

VII-a 重粘土地における流出機構調査

農業水産部計画課 鶴海寅和・北川芳男
望月由三
網走開発建設部 長勢明男

1. 概要

1) 試験地の土性

一般に重粘土と称されている土壤は、オホーツク海沿岸段丘地帯に広く分布し、石英粒を含んだ凝灰質粘土よりなる。

試験地の土層は、図 VIIa-1 のとおりで、表土は平均 1.2 cm で腐植に富むが、以下の層は、粘土分を 60~80% 含む埴土からなり、堅密度、粘性ともにきわめて大で、通気、通水性は非常に悪い。この傾向は、下層になるほど強い。20~60 cm の心土の性質を示せば、表 VIIa-1 のとおりである。

このような土壤では、通常の暗渠排水理論をもってすれば、排水効果があると考えられない。しかし、実際には、土管暗渠が広く採用され、施工がすすめられているのは、経験的に排水効果の高いことが認められているからであろう。

cm	層	密度	孔隙	構造
0	埴壤土	A	粗	中
12	埴土	B ₁	密	極少
17	〃	B ₂	密	極少
26	〃	C ₁	密	極少
36	〃	C ₂	密	極少
47	〃	C ₃	甚密	無
57	〃	C ₄	甚密	無

} 10~15cmの角柱状

図 VIIa-1 土壤柱状図

表 VIIa-1 重粘土の理化学性

層 深 (cm)	真 比 重	孔 隙 率 (%)	硬 度 (kg/cm ²)	透 水 係 数 (cm/sec)	摘 要
20~25	2.71	52.6	2.0	43×10 ⁻⁴	36年度調査
55~60	2.69	44.8	5.5	16×10 ⁻⁷	

2) 試験概要

重粘土地開発試験は、上述のような土壤地帯で排水能力が高く、経済的に安価な工法を見出すことおよびこれらの工法の機能を解明することを目的とし、工法として土管暗渠、弾丸暗渠、心土破碎の3者を探りあげ、各工法について土壤調査、流出量調査、地温調査、栽培調査を実施している。

これらの調査のうち、この報告では、土壤調査と流出量調査の結果をとりあげ、重粘土地の排水機構を明らかにするものとする。

2. 土壤調査

1) 試験方法

概要の章に記述したように、重粘土地において土管暗渠が排水効果をあげ得るとすれば、降雨が土壤内を通って暗渠に到達する道順として次の3通りが考えられる。

- イ. 降雨は表土と心土の境界を横流し、渠上で垂直に落ちて暗渠に達する。
- ロ. 心土構造面の亀裂を階段状に流れ、暗渠に達する。
- ハ. 前2者の2通りの流れに分れて暗渠に達する。

これらを解明するため、次の方法で心土の孔隙の性質と容積を求めた。

土壌構造を加味し、30 cm の立方体の鋼材型枠を作製し、上下を有孔蓋とし乱されないサンプルをとり、24 時間水中に放置した後、引揚げて重量を測定し、さらに 24 時間室内に放置して重量測定する。この重量差が重力水の移動しうる亀裂で、これを重力水孔隙と名付けた。これを絶乾して重量測定し、空乾重との差を飽和孔隙と名付けた。最後に比重を測定し、前 2 者以外の孔隙を不飽和孔隙と名付けた。

2) 試験結果

各区について 5 個のサンプリングを行ない、測定した孔隙量の測定値は表 VIIa-2 のとおりである。

表 VIIa-2 土壌の孔隙量 (%)

区名	重力孔隙率	飽和孔隙率	不飽和孔隙率	計	圃場換算重力孔隙率	摘要
原土	0.56	42.18	8.56	51.30	0.56	渠間 10.0m の場合
土管埋戻土	2.44	41.40	11.70	55.54		
" 横	0.74	42.49	1.80	45.05	1.07	渠間 2.5m の場合
弾丸	1.07	47.05	3.59	51.71		
破砕	1.26	44.23	6.18	51.67	1.26	

3. 流出量調査

1) 試験方法

(1) 流出量調査

流出機構を明らかにするためには、調査区域の水の出入を完全に把握する必要があるので、本試験でも一般調査圃場とは別個にライシメーター区を設け、試験の単純化と精度を高める目的で、表層は裸地の状態で維持し、流出機構調査を実施した。

ライシメーター区は表 VIIa-3 および図 VIIa-2 に示した 5 区からなるが、本報告では各工法の機能の

表 VIIa-3 ライシメーター区一覧

試験区名	区面積	渠深 (m)	渠間 (m)	調査内容
原土	20 m × 9 m = 180 m ²			1. 流出量 表面流出量 下層流出量 2. 土壌含水量
弾丸 2.5 m	20 m × 10 m = 200 m ²	0.6	2.5	
" 5.0 m	"	0.6	5.0	
土管 10.0 m	"	1.0	10.0	
心土破砕	"	0.4	0.6	

