

九州大学 工学部 正員 篠原 謹爾

〇小川 滋

1. まえがき

一般に、出水現象は小流域になるほど、関連する因子が平均化されないまま、直接、出水に關与し降雨との対応も極めて敏感なことから、現象をモデル化、近似化する場合に複雑さがますます考えられる。そこで、かなり現象が平均化されていると考えられるハイドログラフの減水部について、石原らの中間流出のモデル¹⁾を適用し、現象との対応に付いて考察した。

2. 流域ならびに資料

流域は、岡山県竜の口山森林理水試験地南谷で、流域面積 22,611 ㏊である。資料は、1937年～1957年までの降雨量、水位記録より、降雨終了後の無降雨期間の長いもの 19個を選んだ。なお、単位時間は、観測値の精度上 1 時間である。

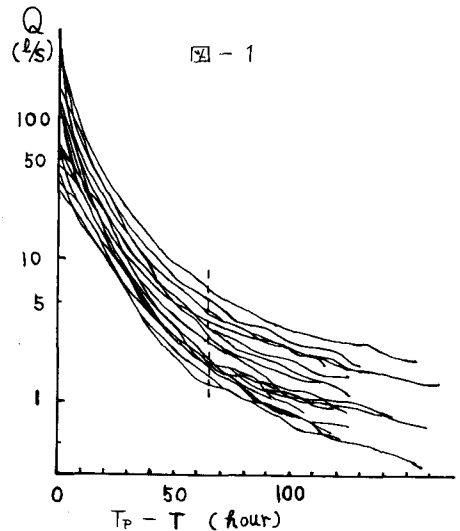
3. 地下水流出の減係数

ピーク後の減水状況を図-1 に示すが、減水をはじめて 60～70 時間で地下水流出が卓越するようである。そこで、指数関数的減少と考えて各出水毎に、(1)式をもちいて、地下水流出の減係数 λ_3 を算定した。(表-1 参照)

$$Q_3 = Q_{03} e^{-\lambda_3 t} \quad \text{--- (1)}$$

ここで、 Q_3 : 地下水流出流量、 Q_{03} : 初期流量、 t : 時間。

λ_3 は、0.01～0.02 の間の値が得られたが、ピーク流量、初期流量、平均降雨量、降雨継続時間などとの相関はなく季節的变化がみられた。すなわち、5～9 月に大きく ($\lambda_3 \approx 0.017$)、10～4 月に小さく ($\lambda_3 \approx 0.01$)、山地での蒸発散の影響とみることができるとであろう。 λ_3 を一定値としてみることも可能であろうが、絶対流量が小さいことから、地下水流出流量を分離する際には、各々の λ_3 の値をもちいた。



4. 中間流出の減係数

地下水流出流量を単純に逆延長して分離し、中間流出流量を算定した。これを、片対数紙上にプロットすると、直線関係がえられ(図-2, 3 に例を示す)、指数関数的減少が認められたので、地下水流出と同様に、中間流出の減係数 λ_2 を算定した。ここで、石原らの中間流出のモデル¹⁾と対比させると(2)式の貯溜の連続式は、従来のダルシー則に浸透損失 (β) を考慮したものと解釈できるとであろう。

$$\frac{dS}{dt} = -\alpha S - \beta \quad (2) \quad Q_2 = K e^{-\lambda_2 t} - A i_* \quad (3)$$

ここで、 S : 貯溜量、 α : 定数、 Q_2 : 中間流出流量、 A : 流域面積、 i_* : 中間流出期浸透量、 K : 定数。

(2)式、(3)式は、石原らの式を近似的に簡略化したものであり、詳細は文献¹⁾を参照されたい。

また、形式的には、(3)式は菅原の貯溜形のタンクモデルと同じ式形となっている。

さて、 λ_2 については、

0.07~0.10の値(平均0.08)

