

SOP20-032K

禁転載

イアコーンサイレージ生産利用体系 標準作業手順書

北海道版

公開版



改訂履歴

版数	発行日	改訂者	改訂内容
第1版	2022年7月1日	奈良部 孝	初版発行

2022年7月1日版

目次

はじめに	1
免責事項	2
I. イアコーンサイレージとは	3
1. イアコーンサイレージとは	3
2. 技術の導入先	5
3. イアコーンサイレージ利用のメリット	6
II. イアコーンサイレージの生産技術	8
1. 品種の選定	8
(1) イアコーンサイレージ用品種	8
(2) イアコーンサイレージの収量	10
コラム トウモロコシの品種	11
2. 圃場準備と播種作業	11
(1) 作業体系	12
(2) 播種（時期、播種機の種類、栽植密度）圃場準備と播種	14
3. 栽培・肥培管理	16
(1) 肥培管理の基本	16
(2) 十勝地域向けイアコーンサイレージ用トウモロコシの肥培管理推奨値	16
(3) 雑草対策と病虫害防除	19
4. 収穫調製作業	20
(1) 収穫適期	20
(2) 機械作業体系	21
(3) 保管・貯蔵・流通	26
(4) 収穫残渣の処理	26
(5) 残渣の回収利用	28

Ⅲ. イアコーンサイレージの給与利用技術	.....	30
1. 飼料特性	.....	30
(1) 発酵品質、保存性	.....	30
(2) 成分、栄養価	.....	31
2. 乳牛への給与技術	.....	33
(1) 給与作業	.....	33
(2) 給与方法と給与効果	.....	34
(3) イアコーンサイレージ給与牛乳の品質特性	.....	39
3. 肉用牛への給与技術	.....	42
Ⅳ. 生産利用事例	.....	46
1. 耕種（畑作）経営への導入事例	.....	46
2. 酪農経営への導入事例	.....	47
用語解説	.....	48
参考資料	.....	49
引用文献等	.....	49
担当窓口、連絡先	.....	51

はじめに

ウシに給与する飼料のうち、牧草、飼料作物などの粗飼料はその 80%を国内で自給しています。一方、栄養を高濃度に含む濃厚飼料（穀類、ぬか類、粕類など）は多くを輸入に依存しており、自給率は 10%程度に過ぎません。飼料を輸入に頼り続けると、規模拡大とともに飼料費が大きく国際相場に左右され経営が不安定になるだけでなく、海外から持ち込まれた窒素が国内に蓄積されて環境問題の原因になる、といった悪影響が懸念されます。そのため、輸入穀物への依存度を減らし、耕地を有効に活用して資源循環を図りながら、粗飼料のみならず濃厚飼料資源も自給する飼料生産体系の確立が喫緊の課題です。昨今は、輸入飼料価格が高止まり傾向で、国産濃厚飼料源の確保が一層強く求められています。また、これまで生産場所や季節に左右されない一定の品質が求められていた牛乳や、脂肪交雑のみが重視されてきた牛肉に対して、生産された環境や飼料の由来といったことに興味を持つなど消費者の関心や嗜好も多様化しており、飼料と風味の関係に関する情報も注目されるようになってきました。加えて、牛乳のおいしさやそのエビデンスとなる給与飼料との関係についての研究も進みつつあります。今後、諸外国から乳製品など畜産物の輸入量が増加することが想定され、日本の酪農の持続的発展を図る上でも、差別化、高付加価値化を意識した特色ある牛乳・乳製品の生産を可能にする技術開発が不可欠です。

飼料用とうもろこしの雌穂のみを収穫、調製する「イアコーンサイレージ」は、自給濃厚飼料として注目され、北海道においてその普及が拡大しつつあります。農研機構は、これまで、有限会社ジェネシス美瑛、株式会社スキット、よつ葉乳業株式会社、ホクレン、JA けねべつ、JA 帯広かわにし、十勝農業改良普及センター、道総研畜産試験場など北海道における関連機関との共同研究を通じ、輸入に頼っている圧片トウモロコシを適切な飼料設計により「イアコーンサイレージ」に置き換えることで、国産飼料の割合を高めた安心・安全な牛乳や牛肉の低コスト生産が可能になることを明らかにしてきました。

本手順書では、この「イアコンサイレージ」について取り上げ、生産・利用技術を紹介しています。本手順書に記載の技術が、酪農・肉用牛経営における飼料自給率の向上と経営の安定、最終的には畜産業の持続的発展に貢献できれば幸いです。

■ 免責事項

- 本手順書に記載された栽培・作業暦に示したスケジュールは北海道内における例であり、地域や気候条件などにより変動することにご留意下さい。
- 本手順書で解説したイアコンサイレージ生産利用技術に関する各種の効果は、農研機構および公設試で実施した研究成績に基づくものです。本手順書に記載の技術の適用により、記載通りの効果が得られることを保証するものではありません。
- 本手順書に示した経営上の効果は、あくまでも北海道上川地域や胆振地域および十勝中央部における実証試験での実測値を基に試算した概算値です。地域、気候条件、圃場規模、品種、その他の条件により変動することにご留意下さい。
- 農研機構は、利用者が本手順書に記載された技術を利用したこと、あるいは技術を利用できないことによる結果について、一切責任を負いません。
- 本手順書に記載されている画像などは、すべて使用許可を得ているか、著作権が放棄されているものです。
- 本手順書では、試験に使用した作業機等の商品名をメーカー名とともに記載していますが、これらの商品を推奨することを目的とするものではありません。

I. イアコーンサイレージとは

1. イアコーンサイレージとは

イアコーンサイレージは、飼料用トウモロコシの雌穂（子実、芯および穂皮。英語でイアコーン、ear corn）を材料とする濃厚飼料です。表 I -1 に示すように、飼料用トウモロコシには多様な利用方法がありますが、これまでわが国では、植物体全体（ホールクロップ）を材料と

表 I -1 トウモロコシの収穫部位と飼料の一般名称

種類 (名称)	収穫部位	主な収穫機械	TDN含量 (DM%) ⁵⁾	対象 家畜
コーンサイレージ (トウモロコシホール クロップサイレージ) ¹⁾	ホールクロップ 	自走式ハーベスタ+ ロータリヘッド 	65-70	牛 
イアレージ ²⁾	ホールクロップ (高刈り)		70-75	牛
イアコーンサイレージ (イアレージ、 スナップレージ) ³⁾ 本手順書はこれ！	雌穂(子実、芯、穂皮) 	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、 ハイモイスチャイアコーン ⁴⁾	子実、芯 	普通コンバイン+ スナッパヘッド 	85-90	牛、豚、 鶏 
ハイモイスチャシェルド コーン	子実 		90-94	
トウモロコシ子実 (乾燥子実)				

- 1) 生産現場では単に「デントコーン」と呼ぶことが多い。北海道内でも面積の小さい圃場では牽引式ハーベスタを用いることがある。
- 2) 高刈りホールクロップサイレージを海外でイアレージと呼ぶことがあるが日本では一般的な呼称ではない。
- 3) 海外ではイアコーンサイレージをイアレージ、スナップレージと呼ぶことも多い。
- 4) ハイモイスチャイアコーンは米国での呼称。
- 5) 大下ら（2016）、道総研畜産試験場（2016）、原（2019）より引用。

するコーンサイレージ（ホールクロップサイレージ、whole crop silage ; WCS）を粗飼料としてもつぱら利用してきました。これに対して、イアコーンサイレージは茎葉を含まないため、可消化養分総量（total digestible nutrients ; TDN）含量が約 80%と高く、乳牛、肉用牛用の濃厚飼料として利用できます(図 I - 1)。

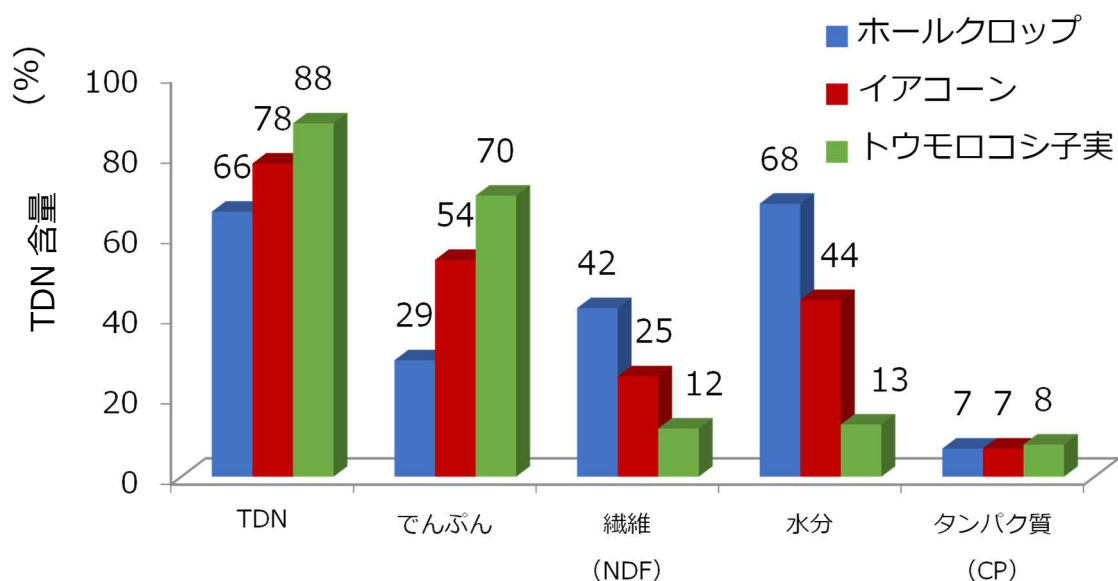


図 I - 1 トウモロコシの収穫部位と飼料成分

トウモロコシの濃厚飼料利用方法としては、イアコーンサイレージの他に、子実と芯を材料とするコーンコブミックス（CCM）、子実のみを材料とするハイモイスチャシールドコーン（HMSC）と呼ばれるタイプもあり、実用化に向けた取り組みが一部なされています。さらに、近年は水田における転作作物として飼料用トウモロコシを栽培し、収穫したトウモロコシ子実を乾燥させて飼料利用する体系が北海道内においても急速に拡大しています。水田地域における転作だけでなく、畑作経営によるトウモロコシ子実生産も行われています。HMSC やトウモロコシ子実の TDN 含量は 90%以上とイアコーンサイレージよりさらに高いため、乳牛、肉用牛だけでなく豚、鶏用にも適します。

イアコーンサイレージの収穫には、ホールクロップサイレージ収穫に利用する自走式フォレージハーベスタ（自走式ハーベスタ）にスナッパヘッドというアタッチメントを取り付けて行います。一

方、CCM や HMSC の材料あるいはトウモロコシ子実は、コムギなどの収穫に使われる畑作用の普通コンバインを使って収穫します。

なお海外では、イアコンサイレージのことをイアレージ（あるいはスナップレージ）と呼ぶことがありますが、高刈り利用されるホールクロープサイレージのこともイアレージと呼ぶことがあるので、海外の情報を参照する場合には注意が必要です。

