

重粘畑土壤の改良に関する研究

——土管暗渠と心土破碎併用による排水法——

山本晴雄* 上坂晶司* 山口正栄*
後藤計二* 伊藤憲治** 匂坂昭吾**

Amelioration of Heavy Clay Soil

— Drainage method used together with conduit and subsoil breaking —

Haruo YAMAMOTO*, Shōji UESAKA*, Masae YAMAGUCHI*
Keiji GOTÔ*, Kenji ITÔ** and Shōgo SAGISAKA**

重粘地の土地改良に暗渠排水，心土破碎が有力な手段として挙げられ，本報はこれらを併用したときの排水法を検討した。重粘地の過湿の原因は地下水によるものでなく，降雨による浸透水が作土下の透水性の不良により停滞することによるものである。従って基幹明渠の整備だけでも排水には効果的である。重粘地の排水は亀裂の量とその連続性に左右されるので，心土破碎の効果が期待でき，その点を浸透能，暗渠からの水の排出速度において確認した。しかし心土破碎により生じた亀裂は2年経過後の断面観察では確認できず，チゼル跡が排水に役立っていると思われた。重粘地の暗渠の深さは0.6 mで十分であり，さらに心土破碎を暗渠に直交させれば，間隔を20 mとしてもさしつかえない。心土破碎は降雨1週間内外までは水を保留する傾向にあるが，pF 2.3~2.8の段階では逆に脱水を助長していた。重粘土の改善は一次的には排水であるが，むしろ過早にそなえた土壤構造の造成が肝要である。

緒 言

重粘土の定義は概念的であるが「粘性が強く，堅密で通気通水性がとぼしく，乾燥期には旱害をうけ，逆に湿潤期には過湿となる」とされ，北海道にはこのような重粘土が52万 haも分布しているといわれている。支庁別にみると上川，空知の道央地帯と網走，宗谷，留萌の道北地帯が主要な地域であり，丘陵地，台地，段丘地に分布する。しかしひとくちに重粘土といってもその堆積様式あるいは母材がことなり，土壤分類学的に見て，いくつかに分類される。重粘地グループ⁹⁾によれば，従来，重粘土といわれてきたものは疑似グライ土およびその近縁のもので10亜型に属するといわれている。

重粘土の改善には暗渠排水，心土破碎，深耕，心土耕，砂客土などの物理性の改善と石灰，燐酸，堆肥による化学性の改善などがあげられ，古くから北海道農

業試験場^{1,2,3,4,5,8,10,11,12)}において研究が進められてきた。心土破碎は1952年に指導奨励事項となり，その後1958年頃より北海道開発局⁶⁾がオホーツク海沿岸で重粘地開発試験を始め，排水の補助工法としての心土破碎が認められるようになった。

現在，重粘地の改良として土管暗渠と心土破碎の併用が提唱されているが，これを組み合わせた場合の施行基準はいまだ明確にされていない。また多くの試験研究がオホーツク海沿岸に集中し，道央地帯については試験研究が少ない。そこで筆者らは空知管内滝川市において，心土破碎の併用を前提としたときの暗渠の施行法ならびに心土破碎の実施要領について再検討した。

本試験を行うにあたり終始御教示を賜った前当場森哲郎化学部長（現道立天北農業試験場長），ならびに終始試験に協力して下さった当場化学部小林 茂，宮脇忠，高橋市十郎研究職員，および種々有益な示唆をい

* 北海道立中央農業試験場 夕張郡長沼町

** 北海道立滝川畜産試験場 滝川市東滝川

ただき、試験の遂行に協力もして下さった道立滝川畜産試験場佐久間智工科長、および本報の御校閲を賜った当場松代平治化学部長の方々に心からお礼を申し上げます。

試験方法

1. 試験地の地質および土壌

試験圃場は滝川市、道立滝川畜産試験場3区3号圃に設置した。本試験地は石狩川に空知川が合流する地点の段丘上にあり、高、中、低位の三段の段丘のうちの中位段丘に位置する。三段の段丘は石狩川および空知川によって洪積期に形成されたものと考えられ、中位段丘の地形面は緩波状性である。土壌は凝灰質粘土を母材とする疑似グライ土である。発達する層位はA_p/B_g/C_gであり、B~C層に大きな塊状および柱状構造の発達した粘質で堅密な土壌である。C層に斑鉄があり構造面に粘土が沈積している。

本試験地の代表的な土壌断面を示せば次のとおりである。

- A_p 0~23 cm 腐植に富む黒褐色 (10 YR 3/2) の重粘土 (HC)。構造は4~7 mmの粒状。硬度は22 mm (山中式硬度計)。
- B_g 23~33 cm 腐植のある灰黄褐色 (10 YR 6/2) のHC。2~3 cmの塊状構造で、内孔あり、割れ目鮮明 (0.5 mm)。

硬度22。黄褐色 (10 YR 5/8) の斑鉄に富む。

- C_{1g} 33~55 cm 構造壁面は灰白色 (7.5 Y 8/1)、構造内は浅黄色 (2.5 Y 7/4) と灰白色 (2.5 Y 7/1) のHC。構造は複合として柱状構造であるが、水平方向に容易に分割される。構造面は鮮明である。黄褐色 (10 YR 5/8) の斑鉄に富む。硬度は27。構造面に粘土の沈着が見られる。
- C_{2g} 55 cm~ 構造壁面は灰白色 (7.5 Y 8/2) の柱状構造で構造面は鮮明である。土性はHCであるが、構造内部はやや土性があらい。黄褐色の斑鉄あり。硬度は25。

土壌の理化学性は表1, 2のとおりである。土壌は強酸性で塩基状態にとぼしい。粘土含量は50%前後で第2層は63%にも達する重粘土である。作土以下の下層の三相分布は固相で50%前後であり、孔隙率が少なく気相は5%以下である。透水係数も下層で10⁻⁷~10⁻⁸ cm/secのオーダーであり、亀裂の効果がなければ難透水層である。硬度もC層で14.5~20 kg/cm² (山中式硬度計25~27 mm) と堅密である。本試験地は草地として利用されていたが、湿性のため低位生産の草地であった。なお本報において以下の重粘土とは疑似グライ土をさす。

