水稲湛直研究会会誌

第 12 号

平成 5 年 2 月

水稲湛水土壌中直播技術研究会

はしがき

平成４年６月に発表された農林水産省の「新しい食料・農業・農村政策の方向」においては，将来の農業労働力の減少に備え，稲作では特に規模拡大が求められ，これを可能にする技術の一つとして直播栽培に大きな期待が寄せられている。

現在の湛水土壌中直播栽培は，通常の水田区画において，条播機やミスト機等によるものが実用化されているほか，大区画水田に適応性の高い航空直播が行われている。しかし10－20ha程度の大規模水田経営を考えた場合，条播機やミスト機と航空機の中間，すなわち大区画水田の圃場の中に入って作業する大型播種機（管理機も含む）の開発が強く要望されよう。

このような大区画水田に適応する機械の開発は，農業研究センター，農業機械化研究所，各地域農試・県農試で数年前から進められている。そこで会誌第１２号においては，これら最近の水稲直播機開発の現状を特集することとした。

この直播機特集の企画・編集には市川友彦委員（生研機構農業機械化研究所生産システム研究部長）を煩わした。市川委員に深謝すると共に，原稿の執筆をいただいた研究員各位に厚く御礼を申し上げる。

平成５年２月

水稲湛水土壌中直播技術研究会

会長　伊藤隆二

目　　次

乗用散粒機の開発と湛水代かき散播栽培技術の開発
農業研究センター機械作業部 …… 澤村　篤 1

新噴頭回転式散播直播技術の開発
東北農業試験場水田利用部 …… 今園　支和 8

潤土直播技術の開発
北陸農業試験場地域基盤研究部 …… 澤村　宣志 14

水田用汎用管理作業車利用の溝付き散播直播機の開発
生物系特定産業技術研究推進機構生産システム研究部 …… 後藤　隆志 20

湛水溝付直播技術の開発
新潟県農業試験場経営科 …… 金子　均 28

ニューマティック湛直機の開発
愛知県農業総合試験場農業機械研究室 …… 澤田　恭彦 36

正確な深さに播種できる湛水土壌中直播機の開発
石川県農業短期大学農業工学科 …… 中村　喜彰 40

乗用散粒機の開発と湛水代かき散播栽培技術の開発

農業研究センター機械作業部　澤村　一篤

1．はじめに

わが国の水稲直播普及面積は、湛水土壌中直播栽培のめどがついたにもかかわらず、7442ha（平成3年度：乾田4965ha、湛水2495ha）で全水稲作付け面積のわずか0.37%にすぎず、しかも栽培面積は減少の傾向にある。この原因として乾田直播では発芽・苗立ちの不安定性があげられ、また湛水土壌中直播栽培では一般に条播のため播種作業時間が従来の田植え作業と同等であり、飛躍的な省力化になっていない事があげられる。

そこで、湛水土壌中直播栽培で飛躍的な省力化を可能とする乗用散粒機の開発と、この機械を用いた湛水代かき散播栽培技術について紹介する。

2．開発の背景

従来、水稲栽培における追肥、除草剤、病害虫防除剤散布作業には、粒剤の場合には人力散粒機を用いての圃場内歩行作業あるいは背負式動力散布機を用いての畦畔からの作業がなされてきた。また、播種作業に背負式動力散布機を利用する試みもなされてきており、このような人の歩行による作業は標準区画圃場（30a）ではほとんど問題とならなかった。

しかし、圃場が大区画化すると、現在の作業手段では湛水圃場内での歩行作業となるので労働強度が著しく増大し、大規模稲作に対応できる技術とはなりえないと考える。そこで、圃場内走行式散布機の開発が必要となり、さらにこの散布機を水稲の播種作業だけでなく水稲の管理作業にも利用する一貫作業技術の確立が緊急の課題であると考える。

3．機械の概要

ここでは、背負式動力散布機を2台田植機に取り付けた市販段階にある乗用散粒機（単に乗用散粒機と呼ぶ）と、管理作業機に動力散布機を1台取り付け、この散布機構を精密にした試作段階にある乗用散粒機（精密乗用散粒機と呼ぶ）について紹介する。精密乗用散粒機については、将来の乗用管理機の一つの開発方向として　機械の概要を紹介するにとどめる。

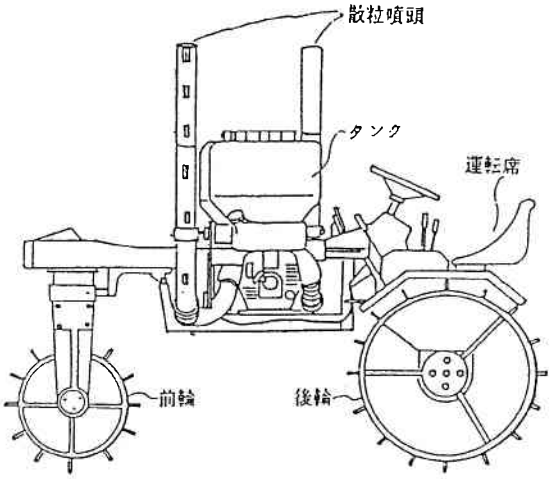


図1　乗用散粒機

（1）乗用散粒機

本機は、3輪の乗用田植機に背負式動力散布機を2台左右に取り付け

たものである（図１、表１）。散布作業は、無風の場合には２台の散布機を同時に使用し、微風の場合には１台づつ交互に利用するようになっている。走行部は、３輪駆動で枕地では前輪が90度回転し、旋回性能を良くしてある。また、輪距は1270mmで前輪がこの間にあり、走行に伴う踏地は３ヶ所である。走行速度は、0.2～2.0m/sであり、散布作業は0.4～0.8m/sが常用される。

表１　乗用散粒機と精密乗用散粒機の諸元

	乗用散粒機	精密乗用散粒機
走行部	３輪駆動：輪距1270mm、軸距1600mm 車輪　：前輪600mm、後輪800m 変速段数：前進２４段、後進１２段	４輪駆動：輪距1200mm、軸距1200mm 車輪　：前後輪800mm 変速段数：前進３段、後進１段
本機	全長　：2440mm 全幅　：1345mm 全高　：1390mm 乾燥重量：265kg	全長　：2875mm 全幅　：2340mm 全高　：2200mm 乾燥重量：612kg
散布装置	背負式動力散布機　２台 タンク容量　45 ×２ 散布幅　30m（両側） 調量機構　ｽﾘｯﾄ幅	背負式動力散布機　１台 タンク容量　40 散布幅　15m 調量機構　ﾛｰﾀﾘﾌｨｰﾀﾞ
製作会社名	共立	丸山

走行に伴う踏地は３ヶ所である。走行速度は、0.2～2.0m/sであり、散布作業は0.4～0.8m/sが常用される。

散布装置の使用方法は、背負式動力散布機と同様で、噴頭３～４本を取り付け、取り付け角度の調整により散布角度を15度、30度に設定できる。また、噴頭には走行部真下にも散布できるように手前の噴頭に１ヶ所多く、散布口を設けてある。さらに、播種用噴頭には散布口での種籾の損傷を軽減するためガイドにゴムを用いてある。

この乗用散粒機は、運転席と開閉シャッタとの間の操作リンク機構の改善、開閉シャッタと調量シャッタを別個に設けるなどの改良をへて現在市販段階にあり、後述の章ではこの乗用散粒機を用いた試験結果について紹介する。

（２）精密乗用散粒機

本機は、４輪の乗用管理機の後方に１台の背負式動力散布機を取り付けたもので　あり（図２、表１）、現在まだ試作段階である。１台の散布装置を右、左に寄せることにより左右交互に散布するものである。本機の散布装置（図３）にはロータリフィーダを用いる事により精密な散布量を得る事ができるようにしてあり、ロータリフィーダの回転にはサーボモータを用い、フィーダの回転速度を走行速度と連動して変化させる事もできる。

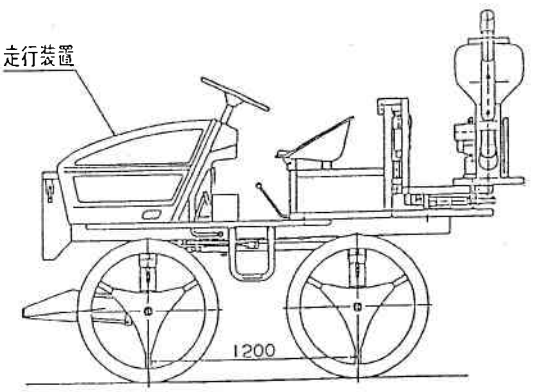


図２　精密乗用散粒機

4．機械の性能

機械の性能については、既に市販段階にある乗用散粒機を用いた試験結果について紹介する。

カルパー粉粒剤16コーティング種籾を乗用散粒機により散布し、分布精度を調査した。目標播種距離が15mの場合の分布精度は、散布幅14m以内では播種量2～6kg/10aの範囲であり、15m以上になると著しく散布量が減少した（図4）。この時の平均播種量は設定播種量とほぼ同じであったが、播種量の分布では問題が残った。

次に、乗用散粒機の散布装置を同時に2台用いた場合の散布量の分布は、目標播種距離10mでは左右の装置による播種量の分布パターンはほぼ同じであり、平均播種量も右の散布装置が3.5±1.0kg/10a（±以下は標準偏差）、左の散布装置が3.7±1.3kg/10aであり、装置の違いによる播種量とその分布の相違はほとんどないものと考えられる（図5）。

乗用散粒機を播種から一連の管理作業に用いた場合の設定散布量と実

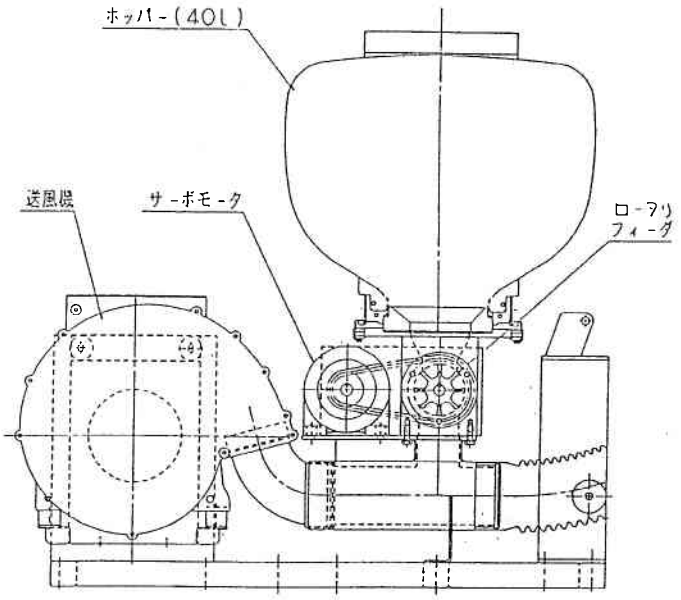


図3　散布量精密繰出し装置

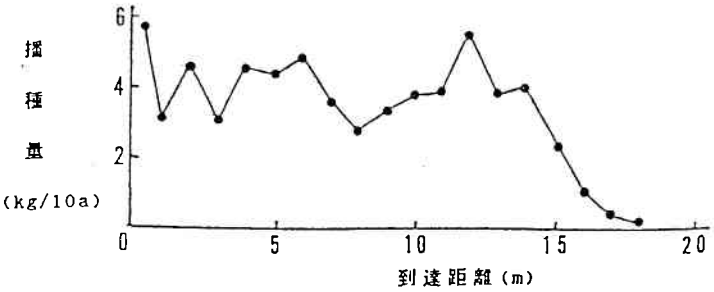


図4　乗用散粒機によるコーティング籾の播種精度
（目標播種距離：15m）

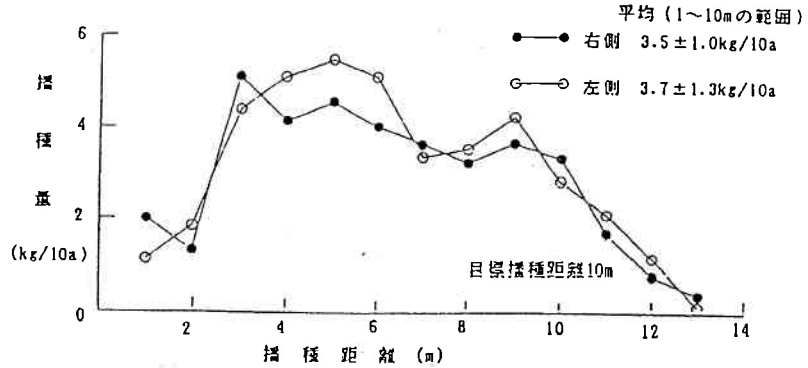


図5　乗用散粒機の左右播種精度の比較

際の散布量との相違を表２に示した。乗用散粒機は２台の散布装置を搭載しているが、風がある場合には同時に２台の装置を利用すると散布距離が著しく異なる事が判明したので、播種以後の管理作業は１台の散布装置だけを用いて、常に風上から風下への散作業で目標散布距離を10mとした。その結果、散布量が設定量のおおむね±10％以内で散布でき、圃場作業量も約1ha/hrと高能率で作業できた。

表２　乗用散粒機の作業性能（1989年）
散布幅＝10m（片側散布）

	播種	追肥			除草剤		殺菌剤	殺虫剤	平均
		分蘖肥	穂肥Ⅰ	穂肥Ⅱ	Ⅰ	Ⅱ			
設定量(kg/10a	6.0	18.6	17.6	14.3	3.5	2.1	3.5	3.5	
散布量(kg/10a	5.5	17.9	19.4	14.3	2.1	2.2	3.3	3.6	
(同上比)	92	96	110	100	60	105	94	103	95
作業速度(m/s)	0.83	0.43	0.54	0.58	0.53	0.52	0.46	0.61	0.56
圃場作業量 (ha/h)	1.43	0.75	0.88	1.03	1.1	1.18	0.96	1.17	1.06
有効作業効率 (%)	47.9	48.4	45.3	49.3	57.7	63.0	58.0	53.3	52.9

ただし、散布量の少ない除草剤、病害虫防除剤については、散布量の多い播種、追肥に比べて、散布量の設定が難しく、細粒剤の最初の使用であった第１回除草剤散布は設定量の60％しか散布できなかった。

この試験結果後、調量シャッタと開閉シャッタを別個に設けることにより調量シャッタの精度がかなり向上したが、コーティング材の団子や肥料の溶解など調量隙間を著しく閉塞させる散布剤については注意が必要であり、散布剤はできるだけ均質であることが要求される。

５．栽培試験

乗用散粒機による湛水代かき散播栽培は、湛水土壌中直播栽培のヘリコプターによる航空直播を乗用散粒機におきかえるとともに、追肥、除草、病害虫防除に粒剤を用い、播種後の管理作業にも一貫して乗用散粒機を用いることに特徴がある。この栽培技術の開発のために30a圃場を供試して３年間にわたって栽培試験を実施した。