2. 技術の導入先

表 I -1 に示した飼料のうち、ホールクロープサイレージ、イアコンサイレージおよびトウモロコシ子実（トウモロコシ乾燥子実）をとりあげて、北海道内における生産体系に関する特徴を比較しました（表 I -2）。イアコンサイレージの主な生産体系には、自給飼料主体の TMR センターのように大規模な圃場を効率よく運用して生産するタイプと、畑作経営が生産して畜産経営が利用する耕畜連携タイプがあります。また、畜産経営等が自家生産して収穫調製をコントラクタに委託するタイプもあります。畜産経営サイドが生産する、あるいは耕畜連携として生産するという点では、自走式ハーベスタを用いるホールクロープサイレージ と同じです。自

表 I -2 北海道内のホールクロープサイレージ、イアコンサイレージ、トウモロコシ乾燥子実生産体系に関する各種特徴の比較

品目	トウモロコシホールクロープサイレージ(WCS)	イアコンサイレージ(ECS)	トウモロコシ乾燥子実
飼料区分	粗飼料	濃厚飼料	濃厚飼料
主な生産者	酪農家、TMRセンター、畑作農家	TMRセンター、畑作農家、酪農家	乾燥施設が利用可能な水田農家・畑作農家
利用体系	自家生産または地域内構築連携中心。広域流通事例もあり。	自家生産または地域内構築連携中心。広域流通事例もあり。	WCSやイアコンサイレージに比べて広域流通に適する。
調製方法	水分無調整のまま密封しサイレージ化 主にバンカーサイロ調製	水分無調整のまま密封しサイレージ化 主に細断型ロールベアラ調製	乾燥 主にフレコンバック詰め
給与前の処理	開封してそのまま給与	開封してそのまま給与	粉砕機による粉砕後に給与
普及地域	道央、道南、道東および道北の一部	WCS生産地域（狭隘な圃場は除く）	道内水田作地帯，畑作地帯

走式ハーベスタは大型のため、イアコンサイレージ生産は小規模の圃場には適合しにくいのですが、自走式ハーベスタが利用されている北海道内の飼料用トウモロコシ生産地域で導入することが可能です。その点で、普及対象は広いといえます。一方、トウモロコシ子実は、コムギ収穫などに用いる普通コンバインにスナッパヘッドを装着して収穫します。そのため、イアコンサイレージと異なり、収穫の主体は普通コンバインを所有する、あるいはコントラクタへの委託が可能な大規模耕種（水田または畑作）経営になります。ただし、畑作経営がトウモロコシ子実生産を行う場合には、水田転作と異なり交付金の対象とはなりません。

ホークロップサイレージは北海道内では主にバンカーサイロなど固定サイロでの調製が一般的ですが、濃厚飼料として利用するイアコンサイレージは 1 日当たり給与量を考慮すると開封後の変敗ロスが少なくて済む細断ロールバールサイレージとしての調製に適します（30 ページ）。

3. イアコンサイレージ利用のメリット

イアコンサイレージ生産利用に伴い、畜産経営（特に酪農経営）、畑作経営それぞれに次のようなメリットが期待されます。

◇酪農経営：

- ・TMR センター、酪農関係コントラクタなどが所有する自走式ハーベスタの収穫アタッチメントを専用タイプ（スナッパヘッド）に交換するだけで使用可（21-23 ページ）。
- ・濃厚飼料購入量が節減可（34 ページ）。
- ・乳牛の嗜好性が良好で、夏季の暑熱時における乳量減少を抑制可（39 ページ）。

◇畑作経営：

- ・省力的な作目が加わることで、畑輪作体系が適正化されてコムギの過作を解消可（46 ページ）。
- ・収穫残渣の圃場還元によって、土壌の物理性が改善（27-28 ページ）。

イアコーンサイレージと同じく濃厚飼料として利用されるトウモロコシ子実は、水分を 40%程度含むイアコーンサイレージに比べて広域流通に適し、また栄養価が高いことから酪農、肉用牛肥育だけでなく養豚、養鶏経営でも利用できるという特長があります。イアコーンサイレージもホールクroppサイレージ同様に広域流通されるケースはありますが、多くは自家生産利用または地域内耕畜連携として利用されます。一方、イアコーンサイレージは乾燥工程を経ないため、専用の乾燥施設、燃料が不要になりコスト面で有利です。

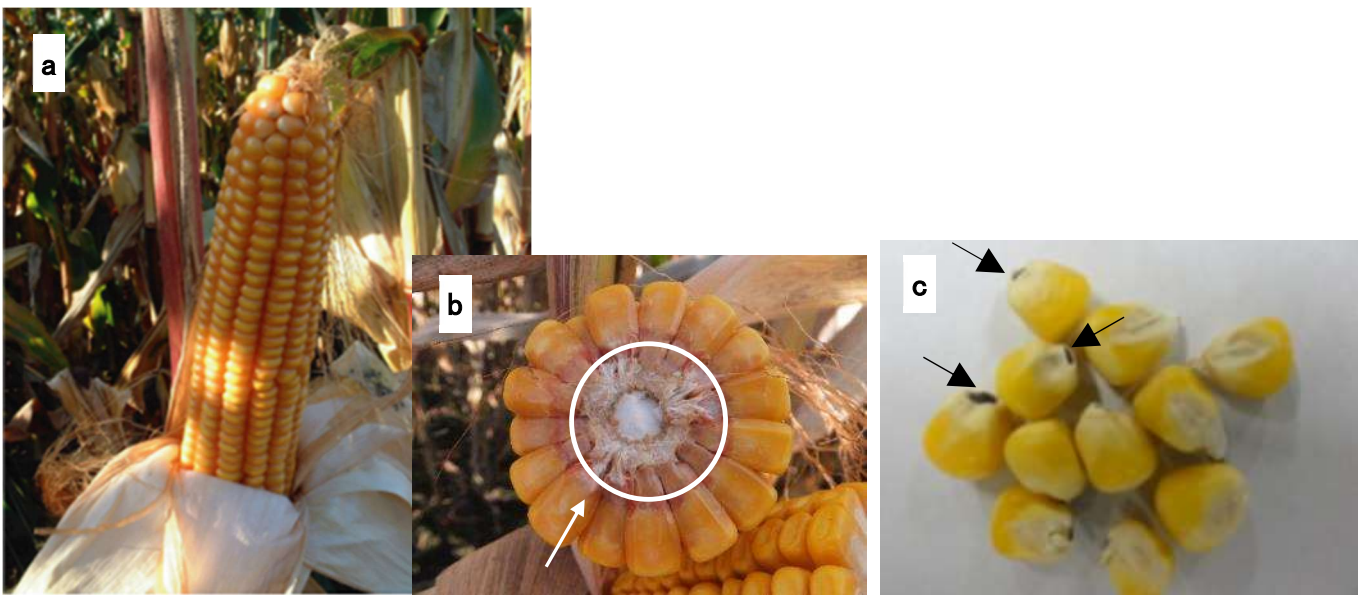
普通コンバインで収穫したトウモロコシ子実は、そのまま家畜に給与しても消化・吸収されにくいので、給与前に粉碎する作業とその専用機械が必要になります。イアコーンサイレージ材料は、収穫時に自走式ハーベスタの内部を移動する間に細くなるため、収穫物をそのまま密封貯蔵でき、調製されたサイレージを前処理不要で飼料として給与できるという違いもあります。

Ⅱ. イアコーンサイレージの生産技術

1. 品種の選定

(1) イアコーンサイレージ用品種

イアコーンサイレージ専用の特別な品種はありません。ホールクロープ用の品種から各地域で子実収量が高いものを選択します。圃場に大型機械が入れる降霜前までに十分に登熟して雌穂の乾物率が55～60%に到達する品種の中から、雌穂乾物収量が多い品種を選びます。北海道内では、10月中旬までに黄熟後期から完熟期に達していることが目安です。完熟期（図Ⅱ-1a）には、雌穂の中ほどを割った断面に現れる、黄色い部分と乳白色の部分の境目であるミルクラインが子実の基部に到達します（図Ⅱ-1b）。また、子実の基部にブラックレイヤーと呼ばれる黒い層が形成されるので（図Ⅱ-1c）、これらが判断基準になります。



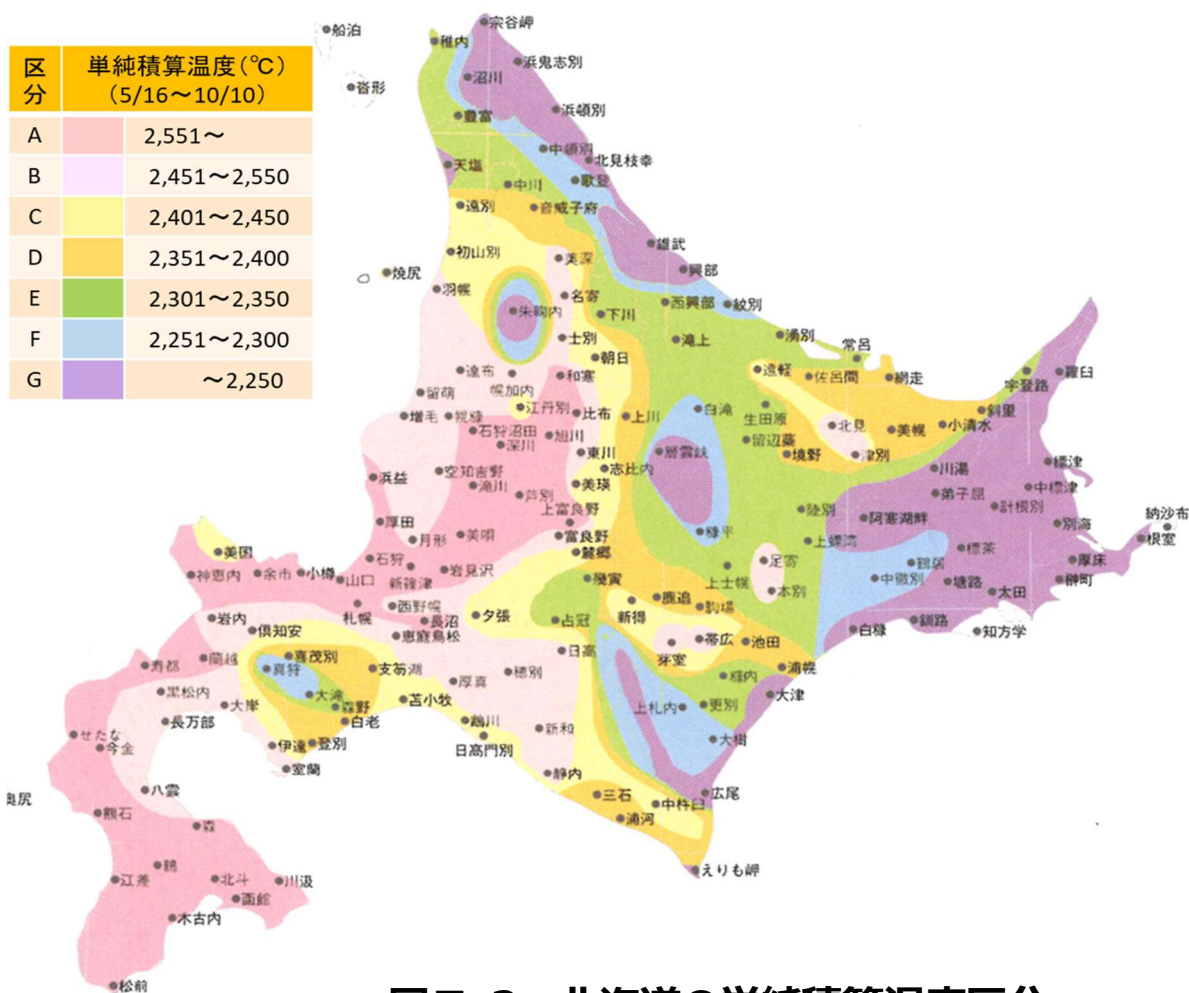
図Ⅱ-1 収穫適期（完熟期）の雌穂

a：完熟期の雌穂、b：ミルクラインが完全に子実の基部まで進み見えなくなる。c：子実基部のブラックレイヤー

北海道内各地域の生育期間の単純積算温度を図Ⅱ-2に、単純積算温度の区分ごとに雌穂乾物率が10月半ば頃までに55%または60%に到達する品種のタイプを表Ⅱ-1

に示しました。ただし、相対熟度（RM）で示すホールクロープ用の早晩性がアイコンサイレージ用としての登熟の早晩性にそのまま当てはまらない場合があるので、表Ⅱ-1は大まかな判断材料として用います。なお、北海道の主要な飼料用トウモロコシ品種について、雌穂の登熟早晩性を飼料用とうもろこし安定栽培マップ（北海道立総合研究機構）で確認することができます。マップは無償配布されており、下記のURLから申し込みができます。

