

東京大学大学院 学生員 ○伊藤 和央
 東京大学工学部 正員 高橋 裕
 東京大学工学部 正員 安藤 義久

1. はじめに

伊藤ら¹⁾は日本全国の92の山地流域を対象にして、地下水流出の被圧、不圧逐減式の適合性、標準逐減曲線との対応について検討した。本稿では、このうちデータの精度がよく、データ数が多い20流域を、全地質にわたって選ぶ(表1参照)、その減水部に指数関数減水式、分数関数減水式の両式を適用し、グラフ法を用いて減水定数を求め、さらに誤差評価を行なうことによって両式のどちらが適合性が優れるかを検討する。

2. 指数関数減水式と分数関数減水式

地下水流出の減水式として①式と②式とが高木²⁾により理論的に導かれている。

$$Q = Q_0 \exp(-Ac \cdot T) \dots \textcircled{1} \quad (Q: \text{地下水流出量}, Q_0: \text{初期地下水流出量})$$

$$Q = Q_0 / (1 + Au \sqrt{Q_0} \cdot T)^2 \dots \textcircled{2} \quad (Ac: \text{指数減水定数}, Au: \text{分数減水定数}, T: \text{時間})$$

従来①, ②はそれぞれ被圧逐減式, 不圧逐減式と呼ばれていたが、本稿ではそれぞれ指数関数減水式, 分数関数減水式と呼ぶ。

3. 減水式の適合性の比較

3-1 グラフ法による減水定数の算定法

(1) 指数関数減水式

①の両辺の対数をとると

$$\log Q = \log Q_0 - Ac \cdot T$$

となる。そこで片対数グラフを用い、縦軸に流出高 $Q(\text{mm/day})$ 、横軸に $T(\text{day})$ をとって減水部をプロットし、そこに直線をあてはめれば、その傾きが Ac である。(図1参照)

(2) 分数関数減水式

②の両辺の平方根をとる、さらに変形すると、

$$1/\sqrt{Q} = 1/\sqrt{Q_0} + Au \cdot T$$

となる。そこで縦軸に平方根分の1のスケールをもつグラフ用紙を作成し、縦軸に流出高 $Q(\text{mm/day})$ 、横軸に $T(\text{day})$ をとって減水部をプロットし、そこに直線をあてはめれば、その傾きが Au である。(図1参照)

3-2 減水定数の季節的変動と

初期流出高による変動

表2に従って1年を4季に分け、表2の記号を用いて季節別に減水定数の値をプロットした一例を図2である。これを見ると、減水定数の値は夏季が一番大きく、春季、秋季がこれに続き、冬季が一番小さいこと、

表1 対象流域と解析結果

水系名	観測所名	地質	TRE	RRE
狩野川	大 仁	Q	○	○
川内川	吉 松	Q	○	△
利根川	上里見	Q	○	○
阿武隈川	白 河	Q	○	○
辰利別川	名 駒	Q	○	○
東京液試験地	山 口	G	△	△
愛知演習林	白 坂	G	○	○
愛知演習林	東 山	G	○	○
大淀川	綾北ダム	T	○	○
大淀川	綾南ダム	T	△	○
渡 川	磯の川	M	○	○
天竜川	犬 居	M	○	○
梓 田 川	五郎ダム	M	○	△
湊 川	五名ダム	M	○	○
吉田川	木黒川ダム	M	○	○
鏡 川	鏡ダム	P	○	○
富田川	川上ダム	P	△	△
利根川	下久保ダム	P	○	○
遠賀川	力丸ダム	P	○	○
神流川試験地	塩 沢	P	○	○
神流川試験地	渡 瀬	P	○	○

Q : 第四紀火山岩類 G : 花崗岩類
 T : 第三紀たい硬岩類 M : 中生層 P : 古生層

○ 分数関数減水式の方が △ 両減水式の適合性は適合性が優れている。 同程度である。

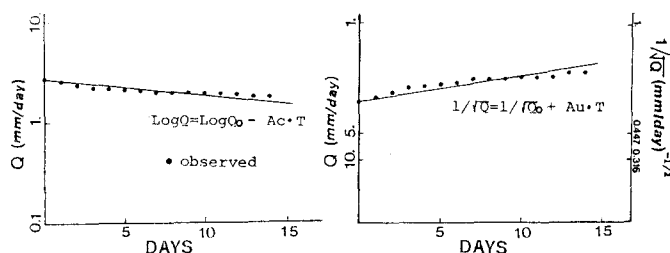


図1 グラフ法の概要

指数減水定数の季節的バラツキが大きいことがわかる。また、分数減水定数は初期流出高に依存しないのに対し、指数減水定数はほぼ正に近い相関を示すことがわかる。

3-3 誤差評価による減水式の適合性の比較検討

適合性の評価基準として次の2通りの誤差評価法を用いた。

(1) 総流出量の相対誤差 (TRE)

