

# 乾田直播水稻の限界播種深度について

農研機構本部  
みどり戦略・スマート農業推進室  
荻原 均

水稻の乾田直播は古くて新しい技術である。平成6年（1994年）に農林水産省が水稻の直播栽培を稲作の低コスト化、省力化および規模拡大を実現するための重要な技術（キーテク）と位置づける以前から平成20年頃まで、ほぼ5000ha程度の面積で乾田直播栽培が行われていた（図-1）。湛水直播栽培の面積を上回る面積であったが、これはほとんど岡山県の児島湾干拓地に限定されていた。平成8年（1996年）から直播栽培をその面積の15%を転作面積にカウントする制度が始まり、直播栽培が増加する大きなインセンティブとなった。また同年にシハロホップブチル剤が登録され、雑草管理への対応策が整っていったことも大きな要因である。しかし、この時期から増加するのは主に湛水直播栽培であ

た。湛水直播栽培については、この時期に過酸化カルシウム剤の粉衣、専用条播機による播種、播種後落水管理とそれに対応できる除草剤という3つの技術要素が苗立ちを安定させる技術として確立されていったことが普及を促進したと考えられる（荻原2019）。

一方の乾田直播栽培は平成20年（2008年）頃から緩やかに増加しはじめ、平成29年（2017年）以降急速に増加している。この間には湛水直播栽培面積が減少していることから、湛水直播からより省力的な乾田直播への移行があったと推測される。V溝直播技術（愛知県2007）やドリルシーダーを利用したプラウ耕乾田直播（農研機構2016）の普及もあると考えられるが、近年急速に進んでいる特定の担い手への農地の集積によって大面積

に対応しやすい乾田直播が見直されたと考えられる。また雑草制御技術が確立されたことにより、発芽や苗立ちに好適な条件で播種を行うことができる乾田直播が、農家が最も恐れる苗立ち不良による収量が激減するリスクを抑制できる点も評価された可能性がある。しかし、湛水直播のスタートアップ期に東北地方で行われたような系統だった調査が行われてはいないので近年の乾田直播普及の要因については著者の推測に過ぎない。

