

水稲直播栽培技術の現状と将来

水稲直播研究会
会長 松村 修

はじめに

各地で記録的な猛暑となったこの夏（2024年）、盆休み直前の8月8日に南海トラフ地震臨時情報（巨大地震注意）が発表された。注意の呼びかけは1週間後に終了したものの、対象地域外も含め人々は落ち着かない気持ちで過ごす夏となった。この“落ち着かない感”に拍車をかけたのが、7月ごろから表面化した「米が買いにくい」状況だったかと思う。原因は米の絶対的不足によるものではなく、供給が細くなりやすい米穀年度切替りに地震情報による買い足し急増や、夏季休暇下での流通停滞等の要素が重なったためと考える。しかし、マスコミ報道には要因背景として人口減と高齢化の中での日本農業の生産力低下を指摘するものもあり、それが庶民レベルの懸念を呼ぶことになったとも思う。農業者の減少と高齢化は今や広く知られており、人々の頭に“この先も米は自給できるのか？”との不安がよぎったかもしれない。

少ない農業者で生産力を維持するには単純には一農業者、一経営体当たりの面積負担能力増が必須であるが、同時にその能力を担保する技術も必要だ。水稲作において直播栽培技術が注目されるのもこのためである。本稿では水稲直播栽培技術の開発史と現状、将来的な展望について紹介する。

1. 人手が足りない時、必ず直播が求められる

直播は、移植に比べて育苗・移植作業に要する労力と施設・機械が不要なメリットがあり、昨今のような労働力不足下ではとくに春作業の省力性が魅力である。一方で出芽に始まる初期生育期の不良気象、雑草との競争、病害虫への対抗性の点でリスクが大きいデメリットがある。移植は、生育の進んだ苗を植え付けることでこれらの初期リスクを減ずる栽培法であり、加えて、環境等条件に応じて栽植密度を適正に設定できる利点もある。こうした様々なメリット・デメリットがある中、日本を含むアジアの稲作において移植栽培が主流であり続けた最大の理由は、何といたっても雑草との競争に有利な点であろう。除草剤の無い時代、移植栽培でさえ手取り除草は過酷な労働であったことを思えば、近代までの稲作で直播が主流になり得なかったのは当然と言える。雑草防除技術が貧弱であった時代において、直播は春作業など一部だけを見れば省力的ではあるが、トータルでは全く省力技術ではなく、除草に失敗した場合は収量確保も難しかった。出芽苗立を含む初期生育の不安定さと雑草防除の難しさ、この2点が直播普及の前に立ちはだかるのは今も昔も同じである。

しかしながら近代以降の日本稲作の歴史を振り返ると、農地開拓や戦争、他産業の振興等の要因により農業に人手不足が生じた際には、時代や地域を問わず直播の省力性が注目され、抱えるデメリットを克服する技術開発が試みられた。

2. 明治～昭和初期の北海道での湛水直播普及（過去最大の直播面積）

明治期の北海道稲作は、初めは道南地方に限られていたが、やがて石狩地方まで広まった。だが当時の水苗代では低温による苗腐病が発生しやすく、苗代播種も4月末から1週間程度と短く適期を逃すことが多かった。何よりも内地に比べて多い一戸当たりの水田面積を移植で行うのは労力面で厳しいものであった。そこで農学者の酒匂常明が湛水直播を試み、5月中下旬の2週間の播種で好成績を得た。けれども、除草作業や倒伏を考えると播種様式は点播が良いのだが、広大な面積の点播は作業が大変で、ゆえに直播はなかなか普及しなかった。

この状況を一変させたのが「たこ足」「黒田式」と呼ばれる点播器だった(図1)。1日40~50aの播種ができ労力は手播きの1/10、移植の1/7であったと言う。この利用で播種を早く終われば登熟期の秋冷回避もできて収量も安定した。以後、道内に湛水直播が急速に普及し、無芒品種「坊主」や手押し除草機(田打車)の利用も寄与し(図2)、昭和11年には全道の水稲作付面積約18万haのうち82%が直播栽培となった。当時の面積が現在に至るまでの日本の水稲直播面積の最大値である。直播の省力性が労働力不足をカバーし、かつ収量も安定したためこの高い普及率が実現したのである。寒冷な北海道では例えばノビエの葉齢進行が本州よりも遅いなど雑草成長が比較的緩慢で、直播での用具による人力除草が機能したことも理由のひとつかもしれない。



