

2. 2 うね間かんがい (特にサージフローシステム) 適用試験

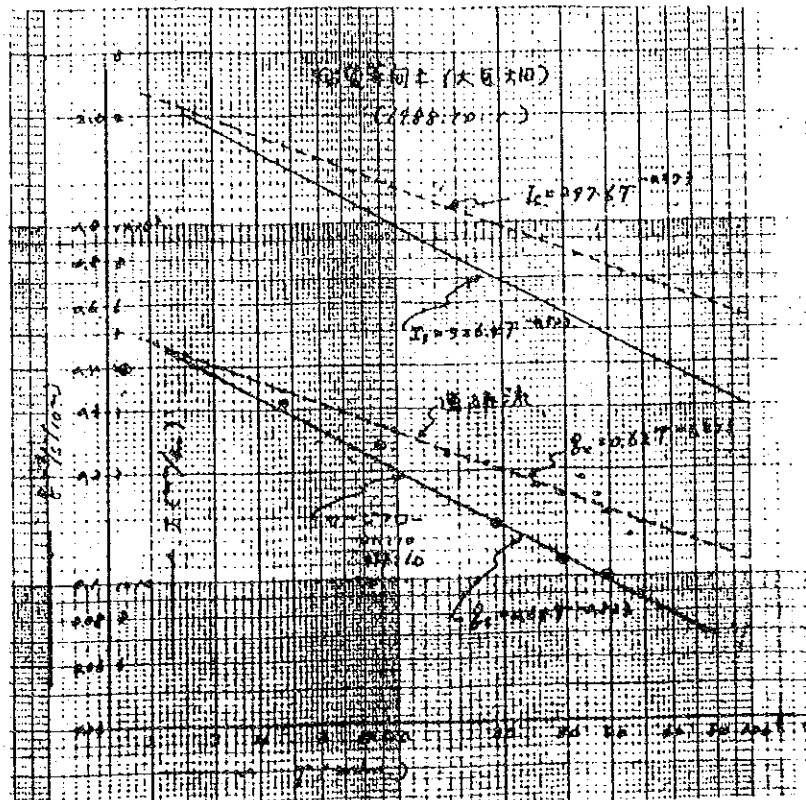


図-11 うね間インテーク・レート曲線 (初回かんがい時)

区分	$I=KT^m$		$D=CT^n$	
	k	m	c	n
連続流	297.6	-0.373	7.91	0.627
サージフロー	326.4	-0.523	11.40	0.477

I: mm/km, T: 経過時間 (min)

D: mm, k, m, c, n: 定数

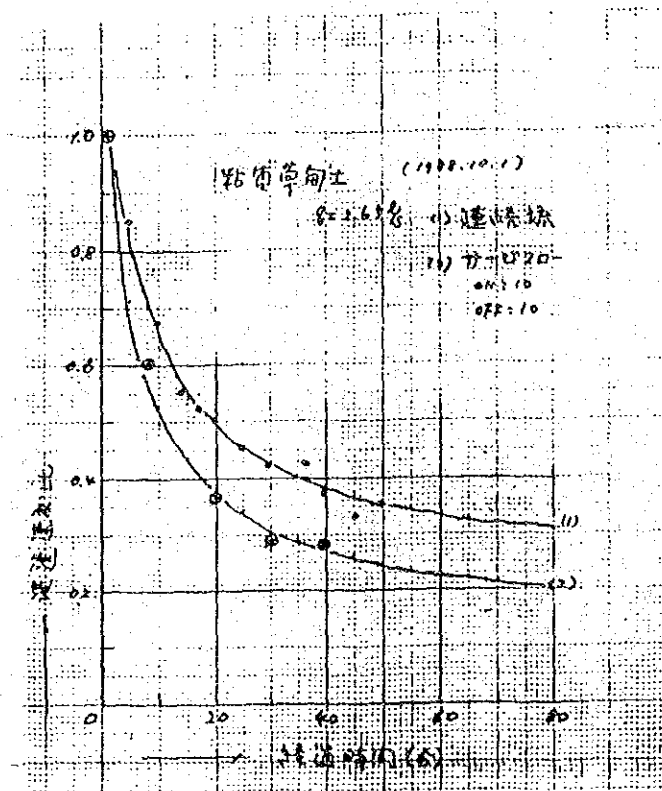


図-12 浸透速度比 (初回かんがい時)

この図は粘質草甸土を対象に初回かんがい時に行った浸透速度比の比較で、かんがい開始後40分間の浸透速度比が連続では0.38であったのに対し、サージ・フロー (ON : 10, OFF : 10) では 0.27に減衰した、これは水足の速さを増す原因の一つでもある。

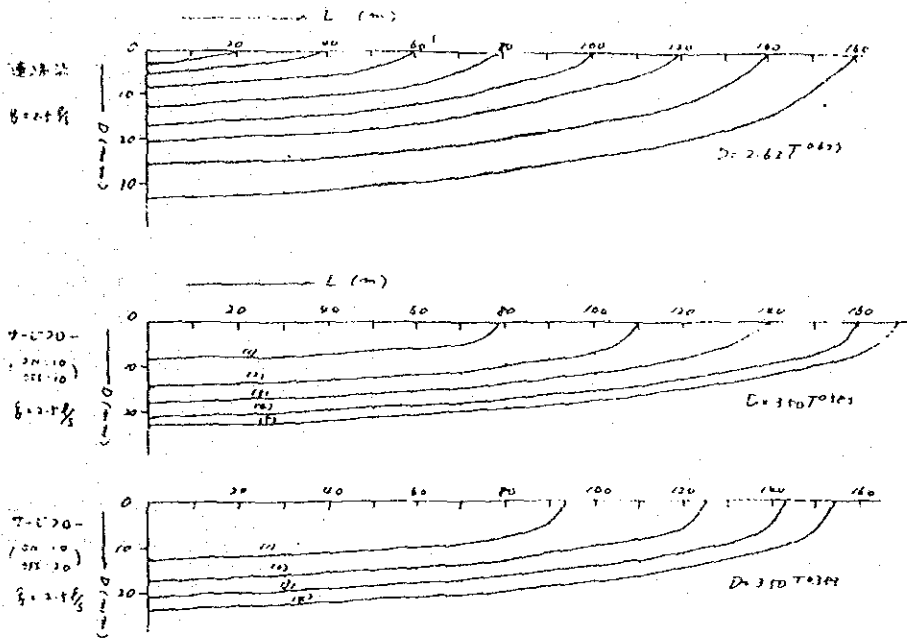


図-12' 侵入水深の分布 (粘質草甸に初回かんがい時)

粘質草甸土を対象としたうね間かんがいにおける侵入水深分布図の一例で連続流とサージフローの間にハッキリした差が認められる。

表-2 水足到達時間とうね間インターク・レートから求めたEa値

区分	q	L	t	D=CT ⁿ		Ea	
				c	n	D=30 ^{mm}	D=40 ^{mm}
連続流	(l/s) 2.5	(m) 100	(min) 12.03	7.91	0.627	72.8	80.0
		120	16.42			67.3	75.4
		140	23.37			60.5	69.2
		160	31.35			54.7	63.7
		180	84.40			36.3	44.5
サージフロー (ON:10分) (OFF:10分)	2.5	① 130	20.63	11.40	0.477	69.7	78.6
		② 140	31.49			62.8	72.5
		③ 140	41.34			58.3	68.2
		④ 180	47.69			55.9	65.9
サージフロー (ON:10) (OFF:20)	2.5	① 120	18.34	11.40	0.477	70.7	79.5
		② 140	30.01			63.6	73.2
		③ 150	40.21			58.8	68.7
		④ 180	43.84			57.3	67.3
連続流	3.0	100	10.33	7.91	0.627	75.4	82.1
		120	15.48			68.3	76.2
		140	21.83			61.8	70.4
		160	30.25			55.5	64.4
		180	39.35			50.3	59.3
		190	44.68			47.8	56.8
サージフロー (ON:10) (OFF:10)	3.0	① 140	19.65	11.40	0.477	70.4	79.3
		② 160	28.93			64.2	73.8
		③ 170	38.86			59.3	69.2
		④ 190	42.35			57.9	67.8

○内数字はサージ回数

g: 流量(l/s), L: うね長(m), t: Lへの到達時間(min)

D: 計画かんがい水量(mm), T: 時間(min), c, n: 定数

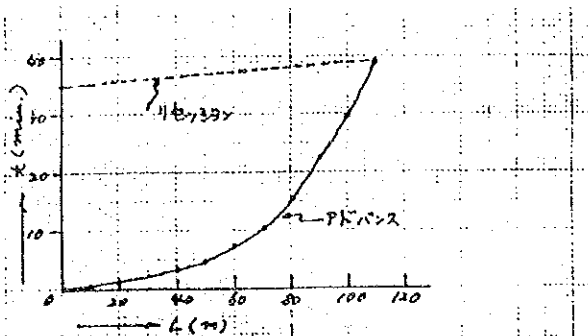


図-13(1) 連続流 (初回) のアドバンス～リセセッション曲線 (砂質壤土 $q=2.0(l/s)$)

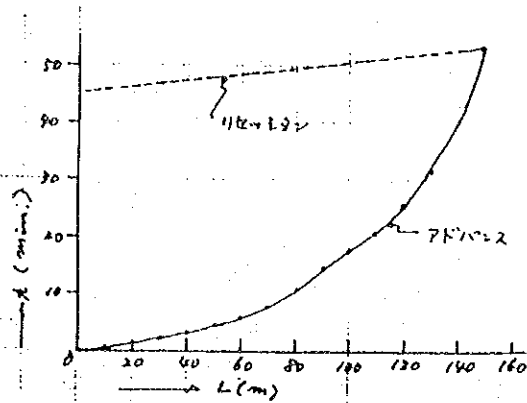


図-14(1) 連続流 (2回目) におけるアドバンス～リセセッション曲線 (砂質壤土 $q=2.0(l/s)$)

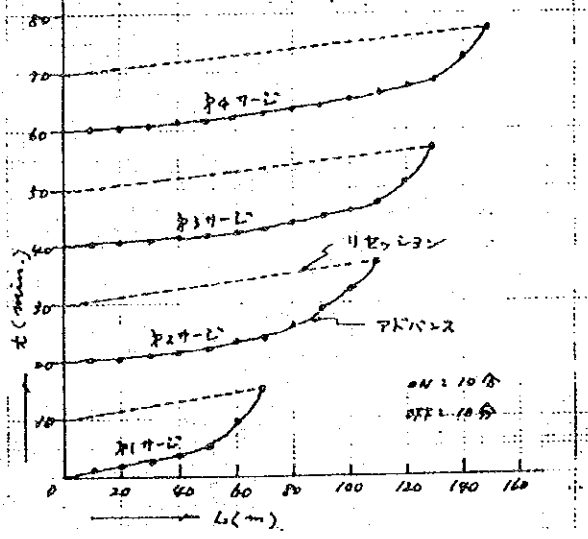


図-13(2) サージフロー (初回) のアドバンス～リセセッション曲線 (砂質壤土 $q=2.0(l/s)$)

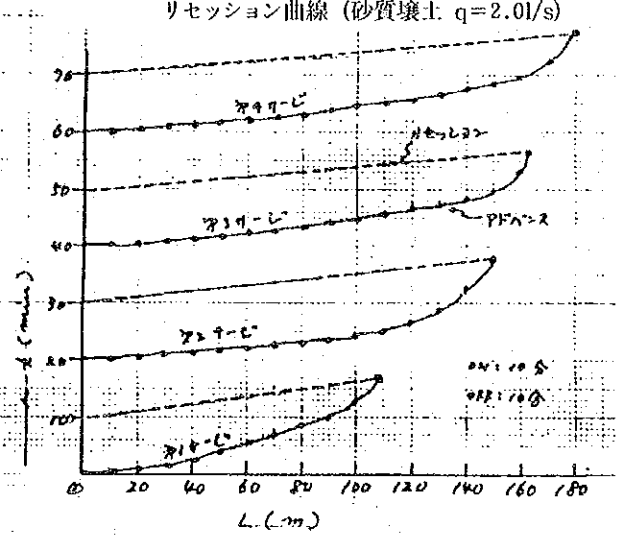


図-14(2) サージフロー (2回目) におけるアドバンス～リセセッション曲線 (砂質壤土)

図-13(1)(2)は初回かんがい時のアドバンス～リセセッション曲線。図-14(1)(2)は2回目かんがい時のアドバンス～リセセッション曲線である。(1)は連続流であり、(2)はサージフローである。初回、2回目かんがい共にサージフローのアドバンスが優れていることがわかる。

