

嘉瀬川におけるダム群を利用した
治水適応策に関する研究

佐賀大学 大学院工学系研究科都市工学専攻
押川 英夫

嘉瀬川におけるダム群を利用した治水適応策に関する研究

佐賀大学大学院工学系研究科 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恵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佐賀県内を流れる1級河川の嘉瀬川を対象に、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MIKE11を用いた⁶⁾。図1に示す嘉瀬川本川の16km(官人橋地点)から57km(上流端)までを解析区間とし、上流端からの流入流量以外に降雨や支川からの流入等はないと仮定した。上流端は、北山ダムの満水時にダム湖の水面が到達する上流側の限界地点である。本研究では治水効果のみを評価するため、利水用の北山ダム(貯水容量2200万 m^3)を治水専用の貯水型ダムに置き換えて検討を実施した。すなわち、北山ダムの利水容量を事前放流等により治水容量に振り替えた際の効果を検討している。嘉瀬川ダム(総貯水容量7100万 m^3)においては、洪水調節容量(1750万 m^3)のみを使用するため、常時満水位(292.5m)までダム湖に水が溜まったままで計算を行っている。本研究では、計算領域下流端の官人橋(低平地である佐賀市街地の上端)地点における各条件の最大流量を比較することで洪水制御効果を検討した。



図1 嘉瀬川の計算領域の概略図

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嘉瀬川の仮想的な)基本高水流量 Q_p と上記の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 [$=Q_{ai}$, 各ダムの下流河道の許容流量で添え字 i ($=1, 2$)は上流側からのダムの番号]を以下のように決定した(Case1)。下流側に位置する嘉瀬川ダムの Q_{a2} は実際の計画高水流量と同じ430 m^3/s としている。嘉瀬川ダムの 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 および北山ダムの計画高水流量 Q_{a1} を独立に変えるこ

とで、北山ダムと嘉瀬川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等しくなる条件を試行錯誤的に求めた。その結果、 $Q_p=1020 \text{ m}^3/\text{s}$ 、 $Q_{a1}=550 \text{ m}^3/\text{s}$ 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、 $t_p (=20 \text{ hr})$ は洪水のピーク時間、 $Q_b (=4.19 \text{ m}^3/\text{s})$ は河川の平常流量、 $c (=10)$ は洪水波形に関する定数、 t は時間である。

従来型の Case1 における北山ダムからの放流量 Q_H と最下流の官人橋の流量 Q_K 、および $Q_p=1020 \text{ m}^3/\text{s}$ の洪水の流入波形 Q_{in} のハイドログラフを併せて図 2 に示す。これより、北山ダムからの放流量のピークは $Q_{Hmax}=550 \text{ m}^3/\text{s}$ となっており、北山ダムの $Q_{a1}=550 \text{ m}^3/\text{s}$ と等しくなっていることが分かる。また、官人橋地点の最大流量は $Q_{Kmax}=430 \text{ m}^3/\text{s}$ でその区間の上流側に位置する嘉瀬川ダムの計画高水流量 $Q_{a2}=430 \text{ m}^3/\text{s}$ 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。

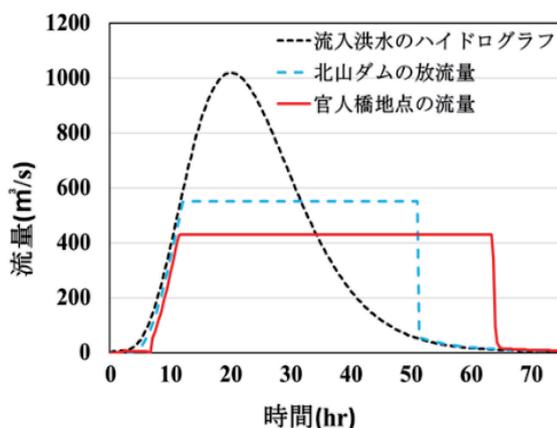


図 2 従来型の流量の時系列 (Case1)

次に Case1 の結果に基づいて、上流側の北山ダムの Q_{a1} を下流側の嘉瀬川ダムの $Q_{a2}=430 \text{ m}^3/\text{s}$ と等しくしたカスケード型の計算を行った(Case2)。従来型の Case1 と同様な形式で、カスケード型の Case2 の結果を図 3 に示す。これより、上流側の北山ダムでは越流しているものの $Q_{Kmax}=430 \text{ m}^3/\text{s}$ で官人橋の最大流量は Q_{a2} と等しくなっている。一方、水深の図などは割愛するものの、嘉瀬川ダムの堤体直前の最大水深(75.69m)は嘉瀬川ダムの堤高(79.19m)より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。従って、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。そこで、カスケード型の貯水容量を最後まで使用するように、2 基のダムで同一の Q_a を下流の嘉瀬川ダムで越流しない限界まで小さくした $Q_{a1}=Q_{a2}=338 \text{ m}^3/\text{s}$ の Case3 の結果を図 4 に示す。Case3 の Q_{Kmax} は $338 \text{ m}^3/\text{s}$

で、Case1 の $430 \text{ m}^3/\text{s}$ と比較して、本条件では下流側の官人橋におけるピーク流量を 21%低減出来ることが分かった。

