

林地における水文経済の研究

(林地水分の消費並に移動に関する研究)

第2報 地表流水及び地中滲透

西 力 造・木 村 大 造

Studies on the Hydrologic Economy in Forest Land

(Studies on the Consumption and Movement of Water in Forest Land)

II. Surface Running Water and Ground Percolation

Rikizo NISHI and Daizo KIMURA

(Laboratory "Sabo"-Engineering)

I 概 説

森林の治水機能の枢軸は既に述べたように、土地の滲透量を大にして水源の涵養を保持し、同時に地表流水を制御して洪水を防止するにある。地上に降下する雨量は、まづ土を潤おし、次第に地中に滲透し地下水を増加し、地表面の窪みを満たし終れば地表を流下して河水の増量を来らしめる。故に降水量は大別すれば滲透量と地表流下量となる。

$$\text{降水量} = \text{滲透量} + \text{地表流下量}$$

故にこれら水量増減移動経過と限度とを知ることが治水研究の第一歩でなければならない。これら水量を測定するには、降水量、滲透量、地表流水の三者の中、二者の値が既知となれば未知なる他の一者を知ることができる。而して降水量は比較的簡単に直接その量を測ることができるから、残りの二者（流下量と滲透量）の一つが既知となれば他を求むることができる。即ち次の三つの方法がある。

1. 地表流下量測定
2. 地中滲透量
 - (i) 滲透量の直接測定
 - (ii) 透水係数よりの推定

II 地表流量の測定

1. 測定の方法

小さい嶺線をもつて区劃された小盆地の区域内の降水は悉く集流し来り、また他区域の降水は侵入することがないような地点に量水小三角堰を設けた。

演習林にては草生地に1カ所（区域面積0.24ha）と立木地2カ所（広葉樹を主とするもの3.66haと針葉樹を主とするもの1.24ha）、霧島にては草生地1カ所（主としてスギ新植草生地1.46ha）、立木地1カ所（広葉樹0.82ha、針葉樹0.42ha、計1.24ha）

三角堰は頂角90°, 高さ50cm, 初めは単位時間当り流量を直接に測り, 後には水深と流量との係数を求め, (毎日午前8時~8時30分), 唯深さを測つて流量を求めることにした。

