

農業機械化研究所報告

第 23 号

Technical Report

of the

Institute of Agricultural Machinery

(Nogyo Kikaika Kenkyusho)

Omiya, Saitama, Japan

No.23 March 1989

農 機 研 報

Tech. Rep.
Inst. of Agric.
Mach.

23: 1-60

1989

平成元年 3 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

農業機械化研究所報告 第23号 正誤表

ページ	誤	正
P.35 上5	農機研報23: <u>36</u> -46(1989)	農機研報23: <u>35</u> -46(1989)

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

Editorial Committee

橋本 寛 祐 (委員長)	Hirosuke HASHIMOTO (Chief)
篠崎 浩 之	Hiroyuki SHINOZAKI
伴 敏 三	Toshizo BAN
桑 名 隆	Takashi KUWANA
三 浦 恭 志 郎	Kyoshiro MIURA
金 津 豊 彦	Toyohiko KANATSU

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

No.23 (March 1989)

CONTENTS

1. Takashi GOTOH•Kiyonobu FUJII•Toshio YAMAUCHI and Sumiyuki FUJIOKA:
Development of Rotary Cultivator—Seeder(Part 2)—Performance of
Partial Tillage Type Rotary Cultivator—Seeder 1
2. Nobuki YAMANA•Tomohiro TAKIGAWA•Kazutomo OKUI and Michio IRIE:
Development of Rotary Tilling Type Pasture Renovator(Part 2)..... 35
3. Tsukasa NAGAKI•Mikio OGAWA : Development of an Orchard Spreader
for Application of Organic Matter 47

耕うん砕土・施肥播種同時作業機の開発改良研究（第2報）

— 部分耕・施肥播種同時作業機の特性 —

後藤隆志*・藤井清信**・山内敏雄***・藤岡澄行****

1988-2-15 受理

抄 録

後藤隆志・藤井清信・山内敏雄・藤岡澄行：耕うん砕土・施肥播種同時作業機の開発改良研究（第2報）—部分耕・施肥播種同時作業機の特性—。農機研報23：1-34（1989）

本研究は、適期作業が容易となる耕うん砕土・施肥播種同時作業機において、ロータリの所要動力低減と砕土性能の向上を同時に実現して作業の高効率化をはかること、施肥方式（施肥位置）変更機能の付与により作物生育を促進させることなどを目的に行ったものである。

試作機は、播種条間60～70 cmの作物に対応可能で、つめ本数の多い部分耕方式のレーキ付きアップカットロータリを持ち、局所全層施肥と側条施肥が可能である。灰色低地土の転換畑を中心に飼料用トウモロコシを供試して試験した結果、所要動力が全面耕式の60%程度であること、播種位置付近の砕土状態が良く出芽率が高いこと、初期生育は全面耕より部分耕区が、局所全層施肥区よりも側条施肥区が良好なことなどがわかった。

1. 緒 言

砕土性能と刈株等の埋没性能が良好なレーキ付きアップカットロータリ（以下では「アップカットロータリ」と呼ぶ）を持つ耕うん砕土・施肥播種同時作業機の利用により、適期作業と安定した出芽の確保が容易となることを第1報¹⁾で報告したが、同ロータリは所要動力がやや高いため、小形トラクタでは低速作業を余儀なくされることが多かった。その後この問題の解決をねらい、ロータリづめの小径化⁷⁾や耕深(D)とつめ回転半径(R)の比(D/R)を大きくとること^{7)、8)}により所要動力が低下することが明らかにされていることから、小径アップカットロータリの適応性を検討した²⁾が、耕深を確保しつつ実用的な構造で小径化するためにセンタードライブ方式を採用したこと、土のはげが悪くなったことなどにより、高水分な粘土質土壌ではチェーンケース回りへの土付着が著しく、実用的でないことがわかった。

施肥位置の問題は、作物の安定多収と品質向上、省資源・省エネルギー、環境保全の見地から重要とされている⁹⁾。しかし、施肥量に関する研究に比べ、施肥位置の研究はまだ少なく、機械分野への期待も大きい^{9)、10)}。

本研究は、部分耕方式により上記の問題点を解決するとともに、全層施肥と側条施肥及び両者の組み合わせ施肥を可能にすることにより施肥位置の検討に利用できるようにするため、1982（昭和57）年度から1985（昭和60）年度にかけて行ったものである。本論文は緒言、摘要、結語を含め8章の構成とし、2章に研究の背景と目的を、3章に研究の経過を、4章に試作機の構造概要を、5章に試験方法を、6章に試験結果と考察を記述した。

本研究の実施に当たり、当機構（当時は農業機械化研究所）の唐橋需（現・東北農業試験場）、森本國夫、藤井幸人、瀬山健次、竹村義一の各氏にご協力を賜った。また、試作に当たっては松山株式会社のご協力をいただいた。ここに記して感謝する次第である。

なお、この研究は農林水産省の総合的開発研究「転換畑を主体とする高度畑作技術の確立に関する総合的開発研究」の一環として行われたものである。

* 研究第1部

** 研究第1部（現・農林水産研究所農業技術研修館）

*** 研究第1部（現・農業研究センター）

**** 研究第1部（現・北海道農業試験場）

2. 研究の背景と目的

2.1 研究の背景

2.1.1 アップカットロータリの碎土性能と所要動力
第1報¹⁾で述べたように、良好な出芽・苗立ちを得るためには、播種床の碎土状態が良いことが必要である。ロータリで耕うん・碎土作業を行う場合は、前作の残さが少なく碎土しやすい場合は1回の作業で良好な播種床の造成が可能ともあるが、播種床に適した碎土状態を得るため2回以上の作業を行うことが多い。

転換畑あるいは輪換畑に代表されるような、降雨があると軟弱になりやすい場においては、耕うんから播種作業までを同時に行うことが有効である。このような場の土は碎土性が悪い場合が多く、これらの同時作業機を用いて一工程で作業する場合には良好な碎土性能が求められる。

アップカットロータリは、通常のダウンカットロータリと回転方向を逆にしてロータリ後方にくし状のレーキを付けた構造を持ち、下層に大土塊や刈株が、表層に小土塊が分布するため、碎土性能と残さ埋没性能に優れる^{11), 12)}。しかし、ロータリ内の持回り土量が増すこと（これは碎土性能が良い一因でもある）などにより、同ロータリはダウンカットロータリに比べ、所要動力が高くなる¹²⁾。そのため、より高い走行速度で作業しても播種床として好ましい碎土状態が得られる条件下においても、小形トラクタで作業する場合には所要動力の面で作業速度を高くできない問題がある。

2.1.2 部分耕・施肥播種機と部分耕栽培法

ロータリによる部分耕栽培法は、畜力や歩行用トラクタが主に使用されていた時代から試みられていたもので、その種類を大別すると、a) 耕起部の上に播種（または移植、以下同じ）する方法^{13)-15), 18), 20)-23)}（図1-a）、b) 未耕起部と耕起部の境目に播種する方法^{15)-19), 23)}（図1-b）、c) 未耕起部の上に播種する方法^{13), 20), 22), 23)}がある（図1-c）。対象作物は、麦^{13)-15), 17), 20), 22)}が多く、稲^{15)-17), 23)}、タマネギ^{18), 19)}、キャベツ²¹⁾も取上げられている。その主な目的は、所要動力低減による作業能率の向上にあったが、上記のb)、c)の方法においては未耕起部の特性を生かした湿害回避技術としてのねらいもあった。

その後、乗用トラクタ主流の時代になっても、上記a)

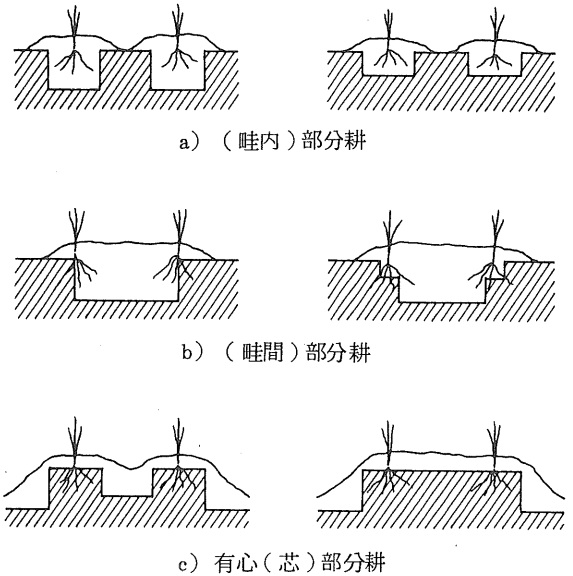


図1 部分耕栽培法のは場断面例
（斜線部が未耕起部分）

27), 28), 30)-36)、b)²⁸⁾、c)²⁴⁾⁻²⁷⁾の方法により、麦^{24), 25), 27), 31), 36)}、稲^{26), 31)}、タマネギ²⁸⁾、トウモロコシ^{31), 32), 36)}、大豆^{31), 32), 36)}、ラッカセイ^{31), 32)}、アズキ³⁶⁾、サイトウ³⁶⁾、テンサイ³⁶⁾を対象に部分耕・施肥播種機や部分耕栽培法の研究が行われており、部分耕作体系のエネルギー的評価³⁰⁾⁻³²⁾も実施されている。また、自脱コンバインの後方に部分耕ロータリと播種機を取付けて上記c)の方法で稲の収穫と同時に麦を播種する研究²⁹⁾も行われている。

部分耕栽培法の問題点としては、不耕起部における既生雑草の強勢化^{22), 31), 33), 36)}、牧草跡地における不耕起部からの牧草の再生^{33), 35)}、部分耕部の碎土が悪い場合の苗立悪化²⁸⁾、部分耕部の土壤飛散による播種精度の低下³³⁾、収穫機の片側の履帯が部分耕部を走る場合の操作性悪化²⁵⁾などがあげられている。収量的には、ロータリ全面耕に比べ増収例と減収例があり一概に評価できないが、試験例の多い水田裏作麦類で見るとロータリ全面耕より低収な例は少ない。

2.1.3 施肥位置と作物生育

施肥位置は作物の出芽や生育に大きな影響を及ぼすため、施肥播種作業を行う場合の重要な問題の一つである。

肥料と種子が接触したり、肥料成分の溶出により土壤養液濃度が高まると発芽障害を起こす。その度合は、施

肥位置、施肥量、土壤水分、碎土状態などによって異なり、肥料と種子が接触しやすい施肥位置の場合や土壤が乾燥している場合に障害が出やすく^{37)、38)}、作物によっても障害の程度が異なる³⁹⁾といわれている。肥料による発芽障害が出やすい時は、側条施肥では施肥位置を横方向へ離すなどの、全層施肥では施肥量を減らす、緩効性の肥料を使うなどの対策がとられる。

水稻の基肥の施肥法としては、全面全層施肥法が一般的であったが、側条施肥法が初期生育の増進、基肥の節減、肥料分の流出防止に効果がある^{40)、41)、42)}ことから近年広く普及しつつある。畑作物においても、施肥位置の重要性が再認識されつつあり、肥料の効率利用、濃度障害の回避、作業性などの面から見直しが求められている¹⁰⁾。

耕うん碎土作業と施肥播種作業を別工程で行う場合は、ブロードキャストとロータリ等による全面全層施肥または施肥播種機による側条施肥を選択できる。しかし、ロータリシダと呼ばれる耕うん・施肥播種同時作業機では全層施肥が主流であり、側条施肥の可能な機種もある（肥料成分の流出が多い播種条の側方表面に施肥するものや、濃度障害の出やすい播種溝内に施肥するものが多く、土中へ側条施肥できるものは少ない）が、施肥法を選択できる機種はなく、施肥位置の選択が困難であった。

2.2 研究の目的と試作機における対応

本研究の目的は、軟弱になりやすく、碎土しにくいほ場条件下でも、適期に播種作業が可能で安定した苗立ちが得られる耕うん・施肥播種同時作業機の開発にあるが、特に、①耕うん・碎土部に採用したアップカットロータリの所要動力低減と碎土性能の向上による作業の高効率化、②作物生育の促進や肥料の有効利用をはかるため、全層施肥と側条施肥、及び両者の組み合わせ施肥が選択できる構造の検討を主要な目的とした。

ロータリの所要動力低減については部分耕方式の導入により、碎土性能の向上については耕うんづめ本数の増加により、施肥法の変更については、1条当たり2つのホッパから肥料を繰出し肥料導管先端の取付け位置の変更によりそれぞれ対応した。

3. 研究の経過

3.1 全面耕・施肥播種同時作業機の研究経過^{2)、3)}

第1報に全面耕の施肥播種同時作業機の報告を行った後、全面耕の同時作業機を2台、昭和55年度と56年度に試作した。これらの試作機においては、耕うん・碎土部に採用したアップカットロータリの所要動力を低減させるため、ロータリづめ回転半径を255mmから180mmと160mmに小径化し、センタードライブ式ロータリとした。また、機体のコンパクト化をねらい、播種機作溝部をロータリの均平板に取付ける構造とした。

昭和56年度と57年度に試験した結果、比較的乾燥した土壤条件下ではロータリづめの小径化により所要動力を低減できたが、湿潤な土壤条件下ではチェーンケース付近に土が付着したり、ロータリ軸まわりに土を抱込んだりして、所要動力が高くなる傾向があり、湿潤な土壤条件下ではサイドドライブ式ロータリが有利なことがわかった。播種機作溝部をロータリ均平板に取付ける播種方式は、機体をコンパクトにできるだけでなく、播種深さ変動も少なくなる傾向が見られた。

3.2 部分耕・施肥播種同時作業機の研究経過

ロータリづめの小径化に代る所要動力低減方法を検討するため、昭和57年度にアップカットロータリのつめを部分的に取外して部分耕の予備試験を行った結果、耕うんづめを取外しただけでは左右への土飛散が多く、播種床として好ましい状態が得られないことがわかった。

その結果をもとにして、耕うん・碎土部に部分耕方式のアップカットロータリを持つ1号機を同年度に試作し昭和58年度に試験した結果、単位耕うん幅当たりのつめ本数を増した部分耕を行うことにより、所要動力の低減と碎土性能の向上が見られたが、仕切り板に土壤が付着する問題などのあることがわかった。また、有心部分耕を行う場合の碎土性能が悪いことや、碎土しにくい土壤条件下で側条施肥をするには、1枚のディスクの左右に施肥溝と播種溝を同時に作溝する方式よりも、2枚のシングルディスクを前後にずらして配置し施肥溝と播種溝を別に作溝する方式の方が良いこともわかった。1号機の問題解決をねらい同年度に2号機を試作し、昭和59年度に碎土・所要動力試験と播種作業試験を、昭和60年度に播種作業試験を行った。

4. 試作機の構造概要

図2に試作機の概略図を、表1に試作機および対照機として供試したダウンカットロータリの主な仕様を示す。

4.1 耕うん・砕土部の構造

試作機はなたづめを有するサイドドライブ式のアップカットロータリを耕うん・砕土部に持ち、条間60~70cmの作物を対象に部分耕ができるように設計した。

部分耕時のロータリは、左右への土の飛散を防ぐために仕切板を取付け、未耕起部から雑草が繁茂するのを防ぐため畦間部を小径づめで浅耕する構造とした。1号機では中径づめと小径づめの間に鋼板製の仕切板を取付けたが(図3)、2号機では仕切板への土壌付着を防ぐため、仕切板直近のつめを小径化するとともに仕切板の内側にポリエチレン板を貼った(図4、図5)。

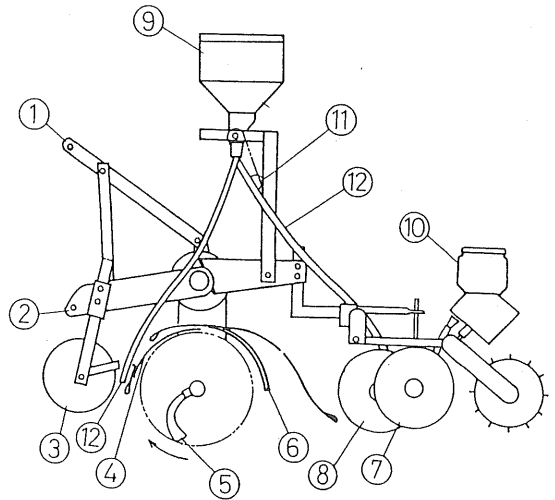
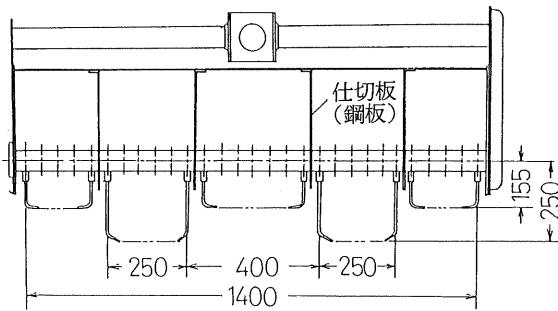


図2 部分耕・施肥播種同時作業機の概略側面図

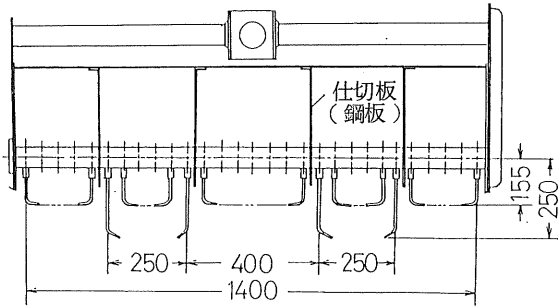
表1 試作機と対照機(ダウンカットロータリ)の主な仕様

主 な 仕 様	試 作 機		対 照 機	
	部 分 耕 仕 様	全 面 耕 仕 様		
全 長 × 全 幅 × 全 高 (mm)	2 3 3 5 × 1 5 6 0 × 1 5 2 0		—	
機 体 質 量 (kg)	4 0 1 ¹⁾ 、4 0 2 ²⁾	4 0 2 ¹⁾ 、4 0 3 ²⁾	—	
ロ ー タ リ 部	作 業 幅 (mm)	1 4 0 0	1 3 6 6	
	駆 動 方 式	サイドドライブ		
	つめ回転半径(mm)	中径250、小径155	250	245
	つめ形式と取付方式	なたづめ、ホルダ式		なたづめ、フランジ式
	つめ本数	中径 24、小径 16	32	28
	つめ1本当たり切削幅(mm)	50		100
	PTO軸540rpm時 耕うん軸回転数(rpm)	186		139
レーキ径と間隙(mm)	直径 8、間隙27		—	
施 肥 部	繰 出 し 方 式	横溝ロール式		
	ホ ッ パ 容 量 (cm ³)	15 × 10 ³ - 6個		
	駆 動 方 式	可変速DCモータ		
	施 肥 方 式	局所全層、側条		
播 種 部	繰 出 し 方 式	傾斜目皿式		
	播 種 条 間 (cm) と 条 数	60~70、2条		
	作 溝 部 形 式	シングルディスク式		
	駆 動 方 式	接地輪駆動式		

1) 試作1号機、2) 試作2号機

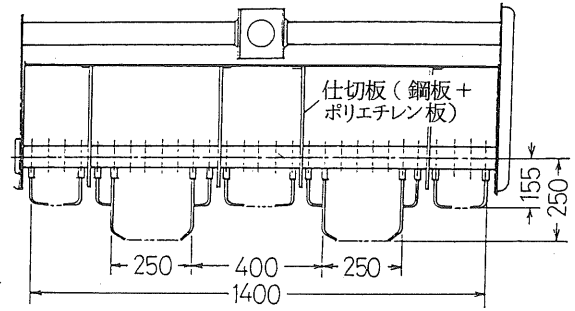


a) 部分耕時

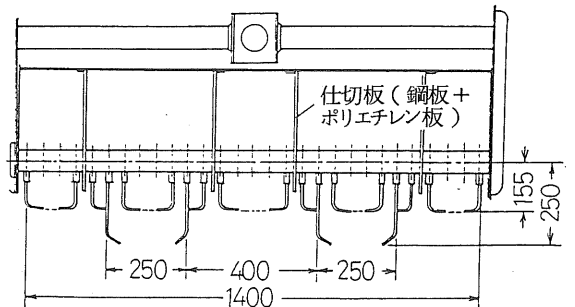


b) 有心部分耕時

図3 1号機のロータリ部概略正面図



a) 部分耕時



b) 有心部耕時

図4 2号機のロータリ部概略正面図

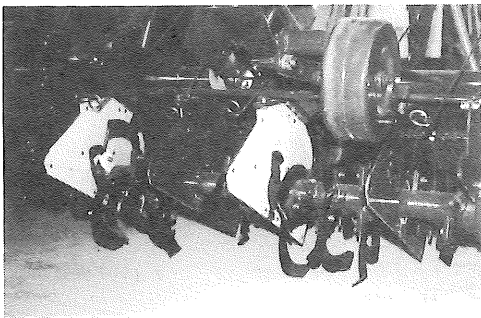
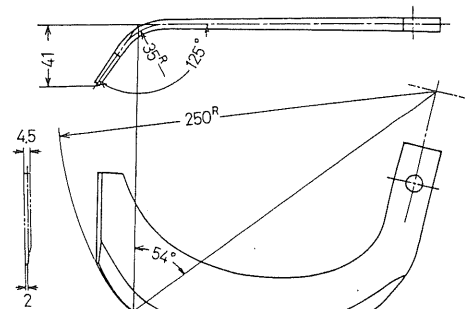


図5 2号機の部分耕時ロータリ部

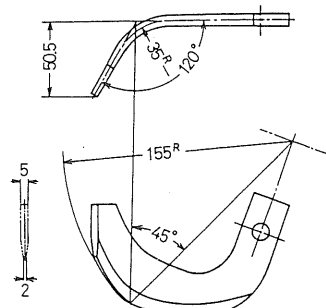
また、播種位置の砕土性能をより向上させるため、部分耕時畦内部の単位幅当たりつめ本数を全面耕時の2倍にした。さらに、所要動力をより低減させることや転換畑における部分耕による湿害の状態を調べることを目的に、仕切板直近のつめのみを中径づめとする有心部分耕方式も可能な構造とした。2号機では、砕土性能を向上させるため、有心部分耕時畦内部のつめ本数を全面耕時の3倍とした。

なお、試作機は、仕切板を取外し、つめを交換することにより全面耕も可能である。

図6にロータリ耕うんづめの形状を、図7と図8に2号機の耕うんづめ配列と打込み状態を示す。



a) 中径づめ



b) 小径づめ

図6 供試耕うんづめの形状

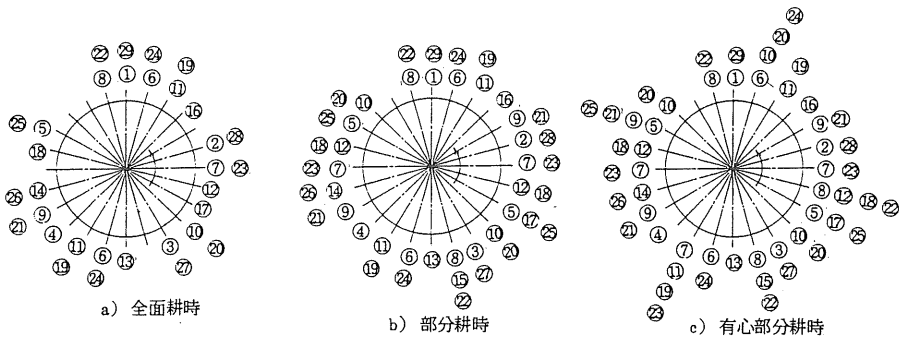


図 7 2号機の耕うんづめ配列 (ロータリ軸右側方より見た図、数字は図8に示すつめホルダの位置)

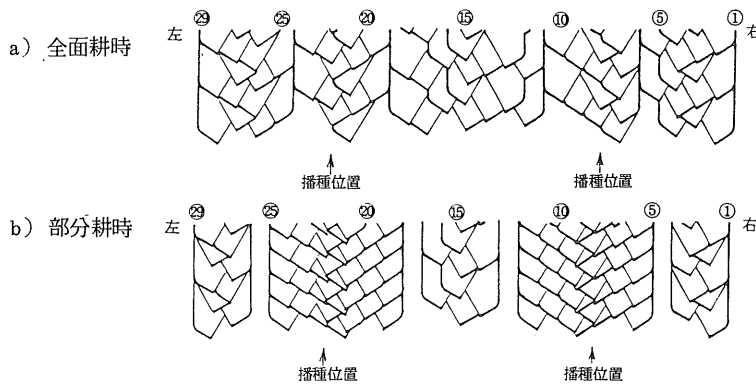


図 8 2号機の耕うんづめ打込み状態

4.2 施肥播種部の構造

施肥部には横溝ロール式の、播種部には傾斜目皿式の繰出し装置を持つ。施肥は1条当たり2個のホッパから肥料を繰出して行い、ロータリの方へ肥料を落下させる局所全層施肥方式と種子の片側側方に条施する側条施肥方式のほか、2本の導管のうち1本をロータリ前方に、1本を施肥溝作溝器に取付けることにより両方式を同時に行うこともできる(各ホッパからの繰出し量割合の変更により両方式の施肥量割合も変えられる)。

施肥溝と播種溝の作溝部には、シングルディスク形の作溝器を2個取付けた方式(分離型)(図9-a)と、機体のコンパクト化をねらい1枚のディスクの左右に施肥溝と播種溝を同時に開けていく方式(一体型)(図9-b)を供試した。側条施肥時における肥料の種子からの側方距離と深さは、一体型では5 cmと2 cm程度と固定であるが、分離型では側方5~10 cm、深さ0~5 cm程度に調節できる。覆土部はディスク形とした。

図10に肥料繰出しロールの概略図を、図11に種子繰出し目皿の概略図を示す。

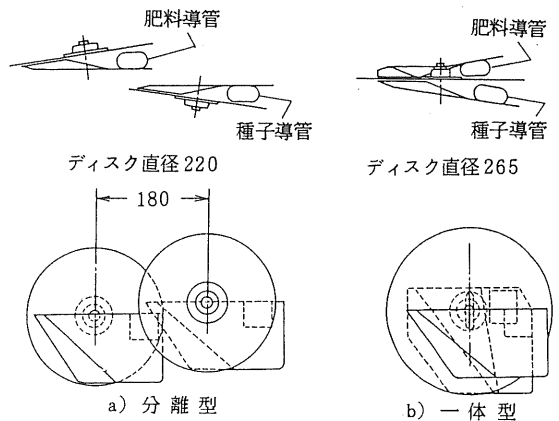


図 9 供試作溝器の概略図

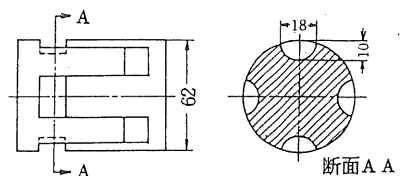


図 10 肥料繰出しロールの概略図

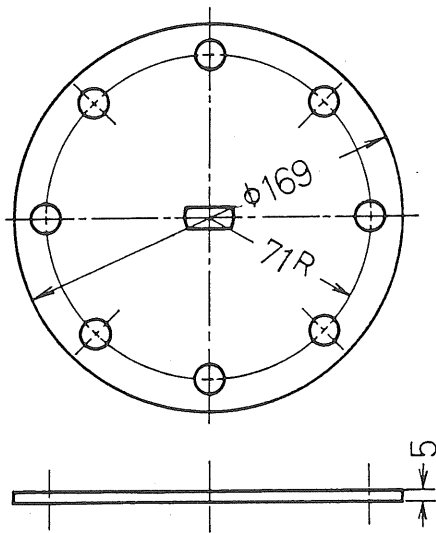


図11 種子繰出し目皿の概略図

5. 試験方法

5.1 碎土性能・所要動力試験

埼玉県川里村の当機構附属農場の水稻収穫後にわらを搬出した未耕起ほ場（灰色低地土、土性 SiC）において、作業速度を4段階に変え、全面耕時、部分耕時、有心部分耕時（図15）の全層と表層の土塊分布、ロータ

