

氏 名	ふじ はら まさ ゆき 藤 原 正 幸
学位(専攻分野)	博 士 (農 学)
学 位 記 番 号	論 農 博 第 2123 号
学位授与の日付	平 成 9 年 3 月 24 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 2 項 該 当
学 位 論 文 題 目	MODELING FLOW AND WATER QUALITY IN AQUACULTURE GROUNDS (水産生物生産場における水理・水質モデリング)
論文調査委員	(主 査) 教 授 河 地 利 彦 教 授 坂 本 亘 教 授 長 谷 川 高 士

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、新しい漁場開発技術として注目されている人工湧昇流発生構造物及び波のエネルギーを利用して海水交換を図る中間育成池という2つの新しい水産資源増大のための施設について、流れと水質に関する水環境予測数値モデルを開発し、現場への実際の適用を通じてそれらの有効性を検証したものである。

第1章は緒論であり、本研究の背景と位置づけを述べるとともに、人工湧昇流発生構造物の概念と中間育成に関係した栽培漁業の歴史と現状を紹介している。

第2章では、湧昇流に関する従来の研究を総括・整理している。

第3章では、沿岸海域の水と物質の移動現象を支配する方程式群（運動方程式・連続方程式・塩分及び熱の移流・拡散方程式）を導き、モデル化の基礎となるマルチレベル密度流モデルの基礎方程式を示している。

第4章では、二成層流中に設置された人工湧昇流発生構造物による密度躍層境界面の変形及び上下層の混合機構を、マルチレベル密度流モデルを用いてシミュレートし、水理模型実験結果との比較によりモデルの妥当性を検証するとともに、その適用限界を明らかにしている。さらに水理模型実験及び数値実験結果に基づいて、内部フルード数に依存した湧昇特性を2次元・3次元場について明らかにしている。

第5章では、人工湧昇流発生構造物による湧昇効果を予測する際の基礎となる、物質輸送に重要な役割を果たす潮汐差流の計算について検討している。豊後水道に設置された人工湧昇流発生構造物に対して具体的計算を行い、その際、渦動粘性係数の評価に関して一つの重要な知見を得ている。すなわち、潮汐周期で平均化された潮汐応力を含んだ残差方程式に計算の基礎をおく場合、渦動粘性係数は潮流振幅の自乗に比例させた形で表現しておかなければ、潮汐残差流が正確に評価できないことを明らかにしている。

6章では、潮汐残差流に密度流及び吹送流に起因する残差流成分を加えた全残差流の計算を行うために、観測された密度場を解に反映させることのできる診断モデルを構築し、その再現性を検証している。具体的には豊後水道の8月における全残差流分布の再現を試み、計算結果と観測結果との比較を通じて、本モデルは構造物が設置されている地点において概ね満足のいく結果を与えることを確認している。

第7章は人工湧昇流発生構造物に関する最終章であり、残差流と潮流の合成から流れ場を再現する手順を示し、さらには栄養塩と植物プランクトンをコンパートメントとする生態系モデルを構築して流れ場との連成による水環境予測手法を提示している。流れ場の再現ではまず、豊後水道全体の潮流計算結果を用いて、構造物周辺海域の潮流を詳細にシミュレートしている。次に全残差流から潮汐残差流寄与分を除去し、得られた残差流値をいわゆる MASCON モデルにより計算格子上に内挿・分布させている。この残差流場と潮流場を重ね合わせることで構造物周辺海域の潮流・残差流場を得ている。そして、これらの流れ及び生態系モデルによる予測結果は衛星データによるプランクトン分布密度とほぼ一致することを確認している。

第8章と第9章は中間育成池に関する章である。第8章では、砂浜海岸に造成されたヒラメの中間育成池における流れと水質（水温・塩分・溶存酸素（DO））の現地観測結果を示し、それらの変化特性について詳しく分析している。さらに DO の収支計算により、底質、水中懸濁物並びにヒラメによる DO の消費速度を見積もっている。

第9章では、中間育成池の水環境予測モデルを提示している。水温・塩分・DO を水質因子としたモデリングを行い、前章での現地観測結果との対比によりモデルを同定した後、海水流入量の相違による池内の水質分布の変化特性を予測している。そして、海水取入施設の適正規模を決定するのに本モデルの使用が有効であることを主張している。

終章である第10章では、前章までで得られた主要な知見を要約整理し、結びとしている。

論文審査の結果の要旨

水産資源の培養を目的として人工施設を計画、設計する場合、その構造、規模、配置などの決定に際しては対象生物の生理・生態学的な検討とともに、水の物理的な挙動に関する水理学的な検討、さらにはそれと重要な関連をもつプランクトン、水質などの挙動に関する生物・化学的な検討が重要である。本論文は、人工湧昇流発生構造物による造成漁場、中間育成池内海水交換のそれぞれに対して、流れと水質の水環境予測数値モデルを開発して、物理モデル（水理模型）やプロトタイプとの対比を通じてそれらの有効性を検討したものであり、評価できる主要な点は以下のとおりである。

- (1) マルチレベル密度流モデルによって、人工湧昇流発生構造物により生じる成層密度流の複雑な二次元及び三次元構造、特に湧昇効果に重要な影響を及ぼす密度躍層境界面と成層破壊による上下混合機構が精度よく再現できることを明らかにした。
- (2) 潮汐応力項を含んだ残差流方程式により潮汐残差流を解析する場合、より厳密に潮汐残差流を評価するには渦動粘性係数を潮流振幅の自乗に比例する関数として表現すべきことを明らかにした。
- (3) 観測された密度場から全残差流を求める手順、さらには全残差流から潮汐残差流寄与分を差し引いて非潮汐人工湧昇流発生構造物を求めこれに潮流場を合成する手順を示して、構造物周辺海域の潮流・人工湧昇流発生構造物場を効率的に推算する方法を提案した。そして、得られた流れ場を生態系ダイナミックモデルに反映させることにより、人工湧昇流発生構造物による植物プランクトンの増殖過程が十分満足のいく精度で再現できることを明らかにした。

(4) 中間育成池における水環境の予測では、これまで単純な集中系モデルが多用されてきたが、本論文ではそれに代わる分布系モデルを提案して、池内の流れと水質の時間的、空間的変動が予測できる精緻で一般性の高いモデルを開発した。モデルは、池の最適形状や海水取入施設の最適規模を決定する際に使用でき、中間育成池の設計支援モデルとして有用である。

以上のように、本論文は新しい水産土木学的技術により造成された水産生物生産場における水理学的な物理環境問題と生物・化学的な水質環境問題に対して数値解析的な接近を試み、両者の連成系として水環境のモデル化を行ってその有効性を実証したものであり、水産工学、環境水理学の発展、並びに増・養殖漁場の環境造成の実際面に寄与するところが大きい。

よって、本論文は博士（農学）の学位論文として価値あるものと認める。

なお、平成9年1月23日、論文並びにそれに関連した分野にわたり試問した結果、博士（農学）の学位を授与される学力が十分あるものと認めた。