

大町ダムが小市の洪水流出解析に与える影響評価

長岡工業高等専門学校 非会員 ○角屋 実莉, 正会員 山本 隆広

1. はじめに

令和元年東日本台風では千曲川流域で甚大な被害が発生し、堤防強化（粘り強い河川堤防構造）等の河川改修が続けられている。将来、同程度以上の豪雨が発生した場合に信濃川中流域の水害リスクが増大されることが懸念される¹⁾。佐藤ら¹⁾は、星野ら²⁾の分布型水文モデルにおける河川流追跡計算モデルに拡散波法を導入して、千曲川立ヶ花地点の洪水流量を解析し、ピーク到達時刻の再現性が改善した。一方で、千曲川合流前の犀川小市地点の河川流量の再現性が悪かった。その要因として小市地点上流の治水ダムや水力発電ダムなどのダム群による影響が考えられ、分布型水文モデルにダム群の運用が考慮されていないことが挙げられる¹⁾。

本研究ではダムの有無が小市地点の河川流量に与える影響を評価する。小市地点上流の犀川流域には、洪水調節ダムを含む多目的ダムである大町ダムのほか、多数の水力発電ダムが存在する（図1）。大町ダムの放流量は水文水質データベース³⁾で公開され利用可能であるが、水力発電ダムの放流量は公開されておらず、モデルへの組み込みが難しい。そこで本研究ではまず放流量が公開されている大町ダムをモデルに組み込み、ダムの影響を調べる。

2. 解析方法

2.1 解析モデルの概要

本研究では、佐藤ら¹⁾のモデルを用いた。本モデルは星野ら²⁾の分布型水文モデルを基礎とし、対象流域を約 250m 格子に分割して、降雨流出計算に新安江モデルを適用している。入力気象データ（降水、気温、日照時間）には、気象庁のアメダスと解析雨量および国土交通省の観測値を用いた。河川流追跡計算には、上流域で運動波法を、背水影響が卓越する下流区間で拡散波法を用いるハイブリッド方式を採用している。本研究の対象である小市地点は、拡散波法を適用する区間より上流に位置するため、運動波法による河川流追跡計算を用いた。運動波法は、運動方程式における重力項と摩擦項の釣り合いを仮定する手法である。解析期間は 2002 年から 2022 年とし、ダムを考慮しないケース（ケース 1）と、大町ダムの格子に実放流量を与えたケース（ケース 2）で同じパラメータを使うことで、ダムの有無による差を比較した。

2.2 ダムのモデルへの組み込み

小市地点上流のダムのうち、洪水調節を目的とし放流量が公開されているのは大町ダムのみである。そこでまず大町ダムの諸元・操作方式を整理し、水文水質データベース³⁾から放流量を取得した。ダム地点に該当する格子において、上流から流入する計算流量を実際の放流量に置き換えることで、ダムによる洪水調節を表現した。この方法ではダムの貯留・放流操作を観測値として与えるため、操作規則をモデル化する必要がない。

2.3 解析ケース及び評価指標

ケース 1 と、ケース 2 について、過去の主要洪水 10 イベントを計算し、小市地点の観測流量と比較した。再現性の評価には、洪水ピーク到達時間差、Nash-Sutcliffe 効率係数 (NS)、およびピーク流量の相対誤差 (RE) を用いた。

3. 結果及び考察

3.1 全洪水における大町ダムの効果

表 1 に主要 10 洪水（期間は表 2）の評価指標と、ケース 1 とケース 2 のピーク流量の差を示す。ケース 2 では全洪水でピーク流量が低下し、その差は 17~280m³/s（平均約 101m³/s）であった。すべての洪水でピーク流量が低下したことから、大町ダムの格子に放流量を与えることで、ダムによる洪水調節がモデルに考慮されていることが確認できた。

NS は 10 洪水中 8 洪水で向上し、平均は 0.62 から 0.69 に改善した。ピーク到達時間差は 4 洪水で観測値に近づき、悪化した洪水はなかった（平均は -2.2 時間から -1.8 時間）。RE の絶対値は、ケース 1 で過大評価であった No.7, 8, 10 で改善したが、その他の洪水では悪化した（平均 0.15 から 0.16）。

3.2 大町ダム付近で降雨が生じた洪水

大町ダム付近で降雨が生じた No.1, 2, 7, 9, 10 の 5 洪水について、ケース 1 でピーク流量を過大評価していた洪水と過小評価していた洪水に分けて考察する。

過大評価していた No.7（平成 30 年 7 月豪雨）と No.10（令和 3 年 8 月の大雨）では、ダムによる低減でピーク流量が観測値に近づき、RE と NS がともに改善した。特に No.7 では、RE が 0.27 から 0.21、ピーク時間差が -3 時間から -2 時間、NS が 0.51 から 0.72 と全指標が改善し、NS の改善幅は 10 洪水中最大であった。

一方、過小評価していた No.1（平成 16 年台風第

23 号), No.2 (平成 18 年 7 月豪雨), No.9 (令和 2 年 7 月豪雨) では, ピーク流量がさらに低下したため RE は悪化した. しかし, No.1, 2 ではピーク時間差が 1 時間ずつ観測値に近づき, No.2, 9 では NS が向上した. 特に No.9 では NS が 0.60 から 0.75 に大きく向上しており, 長期間の降雨においてダム貯留が波形全体に影響したと考えられる.

