

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⁾は、多摩丘陵の小試験流域を対象に水循環機構の究明を行ってきた。本稿では、この結果をふまえて、丘陵山地の自然流域の水循環モデル（長期流出モデル）を構築し、その適用性を検討する。²⁾ モデルの作成に当っては、以下の5点に留意した。(1)簡単である。(2)パラメーターが実測のハイドログラフから決定できる。(3)物理的意味がある。(4)全流出成分を含む。(5)推定精度が高い。

2. 丘陵山地の自然流域の水循環過程

図1.には、水循環過程の模式図を示す。流域は、飽和流出域と浸透域に大別される。飽和流出域は、河川の流水面とそれに近接する湿地・池沼などで構成され、小雨でも直接流出が生起すると考えられる。浸透域は、尾根・斜面など、通常は植生と土壌を有する領域で、小雨では浸透すると考えられる。飽和流出域への降水(P_s)は、そのまま直接流出(D_s)となる。浸透域への降水(P_i)の一部は樹冠遮断(I_c)となり、残りは土中への浸透(I)となる。 I の一部は不飽和帯水分量(M_s)を増大させ、一部は浸透域からの直接流出(D_i)となり、残りが地下水涵養(G)となる。 G は地下水貯留(S_g)を増大させる。地下水流出(Q_g)は地下水貯留(S_g)に由来する。浸透域からの蒸発散(E_i)と飽和流出域からの蒸発散(E_s)がある。総流出(Q)は、($D_s + D_i + Q_g - E_s$)に等しい。

なお、飽和流出域の存在とその重要性については、筆者らの指摘だけでなく、“HILLSLOPE HYDROLOGY”³⁾でも明示されている。

3. 対象流域の概要

本研究で対象としたのは、表1.に示す丘陵山地の8流域であり、関東・東海地方に属し、降雪の影響のほとんどない流域である。

4. 直接流出

一雨雨量と直接流出量の相関図から、直接流出のパラメーターを決定する。図2には、山口川流域の場合を例示するが、一雨雨量と直接流出量の関係が図中の折線で近似できると考える。即ち、

$$D = \begin{cases} f_0 P & 0 \leq P < P_1 \\ f_0 P + f_1 (P - P_1) & P_1 \leq P < P_2 \\ f_0 P + f_1 (P - P_1) + f_2 (P - P_2) & P_2 \leq P \end{cases} \quad \text{--- ①}$$

の形で表示する。ここで、 f_0 を基本流出率、 f_1 を1次付加流出率、 f_2 を2次付加流出率、 P_1 を1次遷移雨量、 P_2 を2次遷移雨量と命名する。 f_0 は、飽和流出域の面積率に等しいと考えられる。表2.に

図1. 水循環過程の模式図

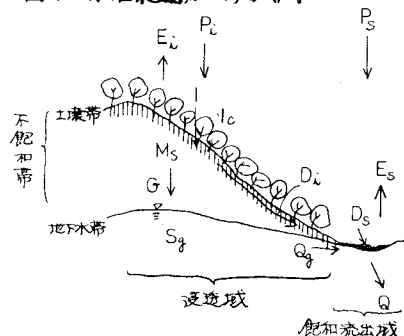


表1. 対象流域の概要

	試験地名	流域名	流域面積	地質
丘陵	瀬戸	数成	1.10 ¹³	第三紀層
		穴の宮	0.14	
	多摩	大栗川	20.9	関東山岳
		築池	0.15	第三紀層
山地	裏筑波	山口川	3.12	花崗岩類
		祖父ヶ峰	0.16	
	神流川	神流川	373.6	古生層
		塩沢	12.6	

図2. 一雨雨量と直接流出量の相関図

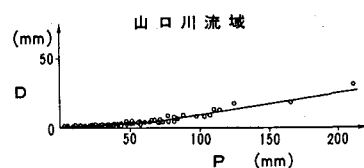


表2. 直接流出のパラメーターの値

流域名	f_0	f_1	f_2	P_1	P_2
数成	0.16	0.30	0.54	50 mm	120 mm
穴の宮	0.15	0.17	0.68	40	120
大栗川	0.12	0.31	—	50	—
築池	0.030	0.034	—	50	—
山口川	0.06	0.09	—	60	—
祖父ヶ峰	0.04	0.06	—	60	—
神流川	0.14	0.69	—	50	—
塩沢	0.10	0.42	—	50	—

