

酸素供給から始まる直播栽培の安定化：オクソス[®] DSが支えるリゾケア[®]の技術

シンジェンタジャパン株式会社
研究開発本部 開発部
池田 慎介

はじめに

日本の水稲栽培は、戦後から現代に至るまで機械化と技術革新により生産性を大きく向上させてきた。しかし近年、農業就業人口の減少と高齢化が急速に進み、農林水産省の令和5年統計によれば、基幹的農業従事者の平均年齢は69.1歳、65歳以上の割合は70%を超える（農林水産省2024）。担い手不足は圃場管理や作業計画に直接影響し、労働負担の軽減と省力化は喫緊の課題である。

現在の水稲作付けの95%以上は移植栽培であり、安定した収量と品質が得られる一方、育苗や田植えに要する労力・資材コストが大きい。これに対し直播栽培は、育苗作業や苗運搬が不要で、労働時間の削減と作期分散による機械稼働率向上が期待できる。しかし、直播栽培は苗立ちの不安定性、雑草害の増加、病虫害被害などの課題により普及は限定的である。

シンジェンタジャパンは、これら課題のうち特に苗立ち不良に着目し、酸素供給と錘効果を有する植物成長調整剤オクソス[®]DSを核に、殺菌剤スクーデリア[®]ES（有効成分：メトラキシル-M）、殺虫剤フォルテンザ[®]FS（有効成分：シアントラニプロール）を組み合わせた湛水直播用処理済み種子「リゾケア[®]XL」を開発した。本稿では、湛水直播栽培の課題とリゾケア技術の概要、

オクソスDSの特性、全国での実証結果と今後の展望について報告する。

1. 水稲湛水直播栽培の課題と苗立ち率の重要性 ～リゾケアとは

水稲直播栽培は、苗代育成や移植作業を省略でき、省力化・低コスト化に資する技術である。中でも湛水直播は、代かき後に落水して播種し、その後、再度入水して湛水状態を維持するため雑草発生が抑制されやすく、初期除草剤の効果が安定しやすい利点がある。しかし、播種直後の種子は水中や泥中に置かれ、酸素供給が制限される。加えて低温、浮き苗、鳥害、病虫害被害など、苗立ちを不安定にする要因が多い。このため苗立ち率の確保は湛水直播普及の最大の課題である（東北農業研究センター2001）。

苗立ち率は直播の成否を左右する最重要指標である。低下すれば株間が不均一となり、後期の分けつ数や穂数が減少し、収量低下につながる。欠株部位では雑草が繁茂しやすく、除草剤効果も低下する。苗立ち不良が発生すれば補植や播き直しが必要となり、省力化の利点が失われる。近年の気候変動により、播種期の低温・長雨や高温による病虫害多発など、阻害要因はさらに多様化している。

従来の湛水直播では、過酸化カルシウム（CaO₂）粉剤を種子に粉衣し、酸素供給によって発芽を促す方法や鉄で


種子をコーティングし、重みで沈下させる播種方法が一般的であった。しかし、過酸化カルシウム処理においては粉立ちや付着ムラ、保存性の低さといった課題があり、また、種子浮上の防止は対応できなかった。一方、鉄コーティングにおいては、種子浮上を改善するものの、酸素供給不足による還元障害のほか、コーティング工程における鉄の酸化反応による発熱・放熱管理の煩雑さ、播種機詰まり、圃場条件の要求、複雑な水管理など多岐にわたる課題も抱えていた。結果として、播種後の環境条件が不利な場合には苗立ち率が大きく変動し、安定生産が難しい状況が続いていた。

こうした課題を解決するために開発されたのが、リゾケアである。リゾケアは、酸素供給剤であるオクソスDSを基盤とした種子処理技術である。これに初期病害である苗腐病〔*Pythium* spp.〕を防ぐ殺菌剤スクーデリアESと、イネミズゾウムシなどの初期害虫を防ぐ殺虫剤フォルテンザFSを組み合わせた処理済み種子がリゾケアXLである。苗立ちを安定させるためには、湛水直播特有の酸素不足・浮き苗・病虫害被害といった複合的な苗立ち阻害要因に対して複合的な対策を行い、これらの苗立ち阻害要因を同時に低減し安定した苗立ちを確保することを目指した。

