

山地試験地における降雨流出の観測*

—落葉層からの流出—

奥 西 一 夫

RAINFALL AND RUNOFF ON MOUNTAIN SIDE

—PART 1 RUNOFF FROM FALLEN-LEAF LAYER—

by Kazuo OKUNISHI

Synopsis

Intensity of rainfall (P) and that of runoff (Q) have been observed at a small test plot on a natural mountain slope since 1960. The intensity of runoff from the fallen-leaf layer is only about 7% of P when $P < 300 \mu/\text{min}$, but acceleratively increases when $P > 300 \mu/\text{min}$. The one from both the fallen-leaf layer and humus layer is proportional to P and equal to $0.1P$ at least when $P < 600 \mu/\text{min}$. Probably, the runoff from the fallen-leaf layer is caused by anisotropic transmission of rain water along surfaces of fallen leaves, and when $P > 300 \mu/\text{min}$, a part of the runoff water from the humus layer is added to that from the fallen-leaf layer. Initial loss of rainfall becomes constant (2.5 mm) after a lapse of one day or more since the previous rain.

1. ま え が き

陸水は、ごく少量の例外を除けば、すべて降水によつて供給されるものであるから、地面に達した降水が、そこでどのような行動をとるかということは、陸水現象の解明に関して重要な課題である。

降雨時、またはその直後の現象を考える場合には、地面に到達した雨水のゆくえを、(1) 浸透、(2) 直接流出、(3) 葉面及び地表面上の貯留、の三つに分けるのがふつうである。

問題はその三つ、とくに浸透と流出の配分が、降雨、地面の状態、植生被覆、その他の環境要素、および時間によつてどのようになるかを明らかにすることである。これまでに行われてきた、この問題に関する実験的方法としては、

- (1) 雨量と河川流量の観測から、流域の平均的な浸透能を求める。
- (2) 人工的な斜面と模擬降雨装置によつて、雨量、流出量、および浸透量を別々に測定する。
- (3) 小さい試験地斜面で、自然の雨を用いて雨量と流出量を、場合によつては浸透量をも同時に観測する。
- (4) 浸透計により、直接に浸透能を求める。

が主なものである。

以上にはそれぞれ少しずつ欠陥があるので、それらを有効に組み合わせることによつて、現象を正しく把握するように努力しなければならないが、現状ではそれぞれの結果が互いにうまく結びつかない。

ここに述べる観測は(3)の方法に属するものであるが、できる限り人為的要素を避け、山地の自然状態で観測を行なうことにより、(1)の方法で得られた結果と組み合わせて、降雨の浸透と流出の機構を明確

* 昭和36および37年度日本陸水学会大会において一部発表

にしようとするものである。

2. 測定方法

観測施設は京都大学上賀茂地学観測所の構内に設けられ、100 m ほどの高さの小さい山の山頂から 40 m ほど西の斜面上に位置している。付近一帯の地被状態は、檜の植林(樹令約20年)のなかに赤松と灌木が少し混じっており、それらの下にシダが比較よく繁っている。土壌は砂交じりの粘土で、その上に平均 8 cm の厚さの黒色の腐植層があり、そのなかを植物の根が縦横に走っている。さらにその上に平均 1.5 cm の厚さの落葉層がある。落葉層の下層部は平均 0.5 cm の厚さで、主に密につまった松葉の細かな破片より成り立っている。上層部は主に松葉、広葉樹の落葉、落枝などより成り、非常にすきまが多い。厚さは 0 から 2 cm まで大きく変化している。

試験地の形は、土地の傾斜の方向(ほぼ東西)に 10 m、それと直角方向に 2 m の長方形(20m²)で、平均の傾斜角は 27° である。試験地のまわりには地中 10 cm までレンガを埋めて試験地の外からの影響を防止してある。試験地の概況を Photos. 1, 2. および Fig. 1 に示す。



Photo. 1 A sight of the test plot

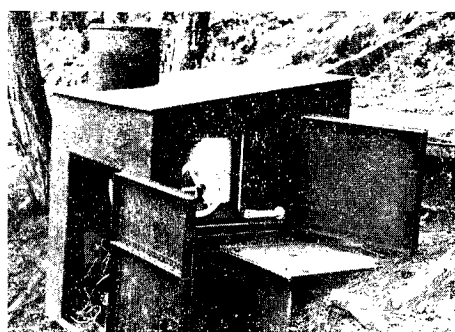


Photo. 2 The cabinet of the water-level gauge and the recording rain gauge (B)

