

## 乾田直播栽培（イネ）とトウモロコシ栽培・子実生産

農研機構東北農業研究センター  
生産基盤研究領域 栽培技術グループ  
篠遠 善哉

### 1. はじめに

わが国では、米消費量の減少に伴う米需要の減少によって水稲作付面積が減少し続けている一方、2015年に策定された「食料・農業・農村基本計画」では、2025年度までに純国内産飼料自給率を40%に引き上げることが公表されており、飼料の増産が求められている。特に、毎年約1000万トン輸入されている飼料用トウモロコシ子実（子実用トウモロコシ）を国内で生産する必要があると考えられる。そのため、水田の利活用および飼料増産という背景から東北農業研究センターでは子実用トウモロコシを導入した水田輪作の技術開発を進めており、本稿では研究の概要について紹介したい。

### 2. プラウ耕鎮圧体系乾田直播栽培の広がり

プラウ耕鎮圧体系乾田直播（以下、プラウ耕乾田直播）が東北農業研究センターで開発され（大谷ら2016）、北海道および東北地域を中心に栽培面積が広がりつつある。本体系の特徴は、高速作業と機械の汎用化による省力・低コスト栽培である（図1）。



図1 プラウ耕鎮圧体系乾田直播の機械体系

これまで、我が国の水田農業では水稲栽培を基軸とした作業機体系であったため、耕起と碎土を同時に行え、代かきまで利用でき、取り扱いも容易なロータリ（後藤1997）が、1960年以降に水田地帯を中心に普及し（中1981）、慣行法として定着した。しかし、担い手等に農地が集積して大規模経営になった場合、限られた適期に作業をするためには高速作業が求められる。プラウ耕乾田直播では、耕起作業にチゼルプラウを、播種床造成には縦軸駆動ハローもしくはケンプリッジローラーを、播種にはグレーンドリルを、播種後の鎮圧作業に

はケンブリッジローラーを用いて行う。いずれの作業も 5-8 km/hr で作業が可能であり、グレンドリルを用いた播種では 10 km/hr 以上も可能であり、標準速度が 2-3 km/hr のロータリ耕と比較して高速作業体系である。本体系で、大谷ら (2016) は、10a 当たりの投下労働時間を約 4.8-6.4 時間とし、直播適性品種 (「萌えみのり」) を用いることで収量が 600 kg/10a 以上となり、60 kg 当たりの費用合計は東北平均 (2010 年) の約 54-69% になることを示している。

東北地域においてプラウ耕乾田直播は大規模経営農家を中心に栽培面積が広がりつつある。宮城県沿岸部の津波被災地域では 2.2 ha, 3.4 ha の大区画水田が造成され、2013 年の両圃場を合わせた全刈り収量は 10a 当たり 549 kg (粒厚 1.9mm 以上) であり (大谷ら 2015), 同年の宮城県平均 552 kg/10a (農林水産省 2015) と同程度の収量が得られた。

### 3. 子実用トウモロコシを導入した水田輪作

#### (1) 水田に子実用トウモロコシを導入する際のメリット

水田で子実用トウモロコシを栽培する利点としては投下労働時間が少なく、新たな設備投資をせずに既存の農業機械を利用できることである。子実用トウモロコシの栽培では排水対策、施肥、耕起、播種、約 2 回の除草剤散布以外は収穫まで管理作業がほとんどなく、10a 当たりの投下労働時間が水稻、大豆などの夏作物と比較して少ない。そのため、農家の高齢化に伴って担い手に農地が集積した際にも大面積に作付けすることのできる作物の一つである。また、水田輪作で大豆を栽培している農家であれば耕起、播種、管理機、コンバインの一式を所有しているため、新たな設備投資をせずに始めることができる。また、収穫後の乾燥には米麦用循環式乾燥機の利用が可能であり (稲野ら 2011), サイレージ用トウモロコシのようなハーベスターやラッピングマシンなどの専用機械を必要としないため、耕種農家にとって導入しやすい。