このように, 大町ダムの考慮によりピークの低減は表現できたが, ケース 2 でもピーク流量の過大・過小は残っている. ケース 2 の再現性をさらに高めるためには, ダム以外の流出過程も含めて小市地点の波形を合わせていく必要がある.

3.3 課題

ケース 2 では大町ダム地点の流量を実放流量に置き換えているが, それ以外の支川や残流域からの流出は計算値のままである. 今後は, 大町ダムへの流入量など小市地点より上流の観測流量と計算値の波形を比較し, 上流側から順にパラメータを同定することで, 小市地点の波形を上流部分から合わせていく必要がある. また, 現在のパラメータはダムを考慮しない条件で同定されているため, ダムを考慮した条件で再同定する.

4. まとめ

大町ダムの格子に実放流量を与えることで, 全 10 洪水でピーク流量が低下し, 大町ダムの洪水調節がモデルに考慮されたことを確認した. 大町ダム付近で降雨が生じた 5 洪水では, NS の平均が 0.66 から 0.74 に向上した. 特に平成 30 年 7 月豪雨では全指標が改善し, ダムの洪水調節を考慮することで小市地点の再現性が向上した. しかし, 図 2 からケース 2 でも観測値を大きく上回っているため, 今後は, 小市地点より上流部分から波形を合わせるようにパラメータを再同定するとともに, 水力発電ダムの放流量を推定してモデルに組み込み, 立ヶ花地点の再現性向上と水害リスク評価への活用を目指す.



図 1 小市上流域のダム配置図

表 1 小市地点における主要 10 洪水の再現性

No.	ピーク流量(m³/s)				時間差(h)		NS		RE	
	観測	1	2	1-2	1	2	1	2	1	2
1*	3,520	3,297	3,017	280	-2	-1	0.85	0.83	-0.06	-0.14
2*	3,579	2,598	2,403	195	-5	-4	0.37	0.41	-0.27	-0.33
3	2,061	1,781	1,701	80	1	1	0.44	0.48	-0.14	-0.17
4	1,557	1,562	1,494	68	0	0	0.46	0.56	0.00	-0.04
5	1,464	1,363	1,301	62	0	0	0.82	0.80	-0.07	-0.11
6	1,761	1,505	1,456	49	-1	-1	0.74	0.75	-0.15	-0.17
7*	1,378	1,754	1,662	93	-3	-2	0.51	0.72	0.27	0.21
8	1,649	2,054	1,953	101	-1	0	0.47	0.63	0.25	0.18
9*	2,298	1,845	1,784	61	0	0	0.60	0.75	-0.20	-0.22
10*	2,218	2,365	2,348	17	-11	-11	0.95	0.97	0.07	0.06
平均	2,149	2,013	1,912	101	-2.2	-1.8	0.62	0.69	0.15†	0.16†

1, 2: ケース 1, 2. *: 大町ダム付近で降雨が生じた洪水. 時間差: ピーク到達時間差 (計算-観測, 負は早い). RE: 正は過大, 負は過小, †絶対値の平均

表 2 対象洪水の期間

No.	期間	No.	期間
1	2004.10.20~10.21	6	2017.10.22~10.24
2	2006.7.18~7.22	7	2018.7.5~7.6
3	2011.5.29~5.31	8	2019.10.12~10.14
4	2013.9.16~9.17	9	2020.7.6~7.10
5	2016.9.20~9.21	10	2021.8.14~8.16

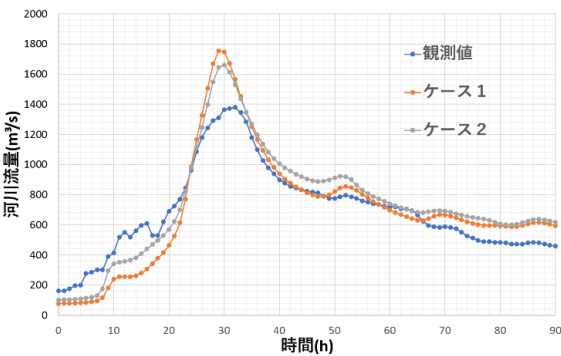


図 2 平成 30 年 7 月豪雨の観測値, ケース 1, ケース 2 の比較

参考文献

1) 佐藤雅生・田邊真奈・山本隆広・込山晃市: 拡散波法を導入した分布型水文モデルによる千曲川立ヶ花の洪水波形再現性の評価, 令和 8 年度土木学会全国大会第 81 回年次学術講演会, 2026.
2) 星野大雅・平沢勇之助・戸倉駿人・山本隆広: 年最大流量の非超過確率を用いた洪水危険度指標の開発の試み, 土木学会論文集 B1 (水工学), Vol.71, No.4, pp.1489-1494, 2015.
3) 国土交通省: 水文水質データベース, <http://www1.river.go.jp/> (2026 年 8 月 16 日閲覧)