

筑後川流域におけるダムによる
効率的な治水適応策

佐賀大学 理工学部 都市工学科
押川 英夫

筑後川流域におけるダムによる効率的な治水適応策

佐賀大学 理工学部 都市工学科 押川英夫

1. はじめに

近年地球温暖化によると思われる豪雨、干ばつ、台風の強大化などの災害外力の増大が実感されるようになってきた。今後も温暖化による様々な影響が顕在化してくると考えられ、大規模超過洪水による水・土砂災害の発生も危惧されている¹⁾。しかしながら、我が国の社会・防災基盤は高度経済成長期に整備されたものが多く、その大部分は老朽化しつつある。東日本大震災などを契機にごく最近では国土強靱化が一部で叫ばれるようになってきているものの、世界的な不況の影響もあり、大規模な防災施設の新設や積極的な施設更新が中長期的に続くとは考え難く、既存施設の有効利用などの智慧を絞った防災対策が今後益々必要になってくるものと考えられる。

このような背景の下、我々は、今後増大する災害外力と社会の望む自然環境の保全に同時に対応していかなければならない。特に日本では、今時の震災特需を別とした公共事業費の著しい削減や環境への影響に対する危惧感から、ダム建設に代表される大規模な公共工事の実施は極めて困難になってきており、今後は小規模なインフラが重要視されるものと考えられる。

そのような中、押川ら²⁾は、直列に配置されたダム群を有する流域において有効な“ダムの非常用洪水吐きを通した越流を許容する”という新しい治水の概念を提案している。従来のダムによる治水の考え方は、直列に配置されている場合であっても、個々のダム下流側で計画高水流量を定め、それぞれのダムで非常用洪水吐きを使わないように洪水処理を行うものである。押川ら²⁾は流水型ダムを対象に、このような従来の考え方に基づいて配置されたダム群（以後、従来型と呼ぶ）と、上記の新しい概念に基づき配置された同じスケールのダム群（以後、カスケード型もしくはカスケード方式と呼ぶ）において、洪水制御能力がどのように異なるのかを比較した。その結果、直列配置されたダム群において、山間部に位置する上流側のダムで非常用洪水吐きを用いることで、一般的にはより重要となる下流側流域に対する洪水制御能力が顕著に強化されることを数値シミュレーションにより明らかにした。

しかしながら、数値計算や室内模型実験に基づくカスケード方式に関する押川らのこれまでの研究^{2)~5)}では、一様勾配の理想化された直線河道を対象に検討がなされてきた。また、非常用洪水吐きを通した越流を許容するカスケード型の洪水制御方式は、従来の治水の考え方を大きく変えることになるため、実用化を目指す上では実際の河川においてどの程度の治水効果が発揮されるのかについても十分に検討する必要がある。そこで本研究は、カスケード型洪水制御方式の実河川における治水効果を評価するために、流域に複数のダム

を有する筑後川を対象に、1次元不定流解析に基づいてカスケード型の洪水制御効果を検討した。

2. 数値シミュレーションの概要

解析にはDHIのMIKE 11を用いた⁶⁾。図1に示す筑後川本川の89~100km(小五馬橋から杖立)、支川の津江川の0~12.2km(合流地点から栃野)、支川の上野田川の0~1km(合流地点から上野田)を解析区間とし、洪水の流入地点(栃野)からの流入流量以外に降雨等を含めた流入はないと仮定した。本研究ではダム群を利用するカスケード型洪水制御方式の効果の検討を容易にするため、洪水の流入地点は津江川の栃野(下釜ダムの上流側)とした。



図1 筑後川上流部の計算領域

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釜ダム(治水容量 5130 万 m^3)、合流点の下流側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。本研究では、これらの多目的ダムの連携運用による治水効果を把握・評価するために、計算領域下流端のピーク流量に相当する松原ダムからの最大放流量を比較することで洪水制御効果を検討した。

