

氏 名 河内 友一

授与した学位 博士

専攻分野の名称 環境学

学位授与番号 博甲第4024号

学位授与の日付 平成21年 9月30日

学位授与の要件 環境学研究科 資源循環学専攻

(学位規則第5条第1項該当)

学位論文の題目 環境負荷低減を目的とした水力発電所の維持管理・開発に関する研究

論文審査委員 教授 西垣 誠 教授 大久保賢治 准教授 鈴木 茂之

学位論文内容の要旨

本研究では、水力発電所の維持管理および開発に関する工学的な課題のうち、その解決により地域規模および地球規模の環境負荷低減に寄与することが期待される3つの課題を抽出し、それぞれの課題に関する現地観測、数値解析および水理実験を実施し、その解決に有用となる現象の解明および解析モデルの構築を行った。本研究で抽出した3つの課題は①水質問題に関わるダム貯水池内流動現象の解明、②水力発電所による下流域への土砂供給不足の解消と発電電力量の増加、③小水力発電開発に伴う水路設計のための数値解析手法の開発である。

まず、水力発電所のダム貯水池における水質問題の解決に有用な知見である貯水池内の流動現象の解明を行った。ダム貯水池の水質問題である富栄養化や濁水長期化の対策における最適な工法の選択にあたっては、貯水池内の流動現象を明らかにしておくことが重要である。そこで、その全貌が未だ解明されていない冷却性の対流循環の流動機構をとりあげ、以下の点をあきらかにした。岡山県のダム貯水池における流速、水質項目の現地観測を実施し、観測した側湾部の湖底近傍において本川に向かう日周期的な下層密度流が確認された。さらに、この観測初期に存在した本川ダム近傍における湖底の貧酸素層が観測後期には消滅した。下層密度流は傾斜ブルームの自己相似解により説明できる流速規模であり、本川ダム壁近傍まで継続していると考えられ、湖底部の低温・貧酸素水が冷却性対流循環に伴う下層密度流により高酸素濃度の水に置換えられていると考えられた。

つぎに、これまで研究対象とされることが少なかった流込み式水力発電所の土砂問題を取り上げ、出水時における下流域への土砂供給と発電電力量の最大化を両立するための実時間土砂流入量予測モデルを構築した。水力発電所の上流域における土砂生産、その土砂の河道内の輸送を再現する数値解析モデルと発電所取水口付近の流れ・取水口への土砂流入、排砂門による下流への土砂排出現象を一般曲線座標系の平面2次元解析により再現する数値解析モデルを構築した。これらの数値解析モデルを用いて過去に連続的に発生した5回の台風出水時における発電所土砂流入現象を再現し、このモデルによる概ね良好な再現性を確認した。以上の数値解析モデルをもとに、取水口地点の流量予測、取水口地点の全流砂量予測および取水口への土砂流入割合の予測モデルを構築した。さらに、これら3つの予測モデルを組み合わせた実時間土砂流入量予測モデルを構築した。この実時間予測モデルによる累積土砂流入量を実測値と比較し、両者が概ね一致することを示した。

さらに、近年開発が期待されているもののその経済性が課題である小水力発電を取り上げ、その発電形式としてよく使用される底部取水型水路を対象とした実用的な数値解析手法の開発を行った。解析手法は水深積分型平面2次元解析手法を基本とし、底部取水型水路の取水口からの流出およびそれに伴う運動量の流出を評価するための項を加えて、水路の流れを計算するための実用的な解析手法を提案した。提案した解析手法の妥当性を検証するために、その解析結果と水理実験およびVOF法による3次元解析結果を比較した。水深が比較的大きい条件では、提案した平面2次元解析手法により水深平均流速および水位は概ね再現できた。一方、水深が小さい条件では、取水口上流端部における水位の再現性に課題があることがあきらかとなった。そこで、再現性向上の方向性を検討するために、1次元数値解析および水理実験を実施し、水深積分モデルにおける圧力項、移流項および運動量流出項を高精度化することで、上流端付近の水位の再現性が向上されることを示した。

論文審査結果の要旨

本研究は、水力発電所の維持管理および開発に関する工学的な課題のうち、その解決によって地域規模および地球規模の環境負荷低減に寄与することが期待される3つの課題を抽出し、それぞれの課題に関する現地観測、数値解析および水理実験を実施し、その解決に有用な現象の解明および解析モデルの構築に取り組んだものである。

主な研究成果としては、水力発電所ダム貯水池における流速・水質項目の現地観測を実施し、貯水池側湾からの下層密度流により底部貧酸素層へ酸素供給が行われていることを明らかにするなど、富栄養化などの水質問題の解決に有用な知見である貯水池内の流動現象の解明を行った。また、流込み式水力発電所の土砂問題を取り上げ、出水時における下流域への土砂供給と発電電力量の最大化を両立するため、水力発電所の上流域の土砂生産・輸送、発電所取水口への土砂流入現象を再現する数値解析モデルを構築するとともに、この数値解析モデルを用いた実時間土砂流入量予測モデルを提案し、実測値と比較してその妥当性を示した。さらに、温室効果ガス削減のためにその開発が期待されている小水力発電において使用される底部取水型水路を対象として、水路の最適設計に用いることができる実用的な数値解析手法を提案し、水理実験と比較することでその妥当性を示した。

ダム貯水池の水質改善、発電所下流域への土砂供給といった発電所流域における地域規模の環境負荷低減と既設発電所の電力量増加・発電所新規開発による温室効果ガスの削減といった地球規模の環境負荷低減は現在重要な課題であり、本研究の成果は非常に意義のあるものと考えられる。

上記の事より、本研究は博士（環境学）を授与するのに値すると判断した。