

# 乾田直播栽培体系 標準作業手順書

—プラウ耕鎮圧体系—「東北地方版」

HP 公開版



## 改訂履歴

版数	発行日	改訂者	改訂内容
第1版	2019年10月17日	湯川 智行	初版発行
第1.1版	2022年3月3日	羽鹿 牧太	V. 施肥・播種・鎮圧・高い碎土率での播種を追加 IX. 雑草対策を更新 XV. 乾田直播による大豆・子実用トウモロコシとの輪作を追加
第1.11版	2024年1月24日	川口 健太郎	IX. 雑草対策の薬剤表記を変更 巻末に除草剤早見表を付記

最終更新日 2024年1月24日

# 目次

はじめに	1
免責事項	2
<b>I. 技術の特徴</b>	<b>3</b>
・米生産費の現状	3
・技術の特徴	4
・想定される導入先	5
・経営への効果	5
<b>II. 栽培・作業暦</b>	<b>7</b>
<b>III. 前準備</b>	<b>8</b>
・圃場選定	8
・品種選定	9
・種子準備	9
<b>IV. 圃場準備作業（耕起から溝堀りまで）</b>	<b>10</b>
・作業工程（全体）	10
・耕起	10
・砕土	11
・均平	11
・畔塗り	12
・溝堀り	12
—重要事項— 圃場の均平化	13
・均平の重要性	13
・レーザー均平機	13
・均平に向けた圃場の準備	14

・作業手順	14
・GPS 均平機	15
<b>V. 施肥・播種・鎮圧</b>	<b>16</b>
・作業工程（全体）	16
・施肥の留意事項	16
・播種床造成	16
・播種	17
・鎮圧	18
－重要事項－ 播種作業	19
・グレーンドリルの特徴	19
・播種作業の能率	20
・最適な播種条間	21
・播種法のバリエーション	21
・高い碎土率での播種	22
<b>VI. 水管理</b>	<b>24</b>
・播種後の水管理のポイント	24
・過湿に備えた対策	24
・過乾燥時の対策	25
<b>VII. 漏水対策</b>	<b>26</b>
・漏水対策の重要性	26
・漏水対策が必要な圃場とは？	26
・漏水対策は圃場のココに注目！	28
・鎮圧による漏水対策の基本	29
・圃場外周の漏水対策	30
・乾田直播の実施が適用可能な土壌条件	32
・漏水田（黒ボク土）の対策	34

・粘性土圃場での実施例	39
<b>VIII. 肥培管理 – 乾田直播の窒素施肥法 –</b>	<b>42</b>
・乾田直播圃場における土壌窒素供給の特徴	42
・乾田直播圃場の窒素施肥法	42
・乾田直播圃場の地力維持	43
・乾田直播基肥一発施肥体系の実例	43
・乾田直播の特徴を生かした大豆後水稻	44
<b>IX. 雑草対策</b>	<b>46</b>
・除草体系	46
・乾田期の雑草防除	47
・入水後の雑草防除	54
<b>X. 収穫、乾燥、調製</b>	<b>56</b>
<b>XI. 高速・高精度作業に向けてのバリエーション</b>	<b>57</b>
・GNSS 自動操舵装置	57
・作業手順	59
・作業の精度	59
・効果	60
・GNSS ガイダンス	61
<b>XII. 圃場の大区画化とそれに伴う地カムラ対策</b>	<b>62</b>
・高低差のある圃場の合筆・均平	62
・収量コンバイン・収量マップを利用した基肥可変施肥	63
・収量マップを利用した施肥量の計算	65
・収量マップを利用した基肥可変施肥の効果	67
<b>XIII. 乾田直播の経済効果</b>	<b>68</b>
・乾田直播導入の経営的メリット	68
・A 農場におけるコスト低減効果	68

<b>XIV. 乾田直播による麦-大豆との輪作</b>	<b>70</b>
・プラウ耕鎮圧体系による稲-麦-大豆の2年3作	70
・作業時間の低減効果	71
・コスト低減効果	72
<b>XV. 乾田直播による大豆・子実用トウモロコシとの輪作</b>	<b>74</b>
・高速汎用施肥播種機による水田輪作システム	74
<b>XVI. 乾田直播に対する先駆導入農家の評価</b>	<b>78</b>
・特徴	78
・良い点	78
・留意点	79
<b>参考資料</b>	<b>80</b>
<b>担当窓口、連絡先</b>	<b>80</b>

## 「はじめに」

現在、国内でのコメ消費量の低下に伴う概算金の引き下げや担い手不足など、水稻作経営を続けていく上で年々厳しさが増しており、水稻栽培での省力低コスト技術導入が喫緊の課題となっています。「プラウ耕鎮圧体系を用いた乾田直播栽培」は、1) 作業の高速化、2) 機械の汎用化、3) 収量確保によって、水稻栽培において省力低コスト化を図る技術です。

本技術は、2022年に全国で普及面積が約5400ha、東北地方では2800haとなり、宮城県を中心に年々普及面積が拡大し、取り組み農家も増えています。

本標準作業手順書（以下手順書）は、圃場準備作業、播種後の雑草対策を含む栽培管理、本技術に関わるICT技術、本技術の導入効果および本技術を核とした輪作技術等を示しています。また、本手順書Version1.11では、雑草対策の薬剤表記の変更と、巻末に除草剤早見表を追加しました。本手順書が「プラウ耕鎮圧体系を用いた乾田直播栽培」に取り組む方々の参考となれば幸いです。

## ■ 免責事項

- 本手順書で示した経営上の効果は、あくまでも宮城県の実証試験の実測値を基に試算した概算値です。地域、気候条件、圃場の規模、品種、取引や流通の状況、その他条件により変動することにご留意ください。本手順書に記載の技術の利用により、この通りの効果が得られることを保証したものではありません。
- 本手順書の栽培・栽培暦に示したスケジュールは岩手県花巻市における例で、地域や気候条件により変動することにご留意ください。
- 農研機構は、利用者が本手順書に記載された技術を利用できるか否か、本技術を利用したことによる結果について、一切の責任を負いません。
- 本手順書に記載の図表はクリエイティブ・コモンズ 4.0 表示の CC-BY に該当し、本ライセンスに従い、利用者は引用元を明記（リンク先の提供など）すれば資料の再配布・加工は営利・非営利目的に関わらず認められています。

# I. 技術の特徴

## ■ 米生産費の現状

- 大規模水稲作経営（水田 50 ha を超えるような経営）では、人手不足が深刻化しており移植作業体系では対応できない（育苗や代かき作業、育苗ハウスへの投資などが困難）状況です。
- 一方、米の生産費は労働費と農機具費がおよそ半分を占めています（図 I -1）。この労働費と農機具費の削減なくして稲作の低コスト化は実現できません。
- 労働費・農機具費を削減するには、高速作業が可能な機械で作業時間を削減するとともに、機械を様々な作目にフル活用する必要があります。
- 更に、収益性に直結する 60 kg 当たりの生産コストを下げるためには、これら費用の削減と同時に、移植並み以上の高収量を得る必要があります。

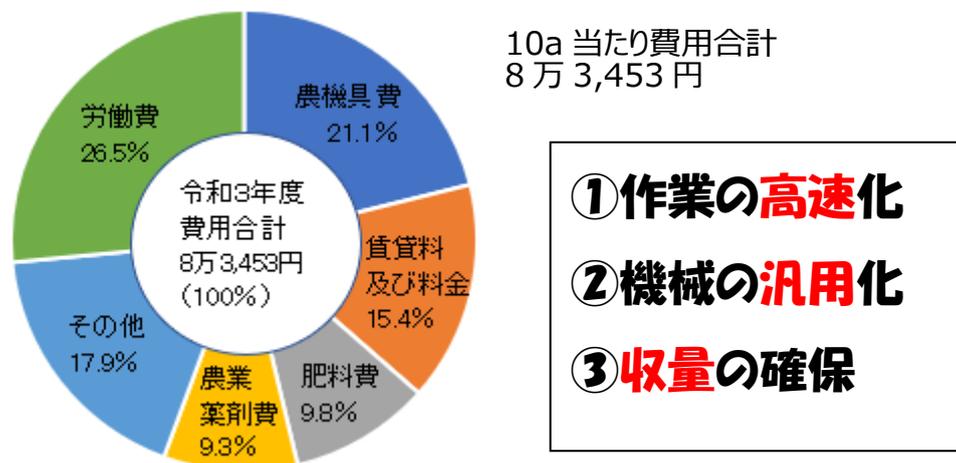


図 I -1 米生産費構成割合

農林水産省農業経営統計調査 2021 年度米生産費  
組織法人経営・全国。

## ■ 技術の特徴

- 大規模畑作で麦用に使われている播種機「グレーンドリル」や、耕起に「スタブルカルチ（チゼルプラウ）」などを用いる高速作業（条件にもよりますが 1 日 10 ha 以上の播種が可能）体系です（図 I -2）。
- プラウ耕と鎮圧を行う本乾田直播体系では、移植体系で不可欠な耕盤層が不要で、排水性が改善されるため、麦・大豆などの輪作に適する「輪作稲作」です。
- 「ケンブリッジローラ」などによる鎮圧作業を播種床造成や播種後に行うことで、安定した苗立ちが得られ、漏水対策になります（図 I -2）。



図 I -2 技術の特徴

- 代かきを行わないため乾田化が進み、圃場内作業がやりやすくなり、作業性が改善されます。また、従来の移植体系に比べて根は浅い位置に多く分布しますが（図 I -3）、地表面が硬くなるので耐倒伏性は強くなります。
- 乾田直播の播種作業は畑条件で行うため、畑作物と同様に天候に影響されます。そのため、地域の気象条件にあった作業計画を立てる必要があります。



図 I -3 根の状態の比較

## ■ 想定される導入先

- 大規模水稲作経営（水田 50 ha を超えるような規模層）で、特に畑作物との輪作に取り組む経営、稲作部門の省力化により野菜など換金性の高い作目の導入を図りたい経営、あるいは、今後、急速に進むことが予想される農地の集積に対応し、水田の作付け面積の拡大が必要な、地域の担い手経営を想定しています。

## ■ 経営への効果

- 乾田直播栽培では、育苗を行う必要がないため春時期の作業時間を短縮することが可能な他、育苗ハウスも必要ありません。
- 播種作業は、移植水稲の播種以前に実施可能で、収穫作業も、同一品種でも収穫時期が移植水稲とずれるので、春秋の作業ピークの分散が可能なことから、規模拡大への対応が容易になります。
- 2007 年から 2011 年まで実証試験を行った A 農場では、乾田直播の 10 a 当たり労働時間は、約 4.8 時間から 6.4 時間、2011 年までの 4 年間の 60 kg 当たり費用合計は約 6,500 円から 8,400 円でした。これは当時（2010 年）の東北平均の約 54%から 69 %となっています。
- また、プラウ耕鎮圧体系による、水稲・小麦・大豆（狭畦密植栽培）の 10 a 当たり

の投下労働時間は、水稻乾田直播栽培 5.4 時間、小麦 3.0 時間、大豆 2.7 時間となり、東北平均の投下時間（順に 24.5 時間、6.9 時間、9.8 時間）に対し、いずれも大きく減少しています。

## Ⅱ. 栽培・作業暦

月	水管理	生育	栽培管理、作業のポイント
11月			<p>圃場準備作業</p> <p>耕起 (プラウ、チゼルプラウ、スタブルカルチ)</p> <p>前準備 (圃場選定)</p>
12月			(品種選定)
1月			
2月			
3月			<p>整地 (ケンブリッジローラ、パワーハロー)</p> <p>均平 (レーザー均平機)</p> <p>畔塗り等漏水対策 (溝堀り)</p> <p>(種子準備)</p>
4月			<p>播種床造成 (ケンブリッジローラ、パワーハロー)</p> <p>施肥・播種・鎮圧 (ブロードキャスター、グレーンドリル、ケンブリッジローラ、カルチパッカ)</p>
5月	浅水	出芽	除草剤散布 (水入れ前処理)
6月	湛水		除草剤散布 (水入れ後処理)
7月		幼穂形成期 減数分裂期	(追肥)
8月	間断灌溉	出穂期	(いもち病防除) カメムシ防除
9月	落水		
10月			収穫 乾燥・調整

図Ⅱ-1 栽培・作業暦

試験は、岩手県花巻市で実施。

## Ⅲ. 前準備

### ■ 圃場選定

- 畑条件で播種を行うため水田を乾かすことが重要です。湿田では、暗渠の施工（営農機械による暗渠施工については、「トラクタで利用できる浅層暗渠施工器」マニュアル改訂版および「カットシリーズ」を用いた営農排水施工技術標準作業手順書を参照してください\*）、サブソイラによる心土破碎など排水対策により乾く水田を作る必要があります。
- 排水対策により土壌水分の管理が可能になると、土壌の細粒分が多く水持ちの良い水田は漏水対策が容易で、むしろ乾田直播に好適です。土壌ごとの漏水対策については「Ⅶ. 漏水対策・乾田直播の実施が適用可能な土壌条件」を参照してください。
- 代かきをしないため、砂質土壌などの極端な漏水田には不向きです。
- 圃場の区画が大きい圃場ほど、作業効率が高くなります。

\* 「トラクタで利用できる浅層暗渠施工器」マニュアル改訂版

[https://www.naro.go.jp/publicity\\_report/publication/pamphlet/tech-pamph/061567.html](https://www.naro.go.jp/publicity_report/publication/pamphlet/tech-pamph/061567.html)

\* 「カットシリーズ」を用いた営農排水施工技術標準作業手順書

[https://www.naro.go.jp/publicity\\_report/publication/laboratory/naro/sop/137563.html](https://www.naro.go.jp/publicity_report/publication/laboratory/naro/sop/137563.html)

## ■ 品種選定

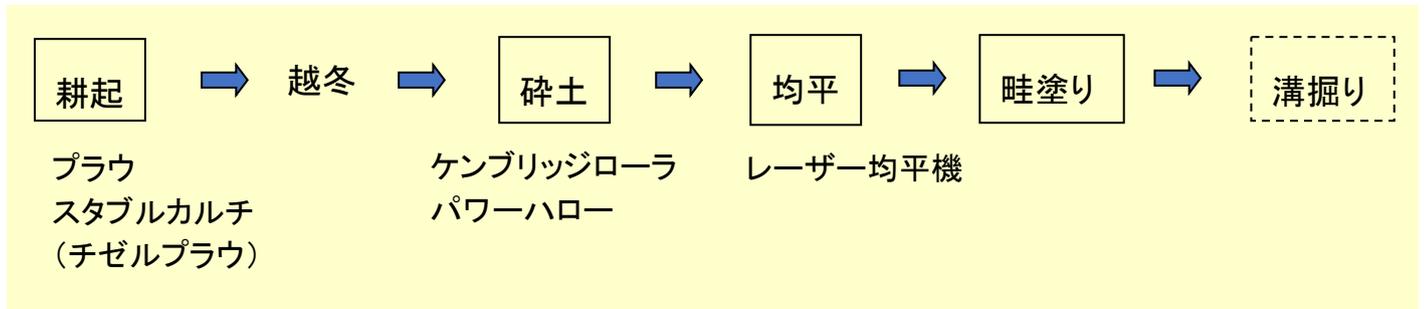
- 播種深度が深く倒伏に比較的強いため、湛水直播ほど品種選定に神経質になる必要はありません。実際に、ササニシキで高収量、高収益を上げている事例もあります。
- ただし、寒冷地以北では生育初期の低温により、移植栽培に比べ極端に生育が遅延するリスクがあります。極端な晩性品種は避け、熟期に余裕のある品種の選定が望まれます。
- 直播向けの耐倒伏性品種を用いれば、多肥栽培により慣行移植栽培以上の高収量も実現可能です。

## ■ 種子準備

- 3月から4月中旬の早期に播種する場合には、キヒゲン R2 フロアブル（チウラム水和剤）を塗沫します。キヒゲン R2 フロアブルは殺菌効果とともに鳥害防止に一定の効果があります。
- 寒冷地以北で5月播種など比較的遅い時期の播種では浸種粉を用いることも出芽の促進に有効です。
- グレーンドリルを用いる場合には、播種予定量よりも1割から2割多く準備します。

## IV. 圃場準備作業（耕起から溝掘りまで）

### ■ 作業工程（全体）



図IV-1 耕起から溝掘りまでの作業工程

### ■ 耕起

- プラウやスタブルカルチ（チゼルプラウ）による耕起を実施して（図IV-2）、播種前に十分に圃場を乾かすことが重要です。秋に耕起が可能であれば、より効果的です。
- 前年の刈株は均平や播種作業の妨げになります。プラウは刈株を完全反転して土中に埋没させることができ、均平や播種の作業が容易になります。
- スタブルカルチはプラウのような完全反転はできませんが、耕深を20 cmにすれば8割程度で株を埋没できます（図IV-3）。また、土壌の横方向移動がなく、高馬カトラクタを組み合わせると8 km/h程度の高速作業が可能です。

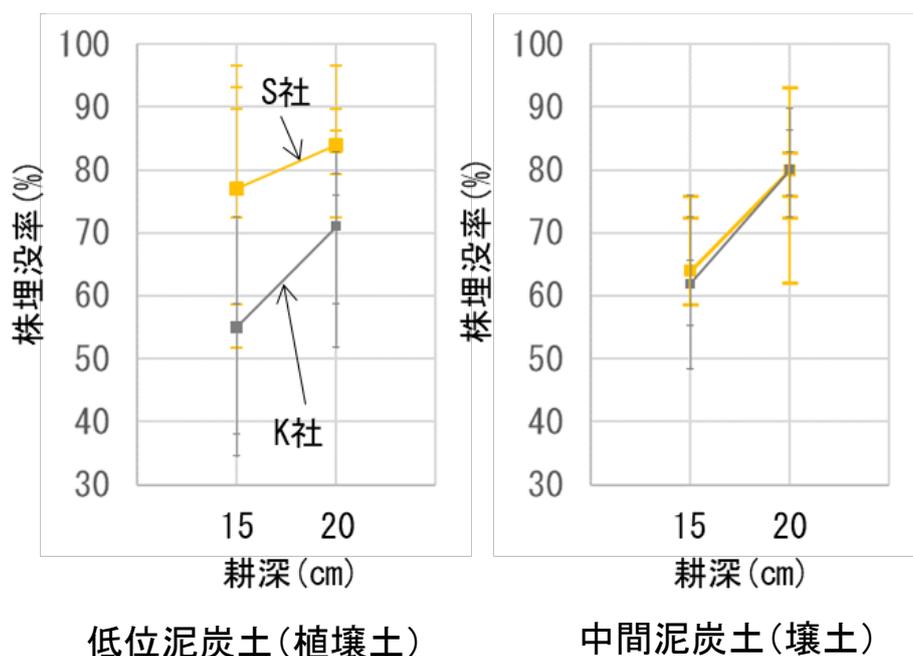


プラウ



スタブルカルチ

図IV-2 耕起作業の様子



図IV-3 スタブルカルチの反転性

### ■ 砕土

- ケンブリッジローラ、パワーハローによって、耕起した土塊を砕き、平坦な圃場面を形成します。
- パワーハローはケンブリッジローラに比べ作業速度は遅いのですが、プラウ後で圃場面の凹凸が大きい場合、土塊が大きい場合、土壌の湿り気が多い場合などは、パワーハローが砕土に好適です。