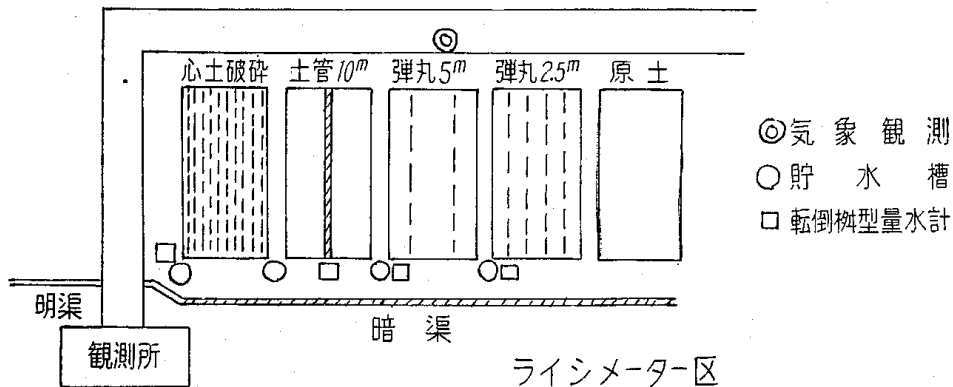


図 VIIa-2 ライシメーター区

特性を明らかにすることがねらいであるので、土管暗渠、弾丸暗渠2.5 m、心土破碎の3区の比較解析を行なうことにする。

ライシメーターは、試験区内外の連絡を完全に遮断するため、不透水層とみなされる深さ1.00 mまで掘削し、ビニール膜を粘土およびベントナイトで固定埋戻しを行なった。流出水は表面流出と下層流出に分離して測定した。表面流出水は、各区とも下流側2辺に沿って、ビニール膜を布設した樋によりトタン製貯水槽に集水し、量水標読取りを行なって測定し、下層流出水は転倒枰型量水計(容量100 cc)に電接回数器を接続し、自記測定した。ライシメーター区は、昭和33年度に設置し、昭和34年度より観測を開始した。

(2) 小型ライシメーター試験

(1)の方法により4年間調査を行ない、流出量を明らかにすることができたので、最終年度(37年度)にライシメーターを掘起して観察を行ない、さらに1.00 m×1.20 m×1.00 mの小型ライシメーターを作製し、人工降雨により、重粘土内の流路測定を行なった。小型ライシメーターは3面にビニール膜を接着し、1面のみ解放し、0~15 cm、15~40 cm、40~60 cm、60~100 cmおよび処理孔からの層別の流出量を時間ごとに測定した。

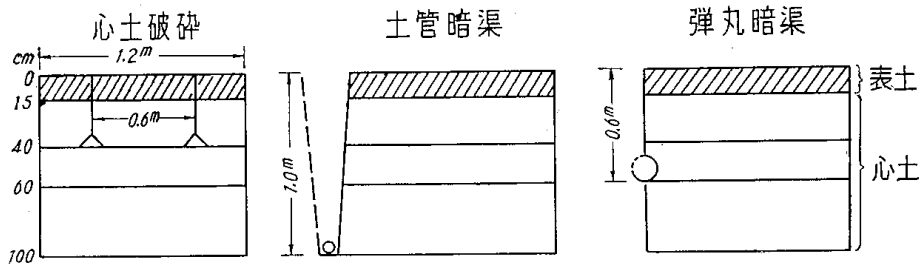


図 VIIa-3 小型ライシメーター正面図

(3) 透水試験

土管区で径30 cmのトタン製円筒を心土上層に設置し、定水位(20 cm)堪水し、暗渠からの流量を測定した。円筒から土管にいたる直線上に1~3箇所小孔を設け、浸潤線の有無をたしかめた。

2) 試験結果

(1) 降雨量

表 VIIa-4 10年間平均月雨量 (28~37年)

1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	計
59.2	52.1	61.7	52.8	74.2	78.6	107.2	160.7	104.8	69.8	56.6	66.3	944.0

表 VIIa-5 10年間最大日雨量 (28~37年)

年度	第1位	同 左	第2位	同 左	第3位	同 左	第4位	同 左	第5位	同 左
	(mm)	生起月日	(mm)	生起月日	(mm)	生起月日	(mm)	生起月日	(mm)	生起月日
28	65.0	9. 26	47.0	9. 25	43.6	8. 12	34.8	8. 1	34.3	5. 30
29	78.0	8. 19	61.0	8. 9	45.5	8. 8	31.0	7. 26	24.0	10. 13
30	65.0	9. 7	49.4	10. 8	48.8	7. 30	46.7	10. 11	44.5	7. 13
31	61.8	6. 24	56.5	6. 6	43.1	8. 17	36.8	8. 18	20.9	8. 4
32	72.4	8. 13	45.2	5. 21	45.0	9. 12	38.5	8. 28	24.5	9. 30
33	89.6	9. 27	54.0	9. 18	31.3	7. 23	28.3	8. 27	26.1	8. 20
34	41.6	5. 18	34.4	9. 27	29.7	5. 19	24.3	8. 27	19.2	9. 13
35	43.1	7. 10	41.7	6. 10	34.2	8. 2	29.3	5. 17	25.2	8. 7
36	31.6	7. 29	28.2	7. 14	27.3	8. 18	26.3	5. 12	22.3	5. 29
37	45.3	8. 1	45.0	8. 17	28.9	8. 3	27.8	7. 16	26.5	8. 7