図1 湛水用タコ足式水稲直播機

出典は農研機構HPの農業機械研究部門資料館。1965年ころの復刻試作品。



図2 田打車とのちに無芒の「坊主」に替わる品種「赤毛」

出典は農研機構HPの農業機械研究部門資料館ほか。

田打車は明治28年ごろ鳥取県で開発され急速に普及した。

「赤毛」は寒さに強いが芒(のげ)が長く、播種しにくかった。

3. 岡山県、佐賀県等での乾田直播普及(戦争、高度成長での人手不足)

岡山平野の耕地25,000haの約8割20,000haは干拓によって造成された(図3)。この造成地を中心に大正時代に水不足地で乾田直播が始まり、太平洋戦争時の労働力不足期にかけ、一戸当たり耕作面積が大きく水利権も弱い児島湾干拓地を中心に普及が進み、1947年の岡山県の直播面積は1,000haとなった。

その後の高度成長期にも労働力不足が深刻となって乾田直播の普及が進み、ピークとなる1974年には普及面積22,262haに達した。普及率は工業地帯や商業地を抱える岡山市や玉野市で70%以上、倉敷市や総社市で50%以上、内陸の津山市でも30%以上となった。普及には吉岡金一氏らや岡山県農業試験場の功績が大きく現在も乾田直播を中心に2,000ha程度の普及がある。

ここで、ピーク時には内陸の中山間地にも普及したことに注目したい（甲田 斉、1985）。乾田直播は水利権の弱い干拓地で直播を行う際の次善選択の位置付けがあったが、技術の向上によって、こうした地域にまで普及したことの意味は大きい。

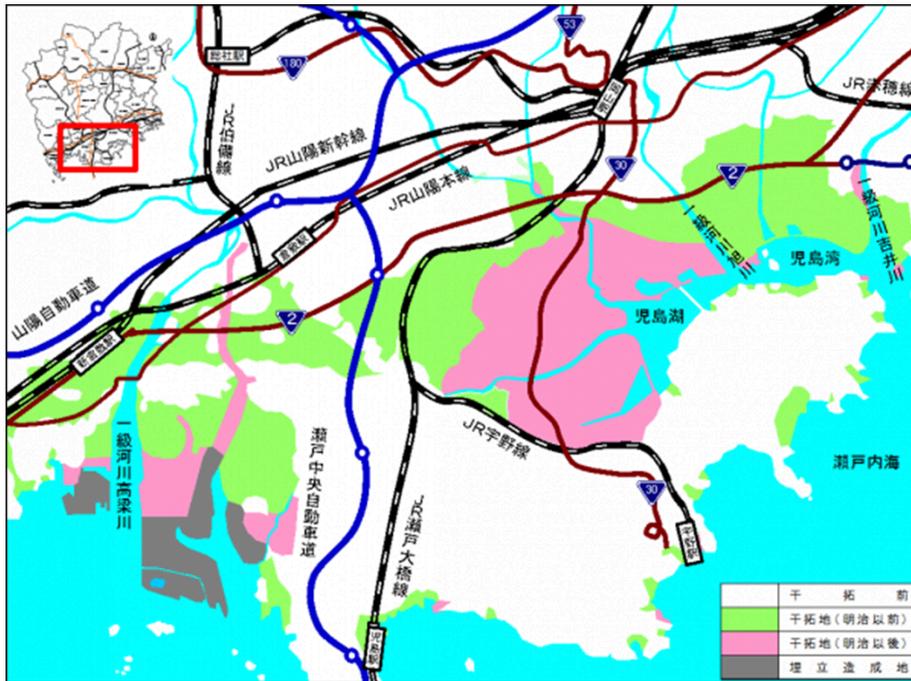


図3 岡山平野の干拓造成

出典：児島湾干拓の歴史 - 岡山県ホームページ（耕地課）（pref.okayama.jp）

佐賀県西部に位置し有明海を臨む白石平野（図4）では戦後の農地整備で乾田化が進んだが、それにつれ水利権の弱い干拓地を中心に水不足が深刻化し、対策として乾田直播が導入された。岡山県と同様に干拓地は一户当たり経営面積も大きいので、労力面での直播の省力性は魅力であった。当時、九州で育成された短稈多収品種「ホウヨク」などの導入もあり、1973年頃には白石管内の水稲面積約4,000ha中の2,800haまで普及した。ここで、戦後の直播普及の背景には農地解放や食糧増産政策による生産意欲の高まりがあったことも忘れてはならない。1945年11月には「緊急開拓事業実施要領」が閣議決定された。深刻な食糧難への対応として全国で開墾155万町歩、干拓10万町歩を実施し、復員・引揚者の就労により5年で100万戸の農家を創出し、1,600万石の米生産を目指す



