

# 水田における大中型機械の導入可能性

飯田 栄・小林 登・橋元 秀教

## 目 次

I 緒 言	43
II 調査方法	44
1. 現地調査	44
2. 土壌調査による土壌型と機械導入の可能性	45
III 実験および調査結果	45
1. 現地調査	45
(1) 土壌硬度の調査方法	46
(2) 土壌条件と大中型機械運行との関係	49
(3) 大中型機械導入の判定基準	50
2. 水田土壌類型と機械導入の可能性	51
(1) 土壌の類型区分と機械の導入可能性	51
(2) 湿田の乾田化と土壌硬度の変化	51
3. 基盤整備事業と機械の導入可能性	52
(1) 機械導入容易地区（竜ヶ崎市川原代地区）	52
(2) 機械導入やや困難地区（那珂町有ヶ池地区）	53
(3) 機械導入困難地区（茨城町明光地区，出島村一の瀬地区）	54
IV 考 察	55
1. 土壌硬度計による測定方法の検討	55
2. 大中型機械導入の判定基準について	55
3. 水田土壌類型と機械導入の可能性	56
4. 基盤整備地区における機械導入の可能性	56
V 要 約	56
文 献	57

## I 緒 言

近年、農村人口の減少に伴う省力化と生産性の維持向上をねらって、水田における大中型機械化農法が重要視されてきた。また、農業構造改善事業の土地基盤整備も大中型機械の導入を前提として20～30 aの大区画の区画整理が盛んに行なわれている。

水田の耕作農具としては、古来からの人力による万能、田鍬から畜力利用、さらに戦後の小型トラクター時代に変遷してきた。この過程においては、重量的にそれほど大きな変化になっていないし、農家自身の意欲によって暫進的に行なわれてきた。そのため水田の土地条件についても大きな問題にならなかったように思われる。

しかし、大中型トラクターを導入する場合には、まず

機械そのものが、大部分畑作を主とする国に発達したものであるので、水田の運行に適するとは限っていないし、従来の耕作農具とは著しく重量が異なっている。また、単に区画拡大を行なっただけで水田基盤の支持力を考慮していない場合が多い。さらには農民の意欲よりも行政的色彩が濃い等多数の問題点を内包しているように思われる。

現在、これらの問題を解明し機械の導入を円滑に行なうため全国的規模によって土壌、農業土木および農機具の立場から調査研究が進められている。<sup>1)2)</sup>

さて、水田へ大中型機械を導入するための土壌条件としては、土壌硬度（支持力）、土壌水分および土性が重要な因子となっているように考えられる。また、水田に大中型機械を導入しようとする場合、その研究方法とし

て一つは導入可能の限界を明らかにすることと、他の一つは経済性を考慮した作業の方法を求めようとするところがある。3)

茨城県の場合、地形的に河川下流域の低湿地と洪積台地間の低地(俗に谷津田)が多く、今の工法による区画整理だけでは乾田化の不可能なところが広く分布している。このようなところにおいても、工事が終了すれば大中型機械の導入が計画されている実情である。したがって、まず差当り、導入可能の限界を判定する基準を早急に明らかにする必要に迫られている。

以上の理由によって本研究は、主として土壌の立場から従来土壌調査の場合に使用されている、山中式土壌硬度計の指示硬度(ち密度)を利用して大中型機械導入の可能性を判定しようとするものである。

なお、本報告は1965年8月の日本土壌肥料学会臨時大会において発表された。4) また、現地における実験と調査は、当時経営部農機具係担当の特殊研究「農業機械の走行可能性に関する研究」と、化学部担当の「地力保全のための土壌の機械化適性実態調査」を兼ねて行なった

ものである。現地調査とは別に土壌の種類と機械の導入可能性については、地力保全調査事業の各成績を材料として検討を加えた。

本研究を実施するに当って、終始ご指導とご激励を戴いた元茨城県農業試験場長森田潔氏、前同場長故関川清氏、農業技術研究所寺沢四郎博士、農事試験場国分欣一博士、同出井嘉光博士に深く感謝の意を表す。また、現地調査および理化学分析について多大のご協力を戴いた各農業改良普及所の職員、市町村、農協の係員およびオペレーターの方々、当時経営部の坂本侑技師、化学部押嶋保夫主幹、須田清隆技師ほか職員一同の各位に厚く御礼を申し上げる。

## II 調査方法

### 1. 現地調査

まず、大中型機械を既に導入している地区における、機械の走行可能性と土壌硬度との関係を明らかにするために機械を使用して実験と調査を行なった。調査地区の概況は第1表のとおりである。

第1表 調査地区の概況

調査地名	地形及び地質	水田の乾湿	基盤整備	大中型機械(トラクター)の導入状況	調査時期
稲敷郡東村橋向地区	利根川流域 沖積土 平坦	乾田～湿田	区画整理(昭33) 1区画の面積20a (80m×25m)	ホイール型トラクター 22 PS 31 PS	昭和年月日 39.12.7～8
竜ヶ崎市川原代地区	小貝川流域 沖積土 平坦	乾田～半湿田	農業構造改善事業 基盤整備(昭38) 1区画の面積約30a (100m×20～30m)	ホイール型トラクター 39.5 PS 40 PS	39.12.9
那珂郡那珂町有ヶ池地区	久慈川流域 沖積土(火山灰の影響大) 平坦	乾田～湿田	農業構造改善事業 基盤整備(昭38) 1区画の面積約30a (100m×20～30m)	ホイール型トラクター 32.5 PS 35 PS	39.12.10
水戸市(農試圃場)	那珂川流域 沖積土 平坦	乾田	1区画約13a (65m×20m)	ホイール型トラクター 35 PS	39.12.12

調査地としては、すでに何らかのかたちで基盤整備が行なわれ、かつ機械の導入されている3地区と農試圃場の4ヶ所を選定した。このうち東村橋向地区は昭和35年度に農林省主催の機械化実験集落に指定された地区の一つであって県内の先進地である。また、竜ヶ崎市川原代

地区と那珂町有ヶ池地区は、昭和37年度より次年度にわたって、農業構造改善事業の基盤整備が行なわれ、機械導入後1年余を経過している。

また、地点の選定は現地のオペレーターの意見を尊重し、各地区毎に土壌条件に応じてなるべく近接している

水田における大中型機械の導入可能性

作業容易，困難および不可能の3地点が得られるように努めた。しかし，川原代地区と農試圃場では全面積が運行容易であって，困難と不可能の地点は得られなかった。なお，ここにいう容易とは，作業時期に多少の制限はあるがボトム・プラウを装着して作業が可能であり，

困難とは，プラウ耕が不可能で圃場の主として水分条件によって作業が制限されるが，ロータベーター耕が可能のところと補助車輪を装着しロータベーター耕の作業可能の限界までを含めている。機械運行の難易区分と地点選定との関係を示すと第2表のとおりである。

第2表 機械運行の難易と調査地点

調査地区名	地区全般の機械運行の難易	調査地点の機械運行			備 考
		容 易	困 難	不 可 能	
東 村 橋 向 地 区	やや困難 (下流地区の土地改良未了のため 地下水位が高い)	2	2	4	機械運行はホイール型トラクター，ロータベーター耕によって区分を行なった。ただし，橋向地区の困難は水田車輪湛水下でロータベーター耕可能地である。
竜ヶ崎市 川原代地区	容 易	1	—	—	
那 珂 町 有ヶ池地区	やや困難 (一部は沼跡の泥炭地であり，また台地下は伏流水による湿田)	1	1	1	
水 戸 市 (農試圃場)	容 易	1	—	—	

橋向地区は，下流域の工事未了のため冬季間における排水幹線の水位低下が不十分である。したがって，湿田または半湿田が多く，機械運行の困難または不可能な地点が得られやすい。一方，軟弱な地盤において機械の利用範囲を広くするために補助車輪を装着し，湛水下で車輪に土壌の粘着を防ぎ耕起と代掻を同時に行なう等機械と作業の両面から改良と工夫が重ねられている。また，オペレーターの熟練度も高いので，作業限界を知ることができると考えて調査密度を高くした。

ける土壌断面硬度を材料として検討を行なった。

また，湿田を乾田化した場合，腐植質土壌において必要な支持層が得られるか否か疑問であるので，土地改良施行地区土壌調査の成績によって検討することにした。

なお，前述のとおり本県においては強湿田が多く，農業構造改善事業の基盤整備地区にも機械導入の点で問題があると思われる。そこで昭和39年度に土壌調査を行なった4地区における土壌硬度の検討を併せて行なった。