### ■ 均平

- レーザー均平機による均平作業は大区画圃場では必須の作業です。田面高低差が10 cm 以内になるように仕上げます (図IV-4 上段)。
- 均平作業については、p. 13 からの重要事項で詳述します。

## ■ 畦塗り

- 乾田直播は代かきをしないため、一般に畦畔漏水が増加します。そのため、頑丈な畦を作る必要があり、畦塗り作業は必須です（図IV-4 中段）。
- 畦塗りについては、「VII. 漏水対策・圃場外周の漏水対策」で関連情報を説明していますので参考にしてください。

## ■ 溝掘り

- 隣接する上側の圃場が移植圃場の場合、上側圃場からの漏水が懸念されるため、上側圃場との畦畔際に明渠を掘り、排水を促すことが必須です（図IV-4 下段）。



レーザー均平機による均平作業



畔塗り機による作業



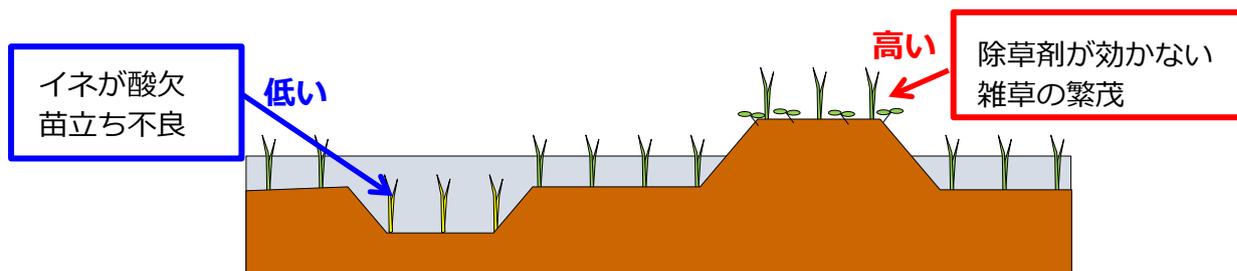
溝掘り機による作業

**図IV-4 均平、畔塗り、  
溝掘り作業の様子**

## －重要事項－ 圃場の均平化

### ■ 均平の重要性

- 圃場の均平化は、苗立ち、水管理雑草対策にとって重要です。
- 圃場の低い箇所は水深が深くなり苗立ちが低下し、高すぎると土が露出し除草剤の効果が得られません（図IV-5）。
- 高低差は 10 cm 以内にします。圃場の大きさにかかわらず必要な均平度は変わらないので、大規模な圃場ではより精密な作業が必要です。
- 代かきをしない乾田直播ではレーザー均平機により圃場の均平化を行います。乾田直播では最も時間を要する作業です。



図IV-5 不均一な圃場での水稻栽培の模式図

### ■ レーザー均平機

- レーザー均平機は、排土板に取り付けられた受光器、油圧コントローラおよびレーザー発光器からなります（図IV-6）。
- レーザー発光器から照射されたレーザーを基準高とし、受光器が高さを検出し、油圧コントローラを介して排土板の高さを一定に制御します。
- レーザー光の到達距離は半径約 300 m で、これが作業範囲です。
- レーザー均平機は、けん引式と、3 点リンクに取り付ける直装式があります。

- けん引式は前進で作業を行うため圃場の四隅は作業できません。比較的小さなトラクタでも作業可能です。直装式はバック作業が可能であり、高低差の大きい場合に有効です。大型トラクタの利用に適しています。



けん引式レーザー均平機

直装式レーザー均平機

図IV-6 均平作業の様子

## ■ 均平に向けた圃場の準備

- 刈株など前作の残渣は均平機の排土板に滞留して、均平作業の妨げになります。刈株がある場合はプラウ耕で土中に埋没させておきます。
- プラウ耕を行うことで溝ができ圃場の高低差は大きくなります。土塊も大きくなるので、ハロー等を用い十分に砕土しておき、圃場が乾いている時に均平作業を行います。
- 作業前に圃場の高低差を把握しておく、土をどのように移動するか作業計画が立てられ、能率的に均平作業が行えます。

## ■ 作業手順

- 発光機を圃場の近くに、風の影響などの影響を受けないようしっかりと設置します。トラクタのキャビンによってレーザー光が遮られない高さに発光器、受光器を調整します。
- 圃場内で仮の基準高さを決め、作業機が運べる土の量を考慮してブレードの高さを調整しながら、高いところの土を切土し、低いところに盛土していきます。大きな高低

差がある場合は、手動により高いところから低いところへ運土します。

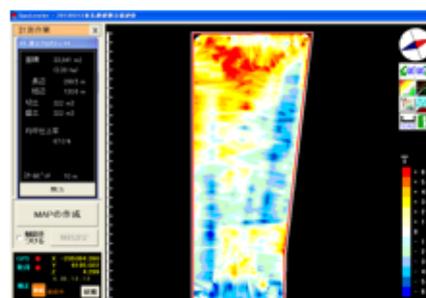
- 圃場内を走行して、ブレードに土が引っかからなくなったら徐々にブレード高さを下げていきます。圃場全体のどこを走行してもブレードに土が同じくらいたまるようになったら均平完了です。
- 後に行う播種の方に沿って仕上げを行うと播種作業が安定します。

## ■ GPS 均平機

- GPS 均平機は、均平機の高さ制御にレーザーの代わりに高精度 GPS を利用した作業機です（図IV-7 左図）。
- レーザーレベルで問題となっていた、近くで作業している他のレーザー発光器との交錯、圃場毎に発光器を設置する手間を解消できます。
- 高さ制御と同時に測位を行うことで、圃場の高低差マップの作成、運土量の算出など様々な機能が利用できます（図IV-7 右図）。
- 作業手順は、圃場外周を走行し外周計測をしたのち、圃場全体をまんべんなく走行し、圃場の高低差計測を行います。高低差マップにより、圃場内の高低差分布が表示されるので、マップを見ながら均平作業を行います。作業中の現在位置や、作業経過表示も可能です。



GPS 均平機

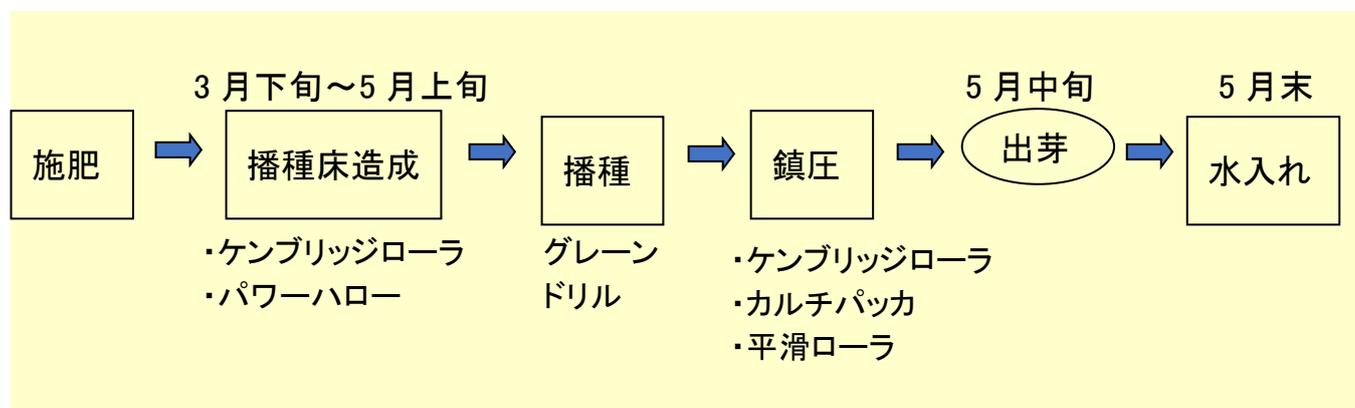


均平作業用ソフトによる圃場の高低差マップ

図IV-7 GPS 均平機および圃場の高低差マップ

## V. 施肥・播種・鎮圧

### ■ 作業工程（全体）



図V-1 施肥から水入れまでの作業工程

### ■ 施肥の留意事項

- 代かきをしないため基肥に施用した窒素肥料は脱窒・流亡しやすく、肥効調節型肥料の活用が望まれます。
- 代かき、移植栽培法に比べ地力窒素の発現が遅れるため、寒冷地では初期の生育量を確保する肥培管理が重要となります。
- 土壌にもよりますが、施肥量は移植栽培に比べ 1.5 倍程度と多くなります。

### ■ 播種床造成

- 播種床は、硬く造成することがポイントで、播種床の硬さを片足のかかるとに全体重をかけて踏み込んだ時の沈下量（足跡深さ）について、東北地方北部では 4 cm、東北地方南部では 5 cm 程度にします（図V-2 右図）。
- 播種床造成は、通常パワーハローを用います。足跡深さ 4 cm から 5 cm 程度の硬さに仕上げるには、パワーハロー後部の鎮圧ローラの作用強度を大きくして調整します。
- 播種後の鎮圧に用いるケンブリッジローラは、ヘラ状のタインを装着することで播種床造

成にも利用できます。へら状のタインを土壤に作用させることで、粗起こしされた土壤表面の凸凹を均す機能があり、ケンブリッジローラで鎮圧・砕土して効率的な播種床造成ができます（図V-2 左図・中央図）。



図V-2 播種床造成の様子および播種床の硬さ

## ■ 播種

- 寒冷地における播種適期は4月下旬から5月上旬ですが、トラクタが圃場に入れるようになれば早期に播種することができます。
- 3月から4月中旬の早い時期に播種する場合には、種子に「チウラム水和剤」を塗沫します。チウラム水和剤は殺菌効果とともに鳥害防止に一定の効果があります。
- 播種深さは、東北地域北部で1.5 cm、東北地域南部では2.5 cm程度にします。
- グレーンドリルによる播種作業（図V-3 左図）については、p. 19からの重要事項で詳述します。



グレーンドリルによる播種

ケンブリッジローラによる鎮圧

図 V-3 播種および鎮圧作業の様子

## ■ 鎮圧

- 播種後の鎮圧は、土塊を砕き種子と土壌を密着させるとともに、播種深さを安定化させ、苗立ちの向上と漏水（縦浸透）を抑制する効果があります（表 V-1）。
- ケンブリッジローラ等で鎮圧作業を行います（図 V-3 右図）。

表 V-1 鎮圧が苗立ち・縦浸透量に及ぼす効果

鎮圧		播種量 kg/10a	苗立ち数 本/m <sup>2</sup>	苗立ち率 %	縦浸透量 cm/日
播種前	播種後				
有	有	6.9	208	87	0.8
無	有	6.9	204	85	1.0
無	無	6.9	178	74	1.3

注1) 試験地は岩手県盛岡市

注2) 圃場は前作大豆の灰色低地土。秋にレーザー均平

注3) 播種床の砕土率は72 %（2 cm以下）、土壌含水比は37.6 %

注4) 品種は「あきたこまち」、播種日は2007年5月9日

注5) グレーンドリルは作業幅2.5 m（条間15 cm、17条）

## －重要事項－ 播種作業

### ■ グレーンドリルの特徴



シングルディスク



ダブルディスク



シュー型

### 図V-4 グレーンドリルの播種オープナ

- グレーンドリルの播種オープナには、シングルディスク、ダブルディスク、シュー型があり、夾雑物が多い圃場ではダブルディスクが適しています（図V-4）。
- グレーンドリルは 10km/時程度での高速作業が可能で、種子・肥料の繰り出し精度が高く、繰り出し量の調整も容易です。
- 作業幅 2.5 m クラスでは 50PS 程度の中型トラクタで作業可能であり、同時施肥が可能な機種もあります。
- 作業幅 3 m クラスでは 70PS 以上のトラクタが必要ですが、種子を 200 kg 程度搭載でき（図V-5 左図・中央図）、4 ha から 5 ha を種子の補充無しで播種できます。



図V-5 種子ホッパーおよび播種量のキャリブレーションの様子

- 正確な播種を行うために、播種機の説明書に従って播種量のキャリブレーションを行います（図V-5 右図）。受け皿が装備されて簡単にキャリブレーションできる機種もあります。また、接地駆動輪の空気圧のチェックも必要です。



図V-6 播種作業時の調整箇所

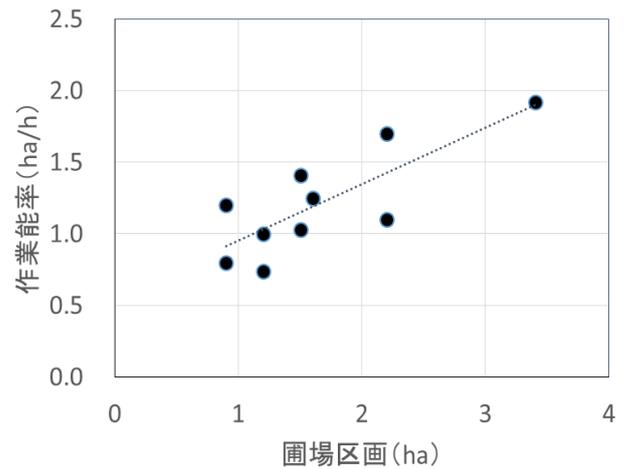
- 播種深さは、播種ディスクロールタを引っ張るバネの強さを変えることである程度調整が可能です。また、播種ディスクロールタの土壌への刺さり具合を調整する播種深さ調整板が付いた機種もあります（図V-6 左図）。
- 種子の覆土はレーキで行う機種が多く、説明書に従って作用する角度や強さを調整すると、きれいな覆土が行えます（図V-6 中央図）。
- トラクタのタイヤが踏む播種条は踏圧で硬くなるため、必ずタイヤ跡消しの作用深さを調整する必要があります（図V-6 右図）。
- グレーンドリルの播種作業において、枕地はトラクタの旋回で踏圧を受け硬くなるため、枕地を含む外周を先に播きます。

## ■ 播種作業の能率

- 図V-7 は、作業幅 3 m のグレーンドリルを 10 km/h 程度の速度で播種した場合の、圃場区画と作業能率の関係を示しています。
- 圃場の長辺が長いほど、作業能率は高くなり、1 ha 区画（長辺 100 m）と 3

ha 区画（長辺 300 m）では、作業能率は 2 倍近くの差になります。

- 作業速度 10 km/h の播種作業の能力を活かすには、長辺 170 m（2 ha 区画）以上の圃場が望まれます。

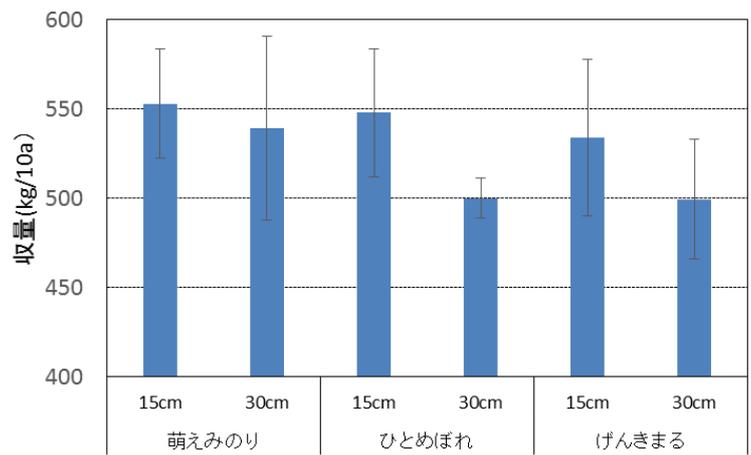


**図 V-7 播種作業の圃場区画と作業能率の関係**

宮城県名取市合筆圃場の 2013 年から 2015 年のデータ。

### ■ 最適な播種条間

- グレンドリルの条間は、12 cm か 15 cm のものが多く、種子ホッパーのシャッターを 1 条ずつ閉めることで 24 cm あるいは 30 cm の条間で播種できます。その際、条数が偶数の機種は機体のセンターが左右に移動するので注意が必要です。



**図 V-8 播種条間の違いによる収量**

宮城県東松島市での 2012 年から 2015 年の平均収量。

- 図 V-8 は、同一播種量での収量を、条間 15 cm と 30 cm 栽培での収量を 4 年間にわたって比較した結果です。地力があまり高い圃場では、狭い条間の方が高収量を得られています。

### ■ 播種法のバリエーション

- パワーハローとグレンドリルを合体させたコンビネーション播種は（図 V-9 左図）、油

圧揚力の大きい高出力トラクタを必要とし、圃場の枕地スペースも広がりますが、播種深さの安定、碎土率の向上など苗立ちに好影響します。

- 大豆などにも利用される真空播種機や機構が開発したダブルプレート式播種機の利用も可能です（図V-9 右図）。播種板の交換により様々な作物、播種様式に対応し、播種深さが高度に安定するため、高い苗立ち率が得られます。真空播種機では機体が重いので、良く乾いた圃場を準備する必要があります。