2. 測定の結果

量水堰は分水嶺からの直線距離は210~440mに過ぎないから, 三角堰に集注して来る水量はこの

表 - 1 月 別 流 出 率 表

年	月	演 習 林 I 区				演 習 林 II 区			
		降雨量 (蒸発量 を除く) <small>mm</small>	流 量 <small>mm</small>	流出率 %	滲透率 %	降雨量 (蒸発量 を除く) <small>mm</small>	流 量 <small>mm</small>	流出率 %	滲透率 %
		R	Q	$\frac{Q}{R} \times 100$	$\frac{R-Q}{R} \times 100$	R	Q	$\frac{Q}{R} \times 100$	$\frac{R-Q}{R} \times 100$
29.	11	62.0	7.8	12.6	87.4	62.2	2.3	3.7	96.3
	12	37.0	11.3	30.5	69.5	36.6	2.8	7.6	92.4
30.	1	50.7	7.2	14.2	85.8	51.4	0.8	1.6	98.4
	2	110.8	12.4	11.2	88.8	111.2	5.3	4.8	95.2
	3	239.5	107.4	44.8	55.2	239.8	85.2	35.5	64.5
	4	282.3	123.2	43.6	56.4	284.4	141.9	49.9	50.1
	5	308.0	178.7	58.0	42.0	304.9	217.5	71.3	28.7
	6	628.6	693.0	110.2	-10.2	550.2	563.0	102.3	- 2.3
	7	401.8	351.0	87.4	12.6	345.5	424.0	122.7	- 22.7
	8	88.3	38.3	43.4	56.6	81.6	32.2	39.5	60.5
	9	61.1	45.2	74.0	26.0	54.5	30.1	55.2	44.8
	10	403.2	107.0	26.5	73.5	401.7	91.2	22.7	77.3
	31.	11	8.8	17.3	196.6	-96.6	5.3	7.4	139.6
12		17.0	13.9	81.8	18.2	13.6	1.9	14.0	86.0
1		43.5	29.8	68.5	31.5	40.0	12.8	32.0	68.0
2		37.0	24.9	67.3	32.7	31.6	7.9	25.0	75.0
3		219.2	374.0	170.6	-70.6	194.7	213.0	109.4	- 9.4
4		100.8	148.3	147.1	-47.1	96.5	119.0	123.3	- 23.3
5		254.4	214.2	84.2	15.8	247.7	559.0	225.7	- 125.7
6		291.9	559.0	191.5	-91.5	352.9	476.0	134.9	- 34.9
7		233.9	408.0	174.4	-74.4	206.5	321.0	155.4	- 55.4
8		240.4	172.5	71.8	-28.2	217.5	147.0	67.6	32.4
9		283.3	275.0	97.1	2.9	274.4	241.0	87.8	12.2
10		84.8	45.6	53.8	46.2	81.6	37.4	45.8	54.2
32.	11	8.9	4.6	51.7	48.3	8.6	0.7	8.1	91.9
	12	-3.9	1.9	48.7	148.7	-2.6	-	-	-
	1	56.6	1.5	2.6	97.4	52.8	-	-	-
	2	95.3	16.1	16.9	83.1	91.2	6.0	6.6	93.4
	3	59.6	33.2	55.7	44.3	64.0	10.4	16.2	83.8
	全観測期間	4,705.0	4,022.3	85.5	14.5	4,500.3	3,746.9	83.2	16.8
	水文年(29)	2,673.4	1,682.5	62.9	37.1	2,524.0	1,586.4	62.8	37.2
	" (30)	1,815.0	2,282.5	125.8	-25.8	1,762.3	2,143.5	121.6	- 21.6
	暦年(30)	2,600.2	1,694.5	65.2	34.8	2,444.2	1,600.7	65.5	34.5
	" (31)	1,794.2	2,257.9	125.8	-25.8	1,749.4	2,134.8	122.0	- 22.0

表 一 2 月 別 流 出 率 表

年 月	霧 島 丸 尾				霧 島 湯 の 谷			
	降 雨 量 (蒸 発 量 を 除 く) mm	流 量 mm	流 出 率 %	滲 透 率 %	降 雨 量 (蒸 発 量 を 除 く) mm	流 量 mm	流 出 率 %	滲 透 率 %
	R	Q	$\frac{Q}{R} \times 100$	$\frac{R-Q}{R} \times 100$	R	Q	$\frac{Q}{R} \times 100$	$\frac{R-Q}{R} \times 100$
30. 8	213.2	304.5	142.8	- 42.8	170.5	26.4	15.5	84.5
9	512.8	517.0	100.8	- 0.8	610.0	50.2	8.2	91.8
10	67.6	491.0	725.0	- 625.0	44.9	124.8	278.0	-178.0
11	38.9	80.0	205.0	- 105.0	21.4	—	—	—
12	65.6	32.6	49.7	50.3	37.3	—	—	—
31. 1	40.4	30.1	74.5	25.5	46.4	—	—	—
2	65.2	13.2	20.2	79.8	64.1	—	—	—
3	370.9	172.9	46.6	53.4	363.2	—	—	—
4	249.1	232.5	93.4	6.6	265.9	—	—	—
5	328.1	429.0	130.7	- 30.7	426.2	—	—	—
6	519.1	765.0	147.5	- 47.5	567.8	23.7	4.2	95.8
7	358.4	1,126.0	314.2	- 214.2	441.5	514.9	116.7	- 16.7
8	250.5	313.5	125.0	- 25.0	254.5	7.3	2.9	97.1
9	402.8	509.0	126.4	- 26.4	435.0	21.0	4.8	95.2
10	117.6	244.5	207.9	- 107.9	77.4	—	—	—
11	5.2	116.8	2,247.0	-2,147.0	—	—	—	—
全観測期間	3,605.4	5,377.6	149.2	- 49.2	3,826.1	768.2	20.1	79.9
水文年(30)	2,806.6	3,948.4	140.7	- 40.7	3,000.5	566.8	18.9	81.1

