

宮崎県耳川流域におけるダム放流を考慮した流出解析

宮崎大学大学院工学研究科 学生会員 ○金山祐太
 宮崎大学工学部 正会員 糠澤桂
 宮崎大学工学部 正会員 鈴木祥広

1. はじめに

河川整備計画のため流出モデルを用いた河川流量の予測が行われてきた。その中でも、分布型流出モデルは流域を細かくメッシュ分割して流出解析を行うため、流域内の標高や土地利用等の空間的な分布特性が反映出来る特徴を有する。このことから、分布型流出モデルは流域内の気象変化のみならず土地利用変化や河川整備による水循環や河川環境への影響を予測するツールとして有用である。近年では、分布型流出モデルを用いて、流域内の土砂流出量の予測¹⁾や将来の気候変動に対する栄養塩濃度の推定²⁾や河川生物の生息環境の評価³⁾等が行われており、分布型モデルによる応用的かつ多様な研究例が増加している。

宮崎県北部に位置する耳川は、発電用ダムが本川に6基、支川に1基設置されている、九州最大の電源河川である。しかし、流域内の山腹崩壊等に起因してダムへの土砂流入量が増加しているため、ダム貯水池における堆砂が問題となっており、流域内の土砂動態把握が求められる。⁴⁾そこで本研究では、宮崎県の耳川流域を対象に、物質輸送モデルの構築を目指す。本稿では、各ダム地点のダム放流と発電放流を考慮した流出解析の結果を紹介する。

2. 方法

2.1 対象流域と入力データ

宮崎県北部に位置する耳川流域を対象領域とした(図-1)。耳川流域は、流域面積 884km²、幹線流路延長 94km の二級河川である。流域内人口は約 14,000 人であり、上流域においては山間の狭い平地部に集落が形成されており、下流域においては、沿川に平地が形成されている。

国土数値情報から、標高、土地利用、流域メッシュ

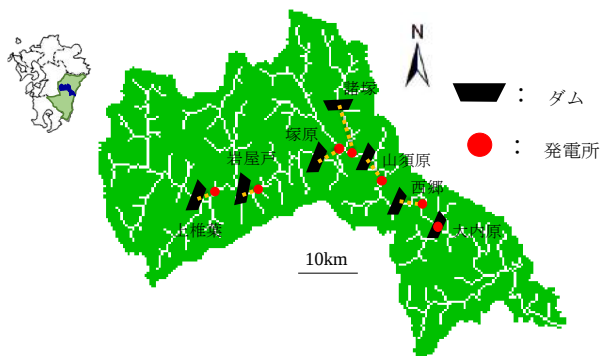


図-1 宮崎県耳川流域

のデータを取得した。気温、風速、気温、日照時間、気圧、湿度のデータは、流域に近接する3地点の気象観測所(延岡、鞍岡、神門)から取得した。雲量に宮崎地方気象観測台のデータを用いた。また、上椎葉ダム、山須原ダム、および大内原ダムの各ダム地点で観測された降水量データを用いた。気温、風速については延岡、鞍岡、神門の3観測所の点データに基づき重みつき距離平均法により空間補間して流域内全メッシュへ面的に入力した。流域内の各ダム地点の放流量と発電放流量のデータは、ダム管理者から提供頂いた。

2.2 流出解析

河道を dynamic wave 法、直接流出を kinematic wave 法、基底流出を貯留関数法、融雪を degree-day 法、蒸発散量は修正ペンマン・モンティース式を用いて流出計算を行った。dynamic wave 法は、河道の流れを運動方程式と連続の式を用いて水理学的に追跡する手法で以下の式を用いる。

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} - q = 0 \quad (1)$$

$$\frac{1}{g} \frac{\partial v}{\partial t} + \frac{1}{2g} \frac{\partial v^2}{\partial x} + \frac{\partial H}{\partial x} + \frac{n^2 |v| v}{h^{4/3}} = 0 \quad (2)$$

