

子実用トウモロコシ  
生産・利活用の手引き  
(都府県向け)  
第1版



国立研究開発法人  
農業・食品産業技術総合研究機構

はじめに

輸入飼料価格の乱高下が続く中、濃厚飼料の約 9 割を輸入に依存しているわが国の畜産経営の安定化に向け、国産濃厚飼料の生産拡大に向けた取り組みが始まっています。そのひとつとして、北海道ではトウモロコシの雌穂（子実、穂軸（芯）、苞葉）のみを収穫し、サイレージ化するイアコーンサイレージの生産が平成 20 年頃から開始されました。最近では、より栄養価の高い子実のみを収穫する子実用（実取り）トウモロコシの栽培が徐々に増えています。子実用トウモロコシを畑輪作に組み込むことにより、①圃場の排水性改善、②緑肥による地力改善、③連作障害の回避などが期待されており、都府県においても水田輪作などに組み込む子実用トウモロコシ栽培が始まりつつあります。しかしながら、都府県の子実用トウモロコシ栽培では、病虫害の発生や台風の影響を受け、極めて収量の少ない地域もあり、これを克服できる安定生産技術の迅速な開発と普及指導が求められています。

本書は、農林水産省委託プロジェクト研究「収益力向上のための研究開発（自給飼料分科会）、平成 27～31 年」や、農研機構生研支援センター「革新的技術開発・緊急展開事業（うち地域戦略プロ）、平成 28～30 年」等で得られた研究成果や既存の成果の他、独自に調査した現地稼働事例などについて、都府県の農業技術指導者等にお伝えし、子実用トウモロコシの生産と利用に役立つことを目的に作成しました。

研究に当たっては、病虫害や台風の影響等、種々の制限があり、データセットは都道府県全てを網羅できるには至っておりません。しかしながら、本書は新たな知見をいち早く関係者にお伝えすることを念頭に、暫定版として東北・関東地域で得られたデータを中心に構成しました。また、子実（特にサイレージ）の豚・鶏への給与データについてはまだ蓄積が少ないことから、既知の部分のみをコラムにまとめています。今後、研究の進展に従って本書の改定を進めて行く予定ですが、まずは平成 30 年度現在の子実用トウモロコシ利活用情報（都府県版）をお届けします。

なお、用語の使い方に関して本書では、栽培された子実用トウモロコシから生産された（穂軸（芯）や苞葉を含まない）子実を、「トウモロコシ子実」と表記しました。

（編集委員長・中央農業研究センター・飼養管理技術研究領域長・野中和久）

## 目次

1. 子実用トウモロコシとは	1
2. 子実用トウモロコシの作り方	
1) トウモロコシの播種	2
2) 品種選定	8
3) 栽培・肥培管理	12
4) 収穫・調製	29
5) 輪作への導入効果	42
3. トウモロコシ子実の使い方	
1) 飼料特性	44
2) 泌乳牛への給与	47
3) 肉牛への給与	50
“コラム”	52
4. 取組事例	55
5. 用語解説	61

## 1. 子実用トウモロコシとは

家畜飼料として利用されるトウモロコシは、収穫部位（図 1-1）や調製方法により呼称が変わる。子実用トウモロコシは、穀実（子実）のみを収穫・利用する目的で栽培されたトウモロコシであり、その子実は、通常は完熟期に普通コンバインで収穫され家畜の飼料となる。

表 1-1 にトウモロコシの収穫部位と飼料としての一般名称、収穫機械、可消化養分総量（TDN 含量）などを示す。トウモロコシ子実はホールクロップサイレージ（以下 WCS）やイアコンサイレージと比較して栄養価が高く、ほぼ全ての家畜で利用できるが、給与に際しては乾燥や加工（粉碎、蒸気圧ぺん処理等）が必要である。一部はサイレージとしても利用される。



図 1-1 トウモロコシの収穫部位

表 1-1 トウモロコシの収穫部位と飼料としての一般名称<sup>1)</sup>

飼料としての一般名称	収穫部位	収穫機械	TDN含量 <sup>2)</sup> (%DM)	対象家畜
コーンサイレージ	地上部全体 	自走式ハーベスタ +ロータリヘッド 	65-70	牛 
イアレージ	高刈した地上部全体		70-75	牛
イアコンサイレージ	雌穂（芯、穂皮、子実）、 茎葉の一部 	自走式ハーベスタ +スナッパヘッド 	75-85	牛 
コーンコブミックス	子実、芯の一部 	普通コンバイン +スナッパヘッド 	85-90	牛、豚、鶏 
トウモロコシ子実（乾燥子実）、トウモロコシ子実サイレージ（ハイモイスチャシールドコーン） ※子実用トウモロコシ栽培により生産される飼料	子実のみ 	普通コンバイン <sup>3)</sup> 	90-94	

1) イアコンサイレージ生産・利用技術マニュアル第 2 版（農研機構北海道農業研究センター 2017）より（一部 改変）

2) TDN 含量は大下ら（2016）、青木ら（2016）、甲田ら（2016）、原ら（2016）より引用

3) 汎用コンバインと呼ばれるものは日本で開発された普通コンバインのことなので、本表では普通コンバインと表記

（担当：野中和久）

## 2. 子実用トウモロコシの作り方

### 1) トウモロコシの播種

#### a 播種の手順

子実用トウモロコシの播種は WCS 用トウモロコシの場合とほぼ同様である。そのため以下では WCS 用の播種手順に準拠して解説を進める。

トウモロコシを高精度に播種するには、まず整った播種床を準備する必要がある。基本的には堆肥散布→反転耕→砕土耕→施肥→攪拌耕の工程により準備され、その後、播種を行う。さらに鎮圧、薬剤散布の順に実施される（図 2-1-1）。

順番	作業	作業機械	作業内容	作業風景
①	堆肥散布	マニユアスプレッダ	土壤に有機物を供給する。	
②	反転耕	プラウ	土壤を反転することで前作の刈株や雑草を埋没させ土中に堆肥を供給する。またその後の耕耘作業を容易にする。	
③	砕土耕	ディスク	反転耕で生じた大きな土塊を砕き、その後の施肥・攪拌耕を容易にする。	
④	施肥	ブロードキャスタ	堆肥で足りない栄養素を化成肥料等で供給する。	
⑤	攪拌耕	ロータリ	土を砕き、播種作業がしやすいよう播種床を造成する。また施用した肥料を土中に混和する。	
⑥	播種	ジェットシーダ	トウモロコシを播種(点播)する。	
⑦	鎮圧	ケンブリッジローラ	土との密着により種子に吸水させ、発芽を促す。	
⑧	農薬散布	ブームスプレーヤ	農薬(土壌処理剤)を散布し、雑草との初期競合を作物(トウモロコシ)側に有利にする。	

図 2-1-1 トウモロコシ播種作業の流れと作業風景

## b 播種床の準備

トウモロコシ栽培には多量の有機物を必要とし、牛ふん堆肥をマニユアスプレッダ等により施用する。この際、生糞中に混入した雑草種子を死滅させるため充分完熟したものを利用する。また過剰な施用はトウモロコシが吸収する栄養素が偏る（カリウム過剰となる）ため、地域毎の施用基準（概ね完熟堆肥 3t/10a 前後）内での使用とする。

堆肥の施用後は反転耕を実施する。発土板プラウにより畑の土塊を切削し、天地返しすることで土壤中への堆肥供給、土壌表層の雑草種子および根の埋没ができる。また、ロータリ耕と比較して耕深が深く、大型機械による踏圧により発生した耕盤を破壊できるため作土層が広がり、根の伸長可能な範囲が拡大するといった利点が生じる。

反転耕のみでは切削された土塊が大きく、畑の表面が凸凹し、その後の作業の阻害となるため精度の高い播種が行えない。このためディスクハロによる砕土耕により土塊を崩し、播種作業を容易にする必要がある。この作業により、整地効果の他に前作である牧草や雑草などの残程・ルートマットの切断が期待される。

次にブロードキャスタ等による施肥を行う。トウモロコシ栽培時に設定する目標収量を達成するには、地力や堆肥施用で不足する栄養素を化成肥料で補給する必要がある。施肥ムラによるトウモロコシ生育の偏りを避けるには出来るだけ均一に散布する必要があるが、そのためにはブロードキャスタからの繰り出し量をやや抑え気味にし、圃場を多数回走行することで精度が上昇する。近年は、GPS による作業経路誘導および車速度連動による施肥量調整機能を備えたブロードキャスタも市販されている。

攪拌耕では、①施用された堆肥や化成肥料を土壌に混和することでトウモロコシが利用しやすくなる、②永年雑草の根を切断することで雑草を抑える、③畑の表面を平らに整地し、その後の作業を容易化する、④土を攪拌することで膨軟化させ、トウモロコシの根が伸長しやすくなるなど多くの効果が期待される。ただし攪拌耕はロータリで実施するが、耕耘の作業工程の中では最も時間と燃料を要する。また降雨の影響を受けやすく、作業前に降雨があると土が練り返され土塊が荒くなり、トウモロコシの生育が抑制される危険がある。また攪拌耕後は土壌に水分が保持されトラクタの埋没が起りやすくなるため、作業前後の気象を事前に確認してから実施すると良い。

このように播種床の準備には手順を踏んだ各種作業が必要となるが、近年では軽労化を目的として「堆肥散布→反転耕→施肥→砕土耕（攪拌耕の省略）」といった作業工程や、不耕起播種機械を利用することで耕起作業全般を省略し、「堆肥散布→施肥」のみといった方式がとられることもあり、装備している機械や投入できる労力との兼ね合いで作付け手順を選択・決定する。

## c 播種

トウモロコシの播種適期は概ね日平均気温が 10℃をこえた時期となる。通俗的には「サクラが満開になったらトウモロコシの播種適期」と言われる。低温時に播種すると出芽までに時間を要し、その間に種子の発芽勢が落ちるなどして苗立率が低下するので注意する。

播種作業はトウモロコシの専用播種機を用いて行われる。このうち加圧噴出式や真空吸着式では、種子が 1 粒ずつ押し出され、定間隔の点播となる。他の方式としては

目皿式やロール式の播種機があり、作業前に目皿と種子サイズの適合や、定間隔で種子が落下するかを入念に確認してから実際の作業に入る必要がある(図 2-1-2)。また、いずれの播種機を用いた場合でも作業中は種子が表面に露出していないか(十分に覆土されているか)に注意しながら作業を進める。播種機の種子ホッパーには必要量の種子を積載して作業を行い、途中で不足することがないように残量把握に努める。

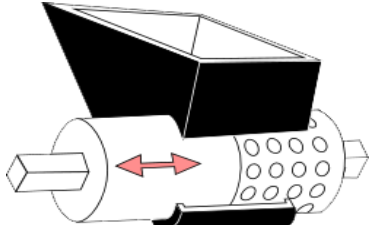
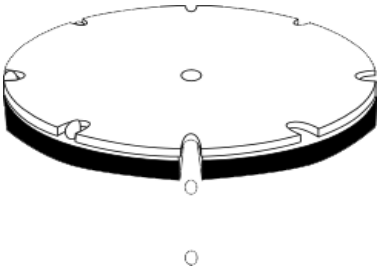
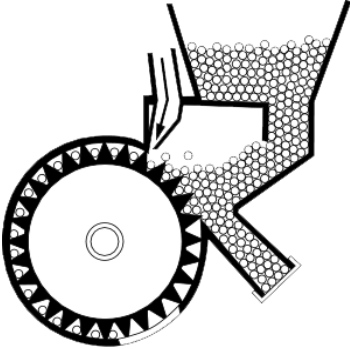

機構	ロール式	目皿式
構造		
播種方法	条播、点播	条播、点播
適応作物	牧草、とうもろこし、ソルガム等	とうもろこし、ソルガム等
特徴	<ul style="list-style-type: none"> <li>・凹穴に種子を入れロール回転で繰り出す。</li> <li>・ロールの回転数、穴の列数、一列中の数、穴の大きさの変更で種子操出数を変える。</li> <li>・種子の大きさに応じて、穴の大きさを選択する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・切り欠き穴に入った種子を目皿の回転で繰り出す</li> <li>・穴形状を種子の形状に合わせることで、不整形の種子にも適応。</li> <li>・切り欠き穴の大きさ、目皿の回転数を調節することで播種量を設定。</li> </ul>
機構	加圧噴出式	真空吸着式
構造		
播種方法	点播、条播	点播
適応作物	とうもろこし、ソルガム等	とうもろこし、ソルガム等
特徴	<ul style="list-style-type: none"> <li>・種子ホッパーからセルにより種子を複数個くみ出し、圧縮空気によって余分な種子を吹き飛ばすことにより1粒ずつ分離する。</li> <li>・加圧空気を送るため、PTO軸駆動の送風機が必要となる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・播種板の裏側を負圧にして、播種板の穴に種子を吸着させ、複数個の種子が穴に吸着しないように種子制御板で調整して1粒ずつ分離する。</li> <li>・播種板の裏側の空気を負圧にするため、PTO軸駆動の真空ポンプが必要となる。</li> </ul>

図 2-1-2 種子繰出機構の構造と特徴

作業時に発生しやすいミスとして、①圃場の均平が不十分な場合、播種機の播種ユニットが凹部を空過してしまう、②過度なロータリ耕で過碎土となり、播種ユニットが深く刺さることで種子が「深播き」になる、③降雨直後の過水分の際に作業を行うことで播種機の稼働部に土が目詰まりし、マシントラブルが発生する、などがあり、いずれも出芽精度に影響するので注意する。

機械コストの低減のために大豆用などの播種機を流用するケースも想定されるが、

そのような場合は予定する種子量が確実に播種されているかに充分気をつける。トウモロコシ播種は前述のように点播が基本であり、一般的には条間を 70~80cm 程度、株間を 16~20cm 程度の 6,000~8,000 本/10a としている。なお、トウモロコシには「分げつ」がほとんどないため、栽植密度が低いと収量の低下につながりやすく、また減少により生じた空隙に雑草が侵入することで競合による減収や収穫作業の物理的な阻害につながるため、苗立本数の確保に注意する。逆に栽植密度が高過ぎると、葉の相互遮蔽による収量低下や茎の軟弱化による折損・倒伏等の危険性が高まるため避ける（写真 2-1-1）。



写真 2-1-1 畑の空隙から侵入・拡大し収穫作業を阻害した帰化アサガオ（左）および高い栽植密度のため豪雨で倒伏したトウモロコシ（右）

播種後はケンブリッジローラ等で鎮圧を行うことで膨軟化した土壌を締め、種子を十分に土と接触させることで吸水を促進し、発芽に至るようにする。また、土壌を締めることで生育期間中におけるトウモロコシの倒伏を防ぎ、播種作業で生じた凹凸を均すことで薬剤（除草剤）が均一に散布・定着され、効果のムラが出ないようにする。ただし土壌が多量に水分を含んでいる場合に鎮圧を実施すると土が締め過ぎ、出芽が劣る場合があるので注意する。

鎮圧後には除草剤などの薬剤散布を行う。トウモロコシ畑に出現する在来雑草は、国内で登録のある除草剤による体系処理（土壌処理 - 茎葉処理の組み合わせ）で概ね防除が可能と言われている。子実用トウモロコシの栽培時には「飼料作物」および「飼料用とうもろこし」（「飼料用とうもろこし（青刈り）」を除く）に登録のある薬剤を使用でき、用量・用法を守って使用する。土壌処理剤は雑草種子が発芽する際に効果があるため、播種 - 除草剤散布は一体のものにとらえ、播種後はできる限り間隔を置かずに散布作業を行うとよい。また、散布直後の降雨は定着前の有効成分が流出する可能性があるため、事前に気象条件を確認しておく必要がある。

#### d 水田を活用する場合

子実用トウモロコシ生産では、今後、輪作の一環や遊休耕地の活用という側面から水田で栽培される場合も考えられる。水田には過度の透水を防止するために、作土層の下に鋤床（耕盤）が形成されている。しかしながら、トウモロコシは過剰な水分に弱い（図 2-1-3）、水田の湿害発生状況にあわせて排水対策を実施する必要がある。



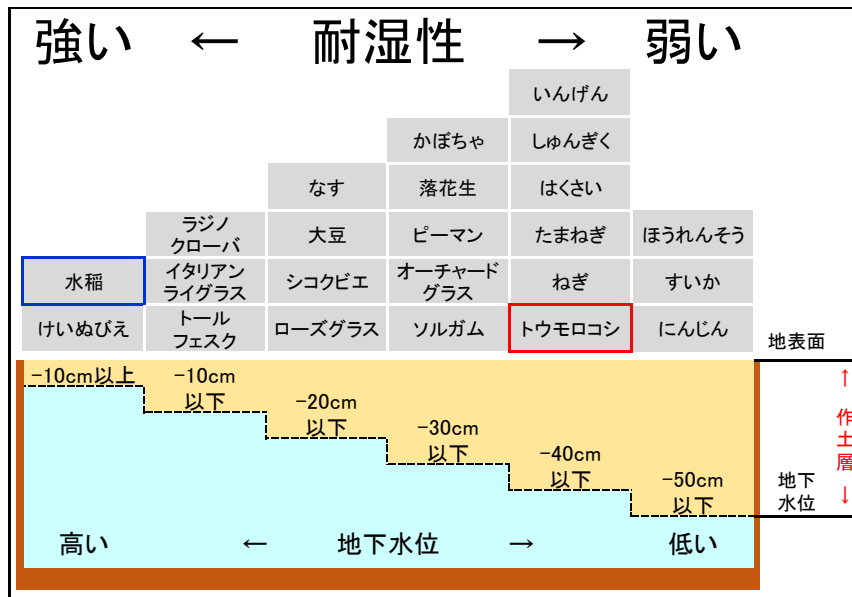


図 2-1-3 作物別の栽培時における目標地下水位

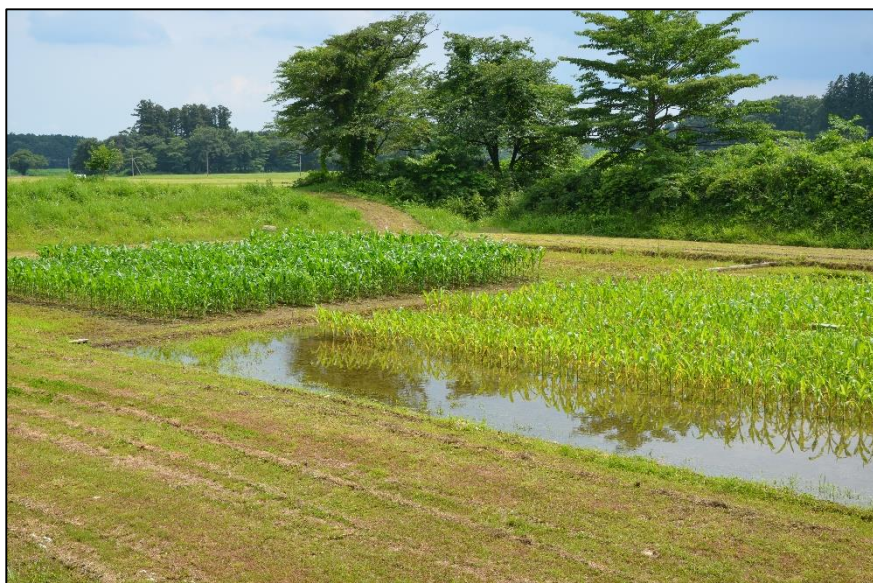


写真 2-1-2 トウモロコシの湿害発生（右：湿田 左：乾田）

湿害程度が低い場合は明渠・額縁明渠により過剰水分を表面流去させ、高い場合は①深耕プラウや心土破碎機（サブソイラー）により鋤床の破碎を行い過剰な水を縦浸透させる、②弾丸暗渠形成機（モールドレーナ）や穿孔暗渠成形機（カットドレーン）を用いて暗渠を設置することで対象の畑から外へ排水を行う（図 2-1-4、写真 2-1-3）、③隣接水田からの漏水を防ぐため畦畔の嵩上げ・強化や、レーザーレベラーによる傾斜均平圃場の造成による排水などを行う（写真 2-1-4）。