#### (2) 子実用トウモロコシを導入したプラウ耕水田輪作

現在、東北農業研究センターではプラウ耕乾田直播を核とした水稻—子実用トウモロコシ—大豆の 3 年 3 作の水田輪作技術の開発に取り組んでいる (図 2)。本体系の特徴は、水稻を無代かきで栽培し、水田輪作に子実用トウモロコシを導入することである。さらに、機械の汎用化による農機具費の削減、高速作業により労働費を削減することで省力・低コスト栽培となっている。本体系は、所内試験 (黒ボク土) および現地実証試験 (グライ土) の 2 カ所で試験を実施している。

本輪作体系では水稻をプラウ耕乾田直播で栽培する。プラウ耕乾田直播は無代かき栽培であるため、代かき栽培と比較して、水田転換畑にした際に碎土性に優れると考えられるため後作で畑作物を栽培する際には有利である。また、耕盤を必要としないため、水田転換畑にした際に排水性の向上が期待される。子実用トウモロコシ栽培では堆肥を投入して地力の維持および耕畜連携を目指し、子実収穫後の茎葉部はすき込まれるため、地力の維持・向

上が期待できる。佃ら（1989）は、田畑輪換で大豆を安定生産するためにはトウモロコシとの輪作が有効であることを明らかにしている。特に、近年、水田転換畑での転作大豆の生産力低下（住田ら 2005）が顕在化しているため、大豆の前作にトウモロコシを導入することで大豆収量の高位安定化が期待できる。

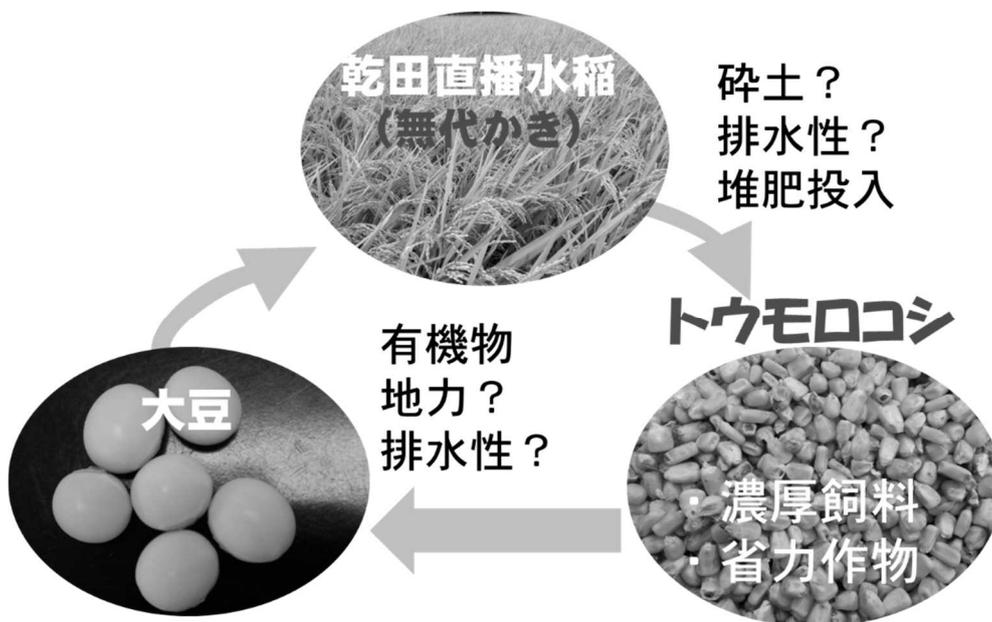


図2 子実用トウモロコシを導入したプラウ耕水田輪作

### (3) プラウ耕水田輪作の機械体系

本輪作体系では、耕起作業（耕起-播種床造成）、播種作業、収穫作業に共通の機械を使う（図3）。耕起作業はチゼルプラウと呼ばれるプラウの一種で耕起した後、縦軸駆動ハローで碎土して播種床を造成する。播種作業には真空播種機を用いて、作業の高速化に加えて高精度化も目指す。収穫作業には汎用コンバインを用いる。府県の水稲収穫では自脱コンバイ



