新しい型の山地滲透計による測定成績

(第2報)

佐	藤	正白	村	上	与	助 ⁽²⁾
村	井	宏(3)	関	川慶	<u>ب</u>	郎 ⁽⁴⁾

1. 緒 言

さきに第1報として山地滲透能の測定成績について報告¹⁾し、ここに第2報として引続き報告する。前 報と同様に、新しい型の山地滲透計を用い、 1955・1956 両年にわたつて、岩手・宮城両県下における山 地を対象に、山腹斜面の滲透能を明らかにするために測定した結果である。

滲透ならびに地表流下の現象は、前報までの測定結果から、きわめて複雑であり、かつ種々なる影響に より変化することがわかつた。しかして、もとめられた滲透能の値はかなり大きく、その地区内の変動も 大きかつた。また滲透能は地被状態により、さらに植生・土壌などの立地因子や土地の取扱い方によつて 異なり、また降雨強度や地面の傾斜角によつて変化するもののごとくであつた。ここでは、これらの点に ついて一歩つつこんだ検討を試みたものである。

この研究の根本的な目的は,森林の流出におよぼす影響を,雨水の滲透の面から明らかにしようとした ものであつて,その結果から流域の流出量を推算するまでを目標としている。いままで測定した滲透能に しても,このために用いる実用的数値としては,さらに検討を要するし,たとえ妥当な数値が求められた にしても,これを流出量と結びつける段階までには多くの未解決の事項が残されている。しかし,森林の 理水機能としての一般的な傾向はともかく,どのような土地に成立した,どのような状態の森林が,どの 位の水調節効果をもつているかということを考えた場合,まだ数量的に推算する方法はほとんど試みられ ていない。したがつて,個々の森林の効果を明らかにするには,滲透の面からの考え方が依然として重要 な手がかりと信じている。

ここに、とりあえず不満足ではあるが、第1報以降の成果を報告するものである。この報告が、この方 面の研究にいささかなりとも参考になれば幸いである。

この研究にあたつて, 引続きご指導をいただいている本場防災部平田徳太郎博士・丸山防災第二科長, 種々ご便宜をいただいた西村前青森支場長・村井青森支場長・吉田好摩分場長・高岡前青森営林局治山課 長・加藤青森営林局治山課長・須藤抜官ならびに関係各営林署長・経営課長および現場担当員各位に,ま た,測定にご協力いただいた当防災研究室高橋・北田両抜官に併せて心から感謝の意を表するものである。

2. 研究の目的と方法

この研究の根本的な目的は,前述のごとく森林の洗出量におよぼす影響を,滲透の面から明らかにする ことであつて,降水量・消失量・流量の因子に,あらたに降雨余剰と滲透能の2因子を導入した Horron,

⁽¹⁾ 好摩分場防災研究室長 (2)(3)(4) 好摩分場防災研究室員

R. E.^{21 31} の滲透説にもとづいている。滲透能の測定は,平田博士が山地斜面の滲透能を測るために,と くに試作した山地滲透計を用いた。この測器については,すでに第1報で詳しく述べたので省略するが, プロットの面積は 30 cm×30 cm で給水は洗し込み式である。

第2報においてとりあげた具体的な目的と方法は次のとおりである。

(1) この滲透計で一地区の平均滲透能を決定するためには何点サンプリングすればよいか

何点サンプリングすればよいかといういわゆる標本の大きさの問題は非常に重要なことであつて,要は ±何粍の規定された範囲内に落ちるようにするのには何点とればよいかということで,これを標準偏差の 考え方から検討した。このために,材地として分場試験林にあるコナラーサクラ群港の広葉樹林(Site No. D. 5)を, 落葉層やその他地表物におおわれない裸地として同じく分場試験林内にあるアカマツ林 の皆伐跡地の2地区を対象に実施した。各地区において,各12点ずつ任意抽出法によつてサンプリング し,プロツトの枠据え付けはできるだけていねいにおこない,また,散水ののち数日間放置し,枠と土壌 とを安定させるようにした。測定にあたつては,降雨強度など測定条件を各プロツト間に差をあたえない ようにし,また地面の傾斜角は30°とした。

このようにして求めた各12点の測定値を統計的に解析し,標本の大きさ決定の目やすにしたのである。

(2) 地被状態の相違が滲透能にどの程度の差をあたえるか

このことについては、第1報において重点的にふれたが、さらに明確にするために実施したものであ る。すなわち、大きくは林地・伐採跡地・草生地・崩壊跡地・歩道などの地被状態の相違による滲透能の 相対的な比較である。小さくは林地といつても樹種・林相が種々異なり、伐採跡地でも作業種・伐採後の 経過や取扱いの状態によつて異なるので、この相対的な比較も実施した。この場合、土壌の母体としての 地質構造によつて分類し、その中で各地区別の均一性の検定を、分散分析法によつて実施したものである。

このために測定した場所は,洪積層地帯において,林地 3 (Site No. A. 1, A. 2, A. 3)・伐採跡地 1 (Site No. A. 4)・草生地 1 (Site No. A. 5)・崩壊跡地 1 (Site No. A. 6), 第三紀層地帯にお いて,林地 3 (Site No. B. 1, B. 2, B. 4)・伐採跡地 2 (Site No. B. 3, B. 5), 花崗岩地帯におい て,林地 5 (Site No. C. 1, C. 2, C. 3, C. 4, C. 5)・伐採跡地 4 (Site No. C. 6, C. 7, C. 8, C. 9)・崩壊跡地 1 (Site No. C. 10)・歩道 1 (Site No. C. 11), 火山灰地帯において,林地 1 (Site No. D. 1)・伐採跡地 1 (Site No. D. 2)・草生地 1 (Site No. D. 3)・歩道 1 (Site No. D. 4)の あわせて4 群 27 地区において実施した。基準降雨強度は 400 mm/hr (林地・伐採跡地・草生地など) と 200 mm/hr (歩道・崩壊跡地など) とし,地面傾斜角は 30° とした。

(3) 降雨強度の変化が滲透能にどのように影響をあたえるか

地表物および土壌面が充分にしめり,降雨強度がこの区劃内の滲透能を超すようになると,地表流下量 も定まりほぼ一定の滲透レートがもとめられるが,これ以下の降雨強度でも地表流下が起り,降雨強度の 増加とともに滲透レートも増大するもののごとくである。滲透説にいう「降雨強度が滲透能を超えるよう になつて降雨余剰の現象が生じ,はじめて地表流下が生ずる」という本質的な考え方に疑問が生じてきた わけであるが,この降雨強度一滲透能の関係を明確にするために実施したものである。方法としては,同 ープロット内において,降雨強度を 0~800 mm/hr の範囲内において変化させ,それぞれの強度に対応す る滲透レートをもとめ,両者の関係を検討した。降雨強度は給水タンクを上下する操作によつて,変化さ せることが可能である。 測定の対象とした場所は,火山灰地帯の林地 (Site No. D. 1)・伐採跡地 (Site No. D. 2)・草生地 (Site No. D. 3)・歩道 (Site No. D. 4)の4地区において実施した。

なお,この山地滲透計でもとめられた滲透能の値と,当研究室で継続研究をおこなつているシャワー式 降雨による地表流下量区試験の資料とを比較した。この場合,この地表流下量区の各プロット内で,本滲 透計で測定し,同様に降雨強度一滲透能の関係で資料を検討したものである。

(4) 傾斜角度の変化が滲透能にどのように影響をあたえるか

(1)~(3)までの研究では、大部分が特定の傾斜角度すなわち 30°を基準にして測定したものである。し かし、滲透能を測定する場合、地面の傾斜角は一応考慮に入れるべきものと考え、傾斜角度一滲透能の関 係を明らかにしようとして実施したものである。この滲透計は流去面の長さは 0.3 mという小さいもので あり、この関係を調べる装置としてはあまり適切でないが、おうよその傾向を把握するのがねらいであつ た。方法としては、野外と室内実験とかみ合わせておこなつた。野外では地被状態が同一で、土壌条件や その他立地因子がほとんど変化なく、ただ地面傾斜角のみ変化する場所は容易にもとめられず、当分場試 験林のコナラーサクラ群義の広葉樹林地 (Site No. D. 5)1 個所のみでしかできなかつた。傾斜角は 15° から 5° おきに 45° まで 7 段階に、各角度につき6 点あてサンプリングした。これを自然状態の場合と

落葉層を除去し 裸地状態とした 場合とにつき 測定し た。これだけでは不充分なので, 補足する考えから室 内実験を試みた。すなわち,分場試験林にある裸地・ 草生地 (シバ生地)・コナラーサクラ群叢の 広葉樹林 地・アカマツ林の皆伐跡地・カラマツ林地などの5 区 から,枠内にできるだけ自然状態を破壊しないよう様 込み採取し,実験室に持ち運び, Fig. 1 に示すよう な装置を考案し,5°から 50°まで,5°おきに 10 段 階について,繰り返し各 6 回ずつ滲透能を測定した。 野外においてもまた実験室においても、測定にあたつ ては傾斜以外の因子はできるだけ同一になるように し,降雨強度は 400 mm/hr を基準とした。



Fig. 1 傾斜角と滲透能の関係を測定 する室内実験装置 The experimental apparatus in laboratory to measure relation between slope gradient and infiltration capacity.

ここでいう滲透能とは、一降雨期間の最終滲透レー

トをさしている。地表流下と関連して滲透能を考えるときには、地表流下は地面が充分湿り、地表残留量 があるようになつてから起るから、降雨時間が相当経過し土が充分湿つたときの安定した滲透レートが重 要になつてくる。この最終滲透レートは、各測定資料から、測定時間(降雨期間)の最後の15分間の5 点の平均値によつたものである。

しかして、 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。

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

3. 測定個所の自然概況ならびに土壌・植生状態

これらの測定個所は位置的にみて4地域に分けられるが、地質構造からみてもそのまま、洪積層地帯・

Table 1. 測 定 個 所

The measurement area the

	御 亡 惧 訴		地	況	Site condi	ition
Site No.	Locality	標 高 Eleva- tion	傾 斜 Slope	方 位 Bearing	地 質 構 造 Geological structure	母 岩 Country rock
A. 1	宮城県玉造郡鳴子町大字鬼首字岩入 民有林	(<i>m</i>) 460	(°) 30~35	w	第四紀層(洪積層) Quaternary	砂岩・頁岩 Sand stone,
A. 2	<i>"</i>	440	35~38	NE	//	//
A. 3	<i>"</i>	380	30~40	w	11	11
A. 4	″ 国有林玉造経営区22林班い小班	380	25 ~ 35	w	"	"
A. 5	<i>"</i>	410	25~30	sw	11	"
A. 6	" "	400	30 ~ 35	W	"	"
B. 1	 宮城県白石市大字福岡 国有林白石経営区35林班は小班	340	20 ~ 25	sw	新 第 三 紀 層 Tertiary	凝灰岩類, 輝石安山岩
B. 2		460	30~35	SE	system ″	Pyroxene-
B. 3	// 50林班い3小班	780	20 ~ 25	s	17	andesite "
B. 4	// ろュ小班	880	30 ~ 40	SE	"	11
B. 5	″ 49林班ろ小班	740	25 ~ 30	sw	"	11
C. 1	岩手県遠野市大字土淵町字恩徳 国有林遠野経営区54林班いッ小班	460	25 ~ 27	NE	花 崗 岩 類 Granite	花 崗 岩 類 Granite
C. 2	// しいパト5肝	460	30 ~ 35	Е	17	"
C. 3	〃 綾織町字新里新田 〃 1060林班い小班	570	30 ~ 35	SE	"	11
C. 4	〃 ろ小班	570	30 ~ 35	S	11	//
C. 5	〃 附馬牛町字大出 〃 97林班いぃ小班	660	25 ~ 30	Е	"	"
C. 6	// // い2小班	660	30 ~ 33	ESE	//	11
C. 7	// // い3小班	620	25 ~ 30	Е	"	"
C. 8	// しいま/下班	620	35 ~ 40	Е	11	11
C. 9	// //	620	25 ~ 30	Е	"	11
C. 10	〃 95林班ろ小班	620	30 ~ 35	Е	11	"
C. 11	〃 土淵町字恩徳 〃 54林班い小班	560	25 ~ 30	NE	"	11
D. 1	岩手県岩手郡玉山村大字渋民字門前寺 民有林	260	25~30	ssw	火山灰および その抛出物 Volcanic ashes	火山灰 Volcanic ashes
D. 2	17 11	260	25 ~ 30	SSW	"	"
D. 3	// . //	260	25~30	NW	11	"
D. 4	11 11	260	25 ~ 30	SSW	"	//
D. 5	〃 好摩字野中 好摩分場試験林	220	10 ~ 45	Е	"	//

の自然概況

general condition of nature.

