

下釜ダムによる筑後川上流域の治水効率の最適化の検討

佐賀大学 教育研究院 自然科学域 理工学系

押川 英夫

下笠ダムによる筑後川上流域の治水効率の最適化の検討

押川 英夫

1. はじめに

将来的な大規模洪水に対する治水適応策の一つとして、既存ダムを有効活用するダム再生事業が推進されている。本研究では、下笠ダムと松原ダムの2基のダムが直列配置されている筑後川上流域において、令和2年7月豪雨時の実績降雨をベースとした数値シミュレーションを行い、既存ダムのゲート操作（規則）の変更による治水効果について検討した。具体的には、直列配置されたダム群において上流側のダムで非常用洪水吐きからの越流を許容するカスケード方式¹⁾を考慮して、上流側の下笠ダムの計画最大放流量の変更に伴う治水能力の変化を調べた。

2. 数値シミュレーションの概要

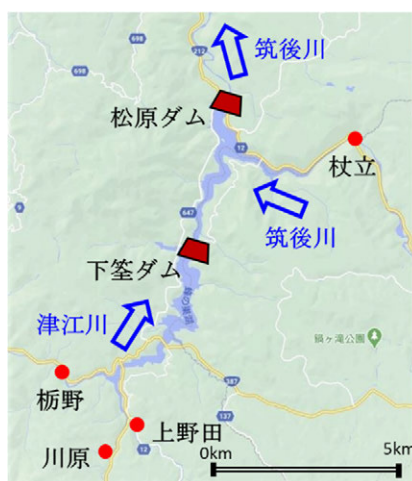


図1 筑後川上流の解析対象領域（Google Map に加筆して作成）

DHI の MIKE11²⁾を用いてダムの治水効果を考慮した1次元不定流解析を行った。図1に示す計算対象領域内には、支川の津江川と本川の合流点の津江川上の上流側に下笠ダム（治水容量5130万 m^3 ）、その下流の合流点の本川上に松原ダム（治水容量4580万 m^3 ）が設置されている³⁾。図1中の筑後川本川の88~100.5km（小五馬橋から杖立）、支川の津江川0~12km（合流地点から栃野）、支川の上野田川0~1.6km（合流地点から上野田）、支川の川原川0~1.5km（合流地点から川原）を解析区間とし、洪水の流入地点（各上流端）からの流入量以外に降雨等の流入はないと仮定した。上流端の境界条件に相当する流量については、行政機関から提供された観測所の実測値とiRIC⁴⁾のSRM(Storage Routing Model)を利用した流出解析を併用して、令和2年7月豪雨時の流量ハイドログラフ（以後、実績洪水と呼ぶ）を適切に再現した。ただし、水路などを含めた流動解析区間への流入分については適宜横流入として考慮している。

3. 実績降雨時の下笠ダムの最適な計画最大放流量の検討

現在の下笠ダムの計画最大放流量 $350 \text{ m}^3/\text{s}$ を含め³⁾、任意に設定した下笠ダムの計画最大放流量 Q_S に対して、下流側の松原ダムで非常用洪水吐きからの越流が発生しない限界の上流端のピーク流量 Q_p を試行錯誤的に求めた。その際、簡単のために異常洪水時防災操作（但し書き操作）は無視した上で、上流端のハイドログラフを引き伸ばすことで Q_p を求めている。なお、下流側の松原ダムの計画最大放流量は現在と同じ $Q_M=1100 \text{ m}^3/\text{s}$ で、各ダムの治水容量も現在と同じ（下笠ダム 5130 万 m^3 、松原ダム 4580 万 m^3 ）とした³⁾。横軸を下笠ダムの計画最大放流量 Q_S 、縦軸を実績洪水のピーク流量 Q_{p0} で無次元化した Q_p/Q_{p0} とした結果を図 2 に示す。その際、4 箇所の上流端で同様に引き伸ばしを行うことから、厳密には各上流端の Q_{p0} および Q_p の値はそれぞれ異なるものの、引き伸ばし率に相当する Q_p/Q_{p0} は全て同じ値となる。結果的に上流側の下笠ダムで非常用洪水吐きからの越流が生じた場合は、全てカスケード方式¹⁾となる。

