

# 中・大型機械による水稲乾田直播栽培に関する研究

## 第1報 播種作業について

森山真策\*・高野 総十良\*\*・北村 稔\*

服部昭三\*・横井謙二郎\*

Study on Direct Sowing Culture of Rice Plants on well Drained Field by Middle- and Big-powered Tractor.

### 1. On the Sowing Work

by

Shinsaku MORIYAMA, Sojuro TAKANO,

Minoru KITAMURA, Shozo HATTORI and Kenjiro YOKOI

## I はじめに

水稲直播栽培に対する関心は、ここ数年来かなり高まって来た。それは田植の労力不足が最大の原因であることはいまでもなからう。しかし水稲直播栽培の普及状態は約300haで、1963年以降あまり大きな伸びを示していない。この原因としては、1963年の播種時期の多雨、1964年は播種後の異状旱天があり、乾田直播はこのため作業精度の不良、あるいは過乾によって苗立不良を招いたことが考えられる。また本県で現在実施されている水稲直播栽培は殆んど小型機械によるもので、中・大型機によるものは試験段階で実施面積も数ヘクタールにすぎない。しかし構造改善事業等によって土地基盤整備が行なわれ、中、大型機械の導入も盛んになりつつあるから中・大型機械利用による乾田直播栽培技術の確立は急を要すると考えられる。

筆者らが1963年、64年中・大型機械利用による水稲乾田直播を実施したところ、小型機利用の場合以上に苗立不良の障害が生じ、土壌の乾燥不良の時、特にそれが大きくあらわれた。そのため兩年とも収量的に十分な成果があがらなかった。従って、中・大型機械利用の乾田直播の普及には、先ず収量の安定を計ることであり、それには苗立精度を向上させることが先決問題であると考えた。苗立を左右する要因としては碎土の良否、播種深度があり、これらは土壌水分、田面の均平、播種機の構造等と関連が大きいので、それぞれの関係を明らかにするため、諸種の調査を行なった。ここにその一半を報告して諸賢の参考に供する。

## II 調査圃場の概況

鏡川平野は斐伊川下流の平坦地帯に位置し、花崗岩に由来する沖積層である。調査圃場及びその周辺は湿田地帯であったが、1953年から1956年にかけて土地

改良事業が行なわれ、灌排水施設、農道の整備、区画整理により乾田化がすすんだ。しかし穴道湖水面と田面の標高差は約1.5mにすぎないため、地下水位が高く、中大型トラクターは車輪のみでは走行し難い土壌条件であった。中・大型トラクター利用試験を行なう為、調査圃場及び近辺2.4haにわたり暗渠排水施設を作った。その結果、1965年春季からようやく暗渠排水効果が現われ、近辺の暗渠排水を行なわない水田に比べ、排水が良好となり、土壌の還元色は薄れ、土壌硬度も大きくなり、又可塑性、粘着性も小さくなってきたことが観察された。なお、調査圃場の土壌の物理性を示すと第1表(川島,野中,1963)の通りである。

第1表 調査地土壌の物理性

層位	深さ	砂	粗砂	細砂	砂計	シルト	粘土	粒徑組成	イ反比重	最大容積
	cm	%	%	%	%	%	%			%
1	20	1.4	16.5	39.4	55.9	28.0	16.1	CL	0.85	86.5
2	10	1.8	18.5	39.2	57.7	27.1	15.2	CL	—	—
3	—	2.4	24.0	37.4	62.0	23.0	15.0	CL	—	—

耕土の土性は壤土で、下層になるにしたがい砂、礫の含有量が多くなる傾向があり、又、河川の氾濫によって出来た成層土である為、0.5~1.1mの深さに砂の層がある。

## III 供試機械

トラクター フォードソン スーパーデキスタ、歩行用小型トラクター (サト一式TC60型)

作業機

耕起作業機 ボトムプラウ14"×2 双用、二段耕犁 (高北式)

