水稲湛直研究会会誌

第 7 号

平成元年12月

水稲湛水土壌中直播技術研究会

はしがき

水稲湛水土壌中直播技術研究会は、本年度より情報活動の一層の強化を図ることとし、既に研究会資料の第１号、及び第２号を発行しました。また、研究会会誌の充実のため、水稲湛水土壌中直播栽培に関する研究成果、資材・機器に関する情報、普及地域の現地情報等を会誌に掲載するようにし、新しい内容の会誌第６号も発行しました。

今回は会誌第７号として、最近使用が増加し、湛水土壌中直播栽培でも利用され始めている緩効性肥料について、全農肥料農薬部技術主管・藤沼善亮氏に、埼玉県におけるヘリコプター播種による湛水土壌中直播栽培について、埼玉県農業試験場作物部主任研究員・大塚一雄氏に、それぞれ執筆いただきました。また、新しく登録された「カルパー16粉粒剤」を中心に、カルパー剤についての解説をカルパー普及会に依頼しました。この冊子が研究会会員及び関係者に活用され、水稲湛水土壌中直播栽培技術の改善と普及に役立てば幸いです。

最後に、ご多忙中にもかかわらずご執筆いただいた藤沼善亮、大塚一雄の両氏と、カルパー普及会に厚くお礼申し上げます。

平成元年12月

水稲湛水土壌中直播技術研究会

会長　伊藤隆二

被覆肥料と水稲栽培

全国農業協同組合連合会
肥料農薬部技術主管　藤沼善亮

はじめに

緩効性チッソ肥料が新しい肥料として登場したのは昭和30年代の終りの頃である。アンモニア態チッソの土壌中での硝酸化を抑えるための硝酸化成抑制剤もこの頃世に現れた。

わが国のチッソ肥料は、ほとんど水溶性であり、速効性である。そのため、長い期間にわたる作物の生育に適切に対応して必要なチッソ量を供給するには何回にも分けて施肥する方法がとられている。

肥効の発現を少しでも調節しようとする試みは、この緩効性肥料の出現で一歩前進した。しかし、チッソの有効化への土壌環境の影響が大きいことから緩効性チッソ肥料は、成分有効化過程の人為的コントロールには程遠かったといえる。

合成樹脂などの膜で肥料粒を覆って肥料成分の溶出を調節しようとする被覆肥料の実用化で、肥効発現の調整は大きく前進したといえよう。

以下、この新しい肥料の特長や使い方を、水稲を中心に述べる。水稲に対する施肥の現状と緩効性チッソ肥料についてもふれておく。

水稲への施肥の現状

水稲への施肥量は、昭和62年度、チッソ（N）、リン酸（P_2O_5）、カリ（K_2O）それぞれ10a当たり 10.8、11.1、9.8 kg である。水稲の施肥量は戦後急速に増加したが、米の生産が過剰になった昭和40年代半ばから横ばいとなっている。三要素施肥量の推移を図1に示した。

水稲の収量に最も鋭敏に反映するのはチッソであるため、農家の関心は専らチッソ施肥法に集中している。稲の生育に適切に対応するためにチッソについては田植時の基肥に、何回かの追肥を加えた分施技術が作り上げられた。世界に誇りうるわが国水稲栽培技術の柱の一つがこのチッソ施肥法である。

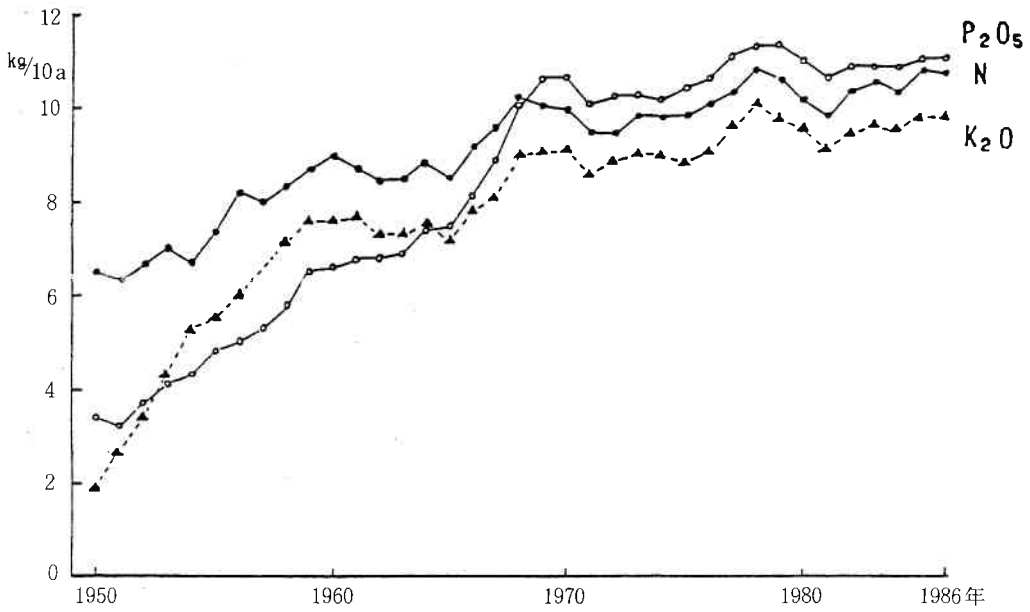


図1　水稲に対する三要素施肥量の推移

（米生産費調査より）

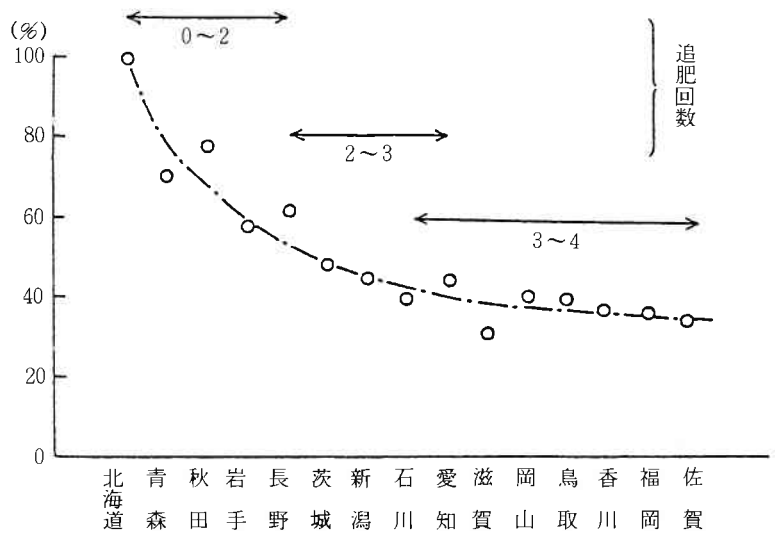


図2　全施肥量に対する基肥の割合（昭和58年）

（関矢信一郎のまとめによる）

では、現実にどの程度のチッソ分施が行われているのだろうか。チッソ施肥法の地域間の比較を図２に示した。北海道など寒い地域では気温の低いことや生育期間の短いことから、必要量を全量基肥で田植え時に施すのが普通であるが、東北から関東、東海と暖地になるにつれて基肥の割合が少なくなって追肥回数がふえてくる。

米の過剰時代に入り、収量だけでなく良質米、うまい米が求められている。チッソ肥料があまり効きすぎると米の味はおちる。チッソ施肥を抑えると収量は低下する。チッソ施肥法の新しい課題であろう。

硫安、過リン酸石灰、塩化カリなど単肥を用いて水稲に施肥していた時代は遠くなった。最近では高度化成肥料や高成分のＢＢ肥料（バルクブレンド肥料、粒状配合肥料）が中心になっている。さらに、速効性肥料と共に遅効きの肥料も用いられている。有機栽培の波に乗って有機質肥料の使用もふえてきた。

一方、稚苗の田植えと同時に施肥する側条施肥田植機も急速に普及しはじめ、機械施肥に適した肥料形態への関心も高い（表１）。側条施肥用の肥料として被覆肥料も使われている。新しい肥料の出現は施肥システムを変え、機械の開発が新しいシステムを作っていく。

表１　側条施肥田植の普及状況（昭63年６月）

県名	普及台数（出荷台数累計）			62年産水稲作付面積	利用面積試算			
					試算(1)		試算(2)	
	ペーストタイプ 台	粒状タイプ 台	合計 台	ha	１台当り植付面積2.5ha・北海道4haとして ha	普及面積率 %	１台当り植付面積4haとして ha	普及面積率 %
札幌支所計	185	3,148	3,333	150,000	13,332	8.9	13,332	8.9
東京支所計	11,405	17,869	29,274	1,039,572	73,183	7.0	117,096	11.3
名古屋支所計	1,704	6,259	7,963	232,300	19,906	8.6	31,852	13.7
大阪支所計	4,625	8,930	13,555	434,740	33,883	7.8	54,211	12.5
福岡支所計	1,233	2,647	3,880	266,218	9,698	3.6	15,520	5.8
全国計	19,152	38,853	58,005	2,122,830	150,002	7.1	232,011	10.9

注１：台数は全農調査

２：水稲作付面積は農水省調査

多収からうまい米づくりへ、そして省力、低コスト、などと時代とともに肥料、施肥法に求めるものも多様化、分極化してきている。

緩効性チッソ肥料

硫安、尿素、塩安、リン安など代表的なチッソ肥料は何れも水によく溶ける。特色ある肥料である石灰チッソは遅効きではあるが、それでも施肥して数日たてばアンモニアあるいは硝酸に変る。温暖で雨の多い日本では、これら水溶性のチッソ肥料は、基肥に多量に施されれば溶脱、脱窒などによる損失を招き易く肥料の効率は低下する。また、過繁茂のおそれもあり、環境汚染の原因ともなる。

チッソ成分の水溶化、有効化を少しでも遅くする工夫として、①粒状化して表面積を小さくする方法、②難溶性の物質に変化させる方法、③肥料の表面を不溶性の膜などで覆う方法、などが試みられてきた。

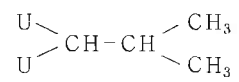
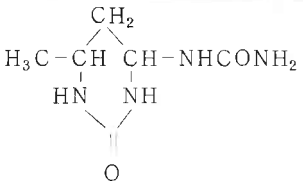
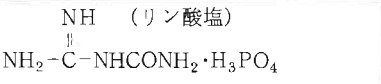
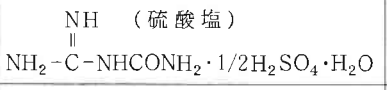
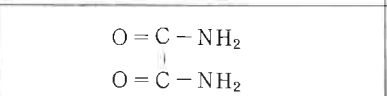
①の方法は、他の方法との併用ならともかく単独では効果に限界がある。②は、いわゆる緩効性チッソ肥料として具体化した。③はこれから述べる被覆肥料である。

緩効性チッソ肥料としては、ウレアホルム、ＩＢ、CDU、グアニル尿素、オキザミド、などが開発され市販されている。昭和38年頃からのことである。それらの内容、特性については表２に示してある。

緩効性チッソが尿素、アンモニアなどに分解する方式は、加水分解型と微生物分解型との二つに大別することができる。土壌微生物が有効化に関与する場合が多いが、水田土壌のような還元条件下で微生物分解を受けるものとしてはグアニル尿素があるが、微生物分解が中心となるものが多い。いろいろな使い方があろうが、当面、水田用といえるのはＩＢとグアニル尿素であろう。グアニル尿素は土に吸着され易い特色をもつ。

ウレアホルムは尿素とアルデヒドの縮合化合物であるが、通常、縮合の程度の異なる化合物の混合物である。縮合が進むと溶解度が著しく低下するが、最近のように作物や作型が多様化すると溶解度が低く著しく遅効きのものも新しい利用法が考えられることになる。

表２　代表的緩効性窒素肥料

名　称	構　造　式*	製造原料	窒素（%）	溶解度（g/100g水）	分解様式と粒効果
ウレアホルム（尿素およびメチレン尿素化合物の混合物）	U－CH_2－U U－CH_2－U－CH_2 U－(CH_2－U′)$_2$－CH_2－U U－(CH_2－U′)$_2$－CH_3－U	尿素＋ホルムアルデヒド	42.41 41.16 40.51 40.21	2.18 0.14 0.01 こん跡	主として微生物分解、造粒効果がある。
IB（IBDU）（イソブチリデン二尿素）		尿素＋イソブチルアルデヒド	32.16	01～0.01	主として化学的加水分解、造粒効果が大きい。
CDU（クロトニリデン二尿素）		尿素＋アセトアルデヒド	32.54	0.12	微生物および加水分解、造粒効果が大、畑状態土壌で無機化速度が大きい。
グアニル尿素	 （リン酸塩）  （硫酸塩）	ジシアンジアミド＋リン酸または硫酸	28.00 33.1	4 5.5	微生物分解、たん水水田土壌で無機化速度が大、土壌吸着性がある。
オキサミド		アンモニア＋シアン酸	31.81	0.02	主として微生物分解、造粒効果がある

*U＝－$NHCONH_2$　　U′＝－NHCONH－

（栗原・越野著、肥料製造学　1986）

被覆肥料（コーティング肥料）

被覆肥料とは、単肥または化成肥料を合成樹脂などの資材で被覆して、肥料成分の溶出を調節した肥料である。被覆した膜から肥料成分が溶出してくる機構は、いずれも被膜を通して外から水がしみ込み、肥料を溶かして浸透圧が高まるとその膨圧で肥料溶液が膜の外に出てくる順序をたどるようである。被覆肥料の成分溶出機構を模式的に図３に示した。

成分溶出の速度は膜の厚さをかえること、

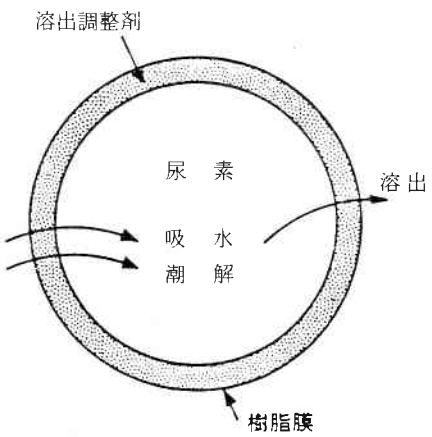


図３　被覆尿素（ＬＰコート）の成分溶出機構図

膜中の溶出調整剤を調節することによって調節できる。溶出速度はこの他、土壌水分、土壌温度の影響を受ける場合が多く、水分が多い程、また温度が高い程、溶出が速くなる。しかし、一般的にはそれ以外の土壌条件の影響はほとんど受けず、微生物の活性の大きさもほとんど関係ない。従って、温度、水分などごく限られた土壌条件を知れば、肥料の溶出速度を予測することが出来る。

