

X 直播栽培技術

1 直播栽培の現状と技術開発の経過

(1) 直播栽培の普及状況

農林水産省は、水稻の直播栽培技術を21世紀の変革を支えるキーテクノロジーの一つとして位置づけ、1994年（平6）から「全国直播サミット」を各地で開催するなど、直播栽培の技術開発と普及の促進を図ってきた。

表X－1には、近年の直播栽培面積の推移を示した。まず全国についてみると、1974年（昭49）の約5万5千haをピークに年々減少していたが、1997年（平9）以降は上昇に転じた。この間、岡山県で集中的に行われてきた乾田直播栽培が減少する一方で、1994年（平6）以降湛水直播栽培が着実に増加し、2000年（平12）には湛水直播が乾田直播を上回った。これは、播種後出芽始めまで落水する「落水出芽法」が全国的に定着し、湛水直播栽培の苗立ちの安定性が大幅に向上したことと、打ち込み式代かき同時点播機や高精度湛水条播機等の開発により、倒伏に弱い「コシヒカリ」でも直播が可能となったことによる。2009年（平21）には、全国の直播栽培面積は約2万ha、水稻作付面積に占める割合は1.2%に達し、今後も増加の傾向にある。地域別にみると、北陸の増加が最も多く、とくに福井県では水稻作付面積の12%を直播が占めている。

一方、北海道内では、直播栽培への関心の高まりと減反緩和を背景にして、1997年（平9）には196haまで拡大したが、減反の再強化などにより、その後普及は停滞した。しかし、2007年（平19）以降は、乾田直播・湛水直播とも急激な増加を示し、2010年（平22）には、845haに達した。増加はとくに岩見沢市を中心とした空知管内と道南地域で著しい。この増加の背景には、農家戸数の減少とこれに伴う一戸当たり作付面積の拡大により、移植栽培だけでは対応が不可能になってきたこと、「大地の星」や「ほしまる」により収量が安定化してきたこと、温暖な道南地域で「ななつぼし」の直播栽培が低蛋白米生産技術として定着してきたことなどがあげられる。

表X－1 近年の直播栽培面積の推移

		1989	1993	1997	2001	2005	2006	2007	2008	2009	2010
全 国	乾田直播（千ha）	6.1	4.8	4.5	4.5	5.5	5.3	5.6	6.1	6.8	－
	湛水直播（千ha）	2.6	2.4	3.1	5.6	10.2	10.5	11.8	12.5	12.8	－
	直播計（千ha）	8.7	7.2	7.7	10.2	15.7	15.9	17.4	18.6	19.6	－
北海道	乾田直播（ha）	9	37	134	77	77	81	122	144	187	355
	湛水直播（ha）	29	81	63	75	132	113	164	288	404	490
	直播計（ha）	38	117	196	152	209	194	286	432	591	845
	水稻合計（千ha）	148	173	154	122	119	115	116	115	114	115

(2) 北海道における直播栽培技術開発の経過

直播栽培を抜きにして、北海道稲作の歴史を語ることは出来ない。1900年代前半（明治後半から昭和前半）の湛水直播栽培の普及と畑苗代への移行の歴史については、7 ページⅡ章 1 節に詳しいので、ここではそれ以降の技術開発の経過について整理したい。

1960年代前半（昭30後半）、高度経済成長を背景とした労働力不足に対応して、全国的に直播栽培に対する期待が高まった。道内においても、ヘリコプタ利用による湛水直播の総合組み立て試験が1963年（昭38）に行われた。しかし、苗立ちムラ、雑草害、倒伏など、たこ足式直播よりもさらに不安定要素が大きく、試験は2 ヶ年で打ち切られた。これ以降、省力稲作に関する技術開発は、もっぱら機械移植栽培の実用化に向かうことになるが、農業試験場では細々ながら直播研究が継続された。全国的には、過酸化石灰の出芽・苗立ち向上効果の確認（1970・昭45）と、実用的なコーティング技術の確立（1976・昭51）により、直播栽培は新たな展開を見せ始める。

1) 乾田直播栽培

北海道における乾田直播栽培の技術開発は、1971年（昭46）に北海道農試（現北農研センター）機械化第2研究室が「水稻の無代かき直播湛水法」として開発し、1974年（昭49）からは、美唄の泥炭地研究室における栽培法の研究に引き継がれた。この「無代かき直播湛水法」は、湛水直播と同時期の5月中旬に播種し、播種後は水による保温効果を期待して、直ちに湛水する方式であった。1976年（昭51）からは、乾田状態における幼芽伸長の温度反応性の解析とともに、4月下旬からの早期播種の試験が開始され、播種後一定期間を乾田状態で経過した後入水する方式として、「折衷直播」の用語が用いられるようになり、現在の栽培法の原型となった。

その後、江別市、南幌町、美唄市における現地実証を経て、1986年（昭61）に「寒地直播水稻栽培における安定技術－折衷直播方式について－」が指導参考事項となった。この成果は、カルパーの被覆量、播種深度、目標碎土率、播種・湛水時期など苗立ち安定化対策のほか、側条施肥と緩効性窒素の全層施肥との組み合わせ施肥法、安定多収のための生育指標などを総合的に明らかにしたものである。

1988年（昭63）には美唄市水稻直播研究会が結成され、9戸7.2haで実質的に直播が経営に導入された。その後は、北海道農試と地元農機具メーカーのサポートのもと、この研究会が試行錯誤の中から各種の圃場管理技術の開発に取り組みつつ、技術的完成度を高めていった。この間に開発・導入された技術としては、各種の播種機その他、チゼルプラウ、給排水明渠（1994年・平6）、トラクタ牽引式レーザー均平機（1996年・平8）などがある。このように、単に播種機の改良にとどまらず、直播に適した圃場をいかに作るかという観点から、今までの移植栽培体系にはない新たな技術を生産者自ら積極的に導入した点が特筆される。

名称については、全国的に様々な直播技術が開発される中で多少の混乱があったことから、1995年（平7）に農研センターが中心となって呼称を統一し、北海道の折衷直播は「乾田播種早期湛水直播栽培」となった。

北海道農試は、1996年（平8）から総合研究第1チームを中心に「地域総合研究」として乾田直播を取り上げ、場をあげて技術開発と普及に取り組んだ。その成果として、1997年（平9）に暫定栽培マニュアルが策定された後、1999年（平11）には「水稻乾田直播におけるレーザー均平機の作業性能と均平効果」、「寒地の乾田播種早期湛水直播水稻の時期別生育指標」、2000

年（平12）には「チゼルプラウ耕起と給排水明渠による圃場の乾燥促進技術」、「寒地乾田直播水稻に対する収量安定と高品質化のための窒素施肥技術」が相次いで指導参考事項となり、暫定栽培マニュアルは暫定基準に改訂された。その後、「蛋白質高含有率種子を利用した乾田直播水稻の苗立ち安定化法（2001年・平13）」、「催芽種子を用いる水稻の乾田直播栽培技術（2002年・平14）」、「稲麦大豆に適用できる汎用ロータリシーダを用いた播種技術と導入効果（2006年・平18）」、「寒地水稻乾田直播におけるグレーンドリルの利用法（2011年・平23）」が指導参考事項となっている。

