

## VII-b 火山灰地における流出機構調査

農業水産部計画課 鶴海寅和・望月由三  
 土木試験所 吉村 戊  
 帯広開発建設部 茶野忠夫

### 1. 概 要

#### 1) 試験地の土性

十勝地方の火山灰地の土層の標準断面を示せば 図 VII b-1 のとおりである。表層は腐植に富み保水性の強い砂壤土であり、火山灰は表層下 10~30 cm に狭在し、比較的粗膨な無機質土壌で、十勝岳 c 火山灰が主体である。3 層以下は層により多少の違いはあっても粘性に富み、堅密で透水性がすこぶる悪く、排水不良の原因になっている。50~70 cm の深さまでは、比較的亀裂も発達しているが、場所によっては硬質で重粘土の性質を有しているものもある。しかし、いずれにしても 40~60 cm 付近に存在する難透水層が排水の支障となるもので、地下水位もこの層に支配されるとみられている。

層厚	土 色
① 22	砂 壤 土 黒 色
② 33	火山灰砂土 黄 色
③ 43	埴 壤 土 暗灰色または黒
④ 56	埴 土 淡 褐 色
⑤ 70	埴 壤 土 青 灰 色
⑥	以下 埴 壤 土

図 VII b-1 土層断面

この地方の末端排水は、従来、土管暗渠(渠間=30 m, 渠深 1.0~1.2 m)が採用されてきたが、工事費は高く、施工基準も理論的、実験的裏付けがない。

#### 2) 試験概要

火山灰地の排水工法試験の主目的は次の 2 項目である。

- i) 土管暗渠の排水機構を実験的に明らかにし、施工基準を確立すること。
- ii) 土管暗渠に代わる排水効果が高く、工事費の安い工法を見出すこと。

この目的にそって、図 VII b-2 のような試験圃場を設け、試験区は 9 区とし、次の調査を実施している。

火山灰地でも、重粘土の性格の場所では、集水渠として土管暗渠を設け、吸水渠は心土破砕で十分な効果を

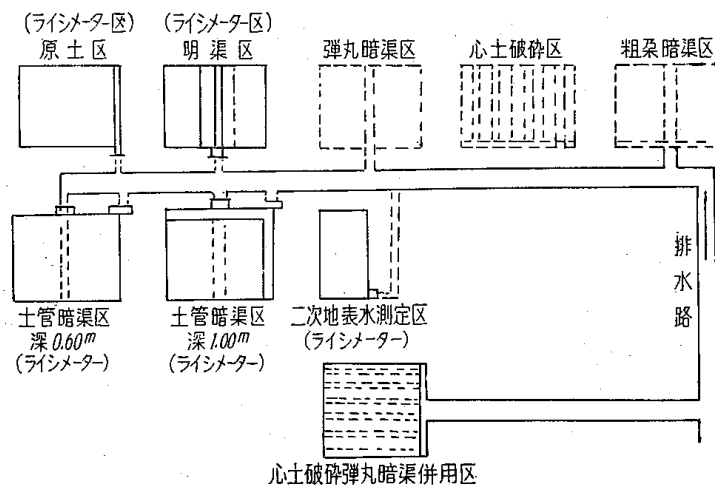


図 VII b-2 試験圃場平面図

表 VII b-1 試験区一覽

試験区名称	渠深 (m)	渠間 (m)	面積 (m <sup>2</sup> )	装置	調査項目
粗 雑 暗 渠 区	1.00		30×25=750		土壌 地温 地下水位 栽培
心 土 破 砕 区	0.55	0.75	"		" " " "
弾 丸 暗 渠 区	0.60		"		" " " "
明 渠 区	1.00		"	ライシメーター	" 流出量 " " "
原 土 区			"	"	" " " " "
土管暗渠 1.0 m 区	1.00	30.00	"	"	" " " " "
" 0.6 m 区	0.60	30.00	"	"	" " " " "
弾 丸 併 用 区	0.60	5.00	"		" " " "
破 砕	0.45	0.75	"		" " " "
二次地表水測定区	1.60	15.00	15×25=375	ライシメーター	" " "
	1.00				

あげ得る見通しが、他地区との調査結果の総合考察で明らかになりつつある。しかし、低地、硬度の小さい火山灰地などでは、心土破碎、弾丸暗渠などは効果が低く、土管暗渠によらざるを得ないし、火山灰地の多くはそのような土性である。本報告では、火山灰地における土管暗渠排水機能と施工基準について中間報告を発表するものである。

