

耕うん播種機の研究

第1報 播種作業からみた市販ロータリ耕うん機の耕うん性能

永田 雅輝*

Studies on Tillage Planter

I. The tilling performance of rotary tiller on the market from standpoint of seeding work

Masateru NAGATA*

(1977年 8月 10日受理)

I 緒 言

南九州のような暖地多雨地帯の水稲乾田直播栽培ではその播種期が梅雨時期にあたるため、耕うんから播種までの一連の作業は計画どおりに行い難く、しかも発芽苗立は不安定になりやすいなど、一般に播種作業の能率および精度の低さが問題となっている。そこで当地帯では、耕うんから播種までの諸作業の同時化と播種後の湿害を防止する栽培技術の確立およびこれを可能とする作業機の開発が望まれている。これまで水稲乾田直播機には各研究機関の試作機や市販機があるが²⁾⁵⁾¹⁰⁾¹¹⁾、上記の気象条件下での研究例は数少ない¹⁾。また耕うんと播種の同時化はすでに外国や我国でもトラクタやロータリ耕うん機で進められてはいるが¹⁾⁴⁾⁵⁾⁷⁾⁸⁾¹⁸⁾¹⁹⁾、碎土しにくい水田圃場では作業性能の低さが指摘されており³⁾⁹⁾、その改善が望まれている。

そこで著者はここ数年来、当地帯での梅雨期における水稲乾田直播栽培の播種作業を安定させ、しかも米麦二毛作の播種作業を確立するような耕うんと播種と畦立を同時化した新しいタイプの作業機の開発研究を行ってきた。その結果、このほどほぼ期待どおりの性能が得られ、従来機よりも性能が高い試作機を完成したので、その全容を10報にわたって報告する。なおこのような同時作業機は機能や構造の違いで名称も異なるようである⁴⁾⁷⁾¹²⁾¹³⁾¹⁴⁾。本研究では「耕うん播種機」と称した。

まず第1報では、現在普及しているロータリ耕うん機の耕うん性能を播種作業の面から調査し、耕うん播種機用の耕うん装置としての妥当性を検討した。

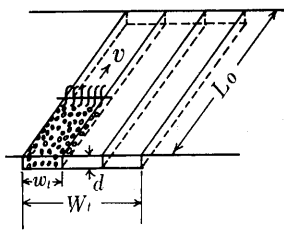
II 耕うん性能の表示法

ロータリ耕うん機の耕うん性能は、一般に碎土性や株処理性で表示される。碎土性は主に碎土率、碎土比、重量平均径、表面積係数などで表示され⁶⁾¹⁵⁾¹⁷⁾、株処理性は株の埋没率で表示されるが⁶⁾¹⁶⁾、耕うんの目的を播種に適した膨軟な土壌構造を作ることであるとすれば、耕うんの表示法は播種作業

*農業機械学研究室

の能率および精度に影響を与えるような因子を含んだ形の表示法が好ましい。そこで従来の表示法を基本に播種作業へ与える要因を考慮した二、三の新しい表示法を試みた。

1. 碎土性の表示法



第1図 作業幅と耕うん幅の関係

ロータリ耕うん機では耕うん回数(行程), 作業速度, 耕深などの諸要因が碎土性に与える影響は大きい。そこで上記の要因を含めた形での碎土性の表示法を試みた。

(1) 毎時毎馬力碎土面積 S_p

第1図のように幅 W_t (m), 長さ L_0 (m) の圃場を作業速度 v (m/s), 耕うん幅 w_t (m) で j 回往來して1行程が終了するとすると, i 行程目の所要時間 T_i (hour), i 行程目までの全所要時間 T (hour) は

$$T_i = \frac{W_t \cdot L_0}{3600 w_t v_i}, \quad T = \frac{W_t \cdot L_0}{3600 w_t} \sum \frac{1}{v_i} \quad \dots\dots\dots (1)$$

次に i 行程目の耕うん面積内で土塊径 D_n (cm) 以下の碎土率 ${}_n P_u$ (%) が占める面積を A_p とすると

$$A_p = \frac{W_t \cdot L_0 \cdot {}_n P_u}{100} \quad \dots\dots\dots (2)$$

ただし

$${}_n P_u = \frac{W_n}{\sum W_n} \times 100 (\%) \quad \dots\dots\dots (3)$$

W_n : n 分級 (フルイ目の範囲) 内の土塊重量 (g)