リのPTO軸所要動力を、昭和58年4月21日と昭和59年5月10日に測定した。

土壌条件については、3箇所から100 cm³ 採土缶により採土して土壌含水比と三相分布を測定するとともに、SR-2型土壌抵抗測定器により円錐貫入抵抗を10箇所、リングせん断抵抗を3箇所測定した。土塊分布は、各区3箇所ずつ全層と表層（深さ5~7 cm程度まで）の土塊を採取し、1、2、3、4、5、7 cm目の篩により選別して求めた。PTO軸所要動力は、トルク・回転数検出器をトラクタPTO軸に取付けて軸トルクと回転数を検出し、動力演算回路を通した出力をデータレコーダに収録して測定した。その後、A/D変換ボードを介してパソコンでその平均値を求めた⁴³⁾。

なお、対照機として表1に示す仕様のダウンカットロータリを供試した。表2と図12には場条件を示す。

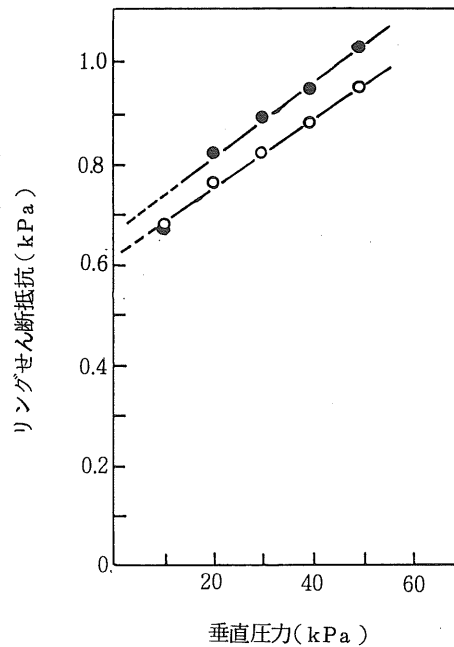
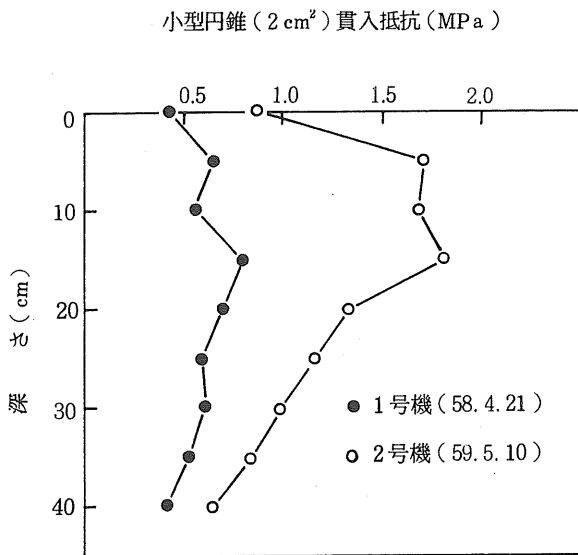


図12 碎土性能・所要動力試験ほ場の円錐貫入抵抗とせん断抵抗（SR-2型による）

表2 砕土性能・所要動力試験のほ場条件

試験場所		埼玉県川里村(農機研附属農場)					
ほ場の履歴		水稲収穫跡水田					
ほ場状態		わら搬出、未耕起					
土壌統		灰色低地土、下層有機質、泉崎統					
作土の土性 ¹⁾		シルト質埴土(SiC)					
試験年月日		58. 4. 21			59. 5. 10		
生土の液性限界(%)		57.8			62.6		
生土の塑性限界(%)		33.5			34.3		
採取深さ(cm)		0~5	5~10	10~15	0~5	5~10	10~15
含水比(%)		40.6	44.3	45.2	30.9	34.0	36.8
液性指数		0.29	0.44	0.48	-0.12	-0.01	0.09
湿潤密度		1.54	1.58	1.61	1.40	1.47	1.65
三相分布(%)	固相	41.6	41.7	41.9	40.4	42.4	46.7
	液相	44.7	48.6	50.3	33.0	37.4	44.4
	気相	13.7	9.7	7.8	26.6	20.2	8.9

1) 国際法による分類、粒径分布は粘土(0.002mm以下)32%、シルト(0.002~0.02mm)45%、細砂(0.02~0.2mm)15%、粗砂(0.2mm以上)8%

5.2 播種作業試験

5.2.1 作業試験方法

埼玉県川里村の当機構附属農場の水稲跡・わら搬出未耕起ほ場(1年目転換畑)(灰色低地土、土性SiC)において飼料用トウモロコシと大豆を、千葉県大原町の小麦跡・わら搬出未耕起1年目転換畑ほ場(細粒グライ土)において大豆を、埼玉県大宮市の当機構本部のイタリアンライグラス・アルファルファ混播刈取り跡・未耕起永年畑ほ場(黒ボク土、土性L)において飼料用トウモロコシを供試して播種作業試験を行った。試験日は表3に示す。川里村のほ場は、本暗きよが5m間隔に施工されており、本暗きよと直角方向に弾丸暗きよを約5m間隔で設けた。

試験は、図15に示すような3種の耕うん法(大原町、大宮市では有心部分耕区なし)に、図22に示す施肥法を組合わせた6区ないし9区を設けて行った。60年度は播種後に防鳥ネットを張り鳥害を防いだ。

土壤条件については、3箇所から100cm³採土缶により採土して土壤含水比と三相分布を測定するとともに、

SR-2型土壤抵抗測定器により円錐貫入抵抗を5箇所測定した。川里村及び大原町の転換畑においては、各区3箇所ずつ表層(深さ5~7cm程度まで)の土塊を採取し、1、2、3、4、5、7cm目の篩により選別して作業後の土塊分布を求めた。

表3にはほ場条件を、表4に試験条件を、図13に川里村の降水量を示す。

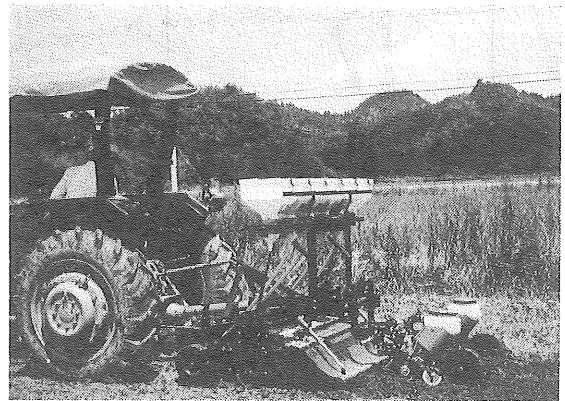


図14 作業時の試作機

表3 播種作業試験のほ場条件

供 試 作 物	飼 料 用 ト ウ モ ロ コ シ			大 豆				
試 験 場 所	埼玉県川里村（附属農場）			埼玉県大宮市 （本部）	埼玉県川里村 （附属農場）	千葉県大原町		
試 験 年 月 日	5 8.5.4	5 9.5.1 4	6 0.5.9	6 0.5.2	6 0.6.1 7	5 8.7.2 6		
ほ 場 の 履 歴	1 年 目 転 換 畑			永 年 畑	1 年 目 転 換 畑			
前 作 物	水 稻			イタリアンライグ ス、アルファルファ	水 稻	小 麦		
ほ 場 状 態	わら搬出、未耕起			刈取済み、 未耕起	わら搬出、未耕起			
土 壤 統	灰色低地土、下層有機質、泉崎統			黒ボク土 ⁴⁾	灰色低地土、 下層有機質、 泉崎統	細粒グライ 土、保倉統		
作 土 の 土 性	シルト質埴土（SiC）			壤 土	シルト質埴土	壤 土		
生土の液性限界（%）	5 7.8	6 2.6	6 5.1	—	6 5.1	7 2.3		
生土の塑性限界（%）	3 3.5	3 4.3	3 4.1	—	3 4.1	3 1.1		
含 水 比 （%）	0～5 cm ¹⁾	3 5.7	4 0.8	3 7.2	5 9.9	3 7.8	4 8.0	
	5～10 cm	3 9.1	4 0.7	3 8.9	5 9.2	3 9.9	—	
	10～15 cm	3 9.7	4 0.7	3 9.8	5 9.1	4 2.0	5 7.8	
液性指数	0～5 cm	0.0 9	0.2 3 ³⁾	0.1 0	—	0.1 1	0.4 1	
	5～10 cm	0.2 3	0.2 3 ³⁾	0.1 5	—	0.1 9	—	
	10～15 cm	0.2 6	0.2 3 ³⁾	0.1 8	—	0.2 5	0.6 5	
湿潤密度 （g/cm ³ ）	0～5 cm	1.5 9	1.6 1	1.5 6	1.1 7	1.6 6	1.3 1	
	5～10 cm	1.6 1	1.6 0	1.6 1	1.2 5	1.6 7	—	
	10～15 cm	1.6 1	1.6 0	1.6 6	1.2 8	1.6 8	1.5 4	
三 相 分 布 （%）	固相	0～5 cm	4 4.8	4 4.1	4 4.0	2 8.9	4 4.6	3 2.9
	5～10 cm	4 4.6	4 4.5	4 4.7	3 1.6	4 4.2	—	
	10～15 cm	4 4.0	4 3.8	4 3.7	3 2.1	4 3.5	3 6.7	
	液相	0～5 cm	4 1.8	4 6.4	4 2.2	4 4.0	4 5.4	4 6.5
	5～10 cm	4 5.4	4 6.2	4 4.9	4 6.6	4 7.6	—	
	10～15 cm	4 5.8	4 6.3	4 6.7	4 7.7	4 9.7	6 0.1	
気相	0～5 cm	1 3.4	9.5	1 3.8	2 7.1	1 0.0	2 0.6	
	5～10 cm	1 0.0	9.3	1 0.4	2 1.8	8.2	—	
	10～15 cm	1 0.2	9.9	9.6	2 0.2	6.8	3.2	
円錐貫入抵抗 ²⁾ （MPa）	1.1 5	0.7 6	1.3 7	1.6 8	1.2 9	0.5 8		

1) 試料採取深さ、2) SR2型の小形円錐（頂角30°、断面積2 cm²）による深さ0～15 cmの平均値、3) 水分むらが大きく0～5 cmでは0.06～0.45、5～10 cmでは0.1～0.38、10～15 cmでは0.02～0.38であった、

4) 市街地のため土壌統は不明

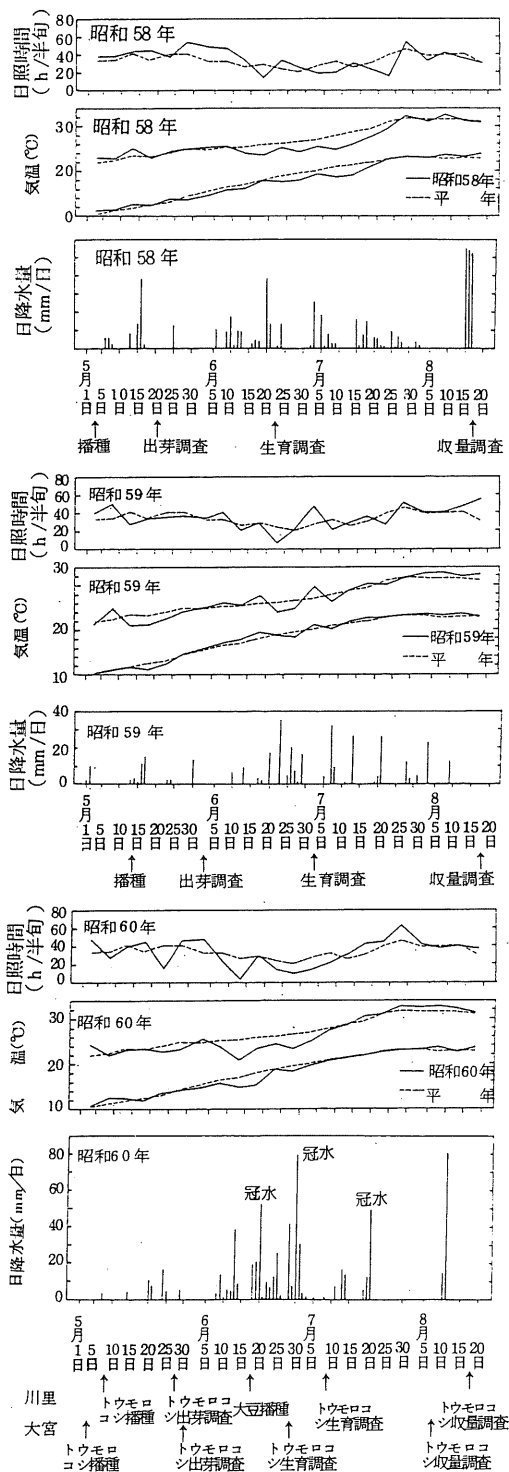


図13 川里村(附属農場)の半月別日照時間、最高・最低気温と日降水量

5.2.2 生育調査方法

1) トウモロコシ

トウモロコシの出芽調査は播種後16~18日目に川里村の転換畑でのみ行い、1区当たり6箇所、計200~300個体について、出芽状態、種子粒間、播種深さを測定した。初期生育調査は川里村の転換畑では10~14葉期に、大宮市の永年畑では12葉期に各区4箇所、計100本の草丈を測定して行った。追肥は行わなかった。収量調査は黄熟期に、各区3~4箇所、計100本の地上部質量と栽植密度を測定して行った。

2) 大豆

川里村の転換畑では、播種後の大雨による出芽不良のため出芽・生育調査ができなかった。大原町の転換畑では出芽・生育調査は行わなかった。

3) ほ場状態

60年度に、川里村の転換畑と大宮市の永年畑ほ場において、土壌の乾燥時と湿潤時に畦内部の深さ約10cmと20cmの土壤含水比を各区5箇所測定した。また、トウモロコシ収穫後は場の円錐貫入抵抗を各区5箇所測定した。

6. 試験結果と考察

播種作業試験の結果を表4、表5に示す。

6.1 ロータリ作業状態

全面耕時、部分耕時、有心部分耕時のほ場断面を図15に示す。部分耕時は7~8cm、有心部分耕時は5~6cm畦内部が高くなり、平畦を立てたような形状となった(図16)。

6.1.1 試作1号機のロータリ作業状態

全面耕、部分耕、有心部分耕時ともに円滑な作業が可能であった。問題点としては、土壤水分が高い(液性指数0.3~0.4程度)条件下で仕切板へ土壌が付着すること、ロータリのゴムカバーに幅4~5cmの切れ目を入れたことにより、全面耕時に切れ目より土壌が侵入して耕うんづめでゴムカバーをこすることがあった。

6.1.2 試作2号機のロータリ作業状態

全面耕、部分耕、有心部分耕時ともに円滑な作業が可能であり、仕切板直近のつめを小径化するとともに仕切板の内側にポリエチレン板を貼る改造を行った結果、供試ほ場の水分範囲(液性指数0~0.4)では、仕切板へ

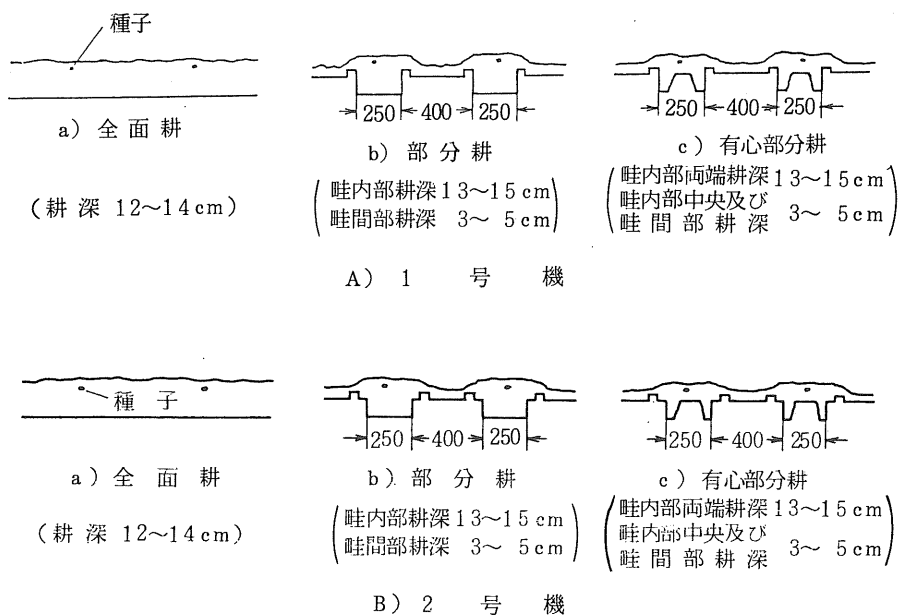


図15 耕うん法別のほ場断面

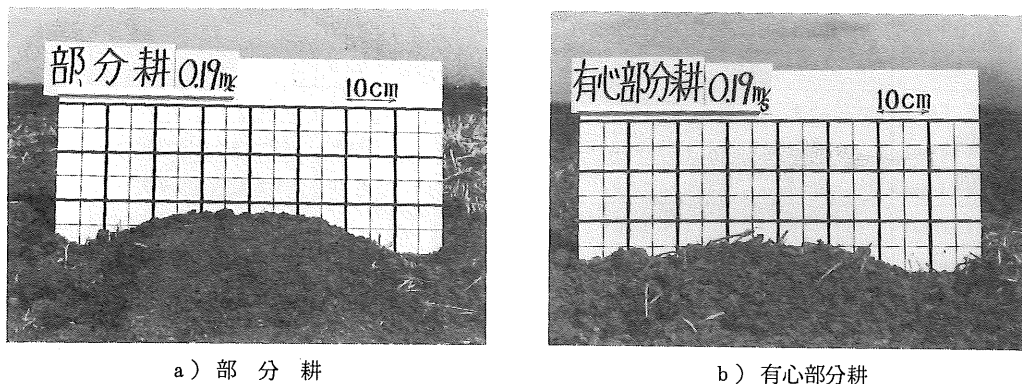


図16 作業後の畦内部は場面プロフィール

土壤が付着する問題は生じなかった。また、ロータリ
のゴムカバーを分割式にして仕切板との間隙を小さくした
ため、全面耕時に切れ目より土塊が侵入し、耕うんづめ
でゴムカバーをこする問題も発生しなかった。仕切板の
鋼板とポリエチレン板は両面粘着テープとリベットでと
める構造としたが、間に土が入込んでポリエチレン板が
変形したため、前側仕切板の下方と前方を鋼板で縁どり
した(図17)。

6.2 碎土性能

碎土性能試験は、深さ0~15 cmの平均液性指数が約
0.4と0.0という、やや湿った条件下と比較的乾燥した
条件下の灰色低地土は場において行った。その試験結果
を図18、図19に示す。また、播種作業試験は、深さ
0~15 cmの平均液性指数が0.15~0.4の条件下で行
い、表層の2 cm未満の土塊質量割合(以下では「碎土
率」と呼ぶ)は、全面耕区で34~65%、部分耕区で

表4 播種作業試験の条件と結果(1)

供 試 機		試 作 1 号 機									試 作 2 号 機											
供 試 作 物		飼料用トウモロコシ									大 豆		飼料用トウモロコシ									
品 種		P3382									タマホマレ		P3424									
試 験 場		灰色低地土転換畑									細粒クライ土転換畑		灰色低地土転換畑									
試 験 年 月 日		58.5.4									58.7.26		59.5.14									
種子100粒質量(g)		25.6											32.7									
シャール発芽勢 ¹⁾ (%)		97.5									未測定		92.5									
シャール発芽率 ²⁾ (%)		100.0											97.0									
供 試 肥 料	銘 柄	くみあい化成みどり7号									高度化成622号		くみあい化成みどり7号									
	N-P-K(%)	8-8-5									6-20-20		8-8-5									
肥 料	原 料	硫安、過石(75%)、ようりん(25%)、塩化カリ									-		硫安、過石(75%)、ようりん(25%)、塩化カリ									
	そ の 他	-									-		-									
目標施肥量(kg/10a)		125									-		125									
条 間 (cm)		70									70		70									
目標栽植密度(本/m ²)		8.00									-		7.00									
供 試 ト ラ ク タ		クボタM6000DT(51kW)									MF240(33kW)		クボタM6000DT(51kW)									
耕 う ん 法		全 面 耕			部 分 耕			有 心 部 分 耕			部 分 耕			全 面 耕			部 分 耕			有 心 部 分 耕		
施 肥 法		全 層	側 条	全 層 + 側 条	全 層	側 条	全 層 + 側 条	全 層	側 条	全 層 + 側 条	全 層	全 層	側 条	全 層	側 条	全 層	側 条	全 層	側 条	全 層	側 条	
作 業 面 積 (m ²)		各区91			各区274			各区91			250			各区280								
作 業 速 度 (m/s)		0.19									0.19			0.26			0.28					
耕うんピッチ (cm)		5.4			2.6			2.6			2.6			7.4		3.5		2.8				
耕 深 ³⁾ (cm)		11~12			12~14(3~5)			12~14(3~5)			未測定			12~14		13~15(4~6)		13~15(4~6)				
碎 土 率 ⁴⁾ (%)		33.6			50.0			36.9			64.0			65.0		64.5		51.6				
施 肥 量 (kg/10a)		128	128	64+64	132	131	63+66	136	136	67+68												
(対目標割合(%))		102	102	102	105	105	103	108	108	108	136	120	128	124	120	121	109	96	102	99	96	97
苗立ち数 ⁵⁾ (本/m ²)		934	982	108	909	103	925	711	856	854												
(対目標割合(%))		117	123	135	114	129	116	89 ⁶⁾	107	107	577	570	645	681	495	470	82 ⁸⁾	81 ⁸⁾	92	97	71 ⁸⁾	67 ⁸⁾
種子 ⁶⁾ 平均(cm)		144	133	130	157	138	151	192	162	163												
粒間 CV (%)		62	67	75	66	64	73	65	70	65												
1株 ⁷⁾ 欠 株		7.1	6.6	10.7	9.8	5.2	12.0	12.2	11.3	8.6												
粒数 1 粒		75.9	62.3	55.4	78.6	76.7	74.3	74.5	75.5	78.1	8.6	9.4	8.3	6.6	8.3	6.7	81.6	83.3	84.3	82.7	89.5	89.3
割合 2 粒		17.0	31.1	32.1	11.6	18.1	13.7	13.3	13.2	13.3	9.8	7.3	7.4	10.7	2.2	4.0	0	0	0	0	0	0
(%) 3 粒		0	0	1.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
播 種 平 均 (cm)		3.6 ⁹⁾	3.2 ¹⁰⁾	3.8 ⁹⁾		3.1 ¹⁰⁾	2.6 ⁹⁾			未 測 定												
深 さ 標準偏差(cm)		1.10	0.82	0.89	0.73	0.81																

1) 25℃における200粒の3日目までの発芽割合、2) 同じく10日目までの発芽割合、3) ()内は浅耕部の耕深、4) 2cm未満の表層土壌質量割合、5) 播種後16~18日の分離型作溝器の値、6) 不発芽種子を含む、7) 粒間5cm以内を1株とみなし、平均粒間の2倍以上株間があいているものを欠株とした、8) 鳥害の多かった区、9) 分離型作溝器、10) 一体型作溝器

表5 播種作業試験の条件と結果(2)

供 試 機		試 作 2 号 機															
供 試 作 物		飼料用トウモロコシ										大 豆					
品 種		P 3 4 2 4										エ ン レ イ					
試 験 ほ 場		灰色低地土転換畑					黒ボク土永年畑					灰色低地土転換畑					
試 験 年 月 日		6 0.5.9					6 0.5.2					6 0.6.17					
種子100粒質量(g)		3 3.6										3 0.7					
シャール発芽勢 ¹⁾ (%)		9 4.0										-					
シャール発芽率 ²⁾ (%)		9 8.5															
供 試 肥 料	銘 柄	グリーングリーン2号										くみあい化成13号					
	N-P-K(%)	8-8-8										3-10-10					
	原 料	硫安、りん安、過石、塩化カリ等										硫安、過石、塩化カリ					
そ の 他	ようりん80kg/10a、苦土石灰50kg/10a					ようりん80kg/10a、 苦土石灰20kg/10a					ようりん80kg/10a、苦土石灰50kg/10a						
目標施肥量(kg/10a)		1 5 0					1 5 0					8 0					
条 間 (cm)		7 0										6 0					
目標栽植密度(本/畝)		7.0 0										1 4.0 0					
供 試 ト ラ ク タ		クボタM6000DT(51kW)					イセキTS3110(23kW)					クボタM6000DT(51kW)					
耕 う ん 法		全 面 耕		部 分 耕		有 心 部 分 耕		全 面 耕		部 分 耕		全 面 耕		部 分 耕		有 心 部 分 耕	
施 肥 法		全 層		側 条		全 層		側 条		全 層		側 条		全 層		側 条	
作 業 面 積 (m ²)		各区56					各区40×2					各区56					
作 業 密 度 (m ² /s)		0.2 2					0.2 8					0.2 1		0.2 2			
耕うんピッチ(cm)		5.6		2.7		2.0		6.4		3.1		5.3		2.5		2.0	
耕 深 ³⁾ (cm)		12~13		13~14(4~5)		13~14(4~5)		12~13		13~15(4~6)		12~13		13~14(4~5)		13~14(4~5)	
砕 土 率 ⁴⁾ (%)		4 6.9		5 6.1		3 9.1		未 測 定				5 3.2		5 5.3		3 5.5	
施 肥 量 (kg/10a)		146	147	155	157	159	153	141	140	153	159	82	81	83	76	80	79
〔対目標割合(%)〕		98	98	103	104	106	102	94	93	102	106	102	102	103	95	100	98
苗立ち数 ⁵⁾ (本/m ²)		8.92	8.53	8.96	8.61	7.43	7.92	未 測 定									
〔対目標割合(%)〕		127	122	128	123	106	113										
種子 ⁶⁾	平 均 (cm)	15.7	16.1	15.8	16.5	19.0	17.6										
	粒 間 CV (%)	43	42	36	41	56	55										
1株 ⁷⁾	欠 株	1.7	2.6	0.5	1.3	6.1	2.9										
	粒 数	88.4	93.5	92.9	91.5	89.2	90.5										
	割 合 (%)	9.9	3.9	6.6	7.2	4.7	6.6										
播種 ⁸⁾	平 均 (cm)	2.6		2.7		1.8											
	深 さ 標準偏差 (cm)	0.79		0.87		0.81											

1) 25℃における200粒の3日目までの発芽割合、2) 同じく10日目までの発芽割合、3) ()内は浅耕部の耕深、4) 2cm未満の表層土塊質量割合、5) 播種後17日の分離型作溝器の値、6) 不発芽種子を含む、7) 粒間5cm以内を1株とみなし、平均粒間の2倍以上株間があいているものを欠株とした、8) 分離型作溝器

50~60%、有心部分耕区で36~52%であった(表4、表5)。以下、播種作業試験時の碎土状態も参考にして考察する。

6.2.1 ダウンカットロータリとの比較

図19に示すように、対照機のダウンカットロータリでは全層よりも表層の碎土が劣るのに対し、アップカットロータリを持つ試作機では表層の方が碎土が良かった。また、対照機では作業速度を上げると表層の碎土状態が急激に悪くなる傾向を示したが、試作機では作業速度を上げても表層の碎土状態は良好であった。作業速度と碎土状態の関係を見ると、供試土壌条件下で播種床として好ましい碎土状態を得るには、対照機では0.2 m/s

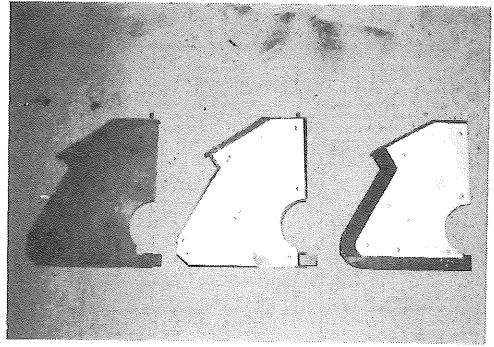


図17 ロータリ前方仕切板のポリエチレン板貼付方法の変更(左から右へ)

