

小型トラクタ用の播種・管理一貫作業機の 試作および水稲乾田直播栽培、畑作水稲、 甘しょ作に対する適用性について

永田雅輝*・古池寿夫*・岡田芳一*

Studies on the Trial Implement of Seeding and Managing
for a Small Power Tractor of the Walking Type and the
Application of it to Direct Seeding on Dry Field of
Paddy, Upland Rice Field and Sweet Potato Field

Masateru NAGATA, Toshio FURUCHI,
and Yoshiichi OKADA

(1974年5月31日受理)

I 緒 言

一般に歩行用小型トラクタによる中耕や除草などの作業は、乗用トラクタで使用するような汎用性の高い作業機（種々の作用器具を作業状況に合わせてツール・バーへ配列する¹⁾）ではなく、汎用性の劣るカルチベータや培土器が広く使用されている。現在歩行用小型トラクタで播種・管理作業を行なうには、その他にウィーダ²⁾、播種機を加えることで機械化作業ができる。

そこでこれらの作業機に着眼し、歩行用小型トラクタによる播種・管理一貫作業が可能な汎用性のある作業機とするため汎用型フレームと作用器具を試作し、水稲乾田直播栽培、畑作水稲、甘しょ作の適用試験を行なった結果ほぼその実用性を認めたので報告する。

II 試作機について

1. フレーム

フレームは図 2・1 のように、材料は 50×50×6 mm の等辺山形鋼を使い、間隔 200 mm、長さ 900 mm の 3 本のツール・バーを進行方向と直角でしかも水平になるように設け（後列は補強のため別に 1 本を向い合せた）、両端にこれらを固定する長さ 500 mm の固定材で囲む日の字型とした。トラクタとはピン 2 本で装着し、ツール・バーの上下移動はヒッチの後部とツール・バーの前端に固定した垂直材をお互いに接触させボルトを回転して行なった。

作用幅は 300 mm の延長ツール・バーを 2 台作製し、固定材の両端にそれぞれピンで取り付け全長 1500 mm とした。以上の材料の固定はアーク溶接で行なった。

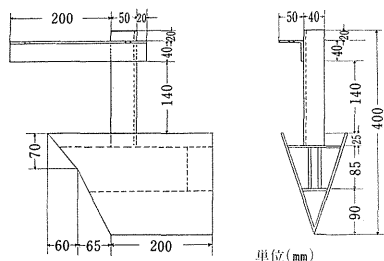
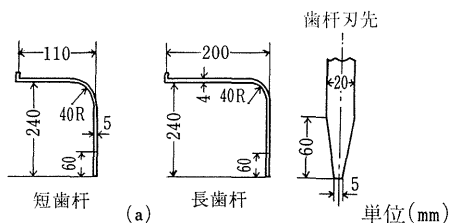
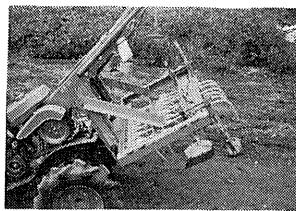


図2.4 作溝器



短歯杆 (a) 長歯杆 単位(mm)



(b)

図2.5 ウィーダ歯杆とウィーダ

畦間に溝を作って簡易平畦を作るもので、図2.4のようなシュー型の作溝器をツール・バーの前中列に2ケとりつけた。2ケのとりつけ幅が畦幅となる。

(4) ウィーダ

播種直後から約1ヶ月後までの生育初期の除草に使用する除草器で、図2.5(a)のように刃先を三角にして塑性加工した歯杆を(b)のようにツール・バーの前、中、後列に歯杆の軌跡が1.2cmの間隔となるように作業に応じて20~50本とりつける。

(5) 中耕爪

幅30mm、厚さ10mmの鋼材を図2.6のように塑性加工したもので、作付に合わせてツール・バーの前・中・後列に6~12本の中耕爪をとりつける。中耕爪は切削抵抗が大きいので左右バランスのとれた配列とする。

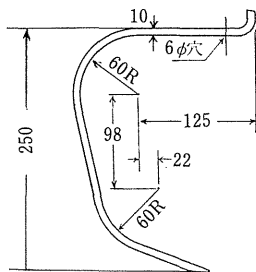


図2.6 中耕爪

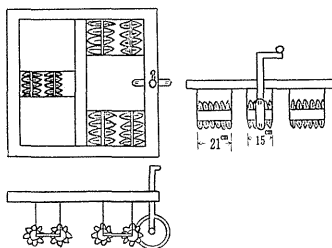


図2.7 湛水除草器

(6) 湛水除草器

の広い作付の培土に用いる。撥土板の位置、角度をかえて畦立器としても使用する。

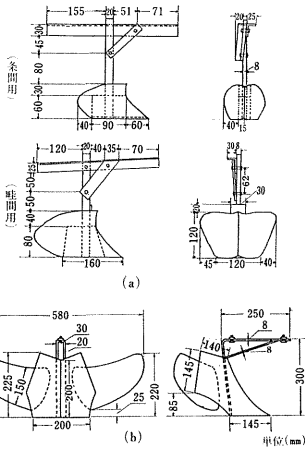


図2・8 培土器

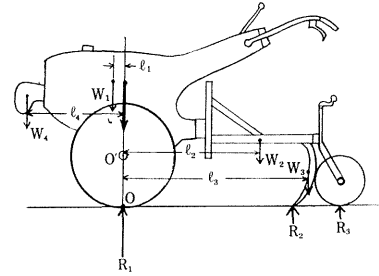


図2・9 無負荷時のトラクタのつり合い

3. トラクタと試作機のつり合い条件

試作機はツール・バーの前列から後列まで作用器具をとりつけて一定の耕深で使用するので、作業中のフレームは水平に保たねばならない。図2・9はトラクタに装着後作業前の水平圃場面で静止している時の力のつり合いを示す。移動や枕地での施回を容易にするにはトラクタは水平にした状態で大体バランスさせる必要がある。そのためのつり合い条件はトラクタ本体の重量 W_1 、フレームの重量 W_2 、作用器具の重量 W_3 、バランスウェイトの重量 W_4 とすると、トラクタの全重量 W は

$$W = W_1 + W_2 + W_3 + W_4 \quad (1)$$

となり、重心が車軸の真上にあることである。この場合は車輪接地点 O には W と等しく方向反対の支持力 R_1 が発生し、 $R_2 = R_3 = 0$ となるので、

$$W = R_1 \quad (2)$$

(2) 式が成り立つには荷重 W_1 、 W_2 、 W_3 、 W_4 について車軸 O' のまわりのモーメントがつり合う必要があり、その条件式は

$$W_1 l_1 + W_4 l_4 = W_2 l_2 + W_3 l_3 \quad (3)$$

移動や施回を容易に行なうにはバランスウェイトの重量 W_4 で調整する。供試機は $W_1 = 115$ kg、 $W_2 = 41$ kg、 $l_1 = 4$ cm、 $l_2 = 53$ cm、 $l_3 = 63$ cm であるので (3) 式より W_4 は