リゾケアXLの特長は、①過酸化カルシウムによる持続的酸素供給、②

® はシンジェンタ社の登録商標です

表-1 リゾケア XL に含まれる農薬とその使用目的および適用病害虫

適用作物	製品情報(有効成分)	農薬の種類名	使用目的・適用病害虫名	処理量	本剤の使用回数	各有効成分を含む農薬の総使用回数	
直播水稻	 (過酸化カルシウム:19.0%) <small>農林水産省登録 第24440号</small>	過酸化カルシウム粉粒剤	苗立歩合の安定	乾燥種もみ重量の0.5倍量	1回	1回	
	 (メタラキシルM:31.0%) <small>農林水産省登録 第24043号 RAC番号 殺菌剤分類 4</small>	メタラキシルM液剤	苗腐病(ピシウム菌)	乾燥種もみ1kg当り原液5ml			3回以内(種もみへの処理は1回以内、本田では2回以内)
	 (シアントラニプロール:48.0%) <small>農林水産省登録 第24257号 RAC番号 殺虫剤分類 28</small>	シアントラニプロール水和剤	イネミズゾウムシ イネドロオイムシ	乾燥種もみ1kg当り原液8~10ml			1回

酸化鉄粉末による沈降安定化(浮き苗防止)、③殺菌剤による初期病害防除、④殺虫剤による初期害虫防除、の4機能を併せ持つ点にある。

これにより、播種後から活着までの初期生育ステージを総合的に守り、苗立ち率の安定化を実現する。特に、病害虫発生リスクの高い地域や年次変動の大きい条件下で、その効果が顕著に表れる。表-1にリゾケアXLに含まれる農薬とその使用目的および適用病害虫を示す。

苗立ち率の安定化は、単に初期生育を良好に保つだけでなく、後期の生育均一化・雑草抑制・収量安定化にも直結する。リゾケアは、湛水直播栽培の最大の課題を包括的に解決する技術として、普及拡大が期待されている。

2. オクソス DS の開発経緯と特徴

オクソス DS は、湛水直播栽培における苗立ち不良の主要因である酸素不足と浮き苗発生を同時に解決し、既存技術の課題を克服することを目的に開発された種子処理用農薬である。開発にあたり、これまでの湛水直播技術における課題を整理した。具体的には、芽出し種子を用いる土中播種では芽出し後種子の保存期間が短く、代かきか

ら播種までの作業が集中すること、規模拡大時にはコーティング作業負担が大きいことがある。鉄を用いた表層播種ではコーティング後の発熱・放熱管理が煩雑で、種子同士が付着すると播種機詰まりが発生すること、種子の土壌中埋没や湛水による出芽不良をさけるために圃場の均平や土壌硬度のこまめな確認が必要なこと、そして苗立ち率が不確実なため気象条件や播種量により過繁茂や苗立ち不足が生じやすいことなどが挙げられた。

これらの課題を解消しつつ、従来技術の利点を保持するため、原料選定から製剤化技術までを再検討し、誕生したのがオクソス DS である。本製剤は、有効成分である過酸化カルシウムと酸化鉄粉末を主成分とする。過酸化カルシウムは水と反応して酸素を徐放し、 $\text{CaO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca(OH)}_2 + 1/2 \text{O}_2$ の反応経路を経て数日間酸素を供給する。この酸素供給は発芽初期の呼吸活性を支え、低水温や重粘土条件下でも苗立ちを安定させる(水稲直播研究会2019)。また、過酸化カルシウムは酸素供給の機能だけでなく、湛水土壤中に播種された種子近傍の土壌が過酸化カルシウムの酸化作用により発芽期ごろまで酸化状態に保ち(萩原・井村, 1991)、還元障害による苗立ち不良のリスクを軽減する。

図-1はメチレンブルーで染色された水田を模した土壌で出芽の様子である。酸化的土層は青色に呈色している。左の鉄コーティング種子では種子近傍の還元が進み退色している。右のリゾケア XL も種子近傍では退色(還元)域が現れるが、その進行は緩やかで、播種8日後のリゾケア XL 種子コーティング層表面は青色を呈している。

酸化鉄粉末は比重が高く、いわゆる「錘効果」により種子を安定的に土中へ定着させる。これにより湛水条件下での浮き苗や播種後の粉流亡を防止し、根上がり現象も抑制する。さらに酸化鉄の微細な凹凸はコーティング層の機械的強度を高め、播種機や搬送過程での剥離を低減する。

従来の湛水土中播種では過酸化カルシウム粉剤を紛衣する方法が一般的であったが、付着ムラや保存性の低さが課題であった。一方、鉄を用いた表層播種は乾粒利用で保存性は高いが、コーティング後酸化プロセスでの放熱管理が難しいなどの課題がある。オクソス DS はこれらの課題を克服し、室温保存で半年以上の安定性を確保、事前処理種子の保管・輸送も可能とした。