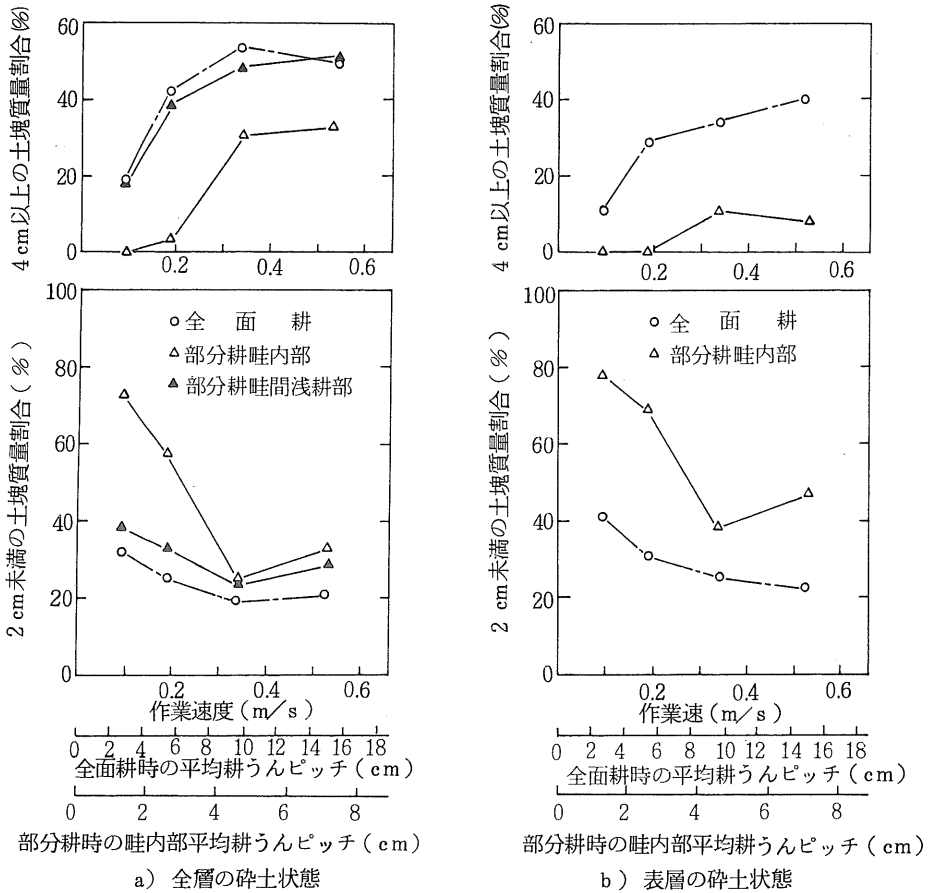


図18 灰色低地土水田における1号機の碎土状態
(0~15cmの平均液性指数0.40、58年4月21日)

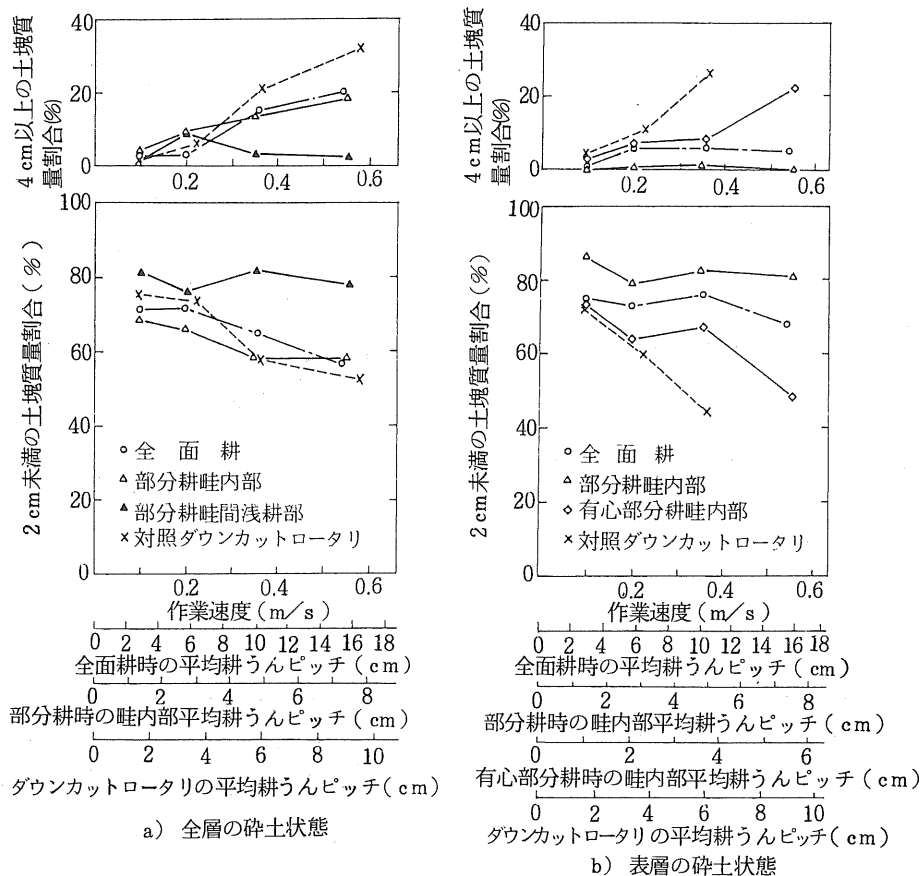


図19 灰色低地土水田における2号機の碎土状態
(0~15cmの平均液性指数 -0.01、59年5月10日)

下の低速で作業しなければならなかったが、試作機では全面耕時、部分耕時ともに0.5 m/sを超える速度で作業ができた。

以上は従来からの知見^{12)、44)}のとりの結果であり、碎土しづらい条件下における播種床造成用機械としてアップカッターが適していることが再確認された。

6.2.2 試作機の耕うん法と碎土性能

図18、図19、表4、表5に示すように、試作機の表層の碎土状態は、つめ本数を全面耕時の約2倍にした部分耕時が最も良かった。有心部分耕時では、大土塊を埋め込むスペースがないため、2号機において畦内部小径づめ単位幅当たり本数を約3倍にしたものの、表層の碎土状態は悪かった。

以上の結果から、アップカッターでは、大土塊を埋め込むのに必要な耕深を確保しないと良好な表層碎土

状態を得られないことと、ダウンカッターにおける研究結果^{45)、46)}と同様に、つめ本数の増加により碎土性能の向上が可能なが確認できた。

6.2.3 土壌の種類と碎土性能

碎土の難易は土壌の種類、水分状態、ほ場の管理方法（水田か畑か、秋耕の有無等）などによって変る。一般に粘土含量が少なく^{47)~50)}、有機物含量が多い⁵¹⁾ほど、転換畑や輪換畑においては畑管理の期間が長いほど（畑転換後に年数が経過するほど）^{44)、52)}碎土しやすいといわれている。

灰色低地土においては最も碎土が困難な水稲跡（転換1年目）ほ場で試験したが、それ以外に細粒グライ土転換畑と黒ボク土永年畑で播種作業性能試験を行った。灰色低地土ほ場は粘土（粒径0.002mm以下）含量が30%を超える粘質土壌である。細粒グライ土ほ場はそれ以

上に重粘質でしかも高水分な(液性指数0.4~0.6)状態であったが、部分耕時の2cm未満砕土率が全層で42%、表層で6.4%に達した。麦跡の転換畑とはいえ、細粒グライ土という最も砕土が困難な部類の土壤⁴⁹⁾においても良好な砕土性能が得られることが確認できた。

大宮市の黒ボク土永年畑ほ場では全面耕区、部分耕区とも砕土状態は極めて良好であった。黒ボク土のような砕土が容易な土壤においては、アップカットロータリの砕土面での優位性はなく、残さ埋没性が主な性能評価事項となろう。

6.2.4 土壌水分と砕土性能

灰色低地土ほ場における土壌水分(液性指数)と表層砕土状態の関係を図20に示す。塑性限界より高水分側で行った本試験の範囲内では、土壌水分が高まる(液性指数が高くなる)ほど砕土状態が悪くなる傾向を示し、黒ボク土においてはやや異なった傾向を示す報告⁵³⁾もあるものの、ダウンカットロータリにおける従来からの知見⁵⁴⁾⁻⁵⁶⁾と同様な傾向を示した。耕うん法別に見ると、全面耕では水分が高くなるにつれ、急激に砕土が悪くなったのに対し、部分耕では悪化の程度が緩やかな傾向があった。測定点数が少ないため明言はできないものの、ダウンカットロータリにおける研究結果^{45)、46)}と同様に、つめ本数を増加させる方法が高水分時の砕土性能向上に有効なことが推察できる。

6.3 埋没性能

播種を行う畦内部の稲株や牧草刈株の埋没状態は、全面耕、部分耕ともに良好であったが、有心部分耕では刈株を下層に埋込むスペースがないため劣った。部分耕、有心部分耕の畦間浅耕部では埋込まれずに露出している牧草刈株があったが(図21)、牧草の再生量は少なく問題になるほどではなかった。また、部分耕部と浅耕部の境目の不耕起部はほぼ完全に覆土されるため、そこからの牧草の再生や雑草の発生も問題になるほどではなかった。

6.4 施肥播種溝作溝部の作業状態

水分が低く流動性が高い土壤条件下では、分離型作溝器、一体型作溝器(図9)とも円滑な作業ができたが、分離型では機体全長を短くするために施肥溝作溝器と播種溝作溝器のディスク軸間距離を18cmと短めにしたこともあり、土壌水分が高い場合に施肥用作溝器と播種

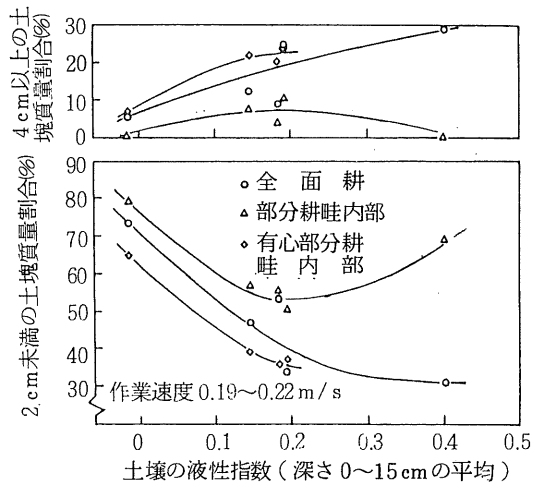


図20 土壌の水分状態と表層砕土性能(灰色低地土)



a) 全面耕



b) 部分耕

図21 牧草(イタリアンライグラス、アルファルファ)刈株の埋込み状態

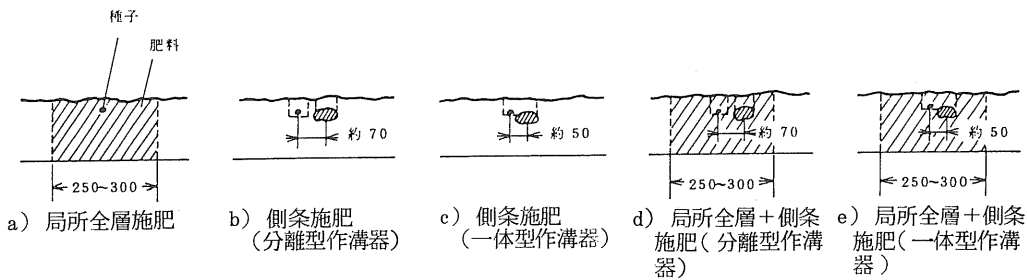


図2 施肥法別の施肥位置

用作溝器の間に土がたまることがあった。この現象は、作溝器ディスクの進行方向に対する角度を大きくし、相対する側の作溝器側方板を平行に近づけることで改善された。

6.5 施肥性能

6.5.1 施肥量

肥料繰出し量の調節は、目標施肥量と作業速度から30秒当たりの施肥量を計算し、作業の前に繰出しロール溝幅と駆動モータ回転数を調整して行った。目標に対する作業時施肥量の割合は、93～109%の範囲内であった(表4、表5)。

可変速モータによる駆動方式は、トラクタのエンジン回転数や駆動輪すべり率が変り作業速度が変動すると施肥むらが大きくなる問題があるが、繰出量の調節が簡単にでき微調整が容易であること、一度に全条の調節ができることなどの特徴を持つ。接地輪駆動方式もは場表面の状態によりすべり率が変動する問題があるため、碎土の悪い条件下などで使う場合はモータ駆動方式は有利な方法である。

6.5.2 施肥位置

側条施肥法における施肥位置は、覆土器を作用させないで観察したところ、分離型作溝器(位置の調節可能)では種子の側方約7cm、下方1～2cm、一体型作溝器では種子の側方約5cm、下方1～2cmであった(図22)。

局所全層施肥法の施肥位置測定は行わなかったが、雑草の多い畑で全面耕の予備試験を行った時の雑草生育状態から、横方向への肥料の広がり幅は幅25～30cm程度と推定される。部分耕時は大部分の肥料が仕切板の内側(30～35cm)にとどまると考えられるため、横方向の分布状態は同程度であろう。局所全層施肥時の縦方向の肥料分布は、アップカッターでは表層碎土が良

いので、ダウンカッターに比べ表層への分布割合が高いという報告⁵⁷⁾があることから、同様な傾向があったものと考えられる。

6.6 播種性能

6.6.1 播種量

作物の収量や品質を高めるためには、栽培時期や地域に合わせた栽植密度とすることが重要である。そのためには、播種量を目標値にできるだけ近づけ、むらのない発芽率を確保する必要がある。

トウモロコシの播種作業試験においては、碎土が悪かった有心部分耕区で、やや播種量が少ない傾向があった(播種機接地駆動輪のすべり率の増大が原因と思われる)が、おおむね目標に近い播種量を確保できた。

6.6.2 粒間分布

昭和58年度と60年度の灰色低地土転換畑におけるトウモロコシ種子粒間分布を図23に示す。粒間の変動係数は36～75%であった(表4、表5)。トウモロコシと大豆の立毛変異と収量の関係を調べた報告⁵⁸⁾、⁵⁹⁾や海外の報告を紹介した報文⁶⁰⁾では、ミクロ的な立毛間隔の変動は収量に大きな影響を与えないが、マクロ的な立毛数やその変動は収量に影響することが明らかにされている。それらを考慮すると、種子粒間の変動がこの程度で連続欠株がなければ大きな問題はないと思われるが、2粒播種などの増加は立毛数に影響を与える播種量が目標値とずれてしまうことにつながるので好ましくない。

1) 種子の形状と粒間分布

図23に示すように、58年度は平型の種子を供試したため、2粒播種と欠株の割合が高くなっており、粒間の変動係数も50～70%台と高かった。これに対し、丸型の種子を供試した60年度は、粒間の変動係数が30

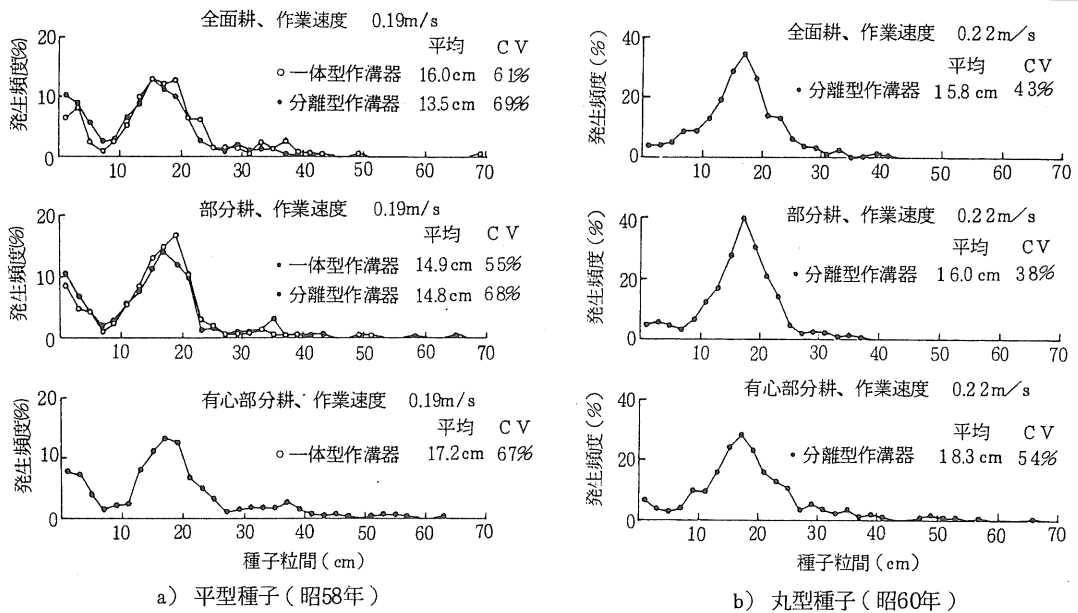


図2.3 トウモロコシの種子粒間分布

～50%と低かった。試作機に採用した傾斜目皿式播種機には丸型種子が適していると言える。

2) 耕うん法と粒間分布

耕うん法別に比較すると、部分耕<全面耕<有心部分耕の順に粒間分布の変動が少なく、砕土が良いほど粒間変動が減少することが推定される。

3) 作溝器の構造と粒間分布

作溝器別に比較すると、分離型が一体型より変動がやや高い傾向があった。これは、分離型が施肥溝を埋戻してから播種溝を開けるのに対し、一体型は施肥溝と播種溝を同時に開けるため、播種溝から施肥溝の方へ移動する種子があったためと考えられる。

6.6.3 播種深さ

播種深さは出芽状態に大きな影響を及ぼす。適切な播種深さは、作物の種類、土壌の水分状態、気温などによって変るが、種子周辺の土壌水分が発芽に適した状態で推移する場合には出芽能力の高いトウモロコシにおいても、倒伏を助長させず、霜害や除草剤の薬害が出ない範囲で浅播きが良い⁶¹⁾と言われている。特に、低温時(日平均気温14～15℃以下)には浅播きの効果が高く、深さ3cm程度が望ましい⁶²⁾とされている。

1) 耕うん法と播種深さ

作業速度0.19～0.22m/s時のトウモロコシの平

均播種深さは、全面耕区で2.6～3.6cm、部分耕区で2.7～3.8cm、有心部分耕区で1.8～2.6cmと有心部分耕区で浅くなる傾向があった(表4、表5)。砕土状態と播種深さの変動の間には、試験の範囲では一定の傾向は見られなかった(図2.4)。

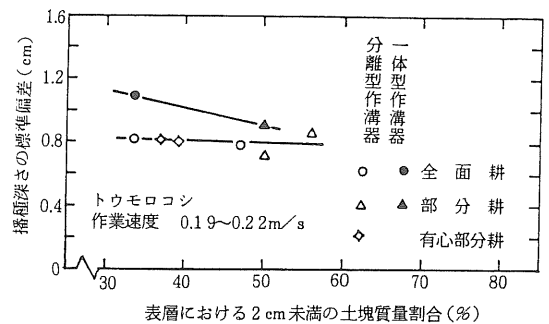


図2.4 表層砕土状態と播種深さ変動の関係

2) 作溝器の構造と播種深さ

作溝器別に比較すると、分離型の方が平均播種深さが深く、変動が少ない傾向があった(表4)。これは、粒間分布の変動が大きかったのと同様に、分離型が施肥溝を埋戻してから播種溝を開けるのに対し、一体型は施肥溝と播種溝を同時に開けるため、播種溝から施肥溝の方へ移動する種子があったためと考えられる。

表6 1号機の所要動力試験結果

耕 う ん 法	耕うん 軸平均 回転数 (rpm)	平均 つめ周 速度 ¹⁾ (m/s)	平均 作業 速度 (m/s)	平均 耕うん ピッチ (cm)	滑 り 率 (%)	平均 ¹⁾ 耕 深 (cm)	P T O軸 所要動力 (kW)			耕うん断面 積当たりP T O軸平均 所要動力 ²⁾ (kW/m ²)	耕うん体積 当たりP T O軸平均所 要エネルギー ²⁾ (×10 ⁵ J/m ³)
							平均	最大	最小		
全 面 耕	186	4.88	0.095	2.7	0.4	11.1	6.3	11.4	3.4	39.1	4.11
	185	4.85	0.192	5.4	1.4	10.6	10.6	20.6	5.2	72.0	3.75
	185	4.85	0.337	9.5	4.4	11.1	18.2	28.7	10.3	121	3.58
	186	4.88	0.522	14.7	6.3	11.4	24.6	36.4	12.5	160	3.06
部 分 耕	186	4.88 3.02	0.094	1.3 3.0	1.3	13.4 3.9	7.4	11.6	4.4	72.1	7.67
	186	4.88 3.02	0.190	2.6 6.1	1.9	13.4 3.9	9.1	12.5	5.6	90.1	4.47
	186	4.88 3.02	0.341	4.6 11.0	3.9	13.8 4.3	15.7	22.8	9.2	152	4.57
	186	4.88 3.02	0.529	7.1 17.1	3.4	13.8 4.3	18.0	25.7	10.7	176	3.32

- 1) 部分耕時の上段は中径つめ、下段は小径つめの値、
 2) P T O軸平均所要動力からロータリ空転時所要動力（約0.6 kW）を引いて算出、全面耕時は両端のみ小径つめ取付け

表7 2号機の所要動力試験結果

作 業 機	耕うん 軸平均 回転数 (rpm)	平均 つめ周 速度 ¹⁾ (m/s)	平均 作業 速度 (m/s)	平均 耕うん ピッチ (cm)	滑 り 率 (%)	平均 ¹⁾ 耕 深 (cm)	P T O軸 所要動力 (kW)			耕うん断面 積当たりP T O軸平均 所要動力 ²⁾ (kW/m ²)	耕うん体積 当たりP T O軸平均所 要エネルギー ²⁾ (×10 ⁵ J/m ³)
							平均	最大	最小		
試 全 面 耕	186	4.86	0.097	2.7	1.6	13.7	8.5	12.4	4.4	43.2	4.47
	186	4.88	0.197	5.6	2.6	12.4	12.6	19.0	7.2	73.3	3.71
	186	4.87	0.358	10.1	3.9	12.4	17.7	27.0	11.1	104.3	2.91
	185	4.85	0.540	15.3	6.6	12.6	22.9	31.9	12.9	133.5	2.47
部 分 耕	187	4.90 3.04	0.099	1.3	1.5	14.2 4.7	5.3	9.0	2.1	45.0	4.57
	187	4.89 3.03	0.199	2.7	2.5	14.4 4.9	7.9	13.3	4.3	68.4	3.45
	186	4.87 3.01	0.349	4.7	4.7	14.6 5.1	11.6	18.0	6.7	103.0	2.90
	187	4.89 3.03	0.553	7.4	4.3	14.3 4.8	14.3	21.4	9.1	130.5	2.36
機 有 心 部 分 耕	186	4.88 3.02	0.099	1.0	1.0	15.3 5.8	5.7	11.5	2.3	57.2	5.81
	186	4.86 3.01	0.199	2.0	2.5	15.0 5.5	8.4	17.1	3.6	91.2	4.61
	186	4.88 3.02	0.357	3.6	2.6	14.8 5.3	10.0	20.7	2.8	113.6	3.19
	186	4.86 3.01	0.555	5.6	3.5	15.2 5.7	13.8	26.3	4.9	151.4	2.72
対 照 機 全 面 耕	182	4.66	0.097	1.6	-1.5	12.8	11.0			60.5	6.23
	183	4.69	0.223	3.7	-2.4	12.6	16.4			93.1	4.16
	181	4.65	0.365	6.0	-3.7	12.3	20.3			118.2	3.24
	184	4.72	0.579	9.5	-4.7	11.8	24.1			147.3	2.53

- 1) 部分耕、有心部分耕時の上段は中径つめの、下段は小径つめの値、2) P T O軸平均所要動力からロータリ空転時所要動力（試作機は0.6 kW、対照機は0.4 kW）を引いて算出、試作機の全面耕時は両端のみ小径つめ取付け

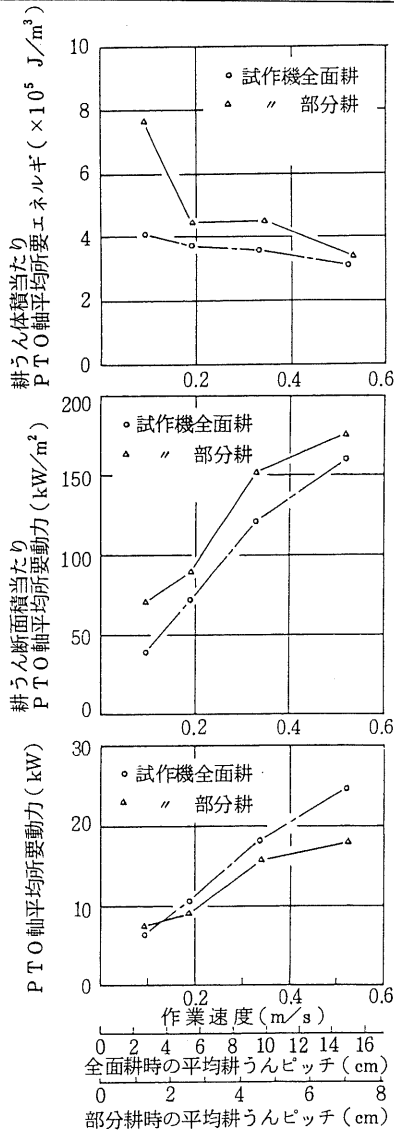


図25 1号機の所要動力と所要エネルギー
(灰色低地土水田、平均液性指数0.4)

6.7 ロータリの所要動力

P T O 軸所要動力の測定結果を表6、表7に示す。

6.7.1 試作1号機の所要動力

土壌は液性指数0.4程度のやや湿潤な状態であり、試験時の全面耕に対する部分耕の耕うん断面積割合は65~70%であった。また、同じ設定条件で試験したが、全面耕に比べ部分耕の耕深が深くなる傾向があった。

低速時には部分耕による所要動力低減効果が見られなかったが、作業速度が高くなるにつれてその効果が高ま

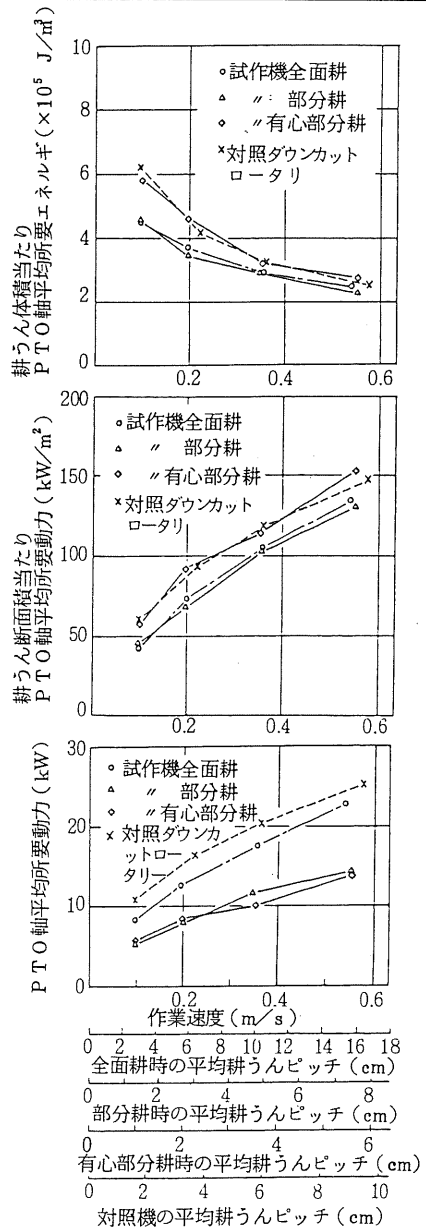


図26 2号機の所要動力と所要エネルギー
(灰色低地土水田、平均液性指数0.0)