$$W_4 = \frac{W_2 l_2 + W_3 l_3 - W_1 l_1}{l_4} = 27.2 + \frac{W_3 l_3}{63}$$

ここで W_3 、 l_3 を知れば W_4 が決まるが、作用器具の重量は 4 kg ~ 12 kg であったので平均 8 kg とし、 $l_3 = 58$ cm とすると

$$W_4 \approx 35 \text{ kg}$$

故に 35 kg のバランスウェイトをとりつけると大体平衡になる。

次に作業中の力のつり合いを図 2・10 に示す。作業中はフレームと尾輪を上下に動かしフレームを水平に保つので、トラクタ本体は後方へ傾斜しない（重心の移動なし）。そこでハンドルの上向きの力 Q 、駆動輪支持反力 R_1 、走行抵抗 f_1 、尾輪の接地抵抗 R_3 、尾輪の走行抵抗 f_3 とし、それぞれの点 O からの水平距離を a, e_1, l_1, l_3 、垂直距離を d_1, h_1, d_2 とすると、

右まわりのモーメント M_1 は

$$M_1 = f_1 d_1 + R_1 e_1 \tag{4}$$

左まわりのモーメント M_2 は

$$M_2 = Qa + R_V l_1 + R_H h_1 + R_3 l_3 + f_3 d_2 \tag{5}$$

つり合いの条件は $M_1 = M_2$ であるから

$$\therefore f_1 d_1 + R_1 e_1 = Qa + R_V l_1 + R_H h_1 + R_3 l_3 + f_3 d_2 \tag{6}$$

故にオペレータが作業中ハンドルに加える力 Q は⑥式より

$$Q = \frac{1}{a} (f_1 d_1 + R_1 e_1 - R_V l_1 - R_H h_1 - R_3 l_3 - f_3 d_2) \tag{7}$$

けん引力 F は水平方向の力のつり合いより

$$F = f_1 + f_3 + R_H \tag{8}$$

となる。

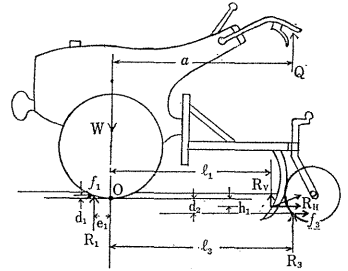


図 2・10 作業時のトラクタのつり合い

III 試作機の適用試験

1. 畦用整地器について

1.1. 試験方法

(1) 供試圃場 宮大附属農場の水田の水稲乾田直播栽培の稲刈取跡を使用した。土壤条件は表 3・1 のとおりである。

(2) 供試機と試験区 図 3・1 に供試機を示す、小型トラクタは日の本 H 60 (所要馬力 4 ps) を使用した。試験区は表 3・2 のように 4 区設定した。

(3) 調査項目および方法 ① 碎土率 試験前後の畦部の地表下 3 cm までを 1, 2, 3, 4, 6 cm 目の篩でふるい分けし重量百分率で求めた。② 表面積係数 A, B, C, D, E, F を 0~1

所在地				宮崎市下北方宮大水田
土性				シルト質粘土ローム (砂壤土)
粒度分析	レキ	シルト	粘土	0% 28% 50% 22%
	粘性	限指	重界数	2.55 55.0% 34.0% 21.0 12.6
比液塑流	性流動	限指	重界数	
土土	壊壊	水硬	分度	30.1% 12.0mm

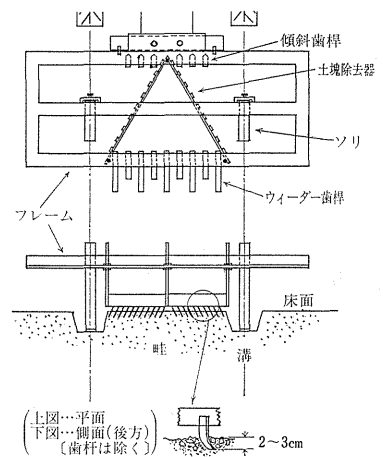


図 3.1 畦用整地器

表 3.2 試験条件 (畦用整地器)

No.	試験区 (略号)	耕うん土塊	耕うん軸速度	作業速度(m/s)		畦幅 (cm)	畦用整地 器速度 (m/s)
				1回目	2回目		
1	55・大	大 塊	低	0.5	0.25	55	0.8
2	65・大	” 塊	”	”	”	65	”
3	55・小	小 塊	”	0.25	”	55	”
4	65・小	” 塊	”	”	”	65	”

表 3.3 前作業の概況 (畦用整地器)

作業名	期 日	作業条件	土 壌 条 件
耕 う ん No.1	12.7	耕 深 10cm 耕 幅 45cm 2回がけ	水 硬 分 度 36.3% 度 19.7mm
耕 う ん No.2	12.19	同 上	—
整 地	12.21	カゴローター レキ 2回がけ 速度 1.9m/s	水 分 39.7%
作 溝	同 上	作 溝 器 速度 0.7m/s	
畦 立	同 上	畦 立 器 速度 0.7m/s	

$$\text{株の除去率} = \frac{\text{供試後の重量 (または株の延長さ)}}{\text{供試前の重量 (または株の延長さ)}} \times 100 (\%)$$

(4) 供試圃場の前処理作業 前作業として表 3.3 に示す 4 種の作業を行なった。

1.2. 試験結果と考察

(1) 碎土率の変化 各分級における供試前の碎土率と供試後の碎土率の差を図3・2に示す。大塊区の大土塊は減少し、2 cm 付近で0に近すぎ1 cm 以下ではやや増加した。小塊区はいずれの分級も0附近であり、大土塊の除去はなかった。これはすでに供試前の大土塊が少なかったことによる。

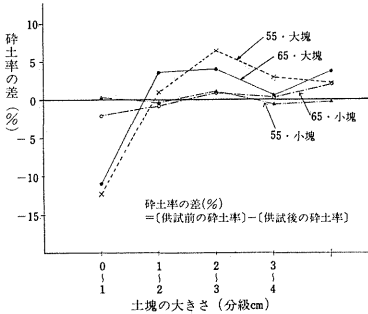


図3・2 土塊の除去程度（畦用整地器）

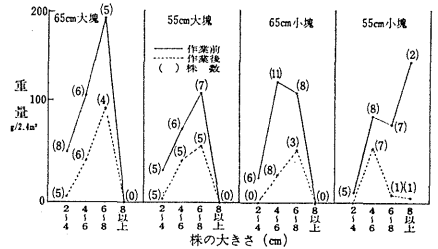


図3・3 株の残存程度（畦用整地器）

(2) 株の残存程度 供試前後の残存株を図3・3に示す。土塊と同様大株に相当する重量の重いものは除去されて作業後は重量の軽いものが残った。特に大塊区はその傾向が大きかった。供試後の株の重量は供試前の約 1/3 となり供試機の除去率は充分といえる。