いくつかの被覆肥料に例をとって、成分の溶出パターンを図４、５、６に示した。温度の影響については、一例を図７に示した。

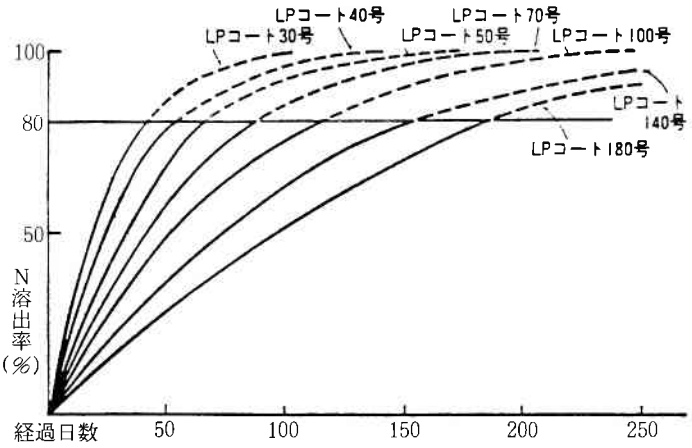


図４　ＬＰコートの 25℃水田条件下における各溶出モデル曲線

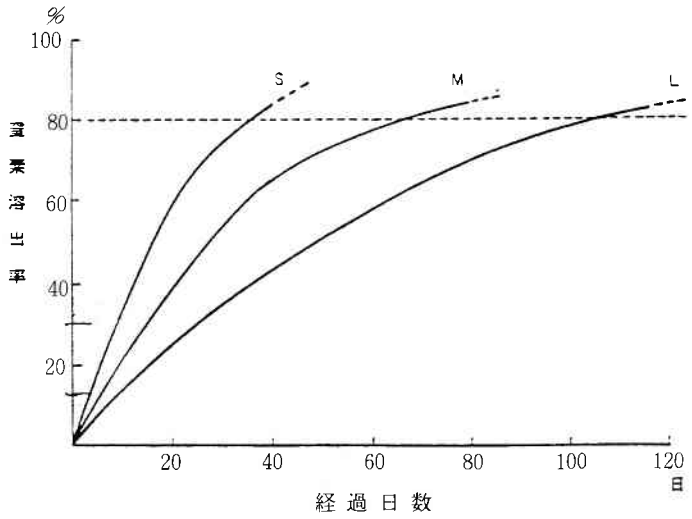


図５　セラコートＵ（被覆尿素）Ｓ、Ｍ、Ｌの
窒素溶出率（水田状態 25℃）

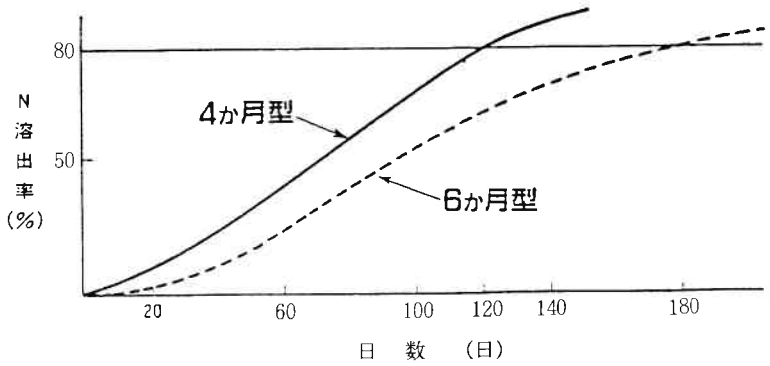


図6　ショウコートのN溶出（25℃）

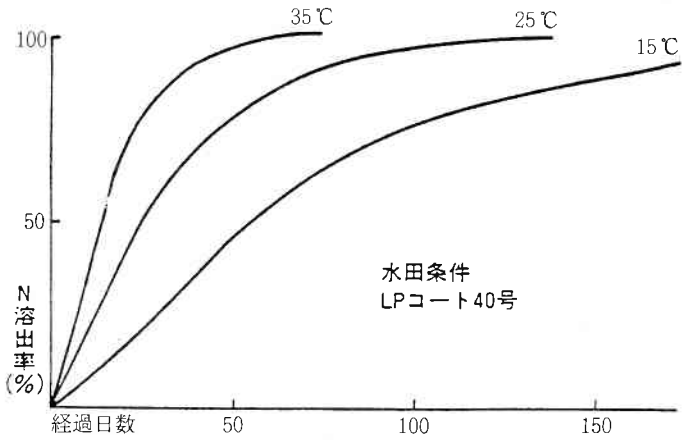


図7　N溶出への温度の影響

現在、実用化段階に入っている被覆肥料を表3にまとめた。開発研究中のものも多いから、いずれ更に多くの被覆肥料が市販されることになろう。

ＬＰコート・シリーズのように尿素単体をコーティングしたものと、化成肥料など多成分の化成肥料をコーティングしたものとがある。又、セラコート・シリーズのように被覆尿素などと速効性の化成肥料などとを配合したものもある。なお、このほかにＬＰコートなどを入れたＢＢ肥料、被覆肥料入り粒状配合肥料も数多い銘柄が作られている。

メーカーによって被覆資材がことなり、溶出メカニズムにもそれぞれ特色がある。

表3　主な被覆肥料

会　社　名	肥　料　名
チッソ旭肥料株式会社	ＬＰシリーズ （尿素コーティング） ロング・シリーズ （硝安入り化成コーティング）
セントラル硝子株式会社	Ｕコート・シリーズ （尿素コーティング） Ｃコート・シリーズ （ＮＫ化成コーティング）
昭和化成肥料株式会社	ＣＳＲ 303 （化成コーティング）
三井東圧肥料株式会社	ＳＣＵシリーズ （化成コーティング）
日産化学工業株式会社	日産被覆複合肥料 （燐加安コーティング）
日本肥糧株式会社	ＭＰＣシリーズ （化成コーティング）

溶出速度の異なる被覆肥料を用いたブレンドや、速効性肥料とのブレンドを工夫すれば、肥料成分の有効化のパターンはどのようにでも変えられるから、対象作物の生育経過、成分吸収パターンを知り、土壌水分や温度の変化が予想できるとすると、作物の要求に応じた理想的な配合肥料を作ることも可能であろう。しかし現実にはお天気の予測がむつかしく、理想の肥料組合わせを作りうる段階には来ていない。被覆肥料自体にも改良の余地は多い。

被覆肥料の特色を活かせば、①追肥回数を減らし基肥重点への施肥法改善、②肥料の効率向上による施肥量の節減、③長期間栽培への対応、④砂地などでの地力的な利用、などが考えられる。

水稲ではＬＰコート入り粒状配合肥料の全層施肥の場合、全量を基肥施用でも慣行の速効性肥料分施と同等もしくはそれ以上の収量をあげた例は多い。その一例を表4

にあげた。被覆尿素肥料の基肥施用でも速効性肥料の分施と同じような吸収経過をたどっていることが明らかにされている（図８）。

表４　窒素肥料の施肥法と収量、窒素吸収量

（農水省・連絡試験　1987）

場　　所 （品種）	区　　名	玄米収量 （kg/a）	N吸収量 （kg/a）
農研センター （水原 258 号）	速効性全量基肥	88.3	1.76
	〃　分施	93.4	2.03
	ＬＰ全量基肥	92.7	1.94
東北農試 （アキヒカリ）	速効性全量基肥	67.9	1.08
	〃　分施	70.7	1.18
	ＬＰ全量基肥	75.7	1.31
中国農試 （中生新千本）	速効性分施	58.8	1.39
	ＬＰ全量基肥	59.3	1.43
九州農試 （ニシホマレ）	速効性分施	61.1	1.44
	ＬＰ全量基肥	60.5	1.53

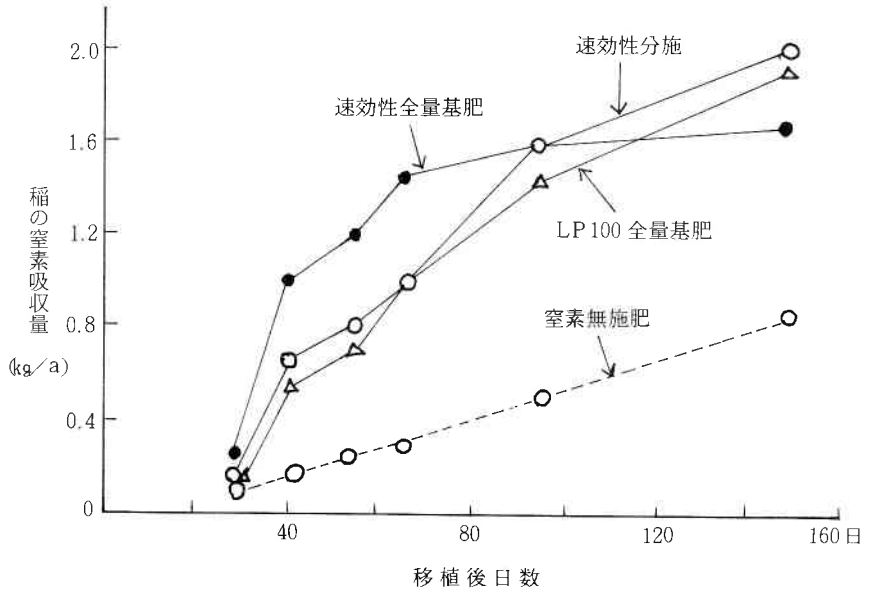


図８　窒素肥料の施肥法と稲による吸収パターン　（農研センター）

（品種：水原 258 号、稲わら 100 kg/a 施用）

前述のように側条施肥が普及し、肥効発現パターンを調節した肥料が出てくると発想は次の段階に移る。

溶出速度のさらにおそい被覆肥料を予め下層に施肥しておいて、稲の生育中・後期に効かせよう、という二段側条施肥である。株から３～４㎝横、４～５㎝下に通常の側条施肥、さらに株間一列おきに下層10～12㎝に側条施肥、という方法で、農業機械メーカーの試作した二段側条施肥田植機による圃場試験が実施されている。必ずしもうまくいくとは限らないが、問題点を整理しながら具体化への努力が続く。

マルチ栽培など追肥しにくい野菜栽培での活用、生育期間の比較的短い野菜二作分の肥料をまとめて最初に施用しておく方法、その他、被覆肥料を使った新しい施肥システムが次々に開発されている。被覆肥料は価格が割高であるが、この機能を活用できれば必ずしも高いことにはならないであろう。

今後さらに利用面の拡大が期待される肥料である。

埼玉県におけるヘリコプター播種湛直の現状と今後の展望

埼玉県農業試験場

主任研究員　大　塚　一　雄

はじめに

農機具費の増加をはじめとして米生産費が年々高騰しているのに反し、米価は3年続きで引き下げられ、益々稲作の省力、低コスト生産が強く求められている。一方、水田農業確立対策の推進に当たり、輪作農法を軸とした地域における集団的な土地利用が重要となっている。そこで、稲作の省力低コスト化の一手法である「湛水土壌中直播栽培」の苗立安定確保と、より省力低コスト化を進め、集団大規模栽培への適用を図ることを目的に、基幹の作業手段としてヘリコプターを利用した水稲の散播湛水土壌中直播栽培（以下、「ヘリ播種湛直栽培」という。）の技術開発に取り組んできた。

一毛田を対象とした適期播種条件において、十分実用性の得られるヘリコプターを総合的に活用したヘリ播種湛直の一貫技術体系がほぼ完成し、昭和63年度以後、県単事業として県内各地で実用規模での導入と展開を図ってきた。

これまでの経過と主な成果を取りまとめ、今後の展望について私見を述べ、参考に供したい。

なお、本稿は昭和63年度「農業航空技術研修会」資料を一部加筆修正したものである。

1.　ヘリ播種湛直栽培の試験経過

「ヘリ播種湛直栽培」は稲作の規模拡大と省力化を求め、既に昭和37～40年に青森県、千葉県、東北農業試験場、岐阜県等で試みられた。ヘリによる播種精度は高く、播種技術としては確立したが、種籾をそのまま代掻きしたほ場に播種したため土中に埋没せず、風で吹き寄せられたり、雑草が多発したり、生育ムラが大きく、更に、倒伏程度が大きい等で実用化には至らなかった。

昭和50年代に入り、酸素供給剤（カルパー粉剤）と播種直後に使用できる除草剤

の開発（サンバード粒剤）、専用播種機の開発により、代掻きしたほ場に酸素供給剤を湿粉衣した種籾を土中1㎝の深さに播種する「湛水土壌中直播栽培」が実用化され、低コスト稲作の有力手段として着目されてきた。しかし、ほ場の均平や適正な硬さを得るための代掻き作業が困難なこと、苗立が不安定であること等の理由から、このところ普及が停滞ぎみである。また、専用播種機を使用するため、苗作りの省略は可能であるが、作業面積を拡大しない限り低コスト効果は僅かであった。

筆者らは、昭和58年より苗立の安定確保と、より省力、低コストを目標に、あまり播種時のほ場条件に左右されず一定の播種深度が得られるミスト機を利用した「散播湛直栽培」の研究開発に着手した。

一方、昭和59年には石川農業短大の三石らにより、焼石膏を増量して加重した強度の強い散播湛直用4倍重ペレットが考案され、ヘリコプターを利用した播種試験が開始された。

「稲作の省力化を更に徹底しようと図るに際して、
　〝ヘリコプターと直播栽培との組合せ〟
　　すなわち、〝終始ヘリコプターを用いての直播栽培〟
　　に思いを至らせるのはきわめて当然のことといえよう」
　　── 角田公正ら ── 昭和37年、農業技術、17（10）