り(図25)、部分耕により所要動力の変動も減少した(表6)。作業速度約0.2m/s~0.5m/sの範囲における部分耕時の所要エネルギーは、耕うん体積当たりでは全面耕時より8~28%高かった(図25)が、作業面積当たりでは15~30%少なかった。

予想よりも所要動力低減効果が低かったのは、仕切板

への土付着による抵抗が高まったことや畦内部のつめ本数を2倍にしたことによるものと思われる。

6.7.2 試作2号機の所要動力

土壌は塑性限界付近まで乾燥しており、円錐貫入抵抗が1.7 MPaにも達する硬い条件であった。試験時の全面耕に対する耕うん断面積の割合は、部分耕で55~63%、有心部分耕で48~53%であった。また、1号機と同様に、全面耕に比べ部分耕の耕深が深くなる傾向があった。

畦内部のつめ本数を2倍にしたことから耕うんピッチが全面耕時の約1/2であったにもかかわらず、部分耕時の所要動力は耕うん断面積にほぼ比例して減少し、耕うん体積当たりの所要エネルギーも全面耕時とほぼ同じであった（図26）。これに対し、畦内部のつめ本数を約3倍にした有心部分耕時は、耕うん体積当たりの所要エネルギーが全面耕時より10~30%高かった（図26）。

1号機より良好な結果が得られたのは、土壌条件の違いもあるが、仕切板直近のつめを小径化するとともに仕切板の内側にポリエチレン板を貼った改造により仕切板への土付着がなくなり抵抗が減少したためと考えられる。なお、試作機の全面耕時に比べ、対照機のダウンカットロータリの所要動力が高いのは、対照機が2本づめ方式（1回転当たりつめが2回打込まれる）のため耕うんピッチが小さいことによるものである。

トラクタの燃料消費量は測定しなかったが、測定例⁸⁰⁾から推定すると部分耕により20~30%程度燃料消費

量を節減することができるものと思われる。

6.7.3 碎土性能と所要エネルギー

碎土作業においては、いかに小さなエネルギーで良好な碎土状態を得るかが重要であり、その場合は、碎土状態を指標に所要エネルギーを評価する必要がある。平均土塊径と耕うん体積当たり所要エネルギーの関係を図27に示す。図においては、左下へ行くほど少ないエネルギーで良好な碎土状態が得られたことを意味する。

同程度に碎土するのに必要なエネルギーは、ダウンカットロータリ>有心部分耕>全面耕>部分耕の順に大きく、試験条件下では、試作機における部分耕時のエネルギー効率が最も良かった。また、ダウンカットロータリと試作機の有心部分耕では、作業速度が高まるにつれ耕うん体積当たり所要エネルギーは減少するが、それとともに表層の碎土状態も悪化した。これに対し、試作機の部分耕と全面耕では、表層の碎土状態をさほど低下させることなく、所要エネルギーの減少が可能であった。

6.8 作業能率

耕うん・施肥播種同時作業機の作業能率を最も大きく左右するのは作業速度である。肥料・種子の補給時間、旋回時間、調整時間などは、本研究の播種作業試験時の測定値やその他の試験例^{63), 64)}から、ほ場の大きさや形状、肥料の成分割合や施肥量が違ってもほぼ10~20分/10aの範囲内であると推定される。これらをもとに、試作機の作業速度と作業能率の関係を試算した結果を図28に示す。ほ場作業量は、作業速度が0.3 m/s

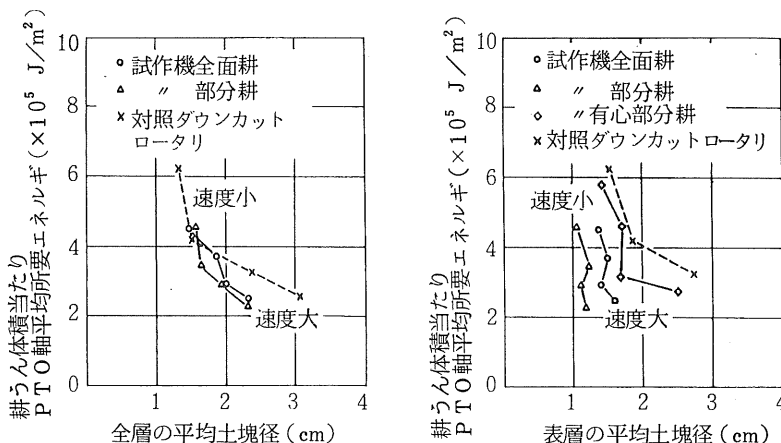


図27 2号機の全層及び表層の碎土状態と所要エネルギーの関係
（灰色低地土水田、平均液性指数0.0）

表8 供試ほ場条件下における各種同時作業機の試算最大作業能率

ロータリの種類 耕うん法	アップカット		ダウンカット		
	部分耕 ¹⁾	全面耕	全面耕		
条間 (cm)	70				
播種条数	2	3	2	2	3
最大作業速度 ²⁾ (m/s)	0.50	0.35	0.35	0.20	0.15
砕土率 ³⁾ (%)	80	80	75	60	65
所要動力 ⁴⁾ (kW)	13	18	18	15	19
最大理論作業量 (a/h)	25.2	26.5	17.6	10.1	15.1
ほ場作業効率 ⁵⁾ (%)	61	60	69	80	73
最大ほ場作業量 ⁵⁾ (a/h)	15.4	15.9	12.1	8.1	11.0

1) 試作機と同様な部分耕方式、2) 22kW(30PS)級トラクタ使用時の負荷面での限界速度及び砕土性能面での限界速度(砕土率60%以上にできる速度)、3) 最大作業速度時の表層における2cm未満の土塊質量割合の推定値、4) 最大作業速度時の推定値、5) 実作業以外(肥料・種子補給、旋回、調整等)の時間が15分/10a時の試算値

の時には10~12a/h程度であるが、0.5m/sの時には13~18a/hに増加する。

作業速度を規制する大きな要因は、作業負荷と砕土性能であり、所要動力を減らせても砕土性能が悪ければ高速作業はできない。試作機の部分耕時においては作業速

度を高めても所要動力が全面耕時ほど大きくならず、播種部分の砕土状態もさほど悪化しない性能を備えており、高速作業が可能になっている。

2号機の砕土性能・所要動力試験時のデータから、各種の耕うん・施肥播種同時作業機の最大作業速度及び最大ほ場作業量を推定した結果を表8に示す。22kW(30PS)級トラクタで供試ほ場と類似した条件下において作業した場合、全面耕時には0.35m/s程度しか作業速度を上げられないが、部分耕時には良好な砕土状態を確保しつつ、0.5m/s程度の速度で作業できること、全面耕では2条播種作業が限度であるが、(作業機の重量増加分をバランスウェイト等で補う必要が出てくるもの)部分耕では3条作業も可能になること、ダウンカットロータリの全面耕では所要動力面で余裕があっても砕土性能面で作業速度を0.2m/s程度以上には上げられないことなどがわかる。

その時の作業能率を試算すると、試作機の部分耕時は、全面耕のダウンカットロータリを持つ同時作業機に比べ80~100%、試作機の全面耕時に比べ20~30%能率が高まることが予測された。ただし、これらの限界作業速度は、播種作業試験時の作業速度をみてもわかるように、ほ場条件によって大きく変わるので注意が必要である。

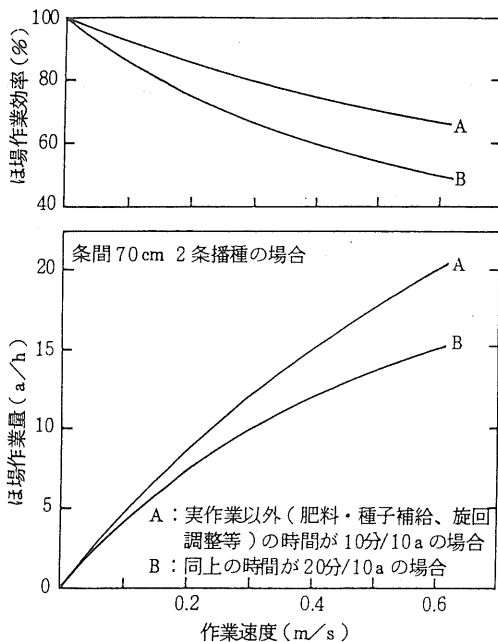


図28 試作機の試算作業能率

表9 飼料用トウモロコシの出芽状態（灰色低地土転換畑）

年 度	出芽 調査 日	耕う ん法	表層の 砕土率 ¹⁾ (%)	施肥法	作溝器 種類	出芽状態 ²⁾ (%)					
						正 常 (3葉)	遅 れ (1~2葉)	土中発芽	不 発 芽		
58	播 種 後 16 日 目	全面耕	33.6	局所全層	分離型	93.5	0.8	1.6	4.1		
					一体型	94.2	2.5	3.3	0		
				側条	分離型	91.7	0	2.3	6.1		
						一体型	41.4	11.1	31.3	16.2	
						局所全層 + 側条	分離型	97.7	1.4	0.7	0
						一体型	67.8	6.1	20.0	6.1	
		部分耕	50.0	局所全層	分離型	98.2	1.8	0.0	0		
	一体型				99.3	0	0.7	0			
	側条			分離型	99.2	0	0.8	0			
					一体型	72.9	5.8	15.5	5.8		
					局所全層 + 側条	分離型	96.6	0.8	1.8	0.8	
					一体型	79.4	10.7	6.6	3.3		
	有 心 部分耕	36.9	局所全層	分離型	96.6	2.3	1.1	0			
側条					95.3	1.9	1.9	0.9			
局所全層 + 側条			92.7		4.5	1.9	0.9				
59	播 種 後 18 日 目	全面耕	65.0	局所全層	分離型	92.6	3.9	2.0	1.5		
						側条	83.2	8.9	4.2	3.7	
		部分耕	64.5	局所全層		88.5	3.3	6.4	1.8		
						側条	88.6	3.8	6.0	1.6	
		有 心 部分耕	51.6	局所全層		81.6	6.5	8.3	3.6		
						側条	83.3	6.0	8.0	2.7	
60	播 種 後 17 日 目	全面耕	46.9	局所全層	分離型	65.0	32.8	0	2.2		
						側条	71.3	25.2	1.3	2.2	
		部分耕	56.1	局所全層		91.2	8.0	0	0.8		
						側条	62.2	36.5	0	1.3	
		有 心 部分耕	39.1	局所全層		39.4	60.0	0	0.6		
						側条	49.6	47.6	1.4	1.4	
3 年 間 の 平 均	全面耕	48.5	局所全層	分離型	83.7	12.5	1.2	2.6			
					側条	82.0	11.4	2.6	4.0		
	部分耕	56.9	局所全層		92.6	4.4	2.1	0.9			
					側条	83.3	13.4	2.3	1.0		
	有 心 部分耕	42.5	局所全層		72.6	22.9	3.1	1.4			
					側条	76.1	18.5	3.7	1.7		

1) 2 cm未満の土塊質量割合、2) 鳥虫害種子を除く

6.9 飼料用トウモロコシの生育・収量

6.9.1 出芽・苗立ち状態

表9に灰色低地土転換畑における出芽状態を示す。出

芽率は各区ともほぼ90%以上（分離型作溝器区）と良好であったが、表層の砕土状態が劣った有心部分耕区でやや出芽遅れが多かった。

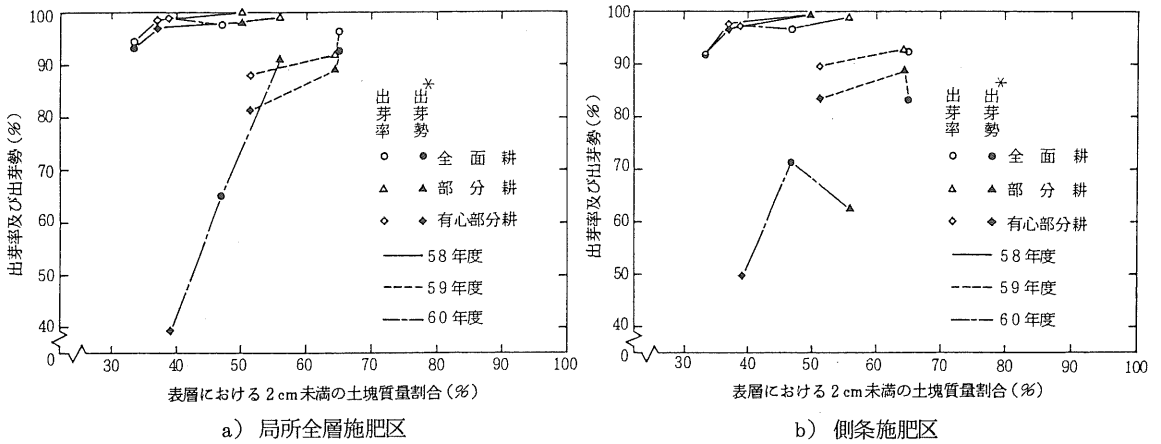


図29 耕うん法及び表層砕土状態とトウモロコシの出芽状態の関係(分離型作溝器区)
 (*出芽が早く、播種後16~18日において3葉に達している苗の割合)

1) 砕土状態と出芽

播種床の砕土が悪いと、種子の水分吸収阻害(土塊自体の乾燥が促進されることと種子と土塊の接触が悪くなることによる)、大土塊による物理的な出芽阻害(幼芽の抽出力が足りず大土塊を押退けられないことによる出芽阻害)などにより出芽率が低下する。

図29に表層砕土状態と出芽状態の関係を示す。表層の砕土が良いほど出芽率及び出芽勢が高くなる傾向があるが、出芽率及び出芽勢の値は年によって大きく違っている。これは、主に播種後の降雨量の違い(図13)によるものと考えられ、降雨量の多かった58年は表層における2cm未満砕土率が35~50%程度でも良好な出芽状態を示したのに対し、降雨量が少なく気温も低かった59年は砕土率が50~65%と良くても出芽状態は劣った。

2) 耕うん法と出芽

部分耕を行うと降雨の多い場合に地表水が溜まり湿害を起こすという指摘があるが、今回の試験の範囲では、播種後の雨量の多かった58年においても部分耕区が湿害による出芽阻害を受けた形跡は認められなかった。部分耕を行うと高さ7~8cmの畦ができるので、出芽時には全面耕よりも湿害を受けにくい面があると考えられる。

3) 施肥位置と出芽

肥料と種子が接触したり、肥料成分の溶出により土壌溶液濃度が許容限度以上に高まると発芽障害を起こす。

その度合は、作物の種類、施肥位置、施肥量、土壌水分、砕土状態などによって異なる^{37), 38), 39)}と言われているが、今回の分離型作溝器を用いた試験の範囲では、局所全層施肥と側条施肥の間に出芽状態の差は見られなかった。

4) 作溝器の構造と出芽

分離型作溝器では90%以上の出芽率が得られたのに対し、一体型作溝器の側条施肥区では出芽率が全面耕区で53%、部分耕区で79%と劣った(図30)。これ

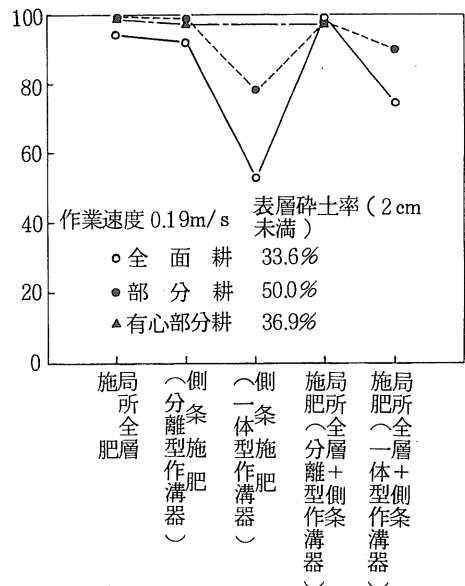


図30 作溝器の種類と肥料用トウモロコシの出芽状態(58年度)

は、分離型が施肥溝を埋戻してから播種溝を開けるのに対し、一体型は施肥溝と播種溝を同時に開けるため、播種溝から施肥溝の方へ落下・移動して肥料と接触し、発芽障害を受けた種子があるためと考えられる。一体型作溝器は機体をコンパクトにでき、土の流れも良好であるが、発芽障害を起こす恐れが強いので問題である。

6.9.2 初期生育

表10に10～14葉期の草丈を示す。耕法別の初期生育は、すべての試験において全面耕区よりも部分耕区や有心部分耕区が良かった。施肥法別では黒ボク土永年畑及び有心部分耕区を除き局所全層施肥区よりも側条施肥区が良かった。

北海道の黒ボク土ほ場における試験⁸⁶⁾や茨城県の黒ボク土ほ場における試験³¹⁾でも、ロータリ部分耕区はロータリ全面耕区に比べトウモロコシの初期生育が良好なことが報告されている。部分耕区の生育が良い原因と

しては、部分耕区では硝酸態窒素の下層への移動が遅いことやpF 1.8～2.7の生育有効水分の日数が多いことが報告されている³⁶⁾ことから、肥料成分の移動・消長、土壤水分の差などが考えられる。

60年は雨が多く初期生育調査までに2度にわたり冠水したが、全面耕より部分耕の初期生育が良好であった。このことから、試作機による部分耕が湿害を助長する恐れは少ないものと推定される。また、試作機の場合は仕切板下方の未耕起部が堤防の役目をすることもあり、除草剤が部分耕部へ流入して葉害を起こす恐れも少ないものと考えられる。

6.9.3 倒伏状態

58年には収穫2日前に台風が接近し、全面耕区と部分耕区は部分的に倒伏したが、有心部分耕区はほとんど倒伏しなかった。60年にも6月末の大雨と風で倒伏したが、この時は区間差はなかった。

表10 飼料用トウモロコシの初期生育

ほ場	年	耕うん法		全 面 耕			部 分 耕			有 心 部 分 耕		
		施 肥 法		局所全層	側 条	局所全層+側条	局所全層	側 条	局所全層+側条	局所全層	側 条	局所全層+側条
灰色	58	10～11葉期	平均	753a	777 a	777	90.1b	95.4c	100.8d	97.1cd	100.3d	98.5cd
		草丈(cm)	標準偏差	9.3	10.7	7.9	8.1	9.4	6.2	11.4	11.9	9.4
		同上平均割合(%)		100	103.2	103.2	119.7	126.7	133.9	129.0	133.2	130.8
低地土	59	11～12葉期	平均	105.6a	111.2b	-	108.6ab	126.5c	-	112.1b	123.9c	-
		草丈(cm)	標準偏差	14.2	13.4	-	12.7	15.3	-	13.9	18.8	-
		同上平均割合(%)		100	105.3	-	102.8	119.8	-	106.2	117.3	-
転換畑	60	13～14葉期	平均	136.5a	145.4b	-	145.2b	147.5b	-	149.0b	147.2b	-
		草丈(cm)	標準偏差	16.0	17.1	-	14.7	15.1	-	17.6	19.8	-
		同上平均割合(%)		100	106.5	-	106.4	108.1	-	109.2	107.8	-
3年間平均草丈割合(%)		100	105.0	-	109.6	118.2	-	114.8	119.4	-		
永黒ボク畑土	60	12葉期	平均	170.5a	167.8a	-	181.8b	182.8b	-	-	-	-
		草丈(cm)	標準偏差	12.3	10.7	-	10.5	12.0	-	-	-	-
		同上平均割合(%)		100	98.4	-	106.6	107.2	-	-	-	-

各区100本調査

a～dは分散分析結果(危険率5%)

側条施肥区は分離型の作溝器使用時の値

6.9.4 収量

表11に乾物収量を示すが、追肥を行っていないこともあり、収量レベルは全体的にやや低かった。灰色低地土転換畑における全面耕区と部分耕区の収量を比べると、局所全層施肥区では同程度であったが、側条施肥区では全面耕区が10%程度まさった。また、黒ボク土永年畑においては、側条施肥区では同程度であったが、局所全層施肥区では部分耕区が5%程度まさった。

前述した試験^{31), 32)}でも、部分耕区は全面耕区に比べてトウモロコシの収量が良いことが報告されているが、部分耕区では後期の生育が劣る結果も出ている³⁶⁾。後期の生育を確保する施肥法の検討が必要であろう。

6.10 大豆の生育

灰色低地土転換畑では、播種後の大雨による出芽不良のため正確な出芽・生育調査ができなかった。概略の苗立率を測定した結果、全面耕と部分耕が25~30%であったのに対し、有心部分耕では40%程度であった。この主な原因は、有心部分耕区の播種深さが浅かったためと考えられる。

6.11 作業後のほ場状態

6.11.1 雑草

条間に未耕起部分が残る部分耕においては、雑草が多くなる問題が指摘されている^{21), 31), 33), 36)}。しかし、本機は条間を浅耕し、仕切板直下の未耕起部も覆土され

表11 飼料用トウモロコシの黄熟期収量

年 場度	耕うん法		全 面 耕			部 分 耕			有 心 部 分 耕			
	施 肥 法		局所全層	側 条	局所全層 +側 条	局所全層	側 条	局所全層 +側 条	局所全層	側 条	局所全層 +側 条	
灰 色 低 地 土 転 換 畑	58	地上部乾物	平均	160	152	149	149	176	152	170	183	166
		重(g/本)	標準偏差	49	38	38	29	45	28	43	48	44
	59	地上部乾物	平均	161	163	-	148	159	-	140	170	-
		重(g/本)	標準偏差	60	49		43	45		40	40	
		栽植密度(本/m ²)		7.58	7.88		8.13	7.69		8.05	7.53	
		生収量(t/10a)		5.11	5.40		5.19	5.27		4.84	5.49	
		乾物収量(t/10a)		1.22	1.28		1.20	1.22		1.13	1.28	
	乾物収量割合(%)		100	105.6	98.9	100.5	92.7	105.2				
	60	地上部乾物	平均	115	138	-	103	115	-	103	129	-
		重(g/本)	標準偏差	43	42		30	41		44	51	
栽植密度(本/m ²)			7.98	7.28	8.66		7.69	8.20		7.16		
生収量(t/10a)			3.38	3.64	3.31		3.36	3.02		3.52		
乾物収量(t/10a)			0.92	1.00	0.89		0.89	0.84		0.92		
乾物収量割合(%)		100	108.9	96.8	96.2	91.5	100.3					
2年間の平均		乾物収量割合(%)	100	107.3	-	97.9	98.4	-	92.1	102.8	-	
黒 ボ ク 土 永 年 畑	60	地上部乾物	平均	122	121	-	133	126	-	-	-	-
		重(g/本)	標準偏差	38	31		42	42				
	栽植密度(本/m ²)		7.68	7.88	7.40		7.67					
	生収量(t/10a)		4.56	4.64	4.57		4.56					
	乾物収量(t/10a)		0.94	0.96	0.99		0.97					
乾物収量割合(%)		100	101.9	105.1	103.0							

各区100本調査

側条施肥区は分離型の作溝器使用時の値

るため、部分耕区の雑草発生状態は全面耕区と同程度であった。転換畑では、播種後に除草剤（アトラジン）を1回散布したのみであったが、部分的に雑草が繁茂する程度であり、中耕除草は行わなかった。

また、牧草跡ほ場においてトウモロコシを栽培する場合、牧草刈株の埋没が悪いと牧草が再生して雑草化する問題があるが、イタリアンライグラス・アルファルファ跡ほ場における牧草再生状態は全面耕区と大差なく、問題となるほどではなかった。

6.1.1.2 ほ場の土壌水分推移

図3-1にトウモロコシ生育時の畦内部土壌含水比を示す。灰色低地土転換畑においては、前日に38mmの降雨があった湿潤時の土壌含水比は、深さ20cmでは同程度であったが、深さ10cmでは部分耕区がやや高か

った。この結果から、透水性の悪いほ場においては、降雨が続くと部分耕区畦内部の土壌水分が高い状態で推移することが推定される。また、11日間降雨がなかった乾燥時における土壌含水比は深さ10cmでは全面耕区が、深さ20cmでは部分耕区が高い傾向があった。

黒ボク土永年畑においては、畦内部土壌含水比は湿潤時、乾燥時とも全面耕の方がやや高い傾向を示した。この結果から、透水性の良いほ場においては、部分耕時の方が耕深がやや深くなることもあって、部分耕区畦内部の土壌水分が低い状態で推移することが推定される。ただし、不耕起部の土壌水分は早ばつ年では高めに推移することが知られており³⁶⁾、部分耕が早ばつに弱いとは一概に言えない。

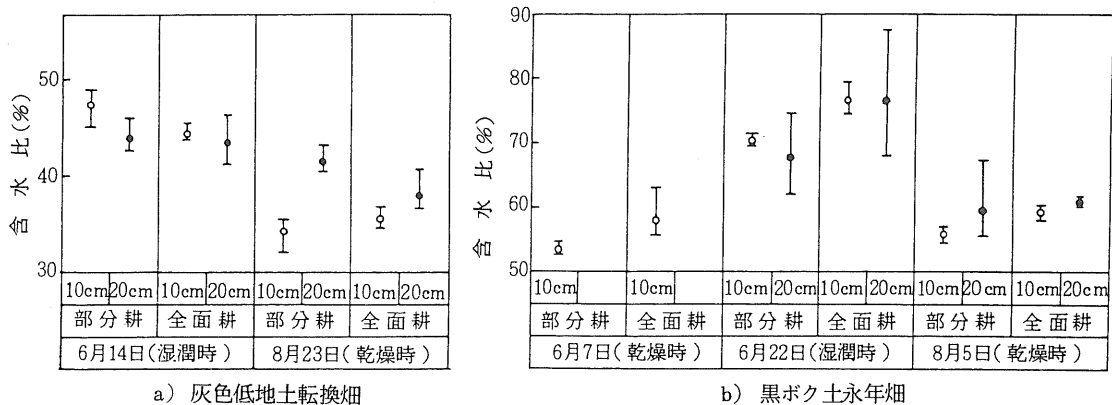


図3-1 トウモロコシ生育時の畦内部土壌含水比

6.1.1.3 ほ場の貫入抵抗

図3-2に示すように、トウモロコシ収穫跡ほ場の円錐貫入抵抗は、転換畑、永年畑ともに、部分耕区畦間部が最も高かった。畦内部については、転換畑では全面耕区、部分耕区とも同程度であったが、永年畑では全面耕区が高い傾向を示した。

深さ0~15cmにおける小型円錐の貫入抵抗が0.6~0.7MPa程度以上であると車輪式車両の走行が容易と言われており⁶⁵⁾、試作機で部分耕を行った場合には畦間の地耐力が高いため、管理作業や収穫作業時の車両走行が容易になるとともに、管理作業時の車両走行による畦間部土壌構造の破壊を受けにくいものと推定される。ただし、収穫機等の履帯または車輪間距離と播種条間を

合わせることを望ましい。

作物の根は、円錐貫入抵抗が1MPa程度以上になると伸長が阻害される⁶⁶⁾と言われている。土壌硬度は水分状態によって大きく変ることや、不耕起状態の土壌では前作の根などによって作られた細孔があるため耕起土壌より高い土壌硬度でも根の伸長が可能であるという報告⁶⁷⁾があることから一概に判断できないが、硬度が高くなりやすい土壌における部分耕は根の横方向への伸長に対しては不利な条件にあると考えられる。

