

庄川における降雨流出・洪水氾濫解析と 可能最大洪水時の利賀ダムの影響評価

尾島 由利香¹・呉 修一²・石川 彰真³・B. A. Priyambodoho⁴・丸谷 靖幸⁵

¹ 学生会員 富山県立大学 工学部環境・社会基盤工学科 (〒939-0398 富山県射水市黒川 5180)

(現所属：富山市役所上下水道局水道課)

² 正会員 富山県立大学准教授 工学部環境・社会基盤工学科 (〒939-0398 富山県射水市黒川 5180)

E-mail:kure@pu-toyama.ac.jp

³ 学生会員 富山県立大学 工学部環境・社会基盤工学科 (〒939-0398 富山県射水市黒川 5180)

⁴ 学生会員 富山県立大学大学院 工学研究科環境工学専攻 (〒939-0398 富山県射水市黒川 5180)

⁵ 正会員 岐阜大学助手 流域圏科学研究センター高山試験地 (〒506-0815 岐阜県高山市岩井町 919-47)

2019年7月豪雨では、西日本の広域で洪水氾濫等の甚大な被害が生じた。この出水では一部の流域で、ダムゲートの異常洪水時防災操作による直下流水位の急上昇が議論となった。本研究では、富山県の庄川を対象に、降雨流出・洪水氾濫計算より可能最大洪水を含む様々な洪水の状況を事前に算定する。これにより、現在庄川に建設中の利賀ダムが、各出水規模に対してどの程度の洪水低減効果を有するかを事前に評価する。

解析結果より、利賀ダムの洪水調節は、既往最大洪水に堤防決壊が生じる場合、氾濫初期に浸水面積を約24%、浸水量を約24%減少させ、可能最大洪水氾濫時には、浸水面積を約18%、浸水量を約22%減少させることを示した。しかしながら、可能最大洪水氾濫クラスの大規模出水では利賀ダムの貯水位がサーチャージ水位に達するため、氾濫時間の継続に伴い低減効果は減少する。

Key Words: Showgawa river, probable maximum flood inundation, Toga dam, Rainfall runoff analysis

1. はじめに

近年、全国各地で豪雨災害が頻発している。甚大な被害がもたらされた豪雨災害の例として、平成23年7月新潟・福島豪雨(死者4名)、平成24年7月九州北部豪雨(死者30名)、平成26年8月豪雨(死者6名)、平成27年9月関東・東北豪雨(死者14名)、平成29年7月九州北部豪雨(死者34名)などが挙げられる。平成30年7月の西日本豪雨では、死者224名、行方不明者8名と平成で最悪の被害が生じた¹⁾。

西日本豪雨では、ダム貯水池の異常洪水時防災操作(ただし書き操作)による直下流水位の急上昇が議論となっている²⁾。富山県では現在、利賀ダムの建設が1級河川の庄川で進められている³⁾。西日本豪雨の事例を踏まえ、最悪の洪水状況を事前に想定するとともに、ダムが洪水氾濫にどのような影響をもたらすのか、貯水位がサーチャージ水位に達したあとの状況などを、事前に評価する事は極めて重要である。

様々な洪水氾濫状況の事前想定や、ダムからの放流に関する研究は、これまでに多くの取り組みがなされている。例えば、呉ら⁴⁾は、平成27年9月関東・東北豪雨の渋井川洪水を対象に降雨流出・洪水氾濫モデルを適用することで、可能最大洪水氾濫・流体力を算定している。下坂ら⁵⁾は、国内で観測された最大規模の降雨を用い、想定を上回るような異常気象が生じた際のハイドログラフを設定し、同時に洪水が発生する複合災害について検討を行っている。米田ら⁶⁾は、大規模洪水時における内外水同時氾濫解析を実施することで、浸水リスクの時間的変化を踏まえた避難計画の重要性を述べている。

ダムの洪水低減に関する研究も数多く行われている。例えば、下坂ら⁷⁾は事前放流方法を提案している。事前放流方法を仮想的な大規模洪水に適用し、ただし書き操作(異常洪水時防災操作)への移行時間を遅らせることで、洪水流量のピークを低減させ、現行の操作規則よりも洪水水位低減効果が得られることを明らかにしている。このように、大規模洪水やダムのゲート操作に関する

研究は多く行われているが、西日本豪雨では、異常洪水時防災操作に関して議論が起こるなど、大規模出水時のダムの洪水低減効果に関する評価と地域への周知は不十分と考えられる。富山県に建設中の利賀ダムも、影響評価は事業者で十分に行われているが、計画を超過するような大規模出水への効果なども評価・周知される必要がある。これらは今後の地球温暖化などで豪雨の規模や頻度の増加が懸念される状況で、適応策としてのダムの貯水池操作を検討するうえでも重要となる。