ゆえに i 行程目の所要動力を P_{ii} (ps) とすると, i 行程目の毎時毎馬力碎土面積 S_{pi} ($m^2/h \cdot ps$) は (1), (2) 式より

$$S_{pi} = \frac{A_p}{T_i \cdot P_{ii}} = 36 \cdot w_t \cdot {}_n P_u \cdot \frac{v_i}{P_{ii}}$$

よって i 行程目までの毎時毎馬力碎土面積 S_p ($m^2/h \cdot ps$) の一般式は次のようになる。

$$S_p = \frac{36 \cdot w_t \cdot {}_n P_u}{\sum \frac{P_{ii}}{v_i}} \quad \dots\dots\dots (4)$$

(2) 毎時毎馬力碎土体積 V_p

これは耕深 d (cm) を考慮した場合である。 d が i 行程中異なる時は d は最大値を用いる。前項の (4) 式より, 毎時毎馬力碎土体積 V_p ($m^3/h \cdot ps$) は次式で求められる。

$$V_p = \frac{36 w_t \cdot d \cdot {}_n P_u}{\sum \frac{P_{ii}}{v_i}} \quad \dots\dots\dots (5)$$

(4), (5) 式は ${}_n P_u$ の取扱いで表示が異なるので土塊径 D_n の表示を指摘する必要がある。そこで $[S_p]_{D_n}$, $[V_p]_{D_n}$ と記す。

(3) 毎時毎馬力耕うん体積 V_T

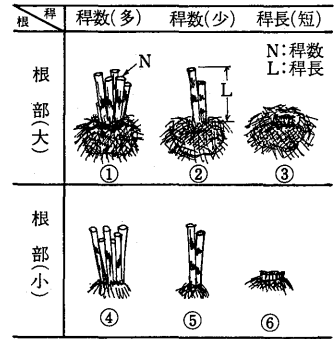
これは (4) 式において $n \cdot P_u$ の項を省いたもので次式で表わす。

$$V_T = \frac{36w_i \cdot d}{\sum \frac{P_i}{v_i}} \dots\dots\dots (6)$$

2. 株処理性の表示法

前作物の刈株が存在する耕うんの場合は碎土性の他に株の処理性が問題となる。特に耕うん後直ちに播種するような作業法では刈株は播種作業に支障とならない程度に耕うん時に埋没するか細かく切断する必要がある。

これまでの著者らの実験によると、耕うん後の稲株の切断形態は様々であるが、およそ第2図のように区分できる。図において①、④が播種作業の立場から最も悪影響を与える株である。よってこの形態の株を埋没、切断してできるだけ少なくすることが株処理性の良否につながる場所である。そこで株処理性を耕うん後の株の長さに分級し、分級ごとの重量および個数から求める表示法を試みた。なお耕うん後の切断された株は株（根がついているもの）と稈（根がついていないもの）に分けた。耕うん前後の測定値から表層（深さ 4 cm 以内）における株と稈の残存程度を次の項目で表示した。



第2図 耕うん後の株の形態

① 株残存重量比率 C_{RW}

$$C_{RW} = \frac{C_w}{N_C \cdot C_W} (\%) \dots\dots\dots (7)$$

② 全株残存重量比率 C_{TW}

$$C_{TW} = \frac{\sum C_w}{N_C \cdot C_W} (\%) \dots\dots\dots (8)$$

③ 株残存茎数比率 C_{SR}

$$C_{SR} = \frac{\sum n_{CS} \cdot l_D}{C_L \cdot N_S} (\%) \dots\dots\dots (9)$$

④ 株残存換算比率 C_K

$$C_K = \frac{\sum n_C \cdot l_D}{C_L \cdot N_C} (\%) \dots\dots\dots (10)$$

⑤ 稈残存重量比率 S_{RW}

$$S_{RW} = \frac{\sum S_W}{N_C \cdot C_W} (\%) \dots\dots\dots (11)$$

⑥ 稈残存茎数比率 S_{SR}

$$S_{SR} = \frac{\sum n_S \cdot l_D}{C_L \cdot N_S} (\%) \dots\dots\dots (12)$$

⑦ 露出率 C_R

$$C_R = \frac{\sum n_C \cdot l_D}{N_C} (\%) \dots\dots\dots (13)$$

N_C = 耕うん前の株数 (個)