7. 摘要

転換畑に代表される、軟弱になりやすく、砕土しにくいほ場条件下でも、適期に播種作業が可能で安定した苗

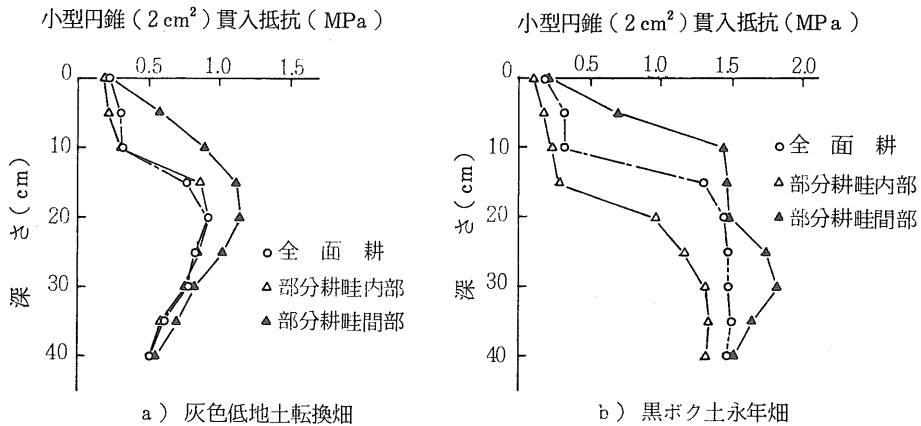


図3.2 トウモロコシ収穫跡は場の円錐貫入抵抗(SR-2型による)

立が得られ、より高能率で所要エネルギーの少ない作業機を開発するため、畦内を幅25 cm、深さ12~14 cm程度まで耕うんし、畦間を深さ3~5 cm浅耕するレーキ付きアップカッターを持ち、局所全層施肥と側条施肥及び両者の組み合わせ施肥ができる部分耕・施肥播種同時作業機を試作した。主に水稲跡の転換畑(灰色低地土、土性SiC)において、碎土状態と所要動力を測定するとともに主に飼料用トウモロコシを播種して試験した結果を以下に要約して示す。

(1) 耕深13~14 cm時の所要動力測定結果から、土壌水分が塑性限界付近の供試転換畑において22 kW(30 PS)級トラクタで作業した場合、ダウンカッターの限界作業速度は碎土の面で約0.2 m/s、試作機全面耕時の限界作業速度は負荷の面で約0.35 m/sであったが、試作機の部分耕時では良好な碎土状態を保ちながら、約0.5 m/sまで作業できることがわかった。その時の作業能率を試算した結果、試作機の部分耕時は、ダウンカッターを持つ同時作業機に比べ80~100%、試作機の全面耕時に比べ20~30%能率が高まる事が予測された。

(2) 表層の碎土状態は、単位耕うん幅当たりのつめ本数を全面耕の約2倍にした部分耕が最も良かった。大土塊の埋込みが困難な有心部分耕では、つめ本数を約3倍にしても碎土性能が劣り、刈株等の埋没性能も劣った。

(3) 当初、仕切板の内側に土が付着する問題があったが、仕切板直近のつめを小径化し、仕切板の内側にポリエチレン板を貼ることで解消できた。

(4) 側条施肥機構として、2枚のシングルディスクで施肥溝と播種溝を作溝するタイプ(分離型)と、コンパクト化をねらって1枚のディスクの左右に施肥溝と播種溝を同時に作溝するタイプ(一体型)を試作したが、後者は土の流れは良いものの、肥料と種子が接触しやすく発芽障害を起こしやすい問題があった。

(5) 分離型作溝器を使用した場合は、有心部分耕区で出芽遅れが多かったほかは、トウモロコシの出芽率は90%以上と良好でその区間差は少なかった。トウモロコシの初期生育は、全面耕区よりも部分耕や有心部分耕区が、局所全層施肥区よりも側条施肥区が良い傾向があった。転換畑における部分耕区の平均収量は、局所全層施肥区では全面耕区と同程度だったが、側条施肥区でやや劣った。

(6) 水稲跡転換畑では、播種後の除草剤(アトラジン)1回散布で雑草をほぼ抑制でき、雑草量の区間差は明らかでなかった。また、牧草跡は場におけるトウモロコシ栽培時は牧草の再生が問題となるが、牧草の再生状態は全面耕区と大差なかった。

8. 結語

より広範囲な条件下での試験も必要と思われるが、以上の結果より、試作機は22 kW(30 PS)級トラクタ用の作業機として実用性があるものと認められる。本機の利用により、小形のトラクタでもより高能率な耕うん・施肥播種同時作業が可能になるとともに、燃料消費量の点でも有利となる。また、畦間の地耐力が高いため後

の管理作業や収穫作業が容易となるなどの効果も期待される。

残された問題点は以下のとおりである。

8.1 試作機の問題点

(1) ロータリの作業幅が1.4 mでは行程の継ぎ目に残耕が残ることがあるので、条間60～75 cmの作物に対応するにはロータリの作業幅を1.6 m程度にすべきである。

(2) 全面耕用の作業機としても使用できれば有効利用につながるが、この場合には、部分耕と全面耕の切り換えを容易にする必要がある。

(3) 供試した傾斜皿式播種機では小粒種子（例えば、麦類やソルゴー）の繰出し精度が悪く、これらの種子を精度良く播種するには播種機を交換しなければならない。大粒種子（例えば、大豆やトウモロコシ）と小粒種子に汎用的に利用可能なように改良を加える必要がある。

(4) 分離型作溝器の実用性が認められたが、湿潤土壌時の土の流れを円滑にするために相対する側の作溝器側方板を平行に近づけると良い。土壌の抵抗に打ち勝ち、ディスクの角度を所定の値に保てるような取付け部の構造と強度が必要である。

8.2 利用上の問題点

(1) 本研究だけでは土壌適応性試験が不十分であり、より異なった土壌条件下における評価を積重ねなければならない。また、麦わらを全量すき込むような場合等の残さの多いは場条件下における作業適応性も検討する必要がある。

(2) 本研究では、限られた地域、限られた作物（トウモロコシ）でしか試験を行っていない。特に、追肥した場合や緩効性肥料を使用した場合の調査ならびに初期生育の良否が収量に影響しやすい寒冷地における調査を含め、より多くの条件下で部分耕と各種作物の生育の関係を、施肥位置の検討も合わせて調査することが必要である。農業研究センターで各種作物を供試した試験が継続されており³²⁾ 今後の成果に期待したい。

(3) は場が軟弱な状態の時に機械収穫する場合、収穫機の左右の履帯または車輪が耕うん部と浅耕部の上を走行する状態では機体が傾いて作業しづらくなることが予想されるので、収穫機の履帯または車輪間距離と播種条間を合わせることが望ましい。

8.3 今後の方向

部分耕栽培法より更に省力・省エネルギーで適期播種作業がしやすく、土壌侵食の防止、土壌水分保持力の向上、土壌構造破壊の減少などの効果がある栽培法に不耕起栽培法⁶⁸⁾がある。欧米ではかなり以前からプラウ耕の見直しが盛んで、1982年には米国全体の不耕起栽培面積割合は3.7%にまで達し、その面積割合が30%以上の州もある⁶⁹⁾。我が国においては、不耕起栽培の研究の歴史は古いものの一部の地域を除いて普及には至らなかった⁶⁸⁾が、近年転換畑や輪換畑への対応技術として注目を集めつつあり、機械の研究も盛んに行われるようになってきている^{70)–73)}。

不耕起栽培を定着させるには、機械だけでなく、雑草や病虫害防除法、施肥法など栽培面の研究が不可欠である。農林水産省の総合的開発研究として昭和62年度から開始される「水田利用高度化のための高品質・高収量畑作物の開発と高位安定生産技術の確立に関する総合的開発研究」の中で、不耕起栽培法に係わる雑草・病虫害防除法などの研究が大規模に行われている。当機構においても、不耕起施肥播種機の研究を行っており、今後も、それらの成果を参考にしつつ研究を進めていく予定である。

引用文献

- 1) 伊澤敏彦・後藤隆志：耕うん・碎土・施肥・播種同時作業機の開発、改良研究（第1報）、農機研報16号、p.1–24. 1981
- 2) 藤井清信・後藤隆志：耕うん・碎土・施肥・播種同時作業機の開発・改良、農機研研究成績56–1. p.43–63. 1982
- 3) 藤井清信・後藤隆志：同上、農機研研究成績57–1. p.34–52. 1983
- 4) 藤井清信・後藤隆志・藤岡澄行：部分耕・施肥播種同時作業機の開発・改良、農機研研究成績58–3. p.41–57. 1984
- 5) 後藤隆志・藤井清信・藤岡澄行・山内敏雄：同上、農機研研究成績59–3. p.34–46. 1985
- 6) 後藤隆志・山内敏雄・藤岡澄行：同上、農機研研究成績60–3. p.12–22. 1986
- 7) Гринчук, И.М., Матяшин, Ю.И. :

Квопрису Выбора основных

- конструктивных параметров и режимов работы почвенной фрезы, Тракторы и Сельхозмашины №.1, p. 25-28, 1969
- 8) 波澤 栄: 深耕ロータリ耕うんの研究、石川農業短大特別研報10号、86. p. 1985
- 9) 栗原 淳: 施肥位置による肥効増進・肥効調節および環境保全、施肥位置と栽培技術、博友社、p.5-47. 1982
- 10) 諸岡 稔: 畑作物の施肥位置、施肥位置と栽培技術、博友社、p.93-138. 1982
- 11) 八木 茂・瀬山健次: レーキ付きアップカットロータリの開発、農機研研究成績54-4. p.27-36. 1980
- 12) 森本國夫他3名: レーキ付きアップカット・ロータリの作業性能、農機誌45巻3号、p.375-378. 1983
- 13) ———: 麦作図説9、簡易整地播法、農業および園芸29巻9号、グラフィア、1954
- 14) 田辺 一他3名: 麦の多条栽培における機械の適応性について、四国農試報8巻、p.81-89. 1963
- 15) 江口 彰: 省力多収栽培のための新しい農機具(1、2)、農業技術14巻10号、p.449-454. 14巻11号、p.495-500. 1959
- 16) 能登谷智利: 機械化と農業近代化の方向、農業および園芸37巻5号、p.927-932. 1962
- 17) 能登谷智利・江口 彰・人見 進: 稲麦循環機械化栽培及び循環スピード栽培法の実験的研究、岡山農試臨報60号、p.1-59. 1963
- 18) 秋田史郎: そ菜省力栽培に関する研究(第1報)水田裏作におけるたまねぎの部分耕栽培試験、岡山農試臨報60号、p.61-75. 1963
- 19) 秋田史郎: たまねぎの省力栽培、農業および園芸42巻10号、p.1510-1514. 1967
- 20) 服部昭三: 麦作機械化省力栽培に関する研究、島根農試研報6号、p.69-78. 1963
- 21) 柴田 進・伊藤純吉・藤本治夫: キャベツの直播に関する研究(第1報)、兵庫農試研報12号、p.61-62. 1964
- 22) 築山 寛他4名: 麦類機械化省力栽培の作業法及び機具の改良に関する試験(第1報)、愛知農試集報19号、p.33-44. 1965
- 23) 松村泰雄: 開発進む稲直播栽培の機械化、機械化農業1970年12月号、p.15-19. 1970
- 24) 青木弘二・山口 豊・江坂正二: 麦の機械化栽培に関する研究、愛知農試集報24号、p.41-45. 1970
- 25) 神崎 庸太郎他3名: 麦の不耕起散播式リッジング・シーダーの試作について、中国農業研究41号、p.46-47. 1970
- 26) 山口 豊・荻野 功・成田義三: 水稻直播の機械化体係に関する試験(第1報)、愛知農試研報A3号、p.97-109. 1971
- 27) 吉田博哉・平野寿助: 水田麦の簡易畦立播栽培に関する研究、中国農試報A20号、p.79-98. 1971
- 28) 横見光夫: タマネギの不耕起穴植え方式栽培、農業および園芸57巻12号、p.1513-1518. 1982
- 29) 松尾 要・馬場崎一俊: 佐賀県の田麦機械播種作業、農業機械技術情報345号、p.14-21. 1985
- 30) 農業研究センター畑作機械研究室: 等負荷方式による機械化作業技術の開発、昭和58・59年度畑作機械化に関する研究、p.86-97. 1985、昭和60・61年度畑作機械化に関する研究、p.101-104. 1987
- 31) 農業研究センター畑作機械研究室: 水稻作・畑作作業体系の省エネルギー的改善、昭和56・57年度畑作機械化に関する研究、p.138-147. 1983、昭和58・59年度畑作機械化に関する研究、p.98-110. 1985
- 32) 農業研究センター畑作機械研究室: 畑作における効率的生産システムの実証と評価、昭和60・61年度畑作機械化に関する研究、p.108-123. 1987
- 33) 草地試験場機械化第1研究室: 転換畑における機械化不耕起施肥播種作業法、「転換畑」試験研究成績書、昭和57年度、p.404-405. 1983、昭和58年度、p.452-453. 昭和59年度、p.422-423. 1985、昭和60年度、p.404-405. 1986
- 34) 井上慶一・増田治策・八木 茂・吉原 徹: ロータリ部分耕直下式施肥播種機の開発と試作改良について、農機学会第46回年次大会講演要旨、p.58. 1987
- 35) 四国農業試験場機械化研究室: 長大作物—イタリアンライグラスの作業体系 ①耕うん・施肥播種体系、「転換畑」試験研究成績書、昭和60年度、p.412-413. 1986
- 36) 畠中哲哉・塩崎尚郎: 簡易耕の導入に伴う土壌の変化と畑作物の反応、土壌の物理性54号、p.2-13. 1987
- 37) 安間正虎他3名: 麦類のドリル播栽培法に関する研究、農事試研報2号、p.23-44. 1965
- 38) 中沢秋雄・四方俊一: 各種畑作物の機械播における発芽向上に関する研究(第1報)、農事試研報7号、p.35-53. 1965
- 39) 徳永美治・石井和夫: 畑作機械化における土肥研究の動

- 向と成果2)、農業技術24巻2号、p.9-14. 1969
- 40) 御子柴 穆：窒素施肥による水稻の生育収量の制御に関する土壤肥科学的研究、長野農試報37号、p.1-177. 1974
- 41) 御子柴 穆：水稻の施肥位置、施肥位置と栽培技術、博友社、p.139-194. 1982
- 42) 佐藤清美編：側条施肥田植え技術、家の光協会、173p 1984
- 43) 唐橋 需・森本國夫・藤井幸人・岡本嗣男：計測・データ処理システムの開発、農機研研究成績60-2. p.50-53. 1986
- 44) 深沢昭吾他4名：転換畑における畑作物安定生産のための土壤理化学的改善、山形農試研報17号、p.127-149. 1982
- 45) 金谷 豊・山崎信蔵・田村正和：重粘土水田の耕うん方法に関する研究、北陸農試報24号、p.103-126. 1982
- 46) 永田雅輝：耕うん播種機の研究（第2報、第3報）、宮崎大農報24巻、p.157-176. 1977
- 47) 久津那浩三他3名：耕うん方法と砕土効率に関する研究、富山農試研報2号、p.33-47. 1967
- 48) 小松 実：ロータリ耕うん機による整地耕うんに関する研究、京都大学学位論文、136p. 1979
- 49) 農業機械化研究所：機械利用から見た土壌の評価および土・機械系の問題点に関する調査、86p. 1984
- 50) 農業機械化研究所：農業機械の開発・製造・販売から見た土壌の評価および土・機械系の問題点に関する調査、56p. 1985
- 51) 長野間 宏・諸遊英行：有機物施用が水田土壌の物理性に及ぼす影響、日本土壤肥科学会講演要旨22集、p.6. 1976
- 52) 中島啓亜他5名：湿田地帯の転換畑における営農排水法と作物栽培（第1報）、千葉農試研報25号、p.45-53. 1984
- 53) 本庄弘幸・富田 貢・澤村宣志：水田転換畑における耕うん・砕土作業について、北農51巻1号、p.1-13. 1984
- 54) 久津那浩三・新村善男・上森 晃：耕うん砕土に関する研究（第1報）、日本土壤肥科学雑誌45巻1号、p.37-41. 1974
- 55) 岩間秀矩・石井和夫：重粘土土壌に対する砂客土の効果、北農試報119号、p.73-93. 1977
- 56) 幸田浩俊：野菜類と普通作物による低湿地帯の田畑輪換栽培に関する研究（第2報）、茨城農試研報22号、p.65-91. 1983
- 57) 端 俊一・高井宗宏・南部 悟：アップカット・ロータリの畑作への適応性、農機学会第42回年次大会講演要旨、p.16. 1983
- 58) 木根淵旨光他3名：トウモロコシの大型機械化多収栽培法確立に関する研究、東北農試研究速報6号、p.53-63. 1966
- 59) 木根淵旨光他3名：機械化栽培大豆の立毛変異と収量性について、東北農試研究速報6号、p.77-82. 1966
- 60) 加藤富造・川延謹造：播種作業の機械化と栽培様式2)、農業および園芸41巻7号、p.999-1005. 1966
- 61) 工藤 純他3名：機械化栽培とうもろこしの収量性に対する播種深度変異の影響について、東北農試研究速報5号、p.41-45. 1965
- 62) 木根淵旨光他3名：機械化作業に伴う環境変動ととうもろこしの生育反応に関する研究2)、東北農試研究速報9号、p.45-49. 1968
- 63) 渡辺源六・遠山勝雄・高橋晶明：転換畑における大豆の機械化多収栽培確立に関する研究、宮城農セ研報50号、p.49-66. 1983
- 64) 金子一也・沖嶋壽彦・村田公夫：麦播種関連作業工程の同時化、農作業研究会18回講演要旨集、p.24-25. 1983
- 65) 金須正幸他3名：乗用トラクタの走行・牽引および耕うん性能に関する研究、農機研報、p.2-36. 1966
- 66) 古賀 汎：土壌の硬さと植生、土壌の物理性と植物生育、養賢堂、p.7-15. 1979
- 67) Ehlers, W. et al. : Penetration Resistance and Root Growth of Oats in Tilled and Untilled Loess Soil, Soil Tillage Res. vol. 3 No.3. p.261-275. 1983
- 68) Parady, W. H., Turner, J. H., Rice, R. W. : Fundamentals of No-Till Farming, American Association for Vocational Instructional Materials, 148p., 1983
- 69) 農業機械化研究所：土壌に関連する農業機械の文献要録、p.52-64. 1985
- 70) 農業研究センター畑作機械研究室：不耕起播種作業技術、昭和60・61年度畑作機械化に関する研究、p.58-72. 1987
- 71) 濱田千裕他3名：グイズ栽培の機械化に関する研究（第1報）、愛知農総試研報18、p.67-74. 1986

-
- 72) 田中行平：夢と期待を乗せた不耕起播種機の開発、農業機械技術情報358号、p.28-30. 1987
- 73) 後藤美明他5名：麦収穫同時大豆不耕起播種機、転換畑研究成果集報No.1、農研センター、p.118-132. 1983

Summary

Development of Rotary Cultivator-Seeder (Part 2)

— Performance of Partial Tillage Type Rotary Cultivator-Seeder —

Takashi GOTOH, Kiyonobu FUJII,
Toshio YAMAUCHI and Sumiyuki FUJIOKA

In order to improve work efficiency by reducing power requirements and improving soil pulverization, a partial tillage type rotary cultivator-seeder was designed and tested.

The machine which was developed comprises a rotary cultivator, fertilizer applicators and seeders. The partial tillage type rotary cultivator cultivates to a width of 25cm and a depth of 12-14cm along the seed row, and to a width of 30cm and a depth of 3-5cm between the seed row (Fig.4). The cultivator is a 'reverse rotating rotary cultivator with rake-type clod filtering screens', which enables it to make fine seedbeds because the clod filtering screen can shift finer clods to the soil surface layer. To improve crop growth, it can place fertilizers either mixed with soil in the seed row, or banded by the seed row (Fig.22). In the case of banded fertilization, the furrow opening for fertilizing and sowing is made by adopting either of the two different methods, i.e.: a separate single-disk type or a unified single-disk type (Fig.9).

Performance tests were carried out for comparison with an ordinary rotary cultivator (reverse rotating type and forward rotating type) mainly in a dry silty clay field, which had been converted from a paddy field the previous year. Results of the performance tests were as follows:

1) When the water contents of the soil approached the 'plastic limit', the power requirement of the partial tillage type rotary cultivator was 40-45% lower than that of the reverse rotating ordinary rotary cultivator (Fig. 26).

2) Soil pulverization of the surface layer in the partial tillage type was better than in the reverse rotating ordinary type because the number of rotary blades was doubled in the partial tillage type (Figs.18,19).

3) Due to the low power requirement and good soil pulverization performance, it is presumed that the work efficiency of the partial tillage

type machine is 20-30% higher than that of the reverse rotating ordinary rotary cultivator (Table 8).

4) The unified single-disk type furrow opener for fertilizing and sowing tended to adversely affect the germination of corn, because the fertilizer often contacted the seeds (Fig.30).

5) The growth of corn tended to be better by using partial rotary tillage than by using ordinary rotary tillage, and by using banded fertilizing rather than mixed fertilizing (Table 10). In the mixed fertilizing plots the yield of corn was about the same between partial rotary tillage and ordinary rotary tillage, but in the banded fertilizing plots the yield of corn by partial rotary tillage was a little lower (Table 11).

6) In the dry field converted from a paddy field, weed was satisfactorily controlled by spraying a herbicide once after sowing. In the pasture, the regrowth of grass by partial rotary tillage was not so different from ordinary rotary tillage.

On the basis of the performance tests, it is concluded that the developed machine can be of practical use as an implement for a 22-25kW tractor. However, it is considered that further studies, such as how the partial tillage influences crop growth, are required.

Tech. Rep. Inst. of Agric. Mach. 23: 1 - 34 (1989)

簡易草地更新用機械の試作研究（第2報）

山名伸樹*・瀧川具弘*・奥井和致**・入江道男***

1988-3-2 受理

抄 録

山名伸樹・瀧川具弘・奥井和致・入江道男：簡易草地更新用機械の試作研究（第2報）。農機研報23：36-46(1989)

第1報では裸地の減少・土壌の物理性改善をねらいとしたダウンカット方式のロータリ作溝部を持つ試作簡易更新機（PR-1）の性能、効果等について報告した。本報では、試作簡易更新機による作業時に発生する推力を減少させるために検討した数種のコールタの効果について報告する。供試コールタはナイフコールタ、ノッチ付円板コールタ、波状円板コールタ、およびナイフコールタとノッチ付円板コールタを組合せて用いた場合の4種であるが、コールタ類を作溝部前方に溝に合わせて装着することにより推力が減少するとともに、トラクタPTO軸における所要動力の低下にも効果的であることがわかった。効果の程度、作業精度等の面からみると、供試したコールタの範囲内ではナイフコールタとノッチ付円板コールタの組合せによる利用の効果が最も有効で、これにより試作簡易更新機は緩傾斜草地においてもダッシングの危険性のない安全な更新作業を行いうると判断された。

1. 緒 言

低収化あるいは荒廃化した草地を機械力を用いて更新する方法を大別すると、全面耕起をとまう完全更新と部分耕起による簡易な更新に区分される²⁾。後者は一般に草地の簡易更新と呼ばれている。完全更新は、効果は高い反面、①コストがかかる ②草の利用を中断せざるを得ない ③傾斜草地では更新後エロージョンを引き起こす危険性が高い等のことから、効果の高い簡易更新を行うことのできる機械の開発が要望されてきた。

筆者らは、完全更新に近い効果が得られて完全更新の欠点を補う機械の開発をねらいとして、追播に加えて土壌の物理性改善を行うことを目標に、ロータリ耕うん装置をベースにした草地の簡易更新用機械（簡易更新機）を試作し、その性能・効果等を調査・報告した³⁾⁵⁾。その結果、裸地の減少・草地の土壌の膨軟化等において実用性がほぼ認められたが、本試作機はダウンカット方式のロータリを採用しているため、作業時に推力を発生

し、著しい場合、傾斜草地での降坂作業時にはトラクタのダッシングを招く危険性が否定できないという作業の安全面での問題点が抽出された。本報では、1983年から1985年にかけてその推力を減少させるために試みた方策とその効果について報告する。

なお、本研究で供試した簡易更新機の試作にあたっては、松山株式会社、スター農機株式会社の関係各位に多大なる協力を得た。ここに記して深甚の謝意を表す。

2. 試験方法

試作簡易更新機（PR-1（改）、PR-2）を供試して、コールタを装着した。コールタを装着する位置としては機体後方・側方・前方が考えられるが、できるだけコンパクトに、かつ作業に影響を及ぼさないような位置等を考慮し、図1に示すように作溝部の前方に溝に合わせてコールタ類を装着することとした。PR-2は作溝間隔を22cm（作溝条数：10）としてPR-1（改）（以下本報ではPR-1と略記する）の作業幅の拡大を図るとともに、播種用ホッパを単列とし、また、作溝部前方に種々のコールタの取り付けが容易に行えるようにしたもので、基本的な作溝方式は同じである。PR-2の外観を図2に示した。コールタはナイフコールタ、ノ

* 研究第3部

** 研究第3部（前草地試験場）

*** 研究第3部（現Center for Development of Appropriate Agricultural Engineering Technology, Indonesia）

ッチ付円板コールタ、波状円板コールタ、およびナイフコールタとノッチ付円板コールタの組合せの計4種類を供試した。それぞれのコールタの概略図を図3に示したが、ナイフコールタの刃厚は16mmで、刃先楔角は 60° とした。ノッチ付円板コールタ、波状円板コールタの厚さはそれぞれ4mm、3.2mmである。なお、ナイフコールタにおいてコールタと草地表面のなす角(図3中の θ)をコールタの作用角と呼ぶこととする。主な調査項目は、トラクタPTO軸におけるトルク及び回転数、作業機推力、作溝深さ、作業速度等とした。また、供試圃場の土壌条件の測定にはSR-2型を用いた(円錐貫入抵抗の測定にあつては小円錐を使用)。

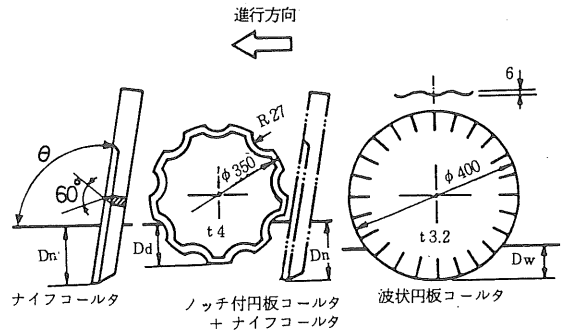


図3 供試コールタ
Fig. 3 Experimental coulters

2.1 推力の測定

作業機推力の測定には森本ら⁴⁾が開発した三点リンク・ダイナモメータを使用した。この三点リンク・ダイナモメータは、力の測定にストレインゲージを貼付した八角分力計を2組使用したもので、他のトラクタによる牽引を行うことなしに約15kNまでの作業機の牽引抵抗を測定することができる。三点リンク・ダイナモメータと試作簡易更新機(PR-1)の装着状況を図4に示す。

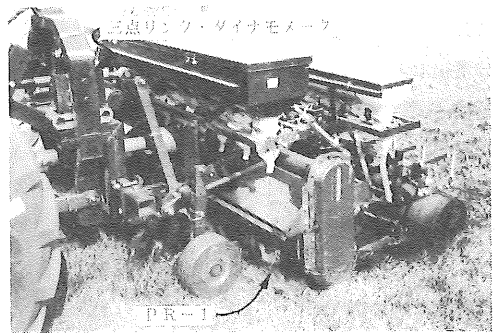


図4 三点リンク・ダイナモメータと試作機(PR-1)の装着状況

Fig. 4 Installation of 3-point linkage dynamometer and test machine (PR-1)

2.2 作溝深さの測定

作溝深さは、PR-1を用いた試験では図5に示す試作耕深計を更新機本体の側板に取付ボルト(図5中①)により装着して測定した。なお、PR-2での試験では取付けの都合上、作業後にJIS1級の鋼性直尺を用いて深さを測定した。