表 VIIa-6 4年間最大連続雨量 (34~37年)

年度	第1位 (mm)	同 左 生起月日	第2位 (mm)	同 左 生起月日	第3位 (mm)	同 左 生起月日	第4位 (mm)	同 左 生起月日	第5位 (mm)	同 左 生起月日
34	73.6	5.17~19	35.0	8.27~28	26.2	5.4.~6	26.2	9.6~7	25.3	8.27~28
35	63.6	6.9.~11	43.1	7.10	38.1	5.16~17	34.2	8.2.	25.8	8.6.~7
36	44.9	8.17~18	33.0	7.28~29	29.8	5.11~13	28.2	7.14	22.8	5.25~26
37	45.5	7.31~8.1	45.3	8.3.~4	45.0	8.17	27.8	7.16	26.5	8.7

注 32年度以前は北海道農業試験場重粘地研究室の資料による。

表 VIIa-7 ライシメーターにおける流出調査一覧表 (34~37年)

区分	生起 年月日	降雨前 含水比 (%)	降雨量 (mm)	時間雨量			初期損失量			初期損失率			ピーク時間			ピーク流出量		
				最大 (mm)	平均 (mm)	弾丸 (mm)	土管 (mm)	破碎 (mm)	弾丸 (%)	土管 (%)	破碎 (%)	弾丸 (h)	土管 (h)	破碎 (h)	弾丸 (ℓ/h)	土管 (ℓ/h)	破碎 (ℓ/h)	
乾燥型	35.8.6	87	25.8	18.4	1.7	19.4	19.4	19.4	75.2	75.2	75.2	1	1	1	100	136	92	
	37.7.16	85	27.8	12.4	9.3	10.4	6.2	12.4	37.4	22.3	44.6	2	1	2	170	340	80	
	36.7.14	65	28.2	17.6	2.8	16.0	7.2	16.0	56.7	25.5	56.7	1	1	1	83	250	41	
	36.5.11	106	29.8	4.9	0.8	3.6	3.0	8.2	12.1	10.1	27.5	2	2	2	35	43	24	
	35.5.16	102	38.1	4.5	1.2	24.7	17.8	24.7	64.8	46.7	64.8	3	4	4	150	250	122	
	35.7.10	101	43.1	10.7	3.3	0.5	7.2	17.8	1.2	16.7	41.3	1	1	1	495	822	950	
	35.6.9	110	63.6	4.4	1.8	11.9	8.8	10.3	18.7	13.8	16.2	0	0	0	342	439	342	
	34.5.17	90	73.6	5.7	1.6	10.1	7.4	11.3	13.7	10.1	15.4	0	0	0	360	720	510	
	平均						12.1	9.6	15.0	35.0	27.5	42.7	1-15	1-15	1-20	217	375	270
湿润型	34.8.27	120	25.3	5.3	1.2	5.5	5.5	6.7	21.7	21.7	26.5	2	1	2	190	346	270	
	34.9.6	120	26.2	8.3	2.0	6.1	6.1	11.1	23.3	23.3	42.4	0	0	0	360	362	410	
	37.9.8	114	26.3	6.7	2.0	7.2	4.5	9.4	27.4	17.1	35.8	4	4	4	280	475	367	
	37.8.7	131	26.5	13.8	3.3	0.2	0.2	0.6	0.8	0.8	2.3	1	1	1	432	547	331	
	36.7.28	132	33.0	6.5	2.8	9.8	9.1	10.0	29.7	27.6	30.3	1	0	1	540	583	367	
	35.8.2	120	34.2	10.0	4.9	7.4	7.4	7.4	21.6	21.6	21.6	2	1	2	570	610	620	
	34.9.27	128	35.0	7.4	1.8	9.7	9.7	9.7	27.7	27.7	27.7	3	4	4	330	489	370	
	36.8.16	127	44.9	7.0	3.5	8.3	8.3	10.3	18.5	18.5	23.0	4	4	4	778	873	741	
	37.8.17	136	45.0	6.8	2.3	1.2	0.8	2.4	2.7	1.8	5.3	3	3	3	576	756	670	
37.8.3	141	45.3	6.3	2.7	2.0	2.0	3.1	4.4	4.4	6.9	0	0	0	619	756	612		