よって、本研究では、富山県の1級河川である庄川（流域面積：1189 km²）を対象とし、可能最大を含む複数の洪水氾濫の状況を計算する。その際に、現在、庄川の支川に新たに建設されている多目的ダムである利賀ダムの治水効果を定量的に評価する事を目的とする。

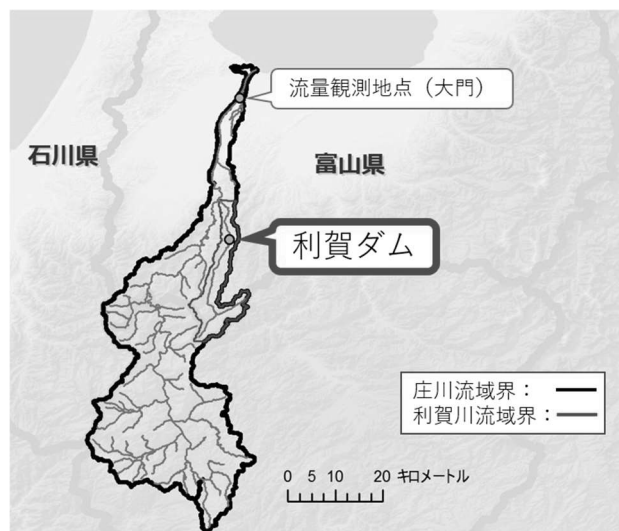


図-1 庄川・利賀川流域および利賀ダム、大門地点の位置

2. 対象流域の概要

本研究では、現在、利賀ダムを建設中である庄川とその流域を対象とする（図-1）。対象河川である庄川は、岐阜県の烏帽子岳（標高1,625 m）を水源とし富山湾に流れる幹川流路延長115 km、流域面積1,189 km²の1級河川である。また、庄川流域とその周辺は山地で囲まれている。庄川の右支川である利賀川において、河口より約40 km、庄川合流点より8 kmに位置する利賀ダムが現在建設中であり、これを本研究では対象とする。利賀ダムは、重力式コンクリートダムで、総貯水容量は31,100,000 m³、有効貯水容量26,400,000 m³を有する³⁾。

庄川流域で過去に発生した洪水は、明治時代では30回を数え、昭和以降も、昭和9年、34年、39年、50年、51年、58年、60年、平成16年と頻繁に発生している³⁾。特に平成16年の台風23号では、既往最大流量を観測し、高岡市、射水市で初の避難勧告が発令された。また、平成30年7月豪雨では、平成16年台風23号に次ぐ、観測史上2位の水位を大門地点の観測所で記録し、氾濫注意水位を超過している。

3. 研究手法

利賀ダムの洪水低減効果の評価を行うため、庄川を対象に降雨流出・洪水氾濫計算手法を適用するとともに、利賀ダムの洪水調節有り・無しで計算を行った。以下にその概要を記す。

(1) 降雨流出・洪水氾濫手法の概要

降雨流出モデルは、呉ら⁸⁾の土壌・地形特性に基づく降雨流出計算手法を使用する。本モデルはサブ分布型の

降雨流出モデルであり、河道部の洪水追跡には1次元不定流計算を用いる。洪水氾濫計算は、2次元不定流計算を行う。降雨流出モデルから算出されるサブ流域からの流出量を横流入量として、河川での洪水追跡および洪水氾濫が計算される。

降雨流出計算は、庄川流域全域を104のサブ流域に分割し各サブ流域で行っている。このサブ流域は国土数値情報の流域メッシュデータに基づき分割している。各サブ流域で表層土層圧、流出係数、有効空隙率、飽和透水係数などの値をキャリブレーションから試行錯誤的に決定した。各サブ流域で、表層土層厚：200~300 mm、有効空隙率：0.4、飽和透水係数：270 mm/h、流出係数：0.4~0.8の値が使用されている。流域の土地利用の93.2%が山地等であるため、キャリブレーションから山地に適した値で決定している。入力降雨は、気象庁解析雨量を使用している。

1次元不定流計算に基づく河道部の洪水追跡は、庄川全域を対象に行っている。河道網は国土数値情報の河川データから抽出している。河川横断面データは、国土交通省北陸地方整備局から提供頂いたデータを大臣管理区間（河口から26.1 km区間）で使用している。それより上流の横断面データのない河川区間では降雨流出計算で算定された洪水流量を、十分に流下できる河川幅・堤防高を仮想的に設定している。マンニングの粗度係数はキャリブレーションより0.12で全区間一様の値が使用されている。計算タイムステップは $\Delta t=0.3$ sで計算している。庄川には利水用のダム群が存在するが、これらの洪水低減効果はないものとし、本論文では考慮していない。