2. 流出量調査

1) 調査方法

(1) 流出量

圃場付近の土層では地表下 40~60 cm に堅密な難透水層が存在し、この層が浸透水の流動に影響を与えているとみなされるので、土管暗渠の渠深 60 cm と 100 cm の 2 種について試験を行なっている。2 区ともライシメーター区とし、流出水を表面流出水と地下流出水に区分して測定している。表面流出水は試験区周囲に設置したブリキ製の樋により量水槽に集水し、時間観測を行ない、地下流出水は土管末端に転倒枒を設置し電接回数器を接続して自記測定している。このほかに 1 区内に 60 cm と 100 cm の渠深の土管暗渠を併設した 2 次地表水測定区を設け、ライシメーター区とし、転倒枒による自記測定で、表面流出水、2 次地表水 (60 cm 層からの流出水)、地下流出水の分離測定を行なっている。2 次地表水測定区の集水装置は 図 VII b-3 のとおりである。

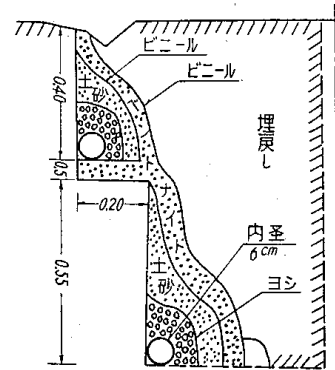


図 VII b-3

2 次地表水取水装置断面図

(2) 地下水位

土管暗渠 100 cm 区、60 cm 区において処理線直角方向 1.0m, 3.0m, 7.0m 13.0 m の各点にピエゾメーターを設置し、定時 (9 時) 観測を行なっている。

2) 調査結果

(1) 降雨量 (帯広測候所の記録)

表 VII b-2 平均月別降雨量 (mm) 昭和 32~36 年

月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	計
雨 量	53.5	49.4	45.2	64.1	96.5	71.0	119.2	138.7	148.9	89.9	38.9	42.0	957.3

表 VII b-3 10年間最大雨量(mm)

自昭和27年 至 " 36年	第 1 位		第 2 位		第 3 位		第 4 位		第 5 位		37 年	
	数量	年月日	数量	年月日	数量	年月日	数量	年月日	数量	年月日	数 量	年月日
最大日雨量	93.6	32.9.17	93.1	33.9.27	87.2	30.9. 7	73.8	34.8.27	73.7	28.9.25	111.2	8. 3
最大月雨量	268.0	30.1.10	226.6	32.2.9	225.6	30.5.	223.8	33.9.	212.8	33.8.	304.0	8.
最大年雨量	1,060.4	30.	836.9	33.	823.7	32.	705.0	34.	676.8	28.	802.9	
最大 連続雨量	173.8	23.8. 13-16	156.2	22.9. 13-16	129.6	28.7. 7-10	86.0	28.9. 23-26	68.9	20.12. 17-18	143.2	8.2-3

備考 37年分は駒場地区圃場の数値。

(2) 流 出 量

昭和37年度の流出量調査で得た12個の観測値を乾燥型、湿潤型に区分し整理すれば、表VII b-4, 5, 6のとおりである。ただし、2次水区圃場設置が遅れたため8月以降のデータのみである。流出形態は降雨前の圃場含水量の大小の影響を受けるので、乾湿型に2区分したが、乾燥型は基底流量5ℓ/hr以下、湿潤型は5ℓ/hr以上とした。