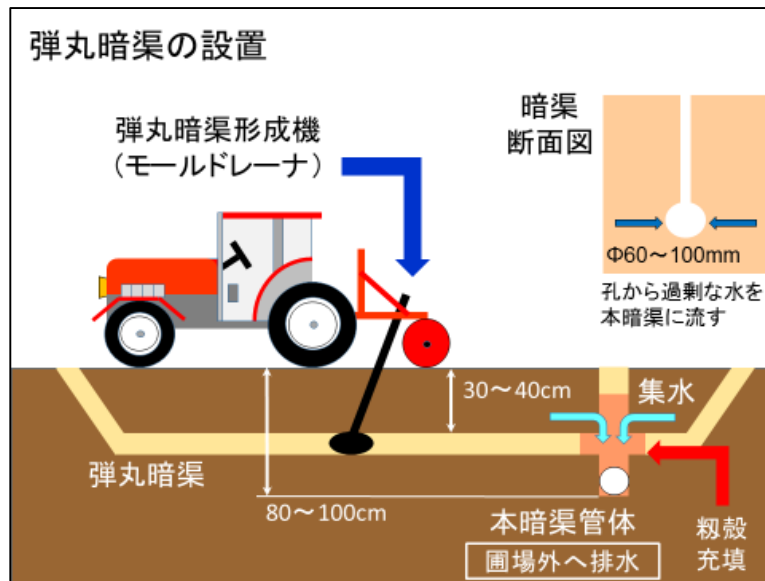


図 2-1-4 弾丸暗渠の施工図



写真 2-1-3 穿孔暗渠成形機の構造 (左) とトウモロコシ畑での作業風景 (右)



写真 2-1-4 レーザーレベラーと作業風景 (左: 発光機 右: 受光機付き作業機)

いずれにせよ排水対策は各種を組み合わせることで効果が高まるが、湿害の程度、地域の水管理、土壌の種類や所有する機械装備と作業時間・コストおよび増収効果と

の兼ね合いにより組み合わせの選択を行う。

耕種農家は水田における耕耘を主にロータリで行っている事例が多いが、長大型作物であるトウモロコシの残穢が圃場表面に残存すると刃にからまるなど後作の播種準備作業において物理的な妨げとなる。そのためトウモロコシの収穫作業時は残穢が残らないよう注意し、多量に残存してしまった場合は予めフレールモア等で刈り散らす必要がある。

(担当：森田聡一郎)

## 2) 品種選定

### a 基本的な考え

現在のところ、日本国内において子実用トウモロコシ専用の品種は市販されておらず、子実用トウモロコシ生産を行う場合は WCS 向けの「飼料用トウモロコシ」品種を流用することとなる。飼料用トウモロコシでは相対熟度 (RM ; Relative Maturity) という品種間の相対的な早晩性を数値 (RM75~150) で示し、一般的に晩生品種は早生品種と比較して栽培期間が長いため、収量性に優れている。また、早晩性に関わらず早播き (播種時期が早い) のほうが遅播きより高収量となる傾向がある (表 2-2-1)。栽植密度は 6,000~8,000 本/10a が推奨されるが、その範囲内において早生は多く、晩生は低い栽植密度を選択する。

その他、品種の選定では機械による収穫に適した品種を選定する。WCS 利用の場合はフォーレージハーベスタにより茎葉も含めた地上部全体を収穫するが、子実用トウモロコシでは汎用コンバインあるいは普通コンバインにより地上部全体を刈り取った後、子実のみを脱穀して回収し、不要な茎葉および穂軸は選別後、機体外に排出する。この場合、茎葉重の多い品種では時間あたりのコンバインによる吸入量を少なくする必要があるので、作業スピードを抑えるなど効率低下が生じやすくなる。そのため茎葉重が多すぎない品種のうちから子実/茎葉の比率が高いものを選定すると良い。

収穫時期における倒伏や折損、雌穂の脱落は大きな収穫ロスにつながるだけでなく、収穫作業効率の大きな低下を引き起こすため、倒伏や折損に対する耐性の強い品種を選択する必要がある。また黒穂病を発症した雌穂は、子実をほとんど収穫することができず、大きな収量減を生じる可能性があるため、抵抗性の低い品種の利用は避けたほうが良い。

コンバインによる収穫では、子実の水分含量が 25~30%程度まで低下すると収穫作業が可能となるため、収穫可能水準への到達 (乾燥) が速い品種を利用する。立毛乾燥に時間を要する晩生品種は収穫時期が気温の低下する秋期になり、子実の水分が高い状態のまま収穫作業を実施するため、その場合、収穫した子実に茎葉等の夾雑物が混入するリスクが高まる。そのため播種の時期が遅れた場合は、高い収量を狙った晩生品種よりも確実に機械収穫に適した水準までの乾燥が見込める早生寄りの品種の利用が推奨される。

表 2-2-1 トウモロコシ早晚性・播種時期毎の雌穂乾物収量と収穫時期  
(栃木県那須地域)

RM	調査 品種 数	播種 時期 (旬)	雌穂収量(kg/10a)		収穫時期(旬)	
			黄熟中期 (40日後)	子実利用 (70日後)	黄熟中期 (40日後)	子実利用 (70日後)
95 (超極早生)	2	4月下	854	1000	8月中	9月下
		5月中	862	928	8月中～下	9月下～10月上
		5月下	830	849	8月上～9月上	10月上～中
100 (極早生)	3	4月下	892	1042	8月中	9月下
		5月中	894	1000	8月下	10月上～中
		5月下	851	923	9月上	10月中
115 (早生)	5	4月下	1027	1204	8月下	10月上
		5月中	997	1164	8月下	10月上
		5月下	929	1063	9月上	10月中
125 (中生)	2	4月下	951	1170	8月下	10月上
		5月中	899	1029	9月上	10月中
		5月下	816	1006	9月中	10月下

2015～2017年の平均値。

黄熟中期:トウモロコシを WCS 利用する場合  
(40・70)内の数値:絹糸抽出からの日数を示す

#### b 関東以南における品種選定

関東以南における子実用トウモロコシの品種選定でまず考慮すべきは台風対策であり、特に九州、太平洋沿岸、房総地域は台風の通過路となりやすいので注意が必要となる。これまでの WCS 利用では台風の頻発前に収穫作業に入ることができ、また緑度を保持した状態のため、強風などによる折損発生への耐性が相対的に高かったが、子実用トウモロコシの生産では立毛乾燥のため(写真 2-2-1)、サイレージの収穫適期からさらに 20～30 日程度の在圃期間を要し、台風への遭遇リスクは高まる。また、乾燥が進むに従い緑度が低下し、柔軟性を失うことから折損に対する抵抗性が低下してくる。これらのリスクを回避するため、絹糸抽出から出来るだけ短い期間で子実の乾燥が進み収穫適期を迎えられる品種を利用することが求められる。またその場合、晩生品種の利用はリスクが高まるため、より早生の品種(超極早生(RM95)～極早生品種(RM100)など)を利用することが推奨される。



写真 2-2-1 トウモロコシの収穫時風景(左: WCS 右: 子実用)

関東以南の作付けでは温暖な気候を活かし輪作・多毛作体系がとられる。飼料作の場合はトウモロコシとの組み合わせとしてイタリアンライグラスなどの牧草や、エンバク、ライムギといった飼料用麦類を、水田輪作の場合はコムギ等を冬作として導入することが考えられる。そのような場合におけるトウモロコシ品種選定では、後作の作付け期間が無理なく確保できるよう品種を選択する必要がある。また水田輪作の一環として子実用トウモロコシを生産する場合は、水稲など他の作目と作業時期、特に収穫時期が重複しない品種選定を行う必要がある。

### c 東北以北における品種選定

東北地方では水田を活用したトウモロコシの子実生産が試みられ、水田輪作および転作における有望な作物になることが期待されている。

そのような状況の下、東北地方におけるトウモロコシの播種適期は水稲移植の盛期と重なるため、水稲移植の前後に子実用トウモロコシの播種時期をずらし、作業競合を極力避けることが望ましい。水稲移植より前にトウモロコシを播種する場合は、低温による出芽遅れや遅霜が懸念されるため、これらのリスクが少ない範囲で早播きをする。水稲移植より後にトウモロコシを播種する場合は、その後に控えている大豆播種との作業競合が生じないように留意する。同様に、収穫時期も水稲および大豆の収穫と重ならないよう作業スケジュールを調整する必要がある。東北地方で確認されている子実用トウモロコシの栽培スケジュールとしては以下の3パターン（図 2-2-1）がある。

- (a) 水稲移植と大豆播種の間にとウモロコシを播種し、水稲収穫と大豆収穫の間にとウモロコシ収穫を行う。
- (b) 水稲移植の前にトウモロコシを播種し、水稲収穫と大豆収穫の間にとウモロコシ収穫を行う。
- (c) 水稲移植の前にトウモロコシを播種し、水稲収穫の前にトウモロコシ収穫を行う。

いずれにおいても、作業可能な期間はかなり限定されるため、それぞれの作業スケジュールに適した早晩性を選択することが重要である。低温や寡照の年には平年に比べて1～2週間程度生育の遅延が生じることもあるため、作業スケジュールに合致した範囲の早晩性の中で、早生寄りの品種選択が推奨される。品種の早晩性や栽培地域への適性については、公設試験研究機関や種苗会社から情報収集することが望ましい。

また東北地方は10月以降気温が急激に低下し、それに伴い子実の水分低下速度も大きく低下する（図 2-2-2）。晩生の品種は黄熟中期から30日程度経過しても、子実含水率が汎用コンバインでの収穫適水分（25～30%）以下にならず、霜や雪の時期を迎えてしまう危険性がある。この点からも、晩生品種より早生寄りの品種の利用が望ましい。

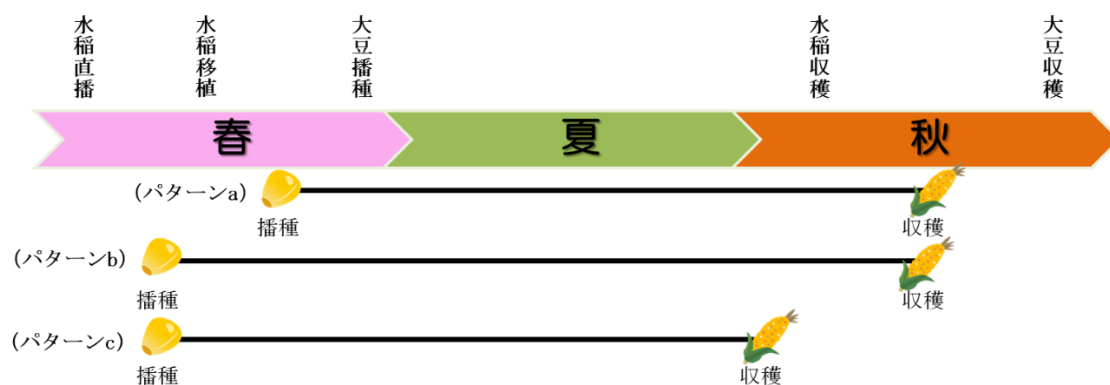


図 2-2-1 東北地方で実施されている子実用トウモロコシの栽培パターンのイメージ

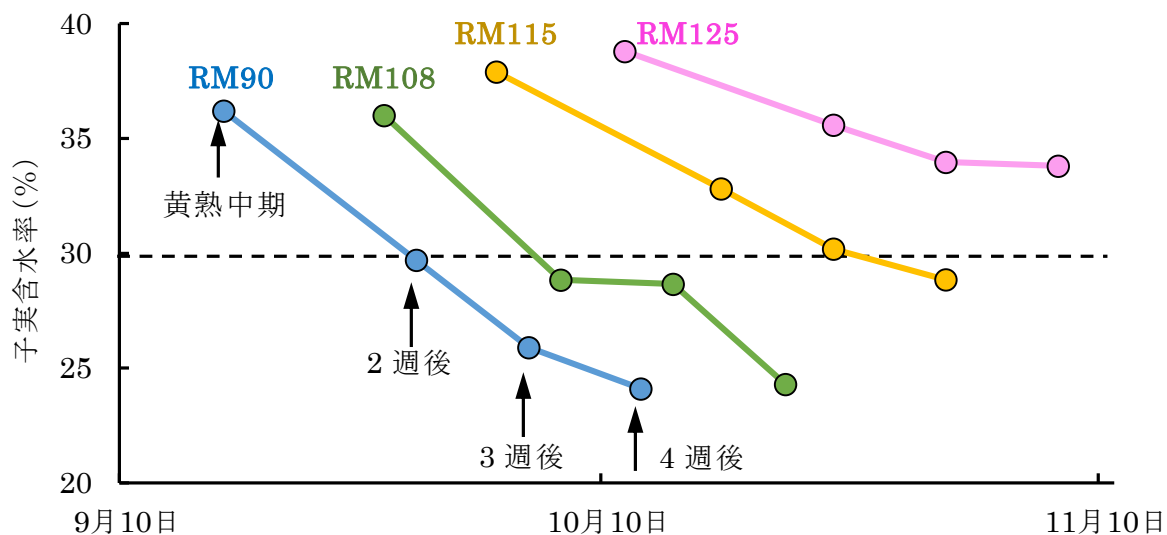


図 2-2-2 各早晩性品種における黄熟中期以降の子実含水率の推移  
東北農業研究センター(盛岡)における試験結果(2016年5月30日播種)。  
図中の点線はコンバイン収穫適水分の目安を示す。

(担当：森田聡一郎・内野宙)

### 3) 栽培・肥培管理

トウモロコシは水稻や大豆等に比較し、栽培管理にかかる作業時間が短いことがメリットの一つである。しかし、トウモロコシにおいても安定多収を得るためには、適切な施肥設計や、雑草や病虫害への対策など、注意が必要である。そこで、肥培管理や雑草防除、病虫害防除等の栽培管理にかかわる基本的なポイントを紹介する。

#### a 肥培管理

##### ア 肥培管理の基本

子実用トウモロコシの肥培管理は、基本的に WCS 用トウモロコシの肥培管理に準じる。都府県の一般的な土壌においてトウモロコシを化学肥料のみで栽培する場合、肥料成分の必要量は窒素 20kg/10a、リン酸 ( $P_2O_5$ ) 18kg/10a、カリ ( $K_2O$ ) 20kg/10a であり、主に化学肥料と堆肥で供給する。各都道府県においてトウモロコシの安定多収、品質向上のための施肥基準が定められており、各都道府県のホームページ等のほか、農林水産省のウェブサイト「都道府県施肥基準等」より入手できるので、これらを参考に施肥量を決定する。

トウモロコシは播種時にすじ状に点播されるため、施肥播種機を用いて側条施肥することが可能である。側条施肥では全層施肥に比べて、施肥ムラが起りにくいことや、窒素利用効率の向上、リン酸の土壌固定の軽減などの利点がある。また、肥料を基肥と追肥に分けて分施することで、特に窒素では利用効率の向上が期待できる。従来の WCS 用トウモロコシでは、基肥のみで栽培されることが多かったが、北海道十勝地域のイアコーンサイレージ生産においては、栽植密度の増加 (7,500 本/10a→9,000 本/10a)、基肥と 4~7 葉期の追肥及び追肥時の窒素 2kg/10a の増肥を組み合わせることで、雌穂乾物収量が 10%程度増加することが明らかにされている。

##### イ 土壌診断

施肥を行う前には土壌の pH、交換性塩基 (ミネラル) 含量、有効態リン酸などを正確に把握しておくことで、土壌の養分状態により、施肥量を調整することができる。関東・東海地域では飼料作物を対象にした畑土壌の診断基準 (表 2-3-1) が示されているので、それらを参考にする。こうした基準に達しない場合には基準を満たすように必要な資材を補い、基準を越える場合には資材や肥料の施用量を適宜減らすことによって、土壌の状態に適合した効率的な施肥が可能となる (表 2-3-2, 2-3-3)。

表 2-3-1 関東東海地域における飼料畑土壌の診断基準（草地試験場 1988）

項 目	土 壌 <sup>1)</sup>	
	非火山灰土	火山灰土
pH(H <sub>2</sub> O)	6.0~6.5	6.0~6.5
pH(KCl)	5.5~6.0	5.5~6.0
陽イオン交換容量 (meq) <sup>2)</sup>	12 以上	20 以上
塩基飽和度 (%)	70~90	60~90
石灰飽和度 (%)	50~70	40~70
交換性塩基 (meq) <sup>2)</sup>	Ca	6~12
	Mg	1~3
	K	0.3~0.6
交換性塩基 (mg) <sup>2)</sup>	CaO	170~340
	MgO	20~60
	K <sub>2</sub> O	15~30
		15~50
Ca/Mg 当量比	4~8	4~8
Mg/K 当量比	2~8	2~8
有効態リン酸 <sup>3)</sup> (mg) <sup>2)</sup>	10~30	10~30
腐植 (%)	3 以上	5 以上
作土の厚さ (cm)	20 以上	20 以上

1) 非火山灰土及び火山灰土として、この表においては陽イオン交換容量 10~20 及び 20~35meq/100g 程度を想定して基準値を示してある。これらに属する土壌群は次の通りである。

非火山灰土：砂丘未熟土、褐色森林土、灰色台地土、グライ台地土、赤色土、黄色土、暗赤色土、褐色低地土、灰色低地土、グライ土

火山灰土：黒ボク土、多湿黒ボク土、黒ボクグライ土

2) 乾土 100g 当たりの数値、3) トルオーグ法 (0.001M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, pH3.0 可溶性 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>量)、

表 2-3-2 土壌の有効態リン酸と施肥対応（草地試験場 1988）

有効態リン酸 <sup>*</sup>	施 肥 対 応
10 以下	リン酸資材の多量施用などの改良を考える。
10~30	施肥基準に従う。
30~45	80%程度にリン酸を減肥
45~60	50%程度にリン酸を減肥
60 以上	20%程度にリン酸を減肥、状況により施用中止 また家畜ふん尿量を減少