<https://www.hro.or.jp/list/agricultural/research/konsen/labo/sakumotsu/cornmap.html>



図Ⅱ-2 北海道の単純積算温度区分

現地実証試験で栽培実績があり、子実の登熟に優れてイアコーンサイレージ収量が高い品種の例として、道央・道南と道東の温暖な地域（栽培地域区分 B および C）に適する「P9027」（パイオニアエコサイエンス（株））、道央・道南の温暖な地域（A）に適する「P9074」（同）があります。

表Ⅱ-1 単純積算温度区分ごとのトウモロコシ品種タイプ

区分	単純積算温度(°C) (5/16~10/10)	RM75日型		RM82日型		RM85日型		RM90日型		RM95日型		RM100日型	
		55%	60%	55%	60%	55%	60%	55%	60%	55%	60%	55%	60%
A	2,551~	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	○	△
B	2,451~2,550	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	○	◎	○	△	
C	2,401~2,450	◎	◎	◎	○	◎	○	◎	△	◎	△		
D	2,351~2,400	◎	○	◎	△	○	△	○		○			
E	2,301~2,350	○	△	○		△		△		△			
F	2,251~2,300	△		△									
G	~2,250												

各栽培地域区分においてイアコーン乾物率の目標値が 55%（最低目標）または 60%に到達する品種のタイプを植物総体の相対熟度（RM）に基づき示す。◎：平年の気象条件で目標乾物率に達する、○：冷害年や山麓・沿岸部では不安定、△：マルチ栽培により目標乾物率に達する。同一地域内であっても、標高や立地条件などによって差異が生じるので注意を要する。

（２）イアコーンサイレージの収量

これまで北海道内において実施した実証試験から、各地域に適した品種を栽培した場合、イアコーンサイレージの乾物収量は 800~1,200kg/10a が期待できます。

👉 コラム ～トウモロコシの品種～

トウモロコシは、世界3大作物（イネ、コムギ、トウモロコシ）の中で生産量が最も多い作物です。食用、工業用にも利用されますが、飼料用として最も多く利用されています。飼料用に利用される代表的な種類として、馬歯（デント）種（写真左）があげられます。成熟するにつれて子実の冠部にくぼみができて馬の歯のようになるのが特徴的です。また、耐寒性を付与するためにフリント種（写真右）と交雑することや、フリント種系統間の交配による品種育成も行われています。フリント種には馬の歯状のくぼみがなく粒の形状、数もデント種と異なります。



デント種（北交 64 号）



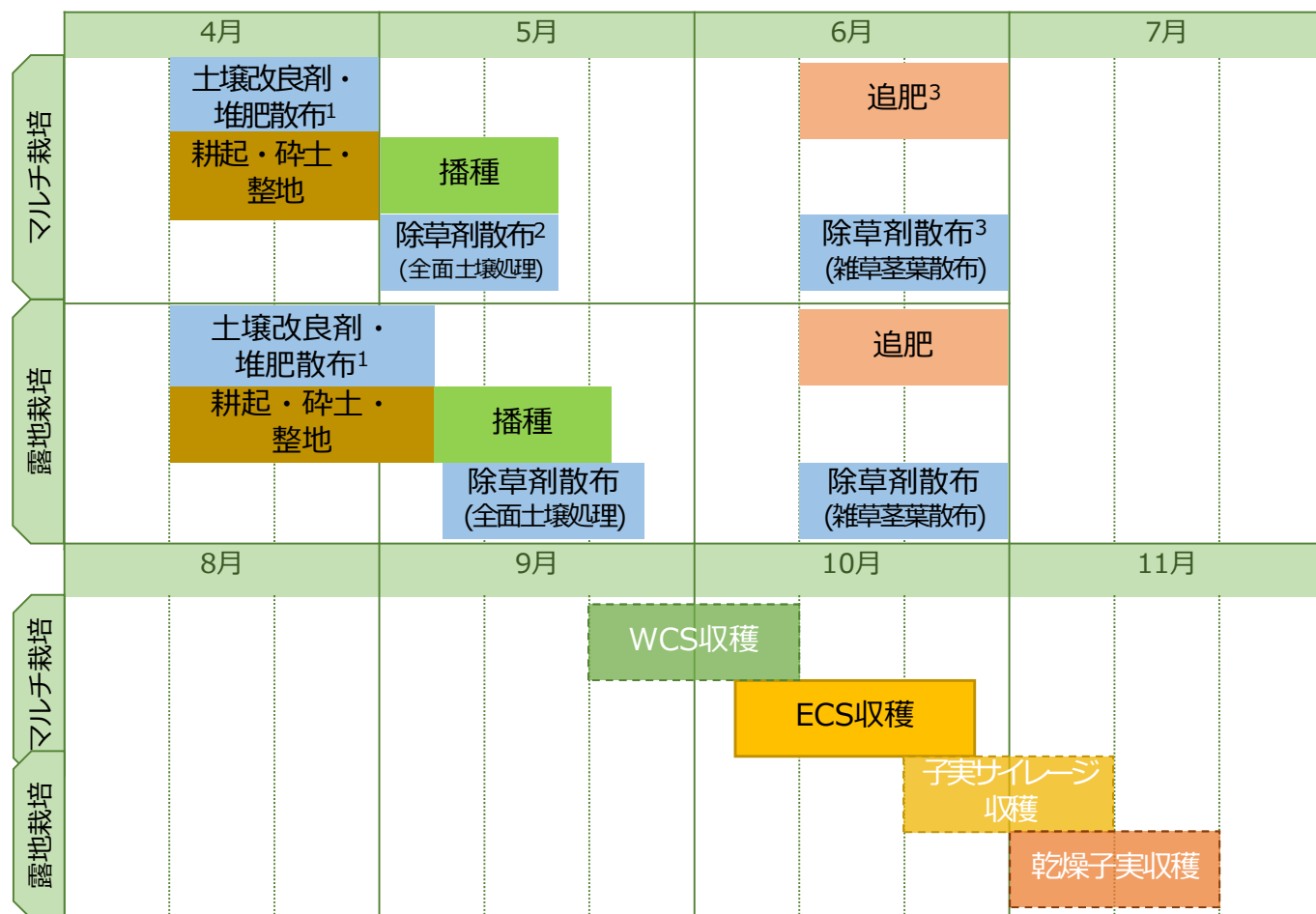
フリント種（北交 62 号）

* 写真提供 農研機構北海道農業研究センター

2. 圃場準備と播種

品種を選んだら、次の作業として圃場の準備と播種があります。図Ⅱ-3 に北海道におけるイアーンサイレージ用トウモロコシの栽培暦を示しました。基本的な栽培管理は、ホールクロープサイレージ用、イアーンサイレージ用、子実（サイレージまたは乾燥）用で変わりません。大きく異なるのは、収穫時期です。早い順にホールクロープサイレージ用→イアーンサイレージ用→子実サイレージ用→乾燥子実用となります。施肥は用いる播種機によって播種前（全層