コンビネーション播種



機構開発のダブルプレート式高速  
高精度播種機

図V-9 播種法のバリエーション

## ■ 高い碎土率での播種

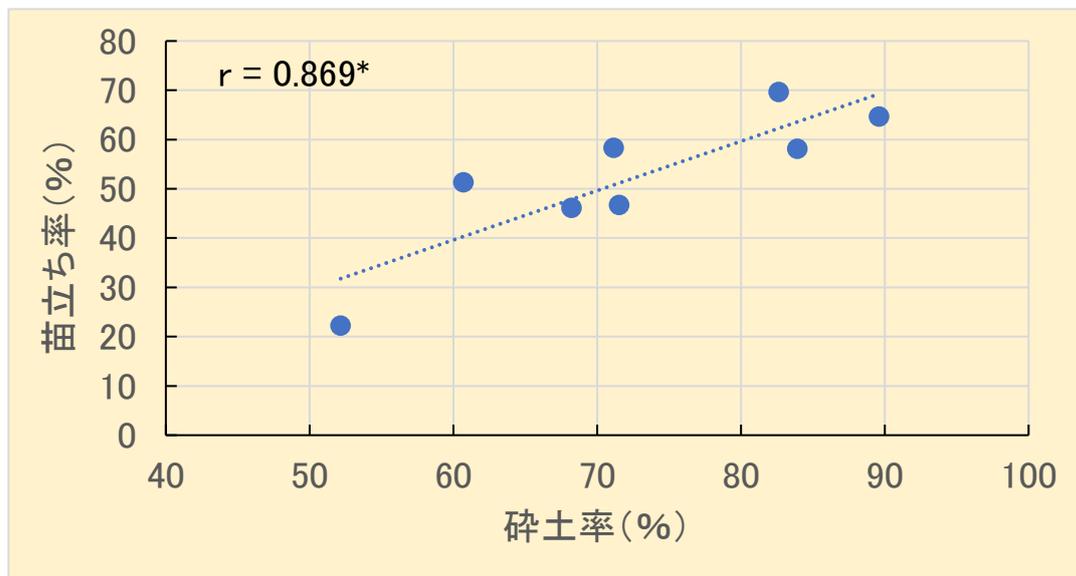
- ここ数年、均平作業を2年から3年に一度とし、均平作業を省いた作業体系での乾直栽培の事例も増えています。



図V-10 耕起から碎土までの期間が長いために碎土が不十分な圃場

碎土率は50%程度。

- 均平作業から播種までの期間が長い場合、また均平作業を省いた作業体系において耕起から碎土・播種までの期間が長い場合、圃場表層土壌の碎土率は低下しやすくなります（図V-10）。特に粘性の高い土壌では注意が必要です。
- 圃場表層土壌の碎土率が低い場合、イネの苗立ち率も低下するため（図V-11）、十分な生育量の確保が難しくなります。
- 均平作業を省かない場合には均平作業から播種作業までの期間、均平作業を省く場合には耕起から碎土・播種作業までの期間を空けずに作業を行うことを推奨します。



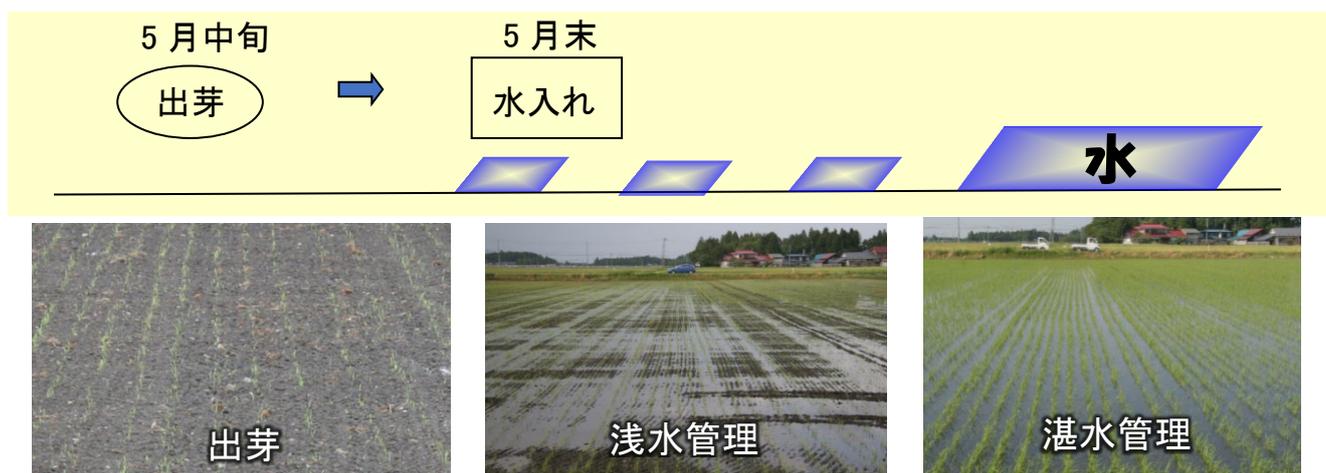
**図V-11 圃場表層土壌の碎土率と苗立ち率との関係**

実証試験地（岩手県一関遊水地）における2021年のデータ。

## VI. 水管理

### ■ 播種後の水管理のポイント

- 初期の水管理が苗立ちの成否を左右します。



図VI-1 出芽から湛水管理までの作業工程および圃場の様子

- 水入れは、圃場全体で筋状に出芽する 1.5 葉前後とします。カモの食害が予想される場合は 2.3 葉程度まで待って水入れします。
- 苗は1週間以上水没していると枯死します。そのため、**最初の水入れは浅水**とします。
- 浅水管理は、すべての苗の先が水面から出るまで待ってから、2日から3日に1回程度給水するようにします。均平が取れていない圃場では、田面が露出してもかまいません。苗が伸びてきたら、湛水管理にしていきます（図VI-1）。

### ■ 過湿に備えた対策

- 降雨後1週間以上湛水するような圃場では、表面排水を促進させる溝切りが必要です（図VI-2）。



図VI-2 播種後の溝切りおよび溝による排水の様子

### ■ 過乾燥時の対策

- 出芽までに、圃場にキレツが入るほど過乾燥状態になった場合や、クラストができた場合はフラッシング（走り水）をします（図VI-3）。



図VI-3 過乾燥時の圃場と土中での発芽の様子

## Ⅶ. 漏水対策

### ■ 漏水対策の重要性

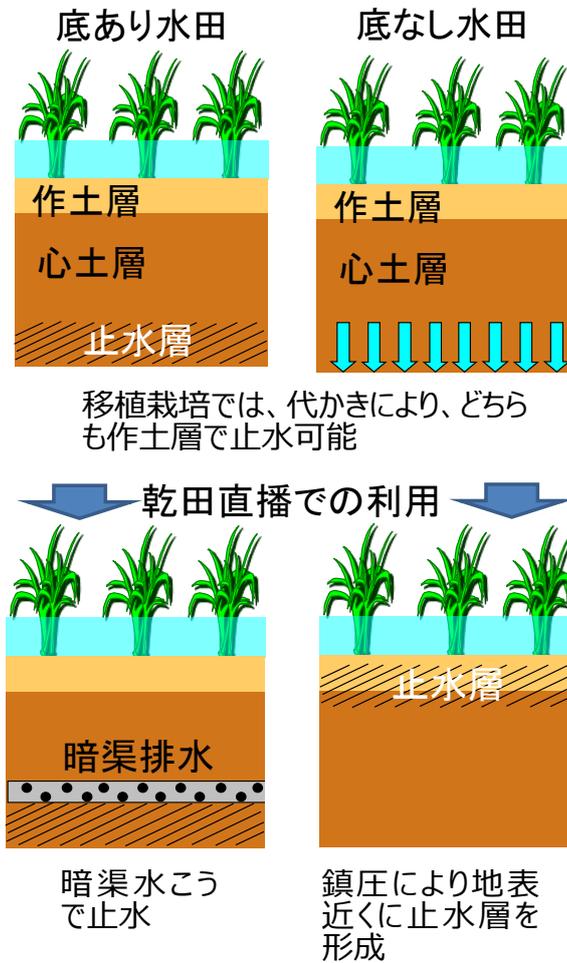
- 乾田直播では、播種時には圃場の排水機能が必要です。しかし、出芽後の入水以降には慣行水田と同様に湛水機能が必要です。
- これらの相反する機能を上手く切り替えることが乾田直播成功への重要なポイントです。
- 特に湛水機能が不十分であると、除草剤効果の低下、肥料の流出、用水量の増大、水温上昇の抑制、などの悪影響が生じます。よって、日減水深を 2.0 cm/日以下にすることが求められます。
- そのためには、水田の基盤条件に応じた漏水対策が必要です。

### ■ 漏水対策が必要な圃場とは？

- 乾田直播圃場の排水機能から湛水機能へ切り替えが容易にできるか否かは、水田の基盤条件、すなわち本来、湿田であるか、乾田であるかによります。
- 湿田には水田下層に縦浸透性の低い土層（水田の底）があります。そのような圃場には暗渠が整備され、暗渠の水こうにより湛水と排水を容易に切り替えることができます。乾田直播に適しています。
- また、このような圃場では、①播種精度向上のための鎮圧作業と②播種後の土壌と種子の密着性向上のための鎮圧作業は必要ですが、③減水深低減のための鎮圧はほとんど不要です。
- しかし、畦畔からの横浸透には気をつける必要があります。
- 代かきを行わないと漏水するような乾田、いわゆる「底なし水田」では、何らかの対策

を行わないと減水深が大きく、十分な除草剤効果が得られません。

- 底なし水田でのプラウ耕鎮圧体系の乾田直播であれば、鎮圧作業により地表面付近に止水層を作ることができ（図VII-1）、減水深を低減させることができます。



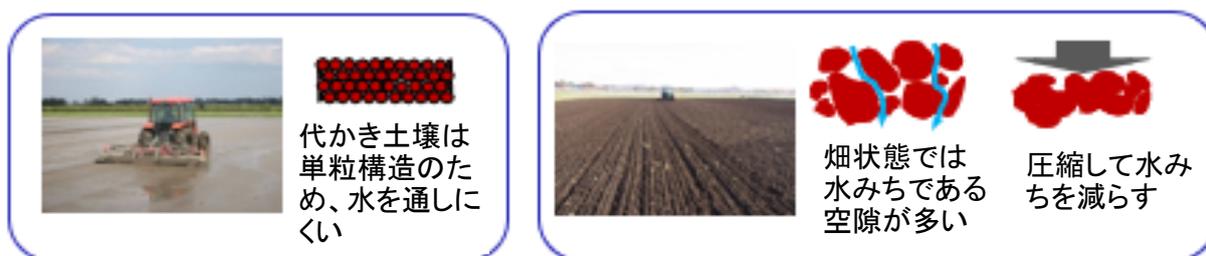
**図VII-1 プラウ耕鎮圧体系の乾田直播での止水**



- 実際に図VII-2の●と同地域の圃場は、鎮圧により表面地下止水型★に移行し、日減水深が2.0 cm/日以下となりました。
- 「地下止水型」の圃場であっても、畑転換により乾田化が進んだ圃場は、下層に亀裂が発達し、「止水層なし型」に変化するので、注意が必要です。

## ■ 鎮圧による漏水対策の基本

- 慣行の代かき水田では、水を入れて土壌を攪拌するので、圃場全体で均一な漏水防止効果が期待できますが、乾田直播では、入水しないため圃場の各地点で条件が異なるので、念入りな対策が必要です。
- 代かきでは、水中での攪拌により分散した細かい土粒子が沈み、水を通しにくい層を形成したり、水みちに目詰まりが生じ、浸透が抑制されます。しかし乾田直播では、畑状態であるため、土壌を圧縮して水みちとなる空隙を減らす必要があります（図VII-3）。
- 畑状態で浸透を抑制するには、圃場を適度な水分状態で踏圧し土壌を締める必要があります。
- 乾燥した状態では、土壌が十分に締まらず、浸透も抑制されません。
- 土壌の水分が高いほど、よく締まって、浸透も抑制される傾向にあります。

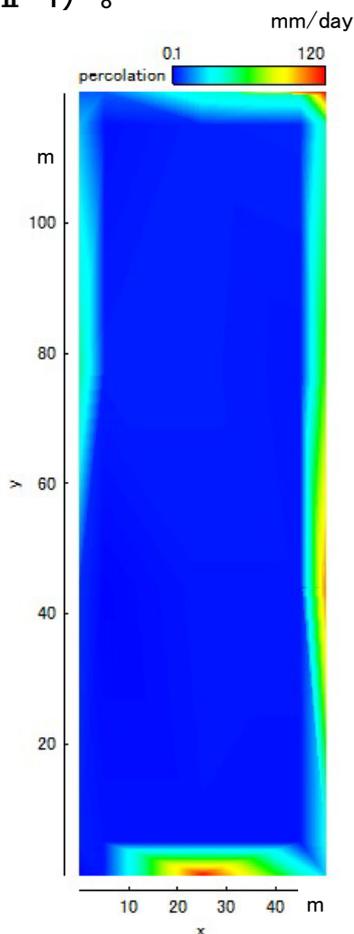


図VII-3 代かき圃場と乾直圃場の違い

- しかし、あまり水分が高い状態で土壌を締めようとするとうちが変形したり、乾燥後に収縮して水みちがでたりするので、作業が可能な程度の高い水分で締めることが有効です。

## ■ 圃場外周の漏水対策

- 乾田直播では、代かきを行わないので畦畔漏水が多く、畦塗りをする必要があります (図VII-4)。



畦塗り

圃場内部（全体の 98 %）の減水深を 2.5cm/日としても、残り 2 %の外周部が 100cm/日であると・・・全体は  $2.5\text{cm/日} \times 0.98 + 100\text{cm/日} \times 0.02 = 4.5\text{cm/日}$  となるので、面積は少なくとも注意が必要。

圃場一筆の漏水測定例（50 a）

外周部の緑色、黄色、赤色となっている地点の減水深は 5cm/日～100cm/日。

**図VII-4 乾直圃場の漏水量測定例（左図）と畦塗り作業の様子（右図）**

- 播種床の準備の際に圃場内部は何度も鎮圧されますが、圃場外周部は鎮圧されにくいので注意が必要です。

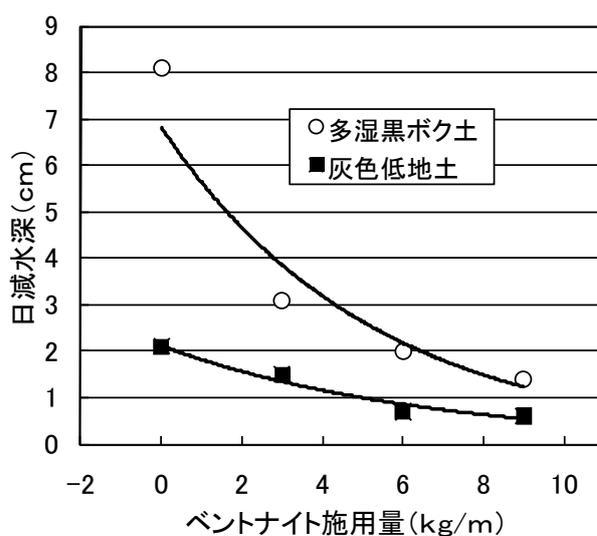
- 畦塗りをを行うと、畦畔法尻の土壌が起こされてしまい、漏水の原因となりやすいことから畦畔法尻をトラクタの車輪で鎮圧することが有効です（図VII-5）。



法尻部分	鎮圧無し	鎮圧有り
圃場 A	532.5cm/日	2.3cm/日
圃場 B	252.6cm/日	1.6cm/日

**図VII-5 畦塗り後の踏圧による漏水防止**

- 畦塗りの際にベントナイトを 5 kg/m 程度散布してから作業を行うと、丈夫な畦が形成され、漏水防止に効果があります（図VII-6）。



**図VII-6 ベントナイト量と日減水深の関係**

- 入水後に漏水が多い場合には、歩行型管理機や乗用管理機で畦畔際を代かきることが有効です（図Ⅶ-7）。



畦畔際代かきの効果測定例

外周代かき前		外周代かき後
平均 38.7cm/日	→	平均 2.2cm/日

**図Ⅶ-7 畦畔際の代かきの様子**

■ **乾田直播の実施が適用可能な土壌条件**

乾田直播の実施が可能であるか否かについては、土壌の情報によりおおよそ判断することが可能です。土壌情報（土壌群、土壌統群）については、日本土壌インベントリー（<https://soil-inventory.rad.naro.go.jp/>）、もしくは検索エンジンで「土壌インベントリー」を検索で確認することができます。これらの相反する機能を上手く切り替えることが乾田直播成功への重要なポイントです。

- 細粒分が多い、細粒グライ土、細粒強グライ土、細粒灰色低地土灰褐系、細粒灰色低地土灰色系（以下、これらの土壌を総称して「細粒〇〇〇土」と記述）では、下層への浸透が少なく「底あり水田」の可能性が高いため漏水が少ないとみられます。よって、鎮圧を行わない従来の乾田直播や、プラウ耕グレーンドリル体系乾田直播でも最小限の鎮圧作業で、乾田直播が実施可能です（図Ⅶ-8 左図）。

- その他の土壌では下層への浸透が多いことが予想されるため、鎮圧等による漏水対策が必要になります。
- 細粒○○○土（図VII-8 中の灰色で示す）以外の土壌では、表土の土性が強粘質あるいは粘質に分類される圃場の場合に鎮圧することにより、乾田直播が導入可能と判断されます（図VII-8 右図）。
- 砂質土や礫質土は鎮圧によっても、減水深を低減させることが難しいため、乾田直播の適用は困難とみられます。
- 細粒○○○土と乾田直播の導入が容易な土壌タイプに分類されても、圃場整備や暗渠の施工によって水田の畑地化が進行した圃場では、下層への浸透が多いため、鎮圧が必要になる場合があります。

★乾田直播導入が容易な土壌  
→ 細粒○○○土  
東北地方では約 40%の水田

土壌群	土壌統群(一部抜粋)
	<b>細粒グライ土</b>
	<b>細粒強グライ土</b>
	中粗粒グライ土
	中粗粒強グライ土
	礫質グライ台地土
	礫質強グライ土
グライ台地土	グライ土、下層黒ボク
グライ土	
褐色森林土	
褐色低地土	グライ土、下層有機質
黒ボクグライ土	
黒ボク土	灰色低地土、下層黒ボク
黒泥土	灰色低地土、下層有機質
灰色台地土	灰色低地土、斑紋なし
灰色低地土	<b>細粒灰色低地土、灰褐色系</b>
砂丘未熟土	<b>細粒灰色低地土、灰色系</b>
多湿黒ボク土	中粗粒灰色低地土、灰褐色系
泥炭土	中粗粒灰色低地土、灰色系
	礫質灰色低地土、灰色系