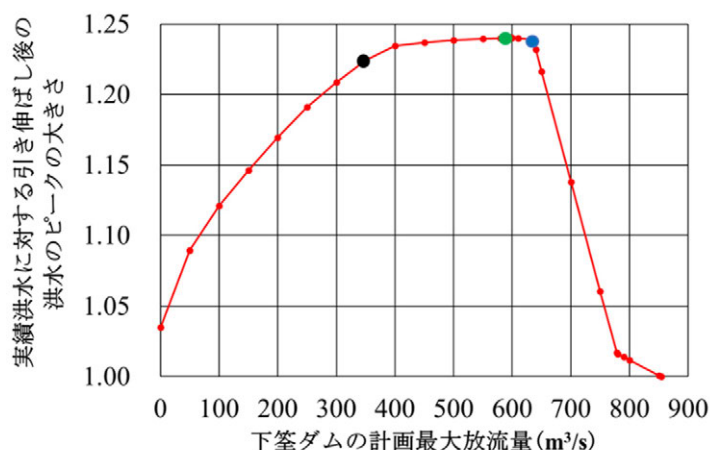


図 2 下笠ダムの計画最大放流量 Q_S と制御可能な限界の洪水 Q_p/Q_{p0} の関係

図 2 の $Q_S=350 \text{ m}^3/\text{s}$ の $Q_p/Q_{p0}=1.224$ の結果(●)より、現在の下笠ダムの操作方法 ($Q_{S0}=350 \text{ m}^3/\text{s}$) でも実績洪水より 22.4% 大きな洪水まで制御可能であったことが分かる。ただし、この条件は下笠ダムで非常用洪水吐きからの越流が生じていることからカスケード方式¹⁾である。一方、 $Q_S=637 \text{ m}^3/\text{s}$ の $Q_p/Q_{p0}=1.237$ の結果(●)では、松原ダムだけでなく上流側の下笠ダムも非常用洪水吐きを使うことなく満水となっており、本条件が各ダムで非常用洪水吐きからの越流を許容しない従来型の洪水制御¹⁾の限界となる。そのため、 $Q_S \geq 637 \text{ m}^3/\text{s}$ の条件は全て従来型¹⁾となる。図 2 の $Q_S=594 \text{ m}^3/\text{s}$ の結果(●)において、 Q_p/Q_{p0} は最大値 1.240 を取っていることが分かる。したがって、 $Q_S=594 \text{ m}^3/\text{s}$ を計画最大放流量とすることにより、実績洪水と比較して 24.0% 大きな洪水まで制御可能であったことになり、この条件が実績洪水に対する最適な下笠ダムの操作方法ということになる。また、計画最大放流量が $Q_{S0}=350 \text{ m}^3/\text{s}$ の場合と比較して、 Q_p/Q_{p0} が 1.224 から 1.240 まで増加していることから、下笠ダムの操作方法の変更で洪水制御能力が 1.3% 高まることになる。

4. 降雨分布に応じた下笠ダムの適切な計画最大放流量の検討

対象領域中の支川による流域分割を示した図3と本章の計算条件を示した表1から分かるように、令和2年7月の実績降雨のCase0では西側ほど降雨強度が大きかった。しかしながら、適切な下笠ダムの計画最大放流量を求めるためには降雨分布に応じた各流域上流側からの流入量について考慮する必要がある。そこで対象流域全体の総流入量を実績洪水時と一致させたままで、図3の栃野、川原、上野田、杖立の4つの流域平均降雨をCase0から変更し、対象流域内の降雨を一様にした場合のCase1、栃野と杖立および川原と上野田の流域平均降雨を反転させた場合のCase2について検討を行った。

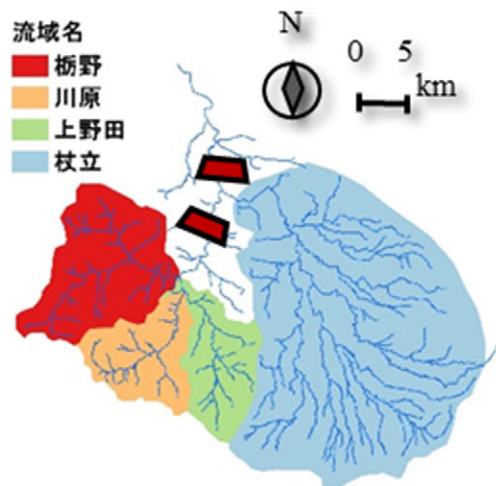


図3 流域平均降雨の算定に用いた流域分割

表1 各ケースにおける支川毎の流域平均の総雨量 (単位: mm)