\*トルオーグ法による有効態リン酸 (mgP<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/100g 乾土) の値



表 2-3-3 土壌の交換性カリウムと施肥対応（草地試験場 1988）

交換性カリウム含量*		施 肥 対 応
非火山灰土	火山灰土	
0.3 以下 (15 以下)	0.3 以下 (15 以下)	施肥基準による。状況により増肥する。
0.3~0.6 (15~30)	0.3~1.0 (15~50)	施肥基準による。
0.6~0.9 (30~45)	1.0~1.5 (50~75)	80%程度にカリ肥料を減肥
0.9~1.2 (45~60)	1.5~2.0 (75~100)	20~50%程度にカリ肥料を減肥、 また家畜ふん尿の施用量を減少
1.2 以上 (60 以上)	2.0 以上 (100 以上)	カリ肥料を施用中止、 また家畜ふん尿の施用量を減少

\*乾土 100g 当たりのカリウム当量 (meq)、括弧内はカリ重量 (K<sub>2</sub>Omg) を示す。

## ウ 堆肥の利用

堆肥の施用により土壌肥沃度の維持や作物栽培に役立てることができる。畜種ごとの家畜ふん堆肥の肥料成分濃度は、畜種や飼養方法、ふん尿の取扱い等によって異なるが、原料ふんの成分組成を反映し、三要素の濃度はおおむね鶏ふん>豚ふん>牛ふんの順である（表 2-3-4）。トウモロコシへの家畜ふん堆肥の施用基準は、牛ふん堆肥が 3~4t/10a、豚ふん堆肥が 2~3 t/10a、鶏ふん堆肥が 0.5 t/10a である。こうした家畜ふん堆肥の施用基準策定に当たっては、表 2-3-5 に示された各成分の肥効率が想定されている。また、窒素について代替率が設定されており、化学肥料の窒素を堆肥からの窒素で代替する場合、その代替率の上限を越えないことが望ましいとされている。例えば牛ふん堆肥の場合、堆肥からの窒素が化学肥料として必要な窒素の 3 割を越えないことが望ましい。

表 2-3-4 家畜ふん堆肥の肥料成分濃度（山口ら 2000）

種 類	水分 (現物当 り%)	肥料成分 (乾物当たり%)				
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO
牛ふん堆肥	54.8	1.9	2.3	2.4	3.0	1.0
豚ふん堆肥	40.2	3.0	5.8	2.6	5.2	1.8
鶏ふん堆肥	25.1	3.2	6.5	3.5	14.3	2.1

表 2-3-5 家畜ふん尿施用基準制定のための家畜ふん堆肥等の肥効率と代替率（草地試験場 1983）

処理物	肥効率 <sup>1)</sup> (%)			N の代替率 <sup>2)</sup> (%)
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	
牛ふん堆肥	30	60	90	30
豚ふん堆肥	50	60	90	60
乾燥鶏ふん	70	70	95	60

1)化学肥料の肥効を 100 とした場合の牛ふん尿成分の肥効率を示す。

2)目標収量(予想収量)に必要な肥料量のうち、ふん尿で代替しても良い割合を示す。

(担当：菅野勉・須永義人)

## b 雑草防除

子実用トウモロコシの栽培では従来の WCS 生産と比較し、収穫までの期間が長く、雑草を発生させてしまうと、雑草種子の結実・落下を抑えることが難しい。このため、可能な限り雑草の発生初期の段階で防除を行うことが望ましい。雑草防除には、その主たる手段によって物理的（機械的）防除法、化学的防除法、生態的（耕種的）防除法、生物的防除法などがあり、これらを組み合わせることで効率的に防除を図ることが重要である。

### ア 物理的（機械的）防除法

培土機、中耕機等の作業機を利用して雑草を物理的に排除する方法である。最近では、作物と雑草の引き抜き抵抗の違いを利用した株間除草機\*も開発されている。トウモロコシは条ごとに播種されるため、トラクタや除草機械等の作業機が圃場内に入りやすい栽培方法となっているが、作業機がトウモロコシに与えるダメージを避けるため、この物理的防除が行えるのは一般にトウモロコシの節間伸長が開始される 7 葉期頃までに限られる。また、中耕は除草剤抵抗性の雑草にも有効であるが、栄養繁殖する雑草では栄養体が散らばって蔓延の原因となることもあるので留意が必要である。

### イ 化学的防除法

化学的防除法とは除草剤等の化学物質により防除する方法である。除草剤を利用した防除法には、主にトウモロコシや雑草の出芽前に除草剤を散布する土壌処理\*と出芽後に散布する茎葉処理\*がある。トウモロコシの栽培では、播種時に土壌処理を行うのが一般的である。播種時の土壌処理は作物が出芽していない圃場で行われるため機械作業による散布が容易である。また、最も雑草害をもたらす生育初期に発生する雑草を防除できるので作物との競合の面からも重要性が高い。土壌が乾燥していると効果が劣るのでできるだけ降雨後に処理するのが望ましい。茎葉処理は防除対象とする雑草を確認した後に行えるため、適切な除草剤を選択できるが、雑草のみならず作物が出芽した後に行われることが多いため、散布作業時に作物にダメージを与えないように留意しなければならない。以上のような除草剤の施用に当たっては、ラベルに書かれた使用上の注意をよく読んで登録内容に従って使用する。特に、除草剤に利用される各成分の総使用回数が決まっているため、各除草剤のラベルに表示された使用回数の範囲内での散布を行う。なお、後述するように、飼料用の子実用トウモロコシには、「飼料作物」及び「飼料用とうもろこし」（「飼料用とうもろこし（青刈り）」を除く）を適用作物とする農薬を使用する。

### ウ 生態的（耕種的）防除法

生態的防除法とは雑草と作物の生態的特性を利用し、耕種的な手法により雑草を制御する方法である。プラウ耕により土壌を反転し、雑草種子を出芽不能な深さまで埋没させる方法も生態的防除法の一つである。また、輪作は有効な雑草防除法となりえる。田畑輪換では土壌水分の差異が生ずることによって田及び畑の雑草が相互に防除できる。ただし、雑草種によっては田畑輪換により埋土種子を死滅させる効果が得られないこともあり、蔓延までの年数を稼ぐ程度の効果しか期待できないこともある。飼料畑と牧草地では、耕起や収穫時期・回数など管理体系の差のため発生する雑草相が異なり、交互に作付けすることによって雑草を抑制することも可能である。

## エ 生物的防除

昆虫、小動物、微生物、アレロパシーを有する植物などの生物的手段を用いて雑草を制御する方法であるが、わが国のトウモロコシ栽培において実用的に利用可能な技術はまだ開発されていない。

## オ 主な雑草種

### (1) イチビ (写真 2-3-1)

アジア原産の一年生草本。広葉で2mを越す大型の草姿で、時にはトウモロコシを被圧し、収量に大きく影響する強害雑草である。「飼料用とうもろこし」に適用可能な土壌処理剤としてアトラジン（ゲザプリムフロアブルなど）、茎葉処理剤ではベンタゾン（バサグラン液剤）、ハロスルフロンメチル（シャドー水和剤）、トプラメゾン（アルファード液剤）が有効である。



写真 2-3-1 イチビ

### (2) アレチウリ (写真 2-3-2)

北アメリカ原産の一年生草本。つる性で作物に絡みついて被圧するため甚大な被害をもたらす。河川敷など非農耕地での蔓延も著しいため、生態系被害の観点から特定外来生物に指定された。種子が大きく土中深くから発生するため、土壌処理剤の効果は小さい。

「飼料用とうもろこし」に適用可能な茎葉処理剤としてはニコスルフロン（ワンホープ乳剤）、トプラメゾン（アルファード液剤）による効果が認められるが、後発の個体も問題となり難防除である。そのため、侵入初期に防除し、蔓延を防ぐことが重要である。



写真 2-3-2 アレチウリ

### (3) オオブタクサ (写真 2-3-3)

北アメリカ原産の一年生草本。草丈が3m以上にもなる大型の雑草で、生育速度も速いため作物と激しく競合する。トウモロコシ畑に侵入すると時には6mになることもある。従来の土壌処理剤や茎葉処理剤による効果は低い、トプラメゾン（アルファード液剤）の効果が高いことが確認されている。



写真 2-3-3 オオブタクサ

#### (4) 帰化アサガオ類 (写真 2-3-4)

ヒルガオ科のマルバルコウ、アメリカアサガオ、マルバアメリカアサガオ、ホシアサガオ、マメアサガオ等の帰化アサガオ類は、つる性、発生期間が長いことなどから、ダイズ畑では防除が難しい強害雑草となっている。トウモロコシ畑においても、帰化アサガオ類が蔓延する場合があります、注意を要する。ダイズで帰化アサガオ類に効果を有することが確認された薬剤で「飼料用とうもろこし」にも適用可能な薬剤としては、ベンタゾン（バサグラン液剤）があるが、3葉期を越えると効果が低下するため、早めの散布が重要となる。また、帰化アサガオ類は発生期間が長く、1回の茎葉処理剤の散布では対応が難しいため、異なる茎葉処理剤の散布や、中耕培土等の他の防除法を組み合わせることが望ましい。



写真 2-3-4 帰化アサガオ  
の一種マメアサガオ

#### (5) ワルナスビ (写真 2-3-5)

ナス科の多年生植物。種子と根で繁殖するが、わが国では主に根で繁殖していると考えられている。草高は40~70cmに達し、茎や葉には棘がある。ワルナスビは飼料畑に侵入すると耕起によって根が断片化され、またたく間に圃場一面に蔓延する。このため、近年、トウモロコシ畑でみられるようになった雑草の中でもっとも防除が難しい雑草と考えられている。これまで登録されている土壌処理剤と生育期の茎葉処理剤ではほとんど防除できなかったが、最近になり、トプラメゾン（アルファード液剤）とアトラジン（ゲザプリムフロアブルなど）の混用がワルナスビに効果を有することが報告されている。ワルナスビの開花期に非選択性除草剤（グリホサート塩）を塗布するのが有効であるとされているが、根が十分に育った個体は単年度の処理で枯殺することは難しい。



写真 2-3-5 ワルナスビ

(担当：菅野勉・黒川俊二)

## c 病虫害対策

### ア 病虫害対策の基本的な考え方・留意点

子実用トウモロコシ栽培では、病虫害によって茎葉、根、子実等が被害を受けると、収量減少や品質低下、かび毒\*による子実汚染等の影響が生じる場合がある。子実用トウモロコシにとって被害の大きい病虫害が多発すると自給飼料生産上多大な損失となることから、子実用トウモロコシを栽培する際には、被害を未然に防ぐための栽培管理を行うとともに、生育期間中の病虫害の発生に注意を払い、必要に応じて防除等を行う必要がある。

子実用トウモロコシ栽培における病虫害対策としては、栽培する地域において問題となる可能性のある病虫害の種類を把握し、対象となる病虫害について、「耕種的防除法」と「化学的防除法」を効果的に組み合わせて栽培体系の中で総合的に取り組む必要がある。「耕種的防除法」としては、栽培時期の移動や栽培適地の選定等によって病虫害被害を回避する方法、抵抗性品種を選択する方法、前作の作物残渣を撤去し伝染源や害虫の生き残りを除去する等の圃場衛生に努める方法のほか、密植を避けて風通しをよくする、圃場排水性の改善、窒素過多を避けた施肥や雑草の管理などの栽培管理、適期収穫などがある。「化学的防除法」は主として農薬を使って行う防除法のことであるが、農薬によって適用となる病虫害が定められているほか、使用方法や使用回数が決めているため、農薬の使用の際はラベルに書かれた使用上の注意をよく読み、登録内容に従った使用方法を遵守する。また、近年、他の作物において同一系統の薬剤\*の連用等により薬剤抵抗性\*が問題となっている事例があるため、子実用トウモロコシ栽培においても同一系統の薬剤の連用を避けた防除計画を作成するなどの留意が必要である。なお、飼料の製造・使用等に当たっては、その安全性と品質確保のため、残留農薬やかび毒等に基準値が定められており、病虫害対策においても飼料安全法（飼料の安全性の確保及び品質の改善に関する法律）や関係法令に基づいた対応が求められる。

### イ 主要病害の発生生態と対策

トウモロコシには多様な病害が発生するが、ここでは子実での利用で特に問題になる、子実に直接的に損害を与える病害、および植物全体を損傷する病害を中心に紹介する。より詳しくは、農研機構公式サイト内の『飼料作物病害図鑑

(<http://www.naro.affrc.go.jp/org/nilgs/diseases/dtitle.html>)』および同図鑑中で紹介している関連文献等を参照されたい。

#### ① 苗立枯病

発芽途中の種子や発芽直後の幼苗が、ピシウム属菌、フザリウム属菌など、土壤中に生息する糸状菌（かび）\*に侵されて枯死する病害である。最初、葉が



図 2-3-1 苗立枯病の病徴  
(ピシウム属菌による症例)

灰色～暗色に変色し（図 2-3-1 上部の矢印）、その後、根も含む植物体全体に変色・枯死が進み（図 2-3-1 下部の矢印）、発芽不良・苗立ち不良の要因となる。多湿条件下で発生が多くなることが知られるので、圃場の排水を良くすることで発生を軽減できる可能性がある。

### ②ウイルス病（モザイク病・すじ萎縮病）

いくつかの種類のウイルス\*病が知られているが、特に発生が多いのはモザイク病、すじ萎縮病である。前者は葉に生じる黄色いモザイク状の模様、後者は葉の変形・奇形化が特徴で（図 2-3-2）、いずれも激発すると植物体が極度に矮化して開花・結実しなくなり、収穫が見込めなくなる。いずれもアブラムシ・ウンカ等の吸汁性昆虫によって媒介されるので、これら媒介虫の防除が病害対策となるが、一部のウイルス\*で種子伝染する例も知られており、地域品種の育成、自家採種等を行う場合は注意が必要である。



図 2-3-2 ウイルス病の病徴

左:モザイク病と見られる症例

右:すじ萎縮病と見られる症例(矢印の株)

### ③根腐病

土壤中に生息するピシウム属の糸状菌(かび)\*による病害で、子実登熟の途中から茎内部や根系が腐敗し、給水不良で葉や雌穂が萎ちようして垂れ下がり、ひどい場合は内部が腐敗・空洞化して倒伏する（図 2-3-3）。萎ちよう・倒伏に伴い生育や子実の登熟が阻害され、収量・栄養価が低下するほか、機械収穫がうまくできなくなり、これに伴う収穫減も生じる。病原菌が多湿条件を好むため、圃場の排水を良くすることで発生の軽減が期待できる。また、窒素施肥が過多になると発生が増えるとされているので、適正な施肥量を心がける。発生が予想される圃場では、抵抗性品種を利用する。



図 2-3-3 根腐病で倒伏が多発した圃場

罹病株の切り株(矢印)を見ると、隣接の健全株の切り株と比して内部が激しく腐敗・空洞化していることが判る。

#### ④赤かび病

フザリウム属の糸状菌（かび）\*により子実が侵される病害（写真 2-3-6）で、生産される毒物（かび毒\*）により子実が有毒化することがあるので注意が必要である。多発が予想される圃場を避けた適地で栽培、また、虫害による雌穂（包葉）の損傷で感染が増えることがあるので、適切な害虫防除を心がける。収穫後の乾燥が不十分だったり、貯蔵中の湿度が高くと、収穫後もかびの増殖が続き、子実の汚染が進むことがあるので、かびが繁殖する前の適期の収穫と、収穫後の早めの乾燥、低湿下での保管も重要である。かび毒に汚染された飼料を家畜に給与すると、家畜の健康（生産性）や畜産物の安全性に影響を及ぼす可能性があることから、かび毒による汚染が心配される場合は、関係検査機関等で安全性を確認してもらうのが望ましい。



写真 2-3-6 赤かび病に感染した雌穂  
包葉から露出した子実や、虫害・鳥害等による雌穂の傷から感染する機会が多いが、明確に病徴が生じず、外観からは感染の有無が判別できない場合もある。

#### ⑤すす紋病

糸状菌（かび）\*による葉の病害で、葉に褐色～暗色の大きな紡錘形の病斑（写真 2-3-7）を多数生じ、やがて病斑が拡大・融合、葉全体が損傷・枯死に至る。病害の進展に伴い枯死葉が増加、やがて株全体の枯れ上がりに繋がるため、子実の収量・品質が低下する。発生が予想される地域では抵抗性品種を利用したい。病斑中央部の黒色の微小な斑点は大量に形成されたかびの胞子で、隣接する葉・植物株に飛散して感染を拡大するため、激発すると圃場全体が枯れ上がる被害となる場合もある。発生してしまった場合、罹病葉（罹病残渣）に大量の胞子が形成されて長期間生残するので、翌シーズン以降の伝染源になるのを避けるため、圃場に放置せず、地中にすき込んで腐敗させる、圃場外に搬出して処理する、等の対策が望ましい。散布用殺菌剤（プロピコナゾール乳剤）の登録があるので、発生後、早い時期に処置できれば被害軽減が期待できる。



写真 2-3-7 すず紋病の病斑  
中央の紡錘形の病斑。病斑内の黒い微小斑点は病原菌の胞子。



## ⑥黒穂病

糸状菌（かび）\*の感染で茎葉や穂が奇形化する病害。奇形化は、始め白色の異常肥大組織（ゴール、写真 2-3-8 左）として生じ、やがてゴール内部に病原菌の暗色の厚膜孢子（黒穂孢子）が大量に作られ、組織を破って飛散、穂が罹病した場合には黒穂症状（写真 2-3-8 右）となり、子実が収穫できなくなる。黒穂孢子は周辺のトウモロコシ株に伝染するほか、落下して土壌中で長期間生残し、翌シーズン以降の伝染源になる。抵抗性品種の利用である程度被害を軽減できるが、多発した圃場では連作を避ける、発病した植物株は孢子を飛散させ始める前に除去する、孢子を飛散させ始めてしまった植物株の圃場への鋤込みや堆肥化への利用を避ける、等、作土・圃場を病原菌による汚染から守る対策が望ましい。



写真 2-3-8 黒穂病の症例

左：茎葉に生じた病徴（白色の異常肥大組織：ゴール）

右：雌穂に生じた病徴（黒穂症状：奇形化した雌穂内で形成された病原菌の厚膜孢子（黒穂孢子）が吹き出している）

## ウ 主要害虫の発生生態と対策

### ①アワノメイガ

幼虫が常襲的にトウモロコシを加害する、もっともよく見られる重要害虫。成虫は前翅長約 10mm のガ。終齢幼虫は体長 20~25mm、頭部は暗褐色、体はやや透明な淡褐色で小黑点が点在する。東北では年 2 化、関東以西では年 3 化、暖地では年 4 化と発生回数が多くなる。

