

# 地表面傾斜の滲透に及ぼす影響

(室内模型実験)

大学院特別研究生 山口 伊 佐 夫

Isao YAMAGUCHI

The Effect of the Slope Gradient on Infiltration

(Laboratory experimental research)

## 目 次

I 緒 言.....	237	IV 実際部面への討議.....	244
II 実験装置及び実験方法 .....	237	V 参考文献.....	245
III 測定結果及び考察.....	238	Résumé .....	245

## I 緒 言

林地の滲透能を測定するにあたり先づ直面するのは地面傾斜の問題である。此の滲透と傾斜の関係についてはあまり実験的考察の例を見ないがたゞ真山<sup>4)</sup>, GRADDOCK<sup>6)</sup>, HOLTON<sup>2)</sup> 氏等によつて論文の一部で検討されているに過ぎない。

そして此等の結果は単に一般的傾向を示唆する程度で、なお疑問とする点が多々存在している。ここに筆者は此の問題について一層分析的な検討を加えようと本実験にとりかゝつた次第である。御指導御鞭撻を賜つた恩師荻原貞夫博士に深厚なる感謝を捧げる。なお実験方法論については同博士“静土圧に関する実験”に於ける意図を範とした点が多い。

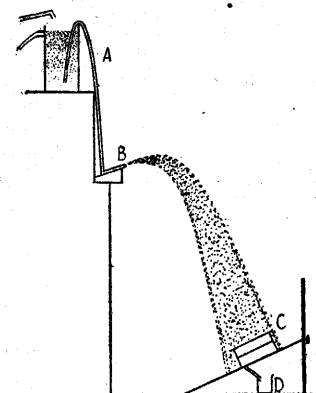
## II 実験装置及び実験方法

一般に降雨強度が土壤の滲透能より大きかつた場合に地表流去が起るわけであるが、此等は流水の乱流指数及び流去面の長さ、傾斜、粗度係数等の函数となつてゐる。従つて流去面の長さ及び粗度係数を一定とみなせば地表流去水は当然表面の傾斜を函数として表現出来るわけである。ここに留意し筆者は傾斜5度より始め5度づつの間隔で45度迄の角度の9個の傾斜面に於ける滲透量を測定し傾斜面滲透量を勾配の函数として表現しようと意図した。即ち本実験の主眼とする点は各傾斜の滲透量を測定するにある。従つて各測定毎の各種条件は総べて同一でなければならぬ。其の爲土壤資料作製及び人工降雨については次の点を考慮して行つた。

### 散雨器

同一太さのゴム管を第1図のように先端を径0.3mmに細めたガラス管に連結し其の管を2.5cm間隔に8本固定し水槽より一定の落差でゴム管及びガラス管を通じて水を飛散せしめた。

此の方法によれば雨量の分布状態も先づ均等に近く併も其の時間的变化も無視し得る程度にすることが出来る。



第 1 図

### 土壤資料

資料をつめる容器はタイラーの篩 (径 15 cm 高さ 4.5 cm) を使用し其の中に径 18—28 (メッシュ) の砂をつめ其の上に藁判紙を乗せた。砂のつめ方は風乾状態にしたものを息角に沿つて落し衝撃を与えないようにして管の下部を 0.5 cm だけ水にひたし毛細管現象により水分を浸潤せしめ表面が潤つてから管の余剰砂を上縁に沿つて切り取り、その上に 1~2 分間水にひたした藁判紙を乗せた。藁判紙の径は管の径より 2 cm 大きくとつてある。以上の操作によれば毎回ほぼ同一状態の資料が得

られる。降水量の測定は土壤資料で測定する前後 2 回同一径の管を同位置において測定し其の平均値をもつて其の傾斜角に於ける降水量とした。即ち滲透量は (第 1 図) ビーカー D によつて 3 分—6 分毎に測定しつつ 30 分間続行した。実験は同一傾斜について 4 回づつ行い土壤資料及び藁判紙は毎回取り換えた。資料に供する藁判紙は懸垂法による対水度試験及びロートによる透水試験によつてほぼ同一状態の滲透能を有するものを 50 枚ほど選出して使用した。

