

# 農業機械化研究所研究報告

第 28 号

---

Technical Report  
of the

Institute of Agricultural Machinery

(Nogyo Kikaika Kenkyusho)

Omiya, Saitama, Japan

No. 28 December 1994

---

農 機 研 報

Tech. Rep.  
Inst. of Agric.  
Dec.

28 : 1 - 79  
1994

平成 6 年 12 月

生物系特定産業技術研究推進機構  
農 業 機 械 化 研 究 所

埼玉県大宮市日進町1丁目

生物系特定産業技術研究推進機構

農業機械化研究所

Institute of Agricultural Machinery

(Bio-oriented Technology Research Advancement Institution)

編集委員会

金丸直明(委員長)

鷹尾宏之進

鈴木正肚

市川友彦

長木司

石束宣明

森芳明

北村誠

Editorial Committee

Naoaki KANAMARU (Chief)

Hironoshin TAKAO

Masato SUZUKI

Tomohiko ICHIKAWA

Tsukasa NAGAKI

Noriaki ISHIZUKA

Yoshiaki MORI

Makoto KITAMURA

目 次

1. 金光幹雄・山本健司  
ハクサイ収穫機の開発研究…………… 1
  
2. 長木 司・小川幹雄・西村 洋・戸崎紘一・宮原佳彦・深澤秀夫・梶山通雄  
カンキツ栽培用機械の開発研究 (第1報)  
ーカンキツ用汎用作業車と作業機の開発…………… 52
  
3. 津賀幸之介・小西達也・市川友彦・堀尾光広・吉田清一・千葉哲朗・柿沼昭次  
乳苗の田植機適応性に関する研究…………… 67

Technical Report of the  
Institute of Agricultural Machinery  
(Nogyo Kikaika Kenkyusho)

No. 28 December 1994

C O N T E N T S

1. Mikio KANAMITSU • Kenji YAMAMOTO  
Development of Chinese Cabbage Harvester ..... 1
  
2. Tsukasa NAGAKI • Mikio OGAWA • You NISHIMURA  
Koichi TOSAKI • Sumihiko MIYAHARA • Hideo FUKAZAWA, Michio KAJIYAMA  
  
Studies on the Mechanization of Citrus Growing (Part 1)  
—Development of Multipurpose Vehicle for Hillside Orchard  
and its Implements ..... 52
  
3. Kohnosuke TSUGA • Tatsuya KONISHI • Tomohiko ICHIKAWA • Mitsuhiro HORIO  
Seiichi YOSHIDA • Tetsuroh CHIBA • Shoji KAKINUMA  
  
Study on the Adaptability of Transplanter for Rice  
Infant Seedlings ..... 67



金光幹雄\*・山本健司\*\*

1994-2-14受理

## 抄 録

金光幹雄、山本健司：ハクサイ収穫機の開発研究 農機研報告No.28：1-51（1994）

ハクサイ収穫作業の省力化を図るため、1条用一斉収穫機の開発研究を行った。

まず、ハクサイの形状と質量及び引抜き力を調査し、収穫機設計の基礎資料を得た。

これに基づきスクリュオーガと挟持ベルトからなる引抜き機構及び固定刃を用いた切断機構を試作し、室内試験と圃場試験を行い改良を図った。

続いて、上記の引抜き機構と回転円板刃を用いた切断機構を備えた歩行型収穫機を試作した。試作機は、ハクサイを引き抜き、外葉と根茎部を切断した結球部を圃場へ列状に放置していく作業を連続して行うことができた。

次に、歩行型収穫機の機能に、荷台と圃場外への運搬機能及び収穫部地上高の自動制御装置を加えたトラクタ直装用収穫機を試作した。

現地適応性試験の結果、収穫損失はなく、再調製により全てを市場に出荷できた。収穫機の作業能率は2人作業で4.9時間/10aであり、ハクサイの切り取りと運搬作業を省力化できたが、再調製に20.4人時/10aを要し、収穫総作業時間は30人時/10aで慣行作業と同程度の能率であった。

## 1. 緒言

ハクサイは、1個当たり質量が2～4kgであり、平成3年産の10a当たり平均収量は4.2tであった<sup>1)</sup>。

ハクサイの収穫作業は、腰を折り曲げて切り取り、調製し、その後結束または箱詰の手順で行い、全て人手で行っている。一方圃場外への搬出には、トレーラ、動力運搬車等を使い省力化を図っているが、なお荷台への積み込み、荷下ろしは人力で行うため多くの労力を要している。

本研究はこのようなハクサイの収穫作業の省力化を図るために能率的な収穫機の開発を目的としたもので、昭和53年からハクサイ収穫機の開発研究に着手し、おおむね平成元年までの主たる研究内容を取りまとめたものである。

2. では本研究の背景と目的を述べ、3. では収穫機を開発する際の基礎資料となるハクサイの形状や質量、引抜き力などの物理的性状について述べた。4. では収穫機の主要部である引抜き・搬送機構と切断機構の設計

目標、構造概要、基礎実験及び改良経過について述べた。

5. では基礎実験の結果を踏まえて、ハクサイを引抜き、外葉と根茎部を切断除去した後、圃場に残していく方式の歩行型収穫機の試作とその性能について述べた。6. では、歩行型収穫機の機能に、収穫物の収納・運搬の機能を付加したトラクタ直装用収穫機の試作と作業性能について述べた。7. では、試作した収穫機の高精度化を目的として、ハクサイを栽培した後の畝形状調査と高さ制御装置の検討について述べ、開発した高さ制御機構を組み込んだ収穫機の現地適応性について述べた。

## 2. 研究の背景と目的

### 2. 1 ハクサイ生産の概要

#### 2. 1. 1 ハクサイ生産の推移<sup>2), 3), 4), 5), 6)</sup>

我が国における野菜の作付面積の推移についてみると、昭和50年代においてはおおむね増加傾向で推移していたが、近年は減少傾向に転じている。地域別には、都市近郊地帯において畑地の改廃等により野菜の作付面積が減少している一方で、交通網の整備等により、北海道、東北等の遠隔産地では作付面積が増大し、市場に占める割

\* 園芸工学研究部（現企画部）、\*\*園芸工学研究部

合も増大している。なお、国民1人当たりの年間野菜消費量は約110kgと安定している。

ハクサイは、野菜生産出荷安定法において、国民生活の観点から価格安定上特に重要な野菜として指定された指定野菜14品目の1つであり、ダイコン、キャベツ、タマネギに次いで作付面積が多い。図1に、ハクサイの作付面積、10a当たり収量、収穫量の年次別動向を示した。昭和40年と平成3年で比較してみると、収量は3t/10aから4t/10aへと大幅に増大したが、作付面積は50000haから28000haまで減少し、収穫量も減少している。

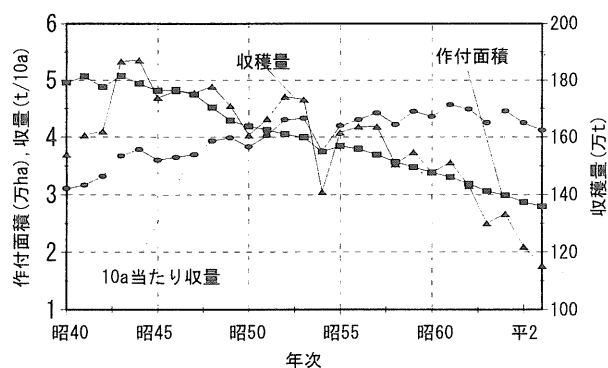


図1 ハクサイの作付面積、10a当たり収量、収穫量の年次別動向

表1 季節区分別収穫量

(平成3年産、単位：千t)

	春ハクサイ	夏ハクサイ	秋冬ハクサイ
全国	130.6	206.1	817.7
茨城	40.8	長野 159.0	茨城 160.1
長野	27.6	群馬 15.6	愛知 58.6
長崎	13.7	北海道 14.6	北海道 37.3
愛知	5.5	青森 5.1	福島 35.9
北海道	4.4	岩手 4.9	兵庫 33.1

平成3年産の主要産地県の収穫量を作型別に表1に示す。秋冬ハクサイの収穫量が最も多く、1産地県当たりの収穫量では、秋冬ハクサイの茨城県と夏ハクサイの長野県が多くなっている。年間の作付面積では、茨城4100ha、長野3000ha、北海道1300ha、群馬1200ha、愛知1200haの順となっており、これらの主産地が機械化の対象地域と考えられる。

## 2. 1. 2 労働時間<sup>7)</sup>

図2に作型別に主産地県と、その10a当たりの平均作業別労働時間を示す。ハクサイの栽培作業には、耕うん、施肥、播種、移植、中耕除草、追肥、防除、収穫等がある。これらの作業は、移植と収穫を除いて機械化が進んでおり、省力化が図られている。移植作業の機械化については、各種の移植機が市販化され、普及に移されようとしている。収穫作業では、圃場外への搬出にトレーラ、

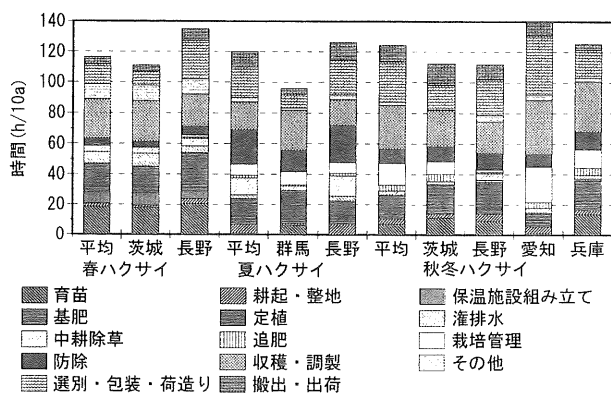


図2 作型別10a当たり作業別労働時間

動力運搬車等が使われているが、他は全て人力作業である。10a当たり労働時間の合計は産地あるいは作型により大きく異なるが、96時間から140時間と多くの労力を要している。このうち収穫・調製に要する時間は、17時間から35時間であり、これに引き続いて行われる選別・包装・荷造りと搬出・出荷まで含めると40時間から83時間となっている。この収穫から出荷までの作業時間は全労働時間の41%から59%を占めており、最も労力を要する作業となっている。しかも腰を曲げての人力による厳しい作業であるため、経営規模拡大のネックになっており、機械化による省力化が要望されている。

## 2. 2 収穫作業体系

### 2. 2. 1 調査方法

調査対象として、練床育苗移植栽培で一斉収穫を行った後、圃場で結束して出荷している茨城県結城郡と、直播栽培で一斉収穫後、調製、箱詰を屋内で行っている愛知県豊橋市を選定した。

茨城県結城郡では、収穫作業の計時と聞き取り調査を行い、愛知県豊橋市では聞き取り調査を行った。

調査場所と期日は次のとおりである。

- ・茨城県結城郡八千代町栗山 昭和54年11月14日
- ・愛知県豊橋市三本木町字三本木 昭和57年2月22日

2. 2. 2 調査結果

(1) 茨城県結城郡

茨城県のハクサイ作付け面積は、全国のハクサイ作付け面積の約15%を占めており、全国1位である。結城郡の作付け面積は、表2のとおりであり、1戸当たりの平均作付け面積は1.8haであった。

調査対象農家は、3haのハクサイを栽培していた。また、調査した収穫作業の栽植様式等の条件及び収穫作業の概要は表3のとおりであった。

収穫作業の方法及び作業時間の調査結果を表4、表5及び図3に示した。これらを要約すると次のとおりである。

作業に従事したのは、経営主、その妻、父と母の4人であった。作業風景を図4～図9に示す。

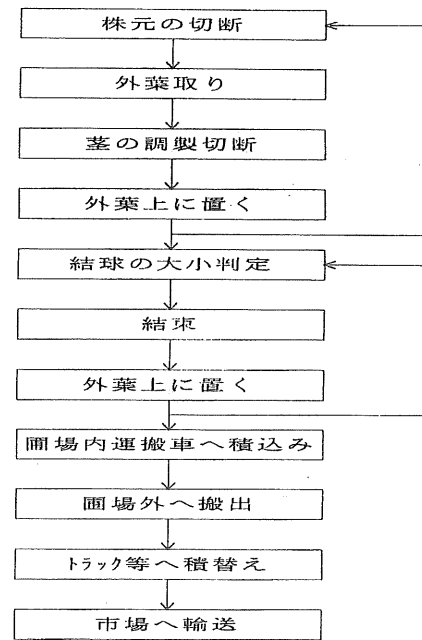


図3 八千代町のハクサイ収穫作業の手順

表2 茨城県結城郡におけるハクサイの作付け状況

		昭和54年 結城普及所調査			主要品種の作付け割合 (%)	
作型	作付面積 (ha)		昭54増減割合 (%)	主要品種の作付け割合 (%)		
	昭54	昭53		白栄(5)、スリッパ(2)	王将(27)、力(16)	
結城市	早生	35	43	-17	白栄(5)、スリッパ(2)	
	中晩生	256	311	-18	王将(27)、力(16)	
	貯蔵用	209	246	-15	耐寒仲春(23)、おん(16)	
計	500	600	-17			
八千代町	早生	365	310	+18	白栄(14)、ロビン(8)	
	中晩生	590	740	-20	新東京(17)、新理想(13)	
	貯蔵用	245	250	-2	力(11)、おん(7)	
計	1200	1300	-8			
結城地区	早生	400	353	+13	白栄(11)、ロビン(6)	
	中晩生	846	1051	-20	王将(15)、新東京(14)	
	貯蔵用	456	496	-8	耐寒仲春(18)、おん(9)	
計	1700	1900	-11			

表3 八千代町における栽植様式及び収穫作業の概要

項目	測定値
圃場1筆面積 (a)	28
条間 (cm)	60
株間 (cm)	51
畝高さ (cm)	13
栽植本数 (株/10a)	3268
結球質量 (kg)	2.9
収穫個数 (個/日)	900
収穫量 (kg/日)	2646
作業人員 (人)	4
搬出回数 (回)	2

注) 栽植本数は条間と株間から算出した。

表4 八千代町における単位量当たり平均作業時間

項目	作業者	主人	妻	父	母	平均
結球切り・調製 (秒/個・人)				15.3	20.3	17.8
結束 (秒/束・人)		26.7	25.7			26.2
トラへの積み込み (秒/束・人)				10.8		
圃場内運搬 (秒/回)				137		
トラックへの積み替え (秒/束・人)				13.6		

注1) 結球切り・調製、選別・結束は個別作業で、トラへの積み込みからトラックへの積み替えは4人組作業

2) 圃場内運搬は搬出距離により異なるが、収穫場所からトラックまでの距離が約70mの場合の測定例



図4 ハクサイの切取り作業

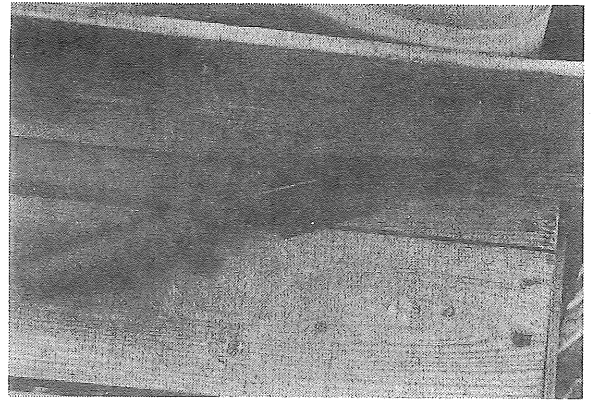


図5 先の湾曲した包丁



図6 調製作業



図7 結束作業



図8 トレーラによる運搬作業



図9 動力運搬車からトラックへの積み込み

表5 10a当たり理論収穫作業所要労力(八千代町)

項目	所要労力 (人時)	工程別割合 (%)
結球切り・調製	14.8	40.9
結 束	10.9	30.2
トレーへの積み込み	4.5	12.4
圃場内運搬	0.3	0.8
トラックへの積み替え	5.7	15.7
計	36.2	100.0

注) 収穫球を3000個/10aとして、単位面積当たり作業所要時間から算出した。

収穫作業は、圃場に生育しているハクサイの結球部を包丁で切り取る結球切り作業、切り取った結球部の底部を湾曲した包丁でえぐり取る調製作業、大小を選別して2又は3個をPP紐で束ねる結束作業、結束したハクサイのトレーへの積み込み、圃場外への運搬、トラックへの積み替え作業の手順で行われる。そのうち結球切り・調製と結束は作業を分担し、以後の作業は共同で行われた。作業分担は、最初4人が、結球切り・調製を行い、ある程度進んだ段階で、父母は同作業を継続し、経営主とその妻は、結束作業に移り、両作業がほぼ同時に終了するように行われた。

結球切り・調製は、1人当たり2条まとめて行い、調製した結球は4条分をまとめて列状に並べる。この作業は、先端の湾曲した刃渡り10cm程度の包丁(図5参照)を使い、外葉を左手で押し下げて株元から切断し、余分な外葉を手で取り除く。その後、持ち上げて左手で脇に抱え、株元を包丁できれいに仕上げる。腐敗部分があれば取り除き、土の汚れは布で拭き取る。切除して圃場に敷いた外葉の上に並べて置くという手順で行われた。

結束は、2個(小球は3個)を図7及び図10に示す木製の結束台を使い、PP紐を伸ばし、結束台の溝に納め、2個を並べて置き、帯紙を上置き、PP紐で結束し、ナイフでPP紐を切り、外葉の上に列状に並べるという手順で行われた。

運搬は、乗用トラクタ牽引のトレーラを使って行われた。4条分をまとめて1列に並べられた列の間にトレー

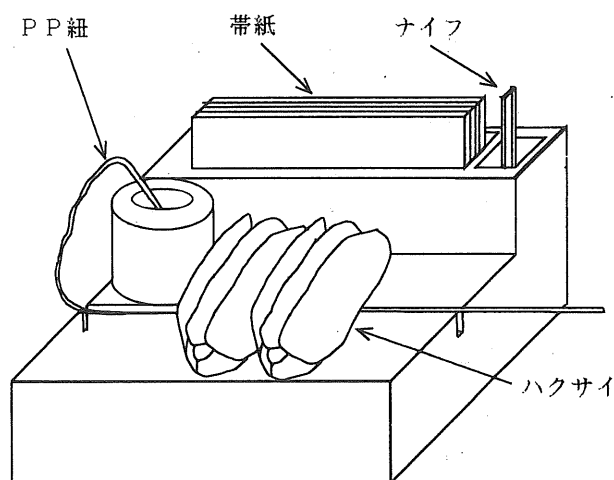


図10 結束台

ラを入れ、3人が積み込み、1人がトレーラの移動と積み込みを行った。トレーラには、6段に重ね、230束を積載した。圃場端の道路で、トレーラから2tトラックに積み替えた(図8参照)。トラックには、7段に重ね450束を積載した。トラックは農業者が個人で所有し、圃場から直接市場に出荷する。なお、ハクサイの圃場内運搬に、動力運搬車を用いる農業者も見られた(図9参照)。

収穫作業の理論所要労力を、収穫結球数を3000個/10aとして、単位作業時間から算出すると、36.2h/10aであり、このうち結球切り・調製が14.8h/10a、結束が10.9h/10a、積み込み・運搬・積み替えが10.5h/10aとなる(表5参照)。

(2) 愛知県豊橋市

豊橋市南部農協管内の1戸当たりハクサイ栽培面積は、70aであった。

調査対象農家の耕地所有面積は5.0haで、夏作にスイートコーン、スイカを作付けた後、冬作として、ハクサイを2ha、キャベツを50a栽培していた。

ハクサイの収穫は、例年は一斉収穫を行うが、昭和57年は、前年9月の低温により生育が揃わず、選択収穫を行っていた。なお一斉収穫を行っている農業者もいた。収穫作業は、図11の手順で行われ、概要は以下のとおりである。

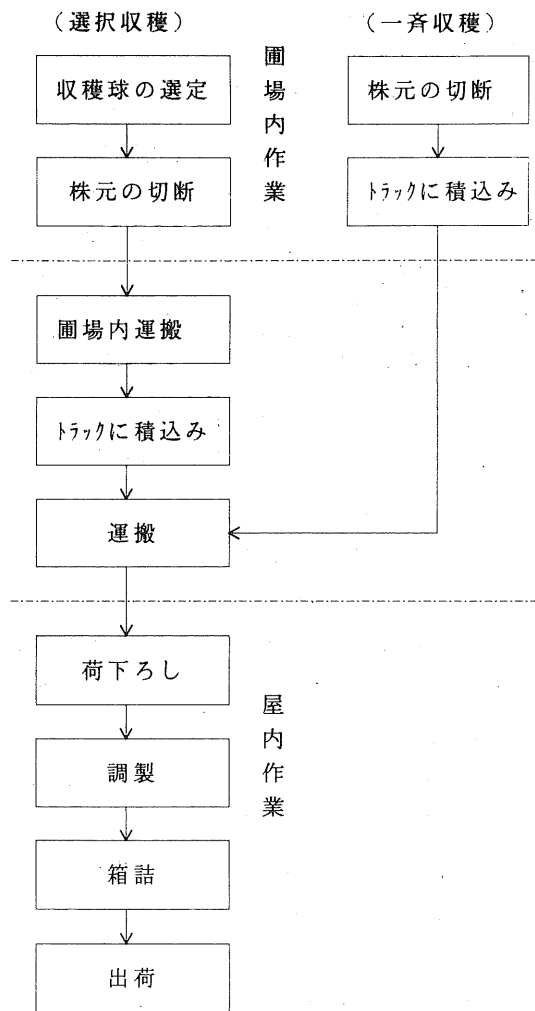


図11 豊橋市のハクサイ収穫作業の手順

選択収穫では、2～3回に分けて、収穫適期のものから鎌で株元を切断し、その場に置いて行く。圃場内運搬には一輪車を使い、圃場端の道路でトラックに積み替える。

一斉収穫では、1行程で2条を切り取り、4条を1列にまとめて並べ、トラックを圃場内に乗り入れて搬出する。降雨後で圃場が軟弱な場合は、圃場外への搬出に運搬車を使う。なお、晩生の作型では、霜害防止のため12月上旬に外葉を結束している。

調製は、1月下旬までの収穫では、圃場内で行われる。2月以降は、外葉を結束した状態で調製場へ持ち帰り、屋内で調製、重量選別、箱詰が行われる。

出荷規格は表6に示すとおりで、15kg入り段ボール箱に箱詰めする。調査農業者の出荷内訳は90%以上が2L規格で他は3L規格であった(表6参照)。

表6 ハクサイの出荷規格(豊橋市南部農協)

項目 階級	結球重 (kg)	個数 (個/箱)	質量 (kg/箱)
4 L	3.8以上	4	
3 L	3.8未満 3.0以上	5	
2 L	3.0未満 2.5以上	6	
L	2.5未満 1.9以上	7～8	15
M	1.9未満 1.4以上	9～11	
S	1.4未満 1.0以上	12～15	
白	1.0未満	16以上	

備考1) 球揃えをよくすること

2) 根部は短く切断した後えぐり取り木綿の乾いた布でよく拭き取る

3) 段ボール箱詰で2段になる場合新聞紙を間に敷くこと

聞き取り調査による所要労力を、表7に示す。表中の慣行出荷とは、収穫・調製・箱詰後ただちに市場に出荷するものであり、貯蔵出荷とは、収穫・調製・箱詰後、3～4月の端境期まで冷蔵庫で2ヵ月程度貯蔵した後、市場へ出荷する出荷形態を示す。なお、圃場から調製場への運搬には4tトラックを使い、1日の収穫作業量である5a分を1回で運んでいる。圃場は1区画40aに区画整備されているが、散在し、遠いところでは13km離れた圃場もある。

表7 10a当たり収穫所要労力  
(豊橋市での聞き取り調査例)

項目	所要労力 (人・時)	工程別割合 (%)
慣結球切り	9.3	29.0
行積込み	2.7	8.4
出調製・箱詰	20.0	62.5
荷計	32.0	100.0
貯結球切り	9.3	22.1
蔵積込み	2.7	6.4
出調製・箱詰	30.0	71.4
荷計	42.0	100.0

(備考) 圃場から調製場までの運搬、荷下ろしの所要労力は含まれていない

## 2. 3 収穫作業機械化の検討

### 2. 3. 1 収穫方式

ハクサイは、直播栽培と移植栽培が行われている。直播栽培は、移植栽培に比べて気象条件の影響を受けやすく生育は揃いにくい。産地の実態調査結果によれば、茨城県八千代町では練床育苗による移植栽培で、収穫は一斉に行っていた。愛知県豊橋市では直播栽培が行われ、収穫は年によっては選別収穫を行う必要があるものの、例年は一斉収穫を行っていた。これらの産地では1畝に1条を栽培していた。「露地野菜の栽培様式に関する調査」<sup>9)</sup>によれば、愛知県以東では主として1畝に1条を栽培しているが、三重県、岐阜県以西では主に1畝2条の寄せ畝栽培が行われている。

収穫作業の機械化を考える場合、選別収穫機の開発を行うには、個々のハクサイについて収穫適期の判定や選別収穫機構のほか、作物が栽培されている状態での収穫機の畝間走行など困難な問題がある。また、1畝2条の寄せ畝では、2条同時に収穫するか、走行部をハイクリアランス化し1畝を1回1条ずつ収穫し、1往復で1畝2条を収穫することが必要となり、機構が複雑になる等の困難な問題がある。

以上のことから、開発する収穫機は、1畝に1条栽培されたハクサイを一斉に収穫する方式とした。

### 2. 3. 2 機械化体系

慣行収穫作業は、結球切り・調製・結束または箱詰作業と、運搬作業があり、これらが全て圃場内で行われる場合と、調製以後の作業が調製施設などの屋内で行われる場合がある。

機械化が困難であると考えられる作業は、調製と箱詰である。調製は一般に、根部を切除した後、包丁などを使って茎の部分をえぐり取るように行われており、平滑な刃で適切な位置で切断できたとしても、慣行の調製状態(図12参照)にするためには再調製が必要となる場合が多い。出荷荷姿は2~3個を結束する産地と、15kg入り段ボール箱に箱詰する産地がある<sup>9)</sup>。結束の機械化について、ハクサイの結束機構は人力供給式であるが、既に市販されており、結束機付動力運搬車の使用例もみられる。段ボール箱への箱詰は人力によらざるを得ない。

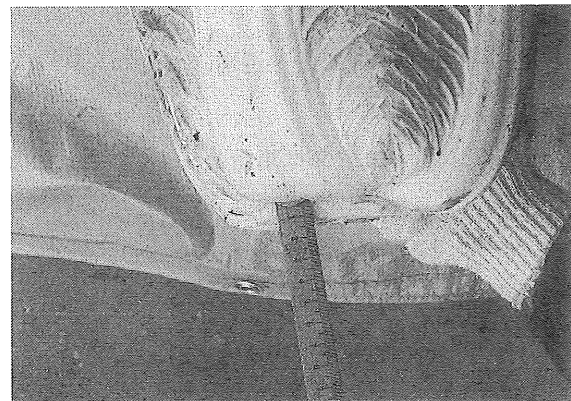


図12 結球の調製作業(茎の部分を深さ15mmまでえぐり取る)

以上のことから、収穫作業の能率化を図るには、結球切りと運搬を同一行程で機械化して省力化し、人手によらざるを得ない調製と結束又は箱詰を定置作業として行うことが合理的と考えられる。この機械化収穫作業の工程を図13に示す。機械化作業体系を慣行作業体系と比較すると、次のような利点が考えられる。

- a. 腰を曲げて行う結球切り作業が機械化され、省力的、能率的になる。
- b. 人手による調製、結束が、圃場内での移動作業から、定置作業になり、作業強度の軽減と省力化が図れる。更に調製作業台等を利用することにより高能



率化できる可能性もある。

- c. 圃場内運搬車等への積み込み作業がなくなり、人手によるハンドリング回数を減らすことができる。
- d. 出荷時の調製荷姿の要求が緩和され、機械で結球切りを高精度に行うことができれば、再調製が不要となり更に省力化を図ることができる。

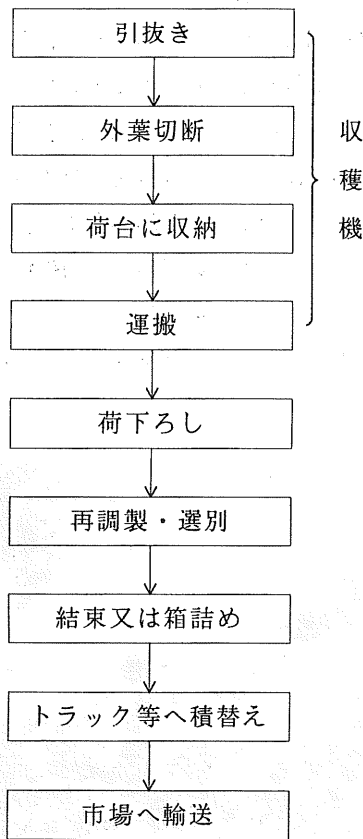


図13 機械化作業工程

2. 3. 3 圃場作業量

機械化の作業能率を圃場作業量C (a/h) で示すと次式で表される<sup>10)</sup>。

$$C = \frac{A}{t} = \frac{E \times C_1}{100}$$

ここに、 $C_1$  : 理論作業量 a/h、 $C_1 = 36 WV$ 、  
 $A$  : 圃場面積 a、 $t$  : 全作業時間 h、  
 $E$  : 圃場作業効率%、 $W$  : 理論作業幅 m、  
 $V$  : 作業速度 m/s

機械化作業体系について、理論作業幅 (畝幅)  $W$  を 0.6m とし、圃場作業効率  $E$  を 50%、60% とした条件で、収穫機の作業速度  $V$  (m/s) を変えた場合の圃場作業量  $C$  (a/h) を試算した結果を図14に示す。

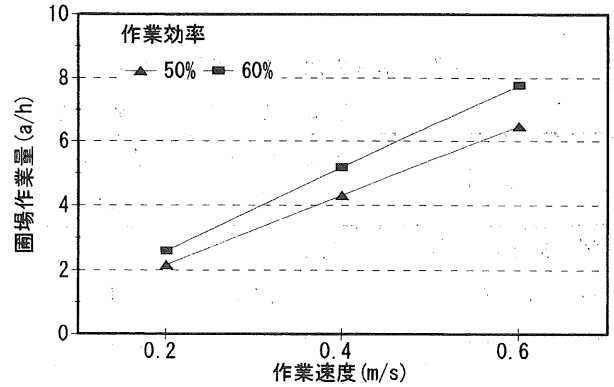


図14 収穫機作業体系の圃場作業量試算

圃場作業効率を60%として、0.4m/sの作業速度であれば圃場作業量は約5 a/hとなる。

次に、機械化収穫作業体系での10aあたり作業時間を八千代町での慣行収穫作業を参考にして、次の条件で試算した結果を表8に示す。

- a. 圃場区画を10a、畝幅60cm、畝長50m、畝数33畝とする。
- b. 収穫機の作業速度を0.5m/s、圃場作業効率を60%とし、収穫作業時間を1.5h/10aとする。
- c. 収穫物運搬時の速度を1m/s、圃場作業効率を60%とし運搬作業時間を0.8h/10aとする。
- d. 収穫機からの荷下ろしは、慣行作業のトレーラへの積み込みと同じ4.5h/10aとし、トラックへの積み替えは5.7h/10aとする。
- e. 再調製・選別は1ヶ所で定置して人力で行い、作業時間は、5h/10aとする。

表8 機械化収穫作業体系の作業時間の試算

項目	作業時間 (h/10a)	工程別割合 (%)
結球切り	1.5	5.3
運搬	0.8	2.8
荷下ろし	4.5	15.8
再調製・選別	5.0	17.6
結束	10.9	38.4
トラックへの積み替え	5.7	20.1
計	28.4	100.0



f. 結束は1ヶ所で定置して人力で行い、作業時間は、慣行と同じ10.9h/10aとする。

以上の条件のもとでの結球切りからトラックへの積み込みまでの10a当たりの全収穫作業時間は、28.4h/10aとなり、慣行収穫作業時間36.2h/10aに比較し、1.27倍の能率となる。

更に高能率化を図るためには、荷下ろし、再調製・選別、結束又は箱詰め、積み替え作業の省力化を図る必要がある。

## 2. 4 結球葉菜収穫機に関する既往の研究概要

### 2. 4. 1 海外の動向

欧米においては、結球葉菜収穫機の開発研究<sup>1)1)</sup>は1960年代から行われている。一斉収穫用キャベツ収穫機、レタス収穫機等は、既に米国、西独、オランダ<sup>1)2), 1)3)</sup>等において市販化されている。しかしこれらは、加工用キャベツ・レタスが対象である。選択収穫のレタス収穫機については、機械的、あるいはX線、γ線等を利用した選択法<sup>1)4), 1)5), 1)6), 1)7), 1)8)</sup>について研究されたが、実用化には至っていない。

オランダのD O K E X社製キャベツ収穫機が昭和48年に農林水産省野菜試験場盛岡支場に輸入され、性能試験<sup>1)9)</sup>が行われたが、搬送・切断性能が劣り、良品はわずか5～9%であった。

### 2. 4. 2 国内の動向

キャベツ収穫機（一斉収穫方式）は、農業機械化研究所（現在：生研機構）で昭和46年から開発<sup>2)0)</sup>が始められた。その後農事試験場（現在：農業研究センター）<sup>1)9)</sup>、<sup>2)1)</sup>、野菜試験場<sup>2)2)</sup>、滋賀農試<sup>2)3), 2)4)</sup>、愛知農総試<sup>2)5)</sup>でも収穫機の開発が行われたが実用化されていない。また、野菜試験場盛岡支場では収穫補助機の開発研究<sup>1)9)</sup>が行われた。現在では、生研機構で高精度化をねらいとした研究が行われている。

レタス収穫機（一斉収穫方式）の開発は、昭和48年から九州農試畑作部<sup>1)9)</sup>、農事試験場<sup>1)9)</sup>で行われ、その後、中国農試<sup>2)6), 2)7)</sup>で開発が行われた。選択収穫については、富山技術短期大学での機械式検出選択収穫機の試作<sup>2)8)</sup>と静電容量法による結球度検出の研究<sup>2)9)</sup>が行われた。

ハクサイ収穫機の研究については、中国農試<sup>3)0)</sup>と茨城農試<sup>3)1)</sup>で、収穫機開発のための基礎資料を得ること

を目的として、ハクサイの物理的性質の調査等が行われた。農事試験場では、結球葉菜に汎用的に使用することのできる一斉収穫機の開発のための研究が行われ、ハクサイに対しては3秒/株程度の収穫速度で適用できる見通しを得たことが報告されている<sup>2)1)</sup>。また、三重県農業技術センター<sup>3)2)</sup>では、人の判断により切断刃を操作する方式の選択収穫機の開発も試みられた。

## 2. 5 本研究の目的

わが国の農業の中で、近年は生産農家の高齢化、労働力不足等により、野菜の供給力の低下が懸念されており、地域における労働力の確保、生産の省力化等により野菜生産の担い手となる経営体を育成し、安定的な供給体制を確立することが急務となっている。

このようなことから、本研究では、野菜の中では4番目の栽培面積であるハクサイを対象とし、人力で作業が行われている収穫作業のうち、圃場内におけるハクサイ結球の切り取り作業と圃場外への運搬作業の省力化を図るために、1畝に1条栽培された条件の圃場で一斉収穫を前提とした能率的な収穫機を開発することを目的とした。

想定する機械化作業工程は図13に示すとおりであり、ハクサイを引き抜き、外葉と根茎部を切断して、結球部を荷台に収納し、これらを圃場外まで運搬する機能を備える収穫機を開発する。

## 3. ハクサイの物理的性状の調査<sup>3)3)</sup>

ハクサイの性状は、品種、直播または移植、夏どり、秋冬どりなどの作期や、株間、条間などの栽植様式によって大きく異なる<sup>3)4), 3)5), 3)6)</sup>。

ハクサイ収穫機を開発を行うに当たり、その収穫機構と、各作用部の諸元を決定するための基礎資料として、ハクサイの物理的性状を調査した。調査項目は各部寸法、質量及びハクサイを引き抜く際の引抜き力である。

### 3. 1 ハクサイの形状・質量

#### 3. 1. 1 試験方法

ハクサイの性状を知るため、8品種について、1品種当たり10～51個のハクサイを調査した。

寸法を測定した部位を図15に示す。

調査は、まずハクサイが圃場に生育している状態で外葉の広がりを示す全高と全幅を測った後、圃場から引き

抜いて根部に付着した土を落とし、外葉最下部の位置で根茎部を切り離した。根茎部については茎径を測定し、外葉の付いた状態の結球部の質量と結球底部の凹みを測定した。その後、包丁で最適と思われる位置で外葉を切断し、外葉枚数を数え、最適切断長を測定した。結球部については、その質量と結球高さ、結球幅、結球底から結球の重心位置までの距離を重心高として測定した。なお、結球部の重心位置は、結球部を横にして直径10mmの丸鋼棒上に置き、左右が釣り合う位置として求めた。

続いて、結球を切り過ぎた際の損失の程度をみるため、結球葉について外側部から1枚ずつ除去してその質量を

測定し、結球全質量に対する除去結球葉の質量割合を損失質量割合として求めた。

3. 1. 2 試験結果及び考察

ハクサイの寸法と質量の調査結果を表9に示す。

収穫時期のハクサイは、外葉の底部は地面に密着しており、結球部がほとんど直立している。調査した範囲では、外葉が9~20枚あり、畝の両側への外葉の広がりを示す全幅は220~470mmで、慣行の栽培様式である条間600~750mmの畝間まで広がっている。結球幅及び結球高さはそれぞれ140~200mm、250~300mmであった。結球から外葉・根茎を切断する適切な部位(図15に示す最適切断長)は、外葉枚数とその厚さにより異なるが、外葉底面から12~33mmであった。

結球を切り過ぎた場合の損失質量割合の調査結果は、表10及び図16に示すとおりで、品種と収穫時期により多少異なるが、結球葉1枚を切り過ぎると3~5%の損失となることがわかる。また、結球葉を5枚以上除くと葉色が変わってくるため商品価値がなくなると判断された。

以上の性状調査の結果から、結球の切断面を汚さないで収穫するには、まず引き抜き、その後に根茎部と外葉を切断する必要があると考えられる。したがって、損傷を伴うことなくハクサイを引き抜いて搬送する方法が、収穫機構開発の鍵になると考えられる。

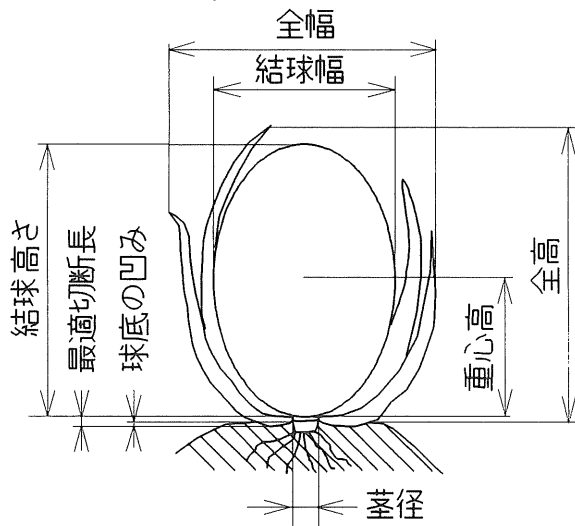


図15 ハクサイの寸法測定部位

表9 ハクサイの寸法・質量

上段：平均値、下段：標準偏差

品 種	供試 個数	全高 (mm)	全幅 (mm)	結球(mm)		重 心 高(mm)	球 底 の 凹み(mm)	最 適 切 断長(mm)	質 量 (kg)		茎系 (mm)	外葉 枚数
				高 さ	幅				外葉+結球	結球		
平塚1号	11	336	412	260	136	169	11	21	1.87	1.38	26	12.5
		30	51	32	13	13	3	5	0.24	0.19	2	3.9
錦 秋	26	391	471	284	169	147	21	31	3.66	2.75	23	12.5
		28	93	9	11	18	4	7	0.59	0.38	2	2.8
新理想	30	340	259	289	200	106	27	33	4.19	2.94	32	14.6
		59	25	19	17	9	5	8	0.44	0.27	7	1.8
王 将	11	310	223	294	194	118	21	33	3.99	2.95	29	20.0
		8	14	7	11	5	3	7	0.48	0.51	3	3.3
耐病60日	51	312	444	247	145	96	11	12	2.45	1.87	26	14.8
		24	59	16	16	13	4	4	0.57	0.38	5	2.7
無 双	10	343	461	279	166	108	20	25	3.17	2.51	23	10.0
		13	57	10	5	6	3	4	0.21	0.20	1	1.7
坂 東	10	304	252	281	189	109	17	32	3.51	2.68	32	15.5
		9	9	8	11	18	2	3	0.18	0.52	2	1.0
隆 徳	10	437	294	278	205	108	9	17	3.83	2.50	41	9.2
		13	25	14	16	9	2	3	0.62	0.50	1	1.8

