

氏名(本籍)	中村 明日人 (神奈川県)
専攻	安全システム建設工学専攻
学位の種類	博士(工学)
学位記番号	博甲第148号
学位授与の要件	学位規則第5条第1項該当者
学位授与の年月日	令和3年3月24日
学位論文題目	人工魚礁設置海域における環境改善機能評価に関する研究
論文審査委員	(主査) 末永 慶寛 (副査) 寺林 優 (副査) 山中 稔

論文内容の要旨

【背景と目的】

大阪湾は、古くから「魚庭（なにわ）の海」と呼ばれ、魚介類の生育に好ましい一連の環境が揃い、水産資源が豊富で様々な漁業が盛んに行われてきた。しかしながら、高度経済成長期の沿岸域の各種開発等により、湾奥部を中心に埋立や水質汚濁が進行し、赤潮の発生、魚介類の産卵場や育成の場となる浅場や藻場の消失、浚渫等に伴い形成された海底窪地により海水の流れに停滞が生じ、夏季には貧酸素水塊の発生している。また、水処理技術の高度化により流入汚濁負荷量の減少し、これにより大阪湾南部海域での窒素、リン等の栄養塩類の不足が顕著となっており、大阪湾の漁獲量は、1982年の114,000tをピークに近年では概ね230種、年間20,000t前後で推移しており、資源生産力の低下が深刻化している。

そこで、大阪府は、新たな漁業振興策として、大阪湾に存在する恒流の流れを利用して、湾北部から中部の海域に攪拌機能を有する人工魚礁を設置し、海水の鉛直混合を促進させ、貧酸素水塊の発生軽減、河川からの豊富な栄養塩を湾南部に流下させることで、水産資源、漁獲量の増大を図るとともに、海域環境の改善を図っている。

この事業に用いられている人工魚礁は、既往の研究の中で、水理実験による流動制御機能の検証、流動制御効果の影響範囲の定量的評価がなされており、実海域でも流動制御機能の実証が試みられており、生物蛸集効果調査においても、その有用性が確認されているが、設置後の流動制御機能と周辺環境の変化を関連付けた研究成果は乏しく、人工魚礁を用いた漁場造成事業における両者の定量的評価が求められている。

そこで、本研究では、実海域に施工されている人工魚礁による環境改善機能について、各種現地調査手法により定量的に評価することを目的とした。

【方法及び結果概要】

①流動制御効果について、人工魚礁設置実海域及び未設海域（対照区）において、超音波ドップラー流向流速計を用いて曳航観測を行い、併せて実施した水質調査の結果も用いて濁度解析を実施した。その結果、人工魚礁設置区域では海底面上で濁度の巻き上がりが生じていることが確認され、その効果範囲を定量的に評価した。

②底質改善効果について、人工魚礁設置海域において、魚礁近傍とその周辺で採泥調査を行い、採取試料を室内分析に供し、その結果から底質の環境基準の評価項目である COD について着目し、その値を比較することで底質改善効果の検討を行った。その結果、魚礁区近傍では環境基準を下回っているのに対し、魚礁区から離れるほど、環境基準値を上回っている状況が確認された。また、これらの COD 濃度差を下水処理費用に換算し、費用対効果を試算した結果、高い費用対効果が得られた。

③生物蝟集効果について、潜水士による目視調査、水中撮影および付着物生物調査を行い、人工魚礁設置後の生物蝟集状況の確認を行った。その結果、人工魚礁周辺において、カタクチイワシの群れ、大阪府の有用魚種であるキジハタの生息、多くの岩礁性魚類の生息等が確認された。

④人工魚礁の消波機能について、実際に人工魚礁が設置されている海域を想定した水理模型実験により検証を行った。実験では、人工魚礁の配列数を変更させ、与えた不規則波による波高を人工魚礁前面と背面で計測し、得られた結果を元にエネルギーを算出し、施設前面と背面での比較を行った。その結果、波長に対する施設幅との関係性、施設前面と背面でのエネルギースペクトルの差が確認され、人工魚礁の防災施設としての有効性を検証した。

⑤総合評価として、①～④の結果を元に、人工魚礁の持つ環境改善機能を定量化するために必要な調査手法の検討、その定量化について整理した。さらに、現在飛躍的に進化している調査技術について、より効果的、かつ安価な調査手法とその評価方法、今後の課題についてとりまとめた。

審査結果の要旨

審査申請者は、これまで定量的評価が困難であった人工魚礁設置後の環境改善機能について、湾内に形成される恒流の特性に着目し、その流れを制御可能な人工魚礁設置後の海水の鉛直混合、貧酸素水塊の抑制、栄養塩の流下等を促進させることによる水産資源、漁獲量の増大に資する海域環境改善機能の定量的評価に関する研究を行った。

本研究成果は、これまで定量的評価に乏しかった人工魚礁の海域環境改善機能について体系化し、海域特性に応じた人工魚礁の活用や整備・改良に反映させていくことが期待されていることに加え、近年、人工魚礁設置後の海域環境変化の定量的評価を反映した漁場整備方策が求められている中で、対象海域の環境条件に即した、より高度な水産資源生産