施肥)、播種と同時(側条施肥)に行う方法があります。肥培管理については、「Ⅱ. 3. 栽培・肥培管理」(16 ページ)を参照して下さい。



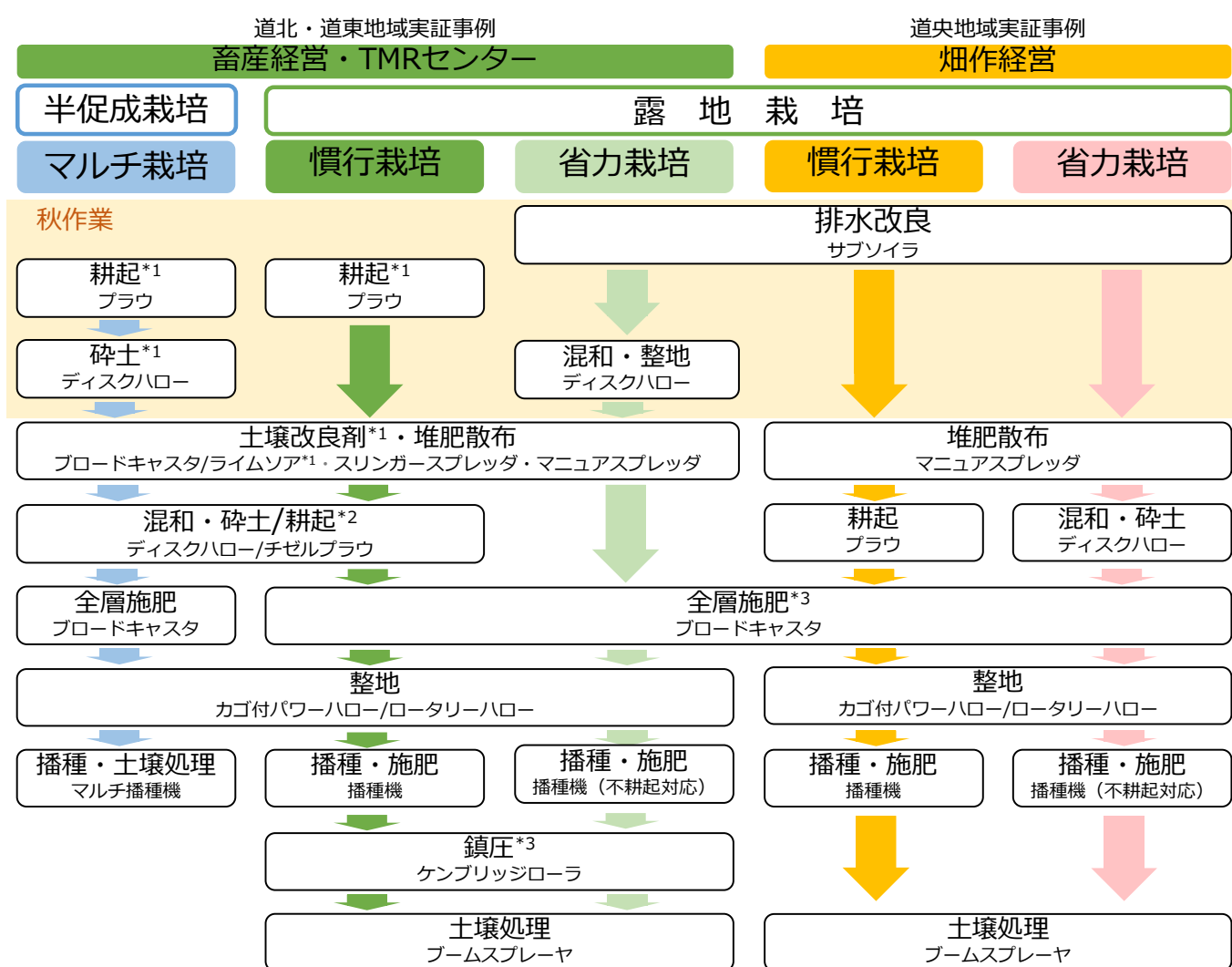
図Ⅱ-3 トウモロコシ栽培暦

1 前年秋に施工の場合もある、 2 播種と同時工程、 3 必要に応じて。
 WCS : ホールクroppサイレージ、 ECS : イアコーンサイレージ。

(1) 作業体系

これまでの実証事例から、畜産経営・TMRセンターと畑作経営の2つに大別して作業体系をまとめ、図Ⅱ-4に示しました。作型は、露地栽培と半促成栽培(マルチ栽培¹⁾)があります。作業体系は、播種前の耕起の方法によって、プラウ²⁾で反転耕起する慣行栽培と、ディスクハロー³⁾で簡易耕起する省力栽培に分類しました。省力栽培では、不耕起に対

応した播種機が必要です。なお、図Ⅱ-4 に示すパターンは各実証地における事例であり、作業体系の導入にあたっては各地の実情に合わせた栽培方法を採用します。例えば、図Ⅱ-4 の畑作経営事例では、土壌 pH に大きな問題がないため土壌改良剤を施用していません。各地で実際に取り組む際には、ホールクロープサイレージの場合と同様に、土壌分析データに基づいて必要な作業を施します。



図Ⅱ-4 トウモロコシの播種作業体系

*1 省力栽培または秋作業が難しい場合は省略、*2 秋に耕起した場合はディスクハローによる混和・砕土、*3 必要に応じて。各体系最下段の土壌処理は除草剤全面土壌処理を指す。

(2) 播種（時期、播種機の種類、栽植密度）

1) 時期

ホールクローブサイレージ向けと同様に、堆肥散布（前年秋あるいは播種前）、耕起・整地、播種・施肥を行います。堆肥の散布量は北海道施肥ガイド 2015（北海道農政部）に従い、堆肥由来の窒素、リン酸、カリウムが圃場の上限施用量を超えないようにします。おおむね、10a 当たり 4～6 トン程度が目安となります。播種時期は、平均地温 10℃以上が目安とされています。

2) 播種機の種類

図 II -5 に実証地で利用されている播種機を例として、図 II -6 および図 II -7 にそれぞれの機械で播種した圃場の発芽状況を示しました。図 II -5 の播種機は全て不耕起播種に対応しているので、慣行栽培と省力栽培のどちらにも使えます。播種様式は、1 列に種子を播く条播が一般的ですが、千鳥状に播種できる播種機もあります。以下に、新しい技術であるマルチ栽培と千鳥栽培について紹介します。

① マルチ栽培

マルチフィルムで生育期前半を加温することで、露地よりも晩生の品種が栽培できるため収量が確保しやすくなります。マルチ栽培と露地栽培の併用で、栽培可能な品種の選択肢が増えたり（10 ページ表 II -1 参照）、道東や道北のようにこれまで必ずしも飼料用トウモロコシの栽培に適さなかった地域でも、飼料用トウモロコシ栽培が可能となったりするメリットがあります。特に、冷涼で露地栽培では十分な収量が望めない年にはメリットが発揮されます。いわゆる生分解性フィルムの採用に伴い、従来問題視されていた崩壊フィルムが長く圃場内に残存することがなくなったことと、高速な播種が可能となったことで、北海道では普及面積が拡大しています。道東におけるマルチ栽培の事例では、露地栽培に比べ資材費は約 33%高くなりますが、イアコーンサイレージ乾物収量

が約 43%増えたことで、乾物 1kg 当たりの生産費は露地栽培の 93%に抑えられました。



図 II-5 a : マルチ播種機 (SAMCO 社)、b : 真空播種機 (KUHN 社)、c : 千鳥播種機 (Great Plains 社)



図 II-6 マルチ播種後の発芽状況

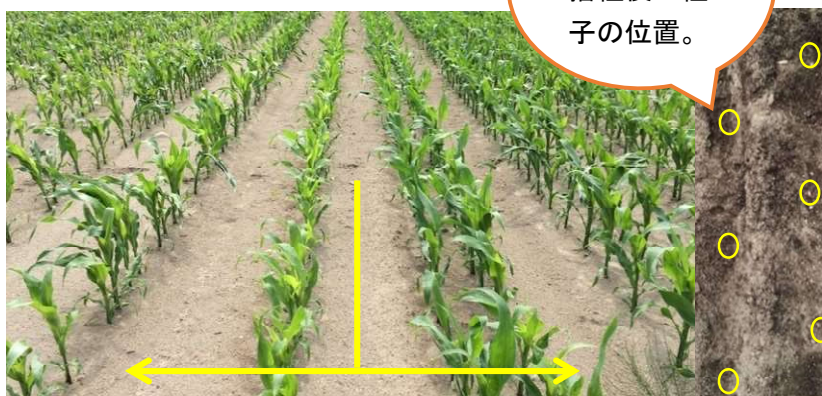


図 II-7 真空播種機による条播 (左) と千鳥播種 (右) 後の発芽状況

② 千鳥栽培

千鳥栽培はツインロー栽培とも呼ばれ、1 畝あたりに 2 つの播種ユニットを備えた千鳥播種機を使用します。種子を 1 列ではなく、10cm 程隣に千鳥状に播種することで、面積当たりの播種量が同じでも条播に比べ受光態勢が良く、根が競合せずに発達して地上部の生育量が多いといわれています。また、千鳥栽培の雌穂乾物収量増加は品

種によって異なりますが、菅原ら（2014）の報告では 9～20%、Balkcom ら（2011）の報告では 5～16%の増収が見られました。これらの増収効果は密植栽培でより高くみられました。

3) 栽植密度

適正な栽植密度は品種によって異なります。各種苗メーカーのカタログや次項に示す十勝地域における試験結果を参考にして下さい。なお、スナッパヘッドの条間にあわせて、播種機の畦幅は 75 cmまたは 30 インチに調整すると収穫時のロスがより少なくできます。

3. 栽培・肥培管理

(1) 肥培管理の基本

安定多収を実現するためには、イアコーンサイレージ用でもホールクroppサイレージ用と同様に肥培管理と雑草対策および病害虫防除が重要です。まず、生産する圃場について土壌診断を行い、土壌の養分状態を把握し施肥設計を行うことで、効率の良い施肥が可能となります。地域、土壌条件などによって適切な施肥量が異なるので、「北海道施肥ガイド 2015」などを参考に各圃場に適した施肥量を決定します。堆肥やスラリー施用の有無、施用量によっても施肥量は変わります。

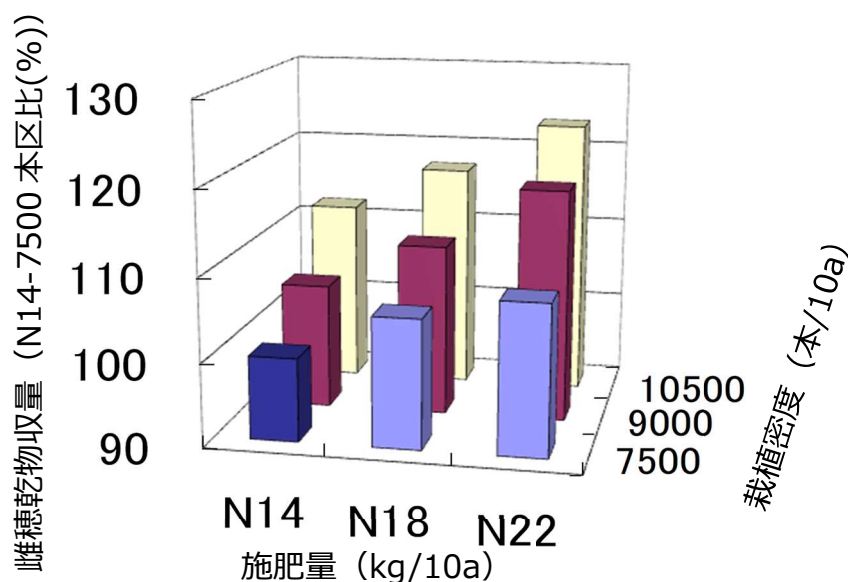
(2) 十勝地域向けイアコーンサイレージ用トウモロコシの肥培管理推奨値

表Ⅱ-2 十勝地域におけるイアコーンサイレージ向け栽培・肥培管理法

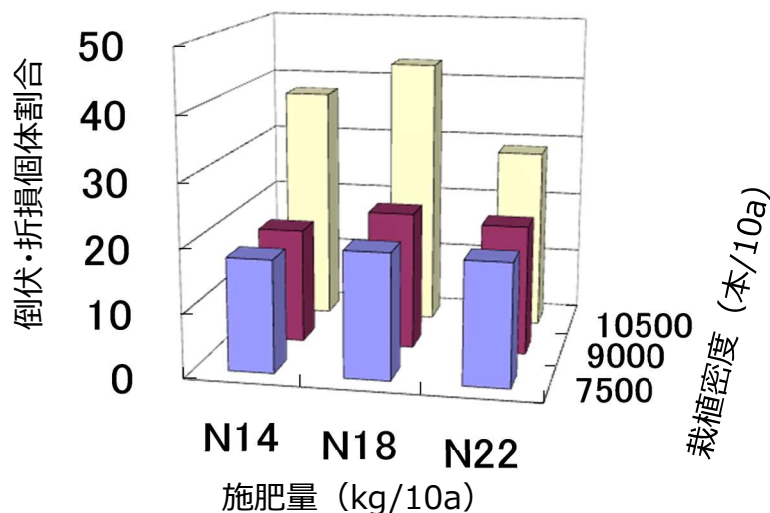
十勝地域におけるイアコーン栽培の推奨値	
栽植密度	(ホールクropp)7500本/10a → (イアコーン)9000本/10a
施肥量	施肥標準(ホールクropp)より窒素2kg/10a増肥
追肥時期	4～7葉期
追肥方法	側条あるいは散播(葉面が乾いた状態で)
* 早生の早～中(RM73日～85日)の品種を用いる場合の推奨値 * その他栽培法は北海道施肥ガイド2015に準拠する。	