37.7.31	125	45.5	9.2	5.1	2.6	2.6	4.6	5.7	5.7	10.1	3	3	3	735	884	870		
平均						5.5	5.1	6.8	16.7	15.5	21.1	2-05	1-50	2-10	492	607	512	
区分	生起 年月日	ピーク流出率			流出時間			表面流出率			下層土流出率			総流出率				
		弾丸 (%)	土管 (%)	破碎 (%)	弾丸 (h)	土管 (h)	破碎 (h)	弾丸 (%)	土管 (%)	破碎 (%)	弾丸 (%)	土管 (%)	破碎 (%)	弾丸 (%)	土管 (%)	破碎 (%)		
乾燥型	35.8.6	2.7	3.6	2.4	18	65	24	1.9	0	5.8	8.5	12.8	5.6	10.4	12.8	11.4		
	37.7.16	6.7	13.5	3.1	18	55	17	1.4	0.1	0.8	10.6	21.1	6.3	12.0	21.2	7.1		
	36.7.14	2.3	7.0	1.1	12	42	18	0.6	1.1	5.0	4.9	13.3	4.0	5.5	14.4	9.0		
	36.5.11	3.5	4.3	2.4	64	128	45	0.1	0.1	0	13.0	18.3	8.1	13.1	18.4	8.1		
	35.5.16	16.3	27.3	13.2	29	∞	39	0	0	0	12.0	25.3	12.1	12.0	25.3	12.1		
	35.7.10	22.6	37.7	43.2	26	92	32	6.2	5.2	0.2	26.2	41.0	33.4	32.4	46.2	33.6		
	35.6.9	55.2	49.1	37.8	38	111	51	0	0	0	38.3	52.9	40.2	38.3	52.9	40.2		
	34.5.17	30.9	62.0	43.5	94	102	38	0	0	0	32.7	62.2	40.5	32.7	62.2	40.5		
	平均	17.5	25.6	18.3	39	85	32	1.3	0.8	1.5	18.3	30.9	18.8	19.5	31.6	20.3		
湿润型	34.8.27	17.5	32.1	24.8	∞	∞	73	0	0	0	23.5	33.5	19.0	23.5	33.5	19.0		
	34.9.6	21.2	21.4	24.0	75	101	29	0	0	0	23.5	31.6	25.0	23.5	31.6	25.0		
	37.9.8	20.4	34.8	26.7	44	126	24	0	0	0	24.8	35.6	22.8	24.8	35.6	22.8		
	37.8.7	15.3	19.5	11.7	35	∞	32	23.8	18.1	18.4	35.5	48.6	25.4	59.3	66.7	43.8		
	36.7.28	44.5	44.1	27.5	25	73	23	9.5	5.5	9.5	37.0	48.1	22.9	46.5	53.6	32.4		
	35.8.2	27.9	30.0	30.2	∞	∞	∞	15.7	17.1	18.0	27.2	34.6	27.0	42.9	51.7	45.0		
	34.9.27	21.8	32.5	24.3	104	170	35	0	0	0	38.8	56.7	41.2	38.8	56.7	41.2		
	36.8.16	54.3	61.3	51.5	27	67	27	2.9	1.7	2.1	43.9	53.9	38.4	46.8	55.6	40.5		
	37.8.17	41.4	54.6	47.9	46	107	31	18.1	16.5	22.0	42.6	61.3	35.9	60.7	77.8	57.9		
37.8.3	48.0	59.0	43.9	42	∞	36	10.5	2.3	4.2	62.1	81.3	55.4	72.6	83.6	59.6			
37.7.31	39.1	47.2	46.0	36	∞	31	18.3	5.0	6.6	44.3	52.6	36.8	62.6	57.6	43.4			
平均	31.9	39.7	32.6	54	107	28	9.0	6.0	7.4	36.7	48.9	31.8	45.6	54.9	39.2			

注 ① 初期損失 降雨開始より流出開始までの降雨量 ② ピーク流出率 ピーク雨量に対する流出率
 ③ 仮有効雨量 全雨量-初期損失 ④ ピーク時間 雨量ピークとの時間差
 ⑤ 流出時間 1ℓ/h以上の流出時間で∞の記号は流出終了前に再び降雨があり流出が継続している
 ⑥ ピーク流出 下層土のピーク流出