## III 測定結果及び考察

後に述べる実験結果から裏書されるが今仮りに 1 傾斜に於ける滲透量と時間との関係を

$$q_{\theta} = \alpha_{\theta} t^{\beta_{\theta}} \quad (1)$$

とし同一資料を水平にした際に於ける滲透量と時間との関係を

$$q_0 = \alpha_0 t^{\beta_0} \quad (2)$$

とする。この場合各試験紙の滲透能は多少異なるのであるから其れを消去する意味に於て各試験紙の水平時の滲透量を標準とし各勾配の滲透量との比をとつて見た。即ち (2) ÷ (1) とする。

$$\frac{q_0}{q_{\theta}} = \frac{\alpha_0 t^{\beta_0}}{\alpha_{\theta} t^{\beta_{\theta}}}$$

(i)  $\beta_0 = \beta_{\theta}$  とすれば ( $\beta_0 = \beta_{\theta 1} = \beta_{\theta 2} \dots \dots = \beta_{\theta n}$ )

$$\frac{q_0}{q_{\theta}} = \frac{\alpha_0}{\alpha_{\theta}} \quad \text{此の場合 } \alpha_{\theta} \text{ は } \tan \theta \text{ の函数であるから } \frac{\alpha_0}{\alpha_{\theta}} = \phi(\tan \theta) \text{ で表現出来る。}$$

即ち  $q_0/q_{\theta} = \tau$  とすれば各  $\theta$  の  $q_{\theta 1}, q_{\theta 2}$  を決定することにより  $\tau = \phi(\tan \theta)$  曲線を決定出来る。

(ii)  $\beta_0 \neq \beta_{\theta}$  とすれば ( $\beta_0, \beta_{\theta 1}, \beta_{\theta 2}, \dots \dots \beta_{\theta n}$  が一定の係列に従つて変化しているとする。)

(1) 式は当然  $q_{\theta} = \alpha_{\theta a} t^{\beta_{\theta a}}$  となり  $q_0$  と  $q_{\theta}$  の比は  $\frac{q_0}{q_{\theta}} = \frac{\alpha_0 t^{\beta_0}}{\alpha_{\theta a} t^{\beta_{\theta a}}}$  となる。

$$\frac{\alpha_0}{\alpha_{\theta a}} = \psi(\tan \theta) \quad (\beta_0 - \beta_{\theta a}) = E(\tan \theta)$$

$$\tau = \Psi(\tan \theta) t E^{(\tan \theta)}$$

で表現出来る。即ち各勾配における係数比  $\alpha_0/\alpha_{\theta a}$  を知ることによつて  $\Psi(\tan \theta)$  を決定出来、各指数の差 ( $\beta_0 - \beta_{\theta a}$ ) で  $E(\tan \theta)$  を決定出来る。即ち (i) (ii) から  $\tau$  と  $\tan \theta$  との関係が一応解決出来るものと考えられる。

実験は 1 傾斜について 9 個の実験値を求め其れを別個に 4 回くりかえしたわけであるが今得られた実験値を横軸に時間、縦軸に滲透量ととり両対数方眼紙に描くと各傾斜に於て総べて直線的に変化し滲透量の時間的關係は  $q = \alpha t^{\beta}$  の仮定が可能になる。

各データーに対する実験式を示せば第 1 表 (1) の通りである。

第 1 表 (1)