雌は卵を葉裏等に塊で産み付ける。孵化した幼虫は葉を片側の表皮を残して摂食するが、2~3 齢以降は巻葉、稈、雄穂、雌穂等に侵入し、内部を食害するようになる(図 2-3-4)。加害場所はトウモロコシの生育初期は巻葉や葉鞘で、雄穂形成期以降は雄穂、絹糸抽出前後からは雌穂への侵入が多くなる。稈は全期間を通じて食害されるが、4、5 齢幼虫によることが多い。幼虫が植物体内に侵入するときに空けた孔の周囲には虫糞が堆積するため、被害を見つけやすい(図 2-3-4 中央)。

子実用トウモロコシでは子実が完熟してから収穫するため、絹糸抽出から収穫までの期間が長く、幼虫の食害による被害が顕在化しやすい。幼虫が潜入した稈や実は、食害された部位の組織が脆弱になり、折れやすくなるだけでなく、カビが感染しやすくなるので注意を要する。特に雌穂柄が折損すると実が垂れ下がり(図 2-3-4 右)、台風通過時の強風や収穫機械等の震動で容易に落下する。

対策：発生の多い圃場ではカルタップ水溶剤を散布する。また、終齢幼虫は潜入した稈の内部等で越冬するので、収穫後は残渣を処理し、翌春の成虫発生につなげないようにする。

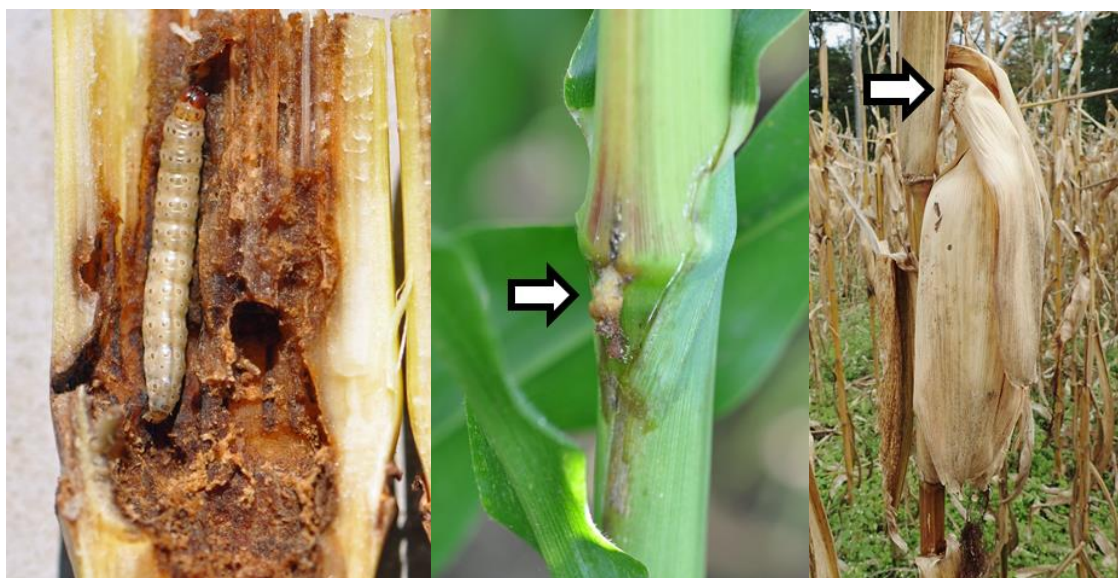


図 2-3-4 アワノメイガの幼虫による稈と実の被害

左：稈の内部を摂食するアワノメイガ 5 齢幼虫。中央：幼虫の侵入孔付近には外に排出された虫糞(矢印)が付着し、堆積する。稈は食害部から折れやすくなる。右：幼虫が雌穂柄に侵入して柄が折れると(矢印)、実が落下しやすくなる。

## ②アワヨトウ

幼虫は夜行性で、昼間は巻葉の中や雌穂の先端に潜み、夜間に摂食する。年によって黒化した幼虫が突発的に大発生し、トウモロコシを含むイネ科植物を食い尽くして甚大な被害を出すことがある。

成虫は前翅長 15～20mm のガ。終齢幼虫は体長 30～45mm。幼虫は発育した密度によって色彩や行動が異なるタイプ（図 2-3-5 左、中央）があり、低密度、定着型の孤独相は体色が灰褐色～灰緑色だが、高密度、移動型の群生相は暗褐色～暗緑色。頭部に黒色の「八の字紋」がある。

長距離移動性の害虫で、低気圧とともに大陸から飛来してきた成虫が発生源になることが多く、発生時期や発生量は変動が大きい。越冬は国内では西南暖地など比較的温暖な地域に限られ、北日本では越冬できない。幼虫は葉鞘に不規則な食べ跡や穴を残すが（図 2-3-5 右）、低密度時には食害はあまり問題にならない。大発生時には日中も盛んに摂食し、作物を食い尽くした幼虫が列をなして移動する。

対策：イネ科雑草への産卵が多いので、周囲を除草する。



図 2-3-5 アワヨトウの幼虫と食痕

左：体色が褐色のタイプの幼虫。中央：体色が暗色のタイプの幼虫。大発生時には体色がさらに黒化した個体が増加する。右：夜間、幼虫が葉を摂食して残した不規則な食痕（矢印）と糞。幼虫は巻葉の中に潜んでいた。

## ③イネヨトウ

成虫は前翅長約 10～15mm のガ。終齢幼虫は体長約 20～30mm で外見はアワノメイガによく似ているが、本種の方が体色がやや紫赤色を帯びる（写真 2-3-9）。若齢期は葉鞘を摂食するが成長すると稈に侵入して内部を食害したり、侵入孔から虫糞を外に排出するなど、習性や加害の仕方もアワノメイガと似ている。ただし、本種の方が稈の下の方を加害する傾向があり、本州中部以西での発生が多い。



写真 2-3-9 イネヨトウの幼虫

#### ④タマナヤガ、カブラヤガ

一般に「ネキリムシ類」と呼ばれ、幼虫がトウモロコシの幼苗の茎を地際で切断したり、大きな食痕をつけるため、欠株が生じる。成虫は前翅長 20～25mm のガ。終齢幼虫は体長約 35～50mm。両種の幼虫は外見がよく似ており、頭部は褐色、黒褐色の網状斑があり、体は灰褐色～褐色。

イネ科雑草等に産卵し、トウモロコシに直接産卵することは少ないので若齢幼虫の被害はあまり問題にならないが、生育するにつれて近隣の圃場へと侵入する。トウモロコシでは幼苗期に茎の根元を食害されると株が倒れたり、枯れたりする（図 2-3-6）。幼虫は生育すると夜行性となり、昼は土中に潜る習性があるので、倒れている株の周囲を掘ると幼虫が見つかることが多い。タマナヤガは暖地で越冬し、北日本では越冬困難だが、カブラヤガは北日本でも幼虫越冬できると思われる。突発的に大発生し、成虫が中国大陸や国内の他の場所から集団で牧草地等に飛来する事が知られている。

対策：雑草が発生源になるので周囲の除草を行い、被害が確認されたらダイアジノン粒剤を散布する。



図 2-3-6 ネキリムシ類の被害

上：茎の根元を切断されて倒れ、枯れ始めたトウモロコシの幼苗。下：倒れた株の根元に潜っていたタマナヤガの幼虫。地際で茎を食害して切断するため（矢印）、欠株の原因となる。

#### ⑤タネバエ

幼虫が播種後の種子に食入すると発芽せず、多くの欠株を生じる。成虫は体長 4～6mm のハエで、終齢幼虫は体長約 10mm のいわゆる「ウジ」（図 2-3-7）。

寒地系害虫で北日本での発生が多い。早春から成虫が出現し、土の間隙に産卵する。孵化幼虫は深さ 5cm ぐらいの地中で活動し、種子や幼苗に侵入する。食害が激しい場合は発芽できず再播種となる事もある。低温期の早蒔きで被害が出やすい。

対策：成虫は家畜糞尿の臭気に誘引されて産卵するので、堆肥を施用する場合は完熟したものを使う。発生が懸念される場合は播種前にチアメトキサム水和剤を種子に塗抹処理する。



図 2-3-7 播種後のトウモロコシの種子に食入したタネバエの幼虫（矢印）

## エ 子実用トウモロコシ栽培における病害虫対策を考慮した取組み

子実用トウモロコシ栽培における病害虫対策の取組みのポイントについて、栽培時期ごとに整理すると、以下ようになる（表 2-3-6）。

表 2-3-6 子実用トウモロコシ栽培における病害虫対策の取組み

実施時期	病害虫対策のための取組・留意点
播種前	前作の作物残渣などの伝染源や害虫の除去（残渣の持出し、すき込みなど） 排水性の改良等、病害虫の発生しにくい圃場整備 早播き・遅播きなどによる作期移動 病害抵抗性品種の選択 種子への薬剤処理（立枯性病害やタネバエ等）
播種	推奨される栽植密度の遵守
生育期 出穂期 登熟期	適切な肥培管理 病害虫の発生や被害の有無の観察 必要に応じ適切な薬剤の選択と適期防除 薬剤使用時期、使用回数への遵守 同一系統の薬剤の連用の回避
収穫期	適期収穫

## オ 子実用トウモロコシ栽培で使用可能な殺虫剤、殺菌剤

トウモロコシはその用途が食用、飼料用、工業用と広く、使用される農薬の登録においても適用範囲が用途ごととなっているため、注意を要する。飼料用の子実用トウモロコシ栽培における病虫害防除及び雑草防除に使用可能な農薬としては、表 2-3-7 上段に示したとおり、「飼料作物」または「飼料用とうもろこし」に登録のあるものになり、青刈りトウモロコシ（表 2-3-7 下段）にある「飼料用とうもろこし（青刈り）」は使用できないので注意する。病虫害防除のために現在使用できる殺虫剤、殺菌剤については表 2-3-8 を参考にされたい。なお、農薬による防除を行う際は、ラベルに記載されている適用作物のほか、使用時期、使用方法等も十分に確認し、適正に農薬を使用する。

表 2-3-7 トウモロコシの利用形態と使用可能な農薬

用途	利用形態	収穫時期	利用部位	使用可能な農薬
飼料用	子実用トウモロコシ	完熟期	子実	「飼料作物」または「飼料用とうもろこし」（「飼料用とうもろこし（青刈り）」を除く）に登録のあるもの
	青刈りトウモロコシ（WCS）	黄熟期	雌穂（子実・穂軸・包葉を含む）・茎・葉	「飼料作物」、「飼料用とうもろこし」または「飼料用とうもろこし（青刈り）」に登録のあるもの

表 2-3-8 飼料用の子実用トウモロコシ栽培で使用可能な殺虫剤・殺菌剤（2018年10月現在）

農薬系統名 (IRAC/FRACコード) 農薬名*	適用病害虫名	使用倍率・量	使用時期	本剤の 使用回数	使用方法
有機リン系 (I:1B)					
MEP乳剤	アブラムシ類	2000倍・100～300l/10a	収穫30日前まで	2回以内	散布
ダイアジノン粒剤	タマナヤガ	6kg/10a	収穫60日前まで	2回以内	散布
ネオニコチノイド系 (I:4A)					
アセタミプリド水溶剤	アブラムシ類	6000倍・100～300l/10a	収穫90日前まで	3回以内	散布
チアメキサム水和剤	タネバエ, ハリガネムシ類	原液6ml/乾燥種子1kg	は種前	1回	塗抹処理
ネライストキシシン類縁体 (I:14)					
カルタップ水溶剤	アワノメイガ	1000倍・100～300l/10a	収穫21日前まで	2回以内	散布
DMI殺菌剤 (F:3)					
プロピコナゾール乳剤	すす紋病	1000倍・100～300l/10a	収穫7日前まで	2回以内	散布
		8倍・800ml/10a	収穫7日前まで	2回以内	
		16倍・1600ml/10a			
PP殺菌剤 (F:12)					
フルジオキシニル水和剤	根朽病	種子重量の0.3～0.5%	は種前	1回	種子粉衣
ジチオカーバメート類及びび類縁体 (F:M03)					
チウラム水和剤 (忌避剤)	苗立枯病	原液20ml/乾燥種子1kg	は種前	1回	塗抹処理

\*農薬名は一般名で表記した。

(担当：平江雅宏・吉田信代・菅原幸哉)

#### 4) 収穫・調製

##### a 収穫作業

##### ア 収穫時期

子実用トウモロコシの収穫時期は、ミルクラインが子実の基部にまで完全に下がり、ブラックレイヤーと呼ばれる黒い層が基部に確認できるようになる完熟期であり、WCS 用トウモロコシの収穫適期とされる黄熟期よりも2週間以上遅い収穫となる(図2-4-1~3)。絹糸抽出から完熟期に達するまでの期間は品種や播種時期、気象条件により異なるが、完熟期に達した子実乾物率は70%以上に高まる(図2-4-4)。



図2-4-1 抽出した絹糸(けんし、左写真)と完熟期に達したトウモロコシ(右写真)



図2-4-3 基部に生じたブラックレイヤー

写真左から右へ生育が進むにつれて、はっきり確認できる、  
写真提供：パイオニアエコサイエンス株式会社

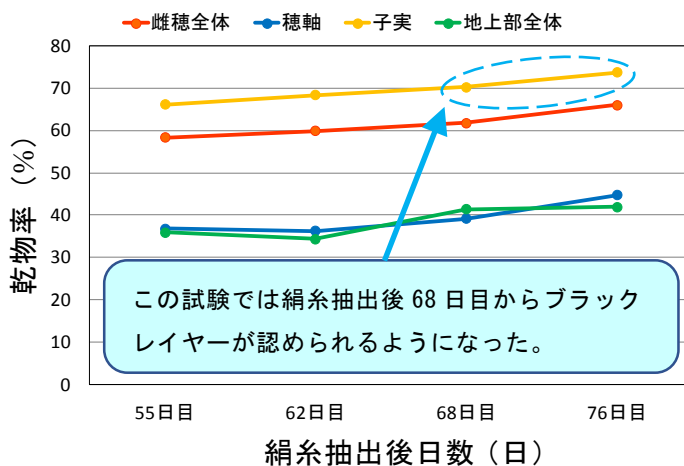


図2-4-4 黄熟期から完熟期にかけての雌穂、穂軸、子実及び地上部全体の乾物率の変化

2014年畜草研ほ場試験結果、品種「なつむすめ」(晩生品種)、5月

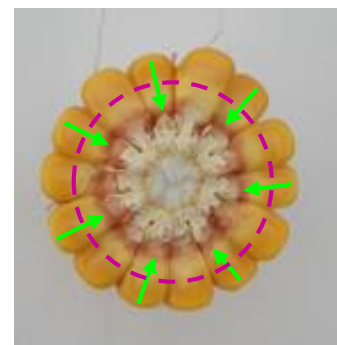


図2-4-2 子実に現れるミルクライン

ミルクライン(赤い破線)は子実の表面から基部へ向かって移動し、完熟期には基部に達する

※図2-4-1、2、4は「平成27年度関東地域飼料増産行動会議現地研修会」資料(菅野、2015)より作図



## イ 収穫機

子実用トウモロコシの収穫には、穀物の収穫に用いられる普通コンバインが利用される。一筆のほ場面積が大きな北海道の畑作地帯では、ムギ等の収穫用に導入された外国製の大型の普通コンバインに専用のアタッチメントを装着して利用されることもある（写真 2-4-1）。都府県の場合は、脱粒しにくいジャポニカ米の収穫性能や水田での走行性に優れる国産の普通コンバイン（以下、「汎用コンバイン」と呼ぶ）が利用される（写真 2-4-2）。これは、水田輪作体系の中で1つの作物として子実用トウモロコシが栽培されるためである。なお、日本ではイネ等の収穫用に穂先だけを脱穀部に供給して脱穀を行う自脱コンバインが開発されて広く普及しているが、子実用トウモロコシの大きさや形状から自脱コンバインの適用は困難である。



写真 2-4-1 外国製の普通コンバイン



写真 2-4-2 国産の汎用コンバイン

汎用コンバインは、ヘッダ（リール、刈り刃等）、搬送部（チェーンコンベヤ等）、脱穀部（こぎ胴、受け網等）、選別部（チャフシープ、圧送ファン等）、穀粒処理部（穀粒タンク等）、わら処理部、走行部、原動機などで構成される（図 2-4-5）。ヘッダで刈り取られた茎葉を含むトウモロコシの地上部全体が搬送部を経て脱穀部に投入され、回転するこぎ胴で機体後方向へ送られる間に脱穀される。脱穀された子実は選別部で揺動選別と風力選別を受けてくずやごみと分離され、コンベヤ等で送られて穀粒タンクに回収される。トウモロコシの茎葉や穂軸は脱穀部からわら処理部に送られ、チョップパにより細断されて（オプション）、くずやごみとともに拡散装置によりほ場へ均一に散布される。

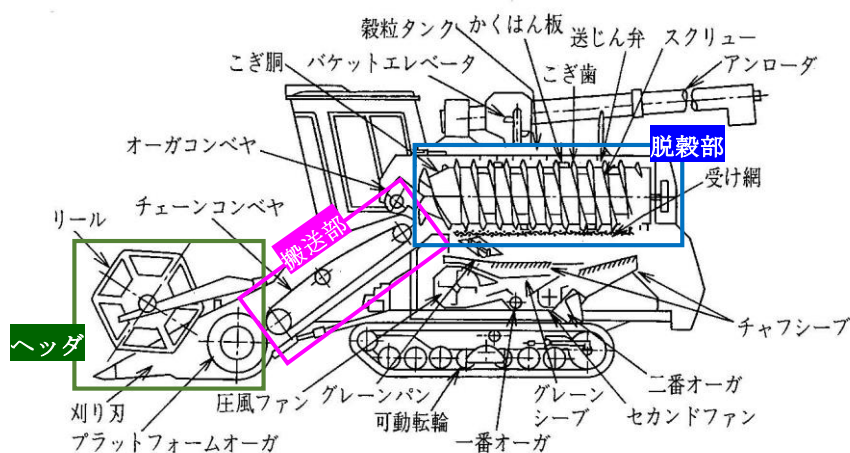


図 2-4-5 国産の汎用コンバインの構造例

「生物生産機械ハンドブック」 p614 の図 6.4（農業機械学会編、コロナ社、1996）を転載したものに各構成部を枠で図示

子実用トウモロコシ用の汎用コンバインには専用のリールヘッドが採用されている（写真 2-4-3）。リールでトウモロコシを引き込む際に生じる雌穂の落下等による頭部損失を低減することが収穫作業上のポイントとなるため、落下した雌穂を受けられるよう専用のヘッドディバイダが装備されている（写真 2-4-4）。