	林	況 Fo	rest cond	ition		
土壤型 Soil type	分 類 Classification	植生型 Vegetation type	林 令 Stand age	疎密度 Crown density	胸高直径範囲 Diameter breast height	樹高範囲 Tree height
Bc	人工植栽林 Planting forest	アカマツ群 護 Akamatsu ass.	(Years) 28	(%) 50~60	(cm) 8~14	(m) 7~11
Bc	//	ス ギ 群 叢 Sugi ass.	22	70~80	6~12	7~14
Bc	天 然 生 林 Natural forest	ブナーミズナラ群養 Buna-Mizunara ass.	150 60~190	80~90	20~80	16~22
Bc	伐 採 跡 地(皆伐) Cut-over land					
_	(Clear cutting) 草生地(採草地)					
_	崩壞跡地(裸地) Disintegrated land					
Be	人 工 植 栽 林 Planting forest	ヒ ノ キ 群 叢 Hinoki ass.	45	70~30	16~24	11~13
Bd	化探跡地(時代)	ア カ マ ツ 群 叢 Akamatsu ass.	38	60~70	14~24	13~16
Bc	Cut-over land (Clear cutting)					
BD	天 然 生 林 Natural forest	ブナーミズナラ群叢 Buna-Mizunara ass.	150 60~190	70~80	20~80	16~20
Bd	伐 採 跡 地 (択伐) Cut-over land (Selection cutting)					
Bd	人 工 植 栽 林 Planting forest	ス ギ 群 叢 Sugi ass.	40	80~90	12~26	11~16
Bd		ヒノキ群 叢 Hinoki ass.	40	80~90	8~22	10~16
Вв	"	アカマツ群 護 Akamatsu ass.	40	70~80	14~35	15~18
Вв	//	カラマツ群 護 Karamatsu ass.	40 160	70~80	14~30	16~22
BD	大 杰 生 林 Natural forest 王仲住社(印合时地)	フーナ 耕 選 Buna Ass.	70~200	80~90	16~45	12~20
Bc	入 杰 生 孙 (沃伐跡地) Natural forest (Selection cutting)	リテーミステリ群度 Buna-Mizunara ass.	70~200	40~60	40~80	14~18
Bd	伐 採 跡 地 (皆伐) Cut-over land					
BD	(Clear cutting)					
BD	"					
Bc	崩 壞 跡 地 Disintegrated land					
Bd	林内步道 Foot path in forest					
Bc	天然生林 Natural forest	アカマツ群 叢 Akamatsu ass.	30	70~80	12~20	11~13
Bc	に て Cut-over land (Clear cutting)					
Bc	早 生 地(珠 卓 地) Grass covered land 林 内 生 送					
Bc	「作」の追 Foot path in forest 天 伏 生 林	コナラ―サクラ群業	25			
Bc	Natural forest	Konara-Sakura ass.	20~35	80~90	4~18	7~11

Table 2. 土 壌 の

位置	土壤断面 Profile	層位	深 さ Depth	比 重 Specific	容積重* Volume	圧結度 ^{*(1)} Field- density coeffi-	孔 图 Porc (9	育量 sity 6)
Site No.	No.	Horizon	(cm)	gravity	weight (%)	cient (%)	A ⁽²⁾	B ⁽³⁾
A. 1	1	$egin{array}{c} \mathbf{A} \ \mathbf{B}_1 \end{array}$	11 30	2.49 2.62	63.8 83.6	78.2 79.8	69.0 56.0	74.4 68.0
A. 2	2	A B1	36 19	2.51 2.54	57.7 82.3	71.1 64.5	70.3 43.9	77.0 67.6
A. 3	3	${f A} {f B}_1$	11 11	2.41 2.60	49.0 81.6	63.4 71.8	75.8 58.7	82.4 68.6
A. 4	4	${f A} {f B_1}$	12 13	2.48 2.68	72.0 102.6	77.9 68.8	62.8 44.8	70.9 61.7
A. 5	5	A Bı	18 32	2.40 2.61	61.1 80.7	66.4 65.1	57.3 50.9	75.8 69.1
A. 6		A		2.68	133.5	86.1	47.1	50.2
B. 1	6	$\mathbf{A} \mathbf{B}_{1}$	51	2.49 2.62	57.7 84.2	63.3 82.9	61.8 49.2	77.9 68.1
B. 2	7	${\rm A}_{{\rm B}_1}$	10 34	2.51 2.54	78.8 88.1	76.7 87.3	63.1 56.3	68.6 65.3
B. 3	8	$\begin{array}{c} A \\ B_1 \end{array}$	22	2.28 2.51	41.5 43.7	62.4 63.7	72.8 78.5	81.8 82.6
B. 4	9	$\begin{array}{c} A \\ B_1 \end{array}$	21	2.32 2.54	44.6 60.1	64.0 72.4	74.7 68.1	80.8 76.1
B. 5	10	$\begin{array}{c} A \\ B_1 \end{array}$	17 38	2.17 2.58	45.1 66.4	64.6 76.2	75.3 67.8	79.2 74.2
C. 1	11	${f A} {f B_1}$	15 24	2.41 2.70	32.4 37.4	53.9 54.4	85.7 82.9	86.5 86.1
C. 2	12	${\mathop{\rm B}_1}^{\rm A}$	12 24	2.37 2.50	42.9 47.6	62.4 60.6	79.1 79.0	81.9 81.0
C. 3	13	$\begin{array}{c} A \\ B_1 \end{array}$	10	2.53 2.69	61.8 77.6	70.1 77.0	76.6 66.2	80.3 71.1
C. 4	14	A B	10 50	2.71 2.66	75.0 84.7	67.4 77.2	67.1 63.0	71.4 68.1
C. 5	15	${f A} {f B_1}$	17 32	2.17 2.63	25.7 60.0	45.2 78.7	84.0 77.5	88.1 78.4
C. 6	16	${f A} {f B_1}$	10 29	2.03 2.57	25.2 46.6	46.8 64.3	86.1 82.1	87.3 83.1
C. 7	17	${f A} {f B_1}$	20	2.06 2.72	25.4 59.0	45.2 69.7	86.8 76.9	87.7 78.2
C. 8	18	$egin{array}{c} A \ B_1 \end{array}$	17 35	2.21 2.64	40.2 65.2	68.0 76.4	82.1 75.8	83.4 77.3
C. 10				2.69	107.4	92.9	51.8	60.0
D. 1	19	A B	10 80	2.57 2.77	53.0 60.9	67.8 79.3	75.4 74.5	79.4 78.0
D. 2	20	A B	22	2.55 2.79	59.4 54.7	82.5 77.3	75.4 79.0	76.7 80.4
D. 3	21	A B	47	2.55 2.73	57.8 54.7	78.2 77.3	76.4 79.2	77.3 80.0
D. 4				2.66	90.9	102.5	63.5	65.8

* 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:

= <u>自然状態の容積重</u> Volume weight of <u>natural condition</u> 最も密な状態の容積重 Volume weight of the most thickest condition ×100

-30 -

物理的諸性質

of the soils.

保 湿 Water holdi (%	容 <u>量</u> ng capacity 6)	最小名 Air ca	学 気 量 upacity 分)	滲透係数 ⁽³⁾ Infiltration	pH	有 機 物 Organic
A ⁽⁴⁾	B ⁽⁵⁾	A (6)	B ⁽⁷⁾	coefficient	(H ₂ O)	matter (%)
67.6 57.5	72.9 69.9	1.4	1.5		5.3 5.6	10.7 2.9
69.6	76.3	0.7	0.7		5.4	10.1
41.5	63.8	2.4	2.8		5.9	0.8
64.1	69.7	11.7	12.7		5.1	7.4
53.8	62.9	4.9	5.7		5.7	2.1
52.0	58.8	10.8	12.1		5.2	5.4
39.1	53.9	5.7	7.8		5.9	0.0
57.2	75.8	0.1	0.0		6.1	9.2
48.7	66.0	2.2	3.1		5.6	1.9
36.1	38.5	11.0	11.7		6.1	0.0
65.0 54.2	82.0 75.0				5.5 5.2	7.7 1.1
58.8 58.6	64.0 67.9	4.3	4.6		5.6 5.2	11.8 4.1
61.4	69.0	11.4	12.8		5.3	13.5
70.3	74.0	8.2	8.6		5.4	6.0
68.7	74.3	6.0	6.5		5.5	12.7
61.5	68.7	6.6	7.4		5.7	5.5
66.1	69.6	9.2	9.6		6.0	15.9
60.4	66.2	7.4	8.0		5.8	3.8
82.1	83.0	3.6	3.5	2.39×10^{-2}	5.2	2.8
79.3	82.3	3.6	3.8	1.33×10^{-2}	5.4	11.9
76.4 79.4	79.1 81.4	2.7	2.8	1.87×10^{-2} 2.44×10^{-2}	5.0 5.2	10.5 7.6
58.9	60.3	17.7	20.0	1.63×10^{-2}	5.0	8.9
65.9	70.8	0.3	0.3	1.51×10^{-2}	5.3	2.0
62.2	67.3	4.9	4.1	7.73×10^{-3}	5.2	5.3
61.6	66.6	1.4	1.5	1.33×10^{-2}	5.3	3.5
85.1 72.0	89.4 72.9	5.5	5.5	3.11×10^{-2} 6.40×10^{-3}	4.5 5.2	25.5 _3.2
88.4 75.6	89.9 76.5	6.5	6.6	3.13×10^{-2} 1.20×10^{-2}	4.3 5.2	29.6 9.0
86.6 77.1	87.5 78.5	0.2	0.2	1.24×10^{-2} 8.53×10^{-3}	4.7 5.2	30.8 2.3
80.9	82.3	1.2	1.1	1.47×10^{-3}	4.3	20.6
68.3	69.6	7.5	7.7	5.47×10^{-3}	5.0	3.4
31.3	36.2	20.5	23.8	6.93×10 ⁻³	5.0	0.8
66.8	70.3	8.6	9.1		6.1	9.5
62.8	65.7	11.7	12.3		6.3	2.0
73.6	74.9	1.8	1.8		6.4	9.0
68.0	69.2	11.0	11.2		6.6	3.1
76.0	77.0	0.4	0.3		6.3	10.0
71.5	72.2	7.7	7.8		6.5	6.3
58.1	60.2	5.4	5.6		6.1	5.6

(3), (5), (7) 細土の占める容積に対する%。 Expressed percentage of the volume of fine soil.
 (2), (4), (6) 採取容積(400 cc) に対する %。

Expressed percentage of the volume of sampling soil (400 cc).