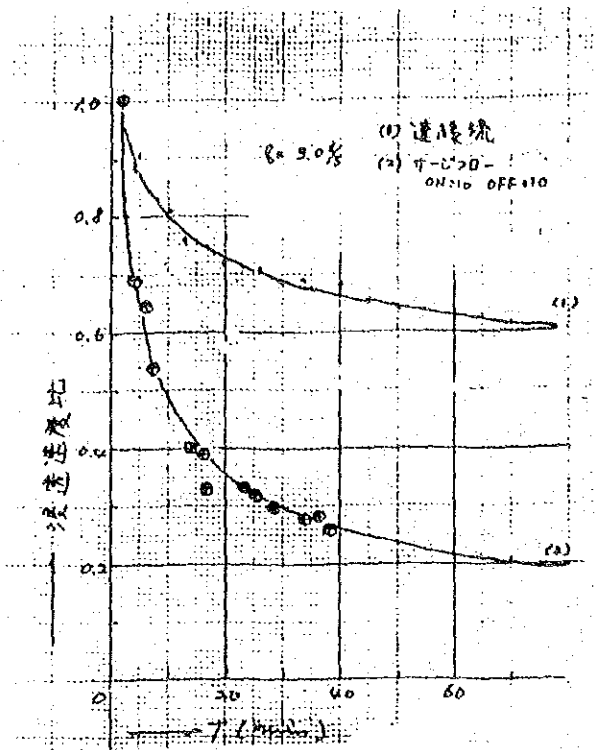


図-15(1) 砂壤土の浸透速度比曲線 (初回)

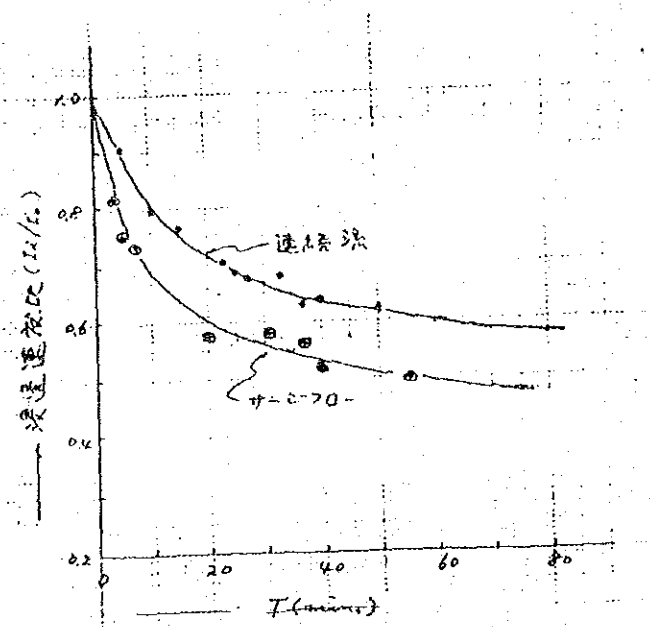


図-15(2) 砂壤土の浸透速度比 (2回目かんがい)

図-15 (1) (2) は砂壤土における浸透速度比である。

(1) は初回かんがい時

(2) は2回目かんがい時

初回かんがい時には連続流とサージフローの間に大差 (40分後

0.66に対し0.26)を生じたが、2

回目かんがい時にはその差はかなり小さくなった (40分程0.64

に対し0.53) これは透水性の大きい砂質土の一特質である。

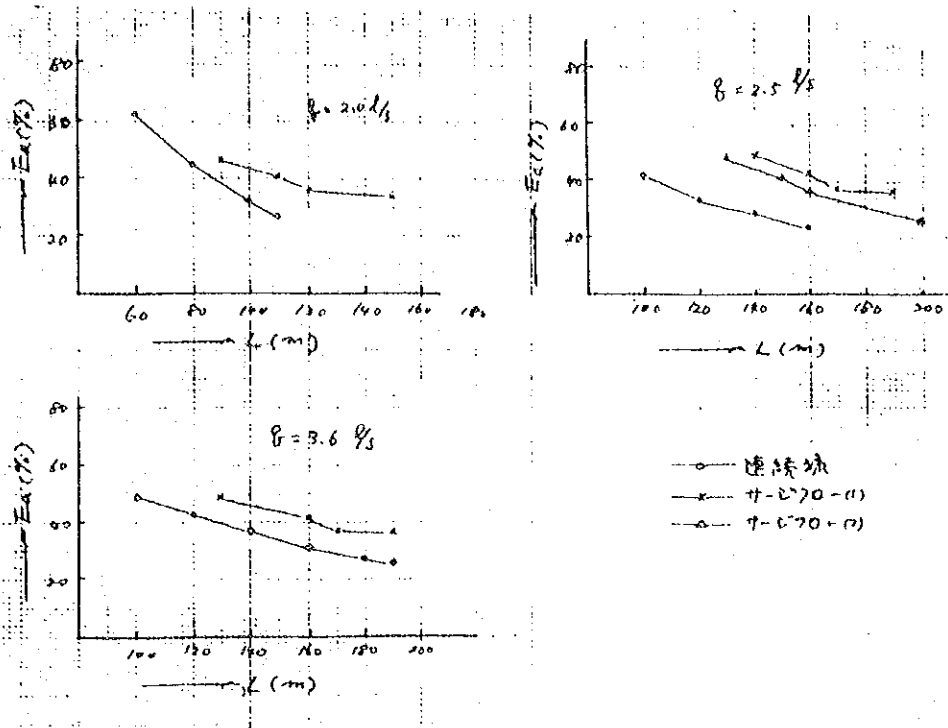


図-16 (1)

水足到達時間とる間イニラークから求めたうね点に対する深量制 E_a 値の変化
(初回かんがい $D=30\text{mm}$)

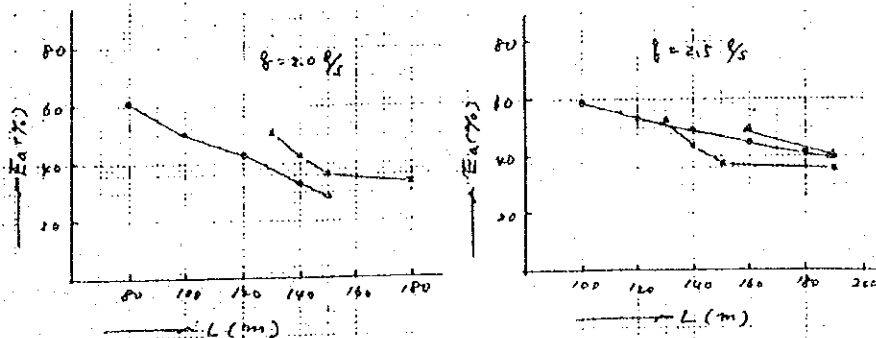


図-16 (2)

(第2回目かんがい $D=30\text{mm}$ のとき)

サーシ フローの適用効率は一部 (2回目かんがい $q=2.5 \text{ l/s}$) を除いてすべて連続流よりも優れている 全般に効率が低いのは、うね間条件の整備 (凹凸など) が悪いことによる、次年度はレーザマシンによって勾配の均一整備をした上で実験を行う予定

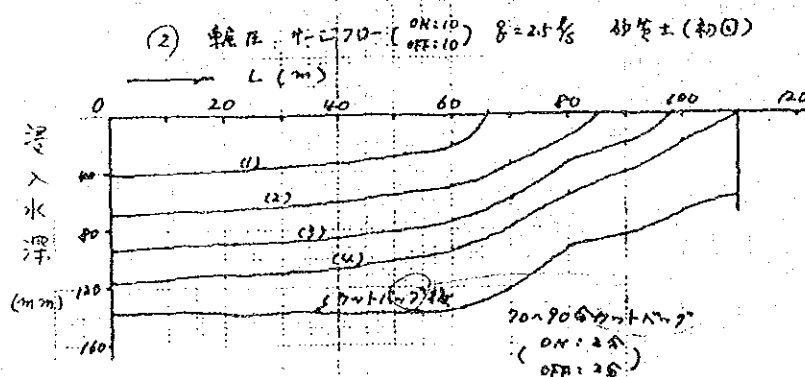
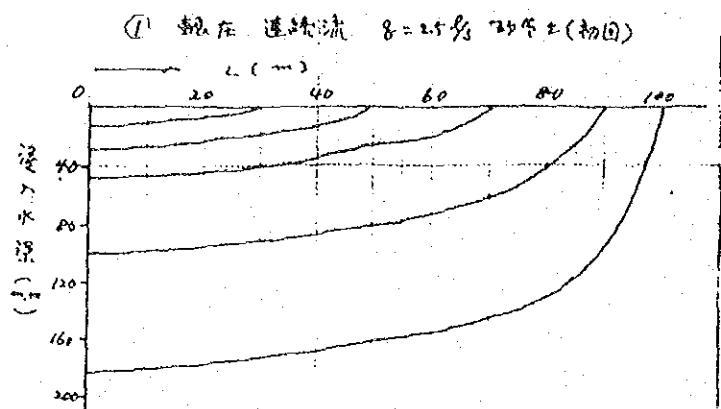


図-17 輾圧区における侵入水深の分布 (砂質土・初回)

水の流れを良くするためコンクリート俵(約40kg)をうね間表面に走らせ軽く輾圧して実験を行った。①は連続流, ②はサージ フローの侵入水分分布状況である, サージフローでは70~90の間がトバック (流れの切り下げ) を行った, カッドバックによって侵入水深の分布がかなり均一になることがわかる, 但しこの時機については今後検討を要する。

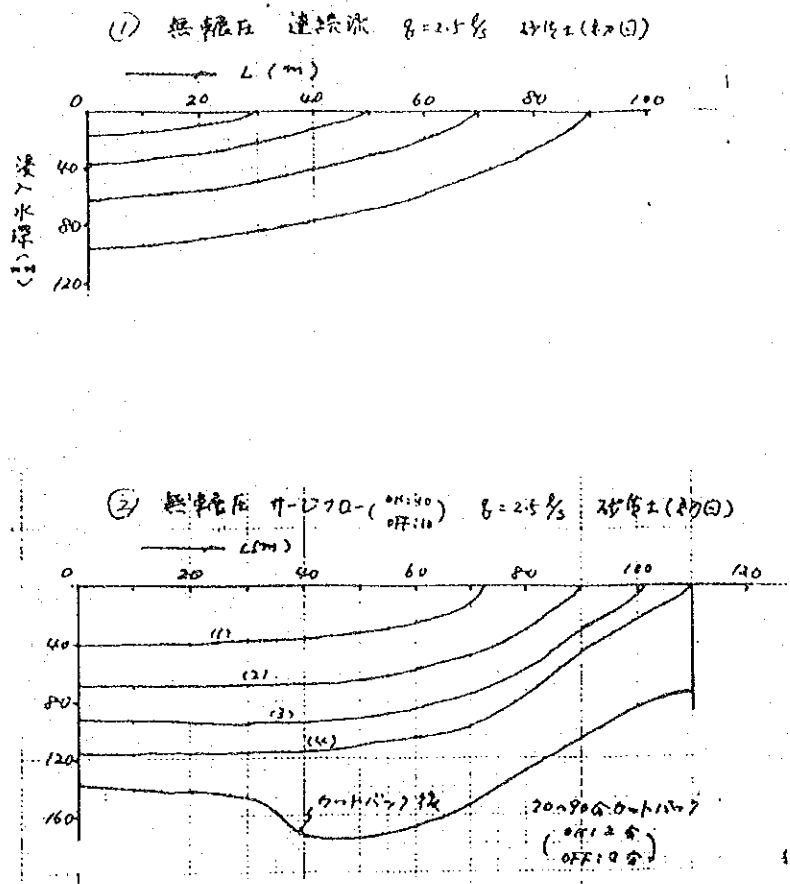
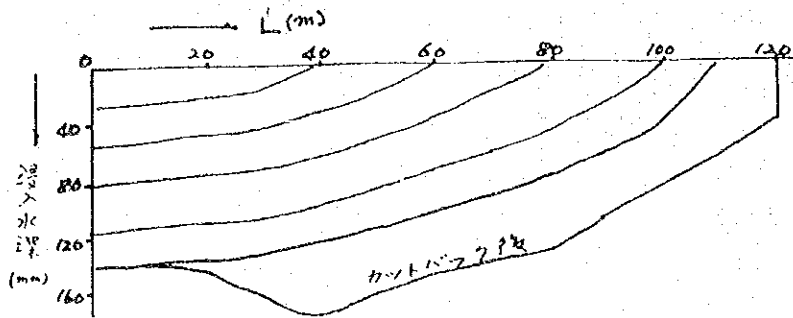