斜面に降下した雨水の表面流下量と考えられるけれども、実際は降雨があつても直ちに堰の流量は増加しない、また降雨はやんで数日に亘つても堰の流量は止まない。このように山頂より初め僅かに1~3ha内外の小斜面の降水が、その相当部分は地中に入り、更に表面に流出したものが、堰に流入する有様である。降水は前述のように、まづ地表の土湿を満たし、或は植物を濡らし地表の窪地に溜り下方の土層に滲透し、その余剰水が地表面を流下するけれども、その順序、時間は型にはまつたように、単純に地下滲透と地表流水とに分れ、まづ滲透が終つて余剰水ができ、次に地表流下を生ずるものでなく、雨の強度と土の性能及び表面の傾斜の三者の関係によつて定まり、滲透能に余裕まだ充分であつても傾斜によつては地表流下も勿論起り得るのである。換言すれば、雨の強度と透水の速度との関係で定まる。従つて、これを地中滲透、地表流下と明らかに二つの範疇に区分して論じ難い部分があり、またこれら中間流出という名を以つて呼ぶには余りに浅きに過ぐるものが多いが、ここではこの設置した量水堰に集中する水量をすべて地表流下量と看做して取扱い、その他を地中滲透とすることとした。表一1~2は毎日観測した雨量対堰の流出量を月別にまとめたものである。

表 一 3

	演習林Ⅲ区	霧島湯の谷
観測日数	873	509
堰流出なき日数	773	427
同 (%)	88.5	84.0

日または月毎の雨量対流出量の比率を求める時は屢々100%以上の流出率が現われる。これは前日または前月の雨量が時間的にズレが生じて、次の日または次の月に入り、その日その月の雨量以上に流出する結果となる、故にこれを水文年または暦年のように長期間の収支を計算するときは、大体に平均され、演習林にては、Ⅰ区Ⅱ区共に雨量の63~85%位が流出するものと見られる、しかるに霧島丸尾においては、流出量が40%以上も降雨量を超過しておるのは、地下水の交錯があるためと認められる。また演習林においても、Ⅰ区Ⅱ区共に1956年は流出率は流量に対し、約26%及び22%を超過しておるのは時間的ズレの関係で1956年は雨量は少いが、前年(1955年)に約44%も多量に降雨があつたためであろうと思われる。即ちこれは、地下において流域を超えて流入する場合であり、或は時間的ズレで前年のものが今年に繰越される事があると思われる。

これに反して、草生の試験地演習林Ⅲ区及び霧島湯の谷は表一3に示す如く、ほとんど大部分は乾涸して流出量なく、従つて雨量の大部分が滲透するように見えるが、これは主として土質の関係で漏洩多いのと、また小雨にては乾燥地の土湿を潤おすために消失することの多いためであると思われる。しかし、一定限度以上の降雨あるときは、その流出量は林地以上に多大の流出量を示す

表一4 日別流出率月別総括表 (演習林Ⅰ区)

年月	日数	雨量 ^{mm}	流 量 ^{mm}		降雨による 増量 ^{mm}	全流出率 %	全滲透率 %	雨による増 水流出率%	雨による増水 滲透率 %
		R	当 日 Q	前 日 Q'					
30. 5	3	99.0	36.1	12.7	23.4	36.5	63.5	23.6	76.4
6	1	29.4	5.0	2.5	2.5	17.1	82.9	8.5	91.5
7	1	52.0	21.7	6.5	15.2	41.6	58.4	29.2	70.8
9	4	59.4	11.2	3.6	7.6	18.8	81.2	12.8	87.2
10	3	18.6	2.2	1.0	1.2	11.8	88.2	6.3	93.7
11	2	26.1	1.3	0.9	0.4	5.0	95.0	1.5	98.5
12	2	16.9	1.3	0.9	0.4	7.7	92.3	2.4	97.6
31. 1	2	37.2	4.1	1.2	2.9	11.0	89.0	7.8	92.2
2	3	74.3	6.8	1.7	5.1	9.2	90.8	6.9	93.1
3	3	145.5	57.7	10.3	47.4	39.6	60.4	32.6	67.4
4	2	35.8	3.1	2.3	0.8	8.6	91.4	2.2	97.8
5	4	96.7	39.2	32.0	7.2	40.5	59.5	7.4	92.6
7	2	119.4	43.5	21.0	22.5	36.4	63.6	18.9	81.1
8	2	38.4	6.8	3.3	3.5	17.7	82.3	9.1	90.9
9	2	27.9	3.1	2.2	0.9	11.1	88.9	3.3	96.7
10	2	45.2	5.8	1.2	4.6	12.8	87.2	10.2	89.8
11	1	9.9	0.2	0.1	0.1	2.0	98.0	1.0	99.0
12	1	6.5	0.2	—	0.2	3.1	96.9	3.1	96.9
32. 1	1	31.0	0.1	—	0.1	0.3	99.7	0.3	99.7
2	2	60.0	4.7	0.2	4.5	7.8	92.2	7.5	92.5
3	3	35.3	2.3	0.5	1.8	6.5	93.5	5.1	94.9
計 (平均)		1,064.5	256.2	108.7	147.5	(24.1)	(75.9)	(13.8)	(86.2)