とあるとおり、初めてのヘリ湛直が実施されて23年後の昭和60年より、本県においても散播湛直の播種作業手段を作業性能の飛躍的に優れたヘリコプターにおきかえ、羽生市三田ケ谷地区で「ヘリ播種湛直栽培」試験を開始した。

年次別の供試面積と主な検討内容を第1表に示した。当初は航空協会の委託試験として、ヘリコプター作業の技術的問題を解明しながら、年々試験規模の拡大を図った。昭和63年度より国及び県単の「高生産性稲作経営モデル事業」として事業化し、実施規模の拡大と新規地区への導入定着化を進めてきた。今後、大規模条件での展開を推進するため、平成元年度より大区画ほ場の大規模条件での検討、中型ヘリでの対応について、研究を開始したところである。

表１　年次別ヘリ湛直試験規模と検討内容

年次	事業名	試験地　試験規模	主な検討内容
昭 60	農林水産航空技術合理化試験	羽生市三田ヶ谷　2.48 ha （灰色低地土下層有機質）	①播種精度　②生育、収量 ③作業時間
昭 61	農林水産航空技術合理化試験	羽生市三田ヶ谷　4.26 ha	①コーティング作業の省力化 ②代掻き許容期間　③穂肥のヘリ散布 ④収量性　⑤省力、低コスト効果
昭 62	農林航空普及展示事業	羽生市三田ヶ谷　8.66 ha	①除草剤のヘリ散布　②生産構造 ③ヘリ播種湛直の総合体系化 ④省力、低コスト効果　⑤適正規模
	農林水産航空技術合理化試験	羽生市三田ヶ谷　0.61 ha	①小麦跡へのヘリ湛直導入 （作業精度、苗立、生育、収量）
昭 63	高生産稲作経営モデル事業（普及展示事業）	羽生市三田ヶ谷　6.02 ha 加須市串作　13.5 ha	①複数団地化によるヘリ作業の広域適応性　②良質米品種への適応性 ③大規模条件の省力、経済性の実証
	農林水産航空技術合理化試験	羽生市三田ヶ谷　0.97 ha （小麦跡ヘリ湛直）	①麦稈処理と出芽苗立の向上 ②収量性の向上　③省力、低コスト効果
平 1	農林水産航空技術合理化試験	白岡町野牛　36.3 ha	①大区画、大規模条件の技術的問題点 ②　〃　経営評価
	高生産稲作経営モデル事業（普及展示事業）	加須市串作　13.5 ha 羽生市三田ヶ谷　6.02 ha 狭山市下奥富　1.5 ha 羽生市新郷　13.7 ha	①高生産性稲作モデルの確立 ①新規地区での受入体制 ②現地農家の評価

2. ヘリ播種湛直栽培の基本的条件

(1)　ヘリ播種湛直用ペレット

播種深度及び出芽深度はコーティング種子重量を増せば深まり、４倍重で適正播種深度が得られた（図１）。また、播種時の損傷防止と苗立確保のため４倍重ペレットは、乾燥種子１に対してカルパー粉粒剤Ａを３の割合で混粉衣して作成する。ヘリ播種湛直では一度に大量のペレットを必要とするため、市販小型コーティングマシンでは毎時作業能率が58kg程度と劣り、毎時 200 kg程度の作業能率を持つ大型コーティングマシンを播種作業規模に合わせて数台共同利用するのが

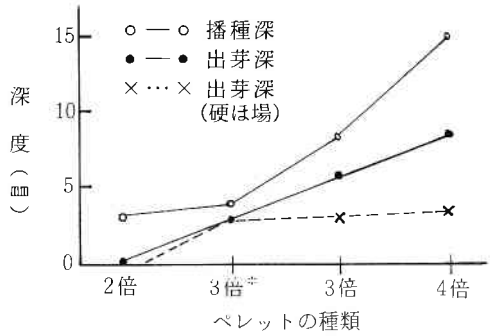


図1　ペレットの種類と出芽深（昭59）

注）灰色低地土、さげふり深12.7㎝

＊カルパーで増量

効率的である。本県では、地区ごとに播種日の調整を行い、先進地で導入済の4台の大型コーティングマシンをリース方式により共同利用する体制をとっている。

また、播種時のペレット崩壊を防ぐため、ペレットは1日程度陰干しして十分乾燥する必要がある。大規模条件ではコーティング作業を毎日同量づつ数日に亘って実施し、前日の乾燥済ペレットを収納した場所で当日分の乾燥を行い、乾燥済ペレットは苗立低下防止のため低温倉庫に保管し、乾燥場所とコーティングマシンの効率利用を図っている所である。

今後、大量のコーティング種子の乾燥、貯蔵方式の確立が急務の課題であると言えよう。

(2)　播種時ほ場条件

ヘリコプターから落下したペレットの土中への埋没程度は、ほ場の硬さと播種時の水深に大きく影響される。播種深度は耕土が軟らかいほど深くなり、湛水深の影響が大きく3㎝湛水では土中に埋没せず表層播となった。このため、稲藁等は代掻き時によく埋没し、さげ振り深10～13㎝（ゴルフボール貫入深0～1㎝）の機械移植より表土の軟らかい条件で、且つ、湛水深1㎝以下の落水条件で播種することが適正播種深度と苗立の安定確保の重要なポイントである（図2、図3）。

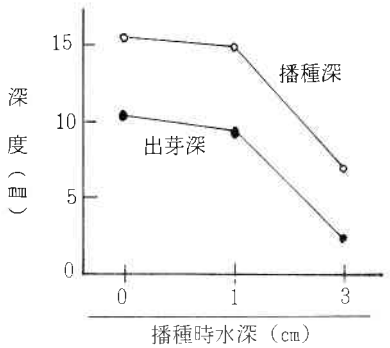


図２　播種時水深と播種出芽深（昭 60）

注）灰色低地土、４倍重ペレット
10ｍより落下（代掻き翌日）

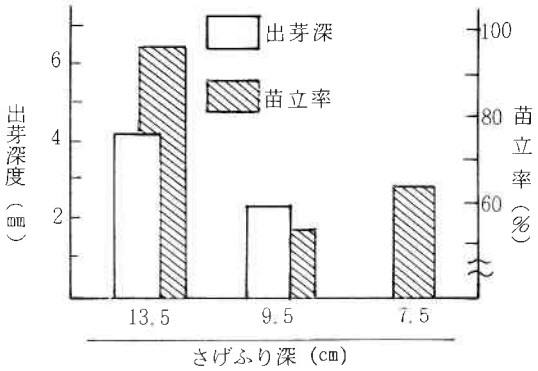


図３　ほ場硬さと出芽深（昭 58）

注）灰色低地土、４倍重ペレット
６月11日播、むさしこがね

(3)　代掻きの許容範囲（適正代掻き後日数）

代掻き後日数が経過するにつれてほ場が硬化し播種深度も浅くなる傾向を示し、表層播の割合が増加した。また、代掻き後日数が長くなると雑草（特にヒエ）の葉令が進展し、播種後処理除草剤の効果が低下した。細粒灰色低地土及び現地の灰色低地土下層有機質土壌では、代掻き後４日の範囲では、苗立や生育への悪影響は認められなかった。

ヘリコプターで播種作業を行うには、ほ場を団地化して一定期間内に代掻きほ場面積を集積することが必要となる。このため、代掻きは機械移植と同じ要領で均平をできるだけ丁寧に実施し、代掻き後湛水状態を保てば実用上播種４日前まで許容できる（表２）。

表２　代掻き後日数と出芽深度及び苗立（昭 61）

試験区名		さげふり深		出芽深度		表層播の割合	苗立数		苗立率（%）	
		範囲（cm）	C.V（%）	範囲（mm）	C.V（%）	（%）	範囲（本/㎡）	C.V（%）	播種[1]分布	播種量[2]
ヘリ播種	前日代掻き	12.0±2.2	18.7	4.4±3.1	71.6	6.9	100.1±31.7	31.7	—	64.6
	2日前代掻き	12.0±2.4	19.7	5.4±4.8	88.9	16.0	100.7±23.5	23.3	92.4	79.5
	3日前代掻き	11.2±2.2	20.0	3.0±3.1	103.1	24.8	114.2±25.1	21.9	104.8	90.2
	4日前代掻き	10.5±1.5	14.4	2.8±3.2	111.1	40.8	113.4±29.0	25.6	104.0	89.6
機械播種湛直		12.1±1.3	10.7	6.1±5.3	87.1	9.0	79.0±17.6	22.3	—	84.1

注）播種分布[1]：播種ムラ調査換算　　播種量[2]：実播種量換算

3. 小型ヘリコプターによる作業技術

(1) ヘリコプターによる湛直播種作業技術

ア．播種量

㎡当たり100本程度の苗立数を確保するためには、10ａ当たり乾燥籾2.5～3.5㎏（4倍重ペレットで10～14㎏）とする。なお、播種に際しては、播種前に規定の播種量に合わせた吐出量の調整が必要である。

イ．播種作業方法

小型ヘリコプターにＴＤＡ－Ｇ1型粒剤散布装置を装着して、飛行速度25マイル（40.2㎞/ｈ）、飛行高度10ｍ、飛行間隔15ｍの隣接往復2回播とする。均一な播種精度を得るため、2回目の飛行は1回目の中間点を逆方向（図4（ ）のように）から飛行する。この際、ほ場両端での飛行誘導と散布装置入切目安旗のほ場内設置が必要である。

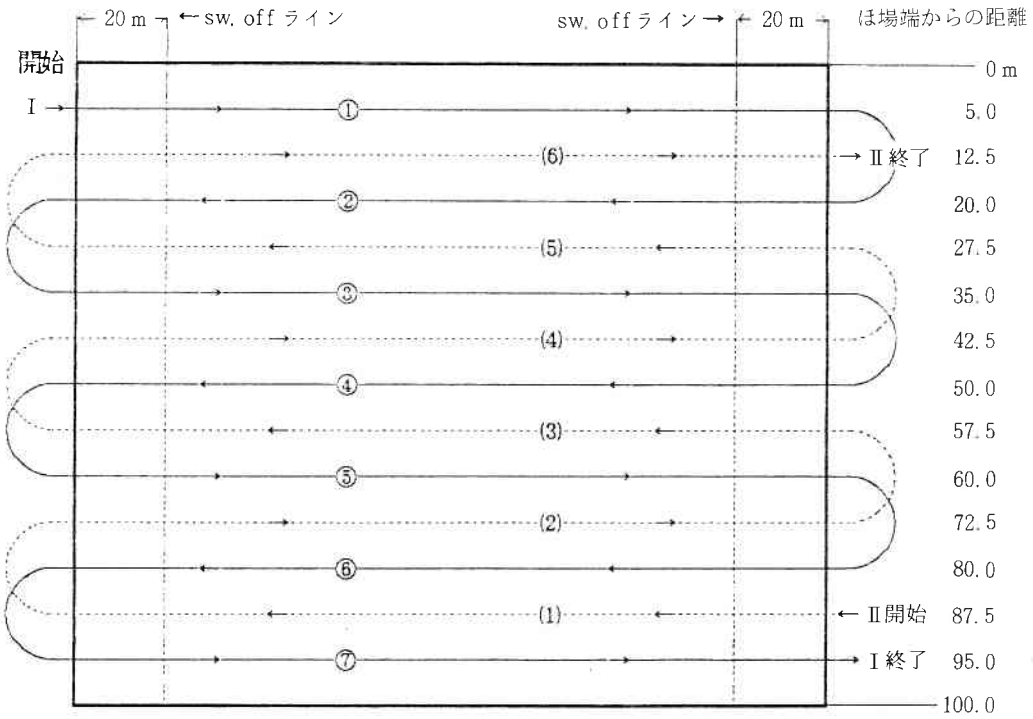


図4　ヘリ湛直播種作業方法

ウ．播種作業能率

同一方向播では空運転時間を多く要するのに反し、隣接往復播はこの節減から大幅に作業能率が向上し、更に同一場所での作業面積が拡大することにより作業能率が高くなった。１圃区３ha以上の規模ではha当たり６～８分、毎時８～10haの作業が可能で、ヘリコプター播種は乗用型５条湛水土壌中直播機の30倍以上、ミスト機の約16倍の高能率を発揮した（表３）。

表３　ヘリコプターによる湛直播種作業能率

播種作業方法		(年次)	作業面積 (ha)	作業時間 (分)	作業時間の内訳（分）				作業速度 (km/h)	作業幅 (m)	ほ場作業量 (ha/h)	ほ場作業効率 (%)
					実作業	空運転	補給	その他				
ヘリ播	同一方向播	(昭60)	1.43	14.98	3.15	8.95	1.08	1.80	35.5	15.0	5.73	21.5
	隣接往復播	(昭61)	3.20	23.00	8.13	10.28	2.42	2.17	31.7	15.0	7.89	33.2
	隣接往復播	(昭62)	3.20	18.11	5.32	8.52	4.27	0	44.4	15.0	10.01	30.0
	隣接往復播	(昭63)	14.00	57.45	23.35	21.17	9.93	3.00	46.8	15.0	14.62	41.7
乗用５条湛直機		(昭61)	0.41	109.00	82.30	12.40	7.00	7.30	2.02	1.5	0.227	75.9
同　上		(昭62)	0.43	99.13	82.39	11.17	3.42	1.15	2.22	1.5	0.277	83.1

エ．播種作業精度

播種量は散布前の吐出量設定値に比べやや少ない傾向であった。

整形の圃区のほ場外飛散粒割合はほぼ５％程度であった。播種時の風の影響により多少の変動が見られるが、飛行線の側方には５～８ｍまで飛散し、散布距離が長いことから全飛散量の70～80％が分布した。進入脱出方向には４～７ｍまで飛散が認められ、全飛散量の20～30％が飛散した（表４）。このため、ヘリ播種湛直では同一地区での数品種の作付けは混種の恐れがあるため困難と考えられる。しかし、隣接移植田への飛散粒は出芽するが湛水深があるため土壌に定着せず、除草剤散布によりほとんど枯死し、混種の恐れは少ないと言えよう。なお、作期がずれている場合は混種防止のため、出芽に合わせて、飛散が見られた隣接ほ場には除草剤を散布することが必要である。

ほ場内の播種ムラは１ｍ間隔に調査した結果、変動係数は60年の同一方向播が26.4％、61年の隣接往復播が27.2％（表５）で両年とも標準偏差値の範囲内に70％以上が分布（図５）しており、中型機の精度もほぼ同様であった。こ

