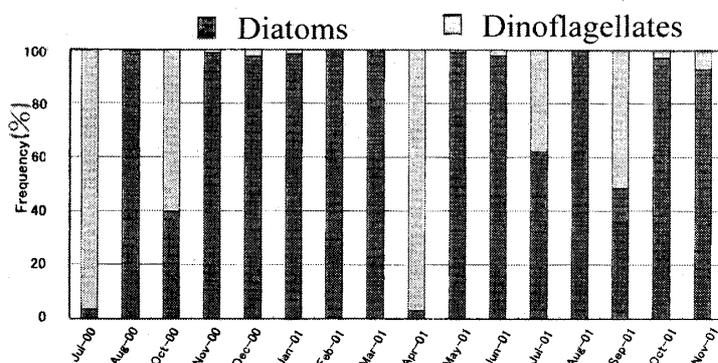


Fig. 10 St.40における珪藻類(Diatoms)と渦鞭毛藻類(Dinoflagellates)の出現割合の季節変化

要して周囲の海水と混合希釈を繰り返しながら消滅していく(岩田, 1979)。調査日5日前からの降水量合計と5m層の栄養塩類濃度の関係をみると、栄養塩類の増加に降雨が関わっている可能性は6月の梅雨時と9月の秋雨時に高いものと考えられる。2001年9月は調査数日に近海を通過した台風の影響により多量の降雨がもたらされたが、5m層での栄養塩類濃度の急激な増加は認められなかった。このとき St. 40表層の栄養塩類濃度は、珪酸塩濃度が $13.25\mu\text{mol}/\text{l}$ 、亜硝酸塩+硝酸塩濃度が $29.98\mu\text{mol}/\text{l}$ と非常に高い値を示したことから(5m層ではそれぞれ $6.53\mu\text{mol}/\text{l}$ と $2.45\mu\text{mol}/\text{l}$)多量の降雨があった場合には塩分濃度による強い密度躍層ができ、栄養塩類の増加が降雨直後に5m層にまで及ばない場合があることが示唆された。

光量については、今回の調査では12~2月が低い値で推移し、7月に高くなり、11月に再び低い値となっていた。1995~96年に同海域で実施された研究によると、表層の光量は9~12月に減少し1~5月までが段階的に増加、6~7月は変わらず9月以降再び減少するとされており(Victor, 2000)、冬期より夏期の方が海洋表層の光量が強くなる傾向は同じであった。光合成有効放射照度(PAR)の1%透過深度は透明度が良くなる12~1月にかけて約60mと深くなり、逆に透明度が悪くなる3~7月にかけては30m以内と浅くなっている。これは St. 40では冬季の透明度の良くなる時期に海底付近でも光量が1%以上あり、海底と海底付近や海底で植物プランクトンや海底に分布していた付着珪藻類などが増殖できることを示している。しかし、St. 70では年間を通じて海底の光量が1%を超えることは無く、海底付近に分布した植物プランクトンあるいは底生性の藻類が生活を続けることはできないことを示唆している。

植物プランクトンの消長と海洋環境との関係

2000年は8月に特に St. 40の5m層で小型の *Thalassiosira* spp. を中心とする珪藻類が増殖したためクロロフィル *a* 濃度が急激に上昇したが、この増殖に伴い栄養塩類は急激に枯渇し、調査期

間中の最低を示した。この珪藻類の増殖は St. 70よりも St. 40において顕著であり、沿岸域の狭い水域内でも植物プランクトンの分布と現存量に違いがみられたことになる。これには水温や塩分濃度、栄養塩類濃度に明瞭な差異がみられなかったことから潮流や風波等の物理的な集積過程が大きく影響しているものと考えられた。

2001年の2月になると St. 40の35m層の亜硝酸塩+硝酸塩濃度が20m層や5m層よりも減少した。これは St. 40の水深40mの海底付近においても、植物プランクトンや底生性の珪藻類が増殖できる光環境にあったことから、海底でこれらの藻類が硝酸塩を利用して光合成をおこなった結果であると思われた。一方 St. 70ではこの時期でも海底に海面の1%の光量すら届いていないため、藻類が増殖できず結果的に硝酸塩の消費が抑えられたものと考えられた。また2月は水柱内に *Rhizosolenia alata* が大量に確認され、珪藻類の春期ブルームが開始していたものと考えられた。3月には *Stephanopyxis* spp., *Chaetoceros* spp. そして *Eucampia* spp. などの連鎖体をなす大型の珪藻類の大規模な出現が認められ、これが原因となって全層で珪酸塩の急激な低下が起こったと考えられた。4月に発生した珪藻類の急激な減少は、3月の珪藻類の大増殖によって、珪酸塩が一時的に枯渇したためであると思われた。

5月の珪藻類の大増殖時、St. 40, 70ともに海底近くの層で全ての栄養塩類濃度が上昇していたが、この時期は成層があまり進行していない。そのことから、こうした栄養塩類の出現には1) 海底付近での有機物の分解と2) 調査海域外から調査海域の深層への流れの存在が考えられ、さらなる調査が必要であろう。6月は5月の珪藻類の大増殖によって、栄養塩類濃度が全層で減少傾向にあったが、表層での珪酸塩とリン酸塩は逆に増加していた。これはこの時期に比較的まとまった降雨があったことから、降雨によって陸域起源の物質を介しての栄養塩供給の可能性を今後、詳細に検討すべきであろうと思われる。