試作耕深計は接地部にタイヤを使用し、接地輪を取り付けたアームは軸1によりアーム④に軸支されている。

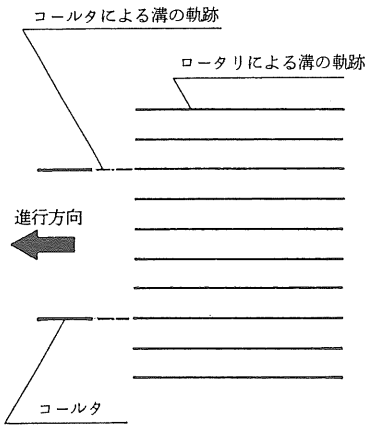


図1 コールタの装着位置例
Fig. 1 Example of setting position of coulters

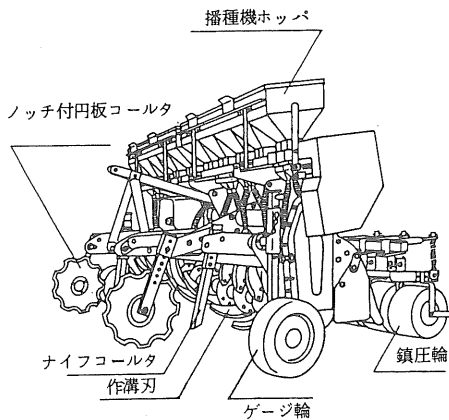
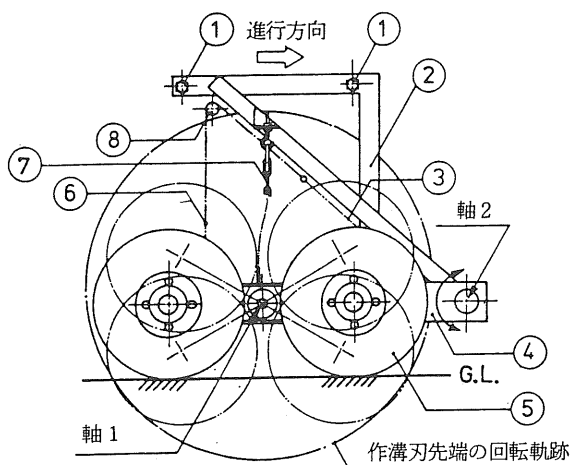


図2 PR-2の外観図(コールタ付)
Fig. 2 An oblique view of test machine named PR-2 (with coulters)



①取付ボルト ②フレーム ③バネ ④アーム
⑤接地輪 ⑥ラダーチェーン ⑦チェーン ⑧ポテンショメータ

図5 試作耕深計

Fig. 5 Developed tilling depth measure

アーム④は軸2を中心として接地輪の上下により回転する構造となっており、その上下（作溝深さの変化）の変化はラダーチェーンを介して定電圧（12V）が印加されたポテンショメータ⑧に伝えられ、電圧出力として取り出される。なお試作耕深計においては、2個の接地輪を1組として軸1を中心として回転するように縦列に配置し、草地の凹凸が作溝深さの測定精度に及ぼす影響を極力小さくするよう配慮した。試験における装着状況を図6に示す。



図6 耕深計の装着状況

Fig. 6 Showing installation of depth measure

2.3 作業速度の測定

作業速度は主として供試トラクタの前部三点リンクに速度測定用の第5輪を装着して測定した。第5輪を用いない場合には作業時におけるトラクタ後車輪3回転の進行距離と所要時間を計測して算出した。

3. 試験結果および考察

3.1 試作耕深計の性能

試作耕深計をPR-1に装着して平坦なコンクリート面上に降し、2つの接地輪が同じ高さになるように接地輪下に板等を入れて作溝深さ（接地輪の高さ）とポテンショメータ出力との関係进行调查した。接地輪の高さ、出力電圧はそれぞれデジタルハイトゲージ（ソニーマグネスケール製）、デジタルマルチメータで読み取った。その結果、図7に示すように、作溝深さ2cm以下の直線性には欠けたが、それ以上の直線性には問題がなく、また、高い再現性も得られたことから、ほとんどの場合5cm以上の深さで作業を行う本試験においては十分供試しうるものと判断された。

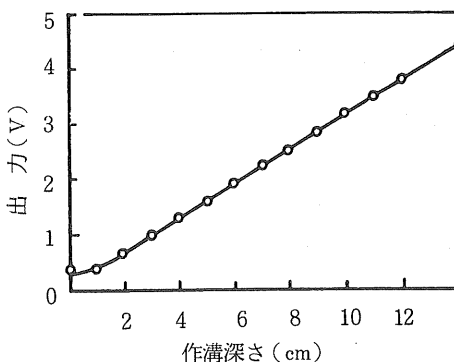


図7 耕深計における作溝深さと出力

Fig. 7 Relation between tilling depth and output voltage of depth measure

なお、圃場試験における試作耕深計での測定値と試験後にJIS1級の鋼製直尺で読み取った平均深さとの差は数mm以内であった。

3.2 推力およびコルタの効果の予備調査(1983)

直刃を装着したPR-1のロータリ軸回転数を232rpm/PTO540rpm、作溝深さを10cmに設定し（実測値：9cm）、農業機械化研究所内の2種のオーチャードグラス採草地において、作業時に発生する推力の大きさを調査した。また、同じ草地において、作溝部前方に

2本のナイフコルタを装着して、その効果の予備調査を行った。トラクタは4輪駆動、44kWを供試した。なお、トラクタPTO軸トルク、回転数、作溝深さ等のデータはAD変換器を介して携帯型コンピュータに入力し、80msごとにサンプリングして統計処理した。

供試草地の土壤硬度を図8に示す。草地表面(0~5cm)の含水比は、圃場Aは降雨後の間もない状態で供試したため、含水比が7.43%と高かった。また、圃場Bの含水比は6.83%であった。

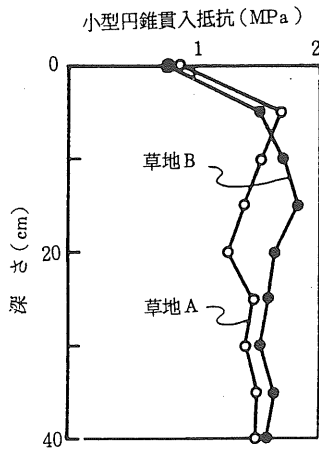


図8 供試草地の土壤硬度

Fig. 8 Cone penetration resistance of experimental meadow

3.2.1 推力の調査

試作耕深計の接地輪がバウンドしない範囲でPR-1のロータリ下降速度を変え、ロータリの下降速度の違いが推力に及ぼす影響を調査した。その結果を図9に示す。図9では、耕深計による測定を基準としてロータリの作溝刃が草地表面に接触したと思われる時点を時間0秒としている。ロータリの設定下降速度が4cm/sと小さい場合には時間の経過とともに、即ち作溝深さが深くなるにつれて推力が次第に大きくなる傾向を示し、定常作業状態にはいると平均3.5kNの推力となった。しかし、下降速度が大きい場合には、作溝開始直後に大きな推力を発生し、特に、50cm/sにおいては、定常作業では平均3.5kNの推力であったものの、作溝開始直後に10kNを越える推力が検出された。この場合、ロータリの貫入時の衝撃、および曲げモーメント等が三点リンク・ダイナモメータの推力検出部に作用し、やや過大な推力

が検出されていることも考えられるが、水田等での耕うん作業においてもロータリ下降速度が速い場合には定常作業にはいる前にトラクタの異常なスリップが経験されるところである。また、ロータリ耕うんにおいて、金須らのハワード・ロータベータE型を用いた水田での試験¹⁾では、定常作業時において、平均値が5kN~1kNであってもリンクによっては瞬間的に約17kN(1700kgf)を越える推力が発生する場合もあることが報告されている。これらのことを考え合わせると、下降速度が大きい場合には定常作業時を大きく越える推力が発生する可能性があることは明らかと判断される。

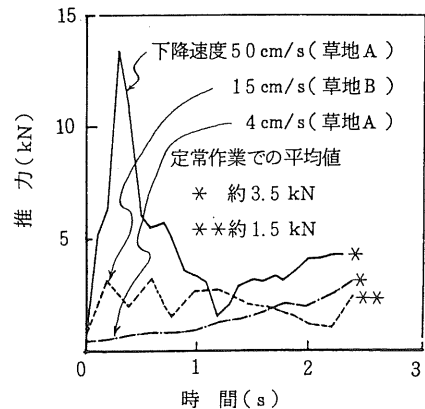


図9 ロータリ下降速度と推力

Fig. 9 Alteration of propulsion caused by the difference of descending speed of rotary

試験に供試した草地は全面耕起後の経過年数の少ない新しい草地で、ルートマットの形成もなく、土壤もあまり緊密化していない。更新が必要な草地では、ルートマットの形成、あるいはトラクタの踏圧等により草地表面0~10cmが著しく堅くなっている場合が多い。従って、実際に草地更新を行う場面を考えると、定常作業時においても、この試験における定常状態時に比較して更に大きい推力が発生するものと思われる。また、下降速度4cm/sという値は現実的ではなく、少なくとも10cm/s程度以上で作業が行われているものと推察される。その様な場面において、作溝開始直後にもかなり大きな推力が働くと考えられ、急激にロータリを下降させた場合、あるいは誤操作等でロータリ下降時にトラクタの走行クランチを切った場合など、特に傾斜草地で下り作業を実施しなければならない時にはトラクタのダッシングを招

く危険性もある。

3.2.2 トラクタPTO軸トルクと推力の調査

作溝深さを一定（約10cmに設定）とし、走行速度を変えて作業を行ったときのトラクタPTO軸トルクと推力の測定結果を図10に示す。推力は、PTO軸トルクが増加するにつれて直線的に増加する傾向を示し、トルクが0.5 kN・m（所要動力約28 kW）の時で推力3.5 kN程度の値となった。また、ダウンカット式ロータリを用いた耕うん作業において、ロータリ軸トルクが小さい場合には負の推力となることが知られており、試験条件・測定部位等の違いにより値は異なるが、試作機を用いた本試験においても同様の傾向を示し、PTO軸トルクが170 N・m以下では負の推力となった。

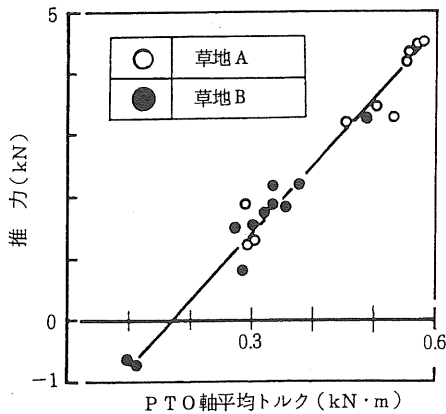


図10 PTO軸平均トルクと推力(1)

Fig. 10 Relation between PTO shaft torque and propulsion (1)

実際の更新作業における試作機のトラクタPTO軸での所要動力は、今までの実証試験等の結果⁵⁾から少なくとも20 kW以上と考えており、PTO軸回転数を540 rpmとすると、このことから作業時のPTO軸トルクは約350 kN・m以上となる。その結果、本試作機による定常作業時には常時少なくとも2 kN以上の推力が発生すると推察される。

3.2.3 コールタの効果の予備試験

コールタを装着していない状態とナイフコールタを装着した場合の作業速度と所要動力の関係を図11、作業速度と推力の関係を図12に示す。ナイフコールタの貫入深さはロータリによる作溝深さと同程度とした。コールタの作用角は100°であった。

試作機によるPTO軸平均所要動力は作業速度にともなって増大し、ナイフコールタを装着していない場合で0.7 m/sの時、草地Aで30 kW、草地Bで20 kWとなった。ナイフコールタを装着した場合も作業速度の増加とともに漸時増加するが、その値は小さく、草地Bにおいて作業速度0.5 m/sで11 kW、1.15 m/sで17 kWとナイフコールタを装着しない場合に較べて20～30%小さい値となった。これはナイフコールタを溝に合わせて作溝部前方に装着したためにコールタによる作溝の前処理的効果が現れ、ロータリによる作溝の負担エネルギーが少なくなったことによるものと思われる。

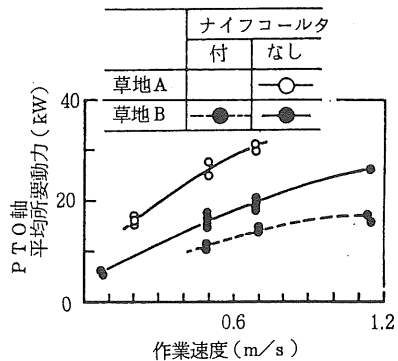


図11 作業速度と所要動力(1)

Fig. 11 Difference in PTO power required depended on existence of coulters

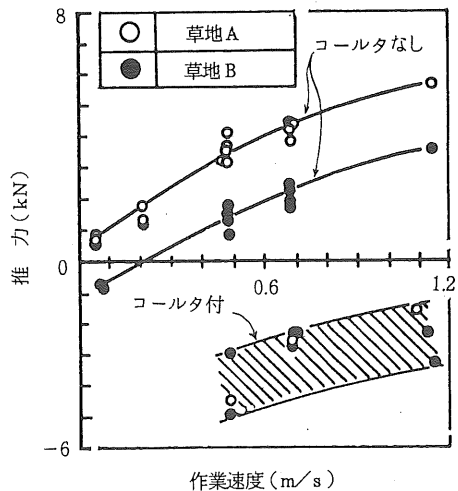


図12 作業速度と推力(1)

Fig. 12 Difference in propulsion of implement depended on existence of coulters

推力は所要動力と同様作業速度の増加にともない増加したが、ナイフコルタを装着した場合においては常に負の推力となった。これには、主として

① ナイフコルタを装着することによりコルタが牽引抵抗になった。

② コルタの作溝前処理効果のためP T O軸トルクが小さくなり、ロータリによる発生する推力自体も小さくなった。

の二つが相乗効果として現れているものと思われる。推力が負になることは正の牽引抵抗になることを意味するが、仮に推力-3 kN、作業速度1 m/sとしても牽引に要する動力は3 kW程度である。また、正の推力では牽引に要する動力は負になるが、これはトラクタに負の牽引の仕事が与えられることを意味しており、トラクタの機関出力がそれだけ小さくて良いということ意味するものではない。したがって、これらのことから、コルタ類を作溝部前方に溝に合わせて装着することにより所要動力の低減を図ることができると判断される。

なお、ナイフコルタを装着した状態での作業では、コルタにより掘り起こした前植生の株、あるいはリター等がコルタ前方に集積する傾向があることが観察された。

3.3 作溝深さと所要動力(1984)

コルタ類の種類と効果の調査に先立ち、走行速度を一定(0.7 m/sに設定)とし、PR-1による作溝深さが所要動力に及ぼす影響を調査した。供試草地は所内イタリアンライグラス跡地で、土壌条件を図13に示す。

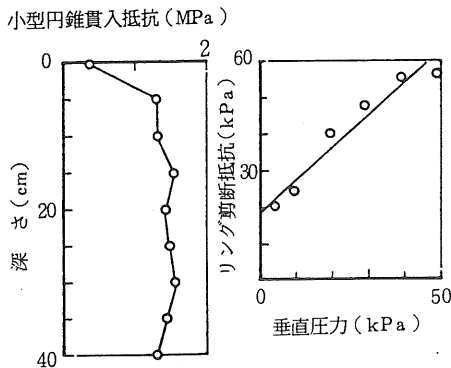


図13 供試圃場の土壌硬度と剪断抵抗(1)

Fig. 13 Cone penetration resistance (left) and soil shearing resistance (right) of experimental meadow (1)

所要動力は、図14に示すように、作溝深さが深くなるにつれてほぼ直線的に増加し、本試作機において標準的な作溝深さとしている10 cm前後では30 kW程度となった。なお、実測された走行速度は0.69~0.75 m/sであった。

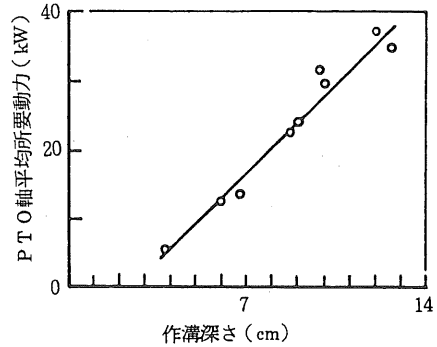


図14 作業深さと所要動力

Fig. 14 Relation between tilling depth and power required

3.4 コルタ類が推力および所要動力に及ぼす効果

3.4.1 ナイフコルタの作用角とノッチ付円板コルタの効果(1984)

推力防止効果が高く、かつコルタ前方へのリター等の集積がないナイフコルタの作用角があれば有益であるとの判断から、ナイフコルタの作用角を前傾(作用角60°前後:実測値63°)と後傾(作用角100°前後:実測値95°)に変えて、推力、所要動力、リター等の集積状況に及ぼす影響を調査した。リター等の集積状況は観察によった。また、加えて、ノッチ付円板コルタの前植生の株・リター等の切断、および推力やトラクタP T O軸所要動力に及ぼす効果を調査した。供試草地(イタリアンライグラス跡地)の土壌条件を図15に示す。設定作溝深さは10 cm前後としたが、測定の結果はコルタなしの場合で平均12.9 cm、ナイフコルタ装着時で作用角63°のとき10.4 cm、95°のとき11.0 cm、ノッチ付円板コルタ装着時で11.1 cmであった。

図16に推力の測定結果を示した。推力はコルタなしの場合に比べて、ノッチ付円板コルタ、ナイフコルタいずれを装着した場合も小さくなった。しかし、ノッチ付円板コルタが推力に及ぼす効果は小さく、常に

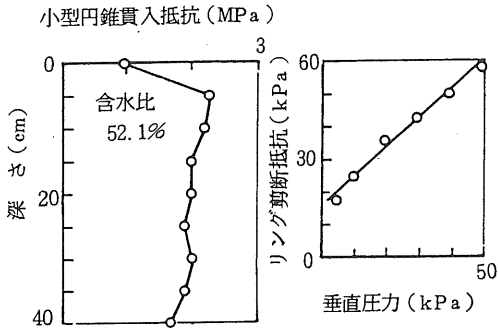


図15 供試草地の土壌硬度と剪断抵抗(2)

Fig. 15 Cone penetration resistance (left) and soil shearing resistance (right) of experimental meadow(2)

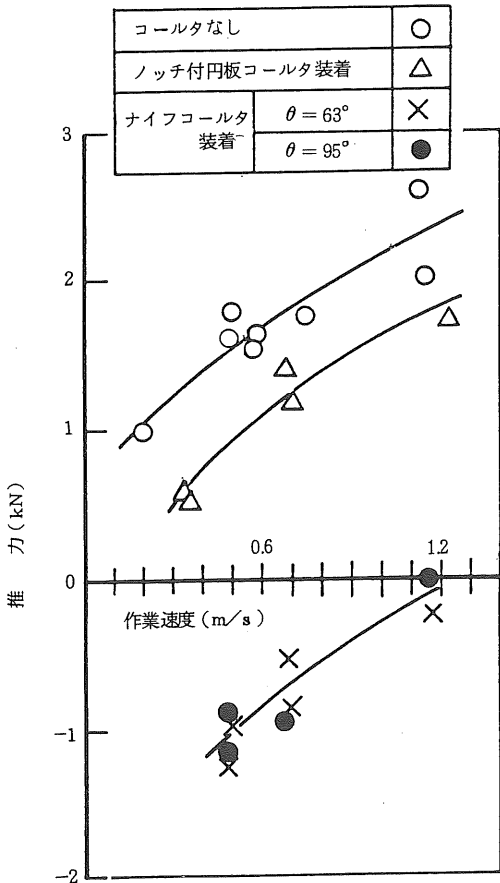


図16 コールタ装着の有無及びナイフコーлтаの作用角による推力の差

Fig. 16 Difference in the value of propulsion depended on existence of coulters and angle of action of knife coulters

正の推力であった。これに対し、ナイフコーлта付の場合には、本試験の範囲内では常にほぼ0または負の推力となり、作業速度1.2 m/s 近辺でも0～-0.2 kN程度の値であった。なお、ナイフコーлтаで作用角を変えた場合、作業速度0.5 m/s では作用角63°で-0.9～-1.2 kN、95°で-0.8～-1.1 kN、1.17 m/s では63°で0.2 N、95°で-3 Nとなり、作用角が推力に及ぼす影響は、この試験の範囲内ではほとんど差がないものと思われた。

P T O軸平均所要動力の測定結果を図17に示した。P T O軸平均所要動力はコーлтаなし>ノッチ付円板コーлта装着>ナイフコーлта装着の順となり、例えば作業速度0.7 m/sの時、コーлтаなし、ノッチ付円板コーлта装着時、及びナイフコーлта装着時でそれぞれ約32 kW、約27 kW、約20 kWとなった。図14において、本試験におけるノッチ付円板コーлта装着時に相当する作溝深さにおける所要動力は、コーлтаなしの時に相当する深さの約15%減の値であり、本試験での作業速度0.7 m/sにおけるその約16%と大きな差はない。しかしながら、コーлтаなしの場合の値を図14における値と比較すると約20%低い値となっており、植生の状態からみてごく表層のみの作溝処理では所要動力に大差はないと判断されることから、本試験における作溝深さと所要動力の関係を図14にあてはめた場合、直線の傾きは小さくなるものと思われる。したがって、本試験の範囲内で得られた値については作溝深さの影響は

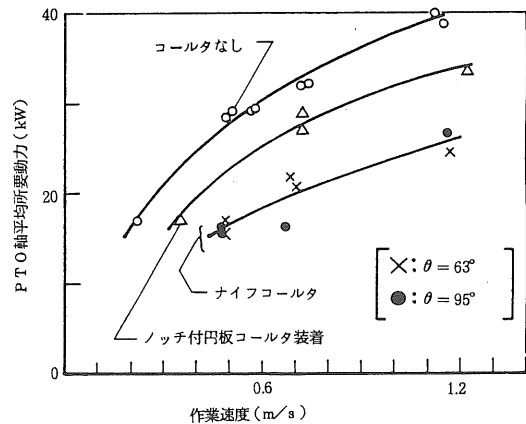


図17 コールタ装着の有無及びナイフコーлтаの作用角が所要動力に及ぼす効果

Fig. 17 Effect of installation of coulters on power required of P T O shaft and angle of action of knife coulters

出ているものの、いずれのコールタを装着した場合も所要動力の低減効果はあるものと判断される。

P T O軸トルクと推力の関係を示したのが図18である。推力はP T O軸トルクが増大するにつれてほぼ直線的に増加している。ロータリ単体の場合、推力は主としてロータリ軸トルクに左右される。本試験においては、作業機の動力取入軸からロータリ軸にいたる減速比を一定としていることから、P T O軸トルクはロータリ軸トルクに比例していると考えてさしつかえない。もしコールタ類に推力の減少効果がないものとするれば、本試験の範囲内におけるP T O軸トルクと推力の関係は試験区の如何を問わずほぼ同一直線上に並ぶべきものと考えられる。ノッチ付円板コールタにおいては前述したように作溝深さの若干の影響が考えられるが、この図において同じP T O軸トルクで比較した場合、ノッチ付円板コールタを装着した場合にはコールタを装着しない場合に較べて推力が若干小さく、ナイフコールタ装着の場合にははるかに小さい推力(負の推力)となっている。このことからコールタ類を装着することによって推力の減少効果があり、ナイフコールタにおいてはその効果が大きいと判断される。

なお、ノッチ付円板コールタによる前植生の株・リター等の切断は観察により確認することができたが、ナイフコールタ装着時のコールタ前方へのリター等の集積は、作用角を変えてもほとんど差がないように思われた。

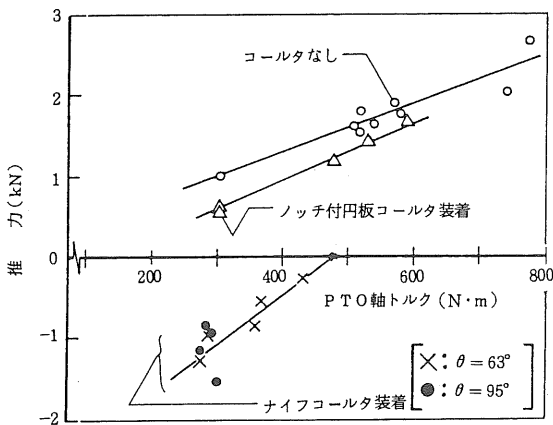


図18 P T O軸トルクと推力(2)

Fig. 18 Relation between P T O shaft torque and propulsion of implement (2)

3.4.2 推力と滑り率(1984)

3.4.1の所要動力等の調査と同時に、作業時のトラクタ後輪の進行低下率を調査した。進行低下率は下式で算出した。

$$s = (L_0 - L) \times 100 / L_0$$

ここで

s : 進行低下率〔%〕

L_0 : 供試試験草地内における無負荷時(4輪駆動)の後車輪3回転の前進距離(エンジンは低速回転)〔m〕

L : 作業時(4輪駆動)における車輪3回転の前進距離〔m〕

なお、無負荷時の前進距離は、P R-1ならびに三点リンク・ダイナモメータを装着した状態で測定した。

その結果得られた推力と進行低下率の関係を図19に示した。進行低下率は推力と直線的な関係にあり、コー

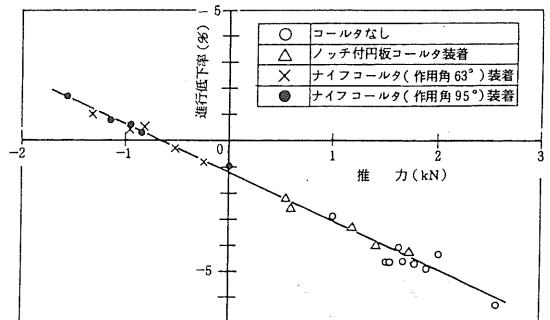


図19 推力と進行低下率

Fig. 19 Relation between propulsion of implement and travel reduction rate
コールタを装着しない場合においては、供試草地における定常作業時には-3~5%の滑りが発生していることがわかった。なお、推力が0の場合には、本来滑り率も0になるものと思われるが、図19の回帰直線は原点からずれる結果となった。これは、負荷時には試作更新機および三点リンク・ダイナモメータの質量約720kgが更新機のゲージホイール、ロータリ等でも分担されているのに対し、無負荷時にあっては、その質量を三点リンクですべて受けることになるため、後輪にかかる荷重に差が生じ、車輪の有効回転半径に違いが出たことによるものと思われる。ちなみに、供試トラクタを標準タイヤ空気圧として試作簡易更新機(P R-1、質量約610kg)のみを装着し

たとき、コンクリート床面上で更新機を接地させた場合と約0.6 m持ち上げた場合とでは、タイヤの歪により、約3%のタイヤ有効回転半径の違いが生じた。

3.4.3 波状円板コルタ、及びノッチ付円板コルタとナイフコルタの組合せの効果（1985）

新たに波状円板コルタ、及びノッチ付円板コルタとナイフコルタの組合せの効果をナイフコルタを2本装着した場合と比較検討した。供試機・供試草地はPR-2・所内採草地（イタリアンライグラス跡地）で、供試草地の土壤条件を図20に示す。ナイフコルタの

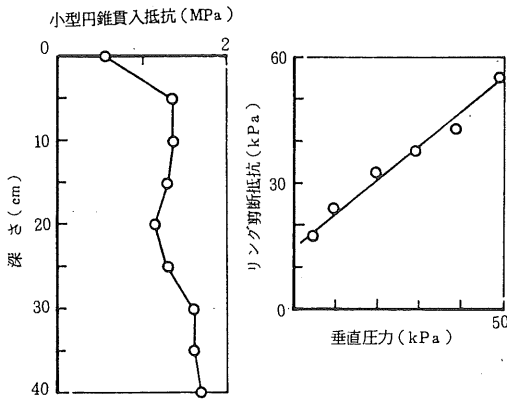


図20 供試圃場の土壤硬度と剪断抵抗(3)

Fig. 20 Cone penetration resistance (left) and soil shearing resistance (right) of experimental meadow (3)

