

氏名(本籍)	^{なみ} 浪 ^{ひら} 平 ^{あつし} 篤 (兵庫県)
学位の種類	博士(農学)
学位記番号	博乙第2345号
学位授与年月日	平成20年2月29日
学位授与の要件	学位規則第4条第2項該当
審査研究科	生命環境科学研究科
学位論文題目	魚道内の流況に着目した階段式魚道の設計に関する研究
主査	筑波大学教授 農学博士 佐藤政良
副査	筑波大学教授 農学博士 島田正志
副査	筑波大学教授 工学博士 宮本邦明
副査	筑波大学准教授 農学博士 足立泰久

論文の内容の要旨

農業水利施設の設置に当たって生態系との調和に対する配慮が強く求められる近年、灌漑目的などの用水のために河川に設置される取水堰では、魚道の重要性が非常に高くなっている。数多い魚道の形式の中で階段式魚道は、適切な設計がなされれば減勢効果が高く、また、魚道内では比較的単純な流況が形成されることから、魚類の遡上に適していると考えられる。しかし、同形式の既設魚道の中には水利設計が適切でないために十分に機能していないものも散見される。そこで本研究は、階段式魚道の長所をより発揮させるため、内部の流況に着目した水利設計法の確立を目指す。なお、この型式の魚道としては隔壁に切り欠き部や潜孔を設ける場合も少なくないが、本研究では、これらを設けないタイプの魚道を対象として、階段式魚道設計の基本的、基礎的な理解を得ることとした。

まず本研究では、魚類は魚道内の流況の違いに対応して遊泳すると考えられることから、プール数が3の実物規模模型を用いて、異なる流量条件に対するプール毎の流況とウグイの遊泳行動の関係を観測、検討した。その結果、上流側の隔壁からの越流水が斜めにプールに突入する流況形態(斜め流)のとき、プール内の主流の下側に生じる小さな渦付近では、ウグイは走流性のため下向きまたは下流向きに定位し、遡上する際にはそこから向きを変えなければならず、向きを変えるときに押し流されてしまう場合が少なくないことを確認した。このことから、設計段階において、想定される越流水深の変動圏内では、従来から不適切であると言われている上流側の隔壁からの越流水がプールに突入せず水面付近を下流する流況形態(表面流)だけでなく、斜め流も生じにくくなるように魚道の構造諸元を選定することが重要であると判断された。

また、前述の観測において、上流側の隔壁からの越流水が鉛直下向きにプールに突入する流況形態(落下流)および斜め流のとき、最上流のプールでは他よりも主流が速くなるためにウグイの定位が困難であり、遡上に失敗する場合も他のプールより多くなることを確認した。この結果をもとに、最上流のプールのみ他よりも勾配を緩和させる改造を行うと、改造前と比べてウグイの遡上率が向上した。これらのことから、通常的设计のようにすべてのプールを同一の仕様にするのではなく、最上流のプールについては設計上、特別の配慮をすることによって魚類の遡上率が向上する可能性が高いと考えられた。

なお、ウグイを使用した実験結果については、アユとウグイと同様の紡錘形をした浮遊魚であり、かつ、

アユの遊泳速度はウグイと比較して著しく大きいことから、我が国で最も多いアユを対象とした魚道に対しては安全を見込んだ評価として利用できると考えられる。

次に、魚類の遊泳に大きく影響する魚道内の流況を精度良く予測するための汎用的な手法の開発を試み、隔壁天端形状が円弧型の場合に対しては、一般座標系において、改良LKモデルとDurbinモデルを適用した標準型 $k-\epsilon$ モデルとVOF法を組み合わせた新たな数値解析手法を開発した。また、隔壁天端形状が傾斜型の場合に対しては、より高い精度を得るため、上で開発した手法をデカルト座標系において表現することを試み、格子の空隙率および格子界面の開口率を0～1の範囲で設定するとともに、流体が傾斜面から受ける摩擦抵抗を考慮する新たな数値解析手法を開発した。そして、実験結果との比較から、本研究で開発した手法が、流況の再現において既往の手法より高い精度と汎用性を有し、設計段階における魚道の内部流況の予測手段として十分適用可能であることを確認した。

さらに本研究では、前述の数値解析の結果を整理し、構造諸元および水理条件と流況形態の関係を明らかにした。この結果から、魚道内の流況形態を推定することが必要な場合、設計段階や運用段階において数値解析を実施しなくても、斜め流および表面流の発生の可能性を簡便に判定することが可能になった。

審査の結果の要旨

本研究は、我が国の河川の取水堰で最も広く採用されている階段式魚道について、魚道内の流況とウグイの遊泳行動との関係を解析し、回避すべき内部流況と判断された表面流と斜め流について、新しい数値解析手法を開発、導入することによって、それらの発生条件を解析、一般的に整理することに成功している。この解析手法は、一般性の高い手法としてその新規性、有用性が高く評価される。また、本研究によって、階段式魚道についての理解が深まり、その効果を発揮させるための条件が明確になった。これらの成果は、階段式魚道を新設する場合だけでなく、既設の魚道に対して機能を評価し、魚類の遡上にとってより適したものに改修する際にも、大きく貢献することが期待される。

本研究は、流況再現のための新しい数値解析手法と適切な階段式魚道のための設計指針を提示している点で、高いオリジナリティと工学的意義を認めることができる。

よって、著者は博士（農学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。