傾斜角	紙番号	実験式	傾斜角	紙番号	実験式
0°	20a	$Q = 30.40t^{1.2891}$	25°	9a	$Q = 70.41t^{1.0919}$
	20b	$Q = 65.49t^{1.1115}$		9b	$Q = 71.52t^{1.0864}$
	32a	$Q = 121.65t^{0.9888}$		18a	$Q = 12.05t^{1.1022}$
	32b	$Q = 77.50t^{1.2041}$		18b	$Q = 11.68t^{1.1750}$
5°	49a	$Q = 29.56t^{1.2078}$	30°	19a	$Q = 14.74t^{1.2387}$
	49b	$Q = 50.40t^{1.0437}$		19b	$Q = 13.97t^{1.1121}$
	33a	$Q = 34.13t^{1.1946}$		21a	$Q = 87.38t^{1.0583}$
	33b	$Q = 71.48t^{1.0920}$		21b	$Q = 76.63t^{1.1006}$
10°	20a	$Q = 14.96t^{1.2351}$	35°	34a	$Q = 29.74t^{1.1465}$
	20b	$Q = 17.53t^{1.2193}$		34b	$Q = 17.73t^{1.2336}$
	32a	$Q = 65.93t^{1.1378}$		36a	$Q = 33.61t^{1.0436}$
	32b	$Q = 96.56t^{1.0654}$		36b	$Q = 17.88t^{1.1219}$
15°	45a	$Q = 95.30t^{1.0733}$	40°	38a	$Q = 48.22t^{1.1116}$
	45b	$Q = 86.34t^{1.0831}$		38b	$Q = 28.34t^{1.2220}$
	47a	$Q = 21.88t^{1.0612}$		39a	$Q = 14.98t^{1.2346}$
	47b	$Q = 60.27t^{1.0377}$		39b	$Q = 10.53t^{1.2674}$
20°	7a	$Q = 13.99t^{1.2165}$	45°	40a	$Q = 9.14t^{1.2131}$
	7b	$Q = 16.44t^{1.1957}$		40b	$Q = 10.17t^{1.2220}$
	3a	$Q = 92.58t^{1.0694}$		25a	$Q = 15.90t^{1.0694}$
	3b	$Q = 56.26t^{1.1832}$		25b	$Q = 12.52t^{1.0930}$

第 1 表 (2)

傾斜角	紙番号	実験式	傾斜角	紙番号	実験式
0°	20a	$Q = 66.67t$	25°	9a	$Q = 94.78t$
	20b	$Q = 89.31t$		9b	$Q = 94.54t$
	32a	$Q = 122.92t$		18a	$Q = 16.77t$
	32b	$Q = 136.19t$		18b	$Q = 20.57t$
5°	49a	$Q = 57.81t$	30°	19a	$Q = 31.97t$
	49b	$Q = 57.95t$		19b	$Q = 19.89t$
	33a	$Q = 64.12t$		21a	$Q = 102.74t$
	33b	$Q = 96.98t$		21b	$Q = 106.04t$

10°	20a	$Q=31.98t$	35°	34a	$Q=47.79t$
	20b	$Q=36.05t$		34b	$Q=36.61t$
	32a	$Q=102.87t$		36a	$Q=38.68t$
	32b	$Q=115.73t$		36b	$Q=26.55t$
15°	45a	$Q=120.91t$	40°	38a	$Q=69.78t$
	45b	$Q=113.25t$		38b	$Q=58.06t$
	47a	$Q=26.63t$		39a	$Q=32.03t$
	47b	$Q=69.79t$		39b	$Q=25.10t$
20°	7a	$Q=28.17t$	45°	40a	$Q=20.34t$
	7b	$Q=30.91t$		40b	$Q=20.89t$
	3a	$Q=115.78t$		25a	$Q=19.88t$
	3b	$Q=101.92t$		25b	$Q=17.27t$

即ち第1表(1)に対する検討を進める。

先づ係数  $\alpha$  は後にゆずつて指数  $\beta$  について見る。即ち  $\beta$  の値は勾配の増減に伴つて一定の方向に変化するような傾向は見られない。即ち 1.0 より 1.3 の間の値を示している。此れは資料の初期条件の相異及び薬判紙の性質によつて生じた誤差であつて実際の野外実験の場合  $\beta > 1$  なることは先づ考えられない。これらの事柄から実験式を簡易化する意味で  $\beta=1$  即ち  $\beta$  の値は各傾斜に於て一定であるとして改めて実験式を求めると第1表(2)の様である。此等のデータは前記(i)に準じて取りまとめてよいことになる。