図4 有明海沿岸の干拓地と白石平野の位置

出典：本岡 武（1954）掲載図に白石平野強調を追加

内容だった。開拓地は未開拓の洪積台地、干拓地は低平地の末端や周辺に造成されることが多く、ともに用水不足、弱小水利権の地が多かった。

以上のように、戦後の直播普及は農村での労力不足に対応した技術として普及し、その方式は水不足地においては乾田直播が選択され、1974年には全国の直播栽培面積は55,000haを記録する。これは戦後の直播の最大普及面積である。

4. 湛水直播の基本技術 — 湛水土壌中直播法 — の開発と普及

1970年代にトラクタ、コンバイン、田植機等で構成される水稻中型機械化移植体系が確立すると直播栽培面積は1974年をピークに減少に転じた。高度成長と兼業化は全国の多くの農村で人口減と労働力減を招いたが、機械化という技術革新がカバーしたのである。しかし同時に、機械等生産費の増加からコスト節減を求める声が高まった。1970年に始まった米生産調整を契機に、農業者は経営の拡大や複合化によるコスト低減と収益増を考えざるを得なくなった。複合化を志向した経営では高収益な果樹・野菜・園芸等作目へのバーターとして稲作部門の省力化あるいは縮小が求められた。1970～80年代にかけての農産物自由化の波、そして食管会計赤字の政治・社会問題化が生じると、米生産への世論の風当たりは日に日に強くなり、一層の米生産コストの削減、米価下落が求められた。これらの事情から、直播面積減の裏で、逆に直播の技術改良は活発に進められた。湛水直播では鳥害や出芽苗の転びや流出を避けるため、種籾を土中播種する必要がある。しかし湛水土壌はごく表面を除き酸素が少ない還元層が大部分であるため、土壌還元強いイネといえども土中播種すると出芽率は下がる。これを改善する手段として、山田昇（1952）は過酸化石灰散布の有効性を見だし、太田保夫ら（1970）は被覆種子での種子近傍の還元状態緩和による苗立ち向上効果を確認した。1977年には三石昭三らが焼石膏を結着材とする被覆法を考案し、被覆種子を1～2cmの湛水土壌中に播種する「湛水土壌中直播法」を提唱するに至った。焼石膏と過酸化石灰の混合剤は「カルパー粉粒剤」として商品化され、専用播種機も上市され、いわゆるカルパー直播の実用基礎が成立した。以降、全国で実証研究・事業・展示の取り組みが進められ、1990年代には東北や北陸を始めとする全国に広がった。



図5 湛水土壌中直播(カルパー直播)の様々なバリエーション開発

上段左から有人ヘリ播種、背負い式動噴播種、作溝条播
 中段左から標準の条播、打ち込み式点播。作溝条播(そろばん玉)
 下段左から多条条播、最後は町の鉄工所作成の播種機(丸亀市)

とくに大規模経営体への農地集中や作業委託が顕著に進んだ北陸地方では「移植で手に余る分の面積処理」技術として普及が進んだ。この時期、全国直播サミットの開催や重点地区の設定と巡回指導、直播の転作カウントなどの国・地方自治体による普及促進施策も実施された。同時に湛水土壌中直播の様々なバリエーション開発（図5）や構成技術の改善が進んだ結果、1993年に7,184haまで落ち込んだ全国の直播面積は2022年には36,681haまで増えた。ここ数年は高密度播種苗移植の普及で足踏状態だが引き続きの増加が見込まれる。

一般に湛水直播と乾田直播では、播種深が深く根の支持力も高い乾田直播の方が同じ品種を使っても耐倒伏性が優る。また、散播と条播と点播では条形成ができる条播が散播より倒伏に優り、複数個体の稲株ができる点播が条播より優る。1990年代末ごろ下坪訓次らにより開発された打ち込み式代かき同時土中点播技術は、カルパー被覆種子で遠心力を利用して複数打ち込むことで播種深と株形成を確保するもので、移植同様の稲姿となり耐倒伏性が改善される。風水害の多い九州地方での普及が進み、その後他の地方にも広がった。湛水土壌中直播のバリエーションの成功例の一つである。