表４　ヘリコプター播種によるほ場外飛散量

試験年次	播種面積 (ha)	全播種量 (kg)	ほ場外飛散量 (kg)	同左割合 (%)	実播種量 (kg)	10a当たり播種量 (kg)			㎡当たり播種粒数 (粒)
						ペレット	乾籾	設定比	
60	2.12	460.0	32.63	8.7	340.8	16.08	4.02	100.5	138.1
61	3.83	680.0	43.5	6.9	583.1	15.24	3.48	99.4	132.6
62	8.66	1,190.8	61.9	5.2	1,128.9	13.04	2.34	83.6	116.9
63	14.25	1,944.9	99.5	5.1	1,845.4	12.95	3.16	90.3	121.0

表５　ヘリ播種作業方法と播種精度

播種作業方法	播種ムラ		ほ場外飛散粒割合	実播種量
	(粒/㎡)	C.V (%)	(%)	(対計画値比 %)
同一方向播種	138.1 ± 36.3	26.4	6.4	89.3
隣接往復播種	109.0 ± 29.6	27.2	6.8	95.1

注）播種量：同一方向播種4.0kg、隣接往復播種3.5kg/10a

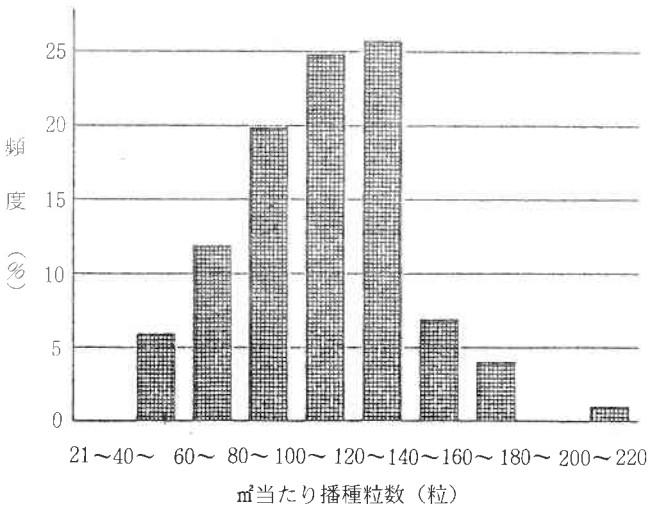


図５　m²当たりの播種粒数の頻度分布（昭61）

のことから、ヘリコプター播種は人力播種やミスト機播種に比較して非常に高い均一性を示し、播種作業方法や播種量の影響も認められなかった。また、飛行線方向のほ場に隣接して25m程度の障害物が存在しても、ほ場端まで確実に播種され、播種ムラもほとんどなく実用上何等の支障もなかった。

以上のとおり、4倍重ペレットを用いたヘリコプターによる播種作業は十分実用性が高いと考えられる，なお、同時作業面積が広大なため、適正な代掻き作業の実施がより前提となろう。

(2) ヘリコプターによる除草剤散布作業技術

ア．散布作業方法

播種作業と異なり、小粒の除草剤を10a当たり3kgの少量散布するため粒剤散布装置をN－033型に変更し、飛行速度も毎時35マイル（56.3km/h）と早くし、高度10m、飛行間隔15mの1回散布（播種作業の1回めだけ）とする。パイロットの熟練により将来的には不要になるものと思われるが、現状では散布精度向上のため、播種作業と同様に地上誘導やほ場内の目安旗の設置が必要である。

イ．除草剤散布作業能率

除草剤散布は1回散布であることや散布量が少ないことから、1飛行当たり実散布時間が長く補給回数も少ないため、播種作業や穂肥散布作業の2倍以上の高能率を示し、1ha当たり約3分、毎時約20haの作業が可能であった。この作業能率は30m多口噴頭ホースによる1回散布の4～5倍、2回散布の8倍以上の高能率である（表6）。

なお、ヘリ散布の場合は補給作業の効率化のため、散布作業前に除草剤の3kg小袋を開封して1袋21kgの大袋に詰め替えておくのが有効であった。なお、今後は20kg詰め等、荷姿、包装の改良が必要と思われる。

表６　散布方法と除草剤散布作業能率（昭62）

供試除草剤		ピラゾレート粒剤		CNP・ダイムロン粒剤	
散布方法		ヘリコプター散布	多口噴頭散布[1]	ヘリコプター散布	多口噴頭散布[2]
作業面積	(ha)	8.66	0.30	8.66	0.30
全作業時間	(分)	27.03	4.6	26.84	7.99
内訳 実作業時間	(分)	6.69	3.5	6.61	6.83
内訳 空運転時間	(分)	15.94	0.3	16.74	0.33
内訳 補給時間	(分)	4.40	0.8	3.49	0.83
作業速度	(km/h)[3]	53.38	0.476 (m/s)	54.39	0.488 (m/s)
有効作業幅	(m)	15.00	30.00	15.00	30.00
ほ場作業量	(ha/時)	19.44	3.91	19.36	2.25
有効作業量	(ha/時)	80.07	5.14	81.59	2.64
ほ場作業効率	(%)	24.28	76.07	23.73	85.50

注）1．30ｍホース使用１回散布
　　2．30ｍホース使用２回散布
　　3．ヘリコプター散布は１行程長の飛行時間から算出した。

ウ．除草剤散布作業精度

播種後処理剤（サンバード粒剤）と生育期処理剤（ショウロンM粒剤）、プッシュ粒剤）の３薬剤で検討したが、散布量は設定吐出量より増加する傾向を示した。

ほ場外飛散は周囲４～６ｍまで認められ、飛行線側方に約80%が飛散した。全散布量に対する飛散量割合は５%程度であった（表７）。

１ｍ間隔で調査したほ場内の散布ムラは、薬剤の粒型が異なることから薬剤間で多少の差はあるが、変動係数25～35%と人力散布より大幅に優り、30ｍ多

表７　ヘリ散布による除草剤の散布精度（昭62）

供試除草剤	散布面積 (ha)	全散布量 (kg)	設定比[1] (%)	ほ場外飛散量 (kg)	同左割合 (%)	実散布量 (kg)	10ａ当たり 実散布量 (kg)	10ａ当たり 設定比[2] (%)
ピラゾレート	8.66	279.60	114	15.89	5.7	263.71	3.05	102
CNP・ダイムロン	8.66	297.30	126	12.86	4.3	284.44	3.29	110

注）1．設定吐出量に対する比率
　　2．ほ場内目標散布量に対する比率

表８　散布方法と除草剤散布ムラ（昭62）

散布方法	供試除草剤	調査点数	㎡当たり散布量		回収率
			範囲（g）	C.V（%）	（%）
ヘリコプター散布	ピラゾレート粒剤	101	3.05 ± 0.75	24.6	94.4
	CNP・ダイムロン粒剤	101	3.05 ± 1.08	35.8	97.6
多口噴頭散布[2)]	C N P 粒 剤	31	—	26.0	—

注）1. 大塚、雑草とその防除　17号（1980）

口噴頭ホース散布並の高い精度であった（表８）。

また、高い散布精度が得られたため、ヘリ散布に起因する除草効果の低下や薬害の発生等は全く認められなかった。

以上のことから、ヘリコプターによる除草剤散布は、散布精度が高く省力的に大面積の同時作業が実施出来ることから、大面積の同時期作業を必要とする「ヘリ播種湛直栽培」には特に有効と考えられる。なお、除草剤により吐出トラブルの発生があるので散布装置の改良と、補給作業能率向上のため除草剤包装の大袋詰を検討する必要がある。

(3)　ヘリコプターによる穂肥散布作業技術

ア．散布作業方法

播種作業と全く同一な散布装置と作業方法で、飛行速度のみを除草剤散布と同じ毎時35マイル（56.3㎞/h）として作業を実施する。

イ．穂肥散布作業能率

飛行速度が早いことから播種作業よりわずかに能率が向上し、1haあたり約６分、毎時約10haの穂肥散布が実施できる。他の散布方法と比較すると、ほ場に分け入っての人力施肥の約40倍、現在の最も省力的な施肥方法である背負式動力散粉散粒機を利用した畦畔からの流し噴頭散布の約11倍の高能率であった（表９）。さらに、穂肥施用時期が高温多湿時であることから、労働強度の軽減効果が大きい。

表9　穂肥散布作業能率（昭61）

施用方法		ヘリコプター施肥	背負式動力散粉粒機*
作業面積 (ha)		3.02	0.41
全作業時間 (分)		18.66 (100.0%)	28.16 (100.0%)
内訳	実作業時間 (分)	4.87 (26.1)	13.37 (47.5)
	空運転時間 (分)	8.71 (46.7)	8.58 (30.5)
	補給時間 (分)	3.53 (18.9)	2.60 (9.2)
	休止時間 (分)	1.55 (8.3)	1.53 (5.4)
	その他 (分)	0 (0)	2.08 (7.4)
作業速度 (km/h)		52.29	2.1
有効作業幅 m)		15.0	14.0
作業回数 回)		2	1
ほ場作業量 (ha/時)		9.71	0.87
ほ場作業効率 (%)		24.8	29.6

注）（ ）は全作業時間に対する割合　　*は「流し噴頭」使用

ウ．穂肥散布作業精度

NK−C6化成で検討したが、散布量は設定吐出量とほぼ同量であった。

ほ場外飛散は周囲4～5mまで認められ、飛行線側方に約75%が飛散した。全散布量に対する飛散量割合は種子や除草剤より大幅に少なく、2～3%程度であった（表10）。

1m間隔で調査したほ場内の散布ムラは、変動係数20%程度、平均値の前後30%の範囲に90%が分布し、人力施肥や背負式動力散粉散粒機利用に比べて非常に均一である。

表10　ヘリコプター散布による施肥量（昭61）

ほ場区分	散布面積 (ha)	散布量 (kg)	10a当たり散布量 (kg)	ほ場外飛散量 (kg)	実散布量 (kg)	実施肥量(kg/10a) 製品量	実施肥量(kg/10a) 成分量	対計画比率 (%) 製品量	対計画比率 (%) 成分量
A	3.02	476.5	15.8	5.2	471.3	15.6	2.65	86.7	88.3
B	0.81	119.6	14.8	3.4	116.2	14 3	2.44	79.4	81.3
全平均	3.83	596.1	15.6	8.6	587.5	15.3	2.61	85.0	87.0

表11　ヘリコプターによる穂肥施用と水稲の生育ムラ（昭61）

ほ場別（点数）	穂肥施用時				成熟期調査			
	草丈（cm）	C.V（%）	茎数（本/㎡）	C.V（%）	稈長（cm）	C.V（%）	穂数（本/㎡）	C.V（%）
A（89）	74.4 ± 3.2	4.3	589 ± 114	19.4	80.1 ± 2.8	3.5	466 ± 55	11.8
B（25）	71.2 ± 2.9	4.0	599 ± 88	14.6	75.0 ± 4.6	6.1	453 ± 67	14.8

ヘリコプター散布による水稲の葉焼けや葉色ムラ等の障害は全く発生せず、以後の生育が斉一に揃った（表11）。

これらのことから、有効茎の非常に多く確保できる散播湛直栽培では、穂肥の適期施用は安定増収の大きなポイントであるが、ヘリコプター施肥は省力的に大規模面積の作業が実施できることから、品種、作期が揃い同一な管理が実施されている「ヘリ播種湛直栽培」では特に有効に活用できる。

4. ヘリ播種湛直の生育の特徴と収量性

(1) 出芽深度と苗立

播種前4日間の代掻きが許容されたが、ヘリ播種の出芽深は4㎜程度と浅く、表層播の割合が20%程度と多かった。苗立率は芽干しを実施しているが浅播のため3か年平均で86.2%と機械播より安定して高かった。この結果、62年には実播種量2.3kg/10aでも100.4本/㎡の苗立を確保できた。

播種方法との関連はヘリ播種は出芽深、苗立ともほ場内、ほ場間の差が少なく、均一性、安定度ともに優れミスト機播種と湛水土壌中直播機播種の中間的傾向であった（表12）。

播種深度の確保と苗立のより安定のためには、田面の均平と耕土表層を軟らかに保つことが重要と考えられる。

表12　播種方法と出芽深度と苗立率（昭和60～62年平均）

播種法	出芽深度		表層播割合	苗立数		苗立率
	範囲（㎜）	C.V（%）	（%）	範囲（本/㎡）	C.V（%）	（%）
ヘリ播	4.0 ± 3.2	80.0	21.7	114.7 ± 24.0	20.9	86.2
機械播	5.5 ± 3.7	67.3	11.7	90.4 ± 13.7	15.2	81.6
ミスト播	1.4 ± 1.4	100.0	37.5	107.3 ± 22.4	20.9	90.5

(2) 生育の特徴

ヘリ播種湛直は移植栽培や機械播種湛直に比べて浅播のため（表13）、葉位の進展と分げつの発生が早く、特徴的にはミスト播と同様、不完全葉を含めた低位の一次及び二次分げつの発生頻度が高く（表14）、初期から多げつ型の旺盛な生育を示した。茎数確保が容易で、面積当たり最高分げつ期茎数は機械播の1.7倍、ＬＡＩも1.5倍と過剰生育ぎみに生育量が多かった。有効茎はⅠ～Ⅴ号の一次分げつ及びⅠ～Ⅲ号の二次分げつで構成された。個体当たり土地占有率が高いため、株重が重く出穂期にはＬＡＩが10程度と中苗移植や機械播湛直の1.5～2倍の大きな生育量を示し、成熟期まで継続して穂数が多く確保され、ほ場間差も少なく非常に均一な生育が得られた（表15、表16）。

表13　一毛田湛直の播種方法と生育比較（昭和60～62年3か年平均）

播種方法	苗立数 (本/㎡)	苗立率 (%)	出芽深度 (%)	播種20日後（6.10） 草丈 (cm)	播種20日後（6.10） 葉位 (L)	播種40日後（7.3） 草丈 (cm)	播種40日後（7.3） 茎数 (本/㎡)	播種70日後（8.3） 草丈 (cm)	播種70日後（8.3） 茎数 (本/㎡)	播種70日後（8.3） 葉色
ヘリ播	115.2	86.6	4.1	14.2	3.8	38.9	913.0	72.1	646.2	4.5
機械播	90.4	81.6	5.5	14.3	3.7	38.7	665.7	71.6	471.7	5.0
ミスト播	107.3	90.5	1.4	13.0	3.9	32.7	852.8	72.3	610.9	4.5