（１）作業法と作業時間

乗用散粒機による湛水代かき散播栽培の各作業時間を含めた作業体系表を表３に示した。乗用散粒機による一貫作業は粒剤だけの散布となり、粒剤は液剤に比べて速効性が劣るので、できるだけ早期防除を心がけなければならない。

乗用散粒機による播種時間は４分/10aであり、湛水土壌中直播機の33分/10aに比べて著しく高能率である。湛水土壌中直播機と乗用散粒機を比較すると、乗用散粒機は作業速度が早く、かつ作業幅が大きいので、1.43ha/hrの作業が可能であり、湛水土壌中直播機の約７倍の圃場作業量であった。

作業時間については、風のない条件では２台の散布装置が使用できるが、実作業では風の影響を考慮し１台の散布装置による風上から風下への散布時間とした。しかし、乗用散粒機は１人で作業ができ、散布量の少ない農薬で５～６分/10a、散布

量の多い肥料で６～８分/10aで作業が可能であった。

表３　乗用散粒機利用による湛水代かき散播栽培作業体系
前作（大麦　関東皮６８号：　５月３１日収穫）

作業名	耕種基準 作業時期 月．日	耕種基準 10ａ当たり使用資材	作業機	10ａ当り延作業時間 (hr:mi
種子予措				
①塩水選	4.24	硫安（２kg）		
		種子（ｱｷﾋｶﾘ），５kg		00:15
②消毒	6.1-6.3	ﾍﾞﾝﾚｰﾄT水和剤，１袋		
		又はﾊﾞｲｼﾞｯﾄ乳剤，20cc		00:15
③浸種	6.3-6.5			00:30
ｶﾙﾊﾟｰｺｰﾃｨﾝｸﾞ	6.5	ｶﾙﾊﾟｰ粉粒剤 16,10kg	ｺｰﾃｨﾝｸﾞ機械	00:30
耕起前処理				
①麦わら搬出	5.31	集草	ﾚｰｷｬﾄﾗｸﾀ	00:09
		梱包	ﾛｰﾙﾍﾞｰﾗｰﾄﾗｸﾀ	00:10
②珪カル散布	6.1	珪カル　100kg	ﾗｲﾑｿｰﾜｰﾄﾗｸﾀ	00:07
③肥料散布	6.4	14-14-14，　40kg	ﾌﾞﾛｰﾄﾞｷｬｽﾀｰﾄﾗｸﾀ	00:03
耕起			ﾛｰﾀﾘｰﾄﾗｸﾀ	00:27
代かき作業				
①入水	6.4			00:15
②荒代かき	6.5		ﾄﾞﾗｲﾌﾞﾊﾛｰﾄﾗｸﾀ	00:13
③仕上げ代かき	6.6		ﾄﾞﾗｲﾌﾞﾊﾛｰﾄﾗｸﾀ	00:37
播種	6.7		乗用散粒機	00:04
追肥				
①分げつ肥	6.20	14-14-14，　10kg	乗用散粒機	00:05
②穂肥Ⅰ	7.24	NK化成，　30kg	乗用散粒機	00:10
雑草防除				
①播種直後	6.8	ﾊﾞｲｻｰ粒剤，３kg	乗用散粒機	00:06
②中期除草	7.2	ｸｻｶﾘﾝ粒剤，３kg	乗用散粒機	00:08
病害防除				
①いもち	7.5	ｵﾘｾﾞﾒｰﾄ粒剤，３kg	乗用散粒機	00:06
②いもち	8.3	ﾌｼﾞﾜﾝ粒剤，３kg	乗用散粒機	00:06
③紋枯れ	8.3	ﾓﾝｶｯﾄ粒剤，３kg	乗用散粒機	00:05
虫害防除				
ｳﾝﾝｶ，ﾖｺﾊﾞｲ類	7.26	ｱﾙﾌｪｰﾄ粒剤，３kg	乗用散粒機	00:05
かん，排水管理	6-9月		時間は文献より→	06:18
収穫	10.3			
①刈取り・脱穀			時間は文献より→	04:48
②籾運搬				
乾燥・調製	10.3			
①乾燥			時間は文献より→	02:06
②籾すり				
合　計				17:38

平成２年産の都府県3ha以上の農家の10a当たりの労働時間と比較すると、苗代、田植えの労働時間で10hr/10a、追肥、除草、病害虫防除の労働時間で3.9hr/10aに対して、本栽培法のカルパーコーティング、播種時間は0.57hr/10a、追肥２回、除草剤散布２回、病害虫防除４回の合計で0.85hr/10aとなり、約12.5hr/10a少ない。また、総作業時間は17.63hr/10aと高能率であった。

（２）湛水代かき散播栽培の収量

湛水代かき散播栽培の収量と収量構成要素を湛水土壌中直播栽培と比較した結果を表４に示した。湛水代かき散播栽培の収量は、湛水土壌中直播栽培と同程度もしくは増収となった。湛水代かき散播栽培は湛水土壌中直播栽培に比べて穎花数が多い事が増収の一つの要因と考えられるが、反面稈長が長く、倒伏しやすい事が問題として残った。

表４　乗用散粒機による湛水代かき散播栽培の収量と収量構成要素

		玄米収量 (kg／10a)	穂数 (本／m^2)	穎花数 (x100／m^2)	登熟歩合 (%)	精玄米千粒重 (g)
1989年	湛水代かき散播	４３０				
	対照区	４２２	３８１	２８３	６７．７	２２．２
1990年	湛水代かき散播	５０４	４６６	３０３	７８．１	２１．３
	対照区	４７０	４３３	２９２	７８．４	２０．５
1991年	湛水代かき散播	６１４	４３５	３４９	８１．１	２１．７
	対照区	５５０	３５７	３４４	７５．３	２１．２

注）　対照区は湛水土壌中直播栽培
（農業研究センター所内プロジェクト研究成績書より作成）

次に、乗用散粒機が圃場内を何度も走行することにより、かなり減収となるとの想定のもと、走行跡の収量の比較を行った。その結果、枕地では減収、直進部分では減収または条件により増収となり、圃場全体では悪く見積もっても２～３％程度の減収であると推測される。

６．実用化の利点と今後の課題

乗用散粒機による代かき湛水散播栽培は、ヘリコプターによる航空直播栽培の省力性と同程度である。それに加え、10ha単位の圃場の集積を必要とせず、きめ細かな作業により移植と直播との組み合わせ、各種品種の組み合わせも可能となる。

また、乗用散粒機の作業能率は、背負式動力散布機と変わらないが、背負式動力散布機での１ha規模の作業を想定すると、本体と肥料を含めて約30kg近い重量を背負い、耳元でのかなりの騒音、足元の走行困難などにより非常に過酷な作業を強いる事になる。つまり、規模拡大を考えると、トラクタ作業並みの軽作業となる乗用化は必然的なものであり、乗用散粒機を播種から一連の管理作業まで一貫して利用する湛水代かき散播栽培は、水稲の大幅な省力化と低コスト化におおいに貢献するものと考える。

一方、乗用散粒機の開発は著についたばかりで、精密乗用散布機のような精密散布機構の開発や散布量の分布の均一化、さらには走行性の問題など乗用散粒機のさ

らなる開発、改良が望まれる。また、散布する粒剤の大型化やコシヒカリなどの倒伏しやすい品種における栽培上の問題などが残っている。

新噴頭回転式散播直播技術の開発

東北農業試験場水田利用部　今園支和

1．はじめに

わが国の稲作は、移植が98%以上の普及を占め、直播は、昭和49年の２%をピークに減少の一途を辿っている。直播栽培は、播種時圃場の湿潤条件により湛水直播、乾田直播、折衷直播に大別され、点播、条播、散播の播種様式による低コスト・多収技術として重要視されてきた。

これまで、直播に関する試験研究は、作物、栽培、作業、経営等の各分野から個別に取り組まれ、多くの研究成果が得られているにもかかわらず、農家に普及していない。生産現場に適応可能な省力・安定した直播技術の体系化がなされていないところに問題がある。ちなみに、湛水土壌中直播機の普及台数は、全国で１千台に満たない状態である。

技術的な問題としては、本田に直接種子を播くために、①発芽・苗立ちの不安定、②初期の雑草防除、③耐倒伏性、④適正減水深の維持、⑤収量の変動などが挙げられている。これらの早期解決にむけて、従来の湛水土壌直播から圃場の大区画化に対応した圃場内湛水地上散播方式に着目し、図１に示したような乗用田植機の車体部に動力散粒機を搭載して圃場内を走行しながら種子等を散布幅50ｍの広範囲に散播する噴頭回転式装置及びその作業法を開発した。新たな地上を走るヘリコプタ式　安全な作業法を軸にして過去３年間、東北農試、大規模圃場で実施したので報告する。

図１　噴頭回転式広幅散布機

2．背景とねらい

わが国の稲作の超省力・低コスト化を図るためには、圃場の大区画化と直播技術の安定化が重要な課題となっている。

これまでの移植体系における大型機械や省力機械をそのまま導入しても大区画圃場に対応できるとは限らない。また、外国の超区画水田におけるような飛行機やヘリコプターの利用もあるが、わが国の水田に大型トラクタ、普通型コンバイン、航空散布等の導入には難渋した。これらの点を念頭において、１～２ｈａの大区画圃場内での効率的作業体系を創出しなければならない。

一方、歴史的・風土的直播栽培の研究は、これまでの集約的農法にはなじめず、かつ、栽培技術上の問題点の摘出にとどまっており、これらの解決に向けても、作業技術の向上をキメ細かに推進するためには、従来のトラクタ、自走式直播機械で

は適正な播種深度など難題が多いと考えられる。

今後、期待されている湛直における最大の課題は、出芽・苗立ちの安定化をふまえた散播による大区画の栽培・作業技術の確立である。

そこで、圃場の大区画・汎用化と機械化直播適品種の出現、鳥害対策を前提に、適切な播種深度と播種分布を確保するために、次の技術開発を提唱したい。１つは、圃場の均平度±2.5ｃｍとすること。２つは、揺動式床じめ代かき機で溝つけ均平を行うこと。３つは、団粒・大径化種籾による土壌貫入後の安定性を図ること。さらに、４つは、乗用型噴頭首振り広幅散播機による１行程50ｍ散布方式とすること。５つは、本機は、雑草・病害虫防除作業など多目的に用いること。これら、研究の推進にあたっては、均平－種子－播種について、総合的にかつ、体系的な機械作業の改善を行うことにより、表１に示したように、大規模大区画圃場における稲作の10ａ当り投下労働時間２時間程度を目指したスーパーワイドスキャッタ直播システムを確立する。

表１　新直播体系と移植体系の作業別労働時間

単位：時／10ａ

作業名	新直播体系		移植体系の所要時間
	作業手段	所要時間	
種子予措	コーティングマシーン	０．２	０．５
育苗	－	－	６．０
耕転	トラクタ（ロータリ）	０．５	１．４
代かき	レーザー均平機	０．７	２．０
基肥	－	－	１．３
移植	－	－	５．４
播種	広幅散布機	０．０５	－
追肥	広幅散布機	０．１	０．８
除草	広幅散布機	０．１	１．９
防除	広幅散布機	０．１	０．９
収穫	汎用コンバイン	０．５	５．８
計		２．２５	２６．０

注：１）移植体系は農水省統計情報部「平成２年産米及び麦類の生産費」の水稲作付規模３ha以上層
２）新直播体系は圃場区画50mX200mにおける作業能率

３．構造と作用

本機は、図２に示したように植付け装置を取りはずした乗用田植機の車体部にＤＣサーボモーター駆動による直径60ｃｍのターンテーブル制御装置を装備している。

エンジン出力６ps／4500rpm、ホッパー容量120、約２ｍの直管噴

各部名称
①田植機
②エンジン
③送風機
④タンク
⑤吐出調量装置
⑥流し噴頭
⑦角度調節装置
⑧回転台
⑨固定台
⑩モーター
⑪チェーン
⑫バッテリー

主要諸元（噴頭なし）
全長（mm）1400
全幅（mm）800
全高（mm）650
全重（kg）120

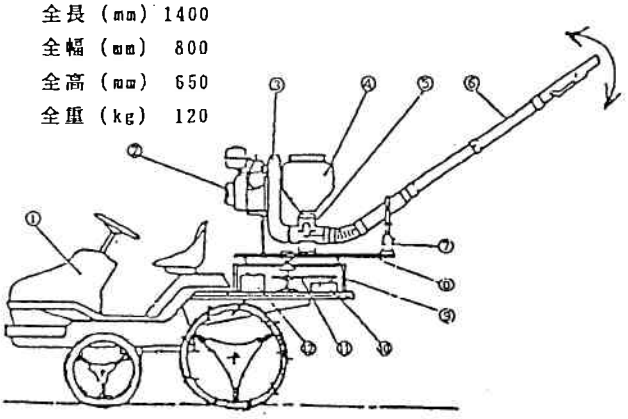


図２　広幅散布機２号機の概要図

頭から成る動力散粒機をターンテーブル制御装置に搭載して機体を左右に回転させる仕組みである。

ターンテーブルの回転作用角は、最大角270°でマイクロスイッチの取り付け位置によって任意に設定し、回転速度は毎分当り6～12回の低速範囲で作動している。また、タンクのシャッター開閉によって資材の吐出量調節を行っている。これらの調節がいずれも運転席で容易に操作できることを特徴としている。なお、本機の設計方針は次のとおりである。①圃場内走行作業とし、台車として乗用田植機の走行部を利用する。②作業幅50～60mとし、1～2行程作業をねらいとする。③散播方式を中心に種子の他、施肥、除草剤、農薬散布が可能とする。④噴頭を左右に回転及び上下に角度を変えることによって散布分布を確保する。⑤播種深度を10mm以内とする。

