

低水流出による減水特性と土壌蒸発散に関する研究

長岡技術科学大学 非会員 ○ 須藤 将丸
長岡技術科学大学 正会員 陸 旻皎

1. はじめに

流域内に存在する水、特に地中の流出過程を知る方法として、減水解析がある。減水解析はハイドログラフの減水部を解析することにより、流出過程のモデル化、流出成分の分離、水文パラメータの推定を行える手法であり長期的な低水管理、水資源利用において重要である。減水特性を表現する方法として、分数減水式がある。陸¹⁾は、樹冠蒸発を除いた蒸発散を土壌蒸発散と定義し、季節変動する減水定数を地質など流域特性によって決まる流域固有減水定数と季節性を有する土壌蒸発散に分け、推定する方法を提案した。また、日流量データから減水部を抽出する方法を開発し、効率よく減水解析を行える可能性を示した。高木³⁾は陸¹⁾が提案した方法を用いて減水部を抽出し全国25流域について解析した。また、観測所の緯度から推定された蒸散量を用いて、流域固有減水定数を算定し、流域特性との関係を解析した。

本研究では高木²⁾が算定した流域固有減水定数を用いて全国の流域で減水部ごとの土壌蒸発散を推定し、減水特性との関係性を解析する。

2. 対象流域と使用したデータ

本研究では美和ダム流域(流域面積311.1km²)の日単位流入量データを用いる。図-1 美和ダム流域の流域図を示す。美和ダムは長野県伊那市に立地し、天竜川水系三峰川に建設されたダムである。また、本研究で用いるダム流入量はダム諸量データベースから入手できる1993年1月1日から2021年12月31日までの日データである。また、陸¹⁾が提案した方法を用いて抽出した減水部は140個でありすべての減水部の土壌蒸発散を求め集計する。

3. 解析方法

(1) 分水減水式

分数減水式は式(1)で示される。

$$Q = Q_0 / (1 + b\sqrt{Q_0}t)^2 \quad (1)$$



図-1 美和ダム流域図

ここで、 Q は流出高(mm・day)、 Q_0 は初期流出高(mm・day)、 b は分数減水定数((mm・day)^{-1/2})、 t は日数(day)である。

(2) 土壌蒸発散を考慮した減水式

分数減水式には、植生の影響が考慮されておらず、流出高と土壌蒸発散を比較し無視できない場合、減水を正しく把握するためには、土壌蒸発散を考慮する必要がある。個々の減水部を検討する場合には、減水期間が相対的に短く、土壌蒸発散の変化が比較的小さくなると仮定した。そのため土壌蒸発散が一定とすると

$$\tan^{-1} \sqrt{\frac{Q}{ET}} = \tan^{-1} \sqrt{\frac{Q_0}{ET}} - b\sqrt{ET}t \quad (2)$$

が得られる。ここで、 Q は河川流出高(mm・day)、 Q_0 は河川流出高の初期値(mm・day)、 ET は土壌蒸発散(mm/day)、 b は流域固有減水定数((mm・d)^{-1/2})、 t は日数(day)である。また、 Q_0 は減水部期間の中央のデータに設定する。

(3) 土壌蒸発散の算定方法

流域固有減水定数 b を高木²⁾が算定した値(美和ダム流域: $b = 0.0071$)を用いて土壌蒸発散 ET を算出する。

(2)を変換して.

$$E = \tan^{-1} \sqrt{\frac{Q}{ET}} - \tan^{-1} \sqrt{\frac{Q_0}{ET}} - b\sqrt{ET}t \quad (3)$$

とする. ここで, E を式(2)の右辺と左辺の誤差とする. この誤差 E の絶対値を減水部の期間の日ごとに求め平均 $\bar{E}$ を求める.

$$\bar{E} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n |E_k|$$

この平均 $\bar{E}$ が最小になるように土壤蒸発散 ET を求める. 土壤蒸発散 ET の最適解をエクセルのソルバーを用いて求める.

(4) 結果と考察

年間でみた土壤蒸発散を図-2に示す. 制限を設けない場合, ソルバーで求めた土壤蒸発散 ET の最適解には現実的でない値も見受けられた. そこで, 近藤ら⁴⁾が計算したポテンシャル蒸発量を上限として定めた. その年間の土壤蒸発散を図-3に示す. 制限をかけることで, 現実的な値に落ち着いた. 各減水部の減水曲線を見ても制限を設け土壤蒸発散 ET が大幅に減少した場合に以外は実測値に十分沿っている. 制限を設けることによって生じた誤差平均 $\bar{E}$ の変化を図-4に示す. 制限がかかった減水部の誤差平均 $\bar{E}$ はやはりおおきくなる. また, 減水部の初日の流量が大きいほど誤差も大きく生じることがグラフからわかる.