表1 土壌の理化学性

地質母材	層序	層名	深さ (cm)	風乾細土中		細土無機物中				土性	生土				風乾土	
				水分 (%)	腐植 (%)	粗砂 (%)	細砂 (%)	シルト (%)	粘土 (%)		液性限界 WL	塑性限界 Wp	塑性指数 Ip	コンシステンス指数 Ic	WL	Wp
洪凝積灰世質堆粘積土	1	A _p	0~23	5.4	7.1	0.3	12.8	39.7	47.2	HC	68.4	37.7	30.7	0.78	58.9	35.5
	2	B _g	23~33	5.7	1.5	0.3	5.9	30.9	63.0	HC	81.8	27.6	54.2	0.78	59.2	28.0
	3	C _{1g}	33~55	4.7	0.5	1.1	11.6	41.3	46.1	HC	61.8	25.2	36.6	0.70	50.7	21.6
	4	C _{2g}	55~	5.0	0.4	1.5	14.5	32.7	51.2	HC	61.3	26.2	35.1	0.89	51.5	21.1

地質母材	層序	風乾土		pH		置換酸度 Y ₁	有機物			塩基置換容量 (me/100g)	置換性塩基 100g中			石灰飽和度 (%)	磷酸吸収係数	有効態 P ₂ O ₅ (mg/100g) Troug法
		Ip	Ic	H ₂ O	KCl		T-C (%)	T-N (%)	C/N		CaO (me)	MgO (me)	K ₂ O (me)			
洪凝積灰世質堆粘積土	1	23.4	0.62	4.9	4.1	11.9	4.10	0.29	14.1	24.1	5.7	2.1	0.0	23.7	726	1.6
	2	31.2	0.63	4.7	3.9	21.9	0.86	0.09	9.5	22.7	2.5	3.7	0.1	11.0	718	0.9
	3	29.1	0.50	5.1	4.0	22.5	0.28	0.03	9.3	18.9	2.1	2.8	0.0	11.1	582	1.2
	4	30.4	0.71	4.8	3.9	16.9	0.23	0.03	8.5	20.4	3.8	4.8	0.1	18.6	416	0.9

表 2 現地における三相分布および室内透水係数

地点	層名	深さ (cm)	容積重 (乾土) (g)	固相 (%)	液相 (%)	気相 (%)	孔隙率 (%)	真比重	透水係数(変水位法)	
									容積重	K
1	A _p	0~28	100.7	39.3	52.0	8.7	60.7	2.56	96.9	1.3×10 ⁻⁴
			126.3	47.6	45.7	6.7	52.4	2.65	104.5	1.6×10 ⁻⁵
	B _g	28~36	139.8	54.0	40.9	5.1	46.0	2.59	137.0	5.7×10 ⁻⁷
			137.5	51.6	43.2	5.2	48.4	2.66	141.1	4.4×10 ⁻⁴
	C _g	36~	149.4	55.8	40.9	3.3	44.2	2.68	146.8	2.3×10 ⁻⁶
			155.5	58.1	38.7	3.2	41.9	2.68	149.3	9.8×10 ⁻⁵
2	A _p	0~15	106.3	41.4	51.4	7.2	58.6	2.57	99.4	7.2×10 ⁻⁵
			107.9	42.2	49.2	8.6	57.8	2.56	101.7	—
	B _g	15~35	133.8	49.2	46.6	4.2	50.8	2.72	129.3	1.6×10 ⁻⁷
			129.0	48.1	48.1	3.8	51.9	2.68	128.5	9.4×10 ⁻⁸
	C _g	35~55	130.4	50.1	47.3	2.6	49.9	2.60	133.5	1.9×10 ⁻⁷
			135.0	52.3	45.9	1.8	47.7	2.58	135.9	5.2×10 ⁻⁸
3	A _p	0~23	115.5	45.0	48.7	6.3	55.0	2.57	114.3	8.2×10 ⁻⁷
			111.0	44.5	51.8	3.7	55.5	2.49	108.9	3.1×10 ⁻⁷
	B _g	23~33	124.3	47.8	47.6	4.6	52.2	2.60	124.1	1.0×10 ⁻⁷
			121.5	45.4	49.9	4.7	54.6	2.68	126.9	3.5×10 ⁻⁸
	C _{1g}	33~55	133.2	51.6	46.1	2.3	48.4	2.58	128.5	1.9×10 ⁻⁸
			129.7	48.2	48.6	3.2	51.8	2.69	134.0	7.2×10 ⁻⁸
	C _{2g}	55~	144.9	54.3	43.6	2.1	45.7	2.67	149.6	4.3×10 ⁻⁸
			144.4	53.6	44.1	2.3	46.4	2.69	146.5	9.0×10 ⁻⁸

2. 試験区と処理内容

試験区は暗渠の渠間を 8, 12, 20 m, 渠深を 0.6, 1.0 m とし, それに心土破碎は暗渠に直交する一方向, および暗渠に直交と平行の十字方向の 2 処理を表 3 のごとく組み合わせ, 図 1 のごとく設定した。暗渠施行は 1970 年 6 月上旬, 心土破碎施行は 7 月中旬に行った。土管暗渠は吸水渠に直径 60 mm, 集水渠に 90, 120 mm のものを用いた。吸水渠の長さを 30 m とし, その勾配は地表面に平行でおおよそ 1/115 であった。試験区の暗渠はそれぞれ渠間の処理毎に吸水渠を 3 本設け, 中央の暗渠で排水量の測定を行った。中央暗渠より片方の渠間で栽培試験と水分動態の調査を, 他方で試料採取, 浸透能調査を行った。なお暗渠施行は北

海道開発農機のトレンチャー (MS-32 L 32 Hp) で行った。

心土破碎施行は暗渠施行の約 1 カ月後に 75 cm の間隔で 45 cm の深さまで破碎した。心土破碎一方向区では吸水渠に直交させ, 心破十字方向区では最初に吸水渠に平行, 次いで吸水渠に直交の順に施行した。なお心土破碎は北海道農業開発公社の機械 (小松 D 60 パンプレカ直装 3 連, ウイング付, 油圧) を用いて行った。

供試作物は 1971, 1972 年にマメ科牧草 5 草種とイネ科牧草 5 草種, 1971 年に馬鈴薯, 1972 年に菜豆を栽培した。なお栽培試験については次報で報告する。

表 3 処 理 区

処 理	渠 間 × 渠 深 (m)				
	8×1.0	12×1.0	12×0.6	20×1.0	20×0.6
暗 渠	3 区	2 区	1 区		
心破一方向併用	4 区	8 区	7 区	5 区	6 区
心破十字方向併用		12 区	11 区	9 区	10 区
無 処 理			13 区		