また、脱穀部のこぎ胴にはスクリータイプとバータイプがあり、前者はスクリーとこぎ歯の作用で脱穀が行われ、未脱防止のため拡散板が採用されているのに対し（写真 2-4-5）、後者はバーロータで作物を叩いて脱穀する方式となっている（写真 2-4-6）。いずれも専用の受け網（コンケーブ）に入れ替えたいうでこぎ胴の回転速度をイネ・ムギの場合より低く抑えることや、風力選別の送風量を高めるなど選別条件を変えることなどで子実用トウモロコシの脱穀や選別を可能としている。



写真 2-4-3 子実用トウモロコシ収穫用のリールヘッド



写真 2-4-4 ヘッドディバイダ



写真 2-4-5 スクリータイプのこぎ胴  
左上写真はスクリーロータに装着されている  
拡散板



写真 2-4-6 バータイプのこぎ胴

表 2-4-1 に現在までに市販されている 2 機種の子実用トウモロコシ収穫用の汎用コンバインの主な諸元を示した。2～3 条刈りを想定して刈幅 2.1m の機種を掲載しているが、A 社では刈幅 2.6m と 3.0m、B 社では同 2.6m と 3.2m の機種も取り揃えている。子実用トウモロコシの収穫には脱穀・選別に要する相応の所要動力が必要であり、いずれの場合も汎用コンバインの中でも 100 馬力を超える大型の機種となっている。

（担当：阿部佳之）

表 2-4-1 子実用トウモロコシ収穫に対応した汎用コンバインの主要諸元（刈幅 2.1m、オプションの刈取処理装置を装備の場合）

			A 社（2016 年販売開始）	B 社（2018 年販売開始）	
機体寸法（全長×全幅×全高）	mm		6240×2370×2760	6130×2490×2680	
機体質量	kg		5070	5300	
エンジン	種類	—	水冷 4 サイクル 4 気筒立型ディーゼルインタークーラターボ		
	総排気量	L	3.053	3.769	
	最大出力／回転速度	kW (PS)/rpm	83.8 (113.9)／2500	88.3(120)／2600	
	燃料タンク容量	L	110	120	
走行部	クローラ	幅×設置長	mm	550×1960	500×2160
		中心距離	mm	1235	1400
		平均設置圧	kPa (kgf/cm <sup>2</sup> )	23.1 (0.24)	24.0 (0.245)
	変速方式	—	HST 無段変速		
	前進の走行速度 （エンジン定格回転速度時）	m/sec	低速：0～1.00 標準：0～2.00 走行：0～2.81	低速：0～1.08 標準：0～2.03 走行：0～2.80	
刈取部	刈取装置形式	—	リール+プラットホーム		
	刃幅	mm	1976	1980	
	刈高さ範囲	mm	-100～1000	-60～970	
脱穀・選別部	形式	—	軸流式（スクリュウタイプ）	軸流式（バータイプ）	
	ロータ（個数、径×長さ、回転速度）	個、mm、rpm	1、590×2170、517	1、620×2210、571	
	総選別面積	m <sup>2</sup>	1.74	1.92	
穀粒処理部	タンク容量	L	1900	2300	
	排出長さ	mm	4300	4300	
作業能率（計算値）	分/10a		6～39	7～37	
メーカー希望小売価格（税別）	円		14,150,000（本体） +693,000～835,000（専用キット）	14,100,000（本体） +1,400,000（専用キット）	

## b 調製作業

トウモロコシ子実の貯蔵は、乾燥貯蔵あるいは発酵貯蔵（子実サイレージ）の2通りとなる。トウモロコシ子実用収穫機の刈取り推奨水分は30%以下であるため、刈取り時水分が20%程度の粳米に比べ、トウモロコシ子実の刈取り時水分は高くなりがちである。水分が27%のトウモロコシ子実の場合、図2-4-6のように収穫後1日もたたずに発熱し、品質の劣化につながる。このため、収穫したトウモロコシ子実は迅速に乾燥あるいはサイレージ調製する必要がある。

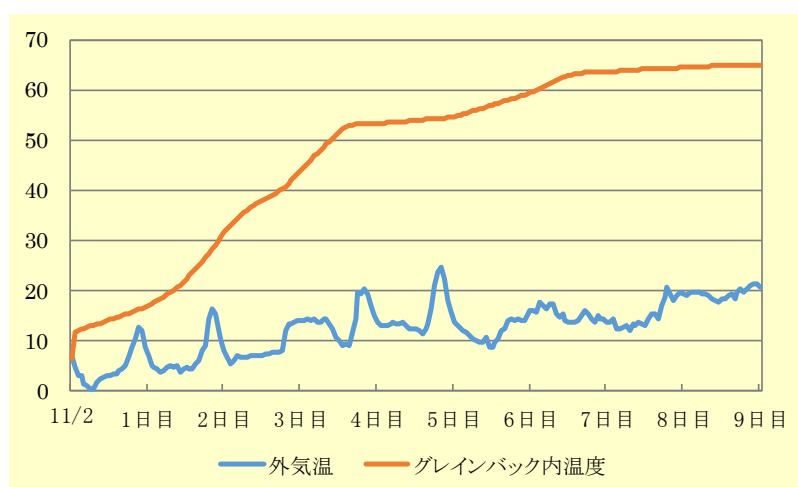


図2-4-6 水分27%で収穫したトウモロコシ子実の温度変化  
(岩手県盛岡市において)

乾燥貯蔵の場合、乾燥には米麦用循環式乾燥機を利用することができ、これにより水分を15%程度まで落とすことができる。発酵貯蔵（サイレージ貯蔵）では、内袋を装着したフレコンバッグ、カップサイロ、ラップサイロによる貯蔵、あるいは後述するフレコンラップ法を利用した貯蔵を行う（図2-4-7）。

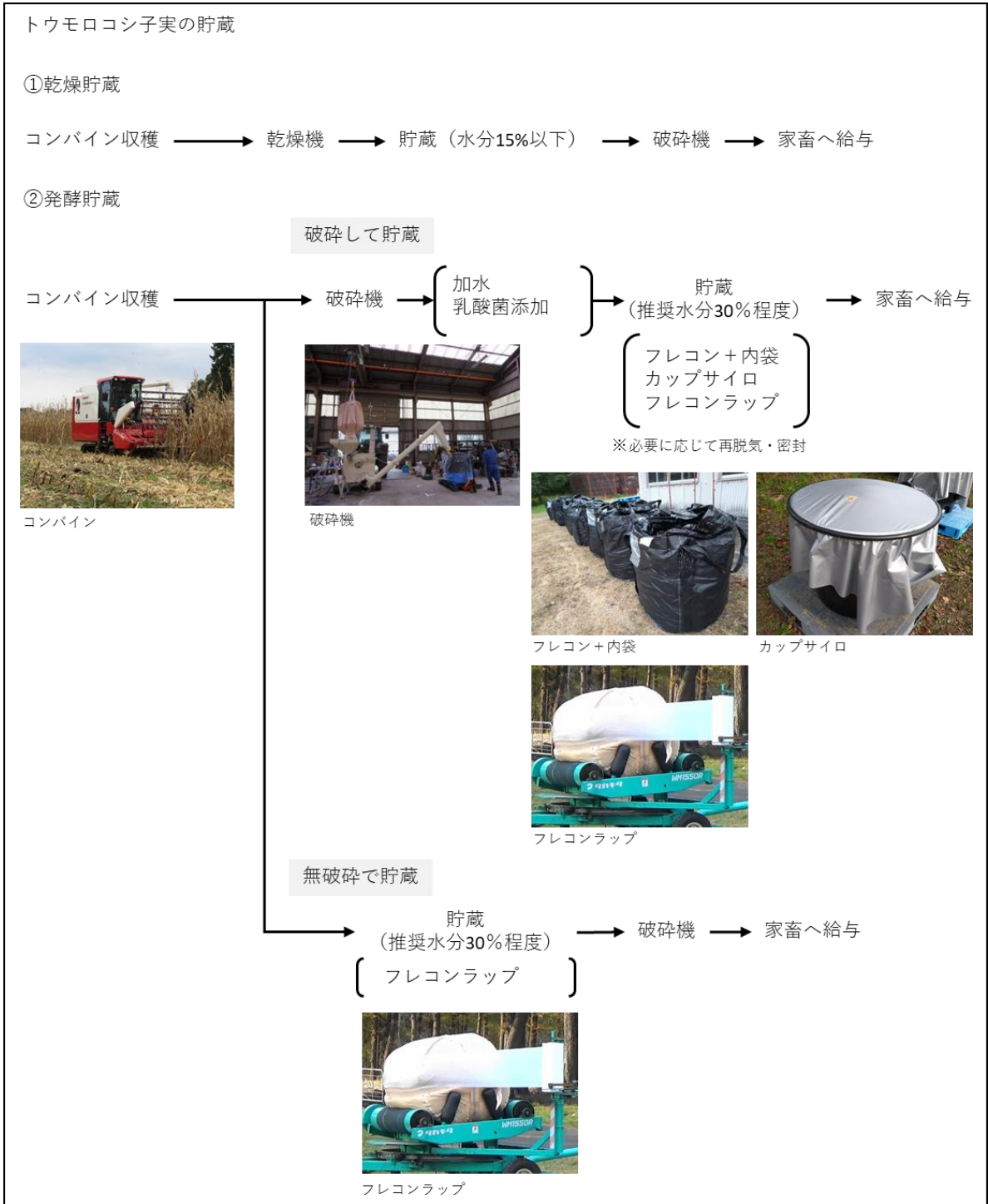


図 2-4-7 トウモロコシ子実の貯蔵フロー

発酵貯蔵では、貯蔵中の空気の侵入防止とサイレージの pH を下げる乳酸発酵の促進が重要となる。気密性を高めるためにはトウモロコシ子実を破砕し、穀実間のすき間をできるだけ少なくする必要がある。破砕したトウモロコシ子実の詰込みにあたっては、踏圧や掃除機等によりサイロ内の空気を可能な限り減らす脱気処理を行う。例として、

「ア」でフレコンバッグでのサイレージ調製について紹介する。なお、「イ」で紹介するフレコンラップ法では、ラッピングにより気密性を保持するため脱気処理の必要がなく、その気密性も比較的高いため無破碎での貯蔵が可能となる。

一方で、過度な破碎は作業時間に影響するだけでなく、牛の反すう胃内での分解・吸収が早まり、ルーメンアシドーシス発生の可能性が高くなるため注意が必要となる。以上のトウモロコシ子実の発酵（サイレージ）調製は、近年普及が進みつつある籾米サイレージの調製方法を応用することができる。

#### ア フレコンバッグでのサイレージ調製

最初に、収穫されたトウモロコシ子実（写真 2-4-7）を目開き 8～15mm のメッシュを装着したハンマーミル型の破碎機で破碎する。次にこの破碎したトウモロコシ子実（写真 2-4-8）を、ポリエチレン製の内袋を入れたフレコンバッグに詰め込む（写真 2-4-9）。内袋の損傷は気密性の低下につながるため、ある程度の厚みのある内袋あるいは複数枚の内袋が必要となる。フレコンバッグを用いた籾米サイレージの調製では、厚さ 0.08mm のポリエチレン内袋 1 枚を使用することが推奨されている。また、乳酸発酵を促進するためには原料の水分を 30%程度とする必要があり、これよりも水分が低い場合は加水して水分を調整する（子実水分と発酵との関係は図 3-1-1 参照のこと）。さらにサイレージ用乳酸菌製剤の使用も推奨される。このとき、ヘテロ発酵型乳酸菌のような二次発酵抑制効果のある製剤を選択した場合、開封後の変敗抑制の効果も期待できる。調製の最後に、掃除機で内袋内の空気を除き（写真 2-4-10）、結束バンドや空気式クリップ等を用いて密閉する（写真 2-4-11）。気密性保持のためにはこの空気の除去と内袋の密閉は重要な作業となるが、これらの作業の要点については以下の文献が参考になる。

（参考）

- ・既存の穀物用施設を活用した籾米サイレージ調製技術マニュアル<第2版>
- ・高品質な籾米サイレージの調製と給与を目指して～成功のためのヒント その 1～  
牧草と園芸 第 66 巻第 4 号

屋外での貯蔵では、紫外線などによる劣化が少ない耐候性フレコンバッグ（写真 2-4-12）の使用を推奨する。なお屋外での貯蔵にあたっては、ネズミやカラス等の鳥獣害対策が必要である。貯蔵中、発酵ガスの発生により著しく内袋が膨張する場合は、一度開封してガスを逃し、再度脱気・密封する。開封したトウモロコシ子実サイレージは開封後の変敗を避けるために、可能な限り早く使い切る必要がある。



写真 2-4-7 収穫後のトウモロコシ子実



写真 2-4-8 破碎後のトウモロコシ子実



写真 2-4-9 トウモロコシ子実の破碎と詰込み作業風景



写真 2-4-10 掃除機を用いた内袋内空気の吸引



写真 2-4-11 空気式クリップによる内袋



写真 2-4-12 耐候性フレコンバッグ

## イ フレコンラップ法

フレコンラップ法とはロールベールラップサイレージ技術を応用して、トウモロコシ子実などの穀実を迅速・省力的に密封・貯蔵する方法である。

コンバインで収穫した子実を内袋の無いフレコンバッグ（以下「フレコン」と略す）に入れて、簡易結束後、ベールラップで密封することで空気を遮断してサイレージ化する（図 2-4-8）。フレコンラップ法ではラップにより気密性を保持するため、脱気処理の必要がなく、また発酵ガスもラップフィルムを通して排出されるため、従来法で行われていた再脱気の必要もない。ラップフィルムは紫外線耐性があるため、長期の屋外貯蔵が可能であるが、「ア」と同様、ネズミやカラス等の鳥獣害対策は必要である。また、トウモロコシ子実サイレージを家畜に給与する際に必要な破碎作業については、ラッピング前にタカキタのミリングマシン（U500T、タカキタ、名張）（写真 2-4-13）のような大型破碎機で迅速に破碎するか、給与時にデリカの飼料用米破碎機（DHC-4010M、デリカ、松本）（写真 2-4-14）のような破碎機で破碎するか、各経営体に合わせて選択することができる。



写真 2-4-13 ミリングマシン  
(U500I、タカキタ)



写真 2-4-14 飼料用米破碎機  
(DHC-4010M、デリカ)

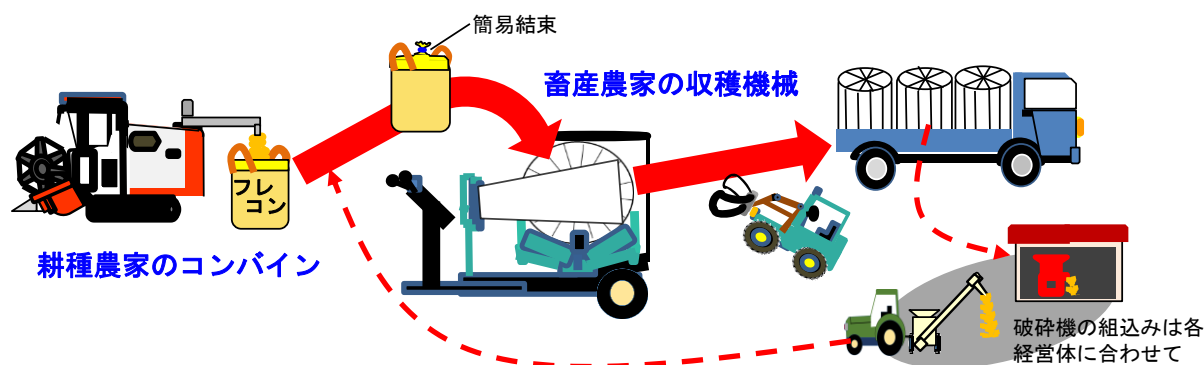


図 2-4-8 フレコンラップ法の概要



＜フレコンラップ法の必要資材と機械＞

使用可能なフレコンは 40L 容のガラ袋から 100L、500L、1000L 容のフレコンまで、各経営体の規模に合わせて選択する（図 2-4-9）。また、フレコンの直径とベールラップの適応ベール寸法を合わせることが重要である。フレコン直径とベール寸法が異なるとラップすることができない。フレコンラップ法に必要な資材はフレコン（再利用は不可）、結束用ビニール帯、手動結束機、ラップフィルムである。手動結束機はラップ時にビニール帯がフレコン口から抜けるのを防ぐため、結束強度が 30kg 程度のものを用いる（図 2-4-10）。なお、ラップによって密封を実施するため、フレコン内袋は不要である。



図 2-4-9 各種フレコンバッグ

図 2-4-10 必要資材

フレコンラップ法を行うために必要な機械はパレットフォーク付きフロントローダ、グラブ付きフロントローダ、ベールラップである（図 2-4-11）。



パレットフォーク付き  
フロントローダ

グラブ付き  
フロントローダ

ベールラップ

図 2-4-11 必要機器

各種フレコンに対応するベールラップは以下のとおりである（表 2-4-2）。

表 2-4-2 使用フレコンと対応ベールラップ

フレコンサイズ	対応ベールラップ
40Lまたは100L容（直径50cm×高さ50cm）	ロール直径50cm（例：タカキタWM-510）
500L容（直径90cm×高さ80cm）	ロール直径90cm（例：稲WCS用）
1000L容（直径110cm×高さ108cm）	ロール直径110cm（例：牧草ロールベール用）

<フレコンラップ法の工程と必要人員（写真 2-4-15）>

- ①収穫機で収穫したトウモロコシ子実をフレコンに投入する。破碎トウモロコシ子実サイレージを調製する場合はこの段階で、大型破碎機を用いて破碎をする。
- ②フレコンにトウモロコシ子実を満杯に詰め、パレットフォーク付きフロントローダでフレコンを吊り出す。この吊り出し操作によりフレコン内のトウモロコシ子実の密度が上がり、後のグラブ付きフロントローダでの運搬が容易になる。
- ③手動結束機と結束用ビニール帯でフレコンの口を結束する。このときフレコン上部の投入口部分にたるみができないようにすることがポイントである。なお、フレコンの吊りベルト（2本）はラップの際に機械等に引っかからないように、簡単に縛っておく。
- ④グラブ付きフロントローダで結束済みフレコンを掴み、ベールラップのターンテーブルに乗せ、ラップを行う。



①詰め込み



②吊り出し



③結束



④フレコン運搬とラップ

写真 2-4-15 無破碎穀実のフレコンラップ法の工程

フレコンの生地は滑りやすいため、使用するグラブはフレコン直径にあったものを用い、図 2-4-12 のように素早くフレコンを倒して運搬する。



図 2-4-12 フレコンおよびフレコンラップの掴み方

ラップは牧草ロールと同様にラップフィルムを半分ずつ重ねて巻き、6層となるようにする。フレコンラップは牧草ロールのように整った円柱状の形にはならないが、発酵品質に影響はない。この様にして調製されたフレコンラップの重量は、トウモロコシ子実サイレージでは500L容フレコンの場合380kg程度、1,000L容フレコンの場合730kg程度となる。

また、フレコンラップ法の必要人員は破碎工程がなければ3人である。大型破碎機とフレコンラップ法（1,000L容フレコン使用）を用いて、破碎トウモロコシ子実サイレージを調製した場合、1時間当たり5～7tのサイレージを調製できる。