直播栽培のなかでも、最も省力的な直播栽培法として、前年秋の収穫後のそのままの田面に、播種溝だけを部分耕起して播種する不耕起乾田直播栽培について、岡山県で開発された不耕起直播機を活用して道内での適応性が検討された。その結果、カルパーなしでも目標苗立ち本数が確保できることや、緩効性窒素肥料の利用法などが示された（上川中央部における水稻不耕起乾田直播の栽培技術（2004年・平16））。

その後、道央部においても適応性の検討が行われ、苗立ち本数が確保された事例では水稻の生育に問題は認められず、登熟が未達になることもなく収穫できた。しかしながら、播種作業が降雨などの天候に大きく影響されることから播種適期が短く、播種中止や苗立ち不良により廃耕になる可能性があり、この栽培法を現地圃場へ適用するためには、まず播種体系において多くの前提条件が必要で、積極的な普及には改善すべき技術課題が多いことが確認された（不耕起乾田直播栽培の栽培事例と安定化に向けた技術改善（2007年・平19））。

2) 湛水直播栽培

一方、湛水直播栽培については、1977年（昭52）にカルパーをコーティングした籾を、10～20mmの土壤中に播種する湛水土壤中直播栽培が石川県で開発された。道内では、道立農試でその適応性と栽培法を検討する一方、東川町新稲作技術導入研究会を中心として、一部先進的農家が導入・試作に取り組んだ。しかし、年次や圃場によって苗立ち率の変動が大きいことが指摘され、1986年（昭61）から上川農試で「直播苗立ち障害防止技術開発試験」が実施された。その結果、苗立ち率低下の最大の要因は播種深度であり、苗立ちの安定化には5mm以内の浅播きが望ましいこと、苗腐病の病原菌としては、*Pythium spp.*、*Achlya spp.*および蛍光性 *Pseudomonas*が考えられ、このなかでは *Pythium spp.*の病原性がもっとも強く、ヒドロキシイソキサゾール・メタラキシル粉剤とカルパーとの同時被覆処理が有効なことなどが明らかとなった。これらの成果を中心として、1989年（平1）に初期生育の良い上川中央部に限定して「水稻湛水直播栽培暫定基準」が策定された。

次いで、1988年（昭63）から5年間にわたり、有人ヘリコプタ、ミスト機およびブロードキャスタを用いた大規模散播法の実用性が検討され、1993年（平5）には「水稻湛水直播・大規模散播法」が指導参考事項となり、暫定基準が改訂された。この成績では、①湛水直播栽培の生育特性、②播種適期、③適地を「道央以南の良地帯」に拡大、④最適苗立ち本数は300本／㎡、限界苗立ち本数は200本／㎡、⑤カルパー粉粒剤16の使用量（乾籾重対比100％）、5mmの浅播きとするための播種方法、⑥散播播種機の実用性評価、⑦経営評価などが提示された。

このように、播種方法の改良と適地の拡大がなされ、おもにミスト機を利用した湛水直播栽培を導入して試作する農家が増加した。しかし、積極的に経営に取り入れるほどには技術は完成しておらず、定着には至らなかった。浅播きによって苗立ち率は比較的安定したが、除草剤

の処理時期との関係や低温の影響で芽干しのタイミングを逸し、浮き苗、苗の吹き寄せが発生したり、中干しが不十分なために倒伏が問題となる場合が多かった。

当時府県では、播種後出芽期まで落水管理する「落水出芽法」が普及し始めていたが、寒地では水による保温効果の重要性が強調され、この方式を北海道で採用することにはかなりの抵抗があった。しかし、1994（平6）に中央農試で出芽始めまで12日間落水管理したところ結果は良好で、寒地においても落水出芽法の有効性が確認された（表X-2）。これ以降、中央農試と上川農試で落水出芽法の実用化に向けて検討を行い、1998年（平10）には「湛水直播栽培・落水出芽法」が、1999年（平11）にはこれの追補として「播種機の性能と湛水直播栽培の導入条件」が指導参考事項となった。この落水出芽法の採用により播種深度10mmの土中播種が可能となり、また北海道仕様の密条型湛水土壤中施肥条播機（条間20cm）の開発により、湛水直播栽培の安定性は格段に向上した。

表X-2 湛水直播栽培における水管理処理が苗立ち、倒伏および収量に及ぼす影響

（中央農試・上川農試 1998）

場 所 (土 壤)	年次	水管理	播 種 (月/日)	落水期間	苗立ち 本 数 (本/m ²)	浮き苗 の発生 程 度	埋没 深度 (mm)	倒 伏 面積・程度	収 量 (kg/10a)
中央農試 (泥炭土)	平6年	落水出芽	5/13	5/13～25	269	少	0.9	無	490
		慣行芽干し	5/18	6/1～3	315	中	0.3	30%・ナビキ	420
	平7年	落水出芽	5/15	5/15～28	184	少	3.8	無	532
		慣行芽干し	5/19	6/1～3	160	少	3.4	10%・ナビキ	508
上川農試 (褐色低地土)	平9年	落水出芽	5/16	5/16～26	350	無	3.0	20%・ ナビキ～小	509
		慣行芽干し	5/13	5/23～27	370	中	1.0	60%・甚	508

注1) 埋没深度は、苗立ちした個体の茎基部の白色部分を測定した。

さらにその後、緩効性窒素肥料による合理的施肥法、苗立ち安定確保技術、適地マップなどが検討・整理され、暫定基準は水稻湛水直播栽培基準として改訂された（落水出芽法を用いた水稻直播栽培の安定多収技術（2004年・平16））。

この直播適地マップによれば、道南地域においては「きらら397」や「ほしのゆめ」の中生品種の栽培が可能とされ、これらの良食味中生品種について、緩効性肥料を利用した施肥法改善により収量・品質の高位安定化を実証し、道南地域における水稻直播栽培指標と施肥指針が示された（道南地域における水稻湛水直播栽培指針（2007年・平19））。さらに、道南の広い範囲で「ななつぼし」湛水直播栽培による低蛋白米生産が可能であることが実証された（道南地域における水稻「ななつぼし」湛水直播栽培による低蛋白米生産の実証（2010年・平22））。

道央地帯においては、「大地の星」で600kg/10aの収量を得るための生育目標や雑草発生予測による除草剤の効果的な使用方法などを示した「水稻「大地の星」における湛水直播栽培のコスト低減（2009年・平21）」が普及推進事項となり、その後の湛水直播栽培普及拡大の契機となった。

3) 直播向け品種開発

乾田直播の開発当初は、中生の「イシカリ」が供試され、その後「きたこがね」、「はやこがね」、「キタアケ」、「ともひかり」などが試験された。美唄市直播研究会の発足以降は、「空育125号」が美唄の気象条件に適したため主流となった。湛水直播も同様に「キタアケ」などの早生品種を供試して検討が行われた。

直播向け品種が強く要望された背景には、苗立ちの不安定性と、生育遅延による収量・品質の低下が課題としてあった。このため、直播向け品種の育成は、①外国稲の低温苗立ち性の道内品種への導入、②極早熟性と良食味の結合、の2つの具体的方向性で進められた。その後、上川農試から直播専用品種として、「はやまさり」（1988年・昭63）と「きたいぶき」（1993年・平5）が相次いで育成されるが、これらはいずれも②の成果である。ただし、極早生で中生種並の良食味を実現するのは難しく、「はやまさり」の食味レベルは「キタヒカリ」並、「きたいぶき」は「ゆきひかり」並で、一般移植栽培用の品種に比べ常に1ランク低い水準にあった。また、直播向け品種と限定してしまうと、直播面積自体が極少ない段階では販売ロットの確保ができず、販売戦略上問題があり、両品種とも本格的な普及には至らなかった。このような課題から、実際の直播栽培の普及場面では、移植用として品種となった早生の「ゆきまる」（1993年・平5）が広く用いられ、さらには収量性と販売面の相対的有利性から美唄市などでは中生の早の「あきほ」（1996年・平8）へ移行した。