(3) 畦の均平性 供試前の畦立器による畦形は畦幅 65 cm の場合凹形をし、55 cm の場合はやや凸形であったが、供試後はほぼ均平になった。畦表面から 3 cm 深までに残存している大土塊や刈株の除去と畦面の均平はかなり行なわれ播種床用畦の整地器としての役割りは十分認められた。しかし供試前 6~7 cm 深の溝は畦面から落下した土塊や株で埋まりマークとしての明確さを欠いた。

2. 播種機の水稲乾田直播栽培と畑作水稲に対する適用

2.1. 試験方法

(1) 供試圃場 宮大附属農場の水田と畑を使用した。供試時の土壌条件を表3・4に示す。

表3・4 播種時の圃場条件

圃場	項目	土壌水分 (%)	土壌硬度 (山中式 mm)	土塊分布 (mm)					
				0~5	5~10	10~20	20~30	30~40	40以上
水田	乾区	36.5	2.5	31.8	17.0	37.0	11.0	2.0	1.2
	湿区	41.0	2.5	19.1	12.7	38.8	18.5	5.0	5.9
畑		30.0	5.0	59.1	10.2	25.2	4.5	0.5	0.5

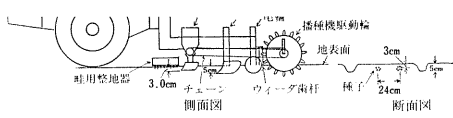
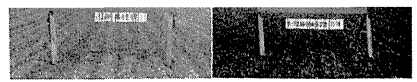


図3・4 播種機のとおりつけ模式図



(畑) (水田)
図3・5 播種後の畦形(水稲直播)

ウィーダ歯杆 2 cm とした。

2.2. 試験結果と考察

供試圃場の土性、水分、播種前の土塊分布により水田圃場(水稲乾田直播栽培)と畑圃場(畑作水稲)では播種作業の相違がみられた。水田の乾区は水分 36.5%, 碎土性 1 cm 以下約 50%と、大土塊が少なかったので、適確に作業ができたが湿区は土壤水分 40~50%と高水分に加え碎土率も 1 cm 以下約 33%と大土塊が多かったので一部において土の流動性が悪く、播種の途中、作溝器の前部に土が滞溜した。しかし播種不可能ということにはなかった。このように土壤水分が塑性限界を 10%近く上まわると作業精度はいくぶん低下するので播種作業は水分過多の時はさけた方がよい。一方畑は水分、碎土の条件がよいので播種作業も良好であった。両区の播種の畦形を図 3・5 に示すが、これは後作業に支障のない均平程度であった。出芽率は播種後降雨が続き湿害と虫害のため約 60~70%と若干低くなった。作業能率は人力けん引型播種機に比較すると約 1 割減で 10 a 当り約 1 時間であったが、畦立および畦面の整地を同時に行なうので約 2 倍の能率向上と評価してよい。

3. 水稲乾田直播栽培、畑作水稲、甘しょ作の除草作業に対する適用および播種・管理一貫作業体系について

3.1. 試験方法

(1) 供試機 小型トラクタは三菱 CT 332 型(3 ps)を使用した。

(2) 供試圃場 水稲乾田直播栽培は宮大附属農場水田(土壤条件は表 3・1 参照)、畑作水稲と甘しょ作は学内農場(土壤条件は表 3・4 参照)を使用した。供試面積は水稲乾田直播栽培 1000 m²、畑作水稲 500 m²、甘しょ作 250 m² とした。

(3) 栽培法の改善 水稲乾田直播栽培、畑作水稲は畦幅 60 cm、畦形は畦高 6~8 cm の梯形断面の簡易平畦とした。甘しょ作は畦幅 70 cm、畦形は始めは平畦とし、中耕、培土、土寄せの各作業を行なう中で順次慣行の三角形断面の高畦にする栽培法とした。なお各作物の栽培条件を表 3・5 に示す。

(4) 測定項目と方法

① 除草効果 草丈 5 mm 以上のものを各作業後に測定して残存比率と除草率を次式で求めた。

$$\text{残存比率} = \frac{\text{各作業後の残存雑草本数}}{\text{無除草区の雑草本数}} \times 100 (\%)$$

表 3・5 栽培条件

作付名	畦幅	畦形	播種・植付
水稲乾田直播栽培及び畑作水稲	60cm	簡易畦立	2条点播 条間 27cm 株間 15cm 1点7~8粒
甘しょ作	70cm	平畦 ↓ 高畦	直立挿 人力挿苗 挿苗深さ 10cm 株間 30cm

$$\text{除草率} = \frac{\text{作業前雑草本数} - \text{作業後の雑草本数}}{\text{作業前の雑草本数}} \times 100 (\%)$$

なお甘しょ作では株際（株を中心に溝方向へ 10 cm の範囲）、畦間（株際より同方向へ 15 cm の範囲）、溝部（前者 2 区間の残り）に別けて測定した。

② 作物に対する損傷 各作業機が作業中に何らかの形で作物に与える損傷（欠損も含む）を測定した。各作物及び作業により測定項目は異なるが、一般に各作業時に発生した損傷個数を供試個数で除して百分率で表示した。

3.2. 管理作業体系

(1) 水稻乾田直播栽培 表 3・6 のような作業体系とした。整地後、作溝から播種までを 1 行程で行なう場合と 2 行程で行なう場合がある。播種前の碎土性が悪い場合は畦用整地器を使用した。初期除草はウィーダ歯杆，湛水除草はウィーダ歯杆と回転除草器を使った。

表 3・6 水稻乾田直播栽培の作業本系

時 期	稲の葉数	作 業 名	作 業 機	作 業 条 件
5 月上旬		耕 う ん 地 整	ロータリ耕うん機 カゴ車輪, レーキ	耕深 7~8cm たてよこ 2 回かけ
5 月中旬 } 下旬	0	畦 立	作 溝 器	圃場条件によつては播種前に再度耕うん, 整地が必要とする場合がある。 作溝深さ 6~7cm 播種深さ 3cm
		畦整地	畦 用 整 地 器	
		播 種	播 種 機	
6 月上旬 } 中旬	1~3	初 期 2 回 除 草	ウ イ ー ダ	作用深さ 2~3cm, 除草剤との併用も多い。
7 月上旬	3~4	湛 水 除 草	ウ イ ー ダ 回 転 除 草 器	条間, 畦間は回転除草器, 株間はウィーダ歯杆 作用深さ 3cm
7 月中旬	4~5	湛 水 中 耕	回 転 除 草 器	条間, 畦間のみ 作用深さ 3~4cm

(2) 畑作水稻 表 3・7 に示すような作業体系とした。

(3) 甘しょ作 表 3・8 に示すような作業体系とした。甘しょ苗の植付はあらかじめフレームに畦幅 70 cm に取りつけた作溝器で深さ 8~10 cm の溝を作り, その溝の中へ苗を人力により直立挿法で植えた。