\* 詳細については農研機構東北農業研究センター作成の以下の資料に掲載している。

- ・ 技術紹介 DVD 「フレコンラップ法」
- ・ Youtube 版動画「フレコンラップ法」 (<https://youtu.be/0n2NlqsUrao>)
- ・ 「フレコンラップ法活用マニュアル」

(担当：鈴木知之・嶺野英子)

## 5) 輪作への導入効果

### a 子実用トウモロコシの効果とその要因

北海道では、子実用トウモロコシを輪作に導入することで、2作後の小麦の収量が7～9%増加した例がある。その原因としては、トウモロコシの根が土壤中に深く侵入し作土が拡大すること、AM菌（Arbuscular Mycorrhizal Fungi）の増加によって後作物のリン酸吸収が促進されることや、トウモロコシ茎葉のすき込みによって土壤中の有機物が増加することなどが考えられる。また、トウモロコシの茎葉を持ち出す WCS 用トウモロコシでも、化学肥料だけでなく堆肥を併用する場合がある（表 2-5-1）ため、土壤有機物が増加する可能性がある。以下、比較的情報が豊富な土壤中の有機物の効果について述べる。

表 2-5-1 飼料用トウモロコシの施肥基準の例（kg/10a）

	堆肥を施用しない場合			堆肥を施用する場合		
	最少	中庸	最多	最少	中庸	最多
窒素	12	15	25	11	15	20
リン酸	10	15	28	15	15	10
カリ	12	15	38	13	6	10
石灰資材	-	-	-	-	-	100
堆肥	-	-	-	4000	4000	4000

[http://www.maff.go.jp/j/seisan/kankyo/hozen\\_type/h\\_sehi\\_kizyun/](http://www.maff.go.jp/j/seisan/kankyo/hozen_type/h_sehi_kizyun/)より抜粋。

施肥基準での堆肥施用量は、2000～4000kg/10a のものがある。施用例のうち、窒素施用量を基準に最少、中庸、最多の例を示した。

### b 土壤中の有機物の効果

土壤中の有機物は、作物残さなどが土壤中の微生物によって分解されたものであり、その6割程度は炭素によって構成され、土壤物理性、化学性、生物性を改善する（図 2-5-1）。土壤中の有機物は団粒形成に寄与することで、土壤を膨軟にし、排水性と保水性を良好にする。また、有機態の窒素やリン酸を含むだけでなく、塩基置換容量（Cation Exchange Capacity：CEC）を増加させ、アンモニア態窒素などの陽イオンを保持する効果がある。そして、土壤中の有機物は土壤中の微生物のエネルギー源となり、微生物数の維持に効果がある。土壤中の微生物の保持する窒素（バイオマス窒素）は、作物が土壤から吸収しうる窒素と関係が深いいため、微生物数を維持することは、作物が吸収しうる窒素を確保する上で効果があると考えられる。また、土壤中の微生物数が維持されることで、土壤病害が増加しにくくなる静菌作用も期待できる。

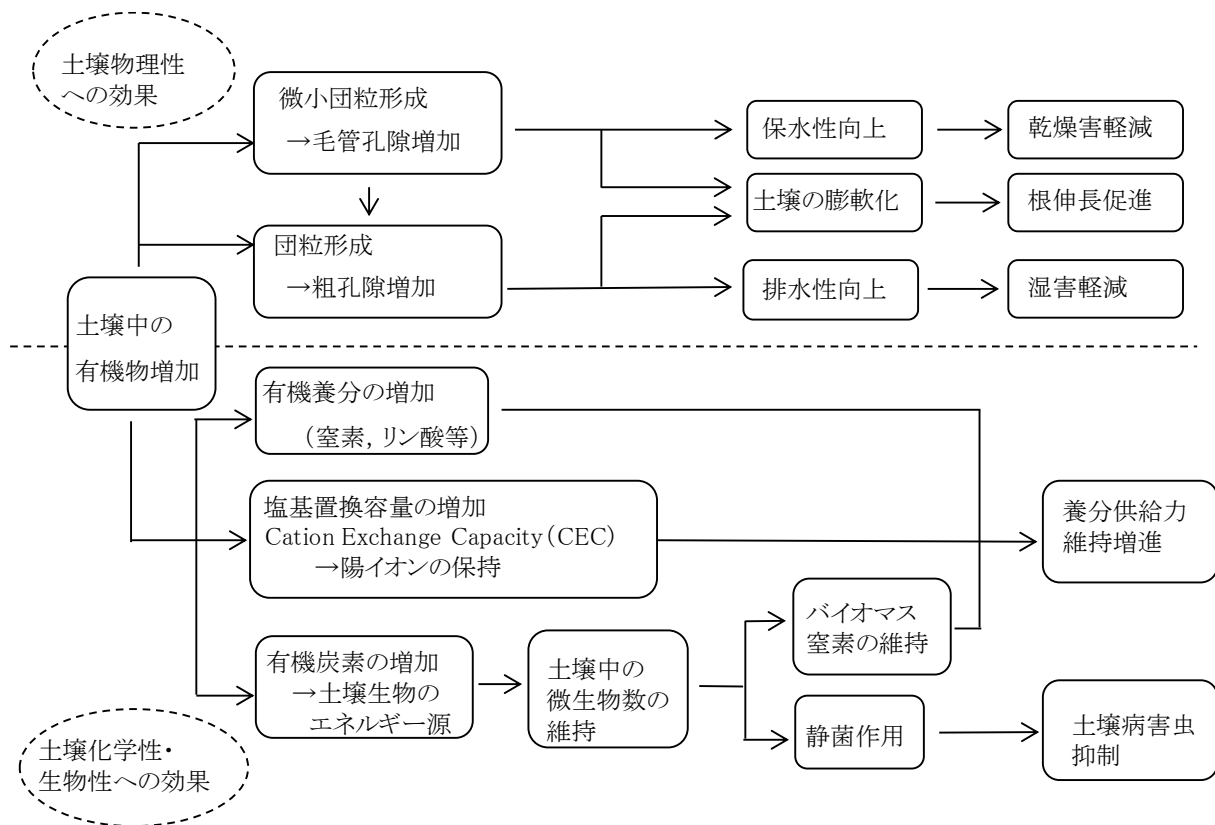


図 2-5-1 既往の文献から想定される土壌有機物の効果

### c 有機物施用の効果がみられる条件

上述のような効果は、常に認められるわけではない。例えば、黒ボク土など、もともと有機物含量の高い土壌では、子実用トウモロコシの作付けによって土壌中の有機物が増加しても、以上の効果が見られるとは限らない。一方、水田転換畑では、畑作時の酸素供給や大豆作によって土壌中の微生物が活性化され、有機物の分解が促進されている可能性がある。東北農業研究センター（2014）（『田畑輪換における地力低下の実態と地力の維持改善法』）によれば、近年の転換畑における大豆収量の停滞は地力（土壌中の可給態窒素量）の低下が原因であることが示されている。その対策として堆肥施用や作付け方法により、可給態窒素を目標レベルに維持することが重要ということが示されているが、トウモロコシは有機物供給能力が高く、また、堆肥を施用することも多いため、地力が低下した転換畑へ導入する作物として有望と考えられる。

もし、水田転換畑における地力減耗が土壌中の有機物の分解と関係しているならば、子実用トウモロコシの導入（残さのすき込みや堆肥施用）は、土壌中の有機物を増加させ、後作物の収量も増加させる可能性がある。

（担当：松崎守夫）

### 3. トウモロコシ子実の使い方

#### 1) 飼料特性

##### a 飼料成分

サイレージと乾燥品との比較ではあるが、表 3-1-1 に岩手県内の 2 カ所で生産された国産トウモロコシ子実および日本標準飼料成分表（2009 年版）に記載されている輸入トウモロコシ子実の一般飼料成分含量を示す。

表 3-1-1 国産トウモロコシ子実の一般飼料成分含量

	乾物率 (%)	粗蛋白質	粗脂肪	粗灰分 (乾物中%)	aNDFom	ADFom
国産品A(サイレージ)RM90日	69.4	7.4	3.8	1.5	13.0	3.2
国産品B(サイレージ)RM110日	64.7	9.6	3.9	1.3	11.1	4.1
輸入乾燥品(日本標準飼料成分表)	85.5	8.8	4.4	1.4	12.5	3.6

表 3-1-1 のとおり、国産トウモロコシ子実の飼料成分含量は、一般的な輸入品と比べて大きな違いはない。国産品は輸入品と比べて保存および輸送日数が短くなると考えられるが、一般飼料成分含量に大きく影響するとは考えにくい。ただし、一般飼料成分含量に現れないものとして、保存日数が短い国産品は脂質品質が高い可能性が考えられる。トウモロコシ子実の粗脂肪含量は約 4%と飼料穀物の中では高いレベルで、その主成分は多価不飽和脂肪酸のリノール酸である。リノール酸は空気中の酸素と反応して色調変化、不快臭の発生、有害物質の生成などの酸化反応が起こりやすいため、保存日数が短いことは嗜好性などに好影響を及ぼすと考えられる。

米国産トウモロコシは容積重、熱損粒、被害粒、破損異物の比率が品質規格で格付けされている。飼料用には上から 2 番目 (U. S. NO. 2) または 3 番目 (U. S. NO. 3) の等級のものが輸入されているが、成分値や家畜の嗜好性などはわからない。そして、配合飼料に混合される輸入品は生産地やロットを選ぶことができない。過去に米国産が高騰した折には、一斉に南米産に切り替わった。一方、国産品には品質規格が存在せず、検査証明もないが、生産地や品質を見定めて使うことができる。

##### b サイレージ化の影響

収穫時の子実水分が 27%以上と比較的高い場合は、そのまま密封するとサイレージ発酵が誘起される。特に破砕して密封すると発酵が促進されて pH が 4 程度に低下する (図 3-1-1)。この子実サイレージは、畜種 (鶏、豚、牛) に関わらず嗜好性が高いことが確認されている。

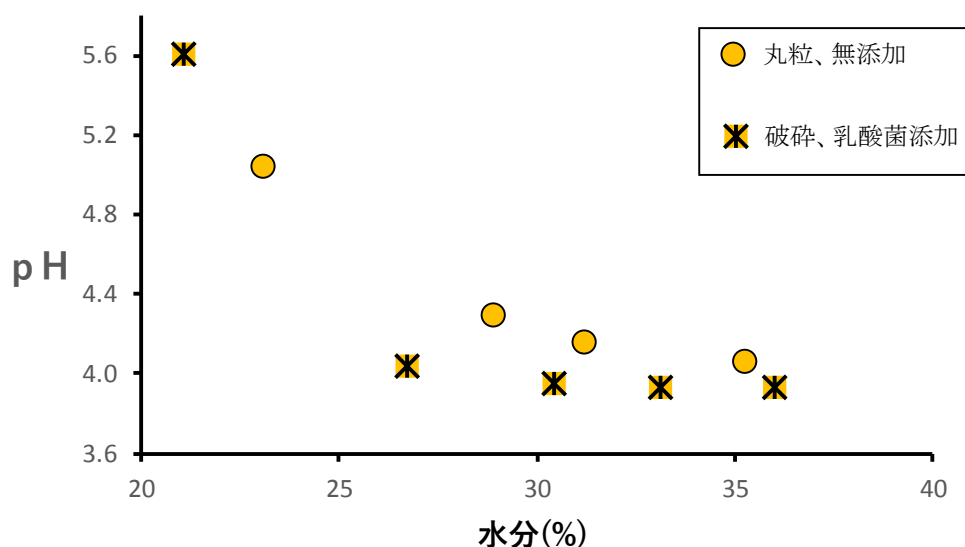


図 3-1-1 トウモロコシ子実の収穫時水分と 120 日密封貯蔵後の pH との関係

きちんと密封されて調製された破碎子実サイレージは、原料子実と飼料成分含量がほとんど変わらず、貯蔵によるロスが極めて少ない（表 3-1-2）。このため、給与飼料全体の成分含量に影響を及ぼさずに乾燥子実を子実サイレージで容易に代替できる。

表 3-1-2 子実サイレージの原料とサイレージ化後の飼料成分含量（大下ら 2016）

	乾物率 (%)	粗蛋白質	粗脂肪	粗灰分	aNDFom	ADFom	デンプン
		(乾物中%)					
原料子実	73.6	8.9	5.3	1.3	9.2	3.6	67.6
子実サイレージ	72.7	9.0	4.8	1.5	12.8	3.5	67.7
有意性	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

NS：有意差なし

一方、サイレージ発酵過程でデンプンと結合している蛋白質が分解作用を受けるため、子実サイレージは第一胃内でのデンプン分解率が乾燥子実よりも高まることが知られている。乳牛において、給与飼料中に乾燥子実が乾物比で 10% 含まれる場合、子実サイレージで全量代替しても消化率に影響はないが、乾燥子実が 20% 含まれる場合に子実サイレージで全量代替すると、採食量、乳量、乳質、血液性状は変わらないものの、デンプン消化率が高くなる傾向があり、それに伴って粗蛋白質の消化率が向上し、窒素利用効率が改善する（表 3-1-3）。よって、子実サイレージの給与は、給与飼料中の乾物比 20% 程度ならば利点が認められ、市販の圧ペン トウモロコシ等を問題なく子実サイレージで代替することができる。



表 3-1-3 トウモロコシ子実を乾物比 20%含む乳牛用混合飼料の消化率、栄養価および窒素利用率(多田ら 2019)

	乾物	粗蛋白質	粗脂肪	aNDFom (消化率%)	ADFom	デンプン	TDN (乾物中%)	体蓄積窒素 (g/日)
乾燥子実(圧ぺん)区	65.4	58.3	64.3	59.7	59.7	89.3	67.3	-32.6
破砕子実サイレージ区	67.5	62.2	62.1	58.2	57.7	92.8	69.0	-3.1
有意性(p値)	NS	<0.05	NS	NS	NS	0.055	NS	<0.01

NS：有意差なし

### c Non-GMO（遺伝子組み換えでない作物）

米国からの輸入品の90%以上がGM（遺伝子組み換え）品種であり、アルゼンチンやブラジルでもGM品種が栽培されている。これらGM品種に対して、国内では農林水産省による「組換えDNA技術応用飼料および飼料添加物の安全性審査基準」に基づき、安全性が確認されたものだけが流通している。すなわち、家畜の健康や成長に影響を及ぼさず、遺伝子組み換えによって生じたタンパク質が乳、肉、卵等の畜産物中には移行しない。また、Non-GMOだからといって必ずしも飼料特性や安全性に優れるということは考えられず、GM品種と同じくカビ毒や残留農薬などのリスクは存在する。一方で、Non-GMOであることを選択の指標としている消費者も一定数存在すると考えられる。2018年現在では、国内においてGM品種の商業栽培が行われていないことから、国産品は100%がNon-GMOである。このことは、生産地や生産者が明らかなことと同様に、国産トウモロコシ子実をアピールできる特色の一つに挙げられる。

（担当：河本英憲）

## 2) 泌乳牛への給与

### a 破碎の必要性

トウモロコシ子実サイレージは収穫時の水分が25%以上であれば未破碎でも良質なサイレージ発酵をし、長期の貯蔵が可能となる。しかし、未破碎のトウモロコシ子実サイレージを乳牛に給与すると、破碎したものに比べて第一胃内での消失率が低く（図 3-2-1）、糞への排出も多くなる（図 3-2-2）。また、破碎の有無によって乳量、乳脂肪率等への影響はないが、未破碎区では MUN（乳中尿素窒素）が正常範囲内ではあるが高い値となり（図 3-2-3）、第一胃内でのエネルギーとタンパク質のアンバランスが生じる。このため、未破碎のままトウモロコシ子実をサイレージ化した場合、給与時の破碎が必要である。

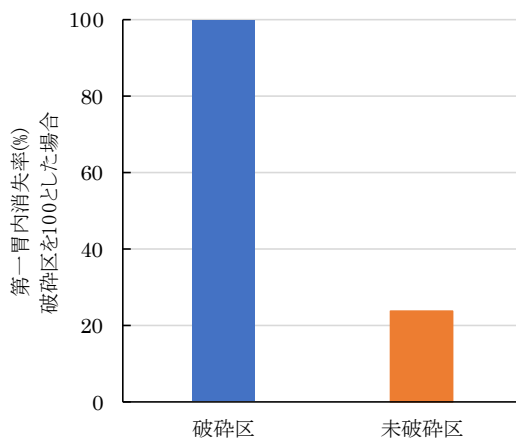


図 3-2-1 破碎処理の違いが乳牛の第一胃内消失率におよぼす影響  
(破碎区を100とした場合)  
(岩手畜研実施データより)

写真 3-2-1 試験に供したトウモロコシ子実サイレージ  
上:未破碎、下:破碎  
(破碎はデリカの飼料米破碎機でローラー間隔 1.0mm とした)

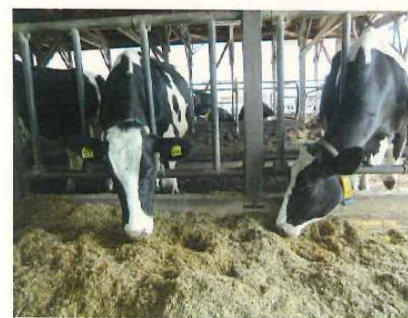
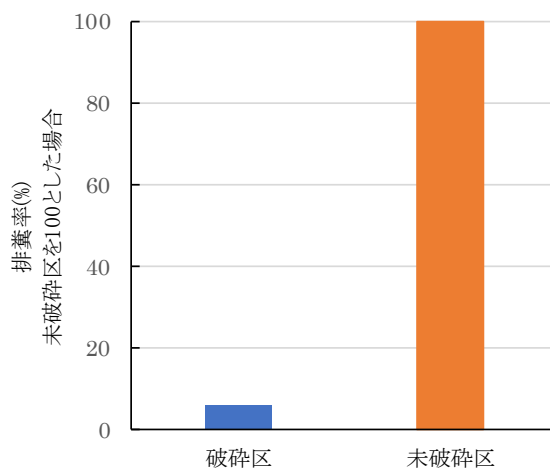


図 3-2-2 破碎処理の違いが乳牛の排糞率におよぼす影響  
(未破碎区を100とした場合)  
(岩手畜研実施データより)