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

	ा अव अभ्रातन			砂分	Sand		粘土分
业 區 Site No.	土 _速 前面 Profile No.	層 位 Horizon	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 (%)	Clay (%) (<0.01 mm)
A. 1	1	$\begin{array}{c} A \\ B_1 \end{array}$	17.9 43.9	12.9 15.4	21.8 16.6	52.6 75.9	47.4 24.1
A. 2	2	$\begin{array}{c} A \\ B_1 \end{array}$	34.2 46.8	14.2 11.8	13.2 16.3	71.6 74.9	28.4 25.1
A. 3	3	$\begin{array}{c} A \\ B_1 \end{array}$	27.1 38.1	7.4 11.0	14.0 17.0	48.5 66.1	51.5 33.9
A. 4	4	$\begin{array}{c} A \\ B_1 \end{array}$	28.1 44.9	9.9 10.8	21.9 15.0	59.9 70.7	40.1 29.3
A. 5	5	$\begin{array}{c} A\\ B_1 \end{array}$	38.6 43.3	10.3 18.1	9.3 29.4	58.2 90.8	41.8 9.2
A. 6	<u> </u>	A1	47.5	11.2	13.2	71.9	28.1
B. 1	6	$\begin{array}{c} A \\ B_1 \end{array}$	2.2 1.9	18.7 25.7	22.5 29.8	43.4 57.4	56.6 42.6
B. 2	7	$\mathop{\rm A}_{\rm B_1}$	23.9 17.1	11.4 13.0	12.2 20.5	47.5 50.6	52.5 49.4
B. 3	8	$\begin{array}{c} A \\ B_1 \end{array}$	9.4 8.6	18.8 14.7	24.5 29.3	52.7 52.6	47.3 47.4
B. 4	9	$\begin{array}{c} A \\ B_1 \end{array}$	15.6 18.3	18.6 19.6	21.7 26.7	55.9 64.6	44.1 35.4
B. 5	10	$\begin{array}{c} A \\ B_1 \end{array}$	17.6 23.6	17.7 18.1	15.7 22.6	51.0 64.3	49.0 35.7
C. 1	11	$\begin{array}{c} A \\ B_1 \end{array}$	5.6 6.5	7.7 11.3	18.8 35.4	32.1 53.2	67.9 46.8
C. 2	12	$\begin{array}{c} A \\ B_1 \end{array}$	15.2 16.3	14.6 16.2	22.2 27.2	52.0 59.7	48.0 40.3
C. 3	13	$\begin{array}{c} A \\ B_1 \end{array}$	23.4 22.7	24.2 28.1	19.1 28.9	66.7 79.7	33.3 20.3
C. 4	14	A B	22.0 21.6	21.5 25.8	29.2 29.3	72.7 76.7	27.3 23.3
C. 5	15	$\begin{array}{c} A \\ B_1 \end{array}$	7.3 15.8	9.5 16.0	26.4 31.0	43.2 62.8	56.8 37.2
C. 6	16	$\begin{array}{c} A \\ B_1 \end{array}$	"6.0 13.4	8.1 12.9	26.9 33.3	41.0 59.6	59.0 40.4
C. 7	17	$\begin{array}{c} A \\ B_1 \end{array}$	4.3 12.3	8.9 31.5	23.9 33.8	37.1 77.6	62.9 22.4
C. 8	18	A B1	5.8 12.0	7.5 18.9	29.7 34.7	43.0 65.6	57.0 34.4
C. 10			31.1	20.0	18.0	69.1	30.9
D. 1	19	A B	9.0 13.6	20.7 17.1	38.4 23.4	68.1 54.1	31.9 45.9
D. 2	20	A B	9.6 9.9	12.2 17.5	32.3 40.1	54.1 67.5	45.9 32.5
D. 3	21	A B	8.0 11.8	20.0 18.2	26.4 39.9	54.4 69.9	45.6 30.1
D. 4			18.8	20.9	23.0	62.7	37.3

Table 3. 土 壌 の 機 槭 的 分 析* Mechanical analysis of the soils.

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

第三紀層地帯・花崗岩地帯・火山灰地帯の4地帯に分けられる。測定した 27 地区は植生・土壌・土地の 取扱い状態などにそれぞれ特徴をもつた代表的な場所である。これらの一般的自然概況や土壌・植生・地 表状態について,表示すると次のとおりである。

3.1 測定個所の自然概況 (Table 1 参照)

3.2 測定個所の代表的土壌断面 (Fig. 2 参照)





3.3 測定個所の土壤の物理的諸性質と土性(Table 2, Table 3 参照)

3.4 測定個所の地表状態(Table 4 参照)

以上の各表によつて測定個所の立地状態がおうよそ知られるが、さらに若干説明を加えると、

まず,A 群は宮城県下の北上水系の支流江合川流域にある。この川は過去多くの災害を生じたことで知られ,流域の地形・地質が変化に富み,奥地国有林には多くの崩壊地・荒廃林地が存在する。測定した地区は,この奥地洪積層地帯であつて,これは第三紀層の上に洪積層がのつている場所や,第三紀層が露出している場所など種々な状態がみられる。この構成物をみると,全体が赤色の粘土質物でできているか,砂質の部分と礫質の部分が帯状に互層している。土層の構成が粗雑であり,機械的孔隙が多い。土壌は一般に乾燥しており,降雨の初期では雨水を反撥し疎水性を示すが,湿めるにつれて滲透性を増すようである。この地帯の植生は,ブナ群澄またはブナーミズナラ群澄などの,いわゆるブナ林地帯であつて,沢沿いの適潤肥沃地にスギを植栽しているが,成育は良好である。

B 群は同じく宮城県下の阿武隈水系にある支流白石川流域にある。この流域も,青森営林局では最大と いわれる崩壊地があり,当地方では江合川とともに,この流域における国有林経営上,森林の取扱いに苦 心している地域のようである。地質は新第三紀層に属し,淡緑色ないし帯青色を呈する玻璃質浮石質ない

新しい型の山地滲透計による測定成績 (第2報) (佐藤・村上・村井・関川) - 35 -

位 置 Site	₹ Thic	客 葉 kness	層の」 of leaf-lif	夏 さ tter layer	地 床 植 物 の 頻 度*
No.	L	F	Н	The total	Abundance of ground grass
	(cm)	(cm)	$\overline{(cm)}$	(<i>cm</i>)	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
A. 1	0.5	1	.0	1.5	Kumaizasa (a), Kansuge (o), Yamafuji (vr), Hagi (vr), Inutsuge (vr), Shishigashira (vr).
A. 2	4.0	1.5	1.5	7.0	Yamabuki (vr).
A. 3	2.0	1.5	1.0	4.5	Kansuge (o), Shishigashira (vr), Oshida (vr), Haiinugaya (vr), Miyamasumire (vr), Kumaizasa (vr).
A. 4	1.5	2	.0	3.5	Kansuge (o), Yamabudō (vr), Ōbakuromoji (vr), Tsutaurushi (vr).
A. 5	_	—	_		Susuki (o), Karukaya (r), Warabi (r), Kuzu (r), Miyamakansuge (o), Hikagesuge (r).
A. 6	—				
B. 1	0.5	0	.5	1.0	Chigoyuri (r), Chijimizasa (r), Okatoranoo (vr).
B. 2	1.0	2.0	1.0	4.0	Kumaizasa (r), Chigoyuri (r), Toriashishōma(r) Tsuriganeninjin (vr), Yamagashū (vr), Okera (vr).
B. 3	1.0	1.5	1.5	4.0	Kumaizasa (a), Tsutaurushi (vr).
B. 4	1.0	1.5	1.5	4.0	Kumaizasa (a), Yagurumasō (r), Ōbashōma (r), Dakezeri (vr), Aomizu (vr), Onizenmai (vr).
B. 5		2	.0	2.0	Kansuge (a), Mukagoirakusa (r), Kumaizasa (r), Tenninsō (r), Onizenmai (vr), Tsutaurushi(vr).
C. 1	0.5	0.5	0.5	1.5	Chishimazasa (r), Chigoyuri (r), Tsutaurushi (r).
C. 2	0.5	0.5	1.0	2.0	Chigoyuri (o), Maizurusō (r), Yamabudō (r), Mizugibōshi (r), Kanikōmori (r), Toriashi-
C. 3	0.5	1.0	1.0	2.5	Hikagesuge (r), Chigoyuri (r), Ōbakuromoji (vr), Okera (vr), Uguisukagura (vr), Kumayanagi
C. 4	1.5	1.0	1.0	3.5	Chishimazasa (a), Hikagesuge (r), Saitogaya (r), Tachitsubosumire (r), Matatabi (r), Yama- gashū (yr).
C. 5	2.5	2.0	2.5~3.5	7.0~8.0	Kansuge (0), Himemochi (r), Haiinugaya (r), Kumaizasa(0), Tsutaurushi(vr), Bunanoki(vr).
C. 6	1.0	1.0	2.0	4.0	Kumaizasa (o), Inutsuge (o), Kansuge (a), Maizurusō (vr), Bunanoki (vr), Hitotsuba- kaede (vr)
C. 7	0.5	1.0	1.0	2.5	Kumaizasa (f), Kansuge (a).
C. 8	_				Kansuge (vr), Kumaizasa (vr), Hauchiwakaede
C. 9	_	-	_		(vr), Isutaurushi (vr). Kansuge (vr), Kumaizasa (vr), Tsutaurushi(vr).
C. 10	_				
C. 11	_				
				<u> </u>	Kumaizasa (a) Hikagesuga (f) Tadashika (a)
D. 1	1.5	1.5	1.0~2.0	4.0~5.0	Yamagashū (r), Sarutoribara (r), Warabi (vr). Karukaya (a), Susuki (o), Warabi (r), Akamatsu
D. 2			_		(r), Kumaizasa (vr), Hikagesuge (vr).
D. 3	_	—	—	_	Karukaya (a), Kumaizasa (r), Hikagesuge (r), Yamagashū (r).
D. 4				i — .	Hikagesuge (r) Nusubitohagi (vr) Ichivakusõ
D. 5	2.5	2.0	1.0	5.5	(Vr).

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

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

し灰質の凝灰岩が主体になつており、物理的には多孔質で粗鬆軽質である。この凝灰岩層の下部は角礫ま たは円礫状の安山岩質の古期岩片が含有している。Site B.1 と B.2 の両地区は Site B.3, B.4, B.5 の各地区より下流にあつて、下流部は土粒が細かい。植生はやはり、ブナ群義・ブナーミヅナラ群義のブ ナ林地帯であり、下流の比較的肥沃な場所にはスギ・ヒノキなどの植栽がなされている。

C 群は岩手県下の北上水系にある支流猿ヶ石川上流域にある。地質は花崗岩類であつて,風化はかなり 進行している。森鉄を通すために切り開いた場所などでみられたが,土層の相当深部にある花崗岩類の岩 石が,内部まで風化しており,わずかの力ですぐ砂と土になつて崩落してしまう状態である。Site C.3 と C.4 は風化の過程が比較的新しいようで,地形の関係もあり非常に乾燥していた。植生はやはりプナ 林地帯であるが,沢沿い低地帯にはサワグルミートチーカツラの群叢がみられ,下洗部にはスギ・ヒノキ ・アカマツの植栽がおこなわれている。

D 群は同じく岩手県下の北上水系の本流域で,好摩分場試験林とともに岩手山の噴火による火山灰地帯 である。この土壌は第1報で報告した火山灰地帯(好摩分場試験林)のものよりはるかに土粒が細く,火 山砂のような砂質のものをあまり含まず粘土分が多いが,この粘土は水分を含んでもほとんど膨潤化しな い。このことは 滲透性に影響し,降雨初期と終期でも滲透レートにほとんど差違をあたえないようであ る。この地帯は前記3個所のような山岳地帯と異なり丘陵地帯であつて,植生は,アカマツーコナラーク リ群叢が大部分を占ている。そして,Site D. 1~D.4 は一連の地域内にあり,土壌条件その他の因子は ほとんど同一であり,地被状態と土地の取扱いの差違だけである。