図3 子実用トウモロコシを導入したプラウ耕水田輪作の機械体系

ンが一般的であるが、本輪作体系では汎用コンバインで水稻を収穫する。また、農業機械メーカーと協力して子実用トウモロコシを収穫するための汎用コンバインの改良も実施している。

#### 4. 現地実証試験

##### (1) 現地実証試験の概要

現地実証試験の経営体である岩手県花巻市の A 法人は役員 3 名、従業員 1 名、非常勤雇用 1 名で水稻、大豆、小麦を中心とした土地利用型作物を軸とした経営である。A 法人に現地実証試験を依頼した理由としては、実証地域が典型的な水田地帯であり、地域の担い手として今後、地域農業を牽引していくと考えられ、さらに本水田輪作技術開発に必要な機械もほぼ所有していたためである。2017 年度の経営耕地面積は 44 ha であり、水稻が 24.6 ha を占め、そのうち移植 5 ha 以外は全て直播であり、湛水直播および乾田直播の両方を導入して作期分散を図っている。他に、小麦 6 ha、大豆 5.2 ha、牧草 5.3 ha、ニンニク 1.1 ha、タマネギ 0.4 ha、子実用トウモロコシ 1.4 ha を作付している。A 法人は現地実証開始前の 2014 年から地域の耕種農家と連携して、子実用トウモロコシ栽培に取り組んでいる。収穫した子実は地域の養豚農家に出荷し、養豚農家からは堆肥を購入して農地に還元する耕畜連携を実現している。

現地実証試験では、圃場作業を現地農家が所有する機械を使って作業することで、実証試験後の技術移転を円滑に行うことを目指している。実証圃場は隣接する 2 筆をそれぞれロータリ区（代かき・移植体系）、プラウ区（無代かき・乾田直播体系）とした。試験初年目の 2015 年に大豆を栽培し、ロータリ区およびプラウ区ともに全刈り収量で 300 kg/10a 以上であった。A 法人では、実証試験開始前まで大豆栽培にはほとんど取り組んでいなかったが、2015 年の試験実施後、大豆作付面積を 2015 年 1.5 ha から 2016 年以降は約 5 ha 規模へ拡大した。2016 年の水稻は地域の慣行品種である「ひとめぼれ」を用いた。乾田直播では播種作業で未播種部分が生じたため全刈り収量では移植栽培より 1 割程度減収したが、坪刈り収量では同程度であった。試験研究開始前の現地農家での乾田直播栽培には直播適性品種を用いていたが、2016 年に地域慣行品種で取り組んで以降、2017 年には 1 筆 2.5 ha の圃場において「ひとめぼれ」を乾田直播栽培で取り組んでいる。

##### (2) 現地実証試験における子実用トウモロコシ栽培

2017 年の子実用トウモロコシの栽培概要について以下で詳しく説明する（表 1）。

2016 年の秋（水稻収穫後）にサブソイラを用いて心土破碎を行った。2017 年の春に養豚農家から購入した豚糞堆肥 2 t/10a を自走式マニユアスプレッダーで散布し、チゼルプラウを用いて混和した。化成肥料はブロードキャスターで散布し、プラウ区では縦軸駆動ハローで播種床を造成した。ロータリ区はロータリ耕の碎土が不十分であったため、2 日後に再度、ロータリ耕を実施した。播種前に額縁明渠を施工し、5 月 31 日に 108 日タイプ (34N84,