上川農試と北海道グリーンバイオ研究所（現：ホクレン農業総合研究所）の共同研究の成果である「ほしまる」（2006年・平18）は、早生の移植・直播兼用品種で、耐冷性が強く多収で、「ほしのゆめ」並の良食味である。「大地の星」（2003年・平15）は直播向けとして育成されてはいないが、早生・多収の特性が道央地帯の直播栽培に適し、冷凍加工向けの需要にも対応している。これらの2品種は、早生・大粒・多収で、直播の収量の安定性に貢献し、近年の直播栽培普及の原動力となっている。

2 直播栽培法の実際

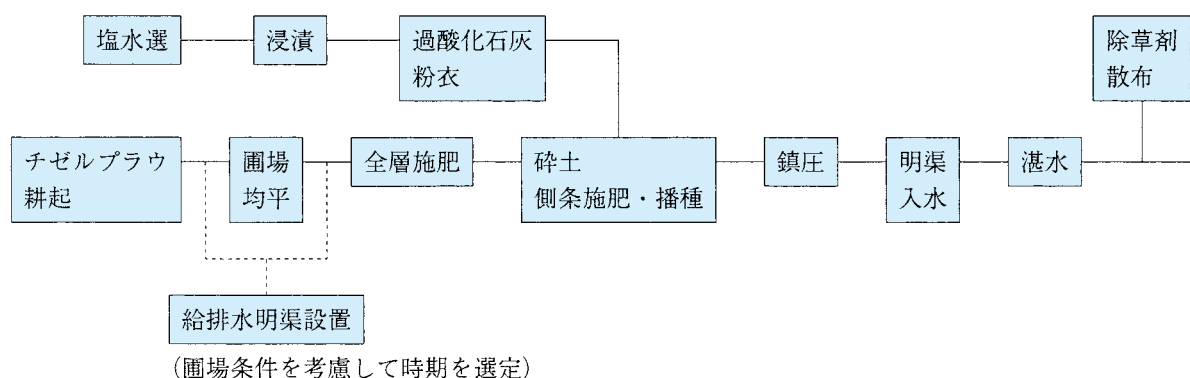
ここでは、乾田播種早期湛水栽培と湛水直播栽培・落水出芽法について、各々の暫定基準と栽培基準等に基づき、栽培法の実際について述べる。

(1) 乾田播種早期湛水栽培

1) 適 地

適地は、道央以南の初期生育の良い地帯とし、遅延型冷害のおそれのある地帯、融雪の遅い地帯は除く。また、代かきを行わないので減水深の大きな土壌には適用しない（地下灌漑できる水田はこの限りではない）。

一言でいえば、均平でかん排水が容易な、碎土性の良い圃場が乾田直播に適している。ただし、明暗渠の設置や耕起法の工夫、田畑輪換やレーザー均平の導入など、年次計画を立てて取り組めば、乾田直播に適した圃場に変えることもできる。



図X－1 水稲乾田播種早期湛水栽培の作業体系（北農研 2001）

2) 品種の選定

湛水直播栽培適地マップに準じて、各地の出穂安全限界までに出穂できる品種を利用する。現在、道央部では早生品種の「ほしまる」と「大地の星」が主体である。道南地域では、中生品種の利用も可能である。直播栽培は移植栽培に比べて倒伏しやすいので、品種の耐倒伏性には十分注意する。

3) 種籾の準備・予措・コーティング

適正苗立ち本数は、 m^2 当たり200～250本である。このため、播種量は乾籾で $10\text{kg}/10\text{a}$ を基本としている。つまり、乾籾 $10\text{kg}/10\text{a}$ は、粒数で約370粒/ m^2 に相当するので、苗立ち本数200、250本/ m^2 を得るためには、各々54%、68%の苗立ち率が必要となる。

直播栽培では、出芽・苗成ちは播種後の環境条件の影響を大きく受けるので、発芽力の旺盛な無病・無傷の充実した種籾を準備する必要がある。そのためには、汎用コンバインを用いて収穫し、発芽力を落とすような乾燥方法や保管などを避ける。

塩水選は、移植栽培の場合より比重を高くし（少なくとも比重1.10以上）、厳密に実施する。塩水選後は良く水洗いし、移植栽培に準じて種子消毒・浸種を行う。浸種は吸水ムラを生じないように注意し、催芽はハト胸程度とする。過度の催芽はコーティング時に幼芽を傷つけるので避ける。また、循環式催芽は細菌病などの感染を助長し、苗立ち不良の原因となるので使用を避ける。

ハト胸催芽後に、カルパー粉粒剤16のコーティングを専用のコーティングマシンで行う。カルパーの使用量は、乾籾重量と同量（100%）を基本とする。

コーティングした種子は十分陰干しし、表面が白くなって乾燥したら網袋に入れて風通しの良いところで保管する。通気性の悪い袋などを使っての保管は避ける。

4) 本田準備

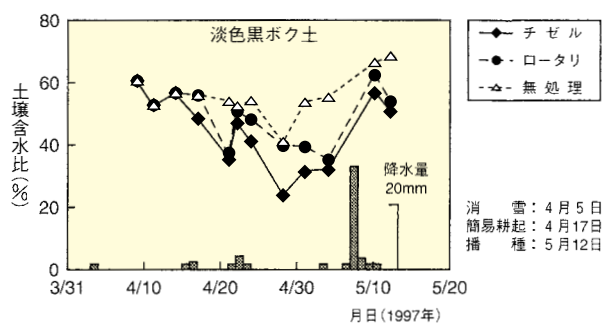
代かきをしないので、碎土率を高めて精度良く播種するために、可能な限り圃場の早期乾燥化に努める。

表面水の排除には水稲収穫後のサブソイラ施工が、消雪後の圃場の乾燥にはチゼルプラウを利用した荒耕起などが有効である。チゼルプラウで耕起した圃場は、ロータリ耕起のように降

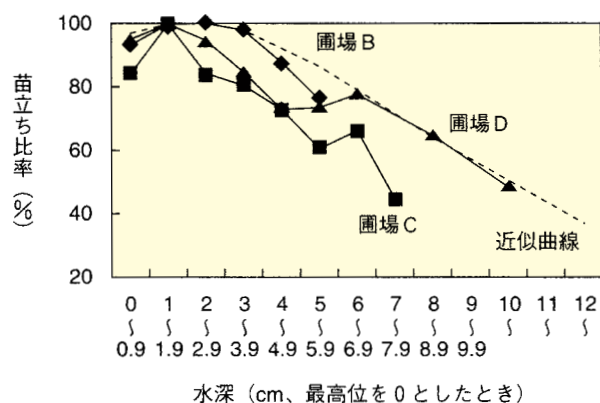
雨後に土塊の間隙に保水することが少ないため、ロータリ耕起に比べて乾燥が早まる（図X-2）。また、チゼルプラウ耕起では土塊が大きいいため、ロータリ耕起に比べて地耐力が大きく、作業能率が高いなどの利点がある。