播種方法	出芽期 (月日)	出穂期 (月日)	成熟期 (月日)	成熟期調査 稈長 (cm)	成熟期調査 穂長 (cm)	成熟期調査 穂数 (本/㎡)	有効茎歩合 (%)	倒伏程度
ヘリ播	5.26	8.24	10.8	77.1	18.1	481	52.7	0.8
機械播	5.27	8.24	10.9	78.5	18.8	400	60.1	0.7
ミスト播	5.26	8.24	10.10	79.7	18.5	494	57.9	0

表14　播種方法と最高分げつ期の分げつ発生頻度（%）（昭62年）

播種方法	主稈	1次分げつ							2次分げつ											
		i	I	II	III	IV	V	VI	i_p	i_1	i_2	I_p	I_1	I_2	II_p	II_1	II_2	III_1	III_2	IV_1
ヘリ播	100	18	95	100	100	99	85	26	13	13	6	58	88	75	15	91	56	45	6	3
機械播	100	−	80	100	100	100	30	−	−	−	−	20	40	30	20	60	10	−	−	−
ミスト播	100	60	100	100	100	100	90	−	20	40	40	60	90	50	30	100	40	30	10	−

表15　播種方法と有効茎の発生頻度（%）（昭62年）

播種方法	主稈	1次分げつ						2次分げつ					
		I	II	III	IV	V	VI	I_p	I_1	I_2	II_p	II_1	III_1
ヘリ播	100	73	99	100	86	48	1	14	49	4	10	75	14
機械播	100	40	90	100	80	20	−	−	−	−	−	30	−
ミスト播	100	70	100	100	100	50	−	40	40	−	30	80	10

表16　播種方法と生育量（昭62、たまみのり）

播種方法	最高分げつ期の生育量					出穂期の生育量					
	草丈	茎数	風乾重（g）		LAI	草丈	茎数	風乾重（g）			LAI
	(cm)	(本/株)	葉身	葉鞘		(cm)	(本/株)	葉身	葉鞘	穂	
ヘリ播	35.8	11.0	0.66	0.77	1.76	96.5	6.7	4.66	11.39	2.01	9.5
機械播	32.7	6.9	0.29	0.34	0.70	97.6	4.6	3.36	6.27	1.14	6.6
ミスト播	32.7	11.3	0.60	0.71	1.42	99.2	7.3	5.36	11.81	2.11	10.4

(3)　収量構成の特徴

中苗移植や機械播湛直は高位分げつほど短稈、短穂化傾向が増すのに反し、ヘリ播はこの傾向がなく、各分げつの茎重、穂重、1穂粒数、登熟歩合がほぼ均一であった。中苗移植は主稈とIV～VI号分げつ主体の生産構造であるが、ヘリ播種湛直は二次分げつの比重が高く、主稈と低位（I～III号）の一次分げつがほぼ均等な依存割合で収量を構成する生産構造であった（表17）。

表17　栽培様式と有効茎、穂数及び籾数の構成（昭62）

栽培様式	発生頻度構成割合	主稈	一次分げつ							二次分げつ
			I	II	III	IV	V	VI	VII	
ヘリ播（むさしこがね）	有効茎*	100.0	100.0	90.6	71.9	53.1	15.6	−	−	153.1
	穂数**	17.1	17.1	15.5	12.3	9.1	2.7	−	−	26.2
	籾数**	16.0	17.8	16.0	13.4	9.5	3.0	−	−	24.3
機械播（たまみのり）	有効茎*	100.0	44.4	94.4	100.0	94.4	41.7	−	−	127.8
	穂数**	16.6	7.4	15.7	16.6	15.7	6.9	−	−	21.2
	籾数**	17.6	7.8	16.2	16.7	15.2	6.3	−	−	20.2
中苗（むさしこがね）	有効茎*	100.0	−	−	−	56.9	90.2	86.3	49.0	78.4
	穂数**	21.7	−	−	−	12.3	19.6	18.7	10.6	17.0
	籾数**	24.7	−	−	−	13.0	20.7	18.6	9.2	13.9

注）*は発生頻度（%）、**は構成割合（%）

(4) 収 量 性

ヘリ播種湛直はほ場内、ほ場間及び年次間の収量がバラツキが少なく、昭和60～62年の3か年平均で54.0kg/a（全面積の実収量50.3kg/a）と機械播湛直やミスト播湛直の101～110%、同時期の機械移植水稲より105～110%（30～50kg/a）の多収性を示した（表18、図8）。

表18 播種方法別の収量比較（昭60～62年、3か年平均）

播種方法	10a当たり収量（kg）			屑米重歩合	精玄米（g）		籾わら比率	籾摺歩合	実収量*
	わら重	精籾重	精玄米重	(%)	千粒重	1ℓ重		(%)	(kg/10a)
ヘリ播	876	653	540	1.4	21.4	835.1	0.76	82.0	503
機械播	807	633	524	1.3	21.8	835.9	0.81	82.1	478
ミスト播	890	636	527	1.2	21.5	835.7	0.73	82.3	540

注） *実収量は全ほ場の平均値

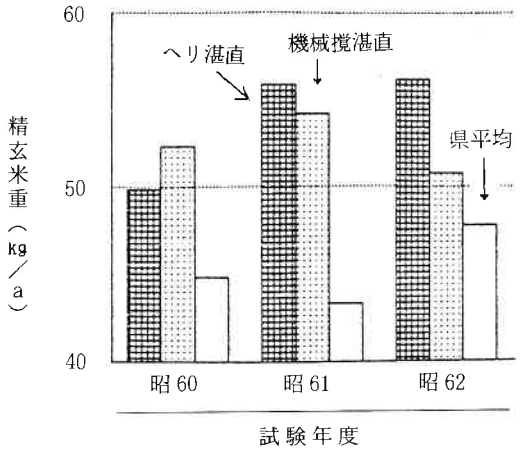


図8 栽培体系と収量性

この要因は、先ず穂数が非常に多く確保できることによる面積当たり籾数増が、次いで登熟歩合が高いことがあげられる（表19）。

以上、ヘリ播種湛直は低位分げつの発生が多く、有効茎も低位分げつ主体に多く確保され、中苗移植と異なり各分げつの籾数や登熟がよく揃って均等な割合で収量を構成する生産構造であるため安定度が高く多収が得られるものと考えられる。

表19　播種方法別収量構成要素の比較（昭60～62年　3か年平均）

播種方法	苗立数（本/㎡）	穂数（本/数）	有効穂率（%）	有効穂数（本/㎡）	1穂籾数（粒）	㎡当たり籾数（1000粒）	登熟歩合（%）	玄米千粒粒重（g）
ヘリ播	115.0	4.5	96.8	460	65.9	30.5	87.2	21.4
機械播	90.4	4.4	97.4	403	71.8	28.4	87.1	21.8
ミスト播*	107.3	4.9	97.2	492	65.4	32.1	85.3	21.3

注）　*は昭和61～62年　2年平均

5.　ヘリ播種湛直の肥培管理技術

(1)　ヘリ播種湛直の施肥方法

浅播と多げつ型の旺盛な生育の特長から、倒伏と過剰生育を防止し、多収につなぐことがポイントである。このため、窒素の施肥体系は基肥を0.4kg/a程度に少なくし、7葉期の中間追肥（0.2kg/a程度）を施用し、穂肥を耐倒伏性品種では出穂前23～20日に0.3kg/a程度と出穂前10日に0.2kg/a程度施用する後期重点施肥を基本とする（表20）。なお、苗立数に応じて追肥で生育コントロールを行う。苗立数が50本/㎡以下の少ない場合は早期追肥（2～3葉期0.4kg/a）を施用し、100本/㎡以上多い場合は2葉期追肥を中止して7～8葉期追肥を施用する。今後、より省力、低コスト化を図るため、緩効性肥料利用による中間追肥の省略、穂肥の1回施用体系や、大規模化に伴うほ場間収量のバラツキを

表20　施肥法と生育・収量（昭61）

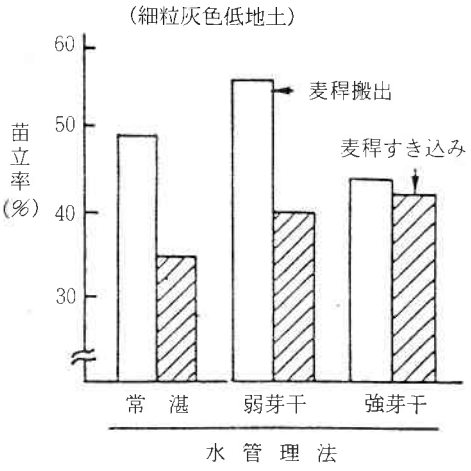
苗立数	施肥量(N.kg/10a)	成熟期調査			収量（kg/a）	
（本/㎡）	基肥－3L－7L	稈長（cm）	穂長（cm）	穂数（本/㎡）	わら重	精玄米重
38	4－2－4	72.0	18.7	336	68.2	48.6
40	4－4－0	70.7	19.2	341	68.3	47.7
37	4－4－2	73.4	19.4	348	69.7	51.5
67	4－2－2	70.4	18.6	338	74.6	48.7
103	4－0－0	69.8	18.0	364	71.4	48.2
102	4－0－2	70.1	18.7	404	73.6	50.8

注）　むさしこがね　5月27日播

解消して安定生産をすべく、ＬＰ－100等肥効の長い緩効性肥料を利用した地力補正等の技術確立を検討中である。

(2) ヘリ播種湛直の水管理方法

苗立の安定確保と倒伏防止、玄米の品質向上がポイントである。播種後の入水は種子の定着と播種深度の確保を図るため播種翌日とし、出芽期間は浅水管理、苗立の安定確保と倒伏苗の屈起と弱小苗淘汰のため出芽揃期に３～４日間ヒビの入る程度の芽干しを実施する（表21、図９）。以後は移植栽培並の管理とし、倒伏防止のため特に有効茎確保後早めに強めの中干しを組み合わせる。また、出穂後20日間は間断灌漑を励行し、早期落水を避けることが重要である。



注）二条大麦跡、６月５日播、むさしこがね
弱芽干：３日間、強芽干：７日間
1984～1986年平均値

図９　播種後水管理法と苗立

なお、過剰生育防止のため、生育期の深水灌漑については現在検討中である。

表21　播種後の水管理方法とほ場条件及び出芽苗立（昭60）

水管理方法		ほ場表層の硬さ				播種深	出芽率	苗立率	初期生育（７月12日）	
		播種翌日入水時		芽干し終了時						
播種後	入水 芽干し	矩形板沈下深（cm）	さげふり深（cm）	表層（kg/cm²）	5 cm（kg/cm²）	（cm）	（%）	（%）	草丈（cm）	茎数（本/m²）
直後	有	13.9	7.0	2.1	2.9	0.9	81.4	78.2	41.3	260
〃	無	12.7	7.1	0.8	0.8	1.2	14.1	13.0	37.1	51
翌日	有	5.7	5.5	2.2	3.1	1.4	72.0	67.8	42.1	254
〃	無	1.2	4.2	1.0	1.6	1.1	61.6	54.0	39.1	180

注）(1) 播種期：５月27日、供試品種：むさしこがね、芽出し：出芽揃期～３日間
(2) 矩形板沈下深は、25cm²矩形板 0.08 kg/cm²荷重
(3) 芽干し終了時のほ場硬さは、SR－Ⅱ小コーンの貫入抵抗

(3) 雑草防除方法

ヘリコプター播種湛直では代掻き期間が4日間に分散していること、散播であることから雑草防除は特に重要となる。湛直栽培ではノビエの出芽が稲より早く、葉令の進展も早（図10）。暖地では浅水管理や芽干しによって雑草の生育が促進され、芽干し直後急激に生育量を増し、移植栽培より雑草の発生量が多くなる(表22)。サンバード粒剤が湛直栽培に不可決の播種後処理除草剤として定着してい

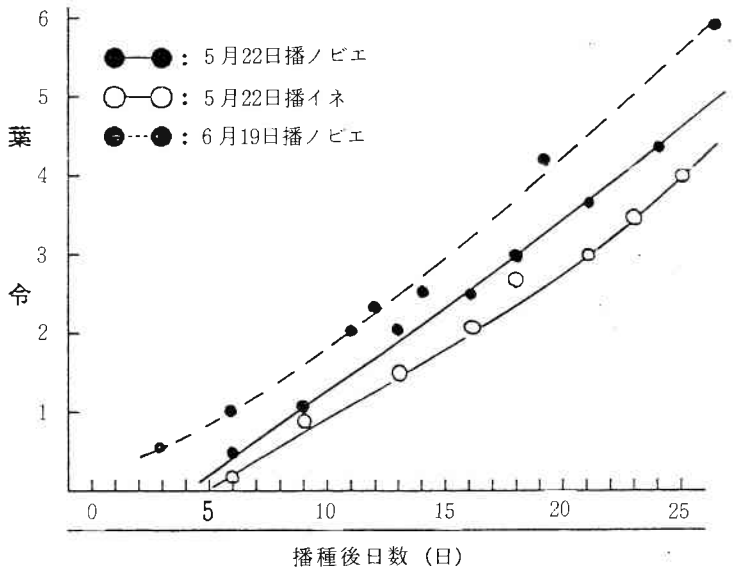


図10　湛水土壌中直播のイネとノビエの葉令

注）昭和62年適Ⅱ試験、低コスト試験より作図

表22　水稲栽培様式と雑草発生量

栽培法	発生量	ノビエ	コナギ	アゼナ	カヤツリグサ	キカシグサ	ミズハコベ	マツバイ	ホタルイ	合計
稚苗移植	本数（本/㎡）	2	22	135	—	—	7	12	9	187
	風乾重（g/㎡）	11.5	1.8	0.9	—	—	t	t	0.3	14.5
湛水直播	本数（本/㎡）	7	64	1,539	99	185	827	359	10	3,090
	風乾重（g/㎡）	3.4	8.9	30.7	6.6	1.8	4.6	0.6	0.7	57.3