3.3. 試験結果と考察

(1) 水稻乾田直播栽培の場合

① 作業性能

1) 畦立作業 畦幅 60 cm の簡易平畦にするため整地後に図 3・6 のように作溝器を 60 cm 幅

5月中旬 下旬		耕 整	う ん 地	ロータリ耕うん機 カゴ車輪, レーキ	耕深 6~7cm たてよこ 2回がけ
5月下旬 6月上旬	0	播 種	畦 立 播 種	作 溝 器 播 種 機	平畦, 畦立 6~7cm 播種深さ 3cm
6月中旬 7月上旬	1~5	初 期 除 草	2~3回	ウ イ ー ダ	葉数 4葉期頃までは全面ウィーダ, 以後は株間の歯杆はとりはずす 作用深 2~3cm
7月上旬	5~6	中 期 除 草		ウ イ ー ダ	
7月中旬	6~7	中	耕	カ ル チ	作用深 4~5cm
7月中旬 下旬	8~9	培	土	小 培 土 器	

表 3・8 甘しよ作の作業体系

時 期	挿苗後日数	作 業 名	作 業 機	作 業 条 件	
5月中旬 下旬		耕 整	う ん 地	ロータリ耕うん機 レーキ, カゴ車輪	耕深 10~15cm たてよこ 2回がけ
6月上旬	0	挿 苗	作 溝 挿 苗	作 溝 器 人 力	挿苗溝は 7~8cm 深 溝 幅 70cm 挿苗深さ 8cm 株 間 30cm 直立挿
6月中旬 下旬	12~20	初 期 除 草	2回~3回	ウ イ ー ダ	作用深さ 3cm 作物の性状により歯杆ははずす
7月上旬	25~29	中	耕	カ ル チ	作用深 5~6cm
7月中旬	30~35	培	土	大 培 土 器	溝部の土を株元へよせる
7月中旬 下旬	36~40	畦	立	大 培 土 器	畦高 15~20cm

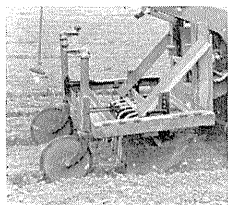


図3・6 畦立作業
(水稲乾田直播栽培)

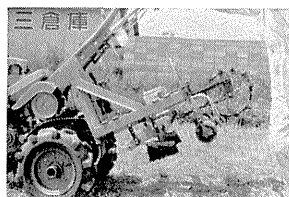


図3・7 播種機
(水稲乾田直播栽培)

2) 播種作業 図 3・7 のように繰出し装置とウィーダ歯杆で溝をマークに車輪を走行させて播種した。播種深さは 3 cm としたが、畦の高さの凹凸により正味のふく土深さのバラツキが幾分生じた。なお畦用整地器は播種前の碎土性が 1 cm 以下 67 %、3 cm 以上 5 % と良好だったので使用しなかった。

3) 初期除草 図 3・8 のようにウィーダ歯杆を 56 cm の幅にとりつけて使用した。特に稲の株間、株際の除草を重点的に行なった。使用時期は稲の 3 葉期（播種後 25 日目頃）までで、この間に 2 回使用した。特に除草剤と併用して使用するとノビエの除草効果は高かった。作業は作用深さ 3 cm で 2 行程行なった。

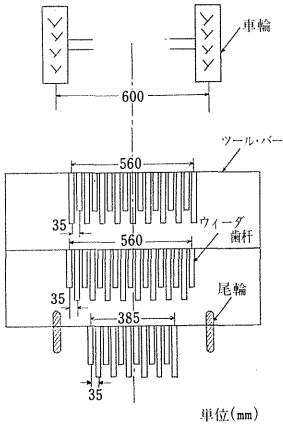


図 3・8 ウィーダ作業図
(水稲乾田直播栽培)

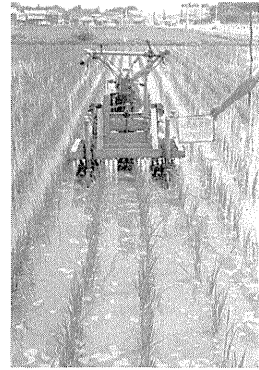


図 3・9 湛水除草
(水稲乾田直播栽培)

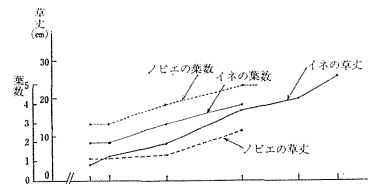
4) 湛水除草 図 3・9 のように 3 ヶの転車を 1 畦 (60 cm, 2 条) の畦間と条間に作用させた。条間はやや狭いので両端より小型の転車を使用した。さらにウィーダ歯杆を転車の間に 5 本とりつけ、株際の除草をした。

5) 中耕 湛水除草のウィーダ歯杆をとりはずし、転車のみで中耕を行なった。

(2) 除草効果

乾田状態の初期除草はウィーダ歯杆と除草剤 DCPA (濃度 1 %) を使用した。なお供試時の稲、雑草の性状を図 3・10 に示す。

1) ウィーダのみの場合 図 3・11 に調査結果を示す。ノビエと他雑草の残存比率はそれぞれ前期ウィーダ 1 回 (No. 1 播種後 18 日) で 16 %, 21 %, 後期ウィーダ 1 回 (No. 2, 播種後 32 日) で 22 %, 36 % となり、1 回がけの場合は雑草発生後早期に行なった方が除草効果は高かった。2 回がけは



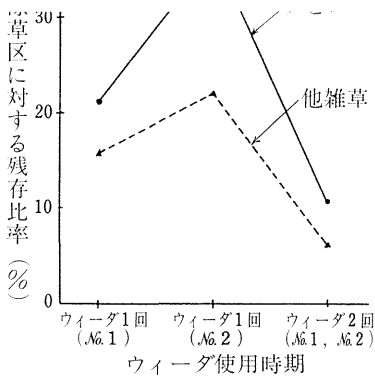


図3・11 ウィーダのみによる除草効果 (水稲乾田直播栽培)

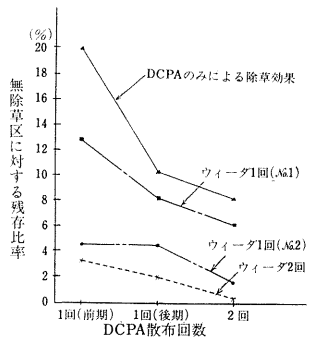


図3・12 ウィーダとDCPAを併用した場合のノビエの除草効果 (水稲乾田直播栽培)