5. 雑草防除技術等の進展

1951年ごろから2,4-Dなど除草剤の水稲作での普及が始まり、日本農業の大きな課題であった雑草防除は劇的に変化した。直播では薬害の点で移植に比べるとどうしても除草剤の利用は制限が多いが、それでも、2,4-Dは後期除草剤として、1962年に市販化された選択性除草剤プロパニル（DCPA）は乾田直播の入水前除草剤として利用が進んだ。1964年にはNIP（ニップ）の実用化が始まり、薬害が比較的少ないことから湛水直播の初期除草剤に利用された。1975年には多年生雑草に効果があるベンタゾン剤が市販化され、1979年にはピラゾレート剤が農薬登録された。薬害が少なく多年生雑草にも効果があり、しかも播種同時散布ができる初期剤であり、開発されたばかりの湛水土壌中直播での利用が進んだ。その後、移植では1982年ごろから一発処理剤が普及したが、直播では大きな進展は無かった。ピラゾレート剤は有用な剤であったが、播種後の出芽促進のための落水がやり難い点が泣き所であった。しかし、1987年には広範な殺草スペクトラムを持ち、播種後からノビエ2.0葉まで利用できるジメピペレート・ベンスルフロンメチル剤のようなSU剤を含有する混合剤が直播水稲に適用となり、ピラゾレート剤との体系処理や単独処理（抑草期間の長い初期剤として利用）が確立し、ピラゾレート剤の泣き所であった初期落水管理の幅が広がった。このうち、高葉齢ノビエに有効なヒエ剤のシハロホップブチル剤、それとベンタゾン剤との製剤が発売されるなど直播の雑草防除は目覚ましく進展した。直播に使用可能な剤の登録数は増え、これにより初期水管理（落水タイミング）や播種法（表面播きなど田面に近い播種）の自由度が広がった。

森田は「直播水稲」に登録された除草剤数の推移を調べ、1995年当時30剤に過ぎなかった数が2011年には168剤、2022年には538剤と大幅に拡大したことを示した（表1）。このほか、移植における苗箱施用の殺虫殺菌剤に対応するものとして、直播での種子粉衣時に同時湿粉衣や塗抹処理できる殺虫殺菌剤も開発された。こうして直播を構成する諸技術は大きく進展した。

表1「直播水稲」の登録除草剤数の推移

（直播研究会HP掲載の森田作成の表を簡略化）

年次	「直播水稲」の登録剤数	出典
1995*	30	森田：植物防疫49-6、1995
2001*	41	森田：雑草防除、直播水稲の栽培技術、農業技術体系追録33、2001
2011	168	濱村：水稲直播研究会誌33、2011
2015+	250	濱村：水稲直播研究会誌38、2015
2018+	363	濱村：水稲直播研究会誌41、2018
2022+	538	濱村：水稲直播研究会誌45、2022

注1：*は+の区分に配分して計数

注2：同じ成分で別名・別剤型の場合はそれぞれを「1剤」として計数

注3：本表は三次資料のため、利用の際には「出典」に留意が必要

6. 品種改良の進展

湛水土壌中直播が開発された1990年前後から、国や都道府県等の試験機関で品種育成の選抜・検定項目に徐々に直播条件での土中出芽性や苗立ち性、耐倒伏性などが加えられるようになり、「直播栽培にも向く」などの語句が特性として示されるものが出てきた。北海道立上川農試育成の「きたいぶき」（1993）、山形県農試育成の「はえぬき」（1993）、農水省北陸農試育成の「どんとこい」（1995）はともに良質良食味の直播にも向く品種であり、とくに「はえぬき」は県主力品種の位置付けもあって同県の直播栽培で普及が広がった。その後、年月を経て明確に「直播栽培に向く」とうたう品種が育成されるようになるが、東北農業試験場育成の「萌えみのり」（2006）はそのひとつである。ただし、米の生産・販売には品種や地域のブランド戦略や販売戦略、道府県における奨励品種決定など要因が絡むので、たとえ直播向き品種が育成されても直ちに普及するものではない。農業者の立場としては直播を行うにしても売れるブランド品種を用いるのが当然で、現実にはこういった品種による湛水直播や乾田直播が行われ、現在も続いている。さりながら、最近では業務用米を中心に、生産コストをできるだけ抑えるため、「にじのきらめき」、「しふくのみのもり」、「つきあかり」、「えみまる」などの直播適性の高い新品種の直播栽培が広がりつつある。