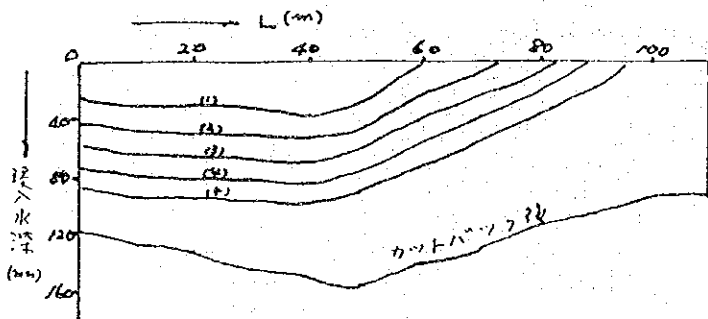
図-18 無輾圧区における侵入水の分布 (砂質土・初回)

普通のうね間状態での測定値で①は連続流 ②はサージフローにおける侵入水の分布状況である、輾圧区とほぼ類類の傾向がみられる、②のカットバック後における40~60m区間のふくらみはクボミのために滞水したことによる。

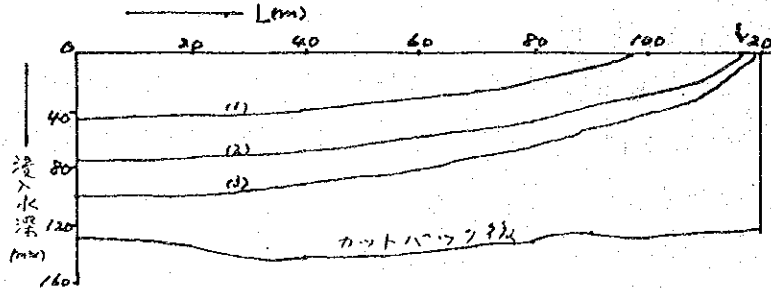
① 連続流 $q = 2.0 \text{ l/s}$ 砂床土 (2 箇所)



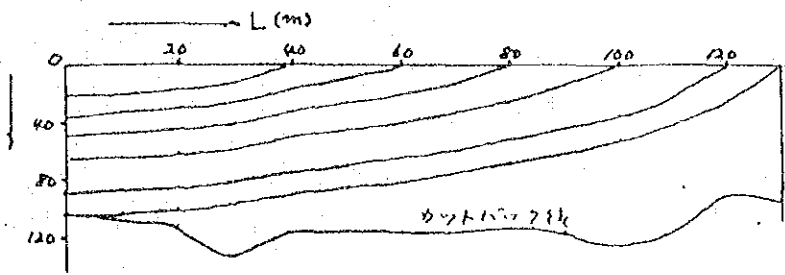
② $q = 2.0 \text{ l/s}$ 砂床土 (2 箇所)



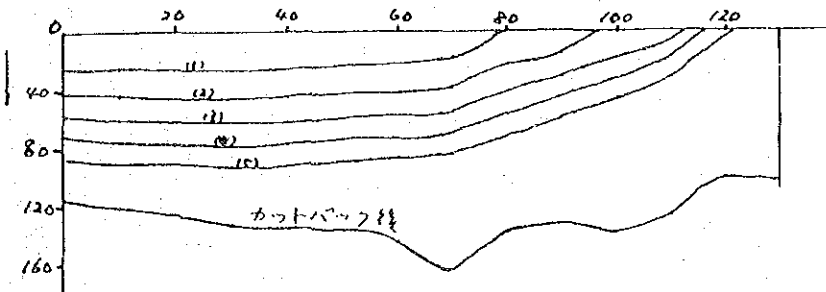
③ $q = 2.0 \text{ l/s}$ 砂床土 (2 箇所)



④ 連続流 $q = 2.5 \text{ ㉞}$ 砂礫土 (2回目)



⑤ $q = 2.5 \text{ ㉞}$ 砂礫土 (2回目) ON: 5
OFF: 10



⑥ $q = 2.5 \text{ ㉞}$ 砂礫土 (2回目) ON: 10
OFF: 10

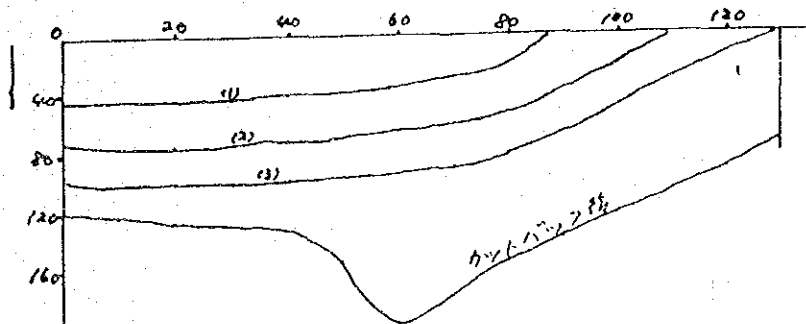


図-19 一般うね (無輻圧) における侵入水深の分布 (砂質土, 2回目かंगाい)

①と④は連続流, その他はサージフローによる侵入水深の分布状況である, 2回目のかंगाいになると水の流れが良くなるので, 連続流とサージフローの間に初回かंगाい時ほど大きな差は認められない。

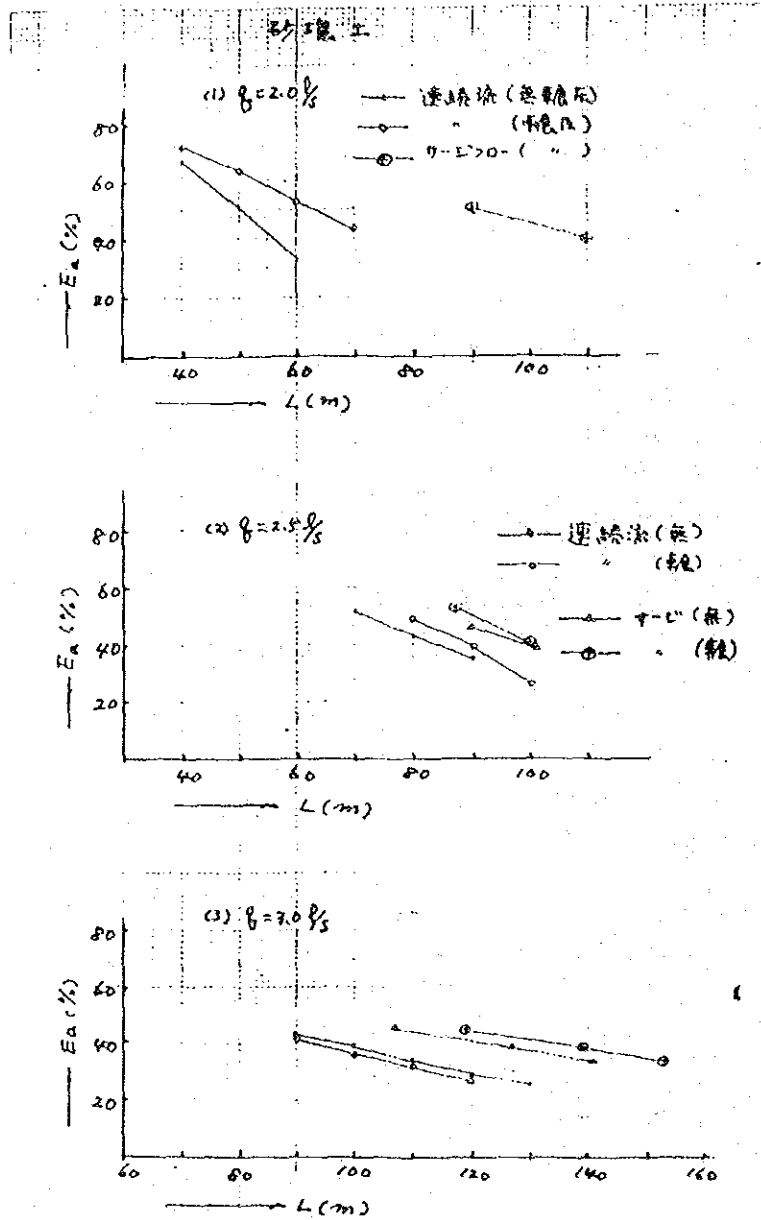


図-20 砂壤土のTRAM30mmにおける適用効率 (Ea)

(2回目かんがい時)

適用効率 (Ea) はいづれの流量においてもサージフローは連続流よりも優れている。

表-3 水足速度とうね間インターク・レートから求めたEa (初回かんがい)

区分	q	L	t	D=CT ⁿ		Ea	
				c	n	D=39 ^{mm}	D=40 ^{mm}
サージフロー (ON:10 OFF:10)	1/s 2.0	① m 90	min 20.80*	16.74	0.551	47.7	57.1
		② 110	30.78*			41.0	50.0
		③ 120	40.13*			36.8	45.4
		④ 150	48.71*			33.9	42.1
連続流	3.0	100	18.80	7.20	0.87	41.6	49.2
		120	27.42			33.5	40.6
		140	35.22			28.6	35.2
		160	45.22			24.2	30.1
サージフロー (ON:10 OFF:10)	3.0	① 140	18.46	16.74	0.551	49.8	59.3
		② 160	28.26			42.5	51.6
		③ 170	38.43			37.5	46.1
		④ 190	39.93			36.7	45.5
サージフロー (ON:10 OFF:20)	3.0	① 130	18.91	16.74	0.551	49.4	58.9
		② 150	29.06			41.9	51.1
		③ 160	39.44			37.1	45.7
		④ 200	42.63			35.9	44.3
連続流	3.6	100	13.45	7.20	0.87	49.3	57.1
		120	17.35			43.4	51.1
		140	23.52			36.7	44.3
		160	30.05			31.6	38.6
		180	37.33			27.5	33.9
		190	41.03			25.9	32.0
サージフロー (ON:10 OFF:10)	3.6	① 130	19.58	16.74	0.551	48.8	58.2
		② 160	29.36			41.8	50.9
		③ 170	39.26			37.2	45.7
		④ 190	40.96			36.5	45.0

表-4 水足速度とうね間インテーク・レートから求めたEa (2回目かんがい)

区分	q	L	t	D=CT ⁿ		Ea	
				c	n	D=30 ^{mm}	D=40 ^{mm}
連続流	2.0	80	11.30	7.33	0.786	60.7	68.3
		100	17.90			50.5	58.6
		120	25.15			43.04	51.1
		140	40.38			33.4	40.8
		150	53.60			28.3	35.0
サージフロー (ON:10) (OFF:10)	2.0	① 130	20.22	7.12	0.764	50.9	59.2
		② 140	29.78			42.6	50.7
		③ 150	40.10			36.5	44.3
		④ 180	45.98			33.9	41.4
連続流	2.5	100	12.33	7.33	0.786	58.8	66.6
		120	15.63			53.5	61.6
		140	18.58			49.7	57.8
		160	22.63			45.3	53.4
		180	26.30			42.1	50.1
		190	28.30			40.5	48.4
サージフロー (ON:10) (OFF:10)	2.5	① 130	18.54	7.12	0.764	52.8	61.0
		② 140	27.79			44.1	52.2
		③ 150	37.66			37.8	45.6
		④ 190	42.01			35.7	43.2
サージフロー (ON:10) (OFF:20)	2.5	① 160	20.33	7.12	0.764	49.7	59.1
		② 160	29.88			42.5	50.6
		③ 190	33.95			39.9	47.9

2.3 ボードかんがい基礎試験

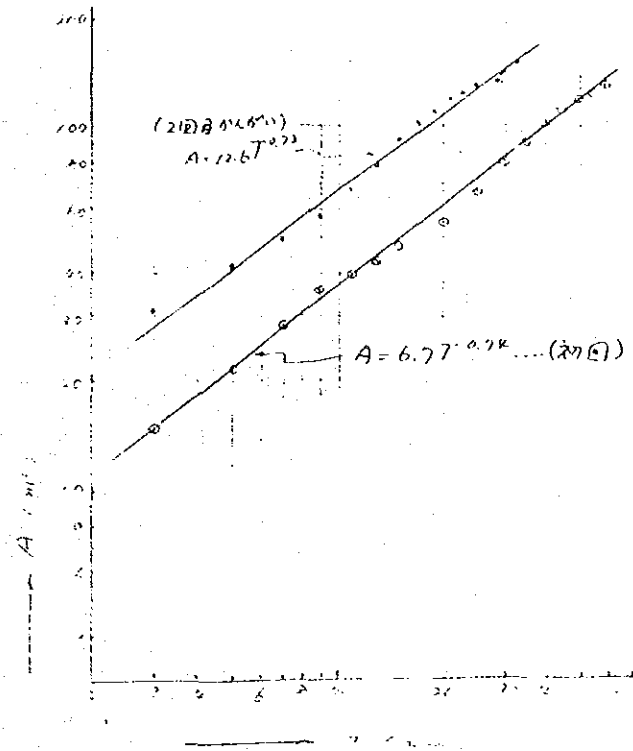


図-21 流入時間と流下面積の関係($q=3.0l/s$)

