

1. 序論

1.1 研究背景と目的

我が国では、堤防整備、河道整備、洪水調節施設の整備を進めることで、段階的に流域の治水安全度の向上を図ってきた。具体的には、堤防整備により洪水流の氾濫を防ぎ、河道整備、洪水調節施設の整備により洪水時の河道水位が計画高水位以下となるように河道水位の上昇を抑えることで、流域の治水安全度の向上を図っている。しかし、近年、地球温暖化の進行に伴う豪雨、洪水規模の増大、頻度の増加が懸念される中¹⁾、未だ整備水準の低い箇所も多く、日本各地で甚大な水災害が発生している。

多岐にわたる治水対策の内、洪水調節施設は、河道を流下する洪水のピーク流量の低減や、洪水の遅達をもたらす点から有効な治水施設である。洪水調節施設には、ダムや遊水地、調節池がある。これらの内、ダム貯水池は河川上流部に位置しており、ダムへの流入量、ダムからの放流量は、下流河川の治水計画や流域の洪水予測を行う上での与条件となることから、治水計画上重要な構造物である。ダム貯水池は治水施設としてのみならず限られた水資源を生み出し、水を効率的、効果的に活用するために、ダム流入量、貯留量、放流量の算定が重要となる。

ダム貯水池を流下する洪水流は、貯水池特性（湛水領域の大きさ、縦横断的な河道形状）や、流入洪水の特性により複雑に変化する。例えば、湛水域の大きなダム貯水池では、貯水池内の流速は小さく流れは停滞するが、湛水域の小さなダム貯水池では貯水池内で大きな洪水流動が生じる。このため、効率的、効果的なダム管理を行うには、貯水池特性の違いを踏まえた対策が必要であり、本研究では、以下の2つの課題について検討を行う。

第一の課題は、ダム貯水池内を流下する洪水流の流動、貯留、伝播機構の解明と、ダムへの洪水流入量、ダムからの放流量の評価である。ダムによる洪水調節は、治水計画の基本的要件であることから、古くから検討されてきた^{例えば2)~9)}。一般に、ダム貯水池に洪水流が流入するとき、現行のダム管理では貯水池内の水面がほぼ水平に上昇するとみなして流入量、放流量を算定してきた。すなわち、現行のダム管理では、貯水池下端のダム堤体付近で観測された1点の貯水位とゲートの式から放流量を算出し、ダム放流量と貯水池の水位-水量（H-V）関係からダム流入量を算定し管理が行われている¹⁰⁾（図 1.1-1 参照）。

この手法は、貯水池内の洪水流量の連続関係を用い、ダムへの流入量、ダムからの放流量の関係を簡易に推定可能であるが、複雑な形状を有するダム貯水池を流下する洪水流は、貯水池内を流動、貯留しながら時空間的に流量や水位波形を変形しつつ流下する。したがって、現行のダム管理に用いられるダム流入量、放流量等のダム管理技術は、洪水時の貯水池内の流動、貯留、伝播メカニズムの力学的な検討に基づいて、精度検証がなされなければならない。すなわち、ダム貯水池の流動を知り、複雑な貯水池流れを表現可能な数値解析モデルを開発し、これを用いダム貯水池流れを定量的に扱うことにより、安全で効率

的、効果的なダム貯水池の管理につなげることが重要である。特に、ダム貯水池の土砂管理では、貯水池内の堆砂の進行に伴う貯水容量の減少が懸念されている。複雑な貯水池流れを表現可能な数値解析モデルを開発し、土砂の輸送、堆積機構を詳細に分析することで、貯水池堆砂・排砂問題等、貯水池土砂の合理的な管理につなげることが可能となる。

また、福岡ら^{11)~12)}は、洪水時に観測された水面形の時間変化を説明するように平面二次元解析法¹³⁾や一般底面流速解析法¹⁴⁾による洪水解析を行うことで、多くの河川で洪水流の流量ハイドログラフや貯留量を工学的に十分な精度で算出可能であることを示してきた。この考え方は、ダム貯水池でも同様であり、ダムを含む上下流河川で観測された水面形の時系列データには、ダム貯水池における特徴的な洪水流の流動が現れている。このため、ダムへの洪水流入量、ダムからの放流量を評価するには、構築した数値解析モデルにより貯水池流れを考慮し、観測水面形の時系列データに基づく評価方法の確立が求められている。

