

東京大学工学部土木工学科 正員 ○安藤 義久
東京大学工学部土木工学科 正員 高橋 裕

1 はじめに

筆者ら^{1),2)}は、丘陵地と山地河川の水循環モデル(長期流出モデル)を考案し、その実流域への適用可能性を示してきた。更に、筆者ら³⁾は、丘陵地流域を対象にして水循環モデルの改良を試みた。本稿では、この改良後の水循環モデルに若干の修正を加え、改良型水循環モデルを作成し、その山地河川への適用性を検討する。

2. 改良型水循環モデルの概要

2-1 基本的な考え方

モデルの作成に当っては、次の3点に特に留意した。

- (1) モデルが簡便であること。
- (2) パラメーターの数を最小限にすること。
- (3) パラメーターの値が、実際の水文データから決定できること。

2-2 モデルのフロー

(1) 流域平均日雨量 $P(t)$ の算定

流域内の代表地点の日雨量 $P^*(t)$ が与えられると、次式により、流域平均日雨量 $P(t)$ が算定される。

$$P(t) = b \cdot P^*(t) \quad [t: 1日単位の時間]$$

(2) 日蒸発散量 $E(t)$ の算定

Hamon式による月平均日蒸発散量を月平均気温を用いて算定し、各月の蒸発散量 EM_i ($i=1, 2, \dots, 12$)を求め、 EM_i に補正係数 c を乗じたものを各日の蒸発計蒸発量 E_p により比例配分して $E(t)$ を求める。

(3) 有効降雨 $DT(t)$ の算定

前期降雨 $\{AP(t) = P(t-1) + P(t-2)\}$ の多寡を考慮して、次式により有効降雨 $DT(t)$ を算定する。

・ $AP(t) = 0$ の場合、

$$DT(t) = \begin{cases} f_0 P(t) & 0 \leq P(t) < p_1 \\ f_0 P(t) + f_1 (P(t) - p_1) & p_1 \leq P(t) \end{cases}$$

・ $0 < AP(t) < p_1$ の場合、

$$p - p_1 = p_1 - AP(t) \text{ とおく。}$$

$$DT(t) = \begin{cases} f_0 P(t) & 0 \leq P(t) < p - p_1 \\ f_0 P(t) + f_1 (P(t) - p + p_1) & p - p_1 \leq P(t) \end{cases}$$

・ $AP(t) > p_1$ の場合

$$DT(t) = (f_0 + f_1) \cdot P(t)$$

(4) 直接流出 $D(t)$ の算定

有効降雨 $DT(t)$ を単位図法により配分し、直接流出量 $D(t)$ を算定する。

$$D(t) = d_1 DT(t) + d_2 DT(t-1) + d_3 DT(t-2)$$

(5) 日浸透量 $I(t)$ の算定

日雨量 $P(t)$ より、有効降雨 $DT(t)$ と樹冠遮断 $C(t)$ を引いて $I(t)$ を求める。

$$I(t) = P(t) - DT(t) - C(t)$$

$$\text{但し、} C(t) = c \cdot (1 - f_0) \cdot P(t)$$

(6) 土壌水分貯留量 $M_s(t)$ と地下水涵養量 $G(t)$ の算定

$$M'_s(t) = M_s(t) + I(t) - E_i(t)$$

$$\text{但し、} E_i(t) = (1 - f_0) E(t)$$

$$G(t) = \begin{cases} 0 & 0 \leq M'_s(t) < r \\ g(M'_s(t) - r) & r \leq M'_s(t) \end{cases}$$

