

庄川における降雨流出計算と洪水氾濫解析

富山県立大学 環境・社会基盤工学科 学生会員 尾島 由利香
 富山県立大学 環境・社会基盤工学科 正会員 呉 修一

1. はじめに

近年、全国各地で豪雨災害が頻発している。特に、平成30年7月の西日本豪雨では河川の氾濫や浸水など多くの被害が発生した。西日本豪雨では、ダムでの放流方法が被害拡大の一要因となったのではないかと議論がされている。そんな中、富山県では現在、利賀ダムの建設が庄川で進められている。富山県では洪水や水循環の研究が多く行われているが、ダムの影響等についての研究は少ない。洪水や水循環の研究では、下坂ら¹⁾は既往最大規模降雨に基づくハイドログラフを作成し、氾濫計算を行うことで、洪水が発生する災害について検討した。また、非常平面2次元流計算から、避難所の危険度を評価した。松浦ら²⁾は、水循環解析を実施し、土地利用変化と気候変動に伴う水循環の影響を検討し、水資源賦存量を評価した。

しかしながらダムの影響に関する研究は少ないことから、本研究ではダムの有無が洪水に対し、どのような効果をもたらすのか影響評価を行うため、降雨流出計算及び洪水氾濫解析を庄川で行う。

2. 対象地域

本研究では、富山県、岐阜県の西部を流れる庄川を対象河川、河口から約40kmに位置する利賀ダムを対象ダムとする。庄川は、岐阜県の烏帽子岳(標高1,625m)を水源とし、流域面積が1,189km²の一級河川である。また、土地利用は約9割が山地である。利賀ダムは、有効貯水容量26,400,000m³を有する。

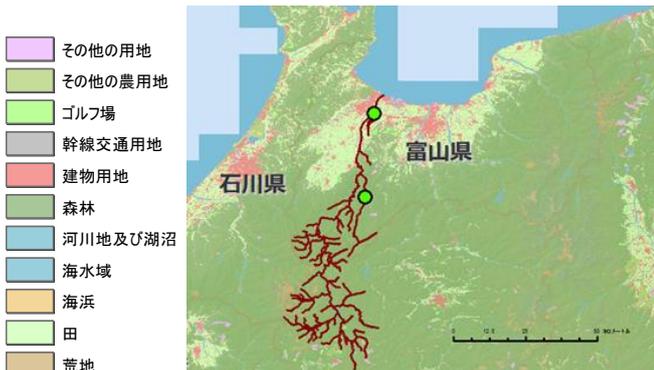


図1 庄川流域およびその周辺の土地利用

3. 研究手法

降雨流出モデルを用い、表層土層厚や有効空隙率等の数値をキャリブレーションすることで試行錯誤的に実測値に合うモデルパラメータを決定し、流出計算を行った。その後、洪水氾濫モデルを用いて、例えば既往最大洪水、温暖化による豪雨、可能最大洪水が発生した場合の洪水を計算し、被害状況を整理する。

降雨流出モデルは呉ら³⁾の土壌・地形特性に基づく降雨流出計算手法を適用する。表面流を式(1)、中間流を式(2)、表面流から中間流への鉛直浸透流を式(3)、湛水深を式(4)を用い算出し、河道部の洪水追跡には1次元不定流計算を用いる。

$$\frac{dq_s}{dt} = a_s q_s^{\beta_s} (r(t) - q_0 - q_s) \quad (1)$$

$$\frac{dq_*}{dt} = a_0 q_*^{\beta} (q_0 - q_*) \quad (2)$$

$$\frac{dq_0}{dt} = (r(t) - q_0) \frac{q_0 - K_s}{h_s + h_k} - \frac{q_0}{(\theta_s - \theta_i) K_s (h_s + h_k)} (q_0 - K_s)^2 \quad (3)$$

$$\frac{dh_s}{dt} = r(t) - q_0 - q_s \quad (4)$$

ここに、 q_0 : 鉛直浸透流(mm/h), q_s : 表面流に関する流出高(mm/h), q_* : 中間流に関する流出高(mm/h), h_s : 湛水深(mm), k_s : 飽和透水係数(cm/s), h_k : 浸潤線での毛管不圧(cm), a_0, a_s, β_s, β : 流出パラメータである。

