

新しい型の山地滲透計による測定成績 (第1報)

佐藤 正⁽¹⁾ 村上 与助⁽²⁾
村井 宏⁽³⁾ 関川 慶一郎⁽⁴⁾

1. 緒 言

流域における森林の存在が、その流域からの流出にどのような影響をおよぼしているかということは、治水上重要な問題である。森林が流出に好ましい理水効果をあたえているという報告は多いが、しからは森林植生の種類・状態によつて、流出状態にどのような差があるかという検討はあまりなされていない。いままで行われてきた森林理水試験の場合には、とりうる試験地の数にも限度があり、流域の地林況の状態やそれらの変遷にともなう影響を把握することは困難であり、また雨水が河川に達するまでの経過中、どのような影響を森林があたえているのかなどという細部にわたることまで、この種の試験に要求することは無理であつた。

われわれは、このような森林の影響を降雨の滲透の面よりみて明らかにするために、この実験を開始した。このような考え方の基礎となるものに HORTON R. E. の滲透説がある。このために平田徳太郎博士の御指導の下に、同博士御考案の山地滲透計を試用して、1952 年以来岩手県地方の山地において、山地斜面の滲透能を明らかにするために測定を行つた。

ここにとりあえず、この試験の成績をとりまとめて報告するものであるが、この研究は上記のように、森林の流出におよぼす影響を明らかにし、その結果から流域の流出量まで把握することを目標にしていることはいうまでもないが、現状においては、植生状態などの相違による滲透の相対的比較にとどまつており、この点は測器の改良などにより究明を進めてゆきたいと考えている。

なお、この研究にあつて、終始全般にわたり御懇篤なる御指導をいただいた本場防災部平田徳太郎博士、成績のとりまとめについて特段の御配慮をわざわざわした丸山第二防災科長、立地諸条件との関係について現地において細部にわたり御指導をいただいた土壌調査部長宮崎楠博士(当時好摩分場長)、種々御便宜と御指導をいただいた西村支場長・吉田分場長・青森営林局高岡治山課長・高桑技官(現佐井営林署長)・高橋(宏)技官・北上営林署鈴木治山課長・岩手県長岡村森林組合各位ならびに測定に終始協力された当研究室高橋四郎・北田健二両技官にあわせて深い感謝の意をささげるものである。

2. 研究の目的

この研究の目的は、森林の流出におよぼす影響を明らかにすることであり、このために試作した滲透計を用いたものである。そして、地被状態の差異が滲透にどのように影響するか、また、流出にどのように影響するかを明らかにしようとしたのである。このために検討したのは次の諸点である。

1) 植生型・土壌型・地質などの異なるところで、なるべく同一条件で滲透能を測定した。

(1) 好摩分場防災研究室長 (2)(3)(4) 好摩分場防災研究室員

2) 落葉層その他地被物を除去した場合と自然状態との滲透の比較、土壌各層位の滲透の相違、降雨強度と滲透の関係などについて測定した。

3) 人工降雨による地表流下試験や、MUSGRAVEの滲透管の方法による資料と同一区域で測定したこの方法のものと比較した。

4) 測定方法・装置に改善を要する点について検討した。

3. 方 法

3.1. 測定装置

この滲透計の最大の特徴は、測定箇所容易に持ち歩きでき、使用する水も比較的少なくてすみ、取扱いも簡便であることなどである。

この構造は Fig. 1.1, 1.2, 1.3 で示されるような3部分からなっている。Fig. 1.1 は給水用の上下タンクであり、おのおの2組ずつあるのは給水を継続的に行うためのものであつて、一方を使用しているうちに他方に水を貯溜し交互切替えによつて操作するようになつてゐる。しかして、容量約 5l の A タンクは B タンクの水位が下がつたときに自動的に給水し、B タンクの水位を一定に保たしめる。そして、給水量すなわち降雨量は、A タンクに付属したゲージによつて読むのである。この Fig. 1.1 より給水された水は、ゴム管によつて Fig. 1.2 のガラス毛细管の給水装置に達し、ここから Fig. 1.3 のプロット用鉄枠の上端に流しこまれ、その下端受口 f より地表流下量を測定し、滲透量をうるのである。なお、Fig. 1.2 のガラス毛细管の孔径は 0.3~0.7 mm で所要の降雨強度によつて、適当に換えられるものであり、Fig. 1.3 の鉄枠の傾斜は 15~50° まで作つたが、比較のため 30° を基準としたものを使つた。

3.2. 滲透レートの決定

このような装置により、給水を開始してから3分ごとに給水量・地表流下量を測定し、1.5~2.0 時間

観測を継続した。任意の時刻 t' より t'' までの平均滲透能 f はこの期間の降雨量を ΔP 、地表流下量を ΔQ として次式によつて計算した。

$$f = (\Delta P - \Delta Q) / (t'' - t') \dots (A)$$

すなわち、残留量としての残留流下量・窪みの溜り・地被物などの付着水量およびその期間の蒸発量などの影響を無視したことはいうまでもない。そして最終滲透能としては、観測の末期 15 分間の平均値をとつた。

このようにして得られた測定値は、1箇所について3~5回の測定の平均値をとつたのである。

なお、(A)式より得られた値を、時間を横軸に滲透レートを縦軸にとつてプロットすると、時間の経過にともない f の値は減少して

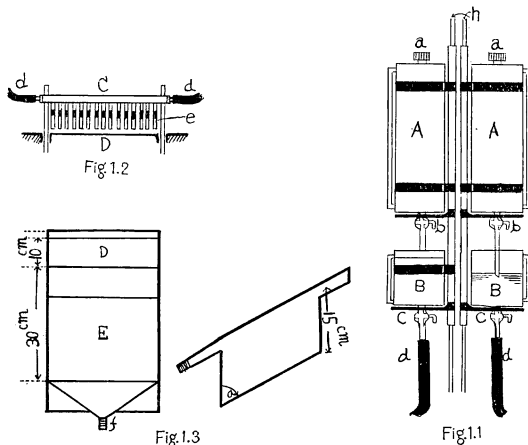


Fig. 1.1. 給水用タンク
The water-tanks for supply

Fig. 1.2. 人工的降雨装置
The artificial rain apparatus

Fig. 1.3. プロット (鉄枠)
Plot (iron frame)

Fig. 1 山地滲透計
Mountain infiltrometer

ゆき測定の末期にはほぼ一定になるものが多い。しかし少数ではあるが初期の f が小さかつたのもあつた。

MUSGRAVE が円筒滲透計による測定結果から、 f を t 時間後の滲透能、 f_0 ・ f_e をそれぞれ初期と最終の滲透能、 k_f を常数、 e を自然対数の底として、

$$f = f_e + (f_0 - f_e)e^{-k_f t} \dots\dots\dots (B)$$

なる式を提出し、同一土壌の滲透能は降雨のはじめに大であつてしだいに小さくなり最小一定値に達するとしている。

われわれは、求めた資料をこの式に適合するものとして、 f_e は直接実験から知つたものを用い、 f_0 と k_f の両常数を計算した。しかし、ここでは時間の経過に伴う滲透の変化は、この試験の直接の目的とするところではないので、この式および常数の決定など意義があると考えられるが深くは検討を進めなかつた。

3.3. 測定上の問題点およびその是正のための処置

このようにして滲透レートが決定されたのであるが、測定上いくつかの問題点を残しているが、以下これをあげると、

1) 鉄棒をすえつけるときの問題

これはすえつけるときに強い打撃をあたえなければ容易に入り込まない。この際の衝撃のために棒内の土壌・落葉層・根系などを破壊し、そのために亀裂を生ずること、棒壁と土壌面との接触部に間隙を生ずることの2点が問題であつた。後者の影響は特に石礫の多い場合・根系の良く発達した場合に著しかつた。この影響として考えられることは、滲透性を増加させるようになることは間違いのないことであろう。

2) 棒壁の存在の影響

鉄棒の深さは 15cm であるが、崩壊地のような石礫の多いところ、または火山砂層などのところにおいては滲透水が鉛直方向に下降すると同時に、棒の下端より深いところに達した水は含水量の少ない棒外に向つて横方向に移動する。これも滲透性を増加させる影響をもつてであろう。

また、棒の存在する 15cm までの深さにおいて、もしも自然状態の場合には斜面と平行に移動しようとするようなときにおいては、棒が存在するために、この水は心率的に下方に向つて移動するであろう。そして 15cm より深いところで周囲に拡がるであろう。これも滲透性を増加させる影響をもつてであろう。

3) プロット面積の大きさの問題

鉄棒面積は 30cm×30cm、すなわち 900cm² であり、このため地中動物の作つた孔・石礫・根系などの影響が敏感に作用し、表面的には同一条件下にあるとみなしうるところにおいても、滲透性に大きな差を生ぜしめる原因となるであろう。しかし、これが正の誤差をあたえるものか、または負の誤差をあたえるかについては、何ともいえない。したがつてこれは、ある条件下においては一つの測定値をうるためには、じゆうぶんな数の測定を必要とすることを意味すると同時に、これが満足されるならばあるいは問題にならないことであるかもしれない。

4) 給水が斜面上部より流し込みであること

このことも 1)・2) の原因と相まつて、大きな滲透レートをあたえる原因の一つと考えられる。

これらの影響を除去するためには、できるだけ考慮をしたことはいうまでもない。たとえば、1) に対しては特別の案内管の作製・棒に沿つての根系の切断・石礫など障害物の除去・できるだけ少ない衝撃での棒のすえつけ・棒壁との間隙に対しての土壌の充填などによつて行つた。2) に対しては棒の内外にじゆうぶんに散水して一昼夜またはそれ以上放置した。また、自然状態に復元させるためには長期間放置

Table 1. 測 定 箇 所
The measurement area the

位置 Site NO.	測 点 Point NO.	測 定 位 置 Locality	地 況 Site condition					
			標高 Eleva- tion	傾斜 Slop	方位 Bea- ring	地質構造 Geological structure	母 岩 Country rock	土 壤 型 Soil type
I	1,4,5	岩手県紫波郡長岡村 大字北沢 民有林	(M.) 160	23-25	S S W	古 生 層 Palaeozoic System	粘 板 岩 Clay slate	Bc
II	2,6,7	大字東長岡 民有林	270	25-28	W	"	"	Bd
III	3,8	" "	140	23-25	N E	"	"	Bc
IV	9	岩手県和賀郡笹間村 国有林 北本内経営区 78は	420	30-35	NW	第三紀層 Tertiary System	凝 灰 岩 Tuff	Bc
V	10	" "	430	35-40	NW	深 成 岩 Plutonic rocks	花崗閃緑岩 Granodiorite	
VI	11,11'	" 78に	430	35-40	NW	"	"	
VII	12	" 81い	470	28-30	N E	第三紀層 Tertiary System	凝 灰 岩 Tuff	Bd
VIII	13,14	"	490	35-40	S E	"	"	Bd-F
IX	15,16	" 77そ	400	38-40	S W	"	砂岩, 頁岩 Sand stone, Shale	
X	17	岩崎村 国有林 岩崎経営区 5い	490	28-30	N	"	凝 灰 岩 Tuff	Bc
XI	18	" 16に	520	20-25	S E	"	砂 岩 Sand stone,	Bd
XII	19	"	530	25-30	S W	"	砂岩, 頁岩 Sand stone Shale,	Bc
XIII	20	" 4い	500	20-25	W	"	Pyroxene- andesite	Bf
XIV	21,22	"	690	20-30	E	"	Andesitic Effusive rock	Bd-F
XV	23	岩手県岩手郡巻堀村 好摩分場試験林	210	20-25	N E	火 山 灰 Volcanic ashes	火山灰・火山砂 Volcanic ashes, Volcanic sands	Bl
XVI	24	"	220	20-25	E	"	"	Bl
XVII	25,25'	"	220	20-25	N E	"	"	Bl
XVIII	26,26',38	"	220	20-25	N E	"	"	Blb
XIX	28,28',35, 31,32,33, 34,35	"	220	20-25	N E	"	"	Blb
XX	27,27'	"	220	20-25	S W	"	"	Blb

の 自 然 概 況
general condition of nature.

林 況 Forest condition					
分 類 Classification	植 生 型 Vegetation type	林 令 Stand age	疎密度 Crown density	胸高直径 Diameter breast height	樹高 Tree height
		(years)	(%)	(cm)	(m)
天 然 林 Natural forest	Akamatsu-Konara-Kuri ass.	23—26	70—75	14—18	10—25
植 栽 林 Planting forest	Sugi ass.	30	80—85	8—25	9—18
天 然 林 Natural forest	Konara-kuri-kasiwa ass.	13—18	70—75	3—14	4—11
”	Buna-Mizunara ass.	40—90	65—75	28—70	17—26
旧 崩 壊 地 Disintegrated land (Latter term)					
新 崩 壊 地 ” (Early days)					
択 伐 跡 地 Cut-over land (Selection cutting)	Buna-Mizunara ass.	30—60	30—40	16—30	11—17
皆 伐 跡 地 (Clear cutting)					
崩 壊 地 Disintegrated land					
皆 伐 跡 地 Cut-over land (Clear cutting)	(Buna-Mizunara ass.)	30—60	10—20	18—32	12—18
天 然 林 Natural forest	Buna ass.	80—130	80—50	20—80	16—28
”	Buna-Mizunara ass.	60—110	70—75	24—48	18—23
”	Sawagurumi-Toti-Katsura ass.	60—100	70—75	22—60	16—24
”	Buna-Sawagurumi-Hannoki ass.	60—100	70—75	26—60	18—26
裸 地 Bare land					
草 生 地 Grass cover					
天 然 林 Natural forest	Konara-Sakura ass.	25—30	70—75	10—25	8—16
”	Akamatsu ass.	35—40	80—85	12—18	8—20
皆 伐 跡 地 Cut-over land (Clear cutting)	(Akamatsu ass.)				
天 然 林 Natural forest	Karamatsu ass.	15	80—85	11—16	10—16

させるのがよいが、20～30日おけば適当であることを知った。また、3)・4)に対しては大きなプロット、またはシャワー式散水の方法によればさらによいとは考えられるが、携帯性と使用水量および風の影響などに問題が生じてくる。

要するに、これらの点をできるだけ改良することは今後の問題として、測定を進めたのであるが、上記のような原因が重なり、実際より大きな滲透レートをあたえるように作用したと考えられる。すなわち、既往の地表流下試験成績と比較すれば明らかな対照を示している。しかし、このような点があつても、相対的な比較をするだけにとどめるならば、一応は問題はないものとしてよいであろう。