作用角は100°とし、草地在軟らかかったためコルタの推力防止効果を明確にする意図から貫入深さはロータリによる作溝深さが10 cmのとき15 cmとなるようにした。また、ノッチ付円板コルタとナイフコルタの組合せにおけるノッチ付円板コルタの切断深さは、ほとんどの場合ルートマットが深さ約7 cmまでで形成されることから、ナイフコルタの貫入深さが15 cmのときルートマット等の切断に十分な深さである10 cmとなるようにし、この組合せを2組装着した。波状円板コルタは、所要動力低減のためには装着枚数が多いほうが有利と考えたが、装着枚数が多いとロータリが浮き上がり気味となり設定作溝深さを確保できないような状況であったため装着枚数を6枚とし、作用深さはロータリによる作溝深さが10 cmの時で6 cm程度になるようにした。供試機のPR-2にはPR-1と同一形状の作溝刃を装着した。供試トラクタは44 kWの4輪

駆動で、ロータリ軸回転数は260 rpm / PTO 540 rpmとした。なお、この試験においては試作耕深計の更新機への装着は行わず、鋼製直尺のみで耕深を測定した。

PTO軸平均所要動力の測定結果を図21に示した。所要動力は、波状円板コルタを装着した場合が最も小さくなり、作業速度0.7 m/sのときで約15 kWであった。他のコルタを装着した試験区の約17~19 kWに較べても小さく、また、コルタを装着しない場合の約28 kWに較べて40%程度小さい値となっている。これは、他の試験区の平均作業溝深さが11 cmであったのに対し、波状円板コルタを装着した区ではコルタによる前植生・リター等の切断が十分行えないためにロータリが若干浮き上がり気味となり、結果として9 cmの平均作溝深さしか得られなかったこと、および波状円板コルタの装着枚数が6枚と多かったために多くの作溝条で作溝前処理が出たこと、等によるものと思われる。ノッチ付円板コルタとナイフコルタを組み合わせて装着した場合の所要動力は、作業速度約0.7 m/sのとき17 kW程度となり、ナイフコルタのみの場合の約19 kWと比較して約10%低い値となったが、作業速度0.5 m/s近辺ではその差は明確ではないことから、この程度の差については測定誤差の範囲ではないかと考えている。

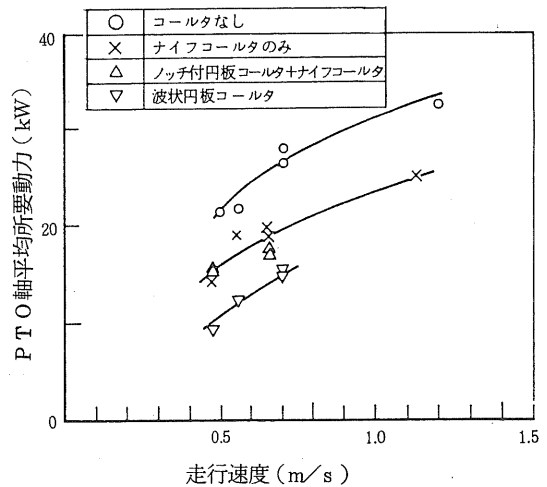


図21 コルタ装着の有無および種類によるPTO所要動力比較

Fig. 21 Comparison of PTO power required with and without coulters, and variety of set up coulters

試験の結果得られた推力を表1に示したが、コールタ類を装着した場合の推力は常に負(正の牽引負荷)となった。また、コールタを装着しない場合の推力は、最大の場合でも約0.7 kN(作業速度1.2 m/s)で、3.3.2

における作業速度1.2 m/sの値と比較すると、1/3程度であった。その時の所要動力は約40 kWであり、この試験での約31 kWはその約25%減の値となった。

表1 コールタ装着の有無・種類と推力

Table 1 Propulsion of implement depended on existence and kind of set up coulter

コールタなし	作業速度(m/s)	0.50	0.56	0.69	1.19
	推力(N)	278	113	206	725
ナイフ コールタのみ	作業速度(m/s)	0.47	0.55	0.66	1.13
	推力(kN)	-1.0	-0.9	-1.2	-1.2
ナイフ + ノッチ付円板 コールタ	作業速度(m/s)	0.47		0.65	
	推力(kN)	-1.1		-0.9	
波状円板 コールタ	作業速度(m/s)	0.46	0.55	0.69	
	推力(kN)	-1.1	-0.9	-0.8	

コールタを装着した場合の推力は、今回の試験の範囲においては作業速度・コールタの種類による明確な差は見られなかったが、-0.8~-1.2 kNの範囲内で常に負の値となった。この値を3.3.2の試験と比較すると、3.3.2でナイフコールタを装着して0.5 m/sの速度で作業を行った場合とほぼ等しい大きさの推力であり、その時の所要動力は約16 kWとなっている。これは今回のナイフコールタとノッチ付円板コールタを組み合わせると0.5 m/sの速度で作業を行った場合の所要動力とほぼ等しい値となっている。

ノッチ付円板コールタとナイフコールタを組み合わせると供試した場合、ノッチ付円板コールタへの土壌の付着が見られたものの、ナイフコールタ単独で用いる場合に較べて、前植生・リター等のコールタ前方への集積はほとんど見られなかった。また、推力防止効果も今回の試験範囲内ではナイフコールタ単独の場合と同程度と判断され、ナイフコールタのみでは、草地土壤中に埋没している石礫を掘り出す可能性も十分にあることから、石礫の回避の面からもナイフコールタとノッチ付円板コールタの組合せは有効な手段であると思われる。ただし、石礫を回避するための両者の作用深さについては今後検討

を加える必要がある。

波状円板コールタは、装着枚数が多いほど所要動力の低減効果・推力の防止効果が大いだと判断されるが、リター等の切断が十分でないことから、装着枚数が多いとロータリの貫入を妨げ、十分な作溝深さが得られない危険性があると思われる。ナイフコールタと組み合わせることによってナイフコールタのサクシオン機能を利用し、設定深さを確保する方法も考えられるが、その場合の得失等については実証試験が必要である。

4 摘要

所内の採草地において、ダウンカット方式のロータリ耕うん装置をベースとした試作簡易更新機の作業時に発生する推力の大きさを調査するとともに、推力の減少をねらいとして、コールタ類を試作簡易更新機の前方に溝に合わせて装着し、所要動力・推力に及ぼす影響を調査した(1983~1985)。供試したコールタはナイフコールタ、ノッチ付円板コールタ、波状円板コールタ、ナイフコールタとノッチ付円板コールタを組み合わせたものの4種で、装着本(枚)数は、それぞれ2本、2枚、6枚、2組である。得られた結果を以下に記す。

1) 試作機による定常作業時における推力は、トラクタPTO軸トルクが増大するにつれて大きくなる傾向を示し、現実の更新作業場面を考えると、2 kN以上の推力が発生するものと思われた。

2) ロータリ下降時において、下降速度が遅い場合には作溝深さが増すに連れて推力が増加するが、下降速度が速い場合には、作溝刃が作溝を開始してから定常作業にいたるまでの極く短時間の間に定常作業時を大きく越える推力が発生することが明らかとなった。

3) コールタ類を装着することにより、所要動力は低減し、ナイフコールタ装着の場合、装着していない場合に較べて20～30%低いPTO軸所要動力となった。また、いずれのコールタにおいても推力の減少効果が認められた。

4) 供試したコールタのうち、ナイフコールタの所要動力の低減・推力の減少効果が高く、特に推力は作業速度1.2 m/s程度までは負の値を示した。しかしながら、ナイフコールタのみでは、コールタ前方に前植生の株・リター等が集積する傾向がみられた。

5) コールタの所要動力の低減・推力の防止に及ぼす効果は、供試コールタの中ではナイフコールタとノッチ付円板コールタの組合せが、作業精度等を含めて最も優

れていると判断された。

6) コールタを装着しない場合、供試草地内での定常作業時における車輪の滑り率は-3～-5%であった。

7) 3)～5)のように、コールタの効果を確認することができたが、効果の程度については更に多くの草地での試験データを重ねる必要がある。

引用文献

- 1) 金須正幸、國府田佳弘、八木 茂、瀬山健二：農用トラクタの走行・牽引・および耕うん性能に関する研究、農機研報、第4号、p.90-95. 1966
- 2) 三井計夫監修：飼料作物・草地ハンドブック、第17版、養賢堂、p.320-321. 1980
- 3) 山名伸樹・瀧川具弘・奥井和致・北村 誠：簡易草地更新機械の試作研究（第1報）、農機研報、第19号、p.31-51. 1985
- 4) 森本國夫・唐橋 需：三点リンク・ダイナモータの開発、農機誌、第47巻1号、p.104-106. 1985
- 5) 山名伸樹：草地の簡易更新機、新しい技術（第24集）、p.235-241. 農林水産省農林水産技術会議事務局編、1988

Summary

Development of a Rotary Tilling Type Pasture Renovator (Part 2)

Nobuki YAMANA, Tomohiro TAKIGAWA,
Kazutomo OKUI and Michio IRIE

In order to reduce the propulsion of a down-cut rotary tilling type pasture renovator which was developed by the authors, various kinds of coulters were attached to the front of the tilling device. They were set in the direction of the tilling ditches of the renovator. The effect of the coulters was investigated concerning the propulsion of the implement and the power required of the tractor's PTO shaft at experimental meadows of the Institute of Agricultural Machinery (1983-1985). The coulters used in this study were:

A: knife coulters (two), 16mm in thickness; B: notched disc coulters (two), 350mm in diameter; wavy disc coulters(six), 400mm in diameter; and a combination of A and B (two pairs).

The results were summarised as follows:

- 1) When the test machine was operated without the coulters, propulsion increased proportionate to the PTO shaft torque, and it was thought that the force of propulsion under usual operating conditions would be above 2kN.
- 2) Propulsion increased gradually according to the tilling depth of the rotary blades when the machine was lowered slowly, but considerably exceeded the value of usual work in the case of rapid lowering.
- 3) The knife coulters were most effective among the examined coulters for power and propulsion reduction.

(1) The power required by the test machine (named PR-1) with knife coulters was reduced by 20-30% compared with operation without a coulters.

(2) Propulsion was minus value until the working velocity reached 1.2 m/s.

However, some stumps of grass and a variety of litter were accumulated ahead of the coulters.

- 4) The use of a combination of knife coulters and notched disc coulters made smooth work possible; and the reduction of the power required and the propulsion was nearly equal to that for the case of knife coulters only.
- 5) Though the effect of coulters has become clear as a results of these experiments, these data are restricted due to limited conditions. It is necessary to accumulate more data by further study under various grassland conditions.

果樹園用有機物施用機の試作研究

長木 司・小川幹雄

抄 録

長木 司・小川幹雄：果樹園用有機物施用機の試作研究。農機研報 23:47-60(1989)

果樹生産においては、高品質果実の安定的生産が重要な課題となっており、有機物施用による土壌改善の必要性が再認識されている。既に畑用、草地用などとして現在各種の有機物施用機が市販されているが、これらは果樹園での樹冠下施用には不向きであるため、運搬車等で搬入して人力による散布が行われている。この作業がかなりの重労働となるため、機械による省力化が要望されている。本研究は、トラクタに装着する果樹園用有機物施用機の開発を目的としたものである。昭和58年度から61年度まで研究を行い、この間OM-10型及びOM-20型の2型式を試作してその性能試験を実施してきた。試作機は多種多様な有機物を、樹冠下に効率的に散布することを目標とした。このため散布量調節機構として調量シャッタ方式を採用し、散布装置は4枚の羽根を持つドラム型のビータとした。またOM-20型では、トラクタの前部に装着したフロントローダによって積み込むことを前提としたため、作業機の着脱操作を簡略化する必要性からクイックヒッチと油圧駆動方式を採用した。試験の結果、試作した果樹園用有機物施用機OM-20型は、果樹園において実用的に利用し得ることが確かめられた。

1. 緒 言

果実消費量の伸び悩みや外国産果実の輸入拡大など、我が国の果樹産業を取り巻く環境は厳しさを増してきている。これらに対処するため、生産費の低減とともに高品質果実の安定的生産技術の確立が重要な課題となっており、適切な土壌管理による地力の増進はその重要な要素となっている。

このような背景から、筆者らは果樹園における機械化作業体系の確立を図るため果樹園用トラクタ作業機の研究を実施し、土壌管理用機械の開発を中心に進めてきた。果樹園用有機物施用機の研究はその一環として昭和58年から61年度の4年間に実施したものであり、本論文はそれらの成果を取りまとめたものである。

本論文は緒言と結語を含めて6章の構成とした。2では研究の背景と目的について述べ、3ではその目的を達成すべく掲げた試作に当たった設計目標について記述した。また4では研究の経過と試作1号機の構造、性能等の概要を、5では試作2号機の試作と性能試験の結果を詳述した。なお本研究は長木司、小川幹雄が協力して行い、小川幹雄が本論文を取りまとめた。

本研究を行うに当たり、試験圃場の提供など多大のご協力を頂いた山形市の原田農場には深甚の謝意を表する次第である。

2. 研究の背景と目的

果実の収量や品質は土壌の性質と大きな係わりを持ち、特に根群域の土壌環境を改善することが重要とされている。堆肥などの有機物施用はその有効な手段の一つであるが、果樹園における施用は化学肥料の利用が進むにつれて少なくなり、さらに除草剤による地表面管理が一般化したことによって、草生を利用しての有機物還元も著しく減少した。このような化学肥料や除草剤の連用によって土壌の疲弊が進み、これに起因する収量の減少や各種の障害が表面化するに至って、近年有機物の施用による、いわゆる土作りの重要性が再認識されるようになった。

有機物の施用作業を能率的に行う目的のために各種の堆肥散布機が市販されており、その性状によってはブロードキャストの利用も可能である。しかし果樹園で有機物を有効に利用するためには、根群が集中する樹冠下へ

重点的に散布する必要がある、既存の機械では作業が困難である。特に近年は堆肥を自給する農家が減り、購入する有機物が経費的に化成肥料を上回る場合も稀ではないことから、その有効利用が重要となっている。

このように、果樹園における作業を能率的に行う手段がないことから、一般的には各種の運搬用機械で堆肥を運搬し、スコップなどを用いて入力散布を行っている。

本研究はこのような背景を踏まえ、果樹園における有機物の施用を能率的に行うトラクタ用作業機の開発を目的としたものである。さらには、果樹園用トラクタ作業機の研究の中で開発を進めている果樹園用中耕装置、深耕機と組み合わせた作業体系を確立し、果樹園における土壤管理作業の合理化に寄与しようとするものである。

3. 設計目標

開発する果樹園用有機物施用機は乗用トラクタの作業機とすることを前提とし、試作機の設計目標を以下のように設定した。

3.1 使用トラクタ

果樹園内では機械の走行に必要な空間が少ないので、極力小型のものが望ましい。このため果樹園用トラクタ作業機の研究では一貫して15 kW級トラクタの使用を前提としてきており、本研究でも同様とした。

3.2 対象とする有機物

有機物の種類は従来からのものに加えて汚泥堆肥、都市ごみコンポストなど多様化し、粒状のものや、わらなどの繊維質を含むものまでその性状も様々である。機械および有機物の効率的な利用を図るため、広範囲の有機

物に対応できることを試作機の目標とした。

3.3 散布性能

果樹園では施用効果を高めるため、根群が集中する樹冠下への施用が行われるので、この位置に効率的に散布できる機構とする。また果樹に対して均一な施用を行うために、有機物の種類や性状にかかわらず安定した散布性能が得られる機構を開発する。

4. 試作研究の経過

果樹園用有機物施用機の試作研究は昭和58年度に開始し、同年に市販機をベースにしたOM-10型を試作した。59年度までにその性能試験を行い、調量、散布機構などの基本的な構造を確立した。そしてこの結果に基づき、堆肥積み込み作業の能率化および目標とするトラクタへの適合などのほか、細部の改良を目的として、昭和60年度にOM-20型を試作した。OM-20型については昭和60年度に基本的な散布性能試験を行い、61年度にはわい性台リンゴ園において圃場試験を実施し、作業能率等を確認した。

4.1 OM-10型の試作

試作1号機のOM-10型は、市販の農用運搬車搭載用マニュアルスプレッドをもとに試作したものがある。

4.1.1 試作機の構造

図1に示すように、試作機はトラクタの3点ヒッチに直装する方式で、樹冠下へ散布するためにトラクタの進行方向に対して横向きに散布できる構造にした。自重は192kgで、積載部の容積は0.37m³である。

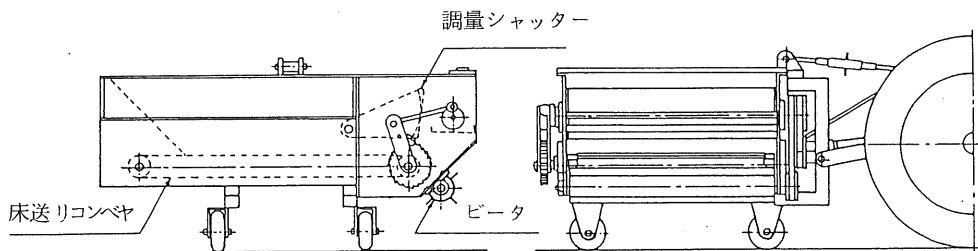


図1 OM-10型の概要

Fig. 1 Side and rear view of Type OM-10

1) トラクタへの装着と動力伝達装置

この種の作業機では、積載能力を高めるために極力トラクタの後車軸に近い位置に装着する必要がある。そのため動力伝達の自在継手軸を短くする必要があり、その結果作業機の昇降に伴って継手軸の交角が過大となる問題が生じた。この点については、図2に示すような方式によって改善を図った。その構造は作業機の主軸に回転可能なアーム（図2-c参照）を設け、その先端にト

ラクタPTOと自在継手で結合される入力軸を取り付けたものである。図2のa、bに示すように、このアームの入力軸側はトラクタの上部ヒッチ点と入力軸支持桿で結合している。従って作業機が昇降しても、入力軸は主軸を中心にして上下に回転することから、トラクタとの相対位置の変動が極めて小さくなり、軸交角を小さくすることができる。

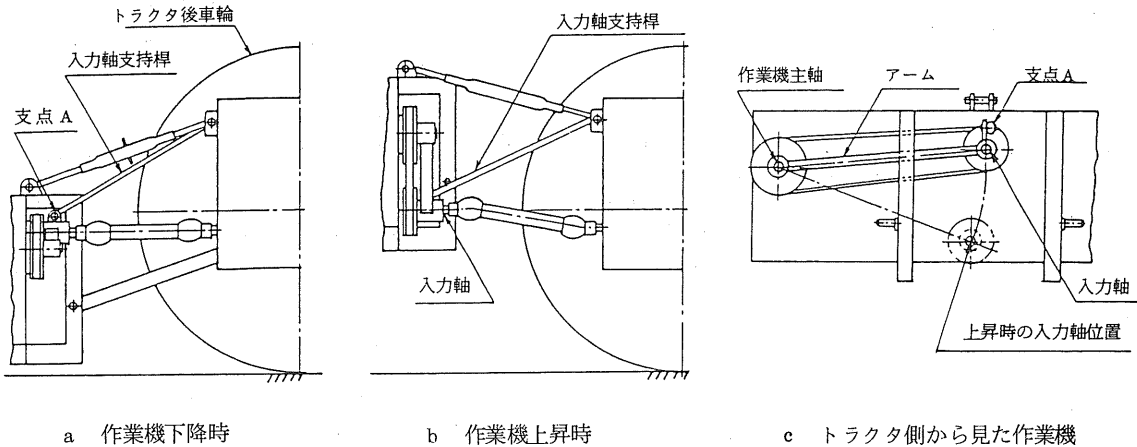


図2 OM-10型動力伝達装置

Fig. 2 Mechanism for minimizing the driveshaft angle

2) 床送りコンベヤおよび調量シャッタ

OM-10型の基本となった市販機では床送りコンベヤのクロスバー間隔が380mmで、コンベヤ速度を変えることによって散布量を調節する構造になっている。しかしこの方式ではおがくず入り牛ふん堆肥等の粒状資材の排出量が大きく変動し、正確な散布量の調節が不可能であった。そこでOM-10型ではクロスバー間隔を168mmに縮小して送りを確実にするとともに、排出部にシャッタを設け、その開度によって排出量を調節する方式にした。

3) 散布装置（ビータ）

供試した市販機には、一般的な構造のパドルビータが用いられていた。しかしこの散布装置は、主として堆肥をほぐしながら広範囲に飛散させることをねらったものであるため、事前の試験では粒状資材への適応性が低く、十分な散布性能が得られなかった。本研究では樹冠下へ

の均一な散布と、広範な資材に対応しうる機能を目標としており、このような既存の散布装置では不都合が多いと判断された。そのため、図3に示すような放射状の羽根を持つドラム型のビータを試作し、排出口の下部に取り付けた。

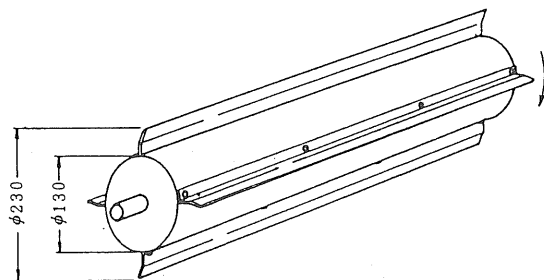


図3 OM-10型および20型ビータ
Fig. 3 Distribution rotor

4.1.2 試作機の性能

OM-10型については、調量試験によって散布量の安定性を調査した。さらに機械の機能および取扱い上の問題点を明らかにすることを主眼として、わい性ハリンゴ園での圃場試験を行った。

1) 調量試験結果

試験は乾燥牛ふんおよびおがくず入り牛ふん堆肥の2種類を供試して行った。表1はその結果を示したものであるが、調量シャッタの各開度において安定した散布量が得られた。なお表中の変動率は動力散粉機検査方法に基づくものであり、算出法の詳細については5.3の項で記述した。

表1 OM-10型の調量試験結果

Table 1 Application rate by Type OM-10

供試材料	密度 (t/m ³)	シャッタ 開度 (mm)	平均 散布量 (kg/min)	変動率 (%)
乾燥牛ふん	0.39	50	27.2	13
		75	50.8	20
		103	86.4	46
おがくず入り 牛ふん堆肥	0.36	50	23.0	39
		75	74.9	28
		103	129.6	46

2) 圃場試験結果

圃場試験は山形市のわい性ハリンゴ園で実施し、散布資材の積み込み、移動、散布に要する時間および機械の取扱性等を調査した。供試トラクタは、29kWの外国製で、散布資材の積み込み作業や機械の運転操作はすべて園主が行った。散布した有機物は主としてナタネ油粕、樹皮堆肥、骨粉、魚粕を混合したものである。これらはどれも市販品で、性状は均一である。試験では180分に合計81aの散布作業を行い、有機物の積み込みと散布にそれぞれ80分、移動時間には約20分を要した*。この結果、10a当たり330kgを散布し、その所要時間は22分であった。

* 全面ではなく樹冠下への散布であるため、面積81aは散布距離に散布幅2mを乗じて算出した実散布面積である。

4.2 OM-10型の試作結果

OM-10型の試作と性能試験から、以下のような点が明らかになった。

1) OM-10型で採用した動力伝達機構は自在継手軸の角度変化が極めて少なく、有効な方式であった。

2) 調量シャッタおよびドラム型のピータは良好な性能を示した。特に粒状の散布資材には効果的であり、シャッタの各開度において安定した散布量が得られた。

3) ナタネ油粕のように低水分で微細な資材では、移動中に調量シャッタや荷台の間隙から漏れるため、その対策が必要であった。またシャッタを開けてから散布を開始するまでの間にもこぼれ落ちることから、トラクタに乗車したまま開閉できる構造にする必要があった。

4) シャッタ開度を最少にした場合、コンベヤによる送り量が過大となり、シャッタ上部から溢れる場合があった。また作業機が傾いて排出部側が高くなった状態では、積載量が少なくなると排出不良となることがあった。

5 OM-20型の試作研究

OM-10型の試作を通じて諸機能の有効性と、改良すべき問題点が明らかになった。そこでそれらの改善を図り、設計目標を達成するために2号機のOM-20型を試作した。

5.1 試作機の構造

OM-20型の構造概要は図4に示すとおりである。調量・散布機構などの基本部分はOM-10型と同じ方式を採用し、15kW級トラクタへの適合、積み込み作業の能率化、取扱性に係わる細部の改良などを主目的に試作を行った。

5.2.1 トラクタへの装着方法

OM-20型の試作に当たっては、資材の積み込みをフロントローダによって行うことを前提とした。そのため、積み込み時における作業機の着脱を容易にすることを目的として、トラクタの後部3点ヒッチにクイックヒッチ機構を介して装着する方式とした。その構造は図5に示すとおりであり、クイックヒッチは作業機を3点で支持する。その頂部に設けた円錐台状の突起を、作業機側の穴に下方から挿入する操作によって、他の2点も同時に組み合わせることができる。さらに固定を確実にするため、下部の2カ所のかみ合い部にピンを貫通させる構造にした。

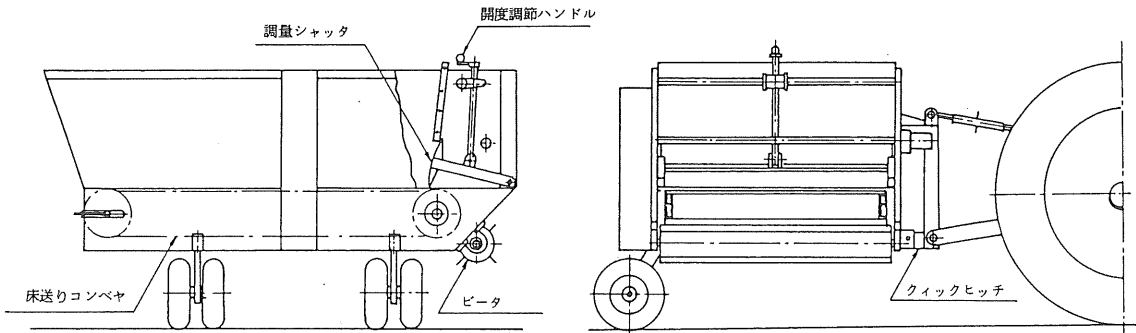


図4 OM-20型の概要

Fig. 4 Side and rear view of Type OM-20.