第二の課題は、長年にわたり土砂堆積の進行したダム貯水池におけるダム放流量の評価方法である。ダム貯水池の土砂堆積が進行し、貯水池が河道化することで貯水容量が減少したダム貯水池では、貯水池内の河道状況が通常の河川に近い状況にあること、洪水時は水位一定操作等の流下型の放流操作を行うことから、貯水池内で強い流動が発生する。このため、洪水時の貯水池内の水面は水平にはならず、縦断的な水位変化を有し、ダム堤体付近では大きな接近流速が発生する。しかし、現行のダム放流量算定式は、接近流速水頭を無視できると仮定した比エネルギー式より求められている。このため、ダム放流量算定式より評価された放流量は小さめに評価される傾向にある^{15)~17)}。この現象により、ダム下流河川で観測された河道流量とダム放流量に差異が生じ、河道管理上の課題となっている。

このような背景のもと、本研究の目的は、第一にダム貯水池内の三次元的な洪水流動を説明できる数値解析モデルを構築し、その妥当性を示すとともに、貯水池内を流下する洪水流の流動、伝播、貯留機構を明らかにする。また、ダム上下流河川で観測された水面形の時系列データに基づく洪水解析から、ダムへの洪水流入量、ダムからの放流量の評価法を検討する。第二に、土砂堆積が進行し河道化したダム貯水池とその上下流河川で観測された水面形の時系列データに基づく洪水解析からダム放流量を検証し、現行のダム放流量の算定方法が有するダム放流量の算定精度低下要因について検討する。

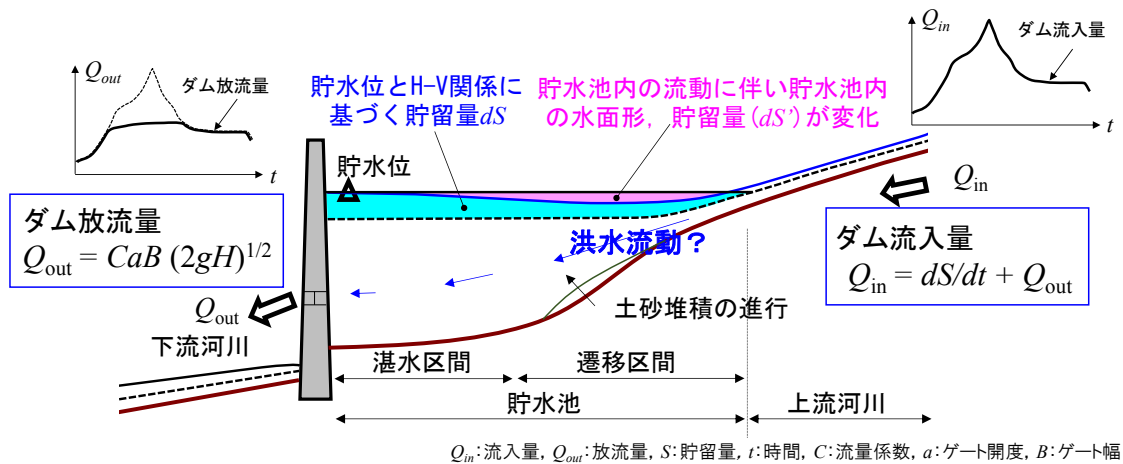


図 1.1-1 洪水時のダム流入量，放流量の評価法

1.2 本研究の構成

図 1.2-1 に、本研究の構成を示す。第 1 章では、研究の背景と目的、本研究の構成を示す。

第 2 章では、ダム貯水池における洪水の流動，貯留，伝播機構に関する既往検討について、現行のダム管理で用いられる貯水池内の水面がほぼ水平に上昇するとみなした研究から、近年の洪水流の流動，貯留現象に関する研究までを概観し、課題を整理した上で本研究の位置づけを示す。

