

## 学位論文及び審査結果の要旨

横浜国立大学

氏名	永尾謙太郎
学位の種類	博士（工学）
学位記番号	都市博甲第2072号
学位授与年月日	2019年3月26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	沿岸域における微生物ループを再現した数値シミュレーションモデルの開発と生物生産性の拡大に資する施策の在り方に関する研究
論文審査委員	主査 横浜国立大学 教授 中村由行 名城大学 特任教授 中田喜三郎 横浜国立大学 教授 勝地弘 横浜国立大学 准教授 田中伸治 横浜国立大学 准教授 鈴木崇之

## 論文及び審査結果の要旨

本論文は、わが国の代表的な閉鎖性内湾である伊勢湾を対象に、微生物群集に関する豊富な実測値をベースに、微生物ループを考慮して内湾の食物連鎖構造の特性を表現できる数値シミュレーションモデルを構築し、栄養塩濃度の変化に対する内湾生態系の応答解析を行った研究である。従来の内湾食物連鎖解析ではほとんど無視されてきた微生物ループの影響を取り入れることで、魚介類などの高次生産に及ぼす栄養塩濃度変動の影響をはじめ定量的に解析することに成功している。従来までに実施されてきた代表的な環境施策であるCODや栄養塩類の総量削減の将来的な影響を調べ、栄養塩の削減は一次生産の低下よりも速い速度で高次生産を減少させること、それを補って生物生産性を向上させるためには下水道施設の栄養塩管理運転や干潟・浅場造成が重要であることを示している。

本論文は、まず第1章において研究の背景を述べ、第2章で研究の目的を述べている。また、第3章において研究の構成と研究フィールドについて、さらに第4章で関連した既往研究のレビューを行っている。

次に第5章において、伊勢湾における微生物群集に関する現地観測を実施し、内湾における微生物分布の特性や食物連鎖構造の実態把握を行っている。その結果、内湾における湾軸方向に微生物群集現存量に特徴的な分布が見られ、植物プランクトンのうち大型プランクトン現存量は栄養塩濃度と正の相関があるのに対し、栄養塩濃度が低い海域では小型のシアノバクテリアが増加し、微生物ループの寄与が大きくなること、群集間の相互作用があることを見出した。

第6章において、第5章で明らかになった内湾の微生物群集構造の特性を表現するために数値シミュレーションモデルの構築を行っている。既存モデルからの改良点として、まずモデル要素として捕食の嗜好性を新たに加えるとともに、定常を仮定した簡易な捕食-被食モデルを考案し、シミュレーションモデル解析に必要な微生物間の捕食-被食速度に関するパラメータの値を推定した。改良した数値シミュレーションモデルは窒素・リンなどの空間的な水質に対応した微生物群集の動態を良く再現した。

第7章では、経年的な栄養塩濃度の変化に対する内湾の食物連鎖の応答性を解析している。将来的な栄養塩削減の影響を解析した結果、栄養塩濃度がある閾値よりも低下すると、一次生産の低下よりも速い速度で高次生産を減少させる危険性があることを明らかにしている。

第8章においては、いくつかの海域において試験的に実施されている下水道施設の栄養塩管理運転に着目し、伊勢湾全域で管理運転が行われた場合のケーススタディーを行っている。栄養塩管理運転は、近年の栄養塩の低下によって生物生産性の減少が生じているというのではないかという指摘を受けて行われて始めているものの、実施した場合に夏季の貧酸素水塊の拡大が懸念されている。そのため、本章では貧酸素水塊の縮小と生物生産性の維持・拡大を両立させるための施策検討を行い、栄養塩管理運転と共に干

濁・浅場造成が生物生産性の向上のためには重要であることを示している。

最後に、第9章において、本研究で得られた主要な結論と、今後閉鎖性内湾において生物生産性を向上させるための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、閉鎖性内湾生態系の食物連鎖における微生物ループの寄与をはじめ定量的に明らかにした研究である。栄養塩濃度の低下に応じて微生物ループの寄与が高まり、その結果高次生産性がより低下することを示した点において、学術的に高い価値があり、内湾生態系構造の解析ツールとしてのモデルを開発し、内湾の水環境管理に活用できることを示した点において工学的な価値がある。さらには今後の水環境施策の選択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、専門用語や短い一般的な現象の定義表現を除き、剽窃や盗用に該当するものは無いことを確認した。

平成31年2月4日（月）午前10時40分より環境情報1号棟6階談話室において、全審査委員全員が出席のもとに約1時間にわたり永尾謙太郎氏の学位論文の公聴会を開催し、学位論文の内容の発表と質疑応答を行った。その後引き続き11時40分より、同室において学位論文の審査を行った。その結果、本論文は学位論文に相応しい内容を有しており、質疑にも的確に対応していると判断された。また各審査委員により、関連する土木工学の科目について口頭試問を行い、博士（工学）にふさわしい十分な学力を有することを確認した。また、修了に必要な単位も取得済みである。

外国語については、国際会議プロシーディング論文（査読付き）が英語で書かれており、国際会議における英語による発表において優秀発表賞の実績があることから十分な英語力を有していると判定した。

対外発表論文は、以下の2編の査読付き論文集への発表のほか、1編の国際会議論文での発表があり、学位取得に必要な内規（1編以上）を満たしている。

1. 永尾謙太郎・中村由行（2017）：伊勢湾における微生物ループの実態把握とそのモデル化，土木学会論文集B2（海岸工学），Vol. 73, No. 2, I\_1327\_1332.
2. 永尾謙太郎・中村由行（2018）：伊勢湾における窒素・リン濃度に対する微生物ループの応答，土木学会論文集B2（海岸工学），Vol. 74, No. 2, I\_1243\_1248.
3. Nagao, K. and Y. Nakamura（2018）：Modeling the Response of Pelagic Food Web to Nitrogen and Phosphorus Concentration in Ise Bay, Proceedings of Water Environment Technology Conference. (WET2018).

以上より、当該学生は土木工学の分野において博士の学位を得るにふさわしい学識を有するものと認められる。よって審査委員会として最終試験に合格であると判定した。

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。