各月ごとの土壤蒸発散 ET 平均とポテンシャル蒸発量のグラフを図-5に示す. ポテンシャル蒸発量と同様に土壤蒸発散 ET 平均のグラフは夏季にかけて上昇し冬季にかけて減少する特徴がみられ, 近藤らの示した蒸発量のパターンと酷似している.

参考文献

- 1) 陸旻皎: 減水曲線季節変動と蒸発散の関係, 水文水資源学会誌, Vol.36, No.2, pp.129-138, 2023
- 2) 減水曲線から流域固有減水定数と土壤蒸発散の季節パターンを推定する試み, 水文水資源学会誌, Vol.36, No.4, pp.194-204, 2023
- 3) 高木岳: 低水流出の減水特性とその季節変化に関する研究
- 4) 近藤純正: 水文・水資源学会誌 日本水文気象(5)ポテンシャル蒸発量と気候湿潤度 pp.450-457, 1997

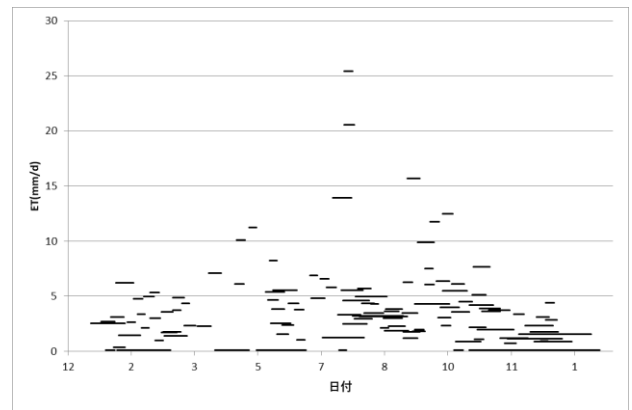


図-2 年間でみた土壤蒸発散

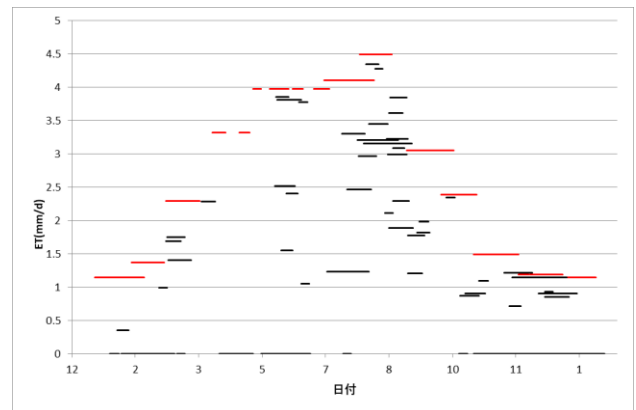


図-3 年間でみた土壤蒸発散(制限あり)

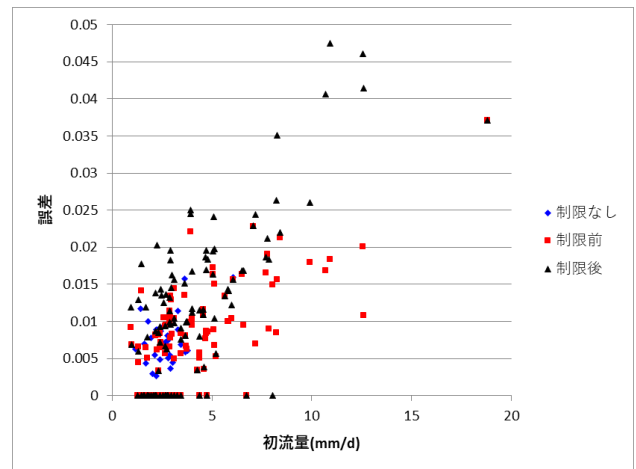


図-4 制限による誤差平均 $\bar{E}$ の変化

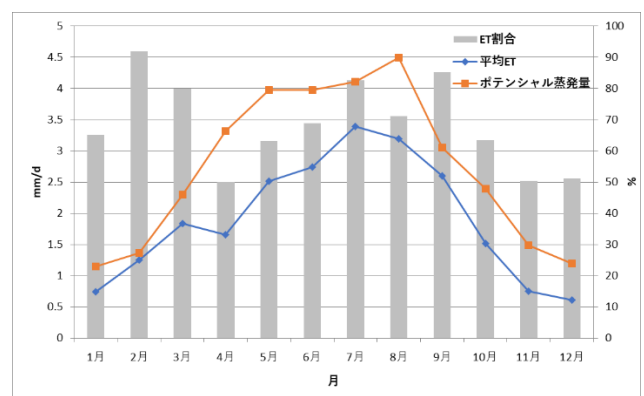


図-5 平均土壤蒸発散 ET 平均とポテンシャル蒸発量