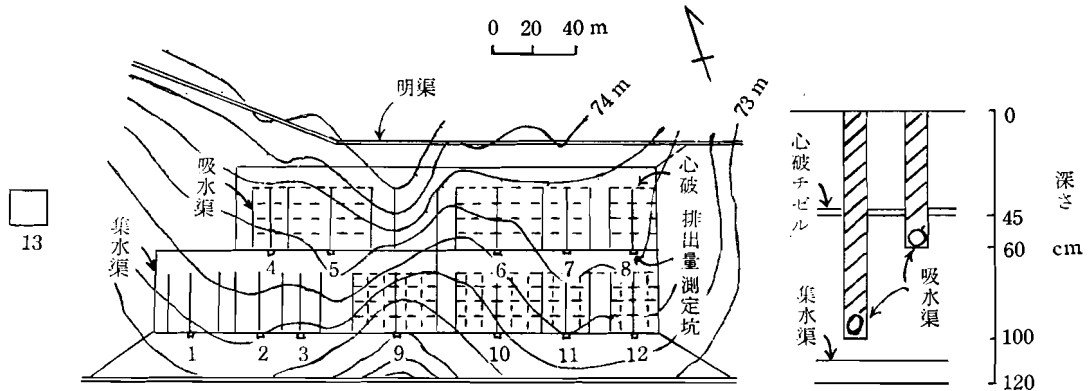


図1 試験区および暗渠と心土破碎の位置

試験結果

1. 心土破碎による土壌の破碎効果

施行時の土壌水分は表土(作土上部5cm)が47~50%(水分率), 下層土(35cm深)が43~46%(水分率)であった。暗渠施行後, 降雨は少なく経過したが, 心破施行数日前にかなりの降雨があり, 破碎効果が心配された。しかし断面調査の結果, 破碎効果は十分認められた。図2は施行直後の断面にビニールをかぶせ亀裂をスケッチしたものである。亀裂の量は心破無施行2.19%, 心破一方向7.68%, 心破十字方向15.14%で10:35:70の割合であり, チゼルを中心に上向きに広がるように生成した。亀裂はチゼル周辺の構造の機械的破壊と, 密着していた自然構造面の分離とにより生じた。

心土破碎直後の硬度分布は図3に示す。心破一方向ではパンブレーカーによる破碎部分は明瞭に膨軟(コーンペネトロメータ7.75 kg/cm²≒山中式硬度計22 mm以下)になったが, 下層のチゼル間に硬い層(12.4 kg/cm²)が残存する。心破十字方向では完全に膨軟になった場合と下層に硬い層が残存する場合があった。後者は最初の走行により地表面に凹凸を生じ, 次に直角の走行でパンブレーカーが波をうち, 下層まで破碎できなかったところと考えられる。

また心土破碎2年経過後(1972年9月下旬)の硬度分布を図4に示す。心破十字方向は心破無施行にくらべて, 地表下35cm内外が膨軟であった。心破一方向は心破十字方向と無施行の中間的な硬度分布であった。なお調査時の土壌水分は表4のとおりである。またチゼルの跡は確認できる場合とできない場合があった。