★鎮圧することにより  
乾田直播が可能になる圃場

表土の土性が**強粘質～粘質**  
に分類される土壌

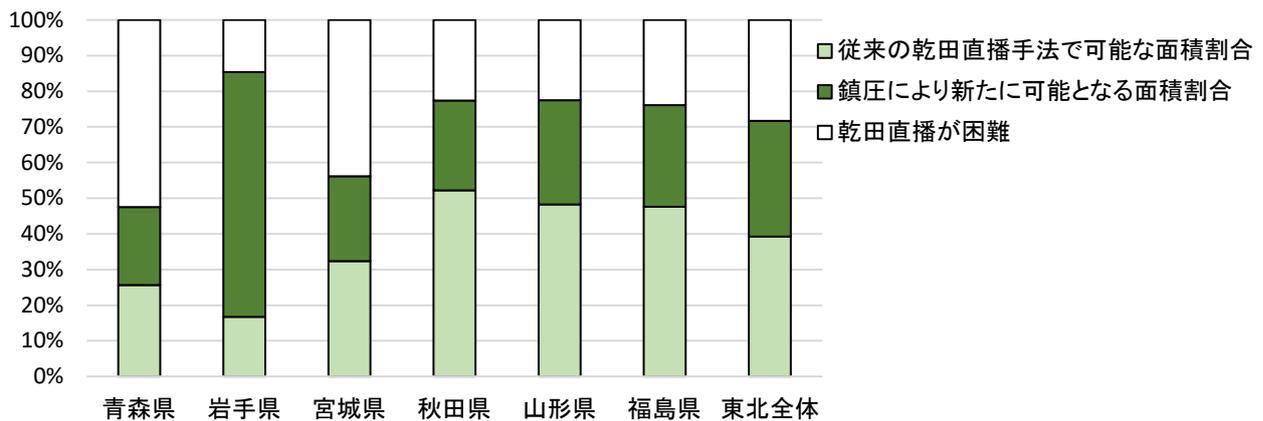
※土壌情報システムでは表土の土性が確認できないので、実際には現地で判定することになります。

<参考>

強粘質：ほとんど砂を感じないぬるぬるした感じ

粘質：大部分が粘土、わずかに砂を感じる

**図VII-8 乾田直播導入が容易な土壌と鎮圧により乾田直播導入が可能となる土壌**



**図VII-9 従来法と鎮圧によって乾田直播導入が可能な圃場の面積割合**

※1959年から1978年に収集された地力保全土壌図データ（日本土壌協会：地力保全基本調査による土壌情報データベース 2005）から作成した。

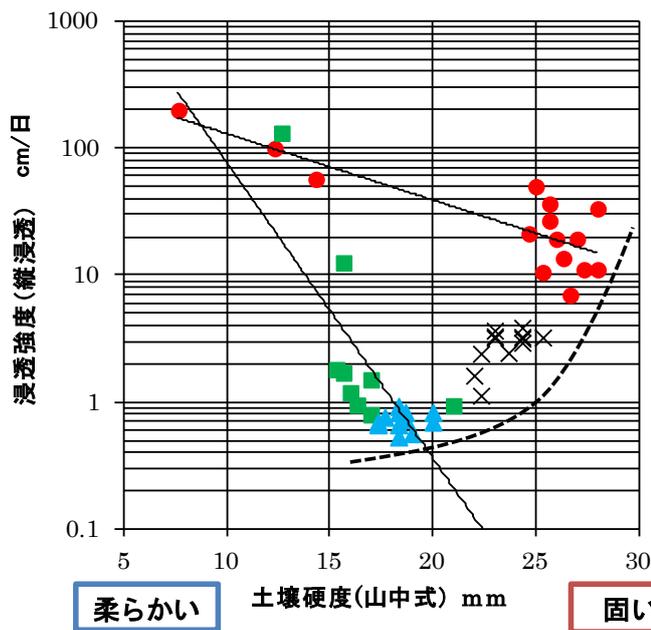
## ■ 漏水田（黒ボク土）の対策

漏水が特に問題となる黒ボク土水田での効果的な鎮圧手法を紹介します。

田面水が1日で無くなってしまような漏水田でも対策を講じることで適正減水深にすることができます。

### ☆ 黒ボク土水田における漏水防止のポイント ☆

- ① できるだけ高い土壌水分状態で鎮圧する。
- ② 全体を余すところなく鎮圧する。圃場外周は鎮圧ローラで鎮圧されにくいので、必ずトラクタを畦に沿って走行させ、その車輪で鎮圧する。
- ③ 段階的に鎮圧することにより、徐々に漏水量が低下し、適度な播種環境、出芽条件、湛水条件を得ることができる。



注) 土壌：多湿黒ボク土、 $w$ ：土壌含水比  
 調査圃場では、 $w=66\%$ （塑性限界）以上で、手のひらで土をこすると容易に土がこより紙縫りの状態になる。

## 図VII-10 異なる土壌水分条件で鎮圧した後の土壌硬度と縦浸透の関係

岩手県盛岡市での試験結果。

直線は乾燥土壌、湿潤土壌ごとの土壌硬度と浸透強度との関係を示す。

点線で示した曲線は、異なる土壌水分における土壌硬度と浸透強度の関係性を示す補助線。

### ① できるだけ高い土壌水分状態で鎮圧します（図VII-10）。

- 乾燥した土壌では、何度も鎮圧して固くしても、縦浸透は低下しません。この後に水分を高めて鎮圧しても、縦浸透は低下しないので、プラウ耕起からやり直す必要があり、注意が必要です。
- 作業が可能な範囲で、水分が高い状態（ローラに土が付着しない程度）で鎮圧することによって、縦浸透が低下します。土を手で握って簡単に固まるくらい水分が高い状態である必要があります（図VII-11）。
- 鎮圧後の固さの目安は地表下 5 cm での山中式硬度計の読みが 20 mm 前後です。鎮圧時の水分が高いほど仕上がりが柔らかくなる傾向にありますが、縦浸透はより低下します。



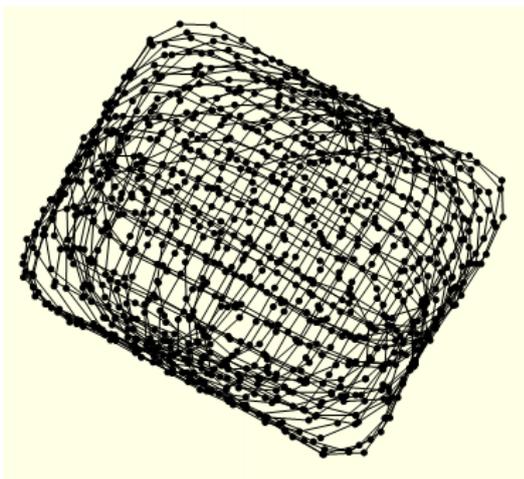
地表面がわずかに白っぽいが、5 cm 以下は湿っている状況が鎮圧に適しています。作業中は表面土壌が跳ね上がり碎土されるので、徐々に乾いていきます。



含水比 82 %では、ローラに土が付着してハローパッカでの鎮圧はできませんでした。

## 図Ⅶ-11 異なる土壤水分条件での鎮圧作業の様子

- ② 鎮圧ローラにより全体を余すところなく鎮圧します。
- 圃場縦方向、横方向の走行を繰り返し、圃場全体を鎮圧します。トラクタの車輪が通過することによる鎮圧効果も大きいので、トラクタの車輪が同じ位置を通過しないようにすることです（図Ⅶ-12）。
- 圃场外周は鎮圧ローラで鎮圧されにくいので、必ずトラクタを周辺に沿って走行させ、その車輪による轍で鎮圧します。（図Ⅶ-13）。



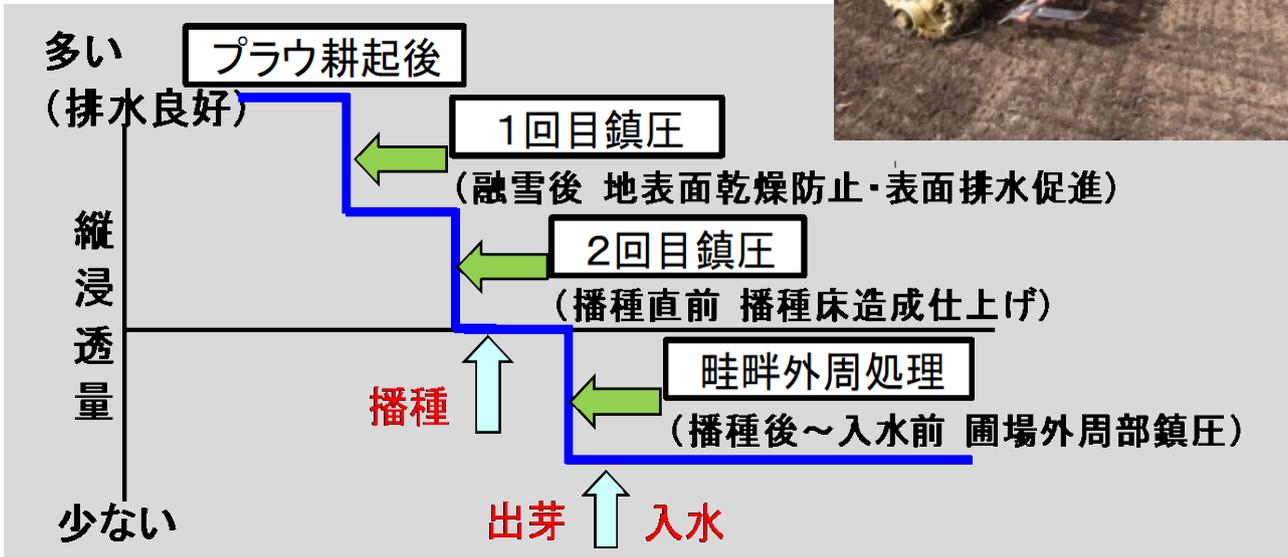
## 図Ⅶ-12 鎮圧作業のトラクタの作業軌跡

30 a 圃場（50 m×60 m）での作業例  
縦横方向の鎮圧を3セット繰り返した。

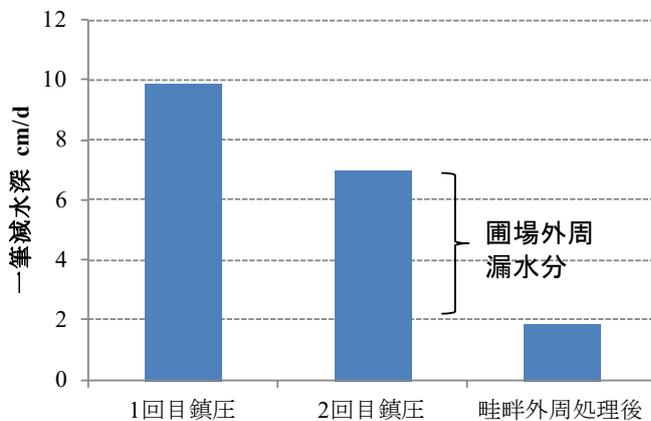


**図Ⅶ-13 隅や畦畔際のトラクタ車輪による鎮圧**

- ③ 段階的に鎮圧することにより、徐々に漏水量が低下し、適度な播種環境、出芽条件、湛水条件を得ることができます（図Ⅶ-14）。
- 乾田直播の圃場には、播種作業のための排水機能、出芽までの水分保持と排水機能、出芽後の湛水機能といった機能が必要です。
  - プラウ等による耕起後の膨軟な土壌は乾きやすいことから、一度鎮圧することにより、乾燥を防ぐことができ、後に高含水比条件で鎮圧可能となります。また、鎮圧された土壌は、間隙が減少し緻密化していることから、不耕起状態のようになり、降雨後に作業しやすくなります。
  - 3段階で鎮圧することにより、減水深を約 10cm/日から 2cm/日と徐々に低下させることができ、乾田直播に必要な圃場機能を付与することができます（図Ⅶ-15）。
  - 地表面が薄く碎土され、碎土土壌以下が締固まるハローパッカ（突起付きの鎮圧ローラ）の利用が適しています。様々な鎮圧ローラが利用できますが、最終的にグレーンドリル播種時の覆土を確保する必要があります。



図Ⅶ-14 段階的な鎮圧による漏水量の低下



図Ⅶ-15 ハローパッカによる段階的鎮圧後の一筆減水深と圃場での碎土の様子

ハローパッカでは地表面（約 5 cm）のみが碎土され、その直下は鎮圧されるため、グレーンドリルの播種に適している。

- 最終的な鎮圧程度の確認として、地表下 5 cm の土壌を削った時、鎮圧により元の土塊の形状が残っていないのも特徴です（図VII-16）。土塊が残っているのが確認される場合は、土塊の隙間から水が流れるので、適正な減水深が得られません。
- 適水分での鎮圧により減水深は小さくなり、図VII-17 のように圃場に水を貯めることが可能となります。



図VII-16 鎮圧後の地表下 5 cm の田面の状態



水がたまれば一安心・・・  
 鎮圧による漏水防止は、固めればいいというわけではなく、湿った土を地面に押し込む感じ です。

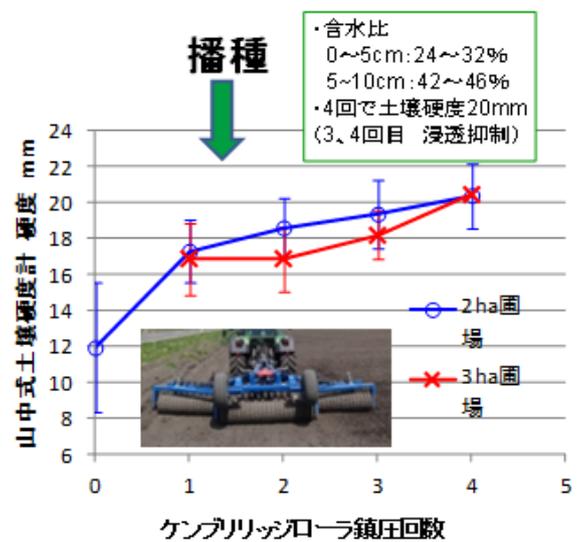
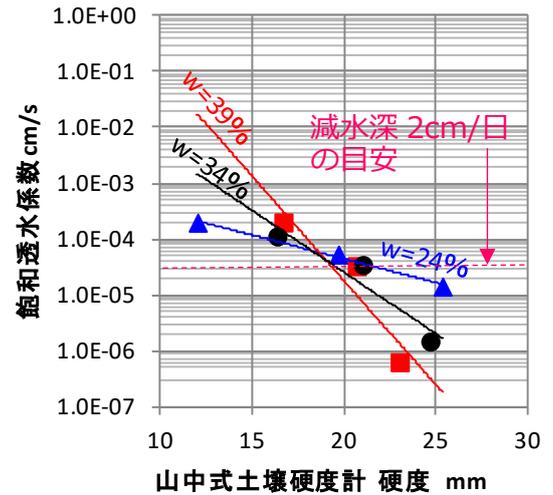
図VII-17 入水後の圃場の様子

## ■ 粘性土圃場での実施例

宮城県名取市の 3.4 ha 圃場、2.2 ha 圃場で実施（2011 年）した鎮圧による減水深の低減事例を紹介します。

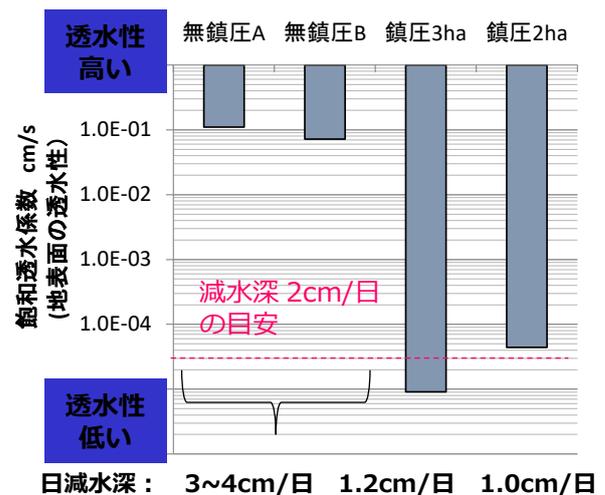
① 鎮圧の目安

- 黒ボク土と同様に乾いた状態で鎮圧しても透水性はあまり低下しません（図 VII-18 上段青▲）。
- 土が湿っているほど透水性は大きく低下します。よって、黒ボク土と同様にできるだけ高い水分状態で鎮圧することが効果的です。
- 高い水分状態で鎮圧を行い、山中式硬度計で 20 mm 前後が減水深を 2 cm/日以下にする目安となります。
- 土壤水分状態が高くなるほど、透水性が低下する傾向にあるので、土壤水分が高い状態であれば、土壤硬度が 20 mm 以下でも、減水深が 2 cm/日以下になることが期待できます。



② 鎮圧作業

- ケンブリッジローラで圃場の縦、横方向、圃場全体を鎮圧します。
- ここでは、播種前に縦横方向 1 回の鎮圧、播種後に縦横方向 3 回の鎮圧を



図VII-18 鎮圧による減水深の低減効果

行って、山中式土壤硬度計の数値が 20 mm 程度になりました（図Ⅶ-18 中段）。

- 土壤水分状態が高い条件では、より透水性が低下する傾向にあるので、鎮圧回数を減らすことができます。

### ③ 地表の透水性と減水深

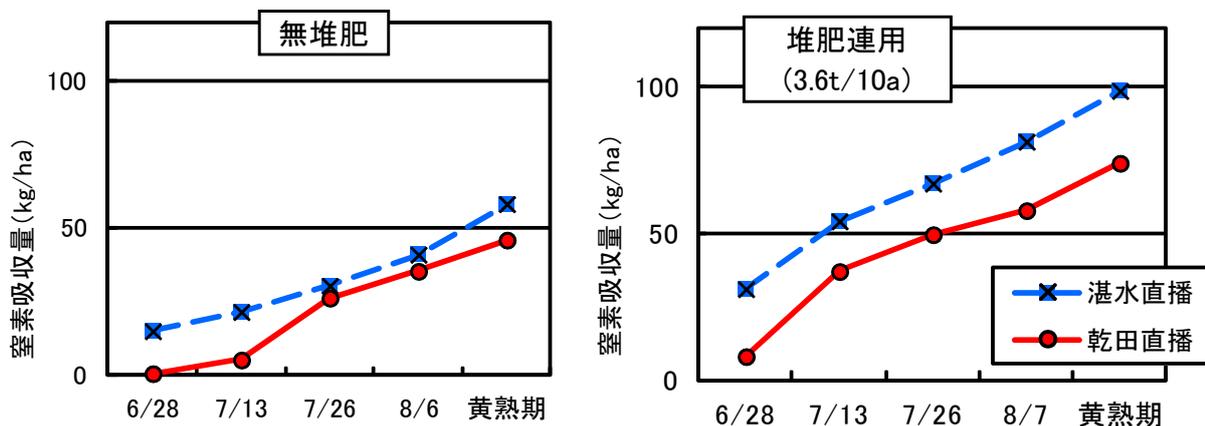
- 鎮圧を行わない圃場では地表の透水性が高く、減水深が 3cm/日から 4cm/日でした。
- 鎮圧を行った圃場は、地表の透水性が低下して、減水深が 1cm/日程度となりました（図Ⅶ-18 下段）。