水先の拡がり面積を初回かんがいと2回目かんがいについて示した図である。

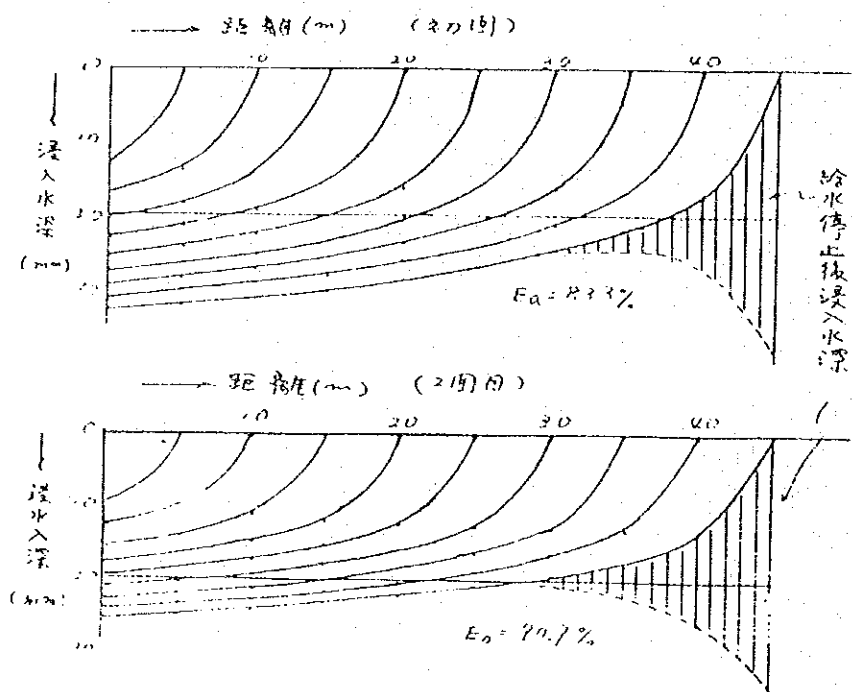


図-22 水先の速さとインテーク・レートから求めた侵入水深の分布状況 ($q=3.0 \text{ l/s}$)

シリンダインテーク・レートの値と図から求めた水先の速さをもとにして作図した侵入水の分布状況を示したものである。給水停止後の侵入水深を考慮すると両者とも適用効率は80%以上。

3. 安中武幸（土壌物理・排水）

派遣期間 平成3年8月20日～平成3年10月2日

土壌物理・排水に係る調査・研究報告

本派遣期間における業務は2つに分けられる。1つは、かんがいとの合同で実施した宝清県を中心とする現地踏査視察、および現場検討・補充調査である。もう1つは、土壌物理・排水の独自業務であり、細粒質圃場土壌の透水構造の推移に係わる研究手法の指導等である。かんがいとの合同業務の結果については、古木専門家が報告されているので、独自業務に関係のある内容だけにとどめる。細粒質圃場土壌の透水構造については、既往の研究成果を踏まえ、欠落していた物理特性の指摘と測定法の指導を行ったことを報告する。最後に、三江平原開発に係わる土壌物理の重要な課題であるが、今回の派遣期間では対応できなかった研究課題について報告する。なお、業務日程については別紙の通りである。

1. 湿害発生条件について——現地踏査視察から——

今年は20年確率の大雨（洪水）に見舞われたことから、今回の踏査視察は三江平原の排水問題を鮮明に脳裏に焼き付けることとなった。圃場全体の長期にわたる冠灌水は、基本的な排水整備の課題として、ここでは触れない。ここで問題とするのは、1圃場内の局所的湿害発生状況とその要因についてである。1圃場の面積が大きいこともあり、かなりの凹凸が存在するが、凹地部分の生育不良（湿害）が随所に見られた。しかし、微地形としては同じであっても、土壌透水性の違いが、湿害発生を規制している様に観察された。宝清展示圃場の大豆畑では、地表面高低差13cmが生育の良不良を明瞭に分けていた。一方、哈尔滨市郊外の畑地帯では、明瞭な凹凸の存在にも関わらず、湿害発生圃場は目立たなかった。また、現地踏査視察の移動中に車窓から見た畑作物の生育状況も、凹凸の存在下での土壌透水性の不良が湿害発生の要因であることを示していると判断された。実際、宝清展示圃場の土壌は粘質な草甸土であり、飽和透水係数は $10^{-5} \sim 10^{-6} \text{ cm/sec}$ であるが、哈尔滨郊外の畑地帯は松花江の自然堤防上に成立し、土壌断面の観察から透水性はかなり良好であると判断された。

2. 土壌の物理性に関する既往の成果

三江平原に存在する主要な土壌は、暗棕壤、白漿土、黒土、草甸土、沼澤土、泥炭土である。このうち、特に排水性との関連で問題とされるのは、白漿土と草甸土である。白漿土は、比較的高所(60~200m)に分布する。第2層の溶脱層は瘠薄で、緻密な構造を持ち、浸透を抑制するとともに根の進入を困難にすると言われている。草甸土は平坦地に分布し、非常に重粘である。

これまでに、かんがい・排水分野で各土壌の基本的な物理性が測定され、データが蓄積

されてきた。項目としては、真比重、粒径組成、三相分布、pF-水分関係(保水性)、飽和および不飽和透水係数である。測定回数は少ないが、シリンダーインテークレート、現場透水試験も実施され、現場条件の把握にも着手している。さらに、畑地かんがい用水計画との関連で、蒸発散量、下層からの供給水量、および、凍結-融解に伴う水分移動に関心が持たれ、試験・調査が行われている。

基本的な土壌物理性の特徴は、固相率が高く(50%を越えることが多い)、透水性が悪い(10^{-6} ~ 10^{-7} cm/sec)ことである。また、粘質草甸土では粘土分(0.005mm以下)が50~65%も存在し、極めて重粘である。

この様な基本的土壌物理性データの蓄積はあるが、土層改良、特に透水性改良との関係で見ると、調査の系統性と内容において必ずしも十分とは言えない。調査の系統性については、土壌の物理性が白漿土、草甸土という生成・形態による分類内においても大きく変動することを認めて、その変動幅を確認する調査が必要である。一方、調査内容については、土層改良に関わる土壌の特性(例えば、収縮膨潤特性、スレーキング特性等)である。このことに関しては、乾湿の繰返しや凍結-融解作用が土壌の透水構造に与える影響、すなわち、この様な作用に対して三江平原の土壌、特に粘質草甸土がどう反応するかを把握することが極めて重要な課題である。

3. 土壌物理性試験とその結果について

(1) 土壌採取

三江平原における主要土壌である草甸土と白漿土の基本的土壌物理性を確認し、アッターベルク限界、スレーキング特性等の試験に供する目的で、採土を実施した。草甸土については宝清展示圃場大豆畑の暗渠埋戻し部近くで、3層(3~8cm, 15~20cm, 35~40cm)に分けて採土した。ウネ上端から15cm程度が耕起層、15~30cmはかなり固く締っていた。大豆の根系は30cmまで確認され、根粒は11cmまで存在した。白漿土は、852農場4分場の大豆畑から採取した。ここは、微傾斜地形を示し、生育不良地は認められなかった。採土は3層(3~8cm, 25~30cm, 40~45cm)に分けて実施したが、第3層は角塊状構造の存在によって区分した。なお、スギナの根が50cm深まで認められ、3層の土塊間に細根が認められた。

(2) 100cm³円筒不攪乱試料による基本的物理性の測定

土壌の基本的物理性として、乾燥密度、pF15含水率、飽和透水係数を測定した結果を【付1】に示した。第2層以深の乾燥密度が高く、固相率に換算すると50~60%となることは、既往の結果と一致している。しかし、飽和透水係数は若干異なる結果となった。草甸土の第2層以下で 10^{-5} ~ 10^{-6} cm/sであることはほぼ一致しているが、白漿土では

全ての層が 10^{-4} cm/s オーダーの値を示した。このことは、白漿土採取圃場の大豆生育状況を裏付けるものと考えられるが、白漿土と分類される土壤が物理的には、特に透水性の面で大きな幅を持っていることを示唆している。また、草甸土の第2層では、極めて近くで採土されたにも関わらず、2オーダー異なる値が示された。この点にも注意が必要である。なお、同地点でオーガーホール法にて測定された透水係数は、 8.0×10^{-5} cm/sであった(20~40cmの土層に対応)。

(3) アッターベルク限界およびスレーキング特性

従来、かんがい・排水ではアッターベルク限界やスレーキング特性データの蓄積がなかった。粘質土圃場の排水性改良にとって土壤透水性を向上させることが重要な問題となり、そのために液性・塑性限界、収縮特性、スレーキング特性の把握が必要であることを説明した上で、試験を実施した。アッターベルク限界試験では、JISに規定された方法によったが、線収縮率測定およびスレーキング試験については、【付2】、【付3】に示す方法で行った。

アッターベルク限界は、草甸土・白漿土ともに第3層(それぞれ、35~40cm, 40~45cm)、スレーキング試験は供試体作成の都合で、草甸土は別試料、白漿土は第2層のみ行った(残りの測定は、三江室のメンバーで継続することとした)。結果は、下の表に示す通りである。

《アッターベルク限界と線収縮率(第3層)》

土 壤	液性限界	塑性限界	塑性指数*	収縮限界	収縮比**	線収縮***
草甸土(生)	84.0%	30.2%	53.8	10.7%	2.05	25.4%(18.4%)
"(風)	79.7	25.5	54.2	—	—	—
白漿土(生)	85.8%	27.2%	58.6	11.5%	2.01	25.5%(19.5%)
"(風)	75.4	26.5	48.9	—	—	—

* 塑性指数=液性限界-塑性限界

** 収縮比は、最終収縮状態での乾燥密度

*** ()内は、【付2】の方法で得た値。初期含水比が異なるため収縮限界試験から求めた値と直接比較はできない。

《スレーキング特性(草甸土は別試料、白漿土は第2層)》

土 壤	乾燥密度	水浸時含水比	固相率	気相率	崩落率
草甸土(生)	1.40g/cm ³	29.3%	53.8%	5.2%	0.8%
"(風)	1.36	10.3	52.3	33.7	43.9%
白漿土(生)	1.55g/cm ³	—	—	—	100%
"(風)	1.55	—	—	—	100%

液性限界の生土と風乾土の比をとると、草甸土で0.95、白漿土で0.88となる。このこ

とは、35～45cmの深さの土層がかなりの乾燥履歴を有することを意味している。土壤乾燥の要因は、蒸発散による脱水と考えられるが、凍結—融解の繰返しの影響も検討する必要がある。収縮限界試験から求めた線収縮率は、草甸土、白漿土ともに25%を越える。

【付2】の方法で求めた線収縮率は、それぞれ18.4%、19.5%となったが、初期含水比が収縮限界試験のものより10～15%低かったことから、比較することはできない。しかし、いずれにしても、液性限界およびそれより10～15%低い初期含水比からの乾燥収縮で18～25%の線収縮を示すことは、亀裂発生の容易性を示すものである。この特性は練返し攪乱土で上記の初期状態に対応する収縮率であり、水田におけるシロカキ層に相当する。一方、不攪乱土の収縮特性は、土壤構造によるところが大きい。実際、草甸土・白漿土の100cm³円筒試料の炉乾土を観察したが、第2、3層では収縮は極くわずかであった。

スレーキング試験は試料採取が不十分だったため、試験がうまく行えなかった。一応、得られたデータを見てみると、白漿土の第2層は極めて水浸に弱いこと（水浸5分で崩落してしまう）、草甸土は、生土では崩落はほとんどないが、風乾によってかなり崩落しやすくなることが分かる。