道総研畜産試験場（2012）を一部改変

十勝地域において実施した試験結果を基にしたイアーンサイレージ用トウモロコシの栽培・肥培管理の推奨値を表Ⅱ-2に示しました。この試験結果のように、栽植密度を高めることで、雌穂収量が増えます（図Ⅱ-8）。しかし、栽植密度を高めすぎると倒伏・折損



図Ⅱ-8 栽植密度別のイアーンサイレージ乾物収量
道総研畜産試験場（2012）

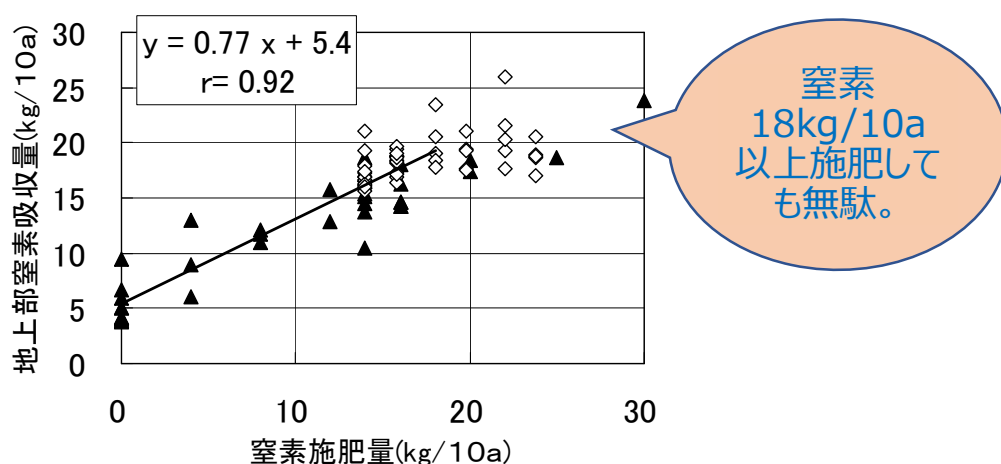


図Ⅱ-9 栽植密度別の倒伏・折損割合
道総研畜産試験場（2012）

割合が増加します（図Ⅱ-9）。そのため、適切な栽植密度は10a 当たり9,000 本程度と考えられます。

施肥量、吸収量、雌穂収量の関係式から、10a 当たり9,000 本でのイアコーンサイレージ収量は同7,500 本の時に比べて約10%増加すると算出されます。この増収分に見合う窒素量は10a 当たり約2kg と計算されます。そのため、窒素施肥量を各地帯区分、基準収量に応じたホールクロープサイレージ栽培時の施肥水準より10a 当たり2kg をめどに増やします。この増肥量は4～7 葉期に側条施肥または散播で追肥します。肥料やけを防ぐために、葉面が乾燥している状態で施用します。

この試験結果から、栽植密度を10a 当たり9,000 本、窒素施肥量を同18kg とする場合、栽植密度、窒素施肥量がそれぞれ7,500 本、14kg の場合に比べて播種量や施肥量が増えるため、種子代が10a 当たり約500 円、肥料代が同約500 円、合計で同約1,000 円上昇すると計算されます。一方、イアコーンサイレージ乾物収量は10a 当たり1,000kg から約100kg 増加して1,100kg 程度になると試算されました。資材費の10a 当たり約1,000 円の増加分は生産コストの2～3%程度の増加に相当するとみられ、イアコーンサイレージ増収分で十分に回収できることが期待できます。なお、植物体の吸収でき



図Ⅱ-10 窒素施肥量と地上部吸収量の関係

◇：2009～2011 年試験データ、▲：2008 年度以前の既往データ

道総研畜産試験場（2012）

る窒素量には限界があるので、肥料の施用量は多ければ多いほど収量増加効果があるというわけではありません。例数を増やして確認したところ、10a 当たり 18kg 以上の窒素を施用しても効果は頭打ちになることが分かりました（図Ⅱ-10）。

以上の試験結果を参考にして、各地の条件に適した栽植密度、施肥量を定めることとなります。

（3）雑草対策と病虫害防除

雑草対策および病虫害対策も基本的にはホールクロープと同様です。除草剤散布は、播種時期に行う土壌処理と、雑草の発生状況をみながら行う茎葉処理の両方とも実施します。農薬の使用にあたっては、必ずラベルを確認し、都道府県の病虫害防除所や普及機関等に相談して下さい。また最新の農薬情報は、農林水産省「農薬登録情報提供システム」<https://pesticide.maff.go.jp> で確認できます。

1）雑草対策（土壌処理）

土壌処理においては、発芽前に作業するので、トウモロコシ植物体を損傷させる心配がなく、茎葉処理よりも作業効率は良好です。一方で、土壌が乾燥しすぎたり、逆に施用直後に降雨に当たったりすると効果が薄れるので注意が必要です。乾燥状態が続く場合には、鎮圧することで効果が高まります。

2）雑草対策（茎葉処理）

茎葉処理では、雑草種に適した薬剤を選択でき、雑草に直接散布するので、土壌処理と異なり土壌条件の影響は受けません。ただし、散布時期が遅れると薬害発生リスクの増加や散布効果の低下が生じやすくなります。また、トウモロコシの生育が停滞している状態では散布をみあわせませす。

3）病虫害防除

病虫害防除では、例えばすす紋病の発生時にはプロピコナゾール乳剤（商品名「チルト乳剤 25」）という殺菌剤を施用しますが、病徴が明らかになる頃にはトウモロコシ草丈

が高すぎて散布用機械が圃場に入れなため、最近は無入航空機（ヘリコプター・ドローン）による散布が行われることがあります。無入航空機による農薬散布については、農水省 HP の「無入航空機による農薬等の空中散布に関する情報」をご参照下さい。

近年、問題となっている海外飛来性害虫のツマジロクサヨトウの防除については農水省 HP の「ツマジロクサヨトウに関する情報」を確認し、不明なことがある場合には病虫害防除所や普及指導センター等関係機関に相談して下さい。

4. 収獲調製作業

（1）収獲適期

イアコンサイレーヅ用材料の収獲適期は、ホールクロープサイレーヅ用材料の収獲適期である黄熟後期よりも 1 ～2 週間程度遅い完熟期です。この時期には、イアコンサイレーヅ収量が最大になるとともに、品質、保存性の高いサイレーヅが調製できます。

雌穂だけを茎から分離（snapping：こそげる、折れる時の音（ぽつきり））して収獲する際に、水分が高いと雌穂が茎からうまく離れません。雌穂乾物率が 55～60%にまで上がる完熟期になると、雌穂が茎から分離しやすくなります。黄熟期までは子実に爪を立てると割ることが可能ですが、図Ⅱ-1（8 ページ）に示す完熟期の子実は全く割れないほど硬くなります。また、図Ⅱ-1 で示すように、ミルクラインの基部への到達と、子実基部のブラックレイヤーと呼ばれる黒い層の形成が完熟期の目安となります。

完熟期にはイアコンサイレーヅ収量が最大となります。図Ⅱ-11 に、早晚性の異なる 3 品種の十勝地域における収獲日別イアコンサイレーヅ乾物率、乾物収量を調べた実験結果を示しました。乾物率が最大に達する時期が各品種の完熟期とみなせますが、その時期にイアコンサイレーヅ収量が最も多くなる傾向がみられます。ただし、品種によっては完熟期到達以降に収獲しないでおくと、乾物収量が減る現象がみられます。特に、極早生の品種 A において顕著で、このような品種ほど「イアドロップ」と呼ばれる雌穂の脱落のリスクが高ま

ることがうかがわれます。一方、AやBに比べると晩生タイプの品種Cでは、10月中旬以降も乾物率が増加する可能性はありますが、乾物収量の増加の程度は鈍り始めるので、収穫日を極端に遅くする必要はないといえます。実際に収穫時期を決定する際には、降雨、降霜、降雪などによって収穫機械が圃場に入れなくなることはないよう、天候状態を確認する必要があります。

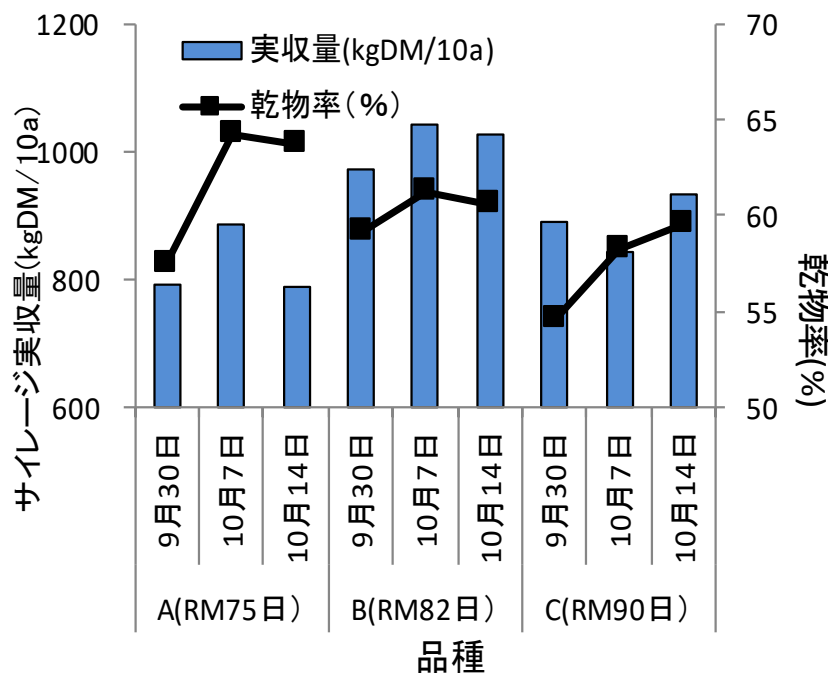


図 II -11 十勝地域における品種別、収穫期イアコーンサイレージ収量
農研機構北海道農業研究センター（2017）

家畜改良センター十勝牧場の計 12ha の圃場を用いた実験結果。DM：乾物

(2) 機械作業体系

1) 作業体系と能率

イアコーンサイレージ収穫調製の機械作業体系を図 II -12 に示します。自走式ハーベスタの収穫アタッチメントをスナッパヘッドに替えるだけで、他はホールクローブサイレージと同様の体系で、かつ同等以上の作業能率（1.2～1.5ha/h）で収穫調製できます。ロー

ルベールサイレージの密度は約 400kg 乾物/m³ でホークロップより高い結果が得られています。



図 II -12 イアコーンサイレージ収穫調製の機械作業体系

2) 収穫機械

図 II -13 に、スナッパヘッドを装着した自走式ハーベスタを、図 II -12 に収穫作業体系を示しました。ホークロップサイレージ用のロータリーヘッドを装着する場合には、莖葉を含む地上部全体がハーベスタ内に取り込まれますが、スナッパヘッドを装着することで雌穂だけが分