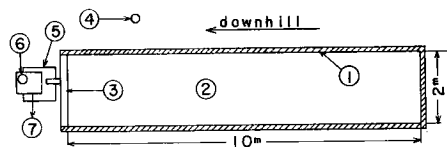


Fig. 1 Plan of the test plot

- ① dividing bricks (10cm deep)
- ② test area, ③ runoff water collector
- ④ rain gauge C (nonrecording)
- ⑤ tank for runoff water
- ⑥ receiver of rain gauge B
- ⑦ cabinet of the water-level gauge

雨量計Aは気象庁規格の貯水型自記雨量計で、山頂の建物のひさしの所に水平に設置されている。風のみだれによる誤差を避けるために、受水部は 1 m² の板張り(すきまを作つてある)の上に取り付けられている。雨量計Bは、受水部直径 22.6 cm の貯水型雨量計で、受水部は流出水用の貯留タンクのカバーの上部に、水平に取り付けられている。積算雨量は流出水用の自記ドラム(後述)に記録される。雨量計Cは自記しない気象庁規格の雨量計で、土地と同じ角度だけ傾けて取り付けられている。試験地からの流出水は下端の樋に受けられ、流出水タンクに導かれて水位計に記録される。Fig. 2 はその概念図である。ドラムは同期モーターで駆動され、回転速度は毎分 1.08 mm である。それぞれの装置の位置は Fig. 1 に示されている。

A, B, C, の三つの雨量計で測定した雨量、および試験地上の雨量は、地形、樹木の分布、受水面の水平面からの傾斜と雨滴の落下角度の関係、樹幹を伝つて地面に達する雨水、などのために四つとも異なつた量になる。Fig. 3 は雨量計Aと雨量計B, Fig. 4 は雨量計Bと雨量計Cの相関を示す。両方とも原点の近くを通る直線の上によく乗っている。もつとも、これらは一つの雨の始めから終りまでの積算値なので、時間

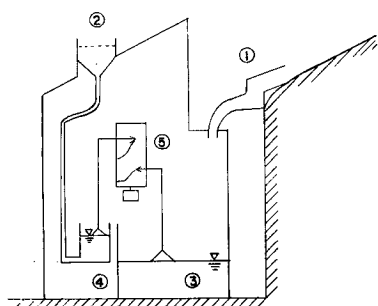


Fig. 2 Diagram of the gauge for rainfall and runoff

- ① runoff water collector
- ② receiver of rain gauge B
- ③ tank for runoff water
- ④ water tank of rain gauge B
- ⑤ water-level gauge

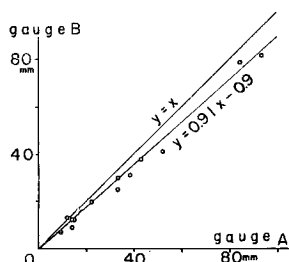


Fig. 3 Correlation between the accumulative rainfalls by gauges A (at the top of the hill) and B

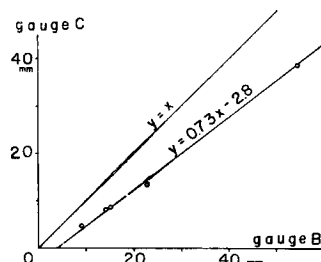


Fig. 4 Correlation between the accumulative rainfalls by gauges B and C

的な変動は消されている。樹幹を伝って流下する雨水は、雨量計では測定されないが、合衆国北部の堅木林での観測²⁾によると、その量は少なく、またほぼ雨量に比例しているので、実際の雨量と雨量計による測定値の比を、少し変更するだけの影響力しかもっていない。したがって、試験地内の積算雨量はほぼ雨量計による観測値に比例すると考えてよい。また、降雨の初期における樹木によるしや断と、降雨の終期における木の葉や枝からの水滴の落下の影響のない時刻には、降雨強度についても、同様の比例関係があると考えてもよいであろう。しかし、比例定数は不明である。以下の解析では、降雨強度として雨量計Bの観測値を用い、流出強度としては、流出水量を斜面に沿って測った試験地の面積で割った値を用いてある。記録の読み取りは1分ごとについて行ない、1分ごとの平均強度(単位 μ/min)を算出した。