4. 結果ならびに考察

4.1 一地区の平均滲透能を決めるためのサンプリングの大きさ

同一複合区内に含まれると考えられる一地区内において、同一条件の下に測定した滲透能の値の間に大きな変動が認められた。1 複合区の平均滲透能を表示する場合,±何粍の範囲に落すためには、何点の測定を必要とするかは非常に重要である。すなわち,経費や人員の数からいつても,試料の数ができるだけ少なくてすめばこれにこしたことはない。けれどもこのように変動の多いものから決定値を出そうとすると、どうしても試料の数を多くして、この変動をなるべく消すようにしないと、母集団の値を推定するのが困難になつてくる。この解決のために、標準偏差の知識から、この目やすを検討したのである^{3,14)}。すなわち,母集団の平均値を m とすれば、信頼限界を定める式は $\frac{\bar{X}-m}{S} \sqrt{n} = t \cdots (1)$ であり、これから逆に $n = \frac{t^2S^2}{(\bar{X}-m)^2} \cdots (2)$ となる。 $\bar{X}-m$ は幾らとすればよいか、すなわち1複合区の滲透能というものを考えた場合、±何粍の範囲内に落ちるようにすればよいか、これはさらに滲透能から流出量を推算する場合、それがどの範囲まで許容できるかという問題につながつている。

これを実際の測定例から検討してみた。火山灰地帯にある分場試験林の中で、コナラ―サクラの広葉樹 林地とアカマツ林の皆伐跡地で地被物を剝いだ裸地の両個所で、測定条件は各プロツトとも同一にして実 施した。サンプリングは任意抽出法によつて、各 12 点ずつおこない、地面傾斜角はいずれも 30°とし た。その資料が Table 5 である。

この試料から、 95% の信頼限界で、 \bar{X} -m を 10・20・30(単位はいずれも *mm/hr*)の場合の n を、 (2) 式に代入しもとめたところ、Table 6 のとおりであつた。

X の計算にあたつては,全測定値をそのまま用い,棄却検定しなかつた。 この表に示す n の値は,火

林	地	Forest la	ınd	裸	地 Bare land		
No.	(fc) X1	$ \mathbf{X}_1 \!-\! \overline{\mathbf{X}}_1 $	$(X_1\!-\!\overline{X}_1)^2$	No.	(fc) X2	$ \mathbf{X}_2 - \overline{\mathbf{X}}_2 $	$(\mathrm{X}_2\!-\!\overline{\mathrm{X}}_2)^2$
1	(<i>mm/hr</i>) 280	17	289	1	(<i>mm/hr</i>) 139	2	4
2	264	1	1	2	128	9	81
3	245	18	324	3	123	14	196
4	270	7	49	4	124	13	169
5	255	8	64	5	156	19	361
6	260	3	9	6	136	1	1
7	225	38	1444	7	124	13	169
8	280	17	289	8	144	7	49
9	275	12	144	9	138	1	1
10	309	46	2116	10	129	8	64
11	230	33	1089	11	145	8	64
12	260	3	9	12	154	17	289
ΣX_1	3153		5827	∑X₂	1640		1448
$\overline{\mathbf{X}}_{1}$	263		$S^2 = 530$	\overline{X}_2	137		$S^2 = 132$
			S = 23.0				S=11.5

Table 5. 滲透能とその平均値・標準偏差 The values of infiltration capacity and those average values, standard deviation.

Table 6. 標本の大きさを示す n の値 Values of "n", show number of sampling.

地 被 別	林 地			裸 地			
Surface covers	Forest land			Bare land			
$\overline{X} - m$	10	20	30	10	20	30	
n	25.6	6.4	2.9	6.4	1.6	0.7	
	(26)	(6)	(3)	(6)	(2)	(1)	

山灰地帯の土壌に成立した特定の林地と裸地とを対象としたもので,この滲透計によつて測定する場合ど こにでも適用できるとは限らないことはもちろんであるが,実際には各地においてそのつどこのような試 みを行うことができないので,大方の目やすとなると考えられる。

そこで,(2)に述べる地被状態と滲透能の関係を知る目的でおこなつた,27地区における実際の測定で は、測定値を 20 mm/hr の範囲におとすことを前提に、林地・伐採跡地(地表物のある場合)・草生地で は6点,伐採跡地(地表物のない場合)・崩壊跡地・歩道などでは3点をとり、その平均値をもつて代表 せしめた。結果的にみて、これらの n の値が適当であつたかどうかは Table 4 を見ればおよそ判断が できる。歩道・崩壊跡地・伐採跡地(地表物のない場合)のような課地状態の場所では適当であつたが、 林地・伐採跡地(地表物のある場合)・草生地などの中には、はるかに 20 mm/hr の範囲を越すものもあ り、一部資料数の足らなかつたことがわかつた。もつとも Table 6 に示す n の値は最小限の数であり、 その測定にあたつては周到におこない、枠据え付後に散水し、数日間放置して枠と土壌を安定させるとい う方法をとつているから、実際に他に応用する場合には、n は最小限である計算値を用いないでやや大き

Table 7. 測定の条件と滲透能

Measurement condition and Infiltration capacity.

位置 Site No.	地質構造 (群) Geological structure	地 被 状 態 (地 区) Condition of surface cover	測定地面 の傾斜角 Slope gradient	降雨強度 Rainfall intensity	プロツト 数 Number of plot	滲 透 能 Infiltration capacity
A 1	笹四紀層	林樹 (アカマツ人 丁楠 掛林)	(°) 30	(mm/hr)	6	(mm/hr) 259+41 9
A. 2	(洪積層)	林地(スギ人工植栽林)	30	400	6	297 ± 28.3
A. 3	system	林地(ブナーミズナラ天然生林)	30	400	6	358±11.8
A. 4		伐採跡地(ブナーミズナラ天然生 林皆伐跡地)	30	400	6	178±30.7
A.5		草生地(採草地)	30	400	6	281 ± 20.2
A. 6		崩壞跡地	20	200	3	109± 6.9
B. 1	<u> 立下午午</u> 二次1 3	林地(ヒノキ人工植栽林)	30	400	6	256 ± 25.7
B. 2	和第二和周 Tertiary	林地(アカマツ人工植栽林)	30	400	6	259 ± 26.6
B. 3	system	伐採跡地(ブナーミズナラ天然生 林皆伐跡地)	30	400	3	90± 3.5
B. 4		林地(ブナーミズナラ天然生林)	30	420	6	395±18.7
B. 5		伐採跡地(ブナーミズナラ天然生 林択伐跡地)	30	400	6	289±47.7
C. 1	花園岩額	林地(スギ人工植栽林)	30	420	6	387 ± 59.5
C. 2	Granite	林地(ヒノキ人工植栽林)	30	400	6	236 ± 20.0
C. 3		林地(アカマツ人工植栽林)	30	400	6	131±67.9
C. 4		林地(カラマツ人工植栽林)	30	400	6	104 ± 63.8
C. 5		林地(ブナ天然生林)	28	420	6	390±62.5
C. 6		伐採跡地(ブナーミズナラ天然生 林択伐跡地)	31	400	6	272±45.2
C. 7		伐採跡地(ブナーミズナラ天然生 林皆伐跡地)	30	400	6	177±38.3
C. 8		伐採跡地(ブナーミズナラ天然生 林皆伐跡地,薪材突落し箇所A)	40	200	3	37± 7.4
C. 9		伐採跡地(ブナーミズナラ天然生 林皆伐跡地,薪材突落し箇所B)	30	200	3	15± 6.2
C. 10		崩壞跡地	35	200	6	193±26.3
C. 11		林内歩道	25	200	-3	7± 2.7
D.1	火山灰お	林地(アカマツ天然生林)	30	400	6	276±49.0
D. 2	ょひての 抛出物 Volcanic	伐採跡地(アカマツ天然生林皆伐 跡地)	30	400	6	175±20.2
D. 3	ashes	草生地(採草地)	30	400	6	267 ± 14.3
D. 4		林内歩道	24	200	3	29± 5.1

目の数をとるのがよいであろう。 いろいろな場所で同様な方法で試みることによつて, 普遍的な n の値 が求められると思う。

なお,±20 mm/hr の範囲という点については問題が残されていると思うし,求めた(2)式は理論的に はけつして正確なものでないが,既往の材料に関する知識を知つて,母集団の数値にある制限をあたえた 範囲内で統計しようとする場合に,どのくらいの試料をとればよいかという目やすをあたえる方式を教え てくれる。

4.2 地被状態の相違による滲透能の比較

地質構造別に洪積層・第三紀層・花崗岩類・火山灰の4地帯において,地被状態別に6・5・11・5の 計27地区で滲透能を測定したが,その結果を傾斜角・降雨強度などの測定の条件とともにTable7に 総括して表示した。この値はすべて最終滲透レートを示しているし,前述のように各地区において6点ま たは3点の測定値を平均したものである。

これをさらにわかりやすくするために, Fig. 3. 1 から Fig. 3. 4 まで示したように, 棒グラフで書 いてみた。



Infiltration (fc) of each ground covers in Quaternary system zone.



Fig. 3. 2 第三紀層地帯(B群)におけ る地被状態別の滲透能(fc) Infiltration (fc) of each ground covers in Tertiary system zone.



Fig. 3.3 花崗岩地帯(C 群)における 地被状態別の滲透能(fc) Infiltration (fc) of each ground covers in Granite zone.



Fig. 3.4 火山灰地帯(D 群)に おける地被状態別の滲透能(fc) Infiltration (fc) of each ground covers in Volcanic ashes zone.

これによつてわかるように,地被状態すなわち,林地・伐採跡地・草生地・崩壊跡地・歩道などによつ て滲透能の値に顕著な差違が認められ,さらに林地においても樹種・林相などにより,伐採跡地でも作業 法・伐採後の経過や取扱いによつて差違が認められる。

各難別(地質構造別)に,その中の各地区間の均一性の検定を,分散分析法によつて実施したところが, A・B・C・D 各難とも,各地区間によつて滲透能の差違が著しいことが認められた(Table 8~15 参 照)。

各籍間すなわち地質構造の相違による鬱透能の差違については,資料が充分ととのわないので統計的吟 味はできなかつたが,第1報の古生層・第三紀層・火山灰などの各地帯における資料ともあわせて比較し てみるに,明らかな差違は認めがたいようである。

地質構造や土壌など、一応他の条件を無視して、26 地区と第1 報の 25 地区をあわせて地被状態別に分類したのが Table 16 のとおりであり、これを分散分析したところ、 Table 17 のごとく地被状態別に 著しい有意な差が認められた。 この平均値をとると Table 18 のようになる。 これよりみて、他の因子

Table 8. 洪積層地帯(A 群)における位置別滲透能

Infiltration capacity of each sites in Quaternary system zone (A group).

測点 Point 位置 Site	1	2	3	4	5	6	平 均 Average
A. 1	234	323	282	277	222	216	259.0
A. 2	264	321	306	262	329	300	297.0
A. 3	335	364	364	356	364	365	358.0
A. 4	170	198	194	139	219	150	178.3
A. 5	289	299	273	266	306	254	281.2
A. 6	105	105	117				109.0

Table 9. A 群の分散分析表

Analysis of variance (A group).

要 因	偏差平方和 S	自由度	分 散 V	分 散 比 F	確 率 P
地区間 G 地区内 W	176948 20318	5 27	35389.6 752.5	47.03	P<0.001
全 体 T	197266	32			

Table 10. 第三紀層地帯(B)における位置別滲透能 Infiltration capacity of each sites in Tertiary system zone (B group).

測点 Point 位置 Site	1	2	3	4	5	6	平 均 Average
B. 1	267	289	267	258	237	216	255.7
B. 2	275	273	284	259	252	210	258.8
B. 3	86	92	92				90.0
B. 4	420	372	393	379	413	393	395.0
B. 5	314	199	277	308	334	299	288.5

Table 11. B 群の分散分析表 Analysis of variance (B group).