注）昭和63年適Ⅱ試験無除草区の雑草発生量

稚苗移植：5月27日移植、7月18日調査、湛水直播：5月12日播種、7月4日調査

るが、播種後１回処理だけでは防除困難な場合が多い（図11）。近年、新規に使用登録されたパイサー流剤、プッシェ粒剤、エスドラム粒剤等はノビエの適用葉令が拡大され、表層剥離等にも有効なものも見られる。これらの播種後処理剤を利用したり芽干しや多年生雑草の発生にも対処できるよう、雑草の発生草種、発生量、作期等に応じて薬剤の選択使用と組合せ使用が大切である。各地の試験結果から、効果の高い除草体系を図12に示した。なお、いずれの処理体系においても雑草防除のコスト低減を考慮した場合、既存の移植栽培用除草剤の使用が効果的である。

今後、除草効果を高めるための代掻き精度の向上や作業方法の改善、作業の計画的実施が必要である。除草剤だけに頼らず、雑草発生を少なくするような耕種的な改善も必要である。

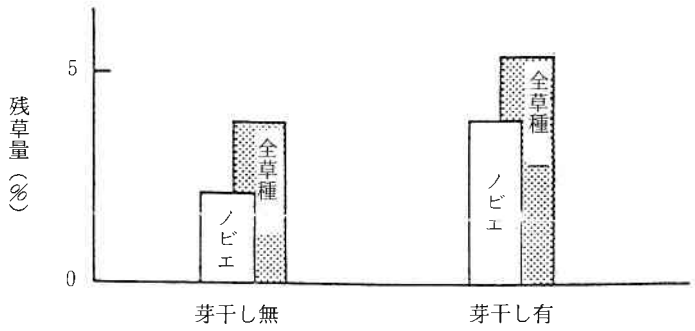


図11　芽干し処理とピラゾレート粒剤の除草効果（昭61）

（対無処理区比率）

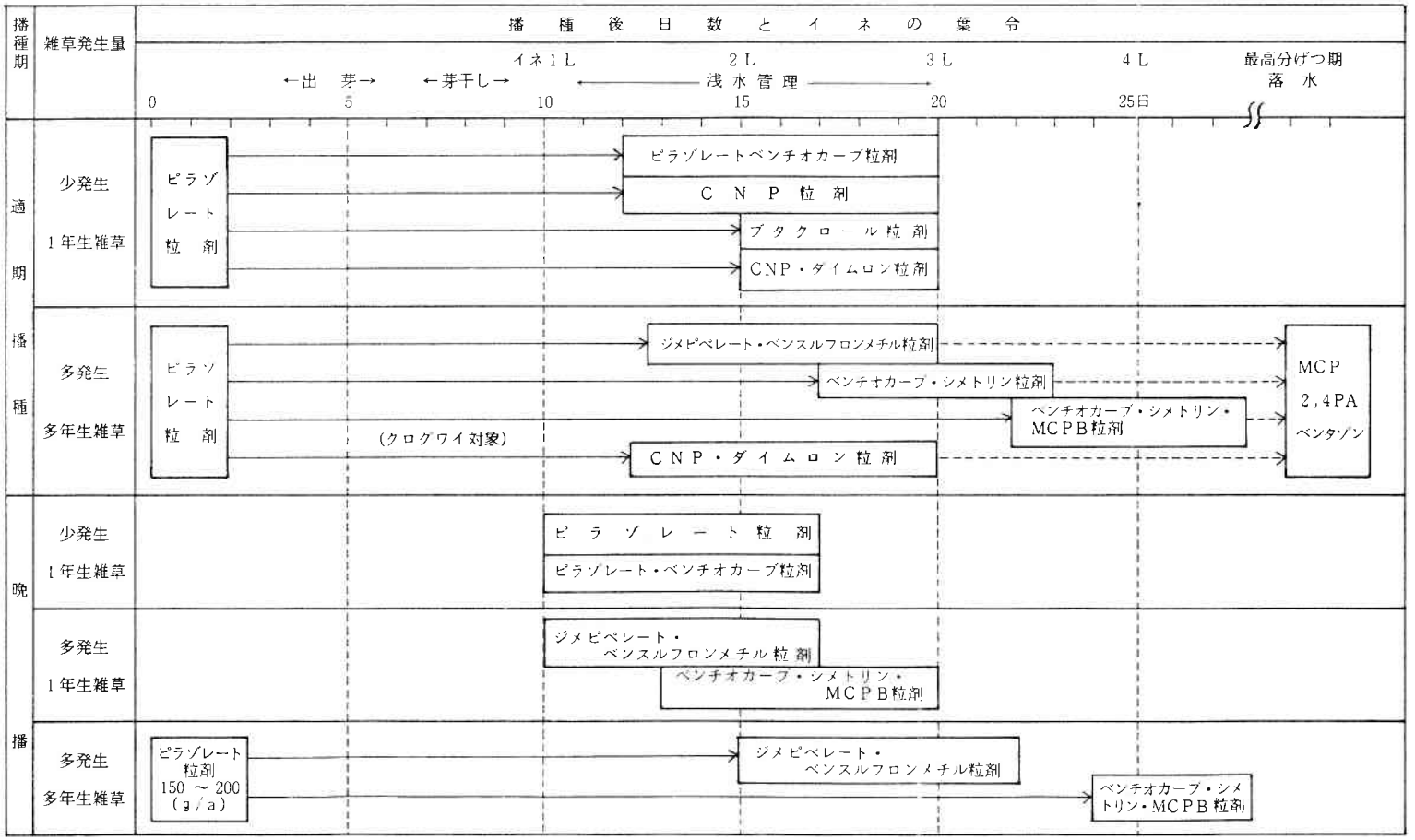


図12　温暖地における湛水土壌中直播の雑草防除体系（昭62）

注）　小山、坂井、田村、手塚らの報告を加えて作図

6. ヘリ播種湛直栽培の省力性

大型コーティングマシンを使用し、ヘリコプターを湛直播種作業、除草剤散布作業２回、穂肥散布作業１回、病害虫防除作業２回の合計６回の作業に利用し、自脱型コンバイン収穫と生産組合の乾燥調製施設を利用して実施した「ヘリ播種湛直一貫体系」事例のha当たり延所要労働時間は昭和62年度は116時間、うち機械利用時間は34%、昭和63年度は110時間、うち機械利用時間は58%であった（表23）。作業工程別では育苗作業の削除と移植に代わる播種作業時間の大幅減により（図12）、

表23　一毛田稲作体系の作業工程別所要労働時間の比較

（時間/ha）

稲作体系		種子予措	育苗コーティング	耕起	代かき	移植播種	施肥	雑草防除	病害虫防除	管理	合計	収穫、乾燥調製を含む
63年ヘリ湛直		0.8	4.7	10.0	8.3	5.7	19.4	6.6	2.9	28.2	86.6	110.3
63年県平均		7.0	41.0	└59.0┘		57.0	32.0	30.0	28.0	52.0	306.0	401.0
稚苗大型体系		2.4	18.2	8.5	6.5	18.4	25.1	9.3	17.8	20.0	126.2	176.9
湛直大型体系		2.0	2.3	14.2	7.1	6.2	19.2	1.4	10.5	20.2	83.1	139.3
ヘリ湛直	63県比率（%）	11	11	└ 31 ┘		10	61	22	10	54	28	28
	稚苗比率（%）	33	26	118	128	31	77	71	16	141	69	62
	湛直比率（%）	40	204	70	117	92	101	471	28	140	104	79

注）63年産県平均は埼玉統計情報事務所調査値、稚苗及び湛直大型体系は昭和61年度経営機械部成績、収穫、乾燥、調製は年次により作業機及び作業方法が異なる。

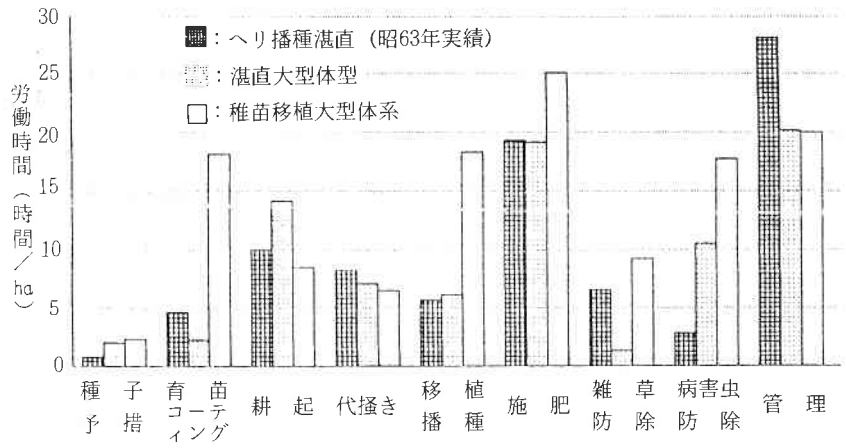


図12　稲作体系別所要労働時間の比較（昭63）

昭和63年度実施した「ヘリ播種湛直一貫体系」事例では、大型稚苗移植体系に比べ約40%、大型湛直体系に比べ20%の省力となり、2か年にわたり県平均の約1/4までに大幅な省力化が図れた（図13、表23）。ヘリの作業を6回とし、作業規模を拡大することにより省力性がより高まったことから、本年実施した36.3haの大規模条件の白岡地区では、代掻き以後収穫作業までの間は全てヘリコプター作業としているため、かなりの省力化が期待される。

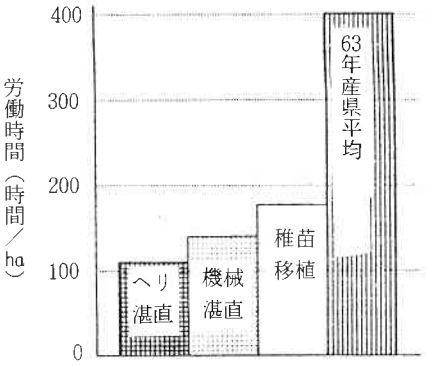


図13　稲作体系別所要労働時間（昭63）

7.　「ヘリ播種湛直一貫体系」の低コスト性

ヘリ播種湛直の10a当たり所要経費は昭和63年産米県平均に比べ、ヘリ作業料金等の賃借料、料金を4.6倍、カルパー粉粒剤等の農薬費を2.0倍要したが、農機具費が1/15、労働費が1/4に大幅節減されたことから、第二次生産費は90,330円と県平均より43%、稚苗移植及び湛水土壌中直播大型体系より35～37%のコスト低減となった（表24、図14、図15）。

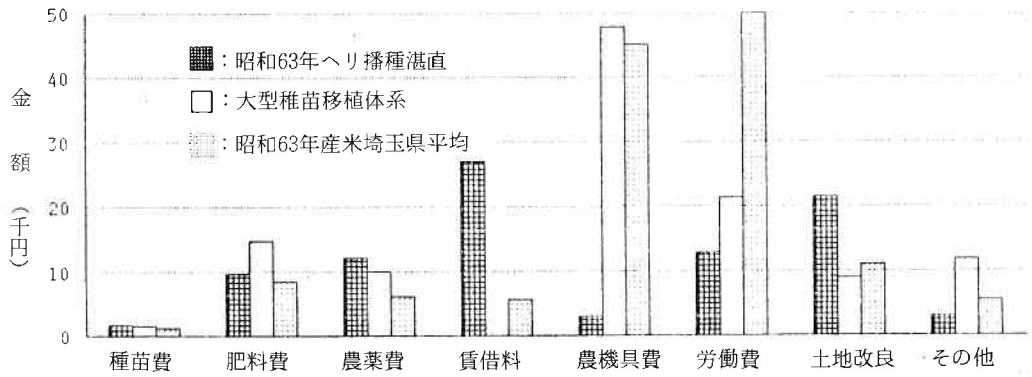


図14　10a当たり生産費の費目別構成（昭63）

表24　ヘリ播種湛直の10ａ当たり生産費及び他の稲作生産体系との比較

（単位：円）

費　目	ヘリ播種63年実績	ヘリ播種62年実績	ヘリ播種61年実績	大型稚苗移植	63年産県平均
種苗費	1,695（ 1.9）	1,033（ 1.0）	1,470（ 1.3）	1,585（ 1.4）	1,347（ 1.0）
肥料費	9,652（10.7）	11,700（10.9）	12,020（11.0）	14,669（12.6）	8,591（ 6.3）
農業用薬剤費	12,207（13.5）	16,298（15.2）	18,294（16.8）	10,135（ 8.7）	6,152（ 4.5）
光熱動力費	2,418（ 2.7）	2,748（ 2.6）	3,649（ 3.3）	4,010（ 2.4）	3,069（ 2.5）
諸材料費	576（ 0.6）	613（ 0.6）	886（ 0.8）	7,884（ 6.8）	2,433（ 1.8）
水利費	4,300（ 4.8）	6,900（ 6.5）	9,170（ 8.4）	*5,394（ 4.6）	6,185（ 4.6）
賃借料、料金	26,988（29.9）	26,513（24.8）	24,035（22.0）	－（ －）	5,830（ 4.3）
土地改良費	17,300（19.2）	21,920（20.5）	12,650（11.6）	*3,629（ 3.1）	4,917（ 3.6）
農機具費	3,102（ 3.4）	7,530（ 7.0）	17,826（16.3）	47,933（41.1）	45,200（33.4）
労働費	12,905（14.3）	11,620（10.9）	9,064（ 8.3）	21,387（18.3）	51,687（38.2）
費用合計	91,143	106,875	109,064	116,626	135,411
第一次生産費	80,143	94,875	98,064	116,626	130,547
資本利子	1,187	4,299	4,299	* 8,060	9,442
地代	9,000	9,000	9,000	*18,125	18,634
第二次生産費	90,330	108,174	111,363	142,811	158,623