播種後16日)で13%, DCPA 後期1回散布(No.2 播種後24日)で8%, 2回散布(No.1 + No.2)で6%となった。後期ウィーダ1回(No.2, 播種後32日)とDCPAの併用の場合はDCPA前期(No.1)とDCPA後期(No.2)の1回散布はいずれも4.5%, 2回散布区(No.1 + No.2)は2%となった。DCPA 2回散布の場合の除草効果は極めて良好であった。ウィーダ2回とDCPAの併用の場合はDCPA前期1回散布は3%, DCPA後期1回散布は2%, 2回散布は0.4%となり、2回散布は完全に近い除草ができた。DCPA 1回散布の場合も十分な除草効果があった。ウィーダとDCPAとの併用はDCPAのみの場合よりも極めてよい除草ができた。その使用は播種後3~4週間までが最適であった。なお雑草の発生程度の多少によりウィーダとDCPAの1回使用か2回使用かをきめる。

3) 湛水除草 試験前後に落水して雑草(他雑草は草丈1cm以上を測定)の残存本数の測定を行なった結果、ノビエの除草率は株間で94%, 畦間で86%, 他雑草は93%となり、非常に良好であった。

4) 稲の欠損 稲の欠損は初期の乾田除草ではほとんど認められなかったが、湛水除草においては操縦ミスにより4%の欠株があった。欠株をなくすには真直な畦を作ることが大切である。

(2) 畑作水稻の場合

① 作業性能

1) 作溝および播種作業 畦幅60cmの簡易平畦栽培であるので水稲乾田直播栽培と同じ方法とした。

2) 初期除草 4回のウィーダ除草を行なったが、第1回から第3回までは図3・8の水稲乾田直播栽培で使用したウィーダ作業図と同じ方法で行なった。第1回は稲の出芽前で種子に歯杆が作用しないように作用深さ2.5cmで1行程使用した。この時期はまだ雑草はみあたらなかったが、出芽しつつある雑草を枯死させる効果と表層土の碎土による稲の出芽促進の効果が認められた。第2回は稲は地上5cmに成長し、雑草も地上1cmの高さになった時期で2行程使用した。稲に直接歯を作用させたが、稲の欠損は圃場の凹凸がない限り、また作用深さが種子位置より深くない限りみられなかった。第3回は稲5~6葉期、草丈14cmの頃に行なった。この時期は前回の除草

で残った雑草はさらに分けつし、草丈は 7~10 cm に成長し、また新たに雑草が萌芽する時期であるので、深めに 2 行程使用した。第 4 回は稲は 7~8 葉期、草丈 21~22 cm、雑草は前回の残存雑草が分けつ数 5、草丈 12~15 cm となり、特に稲が大きく成長したので図 3・13 のように稲に作用する部分の齒杆を取りはずし、齒杆は主として株際と畦間に作用するようにした。この場合稲への損傷はないので作用深さ 3 cm で行なうと除草効果は大きかった。なお DCPA と併用すればさらに除草効果は大きくなると思われる。

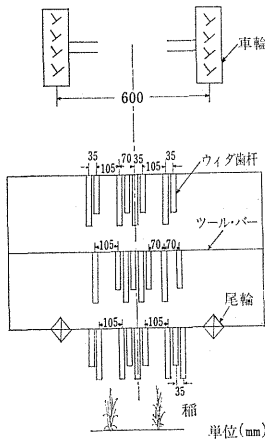


図 3・13 中期ウィダ作業図
(畑作水稲)

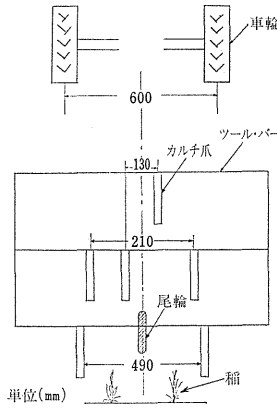


図 3・14 中耕作業図
(畑作水稲)

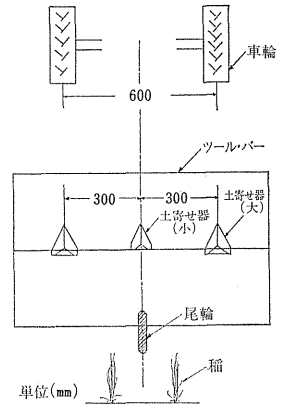


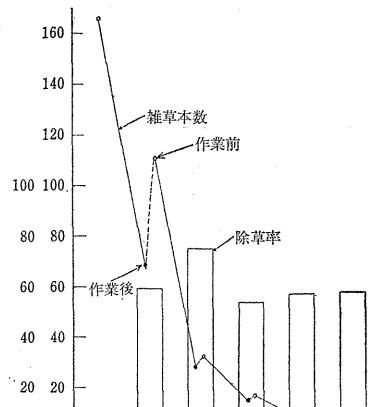
図 3・15 培土作業図
(畑作水稲)

3) 中耕作業 中耕爪は図 3・14 のように稲の損傷がないことと操縦性の面から左右同数にとりつけた。稲は 8~9 葉期、草丈 24~30 cm、雑草は 6~8 本に分けつし、草丈 15~20 cm であったので作用深さは 4~5 cm で行なった。

中耕爪により雑草は根から掘り起され、畦間の除草は良好であった。

4) 培土作業 図 3・15 のように 3ヶの小培土器をとりつけた。稲の条間を通る中央の培土器は稲の損傷がないよう小型のものを使用した。稲は 9 葉期で草丈 28~32 cm、雑草は 8~10 本に分けつし草丈 25~29 cm であった。作業は往復がけで行なったところ、稲の株元に溝から 6 cm 高に土が寄った。なお前回の中耕爪の中耕作業で生じた大土塊は培土時に稲を埋没するなどの支障があるので、本作業で中耕爪を使用する場合は小土塊にする必要があった。

② 除草効果 図 3・16 に除草効果を示す。初期のウィー



株際には歯杆が直接作用しないため除草効果は余り期待できない。そこでウィーダによる初期除草でこの位置の雑草が小さい時期に除去すると効果がある。なお、この除草体系は畦幅 60 cm の麦作にも応用できた。

(3) 甘しょ作の場合

① 作業性能

1) 作溝 作溝器間隔 70 cm, 車輪幅 70 cm として (2) 同様の作業法で 1 条ずつ作溝した。

2) 初期除草 3 回のウィーダ除草を行なった。第 1 回は播種後 10 日目で甘しょの根長は 1 cm 程でまだ充分活着してないが雑草は 0.4 cm² 当たり約 50 本あった。そこで図 3・17 のように甘しょに触れる中央部の歯杆を少なくとりつけた。作業は挿苗時の圃場の凹凸を均すことも兼ねて深さ 3 cm で 2 行程行なった。第 2 回は第 1 回の作業で圃場が均平となり碎土が良好になったので、図 3・18 のように中央部の歯杆のみとり除き、他は全部使用した。なお、第 2 回は第 1 回後の降雨で雑草の再出芽を防止するための補足的作業として行なったが状況により省略してもよい作業である。第 3 回目には前回の残存雑草や新しく出芽した雑草も加わり、雑草は多くなり、また甘しょは数ヶ所より 8~10 cm 長の根が発生していた。作業は 2 行程で行なったが 1 行程目は水稻 (図 3・8) で行なったようにウィーダ歯杆が畦頂面の全面に作業するようにとりつけた。2 行程目は第 2 回ウィーダ (図 3・18) と同様に甘しょに触れる中央部歯杆をとり除き若干作用深さを 3.7 cm と深くした。大土塊のある個所では土塊が歯杆部に溜り、苗を引き抜く現象がみられた。2 行程目は歯杆に滞溜した土は歯杆をとり除いた中央部に集まり、その結果株元に土が寄り除草効果は良好であった。本試験は降雨後の土壌が若干湿潤の時行なったため、甘しょに損傷を幾分あたえたが、土壌水分 27~29%, 土壌硬度 9~11 mm, 歯杆の作用部分の表面下 3 cm までの表層が小土塊である場合は作業は円滑に行なえた。