4. 結 果

4.1. 測定箇所

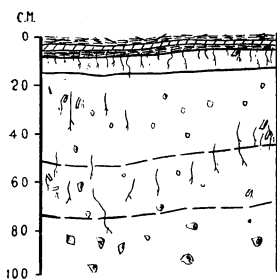


Fig. 2.1. Soil profile NO.1 (Site I)

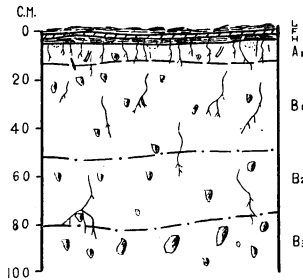


Fig. 2.4. Soil profile NO.4 (Site IV)

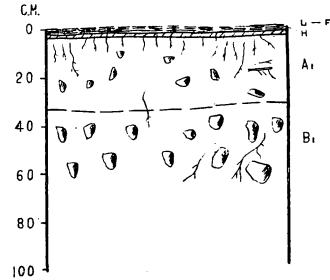


Fig. 2.7. Soil profile NO.7 (Site VIII)

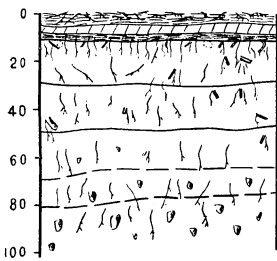


Fig. 2.2. Soil profile NO.2 (Site II)

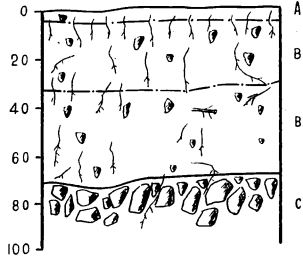


Fig. 2.5. Soil profile NO.5 (Site V)

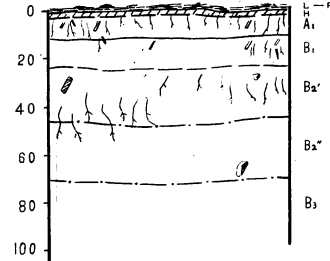


Fig. 2.8. Soil profile NO.8 (Site IX)

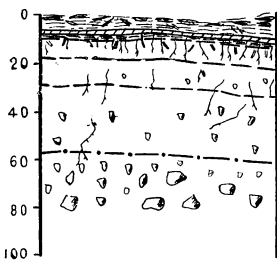


Fig. 2.3. Soil profile NO.3 (Site III)

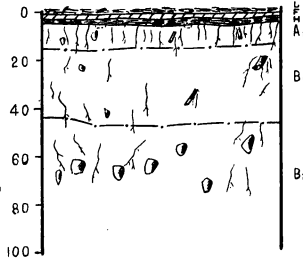


Fig. 2.6. Soil profile NO.6 (Site VII)

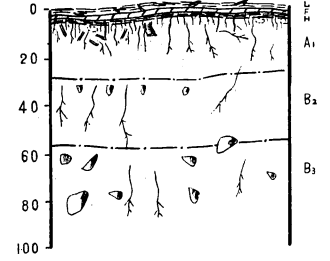


Fig. 2.9. Soil profile NO.9 (Site XI)

Fig. 2 代表的
Representative

これらの測定箇所は位置的にみて4地域に分けられるが、地質構造からみてもそれはそのまま、古生層・第三紀層・深成岩類・火山灰の4地帯に分けられる。実験設備その他の便宜上から、予備実験の多くは岩手山麓にある好摩分場試験林を対象として行われた。

各測定箇所は植生や土壤に比較的確著な特徴をもった代表的な場所を選択した。これらの一般的自然環境や土壤・植生・地被状態などについて表示すると次のとおりである。

- 1) 測定箇所の自然概況 (Table 1 参照)
- 2) 測定箇所の代表的土壤断面 (Table 2 参照)
- 3) 測定箇所の土壤の物理的諸性質 (Table 3 参照)
- 4) 測定箇所の土壤の機械的組成 (Table 4 参照)
- 5) 測定箇所の地表状態 (Table 5 参照)

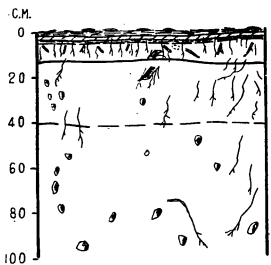


Fig.2.10. Soil profile NO.10 (Site VII)

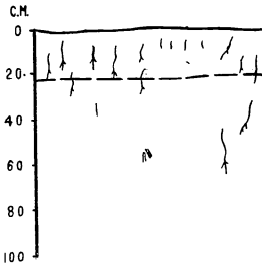


Fig.2.13. Soil profile NO.13 (Site IV)

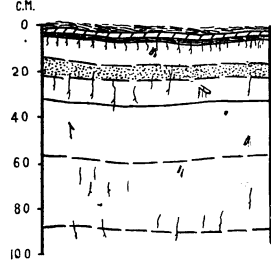


Fig.2.16. Soil profile NO.16 (Site XIII)

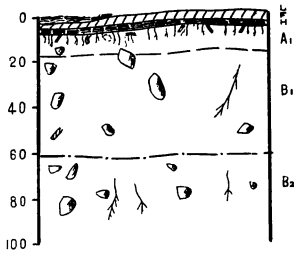


Fig.2.11. Soil profile NO.11 (Site XIII)

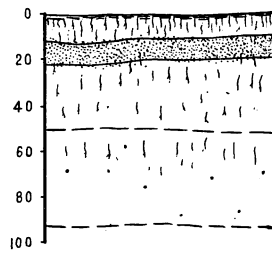


Fig.2.14. Soil profile NO.14 (Site XVI)

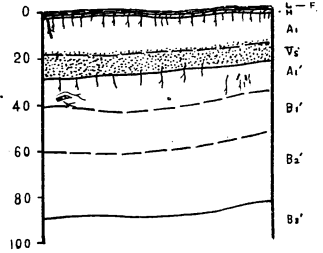


Fig.2.17. Soil profile NO.17 (Site XIV)

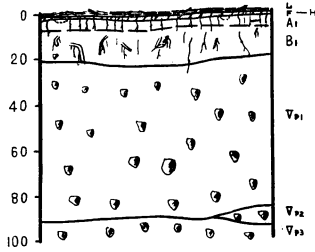


Fig.2.12. Soil profile NO.12 (Site XIV)

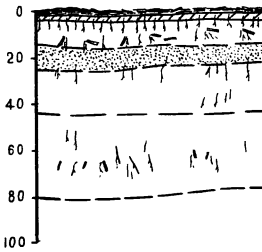


Fig.2.15. Soil profile NO.15 (Site XVII)

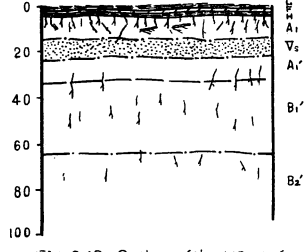


Fig.2.18. Soil profile NO.18 (Site XX)

な 土 壤 断 面
soil profile.

Table 2. 土 壤 の 物 理 的 諸 性 質
Physical properties of the soils.

位置 Site NO.	土壌 断面 Profile NO.	層位 Horizon	深さ Depth (cm)	比 重 Specific gravity	容積重* Volume Weight (%)	圧結度* Field ⁽¹⁾ density coefficient(%)	孔 隙 量* Porosity (%)		保湿度容量 Water holding capacity (%)		滲透係数* Infil- tration coefficient ⁽⁶⁾
							A ⁽²⁾	B ⁽³⁾	A ⁽⁴⁾	B ⁽⁵⁾	
I	1	A ₁	8-14	2.55	52.0	58.6	79.6	80.4	53.1	52.4	—
		B ₁	14-51	2.67	68.4	69.9	74.4	75.3	68.7	66.1	
		B ₂	51-	2.69	68.8	70.8	74.4	75.5	69.2	67.5	
II	2	A ₁	10-29	2.04	41.0	50.4	79.9	83.2	54.4	53.4	—
		B ₁	29-48	2.21	65.0	68.2	70.6	72.0	69.9	63.8	
		B ₂	48-67	2.43	67.0	73.3	72.4	73.0	70.3	68.6	
III	3	A ₁	10-18	2.49	54.0	64.5	78.3	79.0	59.1	55.6	—
		B ₁	18-28	2.58	68.0	78.3	73.6	74.4	66.3	65.2	
		B ₂	28-56	2.66	69.4	78.8	73.9	74.7	68.1	66.8	
IV	4	A ₁	7-14	2.21	44.5	65.9	81.3	82.7	63.3	61.8	—
		B ₁	14-53	2.52	59.4	74.9	72.6	73.4	70.7	69.5	
V	5	A ₁	0-4	2.60	60.4	77.6	57.9	58.3	54.0	53.4	—
		B ₁	4-32	2.62	73.7	78.1	55.4	56.7	50.1	50.0	
VII	6	A ₁	8-15	2.22	45.5	62.8	83.8	84.4	53.9	51.7	—
		B ₁	15-44	2.52	58.7	70.5	77.0	78.5	70.1	69.5	
VIII	7	A ₁	4-32	2.46	64.3	68.0	60.0	61.2	59.9	58.7	—
		B ₁	32+	2.66	63.9	69.4	65.1	66.3	63.2	62.7	
X	8	A ₁	6-12	2.38	58.7	67.5	55.4	55.7	52.4	52.8	—
		B ₁	12-22	2.58	60.8	77.4	57.1	58.6	55.7	54.4	
XI	9	A ₁	9-26	2.54	43.5	62.3	82.8	83.9	53.0	51.3	—
		B ₁	26-56	2.62	58.2	74.5	77.8	78.2	70.1	69.5	
XII	10	A ₁	6-14	2.44	40.8	64.5	83.3	84.5	72.7	72.1	—
		B ₁	14-38	2.51	57.0	76.8	77.3	78.4	72.0	71.4	
X III	11	A ₁	8-16	2.41	60.3	70.4	75.0	76.6	72.2	71.2	—
		B ₁	16-62	2.53	72.4	78.5	71.4	72.5	67.0	66.3	
X IV	12	A ₁	2-7	2.42	43.7	68.9	74.5	76.3	62.2	61.7	—
		B ₁	7-22	2.53	72.4	78.5	71.4	72.5	58.4	58.0	
		V _{P1}	22-93	2.79	78.7	83.1	62.2	63.5	66.8	67.4	
X V	13	A ₁ '	0-23	2.61	60.3	69.5	76.6	76.8	72.8	73.3	0.00842 (8.42 × 10 ⁻³)
		A ₁ '	23+	2.71	52.8	68.1	80.5	80.9	73.9	75.4	
X VI	14	A ₁	0-12	2.56	84.4	89.1	67.0	67.6	67.0	68.1	0.00460 (4.60 × 10 ⁻³)
		V _S	12-22	2.64	80.6	86.0	69.4	69.7	68.4	68.9	
		A ₁ '	22-50	2.72	61.3	78.7	77.3	78.0	69.6	71.5	
X VII	15	A ₁	6-13	2.66	59.3	65.2	76.8	78.1	66.0	67.1	0.01352 (1.352 × 10 ⁻²)
		V _S	13-25	2.73	102.0	82.3	62.7	64.1	50.0	52.4	
		A ₁ '	25-44	2.61	61.0	76.7	76.7	76.9	71.2	72.1	
X VIII	16	A ₁	6-13	2.69	79.5	76.2	70.5	71.7	56.2	50.2	0.01061 (1.061 × 10 ⁻²)
		V _S	13-22	3.12	85.4	32.5	72.6	73.0	64.8	65.2	
		A ₁ '	22-33	2.70	61.0	84.2	76.5	77.0	66.0	68.2	
X IX	17	A ₁	4-16	2.70	82.5	72.7	69.4	70.8	60.4	61.2	0.00797 (7.97 × 10 ⁻³)
		V _S	16-30	2.82	95.0	67.8	66.3	68.4	58.4	60.2	
		A ₁ '	30-41	2.71	63.5	76.9	76.6	77.3	49.4	51.8	
X X	18	A ₁	3-14	2.80	86.1	77.2	69.4	70.3	77.1	79.8	0.01811 (1.811 × 10 ⁻²)
		V _S	14-24	2.87	104.6	81.8	63.5	65.5	49.1	51.9	
		A ₁ '	24-33	2.66	76.6	78.8	71.2	71.7	63.7	68.4	

*自然状態の土壌を用いて測定した。Determined by the use of soils in natural condition.

(1) 次の式で計算した。Calculated as follow:

$$= \frac{\text{自然状態の容積重 Volume weight of natural condition}}{\text{最も密な状態の容積重 Volume weight of the most thickest condition}} \times 100(\%)$$

(3), (5) 細土の占める容積に対する %。Expressed percentage of the volume of fine soil.

(2), (4) 採取容積(400cc)に対する %。Expressed percentage of the volume of sampling soil(400cc).

(6) 試作した装置で測定した。Determined by our apparatus, produced by way of experiment (see, Phot. 5).

