

子実用トウモロコシ生産の現状と技術的課題

農研機構
東北農業研究センター
森田 聡一郎

はじめに

近年、水田転作における子実用トウモロコシ生産に着目されるようになってきており、全国の栽培面積は平成26年の109 haから令和4年には1,570 haと急速な拡大をたどっている（農林水産省 2023b）。分野外からは急に話題があがって来たかのように見えるかもしれないが、種々の要因が絡み合い流れが形作られたとも言える。そこで国産子実の現状や技術的課題について記載する前にここに至った経緯について概説したい。

日本では乳肉用牛、豚および鶏といった家畜を飼養しての畜産物生産が盛んであるが、その餌の多くを輸入に依存していることはあまり認識されていない。特に牧草など繊維質を利用する粗飼料の自給率が78%であるのに比べ、エネルギー原として活用される濃厚飼料は13%と非常に低く（令和4年）、原料となる穀物を大量輸入している状況が長年続いている（農林水産省 2023a）。

これは日本の乳肉生産ではコスト削減を狙い各畜種とも1戸あたり飼養頭数が増大し続けたことから、飼養管理（給餌、搾乳および疾病治療）や糞尿処理に時間をとられ、飼料生産に振り向ける時間の捻出が困難になっている実情がある。また飼料メーカーによる全国的な配送網の整備により、自給によらずとも必要な時に充分量の飼料を入手することが可能になったこと、

長く続いた円高で濃厚飼料が比較的安価に入手出来たことも支えになっていた。

配合飼料原料の穀物類にはトウモロコシ子実、大麦や大豆油かすなどがあげられるが、特にトウモロコシは年間の輸入量が約1,600万トンで、そのうち1,052万トンを飼料として使用するなど圧倒的なシェアを誇る（農林水産省 2023a）。国内でも1960年代まで生産が見られたがコスト面で太刀打ちできず、作物統計からも除外されて久しい。

しかしながら近年の円安傾向やウクライナ情勢、および生産国の異常気象や新興国の需要増など複合的な要因を受け配合飼料価格（工場渡）は令和4年10月に101,196円/トンと平成中期の約2倍までの騰勢を示している（農林水産省 2023b）。乳肉生産では、生産費のうち約40～60%を飼料費が占めることから、その価格上昇は経営を圧迫し、これまでの安定生産を支えてきた基盤が大きく揺らいでいると言える。

一方、国内農業に目を転じると、高齢化に伴う生産者人口の減少により、遊休水田の増加が危惧されている。その解消のため転作品目として麦、大豆などが奨励、導入されてきたが、大規模水田営農では、急速に集積する土地に対し機械装備や作業人員の確保が追いつかない状況が現出していた。そこで移植水稲や大豆と比較して、作業工程が少なく、生産に要する時間が短い子実用トウモロコシが改めて着目され

るようになった。元来、飼料用トウモロコシはサイレージ用として利用されてきた。これは茎葉と雌穂を併せて収穫し、発酵後に乳牛に給与するもので、繊維およびエネルギーの双方に富んだ飼料のため、酪農では基幹作物として位置づけられている。しかしながらサイレージ用トウモロコシは収穫物の水分割合が約50%と高く、水田地帯から畜産地帯への輸送は高張り輸送コストが割高になる。そこで乾物率と栄養価が高い子実を収穫し、輸送費を低減することが目論まれたものである。

ここで問題となるのは、これまでサイレージ用トウモロコシが飼料畑での生産実績があるのに対し、子実生産は主として水稲農家が担い手になること、転換畑への導入が見込まれること、子実が収穫対象となることから、現状では生産現場に技術の蓄積がなく、新しい品目の導入とほぼ同義であることであり、単純にサイレージ用トウモロコシの収穫を遅らせれば子実として収穫できるという訳ではない。そのため解決・開発すべき課題や技術は多岐に渡るが、本稿では現在および今後特に問題となる排水と雑草対策について取り上げ解説を加える。

1. 国内での現状

解説に先立ちいくつか事例を紹介する。当初は国産飼料を用いた畜産物のブランド確立に主眼が置かれたため、限られた地域、経営体での取り組みであったが、この数年で事例が急速に増



