

1. まえがき

流出機構の複雑なメカニズムを解明するために、構内に小試験区を設けて人工雨を降らせて流出過程を検討した。流出解析にはいろいろな方法があるが、ここでは貯留関数法を適用した。

2. 実験方法

中5m、長さ9m、勾配4°の小試験区を設け、下端には表面水と浸透水を集水する樋を設置し、集水量は三角ゼキで観測した。(Fig.1)

スプリンクラーは庭園用のRain Jetを立体的に三基、試験区の中央に設置し、自記雨量計を試験区の中央と下端に2個置いた。(Fig.2)

さらに、散水分布状態を観測するために、試験区内にビーカを15個配置し、また流速観測のために試験区の下端側に鉄とうをたて、地表面から0.5m間隔ずつに5箇所はArmをつけ流速計を設置した。

また、地表面下1mにビニールシートを敷き浸透水を集水できるようにした。

3. 理論式

この方法は、氷水の非線型性を導入し、さらに水量の連続性について単純な線型仮定を設けており、つぎの式を基礎方程式とする。

$$\sum f_j \cdot I_j - O_e = \varphi(O_e) \frac{dO_e}{dt} \quad (1)$$

$$O_e(t) = O(t + T_e) \quad (2)$$

I_j : 流入量群 O : 流出量 f_j : 流入係数(流入量と流出量の水量の連続関係を調整する係数)

$\varphi(O_e)$: 貯留関数 T_e : 遅滞時間

特に、流入量として試験区平均雨量 R_{ave} を用いる場合には、(1)式は次のようになる。

$$f \cdot A \cdot R_{ave} - O_e = \varphi(O_e) \frac{dO_e}{dt} \quad (3)$$

A : 試験区面積

数値的に追跡計算するには、(1)、(2)を連立に解く。(1)式を次のようにする。

$$\sum f_j \cdot I_j - O_e = d(K \cdot O_e^p)/dt$$

Δt についての階差式に改めると

$$\sum f_j \cdot I_j - \{ (O_e)_1 + (O_e)_2 \} / 2 = K \{ (O_e)_2^p - (O_e)_1^p \} / \Delta t$$

$$\therefore \sum f_j \cdot I_j - (O_e)_2 / 2 + K \cdot (O_e)_1^p / \Delta t = (O_e)_2 / 2 + K \cdot (O_e)_2^p / \Delta t$$

上述の代数方程式の近似解には、Newton-Raphson法を用いた。



Fig.1



Fig.2

4. 考察

人工雨を降らせる場合には、その散水分布が問題である。ここでは、少しバラツキがあるが均一分布とみなした。流出過程を考えると、これは試験区内の保水状態も異なるけれども、一般的には浸透→流出の変化を示し、その過程の中でいつ浸透状態から流出状態に変化するかは、まだ明確ではないが、ここでは、流出量がほぼ安定した段階（この段階で表面貯留量もほぼ安定する）で浸透状態を終了する、つまり浸透状態よりも流出状態が強くなると考えた。

浸透状態が終了するまで寄与した雨量を飽和雨量と称すれば、飽和雨量とこれに達するまでの時間は、植生や先行降雨に大いに左右される。（この実験での、5月～10月の試験区内の植生による被覆状況は均一とみなした。）

1日以内に先行降雨があるときには、散水してから15分～20分程度で浸透を終了し、10^{mm}前後の飽和雨量を記録し、先行降雨が4日間以上ない場合には25分～30分ぐらいで浸透を終了し25^{mm}～30^{mm}程度の飽和雨量が認められた。つまり、飽和雨量および浸透終了時間は対象降雨前の土湿状態に大いに左右されると思われる。

試験区内における保水状態は時々刻々変化するから、流入係数 f も刻々変化させねばならないが、何を指標にレイジのように変化させるべきかまだ不明なので、ここでは f を実験ごとに一定と考えた。

この流入係数 f は、試験区内での水文要素に大いに左右され、特に表面流出率とは密接な相関があり、 f を縦軸表面流出率を横軸にとると $y=1.22x$ の関係式が成立する。

Table.1

貯留関数($S=kQ^P$)の K 、 P は地区の特性や水文要素に大いに影響される。

この実験においては、 $f < 1$ の場合には $4 < K < 6$ に集中していることを考えれば、この係数 K は地区特性に左右される係数と考えられなし、一方、 P は $P > 0.5$ の範囲で変動が激しいのは、降雨特性、地区内の保湿状態等の水文要素に左右されると思われる。

試験区内における観測値を基にして定数解析した結果をTable.1に示す。

Date	Function	降雨量 mm	流出率 %	浸透時間 分	流入係数	飽和雨量 mm	飽和雨量に達する時間 分	備考
4/8 7.4	$S=4.9Q^{0.74}$	47.5	49.3	5	0.612	21.5	25	2日前から降雨なし
7.11	$S=6.3Q^{0.84}$	43.0	55.1	5	0.792	26.5	30	1週間前から降雨なし
8.8	$S=3.1Q^{0.62}$	39.0	61.0	5	0.746	13.0	20	前日20 ^{mm} 降雨あり
9.20	$S=4.1Q^{0.78}$	44.5	67.9	0	0.833	20.0	30	2日前から降雨なし
9.27	$S=5.9Q^{0.80}$	49.0	51.0	0	0.671	33.5	40	3日前から降雨なし
12.7	$S=4.6Q^{0.59}$	55.5	62.7	5	0.776	29.5	35	20日間降雨なし
4/9 5.30	$S=5.8Q^{0.47}$	51.0	41.8	5	0.540	30.0	35	4日前から降雨なし

算定したFunctionをもとにして、Newton-Raphson法を適用したSimulationの結果をFig.3に示す。

Simulationの精度の判定には、①Hydrographを図示する。②実測値に対する計算値の相対誤差の割合、および計算値の実測値に対する変動係数。③代表的流量の比較。等が考えられるが、目的に応じて決めるべきである。ここでは、相対誤差を算定した。

5. まとめ

今後、つぎの点を追求したいと思ふ、である。

①土湿状態を観測し f を時々刻々変化する。

②植生による流出変化

最後に、終始御指導いただいた野口正三教授、さらに実験の援助を惜しまない、工科大学院生石崎正和君、佐野幹男君（現、清水建設）に感謝します。