3. 観 測 結 果

観測は1960年7月より開始し、現在なお継続中であるが、流出水の取水方法は1年ごとに变えて観測を行なっている。すなわち、1960年度には落葉層の上層部から、1961年度には落葉層の全層(上層および下層)から、また1962年度には落葉層とその下の腐植層の両方から取水した。落葉層の上層部からの流出の観測は、表面流出成分を観測することにより、浸透能の時間的变化を求める目的で行なつたものであるが、後で述べるように、表面流出は一度も観測されなかつた。落葉層および腐植層からの流出は、ハイドログラフにおける中間流出に属するものと思われる²⁾。

解析を行なつたデータの数は、落葉層の上層部からの流出に関するものが5、落葉層の全層に関するものが11、落葉層および腐植層に関するものが11である。各々の観測から、最も代表的なもの各1例を Figs. 5, 6, 7, に示す。ここで P は降雨強度、 Q は流出強度である(以下も同じ)。1960年度は水位計が十分整備されていなかったため、データにばらつきが多かつたので、これだけは5分ごとの移動平均をとつてある。これらの図は、(1) P に比べて Q が小さいこと、(2) P と Q との関係がほぼ比例的であること、(3) P と Q の間の時間ずれが小さい(0~2分)こと、の三つの点で共通している。

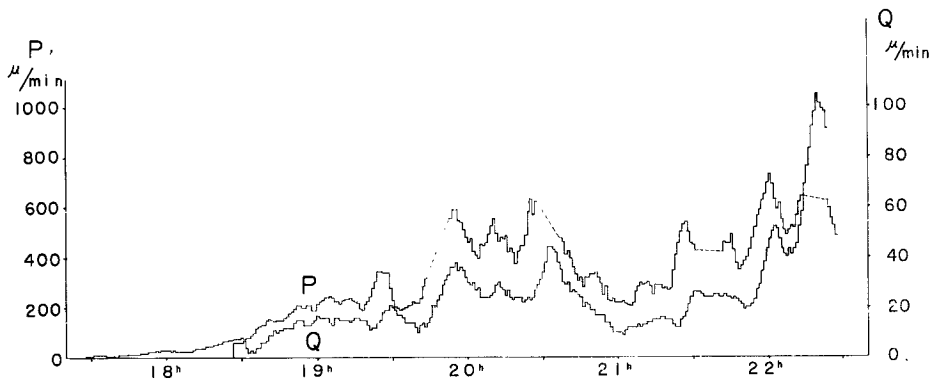


Fig. 5 Time changes of P, and Q from the upper fallen-leaf layer observed on Aug. 29, 1960

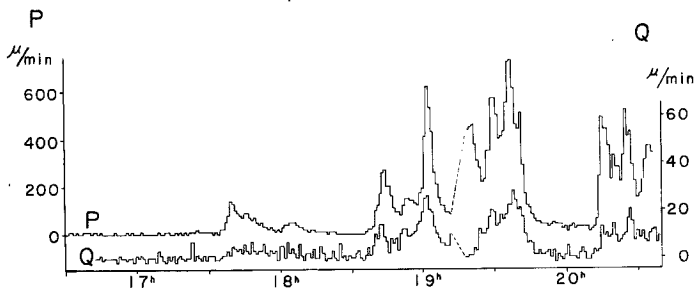


Fig. 6 Time changes of P, and Q from the entire fallen-leaf layer observed on Jun. 9, 1961

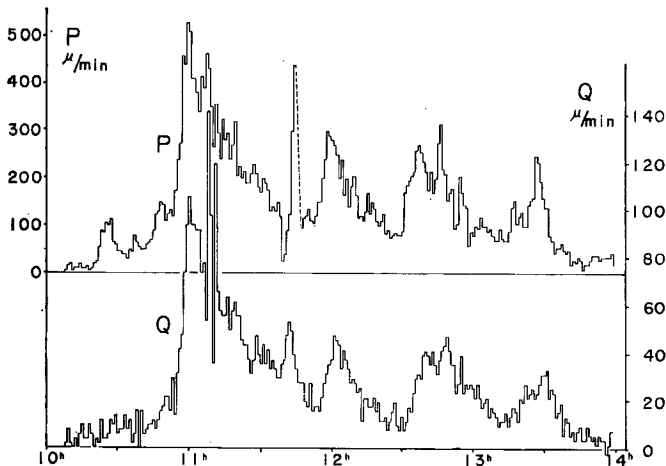


Fig. 7 Time changes of P, and Q from fallen-leaf and humus layer observed on Jul. 27, 1962

4. P-Q 間の相関

毎分の P と Q の相関図を描いて見ると、ほぼ直線的な関係が見られる。Figs. 8, 9, 10, はそれぞれ Figs. 5, 6, 7, に対応する P - Q 間の相関図である。Fig. 9 の×印は1960年（落葉層の上層からの流出）