2次元不定流計算に基づく氾濫計算は、後述する堤防決壊地点の右岸側を対象に行っている。堤内地の標高データは、国土地理院の5 mメッシュ標高データを使用するとともに、マンニングの粗度係数は0.05を空間的に一様

で与え計算している。氾濫域内の水路や小河川の表現は、5 m メッシュの標高地形そのままの値を用いているため、表現が不十分な可能性がある。また氾濫域での排水機場や樋門の操作などは本計算では考慮していない。

その他の計算の詳細は、呉ら⁹⁾などの参考文献を参照されたい。

(2) 対象洪水の設定

本研究では、Case 1：既往最大洪水（2004年台風23号の出水で洪水氾濫はなし）、Case 2：既往最大洪水+堤防決壊、Case 3：可能最大洪水+堤防決壊、の3つを対象とする。

既往最大洪水の解析では、前節の降雨流出計算を行い既往最大洪水ハイドログラフを再現し、その際に算定された各サブ流域からの流出量を使用して洪水計算・洪水氾濫計算を行っている。

可能最大洪水流量は、椿ら⁹⁾にならい、角屋・永井¹⁰⁾の最大洪水比流量包絡式(1)を用いて算定する。

$$q = KA^{-0.06} \exp(-0.04A^{0.45}) \quad (1)$$

ここに、 q ：洪水比流量 [$\text{m}^3/\text{sec}/\text{km}^2$]、 A ：流域面積 [km^2]、 K ：地域係数（北陸地方における地域係数は28.0）である。(1)式より今回対象とする河川の可能最大洪水流量を算定した結果、庄川の大門地点における可能最大洪水ピーク流量は約9,800 m^3/s と算定された。庄川の基本高水流量6,500 m^3/s （雄神基準地点）よりも極めて大きい値であることがわかる。求めた可能最大ピーク流量をもとに、既往最大洪水ハイドログラフの時間変化を直接使用し（ピーク流量比を毎時・毎サブ流域の流入量に掛け算することで）、可能最大洪水の状況を設定し洪水流出・洪水氾濫計算を行っている。ここで、対象地域で氾濫計算を実施するまえに、可能最大洪水流量が上流域を流下可能かの検討が必要となる。しかしながら、本研究では大臣管理区間（河口から26.1 kmまで）より上流の河川横断面データが入手できておらず、横断面データのない区間では、最も危険側で評価するために仮想的な矩形断面を想定し洪水氾濫が生じない流下能力を確保させている。よって、本来は上流域で多くの氾濫が生じ、下流部での洪水流量が低下する可能性がある点は注意されたい。

Case 2とCase 3では堤防決壊が生じるものとする。堤防決壊が生じる場所は、庄川と和田川の合流する大門地点の右岸側とした。これは住宅などの多い下流部で唯一の河川合流部であり、合流部での破堤リスクを本研究では考慮したためである。既往最大洪水のピーク1時間前の2900 m^3/s で堤防決壊が生じ始めるとした。可能最大洪水(Case 3)でも同様の条件である。堤防決壊は、30分で堤防高さが1 m低下し、決壊幅が50 m拡大（最大決壊幅：225 m）するものと仮定した。また堤防決壊以外にも河川合流部上流などで水位が堤防高を超過する場合は越流

氾濫が生じるものとして計算を行っている。

(3) 利賀ダムの洪水調節

利賀ダムは洪水貯水容量を持つ多目的ダムである。したがって、庄川流域では、庄川の河川整備の基本事項である基本高水のピーク流量6,500 m^3/s を、利賀ダムを含む流域内の洪水調整地域により700 m^3/s を調整して、河道への配分流量を5,800 m^3/s とする計画である。利賀ダムは、ダム地点において770 m^3/s のうち500 m^3/s の洪水調整を行うものとしている³⁾。よって、庄川の計画高水流量の配分は、利賀川で270 m^3/s 、庄川の雄神基準地点で5,800 m^3/s で、その後庄川に合流する和田川の100 m^3/s を加えて5,900 m^3/s を富山湾に流す計画となっている。なお庄川の現況河道では、目標流量の流下能力を有しているが、急流河川特有の流水の強大なエネルギーに対する危険箇所もあることから、どこでも氾濫の可能性のある¹¹⁾。

利賀ダムの洪水調節は、自然調節方式であり、洪水吐きの能力を設定することで、流入量・貯水位に応じて放流量が決定される。本研究では、一般的な洪水吐の放流量式(2)、(3)を用いて、利賀ダムの放流量・貯水位を算出した。

$$Q_{out} = C_p a B (2gH)^{\frac{1}{2}} \quad (2)$$

$$A \frac{dH}{dt} = Q_{in} - Q_{out} \quad (3)$$

ここに、 Q_{out} ：ゲート放流量 [m^3/s]、 C_p ：流量係数、 a ：ゲート開度、 B ：ゲート幅、 H ：貯水位、 Q_{in} ：流入量、 A ：貯水面積である。これらの値は、利賀ダムの規格に応じて一般的な値を使用している。

