

寒地大規模直播稲作のための播種技術

大谷 隆 二*

Rice Direct Seeding Technique for Large Scale Farm in Cold Area

Ryuji OTANI*

* National Agriculture Research Center, Tsukuba, Ibaraki, Japan

1. はじめに

4月の融雪を待って、各種夏作物の作業が一斉に始まる北海道の土地利用型農業の生産環境は、都府県に比べて厳しい。稲の播種開始時期は4月中・下旬で、5月中・下旬に移植する。寒地の水稻栽培では、移植作業が少しでも遅れると、夏の気象条件によっては収量・品質に影響するため、移植作業適期は10日間ほどしかない。現行の移植技術では短い移植適期に制限されるため、自家労力での作付け面積は20haが上限(仁平, 1991)といわれている。

一方、転換畑の主要作物は、小麦、豆類、飼料作物等で、近年は野菜、花き等の園芸作物が急速に増加している。これらの転作作物の播種および移植は4月下旬から5月中旬であり、稲作との競合で著しい労働ピークが生じている。

規模拡大が急速に進行する北海道の稲作では、このように田植機の作業可能面積の限界を越える規模の農家が出現し始めている。一方、経営の複合化では、春作業時の労働競合が顕在化している。育苗と田植えには組作業を必要とする場合が多く、雇用労働力の確保が難しい現状では、これらを省略できる直播栽培の省力効果は大きい。現在の直播栽培では、苗立ちや初期生育などに解決すべき不安定要素が多いが、労力不足から部分的に直播栽培を導入する農家が増えている。

このような背景から、北海道における大規模直播稲作に対応できる播種技術の開発を行った。ここで述べる研究は、北海道農業試験場において行った「無代かき水稻直播栽培に関する研究」(大谷ら, 1996, 1997a, 1997b)の一部をとりまとめたものである。最初に無代かきを特徴とする乾田播種早期湛水栽培(以後、折衷直播とする)が、寒地の直播稲作に適する方法であることを実証した。この結果をふまえ、最適な播種深度に安定して播種

可能な折衷直播用の施肥播種機を開発し、さらに省力化と播種作業の高精度化を目的に、高速回転する鋸刃で播種溝を作溝し播種する不耕起播種機を開発した。

2. 無代かき直播の土壌の物理性と易耕性

寒地の作物栽培では、短い適期に播種できるかどうか苗立ち・収量に大きく影響する。積雪あるいは融雪水の影響を受ける北海道では、圃場の乾燥度合いによっては、耕起・碎土作業時期が大幅に制約される。特に畑転換初年目に春播き小麦を播種する場合、碎土性の問題が指摘されている。融雪後の迅速な圃場排水により、早期にトラクタ作業が可能になり、播種適期までに播種床の準備が完了していることが重要である。

折衷直播は湛水直播と異なり、無代かきである。折衷直播の場合、無代かきという特徴によって、土壌の物理性、排水性および易耕性の改善が行われ、その結果として、耕起・播種等の春作業の早期化が可能となることが期待される。

ここでは、寒地の大規模直播栽培を前提に、融雪後播種適期までの播種床造成という視点から、湛水直播と折衷直播を比較した。両栽培法の大きな違いである代かきの有無に着目し、土壌の諸特質を調査し、無代かきの有効性を明らかにした。

1) 圃場条件

供試圃場は、1990年より4年間折衷直播栽培を行った無代かき区圃場と乳苗移植栽培を行った代かき区圃場である。どちらの試験区も1989年に造成された北海道農業試験場内の多湿黒ボク土(LiC)の水田である。試験は、1994年4月16日の融雪直後から5月中旬の間にいった。