8月は珪藻類の *Skertonema costatum* が大発生

し、栄養塩類濃度は7月に比べて全層にわたって急激な減少を示したが、これは、水温が高い時期に赤潮をおこす *S. costatum* (Han, et. al., 1992) が7月の高水温と高栄養塩類濃度によって大発生した結果であると考えられた。

9月は調査日の数日前に台風が近海を通過し、調査海域では大規模な混合が起こった結果、水温と塩分濃度の下降により、強い密度躍層が形成されたものと考えられる。この月は渦鞭毛藻類の *Ceratium fusus* が大発生したが、本種は前年の7月にも大発生しており、その大発生時の海洋環境を比較してみると両年とも表層での塩分濃度の低下が起こっていた。このことから急激な塩分濃度の低下が *C. fusus* の増殖を誘発する要因になっている可能性が示唆された。

植物プランクトンは水温や塩分濃度の鉛直的な変動、また降雨や風による水柱の物理学的攪乱、そしてこれにともなう栄養塩類濃度の鉛直変化と密接に連動して変動している様子が明らかになった。また、本研究によって植物プランクトンの分解過程と栄養塩類の現場海域への供給過程に関する調査研究の重要性が再確認された。

植物プランクトンの分解過程については、動物プランクトンによる摂餌とともに、現場海域における動植物プランクトンの海底への沈降過程の研究ならびに植物プランクトンの主な分解者である海洋バクテリアとバクテリアの現存量を制御していると考えられるウィルスや従属栄養の微小鞭毛藻類 (HNF) の個体群動態についての詳細な研究が必要となる。一方、栄養塩類の現場海域への供給過程については降雨による陸域起源物質の現場海域への供給と現場海域外から潮流や沿岸湧昇等によって供給される過程とその規模について総合的な調査が必要となる。

謝辞

本研究を進めるにあたり、創価大学工学部教授田口哲博士、助教授戸田龍樹博士には有益な助言を頂くとともに、光量のデータの提供ならびに分析機器の利用に便宜を図っていただいた。ここに厚く御礼申し上げます。横浜国立大学

教育人間科学部教授小池敏夫博士、助教授村山治太先生には走査型電子顕微鏡と分析機器の操作の指導ならびに御助言を頂いた。横浜国立大学教育人間科学部附属理科教育実習施設の朝倉芳文技官には施設の使用に便宜を図っていただいた。横浜国立大学教育人間科学部海洋生物学研究室と創価大学工学部生物海洋学研究室の卒業生、在学生各位には船上作業ならびに実験室での分析に協力をいただいた。

本研究は神奈川県教育委員会からの大学院派遣研修として行われたものである。この貴重な機会を与えていただいた神奈川県教育委員会、並びに神奈川県立三崎水産高等学校に謹んで深く御礼申し上げます。

引用文献

- 青野英樹 2000 相模湾における春期大増殖時の植物プランクトン群集の変動過程. 横浜国立大学大学院教育学研究科修士学位論文 120pp.
- 千原光雄, 村野正昭編 1977 日本産海洋プランクトン検索図説. 東海大学出版会
- Han, M-S. K. Furuya and T. Nemoto, 1992. Species-specific productivity of *Skeletonema costatum* (Bacillariophyceae) in the inner part of Tokyo bay. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 29: 262-273.
- Holm-Hansen, O. C. J. Lorenzen, R. N. Holmes and J. D. H. Strickland, 1965 Fluorometric determination of chlorophyll. *J. Cons. Perm. Int. Expl. Mer.*, 30, 3-15
- 板倉 茂 2001 内湾における水質環境の変化と植物プランクトン生態系. 月刊海洋 33: 393-398.
- 岩田静夫 1979 平均場から見た相模湾の海況. 神奈川県水産試験場相模湾資源環境調査報告書 II: 15-26.
- 岩田静夫 1985 相模湾, II 物理. 日本全国沿岸海洋誌 (日本海洋学会沿岸海洋研究部会編), 東海大学出版会, : 401-409.
- 鎌谷明善・奥 修・辻久 恵・前田 勝・山田佳昭 2000 The Distribution and Fate of Nutrients in Sagami Bay. 日本水産学会誌, 66: 70-79
- 小山ちさと 1999 相模湾真鶴半島周辺海域における浮遊珪藻類の多様性について. 横浜国立大学教育学部卒業論文 65pp.

岡市友利 1977 赤潮現象 赤潮の科学. 第2版, pp. 5-41. 恒星社厚生閣、東京

Satoh, F., K. Hamasaki, T. Toda and S. Taguchi (2000): Summer phytoplankton bloom in Manazuru Harbor, Sagami Bay, central Japan. *Plankton Biol. Ecol.*, 47: 73-79

Suzuki, R. & T. Ishimaru, 1990 An improved method for the determination of phytoplankton chlorophyll using N, N-dimethylformamide. *J. Oceanogr.*, 46: 190-194

戸田龍樹・菊池知彦・濱崎恒二・高橋一生・藤木徹一・Victor Kuwahara・吉田輝明・田口 哲、2000 相模

湾真鶴港における海洋環境の周年ならびに経年変化-1995年から1999年-*Actinia* (横浜国立大学理科教育実習施設研究報告書) 13: 31-41

Victor, S. Kuwahara, T. Toda, K. Hamasaki, T. Kikuchi and S. Taguchi 2000 Variability in the Relative Penetration of Ultraviolet Radiation to Photosynthetically Available Radiation in Temperate Coastal Waters, Japan. *J. Oceanogr.*, 56: 399-408

山田佳昭・岩田静夫 1992 相模湾の最近の海洋環境の変化傾向. 水産海洋研究, 56: 149-153