また、洪水氾濫計算は式(5)-(7)の2次元不定流計算を行う。

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial q}{\partial y} = 0 \quad (5)$$

$$\frac{\partial p}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{p^2}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{pq}{h} \right) + gh \frac{\partial \zeta}{\partial x} + \frac{gp\sqrt{p^2 + q^2}}{c^2 - h^2} - \frac{1}{\rho_w} \left[\frac{\partial}{\partial x} (h\tau_{xx}) + \frac{\partial}{\partial y} (h\tau_{xy}) \right] = 0 \quad (6)$$

$$\frac{\partial q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{q^2}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{pq}{h} \right) + gh \frac{\partial \zeta}{\partial y} + \frac{gq\sqrt{p^2 + q^2}}{c^2 - h^2} - \frac{1}{\rho_w} \left[\frac{\partial}{\partial y} (h\tau_{yy}) + \frac{\partial}{\partial x} (h\tau_{xy}) \right] = 0 \quad (7)$$

ここに、 τ : 底面せん断応力(Pa), p : x 方向流量フラックス(m^3/s), q : 方向流量フラックス(m^3/s), C : 粗度係数, ρ_w : 水の密度(kg/m^3), ζ : 水位(m), h : 水深(m), g : 重力加速度(m/s^2)である.

4. 計算結果

上記モデルを用い降雨流出計算を行った. 計算流量と既往最大流量を観測した 2004 年台風 23 号時の流量の比較結果を図 2 に示す.

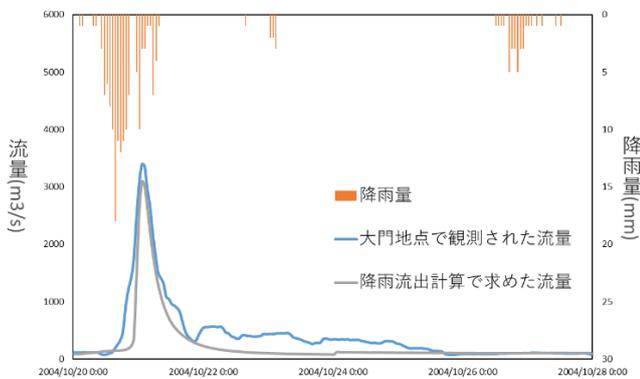


図 2 庄川(大門)のハイドロ・ハイトグラフ

キャリブレーションを行った結果, 実測値に近いモデルを決定することが出来た. しかし, 立ち上がりや逓減部に違いが見られる. これはキャリブレーションが不十分な点と, 庄川上流にある利水ダム群を考慮していないことが原因と推測される.

表 1 庄川水系電力ダムの有効貯水容量

①御母衣	330,000,000	⑨成出	3,186,000
②境川	56,100,000	⑩和田川	1,900,000
③小牧	18,858,000	⑪大牧	923,000
④大白川	11,000,000	⑫赤尾	749,000
⑤祖山	9,205,000	⑬庄川合口	405,000
⑥椿原	5,788,000	⑭大黒谷	220,000
⑦小原	5,099,000	⑮千束	132,000
⑧鳩谷	4,387,000		

※単位は立方メートル

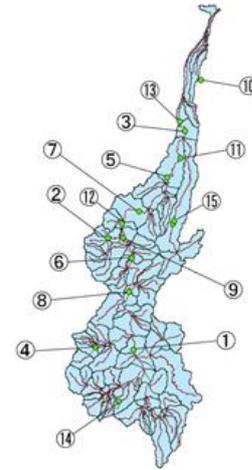


図 3 庄川水系電力ダム郡

5. まとめ

庄川を対象とした降雨流出計算では, 計算流量に差異が見られた. したがって, 今後は現在考慮していない庄川上流にある電力ダム群(図 3, 表 1)を検討し, 再度キャリブレーションする必要がある. また, 外力としては, 中規模出水, 既往最大洪水, 可能最大洪水等が発生した場合の洪水氾濫計算を進める. これにより, 利賀ダムの有無が, 洪水流量や洪水氾濫浸水深に与える影響を評価することで, ダムの影響を議論していく予定である.

参考文献

- 1)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.
 - 2)松浦拓哉, 手計太一, 富樫 聡, 緒方 陸: 分布型水収支モデルを用いた土地利用変化と気候変化が富山県域の水資源量に与える影響評価, 土木学会論文集 B1(水工学), Vol.74, No.4, I_37-I_42, 2018
 - 3)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.49B-2, pp.169-174, 2005.
 - 4)呉 修一, 林 晃大, 森口周二, 堀合孝博, 田中 仁: 2015 年 9 月渋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, 第 22 巻, 2016 年 6 月
 - 5)国土交通省, 複数の治水対策案の立案について, <http://www.hrr.mlit.go.jp/river/togadamu/date/dai2kai/dai2kai%20haifusiryoku%20siryou3.pdf>
- 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. ここに謝意を表します.