要因	偏差平方和 S	自由度	分 散 V	分 散 比 F	確 率 P
地区間 G 地区内 W	193940 • 19941	4 22	48485.0 906.4	53.49	P<0.001
全 体 T	213881	26			

も入り込んでいることと、これによる差を無視できるだけの充分な測定回数でないので、確言はさけるけ れども、およその傾向を示しているものと考えてよい。すなわち、林地(針広平均)に対して伐採跡地は 62%、草生地は 74%、崩壊跡地は 39%、歩道は 4%である。ここで、広葉樹林地は針葉樹林地よりも大

新しい型の山地灪透計による測定成績 (第2報)(佐藤・村上・村井・関川) - 41 -

測点 Point 位置 Site	1	2	3	4	5.	6	平 均 Average
C. 1	407	377	419	432	272	417	387.3
C. 2	240	250	235	201	259	231	236.0
C. 3	202	52	220	95	81	138	131.3
C. 4	61	100	23	130	210	100	104.0
C. 5	398	313	462	402	445	318	389.7
C. 6	313	314	256	305	209	234	271.8
C. 7	201	145	224	203	165	125	177.2
C. 8	40	43	29	1			37.3
C. 9	10	13	22				15.0
C. 10	209	228	150	196	182	193	193.0

Table 12. 花崗岩類 (C 群) における位置別滲透能 Infiltration capacity of each Sites in Granite zone (C group).

Table 13. C 群の分散分析表 Analysis of variance (C group).

要因	偏差平方和 S	自由度	分 散 V	分散比 F	確 率 P
地区間 G 地区内 W	845699 103792	10 46	84569.9 2256.3	37.48	P<0.001
全 体 T	949491	56			

Table 14. 火山灰地帯(D 群)における位置別滲透能 Infiltration capacity of each sites in Volcanic ashes zone (D group).

測点 Point 位置 Site	1	2	3	4	5	6	平 均 Average
D. 1	330	270	254	207	261	336	276.3
D. 2	168	210	177	154	159	183	175.2
D. 3	268	245	270	256	286	274	266.5
D. 4	24	34	30		- - - -		29.3

Table 15. D 群の分散分析表 Analysis of variance (D group).

要 因	偏差平方和 S	自由度	分 散 V	分散比 F	確 率 P
地区間 G	150747	3	50249.0	56.45	P<0.001
地区内 W	15134	17	890.2		
全 体 T	165881	20			

地被状態 Condition of surface cover	針葉樹林地 Coniferous	広葉樹林地 Broad-leaved	伐採跡地 Cut-over land	崩壞跡地 Disintegra- ted-land	草 生 地 Grass covered land	歩 道 Foot path
1	146	87	180	96	24	6
2	284	173	165	140	281	2
3	251	341	76	22	267	7
4	308	204	218	85		29
5	259	145	204	93		
6	297	262	178	57		
7	256	360	289	109		
8	259	358	90	193		
9	387	395	272			
10	236	390	177			1
11	131		15			
12	104		37			
13	276		175 `			1
平 均 Average	245.7	271.5	159.7	99.4	190.7	11.0

Table 16. 地被状態別滲透能 Condition of surface cover and Infiltration capacity.

Table 17. 分散分析表 Analysis of variance

要因	偏差平方和 S		分 散 V	分散比 F	確 P
地区間 G 地区内 W	310858 331069	5 45	62171.6 7357.1	8.45	P<0.001
全 体 T	641927	50			

Table 18. 地被状態と滲透能

Condition of surface cover and Infiltration capacity.

地被状態 Condition of surface cover	林] 針葉樹林地 Coniferous	Forest lands 広葉樹林地 Broad- leaved	地 平 均 Average	伐採跡地 Cut-over land	草 生 地 Grass covered land	崩壞跡地 Disinte- grated land	歩 道 Foot path
滲透能	(13)	(10)	(23)	(13)	(3)	(8)	(4)
fc(mm/hr)	246	272	257	160	191	99	11

カツコ内は測定位置数を示している。

きく,林地(針広平均)に対して,それぞれ 106%・96% であつた。また,草生地が林地(針広平均) とあまり大差がない大きな値を示していることに注目されることと思われるが,これは測定地区数も少な く,測定個所の特殊な条件が影響しているかもしれない。

以上の資料の中で,各地区別に個々に比較検討してみたい。

新しい型の山地滲透計による測定成績 (第2報)(佐藤・村上・村井・関川) - 43-

まず, A 群において, A.3 と A.4 の両地区は以前は同じプナーミズナラ群義の天然生林であつた が, A.4 は3年前に皆伐し放置されたままであつた。地形・土壌などほとんど同一の一連の場所であつ て, 伐採による影響を知るのに好適な対照を示していた。この測定値は, A.3 では 358 mm/hr, A.4 では 178 mm/hr であり, およそ 1/2 に減小していることがわかつた。 この A.4 でもそうであるが, 一般に伐採跡地では測定値の変動が大きい。なぜならば, 伐木運材などで地表面が剝ぎとられたところ, 人畜によつて踏み固められたところや, 伐採前とあまりかわらないすなわち破壊されないところなど種々 の状態の複合から構成されるからである。 A.5 の草生地の数値は, 一般に草生地として予想される数値 よりもはるかに大きいが, この場所は採草地としてつかわれてきた地区で, 洪積層土壌という特殊性が起 因しているかもしれない。 B.4 はプナーミズナラ群義であるが, ここで示した資料の中で最大の値を示 している。過去の測定から考え, プナ天然林は滲透性がきわめて良いことは認められたが, この地区では とくに, ネズミ・モグラなどの地中に生棲する動物の孔隙が多く, プナノキの毛細根が密に地表部土壌に 発達していた。土壌断面を掴つてみてわかつたのであるが, 枯死腐植した根系が多く, これらは水分の滲 透する通路になつていた。このように動植物による孔隙の増加作用が滲透性にあたえる影響は, 天然林で は予想以上に大きいものと考えられる。

C.1 と C.2 の両地区は、地形・土壌その他立地条件があまり変化なく、スギとヒノキという植生の 種類による相違と考えてよいであろう。同様に、C.3 と C.4 はアカマツとカラマツという植生の種類に よる相違と考えてよい。後者の場合は、方位こそ違うが一連の地区である。このカラマツとアカマツ林地 はともに滲透能が小さかつた。これは地形や土壌条件にも関係したものと考えられるが、これらの樹種の 特性も見逃せない。すなわち、アカマツ林地では、地表土壌に枯死した菌糸によつて土壌菌糸網層が発達 し、雨水の滲透を著しく阻害していたし、カラマツ林地では、落葉層の腐植が進まないため、表面は畳状 に密に堆積し、乾燥することによつてさらに疎水性にしていた。この両地区で滲透能の数値の小さいのに 対し、変動が大きくあらわれているのは、菌糸網層の分布状態や落葉層の特殊性ならびにその質的な差違 が影響しているものと考えられる。C.8 と C.9 の両地区は、いずれもブナーミズナラ群叢の皆伐跡地で あり、しかも伐採後に薪材を突落した場所である。落葉層はもちろん、A1層の大部分は剝脱され、固結し た課地状態を示している。滲透能は極端に小さく、37 mm/hr、または 15 mm/hr 程度であつて、C.5 の ブナ天然生林地の10%にも充たない。このような場所は、降雨の際には明らかな水みちになるであろう。 さらにこれは土壌侵蝕の問題ともつながるから、土地保全の観点からすれば考慮を要することである。

D 群はいずれも火山灰土壌に成立した地区であつて,地形・土壌その他立地条件がほとんど同一な一連 の場所である。したがつて,これらの滲透能の測定値は,地被状態や土地の取扱いによる相違によつてあ らわれたものと考えられる。D.1 のアカマツ林地には,部分的に菌糸網層が発達し疎水性にしていたが, 最大の滲透能を示し,草生地・伐採跡地・歩道の順序であつた。D.3 の草生地はやはり採草地となつて いる場所であるが,アカマツ林地に近似する比較的大きい値が得られ,統計的処理の結果,5% の有意水 準で,差違が認められなかつた。少数の測定例しかもたないので確言をはばかるが,牧野とか芝生地など の場所と異なり,取扱いの良くなされている採草地などでは,あまりよくない林地に匹敵するほどの比較 的大きい滲透能をもつているかもしれない。

以上のように,林地は他の地被状態のものに比較してはるかに大きい滲透性をもつていることはわかつ たが, 樹種・林相・作業種とかの森林の状態によつても,かなり大きい開きがあることも明らかなようで ある。いずれこの問題については今後の研究にまつこととしたい。

4.3 降雨強度と滲透能の関係

降雨強度が土地の滲透能より小さい間全部吸収され、降雨強度が滲透能を超えるようになると滲透能以 上の分は吸収しきれないから、山地のように傾斜地の場合では、この降雨の余剰分は地表流下分となつて 流下するものと考えられている。しかし、実際には、降雨--滲透--地表流下の関係は、このように単純では ないようである。すなわち,地表流下は滲透能以下の種々の強度の降雨によつても起ることがわかつた。当 研究室で試験継続中の自然降雨による地表流下量区では、わずか 10 mm/hr 以下の降雨強度で、アカマツ 林地区および広葉樹林地区において地表流下が認められる。しかしこの両区の滲透能は、250~350 mm/hr に達することが、山地滲透計で近接個所を測定した結果もとめられている。この測器でもとめられた測定 値について問題が残るが、他の方法と比較してみて大差がないことがわかつており、いずれにせよ、その





Relation between rainfall intensity and infiltration capacity. (2) ——理論的回帰曲線 Theoretical regression curve土地の滲透能に達しない強度の 降雨でも, 地表流下が生ずるこ とは事実である。

それで,降雨強度--滲透能の 関係を明確にするために、火山 灰地帯のアカマツ林地 (Site No. D. 1) · アカマツ林皆伐跡 地 (Site No. D. 2) · 草生地 (Site No. D. 3) · 歩道 (Site

別できる標準的な4地区におい て,降雨強度を地表流下の起る 限界から 800 mm/hr 程度まで、 その範囲内で種々変化させて測 定した。この結果が Table 19 ならびに Fig. 4.1 に示すとお りである。一般的にみて, 滲透 レートは降雨強度が増すにつれ て大きくなつている。ここで、 X · Y 軸に 45°の直線は f=i で 表わされる。 f は 滲透 レー ト, i は降雨強度であり, f と i の関係を示す 線は f=i の直 線の範囲内にある。さて、もと められた降雨強度一滲透レート の点の配列をグラフから眺めて みると、f=ki+b の直線回帰

No.	アカマ Forest (Akamat	ッ林地 land su ass.)	アカマツ旅 Cut-ove (Akamat	アカマツ林皆伐跡地 Cut-over land (Akamatsu ass.)		〔採草地〕 overed nd	步 道 Foot path	
	i	f	i	f	i	f	i	f
1	586	273	755	183	544	290	442	40
2	480	263	681	186	524	296	400	45
3	373	252	619	172	422	271	365	44
4	376	255	552	169	387	275	221	36
5	269	230	517	173	330	286	149	34
6	345	248	437	169	271	269	58	24
7	435	248	392	165	317	276	71	32
8	498	276	323	172	384	285	157	32
9	609	272	290	181	411	279	224	33
10	664	284	197	164	482	279	302	31
11	697	285	160	154	504	289	376	47
12	1		195	164	586	305	440	36
13			289	176	601	298		
14			338	176	675	296		
15			418	186	•			
16			458	186				
17			533	186			1	
18			625	190				
19			664	187	:			
20	1		756	206				
21			577	186	ļ			

Table 19. 降雨強度と滲透能の関係 Relation between rainfall intensity and infiltration capacity.