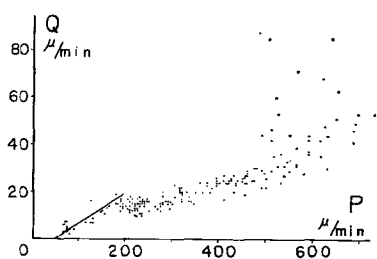


Fig. 8 P-Q correlation from Fig. 5

の各降雨の平均的な相関を示すもので、比較のために入れたものである。 P と Q の間にいろいろな時間ずれをとり、最も相関がよいものを選んだ。時間ずれは0～3分であつた。

落葉層からの流出(Figs. 8, 9,)は兩年度ともよく似ている。これらのグラフは三つの部分に分けることができる。すなわち、 $0 < P < 200 \mu/\text{min}$ の直線部分、 $200 \mu/\text{min} < P < 300 \mu/\text{min}$ の Q が一定の部分、および $P > 300 \mu/\text{min}$ の、下に凸の曲線の部分である。腐植層と落葉層の両方か

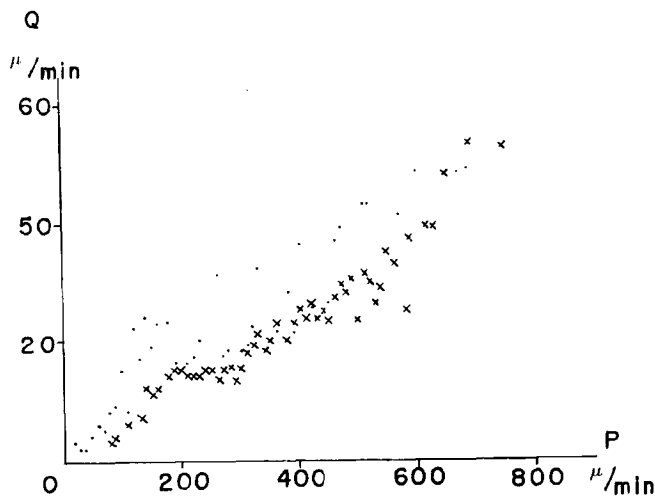


Fig. 9 P-Q correlation from Fig. 6

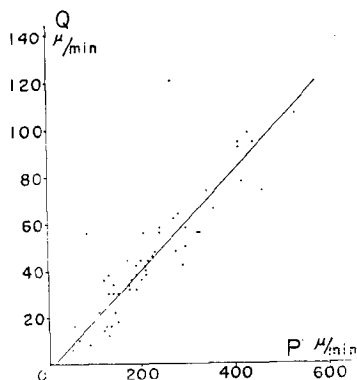


Fig. 10 P-Q correlation from Fig. 7

らの流出に関する相関図は Fig. 10 でも明らかなように、1本の直線の上に乗る。回帰解析によつてグラフの各部分を直線で表わした結果を Tables 1, 2, 3, に示す。Table 2 の $P > 300 \mu/\text{min}$ の部分は、両対数グラフでは直線の上にきれいに乗るが、雨によつて係数の値がまちまちなので、どんな関数形になるのかがはつきりしない。1961年9月14, 15日のデータを平均操作から除いたのは、台風の際の強風の影響が明らかなためである。

各々のグラフの相関度はかなりよいにもかかわらず、回帰係数は雨によつてまちまちである。その原因として第一に考えられるのは、風の影響で、雨滴の落下する角度が雨によつて変わるため、雨量計の受水率と試験地斜面の受水率の関係が変化するため、ということであり、実際、西風が強い時に

は流出率が高くなる傾向が認められる。Fig. 11 は Table 2 のAの値を横軸にとり、雨量計B(降雨強度を測定したもの)と雨量計C(斜面に平行な受水面をもつ)の積算雨量の比を縦軸にとつたものである。このグラフは Figs. 3, 4, に比べるといちじるしく相関が悪い。したがつて、風の影響だけでは説明できない。