7. 現在の主な水稲直播技術

(1) 湛水直播の主な方式と特徴

① 湛水土壌中直播（カルパー直播）

過酸化カルシウムが主成分のカルパー剤の粉衣種子を代かき土壌中（約1cm）に播種する。過酸化カルシウムから発生する酸素が種子近傍の土壌還元を緩和し出芽を促進する。粉衣粃は15℃以下保管で2週間程度利用できる。点播、条播、散播が可能でドローン播種も可能。

② 鉄コーティング直播（農研機構）

鉄粉と焼石膏を粉衣した種子を用いる方式。鉄に土壌還元を軽減する効果はないので土中播きせず、転び苗とならぬよう鉄の重みで少し土面に埋まる程度の表面播きとする。粉衣粃の保存期間は冬春の室温で数か月程度と長く、冬の農閑期の作業が可能。点播、条播、散播が可能でドローン播種も可能。

③ ベンモリ直播（農研機構）

ベンガラ（酸化鉄）を重みづけと種子周囲土壌の還元緩和に、モリブデン化合物は有害硫化物抑制のために粃粉衣し、浅く土中播種（1cmより浅め）する方式。資材量が少なく粉衣が比較的容易。粉衣粃の保存性は常温で1週間、10℃の低温で1ヵ月。点播、条播、散播が可能でドローン播種も可能。

④ 無コーティング種子代かき同時浅層土中播種栽培〔略称：かん湛〕（農研機構）

根だけを0.5～5mm伸ばした根出し粃またはハト胸粃を、仕上げ代かき同時で土中に浅く播種（表層5mm以内）する。根出し種子の保存は10日。酸素の多い土壌表層に根出し粃を播種するので資材粉衣は不要で転び苗も少ない。播種時の土壌の固さ、水量調整がポイント。条播、散播が可能だが播種は専用播種機を利用する。

⑤ リゾケアXL利用の湛水直播（①のバリエーション）

シンジェンタジャパン社が展開する同社のリゾケアXL剤粉衣済み粃を用いる湛水直播。農業者提供の種粃を受託コーティングして届けるので取り組み易いが半面そのコストが必要。リゾケアXL剤は過酸化カルシウム剤、殺菌剤、殺虫剤で構成される。播種深度は0.5cmを奨めているが播種は、点播、条播、散播が可能でドローン播種も可能。

※ ①～③、⑤はアタッチメントを替えるなどして概ね多くの播種機で相互に利用可能。

(2) 乾田直播の主な方式と特徴

① プラウ耕鎮圧体系乾田直播（農研機構）

畑作用大型機械（グレンドリル、チゼルプラウ、ケンブリッジローラ等）とICTを利用した高速で省力的な乾田直播体系。耕盤を破碎するので播種前後の大型重量機による鎮圧で止水層を作る点がポイント。ダイズや麦類との輪作体系に適する。

② 振動ローラ式乾田直播（農研機構）

振動ローラによる鎮圧で短期間での漏水防止が可能な乾田直播法。冬作との切替期間が短い2毛作地帯に適用できる。圃場規模やトラクタ出力があまり大きくない場合にも向く。振動ローラの作業能率がやや低い（120cm幅で30～40分/10a）が、より幅広で能率が高いものも市販された。

③ 不耕起V溝乾田直播栽培（愛知県）

冬期に代かきや耕起鎮圧することで春作業を軽減し、春に不耕起播種する愛知県開発の方式。完全不耕起に比べ漏水、雑草繁茂が少ない。深いV溝に播種するので鳥害を受けにくく、覆土は軽く行う程度で出芽性も良い。1994年開発以来改良され続け、当初は冬期代かき可能地域や晩秋の圃場滞水や初春の融雪水による代かきができる日本海側積雪地域に制限されたが、冬期の耕起鎮圧を工夫したことでその制限も少なくなった。