表 VII b-4 土管1.0 m 区の流出表

区分	No.	生起月日	B. F (ℓ/hr)	降雨量 (mm)	最大時 雨量 (mm)	初期損失		ピーク流出		流 出 率			流 出 時間 (hr)
						量 (mm)	率 (%)	量 (ℓ/hr)	到達時間 (hr)	表面 (%)	下層 (%)	計 (%)	
乾 燥 型	1	8.17	4.0	17.6	11.8	17.4	98.9	164	2	0	13.6	13.6	135
	2	5.24	3.0	18.5	2.4	16.4	88.6	7	—	0	1.6	1.6	107
	3	5.12	3.3	21.1	3.2	2.2	10.4	128	2	0	13.3	13.3	124
	4	7.20	2.5	28.7	7.1	12.0	41.8	378	2	0	20.6	20.6	154
	5	7.31	3.5	30.3	9.9	7.1	23.4	617	2	0	47.5	47.5	173
	6	6. 3	4.0	40.8	4.3	2.1	5.0	702	2	0	44.4	44.4	194
	7	7.11	1.5	45.5	6.4	25.1	55.2	113	—	0	6.8	6.8	183
	8	9. 7	4.5	92.9	8.0	5.9	6.4	2,941	3	10.8	57.2	68.0	182
	平 均		3.2	43.2	6.5		23.7		2	1.8	31.6	33.4	168
湿 潤 型	9	8. 7	14.0	12.2	12.0	1.2	9.8	232	2	0	33.6	33.6	84
	10	8.23	22.0	32.7	5.9	2.2	6.7	628	3	2.2	55.7	57.9	79
	11	8. 9	55.0	53.9	7.5	0.5	0.9	2,261	1	19.9	53.9	73.8	54
	12	8. 3	23.0	143.2	11.8	0.5	0.3	3,892	1	40.8	49.4	90.2	109
	平 均		28.5	60.5	9.3		4.4		1	15.7	48.2	63.9	82

摘要 No. 1, No. 2 は計算から除外

表 VII b-5 土管0.6 m 区の流出表

区分	No.	生起月日	B. F (ℓ/hr)	降雨量 (mm)	最大時 雨量 (mm)	初期損失		ピーク流量		流 出 率			流 出 時間 (hr)
						量 (mm)	率 (%)	量 (ℓ/hr)	到達時間 (hr)	表面 (%)	下層 (%)	計 (%)	
乾 燥 型	1	8.17	0.3	17.6	11.8	17.4	98.9	130	3	0	11.4	11.4	81
	2	5.24	0.1	18.5	2.4	18.5	100.0	2	—	0	0.1	0.1	—
	3	5.12	1.0	21.1	3.2	8.7	41.2	42	—	0	7.1	7.1	124
	4	7.20	0	28.7	7.1	12.0	41.8	472	1	0	22.0	22.0	109
	5	7.31	1.0	30.3	9.9	7.1	23.4	639	1	0	28.4	28.4	160
	6	6. 3	1.0	40.8	4.3	5.8	14.2	581	1	0.6	41.7	42.3	179
	7	7.11	0	43.3	6.4	32.7	71.9	111	—	0	3.3	3.3	162
	8	9. 7	2.0	92.9	8.0	5.9	6.4	1,178	1	31.7	29.3	61.0	92
	平 均		0.8	43.2	6.5		33.2		1	5.4	22.0	27.4	138
湿 潤 型	9	8. 7	18.0	12.2	12.0	0	0	393	2	0	47.5	47.5	48
	10	8.23	15.0	32.7	5.9	2.2	6.7	545	1	6.9	54.7	61.6	77
	11	8. 9	52.0	53.9	7.5	0.5	0.9	1,398	1	46.0	37.8	83.8	44
	12	8. 3	18.0	143.2	11.8	0	0	1,732	1	46.1	25.0	71.1	85
	平 均		25.8	60.5	9.3		1.9		1	24.8	41.2	66.0	64

摘要 No. 1, No. 2 は計算から除外

表 VII b-6 2次水区の流出表

区分	No.	生起月日	B. F (ℓ/hr)	降雨量 (mm)	最大時雨量 (mm)	初期損失		ピーク流出		流出率				流出時間 (hr)
						量 (mm)	率 (%)	量 (ℓ/hr)	到達時間 (hr)	表面 (%)	2次 (%)	下層 (%)	計 (%)	
乾燥型	1	8.17	0.8	17.6	11.8	17.6	100.0	34	12	0	0	10.2	10.2	119
	13	9.7	1.0	92.9	8.0	7.6	8.2	860 629	6 5	0	28.5	46.0	74.5	33 185
	平均													
湿润型	9	8.7	13.5	12.2	12.0	12.0	98.4	139	5	0	0	50.0	50.0	47
	10	8.23	8.0	32.7	5.6	5.6	17.1	68 320	3 4	0	5.2	75.2	80.4	19 19
	11	8.9	26.5	53.9	1.5	1.5	2.8	360 599	3 1	0	40.1	52.3	92.4	55
	平均													