III 実験および調査結果

2. 土壌調査による土壌型と機械導入の可能性

土壌型と機械導入との関係については，昭和39年度に地力保全基本調査の行なわれた3,200haの石岡地区にお

1. 現地調査

現地調査を行なった4地区における代表土壌の理化学的性質および土壌型は第3表のとおりである。

第3表 代表土壌の理化学的性質

地 区 名	区 分	粒 径 組 織				土 性	腐植 (乾土%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 吸 収 係 数	備 考 (土壌類型)
		C	Silt	F S	CoS				
橋 向	表 土	49.5	35.0	12.7	2.8	HC	6.6	—	灰 色 土 壤 黒 泥 土 壤
	下層土	45.1	20.9	31.8	2.2	HC	9.7	—	
川 原 代	表 土	14.7	39.8	31.9	13.6	L	2.6	465	黄 褐 色 土 壤
	下層土	19.4	26.7	41.7	12.2	CL	1.1	—	
有 ヶ 池	表 土	22.4	57.3	13.1	7.2	SiCL	10.8	1,274	灰 褐 色 土 壤 黒 泥 土 壤
	下層土	32.2	48.2	19.6	0	SiC	3.0	758	
水 戸	表 土	43.2	19.7	31.9	5.2	LiC	4.8	947	灰 褐 色 土 壤
	下層土	28.0	53.6	10.5	7.9	SiC	1.7	—	

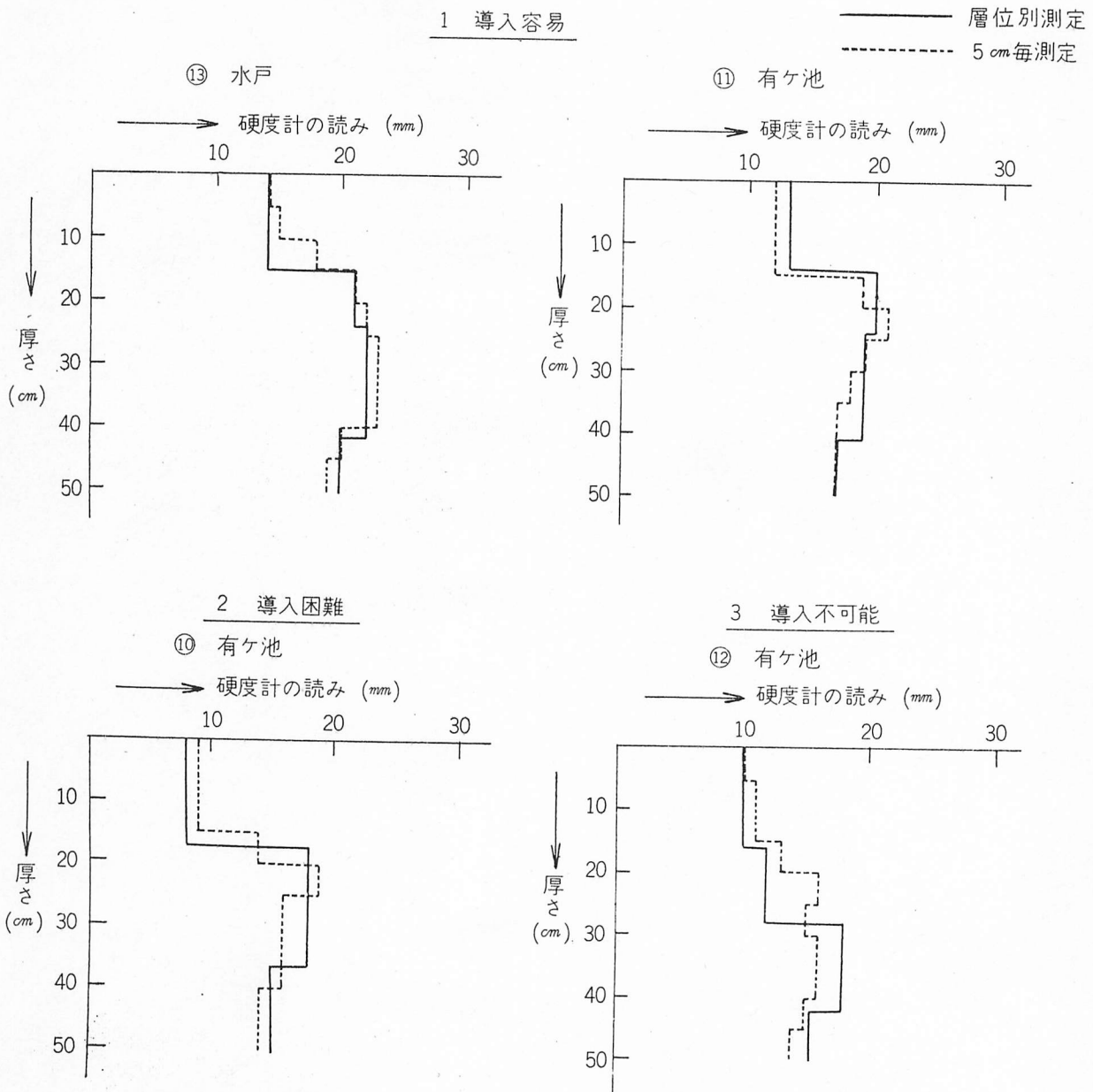
本表によると橋向地区土壤は、利根川流域の腐植に富む強粘土壤であって、灰色土壤と黒泥土壤に属している。川原代地区土壤は鉍質であって作土が壤質で心土は粘質の黄褐色土壤である。有ヶ池地区の場合には、久慈川流域の沖積土壤であるが、表土は火山灰土の影響のある腐植質土壤であって粘質、下層土は腐植を含む強粘土で灰褐色土壤、灰色土壤および黒泥土壤に属している。なお、農試圃場は那珂川下流の沖積土で鉍質の灰褐色土壤である。

(1) 土壤硬度の調査方法

1) 測定密度と土壤硬度の垂直分布

現在、土壤調査の土壤硬度（ち密度）測定は一般に土層毎に行なわれている。もし既往の調査結果を生かすとするれば測定密度の相違による硬度の垂直分布を検討する必要がある。

代表地点において調査した結果は第1図のとおりである。



第1図 測定密度と土壤硬度の垂直分布

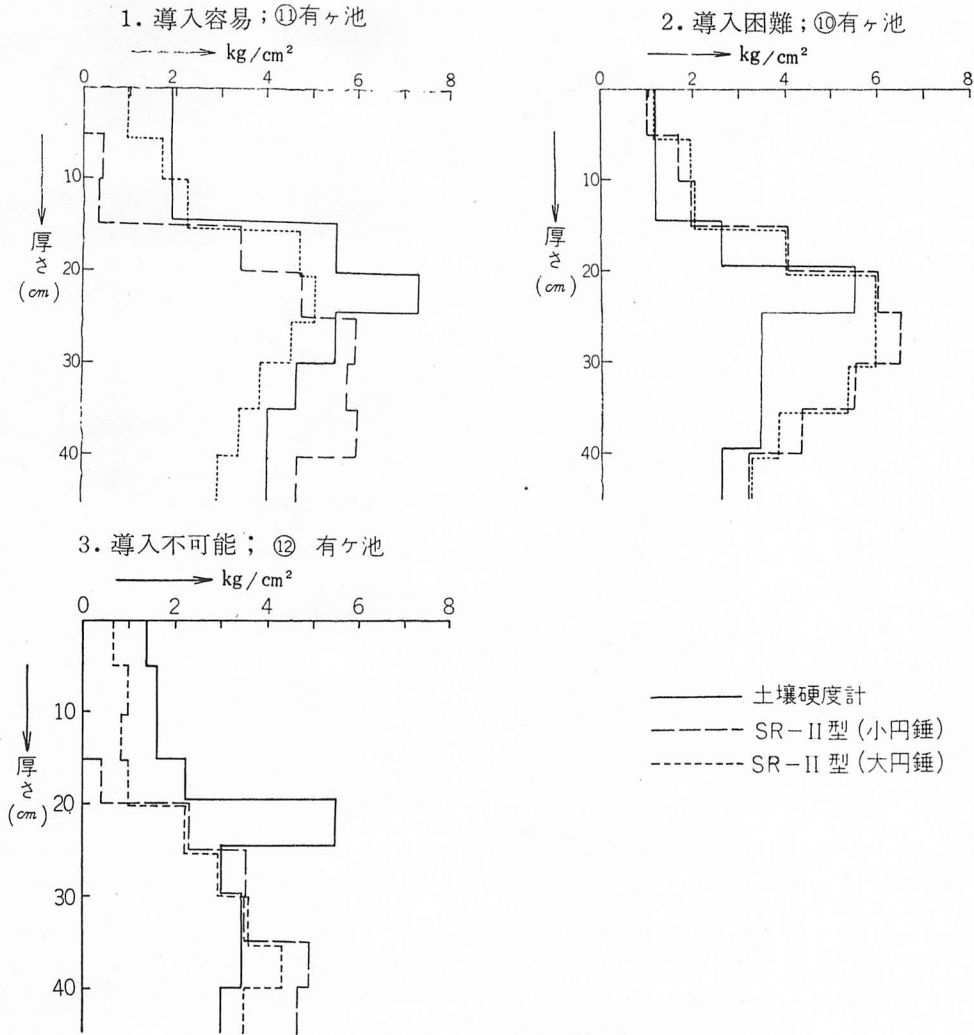
本図によると、機械運行容易と困難の圃場においては、調査密度を5cm毎に高めた場合と土層毎に測定した場合とでは値がほぼ等しいことがうかがわれる。しかし、不