発芽・苗立ちの安定、水管理、雑草防除、鳥害軽減などの効果を高めるためには、適切な水管理が必要なので、レーザ均平機などで圃場の均平を図る。レーザ均平機の基本構成は、レーザ発光機を畦畔等に設置し、受光センサを搭載し、凸凹に応じて運土ブレードを上下させて圃場の均平を取る方式の作業機を走行させるもので、牽引型と直装式がある。図X-3に示すように、水深が4cmを越えると苗立ち率の低下が大きいことから、均平は、最大高低差6cm以内（標準偏差で1.2cm以内）を目標とする。

次に、畦畔に沿って給排水明渠（25cm×25cm）を設けると、かん排水の効率化が図られ（図X-4）、水口の冷水の影響も緩和される。また、本格的な湛水前にこの明渠を利用して地下水位を上昇させると、土壤水分の供給や湛水直後の地温低下が緩和される。

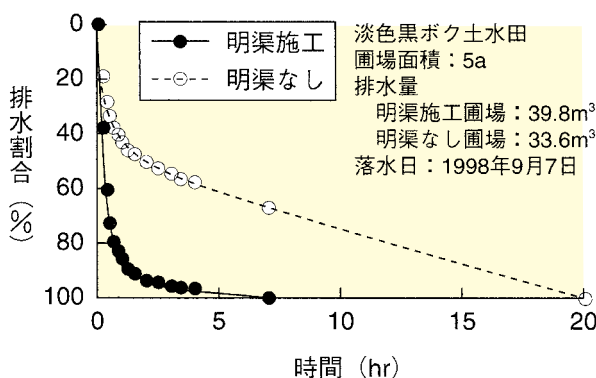


図X-2 耕起法の違いが土壤含水比の推移に及ぼす影響
(北の国の直播 1999)



図X-3 水深別苗立ち比率
(北農研 1999)

B: 1997美唄 C: 1998妹背牛 D: 1998美唄



図X-4 給排水明渠の有無と排水特性
(北農研 2000)

5) 播種作業

播種時期は、4月末～5月中旬とするが、生育促進、安定多収のために早期播種が望ましい。

播種量は乾粒で10kg/10aを標準とし、揺動スクリーンロータリーシーダ等、乾田直播用の施肥・播種機（写真X-1）で、碎土・施肥・播種を一工程で行う。この場合、碎土が良好なほど発芽・苗立ち率は向上するので、碎土には十分な注意を払う。表面から深さ5cmまでの播種床の土壤層では、直径2cm以下の土塊割合が70%以上確保されることが望ましい。

播種深度が20mm以上になると苗立ち率が著しく低下する。安全を見込んで10mmを超えない程度の浅播きが望ましい。また、条間は20cmが良い。播種後は、入水までの水分供給を確

保し、圃場の減水深を制御するために、ケンブリッジローラで圃場条件に応じた適度の鎮圧を行う。

グレンドリルを用いて播種する場合は、耕起・碎土後に鎮圧を行って、矩形板沈下量を10mm以内（かかるとに全体重をかけた際の靴の沈み込みとほぼ同じ）とし、播種後の種子が15～40%露出している程度に調整を行い、さらに播種後にも鎮圧を行うことで、5～10mmの適切な播種深度が得られる。

施肥量は、北海道施肥標準に準ずるが、圃場の窒素供給力を十分に考慮する。窒素施肥は、速効性肥料の側条施肥と肥効調節型緩効性肥料の全層施肥とを併用し、速効性肥料と肥効調節型緩効性肥料の割合は3：1程度とする。なお、復元田は速効性窒素の側条施肥にとどめる。



写真X－1 乾田直播の播種状況

6) 湛 水

播種後の入水時期は、幼芽長が5 mm程度に達しているのが望ましく、日平均気温が11.5℃以上に達した時期に行う。湛水による保温効果を高めるために、初期の湛水深は3～5 cmの浅水とする。田面が露出すると、鳥害を受けたり、雑草の多発生を招くので注意が必要である。

7) 栽培管理

除草剤の使用は、北海道除草剤使用基準に従うが、直播用一発処理剤は入水後湛水状態が安定したら、早めに処理する。

直播栽培では根張りが浅く、移植栽培に比べて倒伏し易いので、冷害危険期を過ぎてからの中干しは徹底して行う必要がある。

直播栽培は、移植栽培に比べて稈長が短くなる場合が多いので、収穫作業においては、収穫ロスが出ないように収穫機械の調整に注意する。その他の栽培管理は移植栽培に準じて行う。

8) 時期別生育指標

乾田直播栽培の安定多収のための時期別生育指標を表X－3に示した。直播栽培では、初期生育を促進し、下位分けつ主体の分けつ構成とすることが重要で、そのためには、分けつ盛期（6葉期）の窒素含有率をできるだけ高め、その後、幼穂形成期にかけては、窒素含有率を高めずに栄養生長量を大きくすることが重要である。

表X－3 乾田直播水稻の時期別好適生育量（北農研 1999）

生育栄養診断	分けつ期	分けつ盛期	有効茎決定期	幼穂形成期	止葉期 (減数分裂盛期)
(生育期:美唄・妹背牛 ～札幌羊ヶ丘)	6月20日～25日	6月27日～7月2日	7月4日～9日	7月10日～15日	7月26日～31日
葉 数	5.0	6.0	7.0	7.8	10.0
草 丈 (cm)	16～20	24～30	32～38	39～47	59～65
茎 数 (本/㎡)	440±50	600±70	940±100	1100±120	880±100
乾物重 (kg/10a)	11±1	35±5	85±5	220±40	550±20
窒素含有率 (%)	3.6～4.0	3.6～3.9	3.2～3.6	2.6～3.0	1.6～1.8
窒素吸収量 (kg/10a)	0.42±0.06	1.3±0.2	2.9±0.3	6.2±1.6	8.5±0.8
葉緑素計値 (SPAD)	37～40	41～45	41～45	40～43	41～43
乾物推定指標 ($\times 10^4$) ¹⁾	0.8	1.6	3.3	4.7	5.5
窒素吸収推定指標 ($\times 10^6$) ²⁾	0.3	0.7	1.4	2.0	2.3

注：1) 乾物推定指標 ($\times 10^4$) は、草丈 (cm) $\times$ 茎数 (本/㎡)

2) 窒素吸収推定指標 ($\times 10^6$) は、草丈 (cm) $\times$ 茎数 (本/㎡) $\times$ 葉緑素計値 (SPAD)