摘要 上段の数値は2次地表水

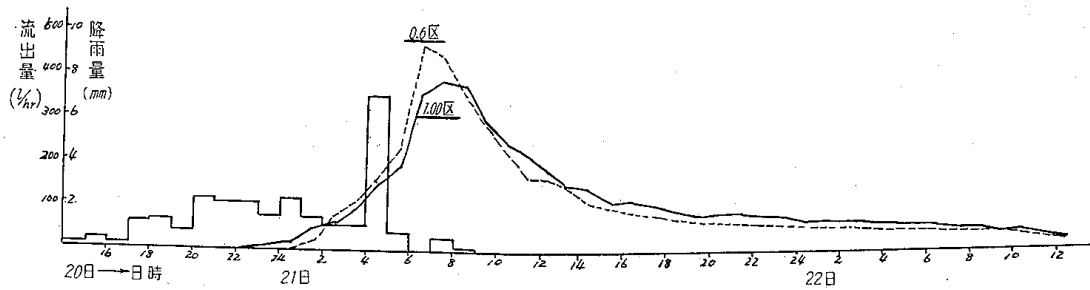


図 VII b-4 乾燥型流出図 (7月20日)

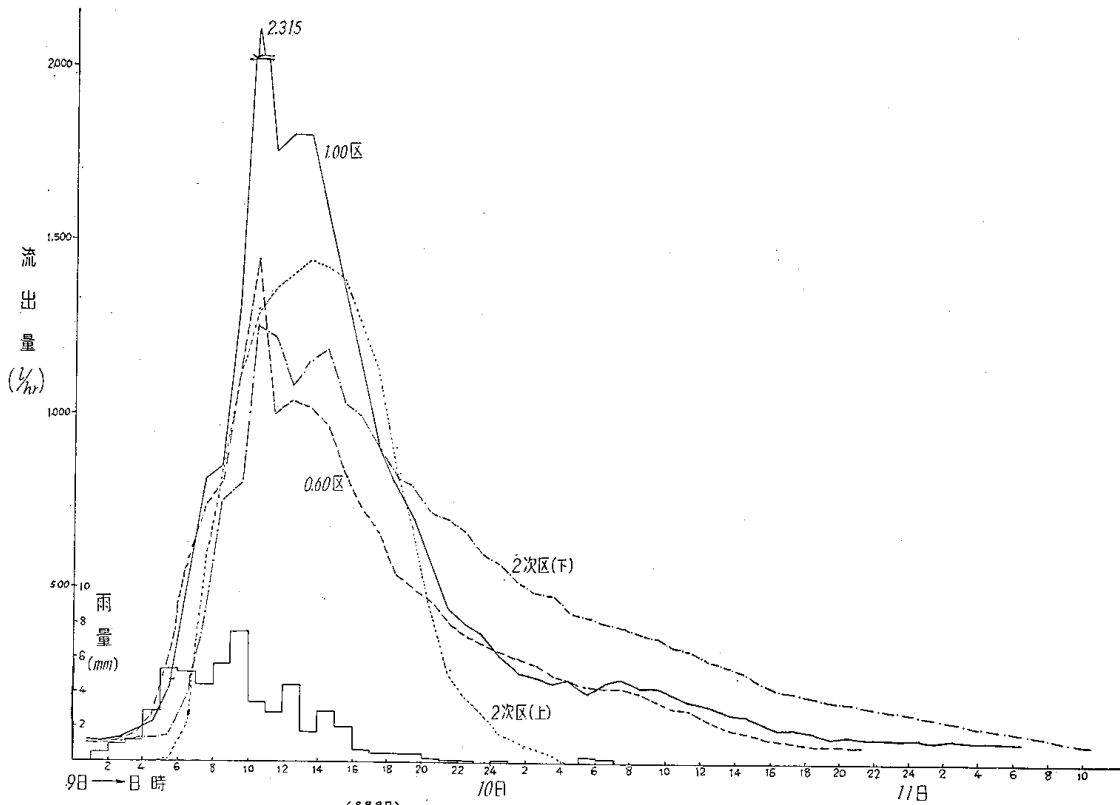


図 VII b-5 湿润型流出図 (8月9日)