2) 融雪後の土壌水分の変化

図-1に融雪後の土壌水分の変化を示す。融雪後から無代かき区が、いずれの深さにおいても、低い含水比で推

移した。無代かき区は融雪から7日目の4月23日で、深さ10cmの含水比が既に塑性限界である45.8%を下回る44.1%となったのに対し、代かき区では深さ5cmにおいても塑性限界である47.0%を下回ることにはなかった。5月4、5日の2日間で合計23mmの降雨があった直後は、代かき区、無代かき区ともに55%程度の高い含水比となるが、その後無代かき区では含水比が急速に低下するのに対し、代かき区では、その低下は緩やかであった。

降雨後の暗渠からの排水量を調べると、無代かき区の排水量は、いずれの測定時においても代かき区の2倍程度であった。これは、図-1で示した降雨後の無代かき区の乾燥が、代かき区に比べて速かったことを、排水性の面から裏付けるものである。すなわち、代かき区は代かきを繰り返すことにより、土壌構造が微細化し、透水性が低下して、過剰水の排水性が低下したものと考えられる。

3) 融雪後のコーン指数の変化

図-2に融雪後の地耐力をコーン指数の変化で示す。深さ0、5、10、15cmのSR-2型土壌抵抗測定器(小コーン使用)による土壌硬度の平均値をコーン指数とした。コーン指数は、圃場の乾燥度合いとはほぼ対応した関係にあるため、乾燥の進行が早い無代かき区が、融雪後から一貫して高い値を示した。このため、無代かき区では安定したトラクタ作業が可能であったが、乾燥の遅い代かき区では、耕うん作業が不可能となる場合があった。

4) 易耕性

ロータリによる荒起こし作業時の土壌水分と碎土率の関係を図-3に示す。供試したロータリは、耕幅2.0m、なた刃、爪本数44本、回転直径53cmであり、耕深を13

cmとした。作業速度は、0.78m/s(耕うんピッチ14.8cm)とした。碎土率は、表層から5cmまでの土壌の径2cm以下の土塊が全質量に対して占める割合とした。土壌水分は、深さ0~5cmと5~10cmの含水比の平均値で示した。

無代かき区の碎土率は、いずれの含水比においても代かき区より高く、特に高水分域で両者の差は30%以上となり、無代かき区の易耕性が優れている。また、無代かき区の碎土率は、塑性限界より高い水分域で最高値を示し、代かき区では塑性限界よりやや高めの水分で最高値を示した。また、耕うん作業時のPTO軸トルクと耕うん断面積から耕うん比トルクを求めると、いずれの水分域においても、無代かき区が、代かき区より10~30%

