

(論文内容の要旨)

本論文は、ダム貯水池の持続的管理にとって重要な要素となるダム上流の河川流域から流入する土砂量の予測手法の高度化と、気候変動を踏まえた土砂流入量の変化に基づくダム堆砂量の将来予測について検討し、その成果をとりまとめたものである。論文は、全体8章から構成されている。

第1章では、本研究の背景となる貯水池への土砂流入とダム堆砂問題について概説し、本研究の目的および既往の研究を踏まえた本研究の位置づけ、さらには研究対象とした福井県九頭竜川水系の真名川ダムの概要と流域特性について整理を行っている。

第2章では、本研究に関連する既往の研究をレビューしている。ここでは、ダム流域からの土砂流出に関して、降雨流出・土砂輸送モデル、土砂生産モデル、ニューラルネットワークを用いた土砂流入量予測モデルおよび気候変動モデルについて、本研究の目的との関連について整理を行っている。

第3章では、本研究で用いた降雨流出モデル(NAMモデル(Nedbor-Afstromings Model))について、その基本構造を述べるとともに、対象流域とした真名川ダム流域での実測データを用いたキャリブレーションとこれを用いた検証結果について検討し、良好に再現できることを示している。

第4章では、真名川ダムの上流域における土砂輸送を評価するための河道モデルについて、その基本構造を述べるとともに、対象流域での実測データを用いたキャリブレーションとこれを用いた検証結果について検討し、良好に再現できることを示している。

第5章では、ダム流域の地形・地質・植生データに降雨データを加味した土砂生産モデル(MUSLEモデル: Modified Universal Soil Loss Equation)について、時間降雨量データを用いた改良を加えるとともに、第4章で検討した河道モデルを組み合わせたダム貯水池への流入土砂モデルを検討している。さらに構築したモデルを用いて真名川ダム建設以降25年間の土砂流入計算を行い、実績ダム堆砂量データとの検証を行うとともに、年間総流量とダム堆砂量との相関について検討している。その結果、良好に実績データの再現を行うことができるとともに、大規模な洪水イベントによる土砂流出を適切に評価することが精度向上のために重要であることを指摘した。

第6章では、誤差逆伝播法によるニューラルネットワーク (ANN (Artificial Neural Network)) を用いた土砂流入量予測モデルについて検討を行っている。ここでは、土砂流入を代表するパラメータとして浮遊土砂濃度を取り上げ、これに関連する因子として、時間降雨量に加えて時間降雨量の変化量および前時刻の浮遊土砂濃度を採用し、浮遊土砂濃度の毎時予測手法を提案している。真名川ダム上流域では、自動濁度計による長期観測を実施しており、この浮遊土砂濃度の現地観測データを用いた検証により、提案した ANN は既存の予測手法 (流量-浮遊土砂濃度曲線 (SRC) など) と比較して、流量時系列による洪水波形に対応した浮遊土砂濃度のヒステリシスが再現されるなどの精度向上が図られることを明らかにした。

第7章では、気候変動による土砂流入量の将来変化を予測するために、対象流域である真名川ダム流域の過去の気温と降雨量データのトレンド解析を行うとともに、その統計特性値を用いて発生させた将来気候データに基づき土砂生産量の将来予測について検討を行っている。その結果、0.4度の気温上昇と約50mmの年間降水量の減少が想定され、特に降水量の減少に伴い土砂流入量も減少する結果となった。なお、土砂流入量の長期将来予測に関しては、検討期間中に含まれる大規模な洪水イベントの寄与が重要であり、将来気候ではその強度が増大することが予想され、また、積雪や凍結・融解に関する条件も変化する可能性があることから、これらによる土砂流入量への影響を考慮する必要があることを指摘した。

第8章は結論であり、本論文の主要な結論をまとめ、今後の課題について記述している。

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、ダム貯水池の持続的管理にとって重要な要素となるダム上流の河川流域から流入する土砂量の予測手法の高度化と、気候変動を踏まえた土砂流入量の変化に基づくダム堆砂量の将来予測について研究を行ったものであり、得られた主な成果は次のとおりである。

1. ダム流域からの土砂流出に関して、降雨流出モデル (NAMモデル (Nedbor-Afstromings Model)) および土砂生産モデル (MUSLEモデル (Modified Universal Soil Loss Equation)) を組み合わせて、時間降雨量データを用いた土砂流出量の精度向上を図ることができた。
2. 土砂流出量に河道モデルを組み合わせてダム貯水池への流入土砂の輸送モデルを検討することにより、ダム貯水池への流入土砂量の評価を行うことができた。このモデルを九頭竜川水系真名川ダムに適用し、ダム建設以降25年間の土砂流入計算を行い、実績ダム堆砂量データとの検証により良好に再現できることを確認した。
3. 土砂流入量の短期的評価として、誤差逆伝播法によるニューラルネットワーク (ANN) を用いた浮遊土砂濃度の実時間予測モデルについて検討を行い、時間降雨量に加えて時間降雨量の変化量および前時刻の浮遊土砂濃度を関連因子として採用することを提案した。
4. 真名川ダム上流域の浮遊土砂濃度の現地観測データを用いてANNを構築することにより、既存の予測手法 (流量-浮遊土砂濃度曲線 (SRC) など) と比較して、洪水波形に対応した浮遊土砂濃度のヒステリシスが再現されるなどの精度向上が図られることを明らかにした。
5. 土砂流入量の長期的評価として、気候変動による土砂流入量の将来変化を予測するために、過去の気温と降雨量データのトレンド解析に基づく将来気候データを用いた土砂生産量の予測モデルを構築した。
6. 真名川ダム流域を対象流域に長期的評価を行った結果、降水量の減少に伴い土砂流入量も減少する結果となったが、短時間の洪水イベントはその強度が増大することが予想され、これを踏まえた評価を進めることが必要であることを指摘した。

以上、本論文は、ダムの持続的管理の実現に必要な貯水池土砂管理方策のうち、ダムの流入土砂量の予測手法の向上に関して、土砂生産および土砂輸送の両面から統合アプローチを行ったものであり、かつ、将来の気候変動による影響予測までを対象とした検討を行っており、学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士 (工博) の学位論文として価値あるものと認める。また、平成21年8月24日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。