	栃野	川原	上野田	杖立
Case0	943	903	839	652
Case1	769	769	769	769
Case2	583	750	808	843

降雨とそれに伴う各上流端の流量を除いて既述した方法と同様な条件の下、任意に設定した下笠ダムの計画最大放流量 Q_S に対して、下流側の松原ダムで非常用洪水吐きからの越流が発生しない限界の上流端の洪水のピーク流量 Q_p を Case1 と Case2 で試行錯誤的に求めた。横軸を下笠ダムの計画最大放流量 Q_S 、縦軸を実績洪水のピーク流量 Q_{p0} で無次元化した Q_p/Q_{p0} とした結果を図4に示す。なお、比較のために併記されたCase0の結果は図2と同一である。

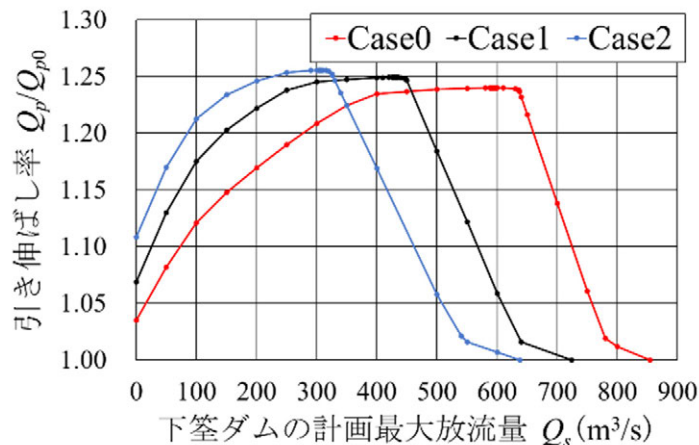


図4 各ケースにおける下筈ダムの計画最大放流量 Q_s と制御可能な限界の洪水 Q_p/Q_{p0} の関係

図4より、Case1とCase2の結果は共に、Case0と同様の極大値（最大値）を取っており、各最大値では下筈ダムの非常用洪水吐きから越流が生じるカスケード方式¹⁾となっていた。 Q_p/Q_{p0} の最大値は、Case0では $Q_s=594 \text{ m}^3/\text{s}$ の場合の $Q_p/Q_{p0}=1.240$ 、一様な降雨分布としたCase1では $Q_s=428 \text{ m}^3/\text{s}$ の場合の $Q_p/Q_{p0}=1.249$ 、東西方向で流域平均降雨を反転させたCase2では $Q_s=307 \text{ m}^3/\text{s}$ の場合の $Q_p/Q_{p0}=1.256$ となり、下筈ダムの最適な計画最大放流量 Q_s の値は降雨分布に応じて顕著に異なることが分かった。従って、下筈ダムの最適な計画最大放流量を定めるためには、筑後川上流域における降雨分布の特性を考慮する必要がある。一方、現在の下筈ダムの計画最大放流量 $350 \text{ m}^3/\text{s}$ については、全てのケースで Q_p/Q_{p0} が比較的大きな値を示しており、降雨分布にそれほど依存せず洪水制御が可能な値であるとともに、Case1では $350 \text{ m}^3/\text{s}$ 付近($300\sim 450 \text{ m}^3/\text{s}$)の Q_p/Q_{p0} がほぼ一定で大きな値となっていることから、筑後川上流域で降雨分布の偏りが小さい場合において妥当な値と考えられる。

5. おわりに

本研究により、令和2年7月豪雨の際と同様な洪水に対して、下筈ダムの最適な計画最大放流量は $594 \text{ m}^3/\text{s}$ であることが分かった。この結果を現在の計画最大放流量の $350 \text{ m}^3/\text{s}$ の場合と比較すると、下筈ダムのゲート操作の変更により筑後川上流域の治水能力が1.3%強化されることになる。また、下筈ダムの現在の $350 \text{ m}^3/\text{s}$ は降雨分布によらず洪水制御能力が比較的高く、特に筑後川上流部に一様な雨が降った場合において適正な値であることが分かった。一方、今回の解析結果で降雨分布の偏りの影響もある程度見られていることから、今後の降雨予測の精度向上を踏まえた上で、下筈ダムの最大放流量を降雨に応じて設定することにより洪水制御能力の強化が期待できる。

参考文献

- 1) 押川英夫, 三戸佑夏, 小松利光 : 直列配置された流水型ダム群の洪水制御効果, 水利科学, 第 57 卷, 第 3 号, pp.33-50, 2013.
- 2) DHI : MIKE 11 Reference Manual, 524p., 2009.
- 3) <http://www.qsr.mlit.go.jp/toukan/oshirase/toiawase.html>
- 4) <http://i-ric.org/ja/>