Table 3. 土 壤 の 機 械 的 分 析*
Mechanical analysis of the soils

位置 Site NO.	土壌断面 Profile NO.	層 位 Horizon	砂 分 Sand				粘土分 Clay % (0.01mm)
			粗 砂 Coarse sand % (2.0-0.25) mm	細 砂 Fine sand % (0.25-0.05) mm	微 砂 Silt % (0.05-0.01) mm	計 The total %	
I	1	{ A ₁	13.5	19.4	29.8	62.7	37.3
		{ B ₁	9.8	17.4	30.0	57.2	42.8
		{ B ₂	7.7	18.8	27.1	53.6	46.4
II	2	{ A ₁	14.9	20.8	31.4	67.1	32.9
		{ B ₁	10.7	19.4	28.4	58.5	41.5
		{ B ₂	6.4	17.7	26.2	50.3	49.7
III	3	{ A ₁	7.6	18.3	32.5	58.4	41.6
		{ B ₁	8.4	19.5	27.0	54.9	45.1
		{ B ₂	6.0	14.9	29.5	50.4	49.6
IV	4	{ A ₁	13.4	22.9	27.7	64.0	36.0
		{ B ₁	10.8	23.8	27.5	62.1	37.9
V	5	{ A ₁	16.5	23.8	29.6	69.9	30.1
		{ B ₁	15.2	23.0	28.9	67.1	32.9
VII	6	{ A ₁	12.6	21.6	28.8	63.0	37.0
		{ B ₁	11.9	20.8	27.0	59.7	40.3
VIII	7	{ A ₁	13.7	23.0	27.8	64.5	35.5
		{ B ₁	11.8	23.6	27.3	62.7	37.3
X	8	{ A ₁	14.5	23.6	27.8	65.9	34.1
		{ B ₁	11.8	23.9	27.9	63.6	36.4
XI	9	{ A ₁	15.4	22.4	27.9	65.7	34.3
		{ B ₁	10.5	27.2	24.3	67.0	33.0
XII	10	{ A ₁	13.8	24.6	27.7	66.1	33.9
		{ B ₁	8.7	23.8	23.0	57.1	43.9
XIII	11	{ A ₁	7.4	17.0	34.1	58.5	41.5
		{ B ₁	6.8	14.9	38.3	60.0	40.0
XIV	12	{ A ₁	16.3	23.4	26.3	66.0	34.0
		{ B ₁	9.6	23.0	29.5	62.1	37.9
		{ V _{P1}	17.7	24.4	25.0	67.1	32.8
XV	13	{ A ₁ '	20.7	19.8	20.3	60.8	39.2
		{ A ₁ '	15.1	19.8	27.2	62.1	37.9
XVI	14	{ A ₁	30.3	21.5	15.5	67.3	32.7
		{ V _S	27.2	23.1	17.8	68.1	31.9
		{ A ₁ '	26.2	18.4	25.9	70.5	29.5
XVII	15	{ A ₁	34.6	20.0	14.6	69.2	30.8
		{ V _S	55.2	21.2	9.1	85.5	14.5
		{ A ₁ '	15.7	27.9	28.1	71.7	28.3
XVIII	16	{ A ₁	36.6	27.1	11.6	75.3	24.7
		{ V _S	42.8	27.8	14.8	85.4	14.6
		{ A ₁ '	22.0	26.6	26.8	75.4	24.6
XIX	17	{ A ₁	40.9	27.6	16.2	84.7	15.3
		{ V _S	43.9	21.9	14.1	79.9	20.1
		{ A ₁ '	57.5	23.6	8.2	89.3	10.7
XX	18	{ A ₁	40.3	23.7	16.8	80.8	19.2
		{ V _S	59.9	22.1	10.0	92.0	8.0
		{ A ₁ '	23.6	33.2	25.6	82.4	17.6

*Analyzed by A. S. K. elutriation method. A. S. K. 淘汰法によつて分析した。

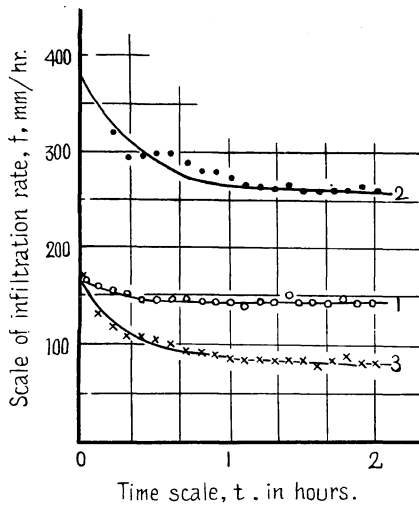
Table 4. 測定箇所の地表面の状態 (落葉層と地床植物)
Condition of the earth's surface of the measurement area.
(Leaf-litter layer and ground grass)

位置 Site NO.	落葉層の厚さ Thickness of leaf-litter layer				地床植物の頻度* Abundance of grand grass
	L cm	F cm	H cm	計 The total cm	
I	4.0	1.0	1.5	6.5	Kumazasa (f), Hikagesuge (vr)
II	5.0	3.0	3.0	11.0	Yamabuki (vr), Hikagesuge (vr), Akebi (lvr)
III	6.0	2.0	2.0	10.0	Kumazasa (f), Hikagesuge (vr), Inutsuge (lvr)
IV	3.0	2.0	2.0	7.0	{ Kansuge (vr), Sisigasira (vr), Gotozuru (vr), Kumazasa (lvr)
V					Kansuge (r), Menma (lvr), Mizu (lvr)
VI					Bare land
VII	5.0	2.0	1.5	8.6	{ Kansuge (f), Osida (vr), Haiinugaya (vr), Himemoti(vr), Zenmai (vr)
VIII		1.5	2.0	3.5	Ryomensida (vr), Zenmai (vr), Huki (lvr), Himemoti (lvr)
IX					Taniutsugi (r)**
X	2.0		4.0	6.0	{ Kosiabura (r), Hautiwakaede (r), Himeaoki (vr), Obakuro-mozi (vr)
XI	5.0	2.0	1.5	8.5	Kansuge (r), Inutsuge (r), Sisigasira (r), Himemoti (vr)
XII	2.5	2.0	1.5	6.0	{ Haiinugaya (r), Kansuge (lr), Kumazasa (lvr), Himemoti (lvr)
XIII		3.0— 5.0	2.0	5.0—7.0	{ Haiinugaya (o), Osida (o), Ryomensida (r), Enreiso (r), Mizu (vr), Udo (vr)
XIV	1.0		1.0	2.0	{ Haiinugaya (r), Sisigasira (r), Kansuge (r), Noriutsugi (vr), Yobusumaso (lvr), Toriasisyōma (vr)
XV					Bare land
XVI					Crass cover, Onisiba (va)
XVII	2.5	2.0	1.0	5.5	Suge (r), Nusubito-hagi (vr), Itiyakuso (vr)
XVIII	2.5	1.5	2.0	6.0	Hikagesuge (r), Nagahagusa (vr), Marubasumire (vr)
XIX	1.5	2.0	0.5	4.0	Akebi (vr), Yomogi (lvr), Kizikakusi (lvr)
XX	1.0	1.0	0.5	2.5	{ Suge (r), Senbonyari (lr), Tanpopo (lr), Himezion (vr), Akamatsu (vr)

*va (very abundant), a (abundant), f (frequent), o (occasional), r (rare), vr (very rare), l (local)

**砂防植栽 planting for erosion control

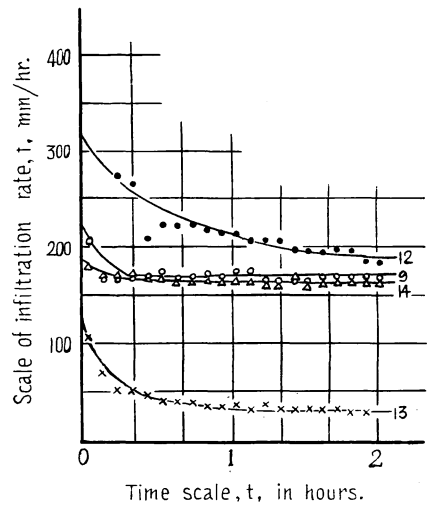
以上の各表によつて測定箇所の立地状態が知られるが、その土壌の特徴について若干説明を加えると、まず、この試験の中心となつた好摩分場試験林は、岩手山の噴火にともなう火山灰および火山砂を母材とした微砂質壤土からなつてゐる。Fig. 2.14～2.18 の断面でみられるように 2～3 回にわたつて堆積した形跡が明らかにうかがえる。この土性は、粘土および微砂が少なく、粗砂や細砂が比較的多い。石礫の含有は少なく、全般に風化が進行していない新鮮な母材料の性状を明らかに保有している。そしてこの断面には、地表部にほとんど例外なく 10～20 cm の厚さの粒状の粗い火山砂層 (Vs) を含んでいる。この層は、全孔隙量はそれほど大きくないが、非毛管孔隙がその大部分を占めるために、空気や滲透水の影響は驚くほど速やかに行われている。各断面にあらわれたこの層の状態は必ずしも同じでなく、質・量におい



- 1....Site NO. I, Point No. 1, Aka-matsu (*Pinus densiflora*) ass.
 2....Site NO. II, Point NO. 2, Sugi (*Cryptomeria japonica*) ass.
 3....Site NO. III, Point NO. 3.
 Konara (*Quercus serrata*)-Kuri (*Castanea crenata*)-Kasiwa (*Quercus dentata*) ass.

Fig. 3.1 古生層地帯の林地における降雨期間と滲透レートの関係

Relation of infiltration rate to rain duration. (Forest land in Palaeozoic system zone.)



- 9....Site NO. IV, Point NO. 9, Buna (*Fagus crenata*)-Mizunara (*Quercus crispula*) ass.
 12....Site NO. VII, Point NO. 12, Buna-Mizunara ass. (cut over-land by selection method.)
 13....Site NO. VIII, Point No. 13, Sawagurumi (*Pterocarya rhoifolia*)-Toti (*Aesculus turbinata*)-Katsura (*Cercidiphyllum japonica*) ass. (cut over-land by clear exposed A₁ layer)
 14....Site NO. VIII, Point NO. 14, Natural condition of point NO. 14.

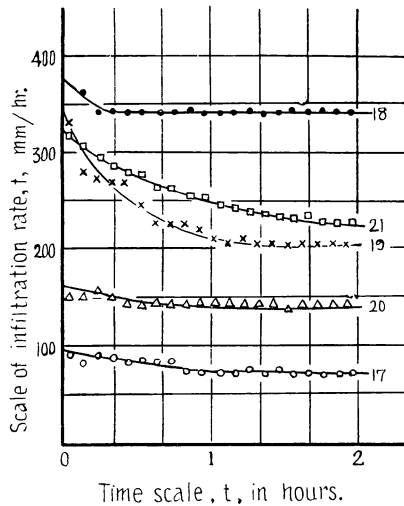
Fig. 3.2 第三紀層地帯の林地における降雨期間と滲透レートとの関係

Relation of infiltration rate to rain duration. (Forest land in Tertiary system zone I.)

て多少の差がみられる。埋没前の表層土 (A₁') は現表層土 (A₁) に比べて、微砂・粘土分がやや多く、土粒が密に結合し、水・空気の流通を減じている。これらの火山灰質土壌の構造は全般に結合状態が弱く、Fig. 2.16 の広葉樹林の落葉層下に弱い団粒の発達が認められる程度であつた。

古生層地帯に属する長岡村周辺の土壌 (Fig. 2.1~2.3) は、基岩を粘板岩とする埴壤土であつて、地況の変化によつて土壌の厚さが局地的に変化しているのが認められる。沢沿いの山ふところのような場所は地表下 2m 余に達する肥沃適潤土壌 (Fig. 2.2) であるのに対し、傾斜中腹以上は、いわゆる赤褐型の土壌 (Fig. 2.1) で浅く固結し、また岩石の含有量も多い。この地帯の土壌は全般に重粘な埴壤土であるために、全孔隙量が比較的多いにもかかわらず、ほとんど毛管孔隙で占められ、これらはすぐに水に占められやすく、また空気・水の流通は比較的悪い。この傾向は下層にゆくにしたがい増加している。

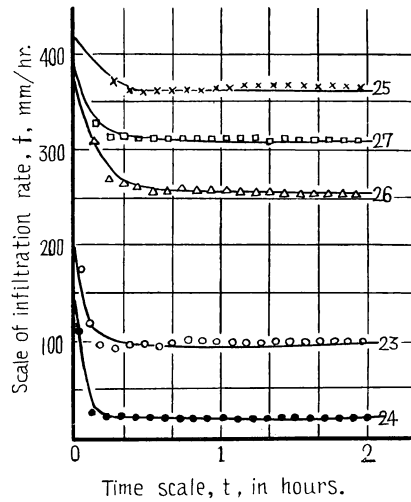
第三紀層・深成岩両地帯はともに岩手県南の北上川支流和賀川流域に所在している。この流域はほとんどブナ天然林によつておおわれている。第三紀層地帯の土壌 (Fig. 2.4, 2.6~2.12) は頁岩・砂岩などを母材料とする壤土・埴壤土であるが、モグラ・ネズミなどの生物の活動による孔隙が多く、根系の分布発達にはなほ旺盛である。全般的に土粒の結合状態も比較的高度であつて、ブナ天然林の断面 (Fig. 2.6, 2.10) では下層土においても顕著な団粒構造が発達しているのが認められた。砂岩を母材料とする



17...Site NO. X, Point NO. 17, Buna-Mizunara ass. (cut over-land by clear cutting method.)
 18...Site NO. XI, Point NO. 18, Buna ass.
 19...Site No. XII, Point NO. 19, Buna-Mizunara ass.
 20...Site No. XIII, Point NO. 20, Sawagurumi-Toti-Katsura ass.
 21...Site NO. XIV, Point NO. 21, Buna-Sawagurumi-Hannoki (*Alnus japonica*) ass.

Fig. 3.3 第三紀層地帯の林地における降雨期間と滲透レートの関係 (その2)

Relation of infiltration to rain duration. (Forest land in Tertiary system zone II.)



23...Site NO. XV, Point NO. 23, Bare land.
 24...Site NO. XVI, Point NO. 24, Siba (*Zosia pungens*, va. *japonica*) covered land.
 25...Site NO. XVII, Point NO. 25, Konara-Sakura (*Prunus jamasakura*) ass.
 26...Site NO. XVIII, Point NO. 26, Akamatsu ass.
 27...Site NO. XIX, Point NO. Karamatsu (*Larix leptolepis*) ass.

Fig. 3.4 火山灰地帯の林地・草生地・裸地における降雨期間と滲透レートの関係

Relation of infiltration rate to rain duration. (Forest land, grass cover and bare land in Volcanic ash zone.)