## 乾田直播は苗立ちに有利

乾田直播では湛水や代かきをしていない土壌に播種を行う。このような条件では土壌は酸化的状態にあり、適度な温度と水分があれば種子の発芽には

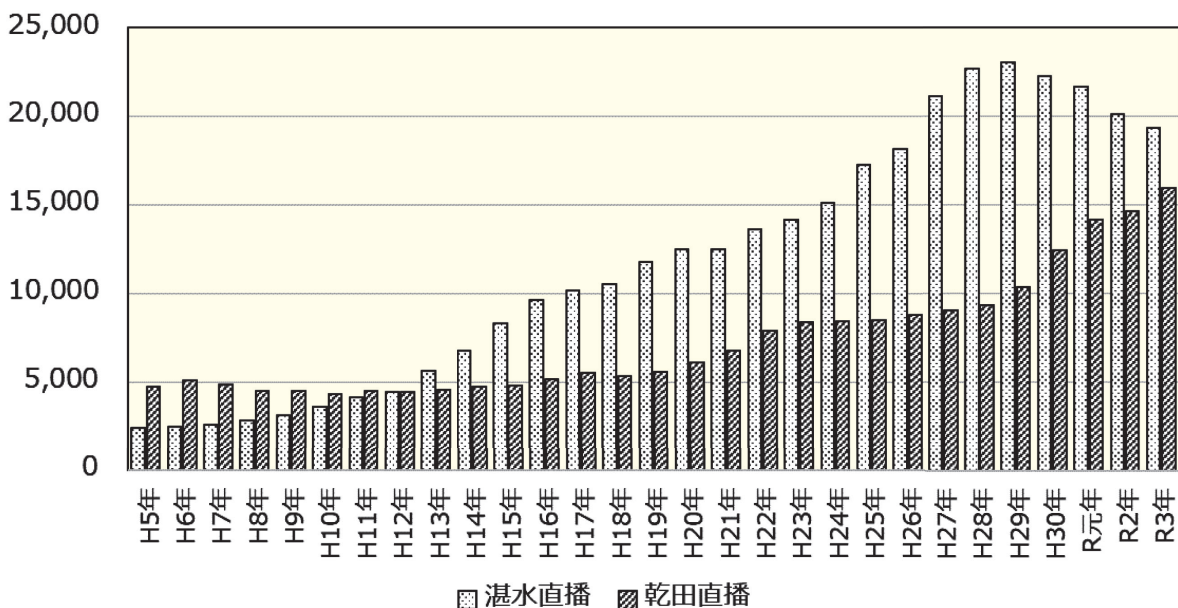


図-1 直播面積の推移（農林水産省のデータから作成）



図-2 汎用不耕起播種機 (NSV-600) とそれを牽引するトラクター

好適な条件となる。イネは湛水した土壌のような無酸素状態や還元状態であっても発芽する能力を持つ比較的少数派といえる植物種である。しかし無酸素条件や還元条件では発芽後に光合成できる本葉が展開する「苗立ち」までに時間がかかり、その間に枯死するリスクも高くなる。水稲であっても酸化的条件の方が苗立ちにいたる率は高くなる。

乾田直播において苗立ちを安定させる鍵となるのが播種深度である。乾田直播には先に挙げたドリルシーダーを利用したプラウ耕乾田直播技術やV溝直播技術、また著者らが取り組んだディスク駆動式汎用不耕起播種技術など多様な技術体系があり、各種のマニュアル等が公表されている。それらは共通して適切な播種深度を確保することが苗立ち数を確保する上で重要であるとしている。それらのマニュアルで指導されている播種深度はおおむね1.5cmから5cmにおさまっている(長野野 2011)。ディスク駆動式汎用不耕起播種機の場合は2~3cm、東北地域のドリルシーダーによる播種では1.5cm程度、V溝播種機では3~5cmであった。この数値の幅は、後述するように、足場の悪いほ場内を重量のある播種機が比較的高速で走行しながら行う作業としてはたいへんに厳しいものである。なぜ水稲の乾田直播ではこのような狭い範囲の播種深度に播種しなければならないのかを明らかにする

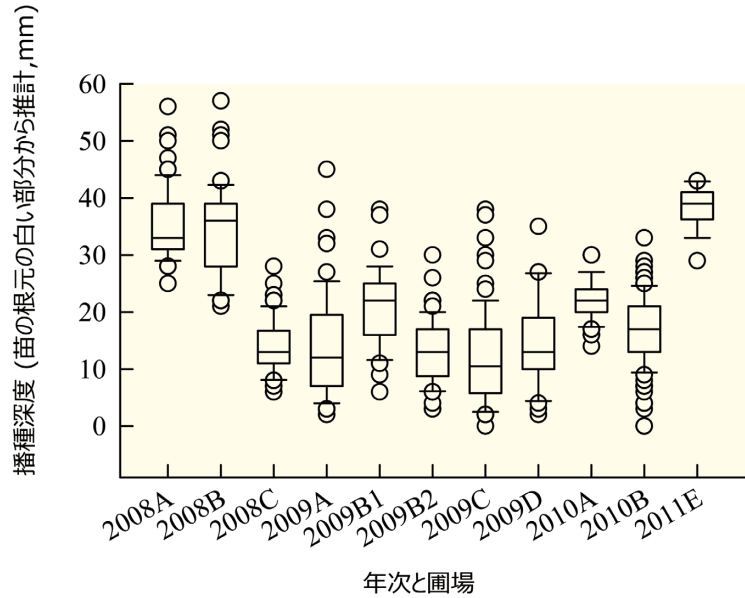


図-3 汎用不耕起播種機で播種した圃場で採取した苗の播種深度 (非緑化部分の長さ) の分布 (圃場試験)