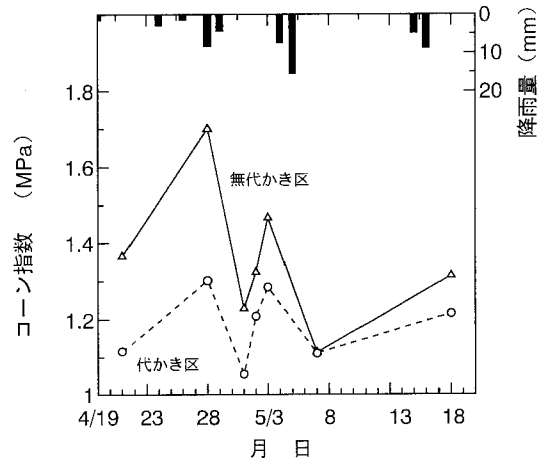


図-2 融雪後のコーン指数の変化

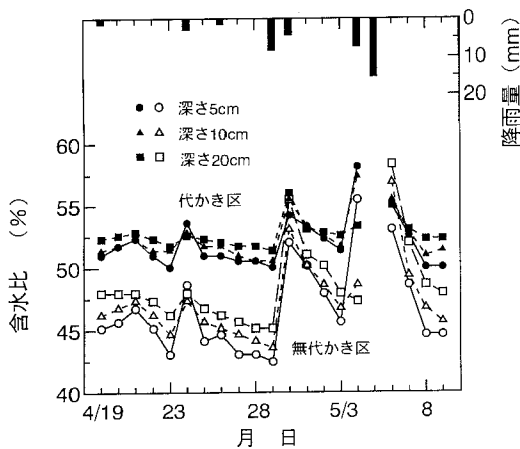


図-1 融雪後の土壌水分の変化

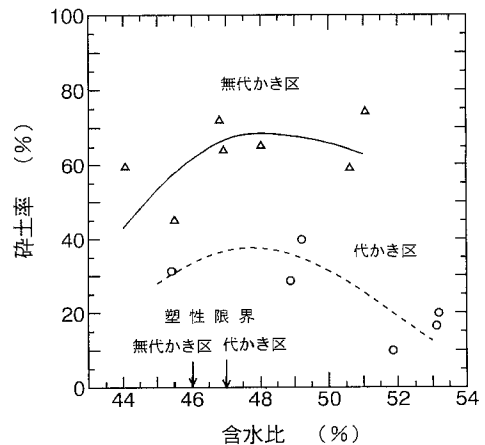


図-3 荒起こし作業時の土壌水分と碎土率の関係 (耕うんピッチは、14.8cm)

低い傾向にあった。

中野（1983）は土壌の塑性限界が圃場含水量に対して大きいほど、土壌構造が外力に対して安定な状態にある、という視点から塑性限界/pF 1.8 含水比が大きいほど易耕性が良好であるという指標を提案している。無代かき区、代かき区の塑性限界/pF 1.8 含水比をそれぞれ求めると 0.96, 0.89 となる。この結果は、無代かき区の易耕性が代かき区より優ることを裏付けるものであろう。

以上のように、無代かきを特徴とする折衷直播は、代かきを行う水稲栽培法に比べ土壌の物理性、排水性、融雪後の土壌の乾燥特性、地耐力、易耕性の面で良好となることを実証した。これらのうち、排水性、地耐力に関する改善効果は、積雪のある北海道においては、耕うん作業の早期化を可能とし、また、土壌の易耕性の改善効果は、大規模化に対応した耕うん作業の高速化と播種精度の向上に寄与するものと考えられ、特に田畑輪換を行う場合に魅力的である。

本試験では、無代かきによる漏水や地力の消耗の問題は発生しなかったが、圃場によってはこれらが大きな問題となる場合も想定される。漏水の対策として、前年の秋のうちに畦畔に近い所を部分的に代かきして、畦畔漏水を防ぐ方法が有効と考えられる。これは緊急的な対策であり、将来的には地力の消耗などの土壌の化学性の問題を含めて、無代かきを前提とした圃場整備技術の開発が望まれる。

3. 施肥播種機の開発

寒地の直播栽培では播種深度の深浅が出芽・苗立ちに大きく影響し、良好な苗立ちが得られる播種深度の許容範囲は 5~10 mm と狭い。また、播種適期が限られる寒地の直播栽培は、適期に大面積を播種できる高能率な作業システムでなければならない。このように寒地の大規模直播稲作では、播種作業の高精度化と高能率化が同時に要求される。折衷直播栽培は、耕起・碎土、播種、鎮圧作業後、入水するため、播種作業体系は畑作に近い。本章では、北海道の大規模畑作地帯でみられる高能率な播種作業体系の高精度化という視点で、畑作との汎用利用ができ安定した播種深度が得られる施肥播種機の開発をめざした。

1) 開発した施肥播種機の構造

開発した施肥播種機の概略図を図-4 に示す。開発機の施肥播種ユニットは、幅 60 mm の深度規定輪を装備した施肥オープナと播種オープナおよび鎮圧輪から構成される。施肥播種ユニットは、並行リンクおよび圧縮パネを介して施肥播種機の主フレームに装着される。播種深