壤土の断面 Fig. 2.9 では、団粒構造の発達は見られなかったが、混入した石礫はすでに相当風化し機械的間隙が多く通水・通気性はともに良好であつた。この地帯では、地林況の変化に伴う土壌面へおぼす影響は比較的顕著なようで、物理的諸性質も変化に富んでいる。

深成岩地帯はこの流域では部分的に認められるものであつて、測定の対象になつた箇所は、崩壊地とこれが移行して林地になつたところ (Fig. 2.5) だけである。この付近一帯は土壌が浅く、30 cm 前後であつて、ところどころに基岩が露出している。この基岩の多くは花崗閃緑岩・石英粗面岩であつて、土壌は風化したこれらの岩石の細片に細土が填充したような石礫が多い。このようなところは機械的間隙が多く、降雨のあつたときには一度は滲透するが、ふたたび地表に溢出するところも認められた。

4.2. 降雨の経過時間と滲透との関係

各測点において、測定時間中の流下レートから、(A) 式に基いて滲透レートを求め、時間ごとにプロットしたものからさらに (B) 式にしたがい図示したのが、Fig. 3.1 に示す滲透曲線である。

A. 古生層地帯の林地の滲透曲線

1. は山火跡に天然に成立したアカマツ——コナラ——クリ群叢に属するアカマツの部分群叢であつて、

傾斜中腹以上の表土の浅い土地がその対象になっている。2 は沢沿いの肥沃地に植栽されたもので、生育も良好にして代表的なスギ林である。3 はコナラ・サクラを主とする薪炭林で、搬出の便が良いためいままでにしばしば萌芽更新を繰り返えされてきた林地である。そのために、地表は踏み固められて理学的性質のあまり良好でない土壤に移行している。

B. 第3紀層地帯の林地の滲透曲線（その1）

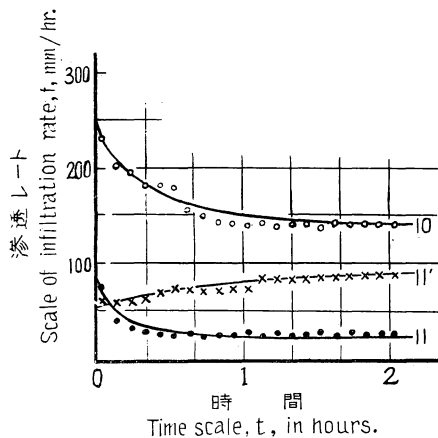
Fig. 3.2 に示したものは Fig. 3.3 に示したものと同様に新第三紀層地帯に成立した林地の資料であるが、前者は和賀川の支流尻平川流域のものである。この流域は土地条件があまり良くないため、生長・形質ともに不良な林木が多い。ここで、9 はこの流域の代表的森林植生であるブナ・ミズナラ群叢の林地であつて、地表は生物孔隙多く、また、根系特に毛細根の発達旺盛である。14 は沢沿いのブナ・サワグルミ・トチなどを主とする森林の5年前の伐採跡地であつて、現在はしだいに植生復旧しつつある。一方、13 はこれと同じ区域内であるが、伐木運材の折にその突落しなどのために地肌が露出し、固められた跡地である。降雨時には水みちとなるものと考えられ、測定値においても顕著な差異が認められた。12 は9 に似た林相をもつブナ・ミズナラ群叢の択伐跡地であつて、この伐採は昨年まで継続されていたものであるが、弱度のためにあまり破壊されておられない。地表は9 とほとんど変らない状態である。

C. 第三紀層地帯の林地の滲透曲線（その2）

これは和賀川支流夏油川流域における林地の資料で、この付近はブナ天然林地帯として代表的な植生を示す区域で、土地条件も良好なため、生長・形質ともに良い。ここで、18 はその典型的なブナ優良天然林と見なされ、19 はブナに加えミズナラ・イタヤ類の混交した傾斜地に成立する森林である。19 に比べて土壌浅く乾燥しているが、そのいずれも表層土には生物の活動が旺盛で、いたるところにその孔隙がみられるうへ、毛細根の発達もまた旺盛なのが特徴である。17 はほぼ19 と同じような林相を5年前に伐採した箇所であつて、伐木運材の際地表土壌は踏み固められ、また、太陽の直射に常にさらされているため土壌の理学的性質は悪化している。そして、植生の回復はほとんど認められない。20 は沢沿いの低湿地、または緩斜地にしばしばみられるサワグルミ・トチ・カツラを主とする天然林であるが、このような場所は四季を通じて湿潤であつて、おそらく降雨の際には過剰な水分は比較的速やかに流去して停滞することがないものと考えられる。21 はブナ・サワグルミ・ハンノキを主体とする天然林であるが、地層構造の不安定なため崩壊を生じつつある。Fig. 3.6 の22 はこの箇所において、すでに崩壊してしまった土壌の資料であつて、相互比較のため測定したものである。この崩壊した土壌は主として崩壊前の土壌層である（Fig. 2.11）。

D. 火山灰地帯の林地・草生地・裸地の滲透曲線

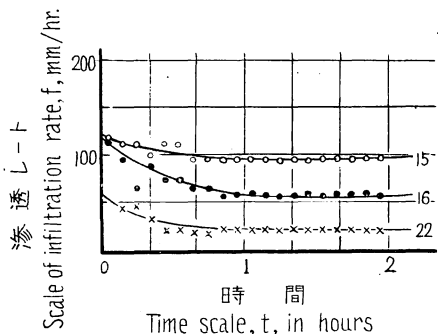
23 は完全裸地であつて、以前は広葉樹林であつたが皆伐され黒色の表層土が露出している。24 は密なるシバ生地で以前に踏み歩きされた場所なので、地表土壌は固結した状態にある。25 はコナラ・サクラ類を主とする薪炭林であるが、この地方で最も土地条件が良好で、土壌は有機物の含量多く弱度であるが団粒構造の発達やモグラ・ネズミ類の活動も旺盛であつて全般に膨軟である。理化学的性質の良好な土壌といえる。26 はアカマツの壮令天然林であり、28 はこれとほとんど同じ林相のものを5年前に皆伐したものである。有林地の方は落葉層も相当厚く、かつ膨軟な表層土をもっているのに反し、伐跡地は伐木運材その他の作業によつて表層の圧結がはなはだしく、また太陽の直射によつて落葉層は乾燥し分解停止した状態で飛散している。この地被物はおのずから蠟化し雨水を反撥している。27 はカラマツの人工林で



- 10....Site NO. V, Point NO. 10,
Disintegrated land. (Latter term.)
11....Site NO. VI, Point NO. 11,
Disintegrated land. (Early days)
11'....Site NO. VI, Point NO. 11,
Disintegrated land. (Early days)

Fig. 3.5 深成岩崩壊地における降雨期間と
滲透レートの関係

Relation of infiltration rate to rain
duration. (Disintegrated land in Plutonic
rocks.)



- 15....Site NO. IX, Point No. 15,
Disintegrated land, Taniutsugi (*Diervilla*
horten sis.) planting for erosion control.
16....Site NO. IX, Point NO. 16,
Disintegrated land, no management.
22....Site NO. XIV, Point NO. 22,
Disintegrated land, no management.

Fig. 3.6 第三紀層崩壊地における降雨期間
と滲透レートの関係

Relation of infiltration rate to rain
duration. (Disintegrated land in Tertiary
system.)

る。これと同じような測定を火山灰地帯のアカマツ林地土壌で行い興味ある結果をえたが、ここには曲線を掲げなかった。

H. 滲透曲線が特殊な傾向を示した例

あつて落葉が密に堆積し、分解が遅いため畳のような感じをあたえているが、表層土は膨軟で通気・通水性は比較的良好である。

E. 深成岩の崩壊地の滲透曲線

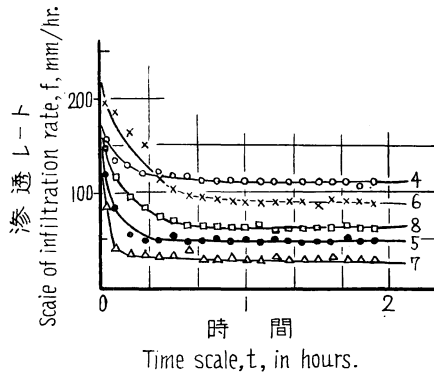
10, 11, 11' はいずれも同一系統の崩壊地であるが、10 は崩壊発生以来相当経過したいわゆる 老年期のものであつて灌木・従喬木類が侵入し崩壊土も安定した状態にある。11 は発生以来わずかし経過しないいわゆる 幼年期のものであつて植生はヨモギが点生する程度であるが、土壌は細礫の間に細土が填充したような状態で、特に表面は相当硬化し平滑な膜状をなしているため雨水は速やかに洗去している。11' は 11 と同区域にあるが、崩壊の端にあつて土壌はまだ安定せず、石礫間の孔隙を滲透水は自由に通過し時間の経過とともに逆に滲透を増加しているのが特徴である。おそらくこのような場所では、滲透水が傾斜に沿うて下方に移動し、ふたたび地表に溢出する中間流出になるものと考えられる。

F. 第三紀層の崩壊地の滲透曲線

Fig. 3.6 で 15 と 16 は同一区域の崩壊地であるが、15 は 2 年前にタニウツギを植栽した区域であり、16 は無処理の区域である。両区域とも天然植生の侵入はほとんどなく比較のために測定したものである。植栽地は多少滲透の増加が認められる。しかし、植栽後の経過まだ浅くその効果はむしろ今後に期待される。22 は前に述べた 21 の崩壊地であつて両者に大きな差異が認められた。

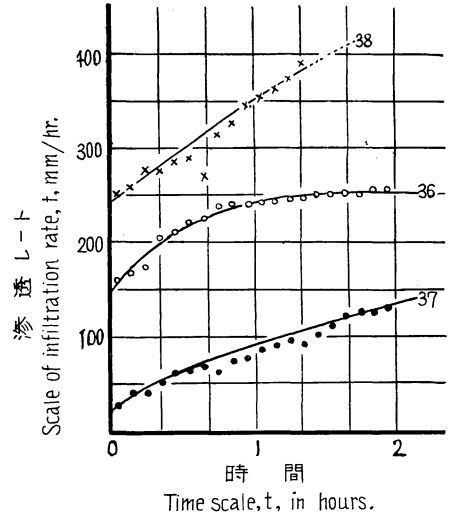
G. 古生層地帯の林地土壌各層位における滲透曲線

これは前に示した Fig. 3.1 の古生層林地において、落葉層を除去した場合と自然状態の差を比較するために測定したものである。ここで 4 はアカマツ林地において落葉層を除去し A₁ 層を露出した場合であり、5 は A₁ 層を除去し B 層を露出した場合である。また、6 はスギ林地において同様に A₁ 層を露出した場合であり、7 は B₁ 層を露出したもの、8 は A₁ 層を露出した場合であ



- 4....Site NO. I, Point NO. 4, Akamatsu ass. (exposed A_1 layer.)
 5....Site NO. I, Point NO. 5, " (exposed B_1 layer.)
 6....Site NO. II, Point NO. 6, Sugi ass. (exposed A layer.)
 7....Site NO. II, Point NO. 7, " (exposed B_1 layer.)
 8....Site NO. III, Point NO. 8, Konara-Kuri-Kasiwa ass. (exposed A_1 layer.)

Fig. 3.7 古生層地帯の林地の土壌各層位における降雨期間と滲透レートとの関係
 Relation of infiltration rate to rain duration. (under respective horizons in Tertiary system zone)



- 36....Fire break (bare land)
 37....Cut over-land by clear cutting method.
 38....Natural forest (Akamatsu ass.)

Fig. 3.8 降雨期間と滲透レートとの関係
 —特別な例—
 Relation of infiltration rate to rain duration. (an exceptional case.)

これらの曲線は降雨の経過時間とともに減退する通常型の減衰曲線と全く異なり、逆に増加の傾向を示している。このような例はすでに Fig. 3.5 の 11 でも示したが、このほかにも若干見いだされた。36は防火線となつている完全裸地であつて、夏季地表の火山灰質土壌が気乾状態まで乾燥したときに測定したもので、初期は水を反撥していたがしだいに滲透を増加している。37は同じく火山灰地帯の土壌をもつアカマツ天然林の伐跡地であるが、やはり落葉・地被物・地表土壌などこぶる乾燥していた時の測定例であつて、初期に雨水は水滴状をなして滲透することなく流去した。38は同じくアカマツ天然林であるが、地表土壌は膨軟で落葉層もかなり厚く適当な湿りをもっていた時に測定したもので、初期には 100mm/hr の強度で流下していたのがしだいに流下を減退し、ついに全く流下が認められなかつた。その後も測定は継続されたのであるが給水量をすべて滲透せしめたのである。

4.3. 最終滲透レートの比較

地表流下と関連して滲透能を考えると、地表流下は地面がじゅうぶん湿り、地上残留量があるようになってから起るのであるから、降雨時間が相当経過し土がじゅうぶん湿つたと考えられるときの安定した滲透レートが重要になってくる。各測定資料から、測定時間の最後の 15 分間の 5 点の平均値をもつて最終滲透レートとみなし、これを次のごとく棒図表で示した。

A. 古生層地帯の林地の最終滲透レート

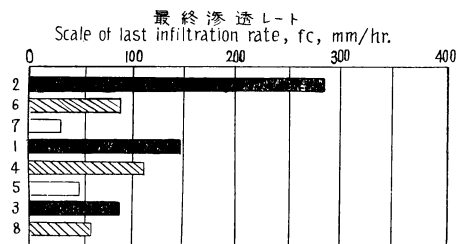


Fig. 4. 1 古生層地帯の林地における最終滲透レート
Last infiltration rate forest in Palaeozoic system zone.

- 1....Site NO. I, Point NO. 1, Akamatsu ass.
- 4....Site NO. I, Point NO. 4, exposed A₁ layer.
- 5....Site NO. I, Point NO. 5, exposed B₁ layer.
- 2....Site NO. II, Point NO. 2, Sugi ass.
- 6....Site NO. II, Point NO. 6, exposed A₁ layer.
- 7....Site NO. II, Point NO. 7, exposed B₁ layer.
- 3....Site NO. III, Point NO. 3, Konara-Kuri-Kasiwa ass.
- 8....Site NO. III, Point NO. 8, exposed A₁ layer.

B. 第3紀層地帯の林地の最終滲透レート

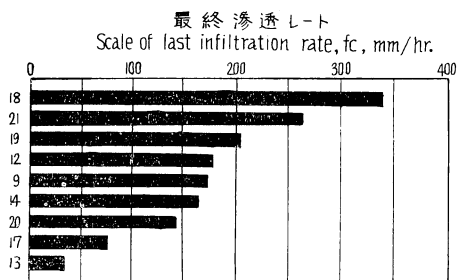


Fig. 4. 2 第三紀層地帯の林地における最終滲透レート
Last infiltration rate of forest in Tertiary system zone.