次に  $\alpha$  について検討してみる。此の  $\alpha$  は最初の測定が実験開始より6分後に於いて行われそれより3分間隔で測定したもので、最初の6分間に於ける滲透状況は全く不定(実験開始より数分間は薬判紙の滲透能が大きく変化するという関係もあるのであらう)なので結局一定値へ安定し始めた以後の滲透量の測定値を採用した。即ち単位時間の滲透量が安定し始めた時から3分毎の滲透量の値をもつて代表値とした。今1傾斜に於ける各時間毎  $t_{\theta 1} t_{\theta 2} \dots t_{\theta n}$  の滲透量を  $q_{\theta 1} q_{\theta 2} \dots q_{\theta n}$  とし

地表面水平な場合の  $t_{\theta 1}$  分より  $(t_{\theta 1}+k)$  分までの滲透量  $\dots r_0$

地表面傾斜の場合の  $t_{\theta 1}$  分より  $(t_{\theta 1}+k)$  分までの滲透量  $\dots r_{\theta}$

$$r_0 = q_{\theta 2} - q_{\theta 1} = \alpha_0 (t_{\theta 1} + k)^{\beta} - \alpha_0 t_{\theta 1}^{\beta} \quad (3)$$

$$r_{\theta} = q_{\theta 2} - q_{\theta 1} = \alpha_{\theta} (t_{\theta 1} + k)^{\beta} - \alpha_{\theta} t_{\theta 1}^{\beta} \quad (4)$$

(3)(4) 式より  $t_{\theta 1} = t_{\theta 1}$  とすれば

$$\frac{r_0}{r_{\theta}} = \frac{\alpha_0}{\alpha_{\theta}}$$

即ち其等  $k$  分間の滲透量の比は各係数  $\alpha_0$   $\alpha_{\theta}$  の比とみなすことが出来る。従つて水平な場合の3分間の滲透量と傾斜の場合の3分間の滲透量との比によつて各係数の比に変えこれで計算を進めて可能である。

次に降水量に対する検討を加えて見る。

各測定に於て雨量強度が等しくとも地表面積が同一のものに傾斜を与えたのであるから其の受雨量は異つてくる。従つて滲透量については受雨量にもとづいた調正が必要である。筆者は此れを補う意味で降雨の資料面にあたる降下角を垂直でなく成るべく  $45^\circ/2$  に近づけようとつとめたのであるが他の条件との関係上大体  $18^\circ$  位にとどめた。従つて等しい降水量に対する受雨量は傾斜  $18^\circ$  の時が最大でこれより大になつても小になつてもこの傾斜から離れる程小さくなることは理論上明らかである。

そこで各回の滲透量の実験値を受雨量が同一である場合のものに補正する必要を生ずる。

これには次ぎの仮定を設ける。即ちもしタイラー篩の形状が自由に變化し得るならば異なる傾斜に応じてその形を変えて一定の降水量を受けさせることが出来る。このような操作による受雨量の増減に対して滲透量は正比例的に増減すると云うのである。上記の仮定により各回の滲透量の実験値を特定の受雨量に対するものに換算した。この特定の受雨量とは水平の場合の受雨量実験値の平均である。

この換算の方法は以下示すように行つた。

水平受雨量	水平滲透量	傾斜受雨量	傾斜滲透量
$A_1$	$q_{01}$	$B_1$	$q_{\theta 1}$
$A_2$	$q_{02}$	$B_2$	$q_{\theta 2}$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
$A_i$	$q_{0i}$	$B_i$	$q_{\theta i}$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
$A_n$	$q_{0n}$	$B_n$	$q_{\theta n}$