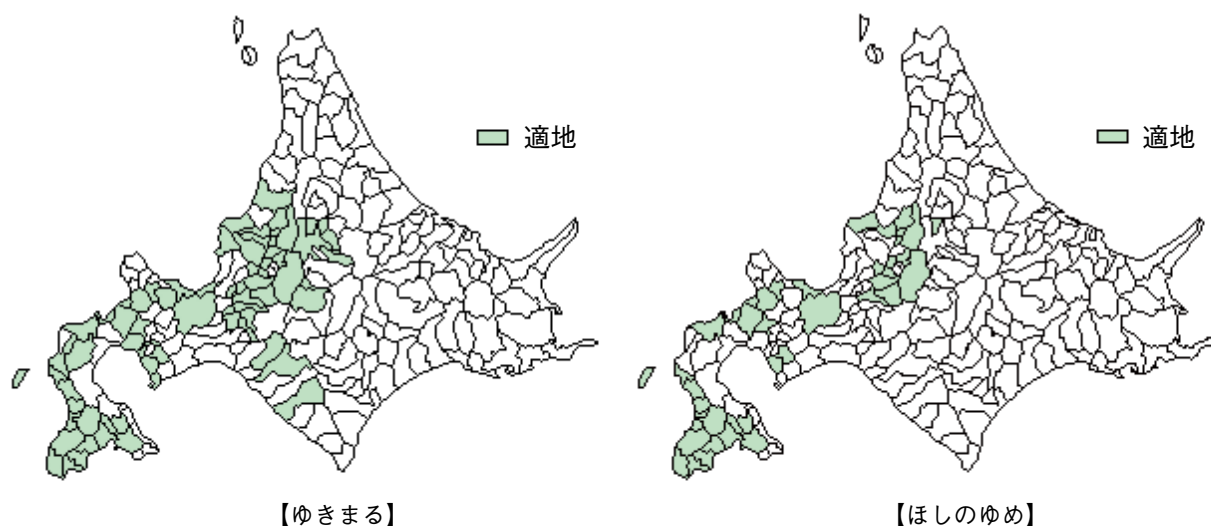
(2) 湛水直播栽培・落水出芽法

1) 適 地

適地は、道央以南の初期生育の良地帯とし、遅延型冷害のおそれのある地帯、融雪の遅い地帯は除く。湛水直播では代かきを行うため、乾田直播に比べると適応土壌条件は比較的広い。

2) 品種の選定

乾田直播栽培に同じである（図X－5を参照）。



図X－5 湛水直播栽培における各品種の適地マップ

(中央農試・上川農試 2004)

3) 種籾の準備・予措・コーティング

図X-6には、「はやまさり」について苗立ち本数と収量の関係を示した。苗立ち本数が200本/㎡以下では、収量は直線的に減少した。この結果などから、苗立ち本数は200～300本/㎡を目標としている。「大地の星」では、600kg/10aの収量を達成するためには、苗立ち本数は少なくとも150本/㎡以上を確保する必要がある。

種籾は、初期生育の良好な地帯の褐色低地土では乾籾で8kg/10a、その他の地帯・土壌では、10kg/10aを用意し、カルパーコーティングを原則と

する。褐色低地土では安定した苗立ちが見込まれるので、カルパーコーティングを省略できる。その場合、初期生育の良好な地帯では10kg/10a、初期生育の不良地帯では12kg/10aとする。なお、乾籾10kg/10aの播種量は、㎡当たり粒数にすると370粒/㎡程度であり、千粒重の大きく異なる品種を用いる場合は、㎡当たり播種粒数が一定になるよう換算する。

植物生長調整剤ヒドロキシイソキサゾール・メタラキシル粉剤は苗立ち率を高める効果があるので、使用する場合には乾籾重量の3%を用意し、カルパーに均一に混和する。できれば、カルパーを3等分し、そのうちの1つに混和し、コーティングの中間層に混ぜるように投入するとよい。

その他は乾田直播と同じである。

4) 本田準備

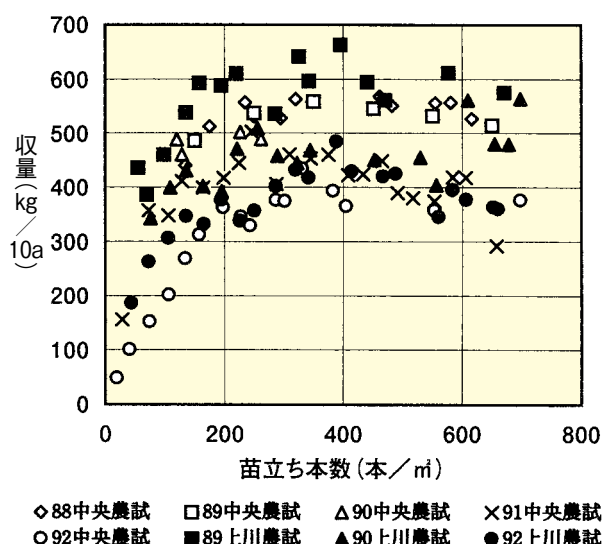
稲わらの鋤込みは、土壌還元が進み苗立ちに悪影響があるので、直播に使用する水田は前年秋に稲わらを搬出しておく。

本田施肥量は、北海道施肥ガイドに準ずる。ただし、「大地の星」の多収栽培では、一般うるち米の施肥標準に窒素を2～3kg/10a増肥する。

直播栽培では、下位分けつを主体とした有効茎の早期確保が重要であり、側条施肥の効果が期待されるため、初期生育が不良な地帯では積極的に側条施肥を導入する必要がある。ただし、播種後の落水管理によって、側条施肥された肥料の利用率が低下するため、側条には速効性の肥料ではなく、溶出の早いタイプの緩効性肥料を配合した肥料が有効である。

具体的には、条播の場合、良地帯の褐色低地土は、40日タイプ（25℃で80%溶出する日数）の緩効性肥料を窒素成分の30%配合した肥料を全量全層施肥する。その他の地帯・土壌では、全層＋側条の組合せとし、側条には20～30日タイプの緩効性肥料を窒素成分の50～100%配合した肥料を用い、側条施肥割合は施肥窒素量の50%程度とする。

散播では、窒素を基肥6（初期生育不良地帯）～8kg/10a（良地帯）＋4～5葉期に2kg/10aの分肥体系、または、基肥8（不良地帯）～10kg/10a（良地帯）のうち、40～50日タイプの緩効性窒素肥料を2～3kg/10a配合した全量基肥体系が基本である。



図X-6 苗立ち本数と収量の関係（はやまさり）
（中央農試・上川農試 1993）

また表X－4のように、品種ごとに収量構成要素、および生育時期別の窒素吸収量の目標値が示されているので、水田ごとの生育状況を把握して、次年度以降の施肥設計の見直しに活用する。

耕起・碎土は、移植栽培に準じて行うが、田面に稲の刈り株などのゴミがあると播種精度が低下したり、苗立ちムラが生じやすいので浅耕は避ける。乾田直播で使用されるチゼルプラウの利用は、湛水直播においても圃場の乾燥促進と乾土効果向上が期待される。また、圃場の均平が悪いと湛水直播においても、苗立ち不良や苗立ちムラ、除草剤の効果不足などを生ずるので、レーザ均平機等の活用が有効である。

代かきはできるだけ浅水条件で行い、ゴミの浮き上がりを防ぐ。過度な代かきは、播種精度の低下や、出芽不良を招くので過度にならないようにする。

表X－4 湛水直播栽培における品種別の生育指標

地域	道央		道南
品種	ゆきまる ¹⁾	大地の星 ²⁾	ななつぼし ³⁾
目標収量 (kg/10a)	500	600	500
苗立ち本数 (本/m ²)	200～300	150以上	200
穂数 (本/m ²)	－	750以上	700～800
籾数 (×10 ³ /m ²)	30	35程度	27～30
窒素吸収量 (kg/10a)	幼穂形成期	4.5	－
	出穂期	8	－
	成熟期	11	－