オクソス DS は2019年にSYJ-302DSとして日本植物調節剤研究協会の新植物調節剤実用化試験に供試され、2020年10月28日に農業登録(第

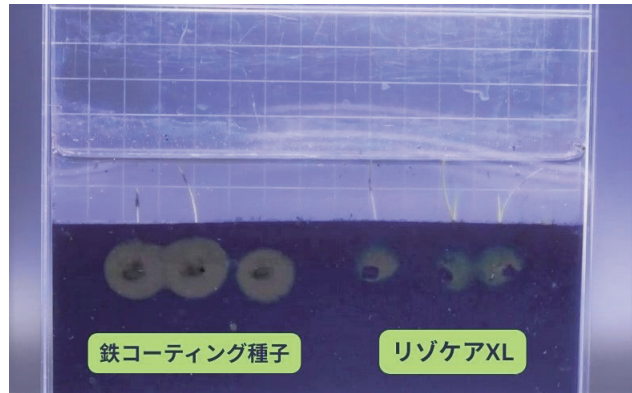


図-1 メチレンブルーで染色した土壤中でのリゾケアXLと鉄コーティング出芽の様子
 2024年シンジェンタジャパン(株)中央研究所
 試験場所:茨城県牛久市, 水稻品種:コシヒカリ(2023年度産), 播種日:2024年7月

播種深度が直播水稻の苗立ちに及ぼす影響

播種35日後

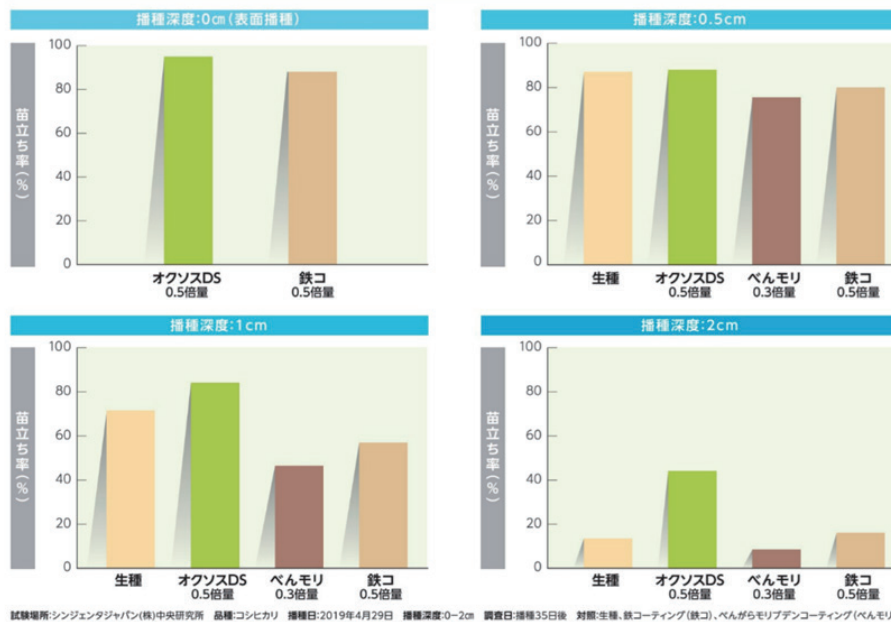


図-2 播種深度が直播水稻の苗立ちに及ぼす影響

24440号)を取得した。本剤は有効成分として過酸化カルシウムを19.0%含有し、乾粕重量の0.5~1.0倍量を粉衣する。リゾケアXLでは0.5倍量が標準として処理されている。

また、弊社ではオクソスDSに加え、苗腐病防除のためのメトラキシル-M(スクーデリアES,登録番号24043号)や、イネミズゾウムシ防除のためのシアントラニリプロール(フォルテンザFS,登録番号24257号)を組み合わせた種子処理を行うため、コーティング法や処理手順など工程管理さ

れた種子処理加工プロセスを開発した。これにより、処理済み種子の十分な保存性・粉立ちの軽減、コーティング層の適切な強度の確保など処理済み種子の品質向上を実現した。

播種量は品種や地域条件により異なるが、従来技術では芽出し粉を使用する土中播種で乾粕重2.0~4.0kg/10a,鉄を用いた表層播種で5.0kg/10aが一般的である(農林水産省2023)。リゾケアXLでは、品種により異なるが、概ね関東以南で2.0~2.5kg/10a,関東以北で2.5~