可能な圃場においては、両者間に開きが認められるが、これは乾田よりも層の分化の少ないことによるものと思われる。



2) 山中式土壤硬度計とSR-II型土壤抵抗計の計測値との対比

この調査においてSR-II型(農機研)と土壤調査に用いられる土壤硬度計とで計測値の比較検討を行なった。



注) 番号は調査地点を示す。

第2図 土壤硬度計とSR-II型土壤抵抗計の計測値による硬度の垂直分布

第2図によると、計測値の開きの大きい地点と小さい地点があり、また、土壤硬度計とSR-II型の計測値の差にも一定の傾向が認められない。しかし、硬度相は一致しているようである。なお、SR-II型の場合、概して軟弱な作土においては感度のにぶいことが認められた。

3) 調査時期の相違による硬度の変化

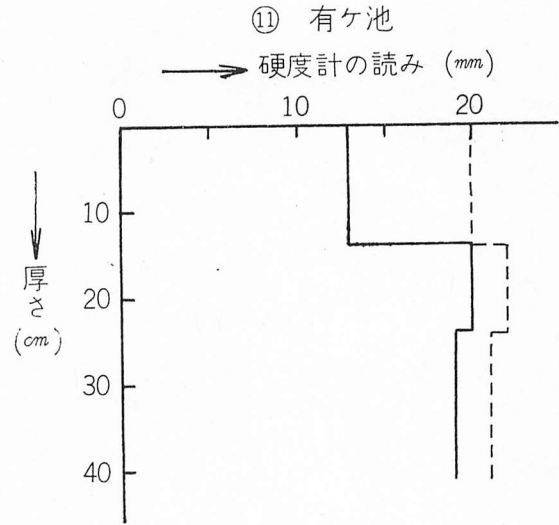
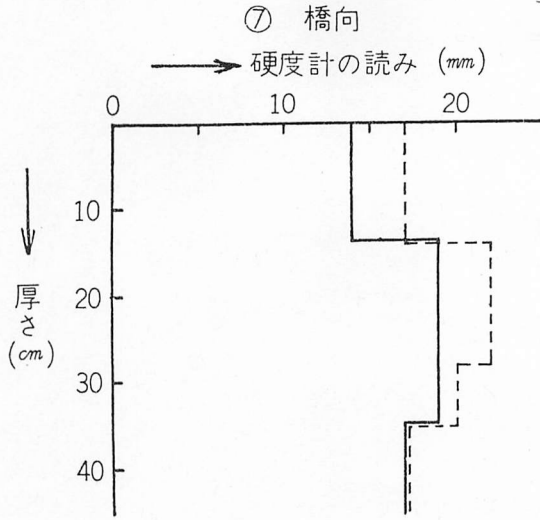
土壤の硬度は、測定の時期的によってかなり異なることが経験的に知られている。また、一般に土壤調査の行なわれるのは落水後であるので、時期的に変化するべく少ない層をみ出して機械導入の可否の指標とする必要がある。一方、機械作業の行なわれる時期は、落水後の刈取と耕起碎土、湛水後の代播など土壤水分の状態はその

作業時期によって相違する。したがって、その点からも変化の少ない土層の硬度を指標とする必要があると思われる。

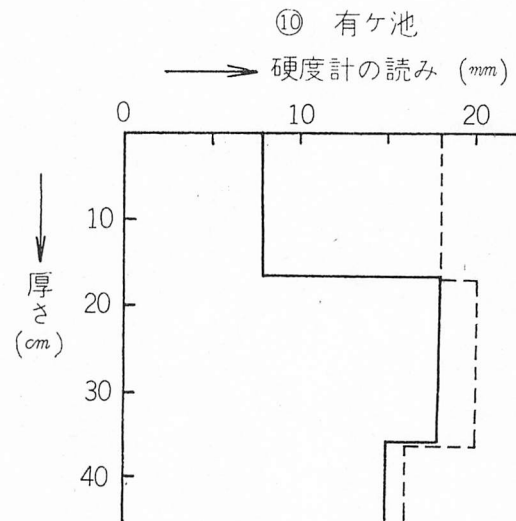
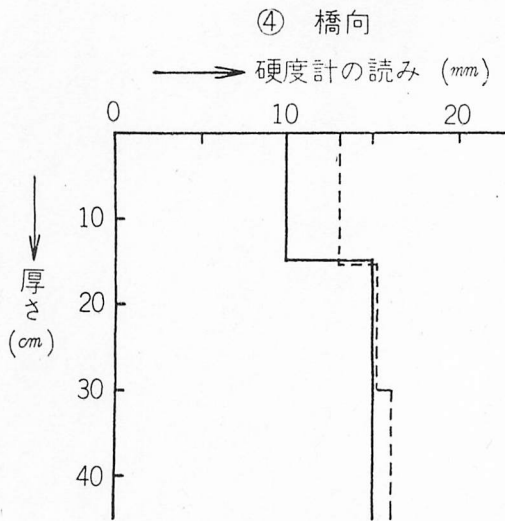
上述のような考えから12月と3月の2回にわたって同一圃場の硬度の調査を行なった。その結果は第3図のとおりである。

本図によると橋向地区、有ヶ池地区ともに調査時期によって作土に相当する第1層の硬度の変化は極めて著るしいことがうかがわれる。しかし、20cm以下の心土部位の硬度ではそれほど変化を示していない。また、ここで図示した橋向地区と有ヶ池地区を対比すると、地下水位の低下の甚しい有ヶ池地区では時期による値の変動が大

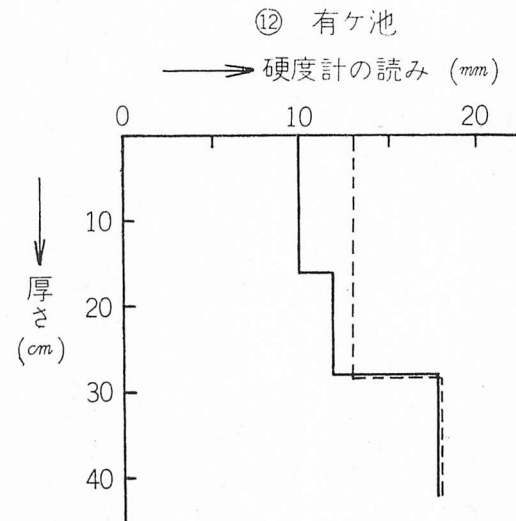
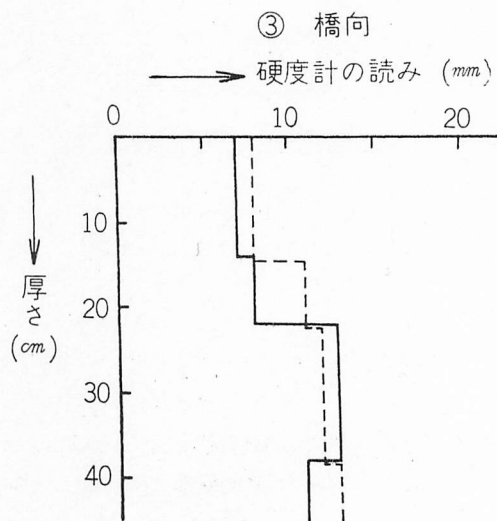
1. 導入容易