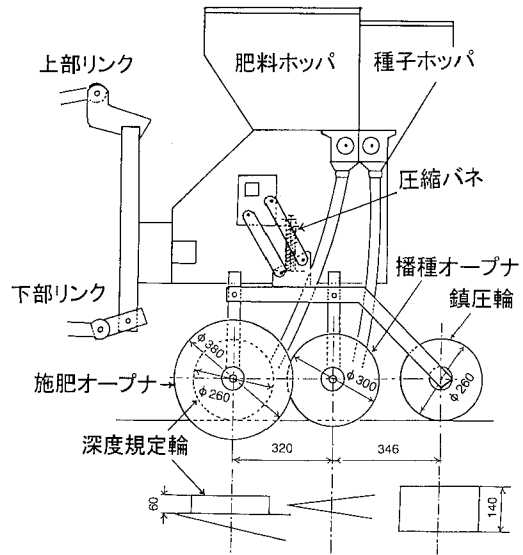


図-4 開発した施肥播種機の概略図

度は任意に設定ができ、麦等の一般畑作にも汎用利用できる。本機は、条間 25 cm, 10 条型であり、施肥播種機本体を支える車輪を装備していない。このため、本体の自重および肥料・種子の荷重は、すべて施肥オープナに装備した深度規定輪と鎮圧輪で支持される。機体質量は 634 kg であり、1 条ごとの深度規定輪と鎮圧輪には 630 N 以上の垂直荷重が加わり、播種深度の安定化に寄与する。

播種の過程では、深度規定輪で一度平らに鎮圧された播種床に、播種ディスクオープナが正確な深さで播種溝を作溝し、播種後鎮圧輪によって播種溝が閉じられる。また、施肥播種機は、トラクタ 3 点リンクへの直装式であるが、下部リンクと施肥播種機はリンク機構を介して連結する。このため施肥播種機本体は、作業時には自由リンク状態で牽引される。これらの作用によって、10 条すべての播種ユニットが正確に圃場の凹凸に追従し、安定した播種深度が得られる機構となっている。また、トラクタに装着して播種作業を行う場合、タイヤの轍が、播種精度を低下させる。このため、轍の深さに応じて作用深さを任意に調整できるショベル型のタイヤ跡消しを装着した。

2) 播種精度および苗立ち・収量

開発した施肥播種機の設定播種深度を 10 mm に調整し、異なる碎土率の播種床に播種したときの播種深度の分布を図-5 に示す。いずれの碎土率においても、設定深度 10 mm をピークとした分布となり、碎土率が高いほど播種深度 10 mm の度数割合が高くなった。すなわち、

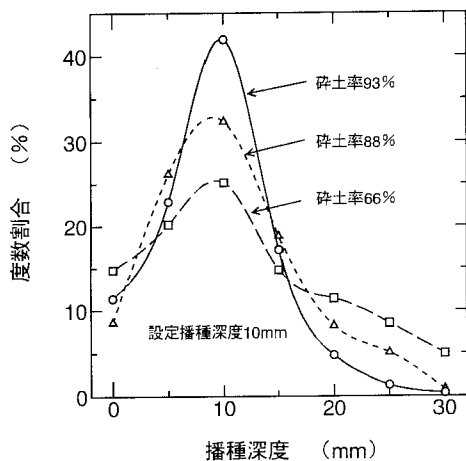


図-5 開発した施肥播種機の播種深度分布

播種床の土塊の大きさが播種深度の分布に影響し、碎土率が高くなるほど播種深度が安定することを示している。

播種深度標準偏差は、既存のグレインドリルに比べ半減し、良好な苗立ち・収量が得られた。気象条件が良好な年には、苗立ち数 150 本/m² (苗立ち率 34%) 以上で、570 kg/10a の収量が得られた。1992 年から 4 年間に亘って数戸の美咲市農家の圃場で現地実証試験を行い、実用性を確認した。

開発した施肥播種機の作業能率は 84 a/h であり、畑作並の高効率播種が行え、適期播種と大規模化に対応できるものと考えられる。また、秋播き小麦およびソバの播種作業に使用したところ、高精度な播種作業を行うことができ、良好な出芽・苗立ちが確保された。開発した施肥播種機は、播種深度を任意に調整できるため畑作との汎用利用が可能である。