心土破碎による膨土量を縦方向, 横方向ともに45度の角度でレベルを用いて測定し, 図5, 6に示した。心

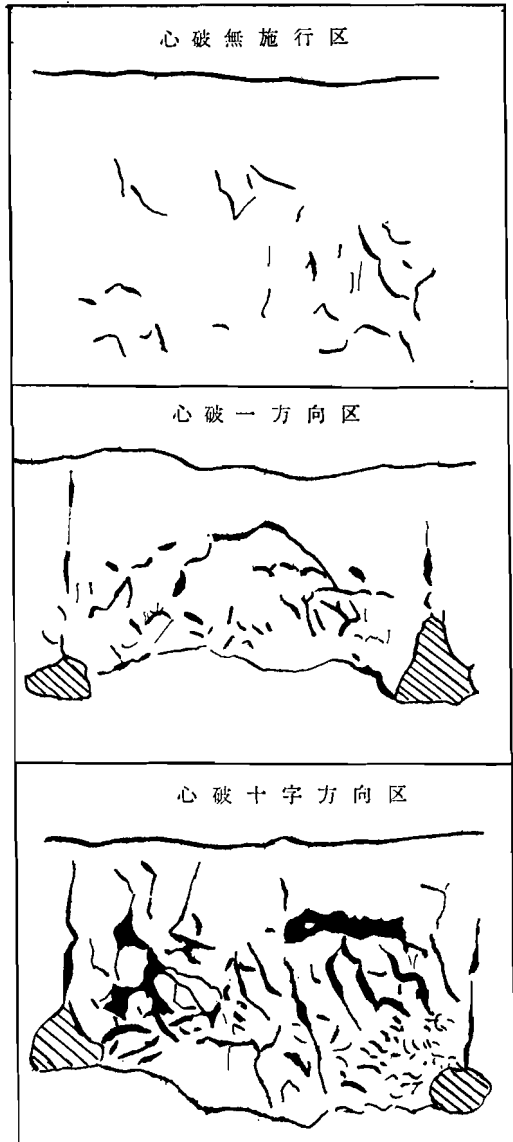


図2 心土破碎直後の土壌断面

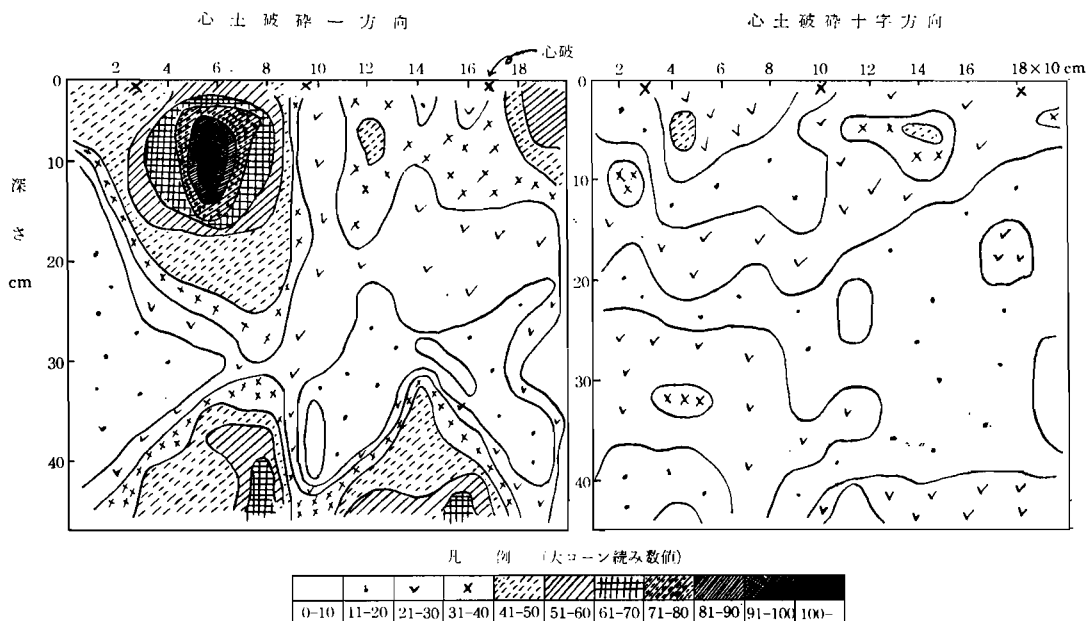


図3 心土破碎直後の硬度分布

破一方向の膨土量の度数分布は正規分布に近く、平均6.4 cmの膨土であった。一方、心破十字方向の場合は2つのピークが見られ、これは第1回の膨土効果と第2回の膨土効果によるものと思われ、また平均9.6 cmの膨土であった。なお心破十字方向の場合は切断によりブロックが不規則に浮上し、ブルドーザによる鎮圧をしなければ、その後の耕起作業に支障をきたすほどであった。心土破碎の施行上の問題として、吸水渠と平行、直交のいずれを先にするかということがある。試験は平行直交の順に行ったが、直交の際、チゼルが平行心破により生じた地表面の凹凸により波をうつ状態になった。従って排水を促進するためにはまず吸水渠と直交、次いで平行の順に施行すべきであろう。

2. 土壌の亀裂の状態および水の浸入状況

滝川重粘地のC層の飽和透水係数は $10^{-7} \sim 10^{-8}$ cm/secのオーダーでほとんど透水のない層である。にもかかわらず現実にはごく不良ながら排水がおこなわれるのは亀裂の存在によるものと考えられる。そこで亀裂の状態および浸入状況を追求するために着色剤(赤色エマルジョン100倍液に表面活性剤であるニッサラピゾールB30を0.1%の割合で加えたもの)を土壌に注入した。測定方法は一辺0.8 m、深さ0.8 mの穴を掘り、三方の断面を供試し、おのおの断面より35 cm離して直径30 cmのシリンダーを、A: 15 cm(作土中間)、B: 25 cm(B層上部)、C: 作土除去後さらに

25 cmの深さ(C層)に打ち込んだ。その後、着色剤をシリンダーに注入し、断面への流出状況を観測した。その結果Aでは12分30秒で深さ40 cmと65 cmの亀裂より同時に流出が認められ、その後作土層とB層の層界からも流出した。Bにおいては43分30秒後に75 cmの深さの亀裂より流出が認められた。Cにおいては数時間後も断面には流出が認められなかった。以上のことからシリンダーより出た水は放射状に浸潤し下層の亀裂に遭遇して急速に降下すると思われる。従って断面に流出してくる速さと量は遭遇する亀裂の多少と連続性によると考えられる。すなわちAにおいて作土層とB層の層界をまず横流することが予想されたが、わずかに12分30秒で65 cmの深さに達したことはある程度の降雨量までは亀裂による鉛直浸透が優勢であることを示している。山崎ら¹⁴⁾も亀裂の果す役割を評価し、それがなければpF 2.5以上のエネルギーを与えなければ心土層の水を排除できないので暗渠排水はほとんど役立たないことを指摘している。

3. 土壌の浸透能

重粘土壌における排水効果を評価するためにはコアサンプルを用いた透水係数だけでは不十分である。というのはコアサンプルでは土壌の亀裂を十分包含しきれず、かつ土層全体の相互的な透水性をあらわさない。そのため本試験においては心土破碎1年経過後(1971.7.15)の浸透能の測定を行った。

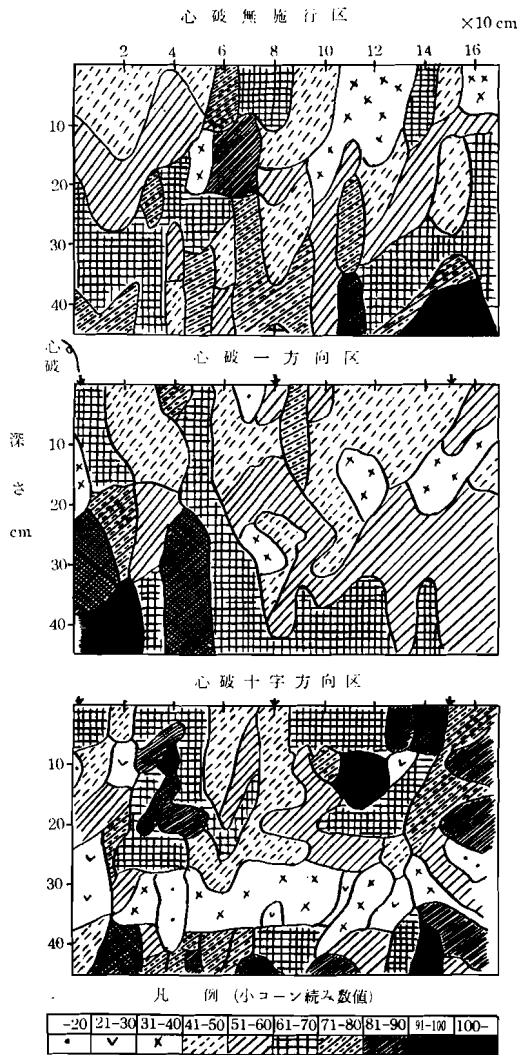


図4 心土破砕2年経過後の硬度分布

シリンダーは鉄製の直径30 cm、高さ30 cmのものを用いた。シリンダーからの横流を防ぐためにその外側に50 cm四方の木枠を組み、シリンダーと同様に湛

表4 硬度分布調査時の土壌水分 Vol % (心破2年後)

処理	深さ (cm)	基点からの距離 (cm)						
		20	40	60	80	100	120	140
心無施行破行	5~10	50.8	50.7	50.1	43.4	47.3	43.2	49.9
	20~25	48.1	47.7	44.8	47.7	42.9	42.9	43.4
	35~40	44.7	43.3	45.9	43.5	44.8	45.3	47.4
心一方向破向	5~10	49.4	46.5	49.3	41.6	43.0	48.3	47.4
	20~25	49.0	48.4	49.7	51.3	47.9	48.3	46.6
	35~40	48.6	49.9	47.7	46.6	47.6	49.7	49.0
心十字方向破向	5~10	36.9	36.2	37.0	44.8	44.2	50.5	32.8
	20~25	44.3	40.0	46.3	49.2	50.6	53.6	44.8
	35~40	42.2	42.1	43.1	44.9	45.0	47.9	44.4