以上の項目について初期の目標は概ね達成され、今後は、実用化に向けて回転台、噴頭の強度を増す必要がある。

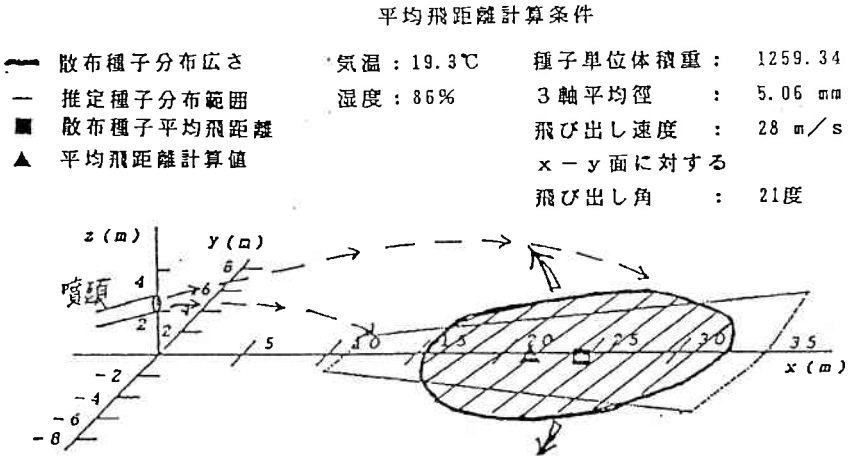


図3　分布広さの実測値モデル

4．作業様式と性能

本技術は1ha以上の大区画圃場を前提に、圃場の短辺が少なくとも30m以上が不可欠であり、圃場内を最小限の作業行程で最大散布量を実施することにある。

図3、4に示したように、例えば、短辺50mの圃場の場合、本機が圃場の中央を長辺に向かって進めば一行程で播

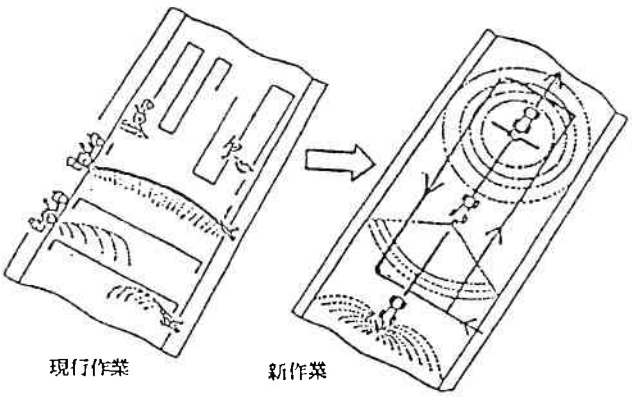
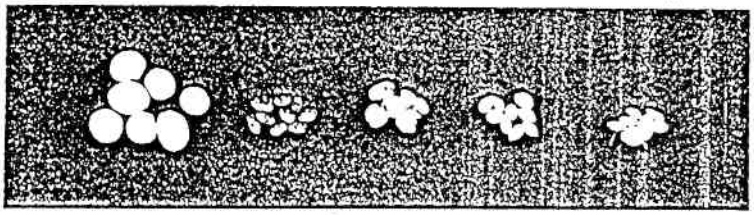


図4　散布作業の模式図

種作業が完了する。しかし、粒子の小さい農薬、肥料の場合、飛距離が10m前後のため、圃場内を口の字に一巡することになる。なお、液剤の散布にはタンク車から液剤を圧送し、本機がホースのみを引っ張ってノズルを左右に振りながら散布することも可能である。風向に対しては、噴頭の角度を出来る限り水平にして散布することが必要である。



シードペレット　鉄粉コート　被粒コート　3倍重種子　2倍重種子

図5　コーティング種子の種類

種子には、図5に示したように過酸化カルシュウムをコーティングしたものを用いるが、2倍重種子では、横風の影響を受け片側が不均一になることもある。4倍重種子は変動係数が27%で2倍重種子よりも分布むらが少なく、最大分布幅30mで実用的であった。風による種子のドリフトは、播種精度に影響するため、コーティング種子の形状、比重等からも検討が必要である。

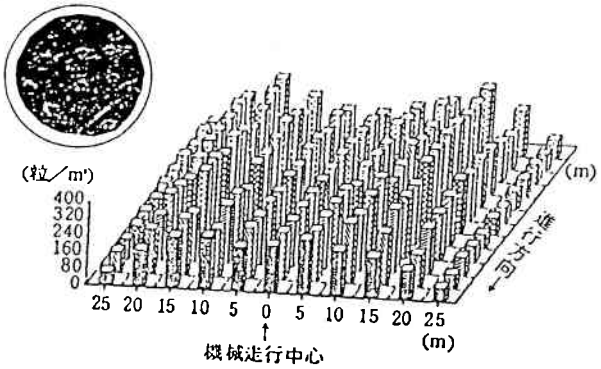


図6　新散布作業による播種分布及び状態

図6に示したように新散布作業では、一般に、畦畔部分がうす播きとなり、中心から左右に15m付近が密に散布される傾向を示している。

散布幅は10～15mの範囲を示し、種子は、落水した田面にスライディングの状態で4～10mmに貫入している。

過去3カ年の成果についてみると、東北農試、大区画圃場1ha（50×200m）における作業性能は、総所要時間22分8秒で、その内容は、播種に11分2秒、種子補給に9分12秒、旋回に1分54秒を要し、作業速度0.43m／s、有効散布量50m（1行程）、圃場作業量3.12ha／hr、播種深度4.4mm、苗立率78%の高い値を示している。収量についても、品種「むつほまれ」では、3カ年の全刈り平均で10a当り564Kgを得て移植と遜色はなかった。

作業に際しては、主として直進走行により作業者1名でも可能である。種子はカルパーコーティングマシンで造粒した3倍もしくは4倍重のコーティング種子を10a当り4～7Kg（乾籾）を種子タンクに投入し、約50a分の播種量が完了したら

機械を停止して補給する。散布作用幅や飛距離は、圃場幅（短辺）に応じて噴頭の左右振り角と傾斜角度で設定する。播種量は吐出量調節装置で行い、作業中も調節が可能な仕組みになっている。圃場は代かきした後、落水して田面に滞水個所が少なくなった状態を選び、図７に示したように作業は、風速２～３ｍ以内の風の少ない時間帯に行うことが必要である。

５．作業体系と耕種概要

本機を軸とした１ｈａ区画圃場での新技術体系では、10ａ当り投下労働時間は、秋耕（ロータリ2.4m）25分、種子予措（コーティングマシン）12分、図８に示した代かき（レーザー均平機）42分、播種（広幅散布機）３分、追肥（広幅散布機）６分、防除（広幅散布機）12分（２回）、収穫（汎用コンバイン）30分を示し、表１に示したように中核移植農家の約１／10に軽減される。

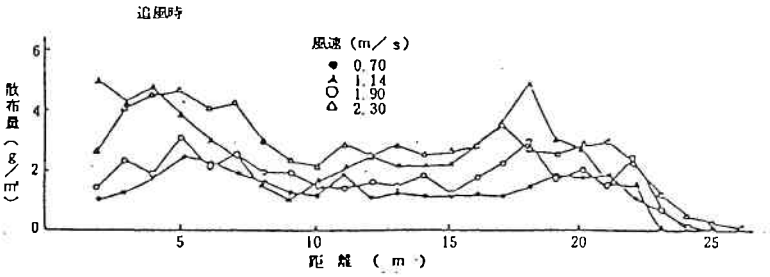


図７　散播分布

図８　レーザー均平代かき装置

このことは、育苗期間や田植作業の不要なことは言うまでもなく、大区画圃場における作業効率の向上と播種から施肥・防除等の管理作業の汎用化・高能率化が大きく寄与している。

耕種概要及び生育収量については、表２に示したように「つがるおとめ」と「むつほまれ」の品種間では、後者の方が直播栽培に適しており、収量も移植と同程度であった。栽培管理の面では、芽干し、中干しの時期、回数、時間等十分に配慮することが重要である。苗立状態は、播種時の土壌表面の硬軟、均一性によって左右される。土壌条件は、ゴルフボール沈下深４～５ｃｍの状態では、播種深度４～６ｍｍの範囲になる。

直播栽培では、倒伏が大きな問題となり、特に収穫時には、地際から直角に倒れているため、コンバインの引起ラグやリールの作用効果が低下するので水管理、徒長防止など十分な配慮が必要である。

６．実用化のための課題

今後の課題としては、①種子タンク容量の拡大と自動供給装置、②大粒複粒（４～６粒）コーティング種子の播種法、③図９に示したようにリモコンによる直進走

行と作業法、④作物の生育中における雑草・病害虫防除・追肥散布への適応化、⑤本機を軸とした低コスト作業体系化等に取り組むと同時に機械作業の側面のみならず、直播に適応した深根性、耐倒伏性等の品種の作出、直播向き機械化栽培法、土壌の物理性など各専門分野の同時並行的な技術開発が必要である。圃場の大区画化に対応した圃場内作業の日本型散播法として超省力・低コスト直播散播技術の定着を図りたい。

表2　耕種概要，圃場条件と生育・収量

区　　名	3倍重 種子播種	4倍重 種子播種
品種	つがるおとめ	むつほまれ
面積	165a	115a
均平度（cm）	標準偏差1.34	1.15
減水深（mm／day）	48－56	12－19
施肥量（kg／10a）	N＝12.5 P＝21.0 K＝12.4	N＝11.3 P＝21.0 K＝12.0
播種量（kg／10a）	5.45	4.44
播種期（月／日）	5／10	5／10
出芽期（月／日）	5／16	5／16
芽干し（月／日）	5／21-22	5／21-22
除草剤　ﾋﾞﾗｿﾞﾚｰﾄ	5／18	5／18
散布　ﾌﾞｯｼｭ	6／3	6／3
中干し（月／日）	7／17-23	7／17-26
出穂期（月／日）	8／16	8／11
播種粒数（粒／m^2）	202	171
苗立数（本／m^2）	114	135
苗立率（%）	60	78
播種深度（mm）	3.9	4.4
稈長（cm）	69.3	65.6
穂長（cm）	16.8	15.7
穂数（本／m^2）	412.8	421.4
精籾重（g／m^2）	747.4	727.4
精玄米重（g／m^2）	593.6	568.4
屑米重（g／m^2）	8.0	3.6
1穂粒数（粒）	82.5	83.8
登熟歩合（%）	86.9	91.65
千粒重（g）	18.0	18.8
引抜力（kg／1茎）	2.52	2.87
全刈収量（kg／10a）	504	553

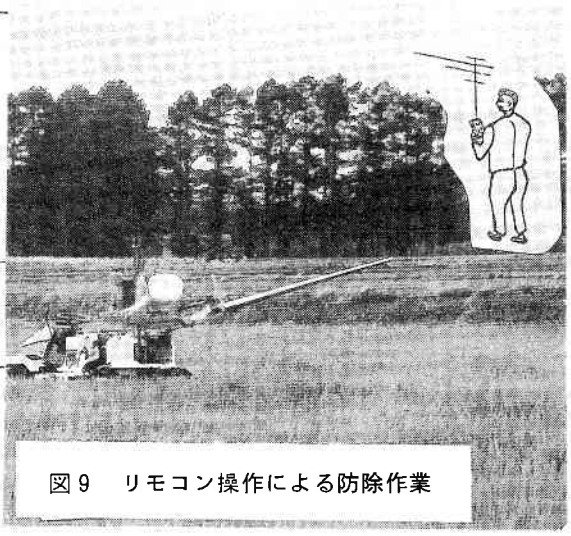


図9　リモコン操作による防除作業

潤土直播技術の開発

北陸農業試験場地域基盤研究部　澤村　宣志

1．はじめに

水稲作の低コスト化への期待が益々高まる中で、大規模で現在の機械化の枠を超えた水稲作を実現するための大区画圃場整備事業が進められている。これに呼応するように直播栽培への関心が再び高まっています。

直播は、育苗・移植を省略できるため、本質的に低コスト栽培に適した特性を持っている。しかし、現実には田植機の普及と共にその生産の不安定性と省力低コスト効果がそれほどでもない等の理由で殆ど普及していない。

潤土直播は、湛水直播の利点である①生育初期の漏水が少ない、②苗立ち・初期生育が良い、③代かきをするため乾田直播と比較して均平が容易である、④播種作業が天候に左右され難い等を生かしつつ、徹底した省力化と低コスト生産を目標に大区画水田に想定した新たな発想によるもので、北陸農試機械施設研究室及び栽培生理研究室の共同研究により開発されたものである。ここでは、1989～92の3年間にわたり北陸農試場内低湿強グライ土水田及び品種「キヌヒカリ」を用いて得られた結果の概要について述べる。

2．潤土直播技術の概要

代かき後落水した田面に催芽した種子を60～80kg/haの高密度に散播する。落水状態で出芽・苗立ちさせることにより表面播種で問題となる浮苗・タコ足苗の発生を抑制出来る。播種と管理作業は、一定間隔で水田内に設けた溝型制限走行路を利用して行う。尚、この溝は落水時の圃場内明きょとして機能する。

つまり、潤土直播は、適品種の選定に加えて①高密度散播、②代かき・落水後（潤土）の播種・苗立ち、③溝型制限走行路（圃場内小溝）の3点により大区画水田に対応した高能率・省力作業、酸素発生剤の粉衣を必要としない省資材性及び天候に左右されない良好な作業性を確保するものである。栽培上の特徴は、生育初期に茎数を確保し、追肥重点型の施肥と深水管理等による過繁茂抑制の生育制御を行うことである。

北陸農試場内水田における潤土直播の具体的な作業手順は以下に示すとおりである。

①稚苗移植栽培と同様に通常どおり耕起する。

②ロータリディッジャで使用するトラクタの輪距に合わせて耕深より5cm程度深いトラクタ走行用の溝（溝型制限走行路）を10m間隔に造成する。この溝は圃場の両端ですべて連結し、取水口と排水口にも連結しておく。尚、この作業は毎年行う必要はない。

③灌水後機械移植できる程度に溝に関係なく通常の作業法で代かきする。代かき最後の行程で溝を一回り走行して圃場外にでると良い。

④播種前に落水して、種籾が泥を被り見えなくなる程度の土壌硬度の時に、調量部を改良（後述）した揺動型ブロードキャスタで溝を走行して催芽籾を播種す

る。現在は、トラクタに装着した多口ホース噴頭動力散布機の利用を検討中である。

⑤播種後2葉期まで約3週間湛水せず、乾燥すれば走り水程度の灌水を行う。

3．溝型制限走行路の構造と機能

大区画水田では、従来の30a区画にはなかった均平や生育期間中の薬剤散布作業が困難になるなどの問題が生じると言われている。潤土直播は、代かき後圃場全面が均一に落水状態であることが重要で、部分的な湛水や極端な乾燥状態は、均一で良好な発芽・苗立ち大きな阻害要因となる。また、散播は、生育期間中の管理作業に圃場内へ農業機械や作業者が入ることが一般に困難である。

圃場内の不陸に基づく停滞水の排除には、圃場内に小溝を設けることが有効であることが知られており、実際、北陸のような重粘土水田では、中干し時期に小溝を設けることが一般に行われている。溝型制限走行路は、大区画水田での散播における管理作業を乗用化すると共に、圃場内小水路としての機能を持つよう開発された。

走行路の構造は、排水路としての効果と耕うん作業により破壊されないように、図1に示したようにその底面は耕盤より下になるよう地表面下20cmに設定した。走行路は代かき後泥に覆われ見分けが困難な状態となるが、播種作業は、一度トラクタが進入すれば、車輪は走行路をガイドにして走行するため殆どハンドルフリーで作業可能となる。走行路造成初年度（1989）は、管理作業を模してトラクタ単体で水稲の生育期間中に2回走行した。2年目（1990）は、播種作業は初年度と同様行うことが出来た。しかし、中干し後の薬剤散布作業では、走行路に溜まった泥の流動性が低下し走行抵抗が増加して走行不能となる部分が生じた。このように走行路は素掘りでは、その耐久性に問題があるので、走行路の路面土壌にセメント系地盤改良材を乾土重量比で12%混和鎮圧する方法を同時に検討した。図1は地盤改良材による安定処理した走行路の断面模式図である。地盤改良材による走行路面の地耐力増強効果は著しく、図2に示したように8回走行後も処理層の厚さが20cm以上であれば走行路の路面の沈下量（摩耗量）を2cm以下に抑えることが可能となった。