4. 不耕起播種機の開発

上述した施肥播種機では、良好な苗立ち率を確保するためには、高い碎土率の播種床を造成する必要がある。高い碎土率の播種床を造成するためには、碎土作業は低速作業を強いられ、かつ播種作業は天候に左右され易い。このようなことから、播種作業期間の拡大と播種床の碎土性向上を目的に、播種する極く限られた部分を高速回転する鋸刃で作溝し、高い碎土率の播種床を作りながら播種する不耕起播種機を開発した。

1) 不耕起播種機の構造

作業速度を低下させずに播種床の碎土率を向上させる方法として、高速回転する鋸刃の採用を検討した。開発した不耕起播種機の概略図を図-6 に示す。開発機は、

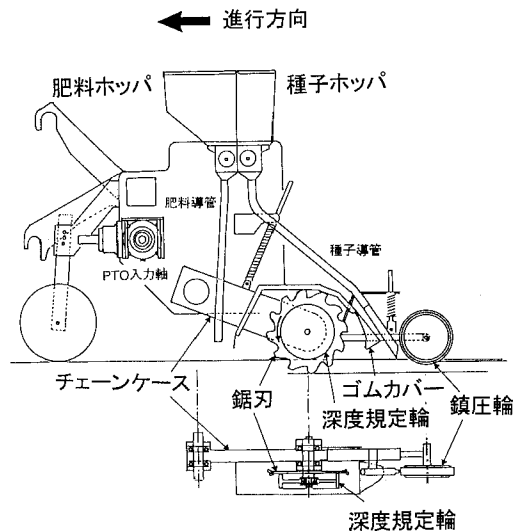


図-6 開発した不耕起播種機の概略図

PTO 軸駆動で正転する鋸刃により作溝し、播種、鎮圧する、条間 25 cm、10 条型の不耕起播種機である。切削された飛散土の一部は、鋸刃の後方に設けたゴム製のカバーに衝突し、切削溝を埋め戻す床土となる。残りの飛散土はゴムカバーの下を通り抜けて種籾の覆土となる。したがって、種籾はゴムカバーに衝突して切削溝に落下した床土の上に播種され、ゴムカバーの下を通り抜ける飛散土で覆土された後、鎮圧輪で鎮圧される。施肥位置は、鋸刃の直前とした。

鋸刃の作溝深を一定にするため、鋸刃を装着する駆動軸にベアリングを介して幅 60 mm の深度規定輪を装備した。これにより、10 条全ての鋸刃が圃場の凹凸に追従し、一定の深さで作溝する構造とした。作溝深度は、径の異なる深度規定輪の交換により、30、40、50 mm の 3 段階に調整できる。

2) 播種精度および苗立ち

土壌水分条件の異なる圃場で、鋸刃の歯数、回転数、作溝深度と播種深度の精度・苗立ちとの関連を検討した。土壌水分は、一般的に耕うん作業が行われる水分域として低水分条件、降雨後で深さ 10 cm の pF 値が 1.3 の一般的にはトラクタ作業は行われない高水分条件、その中間の中水分条件の 3 水準を設定した。

播種溝の碎土率は、土壌水分が低いほど高く、特に低水分条件の播種溝は粉状となり、全ての試験区で 100% の碎土率となった。播種深度の精度は、対照区とした上述の施肥播種機の精度を上回り (図-7)、苗立ち率も対照区を 15% 上回る 60% 程度の試験区もみられた。これらの結果、18 枚歯の鋸刃を用いて、鋸刃回転数を 313 rpm