C_W = 耕うん前の株 1 個の平均重量 (g)

C_L = 耕うん前の株の全長 (cm)

- N_S = 耕うん前の株に含まれる稈数 (個)
 C_w = 耕うん後の各分級内の株の重量 (g)
 n_{CS} = 耕うん後の各分級内の株に含まれる稈数 (個)
 n_C = 耕うん後の各分級内の株数 (個)
 l_D = 各分級内の代表長さ (cm)
 S_w = 耕うん後の各分級内の稈の重量 (g)
 n_S = 耕うん後の各分級の稈数 (本)

3. 整地精度の評価

耕うん作業の良否を何らかの形で評価することは後作業である播種作業の能率および作業精度の指針となる。そこで碎土性と株処理性を組合せた総合的見地から整地精度の総合評価の表示を試みた。整地精度の評価を碎土性と株処理性の両面から行うが、その比重を前者2、後者1とし、評価項目を第1表のように碎土性2項目、株処理性1項目を設け、評点を5段階とした。

第1表 碎土性能・株処理性の評点

項目 評点	碎 土 性 能		株 処 理 性 能
	碎 土 率 [小土塊]	碎 土 率 [大土塊]	全株残存重量比率[稲, 小麦]
5 点	1cm 以下 >65%	4cm 以上 <3%	<3%
4 点	2cm 以下 >70	4cm 以上 3~8	3~8
3 点	2cm 以下 70~50	" 9~15	9~15
2 点	" 49~20	" 16~25	16~25
1 点	" <20	" >25	>25

碎土性能と評点の関係は、作目の相違や、株茎の残存程度を考慮する必要はないが、株処理性能については全株残存重量比率と評点の関係は作目別に試験前の株および茎の残存程度により定める必要がある²⁰⁾。

第1表の3項目の評点から整地精度の階級を第2表のように、A, A', B, B', C, C', D, D', E

第2表 整地精度の総合評価

基 準	階 級										
	A	A'	B	B'	C	C'	D	D'	E		
① 3項目の評点の計	>12	>12	>11	>11	>10	9~8	9~8	>7	6~5	6~5	<5
② 各項目の評点	>4	*	>3	*	*	>3	*	*	>3	*	*

(備考) 1) *: 各項の評点については制限を設けない (2点, 1点, 0点でもよい)

2) 階級 A, B, C, D は基準①と基準②の両者を満足すること

の9階級に格付けした。A', B', C', D' は B, C, D, E であるがそれより1段高い階級に近い整地精度とする (たとえば A' は B の階級であるが A に近い作業精度である)。これらの整地精度の評価は著者らの経験ではけん引型播種機による播種作業を前提とした場合、次の内容である。

- A: 耕うん後直ちに播種ができる。
- B: 碎土作業を加えなくても概ね播種作業が可能である。
- C: 牽引型碎土機を1~2回使用すれば播種作業が可能である。
- D: 牽引型碎土機を5~6回使用すれば播種作業が可能である。

E：播種作業のためにロータリ耕を別に1～2回行なう必要がある。

Ⅲ 耕うん播種機用としての市販耕うん軸の検討

現在最も普及している中型のロータリ耕うん機の水田における耕うん性能試験を行ない、耕うん播種機用の耕うん装置としての適否を検討した。

1. 市販耕うん軸の爪配列

市販耕うん機の爪配列は各機種により様々である。そこで第3表に示すような駆動方式の異なるサ

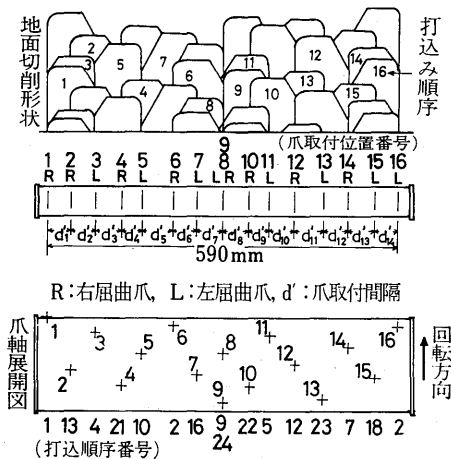
第3表 供試機の仕様

型式	駆動形式	機体寸法 cm	出力 7ps	耕幅 55cm(標準) ? 59(偏心爪使用)	速度変速 6段	耕うん軸速変 4段	最小ピッチ 5.4cm
PM2	サイドドライブ	239×73×117	7ps	55cm(標準) ? 59(偏心爪使用)	6段	4段	5.4cm
YC80	センタードライブ	228×66×117	6ps	48cm(標準) ? 60(延長軸使用)	6段	4段	3.6cm

