

流出特性に基づく事前放流を用いたダムゲート操作手法の構築

中央大学大学院 学生員 ○菊地慶
河川環境管理財団 正会員 戸谷英雄

中央大学大学院 学生員 呉修一
中央大学理工学部 フェロー会員 山田正

1. はじめに：著者らは、ダムにおいて現在の洪水調節能力よりも更に大きな治水機能を持たせるために、従来から流域の流出特性を用いてダムからの事前放流量を決定する手法を提案している^{1), 2)}。本論文では、提案している事前放流手法をダム貯水位が夏季制限水位よりも低下している状態で洪水を迎える場合に適用し、さらにダム管理者の管理体制および放流開始のタイミングを考慮した上で治水効果の定量的評価を行った。

2. 本研究で提案するダム放流量の決定手法：本研究で提案している放流量決定手法の概念を以下に述べる。ダム流域においてピーク流入量または累積降雨量と逓減部における総流入量との関係を明らかにすることで、その後ダム貯水池に最低限流入する総流入量を算出し、それに見合う流量を事前放流する。ここで大事な点は降雨予測や流出予測に頼ることなく、任意のダム流域においても適用可能である。ダム放流量を決定する際、時々刻々の流量データ、降雨データを用いることが可能である。著者らは従来からこの二つの手法を逓減特性方式、総降雨量方式と定義し、洪水調節を行う際の事前放流量の決定手法として提案している。放流量決定手法の理論を数式化すると式(1)のようになる。左辺は事前放流量の総量であり、右辺はハイドログラフ逓減部にダム湖へ流入する総流入量である。さらに、式(2)よりダム貯水位も同時に算出し利水容量の安全性を確認している。

$$-\int_0^t (Q_{IN} - Q_{OUT}) dt = V(Q_{IN}(t)), \quad -\int_0^t (Q_{IN} - Q_{OUT}) dt = V(R(t)) \quad (1) \quad A(h) \frac{dh}{dt} = Q_{IN} - Q_{OUT} \quad (2)$$

ここに V ：流入ハイドログラフ逓減部の総流入量 $[m^3]$ 、 Q_{IN} ：ダム湖への流入量 $[m^3/s]$ 、 Q_{OUT} ：ダムからの放流量 $[m^3/s]$ である。ここに $A(h)$ ：湛水面積 $[m^2]$ 、 h ：貯水位 $[m]$ である。また、ダム下流に位置する懸案地点における水位情報をダム操作に組み込んだ。事前放流によって下流部に本来のハイドログラフ以上の過大な水位上昇を招かないように、ダムからの放流量に制限を設け、それを可能放流量と定義した。可能放流量とは、懸案地点において、到達時間を考慮したダムからの放流量と残流域からの流出量の総量が、危険水位以下で流下可能になるダムからの放流量とした。ここで、残流域からの流出量の算定には、著者ら³⁾が従来から提案している土壌・地形特性に基づく降雨流出計算手法を用いた。

3. 初期水位が制限水位以下の洪水調節について：多目的ダムの場合、洪水調節終了後には利水の関係上、貯水位を夏季制限水位に保っておく必要がある。しかし、図-2 からわかるように約7割の出水において1m以上水位が低下した状態で洪水を迎えている。さらに、そのうちの約3割が利用可能量に対する水位低下量の比率が50%以上となっている。洪水発生前にダム貯水位が制限水位以下にある場合、その空き容量を治水容量に活用することが考えられる。しかし、利水量を確保しなければならない関係上、洪水終了後には貯水位が制限水位まで回復していなければならない。すなわち、いつのタイミングから洪水調節を始めればよいかの判断が難しくなっている。そこで、本論文では、このように初期水位が制限水位以下にある場合における事前放流の適用の仕方について述べる。なお、水位低下量とは夏季制限水位に相当する貯水量から洪水発生前日の水位に相当する貯水量を差し引いた量のことであり、利用可能量とは夏季制限水位に相当する貯水量から最低水位に相当する量を差し引いた量、すなわち総利水容量のことである。制限水位以下に初期水位があるということを考慮し、2章で述べたダム湖における流入量、放流量の連続式(1)をもとに式(3)を得る。ここで、 V_f ：水位低下量 $[m^3]$ である。つまり、あらかじめ水位低下により失っている量を後からダム湖に流入する総流入量から差し引いておくことで、洪水後期にダム貯水位は制限水位まで回復する。