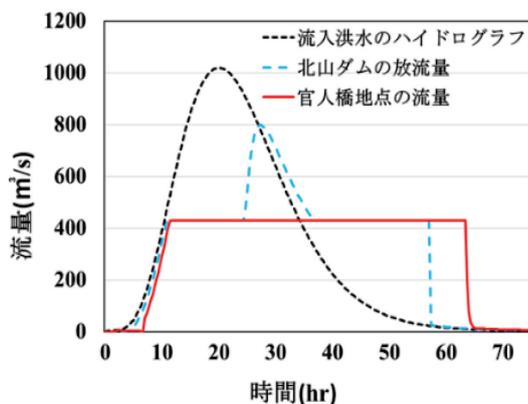


図 3 カスケード型の流量の時系列 (Case2)

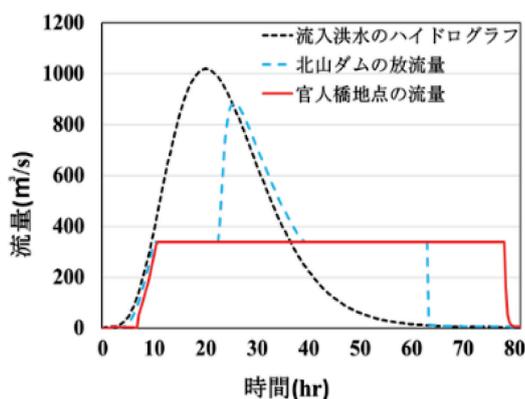


図 4 最適化されたカスケード型の流量の時系列 (Case3)

次に Case4 として、これまでのケースと同じ大きさのダムの堤体を用いた場合で流入量のピーク [式(1)の Q_p] のみを大きくしていき、下流の嘉瀬川ダムから越流しない限界の洪水波形を求めたカスケード型（制御可能な限界の超過洪水）の結果を図 5 に示す。この時の Q_a は 2 つのダムで同一の $430 \text{ m}^3/\text{s}$ であり（Case2 と同じ）、Case3 が Q_a で最適化されたのに対し、Case4 は Q_p で最適化された結果となる。図 2 の従来型の基本高水流量は $Q_p=1020 \text{ m}^3/\text{s}$ であるのに対し、図 5 のカスケード型では $Q_p=1143 \text{ m}^3/\text{s}$ まで制御可能であり、洪水時のゲートの操作方法（計画高水流量）を変えることにより、本条件では 12%大きな超過洪水まで制御可能となっている。なお、図 5 の $Q_p=1143 \text{ m}^3/\text{s}$ を Case1 の従来型ダム群に流入させた場合(Case5), Case1 が従来型の限界の状態であることから下流側の嘉瀬川ダムでも大きく越流して、図 6 に示されるように官人橋の最大流量は $Q_{Kmax}=557 \text{ m}^3/\text{s}$ となり、 $Q_{a2}=430 \text{ m}^3/\text{s}$ を大きく上回ることになる。

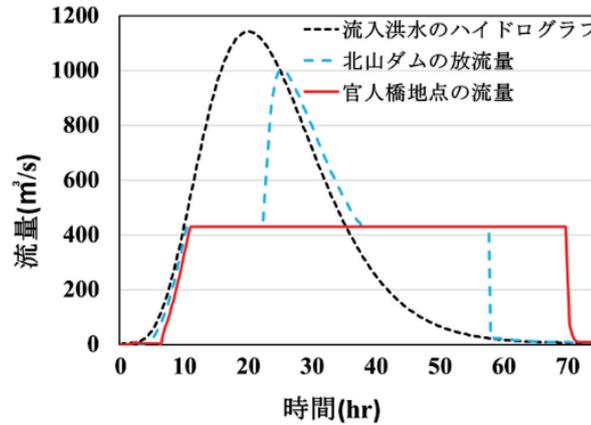


図5 超過洪水に対するカスケード型の流量の時系列(Case4)

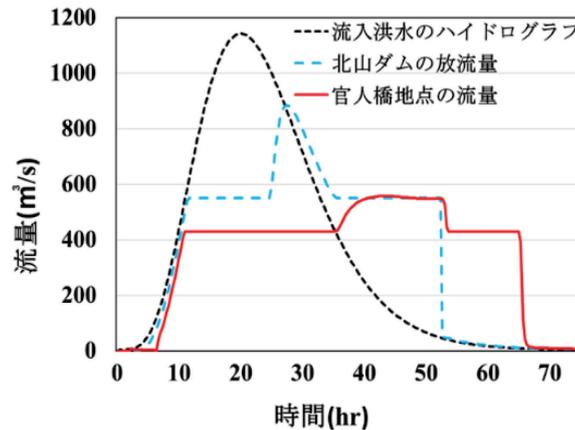


図6 超過洪水に対する従来型の流量の時系列(Case5)

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（積極的には）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嘉瀬川において示した。

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：流水型ダム群の洪水制御効果に関する研究，河川技術論文集，第17巻，pp.317-322，2011.
- 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.27-30，2017.
- 6) DHI：MIKE 11 Reference Manual, 524p., 2009.