

論文提出者氏名 Hussain Mohammad Asad

閉鎖性内湾の沿岸域は、その静穏性や平坦な地形に恵まれるために、世界中において開発利用が高度に進み人口密度が高い地域が多い。我が国では東京湾、大阪湾、伊勢湾の三大湾がその代表であり、米国のチェサピーク湾やサンフランシスコ湾などが挙げられる。閉鎖性内湾では人間活動が活発であることの影響を受けて、赤潮や青潮などに代表される水環境問題が生じ、生態系の劣化や水産資源の減少につながる場合も多い。したがって、水環境の保全・修復を実現するためには、そこでの諸現象を理解する必要がある。中でも流動場は水環境の基本的な要素であるが、気象、河川流入、外海水の侵入などにより、複雑な地形の中での密度流場を形成するために、現象の理解が不足している。特に、潮汐にともなう往復流の中で平均流として残る残差流成分は、水や物質の移動や収支に関係する重要な要素となる。本研究は、閉鎖性内湾の水質を含む水環境に大きな影響を与える流動場の数値シミュレーションモデルを、特に残差流の再現性に焦点を当てて構築し、そのモデルを主に東京湾に適用して、そこで起こる流動場と水質に関する現象の解明を試みたものである。

第1章は序論であり、流動場、特に残差流に着目した本研究の意義について述べるとともに、現地計測に基づく数値シミュレーションモデルの構築を目的とする、本論文の構成が記述されている。

第2章は現地計測について述べている。まず、現地計測を主に行った東京湾についてその概要を説明するとともに、計測手法を述べている。そして、各計測地点における計測結果を示し、気象を始めとする外力との関係を論じている。特に風と残差流との関係が密接であることを確認するとともに、冬期のように密度成層が形成されていない場合に比べて、夏期のように密度成層が形成されている場合には複雑な鉛直構造となることを指摘している。

第3章は本論文で構築する数値シミュレーションモデルの骨格について、過去の研究成果を紹介しながら説明している。基礎方程式となるのはコリオリ力を含むナビエ・ストークス方程式と連続式であり、これらに対して静水圧近似とブシネスク近似を適用することにより、方程式の単純化を行っている。その上でシグマ座標と呼ばれる境界適応型の座標系を用いた表示を示している。また、同時に計算される水温と塩分の保存方程式を示し、さらに境界条件を示して、モデル方程式の全体をまとめている。構築された数値シミュレーションモデルを用いて、まず、単純化された内湾地形における流動を計算し、海水面の加熱・冷却、淡水流入、風、および潮汐のそれぞれの要因による流動について

シミュレーション結果を示すとともに、その解釈を試みている。さらにこのモデルを東京湾に適用し、それぞれの要因の効果によりどのような流動場が発生するかを示し考察を加えることを通じて、モデルの妥当性を示すとともに、密度成層の有無と風向が夏期および冬期の流動場を決める支配的な要因であることを示している。

第4章では、鉛直拡散係数の評価方法について改めて考察している。特に、第3章までに用いた0方程式モデルから、Melor-Yamadaによる2方程式モデルによる鉛直拡散係数の評価がより一般的に妥当であることを述べるとともに、それを改良したモデルを提案してその妥当性を検証している。その上で、東京湾の3地点における計測結果が、ある程度の精度で再現されることを示すとともに、改めて風による流動場の再現が妥当に行われることを示している。

第5章では、構築された数値シミュレーションモデルを用いて計算した残差流の時系列変化を、計測結果と比較し、夏期の成層化した状況における複雑な鉛直構造も再現できることを示している。特に、夏期の成層期に北風によって、中層において風向と逆方向の流れが形成され、その流速が表層の風向と同方向の流れの流速よりも大きくなるという現象を指摘した。その上で、この現象が本モデルによって再現されることを示した。

第6章では、流動場と水質との関係のうち、特に貧酸素化とその湧昇にともなう青潮現象を本モデルにより再現している。特に、北風により千葉側に青潮が発生する場合と、強い南風により横浜側に青潮が発生することがある場合について、風の吹き始めからの流動の変化を示し、湧昇流の発生場所が時間的に変化する様子を再現している。ただし、青潮の発生は風のみによるのではなく、吹送開始時における貧酸素水塊の存在場所や成層強度などが関係することも、シミュレーション結果から明らかにしている。

第7章は結論であり、第6章までに得られた結論をとりまとめるとともに、今後の課題に言及している。

以上のごとく、本論文は閉鎖性内湾における流動場の数値シミュレーションモデルを構築し、それをを用いて水環境を支配する残差流場を再現し、解明するとともに、貧酸素化とその湧昇現象による青潮の再現計算を行ったものである。この研究成果は閉鎖性内湾の水環境の解明・保全・修復に有用な知見を提供するものである。よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。