2. 導入困難



3. 導入不可能



—— 第1回 39年12月橋向7~8 (晴), 有ケ池10日 (晴) 測定  
 - - - 第2回 40年3月 〃 4日 (〃), 〃 3日 (〃) 〃

第3図 調査時期の相違と硬度の変化

## 水田における大中型機械の導入可能性

大きく、それに反して橋向地区においては大差が認められない。このことは、機械導入の可能性を判定する指標を得るための土層としては、作土よりもその直下の鋤床部位が適していることを示唆していると考えられる。

### (2) 土壌条件と大中型機械運行との関係

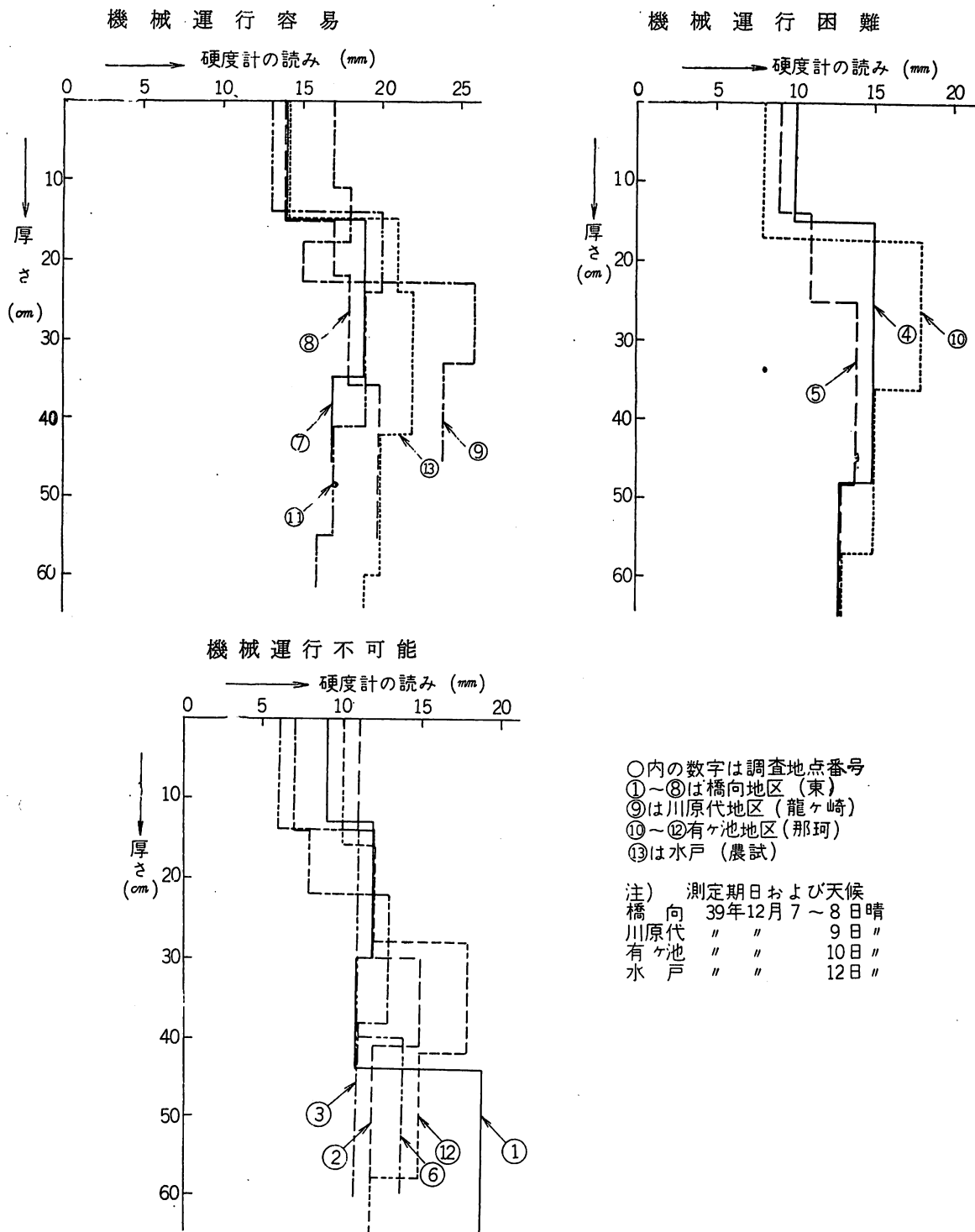
現地において、実際に大中型機械を使用して12月に実

験を行なった結果は第4図および付表のとおりである。

本図によって土壌硬度と機械運行の難易との関係を作土、鋤床部位および鋤床以下に区分して概要を述べるとつぎのとおりである。

#### 1) 作土の硬度

作土に相当する15cm前後までの硬度は、機械運行容易



第4図 機械運行の難易と硬度の垂直分布

の場合には、直読値で13mm以上であった。これは乾田においては落水後、地下水位の低下を反映して急激に硬度が増加することを示唆していると思われる。それに対して、困難と不可能の場合には、10mm内外以下の値を示したが、これは落水後4ヶ月を経過してもなお地下水位の高いために軟弱な状態を続けているためであると思われる。

なお、困難な場合の硬度は8~10mm、不可能では6~11mmの範囲にあって、作土の硬度のみによって機械の導入不可能な範囲を判定することの困難を裏書していると思われる。

### 2) 鋤床部位

鋤床部位に相当する作土直下20cm前後の硬度と作業の難易区分との関係をみると、容易の場合には18mm以上の硬度であるのが認められる。

それに対して、作業困難の場合には橋向地区の2圃場では、14~15mmの硬度を示している。しかし、有ヶ池地区の⑩圃場では18mmを示している。このことは、橋向地区のように補助車輪をつけ湛水下で作業をする等機械と土壤水分条件の工夫をすれば、軟弱な鋤床のところにおいても作業可能なことを示唆していると思われる。なお、橋向地区の④圃場においてタイヤ車輪のままで機械の導入をはかったが、スリップとその後の沈下によって前進不可能となった。

つぎに、不可能と判定された圃場においては12mm以下で作土の硬度と大差がなく、鋤床の形成も不十分であることが認められた。

### 3) 鋤床部位以下

鋤床部位以下における硬度は容易と困難の場合には鋤床よりも低い値を示すが、大差がなく、不可能の場合に

は、かえって鋤床部位よりも硬度の高いことが認められる。とくに⑫と②とでは30~40cm、①では45cm以下に硬度のやや高い層が存する。しかし、それより上層部が軟弱なために機械運行が不可能であると推察される。

以上の結果から機械の運行には、作土や鋤床部位以下の硬度も関連するにしても、もっとも密接に関係するのは鋤床部位の硬度であるように思われる。

前述のとおり本調査の場合には、作業可能性の限界と推定される東村橋向地区の水田車輪による湛水下の作業を含めて可能性の区分を行なった。その区分と鋤床部位の硬度を対比させると、容易は18mm以上、困難は14~18mm、不可能は14mm以下の硬度であることが認められる。

なお、作業不可能の5地点はいずれも湧水面の高い湿田であって、黒泥土壤に属しており、土壤の種類とも密接な関係のあることが示唆されているように思われる。

### (3) 大中型機械導入の判定基準

現地における土壤硬度の測定方法の検討と機械運行の実験を行なった結果、作土直下の鋤床部位の硬度によって機械導入の可能性を判定できると推定された。

本研究は、緒言でも述べたように本県において差当って必要な機械導入の限界を判定する基準を定めることを直接の目標としている。この場合、上記の検討結果に基づき鋤床部位を機械導入にもっとも密接な関連のある有効支持層とし、その厚さが20cm以上あることを導入可能の条件としてよいように考えられる。

このような条件を前提として、拙速ではあるが判定基準を示すと第4表のとおりである。

本基準では、車輪の補助装備と作業機の種類を考慮し

第4表 大中型機械導入の判定基準 (ホール型)

車輪および作業機	容 易		困 難		不 可 能		土 壤 条 件
	硬 度 計 (mm)	換 算 (kg/cm <sup>2</sup> )	硬 度 計 (mm)	換 算 (kg/cm <sup>2</sup> )	硬 度 計 (mm)	換 算 (kg/cm <sup>2</sup> )	
タ イ ヤ ボトム・プラウ	20<	6.28<	19~20	5.50~6.28	19>	5.50>	なるべく土壤 水分の少ない こと。
タ イ ヤ ロータベーター	18<	4.68<	17~18	4.03~4.68	17>	4.03>	
水 田 車 輪 ロータベーター	15<	3.01<	14~15	2.60~3.01	14>	2.60<	湛 水 下