Table 20. 回帰式と k および 9°の値 Regression equations and values of k, φ_0 .

 位 置	Site No.	k	$arphi_0$	回帰式 f=ki+b Regression equations
アカマツ林地	(Site No. D. 1)	0.1163	233.1	f = 0.1163 i + 206.0
アカマツ林皆伐跡地	(Site No. D. 2)	0.1123	141.1	f = 0.1123 i + 125.2
草生地(採草地)	(Site No. D. 3)	0.0742	271.3	f = 0.0742 i + 251.2
步道	(Site No. D. 4)	0.0182	35.1	f = 0.0182 i + 34.3

に適合することが容易に考えられる。しかして、この直線の方向係数 k は地表流下の生じていない部分 の面積率を表わしているし、この延長が f=i と交わる点の座標 9。は地表流下の生じている部分の平均 滲透能を示している。 Table 19 の資料からこれらを直線回帰に適合させてもとめた回帰式と k および φ₀の値は Table 20 のとおりである。

このように降雨強度によつて滲透レートが変化することを平田博士() 7) 8) 9) や片岡氏())は次のように説 明し,また,井上11110・石川氏はこれを認めている。すなわち,「測定区劃内の滲透性は均一的でなく, 滲透能の異なるいくつかの部分からなつている。したがつて、ある降雨強度では、その区劃内におけるそ

の強度以下の滲透能をもつ部分からは地表流下が生ずるが,それ以上の滲透能をもつ部分からは地表流下 が生じない。次第に降雨強度を大きくすると,滲透能に達しない余力のある部分が充たされるようになり 各構成分の最大滲透能を降雨強度が超えるようになるとほぼ一定値に達する」と。事実,山地の土壌はと くに,色々の部分から構成されていることは,現地における観察からも明らかである。林地でも落葉層の 厚い部分と薄い部分,疎水性の菌糸網の発達している部分等さまざまであり,また落葉層の欠除した裸地 状態の部分もある。また草の生えている部分,ネズミ孔や腐朽根跡もあるし,石礫の露出している部分も ある。これらの各部分の滲透性は一様でないことは,容易に想像されまた事実変化に富んでいる。

このような説明によつて、滲透レートが降雨強度によつて変化することが理解できる。したがつて、降 雨強度一滲透レートの関係を図に示すと、Fig. 5 のような理論曲線が描かれるだろう。しかし、実際に は主として直線 P の部分しか求められていないことは、Fig. 4 にすでに示したとおりである。これは この滲透計では、曲線 Q の部分を含めた曲線の全貌を把み得なかつたからである。なぜならば、それは 凄表流下は降雨強度が最小の滲透能を超してもすく生じないからで、まず降雨余剰は地面のくぼみを充た し、さらに地表残留量というある厚さの水フイルムを形成してから、はじめて地表流下を生ずるからであ る。しかも、この初期に生ずる流下量は最小の滲透能をもつ水みちの面積が小さい場合、900 cm² の狭い 面積からではなかなかでてこない。これはまた降雨方法にも影響されるかもしれない。というのは、この 滲透計の降雨装置は、プロツトの枠上端部から毛細管による注水式であるので、プロツトの上部に滲透能 の大きい部分があつた場合、たとえその下部にその時の降雨強度以下の滲透能をもつた部分があつても、 上部の大きい部分にすべて滲透し下部まで水はゆきわたらない結果となる。しかし、自然降雨のように散 水的な降雨では、全面にほぼ一様に降るから、たとえ上部にその時の降雨強度より大きい滲透能をもつた 部分があつても、その下部の小さい部分はそこだけで降雨余剰の現象を起し、地表流下を生ずるように なる。

当研究室では、シャワー式人工降雨による地表流下量区試験を実施している。この1プロツトの大きさは 斜面長1.5m,巾1.0m(1.5m²)である。このプロツトには、現地から自然状態にとつてきた地表物を含め た土壌がはいつており、それを毎年試験終了後に新しいものと取り替える仕組になつている。試験を終了し 土壌を取り替える前に、この各区においてこの滲透計によつて測定してみた。これは降雨強度一滲透レー



Fig. 4.3 降雨強度と滲透能の関係 (3) Relation between rainfall intensity and infiltration capacity. (3) 一地表流下量区と山地滲透計の測定資料の比較 (1) Comparison of data between the mountain Infiltrometer and the Run-off Plot. (1)—

トの関係を、両方法の資料の比較によ って検討しようと考えたからである。 両方法による各降雨強度別の滲透レー トは Table 21 のとおりであり、これ を同じグラフにひろつてみると Fig. 4.3~4.7 のようになる。シヤワー式 による資料は <200 mm/hr の比較的 小さい降雨強度で得られたものであ り、 滲透計のものは >140 mm/hr の 比較的大きい降雨強度で得られたもの である。これらの点を方法の差違を一 応考えないで各区毎に結んでみると、

Table 21. 降雨強度と滲透能の関係 (地表流下量区と山地滲透計の測定資料の比較)

Relation between rainfall intensity and infiltration capacity.

(Comparison of data between the mountain Infiltrometer and the Run-off Plot.)

No. 器are la		地 e land		コナラーサクラ Forest land (Konara- Sakura ass.)		伐採跡地 (Cut-over land)		カラマツ林地 Forest land (Karamatsu ass.)		
	i	f	i	f	i	f	i	f	i	f
1	26	21	28	27	19	18	26	25	20	18
2	36	31	34	33	26	25	34	33	26	24
3	45	40	45	37	35	34	43	41	35	34
4	55	44	55	49	46	45	56	50	43	38
5	69	55	68	48	57	55	66	61	54	48
6	88	64	89	69	66	63	86	72	67	56
7	111	84	110	80	92	88	109	95	94	81
8	137	87	144	74	112	106	139	114	108	92
9	183	110	189	91	137	125	174	140	140	115
10		I			179	161			197	131
11	146	111	141	79	358	323	389	354	199	130
12	199	115	172	84	384	364	400	354	222	149
13	252	123	173	84	420	364	403	348	309	161
14	252	128	174	88	421	351	466	375	309	165
15	264	125	207	86	425	364	496	385	375	149
16	267	124	226	92	462	370	506	366	392	169
17	330	118	231	88	478	380	527	385	446	170
18	337	127	236	99	482	378	612	405	462	164
19	348	115	280	96	521	387	614	388	490	173
20	355	119	288	99	524	388	618	413	537	173
21	384	121	309	104	532	400	652	388	618	183
22	384	135	310	102	572	409			669	181
23	388	111	333	99	579	403			723	187
24	388	128	334	99	580	411				
25	392	123	379	99	586	412				
26	470	125	388	102	605	418	1			
27	498	136	455	106	611	420				
28	508	133	459	111	612	428				
29	525	136	500	111	653	411	1			
30	527	135	508	100	665	432				
31		1		1	693	449	4			
32				1	720	469				
33		1		í.	770	449				

No. 1~10 流下量区の資料 (Data of the Run-off Plot.)

No. 11~33 山地滲透計の資料 (Data of the Infiltrometer.)

Fig. 4.3 に示したような理論曲線に類似することがわかつた。裸地・草生地・カラマツ林地の各区のよ うに滲透性の比較的低い地区では、両方法による測定値が重複し、かつ同一曲線上にのることがわかる











Fig. 4. 6 降雨強度と滲透能の関係 (6) Relation between rainfall intensity and infiltration capacity. (6) ——地表流下量区と山地滲透計の測定資料の比較 (4) Comparison of data between the mountain Infiltrometer and the Run-off Plot. (4)——

が、広葉樹・アカマツ林皆伐跡地の各区の ように滲透性の比較的高い地区では、同一 曲線上にのつていると考えられるが重複し た値が得られなかつた。

この滲透計で得られた測定値に、測定方 法による差違を一応無視して、シャワー式 による測定値を補正して降雨強度一滲透レ ートの関係をもとめると、大体 $f=ai^{0}$ な る抛物線の回帰に近似する。ここでf は滲 透レート, i は降雨強度, a および b は 常数であり、b<1 であり、この値は滲透

> 性の高い地区ほど大きな値 を示している。

> 以上のことから,降雨強 度-- 滲透レートの関係は, 降雨強度がその区劃内全域 の 滲透能を 超さない うち は,降雨強度の増加ととも に滲透レートが f=i の線 に沿い急激に増大し、区劃 内の最大滲透能以上の降雨 強度になると、以後次第に 緩慢になり,一定値に近づ くことが明らかである。し かも同一母材料(火山灰地 帯)からできた土壌におい ても、 裸地・ 草生地のよう に滲透性の低い地区では, 比較的弱い雨で滲透レート が一定になり, それ以上滲 透レートが大きくならない が, 広葉樹林地ではそれが 数倍の滲透レートになり得 るのは,森林のあたえる特 性と考えられるし,このこ とは林地の滲透機能が雨が 強くなるほど、その効果が

— 48 —

大きくなることと考えられ る。

しかして,一般に林地の 滲透能は,現実に起り得る 最大の降雨強度よりもはる かに大きいことは,前に示 した Table 7 によつても 明らかである。だから,地 表流下の関連からすれば, 降雨強度によつて変化しな い滲透能とともに,その地 方に手想される最大強度の 降雨を基準にして考えた滲 透レートは,きわめて重要 になつてくる。



Fig. 4.7 降雨強度と滲透能の関係 (7) Relation between rainfall intensity and infiltration capacity. (7) ——地表流下量区と山地滲透計の測定資料の比較 (5) Comparison of data between the mountain Infiltromater and the Run-off Plot. (5)——

4.4 傾斜角と滲透能の関係

滲透と傾斜の関係については、すでに、GRADDOCK, W.¹³), NEAL, J. E.¹⁴), LODERMILK, W. C.¹⁵), DULEY, F. L. & HAYS, O. E.¹⁶), 真山¹⁷), 川口^{18,19}), 川口と滝口²⁰), 山口²¹)の各氏が地表流下や土 壌侵蝕の問題との関連において、それらの報告の一部で述べられている。これらの結果は、傾斜角の増加 するにつれて、滲透レートが多少減少することを一般的な傾向として認められているが、なお疑問とする 点が残されているようである。

この山地滲透計を用いるにあたり、いままで地面の傾斜角は ±3°程度の影響は一応無視し、測定を実施してきた。そして、地被状態や降雨強度と滲透能の関係については、ほとんど 30°という傾斜角を基準 とし、傾斜角の因子を一定にすることによつて相互に比較したのである。しかし、現実の山地には多くの 起伏があり、地面の傾斜角もさまざまである。山地滲透能の測定にあたつて、地面の傾斜角は当面する一

つの問題である。この滲透 計は斜面長ならびに面積も 小さく,この関係を究明す る装置としてあまり適当な ものとは考えていないが, この測器を用いて滲透能を 測定する場合に,地面の傾 斜角はどのように関係する かについて検討を加えよう として,野外と室内実験を おこなつた。

まず,野外では火山灰地

Relation between slope gradient and infiltration capacity. (1) ----野外における試験 Field experimental research.----

Table 22. 傾斜角と滲透能の関係(1)

位 置	傾斜角 Slope	滲 透 能 (mm/hr) Infiltration capacity				
Site No.	gradient	自 然 状 態 Natural condition	落葉層除去状態 Exposed A. layer			
1	15	385	262			
2	20	345	243			
3	25	332	222			
4	30	293	202			
5	35	253	172			
6	40	216	164			
7	45	198	151			



帯のコナラ--サクラ群叢の広葉樹林を 対象とし,傾斜角は 15°~45°の範囲 内において,5°おきに7段階に分け て測定した。この試験においては、落 葉層など地表物をつけたままの自然状 能と、それを除去した裸地状態の両個 所について, 傾斜角別に各6点ずつの プロツトをとり,降雨強度はすべて一 様に 400 mm/hr を基準としておこな った。この結果は, Table 22 と Fig. 5.1 に示すとおりである。 この図に よつてわかるように, 測定したこの傾 斜角の範囲内においては,両状態の場 て、滲透能に差違があるかどうかを分散分析法によつて検定したところ、両方ともに有意な差違が認めら

 多	Ŧ	因	偏差平方和 S	自由度 v	分 散 V	分 散 比 F	確 率 P
傾	斜	G	37285	6	6214.2	15.14	0.001 <p<0.01< td=""></p<0.01<>
地	区	С	26231	1	26231.0	63.90	P<0.001
誤	差	E	2463	6	410.5		
全	体	Т	65979	13			

Table 23. 分散分析表 Analysis of variance.