Table 1 P - Q regression coefficients for the runoff from the upper part of fallen-leaf layer (Q_{1a}) (observed in 1960)

$$Q_{1a} = AP + B$$

No.	date	A	B	
1	Jul. 8	0.039	+0.24	for all values of P observed
2	Aug. 5	0.086	+3.97	
3	Aug. 11	0.046	-0.35	
4	Aug. 12,13	0.046	-5.09	
5	Aug. 29,30	{ 0.067	+1.58	for $P < 200\mu/\text{min}$
		{ 0.129	-6.10	
	synthesis	0.0645	-1.38	

$$Q_{1a} = CP^n \quad (P > 300\mu/\text{min})$$

date	C	n
Aug. 29,30	0.018	1.19
synthesis	0.003	1.49

Table 2 P - Q regression coefficients for the runoff from entire fallen-leaf layer (Q_1) (observed in 1961)

		$Q_1 = AP + B (P < 200\mu/\text{min})$		$Q_1 = CP^n (P > 300\mu/\text{min})$	
No.	date	A	B	n	C
1	May 3,4	0.046	+0.85	—	—
2	Jun. 9	0.137	-1.73	1.20	0.021
3	Jun. 17	0.060	+1.88	—	—
4	Jun. 28,29	0.032	+3.48	1.15	0.019
5	Jun. 29	0.024	+1.58	1.51	0.002
6	Jul. 6,7	0.093	-1.42	—	—
7	Jul. 11	0.059	-1.68	1.63	0.0008
8	Jul. 23	?	?	?	?
9	Aug. 5	0.072	-1.49	1.45	0.004
10	Aug. 9	0.037	+0.85	—	—
11	Sept. 14,15	0.177	+2.84	—	—
mean except No. 11		0.0717	-0.39	—	—

Table 3 P - Q regression coefficients for the runoff from fallen-leaf layer and humus layer (Q_3) (observed in 1962)

$Q_3 = AP + B$ (for all values of P observed)

No.	date	A	B
1	May 14, 15	0.0355	+3.87
2	Jun. 22	0.1333	-7.61
3	Jun. 25	0.0653	+1.46
4	Jul. 4	0.0478	+0.58
5	Jul. 5	0.0717	-2.98
6	Jul. 10	0.0691	+0.66
7a	Jul. 27	0.2121	-2.32
7b	Jul. 27	0.1484	+0.94
7c	Jul. 27	0.1362	+6.07
7d	Jul. 27	0.1248	+6.24
8a	Aug. 9	0.2499	+0.67
8b	Aug. 9	0.1628	+1.86
9	Aug. 13	0.2306	+3.50
10a	Sept. 4	0.1454	+0.29
10b	Sept. 4	0.1094	+1.61
11	Oct. 4	0.1641	+0.97
weighted mean by rainfall depth		0.1007	+0.43

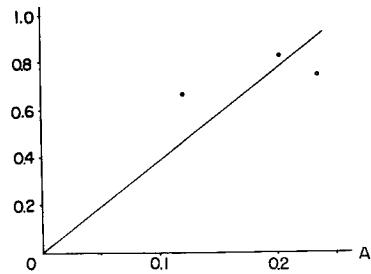


Fig. 11 Correlation between the value A of Table 3 (abscissa), and the ratio of the accumulative rainfall by gauge B to that of C

以下では、各年度の観測について、各々の雨を平均した値を用いて考察を進めることにする。ただし、落葉層上層部については、データの数がないので、平均的な P - Q 相関図で計算した値を用いた。これらをまとめると、落葉層上層からの流出 (Q_{1a}) は、 $21.4\mu/\text{min} < P < 200\mu/\text{min}$ で、

$$Q_{1a} = 0.0645P - 1.38 = 0.0645(P - 21.4) \cdots (1)$$

落葉層全体からの流出 (Q_1) は、 $5.4 < P < 200\mu/\text{min}$ で、

$$Q_1 = 0.0717P - 0.39 = 0.0717(P - 5.4) \cdots (2)$$

流出水を受ける樋は正確に腐植層と落葉層の境界

になく、少し浮いている部分があつたので、そこからの漏れのために -0.39 という小さい定数項が出たものと思われる。そこで、この定数項はないものとして次のように表わすことにする。

$$Q_1 = 0.0717P \cdots (2)'$$

そうすると、落葉層の下層からの流出 (Q_{1b}) は、

$$\begin{cases} 0 < P < 21.4\mu/\text{min} & Q_{1b} = 0.0717P \cdots (3a) \\ 21.4\mu/\text{min} < P < 200\mu/\text{min} & Q_{1b} = 0.0072P + 1.38 \cdots (3b) \end{cases}$$