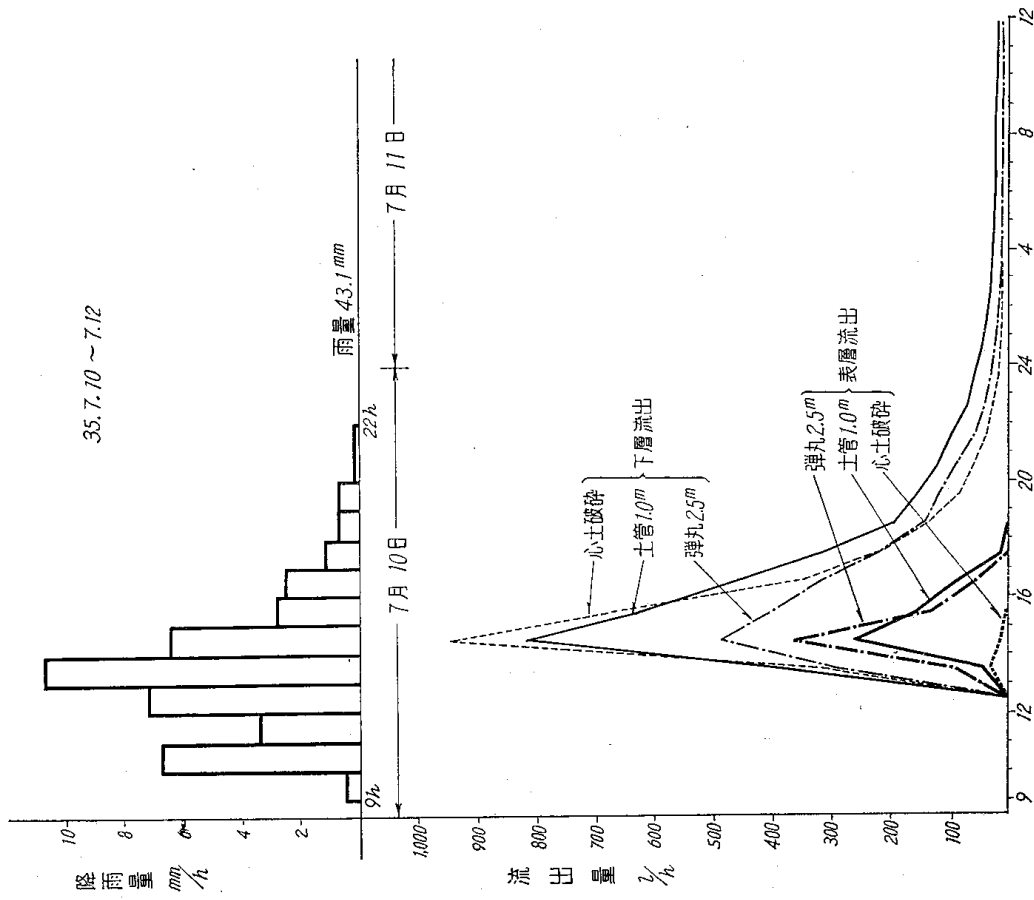


図 VIIa-4 ライシメーター流出図 (乾燥型)

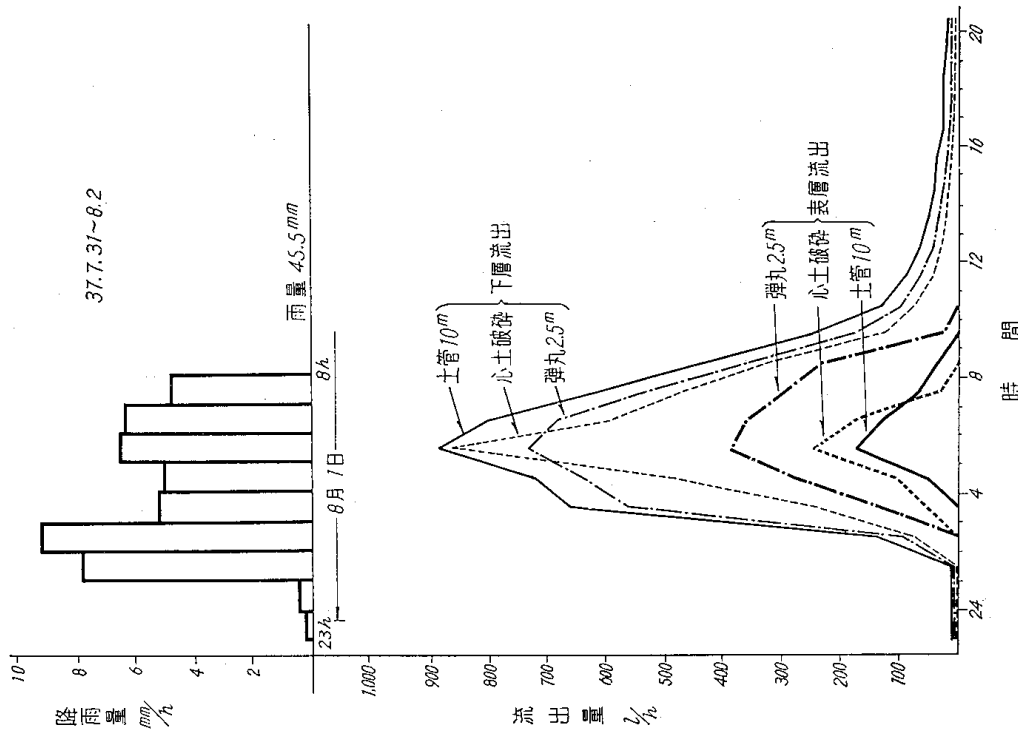


図 VIIa-5 ライシメーター流出図 (湿潤型)