パイオニア社製)を約7400株/10aの設定で播種した(図4)。播種時の碎土率(土壌塊<1.9mmの割合)はロータリ区, プラウ区ともに70%以上を確保できた。プラウ区では縦軸駆動ハロー1回で碎土率70%以上であった一方, ロータリ区では3回耕耘して碎土率70%以上であったことから, プラウ耕耘田直播(無代かき栽培)は代かき栽培より碎土性に優れていると考えられる。苗立ち率はロータリ区, プラウ区ともに85%以上であり, 良好な苗立ち状況であった。播種後の栽培管理としては, 播種直後に土壌処理剤(ジメテナミド・リニュロン剤)を散布し, 第6葉期頃に茎葉処理剤(トプラメゾン剤)を散布した。

表1 耕種概要

圃場面積	ロータリ区 : 55.5 a プラウ区 : 61.8 a
栽植様式	ロータリ区 : 条間75 cm, 株間18.0 cm プラウ区 : 条間70 cm, 株間19.5 cm (約7400株/10a)
品種	108日タイプ (34N84, パイオニア社)
播種日	5月31日
播種機	ロータリ区 : 目皿式播種 (TDRT-2CE, アグリテクノ矢崎社製) プラウ区 : 真空播種機 (NG plus 4, モノセム社製)
施肥	豚糞堆肥 : 2 t/10a 化成肥料 : N : P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> : K <sub>2</sub> O=11 : 11 : 11 kg/10a (オール14を80 kg/10a施肥)
防除	播種直後 : エコトップ乳剤 (ジメテナミド・リニュロン剤) 第6葉期頃 : アルファード液剤 (トプラメゾン剤)
排水対策	サブソイラ : 2016年秋 額縁明渠 : 播種前
収穫	ロータリ区 : 10月10日 プラウ区 : 10月23日

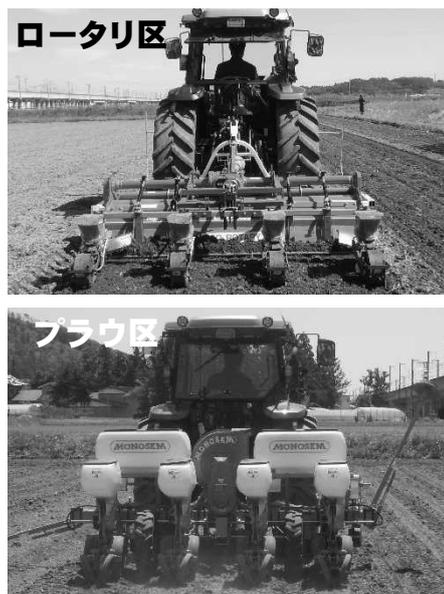


図4 子実用トウモロコシ播種

8月上旬の絹糸抽出期までは順調に生育したが, 9月18日に台風18号が通過した際にロータリ区で根転び型の倒伏が広範囲にわたり発生した(図5)。プラウ区でも根転び型の倒伏および折損が発生したが, 折損の方が多くみられた。耕耘法の違いによる倒伏程度の違いは地耐力の違いによると考えられた。篠遠ら(2018)は, ロータリ区よりプラウ区で土壌深さ5cm以深の土壌貫入抵抗値が急激に増加し, 深さ10cmおよび20cmの気相率はロータリ区よりプラウ区で低く, 固相率はロータリ区よりプラウ区で高いことを明らかにしている。したがって, プラウ区はロータリ区より土壌硬度が硬く, 地耐力が高かったため根転び型の倒伏被害を軽減できたと考えられた。

ロータリ区では倒伏被害が著しかったため, 10月10日に収穫した。倒伏による収量ロスも著しかったが, コンバインで収穫することができ全刈り収量(水分15%)は約600kg/10aであった。プラウ区は10月23日に収穫し全刈り収量(水分15%)で約700kg/10aであった。収穫したトウモロコシは, 東北農業研究センターで研究を進めている「フレコンラップ法」によるソフトグレインサイレージに調整した。今後は, チョッパー等で収穫後の残穢処理作業をして子実用トウモロコシの圃場作業を全て終了する予定である。