年次とアルファベットで一つの圃場。箱内の横線が中央値、箱の下端と上端は25と75パーセンタイル値、エラーバーの下端と上端はそれぞれ10と90パーセンタイル値を示し、独立した点は外れ値を示す。(荻原と大下 2021 から引用し一部改変)

ために、わが国の代表的な品種であるコシヒカリを用いて試験を行った。

### 圃場で出芽した苗の掘取り調査

ディスク駆動式汎用不耕起播種 (図-2) を用いて茨城県つくばみらい市およびつくば市のほ場で2008年から2011年まで4年間で延べ11回の播種を行い、第2葉から第3葉が展開した時期に掘取り調査を行った。掘り出した苗の初付け根から白色部分の上端までの長さを播種深度として計測した結果を図-3に示す。概ねマニュアルの範囲の播種深度におさまっているものの、当該機種を扱い慣れた熟練者が調整しても図示するようなバラツキが生じていた。

これらのほ場からサンプリングした苗について、白色部分の長さを播種深度として、鞘葉の長さ、第1葉 (不完全葉) の長さ、第2葉鞘の長さから播種深度を引いた値をそれぞれの先端の地表面からの位置として、播

種深度ごとにプロットしたものが図4である。図-4ではy軸の0が地表面を示しており、先端位置の点が0より上にあるものはその器官の先端が地上に出ていることを示し、0以下の場合には先端が地表に届いていなかったことを示している。

播種深度が30mm以下だった場合は、鞘葉は先端 (●) が地表に届いたところで成長を停止し、第1葉がそこから10~15mm程度抽出していた (○)。この時第2葉鞘の先端 (▼) は地表から20~40mm上であった。播種深度が30mmを超えると鞘葉の先端が地表に届かない個体が増えはじめ、40mmを超えると第1葉の先端も地上に届いていない個体が増加して、第2葉鞘の位置が急激に低くなっていった。播種深度が50mmに達すると第1葉が地上に届かず、第2葉鞘で出芽していた。しかし、播種深度が50mmに達すると生存個体が少なく、ほ場試験ではその出芽の状態を明らかにするのは困難と考えられた。