4. 計算結果

(1) 降雨流出計算結果

計算流量と既往最大流量を観測した2004年台風23号時の流量の比較を図-2に示す。既往最大流量を再現するために、前記したように各サブ流域における表層土層圧や有効空隙率等のパラメータはキャリブレーションから決定している。洪水の立ち上がりと逶減部に差異はあるが、ピーク流量付近は良好に再現出来ており、全体的に実測値に近い計算を行うことが出来たと考える。したがって、以降の計算では、このキャリブレーション結果から得られたパラメータ・流出量を用い、計算を行う。

(2) 洪水氾濫計算結果

本節では、Case 2、Case 3の洪水氾濫計算の結果を示す。利賀ダムは次節以降で検討するため、本節の計算には含

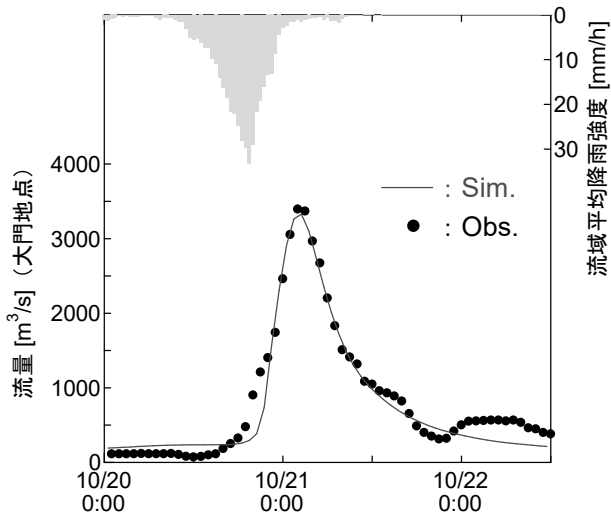


図-2 大門地点における計算と観測流量の比較

まれていない。まず、Case 2 の既往最大洪水の計算では、降雨流出計算で再現した 2004 年台風 23 号時の流量に加えて堤防決壊を意図的に生じさせている。堤防決壊は、2004 年 10 月 21 日 0:30 に開始している。2004 年 10 月 21 日 5:00 (堤防決壊開始から 4 時間 30 分後) の洪水氾濫計算結果を図-3 に示す。計算結果より、最大浸水深は深いところで 1.5~2.5m 程度を示している。浸水面積は約 19km²、浸水量は約 1,651 万 m³であった。

次に、Case 3 の可能最大洪水氾濫の計算結果を示す。堤防決壊は、2004 年 10 月 20 日 23:20 に開始している。2004 年 10 月 21 日 5:00 (堤防決壊開始から 5 時間 40 分後) における最大浸水深を図-4 に示す。計算結果より、3m を超える最大浸水深が確認できる。浸水面積は約 56 km²、浸水量は約 8,995 万 m³であった。

(3) 利賀ダムの洪水調節結果

Case 1,2 の場合と、Case 3 の場合で、利賀ダムへの流入量を算定し、その流入量に応じて、式(2), (3)より放流量を決定した。利賀ダムは多目的ダムであり、初期貯水位は常時満水位 (411 m) を設定し計算を行っている。上記 2 ケースの利賀ダムの流入量・放流量、貯水位を図-5、図-6 に示す。既往最大洪水時の放流量は、ピーク流入量時に約 500m³/s の流入量に対して、約 120m³/s を放流している。可能最大洪水時は、ピーク流入量時に約 1700 m³/s の流入量に対して、約 350 m³/s を放流している。しかしながら、図-6 に示されるように可能最大洪水時には貯水位がサーチャージ水位に達するため、以後は流入量と同じ量が放流される、いわゆる異常洪水時防災操作の状態と同じ状況となっており、放流量の急激な増加が生じている。

以降、ここで算定した放流量を用い、利賀ダムが存在する場合の洪水計算および氾濫計算を行う。

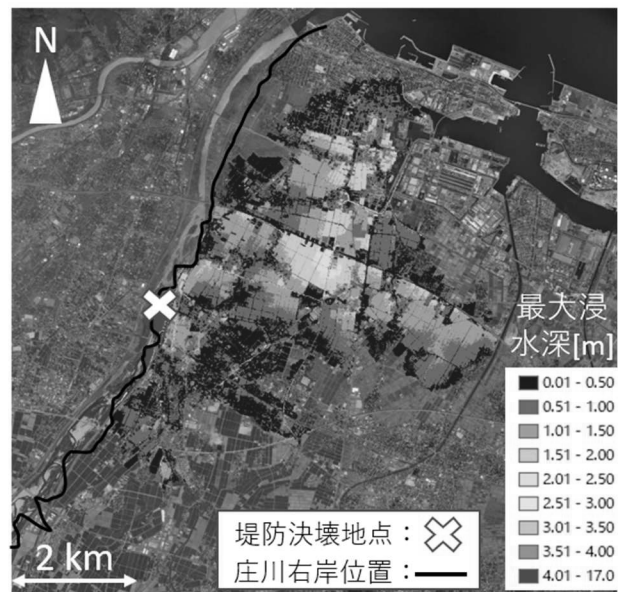


図-3 Case 2 の最大浸水深の計算結果 (利賀ダムなし)
(2004 年 10 月 21 日 5:00 時点)