とし水平降水量の平均値を規準とし調正を試みた。

$$\sum_{i=1}^n A_i / n = \bar{A}$$

$$B_i \times \frac{\bar{A}}{A_i} = p_i \cdots \cdots \text{毎回の水平降水量を } \bar{A} \text{ とした際の傾斜降水量の調正值}$$

$$q_{0i} \times \frac{\bar{A}}{A_i} = R_{0i} \cdots \cdots \text{毎回の水平降水量を } \bar{A} \text{ とした際の換算された水平滲透量}$$

$$q_{\theta i} \times \frac{\bar{A}}{p_i} = R_{\theta i} \left( = q_{\theta i} \times \frac{A_i}{B_i} \right) \cdots \cdots \text{毎回の傾斜降水量を } \bar{A} \text{ に換算した際の換算された傾斜滲透量}$$

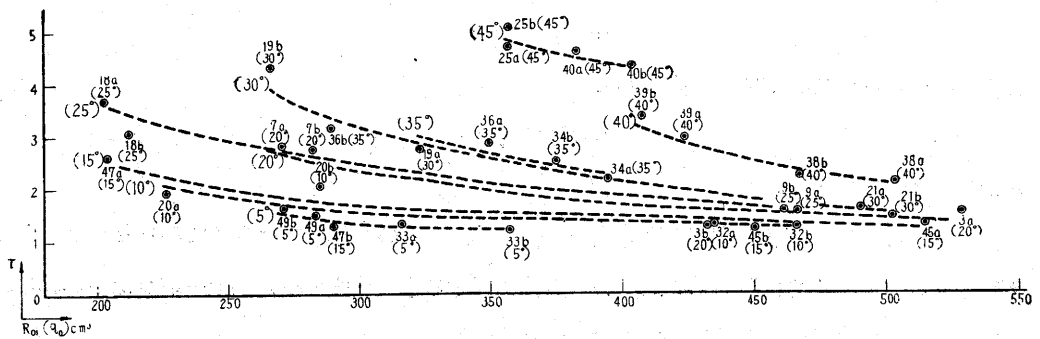
従つて降水量を総べて  $\bar{A}$  とし其れを規準として  $q_{0i}$  及び  $q_{\theta i}$  を換算し  $R_{0i}, R_{\theta i}$  としてそれで  $\tau$  の値を求めて行く。其の結果は第2表の通りである。

即ち  $R_{0i}/R_{\theta i} = \tau$  とし第2表より判断すれば  $\tau$  の値は滲透量  $R_{0i}$  が大きい場合は小さく小さい場合は大きい値を示すかの傾向がある。今地表面が水平な場合の3分間の滲透量  $R_{0i}$  を横軸にとり  $\tau$  を縦軸にとつてグラフを描くと第2図が得られる。