図-4に図示した中茎、鞘葉、第1葉、

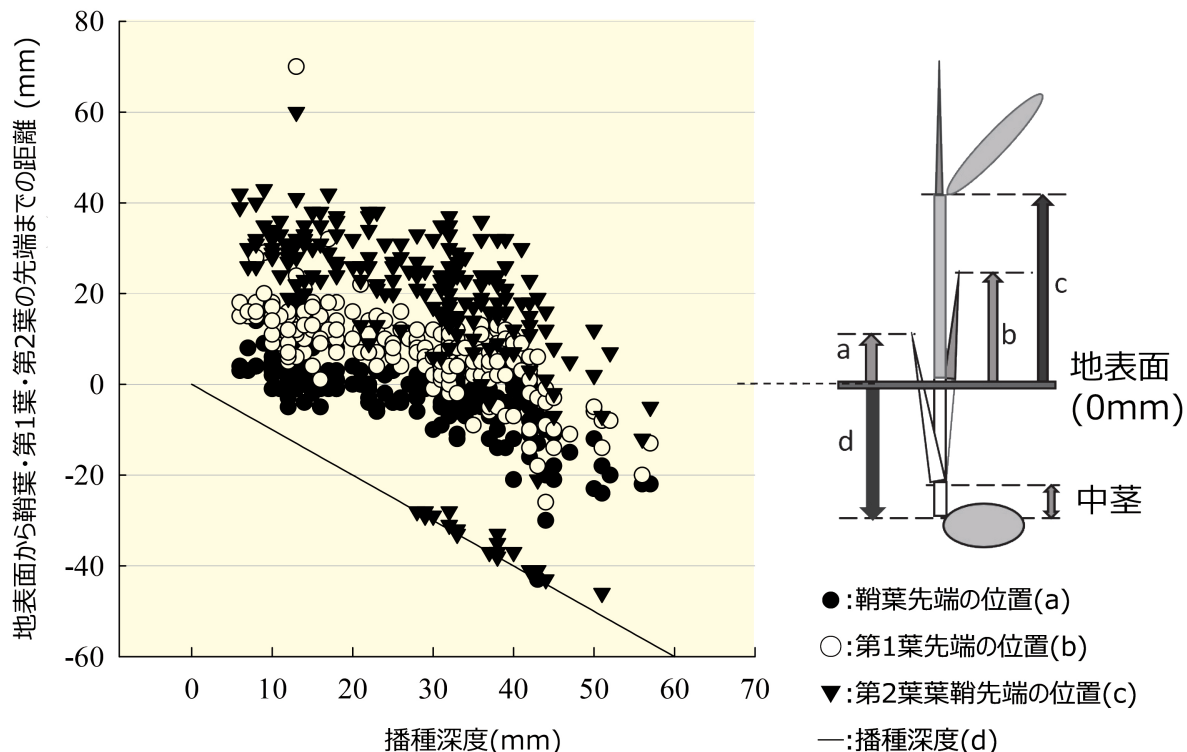


図-4 汎用不耕起播種機で播種した場合の鞘葉、第1葉（不完全葉）、第2葉葉鞘先端の地表面からの位置と播種深度との関係（圃場試験）  
（荻原と大下 2021 から引用し一部改変）

第2葉葉鞘の長さは、播種からサンプリングまでの積算温度は関係なく一定の長さで成長が止まっていたことから（データ省略）、これらの器官の長さは播種深度にあわせて調節されていると考えられた。

### プラスチックカップを用いた好適条件での播種深度と出芽の様子

圃場試験では播種深度が深かった場合のサンプルを得ることが困難だったため、市販のPET製プラスチックカップを利用して人工気象機内での苗立ち試験を行った。水田土壌を乾燥させてふるいをかけて使用した。播種したプラスチックカップを直接水に入れると土壌が水分過剰となって種子近傍が還元状態となってしまったため、播種深度を変えても播種位置から水位線までが10cmとなるように、カップを2つ重ねて上側のカップに播種することとした（図-5）。播種後は12時間明