注1) 中央農試・上川農試 2004

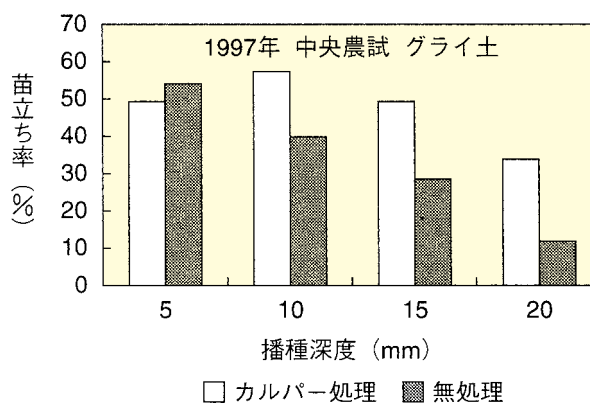
2) 中央農試 2009

3) 道南農試 2007

5) 播 種

播種後30日間の水温の平均値が16℃に達する日が播種の早限である。播種時期は、概ね5月中旬で、この時の平均気温は、10～12℃である。播種深度は10mmを目標とする(図X－7)。

播種の方法は、条播と散播に大別される。条播の場合は、専用の播種機で播種するが、播種深度が10mmとなるように播種機の調整に注意する。溝切り型の条播機については播種時の圃場条件は移植並とする。土壌の表面が硬すぎる場合には、播種・施肥溝の覆土が不十分となり、落水期間中の鳥害や浮き苗の発生、肥料の利用率低下の原因となるので注意する。なお、条間は15～20cmが望ましい。



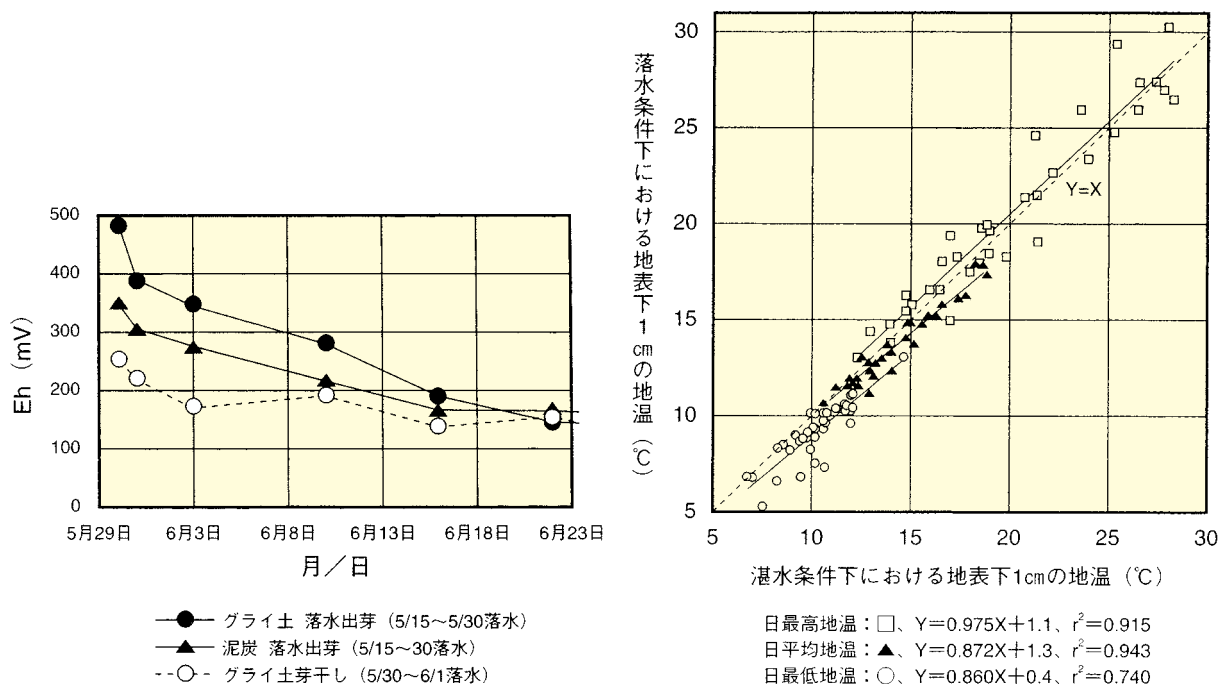
図X－7 播種深度と過酸化石灰剤の処理が苗立ち率に及ぼす影響
(中央農試・上川農試 1998)

散播は、ミスト機や乗用型散粒機、無人ヘリコプタなどで行うが、播種が均一になるよう丁寧に行う。播種深度が10mmとなるように、代かき直後に播種することを基本とする。種籾が適度に埋没するよう、落水した後土壌表面が柔らかい状態で播種する。

6) 播種後の水管理

播種後出芽始めまで落水管理する。これは、土壌とくに種籾のまわりの土壌還元を抑制して酸化的に維持するためである（図X-8）。圃場で観察していると、従来の播種後湛水栽培の発芽の仕方は、まず鞘葉だけが伸長して水中の酸素を吸収してから、種子根と本葉が伸長し始めるのに対して、落水出芽法では発芽と発根が同時に進行し、また鞘葉のなかには緑の本葉も伸長していることが確認できる。

従来は、水による保温効果が強調されてきたが、図X-9に示すように、日最低地温については水による保温効果は認められるが、日最高地温はむしろ落水区で高い場合が多く、イネの生長に重要なのは最高地温であり、この程度の温度差であれば、問題はないと考えられる。



図X-8 圃場試験における土壌の酸化還元電位の推移（中央農試 1998）

図X-9 湛水条件と落水条件における地表下1cmの地温の比較（中央農試 1998）

したがって、播種後湛水して水による保温効果を期待するよりは、むしろ落水して土壌還元を抑制する方が合理的である。このとき、圃場全体を均一に落水することが重要であり、溝切りを行うことが望ましい。また区画の大きい水田では、乾田直播と同様に給排水明渠の利用も有効である。

落水期間は、10～15日間を標準とする。落水日数は、播種後の気象条件で変動するが、日最高・最低平均気温から6℃を減じた気温を、播種翌日から積算した値で80℃に達する日の±2

日が目安になる。カルパーを使用しない場合は、これよりも3日程度（同積算温度では105℃まで）延長する。

写真X-2のように田面にはかなりのヒビ割れが生ずるがとくに心配はない。むしろ発根が不十分なうちに入水すると、浮き苗が多発した例があるので、必ず種子根が土中に伸長したことを確認してから入水する必要がある。ただし、土壤の乾燥が著しい場合、苗立ちが低下することがあるので、pF=2（褐色低地土でゴルフボールを地上1mから落下させたとき跡がつく程度）以上に乾燥しないように、走水を行い適度な土壤水分を保つ。

