

嘉瀬川流域におけるダムの連携運用による洪水制御効果の検討

佐賀大学大学院 学生会員 阪本こなん 正会員 押川英夫 九州大学 正会員 田井明 名誉会員 小松利光

1. はじめに

近年地球温暖化によると思われる災害外力の増大が実感されるようになってきているものの、大規模な防災施設の新設や積極的な施設更新が長期的に続くとは考え難く、既存インフラの有効利用などの智恵を絞った防災対策が将来的には必須になるものと考えられる。そこで本研究は、嘉瀬川流域の上流側に位置する利水用の北山ダム(有効貯水容量 2200 万 m^3)と多目的の嘉瀬川ダム(有効貯水容量 6800 万 m^3 , 洪水調節容量 1750 万 m^3)の治水容量を事前放流等により治水にも用い、2基のダムを連携運用する治水適応策について検討した(図1参照)。

従来のダム群による治水の考え方は、個々のダムで無害放流量を定め、それぞれのダムで非常用洪水吐きから水が流れないように洪水を制御するものである。一方、嘉瀬川のようにダムが直列配置された場合、上流側のダムでは非常用洪水吐きからの越流を許容するカスケード方式の適用も考えられる¹⁾。本研究では、上流側の北山ダムがゲート操作を行う貯水型ダムと穴あきダムの場合に、治水効果がどのように異なるかについて比較検討した。本研究における“穴あき”ダムは、堤体の中腹に穴を持つ自然流下方式で貯水機能を併せて有したダムとなる。

2. シミュレーションの概要

温暖化に対する治水適応策の検討対象となる豪雨イベントについては、d4PDF(Database For Policy Decision making for Future climate change)を基に決定した²⁾。ここでは、地球表面の平均気温が上昇した将来の気候を予測したd4PDFの2°C上昇実験の3240年分の計算結果を統計処理して用いた。嘉瀬川における現行の治水計画が2日間雨量615mmに基づいていることから、流域内の該当箇所1点で上位3番目の48時間降水量674mmの豪雨イベントを本研究における将来気候下の検討対象とした(以後、将来豪雨と呼ぶ。図2中のハイトグラフ参照)³⁾。

流れの解析にはDHIのMIKE11を用い、主要な支川として初瀬川・山中川、神水川、浦川、大串川、天河川、小副川、名尾川を考慮した嘉瀬川の上流域の次元不定流解析を行った(図1参照)。流域一様に将来豪雨を降らせ、図1に示した支川毎の流域面積とiRICのSRM⁴⁾を用いた流出解析により、上流側の境界条件となる支川毎の流量を求めた。参考として、ダムがない場合の官人橋(国土交通省の基準点)における流量ハイドログラフを将来豪雨のハイトグラフと併せて図2に示す。これより、将来豪雨時の官人橋におけるピーク流量は4707 m^3/s で、現在の基本高水のピーク流量3400 m^3/s と比較して38%大きな超過洪水を対象としていることが理解できる³⁾。

3. 結果および考察

まず、治水ダムが直列配置された場合に相当し、嘉瀬川ダムに加えてゲートを有する貯水型の北山ダムの治水利用が可能な場合の従来型の洪水制御として、各ダムの制限水位を調節することで北山ダムと嘉瀬川ダムが越流しないで洪水を制御できる限界の治水容量を求めた(Case1)。その際、各ダムの無害放流量 $Q_a (=Q_{ai};$ 上流側から添え字 $i=1, 2)$ については、北山ダムで現状程度の $Q_{a1}=300m^3/s$ 、嘉瀬川ダムでは将来的な基本方針レベルに相当する $Q_{a2}=770m^3/s$ とした。Case1における主要地点の流量を図3に示す。北山ダムと嘉瀬川ダムからの放流量は何れも各ダムの Q_a 以内の放流量となっている。Case1では、結果として北山ダムで1629万 m^3 (有効貯水容量の74%)、嘉瀬川ダムでは2176万 m^3 (有効貯水容量の32%)の治水容量が必要となり、官人橋におけるピーク流量は3268 m^3/s であった。