離されて、茎葉は取り込まずにイアコーンだけが収穫されます。収穫されたイアコーンサイレー
ジ材料は、ホールクロープサイレージ材料に比べ子実割合が高いため、黄色味が強い特徴が
あります（図Ⅱ-15）。



図Ⅱ-13 ホールクロープサイレージ収穫用ロータリーヘッド（左）とイアコーンサイレージ収穫用スナッパヘッド（右）を装着した自走式ハーベスタ



図Ⅱ-14 現地でのイアコーンサイレージ収穫風景



図Ⅱ-15 ロータリーヘッドで収穫したホールクroppサイレーヅ材料（左）と
スナツパヘッドで収穫したイアコーンサイレーヅ材料（右）

自走式ハーベスタで収穫する際には、普通コンバインによるトウモロコシ子実の収穫時と異なり、収穫物は細かく切断されます。さらに、黄熟期以降のホールクroppサイレーヅ収穫で推奨されていると同様に、カーネルクラッシャ、コーンクラッシャなどと呼ばれる破碎処理装置（図Ⅱ-16）を用いることで、芯や子実が破碎されて家畜の採食性、消化性が向上します。このため、イアコーンサイレーヅ収穫には、破碎処理装置の装備された自走式ハーベスタを使います。また、子実のこぼれを防ぐため、フィードローラ下側の隙間をプレート（商品名：Grain-loss reduction parts kit）で塞いで収穫することが勧められます。

収穫時のハーベスタの設定切断長は10mm以下、破碎処理装置の設定ローラ幅は2mmを目安としています。ただし、収穫時の原料水分などによって微調整して下さい。作業時速の目安は時速6km程度です。また、これまでの経験から、作業を始める前に破碎装置間隙を最大（開放）にして10mほど試し刈りすると、



図Ⅱ-16 自走式ハーベスタに
装着されている破碎処理装置の例

粉碎されたイアコンサイレージ材料がフィードローラ部に団子状に詰まる事を防ぐことができることを確認しています。

なお、雌穂は台風などで倒伏してしまった場合でも、多くが地面につかない状態のため収穫できますが、収量減は免れませんので、栽植密度を適正な水準とする、必要以上に徒長させないなど、倒伏させない管理を心がける必要があります。

3) 調製機械

収穫したイアコンサイレージ材料は、細断型ロールベアラ⁴⁾を利用してロールベールサイレージとして保存します。欧米では、バンカーサイロでの保存が一般的ですが、わが国の畜産農家での1日当たり給与量を考慮すると、ロールベールサイレージが開封後の変敗ロスや利便性から有利といえます。またロールベールの荷姿のまま流通も可能です。

市販されている細断型ロールベアラのいずれでも調製できますが（図Ⅱ-17）、調製時の設定と注意としては、イアコンサイレージは6か月以上の長期にわたって保存を可能とするため、ラップ巻数は6層以上を推奨します。また、材料の乾物率が60%を超えるような時は、成形時間を長くかけると成形室から出てきたロールベールの側面からこぼれ



図Ⅱ-17 細断型ロールベアラでのイアコンサイレージ調製風景

る量が多くなります。細断型ロールベアラのホッパへ材料を投入する際には、ちょうど1個分くらいずつとなるように、材料の投入ペースを調整する必要があります。

(3) 保管・貯蔵・流通

イアコーンサイレージは北海道では晩秋に収穫し、まもなく冬季を迎えて発酵の進み方が緩やかになるため、翌年春から利用するのが一般的です。屋内や特別な施設は必要とせず、ロールベールとして屋外で貯蔵・保管できます（図Ⅱ-18）。ラップフィルムの破損は、品質劣化の原因になるとともに、販売する場合には商品価値を著しく損なうこととなりますので、鳥獣対策を徹底して行います。鳥獣対策については、農研機構が作成した「稲発酵粗飼料貯蔵中のネズミ対策マニュアル」（下記 URL）などを参照して下さい。

https://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/publication/files/mouse_save.pdf



図Ⅱ-18 イアコーンロールベールサイレージの保存風景（左）とアライグマによる食害（中）、ネズミによるフィルム破損状況（右）

(4) 収穫残渣の処理

収穫後には、茎葉残渣が圃場に残されます。茎葉残渣の圃場還元について、これまでの試験では、土壌物理性の改善効果が認められています。イアコーンサイレージ収穫後の茎

葉残渣は、スナッパヘッド下部の回転刃によって収穫時に細切され、その後、チョッパー⁵⁾ やディスクハローで処理された後、プラウなどで圃場にすき込みます(図 II -19)。



図 II -19 イアコーンサイレージ収穫後の圃場と残渣（左）およびディスクハローによる残渣処理（右）

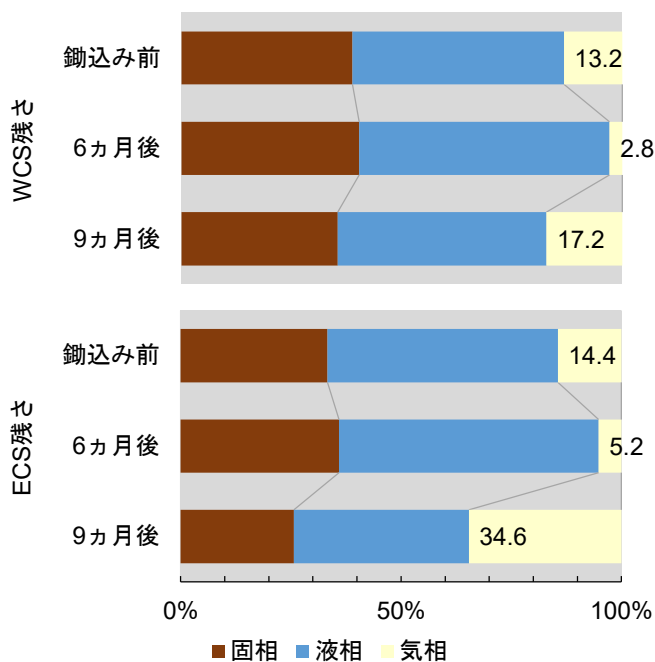


図 II -20 残渣をディスクで処理した時の三相（固相、液相、気相）分布の推移（深さ 10～15cm）

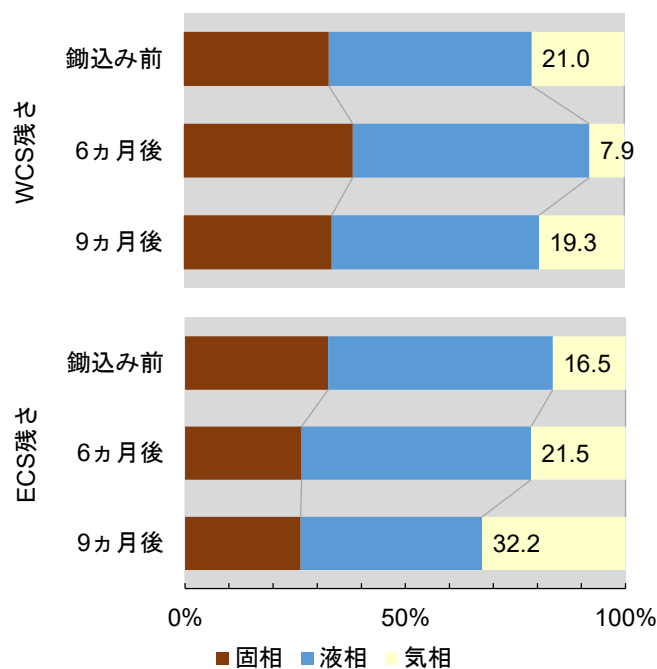


図 II -21 残渣をボトムプラウで処理した時の三相分布の推移（深さ 25～30cm）

いずれも農研機構北海道農業研究センター（2017）

試験実施年次：2011～2012 年、試験実施場所：北海道農業研究センター圃場（札幌市）

イアコーンサイレージ収穫残渣をすき込むと、ディスク処理、ボトムプラウ処理のいずれでも、畑作土壌中の気相率（空気の量）が増加しました（図Ⅱ-20、図Ⅱ-21）。ホールクロスサイレージの収穫時には圃場に還元される茎葉がほとんどないため、残渣すき込み効果は限定的で気相が大きく増えないのと対照的です。残渣の還元により土壌中の団粒構造が発達し、排水性、保肥性の向上が期待できます。

（５）残渣の回収利用

茎葉残渣の還元によって土壌の物理性は改善されますが、残渣は有機物を多く含むものの、窒素供給効果は期待できないので、後作物における減肥は窒素飢餓（有機物の急激な分解に伴う窒素不足状態）による減収を招く恐れがあり避ける必要があります。一方、これまでの現地試験では、テンサイ、大豆といった後作物を標準施肥量で栽培した場合に窒素飢餓は観察されていません。減肥はできませんが、標準施肥量を守れば後作物への悪影響はありません。

欧米では圃場に残された雌穂や子実収穫後の残渣を敷料などに利用するケースもあります（図Ⅱ-22）。わが国では水分含量の高い搾乳牛排泄糞の水分調整材（堆肥の副資材）としての利用が期待されます。図Ⅱ-23 に示すように、堆肥発酵の進み具合の指標となる堆肥温度は、広く使われている麦稈を副資材として使う場合と同じくらい高温に到達



図Ⅱ-22 残渣の敷料利用の例
(イタリアにおいて撮影)

することから、温度上昇の少ないもみ殻やおがくずを副資材として用いる場合に比べて、効率的に水分調整されて良質な堆肥に調製できることがうかがえます。調査したヨーロッパの事例では、天候が良好で圃場において充分乾燥する条件の場合に、コンパクトベール（小サイズの角型梱包）として回収・利用しています。北海道においても、年次によっては収穫後に残渣の乾燥が進むので回収して利用できます。北海道の大規模酪農では近年コンパクトベールはほとんど利用されていませんが、残渣の圃場還元と堆肥副資材としての利用が選択できるように、効率的な残渣回収方法の検討が必要です。

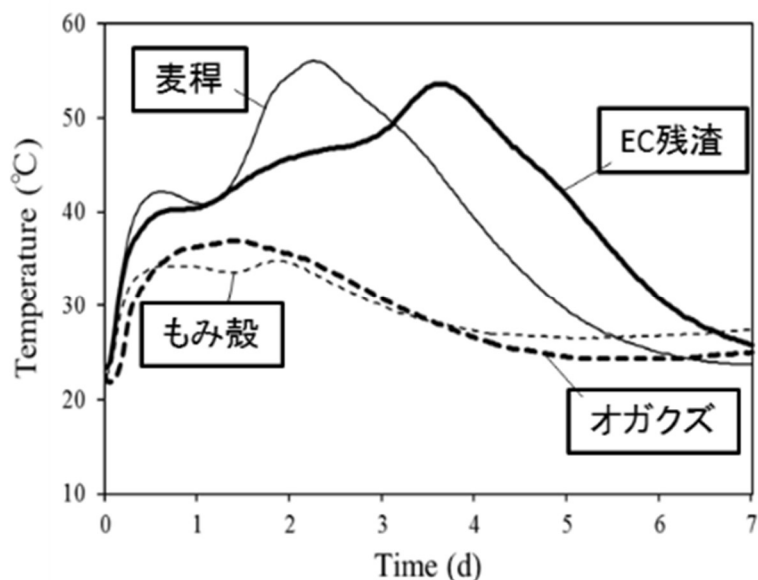


図 II-23 副資材別堆肥温度の推移

(Hanajima 2014)