※圃場が大きくなると圃場内の水分のばらつきが大きくなりやすいので、心土破碎などで暗渠排水効果を高めるなど、排水対策を徹底することが重要です。

## Ⅷ. 肥培管理 — 乾田直播の窒素施肥法 —

### ■ 乾田直播圃場における土壌窒素供給の特徴

- 乾田直播は、播種後の乾田管理により湛水直播に比べて土壌窒素の無機化が遅れ、土壌窒素供給量が低下する傾向にあります（図Ⅷ-1）。
- 特に生育初期の土壌窒素供給量が少なく推移します。
- 乾田直播向けの専用肥料の利用と施肥量の増量が生育、収量確保に有効です。
- 堆肥連用は土壌窒素供給力を高め、乾田直播の生産性を高めることができます。



**図Ⅷ-1 無窒素栽培区における湛水直播および乾田直播の窒素吸収量の推移**

供試品種は飼料用稲専用品種「べこごのみ」、2006年に秋田県大仙市で実施。

### ■ 乾田直播圃場の窒素施肥法

- 乾田直播栽培では、播種後から出芽時までの乾田期間において基肥施用の速効性窒素肥料や初期溶出型被覆尿素が脱窒・流亡しやすくなります。シグモイドタイプの後期溶出型被覆尿素を含む肥効調節型窒素肥料を組み合わせた基肥一発施肥体系が有効です。

- 乾田直播の窒素施肥量は代かき・移植、湛水直播より増量する必要があります。目安として代かき圃場の 1.5 倍程度の窒素施肥量が必要です。地力の低い圃場では基肥増量と追肥が必要となります。
- 施肥は均平作業の後にブロードキャスト等で実施します。肥料は耕起条件に合わせてスタブルカルチ、パワーハロー、レベラーのタイン等を利用して作土に混和します。
- 基本的に生育期間の落水は不要です。過剰生育の場合、中干しを実施します。
- 各地域の気象条件、品種に対応した基肥一発体系の乾田直播専用肥料が供給されています。岩手県向けでは「直播専用 211 号」(20-10-10)、宮城県向けでは「乾田直播水稲用 771」(17-17-11)、「乾田直播一発 20」(20-10-10)等が市販されています。

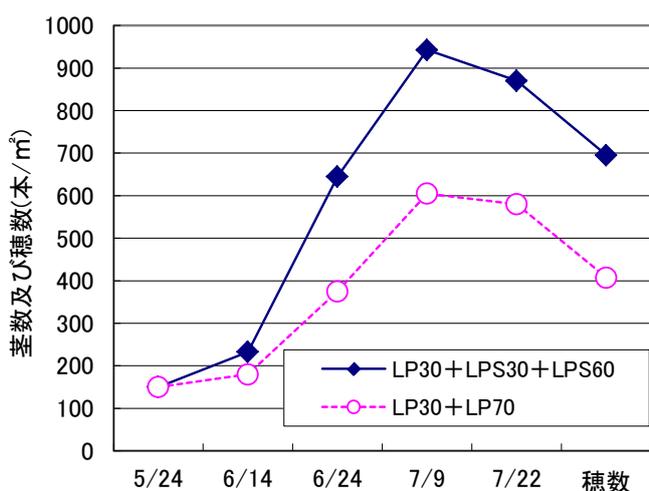
#### ■ 乾田直播圃場の地力維持

- 乾田直播とダイズなどの転作作物を取り入れた輪作水田圃場は、地力損耗が大きいと推測されています。堆肥施用は乾田圃場の地力維持に有効です。
- リン酸肥沃度の低い乾田直播圃場でリン酸増肥による増収が報告されています(上村 1973)。土壌診断に基づく適切なリン酸肥料の施用により収量安定化が期待できます。堆肥施用によるリン酸供給も乾田直播の収量安定に有効です。

#### ■ 乾田直播基肥一発施肥体系の実例

- 岩手県内向け直播専用 211 号の事例です(岩手県中南部)。出芽後から生育初期に肥効のある LP30、LPS30、および分けつ期から幼穂形成期を中心に肥効のある LPS60 を LP30 : LPS30 : LPS60 = 3 : 2 : 5 で組み合わせています。乾田期の窒素損失を減らし追肥を省略できます。

- 窒素施肥量は、窒素成分で 10 kg/10a から 12 kg/10a とします。ただし、地力によって施肥量を調整する必要があります。
- 基肥一発体系は、基肥・追肥体系と比較して茎数確保が容易で、分けつ期から幼穂形成期の生育量が大きく、穂数が増加します（図Ⅷ-2）。



- ※ 岩手農研圃場(北上市) 耕種概要
- ① 播種法：ドライブハローシーダ
  - ② 施肥法：接触施肥
  - ③ 品種名：「ひとめぼれ」
  - ④ 施肥・播種日：4/19
  - ⑤ 窒素施肥量：10.1 kg/10a

精玄米重  
 LP30+LPS30+LPS60 593 kg/10a  
 LP30+LP70 491 kg/10a

(高橋 2011. Ver2.3 より抜粋)

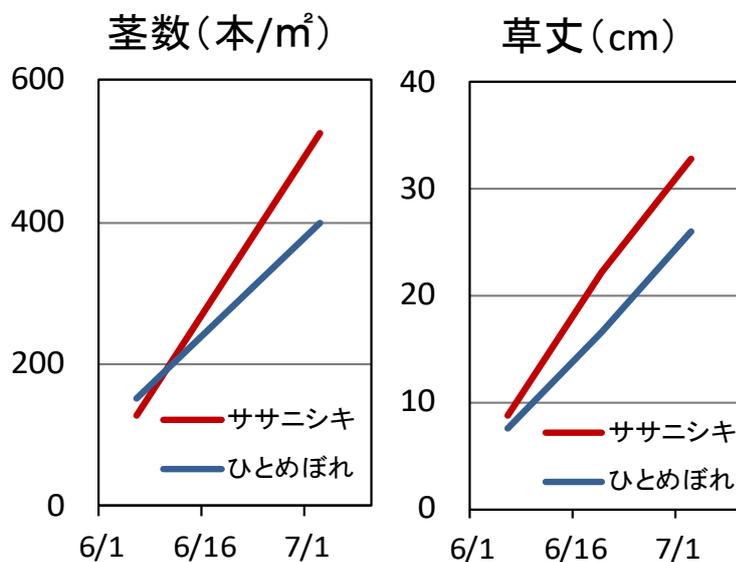
## 図Ⅷ-2 配合肥料の違いによる茎数及び穂数

試験は岩手農研圃場（岩手県北上市）で 2010 年に実施。

### ■ 乾田直播の特徴を生かした大豆後水稻

- 大豆後の乾田直播は土壌窒素供給量が多くなるため、移植、湛水直播と同様に窒素肥料量を減らすことができます。また、乾田直播は大豆後圃場でも窒素吸収が穏やかで、移植、湛水直播に比べて過剰生育、倒伏などのリスクが小さくなります。
- 水稻品種「ササニシキ」のように栽培条件により倒伏リスクのある品種の乾田直播栽培は、その生育を制御しやすく、圃場の土壌を固く維持して倒伏を回避することが容易になります。宮城県では石巻市管内で「ササニシキ」乾田直播が普及しています。
- 宮城県東松島市の大豆後乾田直播実証圃場では、「ササニシキ」は「ひとめぼれ」に比較して初期生育が旺盛に推移し（図Ⅷ-3）、寡照条件で徒長しやすい条件下

でも倒伏程度が小さく、収量と品質にも問題ありませんでした（表Ⅷ-1）。



図Ⅷ-3 大豆後乾田直播実証圃場における初期生育

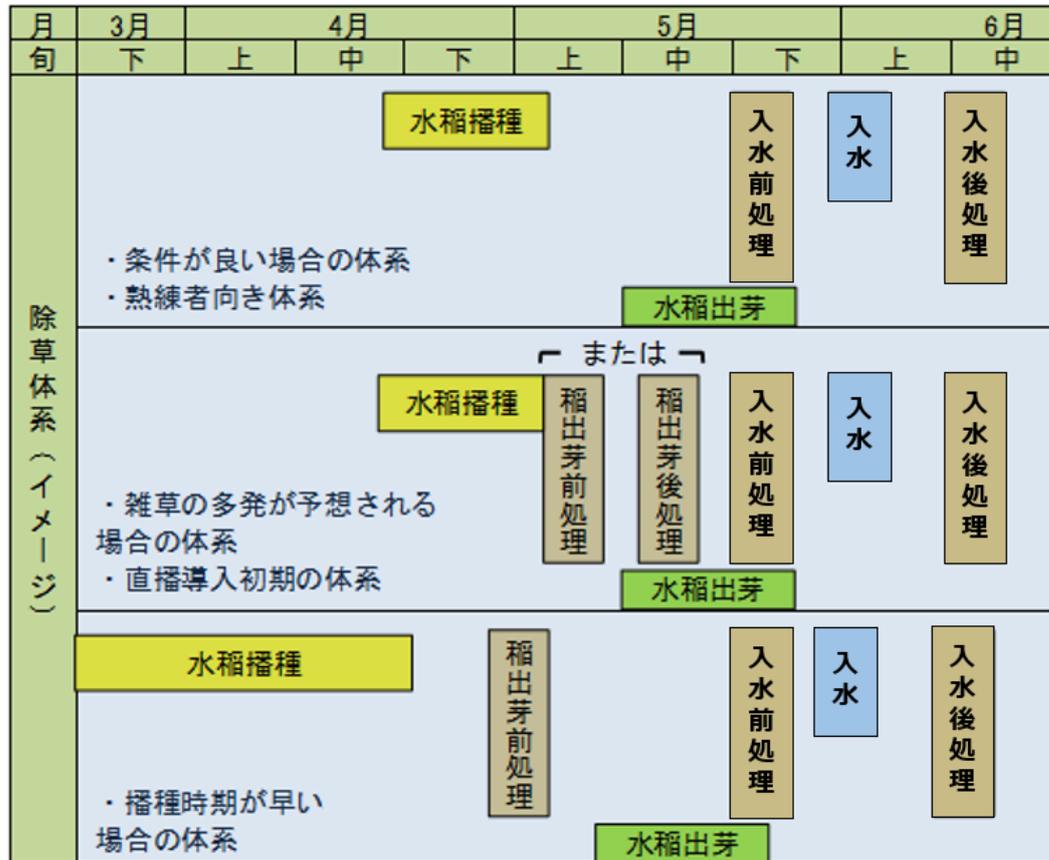
表Ⅷ-1 大豆後乾田直播実証圃場の収穫期の生育、および収量

試験区	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/m <sup>2</sup> )	倒伏程度 (0~4)	1.9mm<	圃場	玄米
					精玄米重 (kg/10a)	全刈り	タンパク (%)
ササニシキ	88	18.2	443	2.3	591	529	6.1
ひとめぼれ	98	19.4	476	3.3	610	577	7.0

2017年に宮城県東松島市大豆後乾田直播実証圃場において「ササニシキ」と「ひとめぼれ」を栽培。4/30に5.5 kg/10a（乾粃）播種。施肥は「ササニシキ」が2.7 kgN/10a～3.2 kgN/10a、「ひとめぼれ」が2.3 kgN/10a～3.2 kgN/10a、基肥に乾田直播専用東北コート771、追肥に硫安施用。

## IX. 雑草対策

### ■ 除草体系



**図IX-1 条件ごとの除草体系のイメージ**

- 早く発生した雑草ほど大きく生育し大きな被害を招きます。乾田直播の雑草防除の成否は第一に乾田期の防除にかかっています。
- 乾田期 1 回、トータルの 2 回の除草剤処理（図IX-1 上段）で完結すれば望ましいのですが、それには圃場条件（雑草発生量など）、播種時期、稲の出芽揃いなどの条件が良いこと、それに乾直に対する熟練も必要です。
- 雑草多発が予想される場合は、乾田期に 2 回（稲出芽前処理または稲出芽後処理、入水前処理）と入水後に 1 回、トータル 3 回の体系処理を基本とします。初めて乾直に取り組む場合、あるいは前歴不明の圃場に初めて乾直を導入する場合も

3回体系としてください（図IX-1 中段）。

- 播種時期が早い（年次、地域によりますが、目安として4月中旬より前）場合も3回の体系処理を基本とします（図IX-1 下段）。これは乾田期の主要雑草ノビエが稲よりも早く出芽し、速く葉齢が進んで、入水前処理だけでは防除できないからです。
- 除草剤散布後1週間から10日後に圃場を確認してみて、雑草の生育が止まっていない、新芽が出ているもしくは横から枝を伸ばしている場合は残草する可能性が高いです。その場合は追加の剤を散布すると、その後の圃場管理がしやすくなるとともに、次年度の雑草発生量が抑えられ、乾田直播を継続的につづけられる環境づくりにも寄与します。
- 乾田直播の初年度は、剤の散布回数を増やしてでもできるだけ雑草の発生を抑えこむことを推奨します。

## ■ 乾田期の雑草防除

- 乾田期に使用可能な除草剤の多くは水で希釈して噴霧処理する噴霧剤です。除草剤の噴霧処理は、風が弱く、かつ茎葉処理剤では散布後に降雨がない条件で行います。
- 茎葉処理剤の散布後に必要な無降雨時間は剤により異なるので、ラベルや農薬メーカー提供の技術資料などで確認の上使用してください。
- 噴霧剤は、乗用管理機での散布が基本です（図IX-2）。水田用の一発剤に比べ



図IX-2 乾田期の噴霧剤による散布（水入れ前処理）

散布作業に時間を要します。適切にフラッシング（走り水）を行うなど、稲の出芽・生育を促すことで乾田期間を短縮することも雑草管理を容易にするうえで重要です。

- 一発剤と異なり、圃場全面にムラなく均一に噴霧することが必要です。散布工程の間、重複散布をさけるため、特に大区画圃場、不定形圃場などでは GPS ガイダンスの利用も効率的です。

## ● 稲出芽前処理

- 稲出芽前処理で有効な除草剤には、畑作用土壌処理剤と非選択性茎葉処理剤があります。畑作用土壌処理剤は、播種直後から散布可能なトレファノサイド粒剤（トリフルラリン粒剤）、トレファノサイド乳剤（トリフルラリン乳剤）、マーシェット乳剤（ブタクロール乳剤）、サターンバアロ粒剤（プロメトリン・ベンチオカーブ粒剤）、サターンバアロ乳剤（プロメトリン・ベンチオカーブ乳剤）、サターン乳剤（ベンチオカーブ乳剤）が該当します。非選択性除草剤の代表的なものにはラウンドアップマックスロード（グリホサートカリウム塩液剤）があります。
- 畑作用土壌処理剤は、雑草の多発が予想される場合（図IX-1 中段）および播種時期が早い場合（図IX-1 下段）で有効です。稲の播種が早い場合は、播種直後の散布だと、雑草が動き出す前に薬効切れとなることがあるので、処理晩限までの範囲で遅めに散布するのが上手な使い方です。
- 非選択性茎葉処理剤は播種時期が早い場合（図IX-1 下段）で有効です。残効性がないのでなるべく遅く散布したいところですが、稲がわずかでも出芽し、薬液がかかると強い薬害を生じます。播種後、定期的に土中の種子を掘り起こして観察し、土中で稲の幼芽が伸長を始めたなら速やかに散布するのが上手な

使い方です。使用薬量に幅のある剤では、上限量で使用しなくても（たとえば登録薬量 200 ml/10a から 500 ml/10a の場合、300 ml/10a 以下）十分な防除が期待できます。登録の範囲内で、散布液量は多めにした方が除草効果は安定します。

## ● 稲出芽後処理・入水前処理

- 稲出芽後処理および入水前処理に有効な除草剤は、ノビエ等イネ科雑草と稲との間に選択性のある茎葉処理剤で、クリンチャーEW（シハロホップブチル乳剤）、クリンチャーバス ME 液剤（シハロホップブチル・ベンタゾン液剤）、ノミニー液剤（ビスピリバックナトリウム塩液剤）、ハードパンチ DF（カルフェントラゾンエチル・フルセトスルフロン水和剤）、ワイドアタック SC（ペノキススラム水和剤）、スタム乳剤 35（プロパニル乳剤）、トドメ MF 乳剤（メタミホップ乳剤）、トドメバス MF 液剤（ベンタゾン・メタミホップ液剤）およびロイヤント乳剤（フロルピラウキシフェンベンジル乳剤）が該当します。このうち、クリンチャーEW、クリンチャーバス ME 液剤、ノミニー液剤、トドメ MF 乳剤およびトドメバス MF 液剤は稲の生育ステージに縛られずに使用できるので使いやすい剤です。
- スタム乳剤 35 はノビエ 3 葉期、トドメ MF 乳剤およびトドメバス MF 液剤はノビエ 6 葉期まで、その他の剤はノビエ 5 葉期までに散布します。ただし、雑草が多発した場合、この時期になると雑草が相互に被覆しあって、除草剤が雑草に十分付着せず除草効果が劣ることがあります。そのような時は、早め（ノビエの 2 葉期～ 4 葉期）に稲出芽後処理をし、入水前処理と合わせて乾田期 2 回の処理が必要となります（図 IX-1 中段）。

- 稲出芽後処理→入水前処理の体系（図IX-1 中段）で、クリンチャーEW またはクリンチャーバス ME 液剤を使用する場合は、かならず 1 回目の稲出芽後処理で使ってください。これは、前処理剤でノビエの生育が抑制されていると、クリンチャーEW またはクリンチャーバス ME 液剤のノビエへの除草効果が劣る場合があるからです。
- ノミー液剤は 1 成分でノビエにも広葉雑草にも有効で安価な除草剤です。土壌が乾燥しやすい乾田直播でも安定した防除ができます。
- ノミー液剤は、高温時に稲が黄化し生育が停滞する薬害が強く出ることがあります。薬量 100 mL/10a では薬害は軽くなりますが、その場合は除草効果を安定させるため、ノビエ 4 葉期頃までに散布して下さい。
- ノミー液剤を連用していると、オオクサキビ、オオニワホコリなど一部のイネ科雑草が年々増えてくることがあります。その場合は、より広範なイネ科雑草に有効なクリンチャーEW またはクリンチャーバス ME 液剤を使用します。

## オオクサキビ

本雑草種は、ノミニー液剤の効果が低いため、その連用で増加してくるイネ科雑草です（図IX-3）。幼植物の株基部（葉鞘）および葉の裏に短毛が密生します。3葉期（同図右下）を過ぎたころから急速に草高を増します。クリンチャーEW またはクリンチャーバス ME 液剤が有効です。