次に、各治水容量はCase1の従来型と同じで北山ダムは貯水型ダムのままで、2基のダムの Q_a を独立に変える(各



図1 嘉瀬川の上流域と考慮された支川

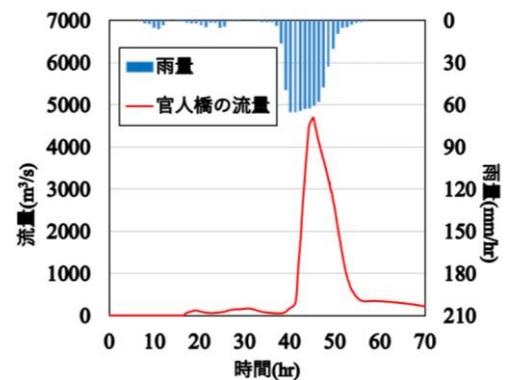


図2 将来豪雨と官人橋の流量の時系列

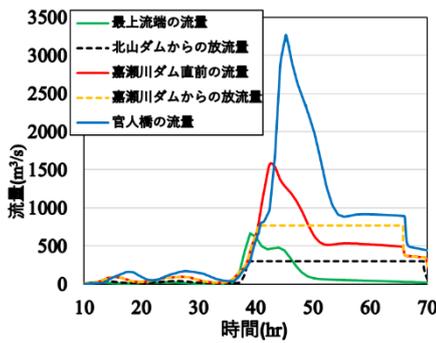


図3 Case1の流量の時系列

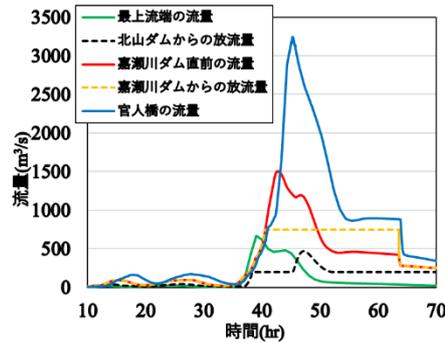


図4 Case2の流量の時系列

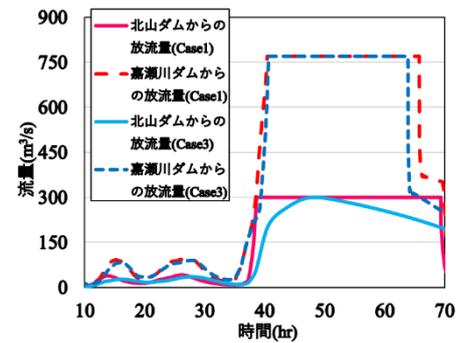


図5 Case1とCase3の比較

Q_a を小さくする)ことで、下流側の嘉瀬川ダムで非常用洪水吐きからの越流が生じない範囲で最小となる嘉瀬川ダムからの最大放流量(無害放流量) Q_{a2} を求めた(Case2). これは、上流側の北山ダムの非常用洪水吐きからの越流を許容することからカスケード方式となる¹⁾. 図4に示されたように、結果として $Q_{a1}=198\text{m}^3/\text{s}$, $Q_{a2}=747\text{m}^3/\text{s}$ で、官人橋におけるピーク流量 $3244\text{m}^3/\text{s}$ が得られた. したがってCase2では、嘉瀬川ダム地点でCase1の $Q_{a2}=770\text{m}^3/\text{s}$ よりも3.0%ピーク流量が低減できることが分かった.

北山ダムは本来利水ダムであることから、ゲート操作を伴う洪水制御には困難な面がある. そこで次に、北山ダムを自然流下方式の穴あきダムとした場合に、2基のダムが越流しないで洪水を制御できる限界の治水容量を求めた(Case3). これは北山ダムを穴あきダムに置き換える点を除くとCase1と同じケースである. Case3の結果として、北山ダムで1880万 m^3 、嘉瀬川ダムでは2059万 m^3 の治水容量(合計3939万 m^3)が必要となった. Case1の総治水容量は3805万 m^3 であったことから、北山ダムを穴あきダムにした場合のCase3ではCase1よりも多くの治水容量が必要である. 各ダムの治水容量を比べた場合、Case3とCase1ではそれぞれ、北山ダムで1880万 m^3 と1629万 m^3 、嘉瀬川ダムで2059万 m^3 と2176万 m^3 となり、北山ダムではCase3の方が多くの治水容量を必要とするが、嘉瀬川ダムではCase1の方が多くの治水容量を必要とすることが分かった. 図5に示すように、この違いは穴あきダムと貯水型ダムからの放流波形の違いに起因しており、穴あきダム(Case3)の放流波形は緩やかな一山状になり無害放流量 $Q_{a1}=300\text{m}^3/\text{s}$ が流れるのは満水時の一瞬であるが、貯水型ダム(Case1)では無害放流量が長時間流れる形となっており、下流側の嘉瀬川ダムにはCase1の方が、より厳しいハイドログラフになるためである.

最後に、北山ダムが穴あきダムのCase3の従来型をカスケード方式に変更したCase4として、2つのダムの Q_a を独立に変えることで、下流側の嘉瀬川ダムで非常用洪水吐きからの越流が生じない範囲で最小となる嘉瀬川ダムからの最大放流量(無害放流量) Q_{a2} を求めた. これも北山ダムを穴あきダムに置き換える点を除くとCase2と同じケースである. これより、 $Q_{a1}=145\text{m}^3/\text{s}$, $Q_{a2}=736\text{m}^3/\text{s}$ で、官人橋におけるピーク流量 $3235\text{m}^3/\text{s}$ が得られた. したがって、Case4では嘉瀬川ダム地点でCase3の $Q_{a2}=770\text{m}^3/\text{s}$ よりも4.4%ピーク流量が低減されており、カスケード型による治水効果は、貯水型ダム(Case1とCase2の差)よりも穴あきダム(Case3とCase4の差)の方が大きくなっている.

4. おわりに

本研究により、直列配置された2基のダムで上流側ダムのみを穴あきと貯水型とした場合、上流側ダムからの放流波形の差異により、下流側ダムに必要な治水容量、すなわち洪水制御能力が変化することが分かった. その際、カスケード方式を採用することで下流側ダムからの放流量を低減することが可能であるが、穴あきダムとする方が効果が大きい. なお、今回行った何れのケースにおいても下流の基準点の官人橋で計画高水流量の $2500\text{m}^3/\text{s}$ を超えており³⁾、嘉瀬川ダムよりも下流側で河道改修などが必要とされる結果となっている.

謝辞: 本研究の一部は、JSPS 科研費 17K06581 および、文部科学省気候変動適応技術社会実装プログラム(SI-CAT)の支援のもとに実施された. ここに記して謝意を表します.

参考文献 1) 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. 2) <http://www.miroc-gcm.jp/~pub/d4PDF/> 3) http://www.mlit.go.jp/river/shinnngikai_blog/shaseishin/kasenbunkakai/shouuinkai/kihonhoushin/060921/pdf/refl-3.pdf 4) <http://i-ric.org/ja/>