は、8流域のパラメーターの値が示されている。

5. 地下水流出⁴⁾

無降雨期間のハイドログラフの逓減部から地下水流出のパラメーターを決定する。即ち、逓減部に被圧・不圧逓減式(②、③式)をあてはめ、適合度のよい方を選ぶ。

$$Q_g = Q_0 \exp(-A_c t) \quad \text{【被圧逓減式】} \cdots \text{②}$$

$$Q_g = Q_0 / (1 + A_u \sqrt{Q_0} t)^2 \quad \text{【不圧逓減式】} \cdots \text{③}$$

但し、 Q_0 :初期流量、 $A_c \cdot A_u$:逓減係数、 t :時間(H)
両式の適合度の半定基準は、相関係数の大小と、逓減係数対初期流量に対して一定とみなせるかどうかである。実流域へ適用してみると、前者の基準より後者の基準の方が有効であることが判明した。図3には、地下水流出の逓減係数と初期流量の相関図を例示する。

$$Q_g = A_c \cdot S_g \quad \text{【被圧地下水流出の貯留関数】} \cdots \text{④}$$

$$Q_g = A_u^2 \cdot S_g^2 \quad \text{【不圧地下水流出の貯留関数】} \cdots \text{⑤}$$

④、⑤式から、それぞれ④、⑤式の貯留関数が導かれる。²⁾
今回の8流域については、不圧式が適合し、地下水流出のパラメーターの代表値として、飽和流出域からの蒸発散の影響の小さい冬季不圧逓減係数を採用する(表3参照)。

6. 蒸発散

年単位の収支より年蒸発散量を求め、Hamon式の月平均日蒸発散能により、各月に比例配分し、それを用いて、小型蒸発計蒸発量により各日に比例配分する。

7. 地下水涵養

不飽和帯の水分保留量(M_s)が、最小含水量(M_n :浸透域換算で200mmと仮定)を超過した分が、そのまま地下水涵養(G)となると考える。従って、 $\beta=1$ 。

8. 水循環モデル

図4には、水循環モデルのフローを示す。水循環モデルによる計算流量と実測流量の比較を図5に例示するが、両者はよく一致しており、本稿で提案する水循環モデルの適用性が示せたといえる。

謝辞：本研究を進めるに当り、貴重な水文データを提供されに建設省土木研究所の水文研究室長石崎勝義氏、愛知工業大学の江川太郎教授、東京大学農学部山口伊佐夫教授と諸戸清一講師、東京都土木技術研究所の和泉清氏と国分邦紀氏、及び日本住宅公団南多摩開発部の関係各位には深謝の意を表します。なお、研究費の一部として、文部省科学研究費・奨励研究A(課題番号575319)の補助を受けたことを記して感謝の意を表します。

参考文献：1) 安藤・田明・高橋：丘陵地の水循環機構とそれに対する都市化の影響，第26回水理講演会，1981。
2) 安藤・高橋：山地河川の長期流出解明に関する一考察，土木学会論文報告集投稿中。
3) M.J. Kirkby (edited)：HILLSLOPE HYDROLOGY，JOHN WILEY & SONS，1978。
4) 安藤・高橋・伊藤：山地河川の地下水流出の逓減特性とそれに対する流域地質の効果，第26回水理講演会，1981。

図3. 地下水流出の逓減係数と初期流量の相関図(山口川流域)

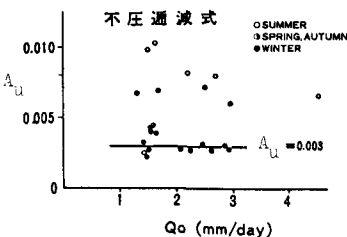


表3. 地下水流出のパラメーターの値

流域名	Au
数成	0.015
沢の宮	0.015
大栗川	0.027
紫地	0.026
山口川	0.0030
祖父ヶ崎	0.0065
神奈川	0.014
塩沢	0.012

図4. 水循環モデル

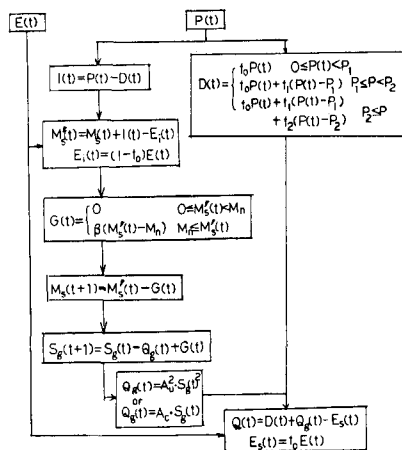


図5. 水循環モデルによる計算流量と実測流量の比較