表 - 5 日 別 流 出 率 月 別 総 括 表 (演習林Ⅱ区)

年月	日数	雨 量 mm	流 量 mm		降雨による 増量 mm	全流出率 %	全滲透率 %	雨による増 水流出率%	雨による増水 滲透率 %	
		R	当 日 Q	前 日 Q'						$\Delta Q = Q - Q'$
30.	5	3	109.0	34.5	18.6	15.9	31.6	68.4	14.6	85.4
	6	1	28.3	2.9	2.3	0.6	10.2	89.8	2.1	97.9
	7	1	44.8	12.9	5.9	7.0	28.8	71.2	15.6	84.4
	9	4	53.4	3.6	2.6	1.0	6.7	93.3	1.9	98.1
	10	3	17.4	1.0	0.4	0.6	5.7	94.3	3.4	96.6
	11	2	24.9	0.5	0.2	0.3	2.0	98.0	1.2	98.8
	12	3	22.6	0.2	0.1	0.1	0.9	99.1	0.4	99.6
31.	1	1	29.2	0.6	—	0.6	2.0	98.0	2.0	98.0
	2	3	72.3	2.9	0.5	2.4	4.0	96.0	3.3	96.7
	3	3	69.4	38.8	4.5	34.3	55.9	44.1	49.5	50.5
	4	1	3.5	1.2	0.9	0.3	34.3	65.7	8.6	91.4
	5	2	20.3	15.7	12.8	2.9	77.4	22.6	14.3	85.7
	7	3	123.5	31.4	21.0	10.4	25.4	74.6	8.4	91.6
	8	3	51.4	7.9	7.2	0.7	15.4	84.6	1.4	98.6
	10	3	51.5	2.0	1.0	1.0	3.9	96.1	1.9	98.1
	11	1	9.6	0.1	0.1	—	1.0	99.0	—	100.0
32.	2	3	57.1	0.5	0.1	0.4	0.9	99.1	0.7	99.3
	3	2	21.8	0.4	0.1	0.3	1.8	98.2	1.4	98.6
計 (平均)			810.0	157.1	78.3	78.8	19.4	(80.6)	(9.7)	(90.3)

表 - 6 日 別 流 出 率 月 別 総 括 表 霧 島 丸 尾

年月	日数	雨 量 mm	流 量 mm		降雨による 増量 mm	全流出率 %	全滲透率 %	雨による増 水流出率%	同増水滲透率 %	
		R	当 日 Q	前 日 Q'						$\Delta Q = Q - Q'$
30.	9	4	133.6	60.2	22.5	37.7	45.0	55.0	28.2	71.8
	10	4	73.4	31.6	29.5	2.1	43.0	57.0	28.6	71.4
	11	2	47.6	6.2	4.4	1.8	13.0	87.0	3.8	96.2
	12	4	66.2	5.8	3.1	2.7	8.8	91.2	4.1	95.9
31.	1	4	15.1	9.8	2.8	7.0	64.9	35.1	46.4	53.6
	3	5	62.4	29.0	23.3	5.7	46.5	53.5	9.1	90.9
	4	2	104.6	17.4	10.3	7.1	16.6	83.4	6.8	93.2
	5	2	84.1	25.8	19.3	6.5	30.6	69.4	7.7	92.3
	6	1	151.9	39.8	11.0	28.8	26.2	73.8	19.0	81.0
	7	2	141.3	106.8	31.1	75.7	75.4	24.6	53.5	46.5
	8	3	72.2	28.5	24.4	4.1	39.5	60.5	5.7	94.3
	9	2	48.3	31.9	16.7	15.2	66.1	33.9	31.5	68.5
	10	4	56.2	41.0	28.6	12.4	77.7	22.3	22.1	77.9
計 (平均)			1,056.9	433.8	227.0	206.8	(41.0)	(59.0)	(19.6)	(80.4)