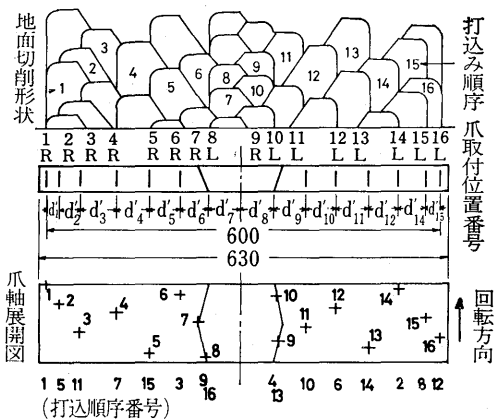
イドドライブ型とセンタードライブ型の2機種（サイドドライブ型は富士 PM2 型機，センタードライブ型はヤンマー YC80 型機）を選定した。

(1) サイドドライブ型の爪配列

本機は軸長 620mm，軸径 46mm の耕うん軸に16本のなた爪（切削幅 w_c ：48mm，有効切削幅 w_p ：55mm，最大回転半径 R_{max} ：260mm）を取付最大幅 d_{max} ：590mm で配列した1本爪方式である。第3図に爪配列を示す。爪配置はちどり配置である。爪取付間隔は30～47mmの範囲であった。打込み順序は必ずしも左右交互とならず同一側で連打する。打込み間隔は5°～43°の範囲にあり，また同時



第3図 サイドドライブ型の爪配列



第4図 センタードライブ型の爪配列

打込みもあり、好ましい配列とはいえない。地面切削形状にはかなりの形状むらがある。

(2) センタードライブ型の爪配列

耕うん軸は軸長 630mm, 軸径 38mm, 取付最大幅 600mm で、なた爪は切削幅 42mm, 有効切削幅 48mm, 最大回転半径 260mm で、取付爪数は16本である。爪配列は1本爪方式で第4図のようなちどり配置である。取付間隔はほぼ有効切削幅と同じであるが、両端部は延長軸のため狭い。打込み順序は左右交互で、打込み間隔は20°~30°の範囲にある。地面切削形状は中央部と両端部が小さく、その他は大きい。

2. 水田圃場におけるロータリ耕うん機の耕うん性能試験

(1) 実験方法

① 供試機：ロータリ耕うん機は前項のサイドドライブ型駆動方式(富士 PM2型)を供試した。

第4表 供試圃場の物理性

土 性		シルト質粘土ローム (砂壤土)
粒度分析	レキ分(%)	0
	砂分(%)	28
	シルト分(%)	50
	粘土分(%)	22
比 重		2.55
液性限界(%)		55.0
塑性限界(%)		34.0
塑性指数		21.0
流動指数		12.6

なお耕うんスプロケットを歯数15:16の標準装備から、16:15, 16:12に変換して耕うん軸の回転速度の増加を計った。その結果、標準よりそれぞれ低速域で1.14倍、高速域で1.33倍の増速となった。

② 耕うん条件：耕うん条件は耕深 d (10cm, 5cm) と速度 v (無負荷時 0.25m/s, 0.5m/s) とし、爪軸回転数 n は仕様書の標準回転数(エンジン標準回転数 1400rpm)に合わせ、耕うん変速位置は低速、高速とした。また耕うん回数の要因は1回(1行程)と2回(2行程)とし、2行程耕うんでは前後の耕うん条件を変えた。

③ 土壌条件：試験圃場は宮崎大学農学部附属農場の水稲乾田直播田の稲刈跡地である。土性は砂壤土であり、その主な物理性は第4表のとおりである。試験時の圃場条件は第5表のように土壌水分は耕うん作業に適した状態であり、また稲株もバインダ刈のため刈株高さは揃っていた。