2次地表水とは、地表面流出水に対し地表面下0.6 mまでの心土上層を通して排水される水を仮称したものである。

乾燥型と湿潤型の各区について、代表的な流出図を示せば図 VII b-4, 5 のとおりである。

### (3) 地下水水位

土管区の月別平均地下水水位および降雨後の地下水水位日変化の乾燥型、湿潤型2例を示せば、表 VII b-7, 8 のとおりである。

表 VII b-7 月別平均地下水水位

月	土管 1.0 m 区				土管 0.6 m 区				摘 要
	暗渠からの距離				暗渠からの距離				
	1.0 m (cm)	3.0 m (cm)	7.0 m (cm)	13.0 m (cm)	1.0 m (cm)	3.0 m (cm)	7.0 m (cm)	13.0 m (cm)	
4	44	38	34	31	59	53	51	44	4月は11日から観測
5	45	41	39	40	60	57	58	47	
6	45	44	42	45	62	56	58	49	
7	46	43	44	46	60	57	57	49	
8	31	21	17	15	55	45	40	37	
9	39	32	33	31	58	54	52	45	
平均	42	37	35	35	59	54	53	45	

表 VII b-8 降雨後の地下水水位日変化 (単位 cm)

区 分	距離	乾燥型 6月3~4日 R=45.7 mm									湿潤型 8月7~9日 R=69.0 mm																																																																			
		3	4	5	6	7	8	9	10	11	7	8	9	10	11	12	13	14	15																																																											
		土管1.0m区	1	46	13	32	39	46	45	44	46	42	38	29	10	28	39	40	43	41	41	3	42	3	33	32	38	41	41	46	43	29	16	3	17	28	31	35	35	35	7	43	0	18	28	41	41	43	46	40	23	13	1	10	22	24	36	36	41	41	13	47	0	13	24	39	34	45	49	42	20	7	0	6	16	19	36	36
土管0.6m区	1	60	37	52	57	59	60	60	60	60	57	52	35	52	58	59	60	60	60	3	58	23	43	52	55	58	57	58	57	49	42	19	42	50	55	57	57	57	7	62	11	39	45	50	53	52	54	56	45	41	9	40	48	51	52	52	53	53	13	50	9	36	45	45	45	43	46	44	41	36	11	38	45	45	46	46	46	46

### 3. 考 察

37年度の調査で得た流出量、地下水水位の調査結果をもとにして、火山灰地帯における土管暗渠の排水機能の一般的な傾向について考察を行なうと、次のとおりである。2次水区はデータ不足で解析はできないが、参考として表 VII b-6 に示した。

#### 1) 流 出 量

1.0 m 区の流出諸値に対する 0.6 m 区のそれを比率で表わせば、表 VII b-9 のとおりである。

表 VII b-9 1.0 m 区と 0.6 m 区の流出比較

	基底流量	初 期 損 失 率	最 大 ピーク流量	到達時間	流 出 率			流出時間	摘 要
					表面	下層	計		
乾 燥 型	0.25	1.40	0.40	0.5	3.00	0.70	0.82	0.82	
湿 潤 型	0.90	0.43	0.45	0.5	1.58	0.85	1.03	0.78	

表 VII b-4, 5, 9 から 1.0 m 区と 0.6 m 区の流出の関係について次のことがわかる。

#### a. 基 底 流 量

乾湿両型とも 0.6 m 区は小さい。特に乾燥型では  $\frac{1}{4}$  程度である。このことは 0.6 m 区のほうが保水能

力が大であることを意味する。

b. 初期損失

- イ. 初期損失量には遅滞現象の後で下層流出として流去する水も含まれているが、いずれにしても、初期損失率は圃場の保水能を表わす指標と考えられる。
- ロ. 乾燥型では 0.6 m 区が 1.40 倍で保水力が大きい、湿潤型では 0.43 倍で逆に小となる。これは 0.6 m 区のほうが、乾燥時には保水量が大きく、したがって、作物の利用水量が多く、湿潤時には過剰水をすみやかに排除する傾向が強いことを意味する。