Fig. 9 から明らかなように、落葉層の上層部および下層部からの流出はそれぞれ独立したのではなく、相互に関連したものである。(1) 式および (3a), (3b) 両式を見ると、降雨強度が小さい時は、流出水は専ら落葉層の下層を流れるが、 P が $21.4\mu/\text{min}$ を越えると、下層部は飽和状態に近くなり、上層部においても流出が始まり、流出強度の増加はほとんど上層部で起こり、流出強度が $15\mu/\text{min}$ ぐらいになるまで単調増加が続くということがわかる。

落葉層と腐植層からの流出 (Q_3) は、 $0 < P < 600\mu/\text{min}$ で、

$$Q_3 = 0.1007P + 0.43 \doteq 0.1007P \cdots (4)$$

この場合、集水樋と土地（砂交じり粘土）の表面との間にはしつこく塗つたので、漏水はないと思われる。しかし、定数項の値は雨によって非常にまちまちなので、 0.43 という値は信頼性に乏しい。なお、(1) 式中の -1.38 という値も大きい誤差を含んでいると思われるが、落葉層上層からの流出に関する P - Q 相関図では、ほとんどすべてが負の値を示している、負の有限値をもつことは確かであると考えられる。

(2)' 式と (4) 式から、腐植層からの流出 (Q_2) は、 $0 < P < 200 \mu/\text{min}$ で、

$$Q_2 = 0.0290P \dots \dots \dots (5)$$

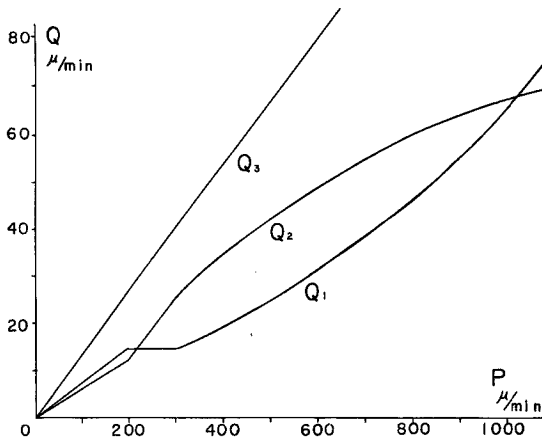


Fig. 12 Synthetic P - Q diagram. Q_1 : Q from fallen-leaf layer, Q_2 : Q from humus layer (calculated as $Q_3 - Q_1$), Q_3 : Q from fallen-leaf and humus layers

以上の解析の結果を Fig. 12 に示す。ここで Q_1 の $P > 300 \mu/\text{min}$ の部分は、相加平均によつて平均的な P - Q 曲線を求めて描いたものであり、 $P > 800 \mu/\text{min}$ ではデータの数が少なく不正確である。また Q_3 は $P > 600 \mu/\text{min}$ のデータがほとんどないので、 Q_2 の $P > 600 \mu/\text{min}$ の部分は信頼できない。

5. 流出機構に関する考察

自然の雨では、その強度は刻々変化しているので、降雨強度と流出強度の間の関係には一般に過渡的な変動が含まれる。ところが、Figs. 5, 6, 7, で見られるように、降雨強度の時間的変動は、周期が 5～10 分のものが顕著であるが、この変動はそのまま流出強度に反映されている。また、このような時間的変動

による P - Q 相関の乱れが、Figs. 8, 9, 10, における点のばらつきの主な原因であるが、それはあまり大きくはない。これは試験地の面積が小さいので、流出水の集中時間が短いためであろう。したがつて平均的な P - Q の回帰曲線は、ほぼ P と Q の間の定常的な関係を示していると考えてよいであろう。

Figs. 8, 9, 10, のような P と Q の関係は、一般の浸透能の概念から導びくことは困難である。浸透能が一定であるとする、(降雨強度) < (浸透能) の場合に流出量は 0 で、(降雨強度) > (浸透能) のところで、 P - Q 曲線が勾配 1 の直線にならなければならない。したがつて、観測されたすべての流出は表面流出ではない。

一種の中間流出と考えて、浸透水の到達深度を z 、浸透面上の水深を H 、透水係数を K とし、 $H \gg z$ と仮定すれば、浸透率 f は次のようになる³⁾。

$$f = K \left(1 + \frac{H}{Z} \right) \div \frac{K}{Z} H \dots \dots \dots (6)$$

流出水の流速を U (一定)、時刻を t 、上流端からの距離を x とすれば、 P が一定の時、次の偏微分方程式が成立する。

$$\frac{\partial H}{\partial t} = P - \frac{\partial}{\partial x} (HU) - f = P - U \frac{\partial H}{\partial x} - \frac{K}{Z} H \dots \dots \dots (7)$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{降水条件 } t=0 \text{ で } P=0 \\ \text{'' } t>0 \text{ で } P=\text{const.} \\ \text{初期条件 } t=0 \text{ で } H=0 \\ \text{境界条件 } x=0 \text{ で } H=0 \end{array} \right\} \dots \dots \dots (8)$$