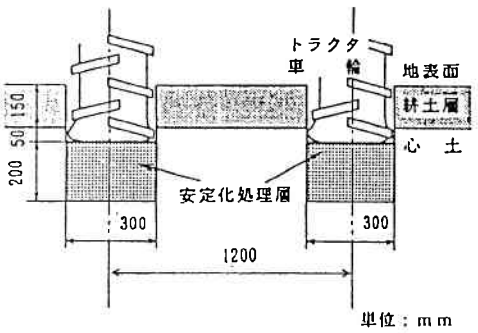


図1　溝型走行路断面模式図

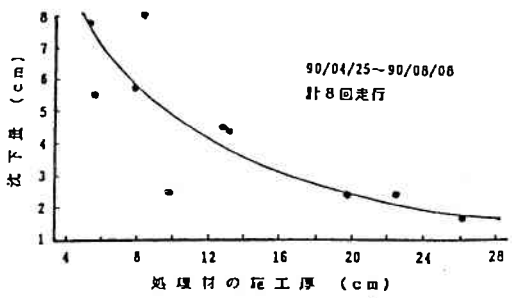


図2　安定処理施工厚と沈下量の関係

水稲収穫後走行路を設けた圃場と隣接する圃場の土壌含水比を比較したところ表1に示したように、走行路を設けた圃場のほうが低くなっており、走行路の排水効

果を確認できた。

走行路の溝によるコンバインの作業性の低下が懸念されたが、刈り幅２ｍの普通型　コンバインによる収穫作業能率は約3.5h/haと走行路に係わりなく通常どおり作業可能であった。

表１　土壌含水比からみた走行路の排水効果

土層深	走行路中央	中心より２ｍ	中心より５ｍ	対照圃場
０－５cm	５３．５	５５．２	５５．６	５５．５
１０－１５cm	５４．５	５５．４	５３．７	６０．３

注：単位%d.b.、対照圃場は隣接移植田、1990.10.23測定

4．ブロードキャスタの改良

潤土直播では、催芽種子を散播する手段として汎用トラクタに搭載可能な揺動型ブロードキャスタを使用する。市販のブロードキャスタに何等改良を加えること無しにで催芽種子を散布幅10mで60～80kg/haの密度で散布する事は可能であるが、ブロードキャスタは元来単位面積当たりの施用量の大きい土壌改良剤や肥料を散布する機械であるため、散布量の調節機構は単純に開孔部の面積を調節する機構になっている。このため、播種に用いるには開度を極めて絞った状態で運転する必要があること、また、潤土直播では催芽種子を用いるため種子表面の乾湿の程度に応じて開孔部の面積（開度）をその都度調節する必要がある等の問題点がある。

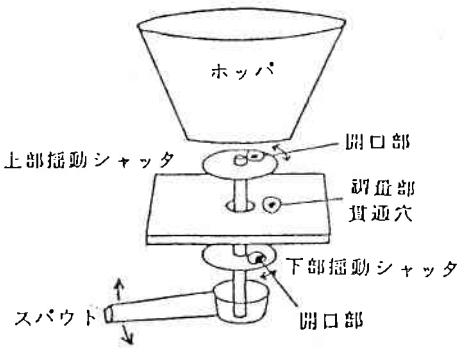


図3　繰り出し部を改良した揺動型ブロードキャスタの概要

散布量が種子の乾湿に係わりなく調節可能で精度を高めるため、揺動型ブロードキャスタの調量部を図３の模式図に示したように固定目皿の上下にスパウトと連動して揺動するシャッターからなる調量機構を試作した。

改良したブロードキャスタによる播種量の横断方向分布を図４に示したようにほぼ満足できる播種精度が得られた。また、調量部の改良効果を現す一例として図５に繰り出し量の変動係数の比較を示した。

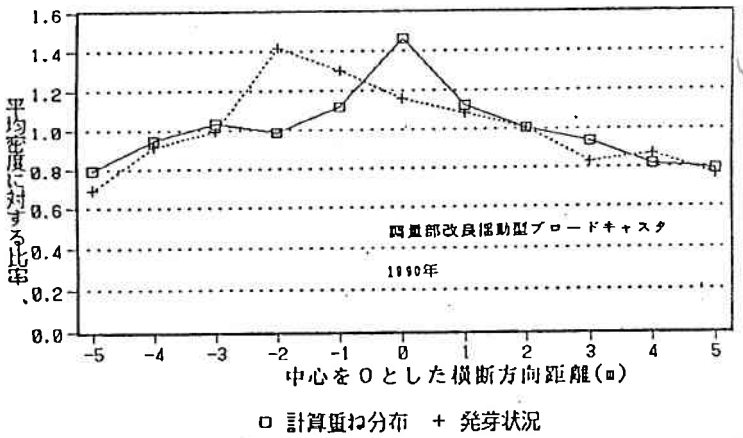
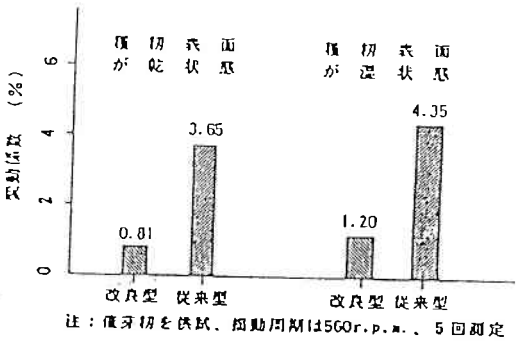


図4　播種量の作業幅方向分布

5．播種作業

３０アール区画圃場を用いて圃場の長辺方向に沿って３連の１０m間隔に設けられた走行路を利用して４０馬力クラスの４輪駆動トラクタに搭載した揺動型ブロードキャスタを用いて一筆書きの要領で播種作業を実施した。なお、1989及び1990は、市販のブロードキャスタをそのまま供試した。1991は、調量部を改良したブロードキャスタを用い、かつ、走行路の農道に接する部分には図６に示したように法面の一部をカットして傾斜を20°に緩和してコンクリートで保護し、もう一方の排水路と接する側には木橋を設けた。これにより、３本の走行路は両端が何れも圃場外の農道に連結したことになり、農道旋回作業が可能となった。作業能率は、表２に示したように、圃場内旋回方式で0.48h/ha、農道旋回方式で0.44h/haと何れもヘクタール当たり0.5時間以下の高能率であり、農道旋回方式が特に有利ではない。しかし、慣行作業では、枕地走行部分のつぶれ地が３０a区画では約１％見込まれ、さらに、旋回による泥の移動による圃場表面の乱れが生じる。一方、農道旋回方式では、圃場内走行はすべて直進作業となるので、これらが生じないばかりでなく、散布量の調節が容易となること等が大きな利点となる。



注：播種材を供試、揺動周期は560r.p.m.、５回測定

図5　種材の乾湿別の繰り出し量変動

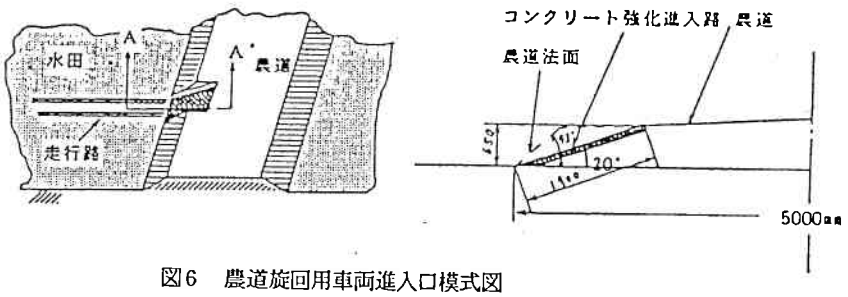


図6　農道旋回用車両進入口模式図

表２　走行路を用いた砂土直播作業結果と水稲の収量

播種日（年月日）	作業速度（m/s）	作業能率（h/ha）	スリップ率（%）	播種量（kg／ha）	苗立ち率（%）	収量（t/ha）
1989.5.11	0.90	-	20.7	68.0	65.5	5.09
1990.5.08	0.74	0.478	19.0	85	66.0	5.73 1)
1991.5.28	0.77	0.437	-	68.5	58.2	4.41

1)：収量構成要素からの計算値，その他の収量は３箇所（面積1m×10m）の平均値

苗立ち率は、全般に60～66%とやや低く、特に改良したブロードキャスタで、低い値となった。これは、潤土直播では、催芽種子を無粉衣で播種するため、播種作業の際に種子が損傷を受けたためと考えられた。損傷を受け易い催芽種子を能率良く散播できる機械の開発が、今後の課題として残された。

6．栽培管理法

潤土直播では、高密度に播種するので図7に示したように初期の生育量の増加は稚苗移植栽培より大きいが生育中期（7月上旬）以降には葉色が顕著に低下する。栽培管理法としては、茎数確保が容易なため施肥は追肥重点型が倒伏防止のために有効であった。茎数過多による過繁茂抑制には、図7に示したように生育初期のからの深水管理（湛水深8～12cm、4週間）が有効であった。

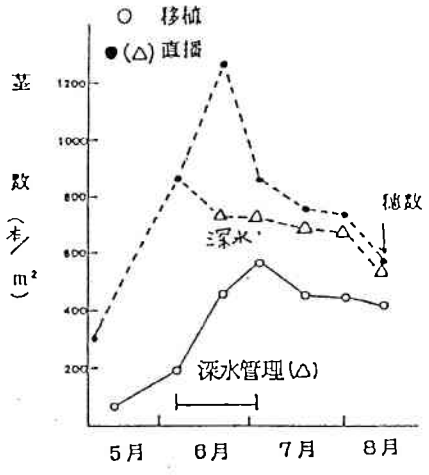


図7　茎数の推移

収量構成要素における特徴は表3に示したように穂数が著しく多くなる反面1穂当たりの穎花数が少なくなることである。玄米の品質は高く、稚苗移植に比べて登　熟歩合が高く未熟粒が少なくなった。

7．作業体系

表3　収量・収量構成要素

	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/m²)	穎花数 (/穂)	穎花数 (x100/m²)	登熟歩合 (%)	千粒重 (g)	収量 (kg/10a)
移　植	82.5	17.5	398	81.7	325	83.8	22.7	618
直　播	69.6	15.4	545	54.5	297	87.8	23.1	588

40馬力クラスの四輪駆動トラクタを耕うん、施肥、播種及び薬剤散布等の管理作業全般に使用し、収穫は刈り幅2mの普通型コンバインで行うこととした。基肥は走行路を利用してブロードキャスタで行い、耕うん・代かきは通常通り行う。

播種後の管理作業は動力散布機をトラクタ搭載型に改良した作業幅10m多口ホース噴頭を用いた。このため薬剤はすべて粒剤または微粒材とした。尚、潤土直播では、従来の湛水直播と異なり播種後湛水しないので、除草剤処理は圃場表面に水膜の存在する播種後直ちに行う。

これらを用いた場合の潤土直播栽培における圃場内機械作業時間は、表4の試算表に示したとおり、何れもワンマンオペレーションが可能であり能率も高い。

表4 制限走行路型畑土直播作業体系試算表（圃場内作業に限る）

作業名	作業機	旋回法	作業能率 (h/ha)	所要人員 (man)	延べ作業時間 (man・h/ha)
耕耘	ロータリ(1.8m)	圃場内	4.0*	1	4.0
基肥散布	ブロードキャスタ	農道	0.7	1	0.7
代かき	パワーハロー(2.8m)	圃場内	4.0*	1	4.0
播種	ブロードキャスタ	農道	0.43	1	0.43
除草剤散布（２回）	乗用動力散粉機	農道	0.31	1	0.62
殺菌散布（４回）	乗用動力散粉機	農道	0.31	1	1.24
収穫	汎用コンバイン	圃場内	3.54	2	7.08
合計					18.07

注） 使用トラクタ４０馬力４ＷＤ、走行路間隔は１０ｍ、作業能率の内＊印は推定値で無印は３０ａ圃場での実績値

澤村等 1992：農作業研究 VOL.27別1

8．今後の課題

走行路の両端を農道に連結した走行路作業の農道旋回化を実現するためには、現在の標準区画では対応不可能であり、圃場の両端が農道に接していることが前提となる。

播種作業では、ブロードキャスタに代わる催芽種子を損傷させることなく10m以上の広幅で、気象条件に関係なく作業可能な、定幅作業機の開発が急務である。

播種作業のみならず施肥、薬剤散布等の管理作業も一貫して走行路を利用する乗用作業システムが望まれる。このため、各作業とも走行路間隔に見合った同一の作業幅で作業可能な、高精度な定幅汎用作業機の開発が必要である。

走行路の地耐力維持強化方法として、セメント系地盤改良材の路床への混和鎮圧が有効であるが、その効果の持続程度の確認と走行路の省力的な施工法の検討が必要である。

水田用汎用管理作業車利用の溝付き散播直播機の開発

生物系特定産業技術研究推進機構
生産システム研究部　後藤　隆志

1．はじめに

水稲作におけるほ場作業の大部分が乗用化されたが、追肥、除草、病害虫防除などの管理作業は畦畔やほ場内を歩いて資材を散布する方法が現在でも主流である。これらの作業は、労働負担が大きいこと、作業に2人以上必要な場合があること、大区画ほ場への対応も難しいことなどから、大面積作業を行う場合に省力化の要望が強い。また、これらの歩行散布作業では、横方向の落下量が不均一なことに加え、歩行速度を一定に保つことも難しいため散布精度が低い問題もある。

これらの問題点改善のため、上記管理作業と田植、播種、基肥施用などの各種作業を行う乗用車両の開発と、各種粉・粒状資材を高精度・高能率かつ汎用的に散布し、2種資材の同時散布も可能な散布機の開発を進めている。この中で、試作散布機の水稲湛水散播作業への適応性を調査しているので概要を紹介する。

2．試作機の概要

（1）試作散布機の構造

試作機は、肥料や種子などの大粒資材用のホッパ6個（容量22L×6）と12個の繰出部、小粒状または粉状資材を収容して吐出しこれらの資材を送風搬送する動力散布機を持つ。動力散布機から吐出された資材は分配器で12本の導管に分配され、大粒資材用ホッパから繰出された資材は分岐管で送風空気と合流し、ブームに60cm間隔で取付けられた吐出口から散布される（図1）。2系統の繰出部を 持つので、肥料と殺虫殺菌剤、種子と除草剤など2種資材を同時に散布できる。

散布幅は、30×100mの30aほ場を2往復で作業できるように、7.2m（作溝散播時は3.6m）とした。また、様々な幅のほ場に対応するため、大粒資材は1.2m単位で、小粒状または粉状資材は散布幅3.6m程度まで60cm単位で条止めができる。