碎土機

大型トラクター用ロータリー (ロータリーキャデット)

播種機

けん引型 スタンハイ シードドリル (条数8条、繰出方式ベルト穴式、作業巾2.72m、溝切

\* 出京分場

\*\* 農機具科

器シュエ型)  
 駆動型 コーキシーダーK S-50型 (条数6条, 繰出方式星型ロール装着式, 作業巾1.5m, 溝切器舟底型)

1. 供試圃場土壌の水稻の出芽に関する特性

(1) 覆土用土壌の大きさが出芽に及ぼす影響  
 供試圃場の土壌とその他の土壌との砕土の良否が水稻の出芽に及ぼす影響の相異を知るため, 水稻乾田直播栽培において良好な出芽, 苗立が得られる島根農試の水田土壌を対照として, 覆土用土壌の大きさをかえ, 水稻の出芽歩合を調査した。  
 試験は排水良好な畑地を選び, 地表面を平らにして軽く鎮圧して播種し, その上に各種の大きさの土塊を同一の重量だけ覆土した。覆土の土塊の大きさは粒径0.2~3.0cmのもので厚さは約2.5cmとなった。1区は300粒播種し, 乾燥の著しい時は灌水した。出芽歩合を第2表に示す。

第2表 土塊別, 覆土用土塊のあらさと出芽歩合

土塊別	土塊の径				土塊
	2mm>	2~15mm	15~30mm	等量混合	
供試圃場土壌	66%	48%	41%	53%	壤土
島根農試本場土壌	-	58	44	45*	砂壤土

これによると覆土用土壌の種類のかんにかかわらず, 土塊の小さいもの程良好結果が得られるが, 土塊の小ささに対する要求度は供試圃場土壌が大きい。土塊径が0.2~1.5cmの場合, 島根農試水田での砂壤土では58%の出芽歩合を示すのに対し, 供試圃場の土壌では48%であり, 土塊の大きさは同一でも出芽歩合が低い。

(2) 土壌水分の砕土の関係

前項の土壌を対照として, 供試圃場土壌について: 土壌水分含有量の多少が砕土に及ぼす影響を調査した。耕起はボトムプラウ14"×2で耕起後, 砕土用ロータリで砕土を行った。土壌水分は砕土後, 表層5cmにつき調査し, この部分の土塊を篩別して, その重量を測定し, 砕土程度を平均土塊径によって比較した。

平均土塊径は次の式から算出した。

$$D = ax_1 + bx_2 + cx_3 + dx_4 + ex_5$$

D: 平均土塊径 (mm)

$$a: 0 + 5.0 / 2mm = 2.5mm$$

$$b: 5.0 + 10.0 / 2mm = 7.5mm$$

$$c: 10.0 + 20.0 / 2mm = 15.0mm$$

$$d: 20.0 + 40.0 / 2mm = 30.0mm$$

$$e: 60.0mm$$

x<sub>1</sub>: 土塊径5.0mm以下の土塊重量歩合 (%)

x<sub>2</sub>: " 5.0~10.0mmの "

x<sub>3</sub>: " 10.0~20.0mmの "

x<sub>4</sub>: " 20.0~40.0mmの "

x<sub>5</sub>: " 40.0mm以上の "

調査結果は第3表の通りで, 土壌水分がほぼ同一とみ

なされる50%前後の場合, 島根農試の砂壤土では19mmであるのに対して, 供試圃場の土壌では平均土塊径3.1mmで, 砕土しにくい特性を示している。

第3表 土塊別, 土壌水分と砕土程度

土塊別	土壌水分	平均砕土径	土塊の粒径別比率	
			1.5cm<	1.5cm>
供試圃場土壌	40.4%	20mm	42%	58%
(壤土)	52.0	3.1	6.4	3.6
	73.3	4.5	9.2	8
島根農試本場土壌	25.6	9	13	7.7
(砂壤土)	49.7	1.9	3.8	6.2