3) 中耕 挿苗後 30 日頃には葉数 35 枚、つる長 31 cm に成長し、また除草もれの雑草も草丈

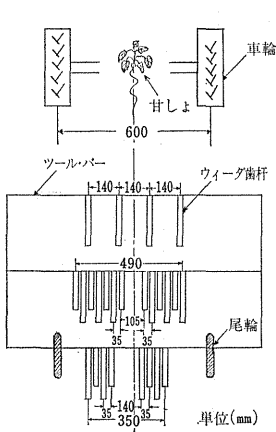


図 3・17 第 1 回のウィーダ作業図 (甘しょ作)

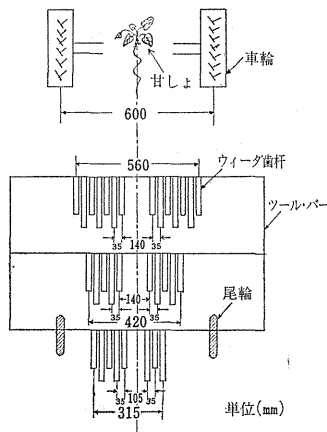


図 3・18 第 2 回のウィーダ作業図 (甘しょ作)

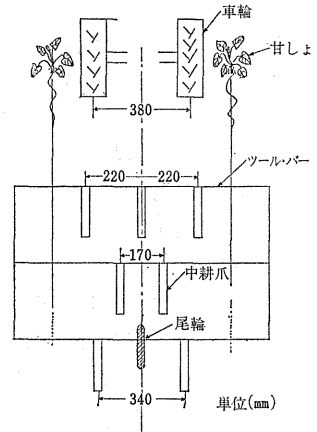


図 3・19 中耕作業図 (甘しょ作)

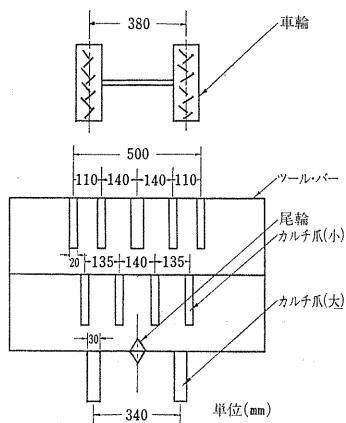


図3・20 11本爪による中耕作業図
(甘しょ作)

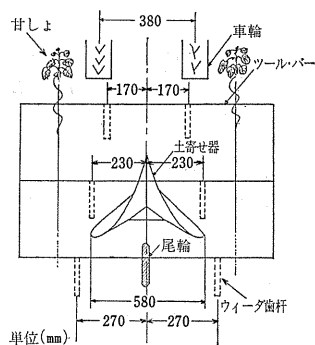


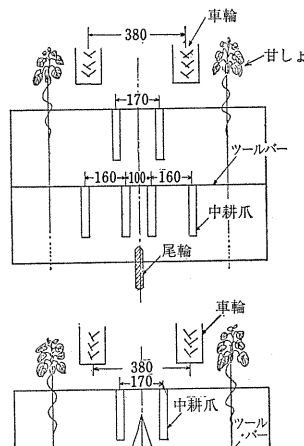
図3・21 培土作業図
(甘しょ作)

10 cm に成長しウィーダ齒杆による株間，株際の除草は不可能となったので中耕爪を使用した．図3・19のように中耕爪を7本とりつけ，車輪幅38cmとして畦間を走行し溝部を除草した．溝部は平均6.6cm深さに中耕し，大きい雑草を根から耕起した．中耕爪のとりつけ間隔が広いと末破碎部分が増加し雑草を除草できない場合があり，その時は図3・20のように11本爪とした．

4) 培土 図3・21のように大培土器と尾輪をとりつけた．甘しょつるが溝方向へ伸びていない場合は培土器のみとりつけたが，伸長している場合はつるの埋没がないように培土器の左右の点線の個所にウィーダ齒杆をとりつけて作業を行なった．前回の中耕により耕起した土を株際へよせたが，株の中央に凹部ができ，充分両側から土が寄らなかった．中耕から培土作業までの日数が長い場合や降雨が多い場合には作土が締め固まり培土器が深く作用しないことがある．その場合は培土器の前部へ中耕爪をとりつけて行なう．

5) 畦立 甘しょつるがあまり繁茂しない時期に行なうとつるの損傷が少ないので培土作業の翌日に行なった．畦間の下層土は締固まっているので，作業は図3・22のようにまず中耕爪で深さ5～6cmに中耕した後，前項の培土器の撥土板の位置，角度を変えて，培土器の前部に中耕爪をとりつけて往復作業とした．畦は高さ15cmになり株間まで土が寄り三角形の畦となった．なお甘しょつるが繁茂すると溝部へ伸長したつるの節より発根し，その活着が大きいつるは培土器の前方の中耕爪で損傷，埋没し畦立作業に支障があった．

② 除草効果



となった。なお無除草区の雑草は92本/2m²であった。

3) 溝部除草 中耕作業前47本/2m²の雑草は作業後9本/2m²となった(除草率81%)が残りの雑草は培土作業で全部除草できた。

③ 甘しょに与えた影響

1) 苗の欠損 苗が作業機により引き抜かれることを欠損といい、半分以上引き抜かれた苗を欠損株として測定した。欠損株は第1回から第3回ウィーダ作業で生じ、中耕、培土作業ではなかった。これは中耕、培土作業の作業機は苗に触れることが少なく、苗の活着も強く引き抜け抵抗が大きいからである。表3・9に各作業時の欠損を示す。

表 3・9 ウィーダ作業によるつるの欠損 (甘しょ作)