表10 結球葉除去による損失調査結果  
(上段は平均値 (g) と標準偏差 (g)、下段は割合 (%) を示す)

品種	個数	結球部 質量(g)	累積除去葉質量 (g) と結球葉損失質量割合 (%)					
			1枚	2枚	3枚	4枚	5枚	6枚
無双	11	2170±283	85±11 3.9	165±15 7.6	243±16 11.2	329±22 15.1	405±26 18.7	481±32(g) 22.2 (%)
王将	10	1620±529	57±16 3.5	120±36 7.4	172±38 10.6	231±51 14.3	281±61 17.3	330±72(g) 20.4 (%)
錦秋	10	2059±537	96±19 4.7	196±37 9.5	284±59 13.8	367±68 17.8	451±81 21.9	535±99(g) 26.0 (%)

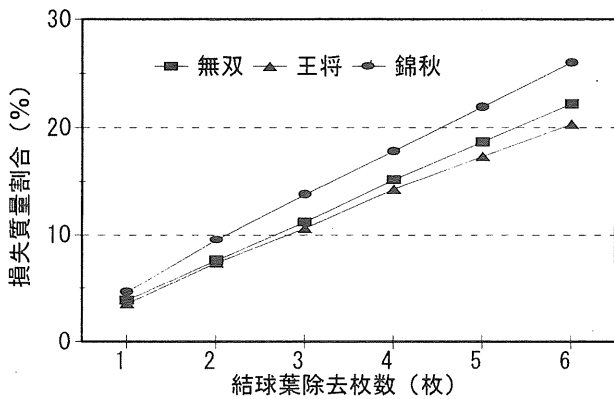


図16 結球葉除去による損失割合

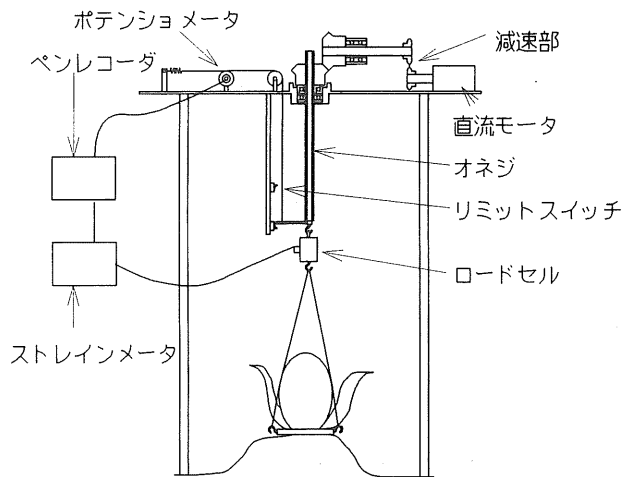


図17 ハクサイ引抜き力測定装置

### 3. 2 ハクサイの引抜き力

#### 3. 2. 1 試験方法

ハクサイを引き抜く時の引抜き力を知るための装置を試作した。図17に引抜き力測定装置の構成を、図18に引抜き試験の様子を示す。

引抜き装置は、直流モータ (出力 120W)、減速部、傘歯車、オネジ、歪みゲージ式ロードセル (容量500N)、ポテンシオメータ、リミットスイッチ等からなる。ハクサイの引抜きは、次のように行われる。即ち、直流モータの回転は、出力軸に取り付けられたスプロケットからチェーンを介して減速して傘歯車入力軸スプロケットに伝えられ、傘歯車で回転方向を鉛直軸回りに変えられる。鉛直に設置された傘歯車はボス部がメネジ (メートル並目ネジ、M18、ピッチ 2.5mm) になっており、そのボス部はスラストボールベアリングで支えられている。



図18 ハクサイ引抜き試験風景

なお、傘歯車のメネジと噛み合うオネジにはキー溝を設け、フレームに固定したキーによりフレームに対して上下方向に移動はするが、回転しない構造とした。このようにして傘歯車の回転とネジの作用により、オネジはフレームに対し上下方向に移動する。この装置の引抜き速度  $V$  (mm/s) は、モータ出力軸回転数を  $N$  (rpm)、スプロケットの減速比を  $r$  とすれば、次式で表される。

$$V = \frac{2.5 r N}{60}$$

この装置の動力には、圃場で計測することを考慮して、DC12Vのバッテリー電源で駆動できる直流モータ（出力120W、トルク0.8Nm、出力軸回転数1500rpm）を使用した。減速は、直流モータ出力軸から傘歯車入力軸に動力を伝達するスプロケットで行い、スプロケットの交換によって減速比  $r$  をそれぞれ0.19、0.26、0.48と変えることにより、引抜き速度を12、16、30mm/sの3段階に設定した。直流モータの始動は手動スイッチにより行い、停止はリミットスイッチによって行った。引抜き変位量は、回転型ポテンシオメータで検出し、ペンレコーダで記録した。回転型ポテンシオメータによる引抜き変位量の検出は、次の方法によった。即ち、回転型ポテンシオメータの軸にドラムを取付け、一端を引抜き部に取付けたワイヤを、プーリを経由してドラムに6~7回巻付けた後、引張りコイルバネを介して架台に固定することにより、直線変位を回転角度の変化に変えた。また、引抜き力はロードセルで検出し、ストレインメータを介してペンレコーダに記録した。ハクサイの引抜きは、リンクチェーンをハクサイ外葉底面に輪状に取付け、その3カ

所を吊上げて行った。

引抜き試験は、茨城県八千代町（黒ボク土、品種：新理想）、生研機構川里農場（灰色低地土、品種：錦秋）、生研機構大宮圃場（黒ボク土、品種：平塚1号）の3ヶ所で行った。

### 3. 2. 2 試験結果及び考察

引抜き試験結果を表11に示し、外葉を除いた結球質量と最大引抜き力との関係を図19に示す。設定した引抜き速度の範囲において、最大引抜き力は、黒ボク土の圃場では平均118Nであるが、引抜き速度の影響は明確には認められなかった。一方、灰色低地土の川里農場での最大引抜き力は、他の黒ボク土の圃場に比べて大きく、引抜き速度が30mm/sと速いとき平均245Nであった。なお、引抜き力が最大となった時の変位量は各圃場で平均24~33mmであり、この時点で根茎部の根毛は土壌から引き離されたものと思われる。

### 3. 3 摘要

- (1) 8品種のハクサイについて、各部の形状・質量を調査した。
- (2) ハクサイの形状等の調査結果から、結球の切断面を汚さないで収穫するためには、まず引き抜き、その後根茎部と外葉を切断する必要があると考えられる。また、損傷を伴うことなく、ハクサイを引き抜いて搬送する方法が収穫機構開発の鍵になると考えられる。

表11 引抜き試験結果

試験場所 (品種)	項目	引抜き速度 (mm/s)		
		12	16	30
八千代町 (新理想)	結球質量 (kg)	2.9 2.8 3.6	3.1 3.1 3.0	2.7 2.8 2.6
	最大引抜き力(N)	107 127 172	133 113 128	128 106 110
	変位量 (mm)	27 37 32	38 31 38	37 30 30
川里農場 (錦秋)	結球質量 (kg)	2.3 3.0 2.8 2.5 2.7		2.9 2.2 3.1 3.3
	最大引抜き力(N)	183 208 193 153 248		255 233 238 283
	変位量 (mm)	35 37 19 17 8		35 19 32 28
大宮圃場 (平塚1号)	結球質量 (kg)	1.6 1.5 1.3 1.5 1.4		1.5 1.5 1.5 1.2 0.9 1.4
	最大引抜き力(N)	120 140 98 113 128		105 80 85 128 100 118
	変位量 (mm)	25 36 20 36 23		23 34 19 32 25 19

(3) ハクサイの引き抜き力は、黒ぼく土の圃場では平均 110Nと小さく、灰色低地土の圃場では平均 250 Nと大きな値であった。また、ハクサイの根茎部の根毛は30mm程度引き抜くことにより土壌から引き離されていることが検証された。

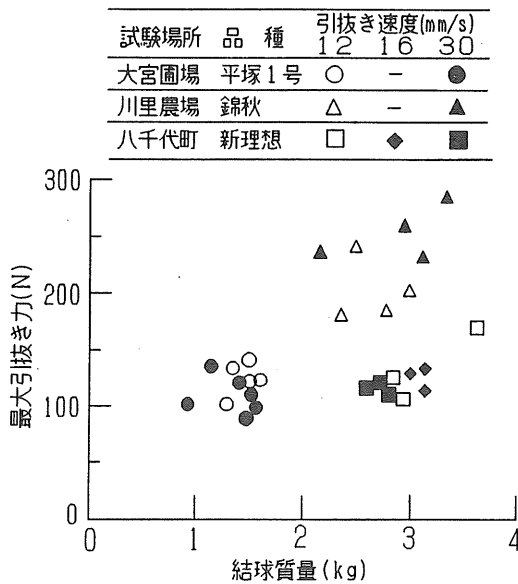


図19 ハクサイの引き抜き力

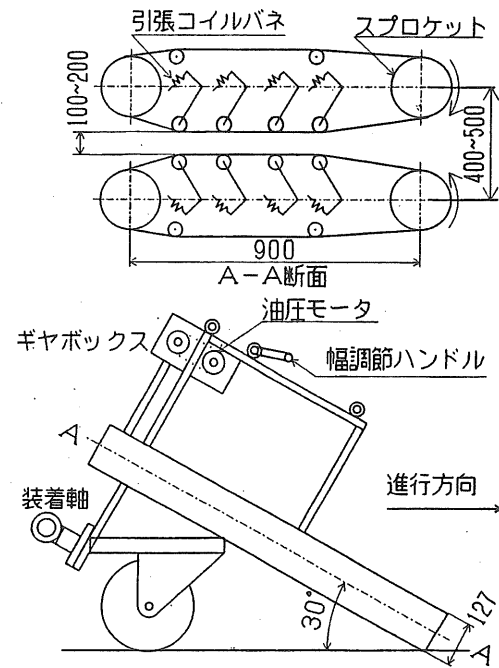


図20 引抜き・搬送機構

#### 4. 収穫機開発のための基礎実験<sup>33)</sup>

ハクサイを引き抜き、外葉・根茎部を切断除去する方式の収穫機構を開発するため、引抜き・搬送機構と切断機構を試作し、基礎実験を行った。

##### 4. 1 引抜き・搬送機構

###### 4. 1. 1 設計目標と構造概要

ハクサイの引抜き・搬送機構を開発することを目的として、挟持ベルトを主要部とする引抜き・搬送機構を試作し、クローラ型動力運搬車の側方に、軸を支点として装着した。

引抜き・搬送機構の構造を図20及び図21に示す。

引抜き・搬送作用を行う挟持ベルトは、ローラチェーンに幅38mm、長さ 127mmのプラスチック製チェーンアタッチメントを取り付けたものである。各チェーンは、それぞれ4個のテンションプロケットで張られており、各テンションプロケットの引張コイルバネのバネ定数  $k$  は  $1.47\text{N/mm}$  とした<sup>38), 39)</sup>。表12に引張コイルバネの諸元を示す。

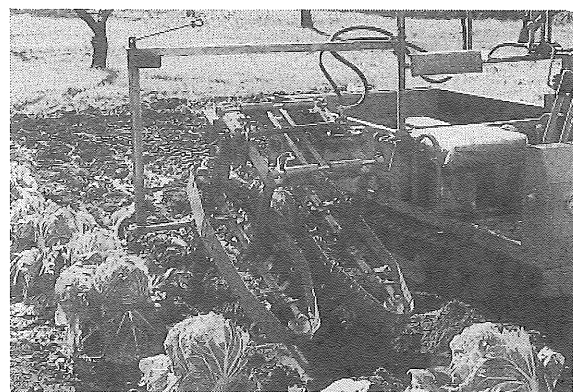


図21 引抜き・搬送機構の概観

表12 引張コイルバネの諸元

材質	SWP
材料の径 $d$ (mm)	1.5
コイルの内径 $D_2$ (mm)	12
有効巻数 $N_a$	14
自由長さ $L$ (mm)	70
バネ定数 $k$ (N/mm)	1.47

なお、バネ定数  $k$  は次式により求めた。

$$k = \frac{G d}{8 N_a D^3}$$

ここに、 $G$  : 横弾性係数  $8 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$

$d$  : 材料の径、 $N_a$  : 有効巻数

$D$  : コイルの平均径  $D = (D_1 + D_2) \div 2$

$D_1$  : コイルの外径mm

$D_2$  : コイルの内径mm

挟持ベルトの水平面に対する傾斜角度は  $30^\circ$  とした。また、左右挟持ベルトの間隙は、性状調査の結果に基づいて100mmに設計した。

#### 4. 1. 2 試験方法

引抜き・搬送機構の性能を知るため、室内で定置試験と走行試験を行った。定置試験では、左右挟持ベルト間に重錘を取り付けたハクサイを人力で供給し、挟持ベルトによる引抜き力を調査した。圃場でのハクサイの引抜き状態を想定した走行試験は、ハクサイをロードセルを介して床に固定し、引抜き・搬送機構を装着したクローラ型動力運搬車を走行させて、挟持ベルトでハクサイを挟持して引抜き作用を行わせた。

室内での走行引抜き試験の様子を図22に示す。

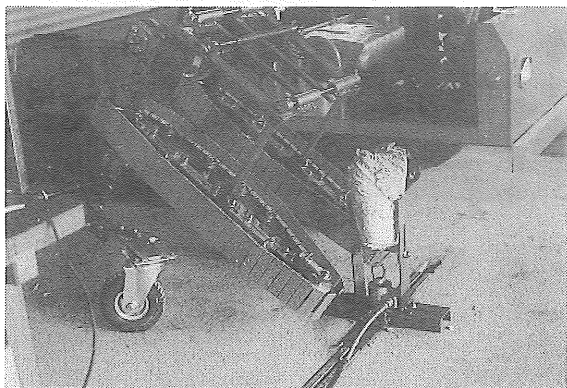


図22 室内走行引抜き試験

#### 4. 1. 3 試験結果及び考察

定置試験では、損傷を与えない程度に左右挟持ベルトの間隙を調節することにより、ハクサイに10kgの重錘を付加した状態まで引抜くことができた。

走行試験では、左右挟持ベルトの間隙調節によって引抜き力は変わったが、結球に損傷を与えない範囲での最大値は約49Nであった。定置条件と比べて走行条件で引抜き力が小さかったのは、挟持ベルトでハクサイを挟み始める時のハクサイ挟持位置の違いが主な原因であり、挟持ベルトにハクサイを円滑に挟み込ませることが重要であった。何れにしても、図19の結果と対比すると、挟持ベルトによる引抜き・搬送機構では、ハクサイの引抜き力の大きい灰色低地土の場合は、引抜きが難しいと考えられた。

#### 4. 2 引抜き・搬送機構の改良

クローラ型運搬車の側方に軸を支点として装着し、水平面に対して  $30^\circ$  の傾斜角をもたせた挟持ベルトを主要部とする引抜き・搬送機構の試験結果から、挟持ベルトにハクサイを円滑に挟み込むことが重要であり、ハクサイの引抜き力が大きい灰色低地土では、引抜きが難しいと考えられた。これらの実験結果を踏まえ、2軸スクリュオーガと挟持ベルトで引き抜いて搬送し、畝上に並べて残す方式の歩行1条用自走式引抜き・搬送機構を試作し、性能試験を行った。

##### 4. 2. 1 構造概要と機能

試作した引抜き・搬送機構の構造を図23、図24及び図25、図26に示す。

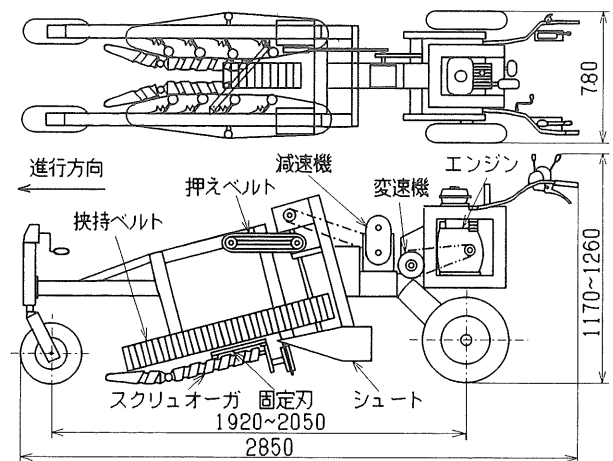


図23 改良後の引抜き・搬送機構

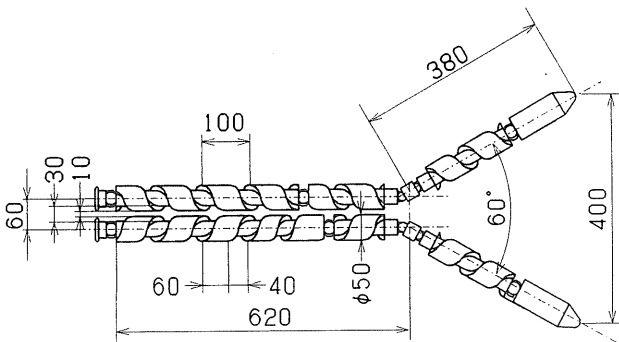


図24 スクリューオーガの構造

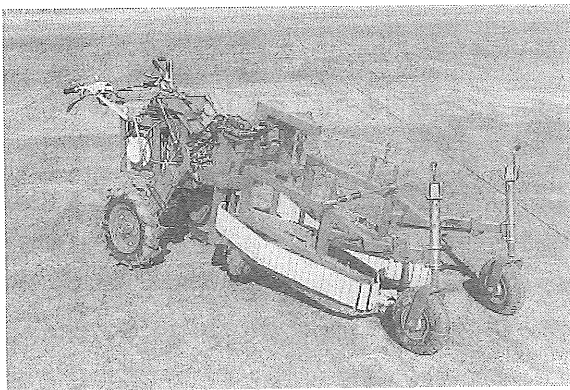


図25 改良後の引抜き・搬送機構の概観

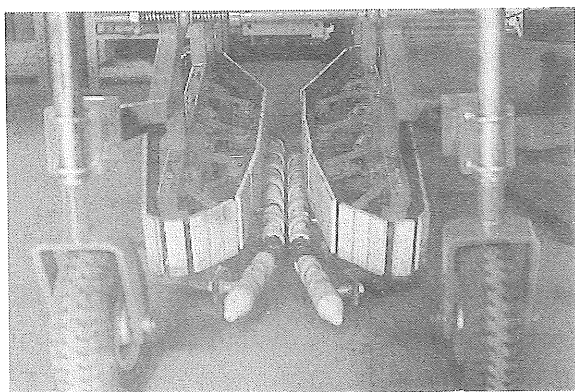


図26 スクリューオーガの概観

スクリューオーガは、材質が硬質プラスチックで、外径50mmの丸棒に深さ10mm、ピッチ100mmで螺旋状に凹状の溝を切った形状とした。螺旋方向は左右対象とし、それぞれ内向きに回転させ、ハクサイの根茎部をスクリューオーガの凹部で内側下方に引き込みながら保持し、後方に搬送する方式とした。2軸スクリューオーガは、左右の軸間隔を60mm、左右スクリューオーガ山部の間隙を10mm、谷部の間隙を30mmとし、機体水平面に対し15°の傾斜をもたせて配置した。

また、スクリューオーガの先端部は長さが380mmで機体に対し水平で、60°の角度で先開きとし、左右の最先端部の間隙が400mmとなるように配置した。なお、収穫時にハクサイをスクリューオーガ面に対して直立する姿勢で引抜き搬送させるため、スクリューオーガの搬送速度の水平方向成分と走行速度が一致するように設計した。

挟持ベルトには、ハクサイとの摩擦抵抗を増したうえ、損傷を軽減させるため、厚さ10mmの緩衝材（商品名：ソフトロン）をプラスチック製チェーンアタッチメントの表面に貼付した。

なお、上述の引抜き・搬送機構の値は標準使用状態であり、2軸スクリューオーガの間隙は左右独立して調節できる構造となっている。また、前輪及び後輪の高さを調節することにより、畝高さに応じて引抜き・搬送機構の地上高が調節でき、さらに傾斜角度の調節もできる構造とした。

#### 4. 2. 2 試験方法

試験は、挟持ベルトの作用を知るため、挟持ベルトのみによる引抜き試験1（供試品種：新理想）と、スクリューオーガを付加した引抜き試験2（供試品種：王将）を黒ボク土の生研機構大宮圃場で行った。試験では引抜き割合と損傷の程度について調査し、損傷の程度については、結球葉2枚以上の傷を大、1枚の傷を中、1枚の表面の傷を小として分類した。

#### 4. 2. 3 試験結果及び考察

試験結果を表13に示す。

引抜き試験1の結果は、挟持ベルトにより引き抜けたハクサイの割合が97%で、引き抜いたハクサイの26%に挟持ベルトによる損傷（大13%、中10%、小3%）があった。

引抜き試験2の結果は、供試した全てのハクサイを引き抜くことができた。しかし、引抜き時にスクリューオーガによるハクサイの結球への損傷が13%（中5%、小8%）、挟持ベルトによる損傷が37%（大8%、中5%、小24%）発生した。これは、スクリューオーガ先端の畝面からの高さ、引抜き・搬送機構の傾斜角度の調節可能な範囲が狭く、適切な調節が困難であったことによる。また、挟持ベルトの間隙調節については、ハクサイの大小に対して挟持ベルトのテンションの作用で十分対応できた。

表13 引抜き試験結果

試験 番号	供試 個数	供試 品種	結球部 質量(kg)	スクリューガによる損傷				挟持ベルトによる損傷				合 計
				大	中	小	計	大	中	小	計	
1	30	新理想	3.83	—	—	—	—	4	3	1	8	8 (個)
			±0.48					13	10	3	26	26 (%)
2	38	王将	3.78	0	2	3	5	3	2	9	14	19 (個)
			±0.42	0	5	8	13	8	5	24	37	50 (%)

- 注1) 試験番号1は、挟持ベルトのみ、試験番号2は挟持ベルトとスクリューガを装着した条件  
 2) 損傷の程度は、結球部葉2枚以上の損傷を大、1枚の損傷を中、1枚の表面の損傷を小とした。  
 3) 表中上段の数値は個数を、下段は個数割合(%)を示す。

#### 4. 3 切断機構

##### 4. 3. 1 固定刃による根茎部切断機構

各種の切断方式の中からハクサイの根茎部切断方式として、動力が不要で構造を簡単にできることから、固定刃を選定した。そして歩行1条用自走式引抜き・搬送機構に組み込んだ。

###### (1) 構造概要

固定刃は、スクリューガの上面から10mm(標準設定、調節可能)の位置に搬送方向に対して45°の角度で配置した。固定刃によるハクサイ根茎部の切断は、スクリューガで根茎部を、挟持ベルトで結球部をそれぞれ保持した状態で搬送する途中に行う。

###### (2) 試験方法

固定刃を組み込んだ自走式引抜き・搬送機構について、圃場で収穫試験を行い、外葉と根茎部の切断状態を調査した。

###### (3) 試験結果及び考察

固定刃による外葉と根茎部の切断は55~60%が、根茎の未切断部が結球底部に付いた状態の浅切りで、他は未切断であった。これは、スクリューガと挟持ベルトによる保持力より、固定刃の切断抵抗が大きかったためと考えられ、より切断抵抗の小さい切断機構を再検討する必要があった。

##### 4. 3. 2 回転円板刃による根茎部切断機構

###### (1) 構造概要

固定刃より切断抵抗が小さい回転刃による根茎部切断機構を試作した。回転刃は、ハクサイ株底部の外葉は根茎部を切断する際の切断面の大きさが直径100mm程度であることと、引抜き・切断機構へ組み込む際の構造を考慮して、回転刃の直径を300mmとし、刃の厚さは2.5mmとした。回転刃は2軸スクリューガ末端上面に組み込んだ。回転刃は、上面を平滑にして、下面にフランジを介して取り付け軸で駆動した。この駆動軸は、スクリューガの外側部で、機体中心から進行方向に対して右側90mmの位置に配置した。

###### (2) 試験方法

切断機構の諸元を決定するため、回転刃の種類(鋸刃<sup>40)</sup>: 図27)、円板刃<sup>41)</sup>(片刃: 図28、両刃)について、回転方向(左回転、右回転)及び刃の周速を変えて、ハクサイ根茎部切断時のトルクの測定とハクサイ切断面の良否の調査を行った。図29に供試刃の種類を示す。

試験装置は図30に示すとおりで、回転刃は、無段変速機付き電動機で中間軸を介して駆動した。回転刃の駆動トルクは、動力伝達の中間軸に貼付した歪みゲージで検出し、ストレインメータを介してペンレコーダで記録した<sup>42)</sup>。また、中間軸の回転数は電磁式回転検出器で検出し、ユニバーサルカウンタで測定した。

なお、挟持ベルトとスクリューガはエンジンで駆動した。



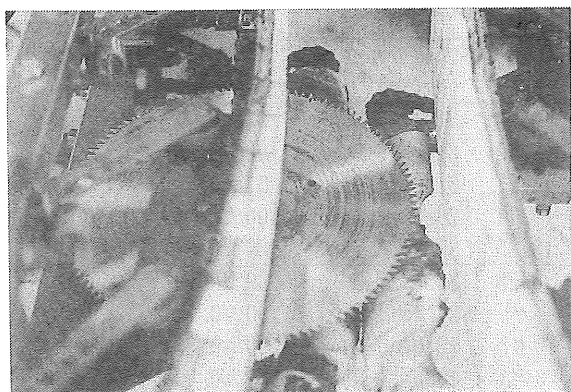


図27 回転刃（鋸刃）

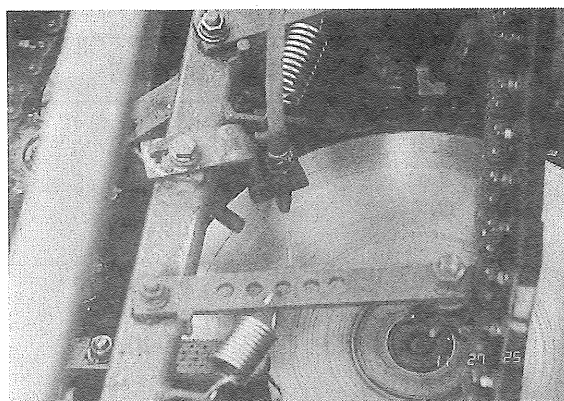


図28 回転刃（円板刃、片刃）

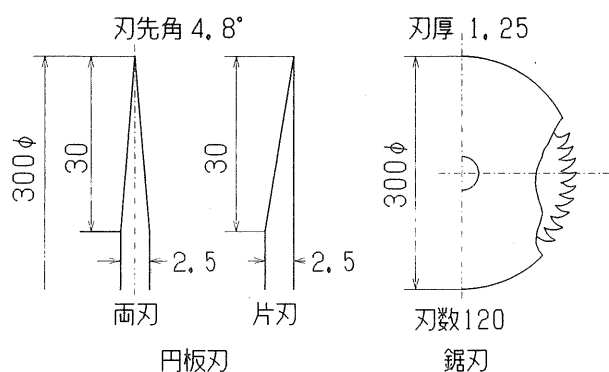


図29 供試回転刃の種類

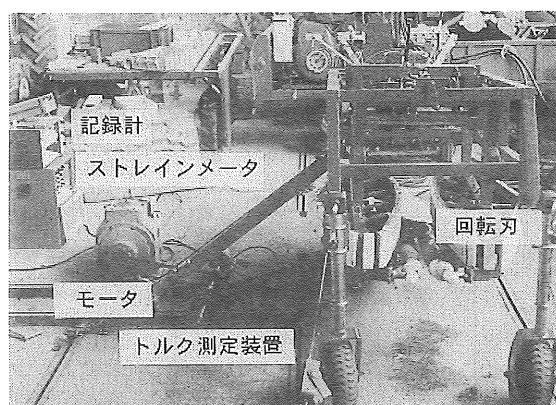


図30 ハクサイ根茎部切断トルク測定装置

(3) 試験結果及び考察

試験結果を表14に示す。

円板刃（片刃、左回転）の周速を変えた場合のハクサイ切断時トルクの極大値の測定結果を図31に示す。切断時のトルクの極大値は、周速が6～16m/sまでは漸減して極大値の変動も小さくなり、19m/sで増加する傾向があった。ただしこの場合、スクリュオーガ、挟持ベルトと円板刃がそれぞれ平行に配置されていたため、切断後のハクサイの外葉と根茎部がスクリュオーガと円板刃の間を通過する際、これらが円板刃の回転に対して大きな抵抗を与えていることが観察された。このため、スクリュオーガが円板刃に対し4°の角度で後方の間隙が開くように改良した。改良後に行った刃の種類（鋸刃、円板刃）と回転方向（左右）を変えた試験でのハクサイ切断時におけるトルクの極大値を図32に示す。円板刃（片刃、左回転）で周速6.3m/sの条件でのトルクの極大値の平均値は、改良前32Nmに対し改良後は22Nmに減少した。

また、円板刃（両刃、片刃）の回転方向を左右に変え

たときのトルクの極大値は、平均23Nmで大差はなかった。鋸刃の回転方向と周速を変えたときのトルクの極大値は、11～17Nmであり、周速が大きいほどトルクは小さかった。

しかし、円板刃と鋸刃で切断した際の切断面を比較すると、図33及び図34に一例を示すように、切断面の状態は、円板刃の方が良好であった。このことから、ハクサイの切断には円板刃が適していると判断した。

4. 4 摘要

ハクサイ引抜き・搬送機構及びハクサイ根茎部切断機構の基礎実験を行った。

- (1) ハクサイ収穫機構における搬送は、挟持ベルトで損傷を発生することなく行うことができた。
- (2) 挟持ベルトの下面にスクリュオーガを組み合せることにより、ハクサイを引き抜いて収穫することができるが、損傷を起こさないスクリュオーガの構造を明らかにする必要がある。

表14 ハクサイ根茎部切断トルク測定結果

試験番号	回転刃の種類	回転方向	供試個数	回転速度 (rpm)	周速 (m/s)	極大値トルク (Nm)	動力 (kw)
1	円板刃 (片刃)	左回転	5	400	6.28	32.4±7.5	1.33±0.31
	"	"	5	600	9.42	31.2±6.2	1.92±0.38
	"	"	5	800	12.57	31.2±4.9	2.57±0.40
	"	"	5	1000	15.71	29.2±3.5	3.00±0.36
	"	"	5	1200	18.85	37.6±6.7	4.63±0.83
2	円板刃 (片刃)	左回転	5	400	6.28	22.0±4.5	0.90±0.18
	円板刃 (片刃)	"	6	400	"	24.4±4.2	1.00±0.17
	円板刃 (片刃)	左回転	6	"	"	22.0±5.4	0.90±0.22
	鋸刃	"	5	"	"	16.9±4.9	0.69±0.20
	"	"	5	1200	18.85	11.2±1.7	1.38±0.21
	"	左回転	3	400	6.28	16.3±2.9	0.67±0.12
"	"	4	1200	18.85	12.3±0.22	1.62±0.27	

注) 試験番号1はスクリュオーガと回転刃を平行に取り付けた状態で、試験番号2はスクリュオーガを回転刃に対し4°の角度で後方の間隙が開くように取り付けた状態での試験

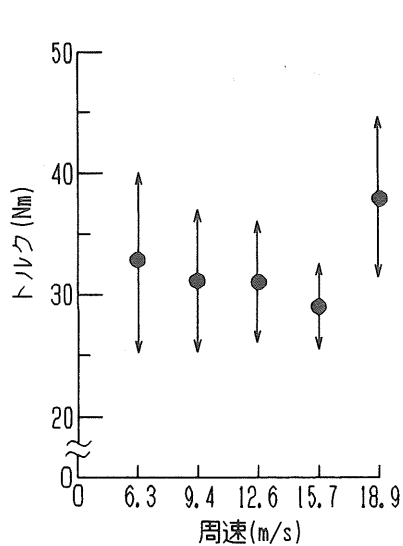


図31 回転刃 (片刃、左回転) の周速を変えた場合のハクサイ切断時極大値トルク

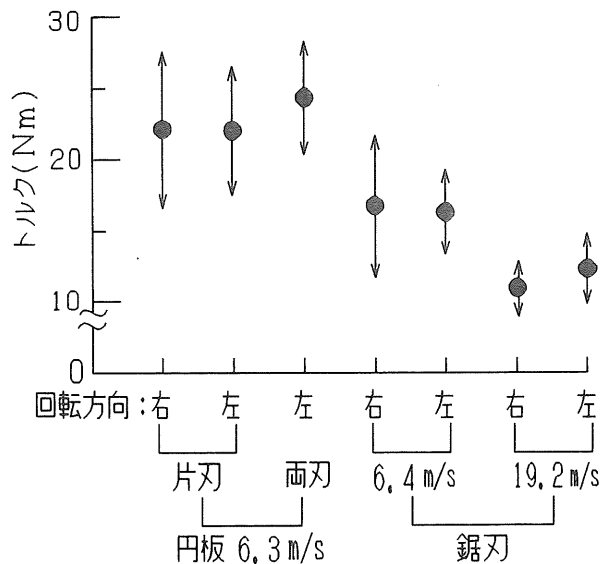


図32 刃の種類と回転方向を変えた場合のハクサイ切断時極大値トルク

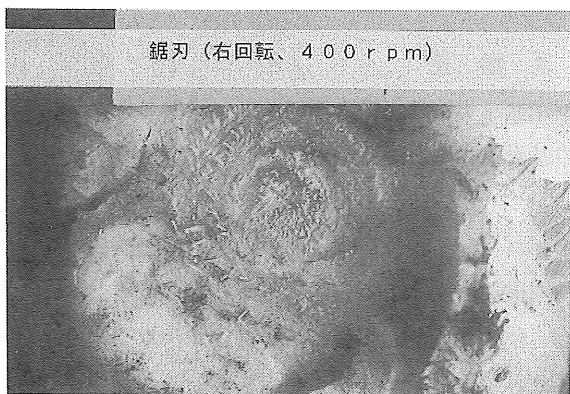


図33 鋸刃による切断面 (毛羽立ちがあり切り口も粗い、所要動力は小)



図34 円板刃による切断面 (切断面がなめらか、所要動力は大)

(3) ハクサイ茎部の切断は、周速 6 m/s 程度の円板刃による方法が適当であり、スクリュオーガと挟持ベルトの間に円板刃を設けて、外葉と根茎部を切断除去することができた。

## 5. 歩行型収穫機の試作と性能<sup>3)</sup>

### 5. 1 試作機の概要

#### 5. 1. 1 設計目標

収穫機開発のための基礎実験から、スクリュオーガと挟持ベルトによりハクサイを引き抜くことができ、円板刃によりハクサイの外葉と根茎部を切断除去することができた。しかし、スクリュオーガによる損傷を軽減する必要があることなどが分かった。これらの結果に基づき、収穫機構の改良を目的として歩行型収穫機を試作した。

#### 5. 1. 2 構造と機能

試作した収穫機の構造を図35及び図36に示す。

##### (1) 収穫部支持構造

収穫部は、本機フレームから入力軸で懸架し、入力軸を支点として回転できる構造とした。また、収穫部の前後上端の2ヵ所で引張コイルバネを介して本機フレームと連結し、バネの張力を変えることにより、スクリュオーガ先端部が地表面を押しつける力を調節し、スクリュオーガ先端を畝の起伏に追従させるようにした。

##### (2) スクリュオーガ

土壌条件によっても異なるが、ハクサイを引き抜くとハクサイの根部に直径60mm程度の土塊が付着することが多い。このことを考慮し、スクリュオーガの引抜き・搬送作用を確実にするため、スクリュオーガの山径を70mm、谷径を40mm、搬送ピッチを150mmと寸法の大きなものに変更した。

##### (3) 根茎部切断機構

基礎実験の結果から切断機構には、回転円板刃を採用した。直径 300mm、厚さ 2.5mmの円板刃(片刃) 1枚をスクリュオーガ上面に配置し、刃先の周速を約 6 m/s とした。

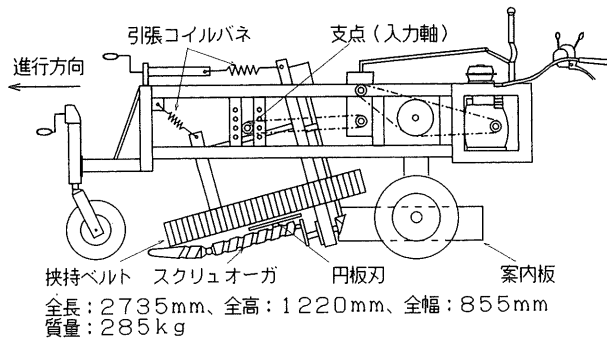


図35 歩行型収穫機の構造

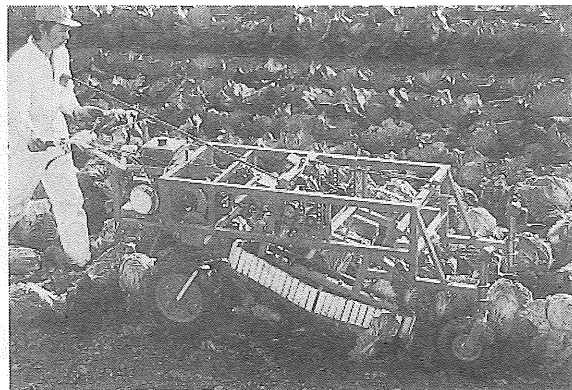


図36 歩行型収穫機の作業風景

### 5. 2 圃場試験

#### 5. 2. 1 試験方法

3品種(金将2号、王将、耐病60日)について、収穫試験を生研機構川里農場(灰色低地土)で行い、収穫機各部の作動状態と作業精度を調査した。作業精度は、収穫後のハクサイの切断状態と、スクリュオーガと挟持ベルトによる損傷の程度について調査した。即ち、切断状態は、図37及び図38~図42に示すように観察により平行適切り、平行浅切り、斜め浅切り、平行深切り、斜め深切りの5段階に判定し分類した。また、損傷程度は、損傷の有無及び損傷の生じた結球葉の枚数を調査した。このうち、平行適切りはそのまま出荷できるもの、平行浅切りと斜め浅切りは再調製すれば出荷できるもの、平行深切りと斜め深切りまたは結球葉2枚以上に損傷があるものは出荷できないものとして分類した。