図-1 トウモロコシの湿害の様態
(左：転換畑への降雨による湿害 右：湿害を受けた雌穂の矮小化)



図-2 転換畑の周囲に施工された額縁明渠

加しつつある。

先進地域の北海道では2012年から子実生産が始まり、2015年には北海道子実コーン組合が設立されるなど活発な活動が続いている。導入の目的としてはブランド確立以外に、大豆、麦など他品目との輪作においてトウモロコシの深根性を活用した土壌環境の改善、および難防除雑草の防除があげられている（日本メイズ生産者協会 2022）。東北地域では岩手県花巻市の転換畑への堆肥散布も伴う子実生産が行われており（鶴川 2020）、経営面積の増加に併せて、作業時間の短いトウモロコシ子実が取り入れられている。また岩手県の養豚企業（鶴川 2021）や山形県の和牛肥育企業（寺田 2023）では、国産子実を給与したブランド畜産物生産が確立されている。その一方、岡山県の児島湾干拓地でのトウモロコシ子実生産では周囲が稲作地域であるという水管理の慣行から湿害に悩まされ、明渠、暗渠および傾斜均平など入念な排水対策を行うことで収量の向上が見られた（日本草地畜産種子協会 2021）。また最近ではJA 古川管内（宮城県大崎市）において転作拡大を目指し、省力生産が可能な品目として大規模作付けの取り組みが始まっている（小里 2022）。

試験研究の面からも取り組みが進み、2019年には農研機構より研究プロジェクトの成果等をまとめた「子実用トウモロコシ生産・利用の手引き（都

府県向け）第1版」が発行され、各地域における高収量品種や、収穫調製および給与技術について報告された（農研機構 2019）。また現在進行中の農林水産省の研究プロジェクト「子実用とうもろこしを導入した高収益・低投入型大規模ブロックローテーション体系の構築プロジェクト」では水稻（移植水稻、乾田直播水稻）や大豆との輪作体系の構築、「子実用とうもろこし（国産濃厚飼料）の安定多収生産技術の開発」では寒冷地から暖地で他品目と作業の重複による繁忙期が発生しないトウモロコシ早晩生の把握や、堆肥を主体とした施肥管理など栽培技術の開発が目指されるなど、今後の技術開発の進展に期待が持たれている。

2. 排水対策

これまでの試験、現地調査事例から、飼料用トウモロコシは耐湿性が低く（図-1）、過剰な水分で収量に大きく影響を受けることが明らかになっている（杉戸 2021; 菅野 2023）。研究プロジェクトでは収量 800kg/10a（水分 15%）が目指されているが、湿害が発生した圃場では 100～200kg/10a の極めて低収に陥ることも少なくない。そのため排水作業で地下水位を下げ圃場を十分に乾燥させてから栽培を行うことが推奨されている（上田 2019）。

本項目では転作水田での子実用トウ

モロコシ生産を想定し、営農排水および土木的な排水対策について概説する。
明渠

生産者でも実施可能な排水対策として明渠の施工が挙げられる。畦畔に沿って 20～30cm 程度の深さで額縁明渠（図-2）を掘削することで畑に入り込んだ過剰な水を畑の外に排水する。この際、明渠を排水口と接続させ、水を確実に圃場外に出すことが重要になる。明渠を深掘りすると受け止められる水の量は増大するものの、明渠の底面が排水口の高さと吻合せず、排水が進まない場合もあるので注意が必要である。また開削のための作業量は多くなるため、長期利用や、大型圃場および水量の多い圃場を想定した場合に開削が行われる。

降雨などにより圃場に流入した水を圃場周囲の額縁明渠に導き、さらに圃場外に排出するために圃場内部に明渠を掘削することもある。

明渠掘削の作業機として溝掘機（図-3）が使用されるが、合筆した圃場な



図-3 溝掘機



図-4 畦畔除去



図-5 転作水田の合筆と本暗渠埋設作業

どで大規模な額縁明渠を掘削する場合はバックホーが使われることもある。時間の経過や各種作業のためのトラクタ走行、風雨などにより暗渠が崩れてくるので、作付け毎に開削し流れを確保する必要がある。