第 3 章では、大規模ダム貯水池内を流下する洪水流の流動，貯留，伝播の実態を明らかにするために、現地ダムにおける洪水観測結果の分析と、草木ダム貯水池を模した大型水理模型実験から、ダム貯水池内における洪水流動の実態を明らかにする。

第 4 章では、ダム貯水池内の三次元的な洪水流動を説明できる数値解析モデルを構築し、貯水池内を流下する洪水流の流動，伝播，貯留機構を分析する。また、観測水面形の時系列データと準三次元貯水池流動解析法を用い、ダムへの洪水流入量，ダムからの放流量の評価法を検討する。第 4 章では、次の 4 項目について検討を行う。第一に、第 3 章で示した貯水池内の洪水流動計測結果をもとに、貯水池内の三次元流れや縦横断的な流速分布の変化機構を説明できる準三次元貯水池流動解析法を開発する。開発した準三次元貯水池流動解析法を中規模洪水を対象とした大型水理模型実験に適用し、本解析法の妥当性を検証する。第二に、中規模洪水を対象とした大型水理模型実験結果に構築した準三次元貯水池流動解析法と、既存の洪水解析法である一般底面流速解析法，平面二次元解析法を適用し、解析結果の比較から、本解析法の適用性を検討する。第三に、縦横断的に詳細な洪水水位デ

ータが観測された草木ダムとその上下流河川を対象に、本解析法と観測水面形の時系列データから、ダムへの洪水流入量、ダムからの放流量の評価法を検討する。第四に、現行のダム管理が、大規模洪水が流入した場合に問題が生じないかについて、中規模洪水と大規模洪水を対象とした大型水理模型実験に準三次元貯水池流動解析法を適用し、検討する。

第5章では、長年にわたりダム貯水池内の土砂堆積が進行し、貯水池が河道化し貯水容量が減少したダム貯水池を対象に、ダム貯水池とその上下流河川で観測された水面形の時系列データに基づく一般底面流速解析を用い、ダム放流量の検証を行うとともに、現行のダム放流量算定式が有する精度低下要因について検討する。