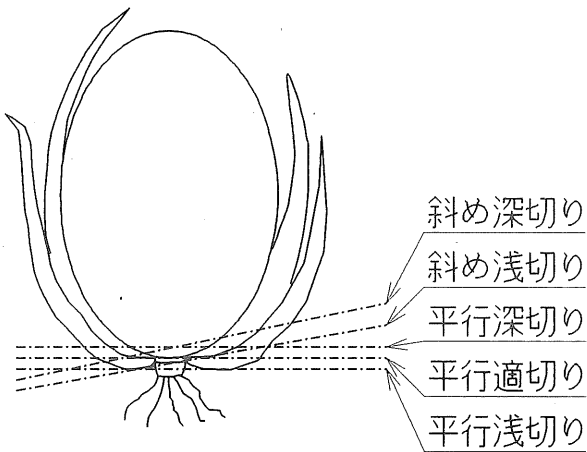


図37 切断状態の分類



図38 平行適切



図39 平行浅切り



図40 斜め浅切り



図41 平行深切り



図42 斜め深切り

図37~42 切断状態の分類例

5. 2. 2 試験結果及び考察

歩行型収穫機の畝高さへの適応性について、畝高さが9 cm、16cmの条件で収穫作業を行った結果、支点（入力軸）取付け高さの変更により両方の条件での収穫作業が可能であり、0.17~0.28m/sの作業速度で連続作業が可能であった。作業精度は表15及び図43に示すとおりで、商品価値が無いと判定される平行深切り、斜め深切りが19~27%あった。さらに、結球葉2枚以上の損傷が10~42%発生した。この損傷は、引抜き搬送中にスクリュオーガによって発生したものであり、挟持ベルトによる損傷の発生はなかった。スクリュオーガの改良の問題については次章で述べる。

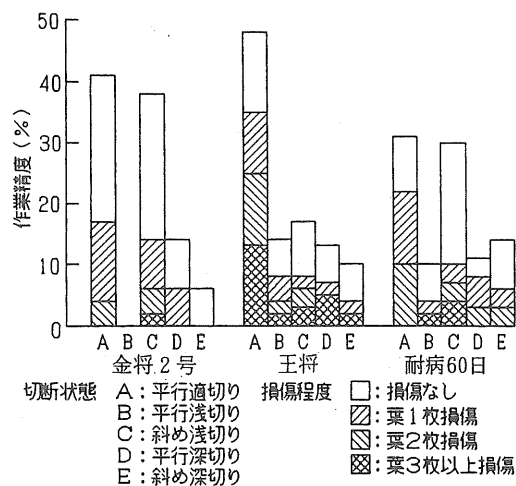


図43 歩行型収穫機の作業精度

表 15 歩行型収穫機の作業精度試験結果 (単位: %)

品種	供試個数	質量(kg)	損傷程度	平行				斜め		計
				浅切り	適切	深切り	浅切り	深切り		
金将2号	52	2.39	大	0	0	0	1.9	0	1.9	
		±	中	0	3.8	0	3.8	0	7.6	
		0.67	小	0	13.5	5.8	7.7	0	27.0	
			なし	0	25.0	7.7	25.0	5.8	63.5	
			計	0	42.3	13.5	38.5	5.8	100.0	
王将	67	3.06	大	1.5	13.5	6.0	3.0	1.5	25.5	
		±	中	1.5	11.8	0	3.0	0	16.3	
		0.90	小	3.0	10.5	1.5	1.5	1.5	18.0	
			なし	6.0	13.5	6.0	9.0	6.0	40.5	
			計	12.0	49.3	13.5	16.5	9.0	100.0	
耐病60日	63	1.95	大	0	0	0	3.2	0	3.2	
		±	中	1.6	11.1	3.2	3.2	3.2	22.2	
		0.52	小	1.6	11.1	6.3	3.2	3.2	25.4	
			なし	7.9	9.5	3.2	20.6	7.9	49.2	
			計	11.1	31.7	12.7	30.2	14.3	100.0	

注) 損傷程度「大」は結球葉3枚以上の損傷  
 「中」は結球葉2枚の損傷  
 「小」は結球葉1枚の損傷

5. 3 摘要

基礎実験で見通しの得られた引抜き・搬送機構と切断機構を組み込んだ歩行型収穫機を試作して、圃場試験を行った。

試作した歩行型収穫機は、ハクサイをスクリュオーガと挟持ベルトで引抜き搬送し、回転円板刃で外葉と根茎部を切断除去し、外葉と根茎部とともに結球部を圃場に列に残していく方式である。

この試作機は0.17~0.28m/sの作業速度で連続して収穫できたが、引抜き・搬送の際に損傷が発生し、また、円板刃による切断位置が適切でなく、結球部を切断する

場合があり、切断精度の向上と損傷の軽減が必要であった。

6. トラクタ直装用収穫機の試作と性能<sup>4,3)</sup>

6. 1 設計目標

歩行型収穫機の試作において、スクリュオーガと挟持ベルトでハクサイを引き抜き、搬送中に回転円板刃で外葉と根茎部を切断する機構を開発し、連続して作業ができることを確認したが、さらに収穫損失低減の必要性が認められた。そこで、歩行型収穫機の成果をもとに、その性能改善と収穫作業のより一層の省力化を目的とし、



収穫機構の改良を図るとともに、収穫物を圃場外に搬出できるよう収納装置を新たに備えたトラクタ直装用収穫機を試作した。この試作機の設計目標は次のように設定した。

#### 6. 1. 1 収穫機の方式

一斉収穫の1条用収穫機を前提として自走式専用機とトラクタ装着用作業機について各々の長所と短所を比較検討した。自走式専用機は走行部と作業部の配置を最適に設計できるため、収穫作業に適した小型で高性能な自走式収穫機を開発することも可能である。一方、トラクタ装着用作業機は走行部及び動力源としてトラクタを利用するため、低コスト化と高い機動性が期待できる。実用化の面からは、トラクタ装着用作業機の方が有利と考えられ、野菜栽培農業者に多く利用されている15kW級トラクタを前提とし、その直装用収穫機を開発することとした。

#### 6. 1. 2 収穫機の機能

収穫機はハクサイを引き抜き、搬送中に外葉と根茎部を切断し、荷台に収納する。荷台に収穫物が満載になると圃場外まで移動し、その後は人力により再調製して箱詰め又は結束を行う。荷台に積み込む際に、ハクサイの結球部に損傷を与えないためと、荷台の積載効率を高めるため補助者が荷台に乗り、スラットコンベヤ式エレベータで搬送されるハクサイを受け取り荷台上に移し替える(図44参照)。必要な作業者数は、トラクタの運転と荷台での移し替え作業を行う2名である。

#### 6. 1. 3 作業精度

現在慣行で行われている人力による調製は、湾曲した包丁を使用して結球の底部をえぐり取るように行っている。これと同様な調製を機械的に行うことは非常に困難である。また、結球には引抜き・搬送・切断する際に損傷や土の付着などが生じ易い。以上のことから、人力で再調製することを前提として、再調製時に2枚程度の外葉を除去し得る位置で外葉と根茎部を切断することを目標とした。

#### 6. 1. 4 作業能率

収穫機の作業能率は、移し替え作業者が荷台へ連続して結球を移し変える能率に制限されるため、2s/個程度と考えられる。ハクサイの標準株間が早生で450mm、晩生600mmである<sup>34)</sup>ことから、作業速度は0.3m/s以下とした。作業速度を0.2m/sとした時の圃場作業量は、畝幅が0.60~0.75mであるので、圃場作業効率を60%とすれば3a/h程度となる。

#### 6. 2 構造と機能

トラクタ直装用収穫機の構造を図44に、収穫作業の様子を図45に、主要諸元を表16に示す。試作機はトラクタの3点リンクに取り付けられ、トラクタの進行方向に対して後方及び右側方に位置する主フレームと、それから前方に向けて懸架される収穫部とから成る。主フレームには、トラクタ後方にPTO軸で駆動される油圧ユニットと荷台が組み込まれ、トラクタ右側方の収穫部末端にはスラットコンベヤ式エレベータが組み込まれている。

##### 6. 2. 1 主フレーム

主フレームはトラクタの3点リンクに平行リンクで装着され、収穫機の荷台を水平に保った状態で上下できる。また、収穫作業中は3個のゲージホイールで支持され、主フレームの地上高はゲージホイールにより調節ができる。

##### 6. 2. 2 収穫部懸架機構

収穫部は2軸スクリュオーガ、挟持ベルト、切断刃から成り、主フレームからリンク機構により前方に懸架され、油圧シリンダの伸縮により上下調節ができる。更に、収穫部は上部中央位置のリンクの節を支点として先端部が上下方向に回動し得る構造とし、その動きは2本の引張コイルバネで規制している。

収穫機の移動時には収穫部を上げ、作業時にはスクリュオーガの先端部が地表面に接するように収穫部を下げる。この収穫部と地表面との相対位置の設定はリンクの節にカムとマイクロスイッチを取り付け、収穫部と懸架リンクの角度の変化をマイクロスイッチで検知し、電磁式油圧切換弁で油圧シリンダを定位置まで伸ばすことにより行うようにした。カム角度を調節して、マイクロスイッチの入切点を変更することで設定位置の変更ができる。

表16 トラクタ直装用収穫機の主要諸元

項目	諸元
収穫機の形式	トラクタ直装式、1条用
収穫の方式	一斉収穫
作業工程	引抜き-搬送-切断-搬送 -積み込み(人力)-搬出-荷下ろし(人力)
機械の寸法	全長 全幅 全高 3470mm 1860mm 1650mm (作業機のみ) 4100mm 1860mm 1650mm (トラクタ装着時)
質量	345kg (作業機のみ)、 1534kg (トラクタ装着時)
スクリュオーガ	形式：2軸式、外径55mm、溝の深さ10mm
挟持ベルト	形式：左右挟持式、幅：120mm、軸間：1124mm
切断刃	形式：回転円板刃、直径：300mm、厚さ：2.5mm
エレベータ	形式：スラットコンベヤ、幅：300mm コンベヤ長(軸間)：1220mm
荷台	幅：1800mm、奥行：1000mm、高さ：700mm
動力伝達方式	油圧式(モータ：3個、シリンダ：1本)

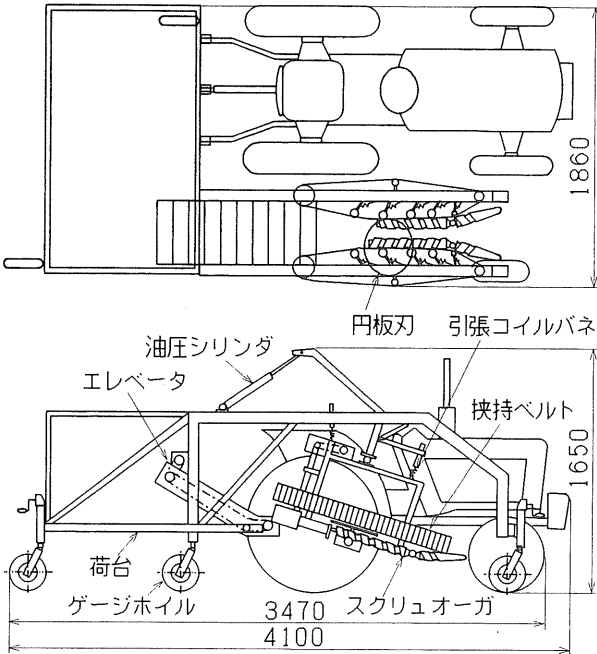


図44 トラクタ直装用収穫機の構造



図45 トラクタ直装用収穫機の作業風景

### 6. 2. 3 スクリュオーガ

収穫部下部に設けた2軸スクリュオーガの形状は図46及び図47のとおりで、スクリュオーガの山径を55mmとし、溝の断面形状は半径15mmで深さ10mmの円弧状とし、螺旋のピッチを80mmとした。この2軸スクリュオーガは、左右の溝間にハクサイの根茎部を挟んで引抜き搬送するとともに、スクリュオーガの山部で結球部の底面を支えて根茎部切断位置を揃える。また、切断後の外葉と根茎部をスクリュオーガの末端まで搬送して圃場へ放出する。

### 6. 2. 4 挟持ベルト

挟持ベルトは図46及び図47のとおりで、アタッチメント付チェーン、アタッチメント、テンショナから成る。アタッチメントは軽量で弾性のある硬質塩ビ板(厚さ3mm)に耐久性のあるネオプレンスポンジゴム板(厚さ10mm)を貼付したものとし、チェーンアタッチメントにボルトで固定した。テンショナは挟持部分のベルトに弾性をもたせるとともに、チェーンに弾力を与えるものであり、挟持ベルトにハクサイが円滑に挟み込まれるよう、アームの短いテンショナ1個を新たに追加して左右各々5個とした。なお、テンショナ用の引張コイルバネはバネ定数1.47kN/mで、歩行型収穫機と同じにした。挟持ベルトはスクリュオーガとともにハクサイを引き抜き保持しながら搬送し、外葉と根茎部を切断した後の結球をエレベータまで搬送する。挟持ベルトはハクサイを直立した姿勢で搬送するが、エレベータで安定した姿勢で搬送できるよう、挟持ベルト末端上部に抵抗板を配置して結球下部を搬送方向に向けて寝かせるようにした。

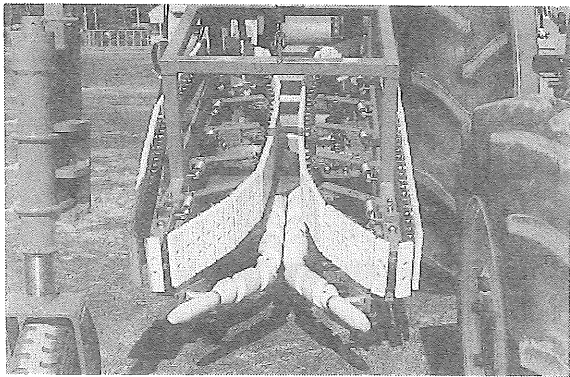


図46 スクリューオーガと挟持ベルトの概観

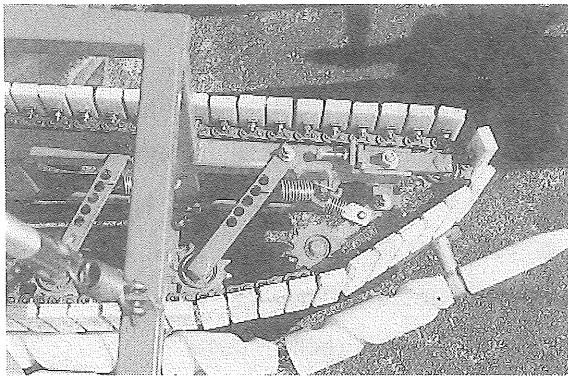


図47 スクリューオーガと挟持ベルトの概観

### 6. 2. 5 切断刃

結球から外葉と根茎部を切除するための切断刃は回転円板刃(片刃、直径300mm、厚さ2.5mm、刃幅30mm)とし、標準周速度を6.3m/sとした。

### 6. 2. 6 切断刃洗浄装置

ハクサイ切断面の土壌による汚れを防ぐため、ローラーポンプにより水を圧送し、ノズルから切断刃の上面に噴射して洗浄するとともに、切断刃上面にブラシを配置して汚れを取り除くようにした。ローラーポンプの標準回転速度を60rpmとし、この時の吐出量は300ml/minとした。

### 6. 2. 7 エレベータ

挟持ベルトから横に寝かせた姿勢で送られてくる結球を荷台まで搬送するスラットコンベヤ式エレベータは、図48のとおりで、搬送角度を30°とし、スラットの高さを50mm、スラットの幅を257mmとした。また、挟持ベルトからエレベータへの結球の乗り移りが円滑になるよう挟持ベルト末端下部からエレベータ前方の間にローラを

配置した。エレベータ末端排出部の荷台からの高さは、荷台への移し替え作業が行い易いように400mmとした。

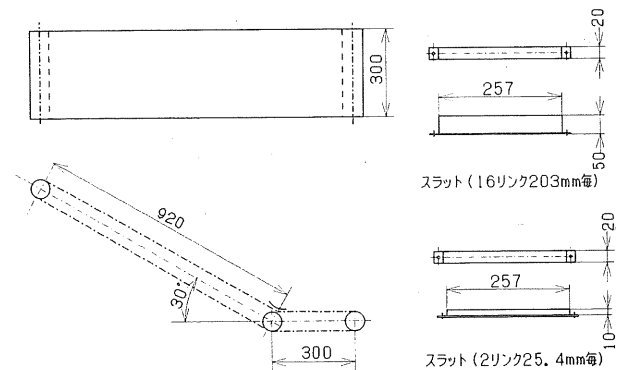


図48 エレベータの構造

### 6. 2. 8 荷台

荷台は図49に示すとおりで、幅1800mm、奥行き1000mmで、前部トラクタ装着面と左側面及び後部の一部に高さ700mmの側板を備え、収納容積を約0.6m<sup>3</sup>とした。なお荷下ろし時には後部の側板は取り外せる構造にした。

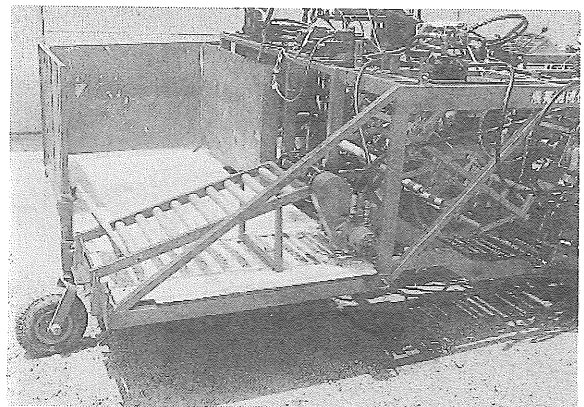


図49 荷台の概観

### 6. 3 作業性能

圃場での予備試験により、試作したトラクタ直装用収穫機が引抜き、根茎部の切断、荷台への搬送、圃場内運搬の各作業を連続してできることを確認した。そこで作業性能を把握し改良を図ることを目的として、挟持ベルトの搬送速度に対するスクリューオーガの搬送速度の比と、スクリューオーガのピッチの大きさ及び油圧回路の流量調節方式について検討するため、生研機構川里農場とハクサイの主産地である茨城県八千代町の農業者の圃場で試験を行った。



6. 3. 1 挟持ベルトの搬送速度に対するスクリュオーガの搬送速度の比

(1) 試験方法

トラクタ直装用収穫機の圃場予備試験から、円滑な作業を行うためには挟持ベルトの搬送速度の水平方向成分とトラクタの走行速度を一致させることが重要で、挟持ベルトの搬送速度がトラクタの走行速度より遅いとハクサイを前方に押し倒し、逆に速いと後方に傾け、ハクサイに損傷を与えることが観察された。

収穫部は水平面に対し15°の傾斜で作用するように設計したが、ハクサイは直立して生育しており、その姿勢で挟持ベルトとスクリュオーガで保持して引抜き搬送し、切断刃で外葉と根茎部を切断すると、結球の底面は15°の角度で斜めに切断される。結球底面を切断刃と平行にするには、挟持ベルトの搬送速度よりスクリュオーガの搬送速度を速くして、切断刃までの搬送中に姿勢を矯正する必要がある。結球部を挟持する挟持ベルトの中心線と根茎部を保持するスクリュオーガの中心線の距離は、140 mmであり、両者がハクサイを保持し始める位置から切断刃までの距離が約 360mmである。このことから、スクリュオーガ先端から切断刃までの搬送中に姿勢を15°相当分矯正するためには、挟持ベルトの搬送速度に対するスクリュオーガの搬送速度の比（以下搬送速度比という）を1.1とすることが適当であると計算された。

この搬送速度比のほか、2軸スクリュオーガ山部の間隙（以下スクリュオーガ間隙という）、スクリュオーガ山部上面から切断刃までの距離（以下切断刃の高さという）を変えて圃場試験を行った。試験条件は表17に示すとおりである。作業精度の調査は、収穫した全ての結球について外葉と根茎部の切断状態を観察し、平行適切り、平行浅切り、斜め浅切り、平行深切り、斜め深切りの5段階に分類した（図37～42参照）。

(2) 圃場試験結果及び考察

圃場試験結果を表18及び図50に示す。

試験番号1、2からスクリュオーガ間隙（W）と、切断刃の高さ（H）が切断精度に及ぼす影響を見ると、Hを11mmと高くしWを38mm（溝部の間隙：58mm）と広く設定した試験番号1では深切りが50.7%と多く発生し、試験番号2（H=6mm、W=28mm）では深切りが14.3%と少なかった。

表17 試験条件（挟持ベルトとスクリュオーガの搬送速度比の影響）

試験番号	供試品種	供試個数	結球質量 kg	スクリュオーガ間隙mm	刃の高さ* mm	搬送速度比**
1	錦秋	77	2.5±0.3	38	11	1
2	〃	63	〃	28	6	〃
3	〃	37	〃	〃	〃	1.13
4	王将	77	3.0±0.5	〃	〃	〃
5	無双	68	2.7±0.4	〃	〃	〃

試験場所：生研機構川里農場（灰色低地土）、  
 土壌硬度：225N/cm<sup>2</sup>（深さ15cmまでの平均）、  
 引抜き力：王将376±85N、無双254±56N  
 作業速度：0.2m/s

\*スクリュオーガの山部から切断刃までの距離

\*\*スクリュオーガ搬送速度の挟持ベルト搬送速度に対する比

表18 トラクタ直装用収穫機の圃場試験結果

試験番号	切断精度 (%)				
	良切断		不良切断		
	平行適切り	平行浅切り	斜め浅切り	平行深切り	斜め深切り
1	16.9	5.2	27.3	15.6	35.1
2	9.5	36.5	39.7	12.7	1.6
3	8.1	43.2	35.1	10.8	2.7
4	32.5	35.1	27.3	5.2	0
5	10.9	15.6	42.2	21.9	9.4

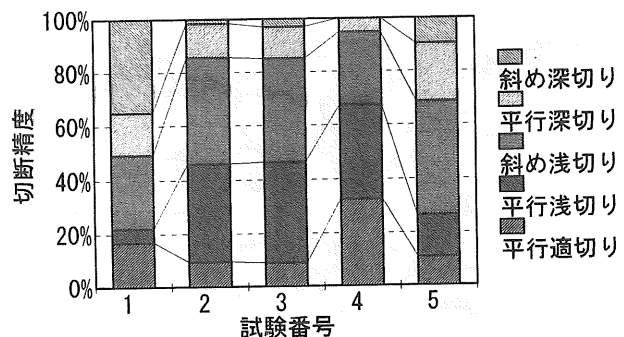


図50 切断状態（挟持ベルトに対するスクリュオーガの搬送速度比の影響）

試験番号2、3から搬送速度比についてみると、1.13とした試験番号3では斜め切りの割合が37.8%であり、搬送速度比1とした試験番号2の41.3%に比べやや減少した。

試験番号3(錦秋)、4(王将)、5(無双)から品種間の相違についてみると、3品種の切断精度が大きく異なり、結球質量の大きい王将(試験番号4)が深切り割合が5.2%と少なく、最も良好な結果を得た。

以上のことから、トラクタ直装用収穫機は搬送速度比を1.13とすることにより斜め切りの割合を減少させることができたが、切断刃の高さの設定や品種の差により切断精度が大きく異なることが明らかになった。品種による切断精度の差は、外葉の枚数と厚さの違いによるものと考えられる。

なお、リミットスイッチとカムによる収穫部の高さ調節は微調節が困難であった。また、挟持ベルトがハクサイの結球部を挟み始める段階で前方に押し倒したり、根茎部がスクリュオーガ溝の入口部で停滞することが観察され、これらについて再検討する必要を認めた。

### (3) 圃場試験結果を踏まえての改良

スクリュオーガで根茎部を円滑に挟み込むためには、スクリュオーガのピッチを小さくすることが有効である。しかし、必要とする搬送速度を得るためにスクリュオーガの回転速度を早くすると、搬送中に結球底面に与える損傷が大きくなる懸念される。そこで、ピッチ100mm及び70mmの2条溝スクリュオーガを試作することによって、螺旋溝への入口を1回転当たり2ヵ所設け、1条溝に比べ同一ピッチでもより円滑に挟み込まれるよう改良した。図51に試作した1条溝(ピッチ100mm)と2条溝(ピッチ100mm、70mm)のスクリュオーガの概観を示す。

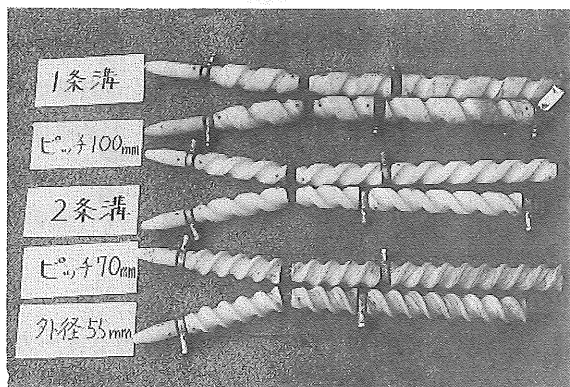


図51 1条溝スクリュオーガ及び2条溝スクリュオーガの概観

## 6. 3. 2 現地試験(茨城県八千代町)

### (1) 試験方法

圃場試験はハクサイの主産地である茨城県結城郡八千

代町の農業者の圃場(黒ボク土)で行い、2条溝スクリュオーガを組み込んで、切断刃の高さと搬送速度比を変えた場合の切断精度を調査した。

予備試験において、2条溝スクリュオーガの搬送速度を走行速度に合わせるようにスクリュオーガの回転速度を設定して収穫を行った結果、70mmピッチのスクリュオーガは回転速度が速すぎるため、引き抜く際にハクサイの株底部に損傷を与えていることが観察された。そこでその後の試験では100mmピッチの2条溝スクリュオーガを供試した。

試験条件を表19に示す。なお、挟持ベルト及びスクリュオーガの搬送速度は、油圧流量調節弁を調節して走行速度に一致させた。

作業精度は、収穫後の結球について切断状態を5段階に分類して調査した。また、熟練した農業者に判定を依頼して、調製状況(切断位置の判定)と出荷の可否を調査した。なお、深切りした結球については目標とする切断位置により切り過ぎた結球葉の枚数を結球葉損失として調査した。

表19 現地試験条件(茨城県結城郡八千代町)

試験番号	供試個数	刃の高さ mm	搬送速度比**	供試品種: オクサミドリ 結球質量: $2.7 \pm 0.5$ kg 引抜き力: $104 \pm 23$ N
1	39	17	1.08	スクリュオーガ: 2条溝、 ピッチ100mm
2	49	19	〃	
3	22	19	1.17	
4	40	22	1.08	

\*スクリュオーガの山部から切断刃までの距離

\*\*スクリュオーガ搬送速度の挟持ベルト搬送速度に対する比

### (2) 圃場試験結果及び考察

切断状態と結球葉損失の調査結果を表20及び図52に示す。

切断刃の高さ(H)が切断状態に及ぼす影響は大きく、Hを17mmとした試験番号1の深切り割合が37%であったのに対し、Hを19mmとした試験番号2、3では77%、Hを22mmと高く設定した試験番号4では86%と多くなった。

搬送速度比が切断状態に及ぼす影響を試験番号2、3の斜め切り割合でみると、共に77%であり、速度比1.08と1.17の差は明らかでなかった。

深切りされた結球の出荷の可否については、結球葉損

表20 現地試験結果（茨城県結城郡八千代町）

試験番号	切断状態 (%)					結球葉損失割合 (%)					
	平行適切り	平行浅切り	斜め浅切り	平行深切り	斜め深切り	損失無し	1枚	2枚	3枚	4枚	5枚以上
1	20	16	28	7	30	62	21	7	9	0	1
2	3	4	16	16	61	10	25	18	25	8	14
3	0	14	9	9	68	9	23	23	18	14	14
4	0	3	11	26	60	-	-	-	-	-	-

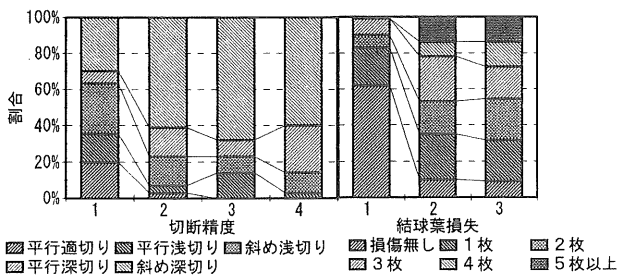


図52 現地試験結果（茨城県結城郡八千代町）

失が5枚以上のものが出荷できないと判定され、切断刃の高さを17mmとした試験番号1では結球葉1枚から3枚までの損失が37%生じたものの、出荷できないものは1%と僅かであった。

6. 3. 3 スクリューオーガ及び油圧回路

(1) 試験方法

(a) スクリューオーガ

2条溝スクリューオーガのピッチの影響を見るため、3種類のピッチ（80、100、120mm）の2条溝スクリューオーガを試作した。

試験は、3品種のハクサイを供試して生研機構川里農場（灰色低地土）で作業精度を調査した。

油圧回路の比較試験も含めた、一連の試験条件を表21に示す。

(b) 油圧回路

各作用部速度の安定化を図るため、油圧流量調節の方式について、図53に示す、油圧モータの入口側管路で流量を絞って回転速度を調節するメータイン回路と、油圧ポンプから油圧モータに流れる流量の一部をタンクへバ

イパスすることによって油圧モータの回転速度を調節するブリードオフ回路<sup>44)、45)</sup>の2回路について、所要動力を比較検討した。所要動力は切断刃駆動用モータへ流入する油圧流量（Q L/min）と、ポンプ吐出圧力（P1 MPa）、挟持ベルト・スクリューオーガ駆動用モータ入口圧力（P2 MPa）、エレベータ駆動用モータ入口圧力（P3 MPa）を測定し、それぞれの差圧と油圧流量から、次式によって所要動力（W kW）を算出した<sup>41)</sup>。なお、エレベータ駆動用モータ出口圧力は0とした。

表21 試験条件（スクリューオーガピッチの影響）

供試品種 (結球質量kg)	試験番号	供試個数	刃の高さ (引抜き力N)	走行速度 (mm)	スクリューオーガピッチ (m/s)
王将 (1.62±0.53)	1	83	15	0.20	80
	2	70	17	"	100
	3	87	18	"	120
無双 (2.26±0.29)	4	84	15	0.20	80
	5	92	17	0.18	100
	6	95	15	0.21	120
錦秋 (1.94±0.33)	7	93	15	0.20	80
	8	94	"	"	"
	9	93	"	0.19	120
	10	94	"	0.20	"

試験場所：生研機構川里農場（灰色低地土）

搬送速度比は、スクリューオーガのピッチが80、100、120mmの時、それぞれ1.13、1.17、1.20とした。試験番号8、10はメータイン回路、その他はブリードオフ回路とした。

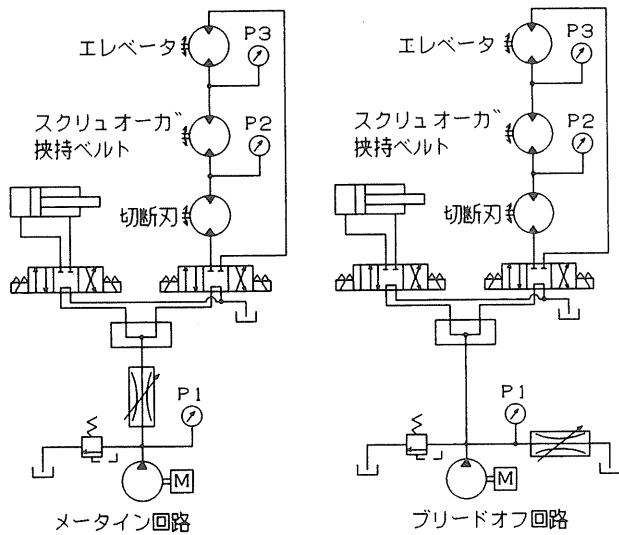


図53 油圧回路

$$W = 1.667 \times 10^4 Q P$$

ここに、W：所要動力 (kW)

Q：油圧流量 (L/min)

P：油圧圧力 (MPa)

なお、油圧流量Qは、容積流量方式<sup>46)</sup>で測定を行った。即ち、切断刃駆動用モータ入口側に別途油圧モータ

を取り付け、その出力軸の回転速度を電磁式回転計で検出し、データレコーダに記録した。また油圧圧力P1、P2、P3は、ひずみゲージ式圧力変換器<sup>47)</sup>で検出し、ストレインメータを介してデータレコーダに記録した。

(c) 栽培条件

以上の試験は移植栽培のハクサイを供試したが、このほかに、生研機構川里農場における2品種(王将、錦秋)の直播栽培条件での試験と茨城県農業試験場における平畝栽培条件への適応性試験を行った。

(d) 作業精度

作業精度は切断状態と結球葉損失を調査した。

(2) 圃場試験結果及び考察

(a) スクリュオーガ

作業速度 0.2m/s程度で連続作業を行うことができたが、荷台での移し替え作業者の作業強度を考えるとこれ以上の作業速度は困難と考えられた。

表22に試験結果を示し、図54に切断状態の調査結果を、図55に結球葉損失の調査結果を示す。

表22 試験結果 (スクリュオーガピッチの影響)

試験番号	切断状態 (%)					結球葉損失割合 (%)					
	平行 適切	平行 浅切り	斜め 浅切り	平行 深切り	斜め 深切り	損失 無し	1枚	2枚	3枚	4枚	5枚 以上
1	7	69	8	7	8	84	6	0	2	4	4
2	7	30	9	9	46	41	21	6	13	3	16
3	8	65	7	7	13	80	6	1	4	4	5
4	8	26	1	39	25	36	4	10	11	14	26
5	35	17	11	23	14	39	27	9	11	3	11
6	0	22	24	30	24	45	20	14	4	5	11
7	10	33	1	20	36	44	3	5	5	3	39
8	5	77	7	9	2	89	3	1	2	0	5
9	15	68	1	8	8	85	5	1	3	1	4
10	16	70	4	4	5	90	3	1	1	3	2

注) 試験番号1~3:王将、4~6:無双、7~10:錦秋  
 試験番号1・4・7・8:ピッチ80mm、2・5:ピッチ100mm、  
 3・6・9・10:ピッチ120mm

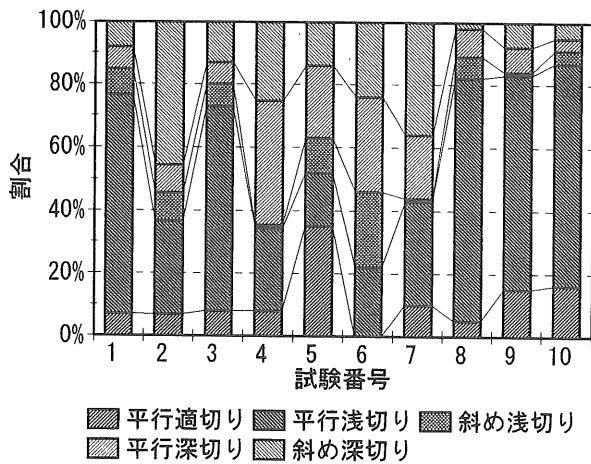


図54 切断状態 (スクリュオーガピッチの影響)

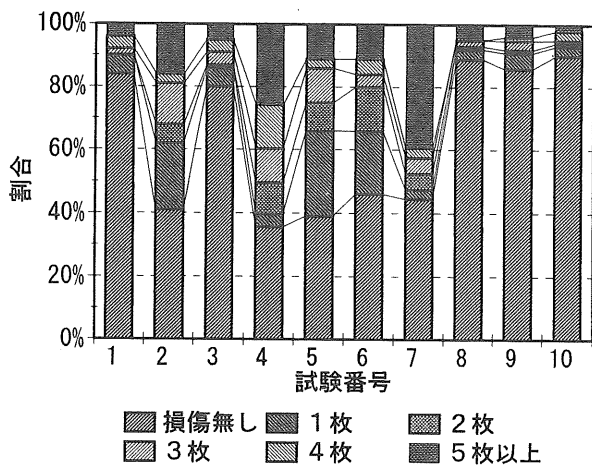


図55 結球葉損失 (スクリュオーガピッチの影響)

スクリュオーガピッチの切断状態に及ぼす影響は品種により異なるが、試験番号4と6及び7と9から、ピッチ80mmに対して120mmと大きい方が結球葉損失は少ない傾向があった。しかし、斜め切りについては一定の傾向は見られなかった。品種については、引抜き力が小さかった錦秋が最も良好な切断状態が得られた。

(b) 油圧回路

各油圧回路の流量と圧力測定結果の一例を図56、図57に示す。ブリードオフ回路とメータイン回路の流量の変動係数はそれぞれ8～57%、7～13%であり、平均所要動力は0.4～1.5 kW、1.5～1.8 kWであった。図で流量と圧力のピークは切断刃でハクサイを切断する際に見られ、切断時の負荷増大のため両者の変動も大きく、また、挟持ベルトとスクリュオーガの回転速度にも周期的な変

動が見られる。切断状態と結球葉損失については、メータイン回路の方がブリードオフ回路に比べてやや良好な結果であった。

(c) 栽培条件

直播栽培は移植栽培に比べハクサイの引抜き力が大きい点で異なり、スクリュオーガで引き抜く際にハクサイの底部に与える損傷が大きく、深切りになる割合が多かった。

平畝条件では、先開きをしているスクリュオーガ先端部全体を土中に潜らせて作業をする必要があった。この設定が浅いとハクサイへの損傷が多くなった。逆に、収穫部の高さ調節が深いと挟持ベルト先端部が土中に潜り、挟持ベルトで土を削り取りながら土をかき寄せるようになり、円滑な作業ができなかった。連続作業ができるようにスクリュオーガ先端部の高さを設定して試験した結果、深切りや斜め切りのため出荷できないものが11～37%と多く、良好な結果は得られなかった。

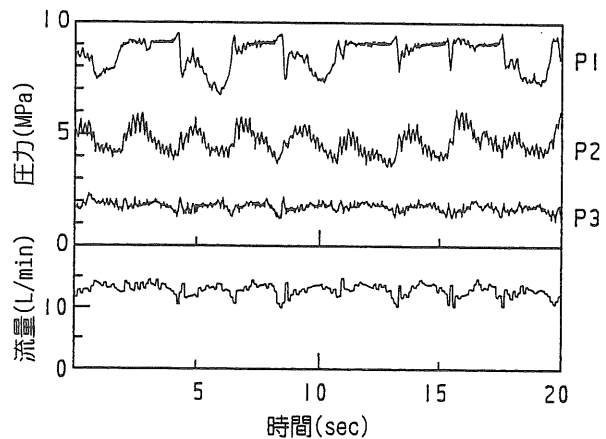


図56 メータイン回路の流量と圧力の変動

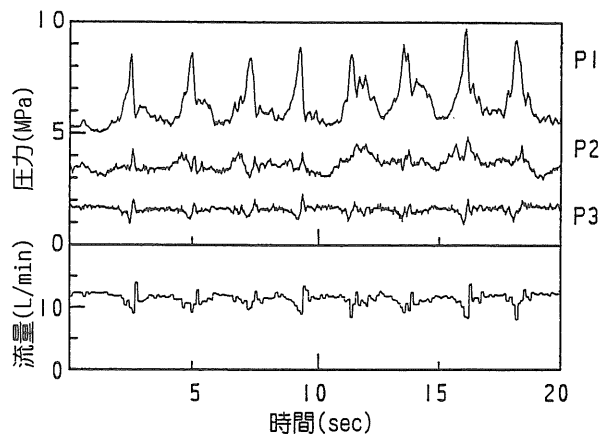


図57 ブリードオフ回路の流量と圧力の変動

## 6. 4 摘要

- (1) 2軸スクリュオーガ、挟持ベルト、回転円板刃、エレベータ、荷台からなるトラクタ直装用収穫機を試作した。
- (2) 作業速度  $0.2\text{m/s}$  でハクサイを引き抜き、搬送中に外葉と根茎部を切断し、結球部を荷台まで搬送する作業が連続してできた。また、荷台には約110個のハクサイを収納し、それらを圃場外へ搬出することができた。なお、作業中は、荷台に補助作業者が乗ってエレベータから荷台への移し替え作業を行った。
- (3) 挟持ベルトに対するスクリュオーガの搬送速度比を1.13とした場合、搬送速度比1に比べ結球部の斜め切り割合が減少した。
- (4) 結球部質量の異なる3品種を供試し、ピッチ80、100、120mmの3種類の2条溝スクリュオーガについて切断精度を調査した。スクリュオーガピッチの切断精度に及ぼす影響は、品種により異なり、一定の傾向は見られなかったが、引抜き力が小さく中庸な質量であった錦秋の収穫損失割合が10%以下で、最も良好な結果が得られた。
- (5) ブリードオフ回路とメータイン回路で油圧流量調節を行った場合の収穫作業時の所要動力は、それぞれ  $0.4\sim 1.5\text{kW}$ 、 $1.5\sim 1.8\text{kW}$  であった。メータイン回路の方が作業中の油圧回路の流量と圧力の変動は少なく、収穫作業精度がやや良好であった。