本暗渠

暗渠排水とは、地下に通水する空間を設けて圃場内の過剰な水を効果的に排除する技術である。その中で本管暗渠は孔を持つコルゲートパイプや塩ビ管などの吸水管をバックホーなどで開削した溝に埋設し、その末端を圃場外まで通すことで、畑の外に水を排出することができる。施工時は水尻に向かい傾斜させ埋設することで排水効果が高まる。

本暗渠を埋め戻す際に、周囲の部分を疎水材（もみ殻、チップ類など）で覆うことで、集めた水を吸水管に集水しやすくしている。転作水田の中でも水の湧き出る箇所に埋設すると効果が高い（農林水産省 2017）。

補助暗渠

本暗渠に水を集めるために補助暗渠の施工を行うと排水効果がさらに高まる。モールドレーナーによる弾丸暗渠や、カットドレーンによる穿孔暗渠などがあるが、いずれも無資材で土中に孔を開ける設置方法であり、恒久的なものではないため定期的に施工しなおす必要がある。基準は設定されていないが概ね1～3年毎に再施工される事例が多く、それより前に効果が低下し

た場合はその都度、施工する必要がある。施工方法としては、補助暗渠は本暗渠と交差させることで集めた水が本暗渠に移行し、さらに圃場外に排出される。本暗渠が設置されていない転換畑で補助暗渠のみを設定する場合は、水尻に向かって施工し、額縁明渠に接続するか、もしくは末端が畦畔の外側まで貫通するように施工する。補助暗渠が畑の外側につながっていないと盲管となり排水できず、逆に水が溜まり湿害の原因になることもある。水が過剰な圃場では、補助暗渠の施工本数を多くすることで、排水効果を高めることが期待できる。またモミ殻やチップを補助暗渠の中に充填することで、水みちを持続的に維持し、排水性を高めることができる。充填剤の物理的な支持は暗渠の崩落を防ぎ施工効果を持続的に維持することが可能となる。

合筆、傾斜均平

土木的な対応として合筆があげられる。畦畔を除去し（図-4）、圃場を大規模化することで大型の作業機械の導入も容易となり作業能率が向上するとともに、圃場の乾燥も進みやすくなる。ただし畦畔除去にはブルドーザーやバックホーなど大型の土木機械を必要とし（図-5）、また水田に戻すことが難しくなるので、効果、費用や長期計画について充分に勘案のうえ実施する必要がある。他に傾斜均平なども挙げられる。レーザーレベラーを用いることで圃場に傾斜をつけ、100mで

10cmの傾斜であっても表面流去による効果的な排水が可能となる（若杉 2006）。

排水対策

このように排水には営農排水や、大がかりな土木工事により乾田化を目指す方法などがあるが、実施する対策の種類や程度は、圃場の排水性の良否、投入できる労力や作業コストおよび前後の作付け計画などの兼ね合いに影響され、経営体の判断によって決まる。なお排水対策の作業は飼料用トウモロコシ畑では収穫後から冬にかけての時期に行い、春期の繁忙時期を避け、また予め土壌の乾き癖をつけておくと良い。

3. 雑草問題

今後、子実用トウモロコシ生産で懸念されるのは転換畑への雑草侵入である。畜産分野では先述のように旺盛な濃厚飼料の需要を満たすためトウモロコシ子実の輸入が行われているが、その際、海外の雑草種子が混入し国内に持ち込まれてきた（西田 2002; 浅井 2013; 畜産草地研究所 2013）。混入した雑草種子を濃厚飼料とともに家畜が摂食すると、発芽能を維持したまま糞中に排出されるが、その後の堆肥化処理が不十分だと発芽能を維持したまま未熟堆肥とともに飼料畑に散布され非意図的に拡散されることとなった。飼料畑では既に1980年代から問題視され（西田 2002）、対策やその



図-6 アレチウリ
(左：トブラメゾン剤散布後の後発 右：絡みつきによりトウモロコシを押し倒す)