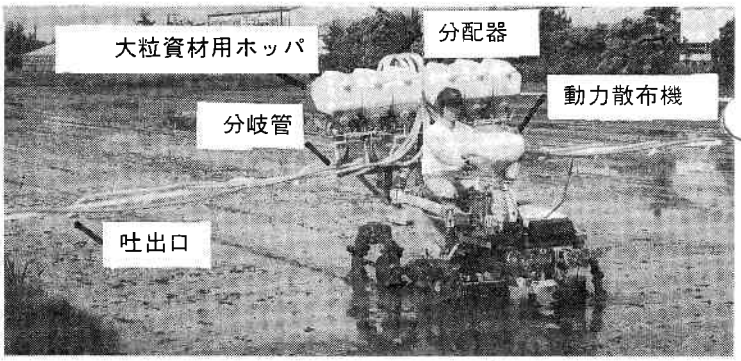


図1　試作散布機（非作溝散布仕様時）の外観

肥料や種子などの大粒資材は、吐出口ごとに繰出し量を調節できる構造のため、容易に高精度な散布が可能である。水稲種子では測定していないが、粒状肥料の横方向落下量分布（単位測定幅20cm）の変動係数は13%程度であった。これに対し、除草粒剤などの小粒状資材等は1箇所から吐出された

後に分配されるため、分配性能が散布精度に大きな影響を与える。分配器出口間における除草粒剤の吐出量のむらは大きかったが、搬送距離の長い外側の導管から吐出量の多い分配器出口へ接続することで、配管後の吐出口間における吐出しむらは減少した。その配管状態における除草粒剤の横方向落下量分布（単位測定幅20cm）の変動係数は、吐出口高さを約65～80cmにすれば14%程度であり、良好な散布精度が得られた。

また、本機は吐出口から資材を下方落下させて散布する方式のため、側方へ放てきして散布する方式に比べ風による散布むらが出にくい特徴がある。

（２）作溝播種時の構造

試作機は肥料や農薬を散布する仕様のままで水稲種子を散播することもできるが、種子の土壌中への埋没を向上させ、浮苗や倒伏の軽減をはかるため、ほ場全面に溝を付けた後に散播する方式を検討することとし、着脱可能な作溝器を試作して試作散布機に取付けた（図２）。木製のフロートの下方に三角形の塩ビ板を斜めに取付けたものと、三角形の断面を持つ木を取付けたもの（図３）の２種類の作溝器を試作し、作溝幅及び播種幅は3.6mである。種子は、作溝器の後方に設けられた吐出口より、作溝されたほ場へ高さ約１ｍから散播される。

図２　試作散布機（作溝播種仕様時）の外観

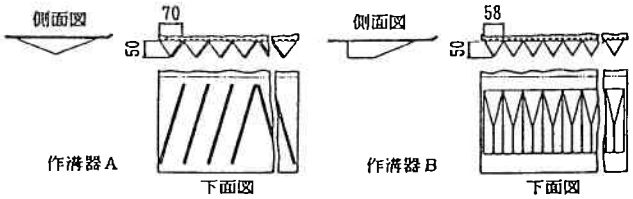


図3　作溝器の断面形状

３．試験方法

当機構附属農場（埼玉県川里村）で以下の試験を行った。

（１）作業能率試験

平成２年度に、作土を搬出し細粒褐色低地土を客土した水田（土性SCL、49m×40m及び土性Ｌ、137m×50m）で、非作溝散布仕様の試作散布機（作業幅7.2m）で基肥散布、播種同時除草粒剤散布、分げつ肥・除草粒剤同時散布、穂肥散布を行った時の作業能率を測定した。

（２）作業精度試験

平成３年度に細粒灰色低地土の永年水田で行った栽培試験の中で、作溝仕様の試作散布機（作業幅3.6m、作溝器を上げ作溝を行わない状態で作業）による播種後の横方向苗立分布を、幅30cm（長さ50cm）ごとに作業幅に対応して５箇所測定し、播種精度を調べた。また、平成２年度の試験で、収穫前の横方向穂数分布を幅50cm

（長さ50cm）ごとに作業幅に対応して5箇所測定した。

（3）栽培試験

平成3年度と4年度に、細粒灰色低地土の永年水田において水稲湛水散播試験を行った。試験は、作溝の有無、種子コーティング（カルパーAを3倍重）の有無（3年度のみ）、代かき後日数（4年度のみ）、基肥の有無（4年度のみ）を変えて実施した。4年度には対照区として、市販機利用の湛水土壌中条播区（カルパー16を2倍重コーティング）を設けた。表2、3に試験条件と結果を示す。

なお、一連のほ場作業のうち、基肥散布、播種、初期除草剤散布、分げつ肥と中期除草剤同時散布（4年度は分げつ肥散布のみ）、中間追肥散布（一部の試験区のみ）、穂肥散布の各作業を試作散布機で行った。

（ア） 試験条件

供試ほ場では、秋耕（稲わら全量すき込み）と春耕を行った後に基肥を全面散布し（代かき6～1日前）、代かきを3回がけで実施した。播種は代かき後に落水した状態で行った。3年度では播種後直ちに湛水したが、4年度では浅水（ヒタヒタ状態）の状態を出芽時まで保った。両年度とも出芽後に芽干しを行い、その後の水管理は慣行移植栽培に準じた（中干し実施）。

供試品種、播種時のほ場条件、基肥及び追肥の施用量、除草剤散布の概要は表2、3に示す。病害虫防除はすべて有人ヘリコプタで行い、3年度には、7月9日にピリダフェンチオン・ＢＰＭＣ乳剤とペンシクロン水和剤の混合液、8月13日にダイアジノン・ＢＰＭＣ乳剤とペンシクロン水和剤の混合液、9月4日にＢＰＭＣ・ＥＤＤＰ乳剤を各3L/10a、4年度には、7月12日にピリダフェンチオン・ＢＰＭＣ乳剤、8月16日にブプロフェジン水和剤、ペンシクロン水和剤、フサライド水和剤の混合液を各3L/10a散布した。収穫は、3年度は汎用コンバインで、4年度は自脱コンバインで行った。

3年度は、生育前半は気温、日照時間とも平年並で推移したが、出穂1カ月前頃から出穂期頃までと登熟期の天候が不良であった。4年度は、生育前半は低温・寡照気味であったが、後半の天候は良好であった。

（イ）調査方法

出芽種子深さは、出芽直後に芽の地表面の位置を指でつかんで種子を引き抜き、その位置から種子中央までの長さを、各区100～200個測定して求めた。地表に露出している種子は、その状態から種子深さ（0～2㎜の範囲）を推定した。その後、2葉期に、散播では50×50cm中の、条播では30cm×1m間の苗立数と苗立姿勢（転び苗、浮苗等）を各区30箇所測定した。

収穫直前に、草丈又は稈長と倒伏角度を各区20又は30箇所測定した。3年度は汎用コンバイン、4年度は自脱コンバインで全刈して籾収量を求めた。4年度は、散播では50×50cm中の、条播では30cm×83cm間の穂数を測定するとともに、各区100本（20本×5箇所）を採取して一穂籾数と登熟歩合を測定した。さらに、コンバイン収穫された籾から約2kgを採取し、籾すり歩合を測定するとともに、玄米

千粒重（各区 500粒×５個）を測定した。

４．試験結果

（１）作業能率

作業幅7.2mで各種資材を散布した時のほ場作業量は、長辺 49mのほ場で64～73a/h･人、長辺137mのほ場で83～93a/h･人であった（表１）。この結果から、長辺100m程度のほ場において、試作機で５回の散布を行った時のほ場内散布作業時間は、合計で約 0.5～ 0.6時間/10aと推定される。作業幅3.6mの作溝仕様時の作業能率は測定していないが、作業幅7.2m時のほ場作業量の半分弱（ホッパ容量が約半分になるため作業効率がやや低下する）と思われる。

表1　　試作散布機の各種資材散布作業能率

ほ場面積(a)	１９．８（縦48.9m×横40.4m）					６８．３（縦136.5m×横50.0m）				
散布資材	基肥粒状肥料	種子除草粒剤	分げつ肥、除草粒剤	穂肥粒状肥料	穂肥粒状肥料	基肥粒状肥料	種子除草粒剤	分げつ肥除草粒剤	穂肥粒状肥料	穂肥粒状肥料
作業幅と行程数	7.2m×4行程、 6.0m×4行程					7.2m×6行程、 6.0m×1行程				
散布速度(m/s)	0.61	0.59	0.59	未測定	0.56	未測定	0.54	0.56	0.51	0.51
散布量(kg/10a)	28.9	16.0 2.5	25.5 4.7	14.7	12.6	29.3	15.2 3.3	31.8 4.3	15.8	11.9
ほ場作業量(a/h･人)	69	64	67	未測定	73	91	86	83	96	93

＊播種時は作業幅7.2mの非作溝仕様

（２）作溝精度

作溝器を取付けたフロートの高さ制御を行わずに作業したこともあり、ほ場の硬さにより作溝精度が異なった。土が硬めのところでは作溝が不十分で台形状の断面となり、溝中へ落下する種子の割合は低くなった。また、代かき２～３日後に播種した場合は、出芽時でも深さ２cm程度の溝が残っていたが、代かき当日播種では出芽時には溝が残っていなかった。

（３）播種精度

横方向の苗立分布は、30cm幅単位での変動はあるが、マクロ的な変動は少なく、変動係数は約24%であった（図４）。苗立数の多い部分と少ない部分が30cm幅単位で交互に表われる原因は、横方向に60cm間隔で配置されている吐出口から落下する種子の広がりが不十分なことによ

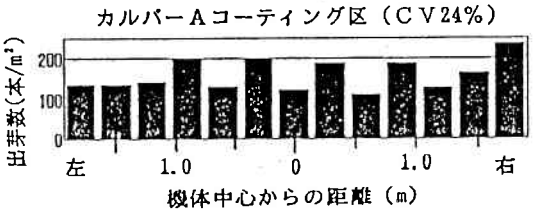


図４　非作溝播種時（作業幅3.6m）の横方向苗立分布

るものであり、今後の改良が必要である。

そのほかの栽培試験時に測定した、任意の場所における50×50cm中の苗立数（各区30箇所測定）の変動係数は、作溝区で18～34％（平均24％）、非作溝区で13～35％（平均26％）であり、作溝区の方が苗立むらがやや少ない傾向があった。また、平均苗立率が低い場合は、苗立率の変動係数が大きくなる傾向があった。

作業幅に対応した横方向の穂数分布の変動は、苗立分布における変動よりもやや少ない傾向があった（図５）。なお、図４、図５では機体中心から60cmのところを車輪が通過している。

（４）出芽深さと苗立姿勢

いずれの試験においても、カルパーコーティング区では、作溝により出芽時の種子埋没深さを1.5～3㎜程度深めることができた。しかし、播種後に入水した３年度では、作溝区においても転び苗や浮苗の割合が11～24％あり、種子の埋没状態は十分ではなかった。出芽まで浅水状態で管理した４年度では、転び苗や浮苗の割合が９～11％程度に低下したが、このような水管理は除草剤の効果を低下させる問題があるものと思われる。作溝器の種類別では、ほ場条件が異なる試験間の比較ではあるが、作溝器Ａの方が種子深さが深い傾向があった。

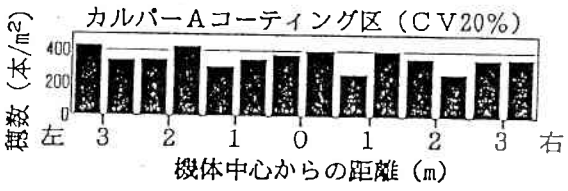


図５　非作溝播種時（作業幅7.2m）の横方向穂数分布

また、ほ場の硬さ（代かきから播種までの日数）によっても、出芽時の種子深さが大きく影響された。コーティングを行った場合の種子深さは、代かき当日播種では、作溝区で４～５㎜、非作溝区でも２～３㎜程度であったが、代かき２～３日後の播種では、作溝区でも１～３㎜程度にとどまった。非コーティング区では、コーティング区より種子深さが浅いものの、地表から出芽した苗及び転び苗や浮苗の割合は、コーティング区より低い傾向があった。

（５）苗立率と苗立数

シャーレ発芽率に対する苗立率は、コーティングを行った場合、作溝区で71～103％（平均89％）、非作溝区で59～113％（平均89％）であり、両区の差は少なかった。平均苗立数は、試験により種子の発芽率にばらつきがあったため、コーティング・作溝区で76～150本／㎡となった。同区における50×50cm中の苗立数の変動係数は、18～32％であった。

（６）雑　草

播種後に入水して初期除草剤を散布した後、４葉期に中期除草剤を散布した３年度は、ほ場の高い（水面から露出しやすい）ところでやや雑草が多かったが、雑草をほぼ抑えることができた。これに対し、浮苗の防止をねらって出芽まで浅水にし、出芽後に入水して除草剤を散布した４年度は、玉系74号のほ場ではほぼ雑草を抑えることができたが、キヌヒカリのほ場ではヒエが繁茂し収量が低下した。

表2　平成３年度の栽培試験の条件と結果

品種		たまほなみ		キヌヒカリ		朝の光				たまほなみ
ほ場履歴		休閑[1]４年後 水稲５作目		永年水田		永年水田				休閑[1]７年後 水稲２作目
土性		SCL		SiC		SiC				L
播種月日 代かき後日数 播種時水深と範囲(cm)		5月22日 2日 1.8 (0~3)		6月1日 3日 0.2 (-1~2)		6月6日 3日 0.8 (-1~2)				6月11日 1日 0.6 (-1~3)
播種時さげふり 覆入深さ(cm)	高さ10cm	−		5.2		4.8				6.4
	高さ1m	9.9		10.2		9.4				11.5
種子コーティング		3倍重[2]		3倍重[2]		3倍重[2]		無		3倍重[2]
全面作溝の有無		有[3]	無	有[4]	無	有[4]	無	有[4]	無	無
試験区面積(a)		12	8	12	10	7	7	7	7	68
N施肥量 (kg/10a)	基肥	8.2[5]		3.6[6]		3.8[6]				5.6[6]
	分げつ肥[6]	−		1.7(4葉期)		2.3 (4葉期)				−
	穂肥[7]	2.9(-19日)		3.7 (-21日)		3.2 (−21日)				2.6(−22日)
除草剤施用月日と施用量(kg/10a)	初期[8]	5月23日、3.0		6月1日、3.7		6月8日、2.8				6月11日、3.4*
	中期[9]	6月15日、3.9		6月21日、3.5		6月27日、3.5				7月1日、2.4
乾籾播種量(kg/10a)		4.0		4.1		4.3		4.1		4.5
シャーレ発芽率(%)		70		69		97		99		−
出芽時湛深さ(cm)		約2	−	約2	−	2.1	−	2.3	−	−
出芽種子土中深さ(mm)		3.2	0.6	1.3	0.8	1.8	0.6	0.7	0.6	0.6
出芽時地表種子率(%)		18	48	51	76	53	86	43	78	54
平均苗立数[10](本/㎡)		76	87	111	128	150	145	139	147	139
苗立数の変動係数[10](%)		32	35	19	25	18	13	28	19	29
苗立率(%)		50	58	68	78	91	88	88	92	79
苗立種子内訳[10](%)	土中直立出芽[11]	68	25	37	11	41	11	56	18	29
	地表直立出芽[11]	21	56	39	52	44	57	34	61	49
	転び苗・浮き苗	11	19	24	37	15	32	10	21	22
草丈(cm)		101	97	104	105	104	102	100	100	99
収穫前平均倒伏角(度)		58	62	76	74	68	74	67	73	70
精籾収量[12](kg/10a)		618	547	535	498	601	554	577	550	405