3. 結果および考察

従来型の洪水制御に基づいて、(ここでのシナリオに基づく筑後川の仮想的な)基本高水流量 Q_p と前述の2つのダムが非常用洪水吐きを通して越流しない限界の計画高水流量 Q_a [$=Q_{ai}$, 各ダムからの無害放流量に相当する。添え字 i ($=1, 2$)は上流側からのダムの番号で、

下笠ダムが 1, 松原ダムが 2] を以下のように決定した(Case1). 下流側に位置する松原ダム (堤高 83m) の Q_{a2} は実際の計画高水流量と同じ $1100 \text{ m}^3/\text{s}$ としている. 松原ダムの Q_{a2} を固定し, 上流端に流入する洪水のハイドログラフ Q_{in} の形を一定とする条件 [後述の式(1)の Q_p 以外のモデルパラメータ c, Q_b, t_p を固定する] の下で, 上流端からのピーク流量 Q_p および下笠ダム (堤高 98m) の計画高水流量 Q_{a1} を独立に変えることで, 下笠ダムと松原ダムからの放流量が最大 (各計画高水流量 Q_{ai}) となる時に各ダムの堤体直前の水深がそれぞれの堤高と等しくなる条件を試行錯誤的に求めた. その結果, $Q_p=6339 \text{ m}^3/\text{s}$, $Q_{a1}=1996 \text{ m}^3/\text{s}$ が得られた. なお, 用いた Q_{in} のハイドログラフは式(1)である.

$$Q_{in}(t) = Q_b + (Q_p - Q_b) \left\{ \frac{t}{t_p} \exp \left(1 - \frac{t}{t_p} \right) \right\}^c \quad (1)$$

ここで, $t_p (=30 \text{ hr})$ は洪水のピーク時間, $Q_b (=100 \text{ m}^3/\text{s})$ は河川の平常流量, $c (=200)$ は洪水波形に関する定数, t は時間である.

従来型の Case1 における下笠ダムからの放流量 Q_s と松原ダムからの放流量 Q_M , $Q_p=6339 \text{ m}^3/\text{s}$ の洪水の流入流量 Q_{in} , および下笠ダム直前の水深 H_s と松原ダム直前の水深 H_M を併せて図 2 に示す. これより, 下笠ダムからの放流量のピークは $Q_{smax}=1996 \text{ m}^3/\text{s}$ で, 下笠ダムの $Q_{a1}=1996 \text{ m}^3/\text{s}$ と等しく, H_s の最大値は下笠ダムの堤高(98m)と等しくなっていることが分かる. また, 松原ダムからの放流量のピークは $Q_{Mmax}=1100 \text{ m}^3/\text{s}$ で, 松原ダムの $Q_{a2}=1100 \text{ m}^3/\text{s}$ と等しくなっていると同時に, H_M の最大値は松原ダムの堤高(83m)と等しくなっている. したがって, Case1 では従来型の洪水制御が適切に行われていることが理解される.

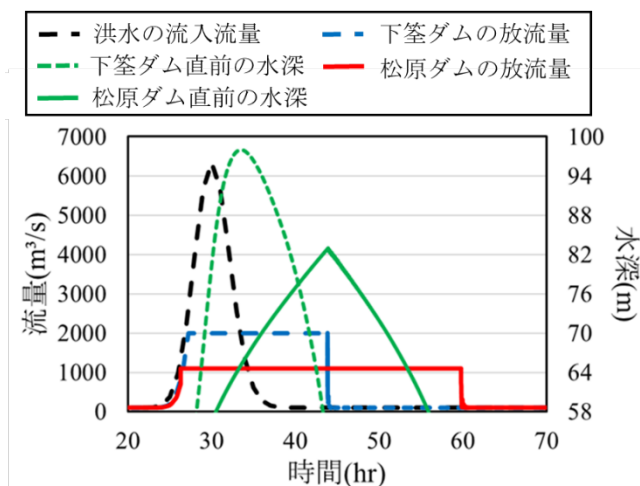


図 2 従来型の流量と水深のハイドログラフ (Case1)