次に、実験室内でおこなつた試験についてであるが、これは野外ではこの関係を調べる適地が少なく、 かつ必要な傾斜角は容易にえられないので、これを補足する意味で地区と傾斜をいろいろ変えておこなつ たものである。測定したのは裸地・草生(シバ生)地・コナラ―サクラ群叢の広葉樹林地・アカマツ林皆 伐跡地・カラマツ林地の5地区である。傾斜角の範囲は 5°~50°で 5° おきに 10 段階について,降雨強 度を 400 mm/hr を基準として実施した。この結果は Table 24 ならびに Fig. 5.2 に示したとおりであ る。これによると、傾斜角と滲透能の関係は野外における結果とおよそ類似した傾向を示している。すな わち,各地区ともに傾斜角の増加によつて滲透能が減少している。しかし,部分的にみた場合,0°~15°

- 50 -

れた (Table 23 参照)。

の範囲の比較的緩るい領域では,傾斜 の増加によつても滲透能にはあまり変 化をあたえないようである。この場合 においても,滲透性の良い林地の方が 比較的不良な 裸地・草生地 などより も,傾斜角の増加にともなう滲透能の 減退の程度がはるかに大きいことが認 められた。しかも,5°~50°の全範囲 について,傾斜角一滲透能の関係をみ た場合,裸地・草生地の各地区は直線 的回帰に適合するようであるが,広葉 樹林地・アカマツ林皆伐跡地・カラマ ツ林の各地区は曲線的回帰を示し単純 ではない。これは落葉その他地表物に よる地表流のエネルギーの減殺効果に



Table 24. 傾斜角と滲透能の関係 (2)

Relation between slope gradient and infiltration capacity. (2) ——「実験安内の試験」 Laboratory experimental research ——

一天顾至内の訊號 Laboratory experimental research	実験室内の試験	Laboratory	experimental	research
---	---------	------------	--------------	----------

位置	傾斜角		澄 透	能 Infiltr	ation capacity	(mm/hr)
Site No.	Slope gradient (°)	裸 地 Bare land	草生地 Grass covered land	コナラ—サクラ Forest land (Konara- Sakura ass.)	伐採跡地 Cut-over land	カラマツ林地 Forest land (Karamatsu ass.)
1	5	104	62	366	326	136
2	10	104	61	366	325	137
3	15	101	61	328	291	126
4	20	101	60	296	262	116
5	25	98	57	268	235	104
6	30	97	54	244	220	98
7	35	91	50	227	198	90
8	40	88	48	215	186	84
9	45	82	42	188	163	79
10	50	74	39	180	153	73

Table 25. 分散分析表 Analysis of variance.

要	因	偏差平方和 S	自由度	分 散 V	分散比 F	確 率 P
傾余	ł G	53787	9	5976.3	6.80	P<0.001
地区	c c	358059	4	89514.8	101.81	P<0.001
誤 差	E	31650	36	879.2		
全体	х Т	443496	49			

もとづくものと考えられる。Table 24 について、傾斜角別ならびに地区別によつて滲透能に差違がある かどうかを分散分析法によつて検定したところ、両方とも有意な差が認められた(Table 25 参照)。平 均値の有意差の検定を t-test の考え方によりおこなつたところ、関係図に示されるような結果が得られ た。

以上の結果から考えて,傾斜角一滲透能の関係は,この滲透計を用いて山地における滲透能を測定する 場合に考慮に入れなければならないと思われる。しかしてこの傾向としては,傾斜の増加にともなつて滲 透能は減少し,この減退の程度は落葉層など地表物のある林地では,地表面の比較的平滑な裸地よりも大 きい。そして滲透能測定のおこなわれる 15°~45°の傾斜角の範囲内では,この関係はほぼ直線回帰にし たがうようである。

5. 要 約

この研究は、すでに報告した第1報につづいて、山地斜面における雨水の滲透機能に関する問題を取り あつかつている。その根本的目標は、森林の洗出におよぼす影響を、Horton、R. E. の滲透説に基き、 雨水の滲透の面から定量的な解析をなすことにある。滲透能の測定は、前に用いたと同じ山地滲透計を使 用した。しかして、この第2報では、とくに、1複合区の滲透能を決定するためにとるべきプロットの数 の検討、地被状態の相違による滲透能の比較、降雨強度と滲透能の関係、地面の傾斜角と滲透能の関係な どを明らかにすることを目的としている。試験は 1955 年と 1956 年の両年にわたり、岩手・宮城両県下 の山岳森林地帯においておこなわれたものである。この結果は次のように要約される。

(1) 1複合区の平均滲透能を決定するには、この山地滲透計では何点のプロットをとればよいかの目 やすを知るために、火山灰地帯の林地(コナラ―サクラ群義の広葉樹林地)と裸地(アカマツ林皆伐跡地 の地表物のない裸地状態の場所)で試験したところ、次のような数値が得られた。

地被	X-m	10	20	30	<u> </u>	標本平均
林	地	26	6	3	m :	母平均
裸	地	6	2	1		

これは標準偏差の知識から, 信頼限界を定める式 $t = \frac{\bar{X} - m}{S} \sqrt{n}$ を用いて, 95% の信頼限界で, $\bar{X} - m$ を ±10 mm/hr, ±20 mm/hr, ±30 mm/hr に落ちるようにして計算したものである。これはどこ にでも適用できるものではないが, 一応の目やすとして, ±20 mm/hr を基準に実際に 27 地区で適用し たところ, 裸地ではほぼ満足できたが, 林地では 6 点で不充分な地区があつた。したがつて, 林地ではこ の数値を最小限のものとして,場所に応じてこれ以上プロット数を増すべきであろう。

(2) 地質構造(群)別の地被状態(地区)別によつて, 滲透機能に 差違があるかを,4群・27地区 において測定した最終滲透レートをもつて相互比較した。その結果は,地質構造別という大きな規模では 明らかな有意差が認められなかつたが,群内の地被状態別の各地区間には著しい有意差が認められた。す なわち,林地・伐採跡地・草生地・崩壊跡地・歩道など地被状態によつて,また,林地でもその種類や林 相によつて,伐採跡地でも作業種や伐採後の経過状態によつて,滲透性に差異が認められたのである。

第1報ですでに報告した 24 地区の資料も含めて, 51 地区の全資料を,地質構造およびその他の因子

-52 -

地 被 状 能	林	地		仓採励曲	首 生 地	崩壞跡地	歩 道
	針葉樹林地	広葉樹林地	全			JUL SECTION OF	少坦
最終滲透レート (mm/hr)	(13) 246	(10) 272	(23) 257	(13) 160	(3) 191	(8) 99	(4) 11
(%)	96	106	100	62	74	39	4

を無視し、地被状態だけで比較したら次のようになつた。

(注) 括弧内の数字は地区数を示す。

少数統計的処理の採用の是非について問題はあるが,一応分散分析法によつて検定したところ,地被状 態別に著しい有意差が認められた。

(3) 地表流下は、その区劃内の滲透能を超えない降雨強度で起り得るし、また降雨強度の変化にとも ない滲透レートが変化することがわかつた。このことは滲透説の考え方に根本的な凝問をいだかせるが、 区劃内は種々の滲透能をもつた部分の複合と考えることで説明できる。すなわち、あたえられた降雨強度 では、それ以下の滲透能をもつ部分からのみ流下が生じ、しだいに降雨強度を増大させるにつれて滲透レ ートも増加し、その区劃内の最大滲透能を起える降雨強度になつて、以後滲透レートはほぼ一定値に近づ く。この降雨強度と滲透能の関係は、 $f=ai^{\mu}$ の抛物線形に類似するようである。ここで、f は滲透レー ト, i は降雨強度、a と b は常数であるが、b<1 であり滲透性の良い土地ほど大きく、a は逆に滲透 性の悪い土地ほど大きい傾向がある。

このように,降雨強度によつて滲透レートが変化するから,地表流下の関連からすれば,その地方に予想される最大降雨強度を基準にした滲透レートはきわめて重要である。

(4) 傾斜角の滲透能におよぼす影響は、この滲透計によつて、山地滲透能を測定する場合には、重要 な一因子として考慮に入れなければならないことがわかつた。この関係は、一般に傾斜角の増加にともな って滲透能が減少することは明らかであつて、 $15^{\circ} \sim 45^{\circ}$ の範囲内では、ほとんど直線的傾向を示している。 したがつて、この傾斜角の範囲内では f=b-aR という一次式に、この回帰が適合するようである。こ こで、f は滲透能、S は他面の傾斜角(\circ)、a と b は常数である。落葉など地表物があり、かつ滲透性 の良い林地では、滲透性の悪い裸地よりも a の値が大きい。すなわち 傾斜の増加にともなう滲透能の減 退率は大きいことがわかつた。しかし、一般に 15° までは、傾斜の増加によつても滲透能は減退しないよ うであり、また 45° 以上では落葉など地表物による地表流エネルギーの減殺効果は、かなり小さくなるも のと考えられる。

文 献

- 1) 佐藤 正・村上与助・村井 宏・関川慶一郎:新しい型の山地滲透計による測定成績(第1報), 林業試験場研究報告 83, p.40~64
- 2) HORTON, R. E.: Analysis of run-off experiments with various infiltration capacity. Trans. Amer. Geophs. Union. (1939) p. 693~711: 平田徳太郎訳 林業試驗場集報 62
- HORTON, R. E.: The role of infiltration in hydrologic cycle. Trans. Amer. Geophs. Union. (1933) p. 446~460: 平田徳太郎訳 林業試験場集報 62
- 4) スネデカー: 統計的方法上 畑村・津村・奥野・田中共訳 p.48
- 5) 寺田一彦: 推測統計法 p. 169~171
- 6) 平田徳太郎: 森林と滲透, 林業技術, 138, (1953) p. 31~34
- 7) 平田徳太郎: 森林の治水機能の限界について,林業技術, 139, (1933) p. 13
- 8) 平田徳太郎: 滲透・土壌・地下水に関する研究,森林保全研究会,(1953) p. 1~38
- 9) 平田徳太郎: 滲透,森林保全研究会,(1954)
- 10) 片岡 順: 斜面の滲透を表わす示標, 東大演習林報告, 47, (1955) p. 111~123
- 11) 井上 桂: 土地利用区分と水源林配備に関する基礎調査(第1・2報),北海道林務部,(1955)
- 12) 井上 桂・石川政幸: 十勝岳山麓地帯の土壌侵蝕防止に関する調査(第2報), 北海道林務部 (1955)
- 13) GRADDOCK, W.: Surface run-off and erosion on granitic mountain soils of Idaho as influenced by range cover, soil disturdance, slope and pricipitation intensity. 加藤成一訳: 砂防 62・63・64 (1938)
- 14) NEAL, J. E.: The effect of the degree of slope and rainfall characteristics on run-off and soil erosion. Agr. Eng. (1938) 5.
- 15) LODERMILK, W. C.: Studies on the role of forest vegitation on surficial run-off and soil erosion. (1931) Agr. Eng.
- 16) DULEY, F. L. & HAYS, O. E.: The effect of the degree of slope on run-off and soil erosion. Jour. Agr. Res. 45 (1953) p. 349
- 17) 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,13, p. 115~140
- 18) 川口武雄: 地表流下量に就て,森林治水気象彙報, 20, p. 9~28.
- 19) 川口武雄: 山地土壌侵蝕の研究(第1報),林業試験場集報, 61, p. 10
- 20) 川口武雄・滝口喜代志: 地被物の侵蝕防止機能に関する実験(予報), 日本林学会雑誌, 35, 3, (1953) p. 73~77
- 21) 山口伊佐夫: 地表面傾斜の滲透に及ぼす影響, 東大演習林報告, 45, (1953) p. 237~246

- 54 -

Some Measurements by New Type of Mountain Infiltrometer. (2)

Tadashi Satô, Yosuke Murakami, Hiroshi Murai and Keiichiro Sekikawa

(Résumé)

This study dealing with the problem of infiltration function on the slope area of mountain forest land, is continued from paper No. 1. The fundamental object of this study was to determine the effects of forest cover on the infiltration function and the idea based on professor HORTON'S "Infiltration Theory". Infiltration capacity was measured, using the same type of mountain infiltrometer which was reported in paper No. 1.