併し此等の数値は1種の傾斜につきわづか4回の測定結果があるに過ぎないから9種の傾斜の何れにも共通した傾向が見られるので

第 2 表

$\theta$	$\tan \theta$	No	$B_i$ cm <sup>3</sup> /min	$q_{\theta i}$ cm <sup>3</sup> /3min	$A_i$ cm <sup>3</sup> /min	$q_{\theta i}$ cm <sup>3</sup> /3min	$R_{\theta i}$	$R_{\theta i}$	$\frac{R_{\theta i}}{R_i}$
5	0.0875	49a	272.9	200.2	258.0	270.0	188.2	283.5	1.51
		49b	270.4	174.5	263.0	263.3	164.0	271.1	1.65
		33a	267.3	236.8	266.0	315.7	236.8	315.7	1.33
		33b	272.2	292.5	270.0	357.3	292.5	357.3	1.22◎
10	0.1763	20a	265.0	115.6	269.5	225.8	117.9	225.8	1.92
		20b	262.0	133.8	274.0	285.0	137.8	285.0	2.07
		32a	270.0	344.5	260.0	417.5	330.7	434.2	1.31◎
		32b	267.6	364.5	270.0	466.0	364.5	466.0	1.28◎
15	0.2679	45a	271.9	384.0	273.0	513.5	384.0	513.5	1.34◎
		45b	277.3	373.5	269.0	449.8	366.0	449.8	1.23◎
		47a	276.3	83.0	260.0	195.5	78.0	203.3	2.61
		47b	274.2	228.3	262.0	281.3	219.2	289.7	1.32
20	0.3640	7a	279.8	101.8	261.0	259.8	94.7	270.2	2.85
		7b	281.0	107.5	262.5	273.3	101.1	281.5	2.78
		3a	280.8	367.0	261.0	507.8	341.3	528.1	1.55◎
		3b	280.5	353.3	260.0	415.3	328.6	431.9	1.31◎
25	0.4663	9a	274.8	312.5	264.0	456.5	300.0	465.6	1.55◎
		9b	275.5	305.0	264.0	451.5	292.8	460.5	1.59◎
		18a	278.0	55.8	269.0	202.3	54.7	202.3	3.70
		18b	277.5	70.5	271.0	212.0	69.1	212.0	3.07
30	0.5774	19a	273.0	115.7	273.0	323.3	115.7	323.3	2.79
		19b	276.2	62.5	272.0	266.0	61.3	266.0	4.34
		21a	286.0	321.5	273.0	490.3	302.2	490.3	1.62◎
		21b	280.5	353.0	273.0	502.0	338.9	502.0	1.48◎
35	0.7002	34a	255.2	164.5	280.0	406.5	179.3	394.3	2.20◎
		34b	253.9	136.2	279.0	385.8	149.8	374.2	2.50◎
		36a	276.3	121.0	279.0	359.5	121.0	348.7	2.88
		36b	275.5	89.0	282.0	301.5	90.8	289.4	3.19
40	0.8391	38a	271.3	238.5	277.0	513.5	238.5	503.2	2.11◎
		38b	272.1	207.3	277.0	476.3	207.3	466.8	2.25◎
		39a	225.2	115.0	278.0	431.3	141.5	422.7	2.99◎
		39b	229.3	99.8	278.0	415.8	119.8	407.5	3.40◎
45	1.000	40a	229.9	68.3	277.0	389.8	82.0	382.0	4.65◎
		40b	230.7	77.0	277.0	411.3	92.4	403.1	4.36◎
		25a	227.6	62.5	278.0	363.7	75.6	356.4	4.71◎
		25b	224.1	56.8	278.0	363.5	69.9	356.2	5.10◎



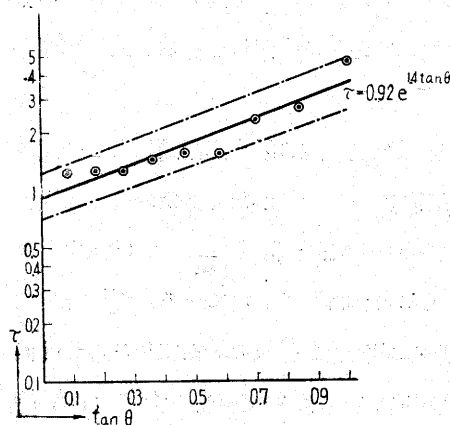
第 2 図

$$\tau = \xi e^{-\eta q_0} \quad e; \text{自然対数の底}$$

の型を与えてもよいと思われる。

此等の結果から以下の事柄が考えられる。傾斜渗透率  $\tau$  は同一傾斜に於ても地表面水平な場合の渗透能が小さいものほど大きな値となり併も其の変化率は大きくて逆に渗透能の大きなものに於ては小さな値を有し其の変化率も小さいことが推察出来る。従つて  $\tau$  と勾配との関係を云々するにあつては第 2 図に於て見られる 水平面渗透量  $200 \text{ cm}^3/3 \text{ min} \sim 500 \text{ cm}^3/3 \text{ min}$  の内  $\tau$  と  $R_{0i}(q_0)$  との関係曲線がほぼ安定したと思われる中央値  $350 \text{ cm}^3/3 \text{ min}$  より後半  $350 \text{ cm}^3/3 \text{ min} \sim 500 \text{ cm}^3/3 \text{ min}$  を有する葉判紙からの  $\tau$  の値を以つてあてはめることが誤差も少くより有意と思われる。(第 2 図◎)

