

鉛直浸透機構を考慮した降雨流出モデルによる長期流出解析

中央大学大学院 学生会員 ○町田 果歩
 中央大学大学院 学生会員 諸岡 良優
 中央大学 フェロー会員 山田 正

1. はじめに

日本の水資源は多くを山間地から流れる河川水に依存している。その一方で、河川の上流部で降った雨は2～3日で河口まで流れてしまうため、日本ではダムを建設し、水を溜めることで水資源を確保している。

しかし近年、気候変動等の影響により気温の上昇や雨の降り方の変化が起きており、渇水被害が頻発している。利根川本川においては昭和47年から45年間に16回の取水制限が行われているが、平成に入ってから冬においても渇水が発生、平成28年の渇水における取水制限日数79日間は過去最長の取水制限日数を記録するなど、気候変動等により流域水資源に変化が起きていることがわかる¹⁾。そのような渇水リスクを軽減するためには、長期流出解析によって将来の流域水資源を正確に算定し、ダム運用法や利水計画をより合理的にする必要がある。

長期流出解析を行う際に、雨の降り方やその強さが変わった場合にも流出モデルのパラメータは適用可能であることが望ましいため、流出モデルのパラメータは安定性が高い方が望ましいと言える。そこで本研究では、吉見・山田が提案した鉛直浸透機構を考慮した降雨流出モデル²⁾を用いて長期流出解析におけるパラメータの安定性を評価した。

2.1. 対象流域

本研究では利根川上流域に位置する、草木ダム流域を対象とした。流域面積は254km²であり、渡良瀬川の上流に位置している。ダムの目的としては、洪水調節に加えて灌漑用水や都市用水の供給がある。

2.2. 流出計算方法

吉見・山田らは、山腹斜面は複数の層で構成されていると考え、各層における鉛直浸透量と流出に寄与する雨量の連続関係を単一斜面における流出の基礎

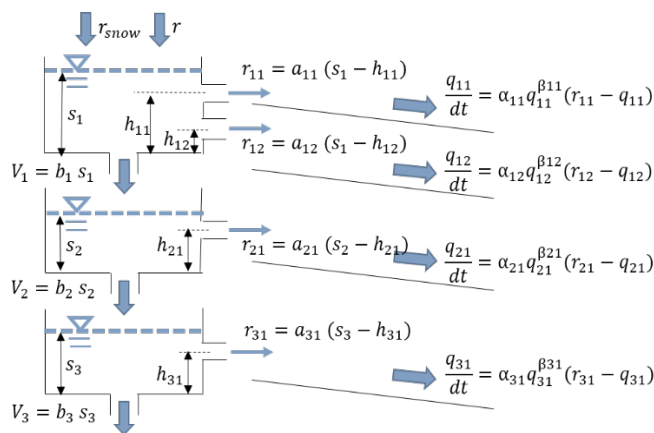


図-1 3段4層構造の概念図

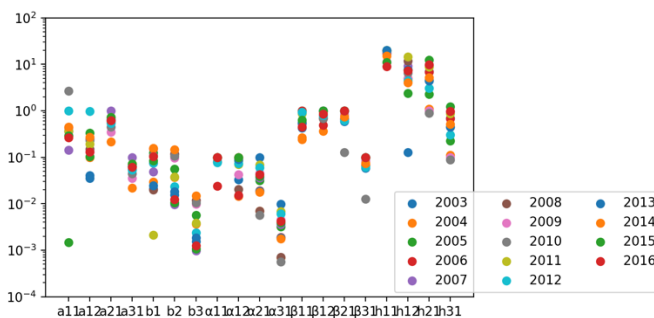


図-2 1年ごとに同定したパラメータの分布

式を組み合わせたモデルにおいて提案した。本モデルは山地流域での短期の洪水計算では2段3層構造のモデル、長期流出へ適用する場合は3段4層構造のモデルを用いることで高い再現性が得られることも示されており、本研究では3段4層構造のモデルを使用した。3段4層構造のモデルの概念図を図-1に示す。ここに r ：降雨強度[mm/h]、 r_{snow} ：融雪強度[mm/h]、 S_n ：各層の土壌内浸透量[mm/h]、 q_{nm} ：各層からの流出高[mm/h]、 V_n ：鉛直浸透量[mm/h]、パラメータが a_{nm} 、 b_m 、 α_{nm} 、 β_{nm} 、 h_{nm} である。

2.1. パラメータ同定方法

鉛直浸透機構と斜面流出計算のためのパラメータ19個を同定するために大域的探索法を用いた。15年間分のデータについて1年ごとにパラメータを同定し、そのパラメータを使用した場合の計算結果と15年間の平均のパラメータを使用した場合の計算