定常状態の解は

$$H = \frac{Z}{K} P \left(1 - e^{-\frac{K}{UZ} x} \right) \dots \dots \dots (9)$$

下流端付近の $\partial H/\partial x \neq 0$ の所での非定常解は、

$$H = \frac{Z}{K} P \left(1 - e^{-\frac{K}{Z} t} \right) \dots\dots\dots (10)$$

となり、 $Q(=HU) \propto P$ になる。 $P < 600 \mu/\text{min}$ に対して(6)式が成立するためには、 K は 10^{-4}cm/sec 程度以下でなくてはならないが、砂交じり粘土層はこれに該当する可能性があり、腐植層には貯留水が存在し得るから、腐植層からの流出はこれで説明できるかも知れない。

これに反して、腐植層の透水係数は 10^{-2}cm/sec の程度(実測値)なので、落葉層の流出機構は上記とは異なつたものでなければならない。落葉層は落葉と落枝より成り、いずれも斜面に平行な方向に長く、垂直な方向に短かいという特異性をもっている。そのため、雨水が落葉や落枝の表面を伝つて下方に流れるとき、鉛直方向ではなくて、むしろ斜面に平行に近い方向に流れるであろう。雨水の約7%が落葉などを伝つて集水樋に達し、残りの93%は途中で下方の腐植層へ流れ落ちると考えると、(1)式と(2)'式は説明できる。 $P > 200 \mu/\text{min}$ では、Fig. 12の Q_1 のグラフに見られるように複雑になるが、 $200 \mu/\text{min} < P < 300 \mu/\text{min}$ の飽和領域は、落葉などの表面の水膜が厚くなり過ぎて、水滴となつて落ちるために生ずると思われる。このとき、水膜の厚みを $10^2 \mu$ 、落葉の重なりを5枚とみれば、流速は $10^3 \mu/\text{sec}$ の程度という見当になる。 $P > 300 \mu/\text{min}$ では、 Q_1 は P と共に加速度的に増加しているが(Fig. 12)、その分だけ腐植層からの流出 Q_2 の増加率が減少しているので、腐植層からの流出水の一部が落葉層を流れるようになったのではないかと考えられる。

腐植層のなかにも落葉などの骨格が残つており、またそのなかをかなり密に走っている植物の根は、斜面に平行的であるので、落葉層はど極端ではないにしても、透水性の非等方性があるであろうから、あるいは腐植層のなかでも、落葉層と同じ機構で流出が起つているのかも知れない。

以上の考察によれば、3年間の観測を通じて、降雨強度は浸透能を越えなかつたことになる。ここで観測された流出は、洪水を引き起すような本格的な直接流出が生じる以前に発生する、少量の直接流出であり、 P - Q 関係図の原点の近くの微細構造を成すものと考えられる。落葉層と腐植層からの流出強度を合わせると、降雨強度の約1割となつて、量的に無視できない。しかし、この種の流出は、落葉層からの流出の飽和現象などから明らかなように、流出体積が斜面長と共にいくらでも増すことはできないので、ある程度長い斜面では、降雨強度に対する、この種の流出強度の比は、非常に小さい値になるのではないと思われる。Masgrave の観測によると、強雨では、斜面長と共に流出率が増えるが、弱雨ではかえつて減少するということがあるが⁹⁾、弱雨の時の流出は、このような流出機構によるためかも知れない。

6. 初期損失

以上の考察は、すでに流出が始まつてからの現象に関するものであつたが、雨が降り始めても、すぐには流出は起らない。場合によつては、 $1000 \mu/\text{min}$ ぐらいの強い雨があつても、流出の起らない場合がある。草地などにおける降雨の初期損失は、植生によるしや断、土壌の大きい初期浸透、および初期の地面貯留量より成ることが一般に言われている⁹⁾。Rodier⁹⁾ は、浸透性の大きい森林地帯に関しては、一定量の損失(pluie d'inhibition)を、初期の雨量から差し引くことを提唱している。

本試験地における落葉層からの流出に関しては、初期損失の雨水は、乾いた落葉や落枝などをぬらして、その表面に一定の厚さの吸着水膜を作るために消費されるものと思われる。また Figs. 3, 4, に見られるように、樹木による降雨のしや断が場所によつて違ふので、観測された初期損失は、その影響を大きく受けている可能性が大きい。