- 9....Site NO. IV, Point NO. 9, Buna ass.
- 12....Site NO. VII, Point NO. 12, Buna-Mizunara ass. (cut over-land by selection method.)
- 13....Site NO. VIII, Point NO. 13, Sawagurumi-Toti-Katsura ass. (cut over land by clear cutting method.)
- 14....Site NO. VIII, Point NO. 14, Natural condition of Point NO. 13
- 17....Site NO. X, Point NO. 17, Buna-Mizunara ass. (cut over land by clear cutting method.)
- 18....Site NO. XI, Point NO. 18, Buna ass.
- 19....Site NO. XII, Point NO. 19, Buna-Mizunara ass.
- 20....Site NO. XIII, Point NO. 20, Sawagurumi-Toti-Katsura ass.
- 21....Site NO. XIV, Point NO. 21, Buna-Sawagurumi-Hannoki ass.

C. 火山灰地帯の林地・草生地・裸地の最終滲透レート

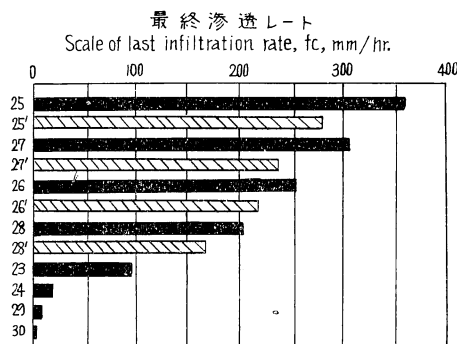


Fig. 4. 3 火山灰地帯の林地・草生地・裸地における最終滲透レート
Last infiltration rate of forest, grass cover bare land in Volcanic ash zone.

- 23....Site NO. XV, Point NO. 23, Bare land.
- 24....Site NO. XVI, Point NO. 24, Siba covered land.
- 25....Site NO. XVII, Point NO. 25, Konara-Sakura ass.
- 25....Site NO. XVII, Point NO. 25, exposed A₁ layer.
- 26....Site NO. XVIII, Point NO. 26, Akamatsu ass.
- 26....Site NO. XVIII, Point NO. 26, exposed A₁ layer.
- 27....Site NO. XIX, Point NO. 27, Akamatsu ass. (cut over land by clay cutting method.)
- 27....Site NO. XIX, Point NO. 27, exposed A₁ layer.
- 28....Site NO. XX, Point NO. 28, Karamatsu ass.
- 28....Site NO. XX, Point NO. 28, exposed A₁ layer.
- 29....Foot path, maked with upper soil.
- 30....Foot path, maked with under soil.

D. 崩壊地の最終滲透レート

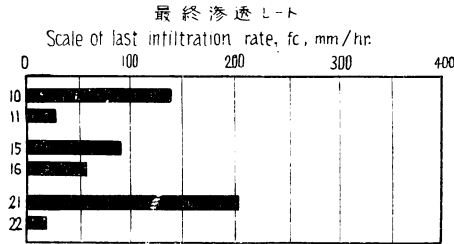


Fig. 4. 4 崩壊地の最終滲透レート
Last infiltration rate of disintegrated lands.

21 は 22 の崩壊前の林地であるので、比較対象のためこの図の中に含めたのである。

E. 火山灰地帯の林地土壌各層位最終滲透レート

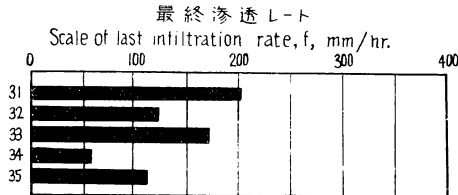


Fig. 4. 5 火山灰地帯の林地土壌各層位の最終滲透レート
Last infiltration rate under respective horizons volcanic ash zone.

- 10....Site NO. V, Point NO. 10, Disintegration land. (latter term)
11....Site NO. VI, Point NO. 11, Disintegration land. (early days)
15....Site NO. IX, Point NO. 15, Disintegrated land, Taniutsugi (*Diervilla kortensis*) planting for erosion control.
16....Site NO. IX, Point NO. 16, Disintegrated land, no management.
21....Site NO. XIV, Point NO. 21, Buna-Sawagurumi-Hannoki ass.
22....Site NO. XIV, Point NO. 22, Disintegrated land, no management.

- 31....Site NO. XX, Point NO. 31, Akamatsu ass. (cut over land by clear cutting method.)
32....Site NO. XX, Point NO. 32, exposed A₁ layer.
33....Site NO. XX, Point NO. 33, exposed V_s layer.
34....Site NO. XX, Point NO. 34, exposed A₁' layer.
35....Site NO. XX, Point NO. 35, exposed B₁' layer.

4.4. 測定の条件と滲透レート

測定の際の地表処理・地表の傾斜・土湿・降雨強度（給水強度）とともに最終滲透レート（最小滲透能）と初期滲透レート（最大滲透能）を総合的に表示すると Table 5 のとおりである。

Table 5. 測定の条件と初期滲透レート (f_0), 最終滲透レート (f_c) の値
Measurement condition and value of initial infiltration rate (f_0), last infiltration rate (f_c).

位置 Site NO	測点 Point NO	測定条件 Measurement condition				滲透レート Infiltration rate		
		地表状態 Surface condition	傾斜* Slope	土湿** Soil Moisture	降雨強度 Rainfall intensity	f ₀	f _c	
						(mm/hr)	(mm/hr)	
I	{	1	Natural condition	25	W ₁	200	174	146
		4	Exposed A ₁ layer	25	W ₁	200	166	111
		5	Exposed B layer	25	W ₁	200	113	29
II	{	2	Natural condition	25	W ₂	350	385	284
		6	Exposed A ₁ layer	25	W ₂	200	219	88
		7	Exposed B layer	25	W ₂	200	113	29
III	{	3	Natural condition	25	W ₁	200	176	87
		8	Exposed A ₁ layer	25	W ₂	200	190	60
IV		9	Natural condition	30	W ₂	300	218	173
V		10	"	35	W ₂	200	261	140
VI	{	11	"	35	W ₂	200	88	22
		11'	"	35	W ₂	200	54***	85***

Table 5. (続)

位置 Site NO	測点 Point NO	測定条件 Measurement condition			浸透レート Infiltration rate		
		地表状態 Surface condition	傾斜* Slope	土湿** Soil Moisture	降雨強度 Rainfall intensity	f ₀	f _c
					(mm/hr)	(mm/hr)	(mm/hr)
VII	12	Natural condition	30	W ₂	300	318	180
VIII	13	Exposed A ₁ layer	33	W ₁	200	110	30
	14	Natural condition	33	W ₂	200	181	165
IX	15	Bare land (Taniutsugi planting for erosion control)	38	W ₁	200	125	93
	16	Bare land (non management)	38	W ₁	200	123	57
X	17	Natural condition	35	W ₁	200	98	76
XI	18	"	30	W ₂	400	377	341
XII	19	"	28	W ₂	400	329	204
X III	20	"	30	W ₂	200	158	145
X IV	21	"	30	W ₂	400	320	262
	22	Exposed V _{P1} layer	30	W ₁	200	110	30
X V	23	Bare land (non management)	25	W ₁	400	205	96
X VI	24	Natural condition	25	W ₁	400	142	24
X VII	25	"	25	W ₂	400	416	360
	25'	Exposed A ₁ layer	25	W ₂	400	364	268
X VIII	26	Natural condition	25	W ₂	400	386	351
	26'	Exposed A ₁ layer	25	W ₂	400	320	221
X X	27	Natural condition	25	W ₂	400	391	208
	27'	Exposed A ₁ layer	25	W ₂	400	278	240
X IX	28	Natural condition	25	W ₁	400	248	218
	28'	Exposed A ₁ layer	25	W ₁	400	220	167
	29	Bare land (Foot path, maked with upper soil.)	25	W ₁	200	26	6
	30	Bare land (Foot path maked with under soil.)	25	W ₁	200	22	2
X IX	31	Natural condition	25	W ₁	240	255	204
	32	Exposed A ₁ layer	25	W ₁	240	187	124
	33	Exposed V _S layer	25	W ₀	240	235	166
	34	Exposed A ₁ ' layer	25	W ₁	240	134	60
	35	Exposed B layer	25	W ₁	240	187	107

*地表の傾斜

Slope of ground surface.

**土湿は感触によつて次のように分けた

Soil moisture was arranged by touch: W₀ (0—25%), W₁ (25—50%), W₂ (50—75%), W₃ (75—100%)

***これらは一定とならない値かもしれない

These may be inconstant value.

5. 考 察

Table 5 にみられるように、この試験により得られた最終浸透レートはきわめて大きいものであり、林地においてはほとんど全部が 100 mm/hr 以上であり、中には 300~360 mm/hr に達する箇所もあつた。HORTON の考えによると、降雨余剰が地表流下と残留量になるということである。このような測定値からみると、この地方の降雨強度は 10~20 mm/hr でも相当に強い方にはいるもので、地表流下は全く生じないことになるが、実際に生ずることはよく認められることである。この点については、平田博士は「その

土地の滲透能に達しないうちに地表流下の現象があるのは、同一区域でもいろいろな部分から構成されており、そのうちの滲透のしにくい部分は水みちとなつて地表流下が起る。ところが、それ以外の部分はまだ滲透能に達しないため雨水のすべてが滲透している。しかし、降雨強度が滲透能の最大の部分を越せば滲透強度もほぼ一定の値を得られる。」として、林地の滲透能はかなり高いことを認めつつ、滲透能に達しない雨でも容易に地表流下が起ることを述べている。しかして、今回はこの降雨強度によつて変化する滲透度については触れなかつた。

5.1. 地被状態と滲透

Table 5 より、一応他の条件の相違を無視して、地被状態別に分類した平均値をとると、最終滲透能は Table 6 のようになる。

Table 6. 地被状態と最終滲透レート
Condition of surface cover and last infiltration rate.

地被状態 Condition of surface cover	林地 Forest land	伐跡地 cut over-land	崩壊地 Disintegration land		草生地 Grass cover	歩道 Foot path
			裸地 Bare land	砂防植栽 Planting for erosion control		
最終滲透レート f_e mm/hr	223	146	68	93	24	4

これよりみて、他の因子も入り込んでいることと、またこれによる差を無視できるだけのじゆうぶんな測定回数ではないので、確言はさけるけれども、だいたいの傾向を示しているものとしてよいのではあるまいか。すなわち、林地に対して伐跡地はほぼ 65%，無処理自然状態の崩壊地は 29%，草生地は 10%，歩道は 2% である。伐跡地の滲透能の減少傾向もさることながら、崩壊地の減少傾向はそれよりもはるかに大きく、歩道にいたつては著しいものがある。草生地の小さいことも目だつことであり、崩壊地よりも小さく、ほぼ 1/3 ということは常識的に考えて疑問がもたれるが、これはその測定箇所の特異な条件が影響したものと考えられる。しかして、他の測定方法による草生地の滲透レートが、これほど小さくないことは後述するとおりである。

また、Table 5 にみられるように、崩壊地にタニウツギを 2 年前に植栽したところにおいては、最終滲透レートは 57 mm/hr から 93 mm/hr にとほぼ 1.6 倍に増加し、またこの表には含めていないが、第三紀層地帯の林道開設にともなう崩壊地において、カンスゲ・シラハギを植栽したところ、2 年後に同じく滲透レートは 2 倍以上に増加している。このように砂防植栽による滲透レートの増加は著しいものであり、これがある年数経過した場合の影響はさらに著しいものであろう。また測定はしなかつたけれども、植生で被覆された場合の侵蝕におよぼす影響を考えると、砂防植栽など植生で被覆することの重要性は明らかであろう。

つぎに、地被物を除去した影響や土壌各層位別に測定した例について考えてみたい。A₁ 層を露出させた結果の測定が林地に 6 例、伐跡地に 2 例あり、その結果、滲透レートが無処理の自然状態に比し、林地が 69%，伐跡地が 78% に減少した。林地の場合その範囲は 31~88% と偏差が大きく、A 層の露出による滲透レートの減少程度も伐跡地の方が大きいと断定することは危険であろう。要するに、このよう処理による影響としては、滲透レートの減少傾向があることはまず間違いのないことであり、その減少程度は自然状態の 70~80% になるものとしてよいであろう。同様に B 層を露出させて測定したところ、

Table 7. 自然状態と落葉層を除去した場合との最終滲透レートの比較
Comparison of last infiltration rate between natural condition and removed leaf-litter.

植 生 型 Vegetation type	落葉層の深さ Depth of leaf-litter layer cm	状 態 Condition	
		自然状態 natural	除去した状態 removed
Akamatsu (<i>Pinus densiflora</i>) ass.	6.5	100	76
Sugi (<i>Cryptomeria japonica</i>) ass.	11.0	100	39
Konara (<i>Quercus serrata</i>)—Kuri (<i>Castanea crenata</i>)— Kasiwa (<i>Q. dentata</i>) ass.	7.0	100	69
Konara-Sakura (<i>Prunus jamasakura</i>) ass.	5.5	100	74
Karamatsu (<i>Larix leptolepis</i>) ass.	2.5	100	78

林地のわずか 2 例の場合であるが、もとの滲透レートの 10~20% に減少した。この数字は崩壊地の 29% という数字に比較して小さいけれども、これは崩壊面が露出している間に、滲透性を増加させたためであるかもしれない。また、落葉層を除去した影響としては、Table 7 に示されたように、自然状態のものに比較して、ほぼもとの 40~80% 程度に減少している。一応、落葉層の厚さが大きい場合ほど、これを除去した場合の滲透レートの減少程度が著しいようにみえる。しかし、植生型による質的な差異を無視して考えることができない。たとえば、アカマツ・カラマツなどの落葉はコナラ・クリ・サクラなどのものに比較して、分解が遅く、その新しいものが密に堆積した場合や、はなはだしく乾燥した場合などは水を反撥する性質さえもつている。

このように植生密度の小さいところは滲透レートが小さく、また、地表の落葉層など地被物を除去したり、A 層または B 層を露出した場合の滲透レートの減少傾向は、その原因として、土壤の細かい粒子が移動して孔隙が塞がるのが大きな作用と考えられる。もちろん、落葉層自体の水分保留は無視できない。このことは同じ場所で測定を繰り返すことによつて、一般に滲透性が減少することが認められたし、落葉層を除去したときの減少傾向が著しいことによつても示されている。

5.2. 地質・土壤と滲透

地質構造からみて、その滲透性に傾向があるかどうかを知るために、一応他の条件を無視して林地について比較してみた。火山灰・第三紀層・古生層の各地帯において、平均した滲透レートはそれぞれ 276 mm/hr, 225 mm/hr, 172 mm/hr であり、第三紀層・古生層地帯は火山灰地帯のほぼ 80%, 60% であり、火山灰地帯の滲透性が最も大きいことを認めた。この場合、地質構造といつても基岩そのものは対象にならず、生成された土壤の性質が問題である。すなわち、一般には砂質土壤は埴質土壤よりも滲透性が大きいことは認められている。火成岩系統の土壤、ことに火山灰・火山砂を主とする土壤が大きく、これに対して水成岩系統の土壤ことに泥濘の沈積土が小さいようである。

最終滲透レートと土壤の諸性質の間の相関係数を計算したところ、Table 8 に示すようになった。

この表よりみられるように、一般に相関係数はきわめて小さい。比較的大きいのは火山灰土の表層土における透水係数のみで $0.743 > 0.729 (\alpha = 0.01)$ であつた。

まず、粒径についてみると、粗砂分に対して正の関係を示し、粘土分に対して負の関係がみられる。このことは当然のことであろうと考えられるが、砂質の土壤が滲透性が大きいことを示している。しかし、その相関の程度は表の数値が示すとおり著しいものではない。また、粘土質のものが負の相関をもつこと

Table 8. 表層土の理学的諸性質と最終滲透レートとの相関関係
Correlation between last infiltration rate and physical properties of surface soil.