ものである。

特に降雨大なる日、在勤員または出張員によつて精密に観測を行つた資料を月別にとりまとめた結果を示せば、表—4~7の如くである。更にその日の流量はその日の降雨量のみによるに非らずして、前日より引続き恒常的に流出している水量の上に加わつたものである故、前日の流量を控除した量をその日の雨量による増加流量と推定し、その流出率をも、表の後半に加えた。この比較的大雨の際の特殊の日の流出率及び滲透率を他の一般の場合（前掲表—1~2）と比較すると、大雨の時は流出率は小であり、滲透率は割合大であることである。これは対象となる雨量が大であるから比較的流出率が小となり、滲透率が大きくなるためである。

更に特殊の日に一層精密に雨量と流量を10分毎に測定し、これによつて雨量曲線と流量曲線をつくり、これより流出量を測ると共にこれに該当する雨量を求めて、両者の対比を試みた。これを一括して、結果の範囲と平均を示せば表—8の如くである。

表 — 7 日別流出率 月別総括表 霧島湯之谷

年月	日数	雨量 mm R	流 量 mm		降雨による 増量 mm $\Delta Q = Q - Q'$	全流出率 % $\frac{Q}{R} \times 100$	全滲透率 % $\frac{R - Q}{R} \times 100$	雨による増 水流出率% $\frac{\Delta Q}{R} \times 100$	同増水滲透率 % $\frac{R - \Delta Q}{R} \times 100$
			当 日	前 日					
			Q	Q'					
30. 7	1	20.9	3.8	—	3.8	18.2	81.8	18.2	81.8
9	1	490.8	50.2	—	50.2	10.2	89.8	10.2	89.8
31. 6	1	162.5	2.8	—	2.8	1.7	98.3	1.7	98.3
9	1	21.4	0.9	0.7	0.2	4.2	95.8	0.9	99.1
計 (平均)		695.6	57.7	0.7	57.0	(8.3)	(91.7)	(8.2)	(91.8)

表 — 8

個 所	期 間	回 数	流 出 率 (%)	
			範 囲	平 均
演習林 I 区	1955年6月18日~7月23日	14	1.7~18.9	7.1
同 II 区	"	8	2.2~20.5	7.6
霧島丸尾	1956年6月29日~7月2日	12	1.5~17.7	9.6
同湯の谷	"	8	0.2~2.8	0.9

III 滲透量直接測定

前節に述べたように地表流量の精確な値を測定することは困難である。従つてこれから、降水量—地表流量=滲透量の値を正しく求めることは容易でない。そこで反対に、まづ地中滲透の量を直接測定し、それより逆に地表流量を求むる方法を試みた。

1. 測定の方法

本実験は演習林内においてのみ行い、一つは広葉樹林内第Ⅱ試験区に、他は第Ⅲ試験区草生地内の2カ所を選び、内側の寸法1m角、深さ1.2mの函を埋設し、その中に先に掘り出した土を、なるべく元の自然の層序のまま乱さぬように埋め戻し、その表面も周囲の状態と同一になるようにし、この上に落下または流下して来る雨水が滲透して函の下底に達した時はその底面より導き出されて貯溜桶に入り、毎日その滲透量が測定された。土の詰め替えにはできるだけ注意したけれども、やはり多少土の組織の乱れは免れぬので、初めの間はやや粗鬆であるから滲透度はやや大であるように見られたが、時日を経ると共に土の内部組織も地表の植生の状態も全く自然状態に復帰したものと認められた。