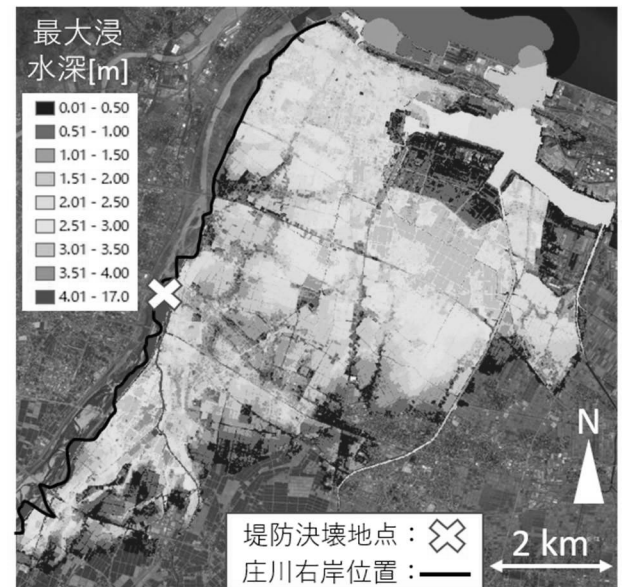


図-4 Case 3 の最大浸水深の計算結果 (利賀ダムなし)
(2004 年 10 月 21 日 5:00 時点)

(4) 利賀ダムの洪水低減効果

a) Case 1 (既往最大洪水)

まず、Case 1 で利賀ダムの影響評価を行った。Case 1 では氾濫が発生しないことから、流量と水位での比較を大門地点で行う。比較の図は割愛するが、利賀ダムの洪水調節効果により利賀ダム有の場合と無しの場合では、ピーク時刻の前後 1 時間で流量を約 6~12 % 減少させ、ピーク水位を約 35 cm 減少させている。しかしながら、水位での比較は、河床横断面データが 2004 年とは異なるため、検証が行えていない点に注意されたい。2004 年の横断面データの使用、庄川の低水路や高水敷、植生などを考慮した粗度係数の設定などを通じ、水位での検証を

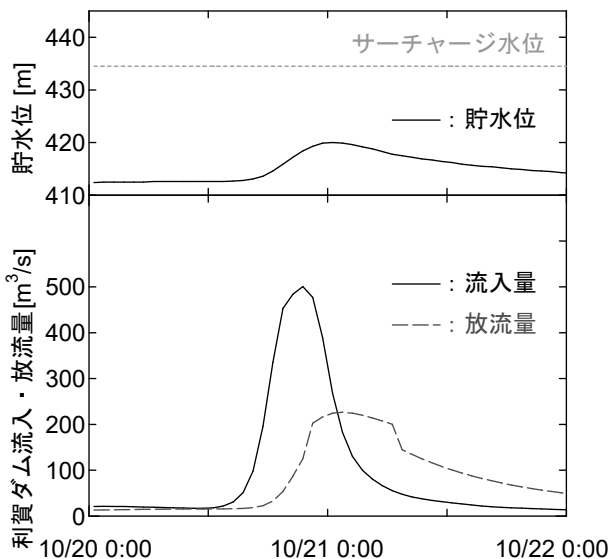


図-5 Case 1, 2 での利賀ダムの洪水調節

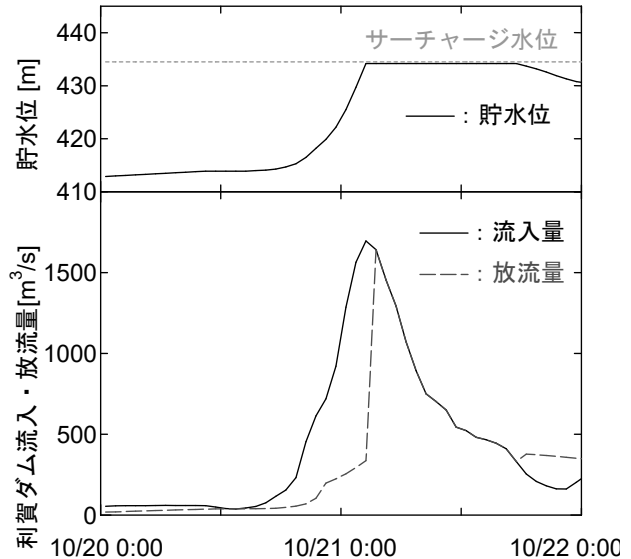


図-6 Case 3 での利賀ダムの洪水調節

行っただうえで、再度評価する必要がある。

b) Case 2 (既往最大洪水+堤防決壊)