(4) 土壤物理性試験のまとめ

- ① 時間の都合で粒度分析を実施しなかった。また、アッターベルク限界等は未測定の見積り値を残すことになった。シルト・粘土分（細粒分）の含有量との関係で、アッターベルク限界、線収縮を整理することが有効であるため、早急に試験を完結させる必要がある。
- ② 今回の調査・試験からも示唆された様に、草甸土・白漿土等の土壤分類内での物理性の変動幅を明確にし、できれば、物理性による地帯区分ができる様に、系統的な調査の実施が必要である。
- ③ 亀裂等土壤構造の発達した土層や、成層条件下各層の透水係数を測定するため、現場透水試験を実施する必要がある。草甸土の第2層で、極く近くで採土した試料間に100倍もの違いがあること、土層厚さとの関係で採土試料による測定には限界が存在すること等を踏まえ、今後の土壤調査に是非現場透水試験を加えていただきたい。

4. 三江平原開発に係わる土壤物理の重要課題

(1) 粘土質圃場における透水構造の消長とその安定化

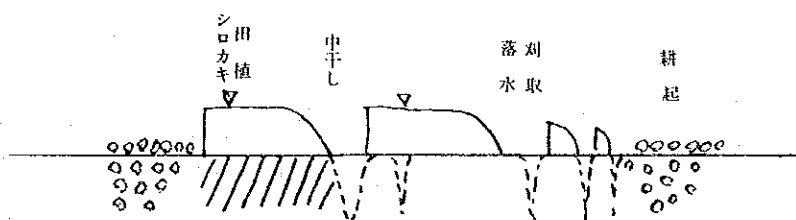
草甸土は極めて重粘であり、その密度も大きい。湛水害・湿害を生じやすい透水性の悪い土壤となっている。この土壤の排水改良は、土壤に亀裂等の透水構造を形成し、それを安定化することを必要とする。その際、乾燥—湿潤の環境変化によって重粘土がそ

の性状を変化させ、特に乾燥過程は土壤に不可逆な変化をもたらすことに着目する必要がある。

年間降水量550mm、7か月凍結という環境下で重粘土がどのような変質を示すのか、長期的な変化過程を把握すること、および、栽培作物の選定をはじめ栽培様式の違い、地表水制御の違いによる土壤の反応の違いを把握することが、透水性改良技術を確立する基礎となる。ここでは、日本の粘土質圃場で観察される亀裂構造の消長についてふれ、三江平原での研究の参考としたい。

① 粘土質水田の作土亀裂の消長

粘土質水田の作土は年間を通じて状態が変化する。その様子を示したのが下図である。シロカキによって泥状になった土壤は中干しによって乾燥し亀裂を生じる。再湛水によって表面上亀裂は閉鎖するが、一部は閉じずに残る。落水期の乾燥では、既存の亀裂がまず最初に成長拡大するが、新規の亀裂発生も認められる。



② 粘土質水田の心土亀裂発生と消長

土壤の乾燥が強く深くまで及ぶ時、作土に生じた亀裂はさらに深く心土まで及ぶ。心土亀裂発生は、その土地の気候条件（乾燥条件）と心土の乾燥密度によってある程度判定できると言われている。乾燥密度が大きい土壤では亀裂が発生しにくい。心土亀裂はシロカキ後の湛水期においても安定している。作土が泥ねい化し透水性が小さくなるため、心土は乾いた状態を持続するためである。中干しによって作土亀裂が発生した後の湛水では、心土も湿潤になり、心土亀裂はいく分せばまるが不透水化するには至らない。

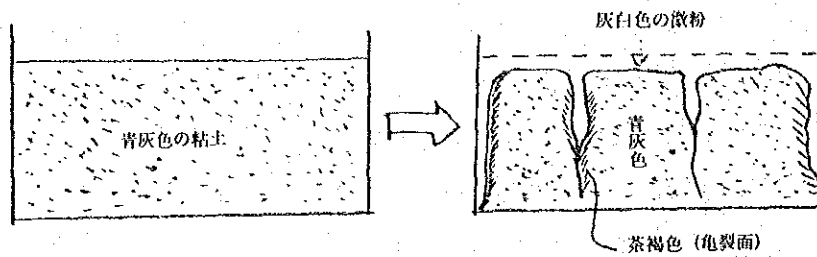
③ 水田耕盤・心土の管状孔隙

水田耕盤は緻密で透水性が低い。粗間隙率は数%しか存在しないことが多い。また、地下水位の高い水田の心土はグライ化しており、青灰色を呈する。この様な耕盤・心土の水平断面に円形をした斑鉄が認められる。これは貫通した水稻根の腐朽によって形成されたものであり、安定な透水経路となっている。耕盤の粗間隙率が小さいのに、透水係数の変動幅が大きい要因の1つは、この管状孔隙の存在であると考えられる。

④ 沖積粘土の大気環境下での変化

グライ化して青灰色を呈する粘土質水田下層土を、大気環境下に放置した時の変化

を模式的な断面で示すと下図のようになる。乾燥収縮によって沈下および亀裂形成するだけでなく、表層の数 cm は乾燥により灰白色の微粉となり、亀裂面は 3 価の鉄の薄い



膜が形成される。土塊の内部は依然として青灰色を示している。鉄でコーティングされた小さな土塊を 1 か月水浸したが、全く変化を示さず、この様な土塊、すなわち亀裂は安定である。

- ⑤ 以上、4 つの例をあげた。練返した草甸土は、線収縮率 20% 程度と亀裂が発生しやすい。しかし、耕盤では乾燥密度が $1.4\text{g}/\text{cm}^3$ を越える。したがって、そのような状態での乾燥亀裂発生条件を明確化することが必要である。さらに、発生した亀裂が安定化するのか、すなわち、3 価の鉄でコーティングされ得るのか、検討する必要がある。この点については、まず 2 価の鉄が土壤中にどれくらい存在するのか、それが亀裂面に集積し酸化する条件は何かを試料分析、土壌断面の観察によってさぐる必要がある。2 価鉄の酸化に鉄細菌が寄与していると言われている。還元状態で青灰色をした粘土を風乾するだけでは、3 価の鉄が形成されないこと、および、上記の例④の観察事実は、このことを裏付けると考えられる。残念ながら、この点についてはよく分らないので、今後の研究交流課題と位置付けたい。

(2) 凍結—融解に伴う水分移動と土壌変化

麦の初期生育期のかんがい計画において、その時期の表層土壌水分が重要な位置を占める。それは、秋の雨量と凍土中での水移動に規制される。また、凍結—融解作用は土壌に対して乾燥—湿潤と似た影響を示すと言われており、土壌の変化の面からも重要な現象である。しかし、密度が大きい土壌条件下で急速な凍結が進行する時、水分および土粒子がどのような挙動を示すのか未知数である。まず、この過程がどのように進行するのか、充てん土槽等を用いた観察をじっくり実施することが必要であろう。

5. おわりに

関係者の骨折りで三江平原の主要な地区を視察できた。4 で述べたが、農業土木・土壌物理の研究を志す者として、三江平原はとても魅力的な場であった。ここで研究できる同世代の若手をうらやましく思った。また、中国の国土は広大で、洪水の形態の違い、特に時間スケールの違いにとまどった。人間の意識は眼前に繰りひろげられる自然のあり様に

規定されるものであろうとの認識を強くした。

最後に、今後とも研究レベルでの交流が長く続けられること、三江平原が一刻も早く豊かな穀倉地帯に生まれ変わることを期待して、報告と致します。

【付1-1】

《100cm³円筒不攪乱試料の物理性》

草甸土：展示圃場 大豆畑，白漿土：852農場 4分場大豆畑

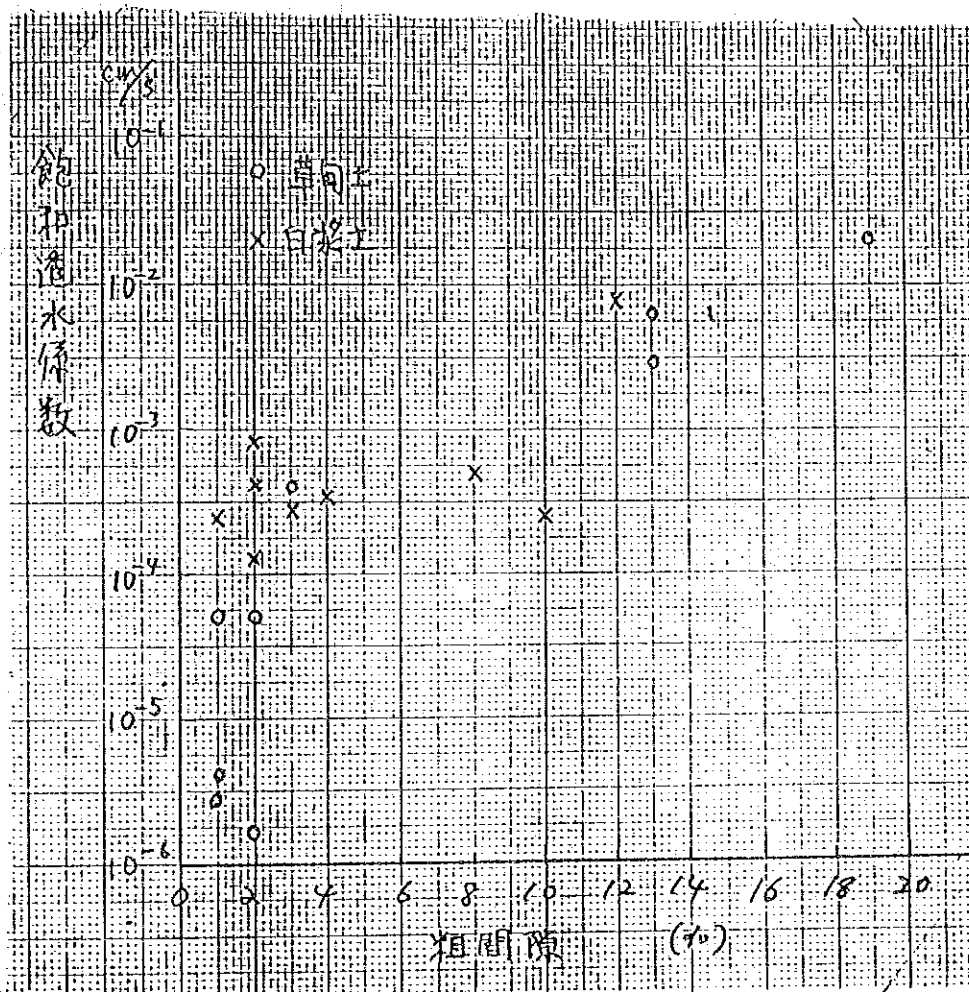
	深度	円筒	乾燥密度	全間隙率*	粗間隙率**	飽和透水係数
	(cm)	No.	(g/cm ³)	(%)	(%)	(cm/s)
草 甸 土		A38	1.20	53.9	13.0	2.8×10 ⁻³
	3~8	A59	1.18	54.7	13.0	6.0×10 ⁻³
		A88	1.06	59.1	19.0	1.9×10 ⁻²
		K46	1.41	45.8	1.0	4.6×10 ⁻⁶
	15~20	K59	1.44	44.8	3.0	3.8×10 ⁻⁴
		K61	1.45	44.4	2.0	5.0×10 ⁻⁵
		A10	1.35	48.1	1.0	2.7×10 ⁻⁶
	35~40	A36	1.35	47.9	2.0	1.6×10 ⁻⁶
	A53	1.34	48.5	1.0	5.2×10 ⁻⁵	

	深度	円筒	乾燥密度	全間隙率*	粗間隙率**	飽和透水係数
	(cm)	No.	(g/cm ³)	(%)	(%)	(cm/s)
白 漿 土		A103	1.19	54.3	10.0	2.4×10 ⁻⁴
	3~8	A56	1.13	56.6	12.0	7.1×10 ⁻³
		K52	1.22	53.2	8.0	5.3×10 ⁻⁴
		K16	1.53	41.2	3.0	2.8×10 ⁻⁴
	25~30	A31	1.56	40.1	1.0	2.5×10 ⁻⁴
		A55	1.57	39.8	2.0	1.3×10 ⁻⁴
		A34	1.40	46.2	2.0	8.4×10 ⁻⁴
	40~45	A108	1.41	45.8	2.0	4.3×10 ⁻⁴
		K7	1.42	45.5	4.0	3.5×10 ⁻⁴

* 全間隙率 (n) = $(1 - \frac{\gamma_d}{\rho_w G_s}) \times 100$ ($G_s = 2.60$, $\rho_w = 1.0 \text{g/cm}^3$)

