

## 学位論文及び審査結果の要旨

横浜国立大学

氏 名 HAFEEZ MUHAMMAD ALI  
学 位 の 種 類 博士（工学）  
学 位 記 番 号 都市博甲第2225号  
学 位 授 与 年 月 日 2021年3月25日  
学 位 授 与 の 根 拠 学位規則（昭和28年4月1日文部省令第9号）第4条第1項及び横浜国立大学  
学位規則第5条第1項  
学 府 ・ 専 攻 名 都市イノベーション学府 都市イノベーション専攻  
学 位 論 文 題 目 Response of hypoxia development in semi enclosed water body to  
global climate change under moderate to worst case scenario  
[複数シナリオに基づいた将来の気候変動に対する閉鎖性海域での貧酸素化  
の応答]  
論 文 審 査 委 員 主査 横浜国立大学 教授 中村 由行  
海上・港湾・航空技術研究所  
研究グループ長 井上 徹教  
横浜国立大学 教授 前川 宏一  
横浜国立大学 教授 早野 公敏  
横浜国立大学 教准授 鈴木 崇之

## 論文及び審査結果の要旨

本論文は、閉鎖性内湾での代表的な水質障害の一つである貧酸素化現象に着目し、将来の気候変動に伴う現象変化予測を、生態系シミュレーションモデルと気象変動予測モデルを組み合わせることで実施したモデル解析的研究である。貧酸素化現象は富栄養化した閉鎖的内湾や湖沼において広く見られる水質悪化現象であり、生態系や漁業生産に負の影響を与えているが、将来的な気候変動に伴って気象場の変化や温暖化の進行が貧酸素水塊等の拡大や長期化につながるものが懸念されている。本研究は、既存の流動・生態系三次元シミュレーションモデルを改良するとともに、それを気象場のモデル（WRF）を組み合わせることで、将来的な複数の気候変動シナリオに応じた貧酸素水塊の発生予測を行ったものである。

本論文は、まず第1章において、内湾の水質管理における貧酸素化現象の重要性や、地球温暖化の影響予測に関する調査研究の必要性など、研究の背景をとりまとめ、本研究の目的を述べている。次いで、第2章においては閉鎖性内湾の水環境に与える地球温暖化影響に関連した研究のレビューをおこなっている。

次に第3章において、研究対象海域である伊勢湾の地理的特徴を述べ、次いで貧酸素水塊の将来予測を行う上で、必要な研究手法を述べている。貧酸素化現象は富栄養化した閉鎖的内湾や湖沼において広く見られる水質悪化現象であり、生態系や漁業生産に負の影響を与えているが、流入汚濁負荷量のみならず、日照や風などの気象条件、湾内の流動や湾の地形的閉鎖性・海水交換等にも依存して変動するなど、複雑な物理化学過程が複合的に組み合わさって影響を与えている現象であるため、その変動予測には高度な流動・生態系三次元シミュレーションモデル解析が必要となる。さらに、将来的な気候変動に伴って気象場の変化や温暖化の進行が貧酸素水塊等の拡大や長期化につながるものが懸念されている。本研究は、既存の流動・生態系三次元シミュレーションモデルを改良するとともに、それを気象場のモデル（WRF）を組み合わせることで、将来予測を可能としている。本章ではこれらのモデルの組み合わせについて記述している。

第4章においては、現状及び将来の気象場の数値シミュレーションを行っている。将来予測を見越し、現在提案されている既存のモデルからもっとも有用な気象モデルを選択し、まず AMeDAS データを利用した解析結果と比較して、気象モデルの入力条件自体の妥当性を検証した。次に、CO<sub>2</sub> の将来排出量の違いを表現したシナリオから、RCP4.5、6.0、8.5 のシナリオごとに、2100 年前後の 6 年間の気象場の予測を行っている。この予測された気象場は、次章の水質予測での入力条件となるものである。

第5章では、現状及び将来における伊勢湾の貧酸素水塊について、生態系シミュレーションモデルを用いた解析を行っている。まず、現状の貧酸素水塊の規模や期間について、十分な再現性があることを確認したうえで、将来的な気象場の変化に応じて貧酸素化のどのように拡大・長期化するか、さらにその影響因子は何かを明らかにしている。

最後に第6章において、本研究で得られた主要な結論と、今後の貧酸素水塊予測における工学的課題

について整理し、今後の展望を述べている。

以上より、本論文は、閉鎖性内湾における底層水の貧酸素水塊の形成・発達に着目し、流動・生態系モデルとその入力条件を与える気象場のモデルを組み合わせ、複数の気候変動シナリオに応じて、将来的に貧酸素水塊の規模や持続期間の変化をはじめて定量的に明らかにした研究である。風速・風向や日射、気温等の気象条件が流域からの河川流量や汚濁負荷量に影響を与え、それらが複合して湾内の流動や貧酸素水塊等の物質循環に与える影響を定量的に調べることに成功している。解析に用いた気候変動シナリオごとに、複雑な影響因子の寄与を調べ、直接的には底層水の高水温化の影響が大きいことを示した点において、学術的に高い価値があり、将来の気候変動に伴う水質予測に活用できる複数モデルの包括的な枠組みを示した点において工学的な価値がある。来たる気候変動影響を見据えた今後の緩和策・適応策の検討という実務においてもきわめて有用な知見を提示しており、伊勢湾のみならず多くの閉鎖性内湾において実践的な応用が見込まれる。従って、本論文は博士（工学）の学位論文として価値があると認められ、審査委員全員一致して合格と判定した。

さらに、提出された論文に対して、iThenticate により剽窃、盗用の不正行為を確認したが、自身の発表論文の重複箇所を除き、剽窃や盗用に該当するものは無いことを確認した。

注 論文及び審査結果の要旨欄に不足が生じる場合には、同欄の様式に準じ裏面又は別紙によること。