In this paper No. 2 is discussed the number of the sampling plots to determine average value of infiltration capacity in a single complex, comparison of the infiltration capacity on the different surface covers, relation between infiltration capacity and rainfall intensity, and the relation between capacity and slope gradient. These experiments were performed in Iwate and Miyagi districts over a period of two years, $1955 \sim 56$.

The results are summarized briefly as follows:

(1) To determine average infiltration capacity on a single complex by this mountain infiltrometer, there arose the question: how many sample plots should we have to get? For this purpose, measurements were made on the forest land (broad-leaved forest, Konara-Sakura ass.) and the bare land (clear cut over-land, removed litter layer) and the values obtained were as follows;

Surface covers	$\overline{X} - m$					
Surface covers	10	20	30			
Forest land	26	6	3			
Bare land	6	2	1			

These values were obtained by applying the formula $t = \frac{\overline{X} - m}{S} \sqrt{n}$, the idea of fiducial limits to the data (at 95% point), where t: Student's "t", \overline{X} : sample mean, m: population mean, S: standard deviation, n: number of sample.

(2) To ascertain the effect of geological structure (group) and condition of surface covers (site) on the infiltration function, the last infiltration rate was measured on the 27 sites of 4 groups, and then the data were compared. From these experiments, there were no significant differences between the geological structure, but between sites within each group there were highly significant differences. These were: a difference on infiltration capacity could be obtained depending upon the condition of surface covers, forest lands, cut-over lands, grass-covered land, disintegrated lands and foot paths. Moreover, on the forest lands, these values were affected according to forest classification and vegetation type, also cut

- 55 -

over lands, methods of treatment and processes, and managements of after cutting.

All the data of 51 sites, including that of paper No. 1, were studied to determine the relation between infiltration capacity and condition of surface covers, neglecting the effects of geological structure and other factors. Results were as follows:

	Forest land			Cut-	Grass	Disinte-	Foot	
Surface covers	Conife- rous	Broad- leaved	The average	over land	covered land	grated land	path	
Infiltration capacity (<i>mm/hr</i>)	246	272	257	160	191	99	11	
(%)	96	106	100	62	74	39	.4	
Number of sites	13	10	23	13	3	8	4	

There should be some questions to discuss in regard to these data from the statistical management aspect, but as a preliminary means, we examined them by the method of analysis of variance. As a consequence, highly significant differences were recognized in accordance with condition of surface covers.

(3) Surface run-off had already occurred under the condition of low rainfall intensity less than infiltration capacity, and the infiltration rate varied with the rainfall intensity. Depending upon these results, we had some questions about the "Infiltration Theory". But these might be explained by the presumption that the ground was composed of various parts having different infiltration capacities. Under a certain rainfall intensity, surface run-off occurred only from the parts having a lower infiltration capacity than the rainfall intensity. Infiltration rate increased gradually with the rainfall intensity, and after the rainfall intensity became greater than the maximum infiltration capacity of the plot area, infiltration rates stood at an almost constant value. These relations of rainfall intensity and infiltration capacity seem to resemble a parabola form which can be expressed by the following equation $\cdots f = ai^{b}$, where f: infiltration rate, i: rainfull intensity, a and b: constants. Then, b was always less than 1.0, and its value became proportionally greater with a better infiltration function of the soil. On the contrary, the value of a had a tendency to became greater adversely, that is to say, worse in infiltration function. Thus, the infiltration rate changed with the rainfall intensity measured in relation to surface run off, and therefore, infiltration rate at the time of the maximum rainfall intensity which would be presumed in the district, would become very important.

(4) It was recognized that infiltration capacity was affected by the slope gradient of ground surface. As to this relation, it would be correct to say that infiltration capacity was generally decreased with the increment of the slope gradient, and in the case of slope gradient from 15° to 45° , there was nearly a linear relationship between them. Consequently, in the limit of this slope gradient, this relationship would be expressed as in the following equation....f=b-aS, where f: infiltration capacity, S: slope gradient, a and b: constants. The value of "a" became greater on better permeable forest lands, where the litter layers were piled up, than on the worse bare lands. From this equation, we found that on the forest lands, the

— 56 —

新しい型の山地滲透計による測定成績 (第2報)(佐藤・村上・村井・関川) - 57 -

decreasing rates of infiltration capacity in relation to slope gradient were greater than those of the bare lands. However, in the limit of less than 15° slope gradient, infiltration capacity did not decrease with the increase of slope gradient, and on the slope of more than 45° , the effect of decreasing for surface run-off energy became gradual.



Phot. 1 測定中の山地滲透計 The mountain Infiltrometer in measuring.



Phot. 2 Site No. A. 1 の林況 Forest condition on Site No. A. 1 (Akamatsu ass.).



Phot. 3 Site No. A. 2 の林況 Forest condition on Site No. A. 2 (Sugi ass.),



Phot. 4 Site No. A. 3 の淋況 Forest condition on Site No. A. 3 (Buna-Mizunara ass.).

-Plate 2-



Phot. 5 Site No. A. 3 の地表状態 Surface condition on Site No. A. 3 (Buna-Mizunara ass.).



Phot. 6 Site No. A. 4 の地表状態 Surface condition on Site No. A. 4

đ,



Phot. 7 Site No. A. 5の 革生地 Grass covered land on Site No. A. 5



Phot. 3 Site No. A. 5 の地表状態 Surface condition on Site No. A. 5



Phot. 9 Site No. B. 1 の淋況 Forest condition on Site No. B. 1 (Hinoki ass.).

Phot. 10 Site No. B. 2 の淋況 Forest condition on Site No. B. 2 (Akamatsu ass.).



Phot. 11 Site No. B. 2 の地表状態 Surface condition on Site No. B. 2 (Akamatsu ass.).

-Plate 4-



Phot. 12 Site No. C. 1 の林況 Forest condition on Site No. C. 1 (Sugi ass.).



Phot. 13 Site No. C. 1 の地表状態 Surface condition on Site No. C. 1 (Sugi ass.).



Phot. 14 Site No. C. 2 の林況 Forest condition on Site No. C. 2 (Hinoki ass.).



Phot. 15 Site No. C. 2 の地表状態 Surface condition on Site No. C. 2 (Hinoki ass.).



Phot. 16 Site No. C. 3 の林況 Forest condition on Site No. C. 3 (Akamatsu ass.).



Phot. 17 Site No. C. 4 の林況 Forest condition on Site No. C. 4 (Karamatsu ass.).



Phot. 18 Site No. C. 5 の林況 Forest condition on Site No. C. 5 (Buna ass.).



Phot. 19 Site No. C. 5 の地表状態 Surface condition on Site No. C. 5 (Buna ass.).

-Plate 6-



Phot. 20 Site No. C. 6 の林況 Forest condition on Site No. C. 6 (Buna-Mizunara ass.).



Phot. 22 Site No. C. 7 の伐採跡地 Clear cut-over land on Site No. C. 7



Phot. 21 Site No. C. 6 の地表状態 Surface condition on Site No. C. 6 (Buna-Mizunara ass.).



Phot. 23 Site No. C. 7 の地表状態 Surface condition on Site No. C. 7



Phot. 24 Site No. C. 10 の崩壊跡地 Disintegrated land on Site No. C. 10



Phot. 25 Site No. C. 10 の地表状態 Surface condition on Site No. C. 10



Phot. 26 Site No. D. 1 の林況 Forest condition on Site No. D. 1 (Akamatsu ass.),



Phot. 27 Site No. D. 2 の伐採跡地 Clear cut-over land on Site No. D. 2



Phot. 29 Site No. D. 3 の草生地 Grass covered land on Site No. D. 3



Phot. 28 Site No. D. 2 の地表状態 Surface condition on Site No. D. 2



Phot. 30 Site No. D. 3 の地表状態 Surface condition on Site No. D. 3



Phot. 31 Site No. A. 1 の土壌断面 Soil profile (No. 1) on Site No. A. 1



Phot. 33 Site No. A. 3 の土壌断面 Soil profile (No. 3) on Site No. A. 3



Phot. 32 Site No. A. 2 の土壌断面 Soil profile (No. 2) on Site No. A. 2



Phot. 34 Site No. A. 4 の土猿断面 Soil profile (No. 4) on Site No. A. 4

-Plate 10-



Phot. 35 Site No. A. 5 の土壌断面 Soil Profile (No. 5) on Site No. A. 5



Phot. 36 Site No. B. 1の土壌断面 Soil Profile (No. 6) on Site No. B. 1



Phot. 37 Site No. B. 2 の土壌断面 Soil profile (No. 7) on Site No. B. 2



Phot. 38 Site No. B. 3 の土壌断面 Soil Profile (No. 8) on Site No. B. 3



Phot. 39 Site No. B. 4 の土壌断面 Soil Profile (No. 9) on Site No. B. 4



Phot. 40 Site No. B.5の土壌断面 Soil Profile (No. 10) on Site No. B. 5



Phot. 41 Site No. C. 1 の土壌断面 Soil Profile (No. 11) on Site No. C. 1



Phot. 42 Site No. C. 5 の土壌断面 Soil Profile (No. 15) on Site No. C. 5



Phot. 43 Site No. C. 6 の土壌断面 Soil Profile (No. 16) on Site No. C. 6



Phot. 44 Site No. C. 7 の土壌断面 Soil Profile (No. 17) on Site No. C. 7



Phot. 45 Site No. D. 3 の土壌断面 Soil Profile (No. 21) on Site No. D. 3



Phot. 46 傾斜角と滲透能の関係を測定 するための室内実験装置 The experimental apparatus in the laboratory to measure on relation between the slope gradient and infiltration capacity.



 Phot. 48
 広葉樹林地区(傾斜角と滲透能の室内実験に用いたもの)

Plot of broad-leaved forest land, was used the laboratory experiment to measure on relation between the slope gradient and Infiltration capacity.



Phot. 47 練地区 (傾斜角と滲透能の室内実験 に用いたもの)

Bare land plot, was used the laboratory experiment to measure on relation between the slope gradient and infiltration capacity.



Phot. 49 アカマツ林皆伐跡地区(傾斜角と滲 透能の室内実験に用いたもの) Plot of clear cut-over land, was used the laboratory experiment to measure on relation between the slope gradient and infiltration capacity.



Phot. 50 草生地区 (傾斜角と滲透能の 室内実験に川いたもの) Plot of grass covered land, was used the laboratory experiment to measure on relation between the slope gradient and infiltration capacity.



 Phot. 51
 カラマツ林地区(傾斜角と滲透 能の室内実験に用いたもの)

Plot of Karamatsu forest land, was used the laboratory experiment to measure on relation between the slope gradient and infiltration capacity.