## 7. 高さ制御装置の開発と収穫機の現地適応性<sup>47)</sup>

### 7. 1 畝形状の調査

トラクタ直装用収穫機の高精度化を図るためには、収穫部と地表面との相対位置（以下収穫部高さという）を適切に設定する必要がある。そこで、収穫部高さを検出する合理的な方法を創出するため、ハクサイを手収穫した後の畝形状を測定した。

#### 7. 1. 1 試験方法

生研機構大宮圃場（黒ボク土）で試験を行った。畝立ては、トラクタ用ロータリに培土器を装着して行い、追肥施用後の中耕培土は、小型管理機用培土器で行った。

畝の断面形状の測定には、アナログプロフィールメータ<sup>48)</sup>を使用した。アナログプロフィールメータは、水

平のルールとそれに沿って移動しながら、上下方向に動くトレーシングロッド及びこれらの水平・垂直方向の動きを電気信号に変えるポテンシオメータからなる。これにより、ハクサイを収穫した後の3畝の断面形状を測定し、その出力をXYレコーダに記録した。測定点は、畝方向に50cm間隔で80点（40m）とした。畝高さと溝深さの畝方向の変動を知るため、XYレコーダに記録した3畝の断面形状から、各測定点について図58に示す基準点からの水平距離  $X_1\sim X_6$  及び基準点を通る水平線からの垂直距離  $Y_1\sim Y_6$  を読み取った。 $(X_2 - X_1)$  は畝頂部から溝の最も深い部分までの水平距離を示す。 $Y_1, Y_3, Y_5$  は、基準点を通る水平線から畝頂部までの垂直距離を示し、 $Y_2, Y_4, Y_6$  は、基準点を通る水平線から溝の最も深い部分までの垂直距離を示す。

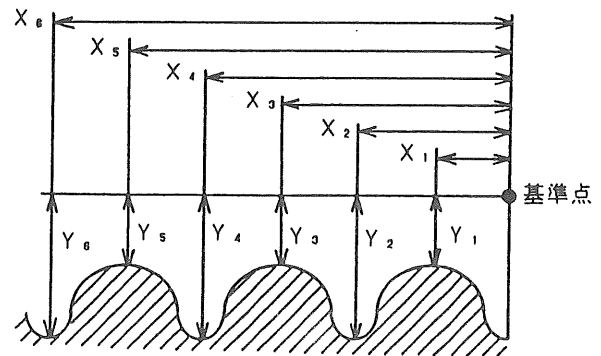


図58 畝の形状測定

#### 7. 1. 2 試験結果及び考察

基準点から畝頂部及び溝の最も深い部分までの水平距離 ( $X_1\sim X_6$ ) の変動を図59に示す。畝頂部とその隣の溝の最も深い部分までの距離 ( $X_2 - X_1$ )、( $X_4 - X_3$ )、( $X_6 - X_5$ ) の全平均値は308mm、標準偏差は37mm、変動係数12%であり、畝幅は約60cmで均一に造成されていることがわかる。

基準点を通る水平線から畝頂部及び溝の最も深い部分までの垂直距離 ( $Y_1\sim Y_6$ ) の変動を図60に示す。また、表23に  $Y_1\sim Y_6$  及び畝高さを表わす ( $Y_2 - Y_1$ )、( $Y_4 - Y_3$ )、( $Y_6 - Y_5$ ) の測定結果を示し、 $Y_1\sim Y_6$  のそれぞれの相関係数<sup>49)</sup>を表24に示す。なお、畝高さの全平均値は197mm、標準偏差が17mm、変動係数が8.5%であった。図60、表24から隣り合う溝の最も深い部分と畝頂部の垂直距離の相関係数は、0.86から0.92の範囲であり、相関はかなり高いことが分かった。

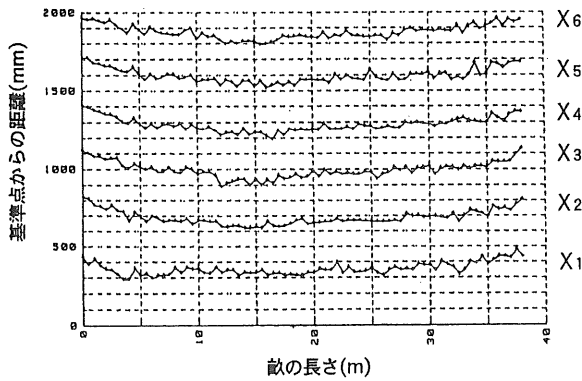


図59 基準点から畝頂部及び溝部までの水平距離の変動

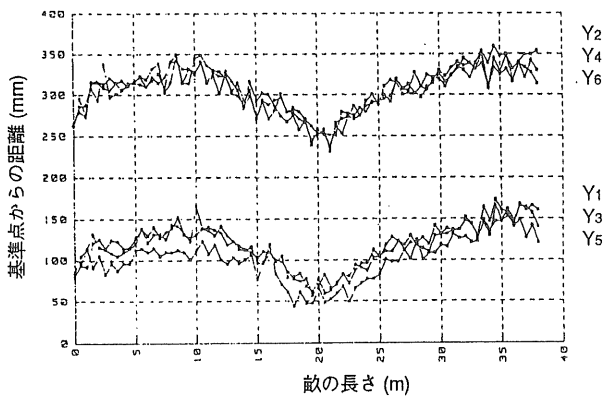


図60 基準点を通る水平線から畝頂部及び溝部までの垂直距離の変動

供試圃場は、農業者が一般に所有している機械を使用して管理作業を行ったものである。この圃場の畝あるいはそれ以上に均一な畝を、収穫機を利用する場合の畝の前提条件と考えるならば、トラクタ直装用収穫機の主フレームを支持するゲージホイールが溝部を走行することにより、収穫機の収穫部は畝の凹凸に追従して上下し、畝頂部との相対位置を一定に保持することができると考えられた。なお、収穫部は主フレームから複動油圧シリンダを介して懸架する構造となっており、収穫部の上下調節は油圧シリンダ用電磁切換弁の操作で行うことができる。この調節機構については、細かい高さ調整をする場合に難点があることから、この高さ設定を精度良く容易

に行い得るように、電子回路によるオンオフ制御を組込むことにした。

表23 基準点を通る水平線から畝頂部及び溝部までの垂直距離測定結果

測定ヵ所	基準点を通る水平線からの垂直距離及び畝高さ (mm)				
	平均	標準偏差	最大	最小	
畝頂部	Y <sub>1</sub>	100	27	153	44
	Y <sub>3</sub>	119	27	172	57
	Y <sub>5</sub>	117	26	166	59
溝部	Y <sub>2</sub>	309	28	360	231
	Y <sub>4</sub>	305	27	351	239
	Y <sub>6</sub>	306	26	349	239
畝高さ	Y <sub>2</sub> - Y <sub>1</sub>	213	15	248	173
	Y <sub>4</sub> - Y <sub>2</sub>	189	12	212	164
	Y <sub>6</sub> - Y <sub>5</sub>	190	15	211	121

表24 基準点を通る水平線から畝頂部及び溝部までの垂直距離の相関関係

	畝頂部			溝部		
	Y <sub>1</sub>	Y <sub>3</sub>	Y <sub>5</sub>	Y <sub>2</sub>	Y <sub>4</sub>	Y <sub>6</sub>
畝頂部 Y <sub>1</sub>		0.90	0.92	0.86	0.83	0.76
畝頂部 Y <sub>3</sub>			0.94	0.92	0.90	0.88
畝頂部 Y <sub>5</sub>				0.90	0.92	0.89
溝部 Y <sub>2</sub>					0.90	0.85
溝部 Y <sub>4</sub>						0.91
溝部 Y <sub>6</sub>						

### 7. 2 収穫部高さ制御装置

収穫部は、主フレームからリンク機構により前方に懸架され、油圧シリンダの伸縮により上下調節ができ、更に、収穫部は上部中央位置のリンクの節を支点として先端部が上下方向に回転し得る構造とし、その動きは2本の引張コイルバネで規制していた。しかし、圃場が固いとスクリュオーガ先端が土中に喰い込まないことなどの問題があった。そこで、図61に示すように、リンクとバネを取り外して、作業部を直接油圧シリンダで懸架する構造に改造した。そして、収穫機の主フレーム前部に検

出シューを設け、ハクサイの株元で畝の肩部の凹凸に検出シューが追従することによって、検出シューに取付けたポテンショメータで畝高さを検出し、主フレームから懸架した収穫部を検出シューの動きに追従させることができる収穫部高さ制御装置を開発した。

収穫部の高さ制御装置は、電気・油圧を利用したオンオフ制御装置<sup>50), 51)</sup>とした。その理由として、オンオフ制御は、比例制御やPID制御と比較して、出力要素の設計、構造、動作原理が単純で、信頼性、経済性に優れた点をあげることができる<sup>52), 53), 54), 56), 57)</sup>。

この制御系について、室内実験により、制御系の各部を調整して動作特性を測定した。

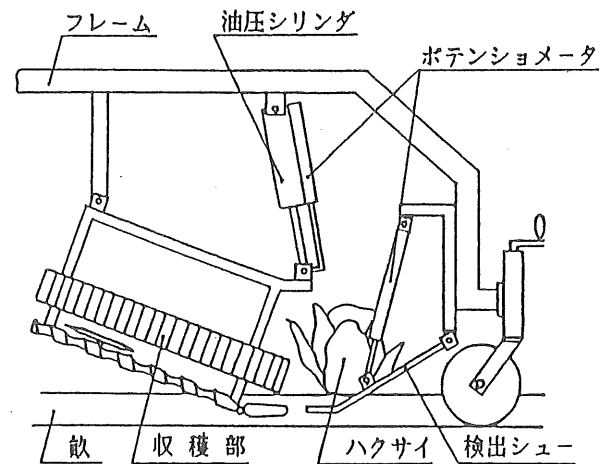


図61 収穫部高さ制御系の概要

### 7. 2. 1 制御系の構成

収穫部高さ制御系の概要を図61に、制御系のブロック線図<sup>58), 59)</sup>を図62に、非線形要素(NL)の特性を図63に、電子回路図を図64に示す。

主フレームに取付けた検出シューは、畝肩部にある土塊や雑草の影響を受けないようにするために、圧縮コイルバネとダッシュポットで畝表面を沈下しない程度に押しつけ、畝肩部の凹凸に対しては上下して追従するようにした。

制御系は、制御対象(電磁弁、油圧シリンダ、収穫部)( $G_{p1}(s)$ )、検出シュー、検出シュー用ポテンショメータ( $r$ )、油圧シリンダ位置検出用ポテンショメータ( $y$ )、油圧シリンダ位置設定用ポテンショメータ( $n$ )、非線形要素設定用ポテンショメータ( $H, L$ )、比例ゲイン( $K_1, K_2$ )等からなる。

制御は次のように行われる(図62~64参照)。即ち、畝の凹凸に追従して上下動する検出シューの動きを検出シューに取り付けたポテンショメータ $r$ で検出する。次に、油圧シリンダ位置検出用ポテンショメータ $y$ と油圧シリンダ位置設定用ポテンショメータ $n$ との差を $K_2$ 倍増幅した値 $y' = K_2(y - n)$ を求め、 $y'$ と $r$ の差を $K_1$ 倍増幅する。この差動増幅出力値 $u = K_1(r - y')$ をウインドコンパレータ回路<sup>60)</sup>で $H, L$ と比較し、 $H$ より大きければ $U_p$ 出力<sup>61)</sup>がONとなり、油圧シリンダ用電磁切換弁が油圧シリンダを縮める方向に作動し、収穫部を上げる。逆に $u$ が $L$ より小さければDown出力がONとなり、電磁切換弁が油圧シリンダを伸ばす方向に作動し、収穫部を下げる。このようにして収穫部を検出

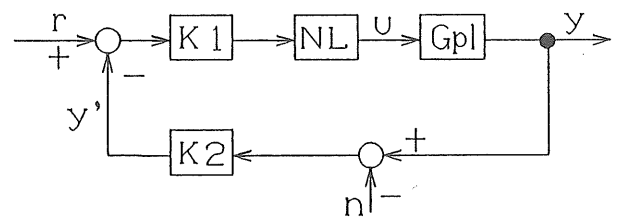


図62 収穫部高さ制御系のブロック線図

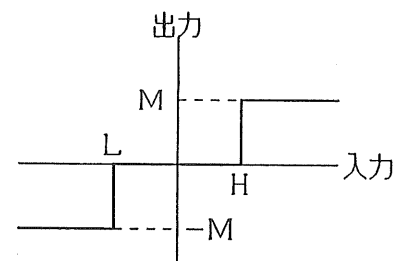


図63 非線形要素の特性

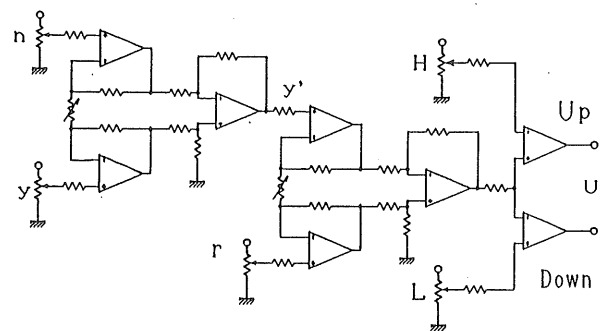


図64 収穫部高さ制御系の電子回路



シューの動作に追従制御させる。なお、油圧シリンダ位置設定用ポテンショメータ $n$ 、非線形要素設定用ポテンショメータ $H$ 、 $L$ はダイヤル付き10回転型ポテンショメータとして微調整が容易にできるようにした。また、比例ゲイン $K_1$ 、 $K_2$ は高入力インピーダンス差動増幅器回路<sup>6,2)</sup>で構成し、それぞれ1個の可変抵抗の調整でゲインを変更できるようにした。

制御装置には上記のほか、取扱性、安全性の面から、①自動制御と手動の切換え回路、②自動制御が作動中も手動が優先して機能する回路、③電磁切換弁の作動状態等の表示回路を組込んだ。

### 7. 2. 2 試験方法

試作した制御系の特性を知るため、関数発生器と移動土槽による2種類の方法でステップ応答試験を行った。

まず、関数発生器によるステップ応答試験は、検出シュー用ポテンショメータに代えて関数発生器により矩形電圧を入力し、そのステップ応答を収穫部先端に取付けた変位変換器を介して電磁オシログラフに記録した。試験条件は、入力した矩形電圧を、畝高さが100mm変化した時に相当する値とし、油圧シリンダ流量を2.1~5.4 L/minの範囲とした。

次に、移動土槽による試験は、土槽の移動速度を0.2~0.4 m/sの範囲で変え、土槽に設けた60mmの段差を通過した時の検出シューの動作と収穫部の応答を測定した。移動土槽試験風景を図65に示す。

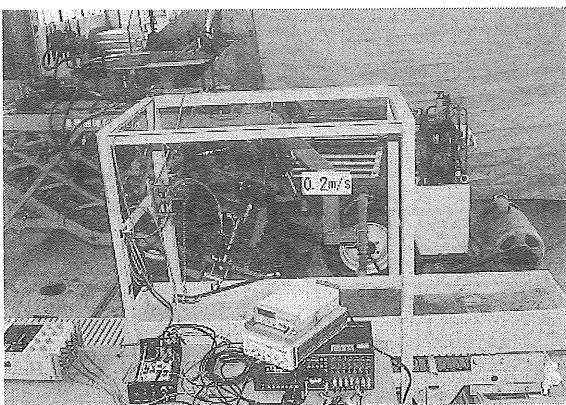


図65 移動土槽試験風景

### 7. 2. 3 試験結果及び考察

試作した制御回路の予備試験では、比例ゲインを $K_1 = 1.5$ 、 $K_2 = 1.8$ に設定した時、高さ設定用ポテンシ

ョメータによる収穫部先端位置の調節範囲は100mm程度であった。また、安定して作動させるためには、検出シューの移動量10mmに相当する不感帯(図63の $H-L$ の電圧)を設ける必要があった。収穫作業時には、スクリュオーガ先端部上面を畝頂面より高い位置にすると、ハクサイの株底面への損傷が大きくなる。畝高さの測定結果から、平均値が197mmで標準偏差は17mmであったことから、10mmの不感帯は大きいが、スクリュオーガ先端部を、畝頂面より10mm以上地中に潜らせて収穫することにより損傷を抑えることができると考えられた。

関数発生器によるステップ応答試験の結果から、不感帯幅を狭くした時、あるいは油圧流量が多い場合は、リミットサイクルが発生することが分かった。油圧流量を変えたときの測定結果の一例を図66に示す。制御系を安定させるためには、不感帯幅を検出シューの移動量10mmに相当する値とした時、シリンダへの流量は5 L/min以下にする必要があった。また、シリンダ流量を2.1~5.3 L/minとした時の平均シリンダ速度は30~100 mm/sであり、リレーや電磁切換弁の作動遅れによる110~150msのむだ時間が発生した。ステップ応答の一例として、ステップ入力 $r$ 、作動増幅出力 $u$ 、油圧シリンダ位置検出用ポテンショメータ出力 $y$ の測定結果を図67に示す。

移動土槽試験で、検出シューが60mmの段差を通過する場合、収穫部は検出シューに対し0.2~0.5 sの動作遅れで追従した。このように、試作した制御装置は、0.2~0.5 sの動作遅れがあったが、慣行栽培ではハクサイの株間が450~600mmであり、収穫機の作業速度を0.4 m/sとしても、ハクサイを収穫する速さは1個当たり1.1~1.5 sであることから、収穫作業上は問題ないと考えられた。

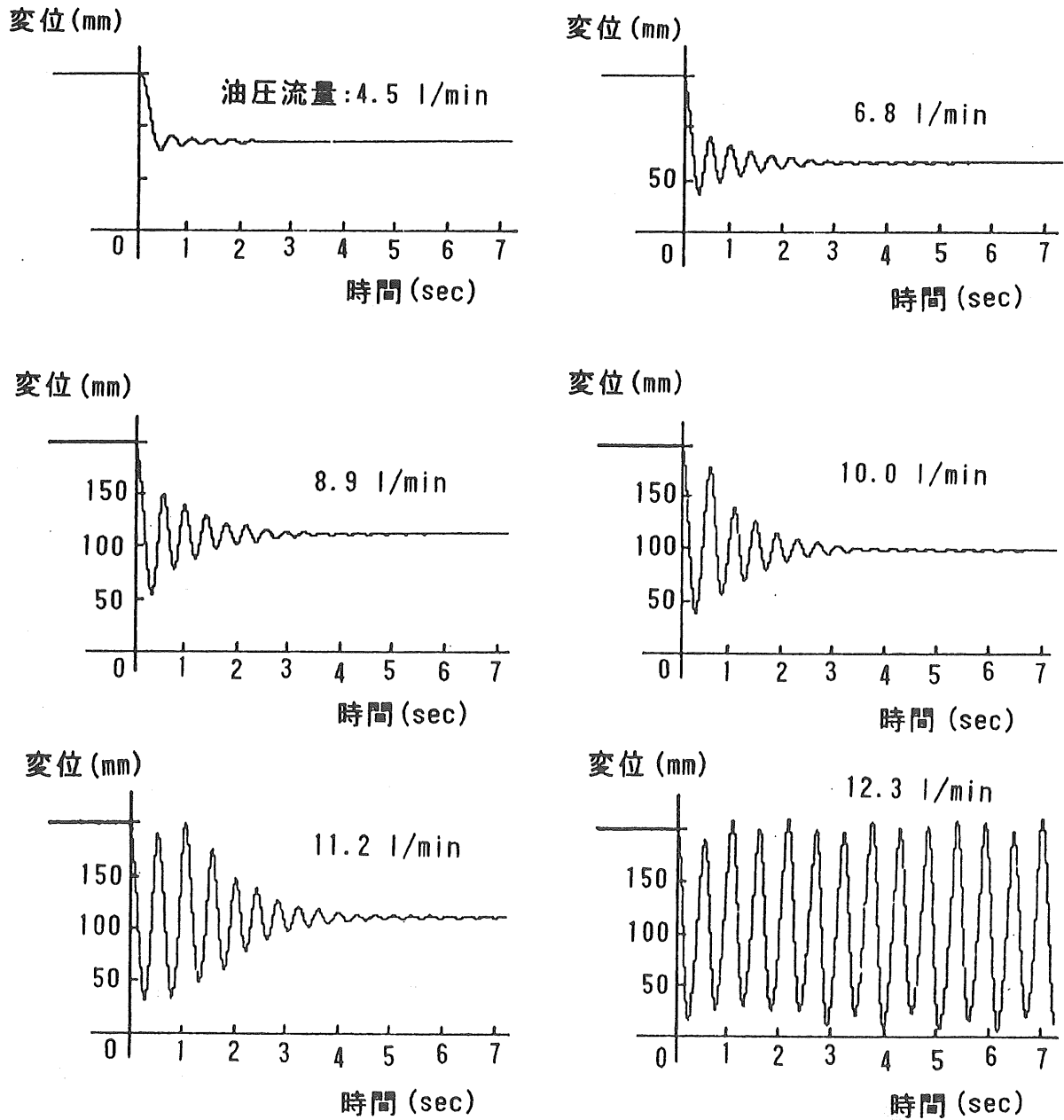


図66 制御系の特性 (油圧流量を変えた場合のステップ応答の一例)

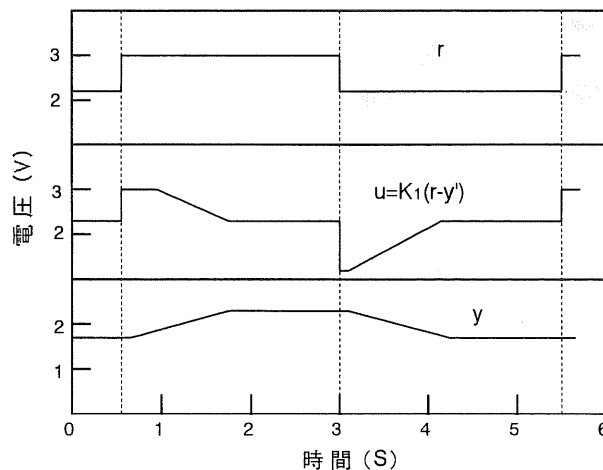


図67 制御回路ステップ応答の一例

7. 2. 4 制御系の安定性

収穫部高さ制御装置の動特性について、パソコン用市販プログラム<sup>63)</sup>を用いて、ステップ入力に対する応答をシミュレーションにより検討した。

(1) シミュレーションの方法

収穫部高さ制御装置は、移動土槽試験において、油圧シリンダ流量、比例ゲイン $K_1 \cdot K_2$ 、不感帯幅(H-L)の設定によっては、上下振動するサイクリングが生じた。そこでこの制御系の各部の定数を変え、動特性を調べた。

直列補償フィードバック制御系では、PID補償要素 $G_c(s)$ 、位相進み・遅れ補償要素 $G_{ph}(s)$ が使われる。

制御対象の伝達関数 $G_{p1}(s)$ は

$$G_{p1}(s) = \frac{b_{n-1} s^{n-1} + \dots + b_0}{s^n + a_{n-1} s^{n-1} + \dots + a_0} e^{-T_{p1}s}$$

の形で与えられるものとする。

ここで、制御対象の伝達関数 $G_{p1}(s)$ をむだ時間 $T_{p1}$ と一次遅れ要素、積分要素で近似すると、

$$G_{p1}(s) = \frac{b_0}{s^2 + a_1 s} e^{-T_{p1}s}$$

系の一巡伝達関数 $G(s)$ は、

$$G(s) = G_c(s) G_{ph}(s) G_{p1}(s)$$

で定義される。

ここで、 $G_c(s) = K$ 、 $G_{ph}(s) = 1$ とした。

また、室内実験の結果から、 $T_{p1} = 0.15s$ 、 $a_1 = 1.98$ 、 $b_0 = 1.98$ 、 $K_2 = 1.4$ 、不感帯幅(H-L) = 0.04Vとして、比例ゲイン $K_1$ 及び非線形要素の出力Mを変え、異なるステップ入力rに対する応答を調べた(図62、63参照)。表25にシミュレーションのパラメータを示す。

表25 シミュレーション条件

試験番号	入力 r	比例ゲイン $K_1$	出力 M
1	0.2	1.4	0.6
2	0.4	1.4	0.6
3	0.6	1.4	0.6
4	0.2	1.6	0.6
5	0.4	1.6	0.6
6	0.6	1.6	0.6
7	0.2	1.4	0.6
8	0.2	1.4	0.8
9	0.2	1.4	1.0

(2) シミュレーション結果

シミュレーション結果について、ステップ入力rの大きさを変えたときの出力u、制御対象の応答y、比例ゲイン $K_2$ の出力y'を図68及び図69に、非線形要素の出力Mの大きさを変えた場合の応答を図70に示す。

なお、検出シューに取り付けたポテンションメータは、0.02V/mmである。

図68から、ステップ入力の大きさrが0.2V、即ち検出シューの変位が10mmの場合、出力は行き過ぎを生ずることはなく約1秒で安定した。これに対しrが0.6Vと大きく、検出シューの変位30mmに相当する入力があった場合、行き過ぎが生じ約2.5秒後に安定した。

図68と図69から、比例ゲイン $K_1$ を大きくすると安定するまでの時間が長くなり、振動する回数も多くなった。

図70から、非線形出力Mを大きくした場合、即ち油圧シリンダへの油圧流量を増した場合、安定しないで振動し続けることが分かった。

$G_c(s) : K = 1.40 \quad T_i(\text{sec}) = 0.00 \quad T_d(\text{sec}) = 0.00$   
 $G_{ph}(s) : T_{ld}(\text{sec}) = 0.00 \quad A_{ld} = 0.00 \quad T_{lg}(\text{sec}) = 0.00 \quad A_{lg} = 0.00$   
 $NL : NL(1) = 1 \quad NL(2) = 0 \quad NL(3) = 0 \quad NL(4) = 0 \quad HY(1) = 0 \quad HY(2) = 0$   
 $G_{pl}(s) : NPL = 2 \quad T_{p1} = 0.15 \quad G_n(s) : NZN = 0 \quad \sigma = 0.00 \quad \mu = 0.00$   
 $H(s) : NH = 0 \quad G_o(s) : NZO = 0 \quad \sigma = 0.00 \quad \mu = 0.00$

Simulation

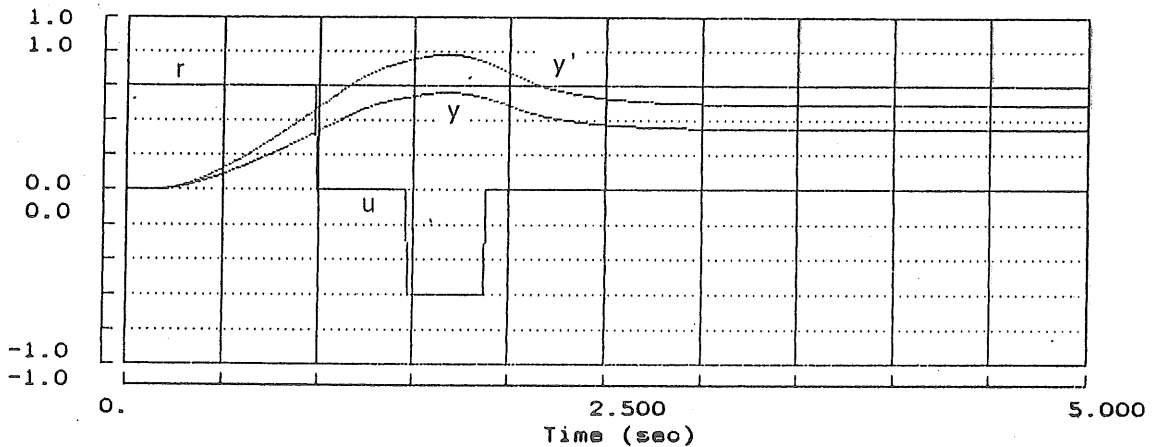
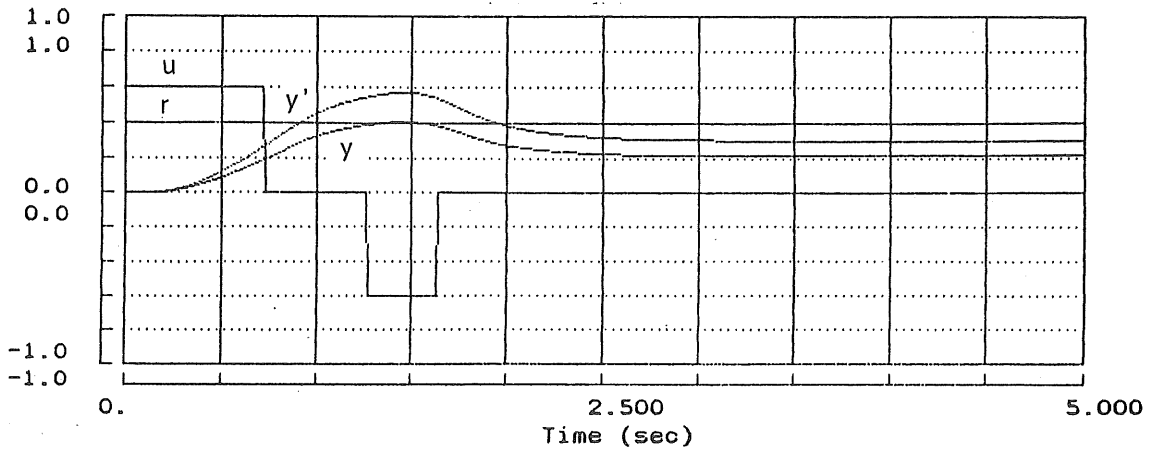
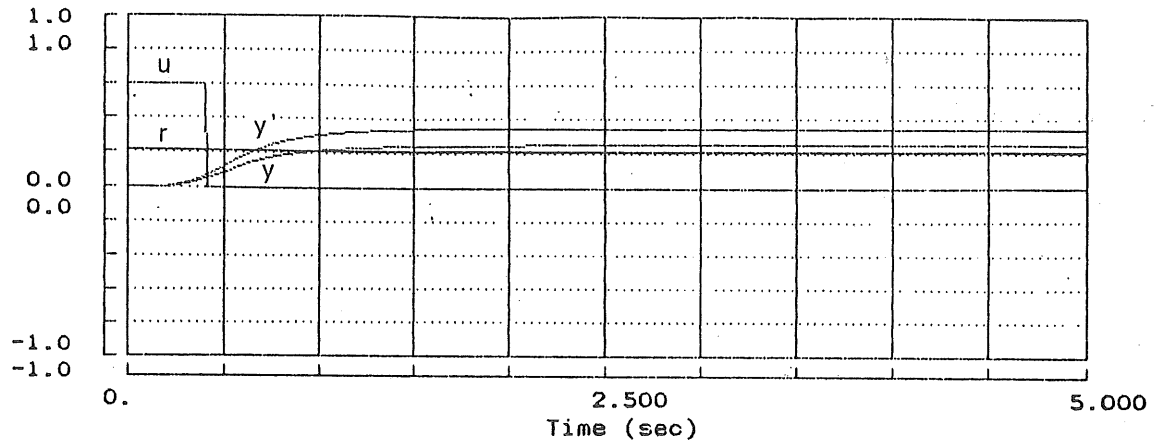


図68 ステップ応答 ( $K = 1.4$ 、 $M = 0.6$ 、 $r = 0.2$ 、 $0.4$ 、 $0.6$ )

$G_c(s)$  :  $K = 1.60$   $T_i(\text{sec}) = 0.00$   $T_d(\text{sec}) = 0.00$   
 $G_{ph}(s)$  :  $T_{ld}(\text{sec}) = 0.00$   $A_{ld} = 0.00$   $T_{lg}(\text{sec}) = 0.00$   $A_{lg} = 0.00$   
 NL : NL(1)= 1 NL(2)= 0 NL(3)= 0 NL(4)= 0 HY(1)= 0 HY(2)= 0  
 $G_{pl}(s)$  : NPL= 2 Tpl= 0.15  $G_n(s)$  : NZN= 0  $\sigma = 0.00$   $\mu = 0.00$   
 $H(s)$  : NH= 0  $G_o(s)$  : NZO= 0  $\sigma = 0.00$   $\mu = 0.00$

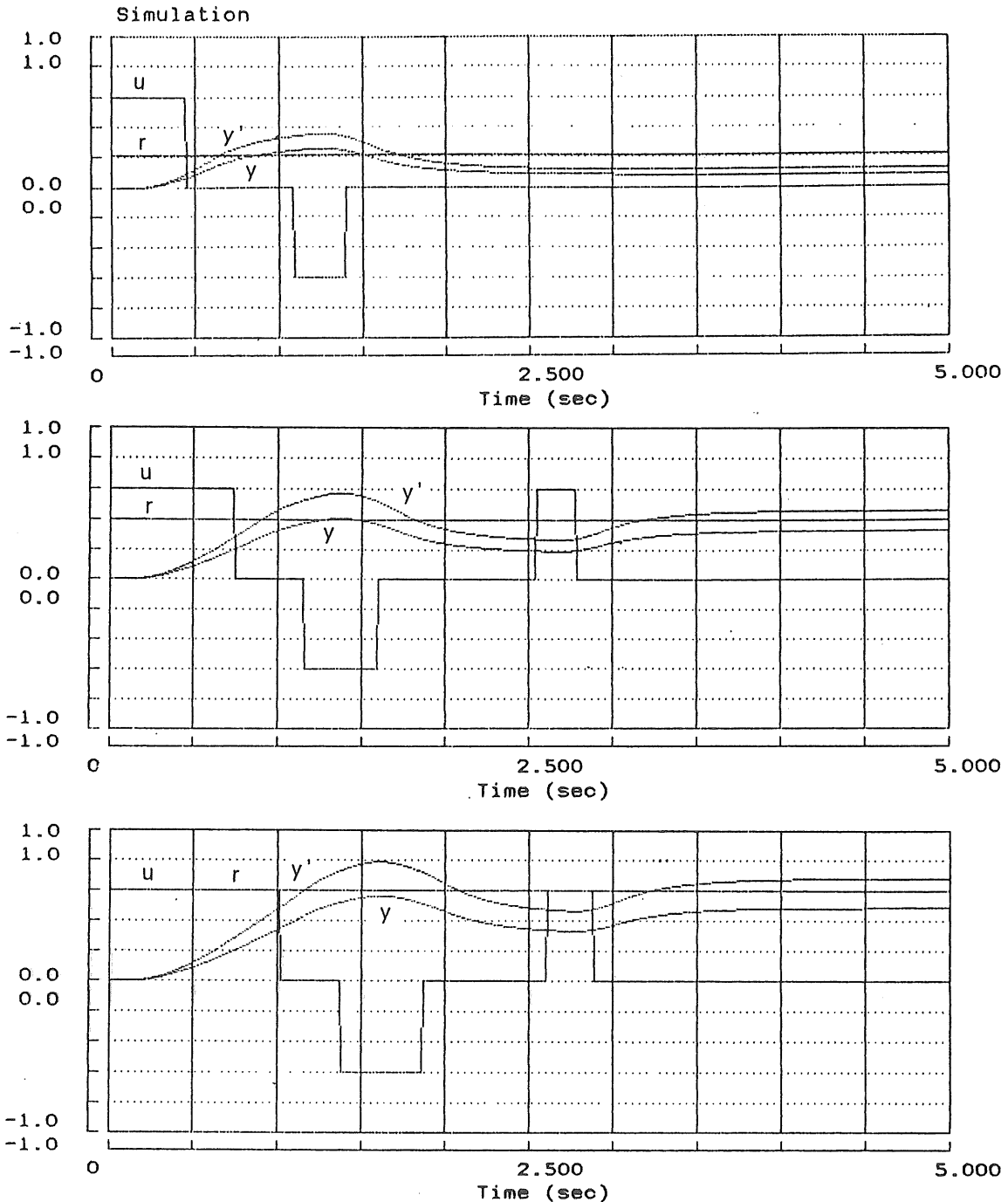


図69 ステップ応答 ( $K=1.6$ 、 $M=0.6$ 、 $r=0.2$ 、 $0.4$ 、 $0.6$ )

$G_c(s) : K = 1.40 \quad T_i(\text{sec}) = 0.00 \quad T_d(\text{sec}) = 0.00$   
 $G_{ph}(s) : T_{ld}(\text{sec}) = 0.00 \quad A_{ld} = 0.00 \quad T_{lg}(\text{sec}) = 0.00 \quad A_{lg} = 0.00$   
 $NL : NL(1) = 1 \quad NL(2) = 0 \quad NL(3) = 0 \quad NL(4) = 0 \quad HY(1) = 0 \quad HY(2) = 0$   
 $G_{pl}(s) : NPL = 2 \quad T_{pl} = 0.15 \quad G_n(s) : NZN = 0 \quad \sigma = 0.00 \quad \mu = 0.00$   
 $H(s) : NH = 0 \quad G_o(s) : NZO = 0 \quad \sigma = 0.00 \quad \mu = 0.00$