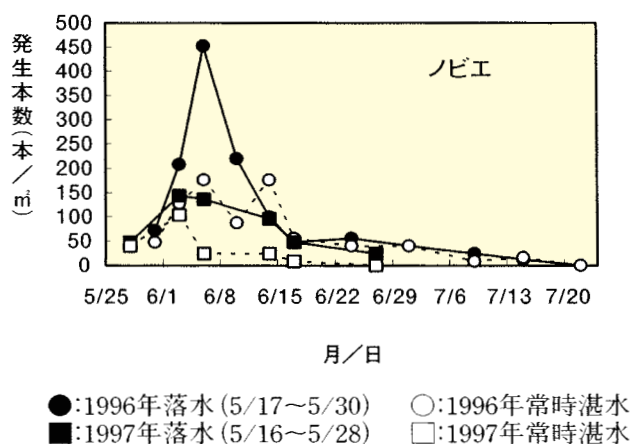


写真X-2 出芽始めとなり入水直前の圃場状態

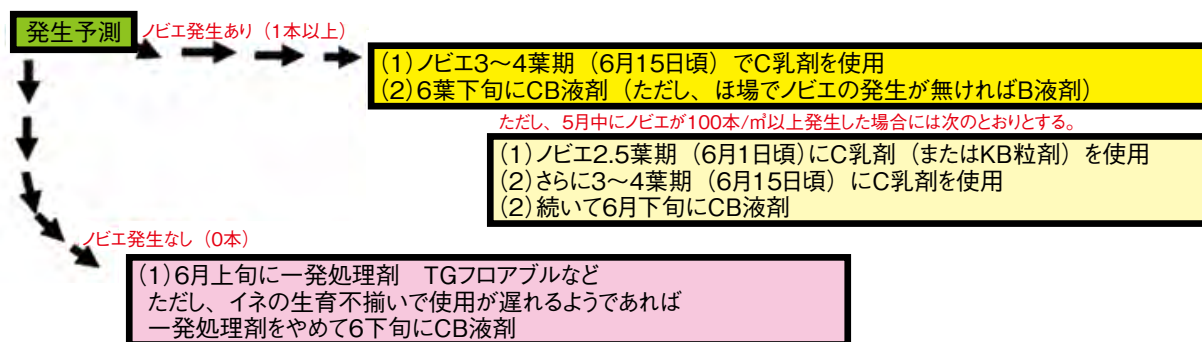
入水後苗立ちが安定するまでは、田面が露出しない程度の水深を保つ。低温時には深水とする。苗立ちが安定した後の水管理は移植栽培に準ずる。播種深度が浅い場合には、落水期間中に雀等の食害を受ける場合があるので、確実に土中に播種することが必要である。また、入水後は鴨による食害が発生することもあるので注意する。

7) 栽培管理

その他の栽培管理は、乾田直播と同様である。除草については、落水出芽法では苗立ちも安定するが、ノビエが多発生する場合があるので（図X-10）、ノビエ専用剤との体系処理を考慮する必要がある。なお、事前に雑草の発生量を予測し、除草剤の選択を効果的に行う方法が提案されている（図X-11）。



図X-10 播種後の水管理がノビエの発生消長に及ぼす影響（中央農試 1998）



図X-11 雑草発生予測に基づく効果的な除草剤の使用法

(中央農試 2009)

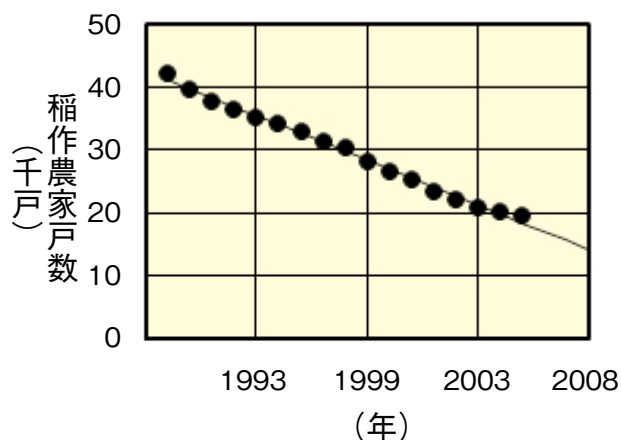
- 注1) C乳剤：クリンチャー EW、CB液剤：クリンチャーバスME、B液剤：バサブラン、KB粒剤：キックバイ1キロ、TGフロアブル：トップガン
- 2) 雑草発生予測の手順は次の通りである。
- ① 耕起前の水田1筆あたり3ヵ所から、採土管（内径寸法：直径50×深さ51mm）で土壌を採取する
 - ② 3ヵ所まとめていちごパック程度の容器に入れ、水と硫酸を0.24gを加えてゴロゴロがなくなるまで代かきする
 - ③ 育苗ハウスなど光があって暖かいところに置き、3～5cmの常時湛水状態で管理する

3 直播栽培導入の効果と課題

農業者の高齢化、後継者不足がいわれて久しいが、21世紀に入り担い手を巡る状況はいよいよ深刻である。道内の農家戸数は、2009年（平21）には4万5千戸に減少し、さらに農家人口のうち65歳以上の割合は、35%に達している。

北海道内の稲作農家戸数も、1989年（平1）には4万戸以上であったが、その後直線的に減少し、2005年（平17）には2万戸を切っている（図X-12）。

このような明らかな担い手の減少と米価下落の状況下で、将来の北海道稲作の姿を思い描くとき、現行の機械移植栽培体系がそのまま存続するとは考えにくい。



図X-12 北海道における近年の稲作農家戸数の推移（米に関する資料から作図）

●実数 — 回帰式

(1) 直播栽培導入の効果

北海道稲作の10a当たり全労働時間は、1965年（昭40）の118時間に対し、2008年（平20）には18.3時間と、6分の1以下に減少

している。機械化と除草剤の使用によって、省力化が大幅に進んだといえるが、一方で春作業に要する労働時間が全労働時間の約6割を占め、移植適期幅が制限されることから5月に著しい労働ピークが形成され、規模の拡大や他作物の導入を妨げる要因となっている。また、移植作業は機械化・乗用化されたとはいえ、ハウスの設置から、播種、育苗管理、苗運搬・補給などいまだに手作業、重労働、補助労働を伴う組作業を必要としている。

このような既存の機械移植栽培体系の壁を打ち破る技術として、直播栽培が期待されている。以下、「大地の星」を用いた湛水直播の実証経営の調査結果から、直播栽培導入の効果と問題

点を整理したい。

湛水直播栽培の労働時間と経済性を移植栽培と比較して示した（表X－5）。実証経営では、品種は「大地の星」、カルパーを省略、緩効性肥料を利用、雑草発生予測に対応した除草剤使用の4項目が従来の直播栽培と違う点である。そこで、技術的課題を浮き彫りにするため、従来の直播栽培についても試算値を示した。

表X－5 「大地の星」落水直播栽培実証経営における経済性と労働時間の比較（中央農試 2009）

項 目		直播栽培 ①	移植栽培 ②	差 (①～②)	従来の直播 (参考)
物 財 費 (円)	種苗費	4,846	1,070	3,776	4,846
	肥料費	5,322	3,997	1,325	4,746
	農業薬剤費	6,480	5,263	1,217	12,880
	光熱動力費	4,055	4,533	△478	4,055
	その他の諸材料費	755	2,586	△1,831	755
	農機具・建物費	30,271	40,043	△9,772	30,271
	うち減価償却費	22,729	29,467	△6,738	22,729
	賃借料及び料金	10,690	8,928	1,762	10,690
	土地改良及び水利費	6,405	6,405	0	6,405
	物件税及び公課請負担	2,020	2,020	0	2,020
	生産管理費	334	334	0	334
	物財費計	71,178	75,179	△4,001	77,002
労 働 時 間 (時)	種子予措	0.20	0.20	0.00	0.60
	育苗	－	4.32	△4.32	－
	耕起整地	1.47	1.47	0.00	1.47
	基肥	0.26	0.26	0.00	0.26
	田植・播種	0.42	2.19	△1.77	0.42
	除草	1.75	0.13	1.62	1.75
	かん排水管理	2.55	2.55	0.00	2.55
	防除	0.28	0.28	0.00	0.36
	収穫・脱穀	0.73	0.73	0.00	0.73
	乾燥	0.61	0.61	0.00	0.61
	生産管理	1.20	0.07	1.13	0.48
	労働時間計	9.5	12.8	△3.3	9.2
労働費（円）		16,016	21,674	△5,658	15,615
10a当たり生産費（円）		87,194	96,853	△9,659	92,617
収量（kg／10a）		566	589	△23	396
60kg当たり生産費（円）		9,243	9,866	△623	14,033