キーワード 長期流出解析、流域水資源、鉛直浸透機構

連絡先 〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27 中央大学理工学部 TEL03-3817-1807

結果を比較した。

また本研究では雪の影響を考えられる降雪期間、融雪期間を除く5月～11月までを対象として解析を行った。最下層は、地下水のような極めてゆっくりとした水の流れを表現するものであると考え、パラメータを一律、2段目のタンクのパラメータの1/10倍として与えた。

3. 計算結果

入力データ間隔は1時間で、計算ステップ間隔も1時間とした。計算値の再現性については、Nash-Sutcliffe 係数を使用することとする。

15年間で推定したパラメータを図-2に示す。また、各年で同定したパラメータを使用した場合の計算結果を図-3に示す。赤色の実線は計算値、また灰色の点は草木ダムの観測値を表している。対象期間は2007年の5月～11月である。洪水時の立ち上がり、ピーク流出高ともに概ね実際の流出を再現できていることがわかる。このときのNS値は0.96である。

また、図-4に15年間の平均値のパラメータを使用して計算を行った場合の計算結果を示す。図-3と同様、赤色の実線は計算値、灰色の点は草木ダムの観測値を表している。15年間の平均値を使用して計算した場合ではハイドログラフの立ち上がりは概ね再現できているが、ピーク流出高実測値よりも僅かに小さい値となっている。しかしこの場合のNS値は0.92であり、再現性は極めて良好であることがわかった。

4. まとめ

本研究では、長期流出解析への適用性が示されている物理的モデルである、吉見・山田モデルを用いた長期流出解析におけるパラメータの安定性を検証した。その結果、モデルのパラメータの安定性があることが分かり、実用性が高いことが分かった。本研究で得られた知見を以下に示す。

- 1) 吉見・山田の鉛直浸透機構を考慮した流出モデルによる長期流出解析では、融雪期を除く期間においてはパラメータの安定性があることがわかった。
- 2) 鉛直浸透機構と斜面計算のための19個のパラメータは15年間で同定したパラメータはそれぞれ大きく変化しておらず、15年間の平均パラメー

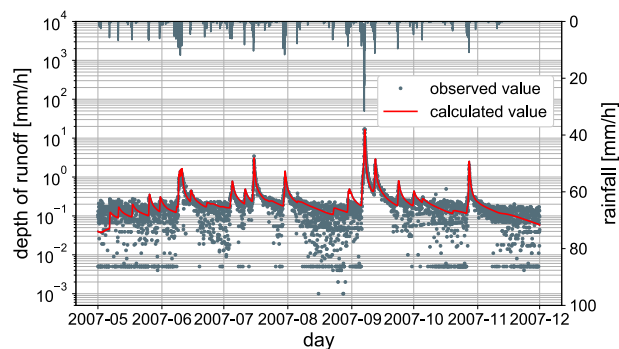


図-3 2007年同定パラメータでの2007年計算結果

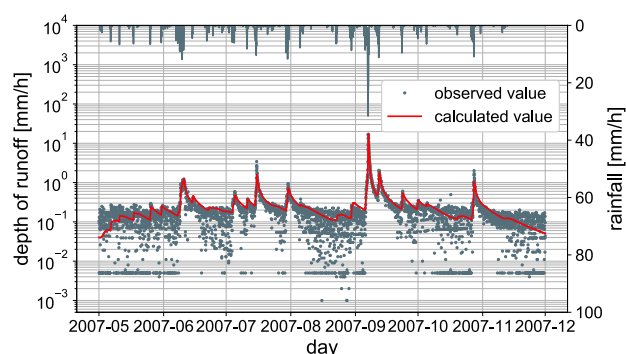


図-4 15年平均値のパラメータを使用した場合の2007年計算結果

タを使用した計算でも同等の精度の計算が可能であることがわかった。さらに安定性のあるパラメータの範囲がわかった。今後は融雪期間においても融雪の効果を入れて解析を行い再現性を確認するとともに、他のダム流域における本モデルでのパラメータの変動を調べることによって利根川流域全体での長期の降雨流出について解析を行う。

参考文献

- 1) H28 夏利根川水系の渇水状況とりまとめ, 国土交通省関東地方整備局, 独立行政法人水資源機構, http://www.ktr.mlit.go.jp/ktr_content/content/000657000.pdf
- 2) 吉見和弘・山田正: 鉛直浸透機構を考慮した流出計算手法の長短期流出解析への適用, 土木学会水工学論文集, Vol70, pp367-385, 2014