力向上技術を開発するための有用な知見を得ている。

これらは、今後の漁場造成水域の環境特性を活用した持続的な水産資源生産力の強化に資するところが多いことから、本学位論文は博士論文に十分値するものと判断した。

本論文は6章により構成され、その概要は以下の通りである。

第1章は、序論として、研究背景、研究目的および人工魚礁の流動制御機能に関する既往の研究の整理を行っている。

第2章は、人工魚礁の流動制御機能に関する検討として、大阪湾において国の水産基盤整備事業で整備されたフィールドを中心に、人工魚礁設置実海域および設置していない対象区において、超音波ドップラー流向流速計を用いて曳航観測を行い、得られた結果から濁度解析を行った。その結果、人工魚礁設置場所では海底面上で濁度の巻き上がりが生じていることが確認され、その効果範囲を可視化かつ定量的に評価した。

本成果は、これまで不明な点の多かった実海域における人工魚礁の効果範囲を明確に示すと共に、今後の漁場造成事業での活用法を提案した。

第3章は、人工魚礁の底質改善機能に関する検討として、実海域における底質改善効果に関し、人工魚礁設置海域において、魚礁近傍とその周辺で採泥調査を行い、採取した試料を分析に供し、底質の環境基準の評価項目であるCODに着目し、その値を比較することで底質改善効果の検討を行った。その結果、魚礁区近傍では、環境基準値を下回っているのに対し、魚礁区から距離が離れるにつれて、環境基準値を上回っている状況が確認された。また、COD濃度差で下水処理費用に換算して費用対効果を試算した結果、高い費用対効果が得られることを明らかにした。

本成果は、これまで不明な点の多かった実海域における人工魚礁の環境改善機能を定量的に評価すると共に、今後の漁場造成事業における費用便益評価法を提案した。

第4章は、人工魚礁の生物蛸集機能に関する検討として、潜水士による目視調査、水中撮影および付着生物調査を行い、人工魚礁設置後の生物蛸集効果の確認を行った。その結果、人工魚礁周辺において、カタクチイワシの群れ、大阪府の有用種であるキジハタの生息、多くの岩礁性魚類の生息等が確認され、人工魚礁の流動制御機能により、魚類の蛸集効果が促進されることを指摘した。

第5章は、人工魚礁の消波性能に関する検討として、実際の人工魚礁が設置されている海域を想定した水理模型実験により検証を行った。実験では、人工魚礁の配列数を変更させ、与えた不規則波による人工魚礁前面と背面の波高を計測し、得られた結果を元にエネルギーを算出し、施設前面と背面での比較を行った。その結果、波長に対する施設幅との関係性、施設前面と背面でのエネルギースペクトルの差が確認され、人工魚礁の防災施設としての有効性を検証した。

第6章は、結論として、人工魚礁の持つ環境改善機能を定量化するために必要な調査手法の検討、その定量化方法について整理した。さらに、現在飛躍的に進化している調査技術について、より効果的、かつ経済的な調査手法とその評価方法、今後の課題について取

りまとめた。

(在学中の学術論文審査)

審査申請者は、これまで人工魚礁設置海域における環境改善機能評価に関する研究を行っており、8編の学術論文(うち5編が筆頭著者)にまとめている。これらのうち6編は平成30年4月に社会人学生として本工学研究科博士後期課程に入学後の業績であり、学術雑誌4編(うち1編が筆頭著者)および国際学会の査読付き論文集2編(全て筆頭著者)に発表し、受理されている。

以上の結果、当該審査に関わる本学位論文は香川大学大学院工学研究科博士後期課程修了の学位に相応しい内容と判断する。

最終試験結果の要旨

公聴会および最終試験(口述試験)を、令和3年2月12日10:00からWeb会議にて実施した。まず、審査申請者は、学位論文内容に関する発表を行い、人工魚礁設置海域における環境改善機能評価に関する検討結果を簡潔かつ明瞭に説明した(約60分間)。その後、質疑応答に移り、審査申請者は、審査委員および聴講者から出た以下の質問に対し、全体的に正確に回答した(約40分間)。

質問と回答の概要は、以下の通りである。

- ・今回実海域で複数種の構造物を設置する際の配置方法はどのように決定したのか。
回答：対象海域の流況特性を考慮し、それぞれの構造物の仕様に応じて配置場所、間隔を水理実験により検討し、最適配置を決定した。
- ・河川構造物等で懸念される洗堀の影響は人工魚礁においては生じるか。
回答：条件によっては洗堀する場合もあるが、本研究においては構造物の形状特性を考慮してそれぞれの配置を工夫することで抑制できている。
- ・本成果を南海トラフ地震等への災害対策に反映させるにはどう考えるか。
回答：今回は津波対応までは考えていないが、本成果による潜堤の天端幅を増大させることによる津波の波高軽減効果は期待できると考える。
- ・全窒素の鉛直分布の評価について。
回答：対象区に比べて試験区では表層と底層の差が小さくなっており、人工魚礁による鉛直混合の影響が発揮されていると考える。
- ・成果の活用について
回答：実海域の各種機能は定量的に評価できたが、今後は効率の良い連続観測は必須条件となると考える。そのために、ラジコンボードと魚群探知機の組み合わせによる新たな観測手法を提案した。本成果の一部は国の施策で活用されている。

公聴会終了後、審査委員による口述試験に移り、研究の背景、関連する専門知識および英語能力について、審査申請者の理解度を確認した(約30分間)。また、審査申請者は本

研究の成果および今後の研究展開についても明確な認識かつ具体的な対応策を持っていることが確認できた。

以上の結果、当該審査に関わる本学位論文が香川大学大学院工学研究科博士後期課程修了の学位（博士（工学））に値するものであり、かつ当該申請者は、専門領域に関する十分な学識と研究能力を有するものと判断し、本最終試験の評価を合格とする。