3.0kg/10aを推奨し、播種深度は土中播種で0.5~1.0cmを基本とする。播種深度別の苗立ちに関する試験の結果、オクソスDS処理区では2cmまでの播種深度でも既存技術を上回る苗立ち率が確認されている(図-2)。これらの結果は酸素供給機能と錘の効果を実圃で有効に作用し、田面の硬さなどの環境の違いにより、播種深度が振れた場合にもより安定した苗立ちを確保できることを示唆している。

総じて、オクソスDSは湛水直播栽培における苗立ち安定化の基幹技術で



図-3 鉄コーティングとリゾケア XL の苗立ちの比較
試験場所：山形県天童市、品種：はえぬぎ、播種日：2021年5月16日、播種方法：乗用型播種機による点播

あり、地域条件に応じた使用指針の整備が今後の普及拡大の鍵となる。

3. リゾケア XL の実証と展望

リゾケア XL は、オクソス DS にスクーデリア ES およびフォルテンザ FS を組み合わせた種子処理技術である。これにより、湛水直播栽培における苗立ち安定化に加え、苗腐防除、およびイネミズゾウムシなどの初期害虫防除を同時に実現する。製剤は種子表面に均一に被覆され、播種直後から初期生育期までの複合的なリスク低減を可能にする。

オクソス DS は 2019 年度および 2020 年度の日本植物調節剤研究協会の新植物調節剤実用化試験において、無処理区と比較して苗立ち率が最大 20% 以上向上した事例が複数報告されている。また、鉄を用いた表層播種処理区を上回る苗立ち率を示す事例が多数を占め、低温や重粘土など不利条件下でも安定した出芽を実現した。これらの結果は、酸素供給と錘効果が多様な圃場条件において有効に作用していることを示すものである。

リゾケア XL は、オクソス DS によ

る苗立ち安定化効果に加え、スクーデリア ES による苗腐病抑制効果、フォルテンザ FS による初期害虫防除効果を併せ持つため、播種後から活着期までの複合的なリスクを一度の処理で軽減できる。特に、苗腐病の発生リスクが高い湛水条件下や、イネミズゾウムシ・イネドロオイムシの加害が懸念される地域において有効性が高い。

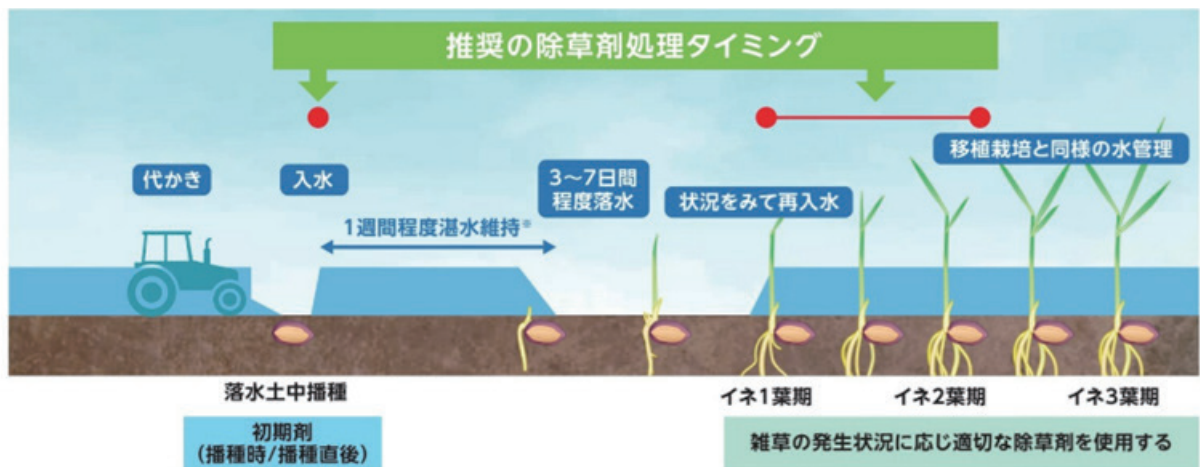
社内試験および現地実証試験は、2021 年から 2024 年までの 4 年間で沖縄を除く日本各地で 850 件以上が実施され、聞き取り調査の結果、80% 以上の事例で「満足な苗立ちが得られた」と回答された。試験の約半数は乗用型播種機による点播で行われ（図-3）、残り半数は散播方式であった。散播の大半は農業用マルチコプター（以下、ドローン）を使用し、そのほか背負式動力散粒機、農業用無人ヘリコプターなど多様な播種方法が採用された。