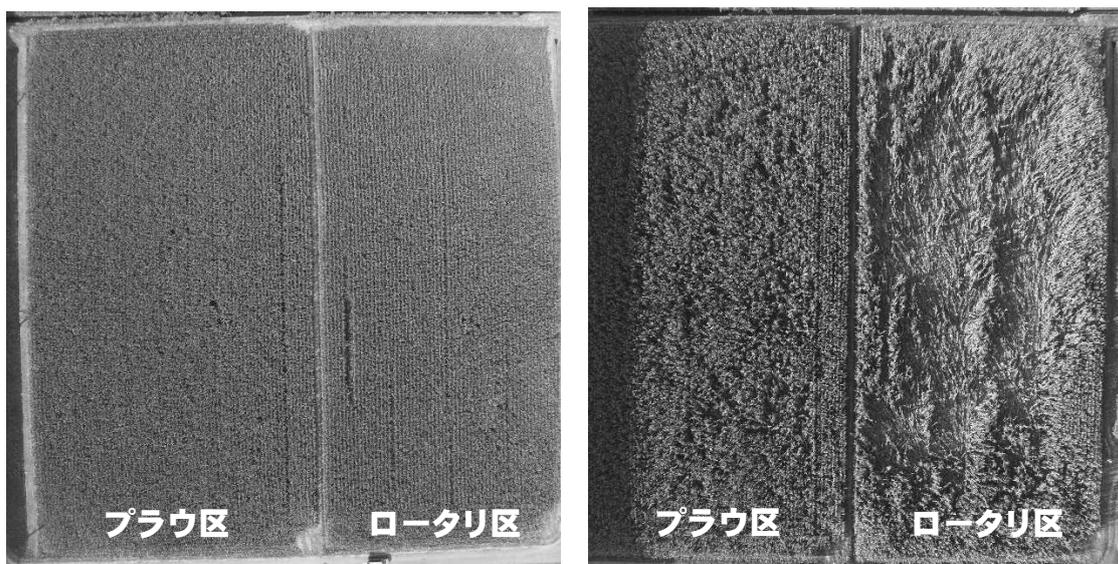


図5 台風18号通過前(9月3日)および通過後(9月24日)の圃場の様子

## 5. 子実用トウモロコシを導入した水田輪作における課題

水田輪作に子実用トウモロコシを導入する場合、収量を高位安定化させることが最重要課題である。トウモロコシは湿害に非常に弱いため、圃場の選定および排水対策の徹底、また無代かき栽培による水田輪作によって湿害のリスクを軽減する必要がある。また、飼料用として利用する場合、国産 Non-GMO トウモロコシとして高付加価値をアピールできるが、販売価格は30-50円/kg程度になることが予想される。そのため、生産者の収益を確保するためにも、10-20ha規模の大面積で作付けして、収量1000kg/10aを目指す多収栽培の確立が求められ、栽培地域に適した品種の導入および施肥体系の確立が必要である。さらに、多収を目指すためには防除法についても検討する必要がある。府県では、アワノメイガを中心とした害虫による被害が報告されており、食害部分からのカビ発生、折損等、収量だけでなく品質に及ぼす影響も憂慮されるため、無人ヘリや近年注目されているドローン等で散布できる農薬の登録が必要である。

また、乾燥・貯蔵施設等の整備も必要である。先述したように水田輪作に子実用トウモロコシを導入する最大のメリットは投下労働時間が少ないことである。担い手に土地集積が進んだ場合でも、耕起から播種、収穫までの管理作業が少ない子実用トウモロコシであれば作付けできる可能性が高い。しかし、子実用トウモロコシに対応した乾燥・貯蔵施設が現在、整備されていないため、大面積に作付けしても収穫物を処理することができない。畜産農家が耕種農家と距離的に近い場合にはサイレージ方式で貯蔵すれば良いが、水田の多い平野部は畜産農家と距離的に離れていることが多く、その場合は、サイレージ方式に加えて、乾燥・貯蔵方式も検討する必要があると考えられる。