註) 図4を参照

水した。シリンダーの湛水の深さは最高5~7 cm程度とし、随時給水した。シリンダーの設置は暗渠より4 mの地点とし、打ちこむ深さを15 cm (作土中間)、25 cm (B層上部)、作土を除きさらに25 cmの深さ(C層)とした。

実験式は

$$D = CT^n$$

D: 積算浸入量 (mm)

T: 時間 (min)

C, n: 定数 (CはTが1分の時の積算浸入量 nは直線の勾配)

であらわされ、インタークレートIは上式を微分して

$$I = \frac{dD}{dT} = Cn T^{n-1}$$

と求められる。しかしI値はC値が土壤の水分条件に左右されるので変動が大きい。そのためことなつた条件あるいは他土壤との比較に不便である。むしろn値が土壤の本来的な性質、すなわち孔隙内容を反映する

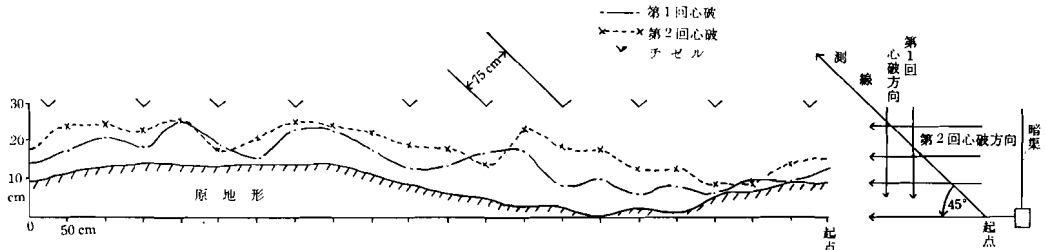


図5 膨土量

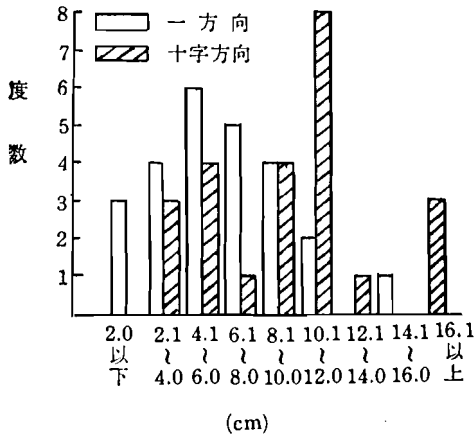


図 6 膨土量の度数分布

と考えられ、 n 値の大小により排水の評価をした。

定数 n 値が重粘土壌では一般に浸透開始後最初の 10 分前後とそれ以降とことなってきた傾向をとるようであり、さらに三段階に異なる場合もある。従って測定値を最初の 10 分間とそれ以降に分け、排水機能を評価した。

表 5 のごとく無処理の n 値は作土層打ちこみ、B 層打ちこみ、C 層打ちこみの順に 0.60, 0.27, 0.15 のパターンであり、排水との関係の深い B 層打ちこみの n 値は暗渠および心土破碎の処理により、0.51 (平均) と大きく、排水機能は向上したことが認められた。さらに心土破碎併用の効果は暗渠のみの n 値 0.42 (平均) に対し、0.56 (心破併用区の平均) とうまわり、その効果は認められる。

表 5 浸透能定数

打込深 (cm)	測定時間 (min)	無処理		暗渠				心破一方併用				心破十字方向併用			
				8×1.0 ²		12×0.6		12×0.6		20×0.6		12×0.6		20×0.6	
		c	n	c	n	c	n	c	n	c	n	c	n	c	n
15	0~10	6.74	0.65	4.71	0.62	1.23	0.90	7.50	0.92	9.82	0.77	4.39	0.71	7.99	0.69
	10~90	7.85	0.60	3.45	0.78	2.22	0.61	10.85	0.72	10.86	0.75	5.39	0.64	7.69	0.72
25	0~10	8.31	0.28	7.08	0.51	3.02	0.50	12.70	0.53	18.77	0.64	5.37	0.63	9.49	0.61
	10~90	7.52	0.27	8.41	0.44	5.36	0.24	12.45	0.51	5.64	0.74	6.94	0.51	19.23	0.32
50 ¹⁾	0~10	1.44	0.64	1.67	0.70	1.88	0.32	4.16	0.26	2.35	0.59	1.12	0.69	2.28	0.55
	10~90	3.50	0.15	6.24	0.15	4.00	0.00	5.41	0.11	4.07	0.31	3.16	0.20	5.75	0.15

註) 1) 作土除去後 25 cm の打ちこみ 2) 渠間 m×渠深 m

4. 暗渠からの水の排出速度

暗渠からの水の排出速度を 1971 年の融雪時と秋の降水時に測定した。1971 年の融雪期は 4 月 4 日で、圃場に 10% の残雪が残る 4 月 5 日より 7 日まで測定を行った。融雪時の排出速度は処理別に見ると図 7 に示すごとく、心破一方併用の渠深 0.6 m の排出速度は著しく大きい。また心土破碎処理での渠深は 1 m よりも 0.6 m の方が排出速度が大きくなっている。融雪時の暗渠からの水の排出速度は残雪の分布状態および気温の変動の影響を強くうけ、気温が高く融雪量の多い日中にピークがあらわれながら減少する。

降水時の暗渠からの水の排出速度の測定は 1971 年 9 月 13 日の 25.7 mm, 14 日の 9.1 mm の降水量の時に行った。処理別に見ると図 8 のごとく、心土破碎一方併用において、渠深 0.6 m, 1.0 m とともに 9 月 14 日の降雨に対してすみやかに排出速度のピークがあらわれた。また、渠深別に見ると心破一方併用 0.6 m が顕著に排出速度のピークがあらわれている。渠間 20 m 区においても同様の傾向である。このことは亀

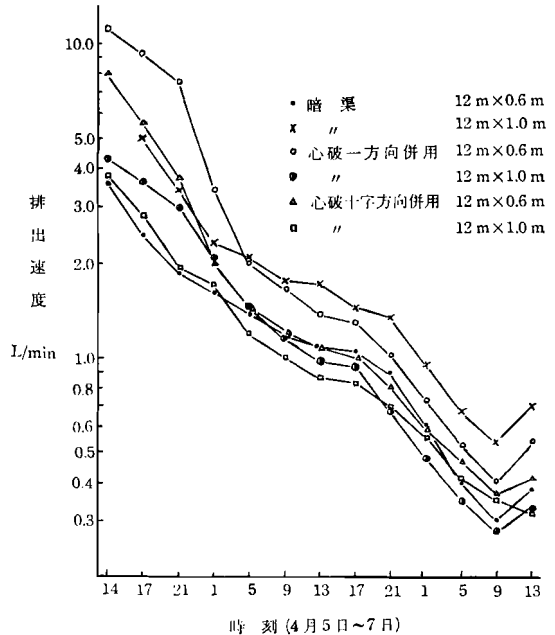


図 7 融雪時の処理別暗渠排出速度 (1971)