2. 供試圃場 (島根農試出東分場水田) におけるの苗立精度に関する調査

(1) 土壌水分が砕土に及ぼす影響

供試圃場において, 1965年 (一部64年) の水稻乾田直播圃場について土壌水分と砕土の関係を調査した。耕起はボトムプラウ14"×2, 又はダブル, 二段耕起により, 耕深を夫々約2.5cmと1.5cmになるようにした。

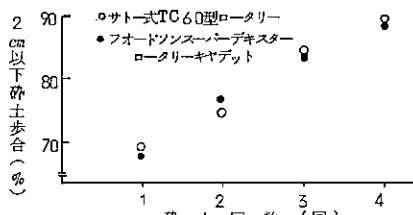
砕土はロータリキャデットにより5~7cmの砕土深で行った。(走行速度0.59m/sec, 耕転軸回転数290rpm...エンジン回転数より推定), 歩行用小型トラクターのロータリは走行速度0.24m/sec 耕転軸回転数294rpm...エンジン回転数より推定

土壌水分含有量は砕土程度調査場所から2点 (1点500g) を採土し, 重量法により測定し, 対乾土比で示した。

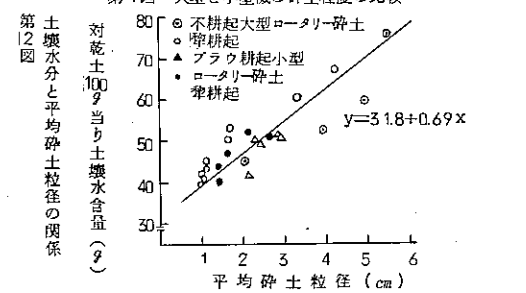
砕土程度の測定と表示法は前項と同様な方法で, 平均砕土径をもって砕土程度を比較した。

調査結果

供試機械に大型機と小型機を併用したが, 両者の砕土に対する関係は第1図の通りであり, 機械による違いは



第1図 大型と小型機の砕土程度比較



第2図 土壌水分と平均砕土粒径の関係

比較的に少なく, 同一傾向を示している。したがって土壌水分含有量と砕土の関係は両機のものを一括して第2図に示した。

また両者の回帰直線の算出も両機のものを用いた。回帰直線は  $y = 3.18 + 0.68x^*$

y: 土壌水分含有量 (対乾土比%)

x: 平均土塊径 (mm)

となり, 土壌水分含有量と砕土程度の間には密接な関係が認められた。本土壌では測定した土壌水分含有量の範囲内であると, 平均土塊径を2.5cm以下に砕土するためには土壌水分含有量は50% (対乾土比) 以下であることが必要といえよう。