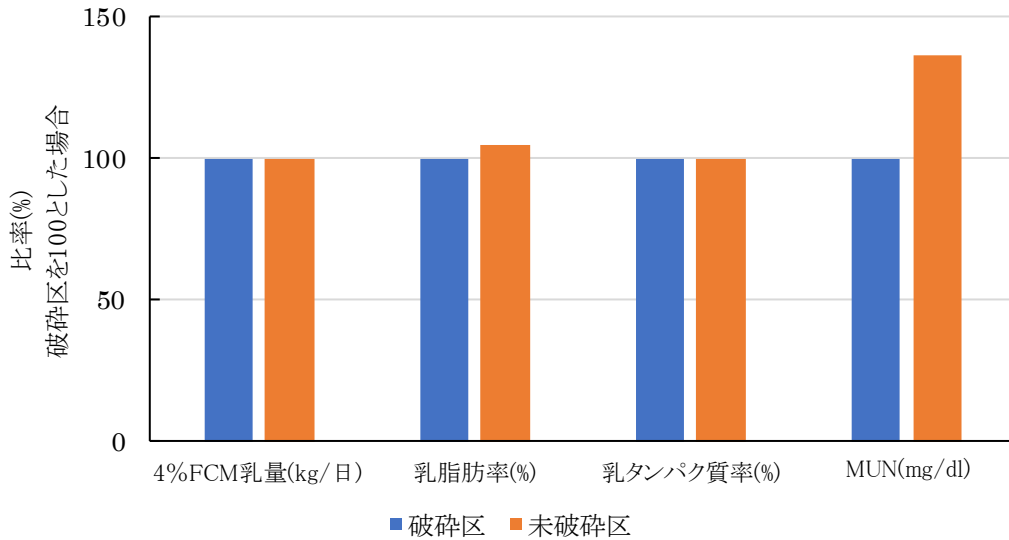


図 3-2-3 破砕処理の違いが乳牛の乳質等におよぼす影響  
(破砕区を 100 とした場合)

(岩手畜研実施データより)

b 圧ペントウモロコシを代替する場合

トウモロコシ子実サイレージは、圧ペントウモロコシの代替として飼料乾物中 25%までであれば産乳性等への影響無く給与することができる (図 3-2-4)。

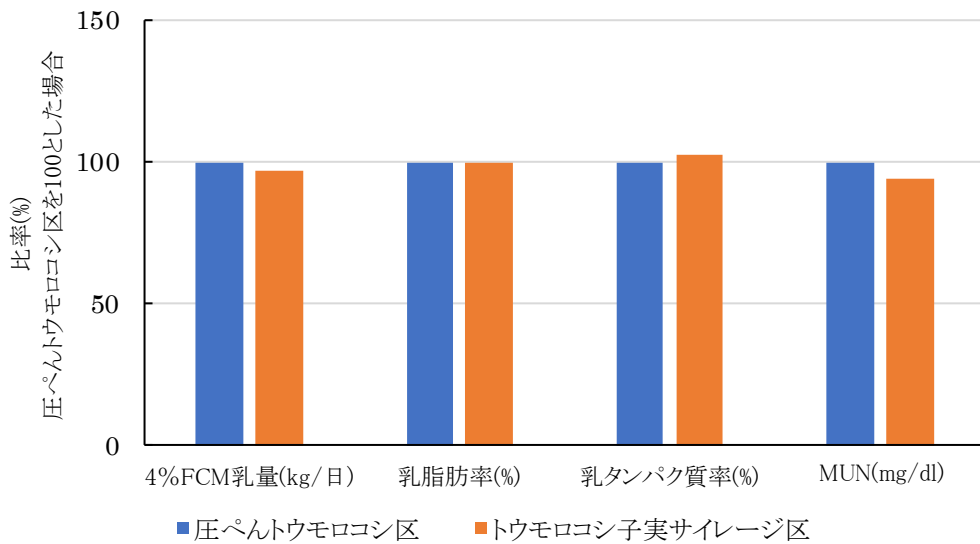


図 3-2-4 トウモロコシ子実サイレージによる圧ペントウモロコシ代替が産乳性におよぼす影響  
(圧ペントウモロコシ区を 100 とした場合)

(岩手畜研実施データより)

### c 配合飼料を代替する場合（実証試験の結果）

岩手県一戸町にある酪農家において、泌乳牛全頭（35 頭）を対象に乳牛用配合飼料の原物 10%を破碎したトウモロコシ子実サイレージで代替した飼料を 2.5 カ月間給与した。破碎したトウモロコシ子実サイレージの嗜好性は高く、乳量への影響はなかった（図 3-2-5）。しかし、MUN については正常範囲内ではあるが高い傾向が見られた。今後、さらなるトウモロコシ子実サイレージの乳牛への給与試験データの蓄積が必要である。

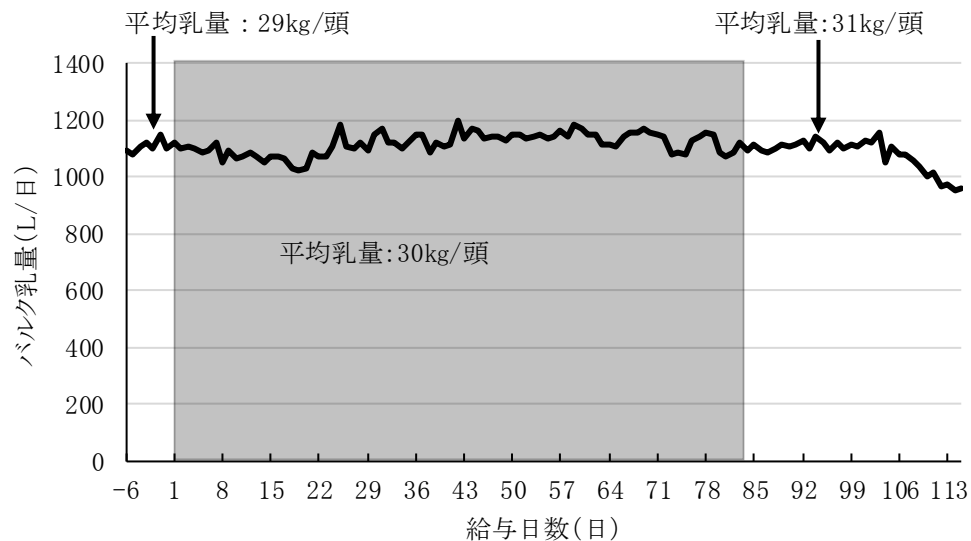


図 3-2-5 トウモロコシ子実サイレージによる乳牛用配合飼料代替が乳量におよぼす影響

(担当：嶺野英子)

### 3) 肉牛への給与

#### a 破碎の必要性

黒毛和種肥育牛において、乾燥した丸粒トウモロコシは圧ぺんしたものに比べて消化性が低く、糞への排出も多いとされている。トウモロコシ子実サイレージについても、未破碎の場合は乾燥丸粒トウモロコシと比べて第一胃内での消失率がわずかに高いが（図 3-3-1）、逆に糞への排出は多くなる傾向を示す（図 3-3-2）。これはトウモロコシ子実サイレージの嗜好性が高いため、採食スピードが速く、歯で噛む頻度が乾燥丸粒トウモロコシに比べ格段に低くなる。そのため、サイレージ化により第一胃内の消失率は高まるものの、飼料として給与した場合、嗜好性が高いため十分に咀嚼されること無く、消化管に流入し、消化管内で利用されずに糞へ排出されたと考えられる。よって、消化性の点から考えると、未破碎のままサイレージ化した場合でも、乳牛と同様に、肉牛においても給与時の破碎が必要である。

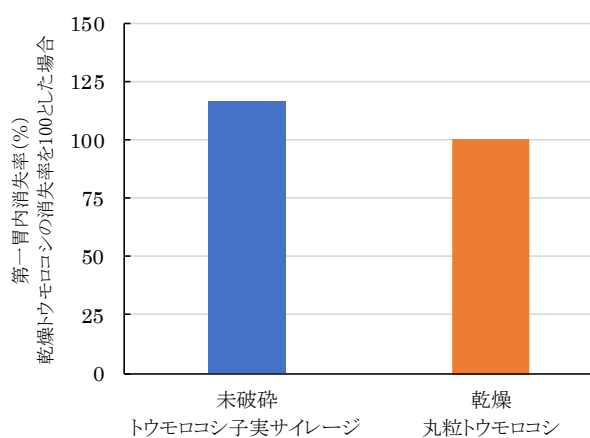


図 3-3-1 未破碎トウモロコシ子実サイレージの肉牛における第一胃内消失率  
(乾燥丸粒トウモロコシを 100 とした場合)  
(岩手畜研実施データより)

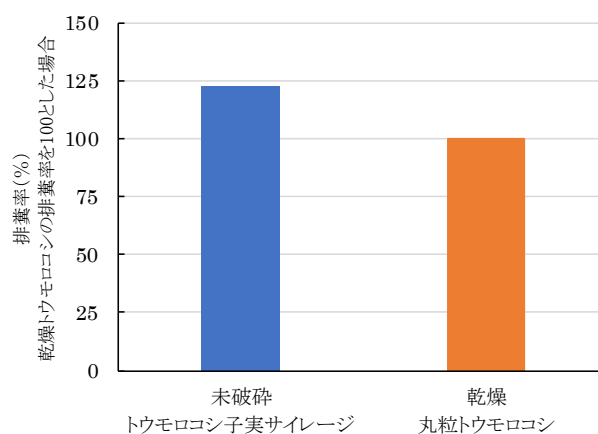


図 3-3-2 未破碎トウモロコシ子実サイレージの肉牛における排糞率  
(乾燥丸粒トウモロコシを 100 とした場合)

## b 配合飼料を代替する場合

市販配合飼料（原物中 TDN73%、CP12.5%）の乾物 30%を置き換える場合、トウモロコシ子実サイレージを乾物 25%、くず大豆を乾物 5%の割合で給与することにより、増体・肉質等への影響無く肥育することができる（図 3-3-3）。このように、トウモロコシ子実サイレージはタンパク質含量が低いため、くず大豆のようなタンパク源の補給が必要である。他のタンパク源としては大豆粕やビール粕等があるが、各タンパク源によって給与メニューの設計を行う必要がある。

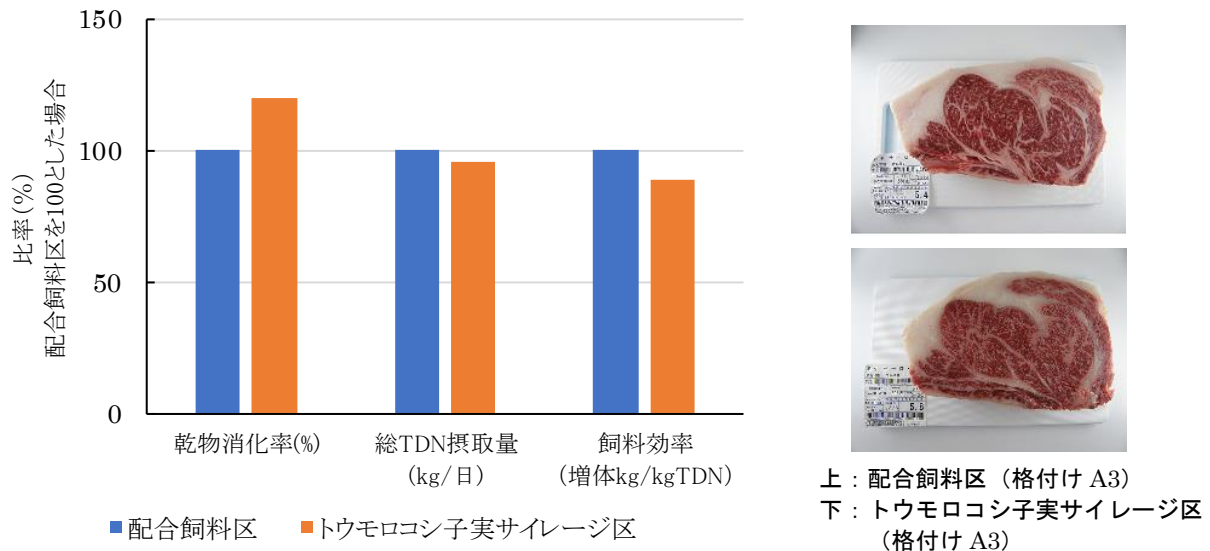


図 3-3-3 トウモロコシ子実サイレージによる市販配合飼料の置き換え（25%）が飼料効率および枝肉成績におよぼす影響（肥育後期給与）（配合飼料区を 100 とした場合）

（担当：嶺野英子）

## コラム

### 岩手県花巻地域における豚への給与事例

岩手県花巻地域の(有)盛川農場では、子実用トウモロコシの取り組みが平成25年より開始された。平成30年現在では、4軒の農家による花巻子実コーン組合へと発展し、栽培面積11.2ha、出荷量92t(推定)と、試験栽培の段階から1歩前に踏み出した段階に至っている。生産されたトウモロコシ子実は、当初より全量地元の養豚経営である高源精麦株式会社に引き取られ、岩手県内を代表するブランド豚の一つである「白金豚プラチナポーク」の配合飼料の一部代替として使われている。豚への給与形態は、平成25年と26年は大豆の乾燥ラインで全量乾燥出荷し、製粉業者で製粉後、飼料に混合給与された。しかし、乾燥子実がフレコンバックで貯蔵中に吸湿し、かびが発生したため廃棄するという事故が生じたため、平成27年からは収穫後粉砕し、子実サイレージとして調製し、豚に給与する体系に切り替えられた。豚への給餌は、現在のところ、リキッドフィーディングではなく、配合飼料に攪拌しており、引取量が少ないため、冬季限定の給餌となっている。

高源精麦株式会社の高橋社長は「白金豚プラチナポーク」のブランド戦略として、Non-GM飼料の給与、水質へのこだわりの物語、自社加工・自社販売、飲食店専用ブランドとして展開、特定の大手と取引せず地元店優先を上げ、平成25年からは海外展開として香港にも出荷している。今回の子実用トウモロコシへの取り組みは、この香港で「品種は外国由来、エサも輸入で日本の国産豚の魅力とは？」と問われた経験が一つのきっかけと聞く。その後、(有)盛川農場との出会いを経て、地域連携をブランドの武器に据えて「国産原料積極使用農場」をコンセプトに子実用トウモロコシに取り組んでいる。今後は岩手県や花巻市、地元のショップやメーカー等とも協力し、地域資源化、観光資源化への展開を考えているとのことである。高橋社長は、子実用トウモロコシに限らず、なによりも「おいしいことが大事」と強調され、その点、子実用トウモロコシは食味面では飼料用米の活用比べても安定し、安心であるとのことであった。

(資料) 平成29年度東北農業試験研究推進会議資料－畜産飼料作推進部会－  
平成30年度東北地域飼料増産現地検討会  
～子実用トウモロコシの実用化への可能性を探る～

## 地鶏への給与 ー比内地鶏・やまがた地鶏・南部かしわー

子実用トウモロコシについては、ブロイラーや産卵鶏の飼料を単純に輸入トウモロコシから国産トウモロコシで置き換えるだけでは、コスト面で折り合わない。一つの可能性として、プレミアム価格を付けることが出来る地域特産鶏ー地鶏ーへのさらなる価値の付与としての国産飼料 100%での地鶏生産の可能性が考えられる。東北各県では生産羽数が60万羽近く全国的に有名な秋田県の比内地鶏を始めとして、青森県の青森シャモロック、福島県の会津地鶏・川俣シャモ、山形県のやまがた地鶏、岩手県の南部かしわ等が飼養されている。この内、比内地鶏とやまがた地鶏、南部かしわについて、生研支援センター「革新的技術開発・緊急展開事業（うち地域戦略プロジェクト）」の中で、それぞれの県の試験場等で子実用トウモロコシの給与試験に取り組んでいる。

トウモロコシ子実のみでは、特に粗タンパク質が不足するので、飼料乾物中おおよそ1/3ほど加熱くず大豆や米ぬか等を添加し、栄養分を調整することによって、国産飼料100%で飼養が可能となる。その結果は、現在までのところ、国産トウモロコシ子実を給与した場合、慣行飼料に比べ若干体重の増加速度が遅くなる傾向が見られている。その原因として、トウモロコシ子実を破砕した際に、ある一定量微粉末状態のものが出来てしまい、それを鶏が啄むことが出来ずに残飼となって残ってしまうことが観察されている。一方で、粉碎調製しサイレージ化したトウモロコシ子実では、微粉末の問題は起きづらく、またサイレージ化することによって丸粒・粉碎を問わず嗜好性も向上するようだとの感触も得ている。一般には、鶏の嗜好性に臭覚はあまり影響しないと言われていることから、大変興味深い知見である。加えて、市販配合飼料を国産トウモロコシ子実で代替することによって、脂肪や胸肉の黄色度が高くなる傾向が見られ、このことは「地鶏らしさ」として飲食店等の実需者から好まれる傾向にある。このように子実用トウモロコシ生産の受け手として、地鶏は大きな可能性を持つと考えられるが、生産側が安心して生産でき、利用側が安定的に利用出来る、お互いに持続可能な適正なトウモロコシ子実価格の形成が今後重要となってくると考える。

(担当：山田明央)





#### 4. 取組事例

### 事例：山口県山口市 行政による強力なコーディネート支援

**取組概要：**

- 山口市農林政策課がコーディネータとなり、種苗メーカー、機械メーカー、耕種農家、畜産農家の連携を支援。
- H29年に2生産者で試験栽培を開始し、H30年には6生産者3.5haのモデル事業を展開。

**取組の契機・ねらい**

- 高齢化・離農の進展により遊休農地が増大。
- 担い手側の農地の引き受けも限界。
- 面積当たり労働時間の少ない子実用トウモロコシで、時間当たり所得の最大化と農地再生を目指す。



**地域概要**

耕地面積：9,130ha  
うち水田：8,260ha

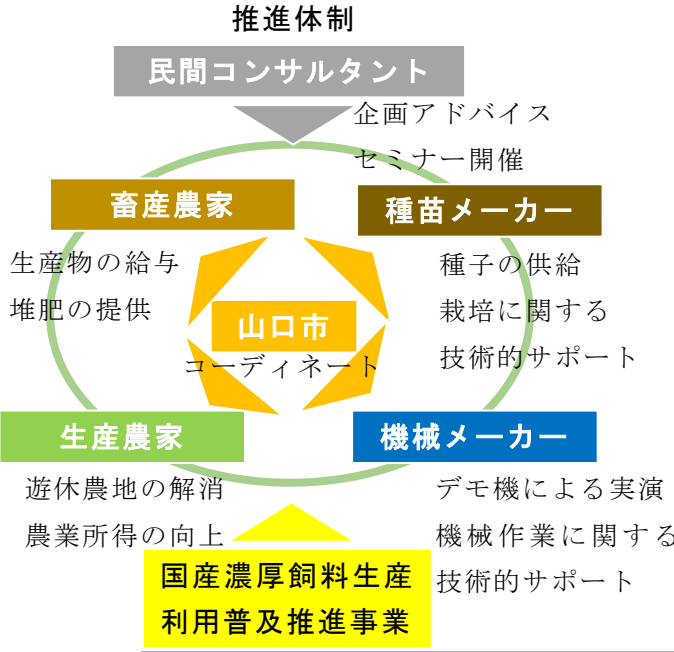
農業経営体数：3,992経営体  
主要農産物：米、鶏卵、野菜、肉用牛

**子実用トウモロコシ生産農家**

	経営耕地	取組面積
(株)農園屋五葉	18.2ha	111a
(農)杵崎の里	26.5ha	44a
(農)浜田	15ha	17a
ファーム三輪	10.45ha	45a
(株)仙人の里	12ha	71a
藤村農園	2.2ha	35a

