

広島大学工学部 正員 金丸 昭治

〃 〃 〇 三島隆明

雨水の流出機構の解析には、降雨の影響の比較的小なり流量減衰部を対象とするのが好都合であり、従来この減衰部を $g(t) = g(0)e^{-kt}$ という指数関数の型、あるいは $g(t) = \frac{g(0)}{\tau} e^{-t/\tau}$ という指数関数の複合された型で表現し、その低減係数あるいは k が降雨条件や降雨開始時の保水状態等には無関係に、一義的に定まり、これらが流域の特性を表わすものであると考えて、この係数を用いた流域の評価が行われてきた。ところが、すでに発表したように、雨水の流出は降雨条件と、降雨開始時の表層内の空気量を代表すると思われる降雨開始時の流量との両方の影響を受けるということが判明した。

本研究では、減衰部の流出を指数関数の複合された型で表現し、その中間流出成分および地下水流出成分の変化と水文諸要素との関係を究明するとともに、その結果にもとづいて、妥当な流域の評価法について検討した。今、流出高を $g(t)$ 、 i 番目の関数の $t=0$ における $g(t)$ の値を $g(0)_i$ 、 i 番目の関数の係数を a_i として、流出高を(1)式で表わすと、流出可能な貯溜高 $S_a(t)$ は(2)式で表わすことができる。

$$g(t) = \sum_{i=1}^n g(0)_i e^{-a_i t} \quad \text{--- (1)}$$

$$g(t) = \sum_{i=1}^n g(0)_i e^{-k_i t} \text{ --- (1)}$$

$$S_a(t) = \sum_{i=1}^n \frac{1}{\kappa_i} \cdot g(0)_i e^{-\kappa_i t} \dots (2)$$

の値は、実測資料について解析した結果によれ

ばあるいはなるようである。そこで、中間流出および地下水流出に影響をおよぼす水文諸要素を、前述の観点から適宜抽出し組み合わせ検討してみたところ、結局、次のような要素、すなわち降雨継続時間 T_r 、総降雨量 ΣR 、降雨開始時の流出高 g_s 、地下水流出成分の低減係数 e_1 、中間流出成分の低減係数 e_2 、表面流出終了時の貯溜高 S_m 、中間流出終了時の貯溜高 S_t を組み合わせ整理したものが最も良好であった。ここで取り上げた水文諸要素の算出法について述べると、 T_r 、 ΣR 、 g_s は実測資料から直接求められるものであり、また S_m 、 S_t は $g(t)$ 、 e_i が決まれば(2)式を用いて求められるものであるから、問題は $g(t)$ 、 e_i をいかに定めるかということになる。その算出方法には試算法と図式解法とがあるが、実際の計算では、時間を要する試算法よりも図式解法の方が便利である。この解析で採用した図式解法というのは、対象流域の時間流出高関係を片対数グラフ上にプロットして三流出成分あるいは二流出成分に対応する $g(t)$ 、 e_i を順次求めていく方法である。その計算手順としては、まず地下水流出成分に対応する $g(t)$ 、 e_1 を求めることが必要である。ところが、周知のごとく、降雨終了後長時間経過して、流出の大部分が地下水流出成分になってからの流出では、流量の変化が非常に緩慢になるということと、流出現象が地中の空気量には影響されないであろうということを考えると、一流域についての地下水流出成分の低減係数 e_1 は一定であると考えてもよいようである。したがって、対象流域の流出記録から代表的な長時間の流出資料を選び出して、その時間流出高関係を片対数グラフ表示して e_1 を定め、地下水流出成分の基準の直線を引く。次に各資料の時間流出高関係を片対数グラフ表示し、時間軸をずらして地下水流出部分が基準の直線に乗るようにして直線 $g(t)e^{-e_1 t}$ を引き、この直線と、もとの曲線との差を改めてプロットする。このようにしてできた曲線上に3、4点選んで直線を引いて $g(t)e^{-e_2 t}$ を求める。更に $(g(t)e^{-e_2 t} - g(t)e^{-e_1 t})$ と もとの曲線との差を改めてプロットして前述の手

順を繰り返して $g_0 e^{-k_2 t}$ を求める。このようにして求めた関数の和に数値を代入してもとの曲線を満足するかどうかをチェックして最終的な $g(t) = \sum_{i=1}^n g_{0i} e^{-k_{2i} t}$ を定め、更に(2)式を用いて S_n , S_t を計算する。以上のようにして算出した吉井川水系津山流域(流域面積 $A=74 \text{ km}^2$) についての水文要素を共軸表示したものが図-1である。この図からわかるように k_2 は、