次に Case1 の結果に基づいて, 上流側の下笠ダムの Q_{a1} を下流側の松原ダムの $Q_{a2}=1100 \text{ m}^3/\text{s}$ と等しくしたカスケード型の計算を行った(Case2). カスケード型の Case2 における洪水の流入流量 Q_{in} , 下笠ダムからの放流量 Q_s と松原ダムからの放流量 Q_M , および松原ダム

直前の水深 H_M を併せて図 3 に示す. これより, 上流側の下笠ダムでは 31.2 時間頃に非常用洪水吐きから越流しているものの, 松原ダムの $Q_{Mmax}=1100 \text{ m}^3/\text{s}$ で Q_{a2} と等しくなっている. 一方, 松原ダムの堤体直前の最大水深(64.7m)は松原ダムの堤高 83m (Case1 の松原ダムの最大水深と同じ) より 18.3m 低く抑えられており, 貯水容量にはまだ余裕が残されていた. したがって, Case2 のカスケード型の洪水制御能力が Case1 の従来型と比較して強化されていることは明らかであるものの, その効果を定量的に評価することは困難である.

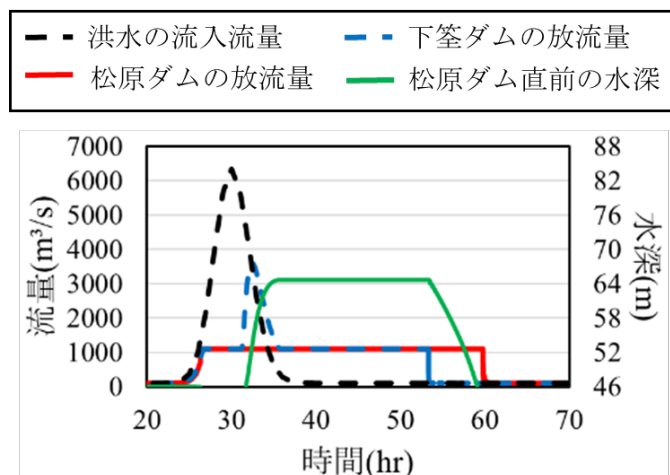


図 3 カスケード型の流量と水深のハイドログラフ (Case2)

そこで次に, カスケード型の貯水容量を最後まで使用するように, 下流側の松原ダムから越流しない限界まで Q_m のピーク値である Q_p を大きくした(Case3). 超過洪水に相当する Case3 の結果の図 3 では $Q_p=8227 \text{ m}^3/\text{s}$ となっており, Case1 の $Q_p=6339 \text{ m}^3/\text{s}$ と比較して 29.8% 大きな超過洪水まで制御可能となることが分かった. なお, H_M の最大値は松原ダムの堤高 (83m) と等しくなっている.

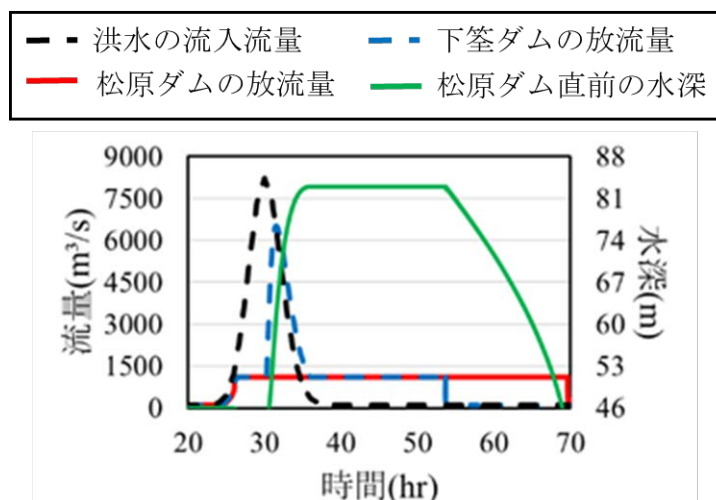


図 4 超過洪水に対するカスケード型の流量と水深のハイドログラフ (Case3)