** 粗間隙率 = 飽和含水率 - pF1.5含水率

【付1-2】



【付2-1】

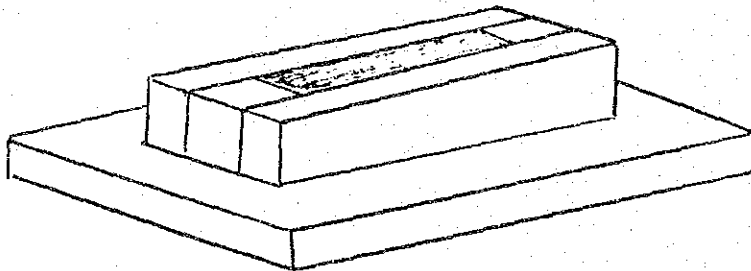
【線収縮率測定法】

1. 目的

粘質土の乾燥による収縮挙動の把握は、亀裂発生条件との関係で重要である。収縮は脱水に伴って起こるが、まず重力方向に生じ、次いで水平方向に生じる。亀裂はこの水平方向の収縮によって形成される。水平方向の収縮性を評価する指標を得ることが目的である。

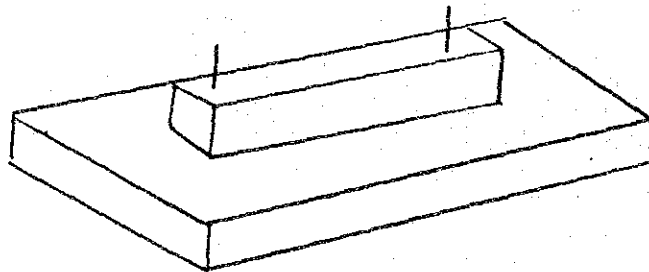
2. 供試体

- ① 液性限界付近の含水比で練返した試料（生土）を型枠に充てんする。



- ② 鉛直(重力)方向に収縮し少しかたくなったら、側壁を除き、供試体の両端から 5 mm 位の所に針金を立てる。

〔→測定開始〕



- ③ さらに乾燥が進んでかたくなったら、台をはずして金網上で乾燥を進める。

【付2-2】

3. 測定

- ① 型枠側壁を除き針金を立てた時を初期状態とし、その後の乾燥過程における供試体重量 W (g) と針金間距離 L (cm) を測る。 L は読み取り顕微鏡を用いると精度良く測定できる。

※試料の乾燥は、亀裂の発生を防ぐため初期には、ゆっくり進める。後半は乾燥を促進してもよい（デシケータ内で吸湿剤の量による加減等）。

② これ以上Lが変化しなくなった時点で、炉乾燥し、乾土重 W_f と距離 L_f を測定する。

4. データ整理

時間 (day)	含水比 (%)	$100(L_o - L)/L_o$
0	ω_0	0
1	ω_1	ϵ_1
⋮	⋮	⋮
n	ω_n	ϵ_n
炉乾燥後	0	$100(L_o - L_f)/L_o$

〈初期状態〉

$$\text{含水比 } \omega_0 = \frac{W_0 - W_f}{W_f} \times 100 (\%)$$

長さ L_o (cm)

〈終期状態—炉乾燥後—〉

$$\text{乾土重 } W_f \text{ (g) } (W_f = 0\%)$$

長さ L_f (cm)

$$\text{線収縮率} = \frac{L_o - L_f}{L_o} \times 100 (\%)$$

線収縮率は初期状態と炉乾燥後の終期状態によって決まる。 $\omega \sim \epsilon$ 関係は、収縮過程を表わしているのので、図示しておくが良い。

【付2-3】

〈線収縮率測定結果〉

試料：①草甸土 35~40cm 生土練返し (展示圃大豆畑)

②白漿土 40~45cm 生土練返し (852農場大豆畑)

型枠側壁を除いてマーク (針金) を設置した状態を測定開始とした。

①草甸土

経過時間	含水比	マーク間距離
0hr	61.3%	3.982cm
20	34.2	3.665
43	15.5	3.385
67	9.7	3.295
115	8.3	3.290
炉乾	0	3.249

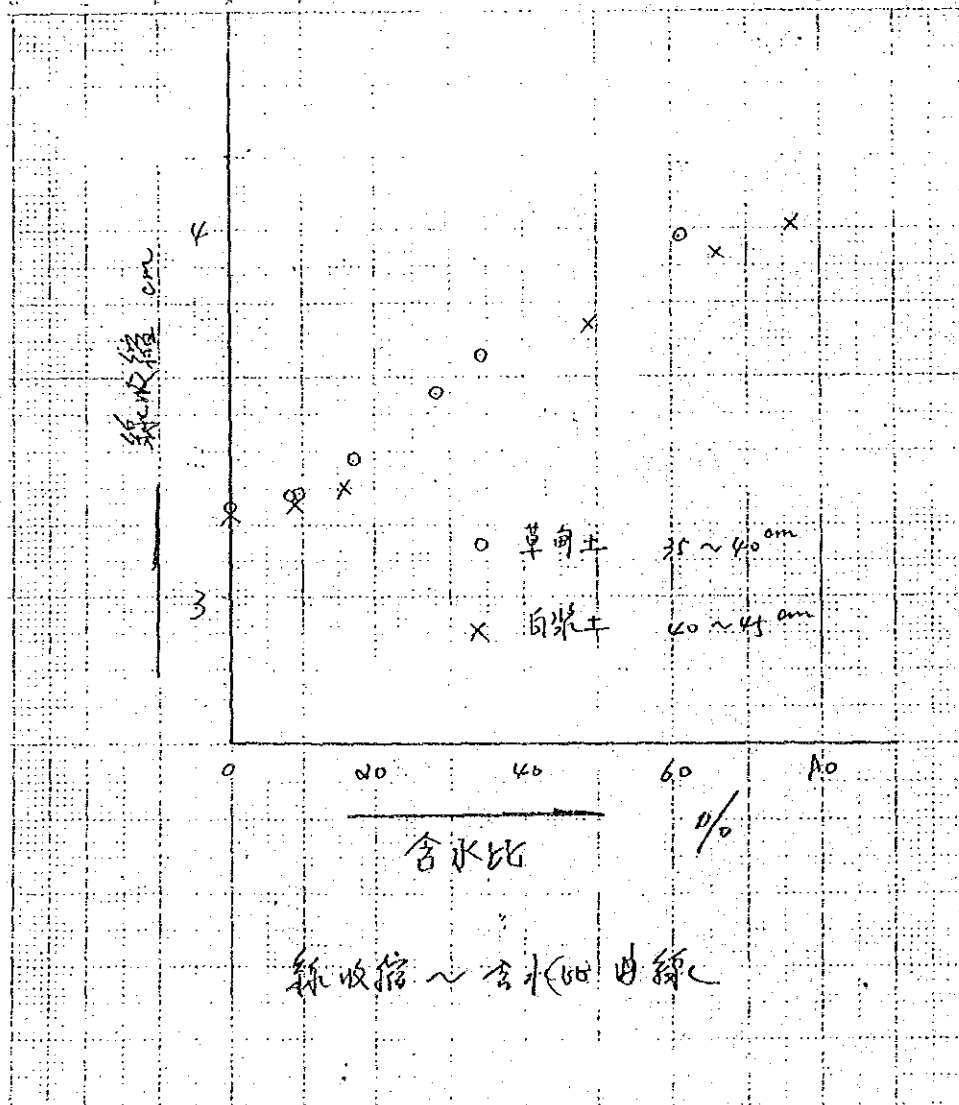
$$\text{線収縮率} = \frac{3.982 - 3.249}{3.982} \times 100 = 18.4 (\%)$$

②白漿土

経過時間	含水比	マーク間距離
0hr	76.4%	4.018cm
23	49.1	3.750
47	16.0	3.310
95	9.5	3.260
炉乾	0	3.236

$$\text{線収縮率} = \frac{4.018 - 3.236}{4.018} = 19.5 (\%)$$

【付2-4】



【付3-1】

【スレーキング（水浸崩落）試験】

1. 目的

人為的に形成された透水構造としての水みち一弾丸暗渠孔や心土破碎による亀裂等——の保全性、および、作土層の耕起土塊の水浸による崩落性を評価する指標を得ること。

破碎された土や不飽和状態で切り出された試料を水浸すると崩落するが、その程度は土によって異なるので、対象土ごとの測定が必要となる。

2. 供試体

現場の土層から、定容円筒（例えば 100cm^3 ）で不攪乱試料を採取する。試験は生土と風乾土について実施するので、同一土層から最低2個は必要。できるだけ反復測定すること。

室内に持ち返った後、土壌を円筒から押し出す。生土用はそのまま供試し、風乾土用はデシケータ内で乾燥させる。

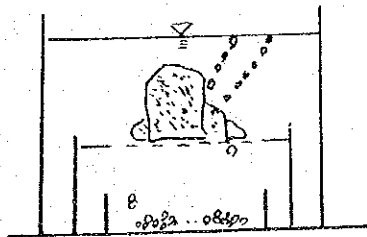
3. 測定

(1) 初期状態の把握

- ① 生土試料：・重量 $W(\text{g})$
- ② 風乾土試料：・風乾前重量 $W(\text{g})$
・風乾後重量 $W'(\text{g})$
・風乾後体積 $V'(\text{cm}^3)$

【付3-2】

(2) 水浸による崩落性（残留率）の測定



- ① 9.52mmフルイ上に試料を置いて水浸する。崩落の様子を時間経過とともに観察・記録する。
- ② 24時間後、フルイに残った土塊 (W_1) フルイ通過分 (W_2) を秤量する。

4. データ整理

- (1) 初期状態 $\left\{ \begin{array}{l} \text{試料助積は円筒容積}(V)\text{とする。} \\ \text{乾土重は } W_s = w_1 + w_2 \\ \text{試料の真比重 } G_s \text{ は既知とする。} \end{array} \right.$

$$\textcircled{1} \text{ 水浸時含水比 } (\omega) = \begin{cases} \frac{W - W_s}{W_s} \times 100(\%) \text{ (生土)} \\ \frac{W' - W_s}{W_s} \times 100(\%) \text{ (風乾土)} \end{cases}$$

$$\textcircled{2} \text{ 乾燥密度 } (\gamma_d) = W_s/V \text{ (生土), } W_s/V' \text{ (風乾土)}$$

$$\textcircled{3} \text{ 固相率} = \frac{\gamma_d}{\rho_w \cdot G_s} \quad \rho_w : \text{水の密度} = 1\text{g/cm}^3$$

$$\textcircled{4} \text{ 気相率} = \left(1 - \frac{\gamma_d}{\rho_w \cdot G_s}\right) - \omega \cdot \frac{\gamma_d}{\rho_w} = 1 - \frac{\gamma_d}{\rho_w} \left(\frac{1}{G_s} + \omega\right)$$

(2) 水浸崩落性指標

$$\text{崩落率} = \frac{W_2}{W_s} \times 100(\%), \text{ 残留率} = 100 - \text{崩落率}$$

4. 村井信仁（土壤改良機械）
木村重利（農業機械）

派遣期間 平成2年9月3日～平成2年9月21日

1. 任務概要

土層改良について中国側への技術指導・助言

日本における土層改良の現状紹介と意見交換、白漿土改良に有効な農業機械・機材利用法の技術指導

場所 宝清県 853農場

2. 業務報告

1) 改良心土耕プラウの複修

フレームに2ヶ所溶接部に亀裂が入っていた。日本では考えられない損傷であるが、これは作業によるものではなく、運搬時に発生したものと推測された。その理由は

- ① 部品の盗難をおそれて、毎回遠距離を機械センターに持帰る、走行距離が多い。
- ② グランドホイールを装着し、トップリンクを外して移動することになっているが、間い詰めるとこれを励行していなかった。
- ③ 機械センターから道路に出る迄の路面が整地されておらず、大きな凹凸が機械に異常なショックを与える。

などである。直装型であるにも拘らず、けん引型の取扱いをすることにも問題ありと考えられた。

ともあれ、複強材、電気溶接機を持込んだので、完全に手当てした。

なお、移動時の取扱いに基本事項を励行するように説得した。

2) 手押し施肥機の性能チェック

第2層白漿土は硬盤層を形成しているとともに、磷酸が不足するなど化学性に劣っている。現在20~25cmの耕起深に止まっているが、この範囲で生産性の向上はあり得ない。土地の生産性を向上させるためには30cm以上の耕起深を必要とする。硬盤層破碎と同時に磷酸を供給し、前以って作学性を改善しておくことが有効な手段である。