8. 直播栽培の将来

現状の農業労働力不足は今や待ったなしの状況にあり、国全体の人口減少が根本にある深刻なものである。ここまで見てきたように時代と地域を問わず労働力不足があるとき、その要因はさまざまでも稲作では直播が必ず注目され普及してきた。各地で離農者が増えつつあり、そこで余剰する水田を地域の数少ない農業者で作付け継続して守ってゆくことが求められている。この状況で直播が求められない訳がないと確信する。もちろん、経営における水稲作を全て直播で行うことは、多くの地域ではあまり現実的ではない。移植栽培の安定性は抜群であり、さらに高密度播種苗栽培などより省力的な技術も普及しており、これら技術を用いた移植栽培と直播栽培とを経営の中で合理的に組み合わせることが重要であろう。その場合、個々の経営での全水稲作付面積の中で、春作業の分散、移植と直播で収穫期がずれることを利用した秋作業分散、あるいは高温障害等のリスク回避、他作目との作業分散など様々な点を考慮して使い分けを行えば良いだろう。これは言うに易く行うに難しいところもあるが、様々な作業・経営シミュレーション技術なども開発されており、一方で技術開発元からはマニュアルや農研機構のSOP（標準作業手順書）など詳細な技術内容の開示も進んでいる。これらをデータ駆動型農業の基とすることで合理的技術の使い分けを行うことは可能と考える。

直播の今後の技術課題としては「安定性向上」と「柔軟性向上」を挙げたい。一例を示すと、出芽・苗立ちの向上は湛水直播、乾田直播を問わず重要であるが、移植栽培の「苗活着率」が非常に高率なのに比べ、当直播の苗立ち率は低く、気温等の影響を受けての変動も大きい。植えた苗がほぼ確実に根付き生育することの意義は大きく、移植の利点は極端に言えばこれに尽きる。その点、直播はどうしても劣ってしまうが、品種の能力でこれを高め変動するにしてもその幅を小さい範囲に収めることができれば直播の安定性は高まる。

実は直播適性にかかわるイネの諸形質のうち、出芽苗立ちを含む初期生育特性の基礎的研究成果が実際の品種につながったケースはまだ少ないのが実情である。直播に有利な形質を支配する遺伝子や量的形質遺伝子座（QTL）の解明とDNAマーカーの開発が重要だ。すでにこのような育種は進められており、岩手県は「ひとめぼれ」の遺伝背景に、直播好適形質として「初期伸張性」と「半矮性」を、その他食味や耐病性に係る2つの遺伝子領域を集積した「岩手117号」を3年で育成した（仲条真介ら、2018）。

参 考 文 献 等

(直播技術史について)

- ・昭和農業技術発達史第2巻水田作編第3章第5節 田植労働からの解放を目指して、146-155、農文協、1993
- ・公益社団法人農林水産・食品産業技術振興協会（JATAFF）、「日本の「農」を拓いた先人たち」、[URL : https://www.jataff.or.jp/senjin/index.html](https://www.jataff.or.jp/senjin/index.html)
- ・水稲直播栽培の特性と大規模稲作経営の課題、甲田 齊、岡山農試研報 5:37-46、1985
- ・佐賀県白石地方の水稲乾田直播栽培、陣内信夫、農業と科学、昭和48年5月号、5~6、1973
- ・有明海干拓地の農業地理学的特質とその問題、本岡 武、人文地理 6:183、1954

(現在の主な水稲直播技術について)

- ・水稲湛水土壌中直播栽培の手引き（令和元年改訂版）、水稲直播研究会、2019
- ・鉄コーティング湛水直播マニュアル 2010、農研機構西日本農業研究センター、2010
- ・水稲べんもり直播マニュアル、農研機構九州沖縄農業研究センター、2019
- ・水稲無コーティング種子の代かき同時浅層土中播種栽培マニュアル ver.7(最終版)、農研機構東北農業研究センター、2023
- ・RISOCARE 水稲湛水直播向けソリューション、シンジェンタジャパン株式会社
URL : <https://www.risocare.jp>
- ・乾田直播栽培体系標準作業手順書 ープラウ耕鎮圧体系ー「東北地方版」、農研機構東北農業研究センター、2024
- ・乾田直播栽培体系標準作業手順書 ー振動ローラ式乾田直播ー【九州地方版】、農研機構九州沖縄農業研究センター、2024
- ・不耕起V溝直播栽培の手引き（改訂第4版）、愛知県農業総合試験場、2007
- ・「イネ初冬直播き栽培技術マニュアル」を公開しました！、岩手大学次世代アグリイノベーション研究センター、2023 URL : <https://aic.iwate-u.ac.jp/archives/1857>

(水稲品種の育成について)

- ・直播適性が高い良食味水稲品種「萌えみのり」の育成、片岡知守ら、東北農研研報、2007
- ・4種の遺伝子領域を集積した水稲品種「岩手117号」の育成、仲条眞介ら、東北農業研究 71、1-2、2018