ここで、 A :断面積、 Q :流量、 q :横流入量、 v :流速、 H :水位、 h :水深、 n :マンニングの粗度係数である。

kinematic wave 法は、雨水流出を運動方程式と連続の式を用いて水理学的に追跡する手法で以下の式を用いる。

$$\frac{\partial Bh}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = (r + s_m - E)B \quad (3)$$

$$Q = \frac{1}{n} B h^{5/3} I^{1/2} \quad (4)$$

ここで、 h :水深、 n :マンニングの粗度係数、 B :水面幅、 Q :流量、 t :時間、 x :流下方向の距離、 r :降雨量、 s_m :融雪量、 E :蒸発散量、 I :勾配である。

貯留関数法は流出現象の降雨から流出までの変換過程に流域貯留と遅滞時間の概念を導入しているのが特徴であり、本モデルでは、基底流を貯留関数法により表現している。

積雪水当量の時系列分布は以下の式で示される積雪・融雪モデルを用いて推定した。

$$SWE = \sum (SF - SM) \quad (5)$$

ここで、 SWE :積雪水頭量、 SF :降雪量、 SM :融雪量である。積雪モデルは各メッシュの降水形態を判別し、降水形態が降雪の場合に積雪量を計算するモデ

keyword : dam, distributed runoff model, Mimi River

連絡先: 〒889-2192 宮崎市学園木花台西1丁目1番地 宮崎大学大学院工学研究科

ルである。融雪量の計算に, degree-day 法を用いた。
流域内の蒸発散量の推定は, 以下の式で示される修正ペンマン・モンティース式を用いて推定した。

$$ETp = \frac{0.408\Delta(Rn-G) + \gamma \frac{900}{T+273} U(es-ea)}{\Delta + \gamma(1+0.34U)} \quad (6)$$

$$\Delta = \frac{4098(0.6108 \exp^{\frac{(17.27T)}{T+237.3}})}{(T+237.3)^2} \quad (7)$$

ここで, ETp : 蒸発散量, Δ : 温度-飽和蒸気圧曲線の勾配, Rn : 純放射量, G : 地熱フラックス, γ : 乾湿係数, T : 日平均気温, U : 風速, es : 飽和蒸気圧, ea : 蒸気圧である。

モデルの計算期間を 2013 年 1 月から 2013 年 12 月とした。流量計算値における観測値との誤差を把握してモデル校正・検証を行うために, Nash Sutcliffe 効率係数(NS 係数)と RMSE (Root Mean Square Error) を用いた。モデル校正には上椎葉ダム流入量を用いた。検証には支流に位置する諸塚ダムにおける同期間のダム流入量との NS 係数と RMSE を用いた。

3. 結果と考察

本研究では, 最上流に位置する上椎葉ダムにおいて観測されたダム流入量を用いて, 観測値と計算値を比較し, パラメータの同定を行った。マニングの粗度係数 n は土地利用の区分ごとに一定値を与えた。田及びその他の農用地を 0.04, 森林, 荒地, ゴルフ場を 0.06, 都市域(建設用地, 道路, 鉄道, その他の用地)を 0.04, 水域を 0.02 とした。上椎葉ダム地点における流出解析結果を図-2 に示す。降雨量に対する, ピーク流量の規模や, 生起タイミングともに良好な一致を示した。上椎葉ダム地点の NS 係数と RMSE はそれぞれ, 0.88 と 7.13 であり, モデルにより上椎葉ダムへの流入量を適切に表現できていることが伺える。上椎葉ダム地点において校正したパラメータに基づき, 諸塚ダム地点において検証を行った(図-3)。諸塚ダム地点の NS 係数と RMSE はそれぞれ, 0.76 と 2.42 であった。この結果は, 流域内においてモデルにより予測された流量の再現性が十分であることを示す。しかしながら, 7 月の低減パターンや 8 月のピーク規模において一致していない箇所も見られた。これは, 流域内の降雨空間分布の異質性が大きいことが一因と考えられ