次に Case 2 で利賀ダムの洪水調節の効果を評価する。前節の図-5 に示す利賀ダムの洪水調節を含んで洪水氾濫計算を行った。計算期間は、2004 年 10 月 19 日 0:00 から 21 日 12:00 である。利賀ダムの洪水調節有りて計算した 2004 年 10 月 21 日 5:00 時点の計算結果を図-7 に示す。図-7 に示されるよう、浸水面積および最大浸水深の減少が確認できる。

利賀ダム有りの場合、堤防決壊は、2004 年 10 月 21 日 1:20 に開始しており、堤防決壊開始を 50 分遅れさせている。2004 年 10 月 21 日 5:00 (堤防決壊開始から 3 時 40 分後) の時点で、浸水面積は約 14km²、浸水量は約 1,261 万 m³ であった。また前節より、利賀ダム無しの場合、浸水面積は約 19km²、浸水量は約 1,651 万 m³ であった。したがって、ダムがあることによって、浸水面積は同時刻で約 5km² (24%)、浸水量は約 390 万 m³ (24%) 減少させることが明らかとなった。しかしながら、堤防決壊から更に時間が進行した 2004 年 10 月 21 日 12:00 (堤防決壊開始から 10 時間 40 分後) では、浸水面積は約 16%、浸水量は約 16% 減少させることになり、その効果は時間の経過とともに減少していく。これは利賀ダムが自然調節方式のため、調節した水を貯留し続けることができなく、図-5 に示されるよう、洪水後期に流入量以上の放流を行うためである。

c) Case 3 (可能最大洪水+堤防決壊)

最後に、Case 3 で利賀ダムの影響評価を行う。前節で示した図-6 の可能最大洪水時の洪水調節を考慮し洪水氾濫計算を行った。計算期間は、2004 年 10 月 19 日 0:

00 から 21 日 12:00 である。利賀ダムの洪水調節有りて計算した 2004 年 10 月 21 日 5:00 時点の計算結果を図-8 に示す。図-8 に示されるよう、浸水面積および最大浸水深の減少が確認できる。

利賀ダム有りの場合、堤防決壊は、2004 年 10 月 20 日 23:50 に開始しており、堤防決壊開始を 30 分遅れさせている。2004 年 10 月 21 日 5:00 (堤防決壊開始から 5 時間 10 分後) の時点で、浸水面積は約 46km²、浸水量は約 6,991 m³ であった。また前節より、利賀ダム無しの場合、浸水面積は約 56km²、浸水量は約 8,995 万 m³ であった。したがって、ダムがあることによって、浸水面積は約 10km² (18%)、浸水量は約 2,000 万 m³ (22%) 減少させることが明らかとなった。しかしながら、堤防決壊から更に時間が進行した 2004 年 10 月 21 日 12:00 (堤防決壊開始から 12 時間 10 分後) では、浸水面積は約 3%、浸水量は約 11% 減少させることになり、その効果はかなり小さくなっている。これは利賀ダムの貯水位がサーチャージ水位に達し、流入量と同量の放流を行うため、ダムの洪水低減効果が時間の経過とともに小さくなるためである。

d) 3 ケースのまとめ

以上、Case 1 から Case 3 まで、利賀ダムの洪水低減効果を評価した。全てのケースで、洪水ピーク流量・水位、浸水面積、浸水量を軽減することが明らかとなった。更に、堤防決壊開始を Case 2 で 50 分程度、Case 3 で 30 分程度遅らせている。利賀ダムの洪水調節機能は、特に氾濫開始初期の段階で、大きな効果を発揮することがわかった。洪水氾濫の後期では自然洪水調節の後期放流や利賀ダムのサーチャージ水位への到達の影響などから、その