1）作土搬出後心土を含む細粒褐色低地土を客土、2）カルパーAを乾籾の3倍コーティング、3）作溝器　A、
4）作溝器B、5）速効性の化成肥料が50%・緩効性の被覆尿素 LP100が50%、6）速効性の化成肥料、
7）緩効性のウレアホルム態Nが50%のNK化成肥料、8）ピラゾキシフェン粒剤、＊印は播種同時散布、
9）シメトリン・モリネート・MCPB粒剤、分げつ肥と同時散布、10）50×50cm中の苗立数を各区30箇所測定、
11）茎部の鉛直面となす角が45度以下のもの、12）汎用コンバイン全刈

表3　平成4年度の栽培試験の条件と結果

品種		玉系74号				キヌヒカリ		
ほ場履歴と土性		永年水田、SiC				永年水田、SiC		
供試機		試作機		対照機[1]		試作機		
播種月日 代かき後日数 播種時水深と範囲(cm)		5月12日 当日 0.4（0～1）		5月14日 2日 0.4（0～1）		5月20日 当日 0.2（0～0.5）		
播種時さげふり 貫入深さ(cm)	高さ10cm 高さ1m	6.8 12.8		5.5 8.8		7.3 11.1		
種子コーティング		3倍重[2]		2倍重[3]		3倍重[2]		
全面作溝の有無		有[4]	無	有[4]	—	有[4]		無
試験区面積(a)		5.5	5.5	5.5	5.5	5.0	6.2	4.8
N施肥量 (kg/10a)	基肥[5] 分げつ肥[5] 中間追肥[5] 穂肥[6]	2.8 2.2（4葉期） — 2.8（−22日）				2.0 2.2 — 3.1	— 2.2（4葉期） 2.0（−39日） 3.1（−14日）	
除草剤施用月日と施用量[7]		5月26日、2.9kg/10a				6月5日、3.0kg/10a		
乾籾播種量(kg/10a) シャーレ発芽率(%)		4.0 69		4.1 69	3.5 70	3.8 83		
出芽時溝深さ(cm) 出芽種子土中深さ(mm) 出芽時地表種子率(%)		約0 4.1 27	— 2.0 52	約1 3.2 31	— 7.8 0	約0 5.0 35		— 3.0 26
平均苗立数[8](本/㎡) 苗立数の変動係数[8](%) 苗立率(%)		112 19 71	111 30 70	108 21 67	91 18 61	85 34 60		70 33 49
苗立種子内訳[8](%)	土中直立出芽[9] 地表直立出芽[9] 転び苗・浮き苗	86 3 11	84 4 13	89 2 9	95 0 5	84 13 3		87 8 5
稈長(cm) 収穫前平均倒伏角(度)		79.2 6	78.9 6	80.0 4	79.6 5	77.6 20	76.2 16	79.7 16
穂数(本/㎡) 一穂籾数(粒) 登熟歩合(%) 玄米千粒重(g)		444 59.7 92.2 21.4	437 59.7 93.4 21.2	445 59.0 92.7 21.4	375 59.4 94.0 21.4	344 64.6 87.6 21.5	330 61.1 89.1 21.1	325 64.0 91.1 21.7
籾収量[10](kg/10a) 玄米収量[11](kg/10a)		589 452	561 432	595 458	572 443	447* 342*	443* 341*	498 385

1）市販湛水土壌中直播機、2）カルパーA、3）カルパー16、4）作溝器Aによる、5）速効性の化成肥料、
6）緩効性の被覆肥料が60%のNK化成肥料、7）ジメピペレート・ベンスルフロンメチル粒剤、
8）散播は50×50cm中の、条播は30cm×1m間の苗立数を各区30箇所測定、
9）茎部の鉛直面となす角が45度以下のもの、10）自脱コンバイン全刈、11）コンバイン全刈籾収量と籾すり歩合から算出、＊多雑草のため参考値

（７）倒　伏

３年度は耐倒伏性「強」の品種を供試したが、すべての試験区で倒伏が見られた。これは、出芽深さが浅く浮苗や転び苗の割合が高かったこと、出穂前と登熟期の天候不良や登熟期の台風の影響を受けたことなどによるものと思われる。作溝区では、非作溝区に比べ平均倒伏角がやや小さい傾向があったが、その差は小さかった。

４年度は、出芽深さがやや深くなり浮苗や転び苗が少なかったこと、基肥量をＮ成分で約１kg/10a減らしたこと、生育前半の天候不良のため草丈が低めに推移したこと、登熟期の天候が良好であったことなどから倒伏はなかった。

（８）収　量

収量は、全般的に作溝区の方が５～10％高い傾向があった。また、非コーティング区よりコーティング区の方がやや収量が高い傾向があった。さらに、苗立数が違うので一概に比較はできないが、作溝散播区は対照土壌中条播区に比べても２～３％増収した。

５．今後の課題

以上のように、試作機に作溝器を取付けて水稲散播作業を行うことにより、種子の埋没性を高め、浮苗や倒伏を軽減させ得る可能性が見出された。しかし、種子の埋没状態は、代かき当日に播種しても必ずしも十分でなく、耐倒伏性の弱い品種への適用には問題が残る。

今後の課題としては、機械面では、種子落下分布の均一化、作溝精度の向上と溝形状の検討、より広幅作業が可能な作溝方法の検討などが、栽培管理面では、播種後の水管理法（雑草防除と浮苗防止等を両立できる方法）の検討、施肥法（倒伏防止と収量の確保が可能な方法）の検討などが必要と考えられる。

湛水溝付直播技術の開発

新潟県農業試験場経営科　　金子　均

1．はじめに

新潟県においては、水稲の直播栽培は一般的な栽培方法となっておらず、普及面積はごくわずかである。普及の阻害要因は数多く考えられるが、最も大きな要因としては、苗立ちの不安定性があげられるであろう。

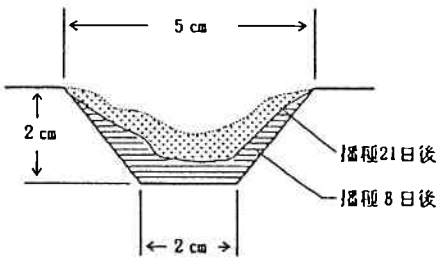
直播の苗立ちを安定的に向上させるためには、種子が発芽する際に酸素不足をきたさないようにすること、発芽に必要な温度条件が確保できること、種子が充分な発芽力を有していることなどがあげられる。湛水土壌中直播法では、覆土に伴う発芽の際の酸素不足を、種子に過酸化石灰剤（カルパー）などの酸素供給剤を粉衣することで対応している。しかし、新潟県においては本方式では苗立ちの不安定さを解消しきれていないものと考えられる。

以上のようなことから新潟農試では、寒冷地である当県においても普及可能な直播技術の確立を目的に湛水溝付直播法を開発した。ここでは、播種法と苗立安定化のための技術を中心に紹介する。

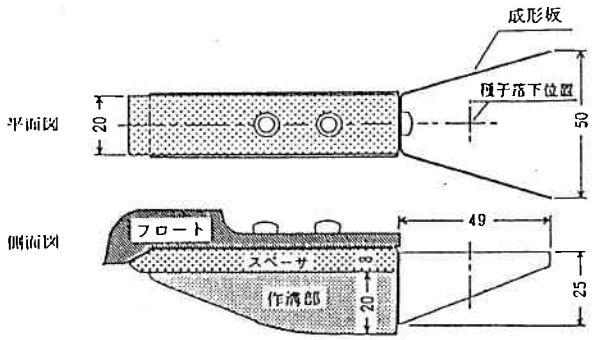
2．湛水溝付直播法の概要

本法は、溝播きによる湛水直播法である。代かきした圃場に深さ２cm・上幅５cm・底幅２cmの逆台形の播種溝を作り、この中にコーティング種子を播種する。覆土はせず、播種後直ちに湛水する。以後は湛水土壌中直播と同様の管理を行う。覆土しないため土中播種に比べて苗立率が高まり、深さ２cmの溝が徐々に崩れることで株元の埋没による倒伏軽減効果が期待される。（第１図）

播種機は湛水土壌中直播機を利用する。覆土板をはずし、第２図のように作溝部を深くし、作溝器後部につば状の成形板を取り付けて断面が逆台形の溝を成形するように改造する。作溝部そのものを、断面が逆台形の船底形に成形した樹脂ブロックなどに交換してもよい。



第１図　播種溝の形状と播種後の変化



第２図　作溝機構の一例（Ｙ式播種機）

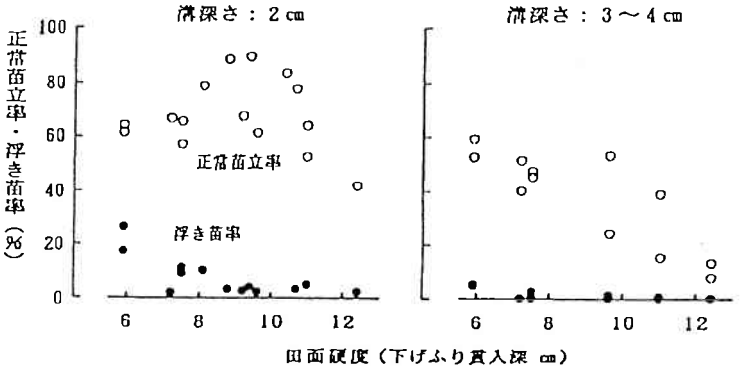
3．苗立率を高める播種床の条件

（1）土壌硬度・播種溝形と苗立ち

出芽揃いまでは溝の崩れや種子の埋没が少ない方が苗立ちには有利である。また、株元の埋没により耐倒伏性を高めるには溝はある程度深いほうがよいが、種子の埋没程度が大きくなって苗立率を低下させる危険性もある。これらのことを考慮し、播種時の田面硬度を変えた本田において、各種の播種溝形について、溝の形状変化・種子の埋没状況・苗立ち状況を検討したところ、以下のことが明らかとなった。

① 下げふり貫入深が11cm以上の軟らかい田面では溝の成形ができず、土中播種状態になる。

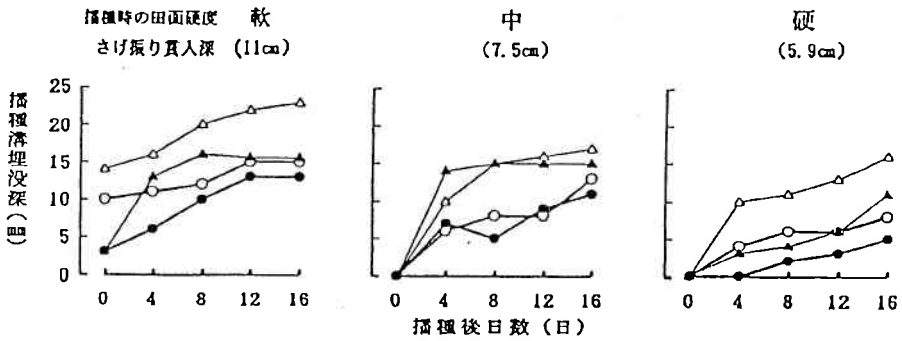
② 播種時の田面が硬いほど発芽率は向上するが、逆に浮き苗が増加する傾向にある。浮き苗を除いた正常苗立率が高くなる田面硬度は、下げふり貫入深で8～10cm程度である。（第3図）



第3図 播種時の田面硬度と正常苗立率・浮き苗率の関係（1986－1989年）

③ 溝が深く、播種時の田面が軟らかいほど苗立率が低下する。深さ3cm以上の溝では、軟らかい圃場での苗立率の低下が著しい。（第3図）

④ V字形の溝では湛水後の埋没速度が速く、苗立ちには不利である。（第4図）



第4図 播種溝埋没深の経時変化（1986年）

以上のことから、適度な硬さの田面で深さ２cm・底幅２cm・上幅５cmの断面が逆台形の溝に播種すれば、無覆土でも浮き苗が増加せず，苗立率も安定して高いことがわかった。以下これを基準にして栽培試験や現地実証試験等を行ってきた。

（２）代かきの精粗と苗立ち

前記のように、湛水溝付直播では播種溝を成形するために播種時の田面をある程度硬くする必要がある。田面を硬くするには、播種前の落水期間を長くするか荒代状態にすればよい。しかし、代かきが粗であると播種後に溝や種子の埋没が速くなり、苗立ちには不利な条件となることがわかった。また、田面に稲わら等が極端に多く露出していると作溝作業の支障になる。したがって代かきは、均平程度をよくして稲わら等を埋没させるためにも、移植栽培並みにていねいなほうがよい。

4．苗立率を高める種子コーティング法

（１）カルパーと粘土の混合コーティング

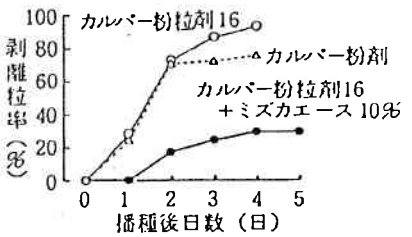
種子コーティング法は、溝付播種・無覆土方式とともに湛水溝付直播法のポイントである。

この播種法は覆土をしないため、発芽時に水中溶存酸素が利用できると考え、当初は酸素供給剤を加えないコーティング法を検討した。しかし、酸素供給剤無しでは苗立率の向上には限界がある上、広い水田の全面を均一な条件に代かき・整地することは不可能であり、軟弱な部分ではどうしても苗立率が低下しやすい。多様な圃場条件への適応性を高め、苗立の均一化を図るため、酸素供給剤の使用は不可避であると判断した。

また、無覆土状態であるから、播種後しばらくの期間は湛水中でコーティング剤が種子から剥離しないことが必要である。このことによって、コーティング剤から種子への酸素供給が円滑に行われるとともに、苗が田面に定着しやすくなる。従来のカルパー粉剤では湛水後短時間のうちに剥離が進むだけでなく、種子が水中に浮遊しやすく、本方式には適用できない。

以上のような条件を満たすコーティング剤としては、過酸化石灰剤（CaO_2, $CaCO_3$ 各50％含有）に粉砕した粘土を混合したものが有力で、研究開始３年目からはこれを採用して試験を継続した。1989年からは普及性を考慮して、新たに製品化されたカルパー粉粒剤16を用いてコーティング法を検討した。

カルパー粉粒剤16の単独使用では従来のカルパー粉剤と同様に水中剥離が速い。これに粘土を混入し、コーティング終了後に充分乾燥させれば水中剥離が抑制できることがわかった。粘土は市販されている安価なミズカエース（モンモリロナイト系粘土，水沢化学工業社製，製品番号300）を用いた。第５図のようにカルパ