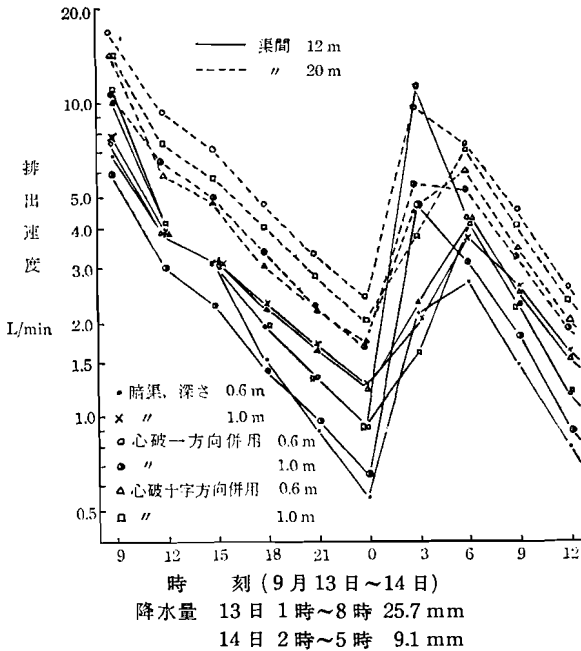


図8 降水時の処理別暗渠排出速度 (1971)

裂への水の浸入状況で見たように暗渠までの亀裂の連続が心土破碎一方併用でもっともよいことを示している。渠間別の排出速度は処理区の絶対水量を反映し単位吸水渠当りの集水面積の大きさによった。なお渠間別の単位面積当りの排出速度はやや渠間の広い方が大きいようであるが、ほぼ同程度の排出能力と思われる。

5. テンシオメータによる水分動態の観測

水分動態の経時的観測はテンシオメータによった。テンシオメータでの張力を水柱であらわし、水柱0 cmを停滞水位と想定した。そして停滞水位を地表面からの深さに換算した。低張力においては実際の水位と比較的一致する。測定する位置は地表下15 cm, 35 cm, 55 cmで行った。低張力領域では15 cmと35 cmの測定結果は比較的一致するが、高張力になるに従い、原理的な水位は15 cmのそれがはるかに下まわった。この原因については作土層界における水理学的連続性の低下、あるいは蒸発散に伴う水の移動の時間的なずれなどが考えられる。排水法の検討のためには35 cmでの測定が適当と考え、主としてこれを用いた。以下における水位は35 cm深での測定であり、また原理的な水位を単に水位とあらわす。

(1) 表面停滞水領域の水分動態

重粘地は表面停滞水(地表面および作土の深さまでの重力水)を生じやすいが、基幹明暗渠を適切に施行

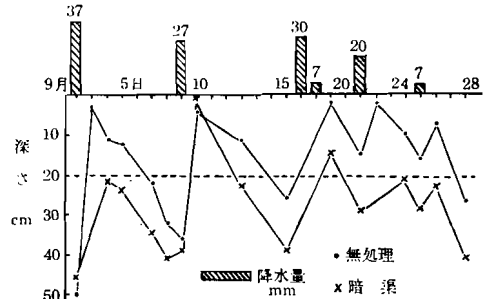


図9 明渠の整備, 暗渠施行による水位の低下 (1970)

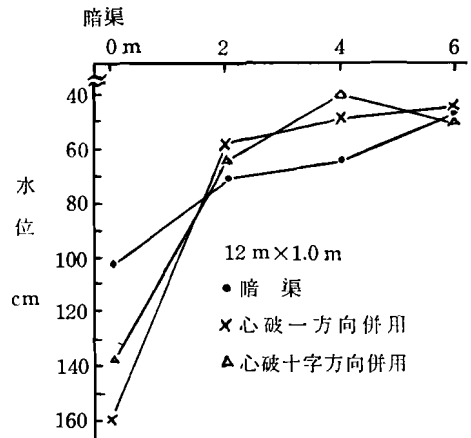


図10 処理別の水位

することにより、作物の湿害あるいは機械の運行の障害などはかなり解消される。図9のごとく、明暗渠の整備管理により、相当の降雨でも3日以上にわたり20 cm以内に表面停滞することがほとんどなくなる。

(2) 低張力水分領域の水分動態

表面停滞水除去後の各処理について、1973年5月29日の23.3 mmの降雨後の水分動態を比較検討した。降雨後の水位の経日変化は3日で水位が20~30 cm (pF 1.3~1.5) にあり、5日で50 cm (pF 1.7) に達した。降雨1週間後の暗渠断面の水位より各処理を比較すると次のごとくである。

心土破碎の効果は図10のごとく心土破碎処理により水位はむしろ高く、低張力水分領域では水分動態が緩慢であったことが推察される。心土破碎処理の保水効果の有無はさらに以下において考察したい。

渠深の効果を図11より見ると、渠間12 m区間では概括的に渠深0.6 mは1.0 mと同等か若干低くなる傾向がある。ただし、さらに脱水が進むと1.0 mの方が水位は低くなる。このことから表面停滞水から低張