EC 残渣: イアコーン収穫後残渣

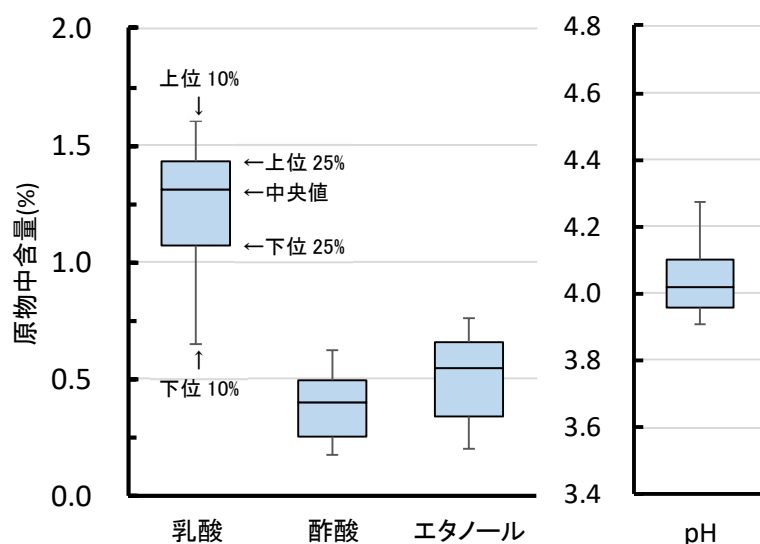
Ⅲ. イアーンサイレージの給与利用技術

イアーンサイレージは、ホールクロープサイレージに比べ栄養価が高いことから乳用牛や肉用牛に粗飼料ではなく濃厚飼料として給与できます。一方で、イアーンサイレージは芯や穂皮を含む分、圧片トウモロコシや乾燥子実と比べるとエネルギー価は低くなります。イアーンサイレージを与えるときの適切な飼料メニューを設計する上で理解すべき飼料特性について、以下で解説します。

1. 飼料特性

(1) 発酵品質、保存性

イアーンサイレージはホールクロープサイレージに比べて水分が少ないため、ホールクロープサイレージに比べると発酵の程度は緩やかです。しかし、ホールクロープサイレージと同様に調製時に製剤添加や加水を施さなくても、乳酸発酵が進みます（図Ⅲ-1）。pHが4程度にまで下がるというように品質は良好で、乳牛、肉用牛による嗜好性も優れます。貯蔵期間



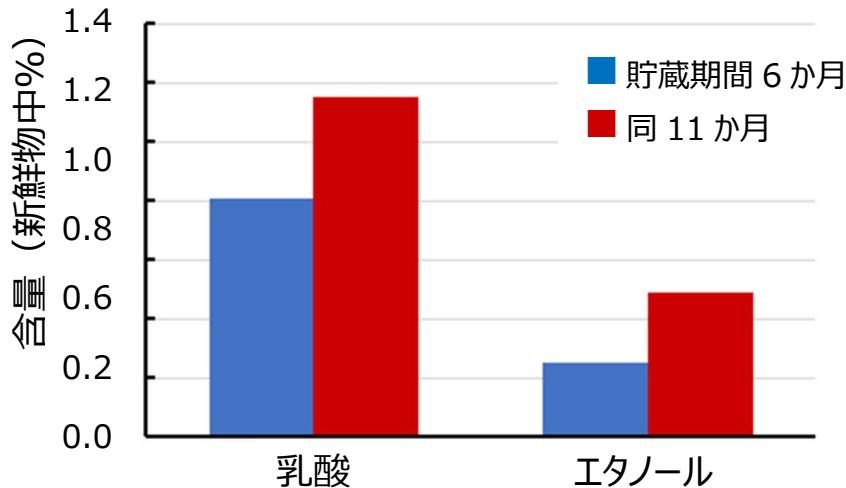
図Ⅲ-1 イアーンサイレージ発酵品質の分布状況

農研機構北海道農業研究センター（2017）

2012～14年、北海道内5箇所生産された110試料のデータ。いずれも乳酸菌製剤や水は添加せずに調製、貯蔵6か月以降に開封。

<参考> 北農研産ホールクロープサイレージの例（2012年度93試料）：乳酸1.46、酢酸0.37、エタノール0.33、pH3.75

が長いものほど、発酵産物である乳酸やエタノールが増加します（図Ⅲ-2）。保存性にも優れ、フィルム破損がなければロールベールで1年間以上保存できることを確認しています。



図Ⅲ-2 貯蔵期間における発酵産物の変化

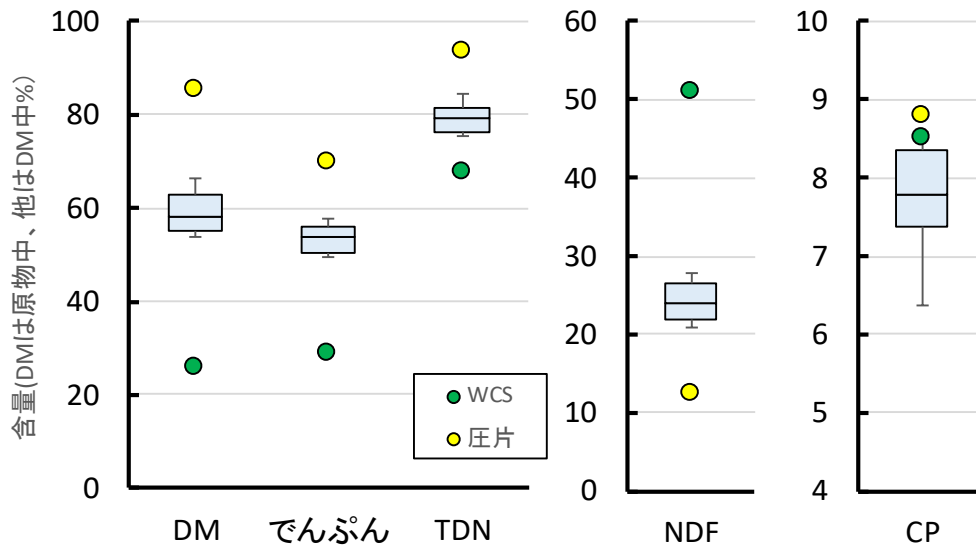
農研機構北海道農業研究センター（2017）

2009年に家畜改良センター十勝牧場で生産されたイアコーンサイレージ細断ロールベールを調製後6か月または11か月に各9ロール開封して分析した結果

（2）成分、栄養価

イアコーンサイレージの成分含量、栄養価は、圧片トウモロコシとホールクroppサイレージのおおむね中間の水準です（図Ⅲ-3）。TDN（可消化養分総量）含量は約80%で、濃厚飼料として利用できます。また、イアコーンサイレージに含まれるでんぷんは、圧片トウモロコシ中のでんぷんに比べて第一胃内での発酵が速やかです（図Ⅲ-4）。そのため、組み合わせる蛋白質飼料もより速く分解するタイプが望ましく、大豆粕などに比べると、牧草やナタネ粕などの相性がいいと考えられます。

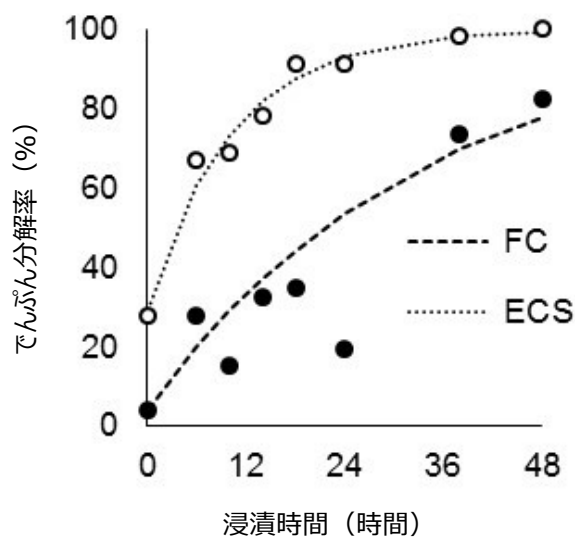
一方、イアコーンサイレージと他のでんぷん質飼料を併給するときには、採食後の短時間でルーメン内が急激に酸性へ傾くアシドーシスとよばれる状態を招かないために、一度の給与量が多くなり過ぎないようにする必要があります。特に放牧を利用し、牛舎での濃厚飼料等補助飼料の採食時間が短い場合には注意が必要です。



図Ⅲ-3 イアコーンサイレージの栄養成分の分布状況とホールクロップサイレージ（WCS）、圧片トウモロコシとの比較

農研機構北海道農業研究センター（2017）

2012～14年、北海道内5箇所生産されたサンプルのうちTDNを実測した84試料データの平均。DM：乾物、NDF：中性デタージェント繊維（総繊維に相当）、CP：粗蛋白質。縦棒などは図Ⅲ-1と同じ。ホールクロップサイレージおよび圧片トウモロコシの値は日本標準飼料成分表（2009年版）から引用。



図Ⅲ-4 イアコーンサイレージ（ECS）および圧片トウモロコシ（FC）中でんぷんの乳牛第一胃における消失パターン（多田ら 2018）

第一胃フィステル⁶⁾装着牛を用いて、ECSまたはFCを入れたナイロンバッグを第一胃内に浸漬して測定。

2. 乳牛への給与技術

(1) 給与作業

上記のイアコーンサイレージの特徴を把握した上で、飼料設計を行い給与します。給与作業の際には、ロール重量が 1 ロール当たり 600kg 程度、ロールベアラの機種によっては 1,000kg 程度になるので、ロールベールをつかむグラブやフォーク（図Ⅲ-5）があると取り回しが容易になります。TMRセンター利用者以外にも、イアコーンサイレージを材料とするTMRを自家で調製して給与する例があります（図Ⅲ-6）。



図Ⅲ-5 グラブ（左）とフォーク（右）



図Ⅲ-6 自家所有のTMRミキサー（左）と飼槽に配餌されたTMR（右）

(2) 給与方法と給与効果

1) 給与量、給与メニュー

給与量の目安は次の通りです。

泌乳牛に対するイアコーンサイレージの1頭1日当たり給与量（乾物）の目安

◇牧草サイレージ主体 3.3kg

◇牧草サイレージとトウモロコシホールクroppサイレージの併給 約2kg

◇集約放牧の補助飼料 約3kg

イアコーンサイレージは、圧片トウモロコシや配合飼料の一部代替として乳牛へ給与でき、その分、購入濃厚飼料が節約できます。粗飼料を牧草サイレージ主体とする条件でイアコーンサイレージを泌乳牛に給与する飼料メニュー例を表Ⅲ-1に示しました。一般的には、エネルギー源を補給するために配合飼料に加えて圧片トウモロコシを給与する飼料Cのタイプが主流ですが、圧片トウモロコシのすべてと配合飼料の一部をイアコーンサイレージで置き換えると飼料Eのような飼料設計になりました。比較のために両者の中間的な飼料Mも調製して、これら3種類の飼料を泌乳牛に給与したところ、表Ⅲ-2に示すように給与飼料間で飼養成績に差はなくいずれも良好という結果が得られました。