先づ縦軸に (対数目盛)  $\tau$  をとり横軸に (普通目盛)  $\tan \theta$  の値をとつてこれを半対数方眼紙に描くと第 3 図のようなグラフが描ける。(各勾配の  $\tau$  の値は算術平均値である。) 此の場合  $\tau$



第 3 図

え得る。即ち  $\tau$  と勾配との関係は

$$\tau = \alpha e^{\beta \tan \theta}$$

の値は水平面渗透量  $350 \sim 500 \text{ cm}^3/3 \text{ min}$  内にある資料から採り上げたのであるから 1 勾配内に於て 1 個及至 4 個の実験値が這入るわけである。

そして又それぞれの値は或程度の誤差巾を有すると考えられる。併も第 2 図によつて説明されたような結果から例えば  $\alpha^\circ$  の勾配に於ては水平面渗透量  $350 \sim 400 \text{ cm}^3/3 \text{ min}$  内の  $\tau$  の値が得られ  $(\alpha + a)^\circ$  に於ては  $400 \sim 450 \text{ cm}^3/3 \text{ min}$  内の  $\tau$  の値が得られたとすれば当然双方には無理が生じてくる。以上の考えのもとに第 3 図を見ればほぼ直線状に変化していると考え

に近い曲線で表現出来ると想像される。此れに各実験値をあてはめ最小自乗法を適用すれば

$$\tau = 0.9166e^{1.369 \tan \theta}$$

の実験式が得られる。即ち近似式として

$$\tau = e^{1.4 \tan \theta}$$

となる。

次に検定の意味から各測定値と実験式から得られた値との標準偏差を求めてみると 0.065 が得られる。即ち極く小さな値であり此等の測定値に対する本実験式の妥当性も一応うなづかれる。

次に、得られた実験式を前節について論及すれば

$$\frac{q_0}{q_\theta} = \alpha e^{\beta \tan \theta}$$

$\alpha$  は理論上は勿論実験結果からも 1 に等しいと考えられるから

$$q_\theta = q_0 e^{-\beta \tan \theta}$$

此の場合 1 資料に於て  $q_0$  は常数とみなされるから

$$q_\theta = C e^{-\beta \tan \theta}$$

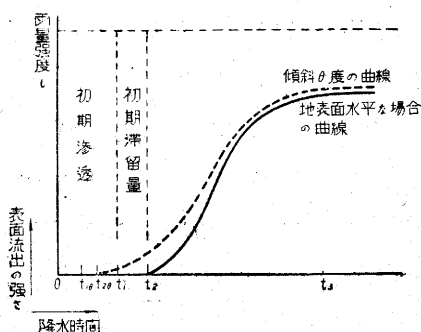
となる。此の場合  $\beta$  の値は本実験では 1.4 が得れたがあらゆる場合に同一であるか否かはなお精密な検討を必要とする。

#### IV 実際部面への討議

本実験の結果を直接自然状態に当てはめて云々するは聊か無謀とも思われるが敢て実際的自然現象に対して実験のアイデアが存する位置を確かめる目的で此の論議を進めて見る。

雨量強度が土壌の滲透能より弱い間は雨水は全部滲透して表面流去は起り得ない。雨量強度が滲透能より大きくなり降雨余剰があると雨の一部は始めて地表に残り流去も起り得るわけである。即ち地面滞留量が起り其の地面滞留量を超過した場合に始めて地表流去が行われる。此等に関して最も重大な要素は地質で次に地形地被物があげられる。

