

審査の結果の要旨

論文提出者氏名 北澤大輔

超大型浮体式構造物を埋立方式に替わる人工島として利用する場合、浮体はその周辺海域の海洋環境に与える主な影響として、浮体による海水流動場の変化、大気と海洋間の運動量・熱・塩分・酸素等のフラックスへの影響、さらには浮体に付着する生物による浮体近傍の水質の変化、ならびに、付着生物の海底への脱落に伴う底質および海底直上の水質の変化などが指摘されてきた。わが国では平成7年度から開始された超大型浮体式構造物に関する研究開発(以降、メガフロート・プロジェクトと略称する)では、浮体による種々の環境影響が詳細に検討されたが、浮体に付着した生物による影響については、多くの検討課題が残された。このような背景をもとに、本研究では、超大型浮体式構造物が海洋生態系に与える影響、とくに、浮体に付着した生物が周辺海域の水質や物質循環に及ぼす影響を正確に捉えることに重点を置き研究が実施された。

超大型浮体式構造物の海洋環境の事前検討には、浮体周囲の海水流動ならびに生態系の挙動を数値モデルで記述しこれを数値的に解く、いわゆる数値シミュレーションの手法が有力な方法として、従来からも利用されてきたが、その結果の妥当性について十分な検証が行われてきたとは言い難い。また、浮体に付着する生物を的確にモデル化し、浮体周囲の水質の計測結果と詳細に比較し、その妥当性を検証した例は皆無に近い。したがって本研究では、浮遊生態系、底生生態系に加え、さらに付着生態系を新たに導入し、これらを同時に考慮することにより、超大型浮体式構造物周辺の生態系の挙動予測の精度が向上することを検証している。検証には、上記メガフロート・プロジェクトでの実海域実証実験に使用されたフェーズⅠ浮体(長さ300m、幅60m、深さ2m、喫水0.5m)、フェーズⅡ浮体(長さ1000m、幅60~121m、深さ3m、喫水1m)周辺で実施された計測結果が使用されている。

本論文は6章で構成されている。第1章は緒言で、研究の背景、および研究の目的が述べられている。

第2章「数値モデル」は、本研究で用いられた生態系モデルは海水流動を記述する物理モデル、海面から海底直上までの水柱環境と海底の堆積物中の底生環境を記述する化学・生物モデルで構成されること、さらには海面上での浮体の挙動と付着生物を記述する浮体モデルの説明に充てられている。とくに、本研究の中心である付着系を記述するモデル(付着生物モデル)は、従来の底生系モデルで考慮されてきた底生生物のうち、本研究での主たる検討対象であるムラサキイガイを中心とした付着生物と、ほぼ同様の生活様式を持つ生

物のモデル化を参考に定式化されている。このように構築された生態系モデルには多くのパラメータが含まれているが、本研究での検討は専ら東京湾を浮体の設置海域と想定しているため、東京湾の生態系に適用可能なパラメータの推定結果をまとめている。

第3章「生態系モデルの検証」は、第2章に述べられた生態系モデルの有効性を、前記メガフロート・フェーズIおよびIIの浮体周辺で実施された水温、塩分の海洋物理場、溶存酸素、クロロフィル a、栄養塩などの化学・生物場の観測結果と生態系モデルのいわゆるリアルタイム・シミュレーションの結果を比較することにより検証している。塩分の計測値にはセンサー部への生物付着による精度低下があり十分な検証はなされていないが、水温については年間変動や風の吹送による数日スケールの変動、さらには日射や潮流による半日ないしは1日周期の変動が、数値シミュレーションによって良好に再現されることを示した。

一方、クロロフィル a や窒素・リン・珪素の栄養塩などの年間変動は数値シミュレーションによって概ね良好に再現されたが、たとえばクロロフィル a の数日スケールで起こる急変現象は十分には再現されなかった。また、同様のことは溶存酸素についてもいえ、リアルタイム・シミュレーションの精度を上げるために、栄養塩の連続計測を行い栄養塩濃度の変動とクロロフィル a の変動のメカニズムをさらに検討すべきであることなど、今後の課題を整理している。

第4章「浮体モデルの検証」では、第2章で定式化された浮体モデルをメガフロート・フェーズIおよびII浮体設置海域に適用した数値シミュレーション結果と実際の計測結果との直接的な比較により、浮体モデルの検証を行った結果を述べている。とくに、浮体に付着した生物の活動による浮体直下の水質の変化と付着生物の落下による底質の変化を、モニタリングによって定量的に検討した例はほとんどないため、フェーズII浮体周辺海域の海洋環境計測では浮体直下の水質の詳細な鉛直分布の調査を行っている。その結果、浮体直下に置いて、クロロフィル a と溶存酸素が減少し、リン酸態リンとアンモニア態窒素の濃度が上昇することが認められるとともに、これらの現象が数値シミュレーションによって良好に再現できることが述べられている。また、付着生物の現存量やモデル化に関して感度解析を行い、付着生物の定式化の方法とシミュレーションによる予測結果との関係について検討を行っている。その結果、付着生物の活動は周辺海域の餌料濃度や溶存酸素量によって制限されることが示され、海洋生態系における付着生物の機能を正確に見積もるためには、付着生物の動態と周辺海水の性質とを関連づけたモデルを用いる必要があることを指摘した。

第5章「超大型浮体式構造物の海洋生態系への影響」では、前章までの検討でその有効性が検証された生態系モデルを用いた数値シミュレーションによって、内湾に設置された超大型浮体式構造物が海洋生態系に与える影響を評価するに際しては、浮体の設置による諸物質の変化量に着目するのみならず、浮体の設置によって新たに生ずる化学・生物過程に伴うフラックスの評価や浮体の設置に伴う湾内の物質循環の変化(具体的には湾内の炭素

循環)も評価の対象とすることの重要性を主張している。具体的な評価例として、メガフロート・フェーズⅠおよびⅡの浮体のみならず東京湾内の 2 箇所を設置海域として想定した仮想の超大型浮体式構造物(長さ 5 km、幅 1 km)についても検討結果を示している。

第 6 章「結言」は、本研究で得られた知見を総括するとともに、今後の課題を整理している。

以上、本論文は、今後に具体化が予想される超大型浮体式構造物がその周辺海域の海洋環境に与える影響を数値シミュレーションによって評価する手法を展開したもので、その成果は極めて有用である。

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。