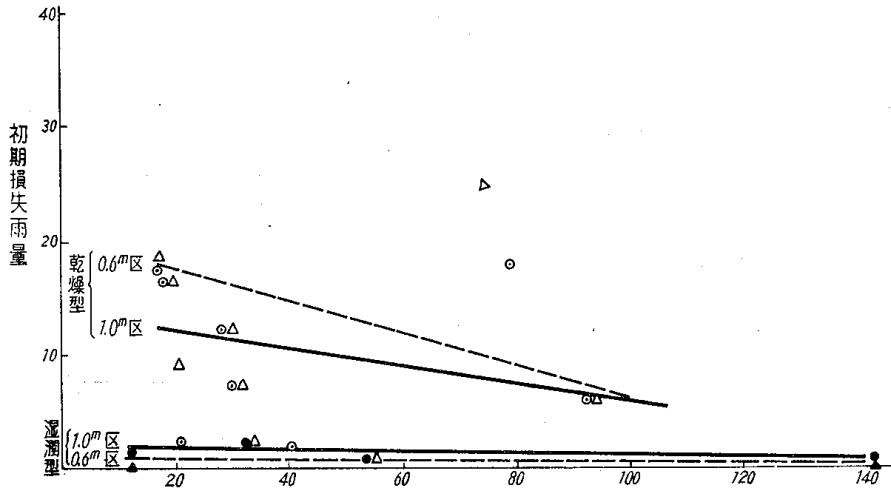


図 VII b-6 総降雨量と初期損失との関係

c. 流出率

- イ. 流出率は、初期損失と逆の増減を示すのは当然であるが、0.6 m 区は乾燥型では 0.82 倍であるが、湿潤型では逆に 1.0 m 区を上廻り 1.03 倍となる。
- ロ. しかし、表面流出と下層流出の割合では、表 VII b-10 となり、0.6 m 区は表面流出の割合が非常に大きい。

表 VII b-10

区 分	1.0 m 区		0.6 m 区	
	表 面 (%)	下 層 (%)	表 面 (%)	下 層 (%)
乾 燥 型	6	94	20	80
湿 潤 型	25	75	38	62

- ハ. 表面流出は大きな降雨の場合にのみ起り、1.0 m 区、0.6 m 区とも、ほぼ同じで湿潤型で 30 mm、乾燥型では 50 mm 程度である。
- ニ. 表面流出が大きいことは排水上は効率が良いが、火山灰のような軽しようで粒子の小さな土壌では流亡を起す危険性があり、また、一般の畑地では、起伏が多いから部分的に堰水の害を与える危険性もある。

d. ピーク流量

1.0 m 区では、ピーク流量は 3.892 l を記録したが、0.6 m 区では 0.45 倍の 1.732 l であった。1.0 m 区は集水面積が大きいのであるから当然であるが、それにしても地下流出率は 1.0 m 区 48.2%、0.6 m 区 41.2% と近似しておりながら、流量が 2.2 倍もあることは 1.0 m 区 がより不安定な流出型であることを意味する。

e. 流出時間

0.6 m 区は 1.0 m 区の 0.8 倍でやや短かいが、両区とも、乾燥型は湿潤型の 2.2 倍の流出時間をもつ。

2) 地下水位

a. 平均地下水位

表 VII b-7 により、4 月から 9 月までの 6 カ月間の月別平均地下水位の 1.0 m から 13.0 m までの平均勾配をまとめると表 VII b-11 のとおりである。

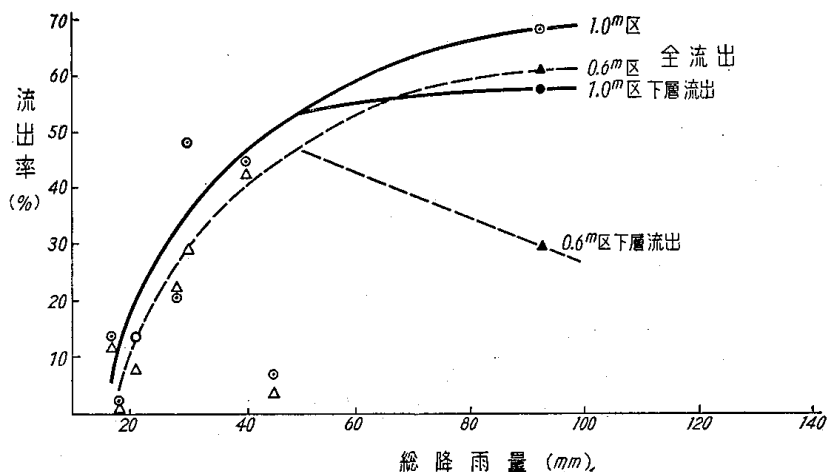


図 VII b-7-1 総降雨量と流出率との関係 (乾燥型)

