

# 論文審査の結果の要旨

氏名 ズウ ゾンファン

閉鎖性内湾に面する陸域は人間生活に適した自然条件となる場合が多いため、多くの大都市が発達している。東京湾はその典型であり、背後に約 3,000 万人の人口を抱えて海域面積 1ha 当たりの流域人口が 300 人となり、世界で最もその密度が高い。このような地域では人間活動が集中するために、様々な環境問題が起きる可能性が高い。人間活動の結果として排出される汚濁負荷、特に栄養塩負荷は海域の富栄養化をもたらし、植物プランクトンの過剰増殖による赤潮を頻繁に発生させるとともに、底層水が貧酸素化・無酸素化し、生物生息を阻害することになる。さらに、東京湾においては底層水が湧昇することによって生ずる青潮問題が他の閉鎖性海域とは比較にならないほど深刻であり、それによって浅海域の底生生物や魚類の斃死をもたらし、生態系を劣化させるとともに、水産資源に被害を及ぼす。したがって、青潮現象を解明し、その予測とともに、防止するための知見を蓄積することが、社会的に強く求められている。

本研究は、青潮の発生条件に関して、大局的な理解と予測を可能とするために、理論式を展開することによって考察したものである。第 1 章は序論であり、閉鎖性内湾としての東京湾の特徴を述べるとともに、そこで起こる青潮現象に関する既往の知見を紹介している。その上で、本研究の目的と方法、さらに論文の概要を述べている。

第 2 章では、理論式の展開が行われている。水温・塩分の異なる 2 層密度流を対象とし、風による湧昇流とともに青潮が発生することを念頭に置く。この状況の下で、基礎方程式を単純化し、2 層密度流モデルの基礎方程式を導出し、方程式の解の基本的な性質について論じている。続いて、風の吹送時間が短い時間帯に生じる、風上側の湧昇現象を解析している。その解は定常的な部分と、時間変化する部分で構成され、風の吹き始めからの 2 層の運動を解析的に表示することができる。ここで、底層水が海水面まで届く現象を湧昇ととらえ、青潮の発生条件としている。この結果は、既往の研究に比べて、湧昇の非定常解を組織的に表し、さらに、青潮の発生の議論に直接結びつけたことに特徴がある。次に、風の吹送が継続して、コリオリ力が支配的となる時間スケールでの解を導出している。ここでは、時間とともに増大する項と、振動する項が存在している。そのうち、増大項を抽出して、前と同様に底層水が海水面に届くことを湧昇の条件として、判定式を導いた。これらを取りまとめ、東京湾の北東岸および南東岸に青潮が発生するための、風の条件を導いた。

第 3 章では、導出した湧昇の発生条件と、東京湾での実際の青潮の発生条件とを比較し、理論の検証を行っている。まず、理論式を東京湾に適用するために、種々の定数を実際に即して決定して与えた。その結果を青潮の観測結果と比較し、検討を行っている。月ごとに密度躍層の強度を変えて比較した結果、理論結果はほぼ良好な発生限界を与えていることが確認され、有効性が検証された。

第 4 章では、理論結果を用いて、青潮を引き起こす湧昇の発生条件に関する感度解析

を行っている。表層および底層の層厚や密度変化、さらに湾の長さや幅、緯度の影響、界面および底面摩擦などの影響を調べた結果、密度差が減少することによって湧昇が発生しやすくなる様子が明らかにされた。これは、真夏よりも秋口になって青潮がしばしば発生するという事実を裏付けるものとして、風向が北寄りに変化することとともに重要な要素となっていることを示している。また、時間の経過に伴うコリオリ力の影響の増大と関連して、吹送時間によって湧昇を発生させやすい風向の考察も、理論式に基づいて行われている。

第 5 章は結論である。本論文で導いた解析解の限界について述べるとともに、得られた結論を取りまとめている。風の吹送の初期においてコリオリ力の影響が支配的ではない場合には、湧昇が発生するための風による海面摩擦力の最小値は、密度差、表層厚の自乗、および湾長の逆数に比例する。さらに、コリオリ力が支配的となって、南東岸に湧昇が発生する場合には、吹送時間が一定時間よりも長いこととともに、海面摩擦力が吹送時間および湾や二層の寸法から決まる値以上であること、および密度成層の強度、湾の幅、表層厚、コリオリ係数などから決まる値以上であることが条件となる。最後に、この問題に対する解析解および数値計算によるアプローチについて、今後の課題を述べている。

以上の研究成果は、閉鎖性内湾において環境への悪影響の深刻な青潮に対し、東京湾で青潮を引き起こす湧昇現象を解析的に解明したものとして環境分野における学問的価値があり、博士（環境学）の学位を授与できると認められる。

以上 1,932 字