$$-\int_0^t (Q_{IN} - Q_{OUT}) dt = V(t) - V_f \quad (3)$$

4. 事前放流を用いた洪水調節：前章で示した(3)式を用いて洪水に対して洪水調節シミュレーションを行った。

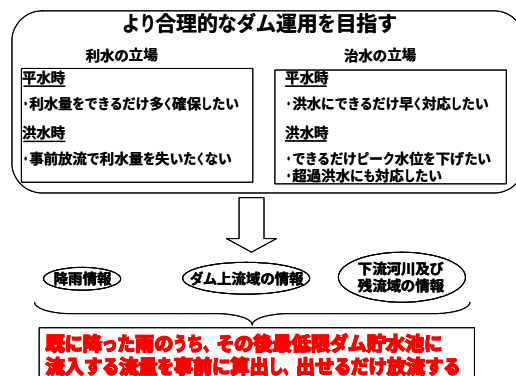


図-1 提案する新しい放流手法の概念

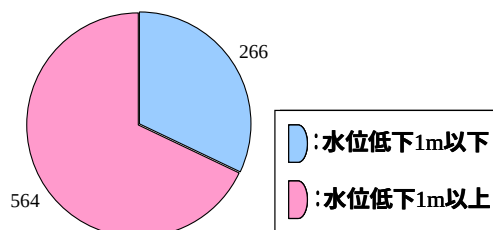


図-2 制限水位以下から洪水調節を行った回数
(平成5年～平成12年に発生した830出水を対象)

なお、事前放流量の算定には総降雨量方式を用いた。本論文ではダム管理者が放流を開始するための準備時間を1時間および2時間と仮定し、比較のためにその時間を考慮しない場合の3ケースについての洪水調節シミュレーションを行った。また、ダムからの放流により人工洪水が発生するような事があった場合、洪水調節の意味が無くなる。さらに、事前放流の段階において洪水流量以上の放流は出来ないため、事前放流量の最大値は当該流量とし、洪水調節開始流量に到達以降は現行の操作規則に従う洪水調節を行った。対象とした洪水は、初期水位低下が20mであった1990年8月8日の洪水の流入量を2倍にした仮想的な大規模洪水である。流入量、放流量、貯水位、可能放流量の時系列を図-3、4に示す。図-3は放流準備のための時間を考慮しない場合、図-4は放流準備のための時間を2時間とした場合である。図-3、図-4ともに事前放流を実施したことにより洪水初期の段階に治水容量を増大させ洪水を迎えることができ、洪水後期に貯水位は制限水位まで回復した。なお、提案する事前放流手法はダム貯水池に最低限流入する流量を事前放流量として放流するので、洪水調節中に途中で雨が止んだ場合にもダム貯水位は初期水位まで回復し、貯水量が初期水位分の量を下回ることはない。また、ただし書き操作に移行しないような洪水調節の場合、事前放流開始の時間が変わることにより、放流量のピーク値を制御する、時間を遅らせるといった効果は表れないが、これ以上の超過洪水の場合には、ただし書き操作移行時間を遅らせ、ピーク放流量の制御、それに伴うダム下流での水位低減効果が表れると考えられる。

5. まとめ：本論文では、従来から提案している事前放流手法をダム貯水位が夏季制限水位よりも低下している状態で洪水を迎える場合に適用し、さらにダム管理者の管理体制および放流開始のタイミングを考慮した上で治水効果の評価を行った。事前放流を実施することにより洪水初期の段階に治水容量を増大させ洪水を迎えることができ、洪水後期に貯水位は制限水位まで回復することを示した。また、この洪水調節手法を常日頃から使用するのではなく、超過洪水に対して大きな効果を発揮する一手法として考えている。さらに、より現実的な問題として、まだ雨が激しく降っていない段階で放流するので、その事前放流に対する河原でのキャンパーや釣り人への情報伝達のあり方や、発電用の流水の管理など考慮すべきかつ克服すべき課題はいくつかあることも考えなければならない。