## 水田における大中型機械の導入可能性

ている。このことは、導入の限界を示すとともに機械の導入に当っては車輪と作業機の相違によって事情が著しく異なってくるからである。

なお、大型と中型の区分を行なわなかったのは、機械の接地圧が単に車体の重量によって差異のあるのではなく、車輪の表面積によっても異なるし、推進力も関与すると思われたからである。また、橋向地区のききとり調査によっても作業困難なところにおいては、中型よりも大型の方が前車輪の浮き上りも少なく、作業が容易であるといわれている。したがって、実用的には大型と中型の区別をした判定基準を必要としないように考えられる。

### 2. 水田土壌類型と機械導入の可能性

施肥改善調査事業の水田土壌類型区分は、水の運動と

それに伴う酸化還元によって区分を行なっているように思われる。したがって、乾湿および落水後における地下水位の高低とも密接な関連を有しているものと推察される。

また、機械の導入可能性と土壌型との関係が明らかとなれば、過去における土壌調査の結果を活用して導入の可能性を予測することもできると思われる。

#### (1) 土壌の類型区分と機械導入可能性

この検討には、前項で設定した判定基準を用い、昭和39年度に地力保全基本調査の行なわれた石岡地区の約3,200haの調査成績を材料としている。その結果は第5表のとおりである。

本地域の水田面積3,200haのうちで灰褐色土壌の面積は、342haにすぎない。その他は湿田型の灰色、黒泥、

第5表 水田土壌類型と大中型機械の導入可能性

車輪および作業機	導 入		灰褐色土壌		灰色およびグライ土壌		黒 泥 土 壌		泥炭質および泥炭土	
	可 能 性	支持層の ち密度 (mm)	点数	指数	点数	指数	点数	指数	点数	指数
タイヤ	容 易	20<	7	54	3	9	2	3	0	0
ボトム・プラウ	困 難	19~20	5	38	4	12	7	12	2	14
	不 可 能	19>	1	8	27	79	52	85	12	86
タイヤ	容 易	18<	11	85	4	12	7	12	1	7
ロータベーター	困 難	17~18	2	15	8	24	5	8	1	7
	不 可 能	17>	0	0	22	64	49	80	12	86
水田車輪	容 易	15<	13	100	18	53	32	52	6	43
ロータベーター	困 難	14~15	0	0	3	9	9	15	0	0
	不 可 能	14>	0	0	13	38	20	33	8	57
計			13	100	34	100	61	100	14	100
調査面積3,200haに対する該当 土壌の指数と面積	指数(%)	面積(ha)	10.7		27.9		50.0		11.5	
			342		892		1,600		368	

泥炭質土壌等であった。これは、本地域が洪積台地間の谷津田と俗称される浸蝕谷と霞ヶ浦周縁の低地にあるからである。

さて、土壌類型と機械導入の可能性との関係を見ると、灰褐色土壌においてはタイヤ車輪、ロータベーターの装備で全面積の作業が可能である。それに対して同装備の場合に、灰色およびグライ土壌では36%、有機質土壌の黒泥土壌は20%、泥炭質土壌および泥炭土壌は僅かに14%の面積が導入可能であるにすぎない。

以上の結果から土壌類型と機械の導入可能性との間には密接な相関のあることが認められる。なお、湿田型の土壌で機械の導入可能な土壌は暗渠排水や客土の行なわ

れている場合であって、地下水を低下せしめると漸次導入可能になることを裏書きしている。

#### (2) 湿田の乾田化と土壌硬度の変化

前項においても述べたように湿田を乾田化すると、当然土壌の硬度は漸増する。しかし、腐植質土壌と鈹質土壌の場合とは異なると思われるし、また、泥炭土壌の場合には乾田化だけでは機械の導入に必要な支持層が得られるか否か懸念される。

幸い土地改良施行地区土壌調査における土壌変化基準点の調査、その他があるので検討を試みた。その結果は第6表のとおりである。

この調査においては、土地改良前の硬度が不明である。

第6表 乾田化土壌における硬度

土壌区分	調査位置	土壌類型	層位	厚さ (cm)	腐植含量 (%)	硬度 (mm)	土地改良の種類	経過年数	乾湿田の変化		備考
									改良前	改良後	
腐植質土壌	稲敷郡河内村	泥炭土壌	1	0~14	7.5	6	区画整理および暗渠排水 (昭 28)	7年	湿田	乾田	湧水面 45cm
			2	14~24	7.0	17					
			3	24~	(PL)	5					
	"	泥炭質土壌	1	0~18	7.5	10	区画整理 (昭 28)	"	"	半乾田	湧水面 55cm
			2	18~23	6.8	12					
			3	23~33	8.8	12					
			4	33~48	(PL質)	7					
			5	48~	(PL)	6					
	稲敷郡東村 (新利根開拓農協)	黒泥土壌	1	0~9	9.3	6	i) 泥炭地を干拓開田 (昭 25) ii) 区画整理 iii) 暗渠排水 iv) Sand up (昭 35)	不明	"	乾田	30 PS クローラー型トラクターが導入されている。 湧水面 65cm
			2	9~16	0.7	4					
			3	16~27	8.2	17					
			4	27~33	7.0 (PL含む)	12					
			5	33~45	1.1 (PLあり)	10					
	勝田市	黒泥土壌	1	0~15	13.5	13	区画整理および暗渠排水 (昭 29)	ち密度の測定は11年後 (昭 39,40)	強湿田	"	湧水面 1m<
			2	15~25	13.7	15					
3			25~42	22.2 (PL含む)	13						
4			42~70	20.9 (PL質)	11						
5			70~	(PL)	9						
鈹質土壌	那珂郡那珂町	グライ土壌, 灰色土壌へ移行中	1	0~20	富む	7	農業構造改善基盤整備 (昭 38)	約7ヶ月後昭 39,11月測定	"	半乾田	改良前には小型トラクターの運行不可能 湧水面 1m<
			2	20~40	含む	16					
			3	40~65	あり	20					
			4	65~	"	18					

しかし、いずれの土壌でも強湿田が乾田化され、それぞれの条件下において急激に硬度が増大すると推定される土壌である。

まず、有機質土壌の場合、予想されたように乾田化されても容易に硬度の大きくなることがうかがわれる。とくに勝田土壌においては、改良前の泥炭土壌が11年後には完全に乾田化して、黒泥土壌に変化している。それにもかかわらず鋤床部位の黒泥は依然として軟弱である。それに対して、新利根農協圃場のように Sand up によって客土を行なった場合には、クローラー型のトラクターで作業を自由に行なっている。

一方、那珂土壌の例のように鈹質土壌の場合には地下水の低下にしたがって急激に硬度が増すようである。この圃場の場合、改良前は人力で作業を行ない、膝まで入った強湿田であったのが、僅か1年後に大型機械の導入可能と推定されるほど硬度の増していることが認められる。

### 3. 基盤整備事業と機械の導入可能性

農業構造改善事業の水田基盤整備では、一般に大型機械の導入を前提として大区画の圃場造成が行なわれている。しかし、茨城県のごとく河川流域の低湿田や洪積台地間の谷津田と俗称される低地の水田が多い場合、従来の区画整理においてもみられたように乾田化は極めて困難であると思われる。

そこで、昭和39年度に土地改良施行地区土壌調査事業の行なわれた5地区について検討を加えた。なお、調査地区の概要は第7表のとおりである。

これらの地区を機械導入容易、やや困難、困難に分けて概要を述べるとつぎのとおりである。

#### (1) 機械導入容易地区 (竜ヶ崎市川原代地区)

本地区は、土地改良前から大部分半湿田ないし乾田で土地条件の良好なところであった。事業は昭和37~38年

水田における大中型機械の導入可能性

第7表 調査地区基盤整備の概要

機械導入の難易	市町村及び地名	地区面積 (ha)	1区画の面積 (a)	事業の種類	地形と土壌の概要	機械の導入状況
容易	1.竜ヶ崎市 川原代地区	205	約 30	区画整理	小貝川下流の平坦地河成沖積土	ホイール型トラクター 39.5 PS; 2台 ホイール型トラクター 40 PS; 2台
やや困難	2.那珂町 有ヶ池地区	122	30	区画整理	台地間の元の湖沼跡(有ヶ池)と久慈川流域の平坦地火山灰の影響大きい有機質土壌と鉍質沖積土が分布する。	ホイール型トラクター 32.5 PS; 2台 ホイール型トラクター 35 PS; 2台
困難	3.東茨城郡 茨城町明光地区	132	20~30	かんがい排水 {揚水機場 2排水路 2,361m} 区画整理	潤沼川流域の低湿地で腐植質土壌が広く分布する。	計 画 中
	4.新治郡 出島村一の瀬地区	130	20	区画整理	台地間の谷津田にあって、一の瀬川流域の低湿地。腐植質土壌が広く分布する。	計 画 中