土 壤 の 理 学 的 特 徴 Physical properties		相関係数 Correlation coefficient
機械的組成 Mechanical composition	粗砂 Goarse sand (2.0–0.25 mm)	0.348
	細砂 Fine sand (0.25–0.05 mm)	0.327
	微砂 Silt (0.05–0.01 mm)	0.245
	砂分計 The total	0.434
	粘土 Clay (0.01 mm<)	–0.434
	微砂と粘土 Silt and Clay	–0.371
孔 隙 量 Porosity	採取容積に対する The volume of sampling soil	0.342
	細土容積に対する The Volume of fine soil	0.377
自然状態の容積重 Volume weight in natural condition		–0.135
圧結度 Field density coefficient		–0.315
保湿容量 Water holding capacity		–0.115
自然状態の透水係数 Percoration coefficient in natural condition		0.743
有機物含量 Organic matter		–0.417
pH		0.253

はたとえこれが有意でないにしてもうなずけることであろう。この場合、単に粒径上で分類された粘土分というものも重要であるが、この質的組成、たとえば火山灰地帯の粘土のように、水を含んでも膨潤化する傾向の少ないものは、その影響が比較的小さいと思われるが、これと反対の膨潤化する膠質粘土の場合は重要な関係があるものと考えられる。

つぎに、孔隙量のことであるが、これは滲透性に影響する大きな因子であることは間違いないであろう。しかし、その相関係数が一応正ではあつても、比較的に小さいのは、孔隙についての質的考慮がなされていないことによるものと考えられる。すなわち、滲透に影響するものは主として大孔隙（非毛管孔隙）であり、小孔隙（毛管孔隙）はたいした関係がないものと考えられる。すなわち、火山灰地帯の砂質壤土はそれほど全孔隙量が大きくなくとも、非毛管孔隙が多いために、水の流動がきわめて速やかであり、特に火山砂層はそれが著しかった。これに対して重粘な埴質壤土は、全孔隙においてあまり差異がなくとも毛管孔隙の占める割合が大きく、これが給水と同時に水によつて満されやすく、透水にはほとんど役立たない。したがつて、この非毛管孔隙を知ることが重要であると考えられる。

つぎに、その他の土壤要素との関連であるが、相関係数を計算した範囲内においては、圧結度・有機物含量が負の関係を示し比較的高い程度にはいるが、これらは有意を示すまでに至っていない。なお、有機物含量が負の相関を示しているが、これは常識的に考えた場合と逆な傾向であるが、これらの理由については今後の問題としたい。

また、透水係数の相関係数が目だつて大きく、これは意味があると考えてよい。これについては、できるだけ自然状態の土壤について測定するために、装置を試作して行つたものである。

数字をもつて表わさなかつた土壤要素の中に、土壤構造・地中動物の活動による孔隙や根系の腐植に伴

う孔隙など考えられる。前者については、団粒分析は行わなかったが、Fig. 2.2 のスギ林地や Fig. 2.8 のブナ林地の断面では、落葉層下から下層土に達するまで顕著な団粒構造を示していた。このような場所では団粒構造を形成することによつて土壌の大孔隙を著しく増加させ、通水性・通気性を大にしているものと考えられた。一方、後者についてであるが、農耕地の土壌に比べて森林土壌には爬虫類や両棲動物が地中に冬眠しているし、多くの昆虫はある期間中は地中に過ごし、ネズミ・モグラ・ミミズのように地中に生活する動物もある上に、無数の微小動物は林地堆積物中に生棲している。これら森林土壌に生活する各種の生物の働きのうちで、小なるものはたえず土を動かし膨軟にすることによつて孔隙性を保ち、有機物と土粒の結合を助けて土壌の滲透性を増加している。これとともに、植物根系も生きている間はもちろん土塊の小さい割目に入り込んで団粒構造を増加し、枯死すると間もなく分解して水の滲透する通路になっている。この動植物による孔隙の増加作用が滲透性にあたえている影響は、天然林で想像以上顕著であると想像され、同一測定箇所内でも、測点の位置によつて滲透レートに大差をあたえていることなどはほとんどこのような原因に関連しているのではないかと考えられる。

以上、土壌要素と滲透との関係は必ずしも単純なものではなく、一次的・二次的なものが複雑に結合しているものと考えられ、この報告では一応関連要素との相関係数を求めたが、資料も少なく今後の研究を必要としているから、これらのことは将来の課題としたい。

5.3. 他の方法による測定値との比較

前に述べたように、この測器による測定結果は、一般に滲透能として考えられる値よりはかなり大きいものであつた。また、測定の際の誤差を生ずる原因を考えることについても検討したが、いずれも大きな値をあたえる要素ばかりであり、積極的に小さな値をあたえる要素は一つもなかつたことは3.2にみられるとおりである。

相対的な比較にとどまらず、絶対量をも押えて山地からの出水の解析まで進むことを目標としているのであるから、この点の究明を進めることは必要であろう。このために、他の測定方法による値と比較することにした。比較の対象としては、当研究室で行っている MUSGRAVE の円筒滲透計によるものと、シャワーによる人工降雨式の地表流下試験の両者と比較することにした。

1) MUSGRAVE の円筒滲透計による測定値との比較

これは直径 9inch、長さ 20 inch 円筒を地表が水平とみなしうところに打ち込み、地表に薄い水のフィルムができるように給水し、常に一定の水頭を保つように補給することによつて、滲透レートを決定し

Table 9. 山地滲透計の方法とマスグレーブの円筒滲透計の方法による最終滲透レートの比較
Comparison of last infiltration rate between the mountain infiltrometer method and
MUSGRAVE's tube method.

植生型 Vegetation type	地表面の状態 Condition of earth's surface	山地滲透計 Mountain infiltrometer		マスグレーブの 円筒滲透計 MUSGRAVE's tube	
		mm/hr	%	mm/hr	%
Akamatsu (<i>Pinus densiflora</i>) ass.	Natural condition	252	110	292	116
	Exposed A ₁ layer	221	100	—	—
Cut over-land by clear cutting	Natural condition	218	100	217	99
	Exposed A ₁ layer	167	100	156	93

たものである。

Table 9 は火山灰地帯のアカマツ天然林およびその伐跡地の2箇所において、ほとんど同時期に両方法によつて測定した値を比較したものである。滲透レートが大きいことは共通であるが、MUSGRAVE の測定値はこの測器によるものに対して、93~116%, 3箇所平均で 105% ときわめて近い値を示している。

以上のことは地被・土壌の条件がほとんど同一とみなしうところにおけるわずか3例であり、これをもつて他の条件下においてもこのように類似した値をうるということは確言できない。両方法から比較しても、一方は平坦地で薄い水フィルムを保ち、滲透分のみ分離地中に滲入する最大レートによつてゐるのであり、他方は傾斜20°の斜面で上端より一定量の給水をしながら、地表流下量に関連して滲透レートが決定するように全く異なつてゐる。しかし、比較的近い測定値を得たということは興味をもたれる。

2) シャワーによる人工降雨式の地表流下試験の測定値との比較

これは傾斜 30°, 1m×1.5m の小プロットにシャワー散水による試験であり、やはり地被・土壌の条件がほとんど同じ場所で比較した資料が Table 10 である。この滲透計の測定値に対して、シャワー式小プロットのものは、草生地が2倍以上なるものを除いてみると、40~70% であつて平均58% である。耕耘した裸地の 40% をもし別に考えると 56~70% とさらに範囲は小さくなる。この小プロットの方が小さい値を示す因子として、降雨強度が小さいこと (約 180 mm/hr) も考えられるが、給水方法の相違 (上端より流し込み式とシャワー散水)・斜面長の相違 (30 cm と 150 cm)・枠の外側周辺の水分条件の相違 (シャワー式の方が枠外周辺まで給水されていること)などの諸条件も影響しているものと考えられる。しかして、測定方法としては、この報告による結果は、MUSGRAVE の方法に対してよりも、むしろ小プロットの方とある関係をもつのが当然であらうと考えられる。この場合、小プロットの方の測定値が小さいということは前の考察でうなづけるとしても、現状の資料では両者の関係を数式的なもので表わす段階ではない。

Table 10. 山地滲透計の方法と流下量区の方法による最終滲透レートの比較
Comparison of last infiltration rate between the mountain infiltrometer method
and run-off plot method.

植 生 型 Vegetation type	山地滲透計 Mountain infiltrometer		流下量区 Run-off plot	
	mm/hr	%	mm/hr	%
Bare land (cultivated)	178	100	71	40
Bare land (no management)	218	100	122	56
Grass (<i>Zoysia pungens</i> var. <i>japonica</i>) covered land	23	100	54	235
Konara (<i>Quercus serrata</i>)-Sakura (<i>Prunus jamasakura</i>) ass.	231	100	162	70
Cut over-land, Akamatsu (<i>Pinus densiflora</i>) ass.	194	100	133	67
Karamatsu (<i>Larix leptolepis</i>) ass.	254	100	145	57
Bamboo (<i>Sasa albo-marginata</i>) covered land	—	—	172	—

6. 要 約

この報告は、山地斜面およびその他の土地の斜面における雨水の滲透機能について検討を行つたものである。その目的とするところは、森林その他の地被の滲透におよぼす影響を明らかにすることであり、さらに森林の流出におよぼす影響を知る最初の段階でもあつた。滲透能測定は試作した新しい型の山地滲透

計を試用した。この研究において、測定した箇所は岩手県地方の山岳森林地帯において、地林況の異なつた区域を選んだ。この研究の基本的な考え方は、R. E. HORTON の滲透説に基いている。実験装置についてまだいくらか検討を要する点もあるが、1952 年から 1954 年までの 3 年間の測定資料を取りまとめた結果は次のごとく要約される。

(1) 森林は他の土地すなわち、草地・崩壊地・防火線・歩道などよりもはるかに高い滲透機能をもっている。森林についても、その滲透機能は環境の差異によつて影響される。たとえば、良い立地条件と良い取扱いのなされたブナ天然林は最も高い。しかしながら、他方 5 年前に皆伐され放置した場所は非常に低い。崩壊地について、その機能は崩壊発生後の経過期間と状態による差異が影響している。崩壊発生後相当期間を経て、地表植生や灌木の侵入した安定した場所は、発生後の間もない新生崩壊地よりも高かつたし、崩壊裸地にタニウツギを砂防植栽した場所は、無処理の場所よりもわずかに高いことを示している。

(2) 滲透能と降雨期間との関係については、その初期期間において滲透レートは非常に高い。しかし、0~0.5 時間くらいでそれは急激に減少し、0.5~2.0 時間では最少の一定値に近づいた。これは一般的な傾向であつて、この減衰曲線の描いた経過は消耗現象によく見られるものである。しかしながら、火山灰地帯におけるアカマツ林伐跡地で、地表面が非常に乾燥したときに、この傾向は時間とともに増加する逆の曲線を描いた。

(3) 測定を終期における一定の滲透レート（最終滲透能 f_c ）は測定値から最後の 15 分間の平均値から得られる。また、その初期における大きな滲透レート（初期滲透能 f_0 ）は、次の HORTON の式から得られる。すなわち、その式は $f = f_c + (f_0 - f_c)e^{-kft}$ である。

実験から得たこれらの値は、一般に期待した滲透能の値よりもはるかに大きい。地被状態別に分類した f_c の値は次のとおりである。

森	林	自然状態		落葉層除去
		mm/hr	%	
		223	100	154
伐	採	146	65	114
崩	壊	69	29	—
草	生	24	10	—
歩	道	4	2	—

(4) 滲透機能に影響する環境因子として次のごときものが認められる。すなわち、落葉層の厚さと特徴・地表植生の被覆とその根系・林木の根系・土壌の構造と土性・土壌の孔隙量（特にその非毛管孔隙）・圧結度・自然状態土壌の透水係数・土壌中の有機物含量・生物の活動や枯死した根系による大孔隙などがある。これらの因子の中で、表層土の自然状態の透水係数は最終滲透レートとの相関関係において、高い有意性が認められる（相関係数 0.743）。

(5) 客観的な妥当性を見るために、この山地滲透計で得られた最終滲透レートと MCGRAVE の円筒滲透計、人工降雨による流下量区の実験で得られた値と比較した。これら 3 方法は同じ区域で測定したものであるが、これによつて明らかな関係は認められなかつたけれども、測定値に狭い範囲にあつた。このほかに比較する資料をもたず、またこの山地滲透計はその測定値が比較的大きくなる要素をもっているが、林地滲透能の多くは現実に起る最大の強度の降雨よりもはるかに大きいであろうと考えられる。

(6) この山地滲透計は他の方法に匹敵できない多くの利点を備えている。すなわち、携帯に便利でどこへでも持ち運びできること、林地の斜面で使用できること、少量の水で測定できること（山地で多量の水をうることは想像以上に困難である）などあり、そしてまた、地表流下に関連して滲透能が測定できるようになっている。この試験をとおして、この測器に若干の欠陥を見出したが、これらの多くは測定操作への留意と測器の改善によってある程度是正できるから、適法のない現在これは有用なものと考えられるだろう。