Simulation

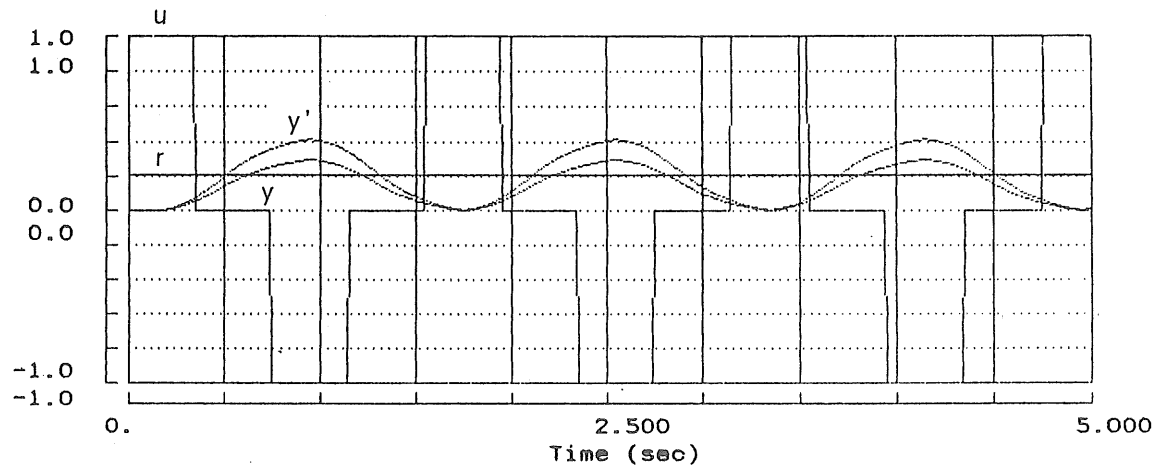
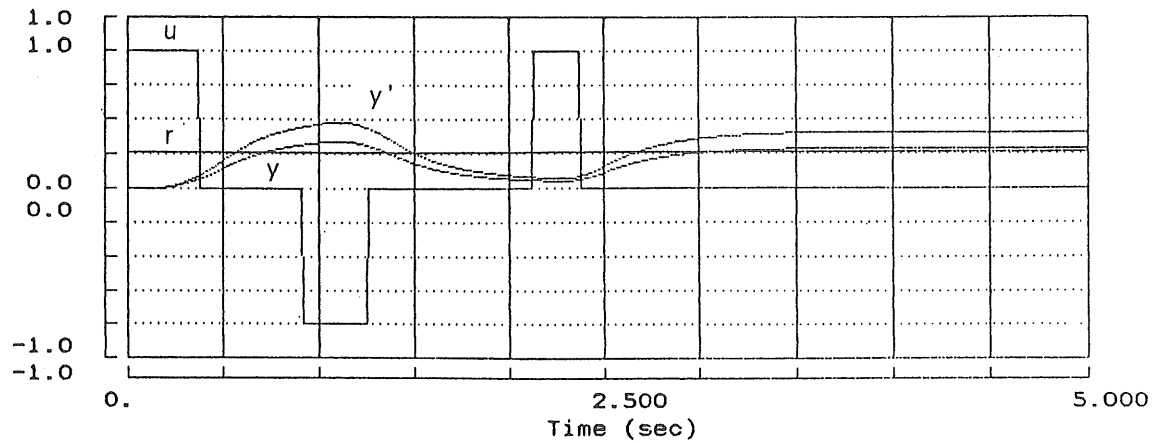
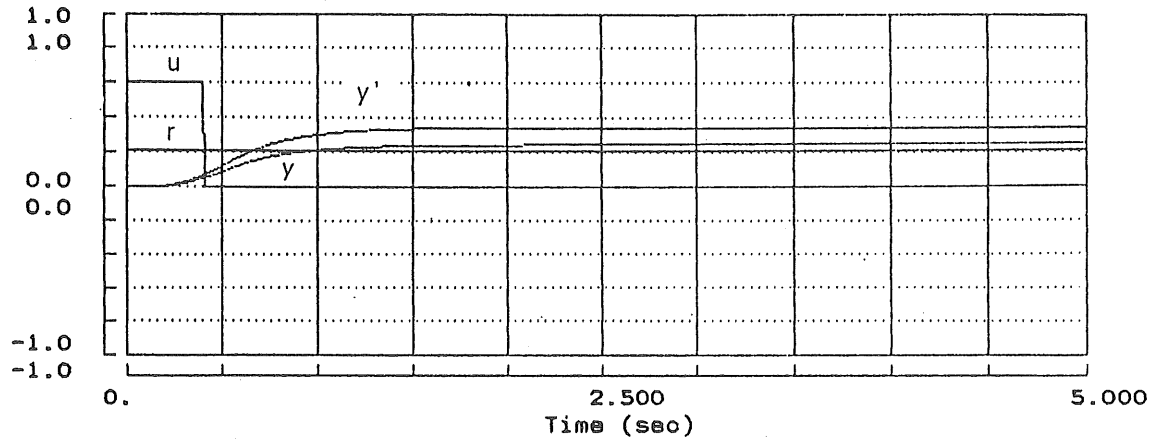


図70 ステップ応答 ( $K_1 = 1.4$ 、 $M = 0.2$ 、 $r = 0.4$ 、 $0.6$ 、 $0.2$ )

7. 2. 5 歪みゲージによる高さ検出

収穫部と地表面との相対位置を適切に設定するための高さ検出は、ハクサイの株元で畝の肩部の凹凸に追従する検出シューに取り付けたポテンショメータを用いる方式とした。この検出シューによる方式は、地表面の凹凸に追従させるため、検出シューを圧縮コイルバネとダンパにより地表面に押しつけている。しかしながら、圃場の硬さは、土壌水分や土質により異なるため、検出シューを地表面に良好に追従させるためには、圧縮コイルバネで押しつける力を圃場条件が異なる毎に適切に調節する必要があった。

そこで、ハクサイの株元で畝肩部の凹凸を検出する方法として、丸鋼と平鋼で製作したセンサアームを土中に埋没させ、走行中に土の抵抗によってセンサアームが受ける曲げモーメントを歪みゲージで検出する方法について検討した。

(1) 検出方法

試作したセンサアームを表26及び図71に示す。

表26 センサアームの諸元

歪み検出法	4枚ゲージ法
歪みゲージ	一般用箱フェステルゲージ (共和KPC-5-C1-23,抵抗値120Ω、ゲージ率2.18)
歪みゲージ貼付位置	アーム先端から310mm(M <sub>1</sub> ゲージ)、260mm(M <sub>2</sub> ゲージ)
2枚のゲージ間隔	50mm
歪みゲージの感度	M <sub>1</sub> ゲージ：115.0μ $\epsilon$ /Nm、M <sub>2</sub> ゲージ：114.7μ $\epsilon$ /Nm
ゲージ貼付・取付部	軟鋼：SS41、6t×32、長さ170mm、 縦弾性係数E=2.1×10 <sup>6</sup> MPa、断面係数Z=bh <sup>2</sup> /6=192cm <sup>3</sup>
土中埋没部	軟鋼：SS41、φ17、長さ200mm

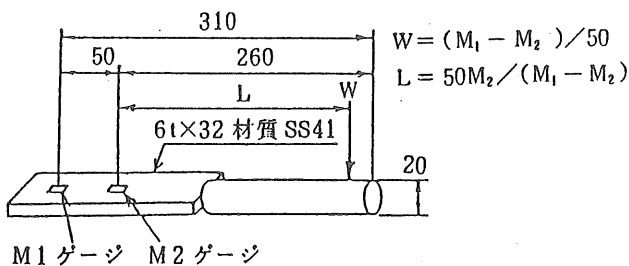


図71 センサアーム

このセンサアームは、平鋼部分に4枚の歪みゲージの各2枚を50mm間隔で表裏対象位置に貼付したものである。

センサアームの土中埋没量と、土壌硬度、走行速度の変動によりセンサアームが受ける曲げモーメントは変化する。ここで、土からセンサアームが受ける抵抗を、1点への集中荷重Wと見なせば、センサアームの2ヵ所の曲げモーメントM<sub>1</sub>、M<sub>2</sub>を測定し、この差(M<sub>1</sub>-M<sub>2</sub>)と歪みゲージの貼付間隔Dから、荷重Wとその作用位置Lは次式から求めることができる。

$$W = (M_1 - M_2) / D, L = DM_2 / (M_1 - M_2)$$

この作用位置Lからセンサアームの土中埋没量を知ることにより、収穫部高さを検出しようとした。

(2) 試験方法

試験は、可変速コンベヤ上に土槽を設置した室内移動土槽を用いて、土槽移動速度を4段階に変え、各速度におけるセンサアームの土中埋没量を4段階に変え、速度と土中埋没量の2元配置実験<sup>6,4)</sup>を行った。

各因子の水準は

土槽移動速度 (m/s) : 0.05, 0.10, 0.15, 0.20

センサアームの土中埋没量 (mm) : 35, 55, 75, 95

として、16通りの実験を2反復した。

また、センサアームの感度を高め、ハクサイ収穫機に装着した時に外葉等の夾雑物がセンサアームに絡まないことを考慮して、センサアーム先端丸鋼部を湾曲させたセンサアーム(以後湾曲型センサアームといい、湾曲していないものを直線型センサアームという)について、各因子の水準を

土槽移動速度 (m/s) : 0.05, 0.10, 0.15, 0.20

センサアームの土中埋没量 (mm) : 35, 45, 55, 65  
として、16通りの実験を行った。

図72に湾曲型センサアームを示す。

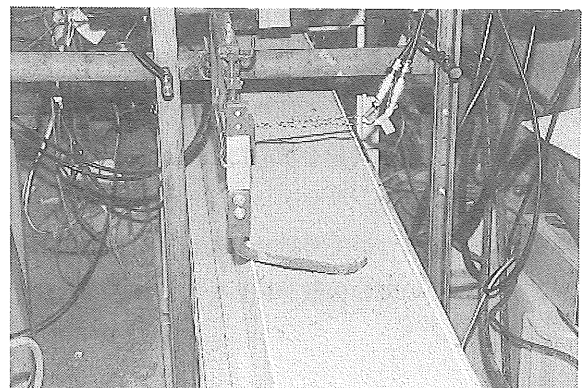


図72 歪みゲージによる湾曲型センサアーム

供試した移動土槽の寸法は、幅 240mm、深さ 150mm、長さ3264mmで、供試土は風乾状態(含水比10.8%)の黒ボク土である。センサアームを数回通過させて土を乱した状態で試験を行った。移動土槽の土壤硬度を図73に示す。

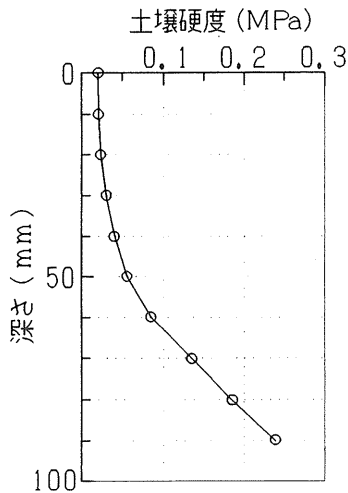


図73 移動土槽の土壤硬度

センサアームの出力は、ストレインメータを介してデータレコーダに記録した。データレコーダに記録したデータはAD変換器からパソコンに入力し統計処理した。なお、実験には次に示す装置を用いた。

ストレインメータ：DPM-305B、4ch（共和電業）

データレコーダ：MP-30、7ch（TEAC）

コンピュータ：HP-9816（YHP）

AD変換器：GMACS7522（太陽計測）

### (3) 試験結果及び考察

各試験区で測定した曲げモーメント $M_1$ 、 $M_2$ のデータ処理は、データレコーダで再生し、10msのサンプリング周期で4秒間、合計400点をAD変換し、各々のデータから、センサアームに加わった抵抗 $W$ とその作用点 $L$ を計算し、その平均値を求めた。そして、曲げモーメント $M_1$ 、 $M_2$ 、センサアームに加わった抵抗 $W$ 、作用点 $L$ の平均値について分散分析を行った。直線型センサアームについての分散分析表を表27～表30に示す。

表27 曲げモーメント $M_1$ に関する分散分析表（直線型センサアーム）

	平方和	自由度	分散	分散比	寄与率
速度	2.651	3	0.884	5.98**	1.6
作用点	130.002	3	4.333	293.10**	94.5
交互作用	2.017	9	0.224	1.52	0.5
誤差	2.366	16	0.148		3.9
計	137.035	31	4.420		

\*\*：1%有意水準

表28 曲げモーメント $M_2$ に関する分散分析表（直線型センサアーム）

	平方和	自由度	分散	分散比	寄与率
速度	1.619	3	0.540	5.39**	1.5
作用点	84.830	3	28.277	282.66**	94.5
交互作用	1.368	9	0.152	1.52	1.5
誤差	1.601	16	0.100		2.5
計	89.418	31	2.884		

\*\*：1%有意水準

表29 抵抗 $W$ に関する分散分析表（直線型センサアーム）

	平方和	自由度	分散	分散比	寄与率
速度	0.532	3	0.177	8.85**	2.3
作用点	19.207	3	6.402	320.1**	94.2
交互作用	0.255	9	0.028	1.4	0.4
誤差	0.323	16	0.020		3.1
計	20.318	31	0.655		

\*\*：1%有意水準

表30 作用点 $L$ に関する分散分析表（直線型センサアーム）

	平方和	自由度	分散	分散比	寄与率
速度	0.2940	3	0.0980	5.54**	24.1
作用点	0.2604	3	0.0868	4.90*	20.8
交互作用	0.1603	9	0.0178	1.01	0.1
誤差	0.2833	16	0.0177		55.0
計	0.9979	31	0.0322		

\*\*：1%有意水準 \*：5%有意水準



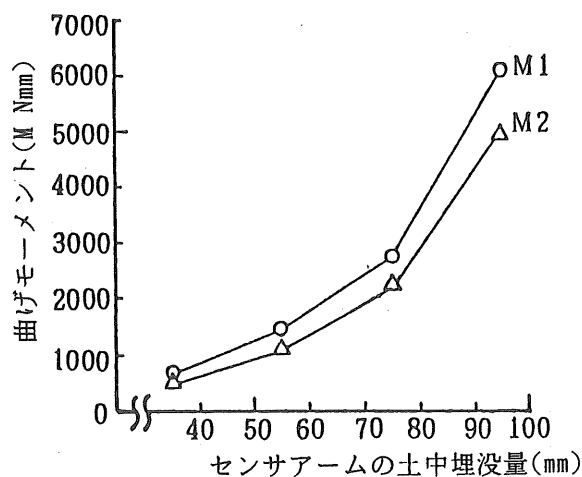


図74 M1、M2ゲージの曲げモーメント

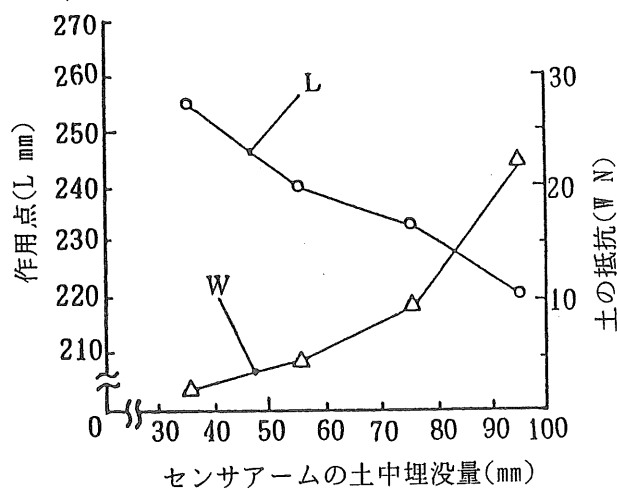


図75 センサアームの土から受ける抵抗Wと作用長L

また、曲げモーメント  $M_1$ 、 $M_2$  の測定結果を図74に、センサアームの土から受けた抵抗  $W$  と作用点  $L$  の測定結果を図75に示す。

土槽移動速度  $V$  とセンサアームの土中埋没量  $l$  を変えた時、曲げモーメント  $M_1$ 、 $M_2$  は変化し、 $M_1$ 、 $M_2$  から求めたセンサアームの抵抗  $W$  と作用位置  $L$  も変化した。測定条件の範囲では、寄与率についてみると、曲げモーメント  $M_1$ 、 $M_2$  と抵抗  $W$  は、土中埋没量  $l$  の影響が大きく、速度  $V$  の差の影響は小さかった。曲げモーメントの差 ( $M_1 - M_2$ ) から求めた作用位置  $L$  は、土中埋没量  $l$  と速度  $V$  とは共に有意差はあったが、誤差の影響が大きかった。特に土中埋没量  $l$  が35mmと少ない場合、曲げモーメント  $M$  が小さく、2ヵ所の曲げモーメントの差 ( $M_1 - M_2$ ) も小さいため誤差が大きくなる傾向

があった。

次に、湾曲型センサアームについて、曲げモーメント  $M_1$ 、 $M_2$ 、土の抵抗  $W$ 、抵抗の作用点  $L$  の平均値について分散分析を行った結果を表31～表34に示す。

表31 曲げモーメント  $M_1$  に関する分散分析表 (湾曲型センサアーム)

	平方和	自由度	分散	分散比
速度	0.549	3	0.183	1.09
作用点	26.259	3	8.753	51.92**
誤差	1.517	9	0.169	
計	28.325	15		

\*\* : 1%有意水準

表32 曲げモーメント  $M_2$  に関する分散分析表 (湾曲型センサアーム)

	平方和	自由度	分散	分散比
速度	0.335	3	0.112	1.04
作用点	16.533	3	5.511	51.42**
誤差	0.965	9	0.107	
計	17.832	15		

\*\* : 1%有意水準

表33 抵抗  $W$  に関する分散分析表 (湾曲型センサアーム)

	平方和	自由度	分散	分散比
速度	0.11	3	0.04	1.33
作用点	4.53	3	1.51	50.33**
誤差	0.25	9	0.03	
計	4.88	15		

\*\* : 1%有意水準

表34 作用点  $L$  に関する分散分析表 (湾曲型センサアーム)

	平方和	自由度	分散	分散比
速度	0.0184	3	0.0061	4.08*
作用点	0.3552	3	0.1184	78.87**
誤差	0.0135	9	0.0015	
計	0.3870	15		

\*\* : 1%有意水準、\* : 5%有意水準

湾曲させたセンサアームについては、土槽移動速度Vを変えた場合、曲げモーメント $M_1$ 、 $M_2$ 及び土の抵抗Wについて有意差はなく、作用位置Lについて5%水準で有意差はあったが、その差の影響は少なかった。また、土中埋没量を変えた場合は、曲げモーメント $M_1$ 、 $M_2$ 、抵抗W、作用位置L共に有意差があり、直線型センサアームに比べ、特に作用位置について誤差の影響が小さくなった。

なお、サンプリング間隔10msでデータ処理した結果、曲げモーメントから計算した抵抗の作用点の値にばらつきがあり、ノイズの影響を受けたと思われる値もあり、この測定値に基づいて制御を行うには、測定値を移動平均するなどの対策が必要と考えられた。

以上の室内実験の結果から、歪みゲージを用いたセンサアームにより、ハクサイの株元で畝の肩部の凹凸を検出できる見通しが得られた。

### 7. 3 現地適応性

試作したトラクタ直装用収穫機の品種、栽培様式、圃場条件等への適応性を産地において検討した。

#### 7. 3. 1 試験方法

ハクサイ産地である群馬県館林市及び邑楽郡の農業者の圃場で作業精度試験と作業能率試験を行った。

##### (1) 作業精度試験

収穫部の高さ制御について行った予備試験では、作業開始時に一度適切な位置に収穫部を設定すれば、その後は、各畝を収穫した後に回行のため作業部を上昇させても、次の畝を収穫する際は収穫部を容易に同一位置に設定することができた。しかし、ハクサイの外葉が畝上に広がっている条件では、作業中に外葉が検出シューに絡み付き、適切な制御が行えない場合があった。このような条件では、各畝の作業開始時に高さ制御装置を作動させて適切な位置に収穫部を設定し、その後は制御を停止して一定位置に固定した方が安定した作業が行えた。

そこでまず高さ自動制御の効果を確認するため、予め収穫部を適切な位置に設定し、その後は制御を停止する方法で作業精度試験を行った。供試品種は「北洋」で、スクリュオーガの山部先端から切断刃までの距離（以下切断刃の高さという）を6及び12mmに、作業速度を0.2

及び0.25m/sとした。作業は一方作業とし、運転者及び荷台部への積込み作業の2名組作業で行った。

次に、「隆徳」を供試して、高さ制御を行った場合の作業精度試験を行った。「隆徳」は晩生の品種であるが、試験時はやや未熟ぎみで外葉枚数が平均9枚で、結球部質量は平均2.5kgと晩生の品種としては小さく、引抜き抵抗は260Nと大きな値であった。なお、晩生品種では慣行で行われる方法にしたがって、収穫時には外葉を結束した状態で収穫し、条間、株間とも広くそれぞれの平均値は760mm、520mmであった。

作物条件は表35に示すとおりで、表36に示す条件で2反復の試験を行った。

作業精度の調査は、収穫した結球部について、外葉、根茎部の切断状態を観察し、切断位置については、「適切り」、「深切り」、「浅切り」に、また切断状態については、結球部の底面に対し「平行」か「斜め」かを判定し、「平行適切り」、「平行浅切り」、「斜め浅切り」、「平行深切り」、「斜め深切り」の5段階に分類して各々の個数割合を調査した。これとは別に、根が完全に切断されていない結球と損傷を受けた結球の個数割合も調査した。

表35 現地試験の作物条件

品種	外葉部mm		結球部mm		結球質量 kg	外葉枚数	引抜き抵抗N	畝高さ mm	条間 mm	株間 mm
	高さ	幅	高さ	幅						
北洋	431	718	301	197	2.49	8.6	162	98	583	481
隆徳	437	294	278	205	2.50	9.2	259	154	759	515

表36 現地試験の作業精度試験条件

試験番号	供試品種	刃の高さ* mm	作業速度 m/s	自動制御
1	北洋	6	0.20	無
2	〃	12	〃	〃
3	〃	12	0.25	〃
4	隆徳	6	0.20	有
5	〃	〃	〃	無

\*スクリュオーガの山部先端から切断刃までの距離

(2) 作業能率試験

作業精度試験と同一品種の「隆徳」を供試し、2名の組作業で、一方向作業で作業能率試験を行った。収穫時は収穫部の高さを自動制御し、一畝収穫する毎に後退して、荷台に収納したものを圃場端まで搬出し、積載量が350 kgの軽トラックに積替えた。なお、積替えの際に、浅切り状態で一部根と土壌が付着している結球は、他の結球が土で汚れないよう包丁で切除した。その後、軽トラックで圃場から約300m離れた作業場まで運搬し、再調製した。作業能率の調査は、以上の一連の作業について作業毎の所要時間を測定した。

7. 3. 2 試験結果及び考察

(1) 作業精度試験

作業精度試験結果を表37に示す。いずれの試験区も深切りはなく円滑な作業が行え、機械収穫後に人力で再調製した結球は全て市場出荷が可能であった。

表37 現地試験の作業精度試験結果

試験 番号	切断精度 %					根付 損傷	
	平行 適切	平行 浅切り	斜め 浅切り	平行 深切り	斜め 深切り	割合 %	割合 %
1	58	32	10	0	0	5	5
2	70	28	2	0	0	0	0
3	60	40	0	0	0	3	13
4	0	75	25	0	0	30	0
5	0	60	40	0	0	25	5

切断刃の高さの影響について、「北洋」を供試した試験で刃の高さを6mmと低く設定すると浅切りの割合が増加し、根の一部が未切断のものもあった。また、外葉枚数の多い「隆徳」の方が「北洋」より浅切り割合は高かった。

作業速度の影響は、「北洋」の試験についてみると、0.25m/sと速いと浅切り割合が増加し、大径の結球は収穫部フレームで損傷を受ける場合があった。なお、0.25m/sの作業速度では、荷台での積み込み作業者の負担が大きく長時間作業は困難と思われた。

結球部を結束した「隆徳」について、収穫部の高さの自動制御を行った場合には、斜め切りがやや減少し良好な結果が得られた。

(2) 作業能率試験

作業能率試験の結果を表38に示す。2名組作業における結球の切り取りから圃場外への搬出とトラックへの積替えまでの作業時間は4.9h/10aであり、圃場作業効率は41%と低かった。これは、一部根の付着した結球を調製しながら収穫機からトラックへ積替える時間が47%と多くを占めたためである。また、人力による再調製の時間は、作業員2名で10.2h/10aであった。合計では30.2人時/10aとなり、慣行の秋冬どりハクサイの収穫・調製労働時間29h/10aと同程度であった。今後、トラックへの積替え作業などの改善により圃場作業効率を高めることにより、作業能率の向上を図ることは可能と考えられる。

表38 現地試験の作業能率試験結果

試験 速度 (m/s)	収穫作業時間 (h/10a)					トラック 移動 (h/10a)	再調製 時間 (h/10a)	燃料 消費量 (L/h)
	人員	収穫	移動	積込	合計			
0.20	2	2.0	0.6	2.3	4.9	0.9	10.2	1.25

7. 4 摘要

(1) ハクサイ収穫後の畝形状を調査した結果、畝方向でみた畝頂部と溝部の凹凸には高い相関がみられた。このことから、トラクタ装着用収穫機の主フレームをゲージホイールで支持し溝の凹凸に追従させることによって、収穫部が畝頂部の凹凸に追従し得ると考えられた。

(2) 収穫部の畝面からの相対位置を適切に設定するためにオンオフ制御による高さ制御装置を試作した。移動土槽により60mmの段差を検出シューが通過する場合の応答を調査した結果、高さ制御装置は、収穫部先端の移動量で10mmに相当する不感帯を設けると、0.2~0.5sの動作遅れがあるが安定して作動した。

(3) 現地適応性を検討するため、群馬県館林市と邑楽郡の農業者圃場で作業精度試験と作業能率試験を行った。自動制御装置により高さの設定が容易に行え、結束した「隆徳」を供試した場合、制御装置は良好に作動した。「北洋」を供試した場合は、検出シューにハクサイの外葉などが絡むことがあり、高さ設定時に自動制御を作用させ、作業中は自動制御を停止させて収穫を行った。いずれの場合も深切り球はなく、再調製により全ての結球を市場に出荷できた。作業速度は2.5秒/個程度で連続作業が可能であった。しかし、圃場外への搬出とトラックへの積替え、再調製に多くの時間を要したため、圃場作業効率は41%と低かった。2名組作業における結球の切取りから圃場外への搬出とトラックへの積替えまでの作業時間は4.9h/10a、また、人力による再調製は20.4人時/10aで、収穫総作業時間は30人時/10a程度であり、慣行作業と同程度の能率であった。

## 8. 総括

わが国の農業の中で、近年は生産農家の高齢化、労働力不足等により、野菜の供給力の低下が懸念されており、地域における労働力の確保、生産の省力化等により野菜生産の担い手となる経営体を育成し、安定的な供給体制を確立することが急務となっている。

このようなことから、本研究では、作付け面積が減少傾向であるが、なお、野菜の中では4番目の栽培面積であるハクサイを対象とし、運搬以外は全て人力で作業が行われている収穫作業の省力化を図るために、能率的な収穫機を開発することを目的とした。一連の開発研究では、ハクサイの引抜き・搬送機構、外葉と根茎部の切断機構の開発改良を進め、これらを組み込んだ歩行型収穫機とトラクタ装着用収穫機を試作し、作業性能を確認した。以下にこれらの研究内容を総括して述べる。

1. ハクサイ生産の概要と代表的な産地の収穫作業を調査し、機械化作業体系を検討し、次の結果を得た。

- (1) ハクサイは、単位面積当たり収量は増加しているものの、作付け面積は漸減している。
- (2) 収穫・調製作業は全て人力で行われており、10a当たり労働時間は36~42時間と多くの労力を要している。
- (3) 現状の市場への出荷基準にそった調製状態にする

には、機械で根茎部を切断した後、人力による再調製が必要となる。

(4) 収穫機は、結球の切り取りと圃場外への運搬作業の省力化を目的として、この作業を同一工程で行い、その後、再調製と結束又は箱詰めを圃場外で定置して行うという機械化作業体系とする。

(5) 1畝に1条栽培された条件で、一斉収穫を前提とした収穫機とする。

2. 収穫機構を開発する際の基礎資料となるハクサイの形状と質量及び引抜き力の調査を行い、次の結果を得た。

(1) 8品種のハクサイについて、各部の形状と質量を調査した。株底の凹みは、収穫時期や品種により異なり、9~27mmの範囲であるが、1品種についての標準偏差は2~5mmであり、外葉と根茎部を切断する際、株底を基準として一定位置で切断することにより適切な切断が行える見通しが得られるなど、収穫機を設計する際の基礎資料が得られた。

(2) ハクサイは、株底が地面に接しているため、機械で収穫するには、まず引抜き、外葉を側方から挟持して搬送中に外葉と根茎部を切断する方法が適していると考えられた。

(3) 引抜き試験の結果、黒ぼく土の圃場は引抜き力が平均110Nと小さいが、灰色低地土の圃場では、平均250Nと大きく、機械で引き抜く際、土壌を膨軟にすることが必要と考えられた。また、30mm程度引き抜くことによって根部の根毛は土壌から引き離されていることが検証された。

3. 引抜き機構と切断機構について検討し、基礎実験から次の結果が得られた。

(1) ハクサイの搬送は、挟持ベルトにより損傷を発生することなく行うことができた。

(2) 挟持ベルトの下にスクリュオーガを組み合わせることにより、ハクサイを引き抜くことができた。なお、引抜きの際、スクリュオーガで損傷を起ささないようなスクリュオーガの構造を更に明らかにする必要があった。

(3) 外葉と根茎部の切断は、周速6m/s程度の回転円板刃による方法が適当であり、スクリュオーガと挟持ベルトの間に設けて、スクリュオーガ上面を基準面として、ハクサイの株底から一定位置で切断除

去することができた。

4. 基礎実験で見通しの得られた引抜き・搬送機構と切断機構を組み込んだ歩行型収穫機について検討した。歩行型収穫機の試作、改良と性能試験から、次の結果が得られた。

- (1) ハクサイをスクリュオーガと挟持ベルトで引抜き搬送し、回転円板刃で外葉と根茎部を切断除去し、外葉と根茎部とともに結球部を圃場に列状に放置していく方式の歩行型収穫機を試作した。試作機は0.17~0.28m/sの作業速度で連続して収穫できた。
- (2) 引抜き・搬送の際に損傷が発生し、また、円板刃による切断位置が適切でなく、結球部を切断する場合があった。

5. トラクタ直装用収穫機について検討し次の結果が得られた。

- (1) 2軸スクリュオーガ、挟持ベルト、回転円板刃、エレベータ、荷台からなるトラクタ直装用収穫機を試作した。
- (2) 作業速度0.2m/sでハクサイを引き抜き、搬送中に外葉と根茎部を切断し、結球部を荷台まで搬送する作業が連続してできた。また、荷台には約100個のハクサイを収納し圃場外へ搬出することができた。なお、作業中は、荷台に補助作業者が乗ってエレベータから荷台への移し替え作業を行った。
- (3) 挟持ベルトに対するスクリュオーガの搬送速度比を1.13とした場合に斜め切りの割合が減少した。
- (4) 結球部質量の異なる3品種を供試し、スクリュオーガピッチの切断精度に及ぼす影響を調査した結果、品種により異なり、一定の傾向は見られなかったが、引抜き力が小さく中庸な質量であった錦秋の結球葉損失割合が10%以下で、最も良好な結果が得られた。
- (5) ブリードオフ回路とメータイン回路で油圧流量調節を行った場合の収穫作業時の所要動力は、それぞれ0.4~1.5kW、1.5~1.8kWであった。メータイン回路の方が作業中の油圧回路の流量と圧力の変動は少なく、収穫作業精度がやや良好であった。

6. トラクタ直装用収穫機の高精度化を図るため、収穫部の高さ制御装置についての検討と収穫機の現地適応性の検討を行い、次の結果が得られた。

- (1) ハクサイ収穫後の畝形状の調査結果から、トラクタ装着用収穫機の主フレームをゲージホイールで支持

し溝の凹凸に追従させることによって、収穫部が畝頂部の凹凸に追従し得ると考えられた。

- (2) 収穫部の畝面からの相対位置を適切に設定するためにオンオフ制御による高さ制御装置を試作した。移動土槽で60mmの段差を検出シューが通過する際の高さ制御装置の応答は、収穫部先端の移動量で10mmに相当する不感帯を設けると、0.2~0.5sの動作遅れがあるものの安定して作動した。
- (3) 群馬県館林市と邑楽部の農業者圃場で現地適応性を検討した。

自動制御装置により高さの設定が容易に行え、外葉を結束した「隆徳」を供試した場合、制御装置は良好に作動した。「北洋」を供試した場合は、検出シューにハクサイの外葉などが絡むことがあり、高さ設定時に自動制御を作用させ、作業中は自動制御を停止させて収穫を行った。いずれの場合も深切り球はなく、再調製により全ての結球を市場に出荷できた。

作業速度は2.5秒/個程度で連続作業が可能であった。しかし、圃場外への搬出とトラックへの積替え、再調製に多くの時間を要したため、圃場作業効率は41%と低かった。2名組作業における結球の切り取りから圃場外への搬出とトラックへの積替えまでの作業時間は4.9h/10a、また、人力による再調製は20.4人時/10aで、収穫総作業時間は30人時/10a程度であり、慣行作業と同程度の能率であった。

## 謝辞

本研究の遂行に当たっては、前田耕一元農業機械化研究所理事、品田正道元農業機械化研究所理事、芦澤利彰前生物系特定産業技術研究推進機構理事、菅原敏夫理事、橋本寛祐前企画部長から、また、研究の取りまとめに当たっては市川友彦生産システム研究部長（元研究調整役）、後藤美明元農業機械化研究所研究第4部主任研究員からご指導と貴重なご助言を頂きました。ここに深く感謝いたします。

本論文を取りまとめるに当たり、親切なご指導を賜った岡山大学農学部芝野保徳教授に深甚の謝意を表します。また、本論文をご校閲頂き、有益なご助言とご指摘を賜った岡山大学農学部毛利建太郎教授に心より謝意を表します。

また、埼玉大学工学部荒木獻次教授に親切なご指導を頂き、鈴木光雄元農業機械化研究所研究員には多くの協力を頂きました。さらに、竹村義一元農業機械化研究所附属農場長、千葉哲朗生物系特定産業技術研究推進機構附属農場長には供試ハクサイを栽培して頂き、また、生物系特定産業技術研究推進機構試作工場職員の方々には試作と改良にご協力頂き、松山株式会社には試作収穫機の製作にご協力を賜りました。記して謝意を表します。

さらに、試作機の現地適応性試験では、群馬県農業総合試験場金子一也経営部長、同村田公夫機械作業課長、同沖嶋壽彦栽培課長、農林水産省東北農業試験場、茨城県農業試験場、茨城県結城普及所の関係者の方々にご協力を頂きました。ここに記して関係各位に謝意を表します。

#### 参考文献

- 1) 食品流通局野菜振興課：平成5年度野菜・花き・茶業対策の概要，野菜・茶業試験場，p.5-7，1993
- 2) 農林水産省経済局統計情報部：ポケット農林水産統計 1971年版，農林統計協会，p.206-214，1971
- 3) 農林水産省経済局統計情報部：ポケット農林水産統計 1976年版，農林統計協会，p.220-232，1976
- 4) 農林水産省経済局統計情報部：ポケット農林水産統計 1981年版，農林統計協会，p.236-248，1981
- 5) 農林水産省経済局統計情報部：ポケット農林水産統計 1987年版，農林統計協会，p.221-236，1987
- 6) 農林水産省経済局統計情報部：ポケット農林水産統計 1993年版，農林統計協会，p.230-245，1993
- 7) 農林水産省経済局統計情報部：平成3年産野菜生産費，農林統計協会，p.29-83，1993
- 8) 日本農業機械化協会：露地野菜の栽培様式に関する調査，日本農業機械化協会，p.31-38，1978
- 9) 野菜供給安定基金：野菜標準規格のてびき，野菜供給安定基金，p.11，p.75-79，1980
- 10) 農業機械学会編：農業機械ハンドブック，コロナ社，p.931-934，1984
- 11) B. A. Stout, F. W. Bakker-Arkema, S. K. Ries: Developing a mechanical Cabbage Harvester, Transaction of the ASAE, 9 (6), p.860-861, 1966
- 12) 海外における農業機械・施設の有意製品 (No.2)，農業機械化研究所，p.69，1976
- 13) 海外における農業機械・施設の有意製品 (No.4)，農業機械化研究所，p.78-80，1977
- 14) B. L. Harriott, K. K. Barnes: Mechanical Selection of Crisphead Lettuce for Harvest, Transaction of the ASAE, 7 (3), p.195-196, p.199, 1964
- 15) R. E. Garrett, W. K. Tallay: Use of Gamma Ray Transmission in Selecting Lettuce for Harvest, Transaction of the ASAE, 13(6), p.820-823, 1970
- 16) P. A. Adrian, M. Zahara, D. H. Lenker, W. B. Goddard, G. W. French: A Comparative Study of Selectors for Maturity of Crisphead Lettuce, Transaction of the ASAE, 16 (3), p.253-257, 1973
- 17) D. H. Lenker, P. A. Adrian, G. W. French, M. Zahara: Selective Mechanical Lettuce Harvesting System, Transaction of the ASAE, 16 (6), p.858-861, p.866, 1973
- 18) D. H. Lenker, P. A. Adrian: Field Model of a X-Ray System for Selecting Mature Heads of Crisphead Lettuce, Transaction of the ASAE, 23 (1), p.14-19, 1980
- 19) 農林水産技術会議事務局研究成果131: 野菜・畑作物の生産流通技術に関する総合研究，農林水産技術会議事務局，p.43-63，1980
- 20) 山本健司：結球葉菜類収穫機の開発研究，昭和60年度研究報告会資料，農業機械化研究所，p.53-76，1986
- 21) 唐橋 需，井上喬二郎，澤村宣志：結球野菜収穫機の開発研究，農事試験場報告 33，p.19-56，1981
- 22) 野菜試験場栽培部機械化栽培研究室：葉菜収穫作業技術の改良に関する試験，昭和52年度農業機械総括検討会議成績概要集，農事試験場，p.97，1978
- 23) 山下勝男：キャベツ収穫の機械化に関する研究（第1報），滋賀県農業試験場報告第18号，p.17-27，1976
- 24) 山下勝男：キャベツ収穫の機械化に関する研究（第3報），滋賀県農業試験場報告第19号，p.54-58，1977
- 25) 愛知農総試基礎研究部農業機械研究室：キャベツ栽培の機械化試験 収穫調製機械化試験，昭和53年度農業機械開発改良試験研究打合せ会議資料No.4 野菜・特作関係成績概要，農業機械化研究所，p.45-46，1979
- 26) 中国農試作物部機械化研究室：域内市場に向けての高収益出荷技術の開発 - 適熟野菜の収穫技術開発，

- 農業研究センター, p. 112, 1988
- 27) 柴田洋一, 後藤美明, 井尻 勉, 田坂幸平, 雁野勝宣: レタス収穫機の試作, 第46回農機学会年次大会講演要旨, p. 87, 1987
- 28) 行枝 亮: 結球野菜の選択収穫(1) - 選択収穫機の試作, 第40回農機学会年次大会講演要旨, p. 185, 1981
- 29) 行枝 亮: 静電容量法によるレタスの結球度検出, 第45回農機学会年次大会講演要旨, p. 187, 1986
- 30) 市戸万丈, 入江道男: ハクサイ収穫作業機械化のための基礎的研究, 中国農業試験場報告A第26号, p. 51-66, 1979
- 31) 茨城農試作業技術部畑作業技術研究室: 野菜の紙筒利用機械移植及び収穫作業に関する試験 野菜の収穫作業に関する試験, 昭和53年度関東東山東海地域(農業機械)試験研究打合せ会議成績概要集, 農事試験場, p. 144, 1979
- 32) 三重県農業技術センター営農部農機研究室: ハイクリアランストラクタによる野菜機械化一貫体系の確立現地実証試験, 昭和56年度関東東山東海地域(農業機械)試験研究打合せ会議成績概要集, 農業研究センター, p. 192, 1982
- 33) 金光幹雄ほか4名: ハクサイ収穫機の開発研究(第1報) - 基礎実験と収穫機構の開発, 農機誌, Vol. 55, No.5, p. 133-140, 1993
- 34) 野菜園芸大事典編集委員会: 野菜園芸大事典, 養賢堂, p. 1226, 1977
- 35) 河野照義: 蔬菜栽培全編, 養賢堂, p. 448-474, 1974
- 36) 農業技術体系 野菜編 7 キャベツ、ハクサイ、ホウレンソウ、ツケナ類、農山漁村文化協会, 1979
- 37) 日本機械学会編: 機械工学便覧, 日本機械学会, p. 7-39, 1977
- 38) 大西 清: 機械設計製図便覧, 理工学社, p. 8-240-8-245, 1976
- 39) ばね技術研究会: ばねの設計, 丸善株式会社, p. 119-126, 1971
- 40) 日本工業規格: JIS B 4219 メタルソー, 日本規格協会, 1981
- 41) 日本工業刃物株式会社: 丸ナイフ規格表
- 42) 渡辺 理: 歪みゲージとその応用, 日刊工業新聞社, 1977
- 43) 金光幹雄ほか3名: ハクサイ収穫機の開発研究(第2報) - トラクタ直装用収穫機の試作, 農機誌, Vol. 55, No.6, p. 121-128, 1993
- 44) 油圧技術便覧編集委員会: 油圧技術便覧, 日刊工業新聞社, p. 199, p. 338-341, 1967
- 45) 塩崎義弘, 中村和夫: 機械回路 - 油圧・空圧・制御, p. 98-100, 1973
- 46) 日本油空圧学会編: 油空圧便覧, 日本油空圧学会, p. 117-130, 1989
- 47) 金光幹雄ほか4名: ハクサイ収穫機の開発研究(第3報) - 高さ制御装置の開発と収穫機の現地適応性, 農機誌, Vol. 56, No.2, p. 129-135, 1994
- 48) 唐橋 需: プラウ(駆動ディスクハロー型)の試験方法について, 農業機械化研究所昭和59年度研究報告会資料, p. 9-13, 1985
- 49) 農林水産試験研究のための統計的・数学的方法, 農林水産会議事務局, p. 60-66, 1976
- 50) 計測自動制御学会編: 自動制御ハンドブック, オーム社, (基礎編) p. 259-306, (機器・応用編) p. 373-426, 1983
- 51) 森田次次郎: 計測と制御, 朝倉書店, p. 162-171, 1984
- 52) 堀井武夫訳: 非線形自動制御, コロナ社, p. 391, 1969
- 53) 川村 登: 農業機械・施設の自動化の研究動向, 農機誌, Vol. 38, No.3, p. 424-437, 1976
- 54) 中川健治ほか: 茶葉摘採機の刈刃位置自動制御(第1報), 農機誌, Vol. 41, No.2, p. 257-261, 1979
- 55) 中川健治ほか: 茶葉摘採機の刈刃位置自動制御(第2報), 農機誌, Vol. 41, No.3, p. 467-480, 1979
- 56) 中川健治ほか: 茶葉摘採機の刈刃位置自動制御(第3報), 農機誌, Vol. 41, No.4, p. 581-585, 1979
- 57) 中川健治ほか: 茶葉摘採機の刈刃位置自動制御(第4報), 農機誌, Vol. 42, No.1, p. 85-89, 1980
- 58) 石井次郎: 自動制御入門, 啓学出版, p. 56-60, 1984
- 59) 大島康次郎, 荒木獻次: サーボ機構, オーム社, p. 7-35, 1983
- 60) 岡村迪夫: OPアンプ回路の設計, CQ出版, p. 210-214, 1981
- 61) 岡村迪夫: 解析デジタル回路, CQ出版, p. 125-126, 1987

- 62) 山崎弘郎：電子回路技術，東京大学出版会，p.112-113, 1984
- 63) 木村英喜他：PC9801制御系設計プログラミング，日刊工業新聞社，p.44-73, 1987
- 64) 田口玄一：実験計画法 上，丸善株式会社，p.1-33, 1976



## Summary

### Development of Chinese cabbage harvester

Mikio KANAMITSU and Kenji YAMAMOTO

In the agriculture in Japan, in recent years, it is worried that the rise of average age of farmers and insufficient labor result in the decline of the supply of the vegetables. This study focused on Chinese cabbage which has a current of decrease in planting area but still cultivated as the 4th from the best among vegetables in order to develop an efficient harvester for the Chinese cabbage.