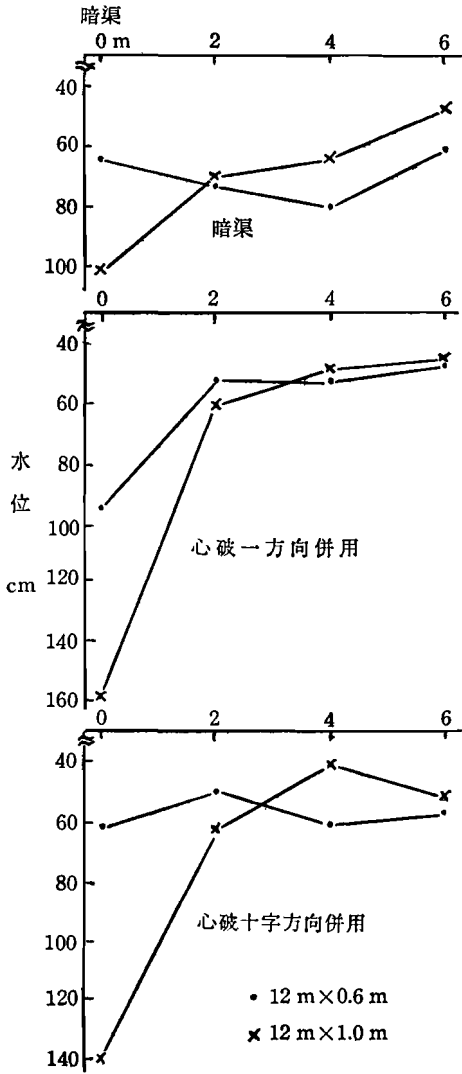


図 11 渠深別の水位

力の領域では暗渠までの浸透距離が短いほど排水は早いと考えられる。

渠間の効果を図 12 より見ると渠間 8 m は 12 m よりも水位は低い傾向にあるが、12 m と 20 m の差は各処理とも歴然としない。

(3) 高張力水分領域の水分動態

1972年7月中旬から8月下旬まで暗渠間の断面の平均水位を半月別にあらわし、乾燥期の水分動態を各処理間で見のが図 13 である。心土破碎処理は無処理よりも脱水を助長している傾向にある。低張力水分領域で渠間 12 m の同じ処理区の排水効果を見たとき心破処理が水を保留するようが見えたが、乾燥期には

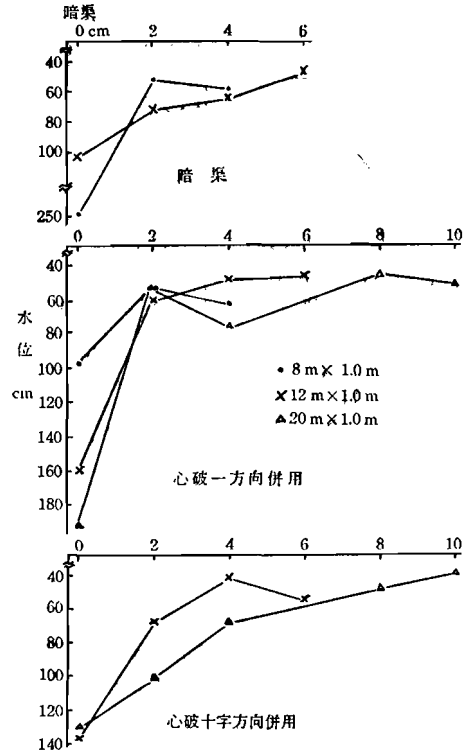


図 12 渠間別の水位

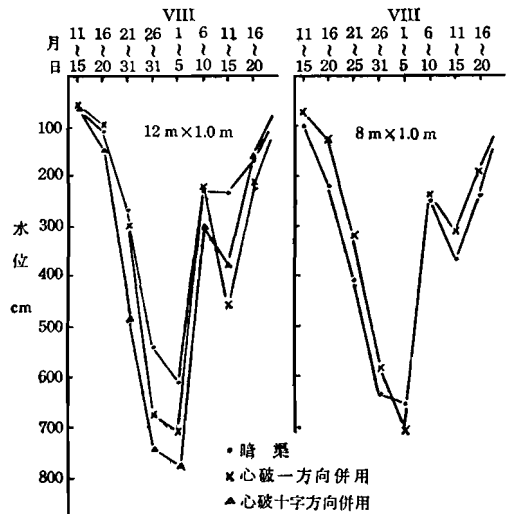


図 13 高張力 (pF 2.7) 段階の心土破碎処理の効果

逆に脱水を助長する傾向にある。しかし渠間 8 m の処理を見ると、心破処理の脱水の度合いが心破無処理と同程度か下まわるので断定はできないが、少なくとも心破処理の保水効果がこの段階 (pF 2.7~2.8) までであると

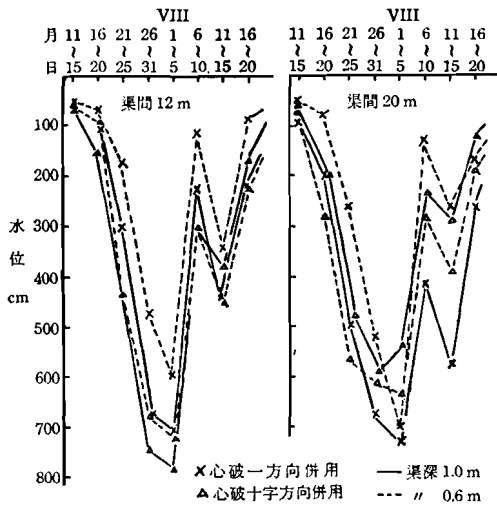


図14 高張力(pF 2.7)段階の渠深の効果

はいえないようである。

渠深の効果を見たのが図14で、渠深1.0mと0.6mの処理において渠間12m、心破併用区では渠深1.0m区の方が脱水を助長しているが、20m区間では渠深による影響は判然としない。

考 察

土管暗渠の吸水渠の深さと間隔の関係について理論的には Walker, Gerhardt, Breitenbach, Kopeczky などの研究¹³⁾があるが、実際のギャップもあり、北海道においては

渠深：吸水渠 1.0~1.1 m

集水渠 1.1~1.2 m

渠間：砂質土 20~24 m, 壤土 14~20 m, 粘土 10~14 m, 泥炭土 12~18 m

が一般的な標準¹³⁾である。しかし重粘土においては地下水は対称外の深さにあり、降雨による浸透水の難透水層での停滞が過湿の原因である。したがって難透水層以下過度の深さに暗渠をする必要もなく、地下水を想定した北海道基準すらも実際と一致しているとはいえない。北海道開発局⁷⁾でもこの点を指摘し、暗渠の深さを60~70 cmで十分であろうとしている。

湿害の原因が降雨による浸透水であるだけに滝川重粘土においては基幹となる水路、水系の整備だけでも直接的な湿害はかなり回避される。さらに明暗渠の整備は図9に示すように表面停滞水の排除に効果的である。

暗渠の渠深の問題については、降雨直後の暗渠からの水の排出速度(図8)および1週間後の水位の動向

(図11)からみると、暗渠のみでは0.6mが1.0mより勝るとはいえないが、心土破碎一方をかけることによって渠間が12m、20mとも0.6mの方が暗渠からの水の排出速度は降雨に即応して大きい。このことは暗渠までの浸透路長が短いうえに心土破碎によって亀裂による水みちの暗渠までの連続性がよくなったことを示している。1週間経過後の水位は0.6mと1.0mは同等か、若干0.6mが低い傾向にある。こうしてみると重粘土では心土破碎を一方にかけることにより渠深を0.6mとするのが施工費も安いうえに排水法としても妥当である。

渠間については12mと20mの降雨1週間後の水位の差(図12)から見ると優劣はつけがたい。したがって降雨直後の暗渠からの水の排出速度と考えあわせ心土破碎一方の渠深0.6mなら渠間を20mとしてもさしつかえないであろう。