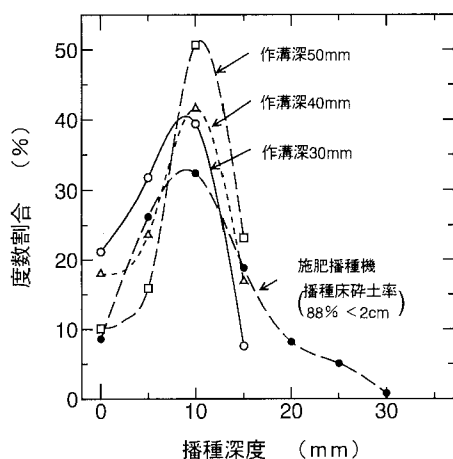


図-7 播種深度分布の例
(低水分, 歯数 18 枚, 回転数 313 rpm)

とし、作溝深を低水分条件では 50 mm、中水分条件では 40 mm に設定すると、60% 近い苗立ち率となる。高水分条件では、作溝深 30 mm の設定で、50% 以上の苗立ち率が得られた。

鋸刃で作溝しながら播種する本方式の特徴は、播種床の碎土率が極めて高いことと、飛散土を覆土として用いていることである。飛散土を覆土として用いるため一見不安定なようであるが、これまでのディスクオープナで作溝して、播種する方法に比べ、播種深度が安定する結果が得られた。これは、深度規定輪に 600 N 程度の垂直荷重が加わることが、鋸刃の切削深の安定化とともに覆土量の安定化にも寄与し、播種深度が安定したものと考えられる。また、不耕起圃場の刈り株は容易に鋸刃で切断され、刈り株上であっても精度・苗立ち率の低下はみられなかった。

5. おわりに

移植栽培での代かきの最大の目的は、水持ちをよくすることと、田植えを容易にすることである(泉, 1958)とされている。しかし、現在の北海道では、排水不良田

が 80% と圧倒的に多く(前田, 1987)、過度の代かきは透水性が低下するため、できるだけ荒く行うような指導がされている。このことは、代かきの目的は、漏水防止よりもむしろ、田植えの移植精度や湛水直播の播種精度を上げることが主な目的になってきていると考えられる。これらの精度が確保できる技術開発が行われれば、基盤整備が行われていない極端な漏水田は別として、代かきは必ずしも必要としなくなるのではないだろうか。

北海道の水田の多くが低地に位置しており、大型機械の走行と、さらに気象条件も関与し、圃場の排水性は著しく低下している。不耕起直播あるいは無代かき直播による土壌の物理性の改善効果は、将来の北海道稲作の基盤の強化にもつながるものと考えられる。北海道の稲作中核地帯である南空知の多くは泥炭地である。泥炭地水田の土壌は、耕うんの必要性がないと思えるほど膨軟で、地耐力が低い。泥炭地水田こそ、不耕起直播が最も適する土壌ではないかと考えている。

参考文献

- 泉 清一編 (1958) : 水田農作業の理論と実際, p 10~109, 農文協, 東京.
- 前田 要 (1987) : 基盤整備と保全, 北海道農業と土壌肥料, p 297~308, 北農会, 札幌
- 中野啓三 (1983) : 重粘土転換畑における易耕性の評価, 土壌の物理性, 48 : 38~43.
- 仁平恒夫 (1991) : 北海道における稲作作業構造と限界規模, 北海道農試研究資料, 43 : 1~18.
- 大谷隆二, 西崎邦夫, 柴田洋一 (1996) : 無代かき水稲直播栽培に関する研究 (第 1 報) —土壌の物理性と易耕性—, 農機誌, 58 (1) : 73~80.
- 大谷隆二, 西崎邦夫, 柴田洋一, 横地泰宏 (1997a) : 無代かき水稲直播栽培に関する研究 (第 2 報) —施肥播種機の開発と評価—, 農機誌, 59 (1) : 77~85.
- 大谷隆二, 西崎邦夫, 柴田洋一, 横地泰宏 (1997b) : 無代かき水稲直播栽培に関する研究 (第 3 報) —不耕起播種技術の開発—, 農機誌, 59 (3) : 73~81.

受稿年月日: 1998 年 5 月 7 日
受理年月日: 1998 年 6 月 15 日