$$TRE = \frac{\sum_{i=1}^N (Q_o(i) - Q_c(i))}{\sum_{i=1}^N Q_o(i)} \quad \left(\begin{array}{l} Q_o(i): i\text{日目の流出高の実測値} \\ Q_c(i): i\text{日目の流出高の計算値} \\ N: \text{採用した減水部の日数} \end{array} \right)$$

(2) 日流量の相対誤差の平均値 (RRE)

$$RRE = \left\{ \sum_{i=1}^N |Q_o(i) - Q_c(i)| / Q_o(i) \right\} / N$$

3-3-1 誤差評価の手順

- (1) 各流域の各季節毎にいくつかある減水部を2分し、前半を同定期間、後半を予測期間とし、同定期間の減水部に対してグラフ法を用いて減水定数を求める。
- (2) (1)で求めた減水定数の季節毎の平均値を求め、それを各流域の各季節の減水定数とする。
- (3) (2)で算定した減水定数を用いて、実測値と計算値との間で誤差評価を行なう。

3-3-2 誤差評価の結果。

図3に示す2つの図は、縦軸に各々指数関数減水式の TRE, RREを、横軸に各々分数関数減水式の TRE, RREをとった相関図である。これを見ると、図中にプロットした点が45°線の上側に集まっていることから、分数関数減水式の方が誤差が少なく、適合性が優れていることがわかる。また、表1には誤差評価による面減水式の適合性の比較結果の一覧を示す。これを見ると、本篇で対象とした20流域のほぼ全てに対して、分数関数減水式の方が誤差が少なく、適合性が優れていることがわかる。

4. 結論

- (1) 地下水流出の減水定数は季節的にバラツキがあり、初期流出高による変動は指数減水定数で大きく、正に近い相関を示すのに対し、分数減水定数の変動は小さい。
- (2) TRE, RREの2通りの誤差評価法を用いて解析したところ、本篇で対象とした20流域のほぼ全ての流域に対して、分数関数減水式の方が指数関数減水式よりも誤差が少なく、適合性が優れることがわかった。
- (3) 分数関数減水式を用いれば、ほぼ誤差2割以内で減水部の予測ができることがわかった。

参考文献: 1)伊藤孝, 高橋裕, 安藤義久: 山地河川流域の地下水流出の递减特性, 土木学会第36回年講, 1981
2)高木下折: 低水流出の低減特性に関する研究, 土木学会論文報告集第128号, 1966

表2 季節区分

季節	月	記号
春季	3, 4, 5月	○
夏季	6, 7, 8月	△
秋季	9, 10, 11月	□
冬季	12, 1, 2月	▽

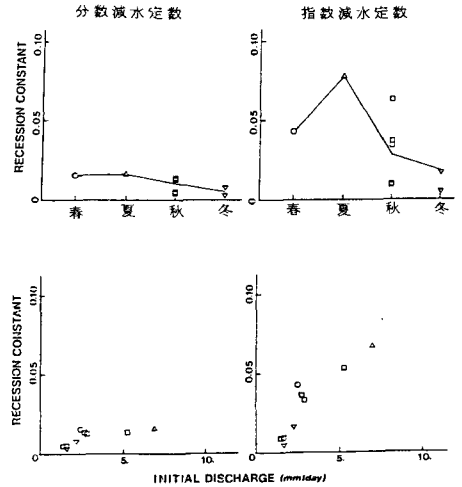


図2 減水定数の季節的変動と初期流出高による変動(白河)

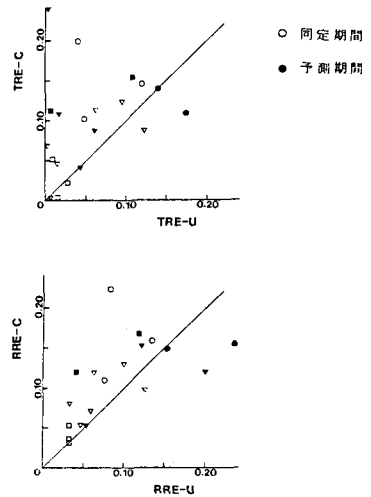


図3 誤差評価の結果(大居)