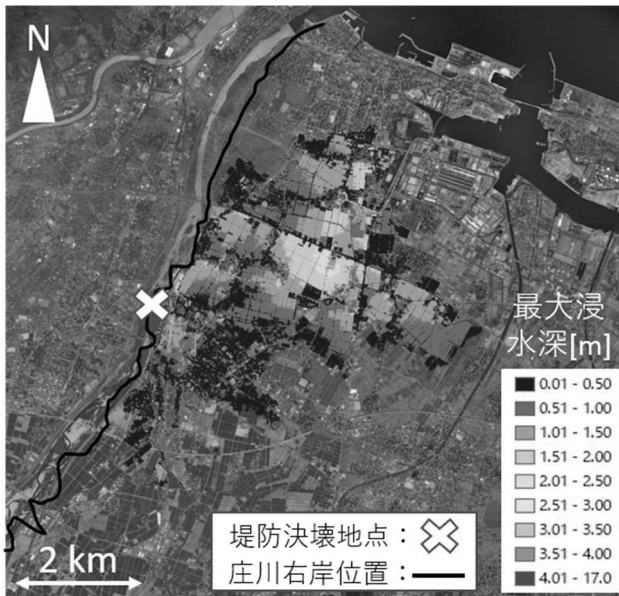


図-7 Case 2の最大浸水深の計算結果（利賀ダムあり）
（2004年10月21日5:00時点）

効果は徐々に減少する。しかしながら、洪水対応の初動や避難時間の確保などを考えた場合、利賀ダムの洪水低減効果は極めて大きいと考えられる。

5. まとめ

本論文では、既往最大洪水・可能最大洪水時を想定し、降雨流出・洪水氾濫計算を実施することで、富山県を流れる1級河川庄川の流量や浸水面積・量を算定した。また、利賀ダムの洪水調節の有無が洪水および洪水氾濫に与える影響を評価した。

庄川を対象とした降雨流出計算では、2004年の既往最大洪水をある程度良好に再現することが出来た。また、庄川の可能最大洪水流量として大門地点で約 9,800 m³/s を算定することが出来た。洪水氾濫計算では、庄川右岸の堤防決壊を想定することで、既往最大洪水・可能最大洪水の2つの外力による計算を行った。その結果、既往最大洪水・可能最大洪水時の浸水面積や浸水量を算出することが出来た。

最後に、利賀ダムの洪水調節を考慮することで、利賀ダムの洪水低減効果を評価した。その結果、Case 1の既往最大洪水の場合、ピーク流量を約6～12%抑えることが出来ると分かった。Case 2の洪水氾濫（既往最大洪水＋堤防決壊）の場合、洪水氾濫初期（10月21日5:00時点）で浸水面積を約24%、浸水量を約24%抑えることが出来、洪水氾濫後期（10月21日12:00時点）で浸水面積を約16%、浸水量を約16%抑えることが出来た。

Case 3の可能最大洪水氾濫の場合、洪水氾濫初期

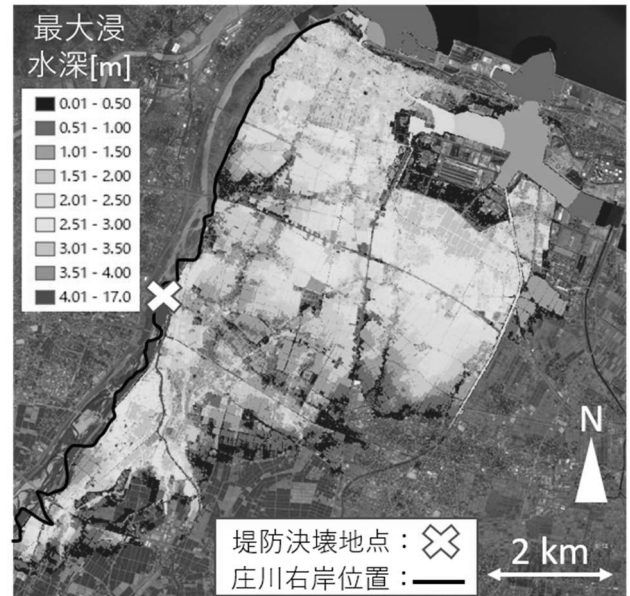


図-8 Case 3の最大浸水深の計算結果（利賀ダムあり）
（2004年10月21日5:00時点）

（10月21日5:00時点）で浸水面積を約18%、浸水量を約22%抑えることが出来、洪水氾濫後期（10月21日12:00）で浸水面積を約3%、浸水量を約11%抑えることが出来た。

このように利賀ダムの洪水調節は大規模な洪水氾濫が生じた際、特に氾濫初期に大きな低減効果を発揮するため、被害を軽減するのみではなく、避難や洪水対応の初動にとって極めて有効であると考えられる。しかしながら、可能最大クラスの出水では、利賀ダムの貯水位がサーチャージに達し、放流量が急増することが生じるため、洪水氾濫の後期では軽減効果が少なくなること等が生じえることは、十分に事前に周知される必要がある。周知の方法は、ハザードマップへの注意書きや、市町村などが策定する地域防災計画への記載などに加え、ダム見学会・住民説明会などの積極的な開催を通じた説明などが考えられる。これにより、公助のみではなく、自助・共助を通じた備えと対策が必要であることを地域住民が理解することが、今後の防災・減災では重要と考える。

