

京都大学大学院工学研究科	学生員	○本間	拓貴
京都大学防災研究所	正会員	野原	大督
京都大学防災研究所	正会員	堀	智晴
愛媛大学大学院農学研究科	非会員	佐藤	嘉展

1. 序論

最適な水資源管理のためには、河川流況がどのような状態にあるのかを知ることが重要であり、その手段として流出モデルが利用されることが多い。その利用にあたっては、流出モデルによって再現された流出現象が観測データに近い結果であることが必要であり、流出モデルのパラメータ値を調整することでモデルの精度を向上させている。しかしながら、下流地点において観測される河川流量は、上流側における自然の流出プロセスとダム等による人為的な流況調整の双方の影響を受けたものであり、自然の流出機構を表現するための理論式に基づいた流出モデルを単純に利用するだけでは、高い精度で観測流量を再現する限界がある可能性が考えられる。

本研究では、分布型流出モデルの同定時に、自然の流出過程と人為的な流況調整過程を別々に扱い、それぞれ流出モデルによる計算と貯水池等による実際の人為調整流量データを利用することで、それらを足し合わせて得られる計算流量による観測流量の再現精度が向上するかどうかを分析する。また、流出モデルが自然の流出プロセスの再現に特化するようモデルのパラメータ値の調整に利用するデータから人為的な流況調整の影響を取り除いた上で流出モデルを同定した場合に、流出計算結果がどの程度変わるかについても分析を行う。

2. 分布型流出モデルのパラメータ調整方法

本研究では、分布型流出モデルのうち、小尻らによって開発された Hydro-BEAM (The Hydrological River Basin Environment Assessment Model¹⁾) を用いた。Hydro-BEAM には様々なパラメータが設定されているが、今回は Hydro-BEAM を構成する各メッシュ内の土層の層厚や流出率、樹冠貯留量といった 7 つのパラメータの調整を行った。

パラメータ調整は、過去の降雨・流量観測データを用いて計算流量と観測流量の誤差を最小化するように行い、誤差評価関数には、観測値の流量の規模に依らず流出現象の変化の全体的な適合度を高めると考えられる Nash-Sutcliffe (NS) 指標を用いる。また、最適化手法には大域的探索法のうち流出モデルへの適用事例の多い SCE-UA 法を用いる。

本研究では流出モデルが自然の流出プロセスの再現に特化するようパラメータ値を調整することが必要であり、ダム地点での観測流量を効果的に利用するために、流況調整を行う貯水池等を基準に流域を支流域に分割した。上流域にダム等が存在する支流域では、上流支流域からの流入量に実際のダム放流量を与え、支流域内での人為的な操作の影響を取り除くために大規模な取水等の効果を加味した上で、支流域における最下流部の観測流量データをパラメータ調整に用いながら、モデルパラメータの最適化を行った。

3. 適用と考察

3.1 洪水流出のモデル同定における人為的な河川流況調整の影響の分析

那賀川水系を対象に、短期の洪水流出解析におけるパラメータ同定過程の違いがもたらす影響を分析した。長安ロダム地点での流量が 641 m³/s から 4348 m³/s までの様々な規模の 10 の出水データを用いて流出モデルのキャリブレーションを行った。那賀川水系において洪水調節を目的としたダムは主に長安ロダムであることから、同ダムを基準に 2 つの支流域を設けた。人為的な流況調整の影響を除外しダムの上下流域でそれぞれパラメータを同定した場合(Case1, Case2)と、こうした影響を考慮せず観測流量をそのまま用いて同定した場合(Case3)で検討を行った。

キャリブレーションされたパラメータを用いた流出モデルの出力を分析すると、NS 指標は Case1, Case2 で

同定されたものを用いた方が大きな値であり、また、ある程度規模の大きな出水に適合するようにパラメータが調整された様子が見られた。ダム下流域において、流況調整の影響を除外して同定されるパラメータは、規模が小さい出水のピーク流量を高い精度で再現した。最適化に用いなかった様々な規模の4つの出水を対象にバリデーションを行ったところ、ダム上流域の再現性は高いものの、下流域では出水規模が小さい場合にその精度が落ちる傾向が見られた。続いて、Case1とCase3で求められたパラメータを用いて長安口ダムの流入量を算出した(図1)。Case3で同定されたものはダム操作の影響を受けた流量の特性を加味しているはずであり、Case1のパラメータを用いた場合と異なる挙動を示すと考えていたが、それらはピーク時の流量や立ち上がりのタイミング等においてほとんど違いを示さなかった。ダムとキャリブレーション対象とした出水規模の組み合わせが、ダムの洪水操作を実施する程度に至らなかったことが一因である可能性もあり、様々な場合で再検討する余地がある。