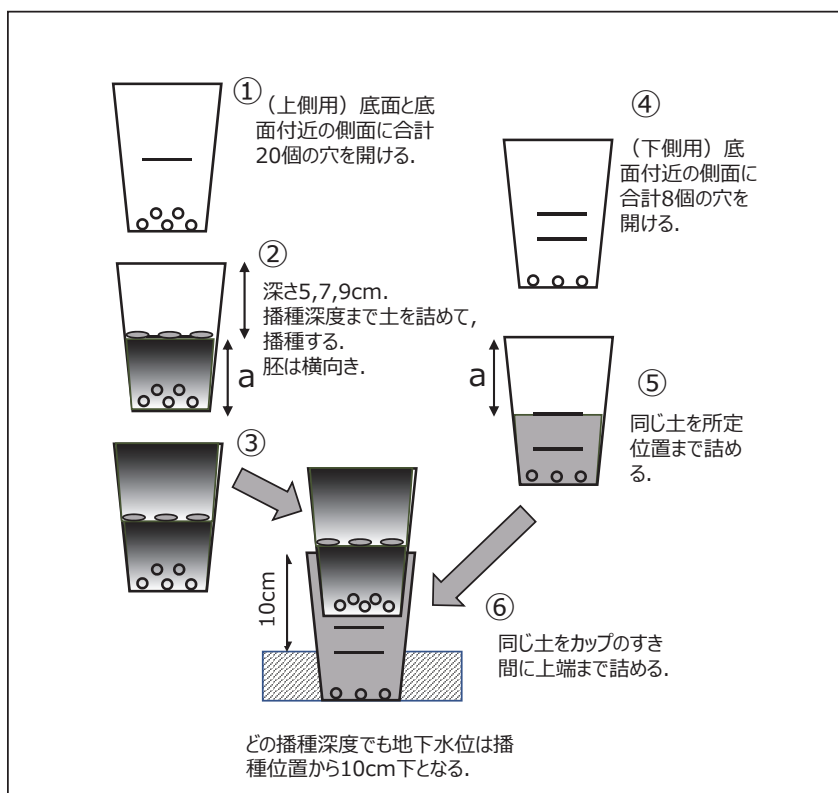


図-5 プラスチックカップを用いた最適条件での出芽試験  
（荻原と大下 2021 から引用し一部改変）

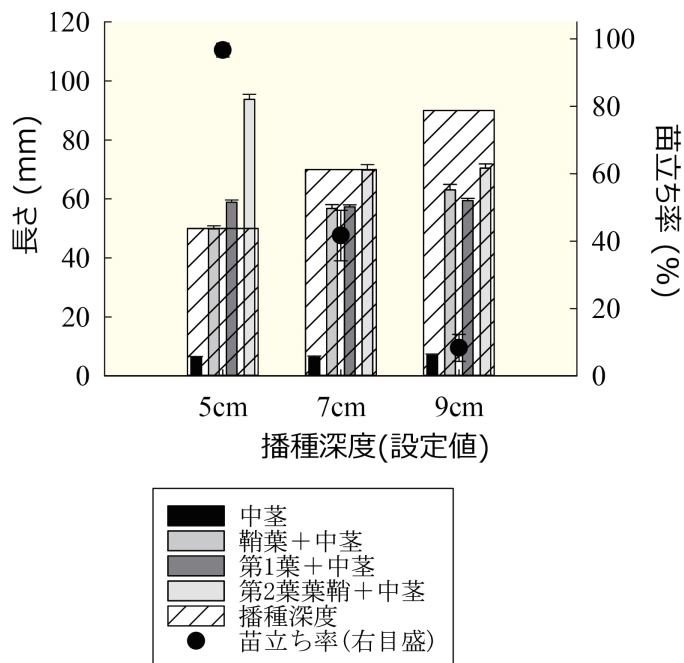


図-6 プラスチックカップを2段重ねた場合(プラスチックカップ試験)の中茎, 鞘葉, 第1葉, 第2葉葉鞘長と苗立ち率  
 図中のバーは±標準誤差。  
 (荻原・大下 2021 から引用し一部改変)

／暗条件の28°Cの人工気象機にいれ、地下水位を一定に保った。この条件では、試験期間中は白金電極で種子近傍の酸化還元電位を定期的に測定したが、どの播種深度でも500mVを下回ることにはなかった。

土壌が酸化的で発芽や生長に好適な温度と水分がある条件における播種深度と中茎, 鞘葉, 第1葉, 第2葉葉鞘の長さとの関係を図-6に示す。この図では播種深度の網掛けの中は土中であることを示している。播種深度が5cmの場合には鞘葉の先端が地表面に届いて第1葉, 第2葉とも地上に出ていることを示しており、苗立ち率も100%に近い値となった。播種深度が7cmとなると鞘葉と第1葉は地表面に届かなくなり、第2葉の葉鞘が辛うじて地表面に達している状況であった。苗立ち率も50%以下となった。さらに播種深度が9cmとなると、このような好適な条件であっても鞘葉, 第1葉, 第2葉は地表面に届か

なくなり、出芽できないため、苗立ち率は10%以下となった。

### まとめ

以上のように乾田状態でのコシヒカリの播種深度は、好適な温度と水分条件であっても5cm程度が限界であることが明らかとなった(図-6)。この5cmという値は鞘葉あるいは第1葉が地上に届く限界値によって規定されていると考えられた。

イネは無酸素条件でも鞘葉だけは伸長することができ、水面や水面近くの酸素の豊富な層に鞘葉が達してシュノーケルのように酸素を取り込むことによって第1葉以降の本葉や種子根を伸長させることができる。湛水条件では鞘葉を伸長することができないコムギやオオムギは湛水条件で出芽苗立ちすることはできない。湛水条件では鞘葉の伸長が生死を分ける必須の機能であるが、乾田直播でも鞘葉の伸長が