第8表 川原代地区の土壌硬度

調査番号	乾湿	土 壤 型	層位	厚さ (cm)	ち密度 (mm)	湧水面 (cm)	調査番号	乾湿	土 壤 型	層位	厚さ (cm)	ち密度 (mm)	湧水面 (cm)
6	乾	灰色土壌	1	0~18	12	23	24	乾	灰色土壌	1	0~23	20	100<
		砂土型	2	18~25	18	壤土型			2	23~45	23		
		(F-54)	3	25~36	21	(F-52)			3	45~	23		
14	"	"	1	0~16	10	20	38	"	灰色土壌	1	0~14	7	45
		( " )	2	16~22	20	壤土満俺型			2	14~20	20		
18	"	灰色土壌	1	0~18	11	45	33	"	(F-53)	3	20~31	19	—
		壤土型	2	18~36	21	粘土構造型			2	14~20	20		
		(F-52)	3	36~47	18	(F-50)			3	20~31	19		
20	"	灰色土壌	1	0~22	6	100<	33	"	粘土構造型	4	31~	14	
		粘土構造型	2	22~23	18								
		(F-50)	3	23~59	16								
			4	59~	8								

の2ヶ年にわたって実施された。昭和39年11月における調査地点毎の硬度は第8表のとおりである。

本表によると、この地区は工事の場合にほとんど全面積にわたって大型ブルドーザーが運行したので、作土の直下に硬盤の形成が認められる。したがって、205haの

うち、元の低湿地の約50aを除いて導入が容易である。

現在のところ灰色土壌が大部分であるが、灰褐色土壌に漸変するように推察される。

(2) 機械導入やや困難地区(那珂町有ヶ池地区)

本地域は、元の沼地跡および台地下の腐植質土壌と久

慈川に隣接する鈹質土壌からなっている。事業は昭和37年に有ヶ池跡の28haの工事をしない、次年度において残りの94haについて工事をした。

昭和39年11月における土壌硬度は第9表のとおりである。

本地区の土壌をみると、有ヶ池の跡では泥炭土壌、そ

第9表 有ヶ池地区の土壌硬度

調査番号	乾 湿	土 壤 型	層 位	厚  さ (cm)	ち 密 度 (mm)	湧 水 面 (cm)
10	乾	灰褐色土壌	1	0~17	13	100<
		強粘土構造型	2	17~35	18	
		(G-60)	3	35~	20	
16	半 湿	黒泥土壌	1	0~20	10	69
		強粘土型	2	20~38	14	
		(C-20)	3	38~63	16	
			4	63~	16	
5	湿	黒泥土壌	1	0~20	0	45
		強粘土型	2	20~50	14	
		(C-20)	3	50~	10	
21	"	黒泥土壌	1	0~15	5	75
		強粘土型	2	15~45	15	
		(C-20)	3	45~75	13	
23	"	泥炭土壌	1	0~30	3	30
		壤土型(A-4)	2	30~	5	

の隣接地と洪積台地の下には泥炭質土壌および黒泥土壌が分布している。また、黒泥土壌に続いて久慈川の方へ灰色土壌、灰褐色土壌に移行している。

本成績によると、乾田の灰褐色土壌に属する⑩の場合には、機械の導入が容易であり、現行半湿田の黒泥土壌に属する⑩⑪においては、やや困難ではあるが、乾燥期

であれば、導入可能であると推察される。しかし、有ヶ池跡の泥炭土壌の硬度は極めて小さく、このままでは機械の導入は至難と思われる。

(3) 機械導入困難地区(茨城町明光地区、出島村一の瀬地区)

この両地区は、洪積台地間河川の末流にあつて、湖沼

第10表 明光地区・一の瀬地区の土壌硬度

明 光 地 区							一 の 瀬 地 区						
調査番号	乾湿	土 壤 型	層 位	厚  さ (cm)	ち 密 度 (mm)	湧 水 面 (cm)	調査番号	乾湿	土 壤 型	層 位	厚  さ (cm)	ち 密 度 (mm)	湧 水 面 (cm)
7	湿	灰色土壌	1	0~19	6	58	10	湿	泥炭土壌	1	0~22	12	—
		壤土型	2	19~50	17				壤土型	2	22~	8	
		(F-52)	3	50~	12				(A-4)				
2	"	泥炭土壌	1	0~19	4	40	3	半湿	灰色土壌	1	0~18	16	60
		粘土型	2	19~37	6				壤土型	2	18~44	18	
		(A-3)	3	37~	9				(F-52)	3	44~	13	
20	"	黒泥土壌	1	0~20	6	51	9	"	黒泥土壌	1	0~18	3	65
		壤土型	2	20~40	14				壤土型	2	18~55	13	
		(C-22)	3	40~55	13				(C-22)	3	55~	8	
17	半湿	灰色土壌	1	0~16	6	53							
		壤土型	2	16~50	13								
		(F-52)	3	50~	9								



に近く立地条件の極めて不良なところである。工事は両地区とも昭和39年に行なっている。昭和39年11月における土壌硬度は第10表のとおりである。

この両地区においては、地形的に低地に存するので台地からの伏流水を絶たない限り乾田化は望めない。したがって、明光地区、一の瀬地区ともにこの調査密度ではそれぞれ1地点が、かろうじて機械導入が可能であるにすぎない。なお、このような地形のところは県内に極めて多く、例外ではないように思われる。

#### IV 考 察

近年、農業基本法の制定を契機として農業の近代化が強く要望され、農業構造改善事業の発足とともに基盤整備が進められている。従来への区画整理に対して、本事業の区画整理は大中型機械の導入を前提とする大区画の圃場整備を原則としている。

一方、水田の耕作機具としては、古来からの万能、田鋤から畜力に漸変し戦後の小型耕耘機の時代に急変した。しかし、水田の大型機械化が実現すると、その変化にはこれまでとは異なる要素が含まれているように思われる。すなわち、農家自身の意欲よりも急変する社会変化の要請によって国家指導による行政的色彩が強いこと、高度の機械的技術を要すること、機械を導入する土地条件が明らかになっていないこと、機械そのものが畑作を主とする国に発達したこと等である。

水田における大中型機械の導入を考える場合に、長崎<sup>3)</sup>のように導入の可能性限界と作業の経済性を区別して研究する場合と、両者をそれほど考えない場合とがあるようである。1) 2) 10)

茨城県においては、水田全面積の80%以上が湿田および半湿田<sup>9)</sup>からなっている。これは地形的に河川の下流に在ることと、洪積台地間の谷津田の多いたためである。ここにおいて著者らは長崎<sup>3)</sup>と同じ考え方で、機械導入の限界を知ろうと試みた。

##### 1. 土壌硬度計による測定方法の検討

まず、土壌調査の場合、慣行的に行なわれている土層毎の測定法がそのまま土層の硬度と考えてよいか否かの検討を行なった。その結果、層の分化の進んでいない湿田土壌においては、多少問題があるにしても、機械を導入できる半湿田までの硬度の測定には土層毎の測定でも十分であると推察された。

つぎに、山中式土壌硬度計と農機具部門で使用されているコーン貫入抵抗計タイプのSR-II型の計測値につい

て比較検討した。この両硬度計の比較は農事試験場<sup>2)</sup>でも行なっており、土壌硬度計の値はSR-II型よりも小さい傾向があるとしている。しかし、本調査では一定の傾向が得られなかった。また、土壌硬度計の方が軟弱な土層においては敏感であることが認められた。

この両計測器の比較については、今後検討を重ねる必要がある、山中<sup>7)</sup>も測定機構が異なるので単純に比較できないといっている。

また、硬度測定の対象土層としては、表土<sup>1) 2) 5) 6)</sup>と鋤床部位<sup>3)</sup>をそれぞれ重視する考え方があるように思われる。

本研究においては、土壌調査の行なわれる落水後に硬度偏差の少ない方が指標とするのに適切であると考え、12月と3月の2回の計測値の比較を行なった。その結果表土の硬度は調査の時期によって変動が大きく、鋤床においては小さいことが認められた。また、表土の値の開きの程度は土壌水分の変化の大きい湿田および半湿田において大きいので、機械導入の限界を知るのに表土の硬度は適切でないように思われる。一方、実際水田において作業の行なわれる時期は、刈取、秋および春の耕耘碎土、そして灌水後の代掻であるので、その面からも表土の硬度を機械導入の指標とすることには問題があるように考えられる。