がえられ、 λ_3 と同様の

相関をとってみると、

λ_3 との相関はなく、平

均雨量、3mm以上の平

均雨量との相関が考え

られた(相関係数0.6)。

5. 浸透量 λ_k の推定

山地の浸透試験の結

果²⁾では、200mm~数mm

まで浸透量は大きくバ

図-2

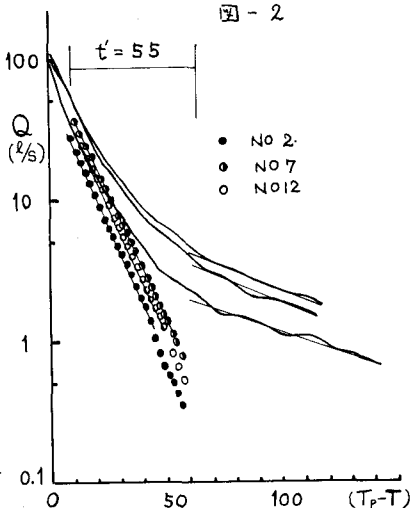
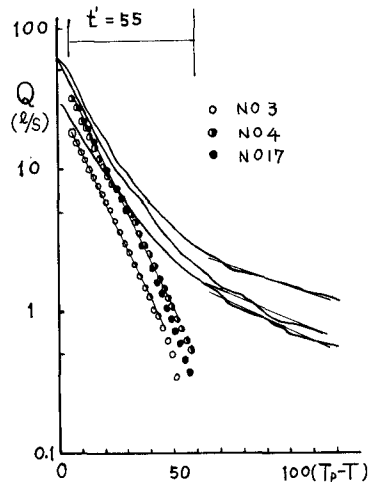


図-3



ラツキ、さらに小流域では、雨量損失カーブより浸透能を推定すること困難であるので、中間流出期の表層付近の浸透の挙動として、(3)式のモデルをもとにして推定を試みた。すなわち、(3)式は、 $Q_2 = A\lambda_k$ で Q_2 は急減すると考えられ、急減率は、 $Q_2 = 2\% \sim 1\%$ が99% (これは片対数紙上のハイドログラフの変曲点附近となる)、これをもとに、 $Q = A\lambda_k$ より λ_k を算定すると0.03~0.02mm/秒をうる。

6. 考察

中間流出の急減は、指数関数的に減少することはたしかめられたが、雨量との正の相関、 λ_k がきわめて小さいことなどから、表層流的な挙動が示唆されており、参考までに、推定された λ_k をもとに、有効表層厚 $YD = (e^{\lambda_k t'} - 1)\lambda_k / \lambda_2$ (t' : 中間流出期時間) をもちいて YD を算定すると10mm前後の値となり、表層の浅い部分が、直

表-1 λ_2, λ_3 の算定結果

No	DATE	λ_2	λ_3	MAXIMUM DISCHARGE
1	1938-6	0.073	0.016	63.2 ^(%)
2	1938-9	0.085	0.013	109.3
3	1941-5	0.079	0.018	30.2
4	1941-5	0.076	0.016	58.6
5	1942-10	0.070	0.010	41.8
6	1943-9	0.068	0.010	238.8
7	1945-9	0.079	0.015	104.6
8	1945-10	0.072	0.012	912.9
9	1946-7	0.077	0.014	307.9
10	1946-10	0.084	0.012	65.4
11	1948-9	0.084	0.020	112.9
12	1949-7	0.082	0.016	123.6
13	1949-7	0.104	0.017	281.9
14	1950-3	0.072	0.009	44.5
15	1953-5	0.088	0.020	169.7
16	1953-9	0.096	0.015	199.1
17	1954-4	0.083	0.013	50.7
18	1955-4	0.075	0.013	138.9
19	1956-9	0.089	0.017	111.7

接的な流出に参与しているようである。すなわち、小流域での流出係数(10⁻²オーダーが99%)を考えると、大部分が地下へ浸透し、表層の浅いところには貯留された部分(あるいは、一時的な表面貯留)が直接的な流出として出てくると推論できるであろう。さらに、由良川における λ_2, λ_3 と比較するとかかなり大きな値となっており、流域面積の大小による差なのか、河道貯留の影響か、流域固有の値なのかなど検討を加えていかねばならない。また、(3)式より λ_k を求めることが精度上可能なのかなど今後流域面積などの条件のうち資料で検討したい。しかし、現在のところ、(3)式のモデルで一応の現象の説明が可能であることはいえるであろう。

なお、計算は、九州大学大型電子計算機 FACOM 230-60によった。

参考文献

- 1) 石原(肇), 石原(安), 高樺, 頼: 由良川の出水特性に関する研究: 京大防災研年報オ5号
- 2) 佐藤, 村上, 村井, 関川: 新し型¹⁾の山地浸透計による測定成績(オ2報): 林業試験場研報オ99号