④ 測定項目および方法：碎土性は(3)式の碎土率で表示した。なお碎土率は播種作業に効果的な

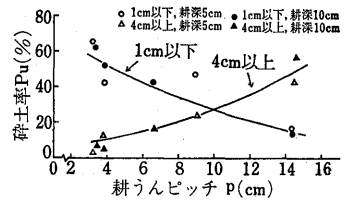
第5表 試験時の条件

土壌水分(%)	3~5cm 深	34.6	稲 株 の 状 態	
土壌硬度(mm)	表 層	21.7	刈 高 さ (cm)	5.5cm
	5cm 深	21.4	地 下 深 (cm)	4.5cm
	8cm 深	23.3	分 け つ 数 (ヶ)	21.8
			株の平均径 (cm)	4.4
三 相 比 (%)	固 相	46.2	株 数 (ヶ)	12~14
	気 相	13.1	(測定面積) (1m×0.45m)	
	液 相	40.7	播種 様式	2条点播 条間 27cm 株間 15cm

1cm 以下の土塊と支障となる 4cm 以上の土塊にわけて表示した。分級は 0.5cm, 1cm, 2cm, 4cm, 6cm 目のフルイで分級し、代表径は分級間の中央とし、6cm 以上は 7cm とした。株処理性能は (13) 式の露出率で表示した。分級は 2cm 以下, 2~4cm, 4~6cm, 6~8cm, 8cm 以上とした。耕うん前の株長 C_L は 10cm であった。代表長さは碎土性同様分級の中央とし、8cm 以上は 9cm とした。

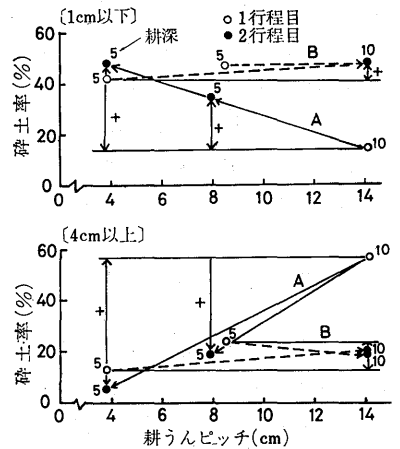
(2) 実験結果と考察

① 碎土性能：第 5 図は 1 行程における碎土率 ${}_n P_u$ と耕うんピッチ p ($p=60v/n$, ただし v は作業速度 m/s, n は爪軸回転数 rpm) の関係を 1cm 以下の土塊径の碎土率 ${}_{10} P_u$ と 4cm 以上の土塊径の碎土率 ${}_{40} P_u$ について表わしたものである。最小ピッチ条件での碎土性能をみると、 ${}_{10} P_u=50\sim 60\%$, ${}_{40} P_u=6\sim 13\%$ であるので、現行の耕うん機でも、本試験時のような土壌水分が塑性限界近くの破碎に最適な水分状態時であるならば、良好な碎土性能を示すといえる。しかし播種作業からみれば、 ${}_{10} P_u$ は一般に ${}_{10} P_u=60\sim 70\%$ 以上は必要とされているので、 p をさらに小さくする必要があると認められる。



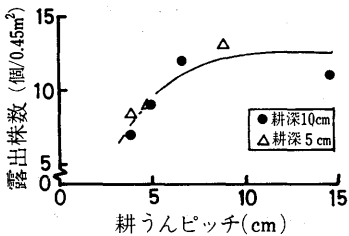
第 5 図 碎土性能 (1 行程)

次に 2 行程における結果を第 6 図に示す。図中の A は 1 行程目が耕深 10cm で荒耕 ($p=14.2$ cm) し、2 行程目が耕深 5cm で細耕 ($p=3.6$ cm) する方法を示し、B はその逆の方法を示す。A 法においては 2 行程目の効果は p に比例して認められ、その効果は $p=3.8$ cm で ${}_{10} P_u$ が 14% → 48%, ${}_{40} P_u$ が 58% → 6% と前者で約 4 倍、後者で約 10 倍であったが、最終的には 1 行程の碎土性能と変らなかった。B 法は 1 行程目の碎土性能に対して 2 行程目の新たに 5cm 深くする荒耕の碎土性能の要素 (大きい土塊を多く含む碎土性能) が強く影響し、碎土率は ${}_{10} P_u$, ${}_{40} P_u$ とともに初期状態と余り変わらず 2 行程目の碎土効果は認められなかった。すなわち耕うん回数 (行程) の碎土効果を期待するには荒耕 ($d=10$ cm) → 細耕 ($d=5$ cm) の効果は認められるが、細耕 ($d=5$ cm) → 荒耕 ($d=10$ cm) の効果は認められないといえる。