測定装置の不完全と観測担当者の不注意のため滲出水の貯溜桶に満水溢れ出した日が、甚しいのは月十数回もあつたと推定せられる。かような時の滲出量は更に相当増大するものと考えねばならない、この点においても本実験は不幸大なる過失をした。

2. 測定の結果

林地と草地とを比較するに、雨量が林地は草地の約半分に過ぎないから、滲透の絶対量は時によ

表 9 直接滲透率測定表 (演習林)

年	月	雨量 (R) (蒸発量を徐く)		滲透量 (P)		滲透率 (%)		草地 G 林地 F
		林地 mm	草地 mm	林地 mm	草地 mm	F 林地	G 草地	
30.	7	218.9	601.3	44.8	54.7	20.5	9.1	44.4
	8	70.1	116.8	25.7	22.7	36.7	19.4	52.9
	9	45.5	58.2	20.0	15.8	44.0	27.1	61.6
	10	35.4	58.9	15.3	23.0	43.2	39.0	90.3
	11	14.0	26.3	6.6	9.3	47.1	35.4	75.2
	12	8.7	44.3	1.8	5.7	20.7	12.9	62.3
31.	1	35.1	92.5	12.7	24.2	36.2	26.2	72.4
	2	23.8	102.0	10.0	11.6	42.0	11.4	27.1
	3	159.8	324.6	60.0	71.1	37.5	21.9	58.4
	4	90.7	206.1	38.1	47.4	42.0	23.0	54.8
	5	237.6	411.9	78.1	89.2	32.9	21.6	65.6
	6	295.2	472.0	53.7	64.1	18.2	13.6	74.7
	7	171.0	312.0	35.0	41.0	20.5	13.1	63.9
	8	185.1	373.0	25.2	24.3	13.6	6.5	47.8
	9	265.5	485.0	40.9	35.2	15.4	7.2	46.8
	10	79.0	96.3	18.6	21.6	23.5	22.4	95.4
	11	9.4	23.6	2.5	4.5	26.6	19.1	71.8
	12	-0.4	3.2	—	0.1	—	3.1	—
32.	1	48.5	73.7	0.8	7.8	1.6	10.6	662.5
	2	87.2	151.2	16.8	25.0	19.3	16.5	85.5
	3	72.4	69.0	13.5	15.5	18.6	22.5	121.0
全観測期間 (30.7~32.3)						26.7	18.1	67.8
水文年(30)						29.2	17.9	61.5
暦年(31)						25.7	15.6	55.6

り同等或は少量であるが、雨量に対する滲透量の割合は林地の方が遙に大である。即ち平均16%・25%＝100：165、滲透量は土の湿度、即ち観測時の前後における降雨の断続によつて大差がある。概観すれば、(1)多雨の候とか、一回の降雨にても多大であるときは、透水は林地も草地もほぼ同量位多くある。従つて雨量に対する比率からすれば林地は倍近く多大である。(2)干天続いた場合にては小雨があつても透水は起らなかつた。9日間降雨のない後に25mmの雨、また15日間雨のない後に10mmの雨、17日間雨のない後に2日で30mm降つても滲透は起らなかつた。しかし11日間雨のない後に3日連続小雨総計は12mmに過ぎなかつたけれども透水が起つた。(3)小雨でも連続するときは滲透が起り、また大雨にて滲透が起らなかつた後の小雨には滲透が起つた。(4)乾燥後に降雨が続く時は一日位遅れて滲透が起ることがある。(5)雨が止んでも6～8日位はなお滲透が続いた。測定の結果を示すと表一9の如くである。

前にも述べたように、地表流下は滲透が終り降雨余剰があるに至つて生ずるものでなく、地表の状態及び降雨強度の大小によつて、降雨の地表流下する量と滲透する量との割合は異なる。本実験においても大雨のあつた日には滲透の割合は表の数値よりは遙に大で、林地にては30～50%滲透した日8回、草生地にては20～37%滲透した日が6回あつた。従つて、ここに現わされた降水に対する滲透率はこの地の滲透能を示すものでなく、また、Ⅱ項の実験(地表流量より滲透を求めたもの)の数値と合致するものでない。これは人工降雨試験におけるように一定量の降水下における滲透ではなく、この期間の自然の実際に降下した雨量の下に起る滲透量を測定したものであり、なお、その滲透面は林地草生地1m²の面各々一カ所について実験したものであるから、その場所選定によつて滲透量が左右せられること非常に大である。