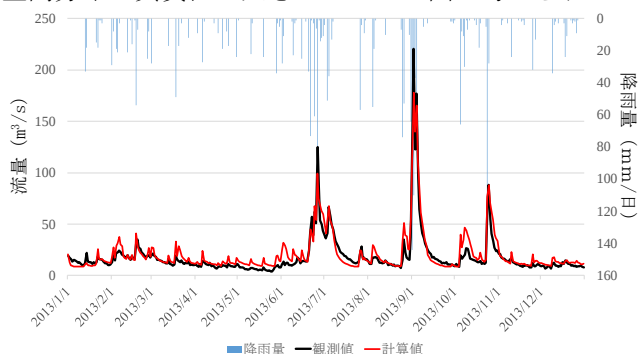


図-2 上椎葉ダム地点における流出解析結果

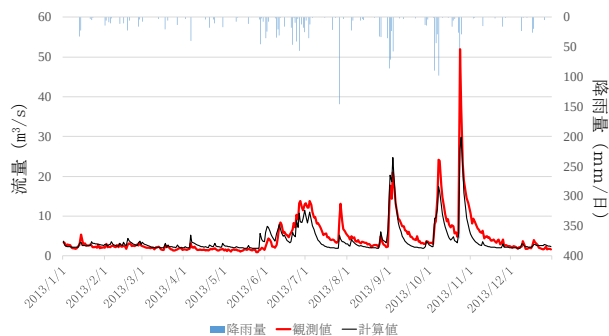


図-3 諸塚ダム地点における流出解析結果

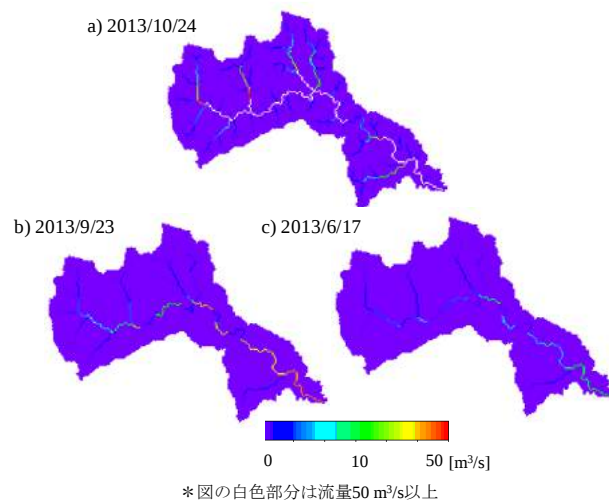


図-4 耳川流域の流量分布図。例として, 高流量時 a), 中規模流量時 b), 低流量時 c) を示した。

た。図-4 は耳川流域の流量分布図である。ダム・発電放流量を境界条件としてモデルに入力したことにより, 低流量時や中規模流量時には発電取水のためにダム下流に減水区間が生じているが, 高流量時には, ダム放流によって減水区間において流量の増加が見られる。今後は, 下流域のダム地点で検証を行い, 流域内の水循環を予測する予定である。

謝辞: 本研究は九州電力株式会社からデータを提供頂いた。また, 科学研究費補助金(16H02363, 風間聡; 17H03314, 赤松良久)の助成を受けた。併せて深甚なる謝意を表す。

参考文献

- 1) Bisantino, T., Bingner, R., Chouaib, W., Gentile and Trisorio Liuzzi, G. Estimation of runoff, peak discharge and sediment load at the event scale in a medium-size Mediterranean watershed using the AnnAGNPS model, Land degradation & Development, 26, 340-355, 2015.
- 2) Wang, R., Kalin, L. Combined and synergistic effects of climate change and urbanization on water quality in the WolfBay watershed, southern Alaba, Journal of Environmental Sciences, in press, 2017.
- 3) 高瀬陽彦, 糠澤桂, 風間聡, 渡辺幸三, 分布型水文モデルと確率密度関数を用いた底生動物の生息環境および種多様性評価, 土木学会論文集 B1 (水工学), Vol.70, No.4, pp.1_1297-1_1302, 2014
- 4) 宮崎県, 耳川水系総合土砂管理計画, 2013.