	全体株数	欠損株数	欠損率(%)
第1回ウィーダ作業	372	23	6.20
第2回ウィーダ作業	349	3	0.89
第3回ウィーダ作業	346	9	2.60

第1回ウィーダ作業は挿苗後12日目、発根初期であったため歯杆をとり除いたにもかかわらず欠損株率が6.2%と大きかったのは、大土塊があったことに加え、オペレータの操縦ミスが原因であった。第2回ウィーダは土壤水分も良好で歯杆配置の変更で欠損は少なくなった。またこの作業では第1回ウィーダは補助的に行い、第2回ウィーダに重点をおく作業方法が良い結果をもたらした。第3回ウィーダの全面除草は苗に最も負担がかかる作業であるが、土壤水分は28%と良く、大土塊は前回の作業で少なかったため欠損率は2.6%と小さかった。

2) 脱葉 脱葉は図3・23のように各作業とも約2%と少なかったのは、中耕、培土、畦立作業をつるの伸長が短い時期をねらって早目に行なったためである。2%前後の脱葉であれば栽培上支障はない。

3) つるの損傷および埋没 表3・10に示すように、ウィーダ作業ではつるの損傷はなかったが、中耕以後は損傷株が生じた。損傷は畦間へ伸長したつると作業機との抵抗が大きい時におきた。特に畦立時の中耕爪による損傷率は4.6%であった。つるの埋没の多くは培土、畦立時に生じるが、つるの伸長がまだ短い時に早めに行な

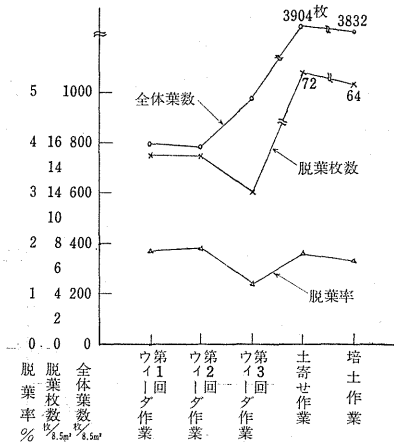


図 3・23 脱葉程度 (甘しょ作)

培土作業

表 3・10 つるの損傷および埋没 (甘しょ作)

作業	損		傷		埋		没	
	全体株数	損傷株数	損傷率(%)	全体株数	埋没株数	埋没率(%)		
培土作業	346	4	1.17	346	24	6.06		
畦立作業	346	16	4.62	346	19	5.49		

ったので少なかった。

なお、この作業体系は落花生、大豆、ナタネの各栽培にも適用できた。

4. 作用器具による畦形と負荷特性

4.1. 試験方法

(1) 試験区と供試機

畑作水稲および甘しょ作の作業体系（表3・7、表3・8）を想定し、各作業の作用器具が作る畦形とけん引負荷特性を調査した。ウィーダ作業、中耕作業としてはウィーダ齒杆数および中耕爪数を畑作水稲の場合は38本と11本、甘しょ作の場合は45本と12本とした。また甘しょ作の培土および畦立作業では培土器の前部に中耕爪2本をとりつけて使用した。

(2) 供試圃場

試験は宮大学内農場畑圃場の裸地（耕うん整地後の碎土率1cm以下70%，3cm以上0%）で行なった。

(3) 畦形測定

圃場面描写器³⁾で各作業前後の畦の凹凸を2cm間隔で測定した。

(4) けん引力の測定

けん引力の測定は図3・24のようにけん引車で被けん引車（作業機をとりつけた小型トラクタで試験時は駆動しない）をけん引し、中間にけん引力計（ロードセルLT1AA，共和電業製）を装着して動ひずみ計（PRM-AT，共和電業製）と電磁オシログラフ（RMV-0523B，共和電業製）で計測し、次のように計算した。

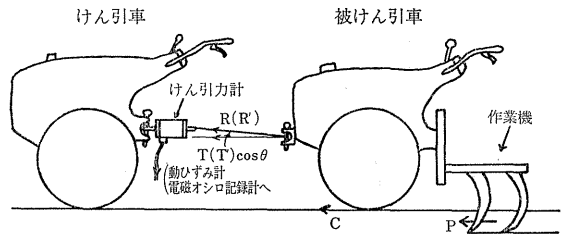


図3・24 けん引力測定模式図

けん引力計が水平となす角を θ とし、けん引力計で計測するけん引力を R とすると水平方向のけん引力 T は

$$T = R \cos \theta \tag{9}$$

被けん引車の走行抵抗を C 、作業機の抵抗を P とすると、式(9)より

$$C + P = T = R \cos \theta \tag{10}$$

となる。また作業機を使用せず被けん引車のみけん引した時（無負荷時）のけん引力計の読みを R' とし、水平方向のけん引力を T' とすると

$$C = T' = R' \cos \theta \tag{11}$$

となり、作業機のみけん引力 P は式(10)、(11)より

$$P = (R - R') \cos \theta \tag{12}$$

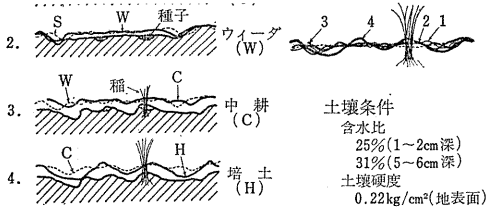


図 3・25 畑作水稻の畦形の推移

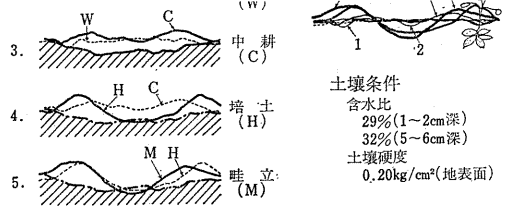


図 3・26 甘しょ作の畦形の推移

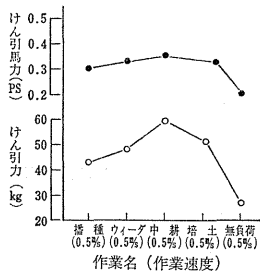


図 3・27 畑作水稻のけん引負荷特性
(土壌水分: 28% (0~2cm)
36% (2~4cm))

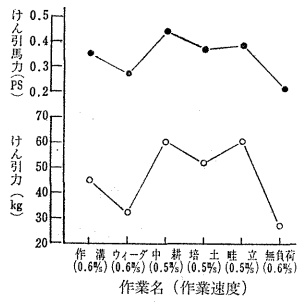


図 3・28 甘しょ作のけん引負荷特性
(土壌水分: 29% (1~2cm)
32% (5~6cm))

す。畑作水稻では整地後の平坦な圃場表層は播種作業により表層を全面破碎攪拌し、中耕によりさらに 5~6 cm 深に条間を耕起し、最後に培土作業により株際へ土を盛った。甘しょ作では 70 cm 幅で挿苗用溝を作り、ウィード作業で表層を破碎攪拌し、同時に畦溝を作り、中耕作業で 6~7 cm 深に耕起した。そして培土作業により株際へ土がより、畦立作業で畦は高畦となった。