収穫物の販路確保も課題である。東北地域では、耕種農家と畜産農家が相対で取引している場合が多い。飼料については「安定供給」が最重要項目であるため、産地化を進めて地域

で供給ロットを確保することが求められる。また、飼料工場は沿岸部に集中していることが多いため、流通体系についても検討する必要がある。

## 6. おわりに

東北地域における子実用トウモロコシを導入した水田輪作は研究機関よりも生産者が先に取り組んでおり、生産現場とともに技術開発に取り組んできた。解決すべき課題も多いが、子実用トウモロコシの面的拡大を進めていくためには生産者、行政、メーカー、農協組織、研究機関が協力して取り組む必要がある。今後、東北農業研究センターでは、子実用トウモロコシを導入した水田輪作のさらなる技術確立に取り組んでいく予定である。

本稿で紹介した研究開発は、農林水産省委託プロジェクト研究「栄養収量の高い国産飼料の低コスト生産・利用技術の開発」の補助を受けて実施した。研究推進にあたり現地農家の方々をはじめ、ご尽力頂いた関係各位にここに記して深謝する。

## 引用文献

- 後藤隆志 1997. 耕うん整地作業の新技術. 農業機械学会誌 59: 125-129.
- 稲野一郎・石井耕太・木村義彰 2011. 子実用トウモロコシの機械収穫乾燥体系. (平成23年度北海道地域の成果情報). <http://www.naro.affrc.go.jp/harc/contents/files/seisan04.pdf> (2017/11/10閲覧).
- 中精一 1981. 作物栽培と耕うん作業. 農業機械学会誌 42: 563-567.
- 農林水産省 2015. 25年産水陸稲の時期別作柄及び収穫量(全国農業地域別・都道府県別). <http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/List.do?lid=000001117357> (2017/10/31閲覧).
- 大谷隆二 2015. 水田輪作の新しいフレームワークと土壌学・植物栄養学の展開方向7. プラウ耕鎮圧体系の乾田直播と水田農業の今後. 土肥誌 86: 42-47.
- 大谷隆二・齋藤秀文・冠秀昭・関矢博幸・中山壮一・宮路広武 2016. 乾田直播栽培マニュアル ver. 3. [http://www.naro.affrc.go.jp/publicity\\_report/publication/files/dry-seeding\\_rice\\_v3.pdf](http://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/publication/files/dry-seeding_rice_v3.pdf) (2017/11/10閲覧).
- 篠遠善哉・松波寿典・大谷隆二・冠秀昭・丸山幸夫 2018. 黒ボク土の水田転換畑におけるチゼルプラウ耕が土壌環境およびトウモロコシの窒素吸収に及ぼす影響. 日作紀 87: 印刷中.
- 住田弘一・加藤直人・西田瑞彦 2005. 田畑輪換の繰り返しや長期畑転換に伴う転作大豆の生産力低下と土壌肥沃度の変化. 東北農研研報 103: 39-52.
- 佃和民・花井雅次・黒澤健 1989. 田畑輪換における水田期間・畑期間の組合せと作物生産力. 日作紀 58 (別1): 50-51.

平成29年度 自給飼料利用研究会 資料

編集・発行 国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 畜産研究部門  
企画管理部 那須企画管理室 企画連携チーム  
Tel. 0287-37-7005 Fax. 0287-36-6629  
〒329-2793 栃木県那須塩原市千本松 768 番地

発行日 平成29年12月4日  
印刷所 株式会社 近代工房 Tel. 0287-29-2223

本資料より転載・複製する場合は、国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構の許可を得て下さい。