

低水流の減水特性と季節変化に関する研究

長岡技術科学大学 非会員 ○ 高木 岳
長岡技術科学大学 正会員 陸 旻皎

1. はじめに

河川の低水流の減水特性は、水資源利用において重要である。河川の減水特性を表現する方法として分数減水式と指数減水式がある。安藤ら¹⁾は、分数減水式の定数が季節に応じて変化し、夏季で最大、冬季で最小、春季と秋季はその間の値をとることを示した。矢部²⁾は宮ヶ瀬ダムの上流にある実験流域大洞沢において各月の2つの減水式の定数と蒸発量に相関があることを示した。しかし、この2つの減水式では理論上基底流出がなくなることはなく、実際河川で起きる瀬切れや夏季の急激な流量の減少について説明できない。そこで本研究は、瀬切れや夏季の急激な流量の減少があるような流域においても2つの減水定数は既存の研究と同様の結果となるのか検討した。さらに、季節ごとの減水定数と蒸発能力に相関が見られるか解析を行った。

2. 対象流域と使用したデータ

本研究では、1級河川である香川県の土器川の常包橋地点（流域面積 90.7km²）を対象とした。この流域では上流域において人による開発が進んでいない。さらに、流量が日常的に少なく、頻繁に瀬切れが発生している。データ期間は1978年から2005年の日流量および降水量を使用し、流量は流出高に換算した。季節区分は3～5月を春季、6～8月を夏季、9～11月を秋季、12～2月を冬季とした。減水部は降雨終了後

の連続無降雨日が13日以上を対象とし、直前の降雨の影響を強く受ける降雨終了後1日目のデータは取り除いた。蒸発能力は、日照時間より日射量を計算し、この値からマッキンクの式より推定した。各季節の蒸発能力は、減水部とした日の蒸発能力の平均を求め、これを各季節の減水定数と解析を行った。

3. 解析方法

(1) 分数減水式

分数減水式は、式(1)で示される。

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

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。式(1)を変形すると、式(2)になる。

$$\frac{1}{\sqrt{Q}} = \frac{1}{\sqrt{Q_0}} + bt \quad (2)$$

したがって横軸に日数 t 、縦軸に $1/\sqrt{Q}$ をとり、無降雨期間の流出高をプロットし、直線に近似することにより、この直線の傾きから b を求めた。

(2) 指数減水式

指数減水式は、式(3)で示される。

$$Q = Q_0 e^{-at} \quad (3)$$

ここで、 a は(day⁻¹)である。式(3)を変形すると、式(4)になる。

$$-\log Q = -\log Q_0 + at \quad (4)$$

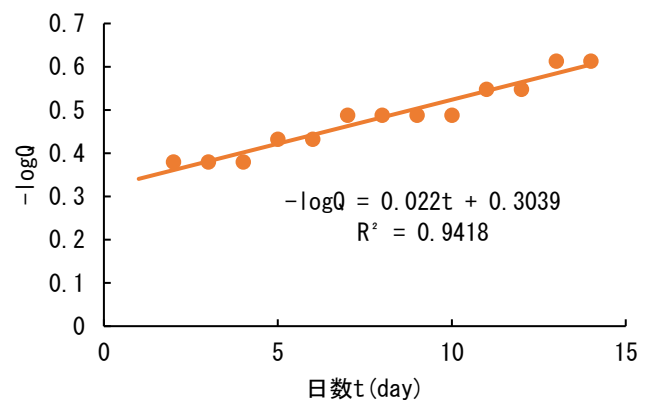
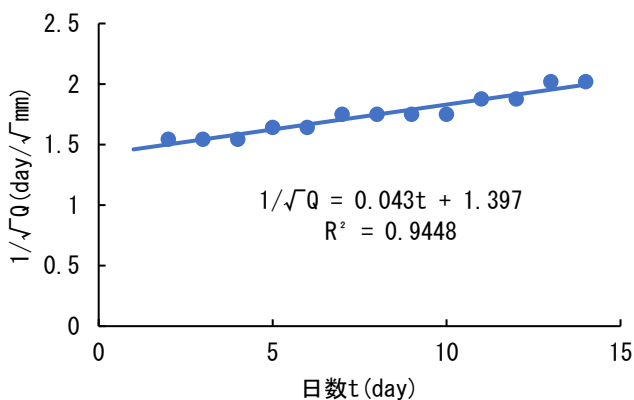


図-1 減水定数の算定例(左：分数減水定数，右：指数減水定数)

したがって横軸に日数 t ,縦軸に自然対数 $-\log Q$ をとり, 無降雨期間の流出高をプロットし, 直線に近似することにより, この直線の傾きから指数減水定数 a を求めた.