心土破碎の施行直後の亀裂の増加および膨土は図2, 6にみるように非常に顕著であるが、その破碎された状態を見ると密着していた構造面が分離してもありがったものである。したがって時間の経過とともにともどもどおり、2年後の断面観察ではチゼルの跡すらわからない場合もある。しかし施行1年後の浸透能の調査および暗渠からの水の排出速度の調査、さらに2年後の断面観察でもチゼル周辺の亀裂に水が集まり水路となっていることはたしかである。したがって心土破碎一方の余剰水の排除に関する効果は認められる。

さらに心土破碎の水分動態におよぼす影響について保水性があげられ、十字方向が一方に比べて顕著である。これはチゼル周辺の水が集まったことと土壌の保水に対するキャパシティが大きくなったことが考えられる。しかしこのような現象は降雨後1週間内外までで、pF 2.3~2.8の段階では逆に脱水を助長している傾向にあり、この段階まで保水効果があるとはいえない。保水の効果が作物生育にどの程度までプラスに働いたかは今後の検討を待たねばならない。

重粘土が「粘性が強く、堅密で通気通水性がとぼしく、乾燥期には旱害をうけ、逆に湿潤期には過湿となる」という定義は農業的には当をえている。重粘土の過湿は図9でも指摘したように明暗渠の整備だけでも長期の停滞水はなくなる。しかし過湿、過旱の問題は熱収支、水収支の観点からも考察しなければならず滝川地方では降水量のみでこの問題は考えられない。いづれにしてもこの土壌の不良性は物理性に原因があり、保水に対するキャパシティが小さく旱害、湿害の両方をうけやすい点にある。したがって重粘土の改良

はともすれば排水がクローズアップされるが、土壌構造を改善して根圏域を広くし保水のキャパシティを大きくして、過湿、過干をなくするのが根本と考えられる。

引用文献

- 1) 千葉 登 1950: 重粘地に於ける砂客土の効果. 北農 17: 196-172.
- 2) ——— 1950: 重粘地に於ける心土耕の効果. 北農 17: 233-235.
- 3) 千葉 豪 1968: 心土破碎における二, 三の問題. 北農 35(1): 107-111.
- 4) 深井 強 1934: 重粘土地の心土改良. 北農 1: 77-79.
- 5) ———, 池 盛重, 伊東美智男, 増島 博, 昆忠男 1962: 重粘性土壌における砂及び泥炭客土の併用効果. 北海道農業試験場彙報 77: 56-67.
- 6) 北海道開発局農業水産部 1963: 重粘土地開発試験報告書(開拓基礎調査). 1-55.
- 7) 北海道開発局農業水産部監修 1967: 土地改良に関する技術指針 —北海道の特殊土壌地帯における一. 260-263, 北海道土地改良協会, 札幌.
- 8) 北海道農業試験場重粘地研究室 1971: 昭和45年度試験研究成績書.
- 9) 重粘地グループ 1967: 北海道北部の土壌(重粘性土壌の生成・分類と土地改良). 31-34, 北海道開発局, 札幌.
- 10) 森 哲郎 1953: 北海道における重粘性土壌の研究. 第1報. 小向重粘土の二, 三の理学的性質及び化学的組成. 北海道農業試験場彙報 65: 17-24.
- 11) ———, 佐々木清一 1956: 北海道における重粘性土壌の研究. 第2報. 小向重粘土の無機膠質物について. 北海道農業試験場彙報 71: 13-20.
- 12) ———, 深井 強 1959: 北海道における重粘性土壌の研究. 一重粘性土壌に対する砂客土の効果について. 北海道農業試験場彙報 74: 30-41.
- 13) 農林省農地局 1955: 土地改良事業計画設計基準. 第8篇 暗渠排水 1-13.
- 14) 山崎不二夫, 八幡敏雄, 竹中 肇, 田淵俊雄 1972: 北海道小向の重粘地の暗キヨ排水における心土キ裂の役割. 農土研 30: 427-434.

Amelioration of heavy clay soil

— Drainage method used together with conduit and subsoil breaking —

Haruo YAMAMOTO*, Shôji UESAKA*, Masae YAMAGUCHI*
Keiji GOTÔ*, Kenji ITÔ** and Shôgo SAGISAKA**

Summary

The so-called heavy clay soil developed on the plateaus and hills in Hokkaido mainly belongs to Pseudogley soils and related soils. Underdrainage and subsoil breaking are the main operations to ameliorate these heavy clay soils.

In this paper, the authors studied the drainage method which was used together with underdrainage and subsoil breaking. We set up the test field in Takikawa, Central Hokkaido, and investigated for three years from 1970 to 1972. The disposal was designed as follows:

The interval of tile drainage is 8, 12, 20 m and the depth is 0.6, 1.0 m from the ground surface. The width of subsoil breaking is 0.75 m and the depth is 0.45 m from the ground surface. The subsoil breaking was carried out in two manners, one was to cross, another was to parallel and to cross with the water absorption conduit. Each disposal of the tile drainage and the subsoil breaking was jointed together respectively.

The results obtained in this paper are as follows;

1) The cause of poor drainage in heavy clay soil is not a result of a high ground water table, but stagnation of excess water caused by rainfall because of the impermeability of the subsoil, therefore, the complete equipment of a main drainage canal which adapts to the topography is of primary importance.

2) It was confirmed from the appearance of water infiltration that the drainage of heavy clay soil depended upon the quantity and continuity of the channel or cracks.

3) The cracks that were brought out by subsoil breaking could be no longer detected in the soil profile after 2 years of practice. Moreover, the chisel traces of subsoil breaking was occasionally indistinct.

4) But it was found by investigations of the intake rate of water and the rate of tile drain flux that the continuity of the channel to tile was further increased.

5) It was considered in heavy clay soil that a moderate depth of tile was 0.6 m from the ground surface. And provided that the subsoil breaking is carried out to cross with the water absorption conduit, the interval of tile drainage may be widen to 20 m.

6) Observation by tensiometer indicates that the subsoil breaking tends to retain water at low moisture suction for about 1 week after rainfall, but at a higher moisture suction (pF 2.3-2.7), it tends to aid dehydration adversely.

7) Amelioration of heavy clay soil is by drainage at first, successively improvement of soil structure to increase retentive capacity of water is necessary to avoid drought.

* Hokkaido Central Agricultural Experiment Station, Naganuma Hokkaido, Japan.

** Hokkaido Prefectural Takikawa Animal Husbandry Experiment Station, Takikawa, Hokkaido, Japan.