重要であることが再確認された(古畑2015)。

鞘葉と第1葉(不完全葉)は先端が尖った錐状の形態で、土壌を貫通する力も強いことが知られている。播種深度が5cm以内の場合には、鞘葉や第1葉は先端部が地上に届いた段階で成長を停止し、第2葉が鞘葉と第1葉が作った空隙を伸長して、地表から3~5cmの位置で葉身を展開して十分な光合成を行えるようになる、というシナリオである。実際にほ場に播種して苗立ちした苗を計測した結果では、播種深度3cm程度から苗立ちした苗の第2葉葉鞘の位置が低くなり始め、播種深度が4cmを超えると苗立ちした個体が急激に減っており(図-4)、このシナリオの有効性をよく示していた。

先人たちが試行錯誤の中で作業精度、低温や長雨などの不良環境による苗立ち低下のリスクを勘案して経験的に導き出し、これまで長年にわたって指導されてきた乾田直播で苗立ちを安定させるためには播種深度は2~3cmという値の背景には、コシヒカリ等の日本のイネ品種の鞘葉と第1葉を伸ばすことのできる限界値があることが明らかとなった。

前提となっているイネの遺伝的な要因が改善されれば、作業精度の許容度も大きくできるはずである。イネの深播き耐性の検定は先行論文では4cm~7cmで行われている。一方、オオムギやコムギの深播き耐性の検定では播種深度12cmで行われ、日本のオオム

ギの場合は供試した並性品種の半数が80%以上、コムギの遺伝資源の検定でも半数の品種が50%の以上の苗立ち率を示したことが報告されている。イネの畑状態における深播き耐性は明らかにオオムギやコムギに劣ると考えられる。そのために水稲の乾田直播ではオオムギやコムギより高い播種精度がもとめられる結果となっている。

本試験で用いたディスク駆動式汎用不耕起播種機は適切な播種深度に高精度で播種できるよう開発されてきた。習熟したオペレーターが入念な設定を行っても図3のようなバラツキが生じていた。播種深度設定の前提となっているイネの遺伝的な要因が改善されれば、作業精度の許容度も大きくできるはずである。乾田直播適性として深播

き耐性のある品種の育成が望まれる。

水稲の栽培は移植栽培でも直進アシスト田植機や自動運転田植機の普及が進んで、移植作業そのものは高度に機械化が進み、人手がかからなくなってきている。一方で移植作業では苗箱の移動作業は人手に頼っており、試算では1日に3t近い重量を移動させていくことになる。少子高齢化による人手不足は深刻であり、今後苗箱の移動に係る人手を確保し続けていけるかどうか疑問である。この状態を解消するには直播栽培の導入と普及を図る必要がある。乾田直播で播種機を牽引するトラクターにも直進アシスト機能や自動運転機能を搭載している機種が普及が始まっている。スマート農業機械は高額であるため、汎用利用が欠かせない。

その一方で待ったなしで進行している農地の特定の担い手への集積に対応するためにも乾田直播技術は今後も増加を続けると考えられる。

## 参考文献

- 愛知県 2007. <https://www.pref.aichi.jp/nososi/seika/singijutu/singijiyutu74-4-7.pdf>
- 古畑昌巳 2015. 日本作物学会紀事 84:418-425.
- 長野間宏 2011. 農業技術体系（農文協）作物編・追録第33号技 351-359.
- 農研機構 2016. [https://www.naro.go.jp/publicity\\_report/publication/laboratory/tarc/030716.html](https://www.naro.go.jp/publicity_report/publication/laboratory/tarc/030716.html)
- 荻原均 2019. 農業及び園芸 94:314-324.
- 荻原・大下 2021. 日本作物学会紀事 90:382-392.