さらに現地において機械を運行し作業の可能性を実験するとともに、土壌硬度の垂直分布を測定して検討した結果、作土の硬度のみでは困難と不可能の区分は不可能であった。このことは鋤床部位の硬度を指標とすることの適切なことを裏書きしているものといえよう。

なお、長崎<sup>3)</sup>は機械の導入と土壌硬度相の関係を重要視している。しかし、鋤床部位以下に硬い層が存していても有効支持層になり得ない可能性が大きいので、本県のように土層間にそれほど大きい土性の差異のない場合には硬度相を考慮する必要は少ないと思われる。

##### 2. 大中型機械導入の判定基準について

長崎<sup>3)</sup>はコーン・ペネトロメーターによって硬度相を測定し、主として鋤床の硬度によって、ホイール型、クローラー型、ハーフ・トラック型別に導入可能性の判定基準を示している。

また、松尾ら<sup>5)</sup>は有明干拓において中型トラクターで実験を行ない、表土の硬度によって9mm以上を導入可能地、7~9mmを導入困難地、7mm以下を導入不可能地としている。山中<sup>7)</sup>も表土層の厚さを20~25cmと仮定し、その硬度によって、7mm以下は導入不可能、9~

10mmはやや可能, 11mm以上は可能であると基準を示している。横井ら<sup>1)</sup>も佐賀農試と連絡予備試験を行ない, 表土を約20cmと仮定して, 硬度計の読みによって7mm以下は大型導入不可能, 7~11mmは困難11mm以上は可能であるといっている。その他福井農試<sup>8)</sup>においても支持層の硬度は15mm以上を必要とすると述べている。

以上のとおり, 水田へ機械が導入されるとともに各方面において基準が提案されている。これらの基準は, 現地における実験を主な根拠としているように思われる。

そこで本研究においても, 鋤床部位を機械の有効支持層と認め, その厚さが20cm以上あることを前提とし, 第4表のような判定基準を提案した。この基準の特徴的なことは, ホール型トラクターに限定し, 車輪の装備, 作業機の種類および作業時の土壤水分を考慮していることである。従来の基準は, 長崎<sup>3)</sup>以外はトラクターの種類も区分せず, また, 補助車輪の装着, 作業機および作業時の土壤水分について十分考慮されていないように思われる。ただ, この基準においては, 実験を粗粒質の土壤のところで行なっていないので, 今後土性と導入可能性についても検討をする必要があろう。

さらに現場においては, 複雑な計測や知識を要しないで簡単に判定する指標を得ることも重要であると思われる。本調査の行なわれた橋向地区の熟練オペレーターの経験では, 始め危険をおかして機械を入れ, 一応の導入可能性を判定している。また, 次年からは, 作業前に田面を歩行して靴の沈下の程度によって作業の可能性を判定しているようである。

著者らの1人も簡易判定法の必要性を認め, 長さ1mの検土杖を使用して体重60kgで圧入し, おおよそつぎのような指標を提案した。

機械運行容易	20~30cm貫入
機械運行困難	30~70cm貫入
機械運行不可能	70~100cm貫入

ただこの方法は一種の貫入抵抗を経験的に知ることであるので個人誤差も大きい。反面, 各個人が土壤硬度計によって測定した既知の土壤や機械の導入されている圃場で経験しておけば, 検土杖以外の木や竹の棒によってもある程度の予測は可能であると考えられる。

### 3. 水田土壤類型と機械導入の可能性

水田の土壤調査の場合, 土壤硬度計によってち密度, すなわち土壤硬度の測定の行なわれるようになって久しい。しかし, 土壤類型との関係を検討されたことは殆んどないようである。本研究においては, 現地調査で機械

の導入可能性と土壤類型の間には密接な相関があるように思われたので, 地力保全基本調査の成績を材料として検討を行なった。その結果, 予想されたように乾田型の灰褐色土壤では全面積に機械の導入可能の鋤床がみられ, 灰色以下の湿田土壤においてはその程度によって導入可能の面積が減少することを認めた。すなわち, 本論とは離れるが, 機械の導入を目的とする土地改良においては, 灰褐色土壤になるまで乾田化する必要性のあることを示唆していると考えられる。

また, 泥炭土壤のような腐植質土壤においては, 腐植の持つ膨軟性と容水量の大きいこと, 粘性が小さく可塑性の弱い等の理由によって, 乾田化のみでは機械の導入に問題があるように思われる。それ故, 土壤変化基準点の調査成績を検討したところ, 泥炭地においては10年以上を経過しても機械導入に必要とする有効支持層の形成されていないことが認められた。したがって, 機械を導入する場合には乾田化と同時に鈹質土壤の客土を行なうことが必要な条件になると推察された。

### 4. 基盤整備地区における機械導入の可能性

現在, 茨城県における水田基盤整備事業は, ほとんど区画整理を主体として工事が行なわれている。従来, 本県の区画整理事業完了地区では, それだけで乾田化することは困難であるのが普通である。しかも農業構造改善事業の場合, 機械導入の可能性を検討しないで直ちにトラクターを導入するシステムになっている。したがって, 地区によっては機械の導入困難の懸念もあるので4整備地区の検討を行なった。その結果, ほとんど全面積が導入可能であったのは1地区にすぎず, 他の3地区ではいずれも問題のあることが認められた。

今後, 基盤整備と機械導入については, 現地において調査を行なってから, 換言すれば, 機械導入に必要とする工事を完全に終ってから導入すべきであろう。

終わりに本研究は現地における実験を基にして機械導入の限界を求めようとしたもので, さらに基礎研究を必要とすると思われる。また, 作業を能率的に行なうためには, 現地の実験と土壤の物理的諸性質との関係を明らかにする必要があると思われる。

## V 要 約

水田への大中型機械の限界を知るために現地における調査と実験を行なった。併せてそれに関連する土壤類型と機械導入について土壤調査成績を材料として2~3の検討を加えた。結果の概要を要約するとつぎのとおりで

ある。

## 1. 現地における調査実験

### (1) 土壌硬度計による測定方法の検討

- 1) 大中型機械の導入判定には、土層毎の測定でも十分であると思われる。
- 2) 山中式土壌硬度計とSR-II型土壌抵抗計の計測値を比較した結果、地点によって値に開きが認められた。また、SR-II型の値は、概して軟弱な土層、とくに第1層における感度がにぶいようである。
- 3) 調査時期の相違による硬度の変化  
第1層の硬度では、調査の時期によって測定値に変動があり、乾田よりも湿田において甚だしい。したがって、機械導入の指標を得るには、変動の小さい鋤床部位の硬度が適切であると思われる。

### (2) 土壌の条件と大中型機械運行との関係

- 1) 作土の硬度は機械運行容易の場合、硬度計の読みで13mm以上、困難と不可能とは10mm前後以下であった。したがって、作土の硬度のみによって困難と不可能の区分はできない。
- 2) 鋤床部位の硬度は、機械運行容易の場合18mm以上、困難のときには14mm以上、機械の運行不可能は13mm以下であった。しかし、この値は車輪の装備によって著しく異なる。
- 3) 鋤床相当位置以下の硬度は区々であって、直接機械の運行と関連づけることが困難である。

### (3) 大中型機械導入の判定基準

水田に対して大中型機械を導入する判定基準を鋤床部位の硬度によって作成した。なお、基準には車体の重量よりも車輪の装備と作業機および土壌水分条件を重視した。

## 2. 水田土壌類型と大中型機械導入の可能性

- (1) 地力保全基本調査の行なわれた石岡地区3,200

haの土壌類型と機械導入の可能性との間には密接な相関が認められた。すなわち、灰褐色土壌では機械の導入容易であるが、灰色土壌以下の湿田型土壌においてはその程度に応じて導入困難であった。とくに腐植質土壌においては不可能の場合が多い。

- (2) 湿田を乾田化した場合に、鉍質土壌においては比較的早く必要硬度が得られる。しかし、泥炭土壌においては、乾田後10年以上を経過しても必要とする硬度が得られない場合もみられる。
- (3) 本県の場合、河川の末流の低湿地や洪積台地間の谷津田が多いので区画整理だけでは機械の導入困難の場合が多い。