(2) 流出量

作物生育に悪影響を及ぼす地表の過剰水は、大きな降雨があった場合に生ずるので、ここでは4年間の連続雨量25mm以上の降雨19例について考えてみる。また、流出の形態は降雨前の表土含水量によって大きく変化するので、これを2区分して含水比110%以下を乾燥型、110%以上を湿潤型として整理した。

4年間の調査結果は、表 VIIa-7 のとおりで、図 VIIa-4、図 VIIa-5 はそれぞれ乾燥型、湿潤型の流出図の一例である。

(3) 小型ライシメーター試験

各区に第1回40mm(48ℓ)、第2回20mm(24ℓ)の人工雨を降らせ、各層からの流出量を測定して表 VIIa-8

表 VIIa-8 小型ライシメーター試験結果

区名	試験回数	降 水		流 出 率 (%)						流出時間 (min)
		時間 (min)	雨量 (mm)	0~15cm	15~40cm	40~60cm	60~100cm	処理孔	計	
弾丸	1	70	40	0	0.5	14.4	0	0.2	15.1	180
	2	20	20	0	0.3	44.2	0	0	44.5	85
土管	1	60	40	0.7	0.9	3.5	1.2	2.5	8.8	170
	2	24	20	1.8	0.9	4.6	32.3	20.9	60.5	135
破碎	1	48	40	0	0	0	0	37.1	37.1	78
	2	24	20	0	0	0	0	60.1	60.1	60

の結果を得た。なお、試験前は降雨があり、湿潤状態であった。また、ビニール膜を接着しただけで、粘土の埋戻しを行なわなかったため多少の漏水があった。

(4) 透水試験

透水試験の結果、心土上層面には浸透水は認められなかった。また、小孔内にはいずれの箇所でも水面は検出されなかった。

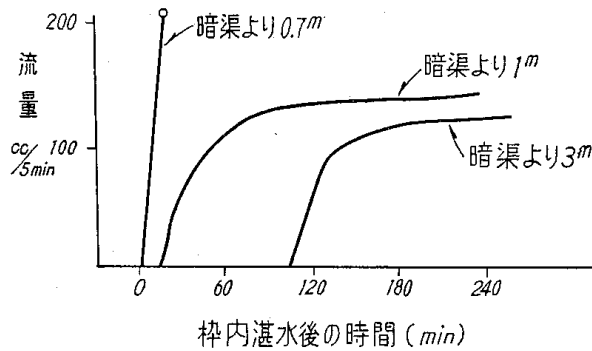


図 VIIa-6 流量の変化

表 VIIa-9 降雨後の表土含水比

雨量 (mm)	弾丸 (%)	土管 (%)	破碎 (%)
26.3	109	115	111
26.5	114	113	116
27.8	110	118	125
28.2	120	126	125
34.2	128	122	116
43.1	134	131	125
44.9	119	126	128
45.3	131	140	138
45.5	138	158	119
平均	123	128	123

(5) 含水量測定

各工法の流出率の差が直接表土の水分に結びつくかどうかを確認するため、降雨終了後24時間前後の表土含水量を測定した。

(表 VIIa-9 参照)

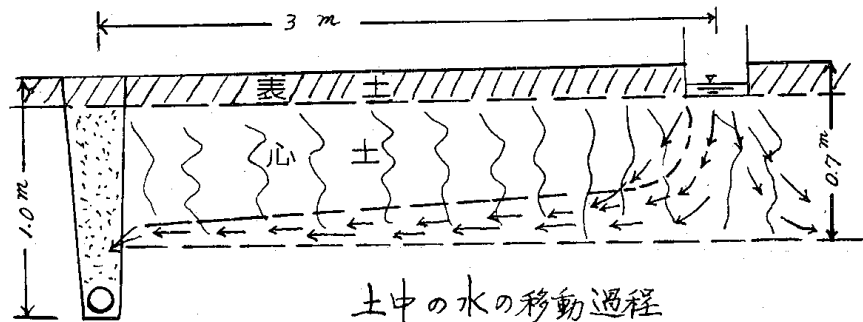


図 VIIa-7 土中の水の移動過程

4. 考 察

1) 土壌(重粘土の亀裂, 表 VIIa-2)

重粘土内の重力水孔隙率は原土で 0.56% と小さな量であり, 弾丸区で 1.07%, 心土破碎区で 1.15% であった。処理区と原土区との差が人工的に与えた土壌の亀裂で 0.51~0.59% ときわめて小さな値ではあるが, 原土に比しほぼ 2 倍の量であり, 重力水の通路としての作用を十分果している。

100 cc 試料缶による室内試験の結果では, 重粘土の透水係数は 1.6×10^{-7} でほとんど不透水性とみなされるが, 実際に暗渠が効果をもっているのは, この亀裂が存在するからである。