此の地表面流去に関して室内実験或いは野外実験から雨量強度一定の場合降雨開始より一定時



第 4 図

間後の  $t_1$  時迄は表面滞留量がなく、なお一定時間後の  $t_2$  時より暫時表面流去が開始され、 $t_3$  時頃よりほぼ安定して行くことが確かめられている。(第 4 図)

此等に立脚して本実験の結果を考えて見ると先づ直接測定する資料については初期滞留を行う  $t_1$   $t_2$  時間は殆んど微少であり併も実験方法の性質上降雨開始より  $t_3$  時迄の土壌間に滲透する時間は既に完了されて居り  $t_3$  時以降の問題となってくる。即ち本実験は



表面流去の強さがほぼ安定し始めた以降の問題となつてくる。

即ち本実験は表面流去の強さがほぼ安定し始めた以降に対する傾斜の影響を論じたものといえる。今試みに一定時間後の  $t_3$  時以前に於ける表面流去に対する傾斜の影響を推察すれば先づ傾斜のため初期滲透時間  $0 \rightarrow t_1$  は減少し又初期滞留時間  $t_1 \rightarrow t_2$  も減少を来すことが考えられる。其の上初期滲透に於て未だ滲透の弾力性は充分其の余力を持ち表面流去の増加曲線は前図に比し比較的緩曲線を描くことが推察出来る。

即ち傾斜が増大するに従つて此等の曲線は次第に左方に移動しつつ緩曲線になることが考えられるわけである。

次に本実験結果と W. GRADDOCK 氏及び C. K. PEARSE 氏のアイボタ州花崗岩山地土壤に対する実験と概略照し合はせて見ると傾斜 30 % と 40 % の流出量算定の結果から本実験もほぼ妥当な結果であると肯かれる。

大体以上によつて地表面傾斜と滲透との関係を実験的に論じたのであるが本実験によつて一応の結果が得られたものの実験方法其の他に欠陥があつたことは否定出来ない。併し滲透の問題に關して聊かながら 2~3 の暗示を得た点は将来に対する何らかの礎石となるのではないかと感ずる次第である。

## V 参 考 文 献

1. J. KITTREDGE: Forest Influence
2. 野満隆治: 河川学
3. 右田伸彦: パルプ及び製紙工業実験法
4. 真山利雄: 地表流下量と滲透量の観測成績 (森林治水気象彙報 第 13 号)
5. 川口武雄: 地表流下雨量に就て (森林治水気象彙報 第 20 号)
6. W. GRADDOCK 加藤成一訳 (砂防): Surface Run-Off and Erosion on Granitic Mountain Soils of Idaho as influenced by Range Cover, Soil Disturbance, Slope and Precipitation Intensity

## Résumé

The important factors affecting surface run-off or infiltration of rain water are soil, topography and plant cover. I attempted an experimental solution as regards the effect of slope gradient on run-off.

The infiltration of artificial rain water at various slope gradients were measured by an experimental apparatus shown in fig. 1, the result being as follows.

The relation between time and infiltration is expressed by the following equation

$$q = \alpha t^\beta \quad \text{where } q: \text{infiltration}$$

$t$ : time

$\alpha, \beta$ : constant,

and the value of  $\beta$  is obtained as approximately 1.

1) First the infiltration  $q_0$  was measured at horizontal state of the sample, and then  $q_\theta$  at various slope gradients  $\theta$ .

Let  $q_0/q_\theta = \tau$  and  $q_0 = f(k)$ , where  $k$  is infiltration capacity, then the relation between  $\tau$  and  $k$  is deduced as

$$\tau = \xi e^{-\gamma f(k)} \quad \text{where } \xi, \gamma: \text{constant}$$

2) The relation between  $\tan \theta$  and  $\tau$  is expressed by the following equation

$$\tau = \alpha e^{\beta \tan \theta}$$

By determining empirical constants, the final result is obtained as

$$\tau = 0.92 e^{1.4 \tan \theta}$$