第 6 図 碎土性能 (2 行程)

② 株処理性能：播種の範囲である表層 4cm までに散在する株長さ 4cm 以上の株 (露出株と称する) について調査した結果を第 7 図に示す。残存株数は $p=3\sim 5$ cm で 7~9 個/0.45m², $p=8$ cm 以上で 11~13 個/0.45m² あった。

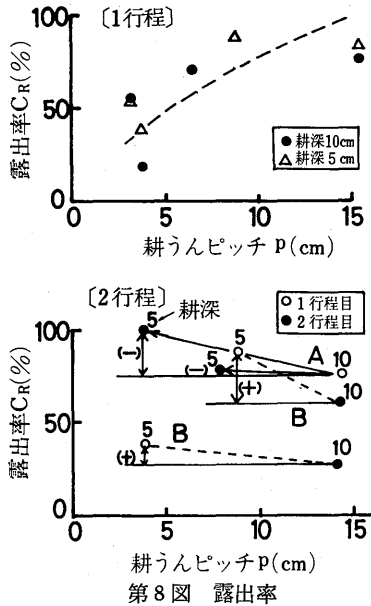


第 7 図 露出株

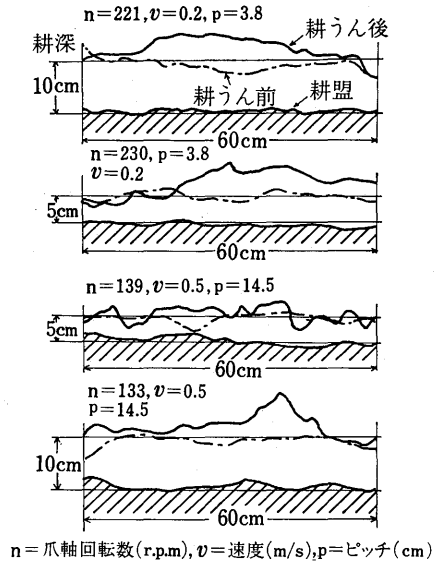
露出株の形態は p の大きさで異なり、 p が小さい場合には株は細かく切断されたが、 p が大きい場合 ($p \geq 8$ cm) には株は切断されずに原形のまま露出していた。

露出率 C_R は第 8 図のように、1 行程では $p=3\sim 4$ cm で $C_R=20\sim 55\%$, $p=6$ cm 以上で $C_R=60\%$ 以上であった。2 行程においては前項同様の A 法では露出率が増加し、B 法では逆に減少し、2 行程目の株処理性に対する効果は碎土性と相反する効果が認められた。

すなわち 1 行程目より 2 行程目で耕深を浅くし耕うん軸回転数を速くする (p を小とする) と、1 行程目で埋没していた株を表層へかき出す作用が現われ露出率は増加し、播種作業に対しマイナスの要因を与える。逆に浅耕から深耕として 2 行程目の耕うん軸回転数を遅く



第8図 露出率



第9図 圃場表層の形状

する場合は碎土効果はないが株の埋没効果があるといえる。なお株は土塊と異なり2行程目で切断、破碎作用を受けることは少ないと思われるので、株の処理は耕うんピッチを小さくして1行程目(刈りとした時の状態で土中に根をはっている時)で細断しなければならないといえる。

③ 耕うん後の圃場表層形状：耕うん後の表層の形状を第9図に示す。碎土性が劣ると表層の形状は起伏が大きくなり、均平性に欠けた。この形状では播種作業に支障があり、この場合は整地作業が必要である。均平性は爪配列の影響も受けるので、耕うん土が平坦となるような爪配列にすることも重要である。これらは耕うん播種機ではふく土作用が飛散土でなされるという点から重要な要素のひとつである。

④ 播種作業への適否：一般に碎土性は土壤水分の影響をうけ易いが、市販爪軸による1行程耕うん性能は今回の実験のような土壤水分が塑性限界附近であれば播種には充分とはいえないが、かなり良い結果を得た。一方同一圃場で土壤水分が50%の液性限界近くの高い状態での耕うん性能は1cm以下の碎土率が20%以下、4cm以上の碎土率が40%となり劣悪な結果となった。また株処理性能は土壤水分に関係なく低かった。

