

要 旨

第1章 東京湾の概要

東京湾の地形・地質や社会的因子など東京湾の概要についてまとめた。東京湾は、河川などに由来する栄養塩類の供給が多く、しかも閉鎖性が強いいため、それらの栄養塩類は希釈されにくくあるいは外洋に放出されにくいので、赤潮や青潮が発生しやすい状況にある。

第2章 公共用水域水質測定結果から見た水質変動特性

第2章第1節 横浜市沿岸および沖合域の水質変動特性

1981年度から1985年度までの公共用水域水質測定結果を用いて、横浜市沿岸および沖合域の計11地点の水質変動特性を調べた。成層構造は4月から10月頃まで続き、8月に最も発達しているが、赤潮の発生時期は6月に集中しており、その大きな要因は季節的なもののほか降雨後における水温の好適温度への上昇であった。赤潮は沖合よりも沿岸の方で、東京湾の湾口よりも湾奥の方で多く発生するが、多摩川などの影響が及ぶ扇島沖では赤潮の発生頻度は最も高かった。平潟湾内、扇島沖、横浜港内、平潟湾沖の上層および全地点の下層は窒素が制限因子となっていた。制限因子が窒素である地点は河川水や底質の直接的影響を受け易い場所であるが、鶴見川河口は他地点に比べ相対的に窒素濃度が高いためリンが制限因子となった。

第2章第2節 帷子川感潮域における水質の長期変動傾向

都市型河川である帷子川の感潮域における過去15年間の公共用水域水質測定結果を用い時系列解析を行った。その結果、水質時系列の変動成分には、季節変動のほか、3年程度の周期変動や減少および増加のトレンドが認められた。3年程度の周期変動は降雨量の年々変動に起因するもので、降雨量の多い年に有機汚濁成分や $PO_4\text{-P}$ および $NH_4\text{-N}$ は希釈効果により低濃度を示し、 $NO_3\text{-N}$ は中間流出の影響が高まるため高濃度を示した。減少のトレンドを示す項目は有機汚濁成分や $PO_4\text{-P}$ などであり、この要因として下水道の普及効果などが考えられた。一方、 $NO_3\text{-N}$ は増加のトレンドを示し、その要因として $NH_4\text{-N}$ の硝化反応の促進や窒素汚染の地下水などからの影響が考えられるが、さらに調査が必要である。 N/P 比は増加してきており、富栄養化の制限因子はNからPに変わった。

第3章 水質変動と気象変動との関連

第3章第1節 根岸湾と本牧沖における赤潮の消長と気象因子の影響

光学的自動測定機を組み込んだブイを横浜市沿岸海域に設置して、夏期の約3カ月間、水質の連続観測を行い、植物プランクトンの消長に対する気象因子の影響を検討した。その結果、植物プランクトン量の増減は水温変動と密接に対応しており、特に降雨後の水温の上昇はその増殖速度を高めること、また水温が高めに維持されると成層構造が形成され栄養塩の豊富な河川水が海域上層に保持されやすくなることなどが明らかとなった。そして、そのような状態が組合わさった時に、赤潮は発生しやすいと考えられた。植物プランクトンは一日の中では14~15時に最大増殖を示す場合が多く、また、本海域では、高濃度COD時におけるCOD成分のほとんどは植物プランクトンに由来すると推察された。

第3章第2節 強風下における水質変動の特徴

夏季における赤潮の消長と強風との関連を調べるため、光学的自動測定機を組み込んだブイを根岸湾に設置し水質の連続観測を行うとともに、海水を採取し水質分析を行った。その結果、強風が吹くと低水温・高塩分の底層水が湧昇し、上層の植物プランクトン量は減少するが、リン酸態リンは底層水からの供給を受けるためその濃度は逆に上昇した。その後、風速が弱まり晴天が続くと、上層の水温は上昇し塩分濃度は減少した。このように水温躍層が発達するにともない、とくに日中の植物プランクトン量は増加し栄養塩類は消費された。栄養塩類のなかでも、リン酸態リンの減少割合は大きいことから、リン酸態リンが制限因子になっていると考えられた。

第3章第3節 堀割川河口の水質におよぼす潮位振動の影響

光学的測定機を用い堀割川河口の表層水質を約2週間にわたって連続測定し、河川感潮域における水質変動特性を調べた。水質変動には主として潮位振動に伴う12時間周期成分と日周変動による24時間周期成分が認められ、12時間周期成分から潮汐作用による海水の移流が海域からの二次汚濁の負荷影響を感潮域にもたらしていることがわかった。感潮域における植物プランクトンの増殖は海域の場合と同様に気象によって影響され、主として水温が上昇し塩分が低下する時に増殖速度は大きくなる傾向を示した。感潮域より海域の方が植物プランクトン由来と考えられる濁度成分が多かった。

第4章 横浜市沿岸域におけるプランクトンの特徴

今回は、横浜市沿岸域の水質や東京湾に出現する赤潮生物種の特徴を把握するために、井上(1986)、鳥海(1986)、鳥海(1989)、河地ら(1989)、本多ら(1992)の報告、今回水尾らが調査した1991年から1993年までのデータ、鳥海が調査した1994年のデータから得られたプランクトンの優占種について検討した。