(2) 降雨後の土壌水分の変化

前項で明らかのように土壌水分含有量と砕土の良否の間には密接な関係が認められたので, 降水量と土壌水分について調査して降雨後の作業休止日数に関する資料を

得ようとした。調査期間は3月31日~5月13日までである。

(4) 不耕起水田における土壌水分の変化

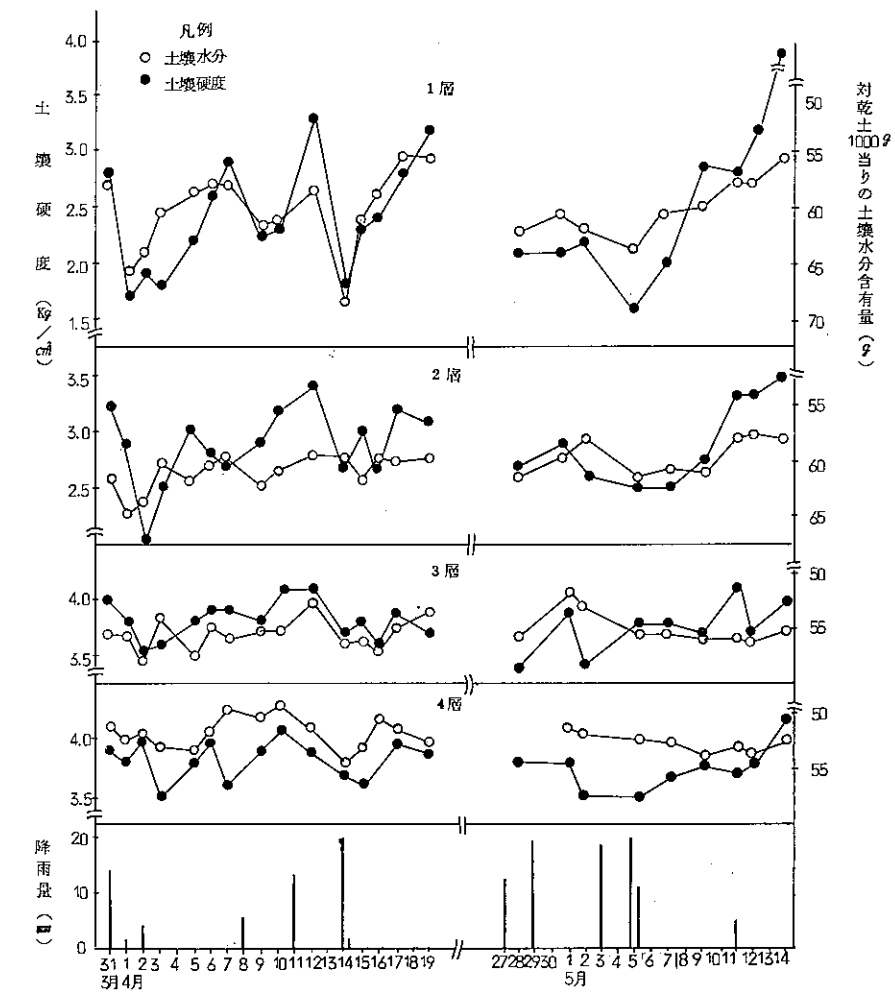
調査圃場は長辺54.5m, 短辺10mの水田で短辺に沿って一方は明渠 (深さ0.7m) 反対側は農道で, 暗渠は長辺方向にほぼ中央に埋設されている。この水田で周辺に深さ10cm程度の溝を掘り, 周辺部からの水の流入を防いだ。

調査方法

田面下40cmまでを10cmづつ4層に区分し, 1回6ヶ所を層別に約500gの土壌を採り, 重量法により水分含有量を測定し, 対乾土比で示した。

調査結果

日別の土壌水分含有量の変化と降水量を第3図に示した。



第3図 土壌硬度・水分の日変化

測定的全期間を通じて、土壌水分は田面下0~20 cm間が多く、20 cm以下は急に少なくなり、30~40 cmの最下層が最も少ない。これは、田面下20 cm前後のところから土壌が緻密となり、降水の浸透が不良になること、さらに深層になるにしたがい砂含有量が多くなる傾向があるため最大含水量が低くなることによると推察される。

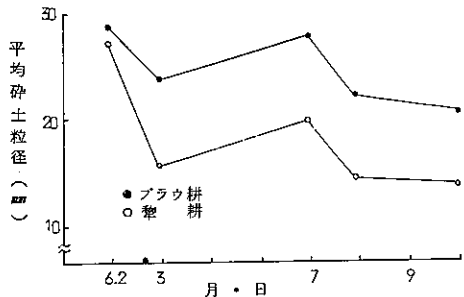
また、降水によって土壌水分含量が大きく変化するのは田面下0~10 cmの最上層であり、10~20 cmではその影響がかなり小さくなる。