第6章では、本研究で得られた成果を総括し、今後の課題について述べる。

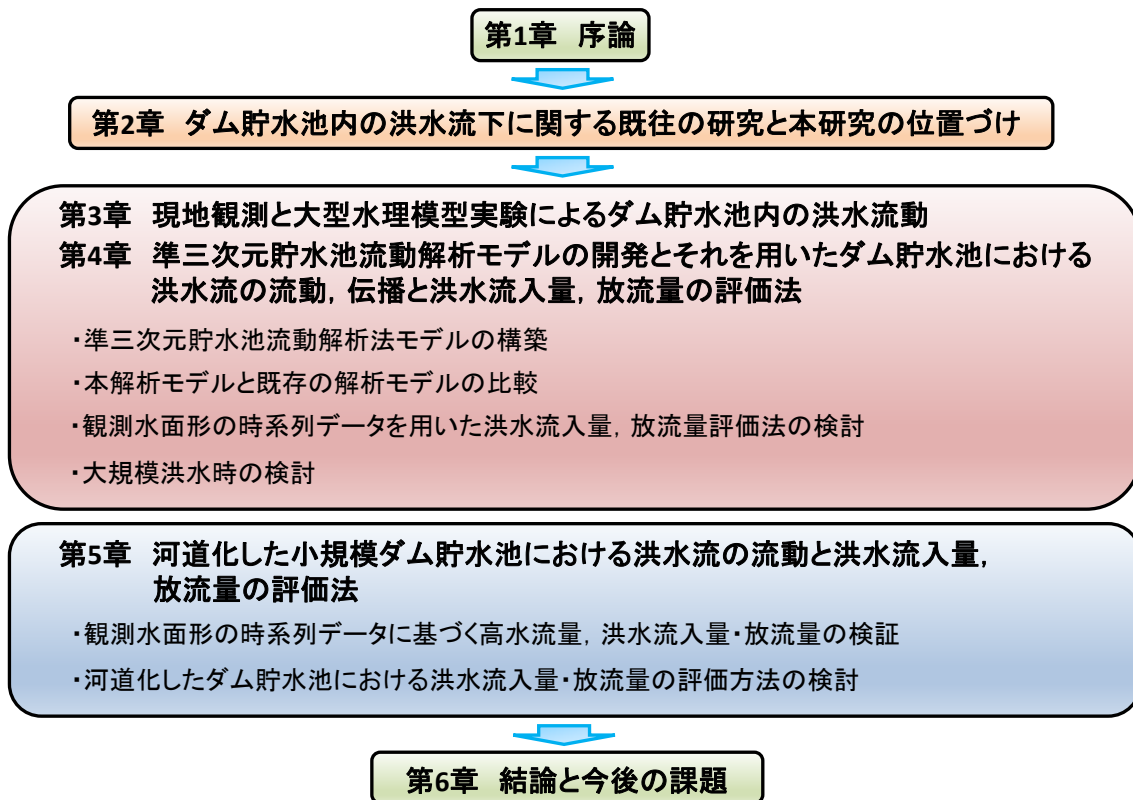


図 1.2-1 本研究の構成

参考文献

- 1) 社会資本整備審議会：水災害分野における地球温暖化に伴う気候変化への適応策のあり方について，国土交通省，2008.
- 2) 石原藤次郎，石原安雄，岸田陸：電氣的模擬法による貯水池の洪水調節効果に関する研究，第1回水理講演会論文集，pp.20-21，1956.
- 3) 石原安雄，岸田陸：貯水池による洪水調節とその下流部洪水流に及ぼす総合的效果について，京都大学防災研究所創立5周年記念論文集，pp.201-213，1965.
- 4) 矢野勝正，芦田和男，高橋保：境界条件による洪水流の変形に関する研究（第1報），京都大学防災研年報第8号，pp.257-270，1965.
- 5) 芦田和男，高橋保：境界条件による洪水流の変形に関する研究（第2報），京都大学防災研年報第9号，pp.579-591，1966.
- 6) 高橋保：河道における洪水流特性に関する研究，京都大学博士論文，1971.
- 7) 尾崎幸雄，秋元保：貯水池内に流入する洪水の挙動について，第23回水理講演会講演集，pp.27-33，1979.
- 8) 秋元保，丸岡計：貯水池内における洪水伝播の解析とダム放流操作に関する考察，第12回水理公演論文集，pp.43-48，1968.
- 9) 河西基，白砂孝夫：河道・貯水池系の洪水伝播解析，第27回水理講演会講演集，pp.17-22，1983.
- 10) 財団法人ダム水源地環境整備センター編：ダム管理用制御処理設備標準設計仕様書（案），1995.
- 11) 福岡捷二：河道設計のための基本は何かー水面形時系列観測値と洪水流ー土砂流の解析を組み合わせた河道水理システムとその見える化，河川技術論文集，第17巻，pp.83-88，2011.
- 12) 福岡捷二：実務面からみた洪水流・河床変動解析法の最前線と今後の調査研究の方向性，河川技術論文集，第20巻，pp.253-258，2014.
- 13) 土木学会：水理公式集，平成11年度版.
- 14) 内田龍彦，福岡捷二：非平衡粗面抵抗則を用いた一般底面流速解析法の導出と局所三次元流れへの適用，土木学会論文集B1（水工学），Vol.71，No.2，pp.43-62，2015.
- 15) 鈴木洋之，落合厚，九田将茂，溝口敦子：高精度流入量推定法を用いた神通川の小規模ダム群における推定流量の精度評価，水文・水資源学会誌，第21巻，第4号，pp.285-295，2008.
- 16) 鈴木洋之，落合厚，須賀正志，溝口敦子：小規模発電ダム貯水池で洪水時に生じる流量推定精度の劣化，土木学会論文集B，Vol.65，No.2，81-86，2009.
- 17) 鈴木洋之，谷口友梨，河村陽一：庄川の連続ダム群における推定流量の精度劣化要因，水文・水資源学会誌，第24巻，第3号，pp.149-158，2011.