The harvest quantity per unit area of the Chinese cabbage is increasing, however, its planting area is decreasing gradually. Chinese cabbage presently harvested entirely by hand. The rate of harvesting by hand is 36-42 man-hour/10a and requires a lot of labor.

Under the condition that Chinese cabbages are planted in one row for one ridge and once-over harvest, the authors have designed and developed a harvester for the purpose of reducing labor of cutting the heads and carrying the heads out of field.

#### Physical Properties of Chinese Cabbage

In order to get basic data for developing harvesting mechanism, we measured the physical properties and pulling force of 8 varieties of Chinese cabbages. The indent of the bottom of head depends on the harvesting time and the variety and varies from 9 to 27 mm. The standard deviation of a variety is from 2 to 5 mm. We obtained a prospect that it is possible to cut appropriately at the constant position based on the bottom of head when cutting wrapper leaves and the leaf stem. Moreover, since the bottom of the Chinese cabbage is close to the ground, in order to harvest by the machine, it is reasonable to adopt a method to pull up the Chinese cabbage first, to hold the wrapper leaves from the side and to cut the wrapper leaves and the leaf stem while conveying. Moreover, at a field with Kuroboku soil (volcanogenous soil), the pulling force is small with an average of 110 N, however, at a field with Gray low land soil, it is big with an average of 250 N. Therefore, we thought that it was necessary to make the ground soft when pick up the Chinese cabbage by the machine.

#### Pick Up and Conveyor Mechanism

As a result of examining about the picking up mechanism and the cutting mechanism, the conveyance of Chinese cabbage can be done with a holding belt without damaging and Chinese cabbage can be removed by combining screw auger under the holding belt. Moreover, in order to cut wrapper leaves and the leaf stem part, a method of using the disk-cutter with peripheral speed of 6 m/s is suitable. By providing it between the screw auger and the holding belt, it was possible to cut and remove wrapper leaves and leaf stem of Chinese cabbage at a constant position using the top of the screw auger as the reference plane.

### Walking-type Harvester

Based on above results, we experimentally developed a walking type harvester which pick up Chinese cabbages with the screw auger and the holding belt, conveys them, cuts and removes wrapper leaves and the leaf stem with the disk-cutter, and head parts in line with the wrapper leaves and the leaf stem part at the field. The experimental machine could harvest continuously at a work speed of 0.17-0.28 m/s, however, caused damage in picking up and conveyance, its cutting position with the disk-cutter wasn't appropriate and sometimes cut the head parts.

### Tractor Attached Type Harvester

Next, to improve the cutting efficiency, we experimentally developed a harvester to be mounted directly onto tractor consisting of a biaxial screw auger, a holding belt, a disk-cutter, an elevator, a carrier in order to add transport ability of carrying the heads out of field. This harvester can continuously do the procedure from picking up a Chinese cabbage at work speed of 0.2 m/s and cutting wrapper leaves and the leaf stem while conveying, until conveying the head to the carrier. Moreover, it could load about 100 Chinese cabbages on the carrier and carry them out of field. Incidentally, during work, an assistance operator rode on the carrier and transfer from the elevator to the carrier. The diagonal cut rate decreased when the conveyance velocity ratio of screw auger to the holding belt of harvester was set to 1.13. We tested 3 different varieties of the head with different mass, and investigated the influence to exert on the cutting accuracy of screw auger pitch. As a result, we found that there was no constant tendency, depending on the variety, and the pulling force is small and the head leaf loss rate of "Kinshu" which had moderate mass was equal to or less than 10%, which was the best result. The required power for harvest work when controlling a hydraulic flow rate with the bleed off circuit and the meter in circuit was 0.4-1.5kW, 1.5-1.8kW respectively. The change of flow rate of hydraulic circuit and pressure during work is smaller in the meter in circuit and its harvest work accuracy was better.

### Height Controller

In order to improve the accuracy of harvester to be mounted directly on the tractor, we experimentally developed a height control system with on/off control which sets a relative position from the surface of the ridge in the harvesting apparatus appropriately. Repling of height control system when detection shoe passes 60 mm difference in level of moving soil bin showed stable operation by preparing a dead band which is equivalent to 10 mm of the movement quantity of the harvesting apparatus tip, even though the operation was late by 0.2-0.5 s.

### Field Tests and Results

Tractor attached type harvester was tested in field of farmers in Tatebayashi city and Ora district, Gunma prefecture. It was easy to set the height with the automatic control system. The control system operated well when we tested the variety of "Ryutoku" whose wrapper leaves were bound. When we tested the variety of "Hokuyo", the wrapper leaves are sometimes caught by the detection shoe. We operated automatic control to set the height and stopped the automatic control during harvest work. In both cases, there was no losses and it was possible to ship to the market all heads with retrimming. The work speed was about

2.5 s/head. However, since it took time to carry heads out of the field and transfer to tracks and retrimming, field work efficiency was low at 41%. The work time for couple of people to cut out the heads,

carry out to outside field and transfer to track is 4.9 h/10a, and retrimming by hand is 20.4 man-hours/10a, and the total harvesting work rate is about 30 man-hours/10a. It was as efficient as the conventional work.

Tech. Rep. Inst. of Agric. Dec. 28:1-51 (1994)

# カンキツ栽培用機械の開発研究（第1報） —カンキツ用汎用作業車と作業機の開発—

長木 司\* ・ 小川 幹雄\*\* ・ 西村 洋\*\* ・ 戸崎 紘一\*\*\*  
宮原 佳彦\*\*\* ・ 深澤 秀夫\*\*\*\* ・ 梶山 道雄\*\*\*\*\*

1994-3-15 受理

## 抄 録

長木 司・小川幹雄・西村 洋・戸崎紘一・宮原佳彦・深澤秀夫・梶山道雄・カンキツ栽培用機械の開発研究(第1報)-カンキツ用汎用作業車と作業機の開発。農機研報告 No.28:52-66(1994)

果実の輸入自由化や労力不足を背景として、果実栽培の省力化と生産コストの低減が求められている。特にカンキツ園は、その多くが傾斜地に立地し、樹冠占有率が高いことから主要果樹の中で機械化が最も遅れており、作業の省力化が緊急の課題となっている。本研究は、カンキツ用汎用作業車とこれを中心とする機械化作業体系を確立し、カンキツ栽培の省力化を図ることを目的としたものである。

平成元年から3年度の間、4形式の作業車を試作し、機体の形状やフレーム構造、走行方式、変速装置など、傾斜地カンキツ園に適した作業車の構造と、備えるべき機能についての検討を行った。また、作業車に搭載する防除用装置として、小型で所要動力の小さいノズル回動式防除機を開発し、その実用性を確認した。さらに、草刈、中耕、深耕用の土壌管理作業機を開発し、カンキツ栽培における有効性を確認した。本研究の成果は、傾斜地用多目的管理機として市販に移されて実用化された。

### 1. 緒言

我が国の果樹栽培においては、輸入自由化に伴う外国産果実や果汁等の増加、消費者ニーズの多様化と高品質志向などを背景として、生産コストの低減と高品質果実の安定生産が重要な課題となっている。一方、後継者不足とこれに伴う農業従事者の高齢化により、労働力の量的、質的減少が次第に深刻さを増してきており、機械の利用による省力化が求められている。

特に、栽培面積及び生産量が最も多いカンキツ栽培では、急傾斜地や密植園が多いことから機械化の進展が遅れており、緊急の対応が求められている。このため生研機構では平成元年度から3年度まで、中央果実生産出荷安定基金協会からの委託により、カンキツ栽培用機械の緊急開発事業を実施した。

カンキツ栽培用機械の緊急開発事業は以下の3点を目

- \* 園芸工学研究部（現・企画部）
- \*\* 園芸工学研究部
- \*\*\* 生産システム研究部
- \*\*\*\* 生産システム研究部（現・農研センター）
- \*\*\*\*\* 生産システム研究部（現・農業自営）

標として、園芸工学研究部と生産システム研究部が協力して行ったものである。

- ①カンキツ用汎用作業車を中心とする機械化作業体系の開発
- ②ボックス栽培などの高品質栽培の省力化技術の開発
- ③品質選果装置の開発

本論文はこの中の①に関するものであり、カンキツ用汎用作業車、およびこれに装着する作業機の開発研究について記述したものである。この研究では、作業車及び土壌管理機の開発を、長木 司、小川幹雄、西村 洋が主に担当し、防除機の開発は、戸崎紘一、宮原佳彦、深澤秀夫、梶山道雄が主に担当した。また、本論文の取りまとめは、小川幹雄が行った。

本研究の実施に際しては、農林水産省果樹花き課を中心とする関係行政部局をはじめ、中央果実生産出荷安定基金協会、果樹関係の国公立試験研究機関には多大のご指導とご協力をいただいた。また、機械の試作に当たっては、株式会社佐藤製作所、株式会社丸山製作所、株式会社共立のご協力をいただいた。記してここに深甚の謝意を表する次第である。

2. 研究の背景と目的

2. 1 我が国のカンキツ栽培の概要

我が国における果樹の栽培面積は、表1に示すように

表1 主要果樹の栽培面積と生産量（平3）

樹種	栽培面積（千ha）	生産量（千t）
カンキツ	119.6	2,029
リンゴ	53.4	760
ブドウ	25.9	271
日本ナシ	20.1	424
西洋ナシ	1.2	—
モモ	13.5	186
オウトウ	3.3	15
ウメ	18.9	95
ビワ	2.8	12
カキ	29.3	249
クリ	36.7	32
果樹合計 <sup>1)</sup>	340.3	4,226

- 1) 農林水産省「耕地及び作付面積統計」及び「果樹生産出荷実績調査」による。
- 2) 栽培面積は全ての果樹の合計で、生産量は主要果実の合計。

平成3年度現在で340,300haとなっており、このうちウンシュウミカンが78,300haで最も多く栽培されている。カンキツの合計では119,600haとなり、リンゴが53,400haでこれに次いでいる。果樹栽培は、水稲作などに比較して機械化の進展が遅れており、中でもカンキツは我が国第1位の果樹でありながら、作業の大半を人力に頼っているのが現状である。

2. 2 カンキツ園の特徴

表2 果樹栽培面積の傾斜度別比率

(昭和63)

樹種	傾斜度別比率(%)			
	5度未満	5~15度	15~25度	25度以上
温州ミカン	19.4	34.9	31.8	14.0
リンゴ	68.2	24.7	6.6	0.5
ブドウ	67.6	23.6	7.9	0.9
日本ナシ	70.3	21.1	6.9	1.7
モモ	68.9	24.0	6.0	1.1
オウトウ	79.8	17.1	2.9	0.2

農林水産省果樹花き課資料による。

カンキツ栽培の第1の特徴は、急傾斜地に立地する園地が多いことである。表2に示すように、リンゴなどの落葉果樹では傾斜度が5度未満の園地が70~80%であるのに対して、ウンシュウミカンの場合は15度を越える急傾斜地が全体の46%を占めている。

第2の特徴は、傾斜地に立地する狭小な園地において収量増加を図るために、樹冠占有率が非常に高いことである。このため自走機械の走行に必要な空間が十分でなく、これが機械化の大きな障害となっている。

2. 3 カンキツ栽培に要する労力

表3に、ウンシュウミカンとリンゴの生産に要する10a当たりの労働時間を示した。

表3 10a当たり労働時間

(単位：時間(%) )

項目	ミカン	リンゴ
労働時間合計	176.4(100)	315.6(100)
整枝・剪定	16.0(9.1)	38.4(12.2)
施肥	7.6(4.3)	4.0(1.3)
中耕・除草	19.2(10.9)	9.6(3.0)
薬剤散布	22.1(12.5)	5.1(1.6)
その他防除	0.2(0.1)	6.3(2.0)
受粉・摘果	29.9(17.0)	89.2(28.3)
袋掛け	0.3(0.2)	8.9(2.8)
その他管理	13.4(7.6)	22.4(7.1)
収穫・調製	67.7(38.4)	131.7(41.7)

- 1) 農林水産省「平成3年産農産物生産費調査報告果実生産費」による。
- 2) ミカンは温州ミカン（全調査農家）、リンゴはふじ（長野）。

表4 果樹の防除機械施設の導入状況

(昭和62)

樹種	受益面積割合(%)			
	定置配管 (手散布)	多目的 スリッパ	スピード スプレー	その他 <sup>1)</sup>
温州ミカン	33.7	7.1	1.0	58.2
リンゴ	5.4	0.2	69.5	24.9
ブドウ	12.4	1.3	35.3	51.0
日本ナシ	7.1	4.7	58.4	29.8
モモ	5.4	2.6	32.4	59.6
カキ	6.9	0.8	13.4	79.0

資料：農林水産省果樹花き

注1) その他は、トラックに動噴を搭載したもの、移動式動噴など。

各作業の中で最も多くの労力を必要とするのが収穫・調製であり、いずれも全体の約40%を占めている。またミカン栽培は、労働時間の合計ではリンゴよりも少ない

ものの、薬剤散布、及び施肥や中耕・除草などの土壌管理作業の労働時間は、大きくリングを上回っている。

これは表4に示すように、リングではスピードスプレヤーの導入によって、薬剤散布作業が大幅に省力化されたためである。土壌管理については、リングではトラクタや自走式作業機などが普及しているのに対して、ミカン栽培では、刈払機やこれに類する小型作業機の利用が中心になっていることによるものである。

## 2. 4 研究の目的

カンキツ園はその多くが傾斜地に立地し、樹冠占有率が高いために主要果樹の中で機械の導入が最も遅れており、果実の輸入自由化や労力不足を背景として作業の省力化が求められている。本研究の目的は、傾斜地適応性が高く、比較的狭小な園地でも走行が可能なカンキツ用汎用作業車を開発し、これを中心とする機械化作業体系を確立することである。

汎用作業車用の作業機としては、カンキツ栽培で省力化の要望が最も大きい作業が薬剤散布であるため、防除機の開発をすすめる。また、施肥や中耕・除草などの土壌管理作業の労働時間が大きく、これらの作業が高品質栽培のために重要となることから、カンキツ栽培に適した土壌管理作業機の開発も進める。

## 3. 設計目標

### 3. 1 対象とする園地の条件

作業車が走行する部分の傾斜度が20度以下で、樹列間に人間が無理なく移動できる程度の空間が確保された園地を対象とする。

### 3. 2 対象とする作業

薬剤散布作業のほか、土壌管理及び運搬など多目的に利用できるようにする。

### 3. 3 カンキツ用汎用作業車の設計目標

- ① 傾斜地及び不整地での走行性を確保するため、履帯式の走行部とする。また、安定性を確保するため、走行部の幅をできるだけ広くするとともに、重心位置を低くする。
- ② 樹冠占有率の高い園地での走行を円滑にするため、乗車運転装置や荷台に搭載する装置類など、地上高

の高い部分の幅を50cm程度におさえて、機体の断面形状を凸字状にする。

- ③ 車体の前部及び後部に、作業機装着用のヒッチを設ける。
- ④ 薬剤散布機としての利用が多いと考えられるため、作業車に薬液ポンプを装備し、主機関で駆動する方式とする。
- ⑤ 装着する作業機の動力又は制御用として、作業車に小型の油圧動力装置を装備する。また、土壌管理作業機などの比較的大きな動力を必要とする場合には、荷台に別機関で駆動する油圧動力装置を搭載する方式とする。

## 4. 開発研究の経過

本研究は平成元年度に開始して3年度に終了したが、この間、カンキツ用汎用作業車の開発研究では、COT-10型からCOT-13型まで4形式の試作を行った。またこれと並行して、送風機を使わないノズル回転式の防除装置、及び各種土壌管理作業機の開発を行った。

### 4. 1 COT-10型及び11型

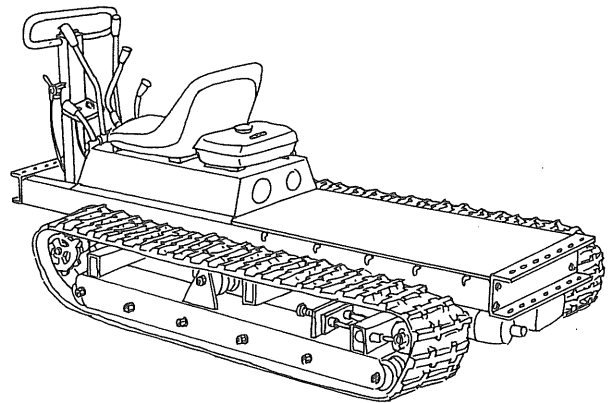


図1 カンキツ用汎用作業車 COT-10型

表5 カンキツ用汎用作業車COT-10型の主要諸元

車体寸法	全長：2110mm 全幅：1070mm 全高：960mm
走行部	単体質量：372kg 乗車部分の幅：50cm
	形式：ゴムクローラ式 履帯幅：250mm
主機関	接地長：1124mm 履帯中心距離：820mm
	走行部地上高：340mm クラッチ：ベルトテンション方式
	最小回転半径：1.3m 変速段数：前進3段、後進3段
	種類：空冷4サイクルガソリンエンジン（ロビンEY280）
搭載機器	行程容積：280ml 最大出力5.5kW/2000rpm
	油圧ユニット：島津PPL3 薬剤ポンプ：共立HP-602

試作1号機のCOT-10型は、市販のクローラ式運搬車をもとにして試作したものである。その構造及び主要諸元は、それぞれ図1、表5に示すとおりである。

機体の断面形状を凸字状に構成するため、運転席及び操作装置は機体前部の中央に、また主機関は座席の下に配置し、燃料タンクは座席後の主機関カバー上に取り付けた。さらに、薬液ポンプと油圧装置は、左右履帯の間の荷台床下に配置した。薬液ポンプの調圧装置は、作業者が乗車位置で操作できるようにするため、ポンプ本体と分離して座席の横に取り付けた。

COT-10型のは場試験は、並行して開発を進めたカンキツ用防除機CS-10型（薬液タンク容量 100L）を搭載して、主に果樹関係公立研究機関のは場で実施した。この結果、以下の点が明らかになった。

- ① クローラ式走行部の採用と低重心の達成により、30度程度のこう配においても円滑な登降坂が可能であった。
- ② 樹列間距離が3m程度の狭小なほ場においても、比較的容易に移動することが可能であった。
- ③ 車体前部において、機体フレームの張り出しが大きいため、特に回行時に樹冠等に接触する機会があった。

以上の結果を踏まえて、各所の問題点の改善を図ることを目標として、2号機となるCOT-11型の試作を行った。その構造及び主要諸元は、図2及び表6に示すとおりである。

COT-11型の基本的な構造はCOT-10型と同様であるが、変速機の取り付け方法を変更することによって、車体前部の張り出しを縮小した。また、主機関への燃料供給が不安定になる場合があったため、燃料タンクを座席後から機関上部に移動して位置を高くした。

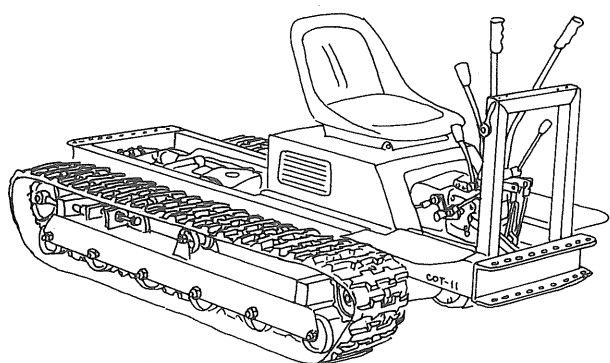


図2 カンキツ用汎用作業車 COT-11型

表6 カンキツ用汎用作業車COT-11型の主要諸元

全長：1920mm	全幅：1070mm	単体質量：456kg
履帯幅：250mm	履帯中心距離：820mm	接地長：1225mm
主機関：空冷ガソリン機関 ROBIN EY280		
最大出力 5.5kW(7.5PS) 行程容積 280ml		

COT-11型に、カンキツ用防除機CS-11型（薬液タンク容量 350L）を搭載して試験を行い、以下のような結果が得られた。

- ① 350Lのタンクに薬液を満載した状態において、横方向の静的転倒角は40度であった。
- ② こう配が約25度の傾斜地（裸地状態）において、等高線方向に安定した走行が可能であり、20度の草地における8の字旋回が可能であった。
- ③ 車体全長の縮小により、園内における移動性が向上したほか、座席周りの改良によって運転者が安定した姿勢を保持することが可能になった。

#### 4.2 COT-12型

カンキツ用汎用作業車COT-12型は、10型及び11型の試作結果を踏まえて、より小型軽量化を図ること、運転操作などの取扱性向上を図ることを目標に試作したものである。

自走式乗用作業車の取扱性や安全性の向上を図るためには、発進停止や変速などの運転操作を簡略化することが重要である。また、薬剤散布作業においては、条件に応じて散布量を適正に調節する必要がある。この場合、薬液ポンプを駆動する主機関の回転速度を変更することなく、走行速度を任意に調節できることが望まれる。そこで、COT-12型の試作に当たっては、油圧無段変速装置（HST）を採用することにした。

COT-12型の構造及び主要諸元は、図3及び表7に示すとおりである。変速装置は市販の自走式作業機のものを利用したが、油圧無段変速装置、機械式の2段階変速機、操向用の制御装置、駐車ブレーキが一体構造となったものである。発進停止、及び前後進切り換えを含む変速はレバー1本の操作で行い、機械式変速機では高速、低速の切り換えを行う方式である。

機体の小型化に関しては、全幅をCOT-10型及び11型の1,070mmに対して860mmとし、210mm縮小した。全幅の縮小に伴い、主機関は機体最前部の座席前に配置し、変

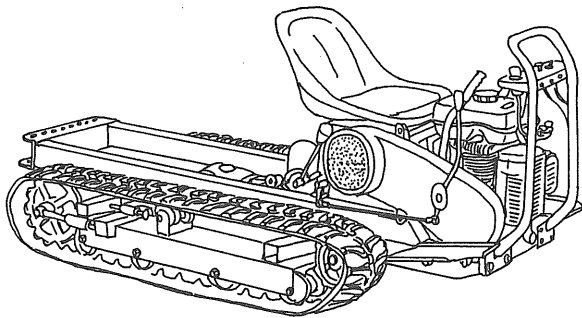


図3 カンキツ用汎用作業車 COT-12型

表7 カンキツ用汎用作業車COT-12型の主要諸元

全長: 1990mm	全幅: 860mm	単体質量: 299kg
履帯幅: 200mm	履帯中心距離: 660mm	接地長: 1090mm
変速方式: 油圧変速機(HST) 変速機: 2段+無段変速		
主機関: 空冷ガソリン機関 MITSUBISHI G710L		
最大出力 5.1kW(7.0PS) 行程容積 267ml		
搭載薬液ポンプ: MARUYAMA MS450		
吸水量 45L/min(1200rpm)		
最高圧力 40kgf/cm <sup>2</sup>		

速装置を座席下に配置する構造とした。また薬液ポンプは、運転席からバルブの開閉や圧力調節ができるように、座席後の左右履帯の間に配置した。

COT-12型のは場試験は、ノズル回転式防除装置BS-2型(薬液タンク容量 250L)を搭載して行い、以下のような結果が得られた。

- ① 横方向の静的転倒角は、容量250Lの薬液タンクに満載の状態では40度で、COT-11型と同程度であった。
- ② 全幅の縮小と油圧変速装置の採用によって、樹列間の狭小な部分における操向が容易になった。また無段変速による微速操向が可能となり、トラック等への積み下ろし時の安全性確保に有効であると考えられた。
- ③ 無速機に組込まれた操向用の制動装置が噛み合い式であるため、操向操作時に機体の進行方向が急激に変化し、特に高速走行時に問題があった。

#### 5. カンキツ用汎用作業車COT-13型の開発

カンキツ用汎用作業車COT-10型から12型までの試作結果を踏まえて、本研究における最終試作機COT-13型の試作を行った。その構造と主要諸元を、図4及び表8に示

した。

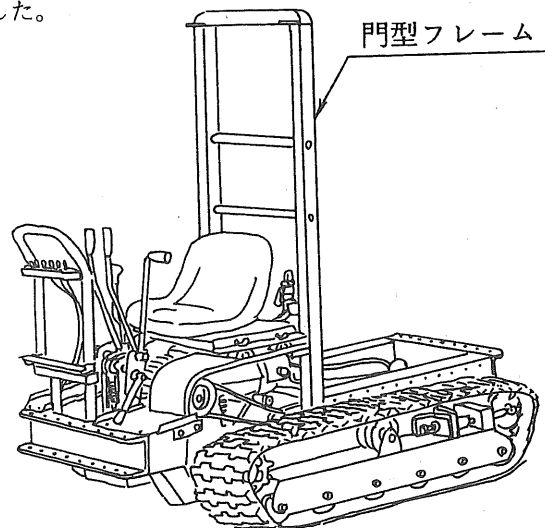


図4 カンキツ用汎用作業車 COT-13型

表8 カンキツ用汎用作業車COT-13型の主要諸元

全長: 1950mm	全幅: 1070mm
全高: 1685mm	質量: 491kg
履帯幅: 250mm	
履帯接地長: 1225mm	
変速段数: 前後進 2段+無段変速	
機関出力: 定格 5.9kW	

#### 5.1 車体のフレーム構造

カンキツ用汎用作業車の開発においては、機体の小型化と多機能化が重要な課題であるため、車体の限られた空間の中に主機関を含む多数の機器を配置する必要がある。そして、各種機器の保守点検の容易さを確保することも、実用上不可欠である。

このためCOT-13型では、図5に示すような分岐型のフ

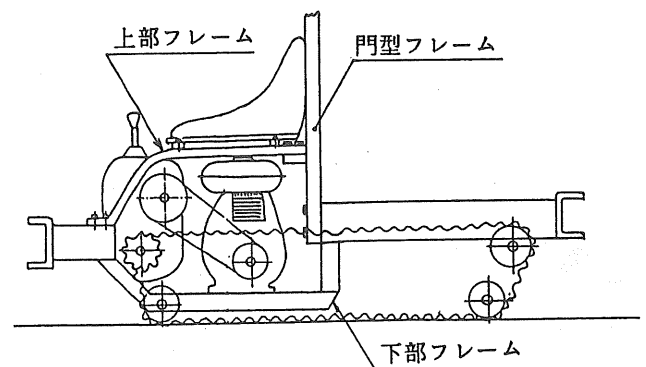


図5 COT-13型の分岐型フレーム構造



レーム構造を採用した。つまり、機体フレームを機関搭載部で上下に分岐させることにより、空間の拡大と整備性の向上を図った。また、座席後部には門型のフレームを設置し、機器類の支持部材として利用するとともに安全性の向上を図った。

さらに、農業被曝の軽減を図るために図6に示すよう

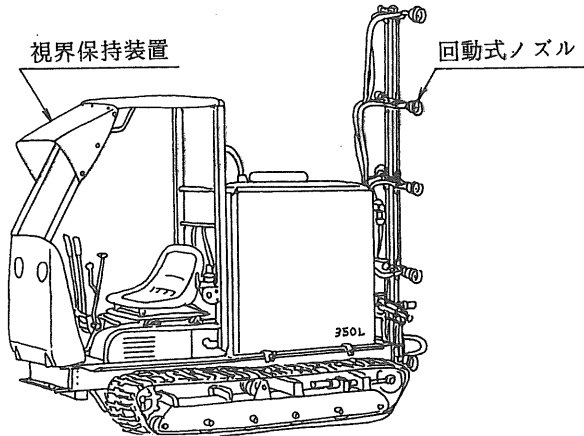


図6 ノズル回転式防除機を搭載したCOT-13型

な着脱式のキャビンを試作し、門型フレームを利用して固定する方式とした。キャビン前部の透明板には、農業の付着による視界の低下を防止するため、同様の透明板によるひさし状の視界保持装置を取付けた。

### 5. 2 搭載機関

作業車に搭載する主機関は、これまでと同様に空冷のガソリン機関とした。しかし、分岐型のフレーム構造を採用したことにより、機関搭載部分の空間をこれまでより大きくなり、出力のより大きな機関が搭載可能となった。このため、従来の定格出力 4kWに対して、5.9kWの機関を搭載した。

### 5. 3 変速装置

COT-12型の試作の結果、カンキツ用汎用作業車の変速装置としては、無段変速機が操作性及び安全性の観点から有効であることが確認された。

そこでCOT-13型では、機械的に無段変速を行うリングコーン式無段変速機を採用した。この変速機は、無段変速装置と前後進各2段の歯車式変速装置が一体化になった構造のものである。従ってCOT-12型で利用した油圧式無段変速機(HST)と異なり、前後進の切り換えは機械的に行う必要がある。しかし、各変速段においては、停止状

態からその段の最高速度まで、1本のレバー操作による無段階変速が可能である。

### 5. 4 薬液ポンプ

薬液ポンプとしては、吸水量が毎分45L(1,200rpm時)の動力噴霧機を用い、車体後部の床下に配置した。ポンプの入力軸には電磁クラッチを取付け、運転席のスイッチ操作によって主機関からの動力の断続操作を行う方式とした。また、調圧装置は、本体から分離して座席後部の門型フレームに固定した。

### 5. 5 油圧動力装置

作業機の駆動や位置制御などに利用するため、機体中央部の床下に2連の油圧ポンプを搭載した。ポンプは歯車式で、毎分吐出量は第1ポンプが3.7L、第2ポンプが11.6L(何れも1,800rpm時)である。油圧油タンクの容量は、約12Lとした。

## 6. 汎用作業車用作業機の開発

### 6. 1 カンキツ用防除機

カンキツ用防除装置は、汎用作業車に装着するため軽量小型なものとし、作業車の主機関によって駆動することを目標とした。

スピードスプレーヤのように送風機を利用する方式では大きな動力を必要とし、装置も大型化して目標の達成が困難である。そこで、送風機を用いない無気散布方式の開発を進めた。無気方式で樹冠内部に薬液を到着させ、均一な散布を行うために、散布中にノズルを円運動させるノズル回転式防除機を開発した。図7は、ノズル回転



図7 カンキツ用防除機 CS-110型の付着試験

式のカンキツ用防除機CS-110型による散布状況である。カンキツ用防除機の詳細については別報で報告される予定であるため、本報の記載は概要程度にとどめる。

## 6. 2 カンキツ園用土壌管理機

高品質果実を安定的に生産するためには、土壌環境の改善が重要とされている。しかし、一般にカンキツ園は傾斜地に立地し、石礫の多い土壌条件であるため、既存の作業機の利用が困難な場合が多い。このため、カンキツ用汎用作業車の作業機として、草刈、中耕、深耕用作業機の開発を進めた。

### 6. 2. 1 草刈機 COM-100型

図8に示すように、汎用作業車用草刈機 COM-100型は、



図8 草刈機 COM-100型

市販のロータリモアを利用して、車体前部に装着する構造にした。2連の刃による刈幅は1,000mmで、ケーシングを含めた横幅は、作業車車体幅とほぼ同じである。前部に自在車輪による2個の案内輪を設けたが、その設地圧を軽減するために、ばねを介して作業機を上方に引上げる機構とした。

刈刃は油圧モータで駆動し、動力は別途試作した汎用作業車搭載用の油圧動力装置HPU-10型から供給する方式とした。表9は、HPU-10型の仕様を示したものである。

表9 油圧動力装置HPU-10型の仕様

全長：850mm	全幅：560mm	全高：820mm	質量：152kg
機関：空冷ガソリン機関 ROBIN EY40			
最大出力：7.4kW 行程容積 388ml			
ポンプ：SHIMADZU YP15+YP10 (16.2ml/rev+1.7ml/rev)			
オイルタンク容量：32L			

草刈機 COM-100型を汎用作業車 COT-101型 (COT-10型の改良機で、主要諸元はCOT-11型とほぼ同じ) に装着して試験を行った結果、30度程度の傾斜地でも作業が可能であった。しかし、作業者が安定した作業姿勢や機関への燃料供給、潤滑の問題を考慮して、こう配20度程度が実用的な範囲であると考えられた。また、こう配が急激に変化する部分で、刈刃の先端や刈刃ケーシング後部が地面に接触する場合があります、その改善が必要であった。

### 6. 2. 2 ロータリ式中耕機 OC-73型

図9に示した試作中耕機 OC-73型は、回転直径 350mm

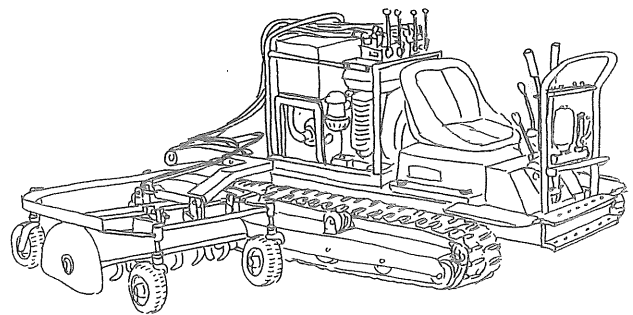


図9 ロータリ式中耕機 OC-73型

耕幅 700mmのアップカットロータリを、油圧モータで駆動するもので、草刈機と同様に油圧動力装置HPU-10型によって動力を供給する方式とした。

作業車の後部ヒッチにL字状の作業機支持アームに装着し、このアームの端部に耕うん部を取付ける方式とした。作業機支持アームは最大 220mmの範囲で伸縮し、耕うん部のオフセット量を調節することが可能である。また、図10に示すように、ヒッチ取付け部で180度回転する構造とし、これらの機能によって、耕うん部の位置をほ場や作業の条件に応じて変更できる方式とした。また、耕うん部を4つの自在車輪で支持し、ほ場面の起伏に追従する構造とした。

### 6. 2. 3 コイル式深耕機 ODT-42型

コイル刃の作用は、図11に示すようにコイルばね状の刃を回転させながらピッチに沿って土中に貫入し、これを数センチ程度引上げることによって土壌を膨軟にし、または穴掘りを行うものである。これを利用したコイル式深耕機は、本研究の開始以前から開発を進めており、果樹の根の切断が少なく、硬い土壌でも作業が可能であ

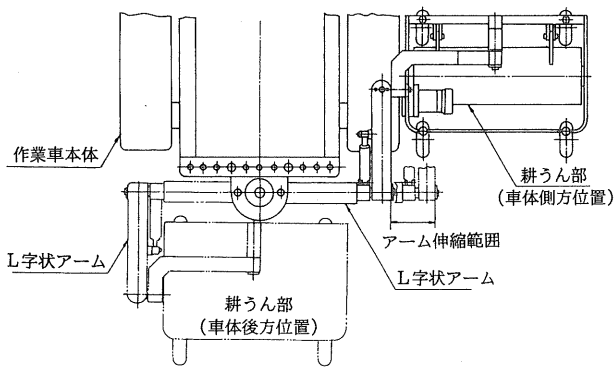


図10 作業機支持アームの構造

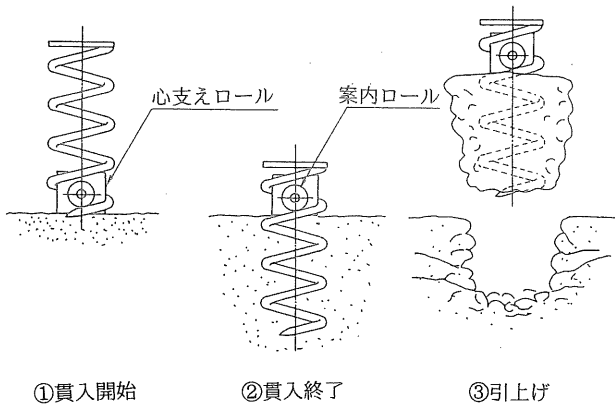


図11 コイル刃の作用

ることが明らかとなっている。この特徴から、カンキツ園用の深耕機として有効であると考えられたため、汎用作業車の作業機として開発を進めたものである。

図12に示すように3本のコイル刃を油圧モータによって駆動し、これを油圧シリンダによって垂直に昇降させる方式とした。他の作業機と同様に、油圧動力装置HPU-10型を動力源として用いた。また、作業車への装着は、中耕機と共通の作業機支持アームを介して行う方式とした。

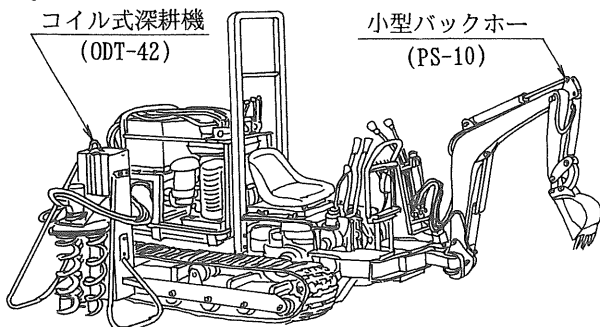


図12 コイル式深耕機ODT-42型及び小型バックホーPS-10型

### 6.2.4 クロール式中耕機 COC-90型

カンキツ園の土壌は、石礫を含んで特に乾燥時には硬度が高くなる場合が多い。このような条件ではロータリによる作業が困難となるため、コイル刃の特徴を活かして、耕深10cm程度の中耕を合理的に行う耕うん装置の開発を進めた。

