

人口減少を考慮した中小河川の流出解析と影響予測

東北大学工学部

東北大学大学院工学研究科

東北大学大学院工学研究科

東北大学大学院工学研究科

学生会員 ○千葉 皓太

学生会員 柳原 駿太

正会員 風間 聡

正会員 会田 俊介

1. 背景と目的

近年、日本では令和元年東日本台風をはじめ、毎年のように豪雨災害が発生しており、今後も水害の激甚化・頻発化が予想される。また、人口減少の進行に伴い、地方部において税収が減少し、インフラ施設の維持管理が困難になる。以上を踏まえると、河川管理において、低コストで激甚災害に対応する必要がある。そこで、人口が0人または減少が見込まれる中小河川流域において、河川管理を放棄することが解決策になると考える。これにより、管理費用の抑制に加え、豪雨災害時に上流部で氾濫等による流量減少が起こり、下流部の被害が減少すると考えられる。河川管理放棄を検討するにはまず、人口減少の進行に伴う水文過程の変化を予測しなければならない。人口が減少した場合、田畑や居住지가放棄され、土地利用変化が見込まれる。したがって、本研究の目的は、中小河川流域において流出解析を行い、土地利用変化による影響予測を行うこととする。

2. 対象流域

対象流域は山形県上山市から山形市を流れる須川の上流域、福島県三島町を流れる只見川に南側から流入する大谷川流域、北側から流入する塙子沢流域である(図-1)。須川・大谷川は将来的に人口減少が予想される流域であり、塙子沢は人口が0人にもかかわらず流量が観測されている希少な流域である。流域面積は、須川が約72.6km²、大谷川が約48.6km²、塙子沢が約3.1km²である。

対象期間は、塙子沢における流量データが存在する2019年7月1日から2020年6月30日までとした。

3. データセット

解析に使用した標高データは基盤地図情報から、河川・土地利用データは国土数値情報から、降水量・気温・風速・積雪深データは地域気象観測(AMeDAS)データ及



図-1 対象流域地図

び奥会津気象観測システムから取得した。また、流出量・水位観測データは村山総合支庁河川砂防課及び奥会津気象観測システムから取得した。解像度は100m×100mとして流域を分割し、解析を行った。

4. 使用モデル

本研究における水文モデルは積雪・融雪モデルと流出モデルで構成される。

4.1 積雪・融雪モデル

本研究において、積雪モデルは風間¹⁾のSWEモデルおよび全層積雪密度推定モデルを用いた。また、降水形態は気温2℃以下を降雪、2℃より高い場合を降雨とした。

融雪量は表面融解をdegree hour法、底面融解は2.0mm/dayとして計算を行った。

$$SM = K/T + 2.0/24 \quad (1)$$

ここで、 SM は融雪量(mm/h)、 K は融雪係数(=0.20mm/°C/h)、 T は一時間の平均気温(°C)である。

4.2 流出モデル

本研究において、流出モデルはKazama *et al.*²⁾にならない直接流出と河川流出において連続の式とManningの式、基底流出において貯留関数法を用いて推定した。

キーワード 人口減少 流出解析 分布型流出モデル 貯留関数法

連絡先 東北大学 水環境システム学研究室 <http://kaigan.civil.tohoku.ac.jp/kaigan/>

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = (R + SM - R_{in})B \quad (2)$$

$$Q = \frac{1}{n} B h^{5/3} I^{1/2} \quad (3)$$

$$R_{in} = k_a \times h \quad (4)$$

ここで、 A は断面積(m^2)、 B はメッシュ幅(m)、 Q は流量(m^3/s)、 R は降雨量(m/s)、 R_{in} は浸透量(m/s)、 t は時間(s)、 x は流下方向の距離(m)、 k_a はモデル定数($/s$)である。

$$\frac{\partial s}{\partial t} = R_{in} - q_b \quad (5)$$

$$s = k q_b^p \quad (6)$$

ここで、 s は見かけの貯留高(m)、 q_b は基底流の流出高(m)、 k, p はモデル定数である。

5. 結果と考察

はじめに、埴子沢流量観測点における流量の観測値とプログラムによる推定値を比較し、モデル定数の修正を行った。ここで、観測値と推定値の誤差指標として Nash-sutcliffe 効率係数(NS 係数)を用いた。その結果、 $k_a = 8.0 \times 10^{-5}$ 、 $k = 100.0$ 、 $p = 0.3$ のときに $NS=0.84$ となり、再現性の高い推定値が得られた(図-2)。また、同様に須川流域においてもモデル定数の修正を行った。その結果、 $k_a = 1.6 \times 10^{-4}$ 、 $k = 40.0$ 、 $p = 0.5$ のときに $NS=0.59$ となり、これが最も高い値であった。NS 係数は 0.70 以上で再現性が高いと考えられるため、須川流域の再現性は高いとは言えない。これは、本研究で使用した須川流域の気象データが、流域外の AMcDAS データであることが原因と考える。