播種方法別の結果では、乗用型播種機では側条施肥・播種・除草剤散布を同時に行えるため効率性が高く、苗立ち後は移植栽培と遜色ない圃場状態を実現した。一方、ドローン播種では、播種から散布終了までの時間が短いというメリットがある。リゾケア XL 処

理済みの種子のしっかりとしたコーティング層は播種機の日詰まりなどのトラブルを防止し、播種作業の安定的な遂行に大きく貢献した。

社内試験では、リゾケア XL を用いることで、水管理の簡易化に加え、土壌の硬さ調整や代かきのタイミングに対する技術的ハードルが大幅に低減されることが確認された。特にオクソス DS の働きにより、播種時の土壌表面硬度は慣行移植栽培と同程度でよく、従来の湛水直播で求められた厳密な圃場準備が不要となる。具体的には、播種前日に落水し、土壌表面を露出させた状態で播種を行う。播種後は除草剤の効果を安定させるため、水尻を完全に閉めて湛水状態を保ち、7 日以上止水する。その後、還元状態の改善を目的として落水し、土壌表面を露出させて出芽を促進する。水稻が 2 葉期に達するまでは浅水（約 2cm）管理とし、その後は慣行移植栽培と同様の管理に移行する。

経済性の面では、リゾケア XL の導入により、苗立ち不良による補植・播き直しの回避が可能となり、特に大規模経営体における省力化効果が顕著であった。



※初期除草剤を施用した場合は、処理後7日間は湛水状態を維持してください。

図-4 リゾケアの推奨する除草剤処理タイミング

今後の展望としては、気候変動に伴う高温・低温ストレスや異常降雨頻発下での安定性検証が求められる。また、直播栽培の普及地域が拡大する中で、地域特性に応じた播種量や播種深度の最適化指針を整備することが重要である。さらに、除草剤体系(図-4)との組み合わせによる雑草防除の安定化や、他の病害虫防除資材とのシナジー効果の検証も今後の課題である。

この除草体系の中で、初期除草の安定化に有効な資材としてアピロ®ファースト1キロ粒剤が挙げられる。本剤は、湛水直播条件下において発生しやすいノビエ類を含む一年生雑草に対して高い防除効果を示し、初期の雑草競合を抑制する。特にリゾケア直播との組み合わせでは、苗立ちの均一化と雑草抑制が同時に達成され、欠株部位からの雑草侵入を防ぐことで後期の管理作業負担を軽減できる。

リゾケアXLは、湛水直播栽培の最大の課題である苗立ち不良を多面的に解決する技術であり、省力化と安定収

量の両立に資する技術として高い潜在力を有している。今後は、地域ごとの気候・土壌条件および湛水直播栽培に適した品種の選定や肥培管理の確立、そして、実証データに基づく普及活動の強化が、そのポテンシャルを最大限に引き出す鍵となる。

4. おわりに

本報告では、湛水直播栽培の苗立ち不良対策として開発したオクソスDSおよびその複合的種子処理技術であるリゾケアXLの特性と実証結果を示した。オクソスDSは酸素供給と沈降安定化により苗立ちを改善し、リゾケアXLはこれに病害虫防除機能を加えることで、より高い苗立ち安定性と省力化効果を示した。

全国試験(沖縄を除く)の結果、各資材は多様な播種方式や地域条件下で安定した効果を示し、苗立ち率向上、病害虫被害低減、補植・防除作業削減による栽培の安定化と効率化への貢献

が確認された。

これらの技術は、収量確保のみならず、省力化・除草剤使用量の最適化・環境負荷低減を通じて持続可能な稲作体系の構築に寄与する可能性が高い。今後は、気候変動や地域特性に対応した利用指針の整備と、農業者・研究機関・企業の連携による技術普及が重要である。

引用文献一覧

- 農林水産省 2024. 農業構造動態統計(令和5年)農林水産省統計部.
- 東北農業研究センター 2001. みんなで考えよう! 水稲直播の鳥害回避策. https://www.naro.go.jp/laboratory/tarc/symple_blog/kome_bird/index.html
- 水稲直播研究会 2019. 水稲湛水直播栽培の手引き 改訂版.
- 萩原素之・井村光夫 1991. 種子近傍の土壌への過酸化石灰懸濁液の注入が直播水稲の出芽におよぼす影響. 北陸作物学会報 26, 9-12
- 農林水産省 2023. 最近の直播栽培の現状と技術の紹介.