

日単位水循環モデルの再構築と鏡ダム流域への適用

○千野 雄平、藤村 和正 (明星大学理工学部)

1. はじめに

地球温暖化は豪雨と渇水の極端現象を増加させることが IPCC 第 5 次評価報告書¹⁾により指摘されている。そこで、水資源量を適切に把握し、渇水リスクを検討することは重要である。長期流出の再現性を有する水循環モデルにより水資源量を正しく算出することが必要となる。これまで、山地河川流域を対象とした水循環モデルは 1980 年代に安藤ら²⁾により提案されていた。この水循環モデルは、単位図法と流出率の構造に基づく日単位計算のモデルである。しかし、今日では、観測技術の進展、計算機の演算処理能力の向上により、多量なデータの迅速な処理が可能となった。そこで Fujimura *et al.*³⁾は、降雨強度の変化を考慮した雨水浸透モデルと貯留関数式を組み合わせ、計算時間ステップを 1 時間とした水循環モデルに改良し、妥当な再現性を示している。一方で、日単位計算の水循環モデルの利便性は現在でも高く、例えば、① 日単位で記録された多量の過去データの活用、② 日単位で配信される将来気候値の利用、③ 開発途上国など水文データが乏しい地域での利用、などがある。そこで本研究では、妥当な再現性を得ている 1 時間単位の水循環モデルを日単位の水循環モデルに時間的なアップスケーリングすることにより再構築し、鏡ダム流域を対象流域として 1968 年から 1993 年までの 26 年間の長期水循環解析を行い、その再現性を示すことを目的とする。

2. 対象流域とデータ

鏡川は、四国山地の工石山から南流し、高知市中心地域を流れ浦戸湾岸に注ぐ 2 級河川であり、流路長は 31km、流域面積は 170km²である。本研究では、鏡ダム地点までの流域面積 81.4 km²を解析対象とする (図 1)。水文データは高知県により観測された雨量、気温、ダム流入量を用いる。雨量データは流域内外に 5 か所の雨量観測所がある。1968 年 1 月 1 日から 1985 年 7 月 30 日までは鏡ダム、平石、柿ノ又の 3 地点のデータを用い、1985 年 8 月 1 日から 1993 年 12 月 31 日までは、その後追加された重倉と中切のデータを加えた 5 地点のデータを用いる。解析対象期間は 1968 年から 1993 年の 26 年間である。

3. 水循環モデル

各雨量観測所のデータから流域雨量を算定するため、流域を 500m グリッドに分割し、流域内のグリッド点の降水量を逆距離加重法により推定する。そして、降雨強度の変化を考慮できる Diskin-Nazimov の雨水浸透モデルにより浸透量を算定し、有効降雨量と浸透量を求める。有効降雨量と浸透量を流域内で平均化し、有効降雨量を貯留関数式に入力し、洪水流出量を算定する。浸透量は、不飽和帯水分量、地下水涵養量と地下水貯留量を求め、貯留関数式を用いて地下水流出量を算定する。日単位計算の方法は、雨水浸透モデルの計算過程において日単位データ値を 1 時間単位データ値に換算して有効降雨量、浸透量を求め、再度、日単位データ値に変換しなおす方法とする。最終的に日単位データ値に変換した後、地下水流出量と洪水流出量の和として日単位の総流出量を算定する。地下水流出量の算出には(1)式の貯留関数式を用いる。

$$Qg = A_u^N S_g^N \quad (1)$$

(1)式において適切なパラメータ、減水定数 A_u と指数 N を設定する必要がある。 N 値は 1 から 10^5 まで変化させたが、解析精度と実用性を踏まえて 100 とした。減水定数 A_u は、 A_u を変動させた繰り返し計算を行い、(2)式に示す日流出量の相対誤差の平均値 (ADRE: Average of Daily runoff Relative Error) が最小となる A_u を探索する。ADRE の評価区間は地下水流出が主となる区間として、15 パーセント未満 97 パーセント以上とした。実際、この区間内には直接流出が含まれている可能性はあるが、その影響は小さいと考えた。

$$ADRE = \frac{1}{n} \sum \left(\frac{|Q_{cal} - Q_{obs}|}{Q_{obs}} \times 100 \right) (\%) \quad \dots (2)$$