2) 流 出 量

流出に関する諸数値を一覧表として表 VIIa-7 にかかげた。この表からみられるように, 重粘土地に施した各工法の排水機能には明らかな差があり, 従来広く採用されてきた土管暗渠は重粘土地に最適なものとはいえないことがわかる。

a. 初期損失は土壌の含水量を表わす指標となる。オホーツク海沿岸地方の降雨型をみると(表 VIIa-3~5), 年雨量は 1,000 mm を越えず, 全国的にも小さな値を示すが, 最大日雨量は過去 10 カ年のデータによれば, 第 1 位が平均 60 mm, 第 2 位が平均 45 mm で比較的集中雨となっている。したがって, 重粘土地帯では, 降雨時には過湿被害を受け, その他の時は早害を受ける傾向が強い。また, 融雪出水が長日数, 灌水し農作業を遅延させる。このような地帯での排水施設は, 過剰水は短時間に排水するが, 圃場の保水量は大きいという一見相反する性質をそなえていることが望ましい。

表 VIIa-4 により降雨量と初期損失雨量の関係を求めれば 図 VIIa-8 を得る。

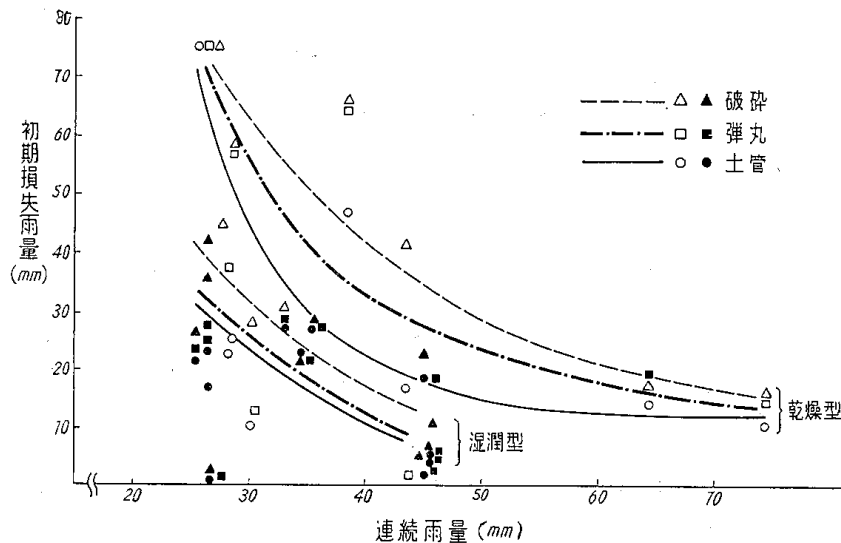


図 VIIa-8 雨量と初期損失の関係

これから乾燥型, 湿潤型とも心土破碎>弾丸暗渠>土管暗渠の順に初期損失率, つまり含水量が大きい。土管を 1.0 とした場合の他工法の平均初期損失率の比は

	土 管	弾 丸	破 碎
乾 燥 型	1.0	1.3	1.6
湿 潤 型	1.0	1.1	1.4

で, 破碎は土管に比し 60% も保水力が大きい。

b. ピーク時間

雨量ピークに対する流出ピークの遅れは, 表 VIIa-7 では時間単位としたため, 湿潤型の場合 20 分の開き

を生じた。しかし、末端排水としてのこれら工法は集水面積が明渠排水路や河川のように大面積ではなく、せいぜい数 ha 程度であるから、時間の遅れが排水能力には影響を与えないとみてさしつかえない。

c. ピーク流量、ピーク流出率

ピーク流量は単位時間の排水能を表わす指標となる。表 VIIa-7 によれば、最大排水量は土管を 1.0 とした場合

	土 管	弾 丸	破 砕
乾 燥 型	1.0	0.6	1.2
湿 潤 型	1.0	0.8	1.0

となり、土管に比し弾丸は 0.6~0.8 で劣るが、破砕は 1.0~1.2 で多少上廻る単位排水能をもつことがわかる。

d. 流出時間

土管に対する各区の平均流出時間の比をみると、

	土 管	弾 丸	破 砕
乾 燥 型	1.0	0.5	0.4
湿 潤 型	1.0	0.5	0.4

となり、土管の流出時間が極端に長く他区の 2 倍以上となっている。

e. 流出率

表 VIIa-7 に示した 3 種の流出率をみると、表面流出率は総流出率に比しきわめて小さな値であり、特に乾燥型については、流出回数の 1/2 は表面流出を生じないし、平均流出率は各区とも 1.0% 前後である。工法の流出機能を考える場合は、表面流出は無視して差支えないので、ここでは下層流出について考察する。