従来の直播栽培では、農業薬剤費が高かったものの、実証経営においてはカルパーの省略と除草剤の節減によって、農業薬剤費が大幅に節減されている。肥料費は、緩効性肥料の使用によりやや増加している。直播では育苗と移植が省略されることから、諸材料費および農機具費・

建物費は移植栽培よりも低い。これは、実証経営では直播播種機を共同利用し、利用料金を2,000円／10aに抑制しているためである。以上の結果、物財費の合計は、従来の直播栽培では移植栽培よりもやや増加したのに対し、実証経営では移植栽培よりも約4千円低い。

投下労働時間については、移植栽培でも道内平均よりもかなり少ない10a当たり12.8時間であったが、直播では9.5時間と26%省力化している。労働時間の内訳をみると、育苗、次いで田植の省略の効果が大きく、両者で6時間程度の省力化を達成している。また実証経営では、カルパーの省略により種子予措の時間が短縮されている。一方で、手取り除草を含めた除草に1.75時間を要している点が特筆される。

実証経営における労働費を含めた10a当たり生産費は、移植栽培よりも9.7千円の減（約10%減）である。

従来の直播栽培では収量が400kg／10a以下と低収であったため、60kg当たり生産費では移植栽培よりも大幅に高いのに対して、「大地の星」による実証経営では、ほぼ移植に近い収量を確保することによって、移植栽培以下の60kg当たり生産費を実現している。

このように、直播栽培を低コスト栽培技術として位置づけるためには、まず第一に収量の安定確保が必要であり、またカルパーの省略、除草剤の効果的な使用、および播種機等の共同利用による農機具費の低下などによる物財費の低下が必要である。

(2) 直播栽培の課題と将来展望

北東北以北では困難とされていた乾田直播が、早期播種・出芽前湛水という栽培法の採用と、耕起法の改善、給排水明渠やレーザ均平機の導入など周辺技術の改良により、また湛水直播では、従来信じられてきた水による保温効果の常識を打ち破り、寒地でも落水出芽法の有効性が確認されて以降、直播栽培の最大の問題点である苗立ちの安定性は格段に向上してきているといえる。さらに、道央部においては収量性の高い「大地の星」、「ほしまる」、道南地域においては「ななつぼし」の活用、カルパーの省略などにより、北海道の直播栽培も真の低コスト技術として、大幅な普及拡大の兆しが見えてきた。

春作業の大幅な省力化を実現し、担い手の減少に対応した稲作生産構造の変革を支えるキーテクノロジーとして、直播栽培を本格的に普及させるための課題を整理して、将来展望とした。

まず第1に、直播の導入目的を明確にする必要がある。直播栽培を単に移植の代替え技術として位置付けるのではなく、直播栽培の導入により、空いた育苗ハウスと労働力を活用して、高収益な園芸作物を導入・拡大を図る、あるいは田畑輪換により、麦・大豆、さらには2011年（平23）から戸別補償制度の対象作物となる、そば・なたねも含め、田畑輪換体系で水田をトータルに活用することで収益を向上するなど、経営全体のなかで直播栽培の効果をとらえる視点が重要になる。無代かきのため転作が容易な乾田直播は、とくに地下灌漑が可能な水田における田畑輪換の中心技術になる可能性がある。

第2に、さらに新たな技術開発が求められる。直播栽培の課題というと、現在でも「品種」、「苗立ち」、「施肥」、「雑草」が常に話題になる。品種については、当面道央部では「大地の星」と「ほしまる」、道南では「ななつぼし」を活用することになるが、将来的にはカルパーを使わなくても安定した苗立ちが得られるよう、外国稲の持つ低温苗立ち性をDNAマーカーなどを活用して効率的に導入することなどが期待される。いずれにしても、北海道米全体の販売戦

略の中で、直播栽培米をどのように位置付けるかが課題である。

苗立ちについては、乾田直播で種子予措の手間も省略した乾籾播種が、岩見沢市を中心に試みられ、成果を上げている。今後、安定した苗立ちが得られる条件の整理や、乾籾播種では生育はやや遅れるため、播種期の晩限の設定が必要である。また、条播以上に高能率な作業が期待できる散播栽培の高度化が課題である。

施肥は、直播の収益に直結する課題である。乾田直播・湛水直播とも、播種後落水状態で管理するため、効率的な施肥法が求められる。地域や土壌条件に適した緩効性肥料の選択が課題である。

雑草防除については、直播で利用できる安価で効果の高い新除草剤の開発に期待するのはもちろん、雑草の発生予測、発生状況の的確な把握に努め、既存の除草剤を効率的・効果的に選択する技術開発が必要である。さらには、先に述べた田畑輪換において、各作物の収益を高め、雑草や野良生えを抑制するには、どのような輪作体系が有効か明らかにする必要がある、今後重要な研究テーマとなると考えられる。

第3に、直播という新たな技術を地域に円滑に導入・普及を図るためのシステムが必要である。機械利用経費削減のためにも、地域ごとに研究会等の組織化を通じて、共同利用を図るなどの対応が求められる。また、栽培管理のマニュアル化や研修会の開催、普及組織の充実によって、技術情報を正確に伝達できる組織の構築、そして道内の各地域間の生産者のネットワークが今後ますます重要性を増すと考えられる。

(道総研農業研究本部企画調整部長 田中英彦)

コ ラ ム

乾田直播の新たな試み

JAいわみざわを中心とした「大地の星」を使った乾田直播の取り組みは、徹底的なコスト低減と作業の効率化を目指した取り組みである。まだ地域独自の技術であり普遍化のための試験が続けられているが、その一端を紹介する。

1. 直播圃場の早期乾燥化と均平化を図る技術が確立してきたことで、適期播種が可能となった。
2. 鎮圧による水コントロールが可能となった。
3. ドリルシーダーの活用が進んできた。
4. 「大地の星」の作付けにより多収を得ることができ、販売先も確保でき経営的にも有利。これらの条件を最大限活かすための技術が実証されてきている。
5. 種籾は乾籾を用い、カルパーコーティングはしない。
 - ① 浸種・催芽等の手間が省けるとともに、播種機でのトラブルが発生しにくい。
 - ② 苗立率が低下するため、播種量は通常12kg／10aのところ15kg程度とする。
 - ③ 乾籾なので成熟期は3日程度遅れる。
6. 雑草対策は、体系処理を基本としている。
7. その他

転作麦・大豆の過作や連作回避と水田農家の所得拡大を目指す、「空知型輪作体系の確立」の1品目として普及拡大することを大きな目的としている。また、低投入で持続可能な農法とするため、燃料消費量を削減できる土づくりや、肥料・農薬費の低減も実測を通じた調査を行っている。

これらの技術は空知農業改良普及センターの指導のもとで実施され、毎年着実に成果をあげてきており、それにつれてこの方式の実施生産者数、面積とも大幅に伸びてきている。播種量が多いため種子量の確保が課題である。