注）（　）は費目別割合（%）
大型稚苗移植体系は昭和61年度経営機械部場内試験成績を改変、＊は61年産県平均値を使用
63年産県平均は埼玉統計情報事務所調査値

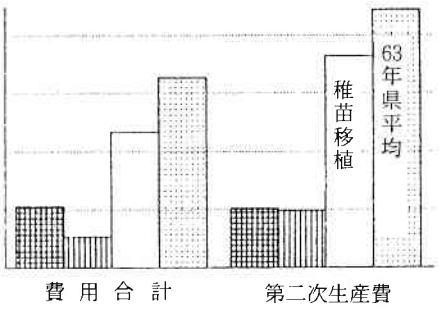


図15　稲作体系と10ａ当たり生産費（昭63）

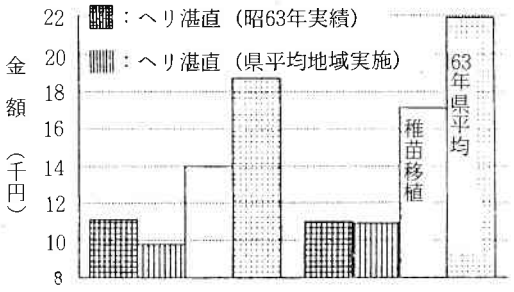


図16　稲作体系と60kg当たり生産費（昭63）

60kg当たり第二次生産費は更に多収性が加わり10,971円と県平均より約50%、稚苗移植及び湛水土壌中直播大型体系より36%の大幅コスト低減となった（表25、図16）。

なお、ヘリ播種湛直を水利費、土地改良費、地代等が県平均並の地域で実施すれば、第二次生産費は10ａ当たり89,466円、60kg当たり10,888円とそれぞれ県平均の約1/2以下に大幅な稲作コストダウンが可能と考えられる（表26）。

表25　ヘリ播種湛直水稲の60kg当たり生産費

（単位：円）

費　目	ヘリ播種63年実績	ヘリ播種62年実績	ヘリ播種61年実績	大型稚苗移植	63年産県平均
費用合計	11,070	12,238	12,958	13,995	18,696
第一次生産費	9,734	10,864	11,651	13,995	18,024
第二次生産費	10,971	12,386	13,231	17,137	21,901

注）10ａ当たり収量は実収とし、ヘリ播種63年実績は493kg（たまみのち）、62年実績は524kg、61年実績は505kg、大型稚苗移植体系は500kg、63年産埼玉県平均は435kg（埼玉統計事務所値）とした。

表26　水稲栽培体系別の生産費比較

（単位：対比率 %）（昭63）

比較体系 / 対照体系		63年実施ヘリ播種体系 大型湛直体系	大型稚苗移植	63年産県平均	県平均地帯ヘリ播* 埼玉県平均
10ａ当たり	費用合計	81.6（18.4）	78.1（21.9）	67.3（32.7）	59.6（40.6）
	第一次生産費	71.7（28.3）	68.7（31.3）	61.4（38.6）	53.4（46.0）
	第二次生産費	65.5（34.5）	63.3（36.7）	57.0（43.0）	56.4（43.6）
60kg当たり	費用合計	79.2（20.8）	79.1（20.9）	59.2（40.8）	52.5（47.5）
	第一次生産費	69.7（30.3）	69.6（30.4）	54.0（46.0）	47.1（52.9）
	第二次生産費	63.6（36.4）	64.0（36.0）	50.1（42.9）	49.7（50.3）

注）（　）はコスト低減割合、*はヘリ播湛直を水利費、土地改良費、地代は県平均の地帯で実施した場合

8. ヘリ播種湛直参加農家の経営形態と省力、低コスト効果

ヘリ播種湛直は大規模な土地集積が前提となるため、参加農家の経営形態は大きく異なる。経営記帳結果分析を見ると、ヘリ播種湛直の省力効果は主穀中心の自己完結型で小さく、他部門主体の経営、作業委託型、機械利用組合組織でより大きいと言える。また、施設野菜農家ではヘリ湛直の導入により水稲の育苗、移植作業が省略されたため、今まで十分に行えなかった越冬キュウリの収穫作業が順調に実施でき、水稲と同時期に労働競合する作目を栽培する経営では、作期及び労働競合の

回避に大変有効であった。

同様に低コスト効果を検討すると、自己完結型農家で小さく、機械化集団員農家で最も大きく、機械化組合組織や組合員農家がコスト低減効果の大きいことが明らかとなった。

これらのことから、ヘリ播種湛直は面的まとまりによる省力効果と機械利用経費の節減効果が最も大きく発揮されるため、農機具を完備した自己完結型農家の経営内で部分的に移植栽培と組み合わせて、個人的集まりによる展開では省力、低コスト効果は小さく、参加農家はヘリ播種湛直区域内の稲作を委託する等して、機械化集団等の数戸の担い手により大規模に展開する実施体制が効果的と考えられる。

9. ヘリ播種湛直の適正規模

ヘリ播種湛直の適正規模は①１日のヘリコプターの播種作業負担面積と、②代掻き許容期間内での代掻き可能面積（トラクタ作業性能及び台数と水利条件による）の関係により決定される。

ヘリによる湛直播種作業能率は毎時約８～10haで、昭和62年の実作業率（対調整時間込み作業能率との比率）は54%であった。播種精度向上のため風の影響を考慮し午前中作業とすると、１日の作業時間は約６時間である。実作業率は作業面積拡大により向上するので、実作業率を60%と仮定すると、１日の播種作業負担面積は８ha×６時間×60%＝28.8haとなった。

一方、ヘリ播種湛直の代掻き許容日数は４日であることから、代掻き作業機の大

表27　トラクタ及び作業機の大きさと代掻き作業面積

トラクタ大きさ	代掻き作業機		作業能率	ほ場作業量（ha）	
	機種	大きさ	（a/時）	１日	４日間
25ps	パディハロー	2.0m	15.0	1.16	4.62
30	パディハロー	2.4	19.3	1.49	5.94
46	ドライブハロー	3.3	23.1	1.78	7.11
69	ドライブハロー	3.3	28.2	2.17	8.69

注）１日の作業時間：11.0時間（熊谷、５月）、実作業率：70%
作業可能日数率：73%

きさ（作業能率）と作業機台数の組合せから、４日間の代掻き可能面積は27表のようになる（表27）。

この結果、用水が十分に確保できる条件において４日間で30haの代掻きを実施するには、25psトラクタでは９台、30psでは７台、46psでは６台、69psでは５台を要した。この対応は個人では他の作業もあり４日連続代掻きは困難と思われ、集団対応でも２～３集団の対応が必要と考えられる。

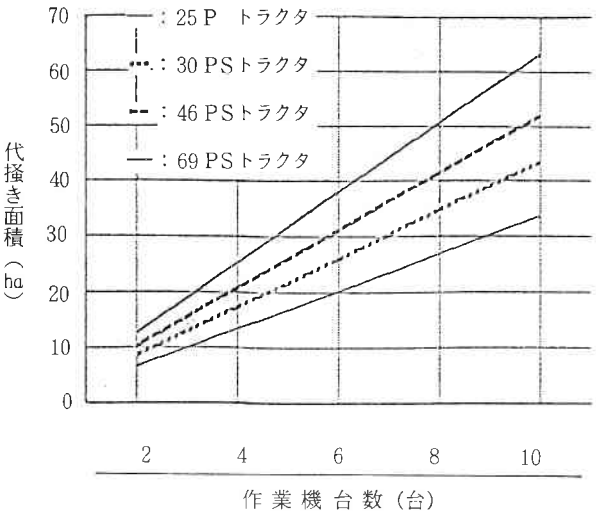


図17　作業機台数と４日間の代掻き可能面積

播種作業は少なくとも１カ所１圃区のまとまりが必要であることから、30ha規模では８圃区程度を要する（図17）。

また、現状の湛直適応性品種は本県の場合、縞葉枯病抵抗性、耐倒伏性、収量性、品質、食味等の面から「たまみのり」、「朝の光」、「キヌヒカリ」の３品種に限定されることから、同一品種の大規模集団作付けは病害虫の発生や気象災害等のリスクを考慮しなければならない。

また、本年実施した36ha規模でのヘリコプター作業結果からみて、播種、除草剤散布、施肥の各作業ともほぼ１日の限界作業量と考えられた。

これらのことから、１地区でのヘリ播種湛直の適正規模は30～40haと考えられる。

10. ヘリ播種湛直栽培の導入に当たって

「ヘリ播種湛直栽培」技術は、本県においては当面、湛水土壌中直播の播種適期である５月下旬播種が可能な平坦地域の一毛田地帯に導入が可能である。

本年度は、北海道、茨城県、栃木県、愛知県、岐阜県、三重県等全国各地で実施されており、他の地域においても湛水土壌中直播の適期に播種が可能であれば、導

入ができるものと考えられる。

「ヘリ播種湛直栽培」の導入にあたっては、①地域の作付け方式や土地利用方式に合わせてほ場や作付けの集団化を行うこと、②機械装備や同一品種作付けに伴うリスク等から実施面積規模や作付け品種の決定を行うこと、③作業や栽培管理の集団実施体制の整備を行うことが必要であり、このための参加者の合意形成が最も基本となろう。

また、実施にあたっては、「ヘリ播種湛直一貫体系」を円滑に遂行するためヘリコプター作業の詳細かつ明瞭な作業マニュアルの作成、農試や普及所等による現地指導体制等について事前に十分考慮するとともに、実施主体に対する事前指導を十分に行う必要がある。「ヘリ播種湛直栽培」の省力、低コスト効果を十分発揮させるためには、少数の担い手による大規模条件での一貫体系としての取り組みが有利であることは言うまでもない。

11. 今後の展開方向

(1) 当面の対応

ヘリコプターの播種作業能力に比べ代掻きほ場面積の集積がネックとなることから、ヘリコプターが短時間で移動可能な範囲での複数団地からなる広域適応を図ることにより、1日のヘリコプター作業のより効率化とヘリ移送経費の低減を配慮することが必要である。

また、更に省力低コスト化を進めるためには、ヘリコプター作業において播種や施肥作業の1回作業等作業方法の改善、栽培技術面では本年度実施に移したような緩効性肥料利用による施肥技術の改善や効果の高く安価な雑草防除技術等の導入が必要であろう。

当面、ヘリコプターを基幹作業に総合的に活用した「ヘリ播種湛直一貫体系」による新しい稲作体系の適用は、本技術はほ場集積が必要条件であることから地域の集団的土地利用を推進するための一手段としても有効と考えられる。これにより、地域の集団的土地利用が図れることから「水田農業確立対策」推進の核としての展開が可能であるとともに、水稲の規模拡大と高い収量性、大幅な省力低コスト生産を可能にし、今後の大規模省力低コスト稲作生産体系として実用性を

高く発揮できるものと考えられる。また、裏面では同一品種の大規模集団栽培によるリスクを背負うが、新技術導入による地域稲作技術が高位平準化され、地域ぐるみの省力、低コストな水稲の高位安定生産に大きく寄与できるものと思われる。

(2) 今後の方向

現在は一毛田を対象として、耐倒伏性の高い縞葉枯病抵抗性品種を主体に、湛水土壌中直播の適期播種条件で実施している状況であるが、本年から「キヌヒカリ」を導入したように消費者嗜好を十分反映した良食味、良質米での検討をより進め、他の栽培技術と結合して究極的には「コシヒカリ」への適用を可能にする必要がある。

一方、本県においては「ミスト機播種散播湛直栽培」技術の開発を進めている所であるが、超省力低コスト生産が必要な「他用途利用米」、「ホールクロップ用水稲」への適用も可能であろう。

本年度検討結果から見て苗立と生育の安定化のためは場均平に大きな問題点を残すが、大区画ほ場では有効な機械作業手段に乏しい現状であり、今後、水稲の低コスト生産の一方式として着目されている一集落一農場方式等の発想による大区画ほ場の大規模稲作において、ヘリ播種湛直が有効に展開できるものと大いに期待するところである。

また、本県北部稲麦安定化のため中苗移植栽培が実施され、作業期間の制約から作業及び労働の競合が厳しく、生産資材や労力を多投して規模拡大や低コスト生産が阻害されている。そこで、現行の機械移植栽培に代わり、作期的に困難とされていた麦跡の湛水土壌中直播栽培技術の可能性が見出せてきた。晩播適応性品種の選定導入、苗立及び収量性の安定向上がより必要であるが、昭和63年度まで羽生市の小麦跡晩播条件で「ヘリ播種湛直」を実施した結果、浅播による苗立の安定確保、旺盛な生育による有効茎の早期確保が可能である等「ヘリ播種湛直」の利点と、小麦収穫、代掻き期間が短く作期の揃った代掻き面積集積の有利性を生かして「小麦跡ヘリ播種湛直」実現の可能性が展望出来た。これにより、稲麦二毛作地帯における稲作の作期及び労働の分散と省力、低コスト生産が可能となり、更には小麦、水稲、畑作物を組み合わせた合理的な土地利用が展開できるも

のと考えられる。

なお、本県においては昭和63年度より一毛田を対象に「高生産性稲作経営モデル事業」として県単事業化を行い、63年度には羽生市及び加須市の約20ha、平成元年度には羽生市新郷地区、白岡町野牛地区及び狭山市下奥富地区を新たに加え合計70.3haで「ヘリ播種湛直栽培」が実施された。

今後、毎年新規の2地区でそれぞれ20ha規模の計画樹立をすすめ、40haづつ事業規模を拡大して「ヘリ播種湛直」の導入、定着化を進めて行く予定である。

おわりに

以上、今迄の技術開発成果により適期播種条件での散播湛直技術はほぼ見通せたと考えられ、土地の集団化や集積条件に対応して、播種作業手段をヘリコプターにするか、背負式動力散粉散粒機にするか等の選択により、いずれのほ場区画や実施規模条件でも対応可能と考えられる。

現状においては、良質良食味品種栽培への技術拡大を第一とした適期播種条件の「ヘリ播種湛直」技術として、食用米の超省力低コスト生産のみならず、転作作物の作付けが不可能な地域（湿田等）において他用途米生産等の団地化適用によって、「水田農業確立」の中での水稲全体の超省力、低コスト生産に貢献できるものと思われる。

将来的には地域の集団的な土地利用推進の核として、輪作可能地域や稲麦二毛作可能地域では「麦跡散播湛直技術」、「輪換水田での散播湛直技術」の確立により、水稲一麦一大豆を組み合わせた輪作体系の下に、「ヘリ播種湛直」が水稲の省力低コスト生産の柱とも成り得るであろうと考えられる。