それ以下では降水による影響がほとんどない。

一方降雨後の土壌水分含有量の低下は砕土と関係の大きい0~20 cm間が最も遅く、降雨後は土壌水分含有量が60~70%となり、良く乾燥した状態でも50%以下になることはあまり期待出来ない。したがって不耕起地においては、ロータリー耕一回では平均砕土径を2.5 cm以下にすることは、特に浅耕にする場合を除き困難であると考えられる。しかし田面下20~30 cm及び30~40 cmの層では水分含有量はそれぞれ5.6及び5.3%前後であり、降雨による変化も少ないから、深耕による完全反転後に砕土すれば、土壌水分含有量の点からも、また土性の点からも砕土が良好になることが推定される。

ロ) 反転後の土壌水分と砕土の関係

反転耕は土塊の亀裂、曝気表面積の増大により、土壌の乾燥速度を早めることは、経験的に良く知られている。これを確認するために、プラウ、二段耕犁によって反転耕を行ない、その後の土壌水分の変化と砕土の関係を調査した。耕起作業は前項〔2〕と同様の方法であり、砕



第4図 反転耕後の砕土の変化

第4表 砕土時土壌水分(対乾土)

月日	6月2日	3日	6日	7日	9日
プラウ	52.3	47.6	50.6	50.2	41.7
犁	52.8	47.1	51.6	44.0	39.7
平均	52.5	47.3	51.1	47.1	40.7

〔注〕6月3日3.6.3mmの降雨

土作業には歩行用小型トラクターを前と同じ条件で使用した。調査は6月上旬に行なったので土壌の条件は不耕起地の場合より好条件であった。測定結果は第4図 第4

表に示した。なお、反転耕は6月2日に行い、砕土は当日、1日、4日、5日および7日後にそれぞれ行った。土壌水分は砕土後に、表層の5 cmについて測定した。耕起後に砕土した場合、土壌水分は52.5%以下となり、砕土も平均土塊27.6 mmで、不耕起地の場合より砕土条件は良好であった。また耕起後降雨があった場合、すなわち3日目で土壌水分は51%、5~6日目には、40%まで低下し、平均砕土径もそれぞれ24.2と18.5 mmとなり、降雨後の土壌水分の回復も早く、砕土条件が良好である。また圃場の相違も原因していると考えられるが、プラウ耕跡地より二段耕犁跡地が良好の砕土が得られた。

(3) 土壌水分と硬度との関係

土壌水分の測定は複雑であり、土壌硬度と土壌水分は密接な関係があることは報告されているので、供試圃場の土壌硬度と土壌水分の関係を明らかにするため、前項〔2-1〕の不耕起地において土壌水分の測定にあわせて、土壌硬度を測定した。土壌硬度はトラクターの走行、作業の可否とも関係が深いので、この調査は降雨後のトラクター作業休止日数推定資料としての意義もある。

土壌硬度の測定の器具はコーンペネトロメーター(円錐角30° 最大断面積6.4 cm<sup>2</sup>)を使用した。

測定方法は1日1回、1回2カ所、1カ所5点測定各点は田面下0~40 cm間を10 cm間に上から順次1.2.3.4層に分け測定した。

測定値の表示; 硬度=平均硬度-標準偏差、として表わし、安全度をみた。

測定結果

第3図に示す様に降雨後の土壌水分含有量と土壌硬度の間には密接な関係があり、表層部で両者の関係が大きく、下層では小さい。これを相関係数で表わしたものが第5表である。

第5表 土壌硬度と土壌水分の関係

深 さ	土壌硬度と水分の相関係数
0~10 cm	r = -0.63 ± 0.036
10~20	= -0.31 ± 0.054
20~30	= -0.37 ± 0.046
30~40	= -0.25 ± 0.056

〔注〕 供試点数125点

土壌水分と土壌硬度の間には関連が大きいが、砂れきの多い場合には少ないといわれている。(山中, 1962 田面下30~40 cmの層で土壌水分と土壌硬度の関係が小さいのは、上層部より、砂礫の含有量が多いことも原因している。トラクターによる作業可能な土壌硬度については、車輪型の場合、ハーフトラックを装着すると田面下30 cm内に3.5 kg/cm<sup>2</sup>以上の硬さの層が15 cm以上あれば良いと云われている。(小山, 1964) この調査によれば、3~4層間の硬度は降水によって多少の変化はあっても、3.5 kg/cm<sup>2</sup>以上あり、むしろ耕起後の各種作業に最も関係のある1~2層間の土壌硬度、水分が