4. 結果と考察

(1) 既存の減水定数との比較

抽出した各季節の減水定数を図-2 に示す. それぞれ, 春季は7事例, 夏季は13事例, 秋季は15事例, 冬季は16事例取り上げ, 季節ごとに平均を求めた. これより, 既存の研究と同様に減水定数が夏季で大きく, 冬季で小さく, 春季と秋季でその間の値となった.

安藤らりの研究では, 全国92流域の分数減水定数を算定した. そのうちの1つである本研究と観測地点の距離が近い愛媛県小田川の坊屋敷地点の分数減水定数と(1)で算定した分数減水定数の比較を表-1 に示す. 常包橋地点の減水定数が四季を通して大きく, 特に夏季では2倍を超える値となった. これは, 夏季における流量の急激な減少や瀬切れによる減水定数の増大のためであると考えられる.

表-1 分数減水定数の比較

観測所名	春	夏	秋	冬
常包橋	0.049	0.091	0.039	0.028
坊屋敷	0.039	0.040	0.027	0.027

(2) 蒸発能力との比較

季節ごとの減水定数と蒸発能力の解析結果を図-3 に示す. 蒸発能力と分数減水定数, 指数減水定数との相関係数はそれぞれ, 0.928, 0.974 であり強い正の相関があることが示された. これより, 減水が早いときに植生の活動も活発となり, 蒸発能力を考慮することにより, 減水式による減水特性の表現と実際の流量の減水との適合性が良くなる可能性があると考えられる.

5. まとめ

本研究では, 土器川の流量データから分数減水定数と指数減水定数を計算し, 既存の研究との比較を行った. その結果, 減水定数の季節による変化は認

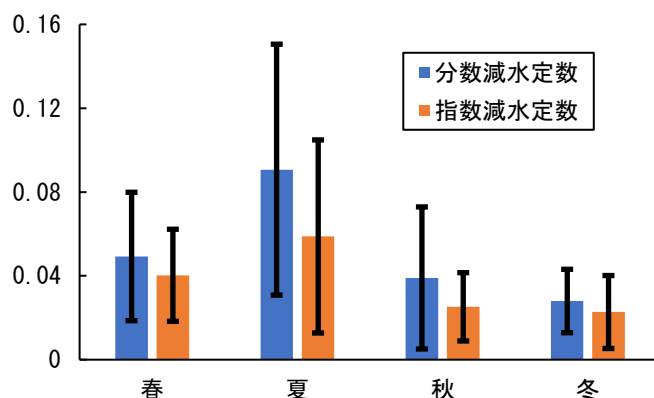


図-2 減水定数の季節変化

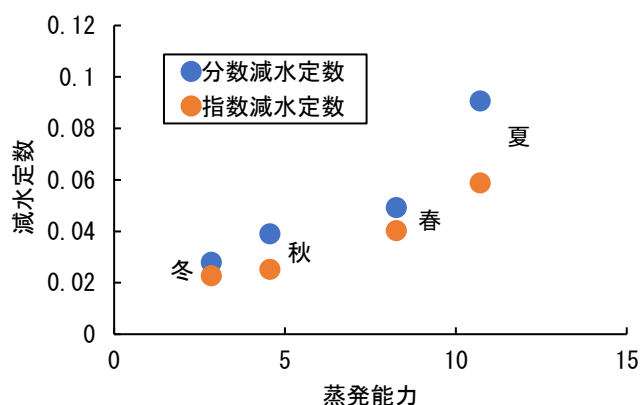


図-3 蒸発能力と減水定数の関係

められたものの, 既存の研究より大きい値となった. これは, 瀬切れや流量の急激な減少によるものであると考えられる.

さらに, 各季節の減水定数と蒸発能力の関係についても解析し, 双方ともに夏季に大きく, 冬季に小さくなる傾向がある上に, この2つには強い正の相関があることが示された. これより, 減水特性を表現するときに蒸発能力も考慮することにより, 実際の河川の減水との適合性が良くなる可能性があると考えられる.

今後の展望として, 蒸発能力を考慮することで基底流量がなくなるようなときの減水特性が減水式を用いて表現できるか検討したい.

参考文献

- 1) 安藤義久・高橋裕・伊藤和央. 低水流出の分数関数減水式の地質・季節要因による総合化. 土木学会論文集: 149-157. 1985
- 2) 矢部和弘. 森林流域の蒸発散が基底流出の逓減に与える影響. 東京農業大学農学集報 49: 58-63. 2004