雨量と流出率の関係をプロットすれば 図 VIIa-9 を得る。観測範囲では両者の関係は直線で表わされる。

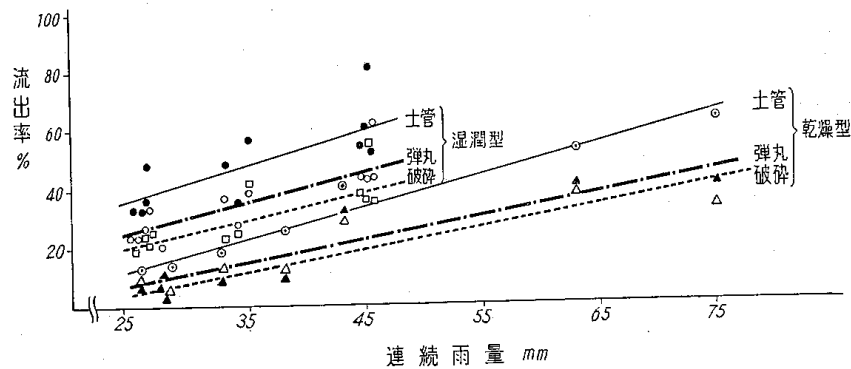


図 VIIa-9 雨量と流出率の関係 (下層土流出)

流出率は土管区が乾燥型、湿潤型の場合とも高く、弾丸に続いて破砕が最も低い。土管に対する他の割合は次のとおりである。

	土 管	弾 丸	破 砕
乾 燥 型	1.0	0.6	0.6
湿 潤 型	1.0	0.8	0.7

3) 流路 (小型ライシメーター試験)

小型ライシメーターは、漏水が多少みられたため量的には誤差を含むが、流出の層別の比は正しい。図 VII a-7 によると次のことがわかる。

a. 弾丸は 40~60 cm の層から流出し、処理孔からはほとんど流出しない。しかし、これはたまたま小型ライシメーターを設けた位置の状況が処理孔へ向う亀裂に同じことに起因するものと思う。

b. 土管は前降雨では 40~60 cm の層からの流出が多いが、後降雨つまり飽和状態では 60~100 cm の層からの流出が支配的である。100 cm から流出する水も渠の近くで急に落ちるもので、離れば 60 cm より上部しか流れない。

c. 破碎は全量が処理孔から流出する。これは心土破碎による人工亀裂が処理を中心に連絡し、具合よくついていることを意味する。

d. 全般的にみて重要な現象として、重粘土内の水の流れ方には次の性質がある。

イ. 表土あるいは心土上層面を水が横流れし、渠に達することはない。

ロ. 過剰水は 40~60 cm の亀裂を通して渠に達する。

ハ. 処理深より下層にはほとんど水は浸透しない。観察によれば 60~70 cm までにみられる構造面は処理によって土壤が膨張収縮を繰り返すうちに、次第にはっきりした亀裂となり、水の一定通路ができる。

4) 透 水

重粘土内には地下水面は存在しない。

5) 含 水 量

表土は含水比 120~130% で飽和各区にはほとんど差はない。したがって、降雨の初期損失量の各区の差は、心土の亀裂量の差であり、損失量は亀裂付近に保持されている。

5. 結 び

1) 重粘土中の水の動き

重粘土地における降雨や融雪の過剰水は 1.0% 前後存在する心土の亀裂を通して移動し、暗渠に達するもので、表土の中、あるいは表土と心土の境界面を通して排水されるものはほとんどない。亀裂は水の通路であると同時に水を保持する役割を果している。降雨後に心土に保持される水はほとんど亀裂面に沿って膜状に存在する。

2) 工 法 の 比 較

土管暗渠、弾丸暗渠、心土破碎の 3 種の工法の特性をまとめると表 VII a-10 のとおりである。

表 VII a-10 工 法 の 比 較

	保 水 力	最大排水量	流出時間	流 出 率	摘 要
土 管 暗 渠	1.0	1.0	1.0	1.0	
弾 丸 暗 渠	1.2	0.7	0.5	0.7	
心 土 破 碎	1.5	1.1	0.4	0.7	

従来、重粘土地の末端排水としては、土管暗渠が唯一の工法として採用された。しかし、経験的には効果を認められてきたが、理論的実験の裏付けはなく、渠深も 0.1~1.2 m が原則であった。本試験により土管暗渠を施工するとしても 0.6~0.7 m 以上の渠深は無意味であることが明らかとなった。

また、土管暗渠より心土破碎が非常に優れた工法であることが明らかとなった。すなわち、心土破碎は土管暗渠に比し保水力が 50% 大きく、最大単位排水量も 10% 大きい。しかし、流出時間は 60% も短い。これは早天時に作物に利用される容水量が大であると同時に、降雨時における過剰水の排除が急速で湿害を防ぐという性質がより強いことを意味する。

さらに心土破碎は、堅密な心土層に人工的に亀裂を与えるため土壤中の空気の流通量を増し、作物の生育によい結果を与える。

工事費では、土管暗渠が 8~10 万円/ha であるのに比し、心土破碎は 3 万円/ha で約 1/3 である。

33 年度から 37 年度にわたる 5 カ年の調査で以上のように心土破碎工が重粘土地の改良方法として最も優れた工法であるという結論を得たものである。