作業の、難易を決めると考えられる。この観点から、4月14日21.7mmの降雨後、2日目で1層2.8 kg/cm<sup>2</sup> 2層3.2 kg/cm<sup>2</sup>の硬度となり、5月3~5日の連続57.9mmの降雨後でも、その後晴天が4日続くと、1層は2.0 kg/cm<sup>2</sup>、2層で2.5 kg/cm<sup>2</sup>で、地表面水、間隙の自由水も、減少して、土壌水分も60%以下になり、耕起作業を行なっても支障はないと推定される。この調査から作業休止日数を推定するとハーフトラック装着の30~40 P 8級車輪型トラクターの場合、10mm以下では0~1日、20mmで1~2日、60mm以上では4~5日ということが言えよう。

(4) 砕土の良否が苗立数に及ぼす影響

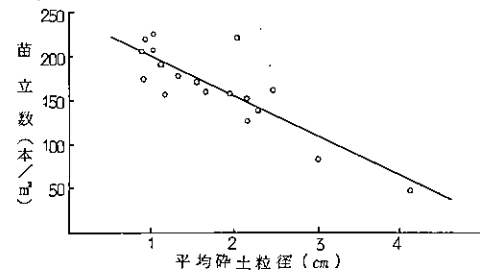
前項〔1-1〕において覆土用土塊の大きさ別出芽歩合を示したが、実際の耕起砕土の状態は各粒径の土塊がいろいろの割合で混合されているので供試圃場において砕土の良否と苗立数の関係を調査した。調査は前〔2-1〕で砕土調査した地点である。

播種は条間25 cm、播種82 ± 10粒/m<sup>2</sup>に調整したコーキシードを使用した。

苗立数は各区0.5 m間10ヶ所、計5 m間を測定

測定結果

平均砕土径と苗立数の関係を示すと第5図の通りである。



第5図 平均砕土径と苗立数の関係

すなわち砕土の良否(平均砕土径)と苗立数の間には密接な関係があり、これを回帰直線で示すと次の式がなりたつ

$$y = 249.5 - 4.7x^{**}$$

y: 苗立数(本/m<sup>2</sup>)

x: 平均土塊径(mm)

水稲の乾田直播栽培においては420~140本/m<sup>2</sup>の苗立数が適当と言われているが(島根県, 1963) 播種粒数を170~200粒/m<sup>2</sup>に調整した場合、収量に影響を与える欠株がない様にするには砕土程度と苗立数(第5図参照)および苗立歩合(第6図参照)の関係から考えると、平均土塊径は2.0 mm以下にする必要があると推定される。

(5) 播種機の型式と砕土に対する要求度の相異

播種機の種類、特にその型式によって、苗立歩合に対する砕土程度の許容範囲が異なると云われている。(清水1964) 即ち、播種機の型式(けん引型、駆動型等の別)、溝切器の型式等が苗立歩合に及ぼす影響の大き

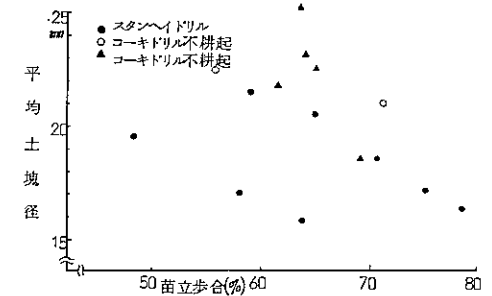
いことが報告されている。筆者らもこれを確認するためにけん引型と駆動型の二型式の播種機について調査を行なった。