(2) けん引負荷特性

図 3・27、図 3・28 に畑作水稻、甘しょ作におけるけん引負荷特性を示す。各作業を比較すると中耕作業と畦立作業がけん引力 $P=60$ kg で最も大きく、次に培土作業が $P=50$ kg であった。その他はいずれも 30~50 kg であった。また無負荷 (走行のみ) のけん引力 (走行抵抗) C は 27 kg であったので総けん引力 T は 60~90 kg となる。けん引馬力は 0.5~0.7 ps で試作機による作業体系は 3~5 ps の小型トラクタで充分使用可能であった。

要 約

(1) 歩行用小型トラクタによる播種・管理作業に一貫して使用できる汎用型フレームと作用器具を試作した。フレームは等辺山形鋼を溶接して構成し、このうち 3 本の横向きの山形鋼は等間隔のボルト穴を有するツール・バーで、作用器具はこれにボルトで装着するようにした。試作した作用器具は畦整地、作溝、播種、除草、中耕、培土、畦立の作用器具でこれらは組合せて同時作業も可能である。

(2) 播種は前列、中列のツール・バーに市販の線出し装置 (シバタ式点播機) をとりつけ、後列

のツール・バーにふく土と均平を兼ねたウィーダ齒杆をとりつけて行なった。

(3) 初期の除草作業はウィーダ齒杆（幅 20 mm，高さ 240 mm で齒先が三角形）の軌跡間隔が 1.2 cm となるように前・中・後列のツール・バーに多数の齒杆をとりつけて行なった。中耕作業は中耕爪（幅 30 mm，高さ 250 mm）を 3 本のツール・バーに作条に合せて 6~10 本とりつけて行った。培土，畦立作業は条間の狭い水稻作では 3 ケの小培土器を，また広い甘しょ作では大培土器を使用して行なった。

(4) 試作器は水稻乾田直播栽培，畑作水稻では畦幅 60 cm，簡易平畦（畦高さ 6~7 cm の梯形断面の畦）で使用し，甘しょ作では畦幅 70 cm，挿苗時の畦形は平畦とし，各作業を行なう中で漸次高畦にし，培土後の畦立作業で最終的には畦高 15~20 cm の慣行の三角形断面とする畦で使用了。

(5) 畦用整地器は 4 cm 以上の大きい土塊や重い刈株を排除することが可能であり，畦幅については 65 cm よりも 55 cm の畦に適用性があった。

(6) 水稻乾田直播栽培の除草体系は乾田状態においてはウィーダの 2 回使用と除草剤 DCPA の併用で確立できた。湛水状態においてはウィーダ齒杆と回転除草器をツール・バーにとりつけて使用すると除草効果を良好にすることができた。

(7) 畑作水稻の除草作業は水稻乾田直播栽培の場合よりウィーダの使用回数を多くする必要があり，そのため初期のウィーダ除草は 1~2 回多くなった。初期除草で株間，株際に残った雑草は中耕時には草丈が 20 cm 程度に成長して機械除草が困難になるから初期除草の効果を十分上げる必要がある。

(8) 甘しょ作では挿苗後 2 週間以内の株間，株際のウィーダ除草は苗の活着が弱いので引き抜ける危険があるが，2 週間以後 3 週間までは全面ウィーダ作業ができた。

(9) 各作業とも前作業の作業精度の良否が後作業に強く影響したが，特に播種，ウィーダ，培土等の作業はその傾向が強くみられた。

(10) 作業機のけん引負荷の大きさは中耕作業と甘しょの畦立作業の場合が最も大きく 60 kg であり，培土作業では 50 kg で他は 30~50 kg であった。このときのけん引馬力は 0.5~0.7 ps であり，3~5 ps の小型トラクタで十分作業可能な範囲にあった。

(11) 試作器は上記作物の外に小麦，ナタネ，ラッカセイおよび大豆にも適用できた。

終りに実験にご協力下さった佐藤恪彦（故人），成合新，岩崎親，吉富幹雄，竹内広行の諸氏に感謝の意を表します。

参 考 文 献

- 1) R. A. Kepner etc, PRINCIPLES OF FARM MACHINERY, The Avi Publishing Company, 1972.
- 2) 古池寿夫 他, 小型トラクタ用ウィーダに関する研究, 農業機械学会誌, Vol. 31, No. 1, p. 3-11, 1969.

(1) This report presents some informations on the structure and the application of trial implements that are useful for seeding and managing on a small power tractor of walking type. Trial implements are the all purpose type frame and several tools. The frame is made of equilateral angle steels, and had three tool-bars. Kinds of trial tools are as follows; a leveler of row, a corrugator, a seeder, a weeder, a cultivator, a wing hiller and a mulcher. Moreover these tools in combination with each other were able to conduct a few works at the same time.

(2) The seeder was constructed of the delivery mechanism of Shibata's planter which was attached to the front and middle tool-bars, and five or six teeth for weeder which were set up to the rear tool-bar for covering and leveling.

(3) The weeder in the early growth stage of weeds was constructed of many teeth of triangular share points which were attached to three tool-bars at intervals of 1.2 cm. The cultivator was constructed of six to ten cultivating teeth to three tool-bars with the optimum space of row. For hilling and mulching after cultivating a small hiller and a big one were used, particularly three small hillers were used with narrow rows such as rice field, and a big one was used with wide rows such as sweet potato field.

(4) As trial tools were used in direct seeding on dry field of paddy, upland rice field and sweet potato field, methods of their cultivation were changed from usual ones as follows. Rice seeds were sowed in two rows on flat row of 60 cm in width. Seedlings of sweet potato were planted at 70 cm apart between rows, and the shape of row was changed from flat row to high one in the advance of the each working.

(5) The leveler of row was able to remove lumps of soil over 4 cm in diameter and heavy stubbles. It was more effective on row of 55 cm in width than one of 65 cm in width.

(6) The weeder on dry field of paddy pulled up perfectly weeds by weeding of twice with spraying of once of DCPA herbicide. The weeding tool on submerged field could weed effectively by using teeth of the weeder along with the rotary weeder.

(7) Weeding times of upland rice field in the early growth stage of weeds needed one or two more times than those of direct seeding on dry field of paddy. Weeds that remained on the planting distance and the side of seedling at weeding in the early growth stage grewed 20 cm tall at cultivating times. As those weeds could not be pulled up by weeding implements, it is most important to weed perfectly in the early stage of weeds.

(8) The weeder in sweet potato field was difficult to use about the planting distance and the side of seedling because the rooting of seedlings was not perfect within two weeks after planting them. But it could be used from two weeks down to three ones.

(9) The operating accuracy of a work was effected by that of last one, particularly, about seeding, weeding and hilling.

(10) Pulling force of tools was 60 kg on cultivating and mulching, 50 kg on hilling and 30kg to 50 kg on the rest workings. As pulling horse power of tools

was 0.5 ps to 0.7 ps, those tools can be used by a small power tractor of 3 ps to 5 ps.

(11) This trial implement was also effective on the field of wheat, rapeseed, peanut and soybean.