すなわち播種作業は常に土壤水分の最適時に行なえるとは限らないので、未耕水田における現行ロータリ耕うん機の1行程耕うん性能は播種作業の面からた場合には低いといえる。市販爪軸は耕うん播種機用の耕うん装置としては改良の余地がある。

IV 摘 要

本研究は、暖地多雨地帯での水稲乾田直播栽培および麦栽培における播種作業の安定化と高精度化を計るために、耕うん・播種・畦立の三作業を同時化するところの耕うん播種機の開発研究に関するものである。

本報では、現行のロータリ耕うん機の耕うん性能を播種作業の立場から調査し、耕うん播種機用の

耕うん装置としての適用性を検討した。

(1) ロータリ耕うん機の耕うん性能を播種作業の立場から検討するために、碎土性能、株処理性能および整地性能の新しい表示法を提案した。

(2) 現行のロータリ耕うん機（耕幅 60cm）の爪軸の取付爪数は、概ね16本であり、この爪軸では耕うん後直ちに播種ができる程の耕うん性能は得られなかった。

(3) 市販爪軸は耕うん播種機用の爪軸としては改良の余地が認められた。

本研究を進めるに当っては、宮崎大学農学部教授古池寿夫博士、同教授岡田芳一博士の御指導を得た。記して感謝の意を表する。また実験に協力された専攻生原田耕良君に感謝する。

参 考 文 献

- 1) 石原修二, 甲斐俊二郎, 井上番二郎: 九州農業研究, 30, p. 635-640 (1969).
- 2) 狩野秀男, 後藤美明, 倉田 勇, 藤井清信, 手塚右門, 小原勝蔵: 農業機械化研究所報告 (1969).
- 3) 川廷謹造: 農業機械化技術, 養賢堂, p. 281-291 (1972).
- 4) Kepner, R.A, Roy Bainer, Barger, E.L: PRINCIPLES OF FARM MACHINERY, THE AVI PUBLISHING COMPANY, INC., p.201-220 (1972).
- 5) 小松幸雄, 仲条平吾: 農機学会東北支部誌, 13, p.1-2 (1966).
- 6) 小松 実: 農機誌, 32, p.23-27 (1970).
- 7) MACHINERY REVIEW: Power Farming, p.46-49 (1973).
- 8) 松村泰雄, 信田守雄, 国武正彦: 機械化農業, 12, p.15-29 (1970).
- 9) 森本 勝: 温暖地の稲作, 農業図書, p.183-185 (1974).
- 10) 信田守雄, 小川 修, 大橋健男: 農機学会講演要旨, p.63 (1974).
- 11) 農業機械化研究所: 検査資料, No. 5 (1966).
- 12) 農業機械学会編: 農業機械ハンドブック, コロナ社, p.535-536 (1969).
- 13) 農林水産技術会議事務局: 中型機を中心とする水稲乾田直播栽培技術体系, 水田作 No.1, 農林統計協会, p.57 (1966).
- 14) 藺村光雄: 農業機械学, 朝倉書店, p.169 (1969)
- 15) 東京大学農業工学教室編: 農業機械実験便覧, 養賢堂, p.223-224 (1969).
- 16) 東京大学農業工学教室編: 農業機械実験便覧, 養賢堂, p.206 (1966).
- 17) 土屋功位: 農機誌. 15(2), p.59-62 (1954).
- 18) Wieneke, F., Göttingen: Land Technik, 4, p.97-102 (1973).
- 19) 山本史夫: 農作業研究会, 24, p.26-35 (1975).
- 20) 古池寿夫, 岡田芳一, 永田雅輝: 農機誌, 36 (3), p.378-385 (1974).

Summary

This paper deals with studies on the tillage planter that performs tilling, seeding and ridge making work simultaneously, from the point of view of stabilizing and elevating accuracy of the seeding work in the cultivation of direct seeding of paddy rice on dry field and the cultivation of wheat at warm and rainy district.

In part one, the tilling performance of a rotary tiller on the market was studied from the standpoint of seeding work on the paddy field. The results were as follows.

1. The new expression of the soil-pulverizing as well as the stump-remaining performance and the ground making accuracy were proposed.

2. The tilling performance of rotary tiller on the market which is equipped 16 tines in tilling

width of 60cm was so low that seeding work could not be done immediately after tilling.

3. A new type rotor shaft should be developed for the tillage planter.