現地の枠試験にも有効なことが認められているので、これを圃場試験に移すことにした。心土肥培耕区を設定するために手押し施肥機を持ち込んだ。プラウ耕後心土に磷酸を散布するものである。

図1は施肥機の繰出し性能である。落下方式であるため作業速度で多少量が変化する。歩行の標準作業速度1.2m/sでチェックした。シャッタ開度2.0ではm当りの繰出量は150g

である。耕起中は0.5mであるのでこの場合は10a 当り300kgの散布となる。試験区には開度1.5で約210kg/10a 施用した。

3) 試験区設定

候補地はアルファルファ圃場と小麦収穫後の圃場であった。条件としてはアルファルファ圃場の方が高台で乾燥しており、秀れていると判断されたが、藪が多くとても緻密な試験ができる状態ではなかった。排水性を良好にすることが主目的でもあり、小麦収穫後の圃場を選定した。

試験区の設定を図2に示した。丁度慣行耕起区が若干あり、これも比較対照の中に入れることにした。各区4往復とし、その中は約12mである。

耕起深は白漿土を作土にあげることはできないので慣行の20~25cmとした。心土犁の深さは20cmである。

- ① 慣行耕起区 853農場のプラウによるもの。
- ② 改良心土耕区 これ迄取付けていた標準心土犁
- ③ 普通耕起区 心土犁を外して作土のみ耕起
- ④ 改良心土耕・心土犁小型区 心土犁の刃巾を12cmとし、深く施工して積層の一部を浮上させようとしたもの
- ⑤ 改良心土耕・心土犁大型区 心土犁の刃巾は25cmの標準、羽根を中間に設け積層の下層混合を多くしようとしたもの
- ⑥ 心土肥肥培耕区 第2層白漿土に磷酸を供給、心土犁は大型を用いて破碎量を多くする。

今年は降水量が多く、853農場は9月9日現在、約10%小麦の収穫ができないでいる状況とか、試験区土壌も高水分があった。

土壌水分が多いとトラクタのクローラがスリップし、十分なけん引を得られない。心土犁は30cmの深さ迄施工できるように設計されているが、20cmが限界である。一度施工すれば表層に滞水することはなくなるので、次回からは楽に作業できることになろう。

4) 土壌水分と耕起状態

試験区は緩らかな傾斜になっている。上の方は土壌が乾燥しているので、軽快な作業が可能である。これは、トラクタのクローラのグリップが強く、大きなけん引力を得ると同時に耕起した土壌そのものが崩壊しやすく、抵抗が少ないためである。4速1.44m/s~1.82m/sの作業も可能であった。

一方、中間の土壤水分の多い場所は、水田土壤と全く同じであり、殆んど破砕されることなくつながって反転される。このためプラウの撥土板にかかる抵抗が大きくなる。トラクタのクローラのグリップ力が小さくて、かつ、プラウの抵抗が大きいことは作業に2重の負担となっている。(作業速度 3連1,500rpm 1.26m/s)

作業中、第1ボトムと第2ボトムの撥土板ステイが曲ってきた。それだけ抵抗が大きいことを示し、日本の土壤では考えられないことである。(持込んだ材料でステイを補強) 参考迄に土壤水分を調べてみると

	作土	第2層白漿土	第3層澱積層
乾燥区	19.54	17.83	20.52
湿土区	27.18	17.68	22.95

注：含水率 %

であった。心土耕をし、表面水を下層に排水し、乾燥区と同じ土壤水分にすることが急務である。作土の含水率19%以下であれば、理想的な反転鋤込耕ができる。

5) 土壤硬度

作土は土壤水分を多く含んでいるため比較的軟かい。前回の調査でも同様であったが1例を示すと図3である。5kg/cm²にも満たないことは地耐力にも不足することである。

深さ25cm位のところに硬盤層が形成されている。20kg/cm²を越えると根は伸長しないと言われるが、25kg/cm²を越えてスケールオーバーである。硬盤層=不透水層であり、この硬盤が存在する限り、湿害と早魃害をもたらし、生産性を著しく低下させる。

白漿土が問題と指摘されるが、ある面ではこの硬盤層は人為的に形成されたものであり、人災と言えないことはない。つまり、トラクタで同じ深さでの耕起を繰り返すことによって形成されたものと考えることができる。白漿土は固まりやすい土壤であるとしても硬盤層形成に対して何等対策されなければ、生産性の向上はあり得ない。

第3層の澱積層は柱状構造を呈し(崩壊性・重粘土)排水性に秀れていると想定されている。これを第2層白漿土に混合して排水性を改善する意図は理解できても、それよりも先に、硬盤層で破砕することが肝要である。

破砕の状態を図4に示した。心土犁の深さは20cmであるが、硬盤は完全に破砕されている。この破砕効果での接続性については、今後の調査結果に待つのみである。日本の事例からすると3年は有効とみることができる。

破砕効果の持続性を高めるために心土犁の犁柱部から作土の一部を心土に落とし込むようにしているが、土壤水分が多い場合は固まっているためあまり入り込まない。比較的土壤水分の少ない時に施工する方が、けん引抵抗、碎土性、この混合性からいって有利である。

時期を選ぶことも大切であり、それが望めない場合は、2～3年に一度の割合で施工を繰り返すべきであると考えられる。順次土壌は改良できる。

6) 心土肥培耕

白漿土は化学性に劣っている。このため深耕ができない。20cmの耕起深であることは、根圏域が狭く、それだけ養分吸収領域を制限しているだけのことではない。機械走行の踏圧による硬盤形成を早めるものである。現在の機械化体系では30cm以上の耕起深を必要とされている。これを可能にするためには白漿土の化学性を先に硬盤破碎と同時に改善しておく考え方がある。

現在では白漿土を作土に混入すると生産性が低下するとおそれているが、それは劣悪な化学性に起因するものであり、必ずしも物理性に関係するものではないと思料できる。心土肥培耕をして、化学性を改善すると順次深耕は可能であり、白漿土改良にはもっとも望ましい形といえる。実験区の結果に期待したい。

7) 結語

今回気付いたことであるが、土壌に全くみ、ずを発見することはなかった。耕起作業に鳥が虫をついばみに降りてくることもない。日本のように除草剤を使うことがないので、これはおかしいことである。察するに、土壌水分が多いために（排水不良によって）微生物が生息できないのであろう。

耕起すると前年のとうもろこし程が殆んど腐植しない状態で浮上してくる。これは土壌中に気相が少ないことを示している。固まりやすい土壌であるとしても、水分過多が加わって腐植を遅らせている。

この状態では微生物が生息することもできなければ、団粒構造が形成されることもないであろう。土壌を悪化させるばかりである。畑作のためには水田土壌ではあつてならないことであり、この際、排水性改善を優先させるべきものである。

この土壌条件で一度の施工で土づくりが完成するとは考えられない。本来、土づくりとは年数を要するものである。改良心土耕プラウを3年毎に用い、順次土壌土層改良をして生物性の改善に心掛けることが大切であろう。み、ずの発生はさらに土壌改良を促進するものであることを信じて疑わない。

今回の出張業務の成果を整理すると次のように要約できる。

- ① 供与した改良土耕プラウを完全整備し、多少手荒な運転にも耐えるようにした。
- ② 運転・操作法について再度基本技を守るように伝え、周知徹底させた。
- ③ 何回かの意見交換を通じ（資料を添えた）改良心土耕の本質を理解させることができた。

た。

第2層白漿土と第3層澱積層を混合することによって画期的な成果が期待できるという現地側の考えを是正できた。

土層改良はそんなに単純なものではないこと、機械には能力の限界があつて完全混合は望み得ないこと、何よりも大事なことは、現在形成されている硬盤層＝不適水層を破碎することであることなどを理解させることができた。

- ④ 北海道の土層・土壌改良が一度の施工で仕上げられたものでなく、何回かのステップを踏んだものであることも理解させ得た。

白漿土の改良については

硬盤層の破碎、次いで試験を重ね第2層白漿土と第3層澱積層との混合、最終は心土肥培耕

であることについて合江農業科学研究所の担当者、所長、853農場職員他も納得した。

- ⑤ 心土肥培耕区も含め大規模圃場試験区を設定した。このことから更に試験成績を充実させることができ、事業拡大が期待できる。

なお、周辺農場視察を通じて感じたことは、今年は降水量が多かつたとはいえ、あまりにも滞水地域が多いということである。土層・土壌改良も大切であるが、併行して灌排水路が整備されなければ、土地の生産性向上には大きな期待は持てないといえる。

たまりかねたように部分的に排水路を堀削しているところも見掛けたが、計画的なものでなければ、これもあまり意味を持てない。総合的な見直しが必要なようである。

低温・冷害についてはかなりの面で技術的に克服されており、この地域が気象条件に恵まれていないというのは最早過去のことである。生育期間の気象条件は北海道よりも、むしろ恵まれているといえるであろう。土壌も決して悪いものではない。とすると、この広大な面積がやがて世界の食糧基地になる可能性を秘めていることになる。今後の技術協力の成果に大いに期待したい。

以上

追記

ボルトやピンなどの小部品が欠落している。現地では入手できないものであり、補給する必要がある。

また、土壌水分の少ない状態で耕起作業することが望ましいが、時期に制約されるので高水分でも作業しなければならないであろう。この場合、肝土は破碎されることは少ないので、その後の碎土・整地に支障を来たすことが懸念される。破土性を高めるためにはボットムの

延長板にナイフを装着するのが効果的である。ナイフ付き延長板の補給についても検討すべきである。ナイフ付き延長板の価格は1組約15,000円である。

光進手押し施肥機 TH-20型

作業速度 1.2 m/s

材料 三料磷肥 (粒状)
(P_2O_5 46%)