耕起、砕土法は大型フォードソンによるボトムプラウ14"×2及びロータリーキャデットによった。

播種法: けん引型は条間隔中央4条(車輪内側28車輪あと50 cm、車輪外側左右それぞれ30 cm)、播種深度の調整、車輪あとの両側時条は4~5 cm、その他は2~3 cmに調整した。

調査結果

苗立歩合と砕土との関係を第6図に示した。数値はそれぞれ時条条金の平均値をとった。



第6図 砕土の良否と苗立歩合(播種機の型式との関係)

これによれば駆動型のほうがけん引型より、ややあるいは砕土条件でも苗立歩合の低下が少ない傾向がうかがわれる。この原因として考えられることは、駆動型は鎮圧が弱く、覆土が軽くかぶさっている状態である為、比較的あるいは砕土でも土塊の間隙をぬって出芽するのが観察されたことである。このことは播種深度と茎葉の白い部分の長さかなり相異があり、前者は後者より16.3 mm ± 7.7 mm 大きいことから推察出来る。

一方けん引型は駆動輪が鎮圧輪と兼用であり、線出しを円滑にさせるため駆動輪の接地圧を強くする必要上、鎮圧も強くなり、したがって時条上の土塊は強く鎮圧された状態となっていた。しかし播種直後から2日間にわたり、57 mmの降雨があつて供試圃場の大部分が冠水したため、その後の早天によって時条上の土壌は団結した。これらのことが原因して、けん引型では砕土の良いわりあいには苗立が良くなかったのではないかと考えられる。

第6表 表層砕土による出芽促進効果(苗立本数/m)

処理	処理後日数				
	0	3	6	10	12
表層砕土	21	40	45	46	48
無処理	26	34	40	42	43

時条上の土壌の団結が出芽に与える影響を知るため、播種後16日目ではあつたが固結土壌を細かく砕いた結果第6表の様に出芽が促進され、最終的にも苗立数は約10%多くなった。したがって、けん引型(供試機の場合)はその構造上、土壌が比較的軽しうな場合を除き、

強い鎮圧が、その後の強雨によって悪影響を与えることもあると推定される。

#### (6) 播種深度が苗立歩合に及ぼす影響

砕土が良好な場合、水稻種子の発芽歩合を左右するものは播種深度であると云われている。播種深度と苗立歩合の関係を知るため、前項「2-5」と同一場所で播種後40日、灌水直前に調査を行った。

調査結果は第7表の通りである。

第7表 播種深度と出芽関係

播種機の型式	項目	出芽	土中出芽	発根のみ	枯死	平均
けん引型	播種深度 mm	25±8	32±11	29±8	28±8	26±9
	粒数歩合 %	7.0	1.63	1.27		
駆動型 (耕起後)	播種深度 mm	29±12	43±18	36±18	33±14	32±15
	粒数歩合 %	6.47	1.69	45	13.9	
駆動型 (不耕起地)	播種深度 mm	25±10	32±15	32±12	30±10	27±11
	粒数歩合 %	6.55	6.9	10.5	17.0	

出芽したものは両機種何れも播種深度が最も浅く、土中出芽して黄化枯死するものの深度が最も深い。また僅かに芽を切ったもの及び出根のみのも、さらに全く発芽、発根しないものは、ほぼ同程度の播種深度で、出芽したものと、土中出芽のものほぼ中間程度の深度に播種されていた。また播種深度の偏差は出芽したものが小さく、土中出芽のものが最も大きい。

不出芽(地上に芽を出さないもの全部)のうちでは、土中出芽の比率が最も大きく、不出芽粒の約50%を占めている。従って苗立歩合を向上させるため、土中出芽を少なくすることはかなり重要で、そのためには播種深度を適正に、しかもその変化を小さくすることが必要と言える。