図13に示すように、開発したクロール式中耕機COC-90型の耕うん装置は、連接棒に前後2本のコイル刃を備えた2組の両クランク機構で構成した。左右のクランク機

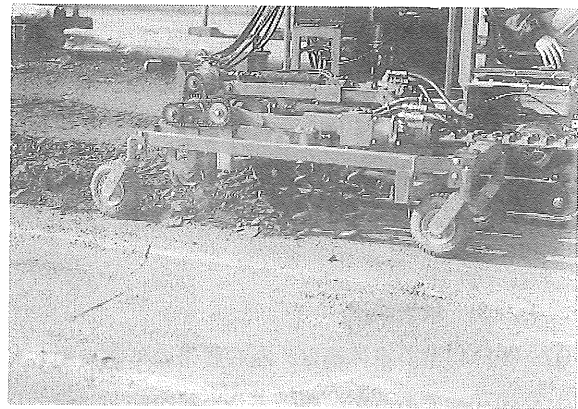


図13 クロール式中耕機 COC-90型

構は回転軸を共有し、それぞれの連接棒が地表面と平行を保ちながら約180度の位相差で回転する機構とした。さらに、クランク機構の連接棒にベベルギヤボックスを設け、その出力軸にコイル刃を装着した。

連接棒とコイル刃の中心線が直角となるように取り付け、コイル刃は地表面との角度をほぼ直角に保ちながらクランク運動を行うようにした。さらに、その周速度と進行速度を同調させることにより、掘進時のコイル刃の横方向速度成分を相殺し、土壌に対して上下動を繰り返して連続的に作業を行う方式とした。

クロール式中耕機の駆動には油圧動力装置HPU-10型を利用し、他の作業機と共通の作業機支持アームを介して作業車に装着した。

### 6.2.5 小型バックホー PS-10型

図12に示す小型バックホー PS-10型は、市販の小型バックホーの作業部（ブーム、アーム及びバケット）と油圧の制御部を利用し、汎用作業車の作業機として利用できるようにしたものである。バケット容量は0.007m<sup>3</sup>で、駆動に要する油圧油の流量が毎分10L程度である。

作業車への装着は前部ヒッチを利用して行い、作業車に装備した油圧動力装置によって油圧を供給した。

## 7. 試作機の性能試験

### 7. 1 カンキツ用汎用作業車COT-13型の走行性能

#### 7. 1. 1 試験の目的

多様なカンキツ園の条件下における作業車の安全性や走行性能を把握し、改良点を明らかにするとともに、園地整備の要点等を検討する。

#### 7. 1. 2 試験方法

九州、四国、中国、近畿などの主要なカンキツ生産地においては場試験を実施した。主として防除装置を搭載し、傾斜度や栽植様式、土壌条件の違いによる走行性の比較を行った。

#### 7. 1. 3 試験結果

- ① COT-13型の車体幅は、左右履帯の外側で最も大きく1070mmであるが、履帯より上部を約600mmにして凸字状とした。これによって、作業者が自然な姿勢で走行できる園地では容易に移動可能であり、その有効性が確認された。
- ② 防除機を搭載し、350Lのタンクに薬液を満載した状態での静的転倒角(横方向)は39度であり、こう配が30度のほ場において、安定した登降坂が可能であった。
- ③ こう配が20度以上のほ場では、地表面の状態によっては旋回性能が低下し、回行部で切りかえしを要する場合があった。効率的な利用を行うためには、円滑に旋回できるよう回行部を整備する必要があった。

## 7. 2 カンキツ用防除機の付着性能

### 7. 2. 1 試験の目的

ほ場での散布試験を実施して薬液の付着等の作業性能を調査し、カンキツ樹に対するノズル回動式防除機の有効性を確認する。

### 7. 2. 2 試験方法

カンキツ用防除機CS-110型を多目的作業車COT-11型に搭載して供試し、慣行の手散布及びカンキツ用に改造し

たスピードプレーヤとの付着性能の比較を行った。機械による散布は、樹冠の両側から行った。

付着度の測定には、液滴の付着した部分が青色に変色する感湿紙を用いた。樹冠中心とその前後左右50cmの位置に、それぞれ地上から50cm間隔に測定点を設け、各測定点に水平及び垂直に感湿紙を取付けた。なお付着度の評価は、「薬液付着度表」(農林水産省果樹試験場興津支場作成)をもとに、生研機構が作成した「標準付着度表」によって行った。

### 7. 2. 3 試験結果

付着度の測定結果は表10に示すとおりで、カンキツ用

表10 カンキツ用防除機の散布試験結果

試験場所 ほ場条件	佐賀県 緩傾斜			三重県 緩斜面		
樹高 (m)	2.7			2.5		
樹間距離 (m)	3.6			4.0		
供作機	(手散布) CS-110 S S			CS-110	S S	
ノズルの種類 <sup>1)</sup>	C	A	D	A	D	
ノズル圧力 (MPa)	1.96	1.86	0.98	1.91	0.93	
散布速度 (m/s)	—	0.38	0.37	0.37	0.60	
散布量 (L/10a)	589	521	631	482	406	
評点割合 (%)	5以上	80.0	73.0	87.0	78.0	91.0
	3~4	18.0	25.0	13.0	21.0	9.0
	2以下	2.0	2.0	0.0	1.0	0.0

1): Aは導風筒付き調節ノズル、Dはディスクノズル、Cは(タテ2頭ノズル)

防除機の付着性能は、防除の実用効果が認められる評点3以上の割合が98%であった。この試験ではスピードプレーヤの結果をやや下回るものの、慣行の手散布と同程度であることから、十分実用に供し得る性能であると考えられた。

## 7. 3 土壌管理機の作業性能

### 7. 3. 1 試験の目的

試作した土壌管理用作業機をほ場試験に供試し、作業性能、所要動力を調査して、カンキツ園の土壌条件に対する適応性を把握する。さらに、各作業機の特性を把握することにより、効果的な利用法、利用上の留意点等を明らかにする。

### 7. 3. 2 試験方法

1) 供試機 ロータリ式中耕機 OC-73型、クローラ式

中耕機COC-90型、小型バックホー PS-10型、コイル式深耕機ODT-42型の4機種を供試し、汎用作業車COT-13型に装着して試験を実施した。小型バックホー PS-10型の油圧動力は、作業車に装備した油圧動力装置から供給し、その他の供試作業機では、作業車の荷台に油圧動力装置HPU-10型を搭載して動力源とした。

2) 供試ほ場 試験は、表11に示すような土壌条件の

表 1 1 試験ほ場の土壌条件

試験No.	土壌硬度 <sup>1)</sup> (mm)	含水比(%)
1	24(3.2)	71.9
2	25(3.4)	65.9
3	27(3.7)	20.5

注1)山中式土壌硬度計使用。( )内は円錐貫入抵抗(MPa)に換算した値。

異なる3ヶ所のは場を供試して実施した。試験No.1及びNo.2のは場は生研機構内の試験ほ場である。No.1のは場は草生状態で地表部の土壌硬度が他に比較して低く、No.2は、深さ約35cmまでほぼ均一な硬度である。また、試験No.3のは場は静岡県三ヶ日町のカンキツ園で、3ヶ所の中では最も土壌硬度が高く、石礫の多い条件である。

3) 作業性能の評価法 各作業機の目的や方式が異なるため、作業性能の評価基準として、単位時間当たりに破碎または移動した土の質量を用いた。作業後に素手で採取できる範囲の土壌が、作業機によって破碎されたものと仮定し、その乾燥重量を測定した。

4) 所要動力の測定法 供試作業機はすべて油圧駆動方式であるため、油圧回路の圧力と作動油流量を測定して所要油圧動力を算出した。圧力の測定には歪ケージ式の圧力変換器を用い、動歪測定器を介してデータレコーダに集録した。

また流量については、回路内に油圧モータ(オービットモータ)を設置し、その無負荷回転速度を測定して流量を算出した。油圧モータの回転速度の測定には電磁式回転検出器を用い、圧力とともにデータレコーダに記録した。

### 7. 3. 3 試験結果

各供試機の単位時間当たりの作業量、及び所要動力の比較をそれぞれ表12、表13に示した。

表 1 2 1分間当りの作業量<sup>1)</sup>

供試機 試験No.	クロー式 中耕機	コイル式 深耕機	ロータリ 式 中耕機	バック ホー
1	42.0	26.4	92.6	19.9
2	149.8	70.6	45.8	20.8
3	220.1	156.7	58.0	32.0

注1) 1分間に破碎した土壌の乾燥質量(kg/min)

表 1 3 所要油圧動力測定結果

供試機 試験No.	クロー式 中耕機		コイル式 深耕機		ロータリ 式 中耕機		バック ホー	
	コイル刃	クロー	全体	貫入	引上げ	平均		
1	平均	1.35	0.33	1.68	1.02	1.43	2.06	0.78
	最大	1.92	0.49	2.19	1.70	2.17	2.40	1.68
2	平均	1.34	0.34	1.68	1.23	2.03	2.33	0.88
	最大	2.22	0.51	2.68	2.62	2.53	2.57	1.82
3	平均	1.69	0.41	2.10	1.32	2.26	1.91	0.92
	最大	2.67	0.56	3.10	2.19	2.69	2.20	1.84

コイル式深耕機とクロー式中耕機の作業量は、土壌硬度が高くなるほど大きく増加した。これは、硬度の高い土壌では、コイル刃の破碎作用が作業中心から広範囲に及ぶためであると考えられた。

また所要油圧動力に関しては、ロータリ式中耕機を除いて、土壌硬度が高いほど大きな値となった。これはロータリ式の場合は、硬いほ場では所定の耕深に達せずに作業量が低下するためと考えられた。これに対して、コイル式深耕機とクロー式中耕機では、所要動力が2倍程度に増加したが、これは、作業量が大幅に増大するためであった。しかし、作業量の増加は、所要動力の増加率を大幅に上回る結果となった。

以上の結果から、コイル刃を利用したクロー式中耕機及びコイル式深耕機が、土壌硬度が高くて石礫の多いカンキツ園の特徴的な土壌に適した方式であると考えられた。

## 7. 4 コイル式深耕機の作業性能

### 7. 4. 1 試験の目的

コイル刃の作用と特性、及びこれを利用した管理作業が樹体や果実品質に及ぼす効果を把握し、コイル式深耕機のカンキツ栽培への適応性を調査することを目的に行った。

### 7. 4. 2 試験方法

この試験は、作業部の構造及びその作用が多目的作業車用コイル式深耕機ODT-42型と同一の、歩行用コイル式深耕機ODT-32型及びODT-41型(図14)を供試して行った。

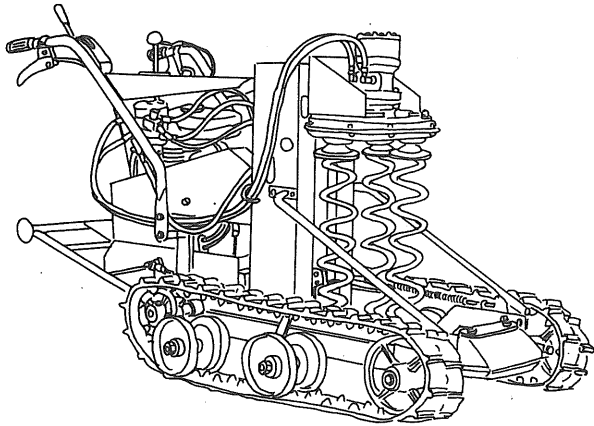


図14 歩行用コイル式深耕機 ODT-41型

1) 貫入時のトルク測定 コイル刃が土中に貫入する際のトルクを測定し、相対的に直径の大きい刃が1本の場合と、径の小さい刃を3本にした時の比較を行った。

コイル刃駆動用のギヤボックス入力軸と油圧モータの間に中間軸を設け、中間軸のケーシングに歪ゲージを貼付してトルク反力を測定する方法で行った、トルク測定では、歪ゲージ式の変位変換器を用いてコイル刃の貫入深さを同時に記録し、深さと所要トルクの関連について調査した。

2) 作業性能調査 異なる土壌条件下では場試験を行い、コイル刃が貫入可能な土壌硬度、及び作業により土壌が軟化する範囲を調査した。軟化範囲の調査では、図15に示すように作業中心部の垂直断面が露出するように片側を掘り起こし、山中式土壌硬度計によって断面の硬度を測定した。

3) 栽培的効果に関する調査 この試験では、コイル式深耕機による深耕及び有機物の深層施用が、樹体や果実品質に及ぼす効果について調査した。

樹体に対する影響の調査は、三ヶ日町農協の試験ほ場で行ったが、樹幹から約1m離れた部分を1本につき6ヵ所の処理を行い、1年後に作業部の土壌を採取して根の育成状況を調査した。また、同様の処理を果樹試験場興津支場で3年間と三ヶ日町の民有園で2年間継続して行い、採取した果実の品質を調査した。

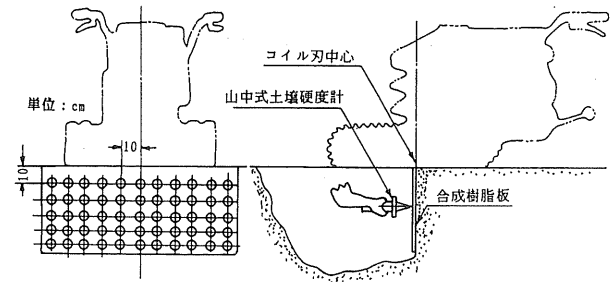


図15 深耕後の土壌硬度測定方法

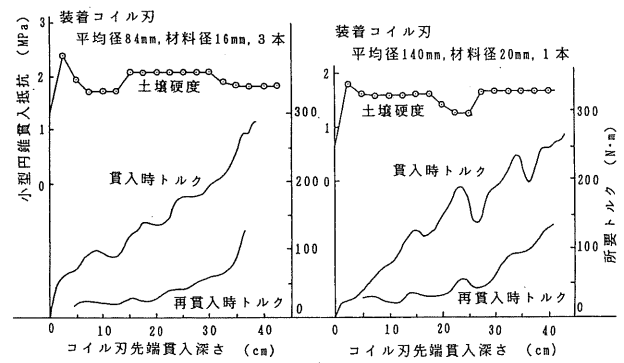


図16 コイル刃貫入時の所要トルク

### 7. 4. 3 試験結果

1) 貫入時のトルク コイル刃が貫入する際の所要トルクを図16に示した。外径が100mmのコイル刃3本と同160mmの刃1本の場合を比較すると、トルク値はほぼ同様であるが、1本の場合には変動が大きい傾向があった。コイル刃3本の方が深耕の効果が及ぶ範囲が大きく、また、穴掘りでも引上げる土量が多いことから、同じ動力で効果的に作業ができることが確認された。

また、同じ場所で再貫入した時のトルクは、刃先端の深さが30cmを越えると急激に増加したが、これは土壌との摩擦によるものと考えられた。

2) 作業性能 主としてカンキツ園で行った調査結果から、コイル式深耕機が貫入可能な土壌硬度は、山中式土壌硬度計の指示値で28mm以上であった。これを松井らの回帰式により、貫入式土壌硬度計の値に換算すると4MPa(41kgf/cm<sup>2</sup>)となった。なお、この値は測定場所の土壌の種類が回帰式の場合と同一ではなく、また、外挿による換算値であるため参考値である。

$$y = 0.545x + 5.406 \quad (r = 0.976)$$

土壌：砂丘未熟土

x：貫入式土壌硬度計測定値 (kgf/cm<sup>2</sup>)

y：中山式土壌硬度計測定値 (mm)

表14 深耕作業後の土壌硬度測定値

(山中式硬度計：単位mm)

(山中式硬度計：単位mm)											
供試圃場：愛媛果樹試						土壌の種類：花崗岩					
中心からの距離(cm)											
深さ(cm)	50	40	30	20	10	0	10	20	30	40	50
10	11.0	11.0	12.5	4.5	6.5	6.5	6.5	10.5	11.5	13.0	8.5
20	13.0	6.0	10.0	8.5	4.0	6.5	3.5	8.5	10.5	12.0	-
30	17.5	0.5	13.0	11.1	6.5	4.0	10.0	11.0	11.0	13.0	19.0
40	16.0	12.0	18.0	14.0	9.0	18.0	21.5	18.0	9.0	10.0	18.5
50	20.5	23.5	11.0	11.0	8.0	14.5	20.5	18.5	11.5	11.0	16.5
供試圃場：果樹試安芸津支場						土壌の種類：流紋岩					
中心からの距離(cm)											
深さ(cm)	50	40	30	20	10	0	10	20	30	40	50
10	20.5	24.0	20.5	8.0	10.0	7.5	7.0	20.0	22.0	22.5	23.5
20	26.5	28.5	28.0	24.0	7.0	6.5	6.5	23.5	24.0	26.5	21.0
30	21.0	21.5	21.5	22.5	19.5	5.0	16.0	20.0	20.5	23.0	18.0
40	-	21.5	21.5	22.5	19.5	5.0	16.0	20.0	20.5	23.0	18.0

作業後の土壌断面の硬度測定例を表14に示した。深さ20cmの部分においては、コイル刃の中心部から10~20cmの範囲で土壌硬度の低減効果が確認された。

3) 栽培的效果 表15は、昭和63年2月に深耕及び有

表15 カンキツ園における深耕作業部での根群調査結果

処 理	測定点数	採取土壌質量 (kg)	土壌100kg中の根重(g)	
			直径1mm以下	直径2mm以下
深耕+鶏ふん	6	151.6	2.4	3.7
無処理	6	171.8	8.2	12.1
深 耕	10	187.5	3.5	13.0
深耕+鶏ふん	7	132.0	2.4	13.5
無処理	10	169.4	2.3	12.2

機物の施用作業を行い、同年7月と翌年の12月に根群の掘り取り調査結果を示したものである。コイル式深耕機による作業によって、細根量は一時減少するものの、翌年には元の状態に回復することが確認された。さらに、処理区が無処理区に比較して細根量がやや多くなる傾向があり、活性の高い新根が増えることによる効果が期待できると考えられた。

果実品質の調査結果は、表16に示すとおりであった。平成元年度の調査では、処理区が果実重量や糖度の点で無処理区に勝る結果となったが、2年度以降は明確な差異は認められなかった。これは、気象要因による影響が

大きく作用したためと考えられ、さらに継続的な調査が必要であった。

表16 果実品質調査結果

(果樹試興津支場 青島温州)

実施年度	処 理	1果平均重 (g)	可溶性固形物 (%)	クエン酸 (%)	糖度計示度 (度)
平成元	深 耕	110.2	11.50	0.92	10.5
	深耕+堆肥	110.4	11.48	0.89	10.5
	無処理	107.8	10.48	0.82	9.4
平成2	深 耕	176.7	12.76	0.92	12.5
	深耕+堆肥	167.5	12.47	0.89	12.1
	無処理	148.3	12.52	0.92	12.2
平成3	深 耕	139.8	10.96	1.13	11.0
	深耕+堆肥	142.8	10.88	1.09	11.0
	無処理	147.5	10.84	1.13	10.9

## 8. 摘 要

傾斜地園の多いカンキツ栽培の省力化を目的として、小型で低重心のカンキツ用汎用作業車を試作し、その実用性を検討した。また、この作業車に装着するための作業機として、ノズル回転式防除機と各種土壌管理用機械の開発を並行して行い、作業性能や栽培的な効果等についてカンキツ園における適応性を調査した。

これらの結果の要約は、以下のとおりであった。

- 1) カンキツ用汎用作業車COT-10~13型の4形式の試作研究において、凸字状の車体断面、履帯式走行部、無段変速機、分岐型主フレーム、門型フレームなど、カンキツ園用作業車に有効な構造と機能が把握できた。
- 2) 作業車が走行する部分の傾斜度は、安全性や作業者の負担軽減の観点等から、20度以下が適当と考えられた。
- 3) 作業車の走行速度が低いことと、特に急傾斜地における旋回性能が低い点が問題点として指摘された。しかしこれらは、傾斜地における安定性と走行性を確保するために履帯式を採用したことによるものであり、適切なほ場整備によって補うことが可能と考えられる。
- 4) ノズル回転式のカンキツ用防除機は、送風機を用いないために所要動力が小さく、作業車の5.9kWの主機関で十分作業を行うことが可能であった。また、薬液の付着性能については人力散布と同程度であり、実用に供し得る性能であると考えられた。
- 5) 土壌管理用作業機に関しては、カンキツ園は石礫を

含んだ比較的硬い土壌が多いために、コイル刃を利用した作業機の適応性が高かった。また、小型バックホーは、果樹の抜根や植え穴掘り、園地の簡単な園地整備等に有効に利用できると考えられた。

6) コイル式深耕機による深耕や有機物の施用は、活性の高い新根(細根)の発生を促すと考えられたが、果実品質等の及ぼす効果は、3年間の調査においては明確でなかった。

本研究で開発した技術は、防除作業を主目的とした傾斜地用多目的管理機として農業機械メーカー2社から市販に移され、実用化された。

#### 引用・参考文献

- 1) 長木 司、小川幹雄 他：カンキツ用汎用作業車を中心とする機械化作業体系の開発、平成元年度 カンキツ栽培用機械緊急開発事業受託研究報告書、生研機構、1990
- 2) 長木 司、小川幹雄 他：カンキツ用汎用作業車を中心とする機械化作業体系の開発、平成2年度 カンキツ栽培用機械緊急開発事業受託研究報告書、生研機構、1991
- 3) 長木 司、小川幹雄 他：カンキツ用汎用作業車を中心とする機械化作業体系の開発、平成3年度 カンキツ栽培用機械緊急開発事業受託研究報告書、生研機構、1992
- 4) 長木 司、戸崎紘一：カンキツ栽培用機械に関する研究、平成3年度研究報告会資料、生研機構、1992
- 5) 日本土壤肥料学会監修：土壤標準分析・測定法、博友社、P. 31-35、1986
- 6) 松井 巖 他5名：樹園地土壌診断への貫入硬度計の応用、秋田県果樹試験場研究報告 第18号、P. 16-17, 1987



## S u m m a r y

### Studies on the Mechanization of Citrus Growing (Part 1) —Development of Multipurpose Vehicle for Hillside Orchard and its Implements

Tsukasa NAGAKI, Mikio OGAWA, You NISHIMURA

Koichi TOSAKI, Sumihiko MIYAHARA, Hideo FUKAZAWA, Michio KAJIYAMA

Most citrus orchard in Japan is located on steep hillside and their planting density is very high, and the mechanization of citrus growing is behind the other fruits.

Some studies on mechanization of citrus growing have been carried out in the IAM since 1989. The studies described in this paper are on the development of the multipurpose vehicle for hillside orchard, and some implements attached to the vehicle to mechanize the pest control and soil management in citrus orchard.

During the period from 1989 through 1991, four types of vehicles (Fig.1-Fig.4) were developed and tested. After repeated tests on the Type COT-10, 11, and 12, the Type COT-13 was designed. The outline of the multipurpose vehicle for hillside orchard, Type COT-13, is as follows. (Fig.4)

This track-type vehicle has wide bottom to keep stability on steep hillside, and the width of the body above tracks is relatively narrow to travel small space between trees. The vehicle is driven by 5.9kw air cooled gasoline engine and has an infinite variable-speed drive to control traveling speed easily. The vehicle equips plunger pump for spraying, and hydraulic pumps to drive or control the implements.

Some implements for the multipurpose vehicle were also developed. The sprayers for pest control, shown in Fig.6 and Fig.7, are characterized by airless spraying and twirling nozzle pipes. Other developed implements are a rotary cutter for weed control (Fig.8), three types of tillage equipments (Fig.9, 12, 13) and a small back-hoe for soil management (Fig.12).

Field test on the multipurpose vehicle and its implements were carried out in citrus orchards, and the results were as follows:

- 1) The shape of the Type COT-13, wide-bottom and narrow-top, was found suitable for the Japanese citrus orchards which are located on hillside and planted in high density.
- 2) For the safe and easy operation of the vehicle, and the quick turning at the headland, the maximum field slope was considered to be 20 degrees.
- 3) Although the citrus sprayer was small in size and its power requirement was very low, the deposit ratio to citrus trees was almost the same as an air blast sprayer. So the sprayer equipped with twirling nozzle pipes could be adopted for practical use in citrus orchards.
- 4) The cultivator and deep tiller using coil screws (Fig.12, Fig.13) were the most suitable to loosen a

hard soil in citrus orchard compared with the soil tillage equipments which were developed in this study.

5) Breaking of soil and deep application of organic matter under the tree crown by using the coil screw helped to increase new active roots.

Tech. Rep. Inst. of Agric. Dec. 28:52-66(1994)

## 乳苗の田植機適応性に関する研究

津賀幸之介\*・小西達也\*\*・市川友彦\*\*・堀尾光広\*\*・  
吉田清一\*\*・千葉哲朗\*\*\*・柿沼昭次\*\*\*

1994-3-16 受理

抄 録

津賀幸之介、小西達也、市川友彦、堀尾光広、吉田清一、千葉哲朗、柿沼昭次  
：乳苗の田植機適応性に関する研究 農機研報告No.28：67-79（1994）

育苗期間を1週間程度とした乳苗育苗を行い、田植機から見た苗質の評価と、本田における田植機の植付け精度の測定を行った。供試した乳苗の床土部は、主としてロックウール系人工成型マットとし、苗質の評価は、草丈・葉令とマット苗の根張り程度を測定して行った。根張り程度は、マット苗を掻きわける力とその距離を測定できる試作掻きわけ試験機により評価した。苗質と田植機の植付け精度との関連を調べるため、6条用乗用型高速田植機を供試し、従来の植付け機構と乳苗用に改造した植付け機構の植付け精度を比較した。その結果、草丈の短い苗ほど欠株率が高くなったが、草丈が6 cm程度以上の苗では欠株が少なかった。乳苗用に改造された植付け機構では、草丈が短く根張りが弱い苗でも植付けができたが、従来の植付け機構では、田植機の苗載せ台上でマット苗の座屈が生じ、苗の掻取りと保持が不十分で、機械による欠株や埋没、浮苗株が多くなった。従来の植付け機構で高い乳苗植付け精度を得るには、草丈が6 cm程度以上は必要で、根張りは草丈が短い苗ほど必要になると考えられた。

### 1 緒言

移植栽培には育苗が必然的なもので、この経費を節減するため、乳苗すなわち稚苗よりも育苗期間の短い苗の育苗とその栽培に関する研究がこれまで各地で行われてきた<sup>1, 2, 3)</sup>。乳苗技術の利点として、育苗期間が短いことによる直接的な育苗経費節減効果に加え、密播による苗箱数の低減、作期の拡大によるメリット等が挙げられている。

このように、乳苗技術は、稲作の低コスト化において、現行の水稲機械移植栽培を前提とした有効な実用化技術と考えられる。そして、現在広く普及している現行の育苗関連機器と田植機により実現することが重要である。この研究の後半になる1992年（平成4年）に乳苗育苗の普及状況と今後の発展動向を調査した<sup>4)</sup>。その結果、全国で数千haの普及を確認し、乳苗技術は、稲作低コスト化において最短距離にある有効な実用化技術と考えられ、

田植機による植付け精度に問題があるとする意見が多いものの、今後はほとんどの地域で普及が進むものとされている。山形県遊佐町の農家土門秀樹氏は、乳苗による栽培を先進的に行い稚苗との比較を行った結果、育苗コストを30%節減でき、育苗と田植作業時間を40%以上短縮している事例<sup>5)</sup>を報告している。

本研究は、1988年（昭和63年）に開始し、これまで稚苗や中苗で広く普及しているマット苗について、乳苗としての物理性を調べ、田植機による移植を行った。そして、乳苗用に開発されたロックウール系人工成型マット苗を主として供試し、その機械適応性を明らかにした。

本研究の一部は、新日鐵化学株式会社からのご要請による受託研究として実施し、同社からロックウールマットのご提供をいただいた。また、乳苗用田植機についての情報を、ヤンマー農機株式会社、井関農機株式会社、株式会社クボタからご提供いただき、ヤンマー農機株式会社からは田植機のご提供とその植付け試験にご協力いただいた。さらに農産業振興奨励会が主催する乳苗の機械移植実用化システム研究会<sup>6)</sup>においては、姫田正美

\* 生産システム研究部（現企画部）

\*\* 生産システム研究部

\*\*\* 付属農場

博士ならびに鷲尾養博士をはじめ、乳苗栽培実証農家の方々から多くのご助言をいただいた。さらに本研究の開始時には、芦澤利彰前理事ならびに生産システム研究部の篠崎浩之前部長にご指導いただき、菅原敏夫理事からは本報告のとりまとめにご示唆ならびにご指導をいただいた。ここに記して深甚の謝意を申し上げます。

## 2 研究の背景と目的

水稻の移植栽培においては、この20年余りの間に、田植機の普及が著しく進み<sup>6, 7, 8)</sup>、さらに、乗用型田植機では、回転式植付け機構をもつ高速田植機が普及し<sup>9, 10)</sup>、田植機の性能は農家にとって一応満足できるものとなっている。しかし、機械化が進み、労働時間の減少とは相反して、我が国の米生産コストにおける機械費の占める割合は高くなっていることなどから、より性能が高く、低コスト生産に寄与できる機械化体系の確立が緊急な要望となっている。特に、安定多収技術を可能とする移植栽培においては、田植の効率の向上、高精度化、田植機のシンプル化、汎用化など今後の田植機に要望されることが多い。そして、これらの実現には育苗とのシステム化が必須と考えられる。そこで、移植栽培技術の一層の発展には、先ず育苗労力と資材の軽減技術が必要と考えられ、これまで各地において、乳苗すなわち稚苗よりも育苗期間の短い苗の育苗とその栽培に関する研究が進められてきた。そこで、研究の初期の段階であった1989年(平成元年)の11月から12月にかけて「乳緑化苗(仮称)の研究状況の調査」<sup>11)</sup>を全国の農業関係研究機関にアンケート形式で行った結果、乳苗技術確立に対してかなり高い要望があることを確認した。しかし、草丈が短いことや根張りが悪いことにより苗マットの形成が不十分なため、移植精度が低く、乳苗の植付け性能と育苗方法との関連において不明な点が多かった。そこで、機械移植による水稻生産の低コスト化技術を推進するため、乳苗のマット苗の物理性と田植機によるマット苗の植付け精度に関する諸要因を調査し、特にロックウール系人工成型マットを利用した乳苗の田植機適応性を求めることを本研究の目的とした。

## 3. 乳苗育苗の特徴<sup>12, 13)</sup>

### 3.1 乳苗とは

「乳苗」の名称については、1990年(平成2年)春に

農林水産省研究機関の専門家により、今後の研究遂行上提案されたものである。それまでは、稚苗に至らない苗の名称として、育苗日数や処理法等から、緑化苗、出芽苗、乳緑化苗、乳苗、若令苗、短期苗、短期密播苗、短期稚苗、胚乳苗、1葉苗など、各地の研究機関で様々であった。この様な苗の移植の優位性を、「直播の苗立率を高める技術」とみるか、「育苗期間の縮小によるメリット」とみるかで、この技術の方向性が決まり、それにより名称も異なってくるとされていた。その後、主として後者のメリットをとり、稚苗よりも小さな「1~2葉苗(不完全葉を除く)の苗の名称として「乳苗」に統一された。なお、1葉未満は出芽直後であり苗とは呼びにくく、農業現場に普及する可能性は少ないと考えられ名称の統一は不要とされた。

### 3.2 乳苗技術の利点と欠点

各地の農業試験研究機関の研究状況の調査<sup>11)</sup>などから、これまで各地であげられている乳苗技術の利点を列記すると下記のとおりである。

①育苗期間が7~10日程度と、稚苗や中苗のそれに比べて1/3~1/2以下となり、灌水等の育苗労力、育苗経費が節減できる。

②育苗関連機器・施設の有効利用が可能となる。

③むれ苗発生前の移植による障害回避により、箱当たり播種量を多くすることができるため、密播が可能になり10a当たり使用マット苗枚数が1/2~2/3に低減できる。

④これまでの稚苗移植との併用により移植が可能期間を拡大できる。

⑤稚苗との組み合わせで収穫期の作業競合を回避できる。

⑥胚乳養分保持による活着、初期生育の優位性が期待できる。

欠点については、次の項目があげられる。

①苗のハンドリングにおいて、マット苗強度の確保に留意を要する。

②植付け本数の設定、変動および植付け姿勢に留意を要する。

③代かき時には、稚苗以上に、ほ場の均平度を必要とする。

④播種期間と移植期間とが重なり、作業の競合が生じる。

⑤出穂期や成熟期が遅れる傾向に対する配慮が必要と

なる。

### 3. 3 乳苗用ロックウール系人工成型マットについて

床土準備の省力化やマット苗の軽量化などの利点から、マット苗の床土の代替資材である人工成型培地（育苗マット）の開発が1970年代に始まった。その原材料は、ロックウール系、木材繊維及びパルプ系、尿素樹脂系などがあり<sup>14, 15)</sup>、ロックウール系人工成型マットは1985年から販売され、その後、乳苗専用としてのマットが開発された。素材は、ケイ酸カルシウム系繊維（ロックウール）で、主成分はケイ酸( $\text{SiO}_2$ )、石灰( $\text{CaO}$ )、苦土( $\text{MgO}$ )である。乳苗用としては肥料成分を添加していない。大きさは、長さ580mm、幅280mm、厚さ18mm、質量190gである。

## 4 乳苗の苗質評価

### 4. 1 マット苗の根張り程度測定法について

乳苗マット苗（図1）の評価は、草丈、葉令、根張り程度、苗立ち密度などで行われる。そのうち、根張り程度の測定法の一つとして、苗のハンドリングの適否を判断するマット苗強度の測定法がある。その測定方法は、概略次のとおりである。マット苗を10cm×10cmに切り取り、その両端をクリップで挟む。一方を固定し、他方をバネ秤を介してゆっくり引張る。マット苗が中央で切れる最大引張力を読取る。一般に1kgf程度以上あれば、マット苗強度は確保されていると判断されている。しかし、軟弱な乳苗ではクリップで苗を挟む時に切れてしまうことがあり、乳苗には適していない。

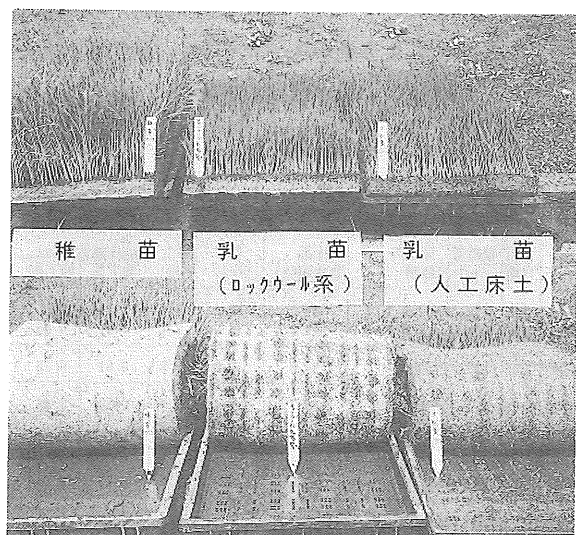


図1 乳苗と稚苗

### 4. 2 マット苗の根張り程度測定装置

ホークの分割具で苗の分離抵抗を測定する筑波大学の方法<sup>16)</sup>を参考にして、田植機の植付け爪によるマット苗の掻きわけ状態を想定し、図2に示すようにマット苗を掻きわけると距離を測定できる掻きわけ試験機<sup>17)</sup>を試作した。この試験機は、 $\phi 4$ の櫛（丸棒）22本を間隔

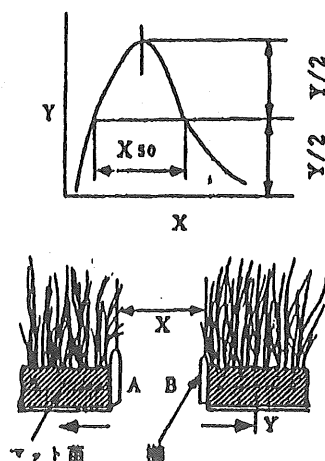


図2 掻きわけ試験機

15mmとして1列に配置（A 11本、B 11本を交互に配置）したもので、A B各々の櫛を相反する方向に一定速度（速度3 mm/s）で送る構造である。櫛を苗のマット裏面から差込み、マット苗の長さ方向に一定速度で引張り、その引張力（掻きわけ力、最大値Y）と、AとBの櫛先端の距離（Y値の50%値以上を持続する距離 $X_{50}$ ）を測定する。マット苗の長さ方向に5 cm毎に測定すると苗1枚で11点の測定繰返しができる。本研究では、掻きわけ力と距離をひずみ計によるロードセルとポテンショメータにより電気信号に変換し、パーソナルコンピュータによりY値と $X_{50}$ 値を算出する方式とした。

これにより、掻きわけ力Yが大きくて距離 $X_{50}$ が短いマット苗は、強く切れの良い苗で、田植機への適応性

が高いと判断できる。逆に掻きわけ力が小さくて距離が長くなるマット苗は、柔らかい苗と考えられる。柔らかいとは、例えばゴムのように小さな力で伸びが大きくなるような物理性で、この様な苗は、田植機の掻取り口で、植付け爪による苗の引き連れや乱れが生じやすい苗と考えられる。図3にその測定事例を示す。

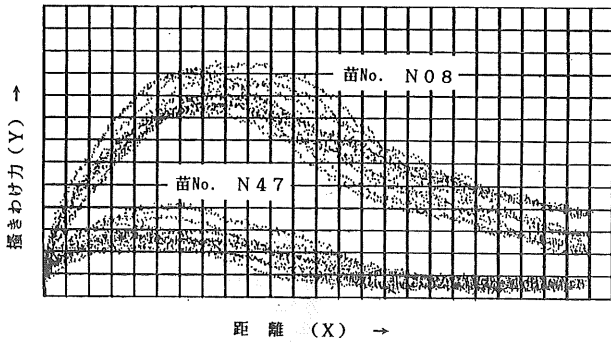


図3 測定事例

4. 3 根張り程度試験結果及び考察

図4は、各地の稚苗・中苗・乳苗を試験した結果で、掻きわけ力Yと距離X<sub>50</sub>を表わしている。同じ育苗日数の苗でも床土部の種類や育苗法によってその強度は異なる。これまで当機構のモニター農家や付属農場で育苗された稚苗や中苗では、Y値が100N以上でX<sub>50</sub>値は10~20数mm程度が一般的な値であり、田植機による植付け性能も問題がない。これに対し、乳苗は育苗日数が短く十分な根張りがないためか、Y値は100N以下で、稚苗に

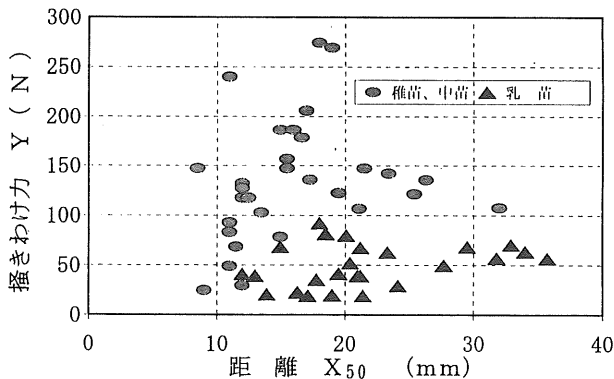


図4 掻きわけ力Yと距離X<sub>50</sub>

比べて掻きわけ力が小さく、掻きわけ力が20N程度では後述する植付け試験の結果から欠株等の植付け性能に注意を要する。

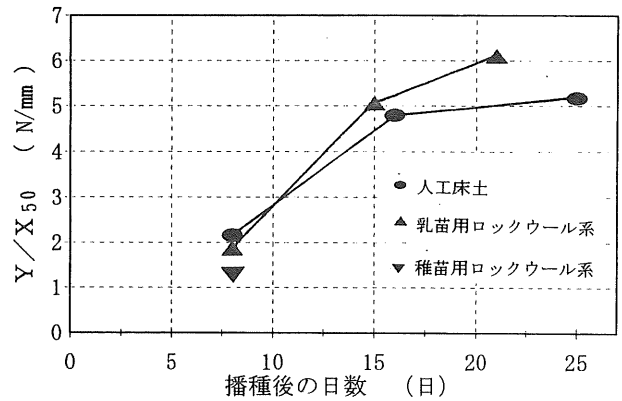


図5 マット苗の物理性評価

Y値をX<sub>50</sub>値で除した値(Y/X<sub>50</sub>)でマット苗を比較すると、小さいものは軟らかい苗、反対に大きな値のものは硬い苗と考えられ、後者は田植機の爪で掻取することを想定すると切れの良い苗と考えられる。図5に、品種キヌヒカリ(千粒重:乾籾25.0g、催芽籾30.9g)を播種し、表1の育苗条件下で行ったマット苗のY/X<sub>50</sub>値の育苗日数による変化を示す。育苗日数8日の乳苗は同15~25日の稚苗に対して値が小さい。育苗日数(8~25日)による変化を見るとロックウール系人工成型マット苗は人工床土と同様の傾向となる。そして、稚苗用のロックウール系人工成型マットによる乳苗(乳苗c、▼)に関しては、他の乳苗に対して値が小さく、田植機に不適当な苗と推察される。これはロックウールマットに肥料分が添加されているため、草丈が伸びても根張りが少ないマット苗となったためである。表1に示す乾物重の値も同様の傾向となっている。このことから、乳苗が試験され始めた頃の各地の調査において、乳苗のマット形成を補助するには人工成型培地が適当とする意見や反対に不適当とする意見があったのは、稚苗用のロックウール系人工成型マットを供試したためと考えられる。