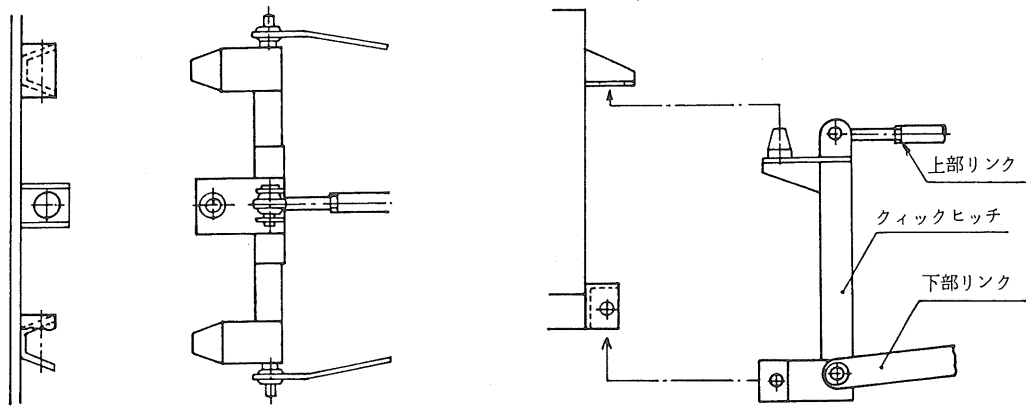


図5 OM-20型のフイックヒッチ

Fig. 5 Quick attaching coupler for Type OM-20

また散布資材の積載能力を高めるとともに、走行性を維持するために作業機の後部を自在車輪で支持する半直装式にした。支持車輪は図6のように、2組の自在車輪をもつ車軸体を、センターピボット機構を介して機体に取り付けた。

5.2.2 動力伝達装置

OM-20型では、トラクタ内蔵の油圧PTOを用いる油圧駆動方式を採用した。これはクイックヒッチと同様に作業機の着脱操作を簡略化するため、油圧モータとホースの結合部にはクイックカプラを用いた。

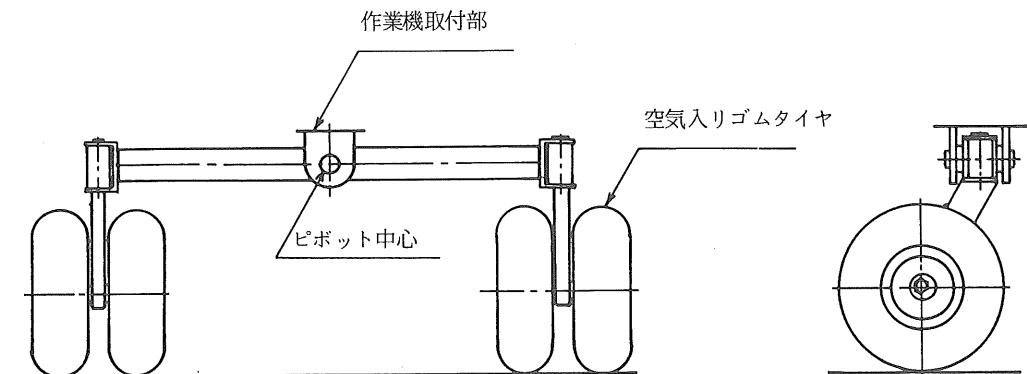


図6 支持車輪

Fig. 6 Wheel equipment and axle support

5.2.3 床送りコンベヤ

OM-10型ではクロスバーの取り付け間隔は168mmとしたが、粒状の資材を確実に排出するためにはさらに間隔を縮小する必要性が認められたため、OM-20型では125mmとした。またコンベヤの駆動にはローラ状のカムを利用した一方クラッチによる間欠送り機構を採用し、リンクアームの長さを変えることによって主軸1回転当たりのチェン送り量を無段階に調節できる機構にした。

5.2.4 調量装置

散布量の調節はOM-10型と同様で、床送りコンベヤの端部に設けた調量シャッタの開度を変える方式にした。その構造は図7に示すとおりで、シャッタは2本のばねによって常時上方(開度が大きくなる方向)に力が加えられており、積み込みや移動時にはストップで全閉状態に固定できるようにした。またシャッタ開度の上限を規制するバーを設け、開度調節ハンドルを回転させることによってバーの高さを任意に設定できるようにした。つまり散布開始時にストップを解除すると、シャッタが予め設定した開度まで開く構造である。この操作はオペレータがトラクタに乗車したまま行うことが可能である。

5.2.5 散布装置

OM-20型のビータはOM-10型と同じ構造で、直径130mmのドラムに高さが50mmの羽根4枚を90度間隔で取り付け、落下して来る散布資材を側方に飛散させる構造にした。

5.3 試作機の作業性能

5.3.1 積載能力および走行性

OM-20型の自重は236kg、荷台の寸法は1180×900×420mm(幅×長さ×高さ、いずれも内り)で幅は最大部)で、積載内容はOM-10型とほぼ同じ0.45m³である。自重約850kgのトラクタ(17kW)に装着した場合、200kg程度の堆肥を積載・運搬することが可能であった。しかしこの場合平坦地の作業では支障がないものの、傾斜地や不整地において安定した走行性を確保するためには、より前輪分担荷重の大きいトラクタが望ましいと考えられた。

5.3.2 散布性能試験

試作機の散布性能試験では表2に示した5種類の散布資材を供試し、シャッタによる調量性能、落下量分布、散布幅等を調査した。

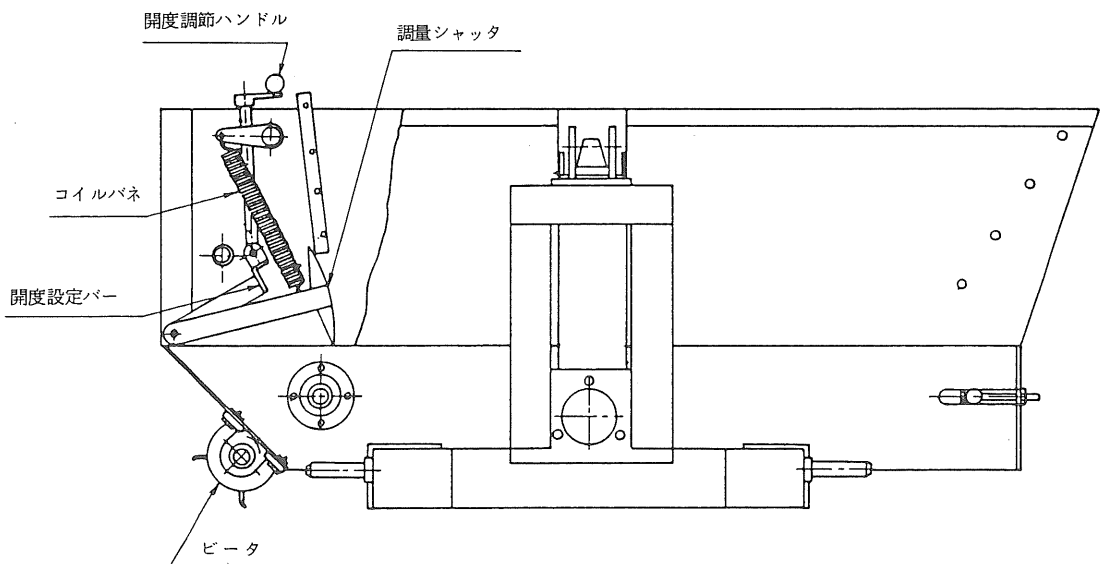


図7 調量シャッタの開度調節機構

Fig. 7 Adjustable endgate to control application rate

表2 散布性能試験に供試した資材の条件

Table 2 Materials used in application tests

供試材料	含水率 (%)	密度 (t/m ³)	安息角	性状・その他
なたね油粕	12.1	0.61	37°	流動性の高い均質な微細粒
汚泥堆肥	52.1	0.51	43°	パーライトを含む完熟堆肥
乾燥牛ふん	24.6	0.32	52°	わらが混入している
鶏ふん堆肥	65.4	—	—	一年以上野積みにしたもの
化成肥料	—	0.97	35°	粒状の水溶性硫酸苦土

1) 試験方法

調量試験では試作機を重量計の台上で定置運転し、満載状態から散布終了時までの質量の減少を自動平衡記録計で記録した。試験はコンベヤ速度を0.05m/sに設定して行った。この結果から散布量の経時的な変動を示す指標として、動力散粉機検査方法に基づく変動率を求めたが、その算出方法は以下のとおりである。

- ① 質量の経時変化の測定記録から、散布開始直後と終了直前の不安定な部分を除いた上で、これを時間軸で10区間に等分する。
- ② 各区間における質量変化を読み取って散布量を求め、10区間中の最大、最小、平均値をそれぞれXmax、Xmin、Mとする。
- ③ 求める変動率Fは

$$F = (X_{max} - X_{min}) / M \times 100 \quad (\%)$$

で与えられる。

また落下量分布および散布幅の測定は、図8のようにトラクタの進行方向と直角にプラスチック製の受け皿を配置し、それらに落下した資材の質量を測定した。試験時のピータ回転数は630rpm、トラクタの進行速度は、0.26 km/hとした。

散布幅は堆肥散布機試験規定 (IAMテストコードNo. 9-1985) に基づき、「一行程散布時に単位面積当たり落下量が平均値 (最大落下量の2%以下の落下量を示す区間を除く) の30%以上を示す区間」とした。

2) 試験結果

供試した5種類の資材は、何れもOM-20型によって散布が可能であった。その試験結果は表3のとおりであるが、試験資材の中では粒状の化成肥料が各シャッタ

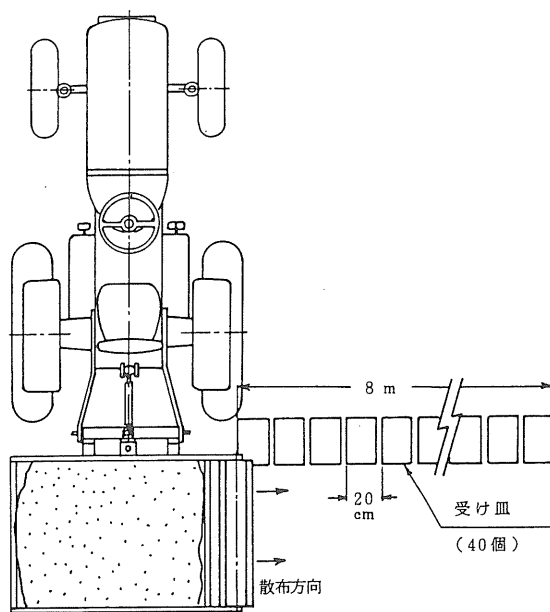


図8 落下量分布の測定方法

Fig. 8 Pattern test procedure

開度において安定した散布量を示し、逆に変動が最も大きかったのが乾燥牛ふんであった。乾燥牛ふんにはかなりの割合でわらが混入しており、これらが絡みあってシャッタ開口部から排出されにくいことが原因であった。図9は供試資材別に落下量分布を示したものである。散布幅は化成肥料が最も広く、落下量分布の均一性においても最も良好であった。

表3 OM-20型の散布性能

Table 3 Application rate and swath width by type OM-20

供試材料	シャッター開度 ¹⁾ (mm)	平均散布量 (kg/min)	変動率 ²⁾ (%)	散布幅 ³⁾ (m)
なたね油粕	31	17.3	33.6	1.6
汚泥堆肥	50	35.3	38.7	3.2
	65	46.3	29.7	2.8
	85	61.0	16.4	2.8
乾燥牛ふん	65	6.6	50.6	—
	85	7.3	57.1	—
	130	23.2	92.0	3.0
鶏ふん堆肥	150(全開)	109.8	38.3	4.0
化成肥料	18	31.1	17.2	4.8
	23	38.7	17.2	5.0
	48	48.0	16.3	—

注1) 開口部寸法のうち床面からの高さを示す(幅は860mm)。

注2) 動力散粉機検査方法によって算出(基準80%以下)。

注3) 堆肥散布機試験規定(IAMテストコードNo.9)によって算出。

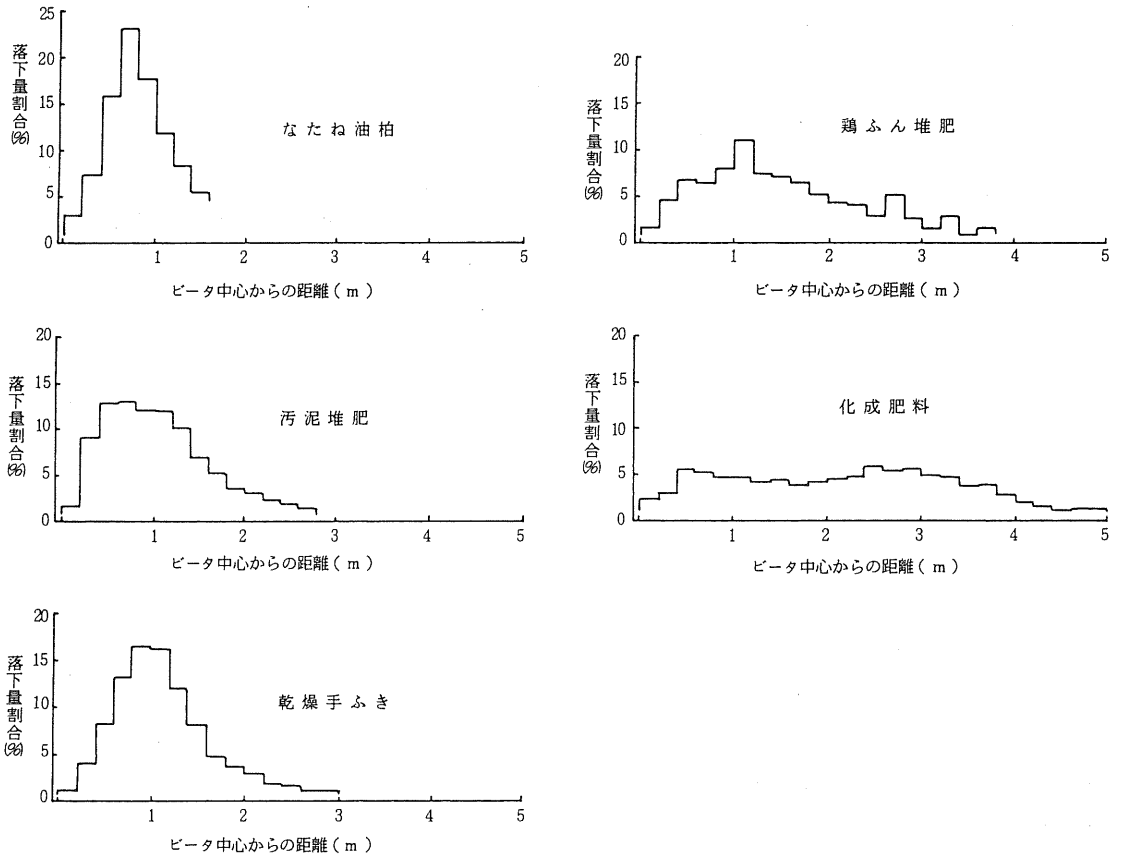


図9 OM-20型による落下量分布

Fig. 9 Distribution pattern with Type OM-20

5.3.3 作業能率試験

1) 試験圃場の概要

試験圃場は緩傾斜地に立地する4haのわい性台リンゴ園で、リンゴ樹は図10に示すような様式で等高線方向に栽植されている。積極的な機械導入による省力的栽培を目指して造成されたため樹列間隔が広く、30kW程度の大型トラクタでも走行可能である。園内道路はほぼ傾斜に沿う形で通っており、路面状態は起伏や大小の石礫が多く良好ではない。

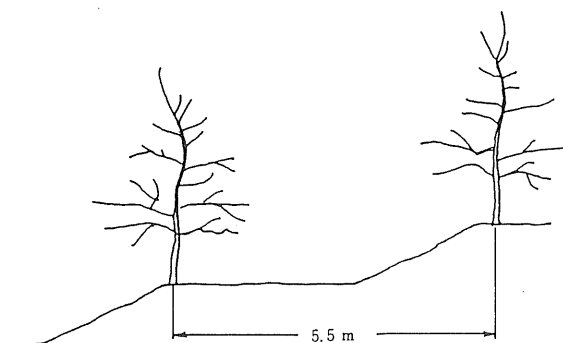


図10 試験圃場の栽植様式

Fig. 10 Planting pattern in test field

2) 供試トラクタ

試験には23kWの4輪駆動トラクタを供試した。平坦地では17kW程度のトラクタでも作業が可能であるが、試験圃場の傾斜、路面状態、フロントローダによる作業性等を考慮して供試トラクタを選定した。

3) 供試堆肥

供試した堆肥は牛ふん、豚ふん、鶏ふんにわらが混入したもので、表4に示すような条件のものである。この堆肥は園地の最上部に野積みされていたものであるが、腐熟度が均一でないため予めフロントローダで切り返しを行ったうえで試験に供試した。

表4 供試した堆肥の条件

Table 4 Material used in the field test

主な原材料	牛ふん、豚ふん 鶏ふん、わら
含水率	64.1%
密度	0.49t/m ³

4) 作業方法および測定項目

圃場試験での散布作業は以下のような行程で10回繰り返す。各行程の所要時間、堆肥の積載重量、散布むら等を測定した。なお、一連の作業は1名の作業者が行った。

① フロントローダによる積み込みと計量

計量は最初の3回について行い、この測定に要した時間は所要時間から除外した。

② 作業機の装着

作業者は装着後に運転席から降り、固定作業を行った。

③ 散布場所まで移動するための園内路上走行

走行速度は5.3km/hで、1回当たり平均440m(往復距離)を移動した。

④ 圃場内での散布

作業速度は1.2km/hとした。

⑤ 積み込み場所に戻るための園内路上走行

内容は③と同様である。

⑥ 作業機の離脱

作業者は運転席から降りて固定用ピンを抜き、再び乗車して離脱した後、積み込み作業に入った。

積載量の測定には秤量500kgのばね秤を用い、作業機の総重量を測定した。目標散布量を10a当たり1.5tとし、散布性能試験の結果を基に、シャッタ全開時の散布量を110kg/min、散布幅を4mとして作業速度を1.2km/hに設定した。その他の運転条件は表5に示すとおりとした。

また散布むらは樹冠下の9カ所に一辺が90cmの正方形の板を置き、その上に落下した堆肥の質量を測定してその変動係数を算出した。

表5 運転条件

Table 5 Conditions of the field test

走行速度	路上5.3km/h ほ場内4.0km/h 散布1.2km/h
コンベヤ速度	0.05m/s
シャッタ開度	全開(開口部寸法860mm×150mm)
ビータ回転速度	630rpm (先端周速7.6m/s)

4) 試験結果

試験の結果は表6に示したとおりである。積み込み開始から散布を終了して再度積み込み場所にもどり、作業機を離脱するまでの平均所要時間は約12分であった。

また各作業行程の所要時間割合は、積み込み24%、移動42%、散布19%、着脱その他15%であった。試験の結果、移動に最も多くの時間を要したが、これは供試圃場内の道路の路面状態が悪く、走行速度が制限されたためである。良好な条件では移動時間をかなり短縮できるものと考えられる。

表6 各作業行程毎の所要時間(min)

Table 6 Time required for each operation in the field test

積み込み	走行 ¹⁾	散布 ²⁾	その他 ³⁾	合計
29.2 (23.5) ⁴⁾	52.3 (42.4)	24.0 (19.4)	18.4 (14.9)	123.9 (100)

- 1) 散布時を除く1回当たりの走行距離は約440m
- 2) 散布した樹列の全長は約490m
- 3) 主として作業機の着脱に要した時間
- 4) ()内数字は割合%

一方、クイックヒッチ及び油圧駆動の採用によって作業機の着脱が円滑に行われ、装着に要した時間が平均71秒、離脱操作は40秒であった。この結果、フロントローダ付きのトラクタによって能率的な積み込み作業が可能であった。また、固定操作を運転席から行うように改善することによって、さらに時間の短縮が可能であると考えられた。3回の計量の結果から1回当たりの平均積載量は260kgで、平均散布時間は約2分であった。この結果から、10a当たりの散布量は目標値の1.5tをやや上回ったものと考えられる。

圃場試験結果は以上のとおりであったが、これに基づいて標準様式のわい性台リンゴ園における能率を試算した。圃場面積50m×40mの20a、栽植間隔は4m×2mとし、散布作業の経路は図11に示すとおりとした。表7はその結果を示したものであり、作業能率は10a当たり47分と試算された。

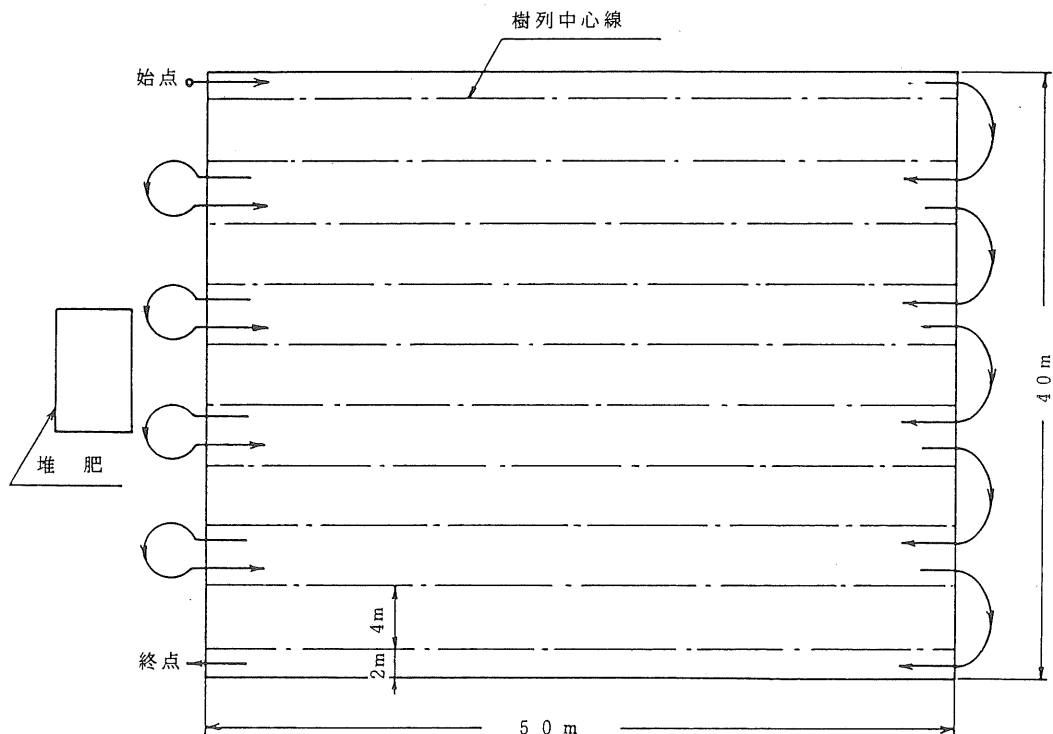


図11 作業能率の試算に用いた圃場のモデル

Fig. 11 Field model for estimation of rate of work

表7 OM-20型の作業能率の試算
Table 7 Estimated rate of work of type OM-20

圃場面積 施用量	20a 1.7t/10a
積載量 散布幅 総散布距離	260kg 4m 500m
作業速度 散布 移動 積み込み回数	0.34m/s (1.2km/h) 1.90m/s (7.0km/h) 12回
作業機着脱時間 ¹⁾ 積み込み時間 ¹⁾ 散布時間 回行時間 ²⁾ 移動時間 ³⁾	22.8min 34.8min 25.0min 6.3min 4.1min
総作業時間 作業能率	93.0min 47min/10a

- 1) 圃場試験の結果から1回当たりの着脱時間を1.9min、積み込み時間を2.9minとした。
- 2) 散布、回行時間の合計を100%とし、回行時間割合を20%として算出した。
- 3) 積み込みに伴う移動距離を、1回平均40mとした。

散布むらについては表8に示したとおり、90cm×90cmの正方形の板上に落下した堆肥の平均質量は約2kg (2.5kg/m²)で、その変動係数は31%と良好な結果が得られた。

表8 樹冠下における散布むらの測定結果
Table 8 Uniformity of application under the dwarfed-apple trees

測点No	1	2	3	4		
落下量 (kg/0.81m ²)	1.90	2.05	1.60	1.75		
	5	6	7	8	9	平均
	1.65	2.30	3.50	1.75	1.45	1.99

変動係数31%

6 結 語

果樹園における有機物施用作業の特徴は樹冠下へ散布しなければならないことであり、この作業を能率化する果樹園用有機物施用機の試作研究を行った。この研究において2型式の試作とその性能試験を行った結果、以下の点が明らかになった。

1) 適応トラクタ

平坦な圃場においては、17kWの2輪駆動トラクタで十分作業が可能であったが、傾斜地や起伏の多い圃場では走行性が不安定となる場合があった。従って、圃場条件への適応性やフロントローダによる積み込み作業などを考慮すると、20kW程度の4輪駆動トラクタが適当であると判断された。

2) 積 載 量

フロントローダを装着した23kWの4輪駆動トラクタを使用した場合、260kgの堆肥を積載し、運搬、散布を行うことが可能であった。

3) 散布性能

試作機ではわらを含んだ堆肥から粒状の化成肥料まで、広範囲の資材を散布することが可能であった。しかし十分腐熟していないものや、長い繊維質が混入している場合には排出が困難であった。この様な資材に対しては、予め切り返しを行うことで対応できることが確認された。

4) 作業能率

作業能率は圃場条件によって大きく異なり、特に堆肥の積み込み場所から散布圃場までの移動時間が大きく影響する。往復440mの運搬を伴う圃場試験では、1回当たりの散布作業に12分を要した。この試験結果に基づいて、圃場の横に堆肥があると仮定して試算すると、標準的なわい性台りんご園での能率は47min/10aとなった。

5) そ の 他

散布する資材の性状によっては上方に飛散し、樹体に付着する場合があった。そのため、資材の散布角度を調節できる機構を付加することが望ましいと考えられた。

参考文献

- 1) 佐藤公一 他 編：果樹園芸大事典、養賢堂、p207 - 241、1980.
- 2) 岩切 徹、松瀬政司：ミカン園における有機物施用の成功と失敗、農及園、Vol. 57No9、p1145 - 1150、1982.
- 3) 岩本数人 他2名：ウンシュウミカン園における厩肥の施用効果と問題点、農及園、Vol. 60 No11、p1395 - 1420、1985.
- 4) 三上敏弘、小池洋男：高品質果実の生産のポイント—リンゴ—、果実日本、Vol. 38、p32 - 43、1983.
- 5) 村上義千代：リンゴ園における土作りの実際、果実日本、Vol. 38、p22 - 25、1987.
- 6) Parish, R. L., Chaney, P. P. :Evaluation of New Lawn Fertilizer Application Technology, Trans Am Soc Agric Eng, Vol. 28No1, p36 - 39, 1985.
- 7) Parish, R. L., Chaney, P. P. :Evaluation of Rotary Spreader with A Helical Cone for Drop Point Control, Trans Am Soc Agric Eng, Vol. 28 No5, p1440 - 1444, 1985.

Summary

Development of an Orchard Spreader for Application of Organic Matter

Tsukasa NAGAKI, Mikio OGAWA

Fruit growing requires the application of a large amount of organic matter under the tree crown for good production. But it is difficult for conventional manure spreaders presently on the market to carry out such application efficiently. For this reason, it is usual in Japan that the organic matter is hauled into the orchard by a transport vehicle and is applied manually.

The purpose of this study was to develop an orchard spreader which could be used effectively for the application of many kinds of organic matter under the tree crown. This study was carried out between 1983 and 1986. Type OM-10 (Fig.1) was developed on a trial bases in 1983, and after repeated tests on it, Type OM-20 (Fig.2) was designed in 1985. Based on the results of laboratory and field tests, it was concluded that Type OM-20 could be adopted for practical use in orchards.

Type OM-20 is a semi-mounted spreader, which is attached to a three-point hitch through a unique quick-attaching coupler. The spreader has a capacity of 0.45m^3 , and the materials are discharged perpendicular to the line of travel. The distribution rotor which has four thrower blades is located at a lower position to provide an even distribution under the tree for a wide range of materials. This rotor and the floor conveyor are driven by the hydraulic system of the tractor. The outlet for the materials is equipped with an adjustable endgate to control the application rate. This endgate helps to prevent the loss of materials during transport.

Performance tests on Type OM-20 were carried out, and the following results were obtained:

- (1) When a 23kW four-wheel drive tractor with a front-end loader was used, it was possible for this spreader to load 240kg of material.
- (2) In tests on the steady state of the application rate and the distribution pattern, four different organic matters and a granular fertilizer were used. The variations in the application rate for the tested materials were acceptable for practical use. The distribution pattern depended on the type of material, and the swath width was in the range of 1.6 to 5.0m. The

patterns for each material used in the tests are shown in Fig.9.

(3) The field test was carried out in a dwarfed-apple orchard. The time required for one application, including the time for loading the material and hauling it for 220 meters, was 12 minutes, being the average value of ten measurements. Assuming that the material is near the orchard, the estimated rate of work for Type OM-20 is 47 min/10a.

(4) In the field test, the uniformity of distribution was evaluated by catching samples of material on the boards (90cm × 90cm), which were laid under the trees parallel to the direction of travel. Nine samples were weighed, and the coefficient of variation was 31%.

(5) In the case of applying a fibrous material which was not rotten, it was necessary to loosen the material before application.

Tech. Rep. Inst. of Agric. Mach. 23: 47-60 (1989)

農業機械化研究所報告 第23号

Technical Report of the Institute of
Agricultural Machinery No.23

平成元年3月20日 印刷・発行

領価 1,050円

〒331 埼玉県大宮市日進町1丁目
Nisshin, Omiya, Saitama, Japan
Tel. 048-663-3901~4

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

印刷・製本／ 株式会社 三元社