草高は 1m を超え 8 月以降に稲の上に穂を出す  
長さ 30cm ほどの大きな穂に種がまばらにつく



成植物では葉は無毛 光沢がある

種はこげ茶色で長さ 2mm くらい  
縦じまがある



1 葉目の長さは 1cm 強  
平行な葉脈が目立つ



株基部（葉鞘）  
および葉の裏に短  
毛が密生



1 葉目の葉鞘が短いので葉は地面を這うように開く

図IX-3 オオクサキビの特徴

## オオニワホコリ

本雑草種へは、ノミー液剤の効果が低いため、その連用で増加してくるイネ科雑草です（図IX-4）。植物体が小さく初期の段階では発生に気づかないことが多く大発生となりやすいです。葉の基部、穂の枝の根元に長毛があります。クリンチャーEW またはクリンチャーバス ME 液剤が有効です。



図IX-4 オオニワホコリの特徴

- クリンチャーEW とトドメ MF 乳剤は、イネ科雑草にしか効果がないので、広葉雑草も防除したい場合は、クリンチャーバス ME 液剤またはトドメバス MF 液剤によるか、広葉雑草に有効な剤との体系で防除します。
- クリンチャーEW の使用に当たっては、展着剤を必ず所定量加用してください。また除草効果が低下するので、他の農薬（展着剤以外）との混用は避けてください。多すぎる展着剤の加用も除草効果を減じます。
- クリンチャーEW またはクリンチャーバス ME 液剤は、乾燥条件が続くとピエを含むイネ科雑草に対する除草効果が劣ることがあります。少雨年では、過乾燥を避けるフラッシングは、クリンチャーEW またはクリンチャーバス ME 液剤の除草効果の安定化にも有効です。
- ハードパンチ DF、ワイドアタック SC、スタム乳剤 35 およびロイヤント乳剤の 4 剤については、稲の生育ステージで処理早限が決められています。稲出芽前処理等を入れた乾田期 2 回体系（図IX-1 中段）で使用してください。
- 稲出芽後処理および入水前処理に用いられる除草剤は登録内容通りに散布しなければ十分な除草効果が期待できません。表IX-1 は、名取市での事例ですが、日平均気温が 20℃程度になると、葉齢が 2 日で 1 葉近く進むことが予測されます。天気予報（降雨の有無、気温の高低）に留意して散布作業計画を立てる必要があります。

**表IX-1 乾田期の日平均気温とノビエの葉齢進展**

日平均気温(°C)	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1日の葉齢進展	0.06	0.10	0.14	0.18	0.22	0.26	0.30	0.34	0.38	0.42	0.46	0.50

2013年5月のアメダス名取観測地点における日平均気温と名取市下増田に設置した実証圃における乾田期のノビエの葉齢進展の関係式による計算値。

## ■ 入水後の雑草防除

### ● 入水後処理

- 入水後処理では、使用される除草剤も使用方法も移植栽培と大きな違いはありません。近年はノビエ 4.5 葉まで有効な剤（巻末の表 2、3 を参照）もあり、入水後、水持ちが安定してから散布できるので、ノビエについて安定して高い除草効果が期待できます。
- 除草剤の散布時に土面の露出が有ると除草効果がないのは移植の場合と同様です。播種床を均平に仕上げるのが重要です。
- 日減水深が 2 cm を超えるような条件では、水と一緒に除草剤の成分も土壌下層に移動してしまい、除草効果、特に残効性の不足と、場合によっては稲に激しい薬害を生ずることがあります。このため漏水対策をしっかりと行うことが重要です。
- 田面の均平と漏水対策が適正になされていて、かつ乾田期の雑草を良好に管理できていれば、乾田直播では、入水時に稲の生育が進んでいることもあり、入水後の雑草管理は比較的容易です。その際、稲の生育に合わせて深水にしていくと後発のノビエやクサネムの抑制に有効です。

- 乾田直播栽培では、クログワイやオモダカなどの多年生雑草が問題となることは比較的少ないですが、防除が必要な場合は、移植栽培と同様に後期剤（例えばバサグラン液剤（ベンタゾン液剤））で防除します。
- 乾田直播栽培では、スズメノカタビラやスズメノテッポウの株個体が播種後大きくなる場合があります。それらの雑草が多発した場合は、出芽前のラウンドアップマックスロードなどの非選択性除草剤散布、出芽後のグリンチャーEW またはグリンチャーバス ME 液剤などの選択性除草剤散布で防除するとともに、秋に深耕して株を埋め込むことで翌春の発生を防除します。

## X. 収穫、乾燥、調製

- 収穫、乾燥、調製作業は、移植栽培と同様の作業となりますが、寒冷地での収穫時期は、同じ品種でも移植栽培より1週間程度遅くなるのが一般的です。
- 収穫期のずれを利用して、同一品種で移植栽培との作業ピークの分散も狙えますが、生育初期の気象条件によっては（高温時）、移植栽培と同時期になることや、極端な場合は逆転が起こることもあります。
- 土面が固く締まっているため、収穫作業は一般的な代かきを行った水田よりも容易で、土面を固めるための早期落水も必要ありません。
- 刈り取り時期が遅れると、移植栽培と同様に胴割れ米等の発生により品質低下が生じます。適期内の刈り取りに努めましょう。

## XI. 高速・高精度作業に向けてのバリエーション

- 圃場区画が大きくなり作業面積が増えると、高速・高精度で作業を行うオペレータの負担が大きくなります。
- 米国の GPS 衛星を含む各国の測位衛星からの信号により高精度に位置を計測するシステムである GNSS の利用により、高精度な作業を省力的に行うことが可能になります。

### ■ GNSS 自動操舵装置

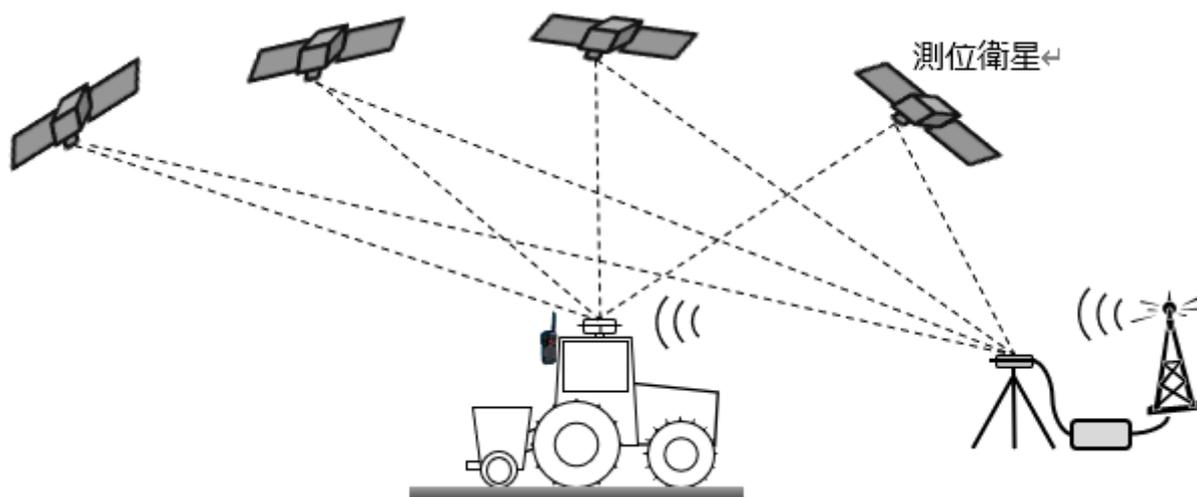
- GNSS 自動操舵装置は、衛星からの信号を受信するためのアンテナ、受信機、表示器、姿勢センサ、操舵コントローラ、操舵モータで構成されています。自動操舵装置の種類により、これらの部品のいくつかが一体になっています（図XI-1）。



図XI-1 GNSS 自動操舵装置の例

- 高精度に位置を計測するためには、緯度、経度等があらかじめわかっている点に設置した GNSS 基準局からの補正信号を受ける必要があります。補正信号は、無線あるいはスマートフォンを介したインターネット経由で受信します（図XI-2）。国土地理院

の電子基準点のデータをもとにインターネット経由で配信される補正信号サービスを利用することもできます。



図XI-2 基準局からの補正信号の利用

- 作業を行う前にトラクタや作業機の諸元を自動操舵装置の端末に記憶させます。必要な情報は、地表からアンテナ先端までの高さ、前車軸と後車軸の距離、後車軸からアンテナまでの距離、作業機の幅やヒッチから作業機の後端までの距離等です（図XI-3 左図）。トラクタや作業機取扱説明書に記載されている値や実際に計測した値を入力します。
- 高い精度で直進させるために、ハンドルの切れ角の大きさや（図XI-3 右図）、目標経路から離れた際に目標経路に収束させる強さ等の情報（操舵パラメータ）を入力します。実際に走行させながら決定する必要があるため、設定にはある程度広い場所が必要です。



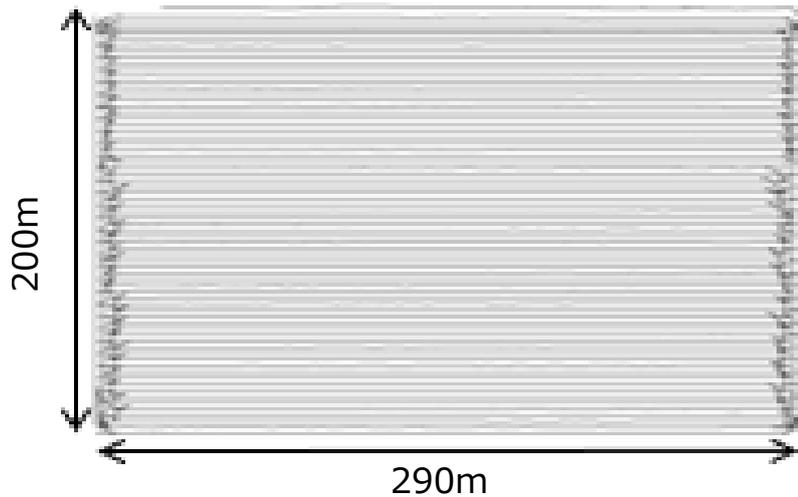
図XI-3 トラクタ等の諸元、操舵角等の情報の入力

### ■ 作業手順

- すべての設定を行った後圃場に入り、最初の行程の作業を行います。乾田直播の作業体系では往復の直線作業が基本であるため、最初に畦畔際を走行して、基準となる直線を決定します。基準となる直線を引くと、自動操舵装置に入力した作業機の幅ごとに目標経路が自動で設定されます。
- 各作業行程の走行開始時はマニュアル操作で運転し、目標経路に十分近づいたと判断したら自動操舵に切り替えます。自動に切り替える際に目標経路に十分近づいていない、進行方向のずれが大きいなどの場合、トラクタが蛇行し、作業精度が悪くなります。
- 土の状態によって最適な操舵パラメータが異なるので、作業しながら微調整します。
- ほ場端での進行方向の転換はマニュアル操作で行います。

### ■ 作業の精度

- 自動操舵装置を乾田直播体系の播種作業で使用した場合の軌跡を図XI-4に示します。目標経路からの横方向の偏差は3 cm程度で作業できます。また作業途中でオペレータが交代しても作業精度には差が生じることはありません。



**図XI-4 水稲乾田直播作業での自動操舵装置を搭載したグレーンドリルの軌跡**

圃場面積は 5.8 ha。

乾田直播作業体系の耕起、整地、播種、鎮圧の各作業について GNSS 自動操舵装置を使用して実施したところ、目標経路からの横方向のずれは 3 cm から 5 cm でした。

### ■ 効果

- 作業中のハンドル操作を機械に任せられることができるので、オペレータは作業機の制御に集中できます。
- マーカー跡を注視しながら運転する必要がないので、オペレータの負担を軽くすることができます。
- マーカー跡が十分に見えない状況でも作業することができます（図XI-5、図XI-6）。



**図XI-5 耕起後マーカー跡のつきにくい状況でのコンビネーション播種**



**図XI-6 マーカー跡の視認が困難な日没後播種**

## ■ GNSS ガイダンス

- 自動操舵ではなく、GNSS によって得られる作業経路の情報を画面に表示させて、その画面に示される自身の位置を見ながら、マニュアルで運転するガイダンス機能を作業に利用することができます。
- 目印が何もない場所でガイダンスに頼って走行する場合の目標経路からの横方向のずれは 0.2 m から 0.3 m です。播種等の高精度な作業には向きませんが、目印の少ない大区画水田での肥料散布や除草剤の散布などに利用することができます。
- 市販されている製品もあります（図XI-7）が、GNSS 受信機とタブレットコンピュータを組み合わせて構成することともできます（図XI-8）。



図XI-7 市販の GNSS ガイダンス

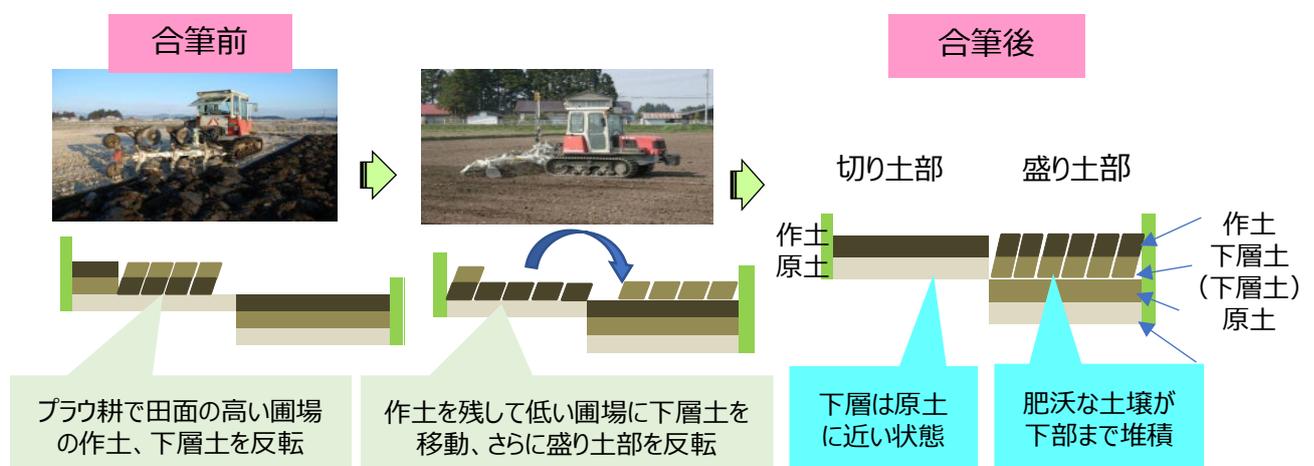


図XI-8 タブレットコンピュータと GNSS 受信機を組み合わせて構成されたガイダンス

## XII. 圃場の大区画化とそれに伴う地カムラ対策

### ■ 高低差のある圃場の合筆・均平

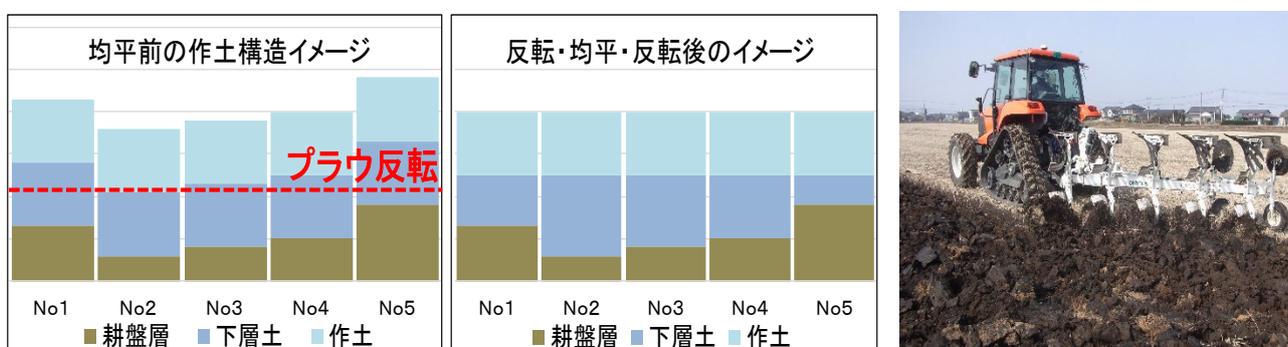
- 高低差の大きい合筆圃場では合筆により下層土部分の偏りが発生し、切り土部で著しく収量が低下したり、盛り土部で倒伏のリスクが増加します。
- 合筆時にプラウで反転してからレベラーによる均平作業を行い、できるだけ作土を動かさないようにする反転均平工法が有効です（図XII-1）。
- 地カムラは長期間（5年以上）継続します。このため、大まかに元々の圃場単位で切り土部の増肥、盛り土部の減肥を実施することで生育の均一化を図ります。
- 切り土部で生育後半に顕著に窒素不足となる圃場では、基肥に乾田直播専用肥料を均一に施用し、LPS60 や LPS80 などのシグモイドタイプの被覆尿素を切り土部に増肥しておく方法が有効です。
- 基肥の調節で不十分な場合は、生育ムラに対応して切り土部へ追肥を行います。
- 地カムラの早期改善には切り土部となった圃場地点を重点的に土作り効果の高い牛ふん堆肥、土壌改良資材等を連用することが有効です。



図XII-1 プラウを用いた圃場合筆作業による作土、下層土の移動

高低差の大きい圃場のケース。

- 複数の圃場を合筆する場合も反転均平工法が有効です。あらかじめ圃場高低差を計測して圃場高低差に合わせて鋤床面が一定になるようにプラウで反転し、圃場全体で作土層の移動が少なくなるようにレベラーで均平作業を行います（図XII-2）。
- 反転均平工法を用いても下層土の移動に伴う地カムラは発生します。旧圃場の高低差に応じて施肥を加減し、切り土部分への増肥、追肥を行うことが効果的です。
- 反転均平工法の詳細についてはスガノ農機 HP をご覧下さい。  
（ [http://www.sugano-net.co.jp/koho/hanten/hanten\\_top.htm](http://www.sugano-net.co.jp/koho/hanten/hanten_top.htm) ）



図XII-2 反転均平作業前後の圃場断面構造のイメージ

## ■ 収量コンバイン・収量マップを利用した基肥可変施肥

- 圃場内の収量分布をマップ情報として出力できる収量コンバインが開発され、この収量マップと施肥マップソフトウェア、可変施肥対応ブロードキャストを用いて大区画乾田直播圃場の地カムラに対応した精密な施肥管理ができます（図XII-3、図XII-4、図XII-5）。
- 稲麦用収穫情報マッピングシステムは、収量センサ・GNSS 受信機を備えた収量コンバインと GIS 機能を備えたソフトウェアなどから構成され、収量情報を任意のメッシュサイズでマップ表示でき、数値データとして出力して精密施肥に利用することができます。