その結果、出現頻度の高いプランクトンとして、*Skeletonema costatum*, *Nitzschia pungens*, *Heterosigma akashiwo*, *Nitzschia longissima*, *Stephanopyxis palmeriana*, *Prorocentrum triestinum* など内湾性の赤潮プランクトンが見られた。外洋性種はほとんど観察されなかった。

考察の中で、東京湾で赤潮を構成する種について、それらが他の本邦沿岸に出現する赤潮種と、特に分布の関係について検討した。また、調査結果から、東京湾の内湾はかなり冷水性のプランクトンの棲息に適合が見られることが推測され、そのことにより増殖が制限される種の存在と、東京湾が過栄養化のために、その増殖を制約されている種の存在が考えられた。

第5章 東京湾における水質濃度分布の季節別特徴

東京湾内約40地点の公共用水域水質測定結果にベイズ型季節調整および離散薄板補間という統計的手法を適用し、東京湾の上下層における毎月の代表的な水質濃度分布図を作成した。その空間濃度分布の季節別特徴は以下の通りである。

- (1) 水温は上下層とも5月から10月までは湾口部より湾奥部のほうが高く、それ以外の月は湾口部のほうが高い。
- (2) 塩分濃度分布から、上層では荒川や多摩川の河川水が西岸に沿って湾口部に向かうこと、逆に下層では外洋水が湾口部から西岸に沿って北上し多摩川河口の沖合まで達していることが認められた。
- (3) 上層のCODは湾奥部から西岸にかけて高く、特に水温が植物プランクトンの増殖に最適な20℃前後に

なる6月は年間で最も高くなる傾向を示した。

(4)上層においてはDOはCODの濃度分布と類似し、下層のDOは4月から徐々に低下していき年最高水温を示す9月になると最も嫌氣的となり湾奥部では1 mg/l以下の水域も出現した。

第6章 リモートセンシングによる赤潮等の分布推定の基礎的検討

東京湾の水質観測は、従来から船を用いて行われてきた。この方法では、サンプリング地点数にも限界があると同時に、観測データはサンプリング時間の違いによる水質変動などの問題を持つ。赤潮の分布状況などの把握においても観測範囲はかなり限定的な狭い水域となってしまう。

これを補完する観測方法の一つとして、人工衛星データの利用が考えられるが、まだ研究段階である。実用化に向けて人工衛星データの利用方法を検討するにあたっては、衛星データと衛星運行時の水質とを比較する方法が考えられるが、水質データを数点取るためには、衛星運行時間からのズレは避けられず、その時間帯における水質変動が少ないことが望まれる。ここでは、人工衛星が東京湾を運行する時間帯、9時40分頃における水質変動についてブイや設置型による自動連続計測システムにより検討し、衛星運行時間帯においては、水質変動が少ないことが明らかになった。また、水温及びクロロフィルa濃度についての衛星データと水質データとの比較結果から、衛星運行時の前後90分以内の水質データは、90分以上の時間帯のデータに比べて観測時間のズレによる影響が小さいことが推定できた。また、人工衛星データから水質を推定するための実測データとして自動連続光学計測データを使用する場合の問題点について検討した。その結果、光学計測をCODやクロロフィルa濃度などの水質の推定に利用する場合においては、同一調査地点での機器更正が必要であることが明らかになった。

第7章 ランドサットTMデータによるクロロフィルa濃度の推定手法

リモートセンシングデータとしてランドサットTMデータによる水質、特にクロロフィルa濃度の推定法について検討した。衛星データはエアロゾルの影響を受けるために、水質を推定する場合においては、エアロゾルの影響の補正が不可欠である。エアロゾルの影響の補正手法については、Gordonらによって明らかにされているが、国内では検討の域を出ていず、TMデータによる水質推定手法についてはまだ明らかにされていない。ここでは、まず快晴日でエアロゾルの影響のほとんどないような条件の同日のTM及び水質データとの関係を明らかにした。次にエアロゾルの影響のあるシーンについて、クロロフィルaとTM各バンドとの相関係数行列をSPM(浮遊粒子状物質)との関係で検討した。その結果、クロロフィルa濃度は、SPMが $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ より小さい場合、クロロフィルa濃度が高い時にはTM各バンドとの間に相関が見られ、TMデータから推定が可能であることを明らかにした。

また、SPM濃度と各TMデータとの関係において得られた単回帰式を用いることによって、SPM濃度が高い場合においても、バンド1によってSPM濃度を推定し、その推定値をバンド4から除くことによってクロロフィルa濃度の推定が可能であることを数式で明らかにした。この数式から求めたクロロフィルa濃度について実測値と相関分析をおこない、有効性を明らかにした。

第8章 大気推定アルゴリズムによるクロロフィル a 濃度の推定

SPM と各 TM データとの関係において得られた単回帰式を用いることによって、SPM が高い場合においては、バンド 1 によって SPM 濃度を推定し、その推定値をバンド 4 から除くことによってクロロフィル a 濃度の推定が可能であることを数式で明らかにした。この数式から求めたクロロフィル a 濃度について実測値と相関分析をおこない、有効性が推定できた。また、この数式を用いてクロロフィル a 濃度の推定画像を求めた。SPM 濃度が低い場合には、推定式からクロロフィル a の濃度差を抽出することはできず、第 7 章におけるエアロゾルが低いと思われる場合の単回帰式の適用など推定式の改良が必要と思われた。