第５図　湛水中におけるコーティング剥離粒率の推移
（１９８９年，室内試験，室温：17℃）

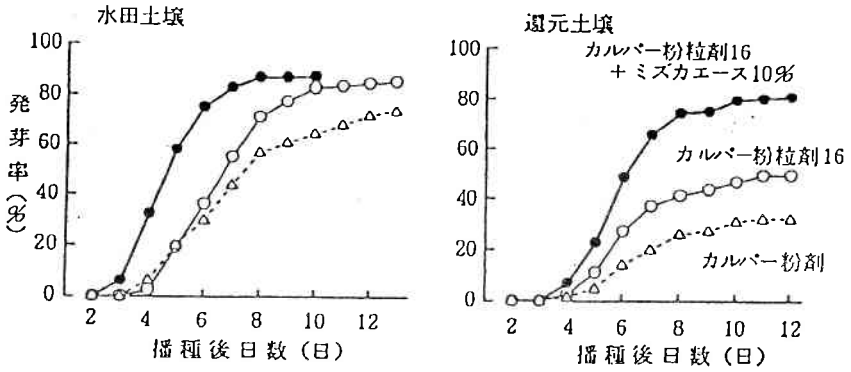
一粉粒剤16に対する混入率を10％にすると水中剥離を少なくできる。なお、コーティング終了後は24時間以上の陰干し乾燥が必要である。

また、粘土を混入するとカルパー粉粒剤16の単独使用にくらべて発芽速度を速め、苗立率を高める。コーティング剤として、①ミズカエースを10％混合したカルパー粉粒剤16を乾燥種子重量の2倍量、②カルパー粉粒剤16を2倍量、③従来のカルパー粉剤を等量、の3種類を用い（CaO_2量をほぼ揃えるためにコーティング量を変えてある）、代かき状態の土壌を詰めたバット内にコーティング種子を土中深さ1cmに播種し、湛水状態で恒温槽内に置き、苗立率を調査した。種子を土中播種としたのは、発芽条件を厳しくしてコーティング法の違いが発芽に及ぼす影響を明確にするためである。結果は第1表と第6図に示した。カルパー粉粒剤16単剤を従来のカルパー粉剤に比較すると、出芽速度と正常苗立率が向上した。しかし、強度の還元土壌（圃場から採取した土壌に10a当たり1t相当の粉砕わらを混合したもの）では異常発芽が多発し、正常苗立率は34％にとどまった。これに対して、ミズカエースを混合することによって、出芽速度が大幅に速まり、特に還元土壌でその効果が顕著であった。最終的な正常苗立率は、水田土壌ではカルパー粉粒剤16単剤使用と差が無かったが、還元土壌ではカルパー粉粒剤16単剤使用の34％に対し、49％と大きく向上した。

第1表　コーティング剤・土壌条件と苗立率
（1989年，室内試験）

コーティング剤	正常苗立率（％）	
	水田土壌	還元土壌
カルパー16＋ミズカ	85.6	48.7
カルパー16	81.9	34.0
カルパー	67.0	21.3

注）ｶﾙﾊﾟｰ16＋ﾐｽﾞｶ：ｶﾙﾊﾟｰ粉粒剤16にﾐｽﾞｶｴｰｽを10％混合
カルパー16　：カルパー粉粒剤16
カルパー　　：カルパー粉剤
（以下同様）



第6図　コーティング剤・土壌条件と出芽率の推移
（1989年，室内試験，発芽温度：17℃）

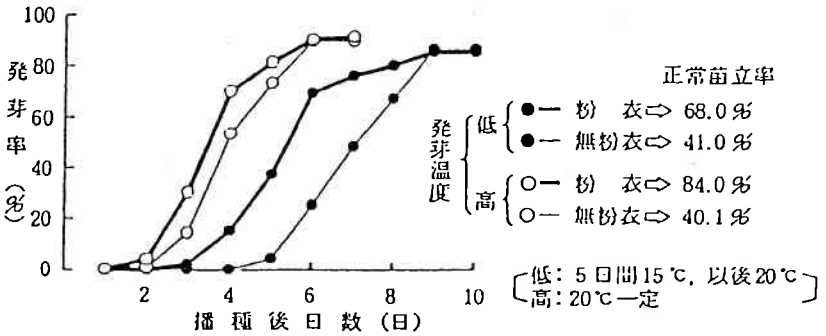
なお、苗立率の向上効果は、第2表に示すとおり、圃場試験においても明らかであった。

（２）殺菌剤の粉衣と苗立ち

直播の出芽苗立ちを不安定にする要因の一つである苗腐病の防除を目的に、コーティング終了時にヒドロキシイソキサゾール・メタラキシル粉剤（タチガレエース粉剤）を乾燥種子重量の５％粉衣し、その効果をみた。病原になると考えられる菌の抑制効果は比較的小さかったが、特に低温条件下で無粉衣種子にくらべて発芽速度が速まり、苗立率も向上した（第７図）。本剤の粉衣による苗腐病の防除効果や、他の薬剤の効果についての検討は不充分であるが、苗立率向上に寄与する種子処理の一つであると考えられる。

第２表　播種法・ｺｰﾃｨﾝｸﾞ法の違いと苗立（圃場試験）

年次	播種方法	コーティング剤	苗立状況（％） 正常	異常	浮苗	不発芽
'89	潜付	カルバー16	83.1	9.5	0.0	7.4
	土中	カルバー16	66.7	25.4	0.0	7.9
		カルバー	56.4	27.5	0.0	16.1
'90	潜付	カルバー16＋ミズカ	83.4	2.4	8.8	0.4
		カルバー16	70.3	8.8	18.1	2.8
	土中	カルバー16＋ミズカ	77.0	16.8	3.5	2.7
		カルバー16	66.8	28.1	0.0	5.1



第7図　ヒドロキシイソキサゾール・メタラキシル粉剤の粉衣と出芽率の推移及び苗立率（１９８６年，室内試験）

５．施肥・水管理・除草法

基肥の施肥方法と中干し方法を組み合わせて検討したところ、緩効性肥料による側条施肥は生育量が増し、収量が増大した。また、中干し開始時期を慣行より８～10日早めることにより、同様に生育量と収量の増大が認められた。（第３表）

除草剤は、ベンスルフロンメチル系の一発処理剤が適用できる。この剤は、従来のピラゾレート粒剤と中期剤の体系処理と同等以上の除草効果を示し、薬害も無い。（第４表）

6．作業手順

移植栽培と同様に代かきを行い、均平に仕上げる。泥が落ち着いたら落水し、田面を固める。田植する場合よりやや硬めがよい。適当な田面硬度を得るには、粘質土壌で3日、砂質土壌で1日程度の完全落水が必要である。

種子は、移植栽培の場合と同様に塩水選・種子消毒・浸種・催芽する。箱育苗よりも厳しい環境下での発芽性をよくするために、浸種は充分に行う必要がある。

第3表　生育及び収量

施肥法・種類	中干し	最高茎数（本/㎡）	有効茎歩合（%）	穂数（本/㎡）	収量（kg/10a）
全層・速効	慣行	614	57	343	488
	早期	693	55	378	530
側条・速効	慣行	728	48	344	491
	早期	760	52	393	529
側条・緩効	慣行	684	54	370	519
	早期	726	56	405	552

（注）　1989～1990年平均
緩効性肥料は「さおとめ1号」
基肥窒素量は10a当たり2.5～3.0kg
早期の中干しは慣行より8～10日早い

第4表　除草剤の効果［乾物重対無除草区比率（%）］

除草剤	一年生雑草 ノビエ '88	'90	コナギ '88	'90	ソ他広葉 '88	'90	多年生雑草 マツバイ '88	'90	ホタルイ '88	'90	オモダカ '88	ミズガヤツリ '90	薬害 '88	'90
比）SW-751 粒剤	0	t	0	0	22	1	19	1	95	t	0	0	無	無
DPX-84M(L)粒剤	0	0	0	0	0	4	0	t	0	13	0	0	無	無
DPX-84A(L)粒剤	0	0	0	0	0	1	0	1	0	32	0	0	無	無
DPX-84SC(L)粒剤	0	0	0	0	0	4	0	4	0	6	0	0	無	無

注）残草量は、1988年6月20日及び1990年7月2日調査　SW-751粒剤はモリネートSM剤との体系処理

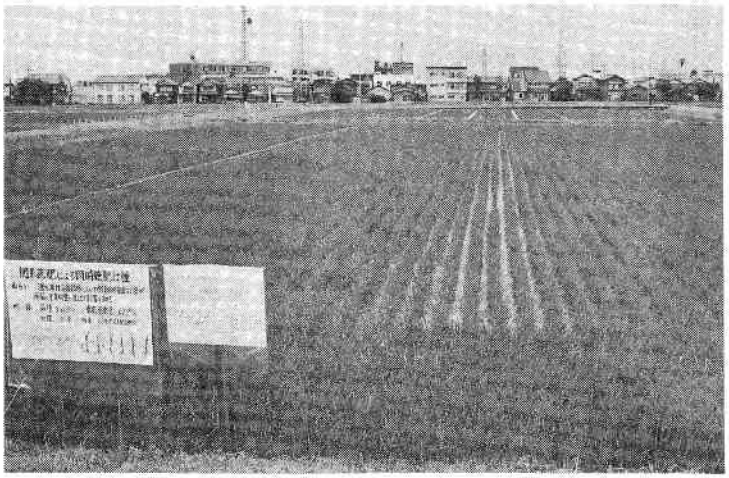
浸種が充分であれば催芽の必要性は少ないものと考えられるので、催芽は伸ばし過ぎないようにする。種子に、カルパー粉粒剤16とミズカエースを9：1の比率で混合したものを乾燥種子重量の2倍コーティングする。コーティング作業は、通常のコーティングマシンで水を噴霧しながら行う。コーティング終了時にタチガレエース粉剤を粉衣する。粉衣後、むしろ等の上にひろげて24時間以上陰干しする。

播種量は10a当たり3.0～3.5kg、㎡当たり苗立数は80～100本程度をめやすとする。播種後直ちに湛水し、一般管理に移る。栽培管理法は湛水土壌中直播に準ずる。なお、農試場内試験や現地実証試験においては、芽干しは行っていない。本法では、浮き苗の発生は少なく、芽干し作業は不用であると考える。

7．湛水溝付直播技術の効果と今後の課題

直播栽培は、省力・低コスト化の手段として現在新たな注目を集めている。比較的寒冷な新潟県においても湛水溝付直播法の採用によって苗立が安定・向上すれば、

直播栽培の普及の端緒がつかめるものと期待される。本技術の普及により、省力・低コスト化の効果に加え、第5表のように稚苗移植栽培より出穂期・成熟期が約一週間遅れることから、収穫期分散による経営規模の拡大が期待される。



播種後2か月の生育状況

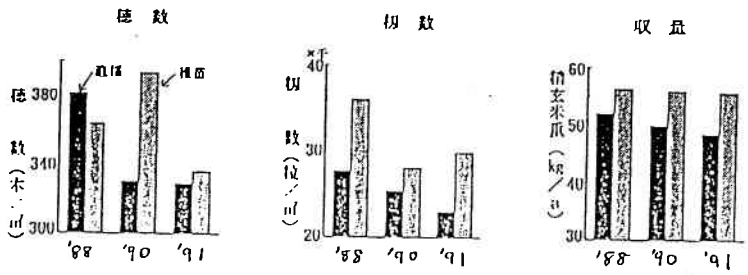
実際の播種作業に際して注意する点は、落水により田面を硬くする操作にある。現地試験で担当農家の理解が最も得られ難かった点で、田面硬度の不足による失敗が数例あった。

第5表　出穂期及び成熟期（現地実証試験結果）

	1988		1989		1990		
	出穂期	成熟期	出穂期	成熟期	出穂期	成熟期	
直播	8.15	9.23	8.15	9.23	8.15	9.23	(月 日)
稚苗	8.10	9.19	8.10	9.19	8.10	9.19	(月 日)
対稚苗比	+5	+4	+6	+8	+6	+7	(日)

本直播法に使用する作業機等は、湛水土壌中直播に用いるものがほぼそのまま利用できるので、普及段階でも容易に実行できるものと考える。なお、試験に用いた側条施肥播種機は試作機であり、施肥機の作溝部が播種溝を崩しやすく、改良の必要がある。また現在効果的な鳥害対策は無く、カルガモの生息密度の高い地域は注意する。

1997～1990年の4か年の調査で、30a圃場での播種作業の圃場作業量は25～33a／hであった。収量は、コシヒカリで470～540kg／10aの結果が得られている。現地実証試験における稚苗移植栽培との比



第8図　現地実証試験における収量と収穫構成要素
（稚苗移植対比，品種：コシヒカリ）

較では、約1割の減収となった。これは、穂数及び一穂着粒数の減少が大きな原因であった。（第8図）

一連の試験はコシヒカリを中心に実施してきたが、耐倒伏性の面からコシヒカリではやや無理があることは否めない。良食味であることが現在求められている米の最も重要な資質であることを考えれば、直播といえどもコシヒカリに適用できる技術であることが求められるであろう。しかし、技術開発の側からいえば、直播により適した良食味品種の開発が強く望まれる。

また本法は、田植機に類似した播種機を用いているため、播種作業の効率化には限界があり、省力効果は主として育苗作業の省略にある。加えて前記のように、収量性がいまひとつであるため低コスト効果がやや小さいものになっている。栽培管理技術の改善による収量性向上への努力はもちろん必要だが、より省力的でスケールメリットを追求できる作業方式である散播法に、この技術の考え方を取り入れて発展させていくことが今後必要になろう。

ニューマティック湛直機の開発

愛知県農業総合試験場農業機械研究室　澤田　恭彦

愛知県農業総合試験場の農業機械研究室では播種精度が高く省力的な水稲湛水土壌中直播の方法を開発し、実験機を試作して県内約10ヘクタールの水田で実用化に向けての試験を行ってきた。

1．開発の背景

湛水直播は、これから水田作の規模を拡大していこうとする農家が田植時期の作業を分散させるために、移植と組み合わせて取り入れようとするのが一般的であった。水稲栽培の省力化によってコストを抑え生産性を高めようとする状況のなかで着目すべき技術であり、その普及・定着が期待されるところである。

これまでも湛水直播では出芽・苗立ちの安定と倒伏の防止が重要なポイントとされ、このためには播種精度、とくに所要の深さで均一に土中へ播種することが機械技術上の課題とされている。すなわち、種子の埋没が深すぎると出芽が抑制されて生育・収量に影響し、また逆に浅すぎると収穫時期に稲が倒伏して品質の劣化につながるからである。

2．播種機構と実験機

開発したニューマティック湛水直播方法は、送風機から吐出される空気流の圧力変化によって繰出し装置から繰り出された種子を播種パイプの中に吸引させ、一定速度に加速して代掻きほ場の田面に向けて噴射して土中の所要の深さに貫入埋没させるものである。このとき種子とともに播種パイプの先端から排出される空気によって田面に残る湛水も排除する（図1～3）。