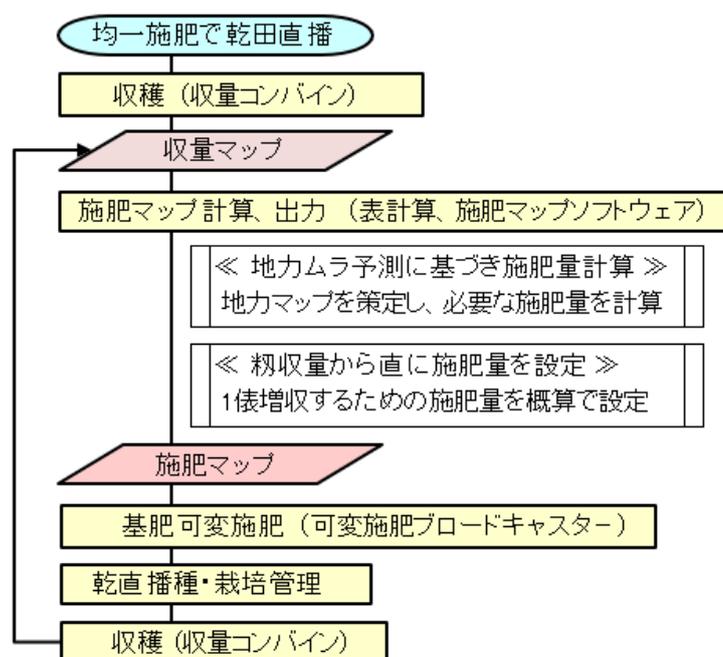
- 収量コンバインは市販機種であり、クラウドを利用した営農情報管理システムに対応しており、既に市販化されています。
- 可変施肥に対応した施肥機には Vicon 社 ROEDW1500GEO 等の散布幅最大 40 m 以上の大型ブロードキャストが市販されています。GNSS 情報に従い、入力された施肥マップ情報に従い、自動的に可変施肥を実行できます。
- 国内水田向けで散布幅 12 m 程度の可変施肥対応ブロードキャストは既に市販化施肥マップソフトウェアを利用して施肥作業用の実行ファイルを作成します。
- ソフトウェアは TOPCON 社の「施肥マップ」等が利用できます。



収量コンバイン（ヤンマー社開発機）

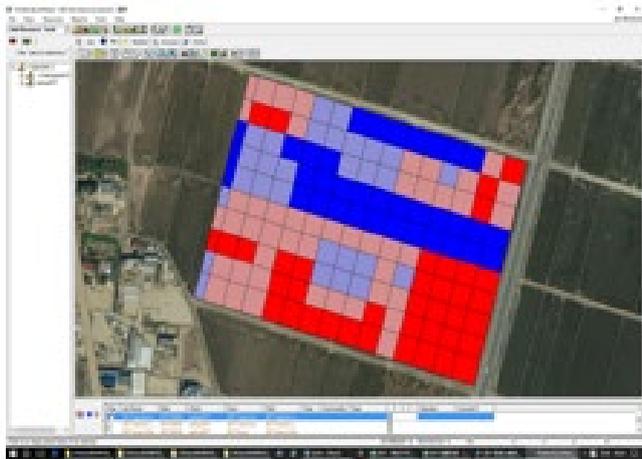


可変施肥対応ブロードキャスト  
(Vicon 社 ROEDW1500GEO)



注) 宮城県仙台平野の 2 年 3 作水田輪作体系のプラウ耕グランドリル播種体系乾田直播栽培における地力ムラの大きい大区画水田向けの可変施肥技術。栽培品種「まなむすめ」の事例。収量コンバインは Y 社開発機、施肥マップソフトウェアは N 社 Trimble Ag、可変施肥対応施肥機は V 社 ROEDW1500GIO、追肥判断には T 社生育センサ CropSpec を用いた。

図Ⅱ-3 作業機（左）および施肥マップを利用した基肥可変施肥のフロー（右）

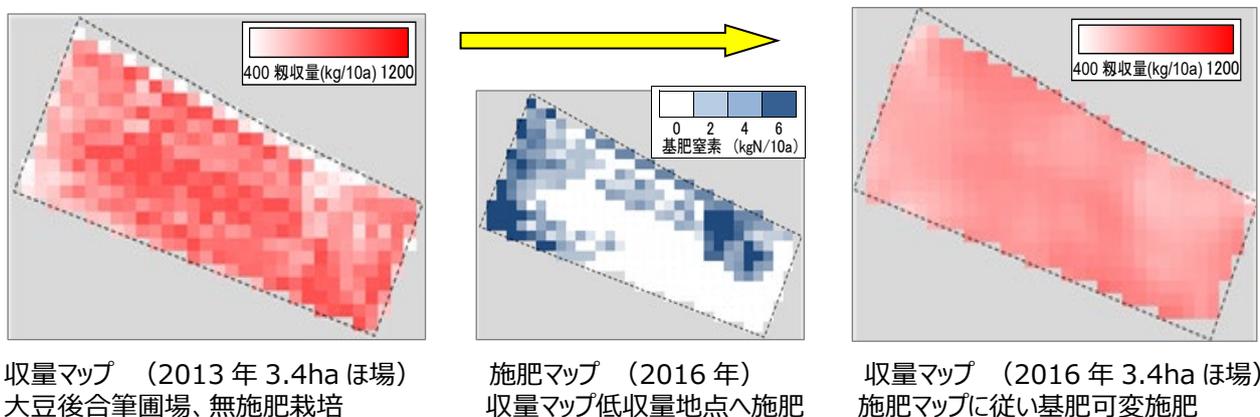


前年度の NDVI センシング値を基に N8kg/10a(青)～N11kg/10a(赤)と1kg 刻みで基肥可変施肥を行った。

図Ⅻ-4 施肥マップソフトウェアの施肥量設定画 (N 社 Trimble AG)

■ 収量マップを利用した施肥量の計算

- 地力マップの基礎となる場所毎の土壌窒素吸収量は、収量マップと籾収量-稲窒素吸収量の関係式から稲窒素吸収量を換算し、施肥由来窒素量を差分して求めます (図Ⅻ-6)。基肥窒素施肥量は、目標収量を達成する稲窒素吸収量から土壌窒素吸収量を差分して必要な施肥由来窒素量を求め、肥料の窒素利用効率を勘案して算出します。
- 現場向けの方法として、籾収量と施肥量の関係について調査結果を基に概算で求め、



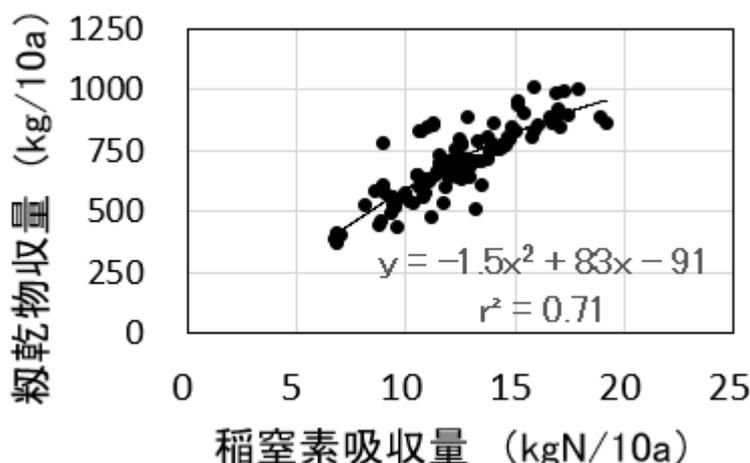
収量マップ (2013年 3.4ha ほ場)  
大豆後合筆圃場、無施肥栽培

施肥マップ (2016年)  
収量マップ低収量地点へ施肥

収量マップ (2016年 3.4ha ほ場)  
施肥マップに従い基肥可変施肥

図Ⅻ-5 施肥マップを利用した基肥可変施肥実施事例

収量マップを基に施肥マップを策定することもできます。



**図Ⅱ-6 稲窒素吸収量と籾収量の関係の関係**

2015年宮城県名取市での試験結果。栽培品種は「まなむすめ」。

- 籾収量-稲窒素吸収量の関係式から稲窒素吸収量を換算し、施肥由来窒素量を差分して地カムラの指標となる土壌窒素吸収量を求めて施肥設計します。現在は表計算ソフトで収量マップ情報を処理して施肥マップを作成し、施肥マップソフトウェアで作業用ファイルを出力します。

- 現場向けの方法として、収量マップから直接、基肥窒素施肥量を計算

≪ 宮城県沿岸部「まなむすめ」の乾田直播事例 ≫

地カムラ予測に基づく施肥マップの計算

- 均一肥培管理で籾収量マップ取得
- 成熟期窒素吸収量  
 $N$ 吸収量 (kgN/10a) =  $0.0153x + 1.67$   $x$ : 籾収量(マップ)  
 (均一肥培管理の収量マップが望ましい)
- 土壌窒素吸収量  
 土壌N吸収量 = N吸収量 - 施肥由来N量 (無施肥は0)  
 (乾田直播用肥料のN利用効率を45~50%で設定)
- 目標籾収量から目標窒素吸収量を設定  
 乾籾収量700kg/10a → 目標N吸収量11~12kgN/10a
- 地点毎に必要な基肥窒素量  
 基肥N量 = (目標N吸収量 - 土壌N吸収量) / N利用効率
- 施肥マップの出力へ

収量マップから直接、基肥窒素施肥量を計算

- 均一肥培管理で籾収量マップ取得
- 低収量地点を増肥する施肥マップ作成  
 (概算で乾籾収量 約70kg/10a(精玄米1俵相当) 少ない  
 地点の窒素施肥量を3kgN/10a増肥)
- 施肥マップの出力へ

**図Ⅱ-7 宮城県沿岸部「まなむすめ」の乾田直播事例**

します。調査結果から概算で収量 1 俵 (60 kg) を得るために必要な肥料量を求めて施肥設計します。施肥マップソフトウェアで施肥マップを設定、作業ファイルを出力します。

## ■ 収量マップを利用した基肥可変施肥の効果

- 2年3作輪作体系大豆後乾田直播栽培（第XIV章参照）の2.2～3.4 ha規模の基肥可変施肥圃場の全刈り収量は574 kg/10aから585 kg/10aで、対照圃場より7%から17%多収でした（表XII-1）。
- 可変施肥に掛かる追加費用が3.0千円/10aと試算され、増収により追加費用を上回る収益増が得られました。精玄米収量60 kg当たり費用合計が3ポイント程度低減できました。

**表XII-1 水田輪作体系乾田直播栽培における基肥可変施肥の効果**

	単収 (kg/10a)	単収増 (kg/10a)	費用合計 (円/10a)	(A)追加費用 (円/10a)	(B)収入増 (円/10a)	増収効果(B)-(A) (円/10a)	費用合計 (円/60kg)	低減効果 (%)
東北平均	540	-	107,777	-	-	-	11,975	100
乾田直播(2013-2015)	533	-	60,461	-	-	-	6,806	57
基肥可変施肥(2016)	574	83	63,901	3,440	14,940	11,500	6,680	56
基肥可変施肥(2017)	585	36	63,446	2,985	6,480	3,495	6,507	54

注 1) 宮城県名取市の試験結果。

注 2) 単収増は 2016 年が基肥可変施肥圃場と対照圃場（基肥均一施肥圃場）、2017 年が対照区（基肥均一区）との収量差を示す。

注 3) 想定される経営モデル（延べ作付面積 135 ha、稲-麦-大豆 2 年 3 作各 35 ha + 一部単作）を前提に新規導入機械・機器費（収量コンバインは 2 台分、その他は 1 台分）は水稻・麦での利用面積 70 ha として計上した。

注 4) 追加費用は肥料費、燃料費、労働費、機械・機器費を含み米価 180 円/kg を想定。

注 5) 低減効果は東北平均（農業経営統計調査 2010 年産水稻）と比較した割合。可変施肥導入効果は 2017 年が 3 %（乾田直播 2013 年～2015 年と比較）。

注 6) 乾田直播は宮城県での稲-麦-大豆 2 年 3 作水田輪作体系実証試験に基づく。栽培品種は「まなむすめ」。

## XIII. 乾田直播の経済効果

### ■ 乾田直播導入の経営的メリット

- 水稻の移植栽培では、育苗、代かき、田植えを行う必要があり、この3作業に多くの労働時間を必要とします。また、代かき、田植を同時期に行う必要があり、この時期に作業ピークが形成されます。
- 乾田直播栽培では、育苗などを行う必要がないため作業時間を短縮することが可能な他、育苗ハウスも必要ありません。
- 作業時期の分散も可能なことから、労働の平準化による余剰労力の創出と、それによる規模拡大への対応が容易になります。

### ■ A農場におけるコスト低減効果

- 2007年から2011年まで実証試験を行ったA農場では、乾田直播の10a当たり労働時間は、約4.8時間から6.4時間でした
- 2008年から4年間の乾田直播体系における60kg当たり費用合計は約6,500円から8,400円と試算され、2010年「東北平均」の約54%から69%となっています（図XIII-1）。
- 移植体系の主力品種である「ひとめぼれ」では単収が510kgであるのに対して、乾田直播体系で用いた「萌えみのり」は単収が600kgを超えています。
- その結果、60kg当たりのコスト低減効果に対しても、倒伏しにくく、単収が高いなど

直播適用性が高い品種「萌えみのり」の力が影響しています。

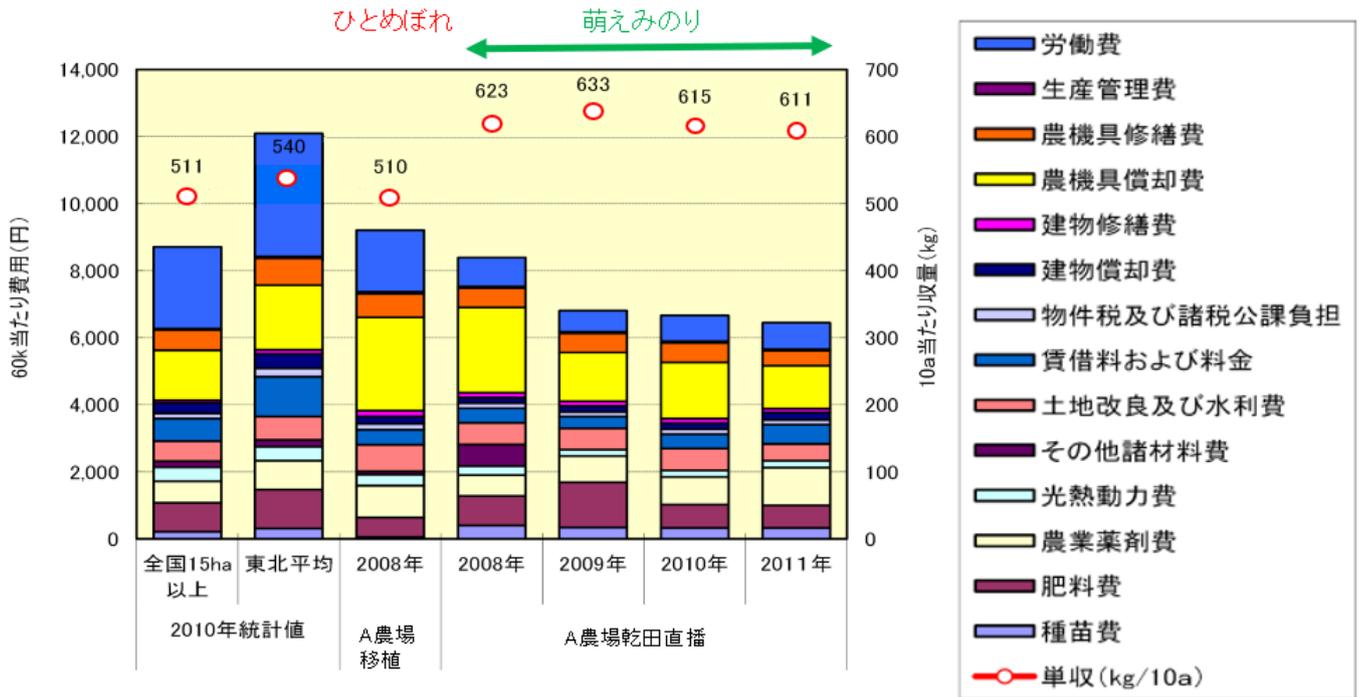


図 XⅢ-1 乾田直播栽培を導入した場合のコスト低減効果

## XIV. 乾田直播による麦-大豆との輪作

### ■ プラウ耕鎮圧体系による稲-麦-大豆の2年3作

- プラウ耕・グレーンドリル播種体系の乾田直播は、移植体系で不可欠な耕盤層が不要で、排水性が改善されるため、輪作に適した水稻栽培法です。
- グレーンドリルは、種子ホッパーのシャッターを1条おきか2条おきに閉めることで、条間30 cm程度の大豆狭畦密植栽培の播種に利用できます。
- そのため、プラウ耕・グレーンドリル乾田直播の播種体系を、麦、大豆にも適用して、下図のような2年3作体系が構築できます（図 XIV-1）。