表1 掻きわけ試験に供試した苗の育苗条件と苗質

苗	育苗日数	播種量(g)	床土の種類	床土部含水率(%)	草丈(cm)	葉令(葉)	100本乾物量(g)	
							地上部	地下部
稚苗A	21	190	人工床土	40.0	16.4	2.2	1.24	0.52
稚苗B	15	230	人工床土	40.3	13.9	2.1	1.01	0.35
乳苗a	8	230	人工床土	34.6	9.3	1.8	0.61	0.23
乳苗b1	8	230	乳苗用マット	89.7	7.4	1.7	0.59	0.42
乳苗b2	16	230	乳苗用マット	-	12.0	2.0	-	-
乳苗b3	25	230	乳苗用マット	-	13.0	2.2	-	-
乳苗c	8	230	稚苗用マット	88.6	9.9	1.7	0.72	0.16

注1: 育苗日数とは、播種後の日数を示す。  
注2: 稚苗b2、稚苗b3は、乳苗b1の育苗を継続した苗である。

次に、田植直前に行うマット苗への灌水の苗質への影響を図6に示す。ロックウール系マット乳苗では灌水の影響はほとんどないが、人工床土乳苗では、田植直前の灌水はマット強度を低下させている。なお、田植直前に灌水した場合、そのマット苗質量が1～2 kg増加するため、田植機によるマット苗1枚の連続掻取り試験<sup>18)</sup>によると、掻取り本数は灌水しない状態のマット苗より多くなる傾向があった。

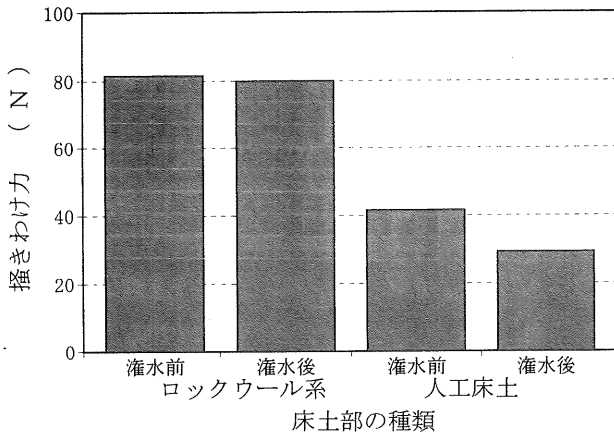


図6 田植直前の灌水の苗質への影響

#### 4. 4 ロックウール系人工成型マットの物理性

ロックウール系人工成型マットのみの物理性として、①保水力と強度があり、②植付け爪による切れが良く、③出芽時にマット上での根あがり（種籾のもちあがり）がないこと等が求められる。そこで、乳苗用として年々改良が行われてきたため、1990年から1992年に製造されたマットの物理性を掻きわけ試験機により測定した。図7は、ロックウールマットのみの掻きわけ力を、①灌水により保水した状態（マットを十分に灌水した状態で2.2～2.3Lの水を保水した状態）のマット、②播種しない状態で1週間育苗条件下にしたマットについて測定し

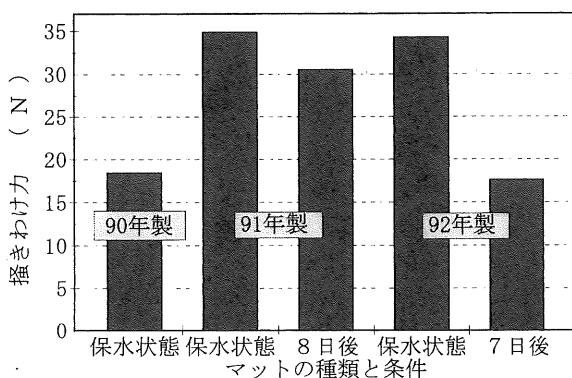


図7 ロックウールマットのみの掻きわけ力

た結果である。マット縦横の方向による掻きわけ力の差は少なかったことから、縦方向の掻きわけ力を比較した。1990年に製造されたマットに較べて1991年以降のマットはY値が約34Nとやや強くなっている。そして、播種しない状態で1週間育苗条件下にすると、1991年のマットは変化が少なかったが、1992年のマットは強度が低くなる傾向となった。現在ではこの物理性の乳苗用マット苗が製品化されている。なお、マットの乾燥状態と保水状態の掻きわけ力Y値の差は、保水状態の方がわずかに大きい。ほとんど差がなかった。また、人工床土のみの掻きわけ力はほとんど0に近い状態である。

これらの結果、移植時のマット苗のマットのみの強度が約20Nあり、根張りが全く無い場合でもある程度の苗のハンドリングが可能であることになる。この点で、育苗による根張りが不十分な乳苗においては、ロックウール系人工成型マットは人工床土に較べて利点があるといえる。

#### 5 乳苗の植付け精度<sup>19)</sup>

##### 5. 1 播種・育苗方法と供試苗の選定

##### 5. 1. 1 播種・育苗方法

田植機による乳苗の植付け精度を評価するため、根張りや草丈の異なる乳苗を育苗した。播種・育苗は、生研機構附属農場（埼玉県北埼玉郡川里村）で行い、方法は表2に示すとおり附属農場の慣行法に従った。そして、草丈や根張りの異なるマット苗を得ることを目的として、

表2 播種・育苗方法

品 種	朝の光 (千粒重: 乾籾 23.0g、催芽籾 32.6g)	
床 土 部	ロックウール系人工成型マット	新日鐵化学株式会社製、 「レックワール」マット、1992年製造品
	人工床土	埼玉キセキ粒状培土
覆 土	タライ粒状培土D	
育 苗 日 数	播種後5日、6日、7日、8日	
液肥 (N成分)	マット苗1枚当たり0g、2g (大塚1号10%)、4g (硫酸21%)を2.2Lの水に希釈して播種時に灌水した。	
播種作業	1992年6月2日～5日	
播種年月日	250g/箱	
播種量(催芽籾)	1.2kg (1.2L)	
覆土量	NPK 0.6, 1.2, 1.1g (床土部を含めた箱当たりとして)	
肥料(覆土)	2.2L (ロカール)、約1L (人工床土)	
灌水		
出芽方法(加温方式)	蒸気出芽ユニット(積重ね)	
出芽器	32℃、3日	
温度・時間		
緑 化	6月5日～8日	
緑化開始	ビニルハウス(無加温)	
緑化場所	1～2回	
灌水回数		

表3に示すとおり、播種前のロックウール系人工成型マットへの灌水に液肥の混入量を変化させ育苗を行った。なお、移植試験日を同一とするため播種作業を4日間繰り返した(6月2日~5日)。

表3 播種した苗の種類と記号

床土部	液肥(N成分)	育苗日数(日)			
		5	6	7	8
ロックウール	0 g	N05	N06	N07	N08
ロックウール	2 g (大塚1号10%)	N25	N26	N27	N28
ロックウール	4 g (硫安21%)	N45	N46	N47	N48
土	0 g	S05	-	S08	-

5. 1. 2 マット苗の調査と供試苗の選定

マット苗の調査は、草丈、葉令等とし、物理性は4.1に述べた掻きわけ試験機で調査した。調査項目は、草丈、葉令、根張り程度、掻きわけ力と距離、乾物重(地上部)、苗立ち数、マット苗質量などである。そして、移植試験に供試する苗を、草丈を2水準(長、短)、根張り程度を3水準(強・中・弱)として表3に示す苗から選定した。

1) 苗の調査結果

移植試験の前日(6月9日)に調査した苗の種類は、ロックウールを床土部とする乳苗12種類、人工床土2種類で、その6月5日に播種した苗は草丈が2cm程度と短く移植試験に供し得ない苗と判断されたため、それ以外の苗を調査した。表4はロックウールマット苗の草高(見かけの草丈)、葉令、根張り程度の観察結果である。

表4 ロックウールマット苗の育苗結果と選定 (6月9日調査)

播種日	6月2日播種	6月3日播種	6月4日播種	6月5日播種
苗の記号	N08 N28 N48	N07 N27 N47	N06 N26 N46	N05 N25 N45
草高(cm)	4.1 5.8 3.7	3.2 5.1 2.9	2.4 3.9 1.9	(2以下)
順位	3 1 5	6 2 7	8 4 9	-
根張り程度	強 中 弱	中 中 弱	中 中 弱	-
順位	1 6 7	2 5 8	3 4 9	-
選定苗	* * *	* *	*	

草丈、葉令等は当然であるが育苗日数の差が表われてい

る。液肥の種類によっても生育差が生じている。それらの中から、移植試験(6月10日)に供試する苗として選定した草丈、葉令、地上部乾物質量等を表5並びに図8に示す。平均苗立ち密度は、ロックウール系人工成型マットの場合431本/100cm<sup>2</sup>、人工床土の場合425本/100cm<sup>2</sup>で、マット苗質量は、それぞれ4~5kg、約7.5kgであった。

表5 移植試験に供試した乳苗(6月10日調査)

記号	播種後日数(日)	床土部の種類	苗の種類	草丈	葉令	地上部乾物重
				(cm)	(葉)	(mg/100本)
N08	8	ロックウール	長・強	6.5	1.5	439
N28	8	ロックウール	長・中	10.5	1.7	700
N48	8	ロックウール	長・弱	5.8	1.5	390
N07	7	ロックウール	短・強	6.0	1.5	393
N06	6	ロックウール	短・中	5.0	1.3	311
N47	7	ロックウール	短・弱	4.6	1.3	401
S08	8	人工床土	(長・中)	9.5	1.8	612

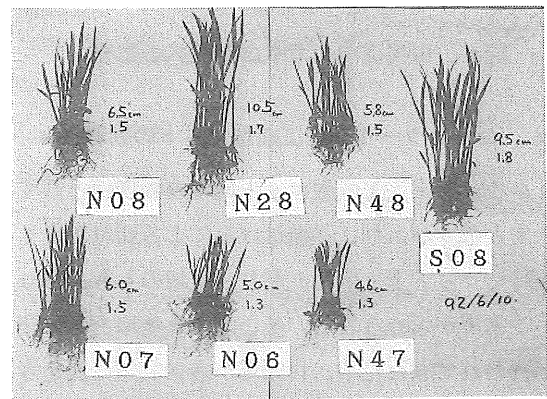


図8 移植試験に供試した苗

2) 選定した苗の物理性

選定して移植試験に供試した苗の掻きわけ力Yや距離X<sub>50</sub>は、育苗日数(播種後の日数)や液肥量等によって値が異なる。図9に掻きわけ力Yとその変動係数を示した。まず、乳苗用ロックウール系人工成型マット苗の標準的な育苗<sup>20)</sup>によるマット苗(記号N08、液肥なし、8日育苗)は、Y値が約60Nで植付けに十分な物理性である。それに比べて、液肥4g/箱の苗(記号N48、N47)は、Y値が20N以下となり、ほぼロックウールマットの掻きわけ力に近く、根張りがほとんどない状態で、これまでに行った各種のマット苗の結果から、植付けに問題が生じる根張り程度と推定される。また、マット苗1枚当たりの測定値の変動係数はY値の傾向と反対にな



り、Y値が小さくなるにつれ変動が大きくなっている。

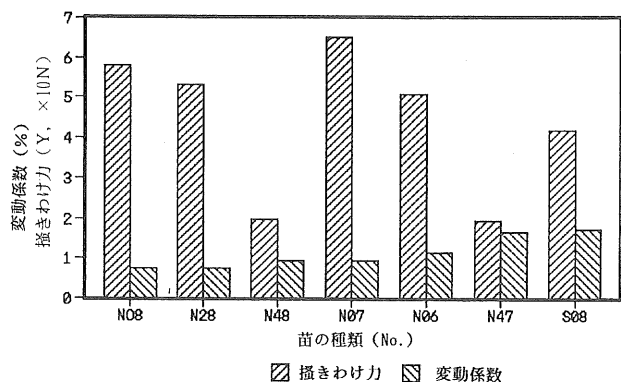


図9 揺きわけ力の最大値Yとその変動係数

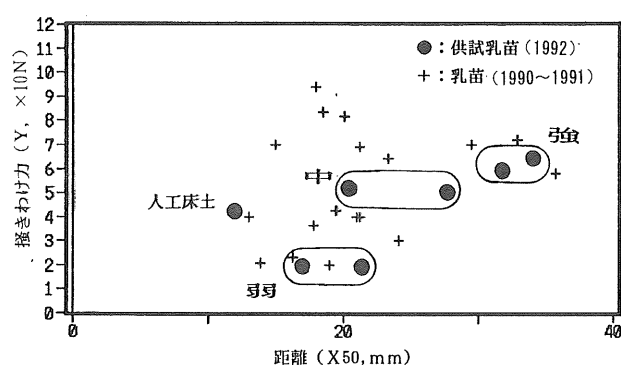


図10 揺きわけ力とその距離の関係(1990年~1992年)

これらの結果をこれまで行ってきた乳苗の物理性（揺きわけ力とその距離の関係）と比較してみると、図10に示すとおりである。揺きわけ力を比較してみると、根張り程度については、今回の移植試験に供試した乳苗は、物理性が十分な値からかなり劣る苗まで、範囲が広く選定されていると考えられる。観察による苗の根張り程度と比較してもほぼ同様の傾向があらわれている。なお、人工床土による乳苗（記号S08）の根張り程度はほぼ中庸と考えられる。以上の結果、草丈を長・短、根張り程度を強・中・弱として、苗質の異なるロックウール乳苗6種類と人工床土乳苗を選定し、後述する移植試験用の苗とした。

## 5. 2 供試田植機

供試機は、乗用型高速田植機（Y社製RR60、6条用）とし、当試験のために従来の植付け機構（左より1～3条目）と乳苗用に改造した植付け機構（左より4～6条目）を装備している。従って、従来機構と乳苗機構

を同時に操作できる構造で、両者の植付け精度を比較測定できる試験用田植機である（図11、12参照）。



図11 供試田植機

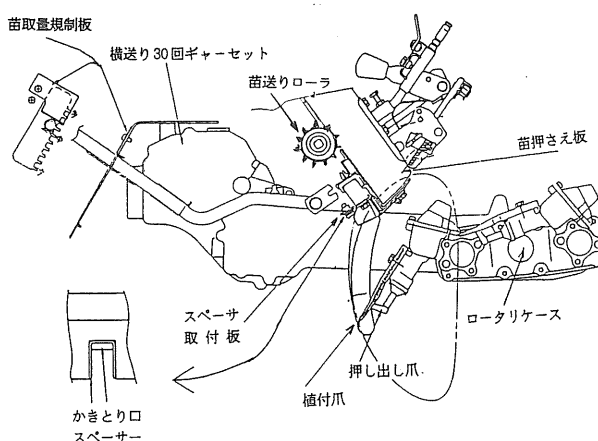


図12 乳苗用植付け機構

乳苗用として改造された主な項目は下記のとおりである。

- ①横送り回数（乳苗仕様：30回）
- ②乳苗用植付け爪（乳苗用幅狭揺取り爪、爪幅9.3mm）
- ③乳苗用揺取り口（スペーサ追加）
- ④乳苗用苗抵抗板（苗押さえ板）
- ⑤乳苗用苗マット押さえ（マット苗の浮き上がりとは横ずれ防止機能）
- ⑥乳苗用マット苗送り（苗の適正送り機能）

移植時の機械調節は表6のとおりで、揺取り面積については、横送り回数30回で、横揺取り量9.3mmとなり、縦揺取り量をほぼ限界と見られる8mmとし、供試苗ごとの調節は行わなかった。

表6 田植機の機械条件

植付機構	横送り回数	掻取り面積(横mm×縦mm)	植付深さ調節
従来機構	26回	10.8 × 8	2/6(3/6)
乳苗機構	30回	9.3 × 8	

## 5.3 供試ほ場

生研機構附属農場の稲跡細粒灰色低地土水田(土性SiC)、面積2.6a(50m×52m)のほ場を供試した。代かきは田植え5日前に行い、ほ場表面は均平で、表7に示すとおりほぼ中庸のほ場条件であった。

表7 ほ場条件

水深 (cm)	耕盤深さ (cm)	さげふり貫入深さ (cm/100cm)	さげふり貫入深さ (cm/50cm)
1(0~2)	12.0(11~14)	9.3(7.5~11)	7.2(6~9)

土質: 細粒灰色低地土水田

注: ( )内は、範囲を示す。

## 5.4 移植試験

## 5.4.1 供試苗と試験区

移植試験は、すべて同じ日(1992年6月10日)に行った。苗の種類と移植試験の試験No.は表8のとおりで、草丈を長・短、根張り程度を強・中・弱の異なるロックウール乳苗6種類と人工床土乳苗を供試し、植付け機構は乳苗仕様と従来仕様を比較し、合計13区の植付け試験を行った。

## 5.4.2 試験方法と主な調査項目

各区の試験において、田植機の苗載せ台6条のうち、中央と端よりの苗載せ台に、苗二枚ずつ載せ(乳苗植付け機構では4条目と6条目、従来植付け機構では1条目と3条目)、1往復(約90m)植付けを行い、植付け株数と距離、苗載せ台の残存マット苗長さを調査した。

主な調査項目は、欠株(機械による欠株、浮苗株、埋没株)、1本植え株、苗使用量等とし、欠株については、移植直後とその13日後に調査した。また、13日後には枯死株も調査した。

## 5.4.3 移植状況

植付けは、試験方法に設定したすべての条件で行うこ

表8 移植試験の供試苗と試験区

試験No.	植付機構	苗の記号	苗の種類	
			草丈	根張り
1	乳苗仕様	N08	長	強
2	乳苗仕様	N28	長	中
3	乳苗仕様	N48	長	弱
4	乳苗仕様	N07	短	強
5	乳苗仕様	N06	短	中
6	乳苗仕様	N47	短	弱
7	従来仕様	N08	長	強
8	従来仕様	N28	長	中
9	従来仕様	N48	長	弱
10	従来仕様	N07	短	強
11	従来仕様	N06	短	中
12	従来仕様	N47	短	弱
14	乳苗仕様	S08	長	中
13	従来仕様	S08	長	中

とができたが(条間:30cm、株間:約16cm)、従来の植付け機構の場合、草丈が短く根張りが小さい苗(苗No.N47)では、掻取り口でのマット苗の捲れや、苗載せ台上でのマット苗の座屈が発生し、連続的な植付けができなかった。

植付け開始時の田植機の苗載せ台に、供試マット苗を2枚載せた場合、下側のマット苗の縦方向の長さは、育苗箱の内り(58cm)よりも短くなり52~55cmで、根張りが弱い苗の方が短くなった。1株植付け本数は、植付け前後の苗の長さの差から求めた苗使用量、全植付け株数(1126株~1144株)、マット苗の苗立ち密度(平均430本/100cm<sup>2</sup>)から計算で求めると、図13に示すような傾向で、5~9本/株の範囲となり、根張りが弱い苗では多くなる傾向が見られた。また、植付け機構による差は、掻取り面積による差や苗載せ台上での苗の保持等の違いにより、乳苗機構の平均が6.6本に対し従来機構は7.7本と多くなっている。田植機の掻取り面積がほぼ限界値であることから、密播した乳苗では5~6本/株が最小本数の限界であり、軟弱なマト苗では7本/株になった。なお、人工床土では根張りが高かったこともあり、5本程度と安定していた。

次に、苗の長さから求めた苗使用量と植付け株数から、10a当たりマット苗所要枚数を計算で求めると、計算に推定が多すぎて数値の信頼性はやや低いが、16~25枚となり、軟弱なマト苗ほど枚数が多くなった。

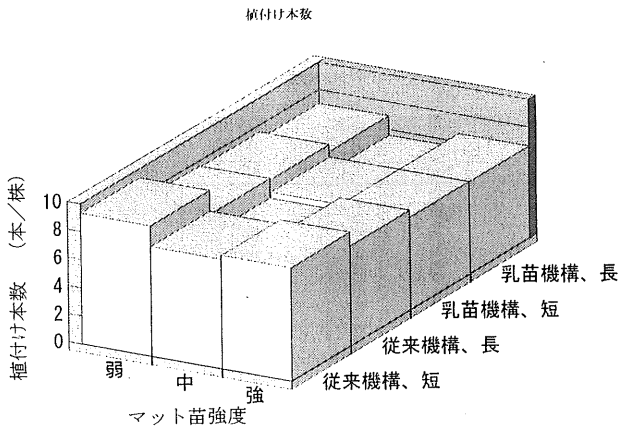


図13 マット苗の物理性と植付け本数の関係

5. 4. 4 植付け精度

欠株率の調査は、苗載せ台の端の条と中央の条各320株、合計 640株とし、植付け直後（6月10日）と13日後（6月23日）に同じ調査株について行った。植付け直後の調査では、水が濁っていたことや埋没株と機械欠株の判別が困難であったためやや不正確ではあるが、図14～17に示すとおりとなった。乳苗用の植付け機構は、すべての試験区で欠株率が数%以下であり、草丈や根張りの違いによる差も明らかでなかった。また、苗載せ台の位置による差も明らかでなかった。しかし、従来の植付け機構では、草丈の短い苗の機械欠株、埋没苗株、浮苗株の発生が多くなり、特に根張りの弱い苗ほどその率が高くなった。苗質との関連から、ロックウールのマット苗では、ロックウール自体の強度と6cm程度の草丈があれば植付けが行えると判断され、逆に差丈が5cm程度以下では十分な根張りを必要とし、総じて草丈の確保が重要と考えられた。なお、供試した人工床土の乳苗は根張り程度が高かったことから、植付けには問題がなかった。

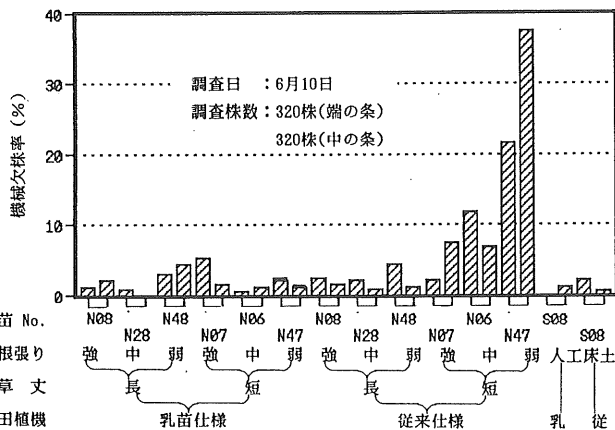


図14 機械に因る欠株率（6月10日調査）

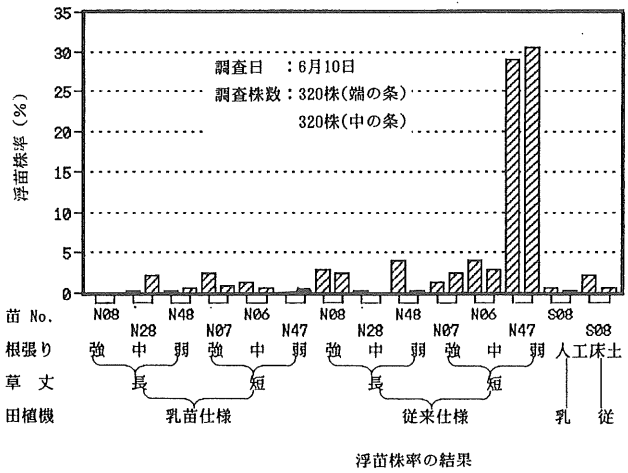


図15 浮苗株率（6月10日調査）

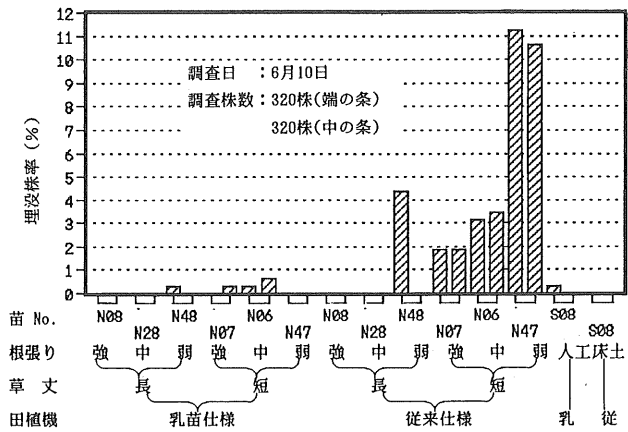


図16 埋没株率（6月10日調査）

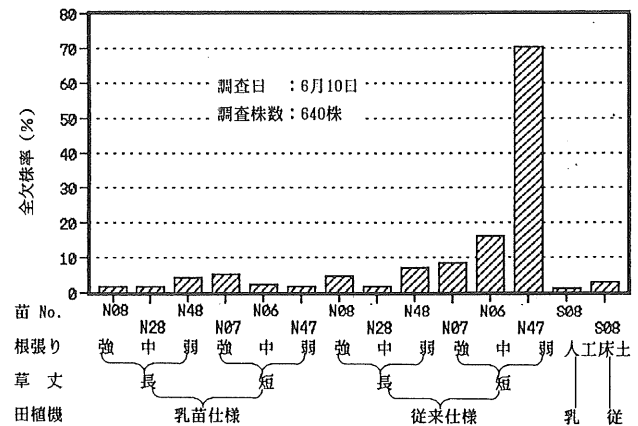


図17 全欠株率（6月10日調査）

植付け直後の調査において、1本植えの株割合は、数%程度で軟弱な苗ほどその値が小さかったが、これは浮苗や埋没などの株の1本植えが計測されていないためである。なお、埋没苗株の定義は、「植付けた苗の(草丈×1/2+2)cm以上が埋没した株」とし、稚苗・中苗の定義に同じとした。

移植13日後には、機械欠株と枯死株の調査を行った。機械欠株は苗立ちのことが明らかな株(枯死株は含まない)とし、枯死株は苗立ちがあっても明らかに枯死したと認められる株を数えた。その結果、図18~20に示すとおりとなり、移植直後の値に較べて大きく減少した(図21)。これは、機械欠株の移植直後の調査が不正確であったこともあるが、埋没苗や浮苗株の苗立ちが高かったことによるものと思われる。苗の種類による欠株率の比較を行うと、従来機構の植付けでは草丈が短く軟弱な根張りでは10%を超え、他は5%以下の欠株率になり大きな問題はなかった。また、枯死株の比率は1%程度以下と低く、枯死株の根部の多くは種籾の脱落が観察さ

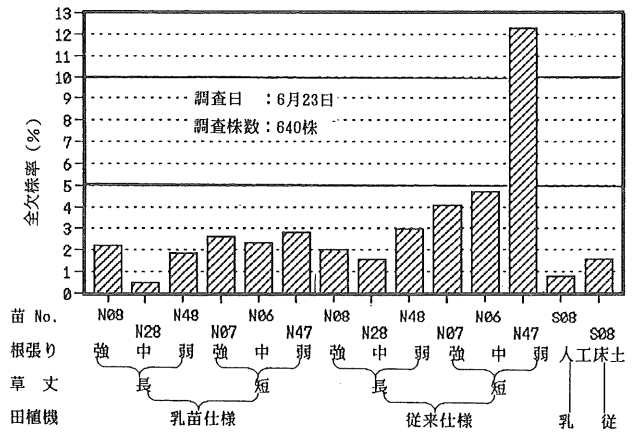


図20 全欠株率 (6月23日調査)

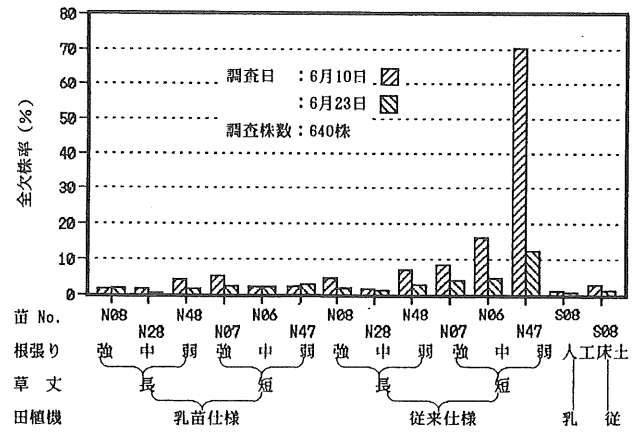


図21 全欠株率の比較 (6月10日、23日調査)

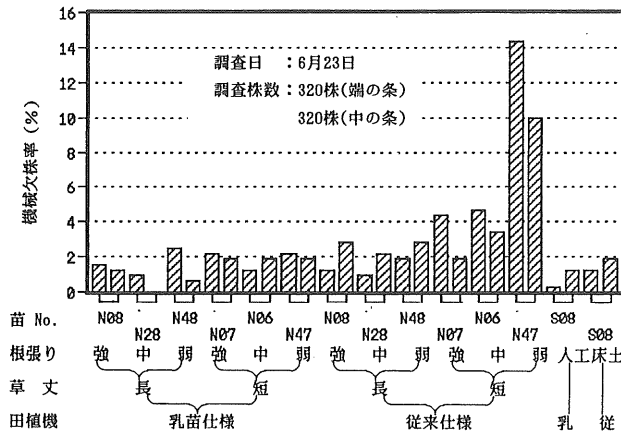


図18 機械に因る欠株率 (6月23日調査)

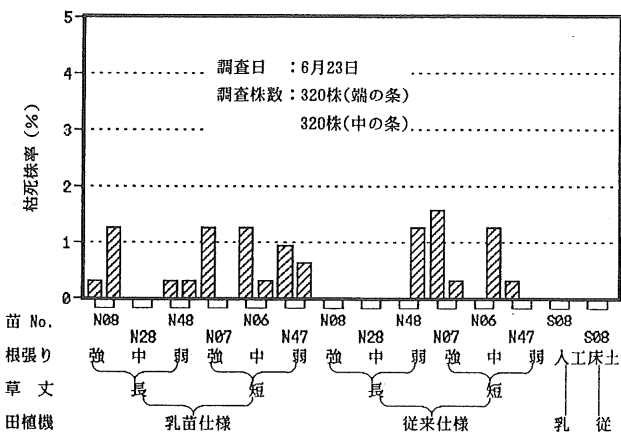


図19 枯死株率 (6月23日調査)

れた。なお、苗載せ台の端と中央の差は認められなかった。

以上の結果を草丈(長短)、根張り程度(強中弱)、植付け機構(従来・乳苗仕様)に区分して、13日後の全欠株率の平均値を表すと図22、23のようになり、草丈と植付け機構による差は明らかで(有意水準5%)、草丈が長く乳苗仕様の植付け機構の欠株率が最も低かった。しかし、根張りの強と中については掻きわけ力の差が大きくなかったこともあり、その差は認められなかった。そこで、草丈の値と全欠株率の関係を表すと、図24のように負の相関となり、その傾向は従来の植付け機構で顕著に表れた。なお、液肥を使用しない乳苗用ロックウール系人工成型マット本来の育苗による苗(苗記号N06, N07, N08)の試験結果を抽出し、育苗日数(6~8日)による欠株率との関係を見ると、日数による差は顕著で、適正な移植にはこの場合7日程度の育苗期間を要すると考えられた。

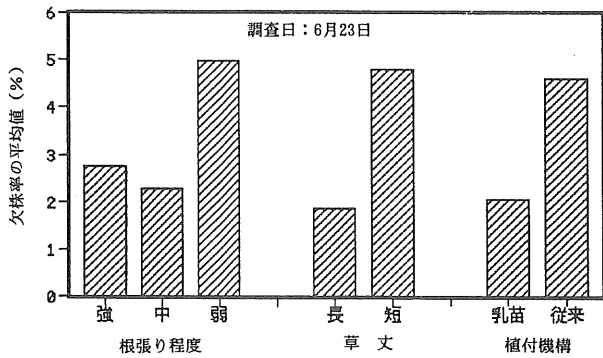


図22 草丈・根張り・植付機構と欠株率の平均値の関係

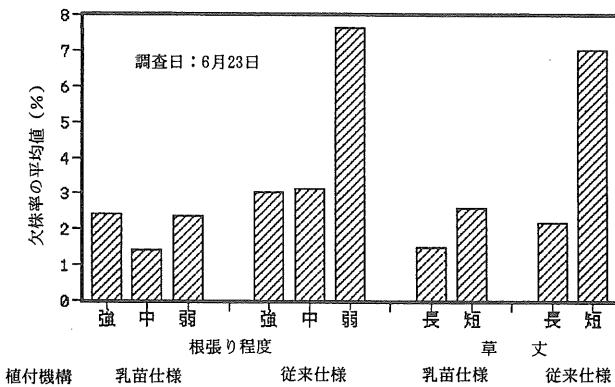


図23 植付機構別の草丈・根張りとう欠株率の平均値の関係

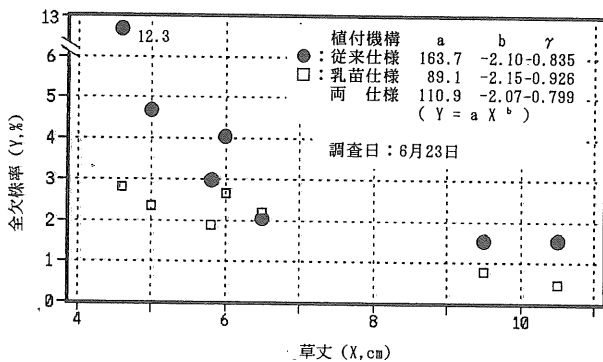


図24 草丈と全欠株率の関係

総じて植付け精度については、今回供試した乳苗用植付け機構は、草丈が短くて根張りが弱い苗（ロックウールマットのみの強度程度）でも満足される植付けが得られた。従来の植付け機構で欠株率5%程度以下の乳苗植

付け精度を得るには、草丈が6cm程度は必要で、根張りは草丈が短い苗ほど必要になると考えられた。

引用文献

- 1) 今井良衛：水稻の出芽苗移植栽培法、農業技術、42(11)、1987、p 490-495
- 2) 鎌田易尾、福田兼四郎、嶽石進：コスト低減をめざす若齢苗の機械移植栽培法、農業技術、44(5)、1989、p 19-22
- 3) 今野一男、高屋武彦：寒地における水稻の乳苗移植栽培、農業技術、46(9)、1991、p 407-411
- 4) 生研機構：農業機械開発改良試験研究打合せ会議水田作・畑作分科会資料、3月、1993、p 22-35
- 5) 農産業振興奨励会：乳苗機械移植システム化事業実証事業検討会資料、1月、1994
- 6) 三浦保：田植機の変遷、機械化農業、(3)、1970、p 15-19
- 7) 星野盛二：新型田植機の構造と操作法、機械化農業、(3)、1970、p 20-23
- 8) 和田一雄：田植の技術史、ミネルヴァ書房、1988
- 9) 山影征男・小西達也・堀尾光広・吉田清一：高速田植機の開発研究、農業機械化研究所研究報告、No.24、1989
- 10) 小西達也：高速田植機の開発研究、生研機構研究報告会資料、1990、p 19-33
- 11) 津賀幸之介・小西達也・堀尾光広・吉田清一：「乳緑化苗（仮称）の研究状況の調査」報告書、生物系特定産業技術研究推進機構、3月、1991、p 21-50
- 12) 星川清親：乳苗の特質と育苗技術、乳苗稲作の誕生、富民協会、1990、p 43-125
- 13) 姫田正美：水稻の低コスト技術“乳苗移植栽培”、植調、25(5)1991、p 21-29
- 14) 全農施設資材部編：新版・水稻育苗施設のてびき、全国農業協同組合連合会施設・資材部、1988
- 15) 全農施設資材部編：水稻育苗マットのてびき、全国農業協同組合連合会、1987
- 16) 江崎春雄他：苗マットの物性に関する研究（第5報）、農業機械学会第38回講演要旨、1979、p 43
- 17) 津賀幸之介・小西達也・堀尾光広・吉田清一：乳苗の苗質と植付け性能、農業機械学会第50回講演要旨、1991、p 119-120

農業機械学会第38回講演要旨、1979、p 43

17) 津賀幸之介・小西達也・堀尾光広・吉田清一：乳苗の苗質と植付け性能、農業機械学会第50回講演要旨、1991、p 119-120

18) 津賀幸之介・小西達也・吉田清一・千葉哲朗・柿沼昭次：乳苗の田植機適応性（第2報）チビッコパワー苗（乳苗）の田植機適応の確立、平成2年度受託研究報告書、生物系特定産業技術研究推進機構、12月、1991、p 1-29

19) 津賀幸之介・小西達也・吉田清一・千葉哲朗・柿沼昭次：乳苗の田植機適応性、（第3報）、平成3年度受託研究報告書、生物系特定産業技術研究推進機構、12月、1992、p 1-23

20) 伊藤十四英：こうしてうまれたチビッコパワー苗（乳苗）移植技術、乳苗稲作の誕生、富民協会、1990、p 127-141

## S u m m a r y

Study on the Adaptability of Transplanter  
for Rice Infant SeedlingsKohnosuke TSUGA, Tatsuya KONISHI, Tomohiko ICHIKAWA, Mitsuhiro HORIO  
Seiichi YOSHIDA, Tetsuroh CHIBA, Shoji KAKINUMA

The period of raising rice infant seedlings is about a week and infant seedlings keep endosperm with seeds itself. Therefore infant mat seedlings have many advantages through the shorter period of raising seedlings. In this paper, the adaptability of transplanter for rice infant seedlings, and the relation between seedling properties and planting accuracy on field by riding type high performance rice-transplanter were reported.

A rock wool mold mat was used as a bed soil for infant seedlings, and the physical properties of mat seedlings were evaluated by plant height, leaf stage and root swelling. The root swelling was measured by the equipment that can record the force needed to split the seedlings and the distance between the two points on the split section. The following results were obtained. Ordinary transplanting mechanism could not keep accuracy in transplanting low root swelling mat seedlings. For instance, bucking seedlings occurred on seedling pan, and the catching and the folding of hill by planting finger were insufficient and caused missing, buried and floating hills. The improved planting mechanism for infant seedlings could keep accuracy to transplant low root swelling mat seedlings. On the whole, for the transplanting of infant seedlings by the normal transplanting mechanism, plant height was required to be more than 6 cm or so, and higher root swelling was considered to be required for shorter seedlings.

Tech. Rep. Inst. of Agric. Dec. 28:67-79(1994)

---

農業機械化研究所研究報告 第28号

平成6年12月 印刷・発行

Technical Report of the Institute of  
Agricultural Machinery No.28

頒価 1,150円

〒331 埼玉県大宮市日進町1丁目

生物系特定産業技術研究推進機構

Nisshin, Omiya, Saitama, Japan  
Tel. 048-663-3901

農業機械化研究所

Institute of Agricultural Machinery

Bio-oriented Technology Research Advancement Institution

---

印刷・製本 / 株式会社 三元社