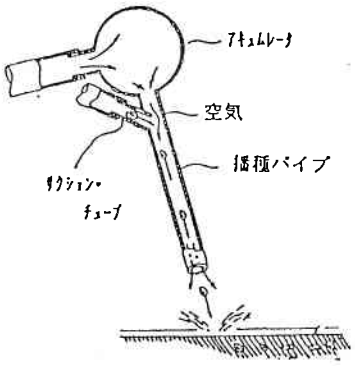


図1　ニューマティック湛水直播の方法

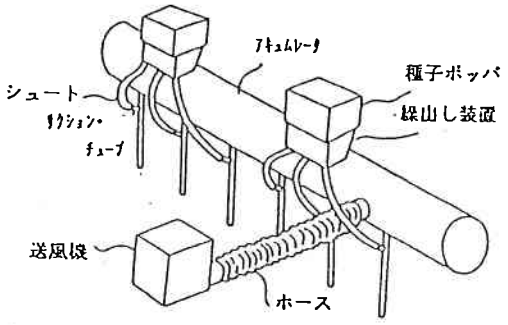


図2　播種装置の構成

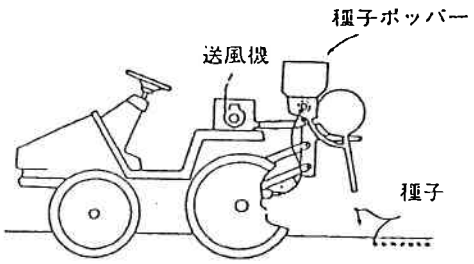


図3　試作した実験機

この播種法を実証するため、乗用田植機に搭載した実験機を試作した（図4、表1）。

3．実証試験の結果

1号機では1時間当たり30～40アール、2号機では40～50アールの作業能率になった（表2）。

種子の土中貫入深さのばらつきは従来法に比べて小さく、ほぼ均一の深さに播種され、安定した苗立ちが得られた（表3）。とくに種子を土中に直接貫入させるため土の移動がなく、これが出芽の向上に良い影響を与えているとみられている。

耐倒伏性の指標として成熟期の1穂当たりの水平引張抵抗をみると、図5に示すように、この機械播き区では土壌硬度とともに大きくなる傾向を

図4　湛直作業風景(ほ場面積1.1ha)

表1　試作機の仕様

	試作1号機	試作2号機
作業幅（m）	1.8	2.4
条数×条数(条×cm)	15×12	20×12
作業速度（m／sec）	0.9	1.2
搭載車両	乗用6条田植機（YPR600）	乗用6条高速田植機（RR60）
繰出し装置	Y式市販機改造	Y式市販機改造
送風機	M式 －	K式 PDA553-F26S
（最大風量）	6.3m³/min	11.5m³/min
（エンジン）	空冷2cycle	空冷2cycle 53.2cc
種子速度（m／sec）	3.7～7.9	6.1～10.4
播種量（Kg／10a）	2.3～4.5	1.3～3.3
その他		種子残量センサー

表2　作業能率（平成2・3年）

場所		1号機 安城市	1号機 安城市	2号機 幸田町	2号機 十四山村
月／日		4/24	5/10	5/23	5/14
面積	(a)	28.8	79.9	18.7	118.8
有効作業速度	(m/sec)	0.78	0.92	0.85	0.90
有効作業幅	(m)	1.83	1.64	2.25	2.39
総作業時間		54'21"	2'3'41"	26'41"	2'34'54"
内訳 作業時間	(%)	65.7	70.8	65.5	65.1
内訳 旋回・移動	(%)	14.2	9.9	24.8	17.0
内訳 種子・燃料補給	(%)	13.5	8.7	7.7	12.9
内訳 調整・その他	(%)	6.5	10.7	1.9	5.0
有効作業量	(a/hr)	51.4	54.3	68.9	77.4
圃場作業量	(a/hr)	31.8	38.8	42.1	46.0
有効作業効率	(%)	61.9	71.5	61.1	59.4

表3　作業精度（出芽深さと苗立ち率）

No	苗立率 (%)	出芽深さ (mm)
①	100.0	8.2(38.3)
②	50.2	8.6(41.0)
③	83.5	9.5(29.6)
④	91.7	10.2(32.5)
⑤	47.8	6.8(46.3)
⑥	83.5	10.6(41.8)

注）　No.②，⑤は播跡．（　）はＣＶ％

示したが手播きによる表面散播区ではこの関係は明かでない。全体として機械播き区の引張抵抗は手播き区に比べて大きな値を示し、耐倒伏性に優れていることが推測できる。

場内及び現地の実証で得られた生育収量を参考に示す（表4）。他の播種法と比較して遜色はない。

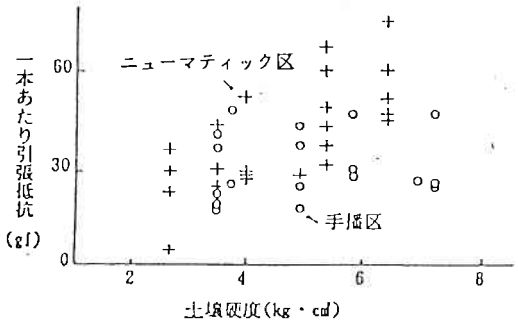


図5　播種法と耐倒伏性の関係

表4 生育収量

	品種	栽植様式	播種	出芽数 本/㎡	出芽率 %	深さ mm	出穂期	成熟期	穂数 (本/㎡)	稈長 (cm)	穂長 (cm)	倒伏	精玄米重 (Kg/a)	㎡当りもみ数 (×10⁴)	登熟歩合 (%)	千粒重 (g)	品質	場所
場内	コシ	ニューマ	4/24	69	42	3.9	7/27	9/3	357	87	18.6	3.8	50.6	2.64	86.7	22.1	4.3	安城ヒンター
	コシ	湛直	4/24	75	48	-	7/28	9/5	331	88	18.4	3.5	46.7	2.65	81.3	21.7	5.0	安城ヒンター
	月	ニューマ	6/17	93	51	7.4	8/28	10/12	340	71	20.7	2.5	43.7	2.26	86.7	22.0	6.3	安城ヒンター
	月	散播	6/17	105	83	1.8	8/28	10/14	373	71	20.7	4.5	45.1	2.60	81.1	21.4	7.3	安城ヒンター
	あ	ニューマ	5/15	85					343	77	21.6	1	52.2	2.40	90.2	25.0		弥富ヒンター
	あ	手播	5/15	94					389	79	21.7	3	59.2	2.96	86.9	24.5		弥富ヒンター
現地	コシ	ニューマ	4/24	92	41	3.4	7/27	9/5	378	96	19.1	4.8	62.3	3.44	82.4	22.0		安城(和泉)
	あ	ニューマ	5/14	77			8/26		387	81	18.6	1.7	45.1		88.6	22.6		十四山
	あ	乾直	5/8	60			8/25		281	81	20.7	1.2	46.0		87.1	23.3		十四山
	葵	ニューマ	5/9					10/4	364	72	20.9		55.6	3.18	86.6	21.0		安城(福釜)
	葵	ヘリ散	5/9					10/5	314	76	21.1		46.3	3.99	62.2	19.7		安城(福釜)
	葵	ニューマ	5/23	29		0.4	8/26	10/4	223	76	22.8		56.9			21.6		幸田(菱池)
	葵	乗管	5/23	55		0.1	8/26	10/4	320	77	21.7		57.8			20.5		幸田(菱池)

注)品種　コシ:ヒカリ、月:月の光、あ:あいちのかおり、葵:葵の風

4．　特徴

（1）作業は通常の湛直と同様に落水後に行うが、部分的な湛水は播種パイプの先端から種子と一緒に吐出される空気によって排除され、播種の精度に影響することはない。

（2）確実に土中に埋没するので浮き苗の移動などによる苗立ちムラがなく、耐倒伏性にも優れる。

（3）種子の埋没深さの分布幅が小さく、安定した苗立ちが得られる。

（4）代かき後に相当の日数が経過しても土壌の硬さに応じて種子の速度をコントロールして最適な深さに確実に種子を埋没させることができ、ほ場条件に対する適用範囲が広い。

（5）作業機が直接土と接触しないので、作業はきわめて簡単である。

5．今後の予定

この湛水直播方法は機構が簡単で軽量なため、条数を増やすなどして作業幅を広げ、高速化すればさらに高い能率が得られ、省力化が期待できる。今後さらに性能を向上させて実用的な技術にするため、実証を重ねながらこの湛水直播方法に適し

た播種条数、条間のほか種子の繰り出し方法や作業幅、作業速度、送風機の駆動方法などについて継続検討していきたい。また施肥・除草剤散布の同時作業や防除作業などの汎用化についても同様である。

なお、湛水直播においてはコーティング作業に多くの時間が費やされており、これを省略するなり効率よく処理する方法はないか等の要望がある。催芽裸籾の播種では、芽の機械的な欠損や苗立ちムラも少なく、今後栽培技術が確立されれば実用可能となる見通しも得られている。

これまで県内2つの営農組合でこの実験機をベースにした直播機を自作し、実作業に利用されている。

正確な深さに播種できる湛水土壌中直播機の開発

石川県農業短期大学農業工学科　中村　喜彰

湛水土壌中直播栽培が従来の直播栽培と大きく異なる点は、種籾を代かきをした水田の土の中に播くことにある。これにより、従来の直播栽培に見られた稲の収穫時期の株倒伏が回避され、収量が安定する。

ところが、種籾が発芽や出芽をする場合、カルパーでコーテイングをしてあっても、播く深さに限界があり、あまり深く播くと出芽率が低下し実用栽培にはならない。逆に、あまり浅く播くと株倒伏を起こしてしまう。

これまでの実験や実際の栽培試験から、播く深さは１ｃｍが適していることがわかっている。

さて、深さが１ｃｍになるように実際の圃場で播く機械の開発と、この機械の販売が急務になるが、現在市販されている播種機では、限られた土壌条件の下ではほぼ満足に１ｃｍの深さに播種することができるが、条件が整わないと播種深さが不安定になる。

それは、土壌硬度計（中村式）で５ｃｍ±５ｍｍの硬さに土がいついている場合には、深さがほぼ正確になるが、６ｃｍ以上の軟らかい水田になると深さが不正確になる。このため、軟らかい水田では、出芽率が極端に悪くなる。

このように見てくると、現在の市販機で播種する場合、土の硬さを機械に合わせて調節すれば良いことになるが、これがなかなかやっかいなことである。

現在行われている、機械による田植えの場合の土の硬さは、一般に６ｃｍ５ｃｍから７ｃｍと軟らかい場合が多い。これは、代かきをしてから十分に土がいついていない間に田植えをするためである。

そこで、湛水土壌中直播機の場合にも、軟らかい水田でも正確な深さに播種できる機械の開発が急がれたが、試行錯誤の結果ようやく満足のできる機械ができ上がった。

図１に播種部分の構造を示したが、この機械は土の上へ一定量の種籾を落として行き、種籾の上からギザギザのついたローラーで種籾を１ｃｍの深さに土に中へ押し込んでいくようになっている。

実際の圃場での播種試験では、１０－１１ｃｍの土壌硬度でもほぼ正確な深さに播種することができることが分かり、満足は結果が得られた。

図２に、試作機の全体の姿を記したが、できるだけ早く市販機として提供できるようにしたいと考えている。

現在一部の外国向けに、この播種機の原理を応用した人力式の播種機について具体的な話し合いに入っている。

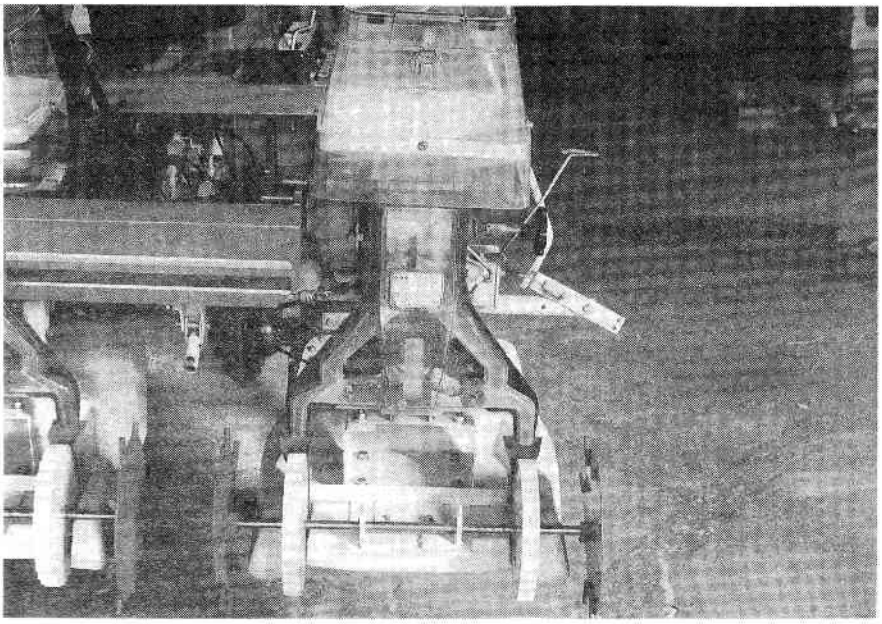


図１　播種部の構造

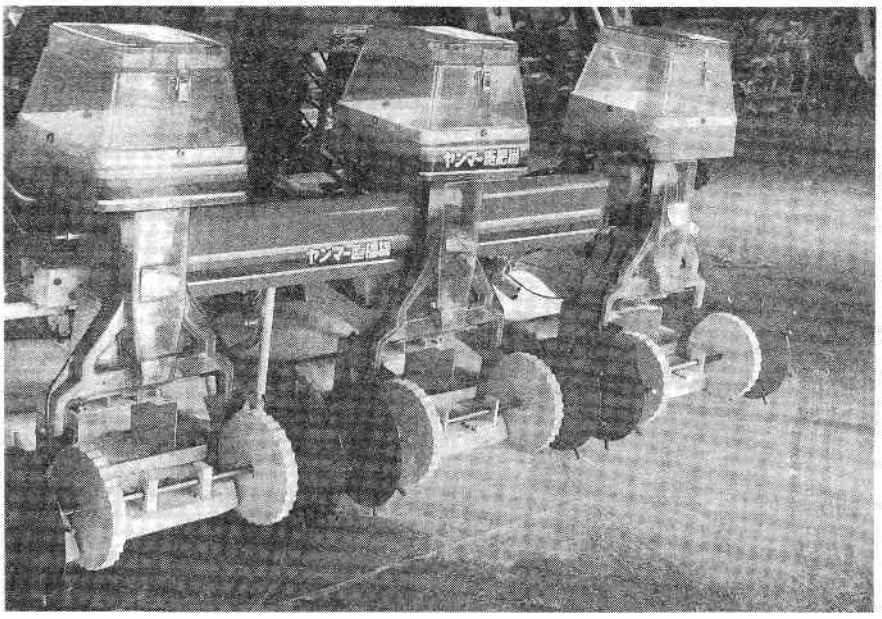


図２　試作した湛水土壌中直播機