Ⅳ 透水係数より推定する滲透量

透水係数*K*は Darcy の法則 $q = K \cdot I \cdot A$ から、 $K = q/IA$ として算定されたもので、

$$\text{従つて、 } V = \frac{q}{A} = K \cdot I$$

試験地の土の*K*の値は、第1報序説5.に述べた如くであるが、各種の土について*V*を mm/day 単位に換算して見ると次の如くである。

これを堰流量、並に直接測定した滲透量より計算した速度に比較するならば非常に大である。即ち、黒色、褐色ローム及び褐色粘土などにては大体類似の値を有している。要するにこの透水係数より推定したものは、この土の滲透能の最大を示すものであるが、実際の自然の状態にては下層の層序中にて滲透性最低な層によつてその透水速度は制止せられ、且つ水平的にも所々に石塊のよ

表一 10

土の種類	最大 (mm/day)	最小 (mm/day)	平均 (mm/day)
砂, ボラ	32,600	9,150	19,600
黒色ローム	7,710	58	2,820
褐色ローム	7,480	37	1,665
火山灰	12,970	3,360	6,970
褐色粘土	—	—	1

表一 11

個所 測定別	林地 (mm/day)		草生地 (mm/day)	
	最大	平均	最大	平均
堰流量	63.8	19.0	—	—
直接測定量	3.6	0.9	4.7	1.0

うな相当大形な不透水性のものが混在する時は、下方への透水面積を狭めるから全断面当りの滲透量は大いに低下するのは当然である。

V 考 察

以上滲透量（同時にまた地表流量）の測定について三つの方法を試みた。各々長短得失がある。

i) 量水堰により地表流量をまづ測定せんとするのは、一部を見本的に抽出調査せず広く区域全般に亘り水量を求めんとするものであるが、水と調査区域との結び付きが確実でない、地表の水と地下の水と交錯して誤差を生ずるのを免れない。

ii) 直接滲透量を測定する方法は調査区域内の水を確実に捕捉することはできるが、その面積の全区域に対する割合は極めて小であるから、その標準地選定如何により甚しく差異あるを免れない。

iii) 透水係数によるものは、その土の透水能の理論的限界を示すものであるが、自然における実際の滲透量を決定するものでない。

次にこれらの観測と森林の機能を明かにする関係について考えるに、本実験の場合において演習林第Ⅲ区、霧島湯の谷のような裸地草生地が、平日はほとんど流量のないことで、演習林第Ⅲ区は、観測期間873日中773日、即ち88.5%、また、霧島湯の谷は509日中427日、即ち84%は乾涸していたことである。これは主として地質土性に関係するものと認められ、降水は容易に漏水して重力水として地下に侵入するためと思われる。しかし一定限以上の大雨ある時はその流出率は林地以上大で、演習林にては流出率は最大242%、平均72.7%、湯の谷最大102%、平均64%となり、洪水に対しては最も危険な状態であること、反対に平時、常に水をたたえ水源を涵養する力に至つては全く微々たるものなることは多言を要しないであろう。これと同時にこのような治水関係の機能を明かにするには、地形、地質、土性など土に関する諸条件に特に注意を払うことの必要なるを教えられるものである。

VI 摘 要

1) 降水量=地表流量+滲透量とし、内降水量は前掲のように雨量計により測定し、残りの二量の内一量を測定すれば他の未知量は求められる。

2) 小さい嶺線をもつて区劃された小盆地の区域内の降水は悉く集流し、また他区域の降水が侵入することのない地点に量水三角堰を設け、毎日観測し、雨量対堰の流出量を月別に示すと、表—1~2の如くである。ただ、雨量と流出量の時間的ズレによつて、表中屢々100%以上の流出率が現われるので、これを水文年または暦年のように長期間にまとめてみると、大体平均され、演習林においてはⅠ、Ⅱ区共に雨量の63~85%流出するものと見られる。