文 献

- 1) HORTON Robert E.: The role of Infiltration in the hydrologic cycle. Trans. Amer. Geophys. Union. (1933) p. 446~460
平田徳太郎訳：林業試験場集報 62
- 2) HORTON Robert E.: Analysis of run-off experiments with various infiltration-capacity. Trans. Amer. Geophys. Union. (1939) p. 693~711
平田徳太郎訳：林業試験場集報 62
- 3) COOK Howard L.: The infiltration approach to the calculation of surface run-off.
平田徳太郎訳：地表流下量の計算に関する滲透法
- 4) FREE C. R., BROWNING G. M., MUEGRAVE G. W., and others: Relative infiltration and related physical characteristics of certain soils. Depert. Agri. Washington D, C. (U. S. A.) (1940)
- 5) LINSLEY Ray K., KOHLER Max A. and PAULHUS Joseph L. H.: Applied Hydrology. (1949) p. 309~315
- 6) ROWE: Influence of woodland chaparral on soil and water in Central California.
- 7) 平田徳太郎：出水——降雨の流出——林業普及シリーズ 34, 林野庁編, (1952)
- 8) 平田徳太郎：水資源と森林, 林業普及シリーズ, 11, 林野庁編, (1950)
- 9) 平田徳太郎：森林と滲透, 林業技術, 138, (1953) p. 31~34
- 10) 平田徳太郎：森林の治水機能限界について, 林業技術, 139, (1953) p. 13
- 11) 森林保全研究会：滲透・土壌・地下水に関する研究, 森林保全研究会, (1953), p. 1~38
- 12) 森林保全研究会：滲透, 森林保全研究会, (1954)
- 13) 斜面の滲透性を表わす示標, 東大演習林報告, 47, (1955), p. 111~123
- 14) 野満隆治：河川学, 地人書館, (1943)
- 15) 斎藤美代司：水理と水源, 成美堂書店, (1939), p. 116~132, 205~224
- 16) 金子 良・森田 浩・新倉重延：小流域河川の流出機能, 農研報告, F. 2, (1952), p. 1~62
- 17) 飯塚 肇：林地の滲透能と斜面の浸蝕, 新砂防, 11, (1953), p. 6~13
- 18) 井上 桂：滲透法による森林理水試験, 北方林業, 7, 1, (1955), p. 22~23

Some Measurements by New Type of Mountain Infiltrometer. (1)
Tadashi SATO, Yosuke MURAKAMI, Hiroshi MURAI, and Keiichiro SEKIKAWA:

Résumé

This report deals with the infiltration function on the slope area of forest land and other lands. The purpose of this study is to determine the effects of forest cover and other ground cover on the infiltration function, and at the same time, it is the first step towards knowing forest influence to runoff. The determination of infiltration capacity was performed with the aid of a new type of mountain infiltrometer which was manufactured and here given a trial. The measured sites included in this study were 20 areas selected as representative of important contrasting sites and forest conditions in a mountain forest in Iwate district.

The fundamental idea of this study is based on professor HORTON's "Infiltration theory". Some consideration should be given to the instrument used and the measurement method. The results of the adjustment of the data for three years from 1952 to 1954 inclusive are briefly summarized as follows:

(1) Forest land has a far higher infiltration function than other lands, for instance, the grass-covered, the disintegrated, the firebreak, and the footpath. On the forest, the infiltration function is influenced by surroundings. For example, Bunna (*Fagus crenata* ass.) natural forest, which has a good habitat and treatment has the highest. On the other hand, clear cut over-land, cut five years previously has a very low one. On disintegrated land, the infiltration function is influenced by difference of process and condition after the outbreak. We find that stable disintegrated land of advanced age, which has ground vegetation and some bushes, is higher than that of younger years. On bare integrated land, Taniutsugi (*Diervilla Middenorffiana*) planted for erosion control it is a little higher than the non-managed one.

(2) On the relation of infiltration capacity to rain duration, in the initial duration, infiltration rate is very high, but in 0—0.5 hours it decreased sharply, and 0.5—2.0 hours it approached a constant value of the smallest, in general. This process drew the decline curve, which is taken to be a consumption phenomenon. However, on clear cut over-land in the volcanic zone, when the earth's surface is very dry, this tendency moved backwards and increased with the passing of time.

(3) Constant infiltration rate in the last duration of measurement (initial infiltration capacity= f_c) is obtained from the average value at the last 1/4 hour, and the greatest infiltration rate at the initial duration (final infiltration capacity= f_0) is calculated using the following equation by Horton: $f = f_c + (f_0 - f_c)e^{-kft}$.

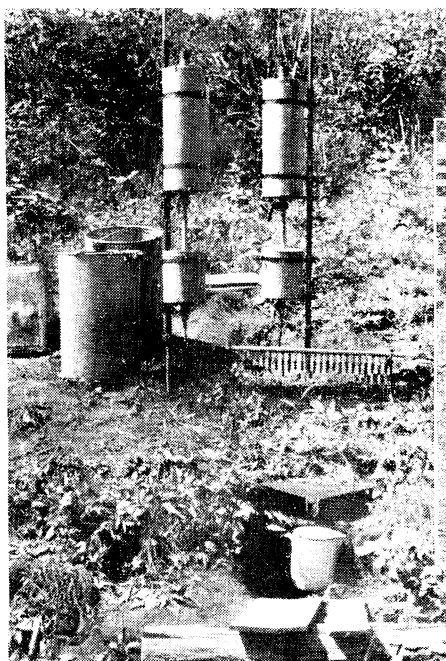
These values which were obtained from our observation are far greater than the generally expected infiltration capacity. The experimental values of f_c which are classified under each condition of ground cover are as follows:

	undisturbed		excepted A ₀ layer
	mm/hr	%	mm/hr
Forest land	223	100	154
Cut over-land	146	65	114
Disintegrated land	65	29	—
Grass-covered land	24	10	—
Footpath	4	2	—

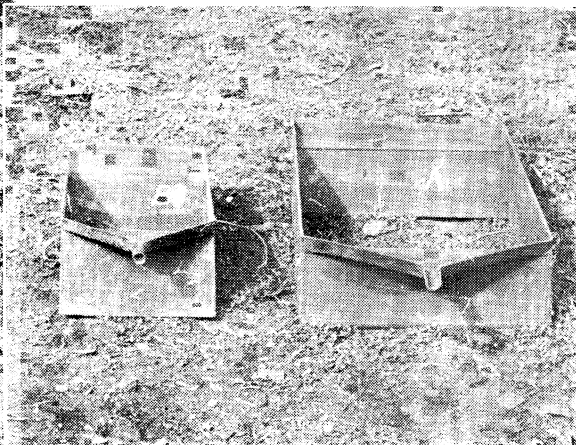
(4) As to environmental factors which effected the infiltration function, we observed as follows: Thickness and character of leaf-litter, cover and root system of ground vegetation, root system of stand, texture and structure of soil, soil porosity (especially non-capillary porosity) coefficient of field density, percolation coefficient of natural soil, organic matter content of soil, large porosity of animal activity and dead root system. In these factors, percolation coefficient in surface soil has a highly significant degree (correlation coefficient 0.743).

(5) For the observation of objective validity, we compared infiltration capacity which was obtained with the mountain infiltrometer and values which were obtained with MUSGRAVE's tube method in the experiment of run-off plot in the same area. We could not anticipate a clear relation, but these values are within a narrow range. Though we have no other comparative data, infiltration capacity on forest land in most cases may be far greater than the maximum rainfall intensity which actually occurs.

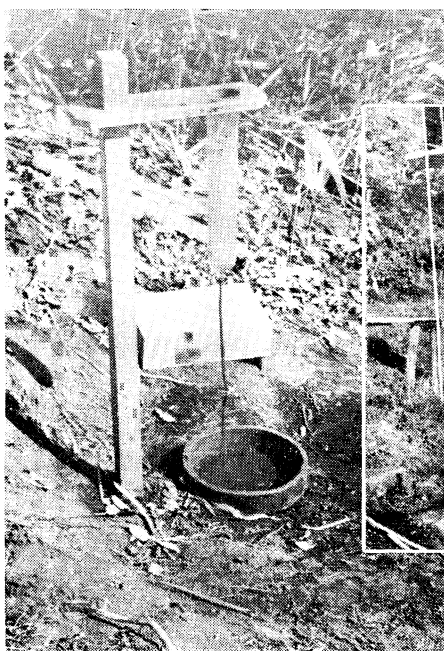
(6) The mountain infiltrometer has many advantages not found in other methods. For example, it is portable to any place, can be applied on slope areas in forests, can measure water use of small quantity. It can also measure infiltration capacity in relation to surface run-off. However, a few defects have been found in this instrument while in use during this experiment, but most of them could be avoided by careful handling and some improvement of the measuring instrument. At present there is no other efficient method of measuring, so it may be considered a useful appliance.



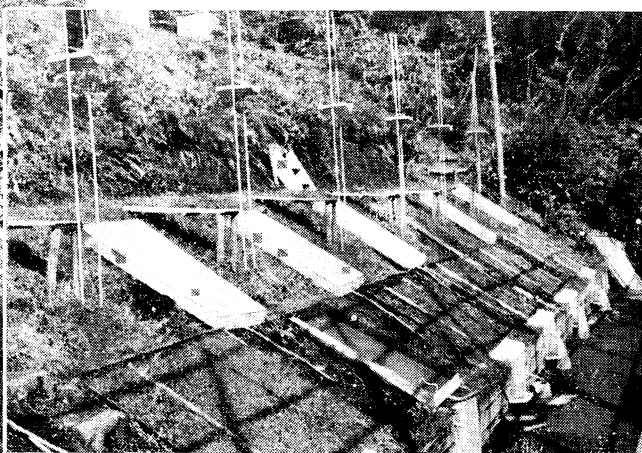
Phot. 1 携帯用斜面滲透計
Portable lysimeter for slope area.



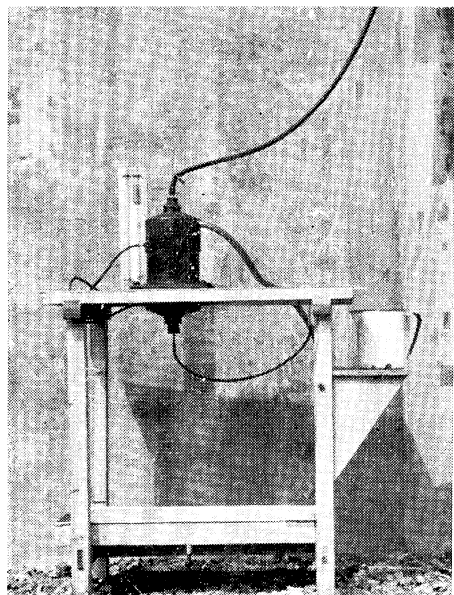
Phot. 2 鉄製の枠
Plot (iron frame)
A: $30\text{ m} \times 30\text{ cm} \times 15\text{ cm}$. B: $50\text{ cm} \times 50\text{ cm} \times 15\text{ cm}$.



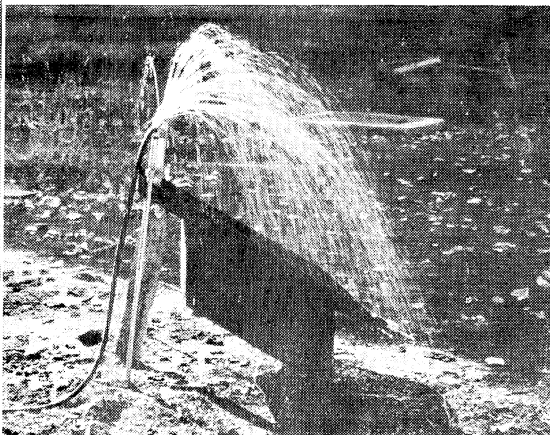
Phot. 3 マスグレイブ円筒滲透計
MUSGRAVE'S tube method.



Phot. 4 人工雨による流量区実験
Method of run-off plot experiment by similar rainfall.



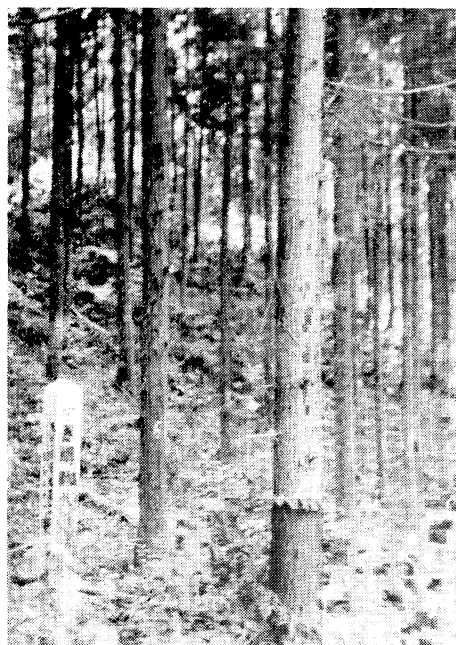
Phot. 5 透水試験
Permeability test



Phot. 6 撒水式降雨試験
Similar rainfall test



Phot. 7 Site NO. I の林況
Forest condition on Site NO. I



Phot. 8 Site NO. II の林況
Forest condition on Site NO. II



Phot. 9 Site NO. III の林況
Forest condition on Site NO. III.



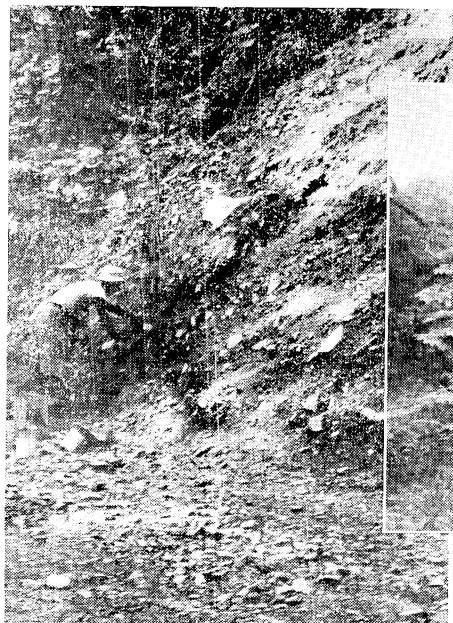
Phot. 10 Site NO. IV の林況
Forest condition on Site NO. IV



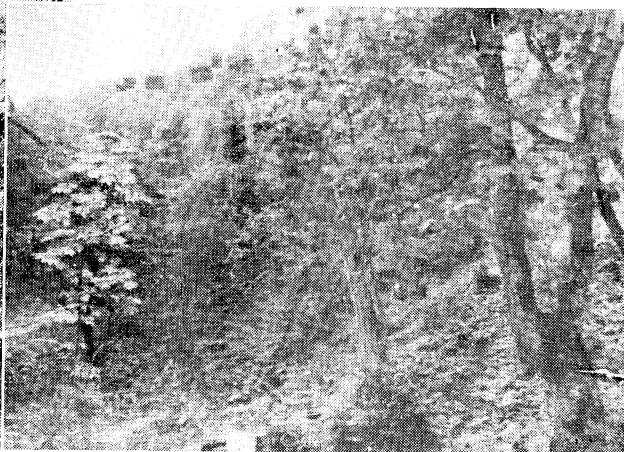
Phot. 11 Site NO. V の林況
Forest condition on Site NO. V



Phot. 12 Site NO. VI の崩壊地
Disintegration land on Site NO. VI.