Q_{cal} : 日流出量計算値、 Q_{obs} : 日流出量実測値、 n : 評価日数合計。



図 1 鏡ダム流域の概要図

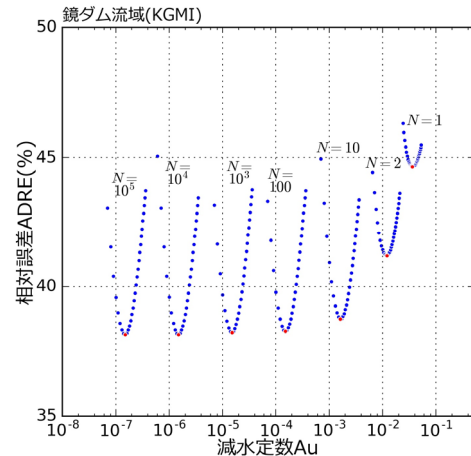


図 2 貯留関数パラメータの最適値の探索

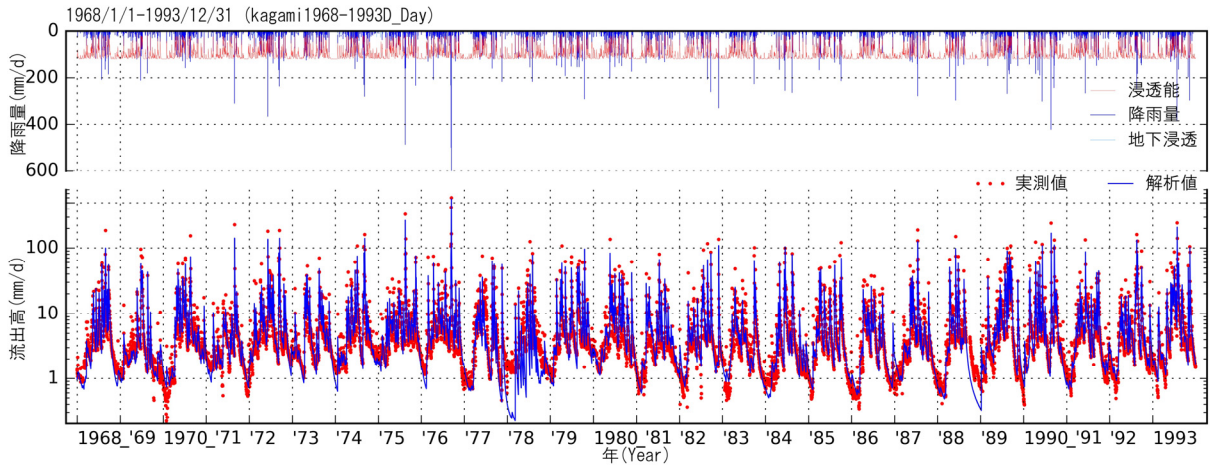


図3 解析ハイドログラフ

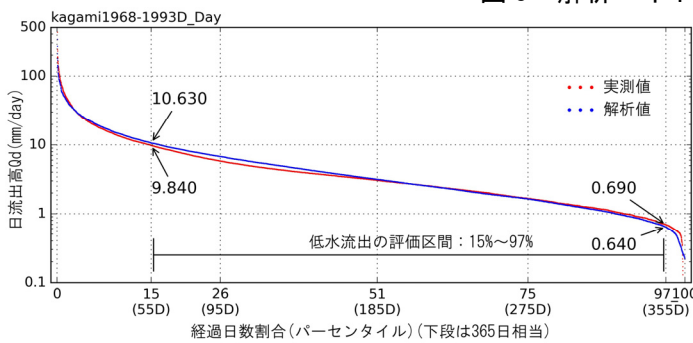


図4 流況曲線の解析値と実測値

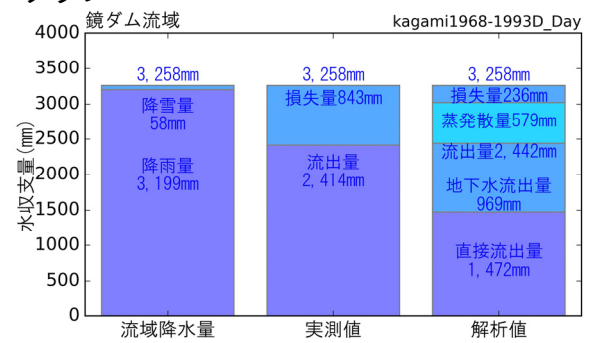


図5 鏡ダム流域の年水収支量

4. 解析結果と考察

図2には、減水定数 A_u の最適値の探索結果を表す。指数 N 値が 100 の場合、 A_u の変化に従って相対誤差 ADRE も変化しており、 $A_u=0.00015$ で ADRE が最小値となっているため、この A_u 値を最適値と見なす。次に、この A_u の最適値を用いた場合の 26 年間の水循環解析結果であるハイドログラフを図3に示す。ただし、1 時間単位の計算結果を 1 日単位の値として整理している。視覚的には減水部分の実測値と解析値は概ね一致しており、図4に表した流況曲線もほぼ適合している。この場合の相対誤差 ADRE は 38.27% となった。図5は 26 年間の解析結果を年平均の水収支量として集約させた。流域降水量は 3,258mm、実測値の流出量は 2,414mm であり、従って損失量は 843mm である。これに対して解析値は、直接流出量が 1,472mm、地下水流出量は 967mm であり、総流出量が 2,442 であり、実測値にほぼ適合している。Hamon 式で算出した蒸発散量は 579mm となった。最適パラメータを用いて長期水循環解析を行い年水収支量を表すことができ、妥当な解析結果だと考えている。

5. おわりに

本研究では、1 時間単位の水循環モデルを日単位データの解析用に改良し妥当な結果を得た。解析には 1968 年以降のデータを用いており、この時代の観測値は日単位のデータしか存在しておらず、本研究で構築したモデルの有効性を示すことができた。

本研究は、高知県鏡ダム管理事務所よりデータを提供して頂いた。また、高知工業高等専門学校の岡田将治先生にご協力頂いた。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 環境省：IPCC 第 5 次評価報告書の概要-第 1 作業部会(自然科学的根拠)-、pp.47-48、2014。
- 2) 安藤義久・高橋裕：山地河川の長期流出解析に関する一考察、土木学会論文報告集、第 318 号、pp.93-105、1982。
- 3) Kazumasa FUJIMURA, Kiyohara SHIRAHARA, Shinjiro KANAE and Masahiro MURAKAMI: Development of the hourly hydrological model for mountainous basins using the storage function method and the Diskin-Nazimov infiltration model, IAHS Publ. 355, 338 – 344, 2012。