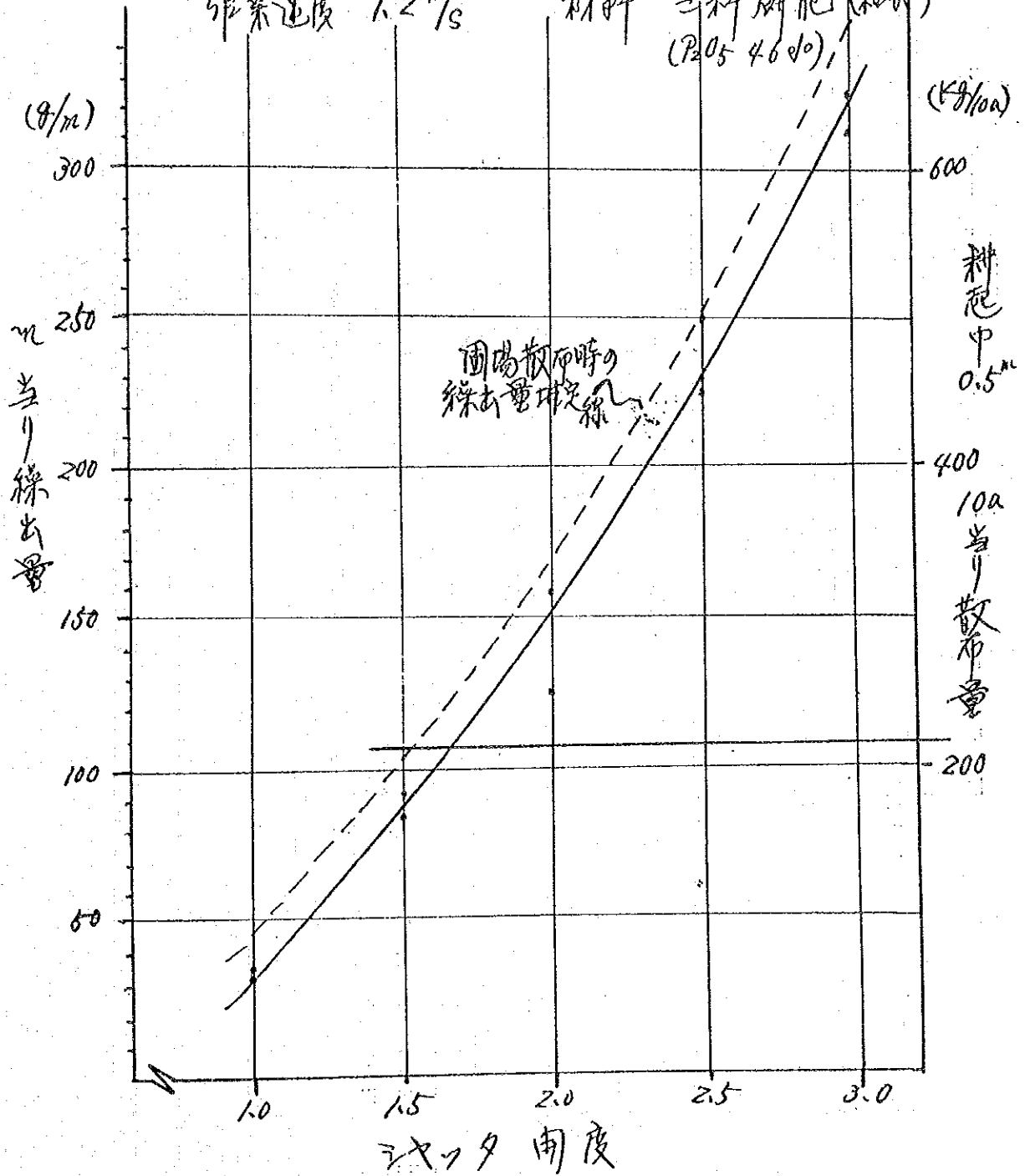


図1 施肥機の繰出性能

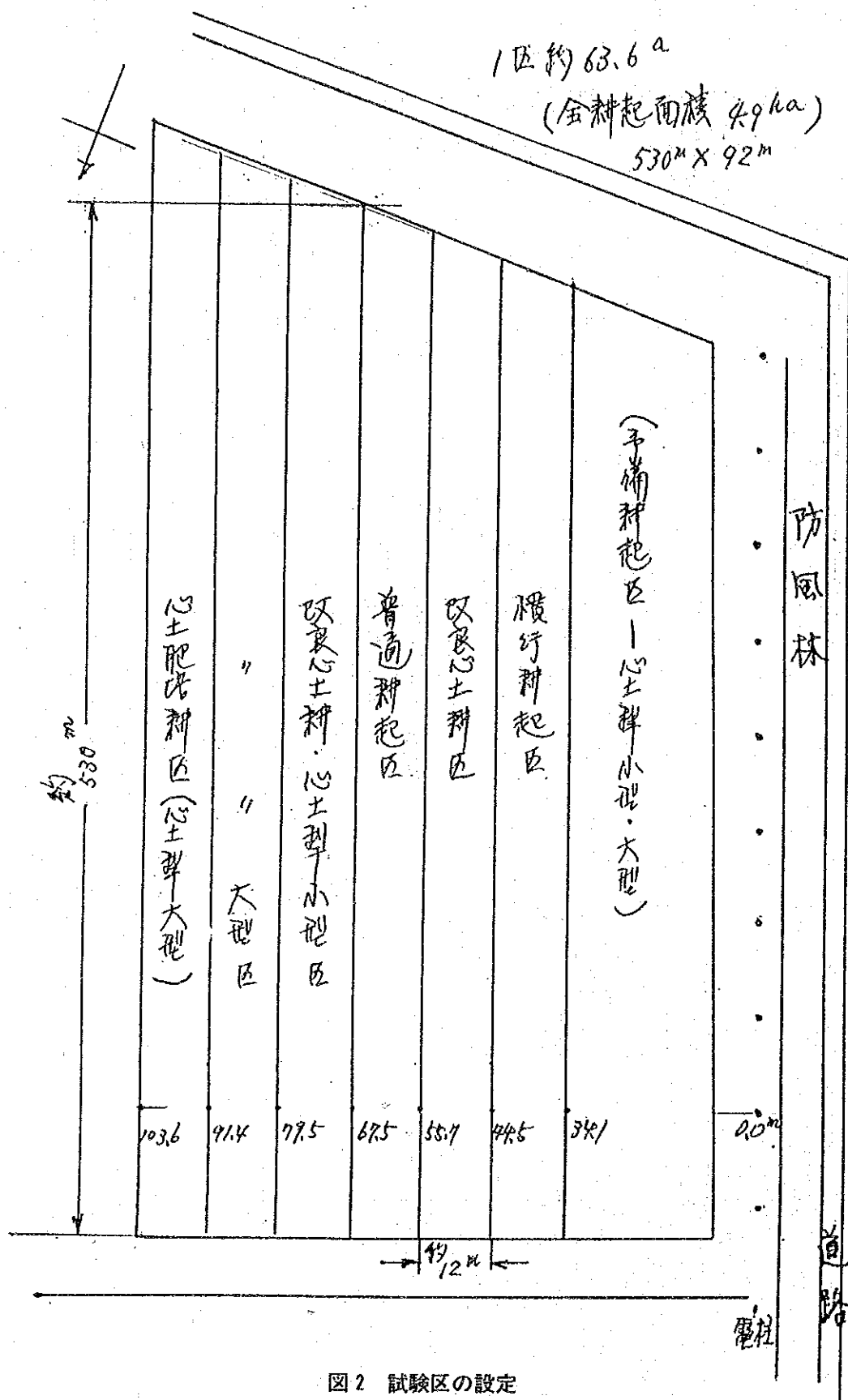


図2 試験区の設定

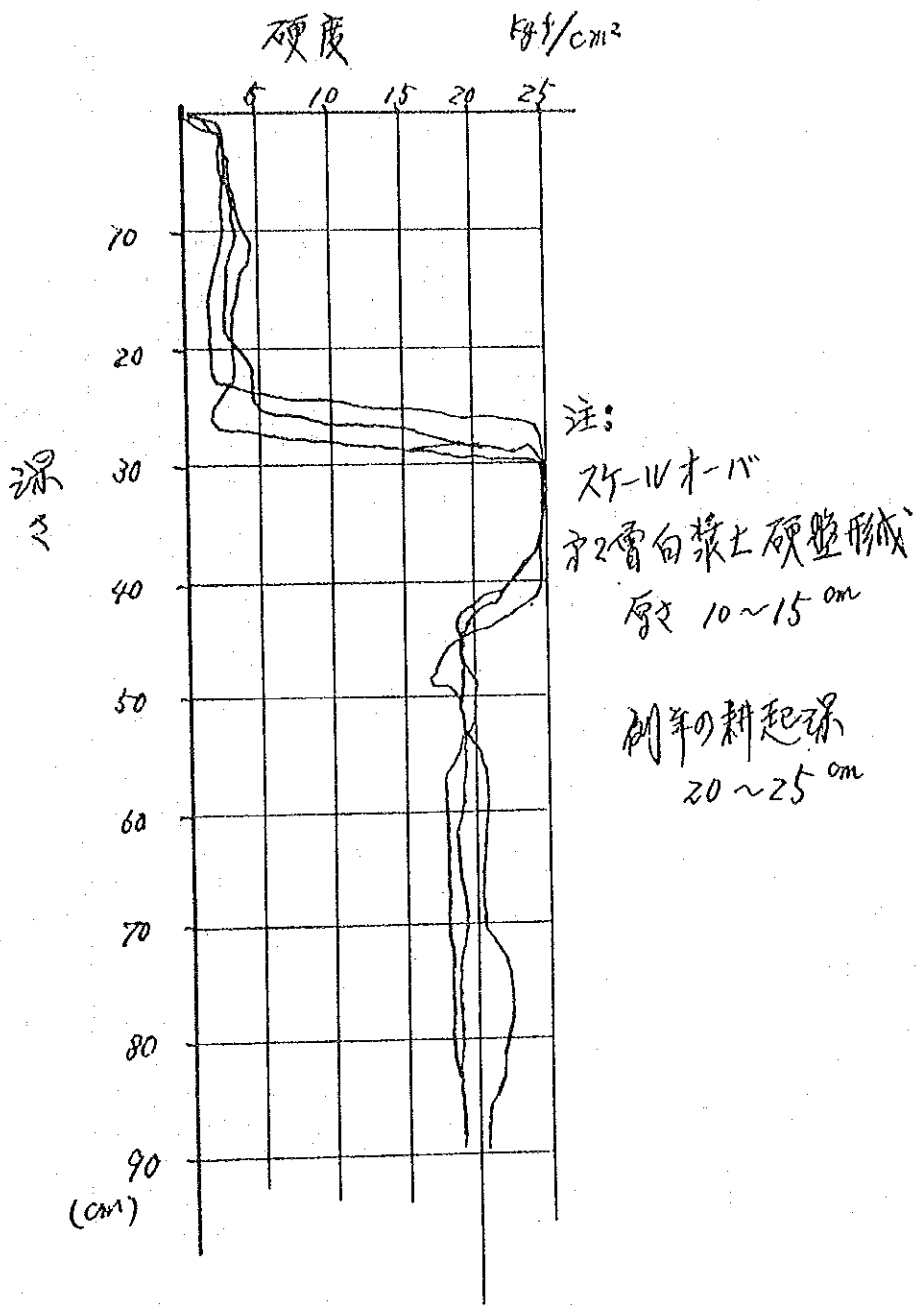


図3 施工前の土壌硬度 (小コーン)

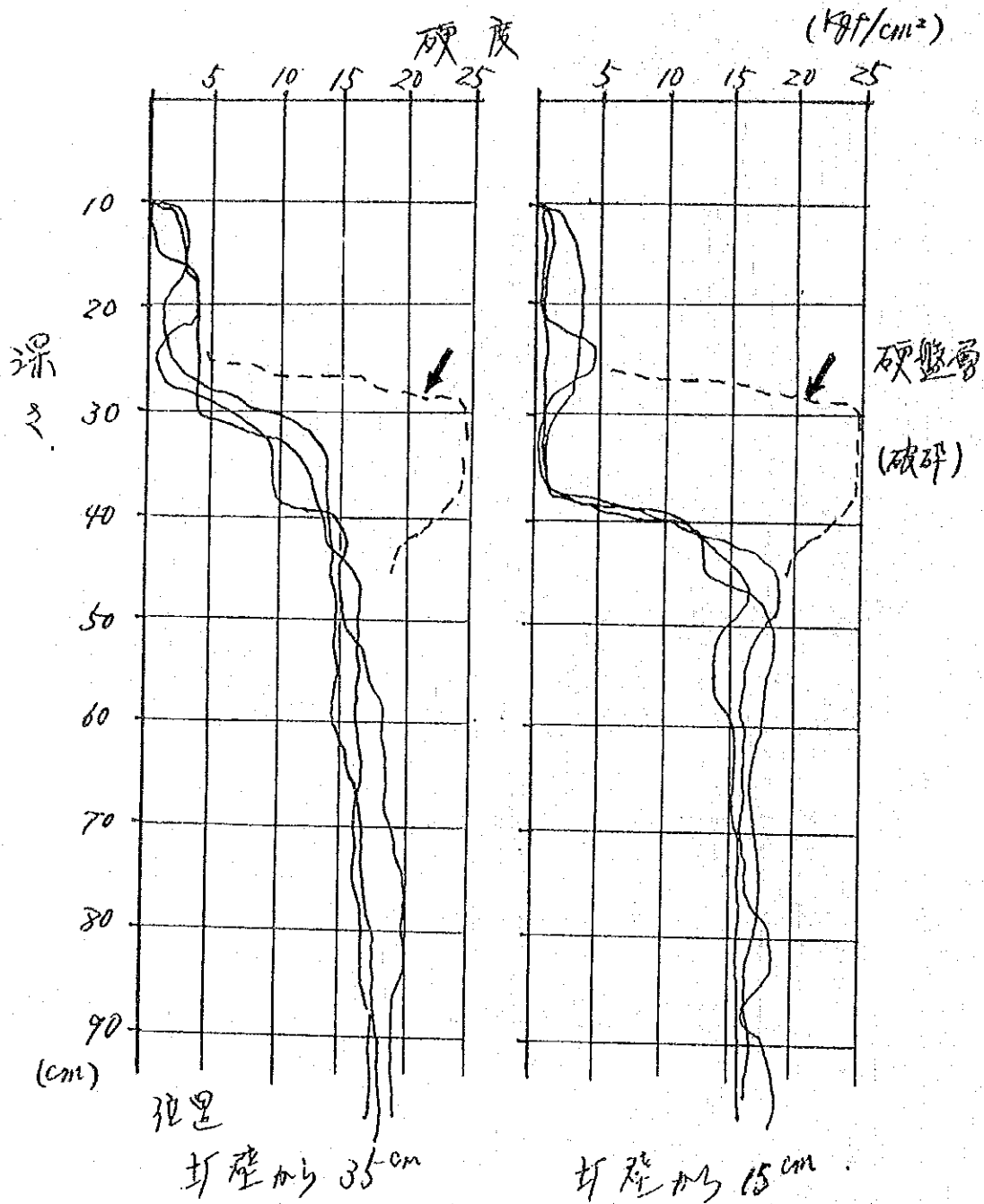


図4 施工後の土壌硬度=心土犁大型(小コーン)

JICA