「ヘリ播種湛直」面積の拡大によって、航空防除のように安価な料金体系も確立されるであろうし、適期作業のためのヘリコプターダイヤ編成も成されるであろう。

近い将来、全国各地で良質良食味品種を用いた「ヘリコプター播種湛直栽培」の普及拡大が図られることを願うものである。

カルパー剤の変遷とカルパー粉粒剤の開発

カルパー普及会

1. カルパー粉剤の開発

カルパー剤は過酸化カルシウムを主成分としています。この過酸化カルシウムを種籾に粉衣することにより、種籾の発芽を促進することができると昭和43年に農林省農業技術研究所の太田保夫技官（現在東京農大・教授）により発表された。

その頃、過酸化カルシウムは工業的に生産されていなかったが、上述の情報をキャッチし、保土谷化学工業株式会社、日本化薬株式会社、日本パーオキサイド株式会社の３社でカルパー研究会を結成、工業的生産を開始した。

昭和46年から国立農業試験場、都道府県立農業試験場に委託し、農薬としての適用性の試験を始めた。この時供試された過酸化カルシウムの粉末をカルパー粉剤（有効成分50%）と称した。水稲種子にカルパー粉剤を粉衣することによって、種子の発芽促進を計り、安定した苗立ちを期待した試験であったが、当時のカルパー粉剤は固着させるべき材料を含有しておらず、カルパー粉剤を種子表面にいかに固定させるかということから始めなければならなかった。

試験研究機関では、ＰＶＡ（ポリビニルアルコール）や石膏プラスターを用いて粉衣し試験を行うことはできた。しかし、いずれの場合も固着力に乏しく、次のような問題点が指摘された。

① ＰＶＡの固着力が水田水により弱まり、種子を中心とした円形に粉衣したものが剥離するため効果が充分に発揮されない。

② 機械的衝撃に弱く、機械播きが困難であった。したがって手播きによる散播とせざるを得ず、後のほ場管理がやりにくい。

このように試行錯誤による検討が数年続いたが、カルパー粉剤に固着剤として焼石膏を混合する方法（石川県立農業短期大学・中村喜彰教授による）が上述の問題点を解決する手段として有効なことから、中村教授の協力を得てカルパーＧ粉剤という焼石膏入りの試作品を作り昭和51年度より公的機関で再度委託試験を開始した。

カルパーＧ粉剤を固着させることによる発芽歩合への影響、粉衣量が検討の主題

であったが、結果は良好であった。

昭和53年にカルパーG粉剤をカルパー粉剤と改め、農薬登録の申請を行った。

この間に、播種機の開発・改良が農機メーカーによって行われ、現在の粉衣機も中村教授のもとで開発され、また初期除草剤の開発と相俟って機械播種の目途も立った。

かくして、昭和55年7月に農水省登録のカルパーG粉剤が誕生した。

2. さらに省力・低コストをめざして

① カルパー粉粒剤Aの開発

省力・低コスト化を目的とした湛水土壌中直播栽培はカルパー粉剤をコーティングすることによって出芽・苗立ちの安定化につながり、新技術として確立された。

しかし、より一層の省力・低コストを目指して大規模ほ場を対象としたヘリコプターを用いた航空播種による湛水土壌中直播栽培の試験が農林水産航空協会、石川県立農業短期大学の三石教授（現三重大学）および井村助教授の協力により昭和58年より開始された。

航空播種では土壌中にいかに埋没させるかという点が問題であり、その後の生育いかんでは浮き苗、倒伏につながりかねない事が考慮された。

そこで、剤の検討が行われ、従来のカルパー粉剤に加重剤を添加し、コーティング種籾の比重が重くなるよう工夫された。昭和59年に熊本、石川で、60年には埼玉が加わり試験を行った。その結果、出芽・苗立ち率で80%以上が確保され、また、収量的にも機械移植並あるいは以上となった。平均播種時間は1haあたり7～8分で労働時間で20%、資材費で10%以上の節減になった。

平成元年度は埼玉、栃木、茨城、愛知、岐阜等の各県で事業化試験が140haの規模で行われている。

また、昭和62年頃よりミスト機を使用したカルパー粉粒剤Aをコーティングした種籾の散播が各地で行われるようになった。なお、播種時の散布ムラを少なくするためミスト機用の専用播種噴頭の開発もミスト機メーカーによってなされている。

② カルパー粉粒剤16の開発

条播用としてカルパー粉剤、散播用としてカルパー粉粒剤Aが開発され、播種様式に対応する製剤が揃ったが、次に条播・散播の両方に対応できる剤の開発が進められた。条播用としてはさらに発芽・苗立ち率の向上、散播用としては使用コストを下げるべく努力が払われた。

乾籾重の2倍量コーティングで使用するこの製剤は昭和63年度から宮崎、兵庫、山形、北海道（上川）で試験が行われ、平成元年10月にカルパー粉粒剤16として農薬登録された。

カルパー粉粒剤16の特長、使用方法等について次に述べる。

3. カルパー粉粒剤16の特長と使い方

1) 「カルパー粉粒剤16」は従来からの「カルパー粉剤」「カルパー粉粒剤A」を改良し、播種機による条播および背負式動力散粉散粒機による散播の両方に使用できるようにした製剤である。

2) 「カルパー粉粒剤16」は土壌中で水分と反応し徐々に酸素を放出するので、種籾にコーティングして播種すると、出芽苗立率が向上する。

$$CaO_2 + H_2O \qquad Ca(OH)_2 + 1/2\ O_2 \uparrow$$

3) 「カルパー粉粒剤16」のコーティング籾は、湛水土壌中直播機の播種量目盛を調節すれば、従来の「カルパー粉剤」と同様に播種できる。

4) 散播による湛水土壌中直播栽培は、背負式動力散粉散粒機で簡便に播種でき、しかも出芽苗立が安定する。「カルパー粉粒剤16」のコーティング籾は種籾の約3倍も重くなり、田面に散播すると土壌中に埋没するので、転び苗や倒伏が少なくなる。また条播（機械播種）による湛水土壌中直播栽培に比べて、更に省力・低コスト的稲作技術として注目を集めている。

5) カルパー粉粒剤16の組成と使い方

(イ) 組　　成

成　　分	含有量
過酸化カルシウム……	16％
その他、鉱物質微粉および細粒等……	84％

(ロ) 使い方

作物名	使用目的	使用時期	使用量	使用方法
湛水直播 水稲	発芽率の向上 苗立歩合の安定	播種前 浸種後	乾燥種籾重量 の2倍重量	湿粉衣 (地上条播および散播用)

(北海道は道の指導基準に従ってください。)

6) 使用上の注意

(イ) 水分を吸収すると固化して使用できなくなるので、開封後は使い残しのないようにすること。

(ロ) 粉衣に際しては下記の事項に注意すること。

＊粉衣には浸種した籾を用い、十分水切りした後に粉衣すること。

＊浸種は鳩胸状までとすること。芽を切った籾は粉衣の際に欠損するおそれがあるので使用しないこと。

＊種籾消毒をする場合は、本剤の粉衣前に種子消毒剤の所定濃度液に浸漬すること。種子消毒剤の粉衣処理は避けること。

＊粉衣処理は撹拌が容易で、薬剤および水の投与が簡単な容器で行う。籾を入れ撹拌しながら噴霧器等で水を噴霧して籾の表面を均一に湿らせた後、本剤の所定量の一部を少量づつふりかけること。この作業を数回繰り返して所定量全部を均一に粉衣する。全量粉衣した後も2～3分間撹拌を続けること。

＊粉衣の際浸種籾の水切りが不十分であったり、一時に水を多量に噴霧すると本剤をふりかけたときに薬剤や種籾が団子状になり、均一な粉衣ができなくなるので注意すること。

＊使用後の容器などはそのまま放置すると、薬剤が固化して除去できなくなるので作業終了後は直ちに水で十分洗っておく。

＊専用の回転式粉衣機を使用すると効率的である。

(ハ) 本剤を粉衣した籾を播種する場合は下記の点に注意すること。

＊粉衣した籾は30～60分間ムシロにひろげて陰干しをして、薬剤が固まってから播種すること。また粉衣当日播種しない場合は、アミ袋に入れ、風通しがよく雨水のかからない場所に蒸れないように保管し、なるべく早く播種すること。

＊播種する時は、植代かき直後水の濁っている時、または植代かき後土壌表面が軟らかなうちに、籾が土壌中に埋没するように播種すること。

(ニ) 本剤の使用にあたっては、使用量、使用方法等を誤らないように注意し、特に初めて使用する場合は、農業改良普及所等関係機関の指導を受けることが望ましい。

(ホ) 手で本剤に直接触れると手が荒れる場合があるので、使用の際はゴム手袋を着用し、作業後は顔、手足などを石鹸で洗い、うがいをする。

(ヘ) 直射日光を避け、酸類と隔離し乾燥した場所に密封して保管する。吸湿すると固結するので、特に湿気に注意する。

4. カルパー粉粒剤16の物理化学的性状

1) カルパー粉粒剤16の物理化学的性質

(イ)	外　観	類白色粉粒
(ロ)	粒　度	45 ～ 150 μm
(ハ)	安息角	39 度
(ニ)	見かけ比重	0.71
(ホ)	pH	11.4
(ヘ)	水　分	0.4 %
(ト)	安全性	5 年間（室温条件下）

2) カルパー粉粒剤16の有効成分の性質

(イ)	有効成分	過酸化カルシウム	
(ロ)	化学名	過酸化カルシウム	
(ハ)	分子式	CaO_2（分子量　72.08）	
(ニ)	性　質	外観	類白色粉末
		臭気	なし
		比重	0.4 ～ 0.6
		分解温度	275 ℃
		溶解度	水に 100 ～ 200 ppm（常温）
			有機溶剤に不溶

(ホ)	耐酸アルカリ	酸性で分解し酸素を放出する
(ヘ)	風乾性	なし
(ト)	潮解性	なし
(チ)	引火性	なし
(リ)	爆発性	なし
(ヌ)	皮膚浸食性	なし
(ル)	耐光熱	安定
(ヲ)	分析法	過マンガン酸カリウムによる滴定法

5. 過酸化カルシウム剤の安全性

1) 人畜毒性一覧表

試験の種類 期　　間	供試薬剤	供試生物	投与 方法	LD_{50}, LC_{50} 値または判定	試験機関 （報告年）
急性毒性 7日間観察	54％粉剤	マウス （ddys）	経口	♂♀ ＞10,000 mg/kg	日本化薬㈱ （1975）
急性毒性 7日間観察	54％粉剤	ラット （ウィスター）	経口	♂♀ ＞10,000 mg/kg	同上
急性毒性 14日間観察	54％粉剤	ラット （CFY）	経口	♂♀ ＞16,000 mg/kg	ハンチンドン・ リサーチセンター （1979）
急性毒性 10日間観察	50％粉剤	マウス （ICR）	経皮	♂♀ ＞10,000 mg/kg	ボゾ・ リサーチセンター （1979）
急性毒性 10日間観察	50％粉剤	ラット （SD）	経皮	♂♀ ＞10,000 mg/kg	同上
急性毒性 14日間観察	35％粉剤	ラット （ウィスター）	吸入	♂♀ ＞ 5,000 mg/m³	㈱新日本科学 （1987）
眼刺激性 21日間観察	35％粉剤	ウサギ （NZホワイト）	点眼	陽性	㈶化学品検査協会 （1986）
皮膚刺激性 3日間観察	35％粉剤	同上	塗布	陰性	同上
皮膚感作性 48時間観察	35％粉剤	モルモット （ハートレー）	塗布	陰性	同上
変異原性 復帰変異及び DNA修復試験	50％粉剤	細菌	－	陰性	㈶食品薬品 安全センター （1978）

2）魚毒性

検体名	供試生物	48時間LC_{50}値（有効成分濃度ppm）	試験機関・報告年
50％粉剤	マゴイ	160	日本化薬・1972
16％微粒剤	マゴイ	1000	(財)化学品検査協会・1989
16％微粒剤	セスジミジンコ	25.6*	同上

* 24時間LC_{50}値

3）物理化学的安全性

(イ) 分解温度

本試験は熱に対する安全性を調べるもので、PERKIN-ELEMER法と呼ばれる。過酸化カルシウムの分解開始温度は447℃である。したがってかなり高温でも安定な化合物である。

(ロ) 発火温度

過酸化カルシウムは無機物であるので自然発火はない。念のためクルップ式定温過熱発火点測定装置による試験を行ったが、500℃になっても発火しなかった。

(ハ) 落槌感度試験

本試験は機械的な衝撃、衝突に対する安全性を調べるもので、JIS K4810に基づき試験を行ったが、過酸化カルシウムは8級であり、一般物質と同程度の安全性であった。

(ニ) 鉄管試験

本試験は起爆性、伝爆性を調べるもので、過酸化カルシウムは一般物質と同じく第7グレードで起爆性、伝爆性はなかった。

(ホ) 燃焼試験

カルパー粉粒剤16は試料：木粉＝1：1、4：1いづれの場合も不燃であった。

(ヘ) 落球感度試験

カルパー粉粒剤16はいずれの条件でも不爆であり、衝撃に対する感度は低い。

（付　表）

カルパー剤の種類について

種類／項目	カルパー粉剤	カルパー粉粒剤－A	カルパー粉粒剤－16
登録No.	14,340（保土谷） 14,341（化　薬）	16,681（保土谷） 16,682（化　薬）	—
用　途	条播用（機械播種）	散播用 （空中および地上播種）	条播・散播用
使用量	乾籾重量と同量湿粉衣	乾籾重量の3倍重量 湿粉衣	乾籾重量の2倍重量 湿粉衣
組　成	過酸化カルシウム　35％ その他鉱物質微粉　65％	過酸化カルシウム　11％ その他鉱物質微粉　89％	過酸化カルシウム　16％ その他鉱物質微粉　84％
包装形態	5 kg × 4 = 1 c/s	3 kg × 8 = 1 c/s	3 kg × 8 = 1 c/s
有効年限	3　年　間	3　年　間	5　年　間

水稲湛水土壌中直播技術研究会事務局

東京都港区新橋４丁目29番６号
〒105　　寺田ビル３階
財団法人　農産業振興奨励会内
電話（03）434 － 7 4 0 1 代
FAX （0 3）4 3 2－3 9 2 2