最後に図4のカスケード型との比較を行うべく、図4の $Q_p=8227 \text{ m}^3/\text{s}$ の超過洪水をCase1の従来型のダム群に流入させた場合のCase4を図5に示す。Case1が従来型の限界の状態であることから、図5において下流側の松原ダムの堤体直前の最大水深は85mと堤高83mを超えて越流しており、松原ダムからの最大放流量は（越流が許容されない）従来型であるにも拘わらず $Q_{d2}=1100 \text{ m}^3/\text{s}$ を大きく上回って越流している。

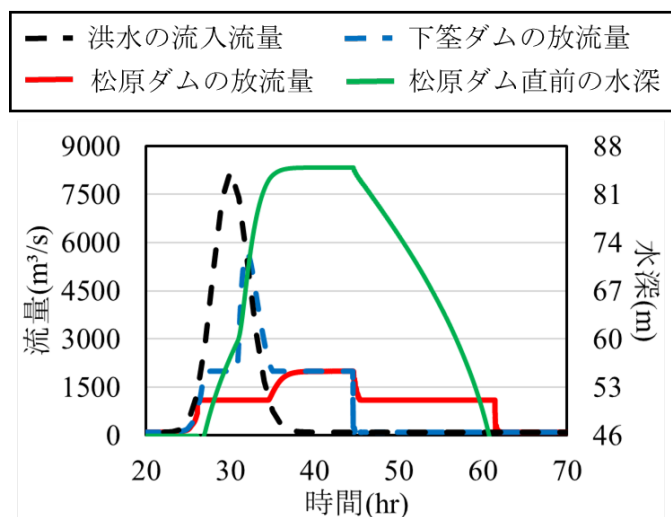


図5 超過洪水に対する従来型の流量と水深のハイドログラフ (Case4)

4. おわりに

本研究では、複数のダムが直列に配置された場合、従来の考え方に基づいた（積極的に）非常用洪水吐きを通した越流を許容しないダム群と比較して、山間部の上流側のダムで非常用洪水吐きを通した越流を許容することで、一般的にはより重要となる下流側の洪水制御能力が顕著に強化されることを実河川の筑後川の上流部において示した。

本研究で効果が確認された上流側のダムの非常用洪水吐きからの越流を許容する新たな治水方式（カスケード方式）では、従来は想定規模を越える場合に止むを得ず行っていた、いわゆる“但し書き操作”を大規模洪水に対してはむしろ積極的に実施することになる。この方式では、既存ダム群の操作方法を変えるだけで更なる洪水制御能力が引き出せるため（既存施設の有効利用）、今後の地球温暖化による災害外力の増加に対する適応策として利用価値は極めて高いものと考えられる。なお、カスケード方式では、上流側のダムから貯水容量を目一杯使って洪水制御を行うため、現行操作では起こり得る、“下流側のダムでは洪水を制御しきれなくて大きな被害が生じたにも拘わらず、上流側のダムでは貯水容量に余裕が残されていた”というようなダム批判の種は基本的に起こりえない。

参考文献

- 1) 日本学術会議 土木工学・建築学委員会 地球環境変化に伴う風水害・土砂災害への対応分科会：提言 気候変動下の大規模災害に対する適応策の社会実装 ―持続性科学・技術の視点から―，26p.，2014.
- 2) 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巻，第3号，pp.33-50，2013.
- 3) 押川英夫，小松利光：カスケード方式に基づく直列配置されたダム群の洪水制御機構，土木学会論文集 B1（水工学），Vol.70，No.4，pp.I_1555-I_1560，2014.
- 4) 押川英夫，小松利光：カスケード方式に基づく直列配置された流水型ダム群の洪水制御能力の評価，土木学会論文集 B1（水工学），Vol.71，No.4，pp.I_1417-I_1422，2015.
- 5) 押川英夫：直列配置されたダム群による洪水制御能力の強化に関する研究，平成28年度九州地方計画協会公益支援事業報告書，一般社団法人九州地方計画協会，pp.25-30，平成29年5月.
- 6) DHI：MIKE 11 Reference Manual, 524p., 2009.