次に、先述のモデル定数を用いて土地利用変化の検討を行った。本研究では、土地利用がすべて森林に変化し、河道の粗度が高くなる場合(森林化)について解析を行った。このときの流量の時系列変化を図-3, 4 に示す。現土地利用の推定値と比較すると、10月のピーク流量が森林化の際に埴子沢で 9.6%増加、須川で 1.7%減少した。須川流域では、河道や荒地等の粗度が高くなったことにより流量が減少した。一方、埴子沢流域は現土地利用の 96%が森林、3%が水田で構成されており、森林化により水田で抑制されていた流量が流出したことにより増加した。このことから、流域内の水田の割合が流量の増減に関係すると考える。したがって、今後は人口減少に伴う水田の変化について調べるとともに、その場合の水文

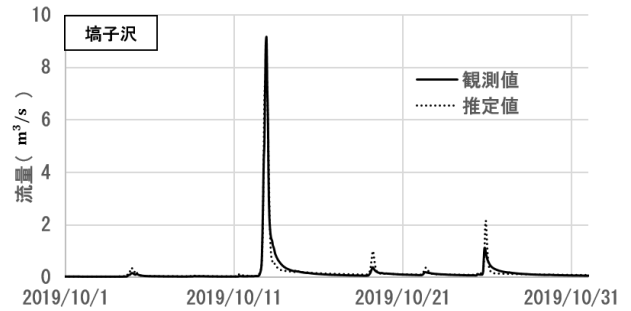


図-2 埴子沢の観測値と推定値のハイドログラフ

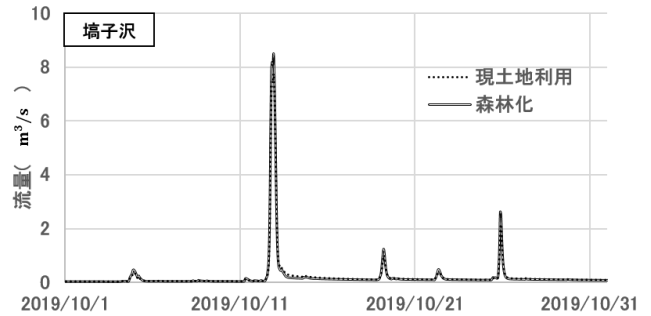


図-3 埴子沢の現土地利用と森林化のハイドログラフ

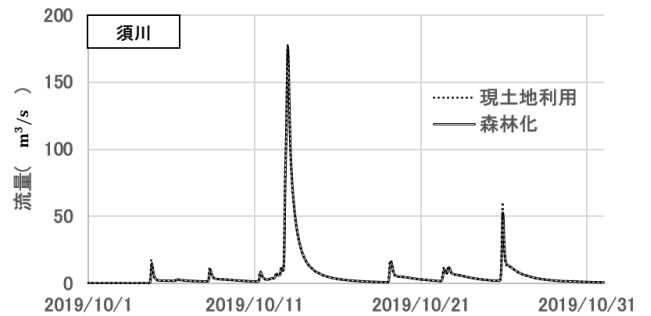


図-4 須川の現土地利用と森林化のハイドログラフ

過程の変化について解析する。また、その他植生等の変化が予想されるケースについても流出解析を行う。

謝辞：本研究の一部は、国立研究開発法人国立環境研究所気候変動適応プログラム気候変動影響評価手法の高度化に関する研究プロジェクト PJ-2-6 自治体との連携に基づく気候変動による水災害・水環境影響への適応策の評価の支援により実施された。また、村山総合支庁河川砂防課と上山市土地改良区からデータを提供して頂いた。最後に、本研究は科学研究費補助金(20H00256, 代表：風間聡)の助成を受けたものである。ここに深甚な謝意を表する。

参考文献

- 1) 風間聡：広域における積雪全層密度推定に関する研究，水工論文集，第 41 巻，pp.245-250，1997。
- 2) So Kazama, Koji Sakamoto, Golam Saleh Ahmed Salem, Shunsuke Kashiwa, *Improving the accuracy of snow and hydrological models using assimilation by snow depth*, Journal of Hydrologic Engineering, ASCE, Vol26, No.1, 05020043, 2020.10.29.