**耕種概要 (2パターン)**

4月	7月	
		<b>反転耕</b> プラウ
		<b>心土破碎</b> サブソイラ
		<b>鎮圧</b> パワーハロー
		<b>播種・施肥</b> 麦大豆播種機 真空播種機
5月	8月	<b>除草剤散布 (土壌処理型)</b>
		<b>除草剤散布 (茎葉処理型)</b>
8月	11月	<b>収穫</b> 汎用コンバイン コーンアタッチメント



**今後の課題・展望：**

- 栽培面積の拡大。
- コントラクターの設立。
- 作付地の集約。
- 畑地的輪作体系の構築。
- 販路の拡大。

## 解説

山口市は耕地面積約 9 千 ha のうち 8 千 ha を水田が占め、農業産出額においても米が全体の 3 分の 1 を占める。しかし、近年は高齢化による離農も加速傾向にあり、残された担い手での農地の保全・活用にも限界が見えつつある。そのような中でも、山口市では職業として成り立つ農業を目指し、農業所得の向上、最小のコストでの最大の効果を模索している。

地元縁のある農業系民間コンサルタントによるセミナーで、子実用トウモロコシに関する講演が行われたのが一つの契機となった。子実用トウモロコシは従来作物と比較して、1) 面積当たり労働時間が少なく結果的に時間当たり所得の向上が見込める、2) 畜産農家のトウモロコシ消費量は多く、確実な需要が見込める等、現在の山口市の状況には非常に合致していた。

翌年(2017年)には民間種苗メーカー、機械メーカーを加えた推進体制を構築、栽培講習会を開催し、(株)農園屋五葉、他1件にて試験栽培が始まった。農園屋五葉は一部野菜作を取り組んでいる稲作中心の経営であるが、近年は農地の引き受けも困難なほど近隣で耕作放棄地が増加傾向にあり、また、水利の悪い圃場等もあることから、子実用トウモロコシは好都合であった。

2018年からは稲・野菜作、畑野菜作、肉用牛経営を含む他5経営も取り組みに参加し、その生産規模は3.5haになった。このような取組拡大の背景には、地域共通の問題である耕作放棄地の増大や水利の悪い圃場の有効活用、また、水田・稲作の行く末に対する漠然とした不安もあった。一方、野菜作との組合せの中での、



現地研修会での収穫実演の様子

土作り効果に対する期待もある。

栽培主体が多様化する中、山口市は作期の異なる2つの作型を現場に提案している。それぞれトウモロコシと野菜の組合せ・輪作体系の構築が可能な作型である。このような技術的な問題については種苗メーカーと機械メーカーにサポートを依頼し、その中で播種法、雑草防除、収穫・乾燥・調製技術を組み立てて行った。積み重ねられた知見は民間コンサルタントによるセミナー等報告においても活用され、2018年度にはマニュアルとして取りまとめるべく、大学と連携しているところである。このような、各分野の専門家を巻き込んだ産学官連携体制の構築・コーディネートは山口市の最大の特徴でもある。

5年後には市内で30haの生産を目指しているが、それに向けて幾つかの課題も浮上している。1つは汎用コンバイン・トウモロコシアタッチメントで収穫を担うコントラクターの設立であり、2つ目は作業の効率化を図るための作付地の集約化、3つ目はトウモロコシと野菜作を組み合わせた水田の畑地的輪作体系の構築、4つ目は販路の拡大、そして最後に子実用トウモロコシ自体の収益性の向上である。こうした事項について検討を続けることになっている。

**事例：埼玉県美里町**  
**行政による試験展示圃場の設置と啓蒙**

**取組概要：**

- 埼玉県美里町が町内養豚農家に 20a の試験栽培を依頼。
- 展示圃では徹底した省力管理を実践。
- 現地検討会を開催し、町内農家へ子実用トウモロコシによる「省力的土地利用」をアピール。

**取組の契機・ねらい**

- 高齢化や米収益性の低下で、夏季水田利用率が低下。麦のみ作付の圃場も。
- 稲 WCS の取組（H30 で 40ha）で飼料作の素地あり。子実用トウモロコシで省力的な農地有効利用を目指す。
- 町内農家に子実用トウモロコシによる「省力的土地利用」を知ってもらうのが第1目標。



**地域概要：**

耕地面積：1,120ha

うち水田：550ha

農業経営体数：660 経営体

主要農産物：野菜、肉用牛、米、花き

**ターゲット：米麦2毛作経営**

6月 10月 6月



6月 10月 6月

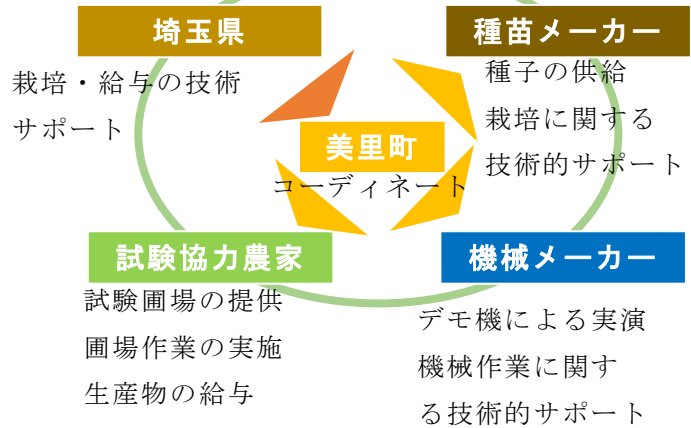


省力化  
 遊休農地の有効利用

**耕種概要**

6月	<b>麦後不耕起播種</b> 汎用播種機
	<b>除草剤散布</b> (ラウンドアップ)
	<b>除草剤散布</b> (土壌処理型) (茎葉処理型) (混合散布)
10月	<b>収穫</b> 汎用コンバイン コーンキット

**推進体制**



**今後の課題・展望：**

- 利用と流通。
- 品種、栽培・施肥、乾燥調整。
- 総合的な省力化と播種機の汎用利用。
- 次年度の予定は未定。

## 解説

埼玉県美里町は耕地面積 1,120ha のうち水田は 550ha であり、主要農産物は野菜、肉用牛、米、花きとなっている。水田については基盤整備もされ、かつては米麦 2 毛作が盛んであった。しかし、近年の米価低迷や高齢化の進展から、水田は麦作のみというケースも見られ始め、水田の夏期遊休農地化が問題になりつつある。不作付地であっても雑草管理等は必要なため労力が必要であることから、美里町では省力的な農地利用を模索している。町内では既に WCS 用稲の栽培も行われており、町内外への販売も行っているが、このような水田飼料作の素地を活かしつつ、さらに省力的な水田・農地利用を目指し、2018 年に町内農家の一部に試験栽培を依頼した。

試験・展示圃での栽培方法の最大の特徴は、その徹底した省力化である。多くの事例では心土破碎から始まる耕うん・整地作業を行い、播種、除草剤については土壌処理型と茎葉処理型の 2 段階防除を行う。しかし美里町の今年度の取り組みでは、麦後不耕起播種、除草剤についても土壌処理型と茎葉処理型を混合散布し、その圃場作業工程数を減らしている。このような方式を採用した背景は、担い手が減少する中で、農地の有効活用を図るには、主穀作農家が機械化、省力化ができる新たな作目が必要と考えたためである。

推進担当者は WCS 用トウモロコシの栽培経験があり、現場のほ場状況から麦後不耕起播種が可能と判断し、その狙いはまさに的中した。町内全ての圃場でこのような方式が取れるわけではなく、ロータリー耕うんや、雑草の状況によっては入水が必要になるケースも考えられる



現地検討会でのデモ機による収穫実演

が、今年度の目標であった「トウモロコシであれば、ここまで省力的に水田を活用できる」ことを町内農家に周知することは達成できたと言える。なお、麦後不耕起播種で用いた播種機は水稻、麦、大豆、そば、トウモロコシ、牧草など様々な作物に対応可能な高速播種機で、2019 年春発売予定のメーカーデモ機である。

輪作体系としては、これまで中心であった稲・麦 2 毛作体系での稲をトウモロコシに入れ替え、あるいは夏季遊休水田での作付けを考えている。ただし、町内生産者の多くは自前の乾燥施設で米の乾燥を行っているため（町内にはライスセンター・カントリーが無い）、トウモロコシの収穫時期が米収穫後に来るよう、体系を組む必要がある。

次年度の予定については未定だが、今後の課題の 1 つとして利用と流通を挙げている。今年度については試験を依頼した養豚・水田作複合経営が給与予定である。飼料米について相対で取引を行っている養豚農家は、自前で粉碎機を持っているので、そのような農家がターゲットになりうると考えている。この他、播種機の麦作との汎用利用や、総合的な省力化等、幾つかの課題が残る。

**事例：千葉県香取市大権農場  
堆肥の有効利用と国産飼料でブランド  
化を目指す**

**取組概要：**

- 県内外の生産農家からトウモロコシ子実を購入・給与。
- H30からは、保全農地を利用して自らも生産（3ha）を試行。

**取組の契機・ねらい**

- 国産飼料（Non-GMO）でブランド化。
- 年間 2,000t に及ぶ堆肥の有効利用。



**地域概要**

耕地面積：11,200ha

うち水田：7,780ha

農業経営体数：3,406 経営体

主要農産物：野菜、いも、米、鶏卵

**経営概要**

経営体名	オウゴンノウジョウ 大権農場
経営形態	農事組合法人
労働力構成	
役員	2人
従業員	8人
畜種構成	
母豚	480頭
肥育豚	5,000頭
年間出荷頭数	10,000頭
経営耕地面積	6ha
うち自作地	3ha
経営上の特徴	他養豚経営7戸と飼料配合施設を共同利用 代表が別に設立した加工・販売法人(権兵弥のハム工房)でハム・ソーセージ類を加工・販売

**耕種概要**

3月	堆肥散布
4月	耕うん ロータリー
5月	播種 委託 除草剤散布 (茎葉処理型) 委託
9月	収穫 汎用コンバイン コーンアタッチメント

**利用状況（購入分）**

購入物	購入量 6t
自家粉碎・混合	飼料タンク下に 粉碎机を設置、 ラインに混合
給与	配合率 1割で 肥育豚舎 1棟 で試験給与中

**利用状況（自家生産分）**

生産物	生産量 6.5t
乾燥施設	知人の設備を借用
共用配合施設	粉碎、配合 配合割合は 6.5t/10t
給与	80頭の子豚に2ヶ月 間試験的に給与

**今後の課題：**

- 雑草防除の見直し。
- 収穫手段の検討。
- 乾燥施設の整備。

## 解説

香取市は千葉県北東部に位置し、耕地面積 11,200ha 中、水田は 7,780ha を占める。野菜・いも類の生産が盛んであり、この他豚や牛、鶏等の畜産も展開している。

大権農場は母豚飼養頭数 480 頭、肥育豚 5,000 頭と我が国養豚経営の中でもトップクラスの大規模ながら、その品質を活かしたブランド化「大権ポーク」を目指しており、代表が設立した別法人で加工・販売（ハム・ソーセージ等）も行っている。

国産飼料、特に Non-GMO でのブランド化については、以前から問い合わせがあったものの、飼料の仕入れの仕組み上、全量を Non-GMO にしないとメーカーでは配合できないという問題があった。輸入 Non-GM トウモロコシは通常品に比べて価格が高く、肉の販売価格と原材料価格のバランスを検討しているところであった。そのような中、民間種苗メーカーから県内外の子実用トウモロコシ生産農家を紹介され、試験的に給与を開始した。

30 年度購入分は県内で 4t、県外から 2t で、肥育豚舎 4 棟中 1 棟で試験的に給与を行っている。購入形態は丸粒乾燥状態でフレコンバッグ詰めである。そのため給与の際には粉碎処理が必要となるが、当農場では飼料タンク下部に取り付けた粉碎機（米用）で処理し、飼料給与



飼料タンク下に設置された粉碎機



大権農場の林代表（右）と種苗メーカー（パ  
イオニアエコサイエンス）の堀ノ内氏（左）

ラインに混合している。給与割合は対象肥育豚の全飼料中の 1 割程度であり、2 ヶ月ほどの期間を設けて給与中である。

一方、堆肥の有効利用の観点から、今年度は自らの保全農地で 3ha の生産にも取り組んだ。堆肥散布～耕うんまでは自らが行き、播種及び除草剤散布は近隣酪農経営に委託、収穫は機械メーカーのデモ機での実演を依頼した。30 年度は除草剤散布は茎葉処理型のみであったため、雑草の繁茂が激しく、実質的に収穫できたのは 1ha 程度、収穫量は 6.5t であった。雑草防除については、次年度は土壌処理型と合わせた 2 段階で行う予定である。

自家生産分については、知人の設備を借りて乾燥し、共用の飼料配合施設で粉碎・配合を行った。配合割合については、トウモロコシを全て自家生産分に置き換えた飼料を 10t 配合し、80 頭の子豚に対して 2 ヶ月の期間を設けて給与中である。飼料の食いつきについては、従来の輸入トウモロコシと同様である。

今後の課題としては、収穫と乾燥があげられる。今年度は機械メーカーに実演を依頼したが、次年度については県内の他生産農家への委託を検討中である。乾燥機についても購入を検討中であり、1 日の処理量等について確認しているところである。これらを踏まえて、次年度の作型、収穫時期の分散化することになっている。

（担当：西村和志）

## 5. 用語解説

### ○代替率

作物の1作の生育に必要な窒素施用量の内、堆肥からの窒素供給量に依存できる上限。堆肥から供給される窒素の量は、原料や発酵過程によってばらつきやすいため、堆肥からの窒素に依存しすぎた場合、作物の生育が不安定になる可能性がある。このため、化学肥料の窒素を堆肥からの窒素で代替する場合に、その代替率の上限を越えないことが望ましい。

### ○株間除草機

細い金属製のタインで土壌表面を攪拌することにより、既に生育している作物の茎を残しつつ、出芽してきた雑草の実生のみを除草する機械。株間除草機の走行によりタインが自転する転動タイン型、接地駆動輪からの動力でタインを回転させる強制回転タイン型、および左右一対からなる固定タイン型に類別される。

### ○土壌処理

雑草出芽前の土壌表面に散布し、雑草の発生を抑制する除草剤（土壌処理剤）を散布すること。土壌表面に散布された薬剤は土壌表面に処理層を形成し、この処理層の有効成分が雑草の根や幼芽から吸収されて殺草効果を現わす。

### ○茎葉処理

防除対象である雑草の茎葉に直接薬剤を付着させることで雑草を枯殺する除草剤（茎葉処理剤）を散布すること。茎葉処理剤には、防除対象とする雑草種を枯殺するものの、栽培目的とする作物には影響を及ぼさない選択性の茎葉処理剤と、散布された全ての植物種を枯殺する非選択性の茎葉処理剤がある。

### ○かび毒

糸状菌（かび）が生産する化合物のうち、人畜に毒性を有するもの。マイコトキシン（mycotoxin）とも呼ばれる。なお、かび毒の一種であるアフラトキシン B1 は、汚染飼料を乳牛に給与すると、体内でアフラトキシン M1 に代謝され、乳中に出る可能性がある。

### ○同一系統の薬剤

農薬は種類によってそれぞれ作用が異なる特性があり、似た作用を持つ薬剤を同一の系統として分類している。

### ○薬剤抵抗性

薬剤耐性ともいわれる。同じ農薬を繰り返し使っていると、その農薬に対する効果が低下した新しい虫や病原菌の系統が現れて被害が防げなくなる現象のこと。

### ○糸状菌（かび）



糸状の真核・従属栄養微生物の総称で、「真菌」、また、肉眼で見える大型の子実体を作るものは「キノコ」と呼ばれることもある。動植物の死骸を腐敗させるほか、生きた動植物に寄生・共生する種もある。薬剤（農薬、抗真菌剤）により防除できる場合があるが、土壌中で生存している菌には適用が難しいことも多い。

#### ○ウイルス

タンパク質と核酸（遺伝子）からなる微小な感染粒子で、動植物の細胞に侵入（感染）して各種の病害を引き起こす。ウイルスに感染した植物組織は奇形化・矮化等を生じ、健全な状態に戻ることは無いため、対策としては媒介昆虫による加害を避ける等、感染の予防が重要となる。



執筆者一覧

1. 子実用トウモロコシとは	野中 和久	(中央農研)
2. 子実用トウモロコシの作り方		
1) トウモロコシの播種	森田 聡一郎	(畜産研究部門)
2) 品種選定		
a 基本的な考え	森田 聡一郎	(畜産研究部門)
b 関東以南における品種選定		
c 東北以北における品種選定	内野 宙	(東北農研)
3) 栽培・肥培管理		
a 肥培管理	菅野 勉	(畜産研究部門)
	須永 義人	(畜産研究部門)
b 雑草防除	菅野 勉	(畜産研究部門)
	黒川 俊二	(中央農研)
c 病虫害対策	平江 雅宏	(中央農研)
	吉田 信代	(中央農研)
	菅原 幸哉	(中央農研)
4) 収穫・調製		
a 収穫	阿部 佳之	(中央農研)
b 調製	嶺野 英子	(東北農研)
	鈴木 知之	(中央農研)
5) 輪作への導入効果	松崎 守夫	(中央農研)
3. トウモロコシ子実の使い方		
1) 飼料特性	河本 英憲	(東北農研)
2) 乳牛への給与	嶺野 英子	(東北農研)
3) 肉牛への給与	嶺野 英子	(東北農研)
“コラム”	山田 明央	(東北農研)
4. 取組事例	西村 和志	(中央農研)
5. 用語解説	各執筆者	

編集体制

編集委員長：野中和久

編集委員：山田明央（東北農研）、河本英憲（東北農研）、松崎守夫（中央農研）、平江雅宏（中央農研）、阿部佳之（中央農研）、鈴木知之（中央農研）、服部育男（九沖農研）、菅野勉（畜産研究部門）

査読協力：大下友子（北農研）、志藤博克（革新工学センター）、小坂橋基夫（中央農研）、恒川磯雄（中央農研）

事務局：西村和志



# 農研機構

—子実用トウモロコシ生産・利活用の手引き(都府県向け)第1版—

発行日:平成31年3月31日

編集:子実用トウモロコシ生産・利活用の手引き(都府県向け)編集委員会

問い合わせ先:国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構

中央農業研究センター

TEL:029-838-8481/FAX:029-838-8484

Web 問い合わせフォーム:

<http://www.naro.affrc.go.jp/laboratory/carc/inquiry/>

本マニュアルは農林水産省委託プロジェクト研究及び農研機構生研支援センター「革新的技術開発・緊急展開事業(うち地域戦略プロジェクト)」の支援を受けて実施した成果を含む。