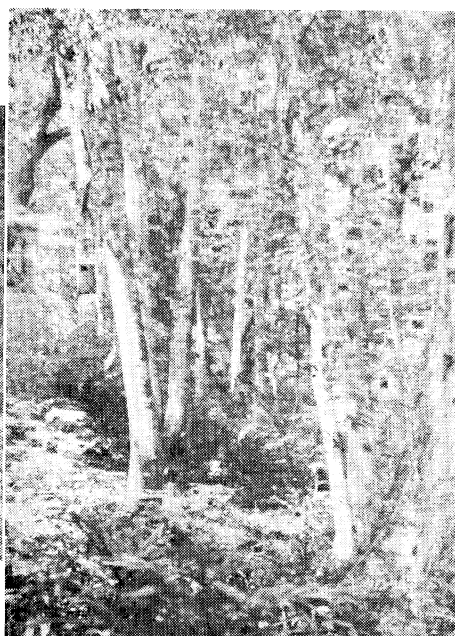
Phot. 13 Site NO. VI の崩壊地
Disintegration land on Site NO. VI.



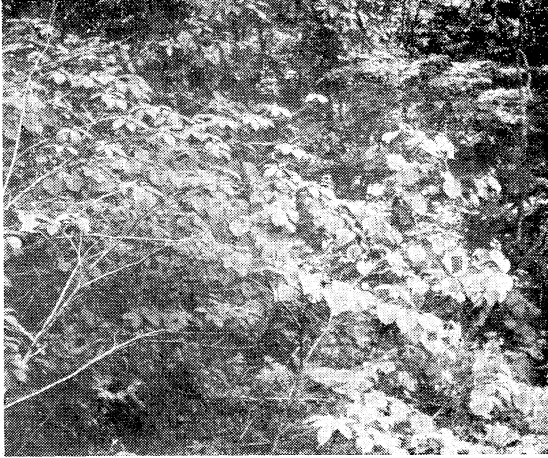
Phot. 14 Site NO. VII の林況
Forest condition on Site NO. VII.



Phot. 15 Site NO. X の林況
Forest condition on Site NO. X.



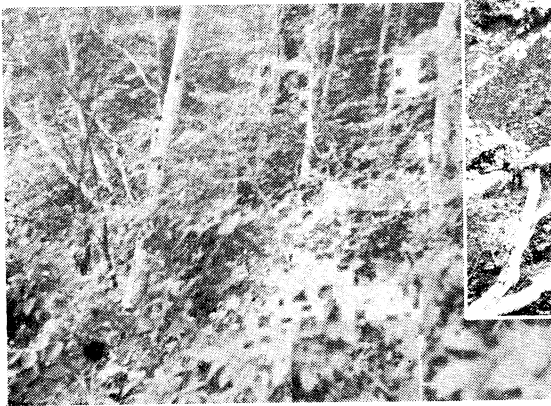
Phot. 16 Site NO. XI の林況
Forest condition on Site NO. XI.



Phot. 17 Site NO. XII の林況
Forest condition on Site NO. XII.



Phot. 18 Site NO. XIII の林況
Forest condition on Site NO. XIII.



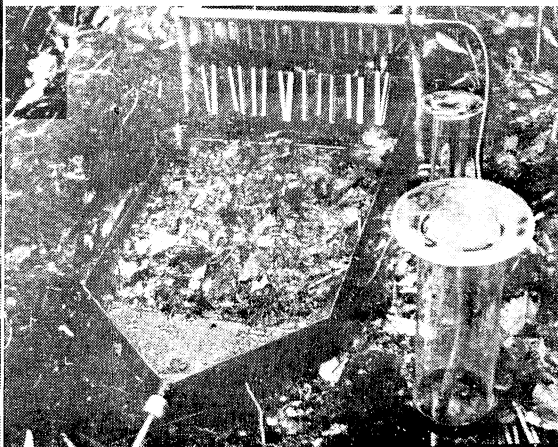
Phot. 19 Site NO. XIV の林況
Forest condition on Site NO. XIV.



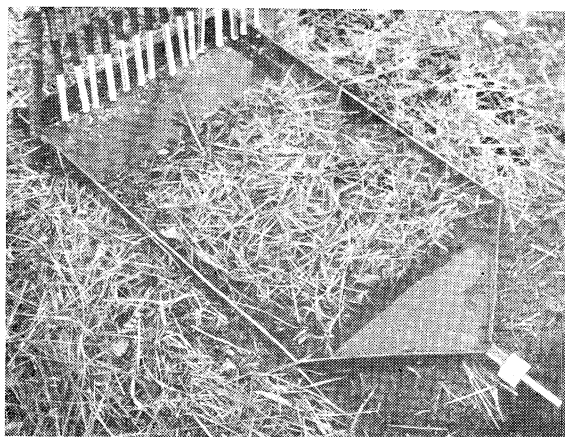
Phot. 20 Site NO. XIV の崩壊地
Disintegration land on Site NO. XIV.



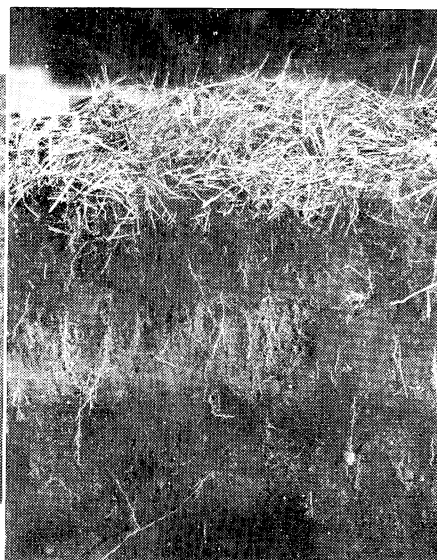
Phot. 21 Site NO. IX の崩壊地
Disintegration land on Site NO. IX.



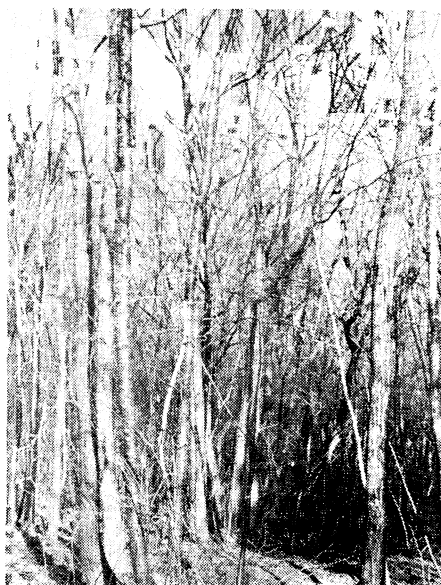
Phot. 22
Site NO. XI, Point No. 18.



Phot. 23 Site NO. XVI, Point NO. 24.



Phot. 24
火山灰地帯における代表的土壌断面
Typical soil profile in volcanic ash zone.
(Site NO. XVI)



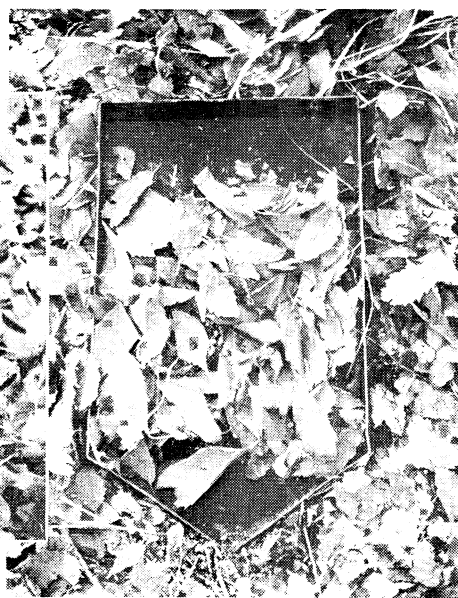
Phot. 25 Site NO. XVII の林況
Forest condition on Site NO. XVII.



Phot. 26 Site NO. XVII の地表の状態
Earth's surface condition on Site NO. XVII.



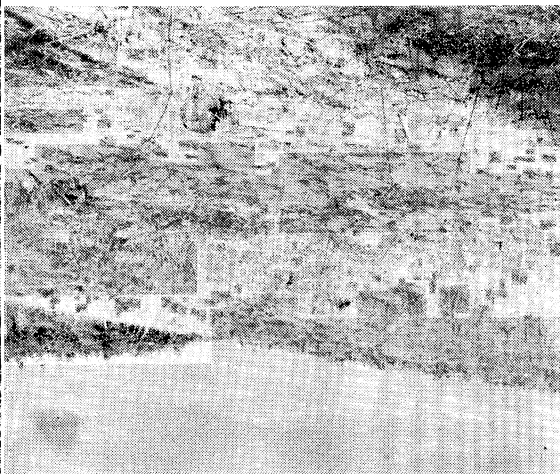
Phot. 27 落葉層の下での生物の活動
Animal activity under leaf-litter layer.
(Site NO. XVII)



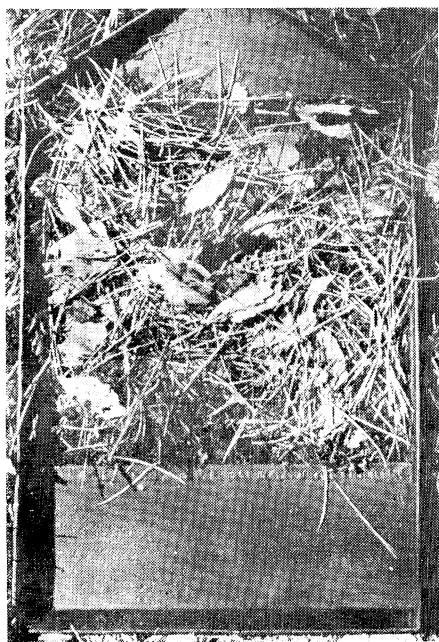
Phot. 28 Site NO. XVII, Point NO. 25.



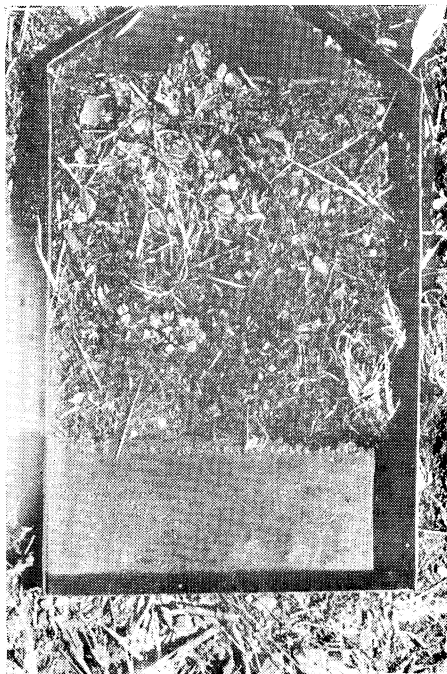
Phot. 29 Site NO. XVIII の林況
Forest condition on Site NO. XVIII.



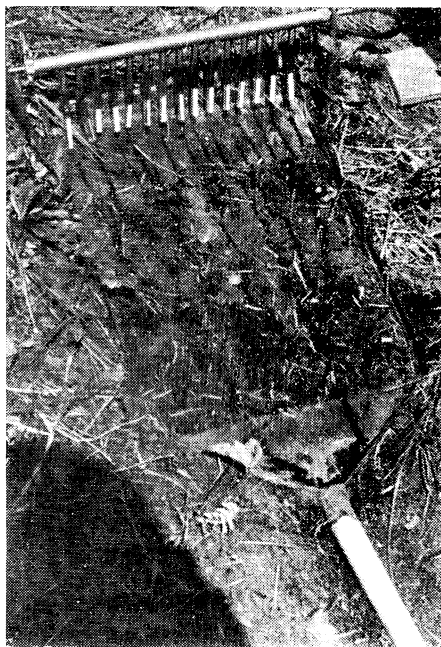
Phot. 31 Site NO. XIV の林況
Forest condition on Site NO. XIV.



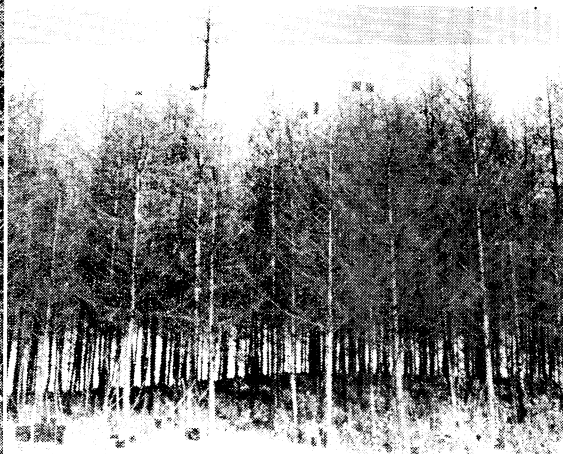
Phot. 30 Site NO. XIII, Point NO. 26.



Phot. 32 Site NO. XIV, Point 28.



Phot. 33 Site NO. XIX で地表面が非常に乾燥していたときは水を吸収しなかつた
In Site NO. XIX, when earth surface was very drying, it could not absorb the water.



Phot. 34 Site NO. XX の林況
Forest condition on Site NO. XX.



Phot. 35 Site NO. XX, Point NO. 27.



Phot. 36 Site NO. XX の地表の状態
Earth's surface condition on Site NO. XX.