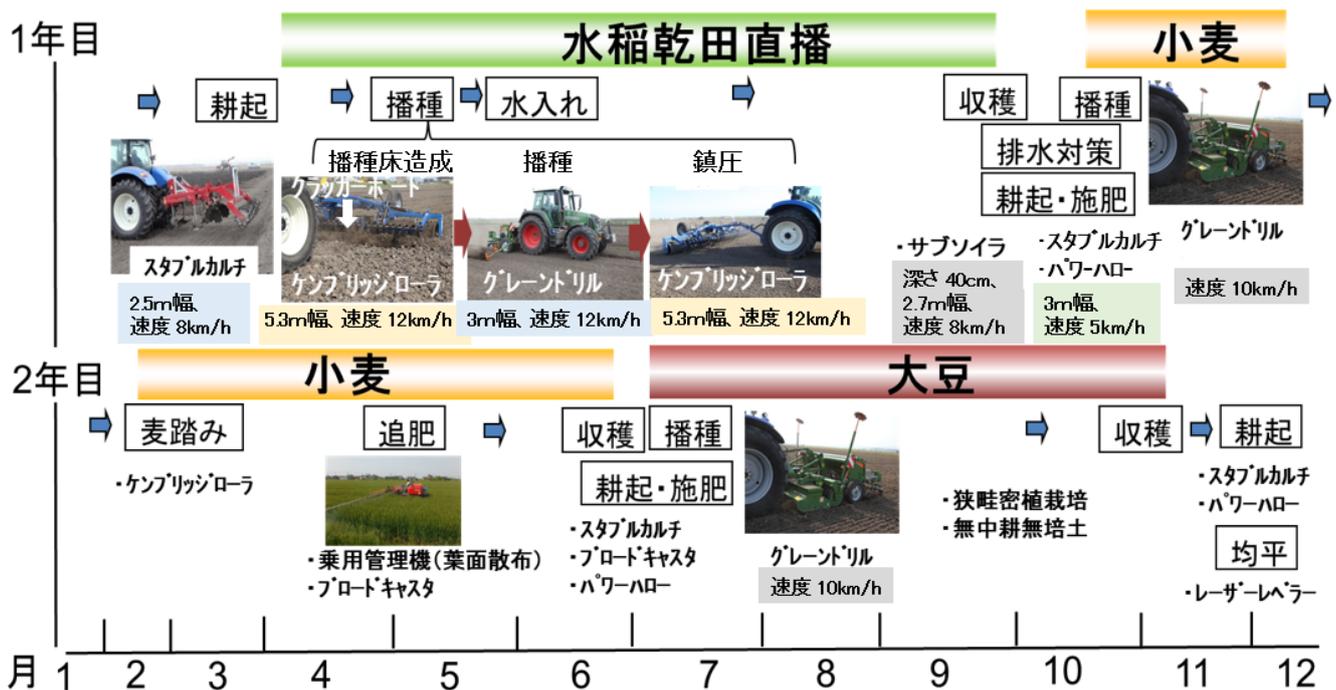


図 XIV-1 プラウ耕・グレーンドリル播種方式2年3作体系

- 仙台平野津波被災水田において2～3 ha 規模の大区画水田を造成し、プラウ耕・グレーンドリル播種方式2年3作体系の実証試験を2013年より実施しています。

- 営農機械で合筆造成した圃場（図 XIV-2、3.4 ha 圃場（長辺 300 m、10 筆合筆）と 2.2 ha 圃場（長辺 170 m、6 筆合筆））を用いた 3 年間の実証試験の平均収量は、乾田直播 533 kg/10a、小麦 403 kg/10a、大豆 226 kg/10a でした（表 XIV-1）。



図 XIV-2  
実証圃場の形状

表 XIV-1 2年3作体系実証試験の収量

	年度	圃場	播種日	播種量	碎土率	苗立ち数(率)	収穫日	全刈収量
				kg/10a	%	本/m <sup>2</sup> (%)	kg/10a	
水稲	2013	3.4ha	4/10	5.0	75.6	100(57)	10/12	549
		2.2ha	4/9	5.2	70.2	137(74)	10/10	
	2014	3.4ha	4/11	4.7	75.5	125(74)	10/3	542
	2015	2.2ha	4/9	6.3	58.1	126(60)	9/30	507
小麦	2013-14	2.2ha	11/1	8.4	-	109(50)	6/26	409
	2014-15	3.4ha	10/20	10.2	-	183(79)	6/23	398
大豆	2014	2.2ha	7/3	12.2	55.5	29(79)	11/6	289
	2015	3.4ha	7/7	12.1	52.0	25(74)	11/5	163

注1) 水稲品種は「まなむすめ」、小麦は「シラネコムギ」「銀河のちから」、大豆は「あきみやび」。

注2) 注 2) 播種条間は、水稲 12 cm（2013 年のみ 12 cm と 24 cm）、小麦 12 cm、大豆 24 cm と 36 cm で実施。

注3) 注 3) 碎土率は土塊径 2 cm 以下の土塊が占める質量割合で、ナトリウム粘土の影響で低い。

注4) 注 4) 水稲収量は粒厚 1.9 mm 以上、小麦収量は粒厚 2.4 mm 以上。

## ■ 作業時間の低減効果

- 実証試験に基づくプラウ耕・グレーンドリル播種方式による、水稲・小麦・大豆（狭畦密植栽培）の 10 a 当たりの投下労働時間は表 XIV-2 のとおりです。
- 水稲乾田直播栽培 5.4 時間、小麦 3 時間、大豆（狭畦密植栽培） 2.7 時間と東北平均に対して投下労働時間は、大きく減少しています。

表 XIV-2 2年3作体系の投下労働時間

単位:時間

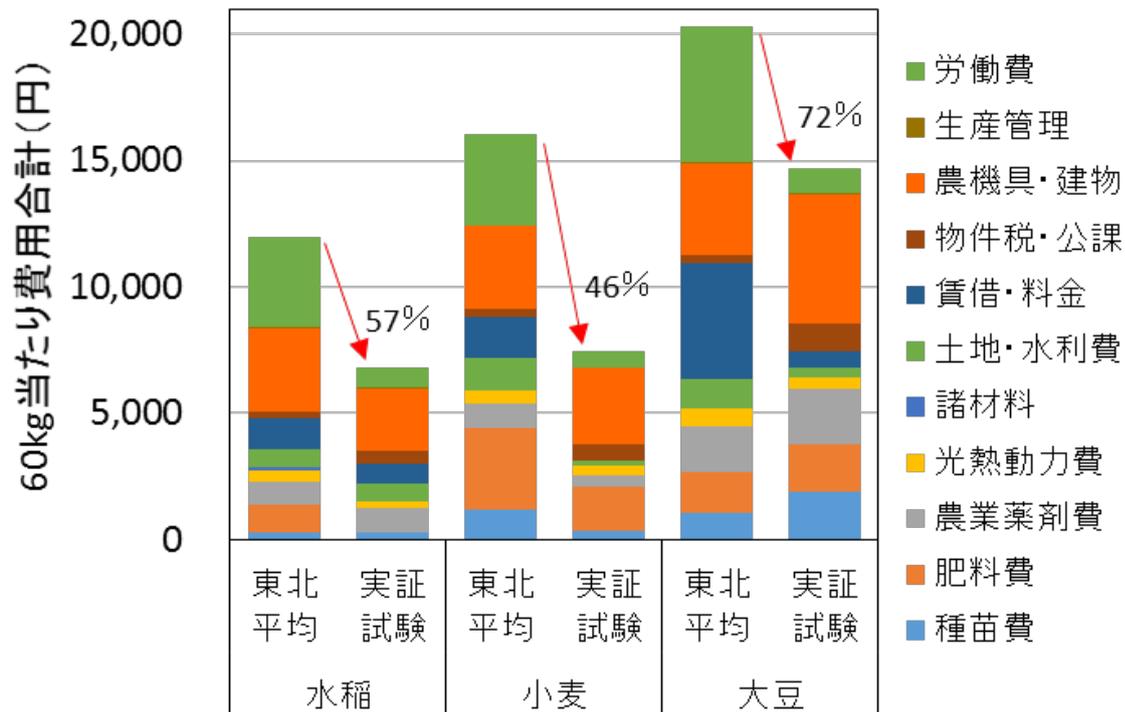
水 稻			小 麦		大 豆	
東北平均	全 国 15ha以上層	プラウ耕・グレーン ドリル方式	東北平均	プラウ耕・グレーン ドリル方式	東北平均	プラウ耕・グレーン ドリル方式
24.5	14.4	5.4	6.9	3	9.8	2.7

注 1)東北平均及び全国 15 ha 以上層は農業経営統計調査 2010 年産水稻・小麦・大豆生産費による。

注 2)プラウ耕-グレーンドリル方式の労働時間のうち、管理、生産管理、間接労働は農業経営統計調査 2011 年産米・小麦・大豆産費調査の最大規模層（全国・水稻 15 ha 以上層、全国・小麦（田作） 15 ha 以上層、全国・大豆（田作） 7 ha 以上層）のデータを用いた。

## ■ コスト低減効果

- 実証試験での作業時間データ、単収（水稻 533 kg/10a、小麦 403 kg/10a、大豆 226 kg/10a）等を用いて 60 kg 当たりの費用合計を試算しました。
- 東北平均と比較すると水稻 57 %、小麦 46 %、大豆 72 %程度となっています。費用構成で見ると労働時間の減少に伴う、労働費の低減効果が大きくなっています（図 XIV-3）。



**図 XIV-3 麦・大豆と乾田直播水稲の輪作導入によるコスト低減効果**

◎ 試算条件の説明

費用合計の試算は、想定する経営規模、作目構成等によって変動する。

そこで、実証経営体の実態等を考慮し、以下の条件の下で試算した。

- ・経営規模：農地面積 100 ha・水稲-小麦-大豆各 35 ha の 2 年 3 作+移植水稲 20 ha+大豆単作 10 ha の経営を想定（延作付面積 135 ha）。
- ・機械施設：全て新規導入するものとして計上した（圧縮なし・法定耐用年数）。
- ・主な機械装備：トラクタ 135 馬力 2 台、65 馬力 1 台、47 馬力 1 台、自脱型 6 条コンバイン 2 台、普通型コンバイン 1 台、田植機 8 条 1 台、レーザー均平機 1 台、グレーンドリル 1 台、スタブルカルチ 1 台、バーチカルハロー 1 台 ケンブリッジローラ 1 台等であった。

## XV. 乾田直播による大豆・子実用トウモロコシとの輪作

### ■ 高速汎用施肥播種機による水田輪作システム

- 高速汎用施肥播種機では水稲、大豆、トウモロコシ等の播種が可能です。
- この水田輪作システムでは、乾田直播水稲を収穫した後に、家畜ふん堆肥を利用して子実用トウモロコシを生産し、収穫した子実用トウモロコシを飼料に利用して得られる家畜ふん堆肥を再利用することで耕畜連携がとりやすくなり、同時に継続的な土づくりにもつながります（図 XV-1）。
- 子実用トウモロコシ収穫後に緑肥を導入することで、地力が維持されます。
- 乾田直播水稲、子実用トウモロコシ、大豆、緑肥（ヘアリーベッチ）の施肥から播種までの作業体系では、ブロードキャスタ、チゼルプラウ、パワーハロー、高速汎用施肥播種機を汎用利用できます（図 XV-2）。
- 主に畑作で用いる作業機を高速で汎用利用する本体系は省力化と低コスト化を効率的に実施することができます。
- プラウ耕鎮圧乾田直播水稲栽培、極早生子実用トウモロコシの複二条栽培、大豆の無中耕・無培土栽培による 2 ヶ年の平均全刈収量は、乾田直播水稲 623 kg/10a、子実用トウモロコシ 500 kg/10a、大豆 261 kg/10a となり、本システムでは水稲と大豆で高収量が得られました（図 XV-3）。
- 乾燥調製、生産管理時間を含まない 10 a 当たりの作業時間は乾田直播 4.8 時間、子実用トウモロコシ 2.9 時間、大豆 3.0 時間となります。
- 実証体系を用いて作付面積を 10 ha 拡大した場合でも作業ピークの労働時間は慣行体系より少なくなり、労働の平準化による余剰労働時間の創出が可能となります。

(図 XV-4)。

- 総労働時間は慣行と同等のため、規模拡大が可能となります。



図 XV-1 水稲・大豆・子実用トウモロコシを導入した水田輪作システムの概要



図 XV-2 プラウ耕鎮圧体系と高速汎用施肥播種機による播種作業体系

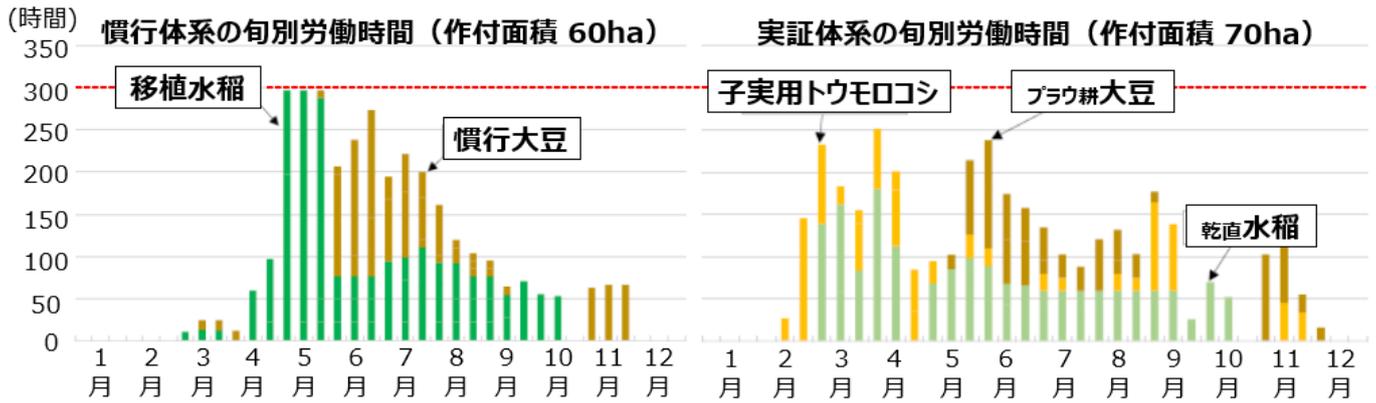
作物	現地	播種日 1) 月.日	播種量 kg/10a	苗立ち 本数 本/m <sup>2</sup>	苗立ち 率 %	収穫日 月.日	全刈 収量2) kg/10a	
	新地	4.12	5.4	100	51.8	10.16	618	623
	小高	4.20	5.4	119	63.7	10.02	628	
	新地	4.18	2.7	7.6	84.2	9.02	508	500
	小高	4.23	2.3	4.9	64.0	8.26	491	
	新地	6.06	5.2	12.4	92.3	11.12	257	261
	小高	6.09	5.8	11.8	82.9	11.10	270	

図 XV-3 実証体系における苗立ちと収量

福島県浜通り地域の実証圃場において 2019 年から 2 年間試験を実施した。

1) 播種条間は水稻「天のつぶ」30 cm、トウモロコシ「SL0746」30 cm-60 cm-30 cm の複二条、大豆「里のほほえみ」は 60 cm とした。水稻は乾田直播専用肥料を窒素成分で 12 kg/10a 基肥施用し、新地のみ尿素を減数分裂期に窒素成分で 1.5 kg/10a～2.5 kg/10a 追肥し、トウモロコシは完熟堆肥を現物として新地は 4 t/10a～5 t/10a、小高は 2 t/10a、高度化成肥料を窒素成分で 15 kg/10a～17.5 kg/10a 基肥施用した。トウモロコシ収穫後にヘアリベッチ 5 kg/10a 播種し、大豆作付前に生重 4 t/10a をすき込み、大豆は無肥料とした。

2) 水稻の新地は出荷収量、小高は収量コンバインの粃収量値に実証経営体の乾田直播全圃場整米率（出荷収量/荷受量）を乗じた値、トウモロコシはコンバイン収穫した現物の水分 25 %換算値。大豆の新地はコンバイン収穫後の現物の水分 15 %換算値、小高は出荷数量を表す。2019 年の小高の大豆は冠水害のため、収穫せずにすき込んだ。



**図 XV-4 慣行体系（左）と実証体系（右）の労働時間**

実証体系は慣行体系に比べて 10 ha 規模拡大した場合の値を示す。

生産管理時間は企画管理労働のうち、各作物の生産を維持・継続する上で必要不可欠とみられる集会出席（打ち合わせ等）、技術習得、簿記記載に要する時間を示す。

## XVI. 乾田直播に対する先駆導入農家の評価

### ■ 特徴

- 今後、就農者が少なくなる中で、担い手に対応する水田面積の拡大が見込まれるが、拡大していく面積すべてを「育苗」や「代かき作業」、「育苗ハウスへの投資」が必要となる移植栽培で回していくのは困難です。そのため、乾田直播技術を習得し、移植栽培以外の技術を持つことは持続的に農業を続けていく上で戦略的な対応になります。
- 代かき後の機械移植体系は、既に技術も完成され、失敗も少ないです。対して、乾田直播は農家が試行錯誤を繰り返す中で確立された技術も現在は積みあがってきており、この技術も完成に近づいてきています。
- 作業時間の短縮に伴って労働費は減少する一方で、大型機械への投資が増えるため、他作物の栽培にも利用するなど機械の汎用化により、農業機械の稼働率を高めるなどの工夫が必要となります。

### ■ 良い点

- 耐倒伏性など直播適性品種を用いれば、より大きな効果を得られます。
- 代かきを行わないため乾田化が進み、圃場内作業がやりやすくなり、作業性改善にも役立ちます。
- プラウ耕-グレーンドリル体系では、作業効率は大きく向上しますが、大型機械を利用するため、圃場区画の大きさによって作業効率は変動します。

## ■ 留意点

- 代かきは、雑草に関して前作をリセットする効果がある（除草効果）と考えます。これに対して、乾田直播は前作の雑草を引きずっていく印象です。そのため乾田直播では、前作も含めた「圃場作り」が重要と考えています。
- 湿性雑草が減少しますが、圃場によって雑草の種類、発生動態が異なるため、圃場毎に細かな対応の調整が必要になります。
- 機械類の汎用利用が出来る一方で、麦類・大豆などの畑作物に取り組まない経営では、汎用利用のメリットが減少します。
- 行政や試験研究機関、機械メーカーが直播栽培のいろんなメリットを挙げてみても、まず単収が移植並みにならないことには定着は難しいでしょう。
- 田植時の苗運搬など、補助労働が不要になりますが、同時並行的に進める必要がある作業もあることから、複数のオペレーターが必要になります。



図 XVI-1 宮城県名取市の  
（有）耕谷アグリサービス圃場にて  
（左から二人目：盛川周祐氏）

## 参考資料

1. 乾田直播栽培技術マニュアル Ver.3.2（農研機構、2021年3月発行）  
[https://www.naro.go.jp/publicity\\_report/publication/files/Kancho kuVer.3.2.pdf](https://www.naro.go.jp/publicity_report/publication/files/Kancho kuVer.3.2.pdf)
2. 成果情報：残程の埋没性を高めた水田用スタブルカルチ（農研機構 普及成果情報 水田作 2017年）  
[https://www.naro.go.jp/project/results/4th\\_laboratory/tarc/2017/17\\_002.html](https://www.naro.go.jp/project/results/4th_laboratory/tarc/2017/17_002.html)
3. 成果情報：水田輪作体系乾田直播栽培における収量マップを用いた基肥可変の施肥増収効果（農研機構 普及成果情報 機械・情報技術 2017年）  
[https://www.naro.go.jp/project/results/4th\\_laboratory/tarc/2017/17\\_003.html](https://www.naro.go.jp/project/results/4th_laboratory/tarc/2017/17_003.html)
4. 稲発酵粗飼料生産・給与技術マニュアル第7版（日本草地畜産種子協会、2020年3月発行）  
[http://souchi.lin.gr.jp/skill/pdf/manual\\_vol7.pdf](http://souchi.lin.gr.jp/skill/pdf/manual_vol7.pdf)

## 担当窓口、連絡先

外部からの受付窓口：

農研機構 東北農業研究センター 研究推進部事業化推進室 019-643-3498

[jigyoka@ml.affrc.go.jp](mailto:jigyoka@ml.affrc.go.jp)





「農研機構」は、国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構のコミュニケーションネーム（通称）です。