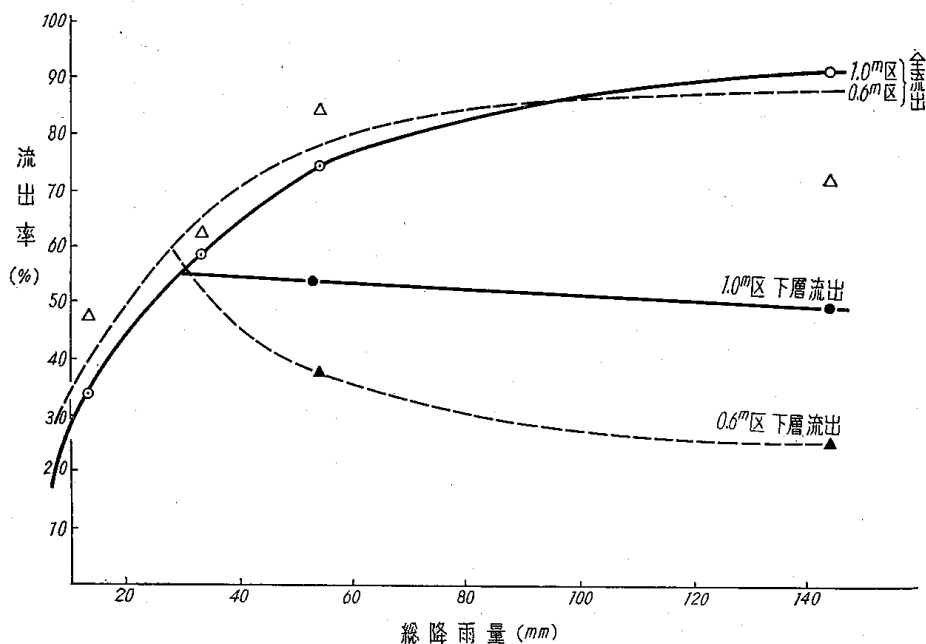


図 VII b-7-2 総降雨量と流出率との関係 (湿潤型)

表 VII b-11 月別平均地下水勾配

	4	5	6	7	8	9	平均	摘要
1.0 m 区	0.13/12	0.05/12	0/12	0/12	0.16/12	0.08/12	0.07/12	
0.6 m 区	0.15/12	0.13/12	0.11/12	0.11/12	0.16/12	0.13/12	0.14/12	

- イ. これによると 1.0 m 区は期間を通して 0.6 m 区よりフラットであり、平均すれば 1/2 の地下動水勾配である。
  - ロ. 地下水位は各点とも 0.6 m 区が低く、渠心から距離が 7.0 m の中央点までは 17 cm の差があり、13 m 地点でも 10 cm、0.6 m 区が低い。
  - ハ. この地下水位の動量、すなわち 0.6 m 区が低いことは、流出率が一般に 0.6 m 区で小であることと一見相反するようにみえる。(後述)
- b. 地下水の日変化
- イ. 37 年度は比較的降雨量が多かったので、上記月別平均地下水位は動水勾配をもつが、表 VII b-8 にみられるように 1.0 m 区では、一降雨の日変化では降雨後 5～6 日で地下水位はレベルに復する。0.6 m 区では 5～6 日後も 15 cm 程度の水位差を保っている。この値は月別平均値の水位差とほぼ同値である。
  - ロ. したがって、地下水位の平衡状態は 1.0 m 区ではレベル、0.6 m 区では 0.14/12 の勾配とみなすことができる。
- 3) 流出量と地下水位の相互関係
- イ. 火山灰地の流出と地下水の相互関係をみると、1.0 m 区は 0.6 m 区に比し保水率が小で流出率が大であるのに地下水位は高い。
  - ロ. 通常の暗渠排水理論では、渠深が大である 1.0 m 区の地下水位は当然 0.6 m 区より低下しなければならないのに、これに反するのは、火山灰地では 0.4～0.6 m に存在する難透水層が重大な影響をもたらしているとみなされる。すなわち、本試験でも 1.0 m 区は 0.6 m 区より難透水層の位置が高いためであろう。この点については来年度以降の調査で究明する方針である。

#### 4. 結 び

以上中間報告として火山灰地の排水工法試験の 37 年度調査結果について報告したが、単年度の調査では、火山灰地の流出機構の精度の高い解析は行なうことができない。特に土層により性質が大きく異なるので、このような土壤中の水の動きを解明するには、多年の調査データの集積が必要である。

今年度の調査結果、1.0 m 区と 0.6 m 区での水の動きの傾向を知ることができた。それによれば、難透水層を比較的上層部に持つ火山灰地の排水工法では、慣行として採られている渠深 1.0～1.2 m の暗渠は必ずしも適当なものといえないようである。

今後、本調査をさらにすすめ、火山灰地の流出機構を明らかにし、排水工法の基準を確立したい。