それでもなお、霧島丸尾において、流出量が40%以上も降雨量を超過しているのは、おそらく、地下において他区域からの地下水が交錯するによるものと考えられる。

また、演習林においても、Ⅰ、Ⅱ区共に1956年は流出率が約26%及び22%超過しておるのは、1955年に約44%も多量に降雨があつたため、その時間的ズレが1956年に繰越されたものと推量される。

3) これに反し、草生地の試験地は表—3のように、演習林Ⅲ区は、観測期間873日中773日、即

ち88.5%, また, 霧島湯の谷は509日中427日, 即ち84%乾涸し, 殆んど流出量を見なかつた。これは主として地質, 土性に原因することが認められ, かような土地では降水は容易に地下に侵入するものと思われる。

然し一定限以上の大雨があるときは, その流出率は林地よりも大で, 演習林においては, 流出率平均72.7%, 霧島は平均64%であつた。従つて, 洪水に際して, 最も危険な状態にあり, 反対に平時における水源涵養の能力は全く微々たるものである。それと同時に, かような治水機能を明らかにするには, 地形, 地質, 土性などの諸条件に特に留意しなければならないことを教えられる。

4) 特に降雨大なる日に精密に観測を行つた資料を月別に取りまとめた結果を示せば, 表—4~7の如くで, 更に特殊の日に一層精密に雨量と流出量を10分毎に測定し, その結果の範囲と平均を示すと, 表—8の如くである。

比較的大雨の際の流出率を他の一般の場合(前掲表—1~2)と比較すると, 大雨の時の流出率が小で滲透率が割合大きいことである。これは比較の基準にしている雨量が大であるから, 比較的流出率は小に滲透率は大となるためである。

5) 演習林Ⅱ区及びⅢ区に, 1 m平方, 深さ1.2mの集水函を埋設し, これになるべく元の自然の状態を保つよう土を詰め, その表面も周囲と同じ状態になるようにし, この上に落下した降水が滲透し, 函の底部に達し更に底面より導き出されて貯溜桶にたまつた滲透量を毎日直接に測定した。その結果は表—9の如くであるが, 余りよい結果は得られなかつた。これによると, 多雨の候とか, 一回の降雨でも多大のときは, 滲透量は林地も草地もほぼ同量位多くあつた。従つて雨量の小なる林地の滲透率は, 草地の約倍位大となり, 小雨でも連続するときは滲透が起り, また大雨にて滲透の起きなかつた後に連続した小雨には滲透が起つた。

6) 試験区の各種の土について透水係数を測定し(第1報表—1)これより透水速度を算定したものが表—10であるが, 堰流量並に直接測定による滲透量より算出した速度に比べて非常に大きい結果となる。(表—11), これは土の透水能の理論的限界を示すのみで, 岩石その他不透水層を混ざる土地の実際的透水量を示すものでない。

第3報 溪流河道の滲漏〔鹿児島大学農学部学術報告第6号p. 212~221 (1957) に発表済〕

あ と が き

著者の一人はさきに80才を迎えんとして「吹上浜砂丘地帯に於ける前砂丘造成による安定法の研究」を公表し他日又わが思う処を述べる機会を与えられるような事があるとしても, 一応自分としての専門的分野(治水関係)のものゝの発表とは訣別すると決心してみると, さすがにしひび難く, 便々として筆をおくにしひび難いものがあつた。しかるにそれを去る未だ数ヶ月を過ぎないのに, はからずもここに再び未熟の論文を世に公にし, 前言に反するハメに陥るようで心中誠に忸怩たらざるを得ませんが, 実はこの論文は既に7, 8年前に完了し一旦編さん者の手に渡してあつて, 今回急に刊行されることとなつたもので, 著者の執筆の順序からすれば, むしろ前者に先立ち居る次第でありますし, 又本論の論旨としても著者の平素の持論である宇宙は畢竟輪廻に他ならず, 地表面に作用する地形輪廻にしても, 植物生態学の立場より見た植生と環境との平衡より成立する植生輪廻にしても, 皆同じ輪廻の理法の具現したものであると考えますので, この点御宥恕を願う次第であります。結局老人の繰り言と御容捨下さるようお願い致します。更に砂を流体と看做す砂の安定に主力をおいて論究する所謂砂文学的研究も将来あり得るのではなからうか。(1967年7月)