$$M_s(t+1) = M'_s(t) - G(t)$$

(7) 地下水流出量 $Q_g(t)$ と地下水貯留量 $S_g(t)$ の算定

$$Q_g(t) = a^2 \cdot S_g(t)^2$$

$$S_g(t+1) = S_g(t) + G(t) - Q_g(t)$$

(8) 総流出量 $Q(t)$ の算定

$$Q(t) = Q_g(t) + D(t) - f_0 E(t)$$

表1. パラメーターの名称と塩沢流域の値

No.	記号	パラメーターの名称	塩沢流域の値
1	a	地下水流出の分数減小定数	0.014
2	b	地点降水量から流域平均降水量を算出するための補正係数	1.14
3	c	樹冠遮断率	0.10
4	d ₁	単位図の配分率(降雨当日)	0.40
5	d ₂	同上(降雨翌日)	0.46
6	d ₃	同上(降雨翌々日)	0.14
7	e	蒸発散の補正係数	0.60
8	f ₀	基本流出率	0.08
9	f ₁	1次付加流出率	0.41
10	g	地下水涵養の定数	1.0
11	h	土壌の最小含水量	200mm
12	p ₁	1次遷移雨量	50mm

2-3 パラメーターの値の決定法

- (1) aは冬季の無降雨期間のハイドログラフの減水部に地下水流出の分数期間減水式をあてはめ、その減水定数として求める。
- (2) bは、地点雨量と流域平均雨量の相関から求める。
- (3) cは森林水文学の成果と年単位の水収支を考慮して求める。
- (4) d_1, d_2, d_3 は、孤立降雨の配分率より求める。
- (5) eは、年単位の水収支とHamon式による年蒸発散量より求める。
- (6) f_0, f_1, p_1 は、一雨雨量と直接流出量の相関図より求める。
- (7) g と h は $g=1.0, h=200\text{mm}$ と仮定する。

3 塩沢試験流域へのモデルの適用結果と考察

3-1 塩沢試験流域の概要

塩沢試験流域は、建設省土木研究所が1952～1959年に観測を行なった試験流域であり、利根川水系神流川の支川である塩沢川の流域(流域面積12.6 km^2)である。

3-2 モデルの適用結果と考察

日雨量・日流量だけでなく、蒸発計蒸発量、気温な

どの水文気象データもそろっている1956～1959年の4年間を同定期間として設定し、パラメーターの値を決定するとともに、再現計算を行なった。図1には、モデルによる計算流量と実測流量の比較を例示するが、両者はよく符合していることがわかる。1952～1955年を予測期間として設定し、モデルによる外推を行なった。その結果は、図2に日流量の相対誤差の平均値を示すが、予測期間においても相対誤差の平均値が0.21～0.27と小さく、予測精度も高い。従って、モデルの実流域への適用可能性が示されたといえる。

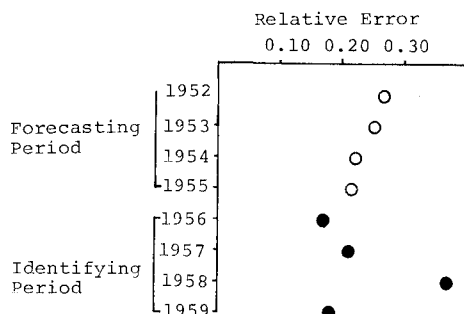


図2 日流量の相対誤差の平均値(1952～1959年)

謝辞

塩沢試験流域に関して種々の御教示を賜わった愛知工業大学の江川太郎教授ならびに水文資料を提供して下さいた土木研究所水文研究室の石崎義元室長と佐合純造氏には深謝の意を表します。

図1 改良型水循環モデルによる計算流量と実測流量の比較(塩沢流域, 1956年)

- 参考文献 1) Ando and Takahasi: A hydrological model of hillslope basins, J. of Fac. of Eng., Univ. of Tokyo, 1981.
 2) 安藤・高橋: 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, 1982.
 3) 安藤・高橋・有賀・金尾: 丘陵地の中小河川流域の水循環機構と都市化によるその変化, 第26回水講, 1982.
 4) 建設省土木研究所河川部水文研究室: 塩沢小試験地(神流川流域)水文観測資料, 土木研究所資料, 1981.