図-7 帰化アサガオ (つる性)



図-8 オオブタクサ (大型雑草)



図-9 ヨウシュヤマゴボウ
(多年生の大型雑草による収穫作業の阻害)

生態についての研究開発が行われたが(農林水産技術会議事務局 1998)、飼料作から普通作(浅井 2013)や河畔(Kobayashi 2012; 黒川 2012)に広がることで他の品目や生態系で被害が広がっていた。また外来雑草は北米などにおける除草プログラムをすり抜けて侵入を果たしているため、登録農薬に限られた日本国内では難防除雑草となることが多い(浅井 2013; 黒川 2017)。さらには子実生産ではサイレージ用トウモロコシでの収穫適期と比較して、子実の立毛乾燥のために約30～50日程度長く収穫まで期間を要するため、雑草種子の結実・落下を抑えることが難しくなる。

これまで水田作ではヒエ、メヒシバなど主要雑草は土壌、茎葉および一発処理剤の使用、組み合わせで防除され、また水張りが行われることで畑地雑草

の防除が可能となっていたと思われるが、今後、転換畑での子実用トウモロコシ生産が拡大し、耕畜連携により堆肥散布が推進されると外来雑草によるリスクが高まることが予想される。

どのような外来雑草が子実用トウモロコシ栽培で脅威となるかについては黒川(2019)がリスク評価を行い、ダラダラ発生、つる性や大型雑草などに評点を設定し判定を行っているが、サイレージ用トウモロコシで脅威と判定されたアレチウリ(ダラダラ発生、つる性、図-6)、帰化アサガオ(つる性、図-7)、オオブタクサ(大型雑草、図-8)、イチビ(種子多産)およびヨウシュヤマゴボウ(大型、多年生、図-9)などが子実用トウモロコシ栽培でも問題になると見られている。筆者が見た子実生産の現場(転換畑)における具体的な雑草出現の事例としては、

帰化アサガオ、アレチウリ、また帰化雑草ではないがガガイモ(図-10)などつる性の雑草が収穫時にコンバインのコーンヘッダ(図-11)に絡みつき作業を阻害するなど問題化しており、防除のための技術開発が必要と感じられた。

このように飼料作では外来雑草が脅威になって久しいものの、対策の基幹となる除草剤は対象雑草の問題が顕在化してから開発、登録が行われるため対応は遅れ気味となっていたが、近年ではトブラメゾン剤(高橋 2016)、トルピラレート剤などの殺草スペクトルの広い茎葉処理剤が登録、販売されオオブタクサなど強害雑草の防除が可能となってきている。

他に基本的な対応策として、家畜糞尿の発酵温度を十分に上昇させ種子の発芽能力を失わせることが重要にな



図-10 ガガイモ
(つる性で根と種子で増える)



図-11 コーンヘッド装備の汎用型コンバイン
(左：ヘッドの回転部でトウモロコシ茎葉を削ぎ落とす際に雑草の「つる」が絡みやすい
右：絡み合うことで切断に対し強靱なガガイモのつる)

る。これまでの研究報告では発酵温度を 57°C 以上まで高めると混入した雑草種子は死滅することが報告されている (西田 1998)。そのため自給堆肥を使用する場合は切り返しを十分に行うこと、購入堆肥を使用する場合は信頼できる来歴のはっきりした堆肥を使うこと、スラリーや未熟堆肥の散布は行わないよう心がけることが必要になる。「家畜排せつ物法」の本格施行

(2004 年) 以降、家畜排せつ物は野積みなどの不適切な管理が禁じられるようになり積極的に堆肥化が図られているが、生産者レベルで確実に雑草を抑えられるポイントであるため改めて指摘する。

おわりに

子実用トウモロコシの生産は始まっ

たばかりの段階であるといえ、本稿で取り上げた課題以外にもアワノメイガや赤かび病といった病虫害防除や施肥管理基準の確立、機械装備の見直しや貯穀害虫対策、貯蔵流通技術など多方面での問題解決が必要な状況にあり、研究者、技術者及び生産者の活発な参入と活動を望みたい。