雨が始まつてから、落葉層からの流出が始まるまでに降つた雨の積算量を縦軸に取り、前の雨の終わりから、今考えている雨の始まりまでの時間間隔を横軸に取つて、グラフに描くと Fig. 13 のようになる。ここで、落葉層の上層部からの流出の記録については、(1)式および(2)'式から落葉層全体からの流出を推

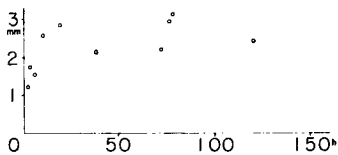


Fig. 13 Dependence of initial loss of rainfall (ordinate) upon the time elapsed since the previous rainfall (abscissa)

定して、流出の開始時刻を定めた。流出が始まると、ただちに試験地の下端からの流出水が集水桶に入るの、雨と流出の間の時間ずれは考えなくてもよい。

図で見ると、1日以上雨がやんでいた後は、落葉の乾燥のために、初期損失はほぼ一定になる。その平均値は 2.5mm になる。雨量計は樹木の下になつているので、この中には樹木によるしゃ断

は含まれないはずであるが、さきに述べたように、樹木のしゃ断の場所的な変化による、大きな誤差を含んでいる。

7. 結 論

測定値は、偶然的な誤差のほかに、雨量計の設置位置、試験地の傾斜、雨滴の落下角度、などにもとづく、かなり大きい系統的誤差を含んでいるので、結論はたぶん定性的なものにならざるを得ないが、落葉層からの流出機構は、一応次のように説明できる。

落葉層や腐植層は非常に大きい浸透能を持っているので、この3年間に観測されたような雨に対しては、表面流出は起らない。落葉層はその構造上、斜面に沿った方向に水を伝えやすいので、落葉層を通過して地面に向かう雨水の一部(7%)が落葉や落枝の表面を伝って斜面方向に流れる。そのような流れがある一定量(15 μ /min)になると、一種の飽和状態になり、降雨強度が増しても、流出強度は変化しない。さらに降雨強度が増加すると(300 μ /min以上)、下方の腐植層から落葉層への溢流を生じ、その分だけ落葉層からの流出は増加する。実際の山腹斜面では、斜面長が大きいので、落葉層から発する流出の比流量は小さくなり、河川のハイドログラフには表われないものと思われる。

降雨の初期においては、落葉などの上に落ちた雨水が、それらの表面に一定の厚さの皮膜を形成するまでは、落葉などを伝わる流出は起らない。

腐植層からの流出、およびその落葉層への溢流分については、飽和現象が観測されなかつたが、降雨強度が浸透能を越えて、本格的な表面流出が起る状態までの間に、どのような流出強度の変化があるかを調べることによつて、腐植層における流出機構、したがつて、その下の砂交じり粘土層の浸透機構が明らかになるであろうと期待される。また、雨ごとの流出状況の変化、その他について疑問の点も多い。今後、流出の観測をさらに進めると共に、流出機構に影響をおよぼすと考えられる、いろいろな物理量、(湿度、土湿、など)の観測を行なう予定である。

終りにあたり、この研究を懇切に御指導下さった速水頌一郎教授をはじめ、討論と助言をして下さった海洋学研究室の各位に感謝を捧げる。なお、観測設備の設計と製作は速水頌一郎教授、福尾義昭講師、ならびに今井繁一技官によるものであることを記して謝意を表する。

参 考 文 献

- 1) R.E. Leonard : Net precipitation in a northern hardwood forest, J. of Geophys. Res. Vol. 66, no. 8, 1961.
- 2) 高棹琢馬, 岸本貞男 : 雨水流出の実験的研究, 京大防災研究所年報, 第4号, 昭36.
- 3) 速水頌一郎 : 降雨の流出解析について, 京大防災研究所5周年論文集, 昭31, pp. 174—175.
- 4) G.W. Masgrave : Some relationships between slope length, surface runoff, and the siltload of surface runoff, Trans. Am. Geophys. Union, 1953.
- 5) C.O. Wisler and E.F. Brater : Hydrology, second ed., 1959, pp. 230—240.
- 5) J. Rodier : Quelques exemples d'application de la méthode de l'hydrogramme unitaire à des bassins versants expérimentaux d'Outre-mer, La Houille Blanche, no. sp. B, 1960.