今後、地球温暖化の影響などにより、本論で議論したような可能最大洪水などの計画規模を超過した洪水の発生が懸念される。このような温暖化への適応策として、本論で議論したダム貯水池の運用方法の改善などの検討が望まれる。例えば、本論で対象とした利賀ダムの初期貯水位（常時満水位）を出水時期は低めに設定する、本論では治水容量はないものとして考慮しなかった利水ダム群に洪水調節容量を持たせる、などを環境の変化に対する適応策として今後検討することが、地球環境問題を議論するうえで重要であると考えられる。

最後に、本論文は利賀ダムの影響評価の初期解析結果

であり、水位でのモデルの検証や、氾濫域のマニングの粗度係数など、多くの不確定要素が存在する。よって、今後も多くの解析を通じて本論文の結果の検証を行う必要がある点は注意されたい。

謝辞：本研究は、JSPS 科研費 JP18K04372 の助成を受け実施したものです。また、本研究の一部は、岐阜大学流域圏科学研究センターとの共同利用・共同研究事業(2018-F001)の支援を受け実施されました。本研究で使用した庄川の河川横断面形状は、国土交通省北陸地方整備局富山河川国道事務所に提供頂きました。末尾ですがここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 消防庁：平成 30 年 7 月豪雨及び台風第 12 号による被害状況及び消防機関等の対応状況（第 58 報），（平成 30 年 11 月 6 日現在）
<http://www.fdma.go.jp/bn/2018/detail/1052.html>
（2019 年 4 月 8 日閲覧）
- 2) 森脇亮：2018 年 7 月西日本豪雨による四国地方の水害・土砂災害，平成 30 年度河川災害に関するシンポジウム講演集，pp.39-54，土木学会，2018.
- 3) 国土交通省北陸地方整備局利賀ダム工事事務所：利賀ダム建設事業の概要
<http://www.hrr.mlit.go.jp/toga/gaiyou/index.html>
（2019 年 4 月 8 日閲覧）
- 4) 呉修一，林晃大，森口周二，堀合孝博，田中仁：2015 年 9 月洪井川洪水氾濫を対象とした可能最大流体力の算定，河川技術論文集，Vol.22, pp.297-302, 2016.
- 5) 下坂将史，尾田茂彦，手計太一：富山市における超過洪水の設定方法の提案と避難所に与える影響に関する基礎的研究，土木学会論文集，Vol.73, No.5, I_149-I_155, 2017.
- 6) 米田駿星，佐藤誠，川村育男，渡邊一靖，松本勝治，山田朋人：大規模洪水時における内外水同時氾濫解析モデルを用いた時空間的な浸水リスク評価，河川技術論文集，Vol.25, pp.43-48, 2019.
- 7) 下坂将史，呉修一，山田正，吉川秀夫：既存ダム貯水池の洪水調節機能向上のための新しい放流方法の提案，土木学会論文集 B，Vol.65, No.2, pp.106-122, 2009.
- 8) 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, B-2, pp.169-174, 2005.
- 9) 椿涼太，川原能久，塚井誠人：中山間地域における計画規模を越えた降雨による洪水氾濫被害特性，土木学会論文集 B1（水工学），Vol.72, No.1, pp.11-25, 2016.
- 10) 角屋睦，永井明博：洪水比流量曲線へのアプローチ，京都大学防災研究所年報，Vol.22 B-2, pp.1-14, 1979.
- 11) 国土交通省北陸地方整備局富山河川国道事務所：庄川維持管理計画，平成 30 年 3 月，
http://www.hrr.mlit.go.jp/toyama/common/old/pdf/river_category_sub-51.pdf（2019 年 6 月 16 日閲覧）

(Received April, 9, 2019)

(Accepted July, 8, 2019)

RAINFALL RUNOFF AND FLOOD INUNDATION ANALYSIS IN SHOWGAWA RIVER AND EVALUATION OF FLOOD CONTROL BY TOGA DAM

Yurika OJIMA, Shuichi KURE, Shouma ISHIKAWA, Bambang PRIYAMBODOHO and Yasuyuki MARUYA

Severe water-related disasters occur in Japan almost yearly due to typhoons and frontal rains. In this paper, a rainfall runoff and flood inundation model was applied to the Showgawar River in order to evaluate the several flood situation including a probable maximum flood inundation (PMFI). Also, flood control capacity by a newly constructed Toga Dam was evaluated by numerical simulations.

As a result, it was found that the flood control by the Toga Dam would cause a 24 % decrease in the flood inundation volume and area at the initial stage of the inundation for the historical largest flood event and a 18 % decrease in the flood inundation area and a 22 % decrease in the volume at the initial stage of the inundation for the PMFI. However, the reservoir storage level in the Toga Dam reached to the Surcharge water level during the PMFI event, so that the flood control capacity was significantly reduced after this timing.