## 文 献

- 1) 農業技術研究所 化学部：大型機械化に伴う水田土壌基盤整備の総合的研究(1965)
- 2) 農事試験場：機械作業と土壌物理性に関する研究(1965)
- 3) 長崎明：土壌物理 9 30~37(1963)
- 4) 飯田栄・小林登・橋元秀教：土肥講演要旨集 12(1966)
- 5) 松尾憲一ら：有明干拓地における中型トラクター利用の土壌調査(1964)
- 6) 農林省農産課：土壌からみた「水田への大型機械導入の可否」について(1965)
- 7) 山中金次郎：水田土壌の機械支持力の尺度設定に関する諸問題(会議資料)(1964)
- 8) 福井農試：土地改良施行地区土壌調査成績書(1964)
- 9) 茨城農試：低位生産地改良施設事業成績書 第4号(1953)
- 10) 坂本尙：トラクターの走行可能性に関する研究(1965)



付表 土 壤 条 件 と 大 中 型 機 械 の 運 行

機械運行の 難 易	調査 番号	調査 地区	層位	厚さ (cm)	土 色 (湿)	斑紋, 結核	粘着性	構 造	泥炭	湧水面 (cm)	乾湿	土 壤 型	ち密度 (mm)	作業機械その他	
容 易	⑦	東 橋 向 地 区	1	0~14	10YR3/3	管状, 膜状含む	3						14	ホイール型トラクター	
			2	14~28	7.5Y1/1	管状あり	3	B l <sub>1</sub>		100<	乾	灰色土壌	19	(22 PS, 31 PS)	
			3	28~35	5Y3.5/1	FeCO <sub>3</sub> 核含む	3	MS	—				粘土構造型	19	作業機 { ボトム・プラウ ロータベーター
			4	35~	10Y3/1	FeCO <sub>3</sub> 核含む (上部)	1	MS					(F-50)	17	
	⑨	竜ヶ崎 川原代 地 区	1	0~11	10YR3/4	膜状, 糸根状含む	2							17	ホイール型トラクター
			2	11~18	2.5Y3/4	"	2	B l <sub>2</sub>		100<	"	壤土満俺型	18	(39.5 PS, 40 PS)	
			3	18~23	2.5Y4/4	"	2	B l <sub>2</sub>	—				(I-83)	15	作業機 { ボトム・プラウ ロータベーター
			4	23~33	10YR4/2	糸根状含むMn斑含む	1	—						26	
			5	33~	2.5Y4/4	糸根状含むMn斑含む	1.5	MS						24	
	⑩	那 珂 有ヶ池 地 区	1	0~14	10YR2/3	糸根状, 膜状含む	2							13	ホイール型トラクター
			2	14~24	10YR3/2	膜状, 管状含む	2	B l <sub>2</sub>		100<	"	強粘土構造型	20	(32.5 PS, 35 PS)	
			3	24~41	10YR3/2	糸根状, 膜状含む	3	B l <sub>2</sub>	—				(G-60)	19	作業機=ロータベーター
			4	41~55	5Y3/1	"	3	B l <sub>1</sub> /MS						17	
			5	55~	10Y5/1	"	3	MS						16	
	⑬	水 戸 (農試)	1	0~15	10YR3/2	膜状, 糸根状含む	3							14	ホイール型トラクター
			2	15~24	10YR4/1	"	3	B l <sub>2</sub>		100<	"	灰褐色土壌	21	(35 PS)	
			3	24~42	10YR3/1	斑状含むMn斑含む	3	B l <sub>2</sub>	—				強粘土構造型	22	作業機=ロータベーター
			4	42~60	10YR3/1	斑状含む	3	B l <sub>1</sub>					(G-60)	20	
			5	60~	2.5Y5/2	"	3	MS						19	
B	⑧	東 橋 向 地 区	1	0~15	10YR2/3	膜状, 糸根状含む	3							14	ホイール型トラクター
			2	15~22	10YR1/3	膜状, 糸根状あり	3	B l <sub>1</sub>		43	半湿	黒泥土壌	17	(22 PS, 31 PS)	
			3	22~36	10YR1.5/3	—	3	MS	—				強粘土型	18	作業機 { ロータベーター 容易 ボトム・プラウ やや困難(スリップ)
			4	36~	10Y3/1	FeCO <sub>3</sub> 核含む	1	MS					(C-20)	20	
困 難	④	東 橋 向 地 区	1	0~15	10YR2/3	膜状, 糸根状含む	3							10	ホイール型トラクター
			2	15~30	10YR1/3	膜状, 糸根状あり	3	B l <sub>1</sub>		21	半湿	強粘土型	15	(22 PS) タイヤ車輪の	
			3	30~48	10YR1.5/3	—	3	MS	PLあり				(C-20)	15	ままで運行困難(沈下)
			4	48~65	10Y3/1	—	2	MS	"					13	※鉄車輪又はガードルを
			5	65~	10Y3/1	—	1	S n	"						装着して湛水下において はロータベーターによる 作業可能



困難	⑤ 橋向地区	1	0~14	10YR2/3	膜状, 糸根状含む	3				9	同上
		2	14~25	10YR1/3	膜状, 糸根状あり	3	B l <sub>1</sub>		黒泥土壤	11	(但し4地点よりも困難)
		3	25~48	10YR1.5/3		3	MS	PLあり 37	強粘土型	14	
		4	48~60	10Y3/1		3	MS	〃	(C-20)	13	
		5	60~	10Y3/1		1	S n	〃			
	⑩ 那珂有ヶ池地区	1	0~17	10YR2/2	管状あり	2				8	ホイール型トラクター (32.5 PS, 35 PS)
		2	17~36	10YR1/1	糸状, 膜状含む	3	B l <sub>1</sub>	75	黒泥土壤	18	
		3	36~57	10Y3/1	糸状, 管状, 膜状含む	3	B l <sub>1</sub>		粘土型	15	作業機=ロータベーター
		4	57~	10Y4/1	膜状, 管状, 糸状含む	3	MS	PLあり	(C-21)	13	やや困難
不可能	① 橋向地区	1	0~13	10YR3/2	膜状, 管状含む	2				9	
		2	13~30	5 Y1/1	膜状, 管状あり	3	B l <sub>1</sub>	40	湿 黒泥土壤	12	客土を行なったが不可能
		3	30~44	2.5Y3/2		3	MS	PLあり	強粘土型	11	
		4	44~67	5Y4/1		3	MS		(C-20)	19	
		5	67~	5Y4/1		1	S n				
	② 橋向地区	1	0~14	10YR3/2	膜状, 管状含む	2				11	
		2	14~30	5 Y1/1	膜状, 管状あり	3	B l <sub>1</sub>	47	黒泥土壤	12	同上
		3	30~41	2.5Y3/2		3	MS	PLあり	強粘土型	15	(1,3と同一圃場の中間地点)
		4	41~60	5 Y4/1		3	MS		(C-20)	12	
		5	60~	5 Y4/1		1	S n				
	③ 橋向地区	1	0~14	10YR3/2	膜状, 管状あり	2				7	1,2と同一圃場で無客土
		2	14~22	5 Y1/1		3	MS	PLあり 40	黒泥土壤	8	
		3	22~38	2.5Y3/2		3	MS		強粘土型	13	
		4	38~60	5 Y4/1		3	MS		(C-20)	11	
		5	60~	5 Y4/1		1	S n				
	⑥ 橋向地区	1	0~14	10YR2/3	膜状, 管状あり	3				6	4,5(困難)と同一圃場で不可能な部分
		2	14~40	10YR1/3		3	MS	PLあり 37	黒泥土型	11	
		3	40~60	10Y3/1		3	MS	〃	強粘土型	14	
		4	60~	10Y3/1		1	MS	〃	(C-20)		
⑫ 那珂有ヶ池地区	1	0~16	7.5YR2/2	糸根状あり	2			黒泥土型	10	4,5(東,困難)と同一方	
	2	16~28	7.5YR2/1	膜状, 糸根状あり	3	B l/MS	65	強粘土型	12	法ならば可能と推定される。	
	3	28~42	7.5YR2/1	膜状, 糸根状あり	3	B l/MS		(C-20)	18		
	4	42~58	10Y3/1	膜状, 糸根状あり	3	MS			15		
	5	58~	10Y3.5/1	—	3	MS	PLあり		12		

水田における大中型機械の導入可能性

- 注：1) ※現地の熟練オペレーターからのききとりによる。
- 2) 容易A；ボトム・プラウ，ロータベーターともに作業容易。  
容易B；ロータベーターの作業は容易であるが，ボトム・プラウによる作業はスリップのためやや困難。
- 3) 実験の場合の車輪は各地区ともタイヤによって作業を行なった。