次に播種機の型式間の播種深度と苗立の関係を見ると型式によってその様相が異なっている。播種全粒の平均深度においては駆動型が深く、出芽したのも同様にけん引型より深い傾向がみられる。すなわち、出芽したものの播種深度はけん引型では25 cm ± 0.8 cm であるが駆動型では29 cm ± 1.2 cm であり、後者は深い部分から出芽しており、しかもその偏差が大きい。その原因としては前項「5」に述べたような鎮圧の強弱、けん引型の場合には蔕条上の土壌の団結が考えられる。

### 総括ならびに摘要

島根農試出東分場圃場で、中、大型機械による水稻の乾田直播栽培を行った。供試圃場の乾田直播播種適期の地下水位は田面下35~45 cm であり、土性は壤土でやや重粘で、砕土は比較的困難であった。また出芽に対する砕土の要求度はやや高いといえる。得られた結果は下記の通りである。

1. 土壌水分と砕土の良否には密接な関係が認められ

供試圃場の場合平均土塊径を2.5 cm 以下になるように砕土するためには土壌水分含有量は50% (対乾土比) 以下であることが必要であろうと推定された。

2. 播種時期の土壌水分は降雨量、蒸発量によって異なるが、供試圃場の不耕起地においては表層0~10 cm 間の平均土壌水分含有量が50%以下になることは測定期間の3月31日~5月13日までには認められなかった。しかし反転耕を行った圃場では、土壌水分の低下が急速に起り、耕起直後52.5%の土壌水分含有量のもの晴天1日後には47.3%に低下し、又36.3mmの降雨後でも2日後には51.0%に低下した。したがって少なくとも4月下旬~5月中旬までは反転耕を行なわないと播種に適当な砕土が行なわれ得る土壌水分にはならないようである。

3. 不耕起地における土壌硬度は供試圃場では表層0~10 cm の間における変化状態から推定して10 mm の降雨後では即日、20 mm の降雨後には1~2日目にはハーフトラックを装着すれば、けん引作業も可能といえるようである。

4. 砕土の良否と苗立数の間には密接な関係が認められ、10 a 当り5 Kg の播種量で苗立本数を120~140本/m<sup>2</sup> にするためには、平均土塊径を20mm 以下にする必要を認めた。

5. 出芽しない種粒の20~56%は土中で出芽して黄化枯死している。これは土塊の大小も関係すると思われるが、砕土が良好の場合は播種深度が大きく影響する。

6. 供試した播種機の場合、けん引型は駆動型に比べ砕土を小さくする必要が認められた。

### 引用文献

- 川島慶夫・野中真策・池田嘉英(1963): 乾田直播施肥試験 研習, 30; 7 (島根県農業改良課編)
- 小中俊雄(1964): 水稻の大型機械化作業 (10) 農及園 39(10); 1598~1599
- 島根県(1963): 水稻直播栽培指針 8
- 清水寿美(1964): 水稻乾田直播栽培における整地および播種機様式と苗立について, 中国農業研究, 29; 51~52
- 山中金次郎(1962): 土壌硬度に関する研究, 日肥土誌 33(7); 345~346

### Summary

Studies on direct-sowing culture of rice plant by middle and large powered tractors in drained field.

The problems treated in this paper are daily variation of hardness and water content of soil, effect of rainfall on

working of tractor, effect of soil water content on clod breaking and the relation between the clod size and seedling rate.

This study was carried out at Shutto branch, Shimane Agricultural Experiment Station, the experimental farm has underdrain, the soil of which is made from alluvium and has loamy texture.

The results are as follows:

(1) Tractor could be operated 0 to 1 day after rain at less than 10 mm/day rain-

fall, 1 to 2 days at 20 mm and 4 to 5 days at more than 60 mm in this field.

(2) Soil clod was needed to be broken to less than 20 mm of its mean diameter, in order to gain 120 to 140 seedlings per one square meter.

(3) Soil water content in the examination field was necessary to be less than 50% (dry soil basis) for breaking the clod to 20 mm mean diameter.