3.2 平水時の流出解析精度における人為的な河川流況調整の影響の分析

吉野川水系を対象に、長期の流出解析におけるパラメータ同定過程の違いがもたらす影響を分析した。また、流出モデルの出力に実際の貯水池操作結果等を含めた人為調整量を足し合わせ、計算流量による観測流量の再現性の違いを分析した。本研究では2002年から2008年の7年間を対象とし、連続して流出解析を行った。また、吉野川流域の早明浦ダム、新宮ダム、池田ダムを支流の分割基準地点とし、岩津地点までを4つの支流に分割した。各ダム上流域で人為的な流況調整の影響を除外し同定した場合(Caes1~4)と、除外せず岩津上流域で同定した場合(Case5)で検討した。

流量が小さい範囲に注目してその再現性を検討すると、Caes1~4のパラメータを用いた場合の方が大きなNS指標であり比較的再現性が高いと思われた。しかし、NS指標がどちらかと言えば高水部の適合度を高めるため、平水時に特化したパラメータを同定しようとする場合には、NS値以外の評価関数で検討する必要がある。池田ダムの観測流入量の再現にあたり、Case5のパラメータをその上流域に様に適用し貯水池操作等を考慮せず算出した場合と、Caes1~3で同定さ

れたパラメータを支流ごとに適用して計算した結果に、さらに分割基準地点での実際の人為調整量を足し合わせて解析を進めた計算流量を比較した(図2)。全流域で同定したパラメータによる計算結果は、渇水時に流量を自然流況より大きくするという貯水池操作の傾向を示している。一方で人為調整量を加えたものは、これとは逆に流量が小さくなっており、実際の観測流量に近づけることができていると言える。

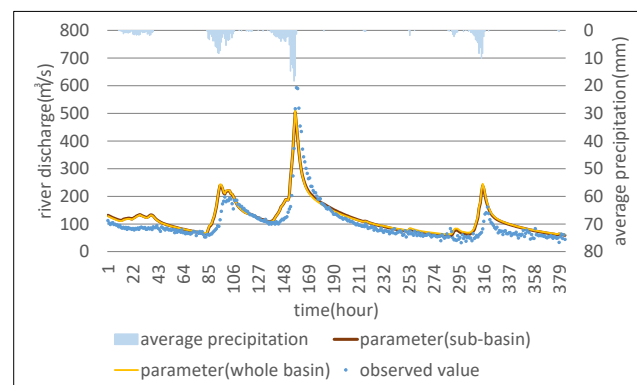


図1 同定過程の違いによる長安口ダムの流入量の変化

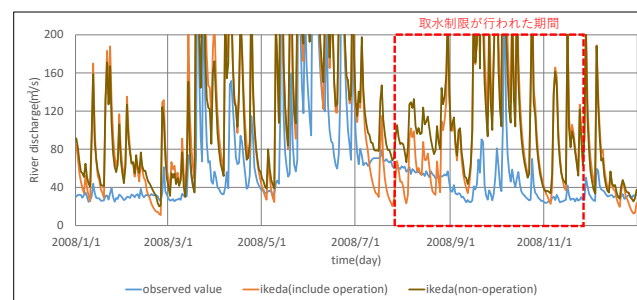


図2 算出方法の違いによる池田ダム流入量の変化

4. 結論

短期流出解析において、今回の検討ではダム操作によるピークの通減や立ち上がりの変化は見られず、パラメータ同定過程で人為的な調整の影響を除外する有効性は見られなかった。長期流出解析において、最適なパラメータを用いた流出モデルの出力に人為的な流況調整の影響を足し合わせた場合には、渇水時のダム操作が再現され、観測流量を精度良く求めるうえで有用であると考えられる。

参考文献

- 1) 小尻利治, 東海明宏, 木内陽一, “シミュレーションモデルでの流域環境評価手順の開発,” 京都大学防災研究所年報 第41号,B-2,pp.119-134, 1998.