参考文献

- 1) 戸谷英雄, 秋葉雅章, 宮本守, 山田正, 吉川秀夫: ダム流域における洪水流出特性から可能となる新しい放流方法の提案, 土木学会論文集 BVol.62, No.1, pp.27-40, 2006
- 2) 下坂将史, 呉修一, 戸谷英雄, 山田正: 洪水流出特性に基づくダム貯水池操作に関する研究, 水文・水資源学会 2006 年研究発表会要旨集, pp.80-81, 2006.
- 3) 呉修一, 山田正, 吉川秀夫: 表面流の発生機構を考慮した斜面多層降雨流出計算手法に関する研究, 土木学会 水工学論文集, Vol.49, pp.169-174, 2005

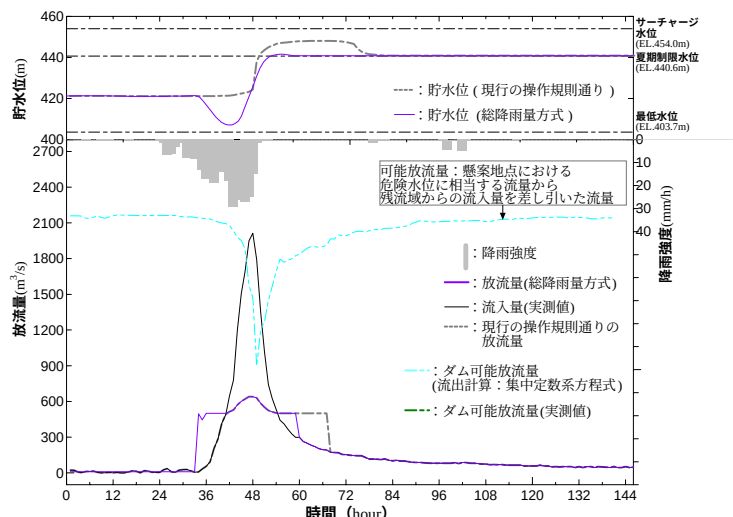


図-3 仮想的な大規模洪水に対して総降雨方式から求めた放流量、実測の流入量・放流量、貯水位および可能放流量の時系列

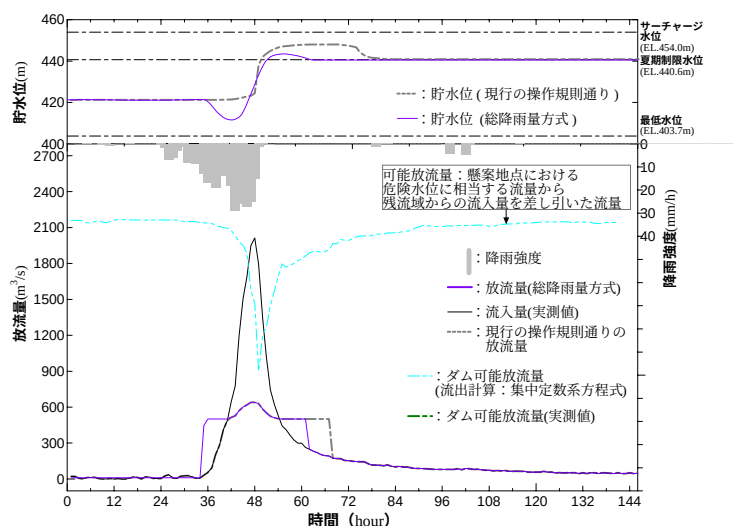


図-4 仮想的な大規模洪水に対して総降雨方式から求めた放流量、実測の流入量・放流量、貯水位および可能放流量の時系列

(累積降雨量が46mmに到達してから2時間後に放流開始)