ΣR , T_r および降雨開始時の空気量を代表する g_0 によって変化し、更に S_n , S_t によっても変化している。このように k_2 は従来一般に考えられていたような単に低減割合のみを代表するものではなく、中間流出の量と低減割合の両方を代表するものであり、 k_1 は地下水流出の低減割合のみを代表するものと思われる。このように係数が他の要素によって変化する以上、流域の評価、ことに利水面からみた評価は k_1 および k_2 の両要素を加味した次の(3)式で示されるような平均流出高によって行なうことが現在のところ妥当のように思われる。今、中間流出終了時を時間原点にとれば、 t 時間の平均流出高 $\bar{g}(t)$ は

$$\bar{g}(t) = \frac{S_t}{t} (1 - e^{-k_2 t}) \quad \text{----- (3)}$$

で表わされる。この(3)式における t は、利水計画の主目的と、その流域の無降雨日数の分布特性によって定められるものであり、例えば“100時間とか500時間あるいは1000時間と”きめて、それに対応する $\bar{g}(t)$ を計算して各流域の利水効果を比較すればよい。この方法は、流況曲線の利用方法と類似の点があるが、流況曲線の作成に必要な水文資料よりはるかに少ない資料で充分であり、更に水文諸要素の関連を逐次明らかにすることが可能であるという点に特徴がある。図-2は、吉井川水系津山流域(流域面積 $A=74 \text{ km}^2$)、湯郷流域($A=13 \text{ km}^2$)、江ノ川水系吉田流域($A=400 \text{ km}^2$) について、 $T_r=12 \text{ hr}$, $\Sigma R=30 \text{ mm}$, $g_0=0.08 \text{ mm/hr}$, $S_n=50 \text{ mm}$ という条件のもとでの $\bar{g}(t)$ を用いて比較したものであるが、更に多くの資料が整備されれば、異った条件のもとでも比較できることになる。今一つ考えるべき点は、図-2をみると三流域の $\bar{g}(t)$ の大きさ、すなわち利水の有利さが変化していることである。したがって、実際には利水計画に必要な流量および t を決定した後、その t に対する $\bar{g}(t)$ を計算し、これにもとづいて、どの流域が最もその計画に有利であるかを比較することが必要ではなからうか。今後種々の流域について比較検討するつもりである。

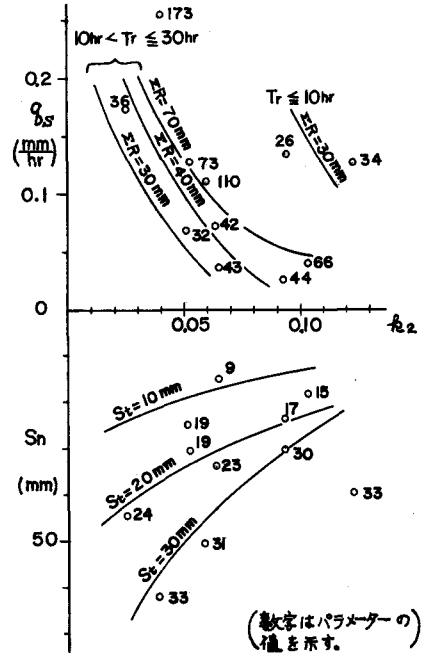


図-1 ΣR , T_r , g_0 , k_2 , S_t , S_n 関係図 (津山流域)

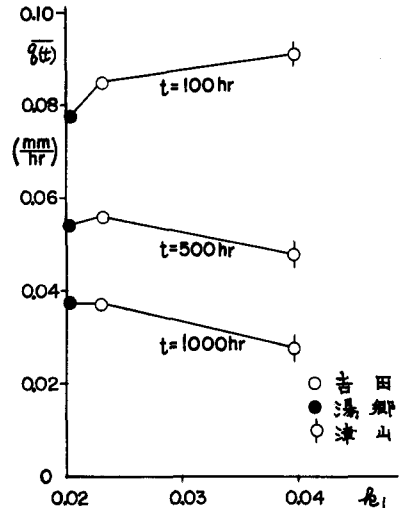


図-2 $\bar{g}(t) \sim k_1$ 関係図