**表Ⅲ-1 泌乳牛への飼料メニュー例
(牧草サイレージ主体の場合)**

	飼料E	飼料M	飼料C
構成比 (%)			
牧草サイレージ	50.9	51.1	54.4
配合飼料	27.8	27.5	28.5
イアコーンサイレージ	14.9	10.3	—
圧片トウモロコシ	—	4.7	10.5
大豆粕	6.4	6.4	6.6
計	100.0	100.0	100.0

表Ⅲ-1～4は上田ら(2014)から作成。構成比は乾物重量として示す(表Ⅲ-3も同様)。

粗飼料として牧草サイレージとトウモロコシホールクroppサイレージ（WCS）を併給する条件では、イアコーンサイレージを給与する場合（表Ⅲ-1 と区別するために飼料 E2 とします）、圧片トウモロコシを給与する場合（飼料 C2）、その中間的な場合（飼料 M2）の飼料構成はそれぞれ表Ⅲ-3 のようになり、このときの飼養成績（表Ⅲ-4）も飼料によらずいずれも良好なことが確認されました。すなわち、牧草主体の場合、牧草とトウ

表Ⅲ-2 表Ⅲ-1 の飼料給与時における泌乳牛の飼養成績

	飼料E	飼料M	飼料C
乾物摂取量 (kg/頭/日)	22.3	22.7	22.4
乳量 (kg/頭/日)	33.0	32.8	31.7
乳脂肪率 (%)	4.24	4.44	4.36
乳蛋白質率 (%)	3.25	3.23	3.26
乳糖率 (%)	4.46	4.45	4.46

泌乳牛 6 頭を供した 3×3 ラテン方格法⁷⁾ による結果。
いずれの項目についても飼料間に有意差なし。

**表Ⅲ-3 泌乳牛への飼料メニュー例
(牧草サイレージとホールクroppサイレージ併給の場合)**

	飼料E2	飼料M2	飼料C2
構成比 (%)			
牧草サイレージ	27.9	28.8	28.6
トウモロコシWCS	27.9	28.6	29.1
配合飼料	26.8	26.4	27.2
イアコーンサイレージ	10.5	5.3	—
圧片トウモロコシ	—	4.0	8.2
大豆粕	6.9	6.9	6.9
計	100.0	100.0	100.0

モロコシホールクroppサイレーヅ併給の場合のいずれの条件でも、日本の酪農業で広く使われている圧片トウモロコシの代替としてイアコーンサイレーヅを給与することが可能であることが示されました。

実際に給与する際の飼料構成は、各構成飼料の種類と成分含量、給与牛の乳量、乳成分、体重など諸条件に基づいて設計する必要がありますが、ここでの研究事例のように輸入濃厚飼料を節減しても、イアコーンサイレーヅを適切に給与することで良好な飼養成績が得られるといえます。

表Ⅲ-4 表Ⅲ-3 の飼料給与時における泌乳牛の飼養成績

	飼料E2	飼料M2	飼料C2
乾物摂取量 (kg/頭/日)	23.4	22.6	23.4
乳量 (kg/頭/日)	34.0	34.2	32.7
乳脂肪率 (%)	3.61	3.49	3.85
乳蛋白質率 (%)	3.22	3.21	3.25
乳糖率 (%)	4.58	4.63	4.56

泌乳牛 6 頭を供した 3×3 ラテン方格法⁷⁾ による結果。いずれの項目についても飼料間に有意差なし。

イアコーンサイレーヅに高蛋白質・高栄養価の早刈り牧草サイレーヅを組み合わせると、配合飼料や大豆粕が大きく節減できて、飼料自給率が大きくアップします。試験に供した飼料メニューを表Ⅲ-5、その栄養価と飼養成績を表Ⅲ-6 に示します。

イアコーンサイレーヅと早刈り牧草（オーチャードグラス・ペレニアルライグラス混播、乾物中 TDN67%、CP15%、NDF54%）を組み合わせる飼料 P は、通常刈り牧草（チモシー主体、乾物中 TDN59%、CP9%、NDF67%）を使う飼料 T と成分、栄養価は同程度ながら、乳牛用配合飼料を 31%から 19%へ 12 ポイント減らすことができる上、大豆粕を使わないで調製できます（表Ⅲ-5）。また、飼料 P を給与した乳牛の乾物摂

取量や乳量（脂肪補正乳）は飼料 T 給与時と差がないかやや良好な成績でした（表Ⅲ-6）。配合飼料や大豆粕が大きく節減できるため、費用面でもメリットが期待できます。

表Ⅲ-5 早刈り牧草とイアコーンサイレージの組み合わせ飼料メニュー例

	飼料 P	飼料 T
構成比 (%)		
早刈り1番草	60.0	—
通常刈り1番草	—	43.9
イアコーンサイレージ	20.9	20.4
配合飼料	19.1	31.1
大豆粕	—	4.6
計	100.0	100.0

農研機構北海道農業研究センター（2017）

表Ⅲ-6 表Ⅲ-5 の飼料の栄養価と給与時の飼養成績

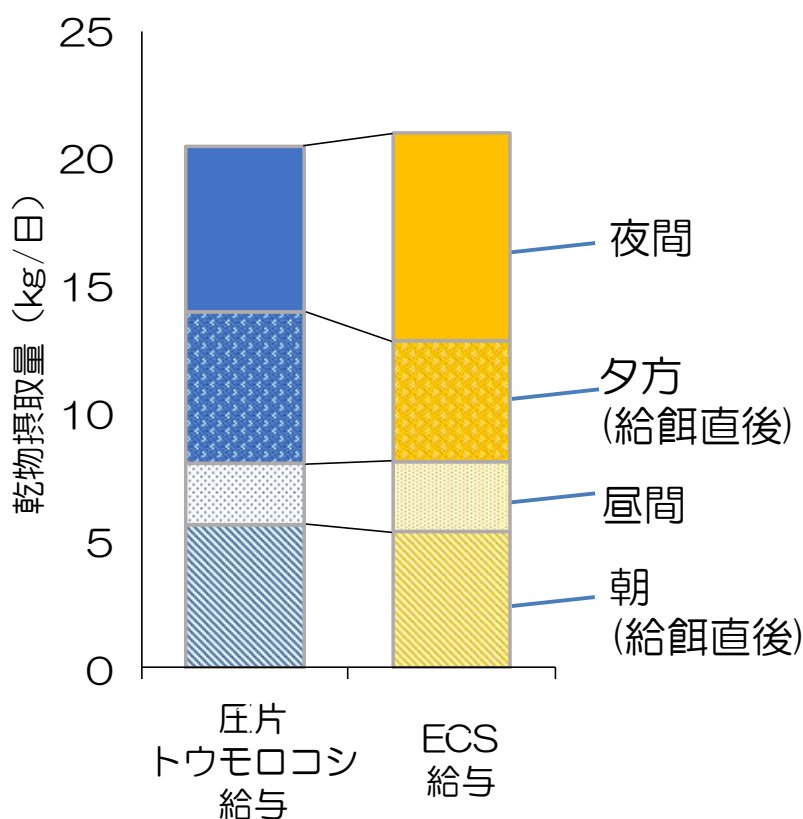
	飼料 P	飼料 T
設計値 (%)		
乾物中TDN含量	73.6	73.7
乾物中CP含量	14.3	14.3
自給率 (TDN換算)	77.8	57.0
乾物摂取量 (kg/頭/日)	22.8	22.7
脂肪補正乳量 (kg/頭/日)	33.1	32.3

農研機構北海道農業研究センター（2017）

泌乳牛 6 頭を供したクロスオーバー法⁸⁾による結果。いずれの項目についても飼料間に有意差なし。脂肪補正乳量：乳脂肪率を 4%として補正した乳量。

2) 採食性と給与効果

イアコーンサイレージは圧片トウモロコシよりも水分や繊維含量が多いので、かさ重量が多くなり、乾物に換算すると泌乳牛の採食量が少なくなることが懸念されます。しかし、圧片トウモロコシの代替としてイアコーンサイレージを全飼料中 21%含む飼料を給与しても、1 日当たり全飼料乾物摂取量は、圧片トウモロコシ給与時より多いことが分かりました(図Ⅲ-7)。



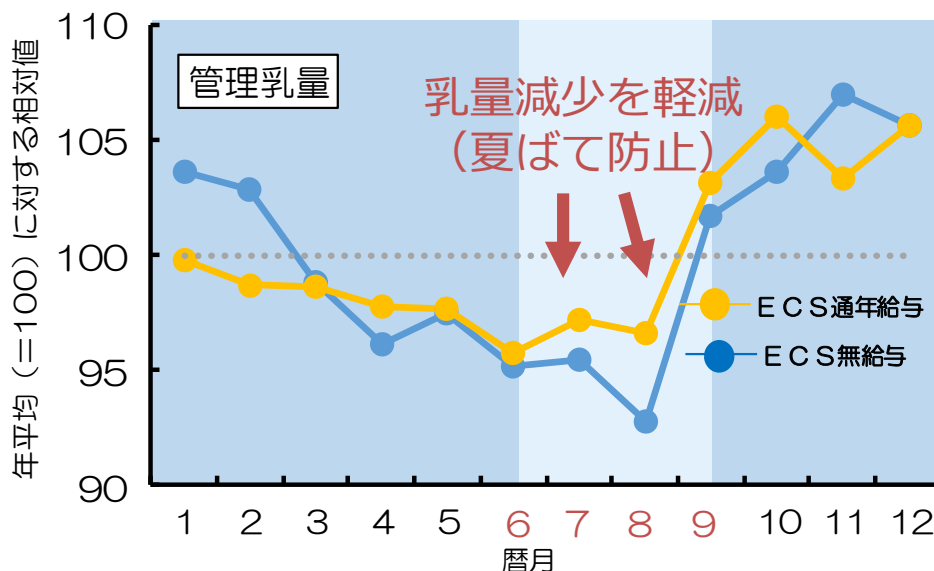
図Ⅲ-7 圧片トウモロコシまたはイアコーンサイレージ (ECS) を含む飼料の泌乳牛による時間帯別採食量 多田ら (2018) より作成

泌乳牛 8 頭を 4 頭ずつ 2 群に分けたクロスオーバー法⁸⁾による結果。試験は採食量に対する気象条件の影響が軽微とみられる秋季に実施。

305 日乳量が平均 11,000kg 水準の高泌乳酪農経営において、イアコーンサイレージを全く給与していなかった時期と、イアコーンサイレージ入り TMR を通年給与した時期で比べたところ、イアコーンサイレージ給与に伴い夏場の乳量減少が抑制できることが分かり

ました（図Ⅲ-8）。これはイアコーンサイレージに対する乳牛の嗜好性が良好で、夏場でも採食量が大きく低下しないことを示すものといえます。

（3）イアコーンサイレージ給与牛乳の品質特性



図Ⅲ-8 高泌乳牛群へのイアコーンサイレージ（ECS）給与効果

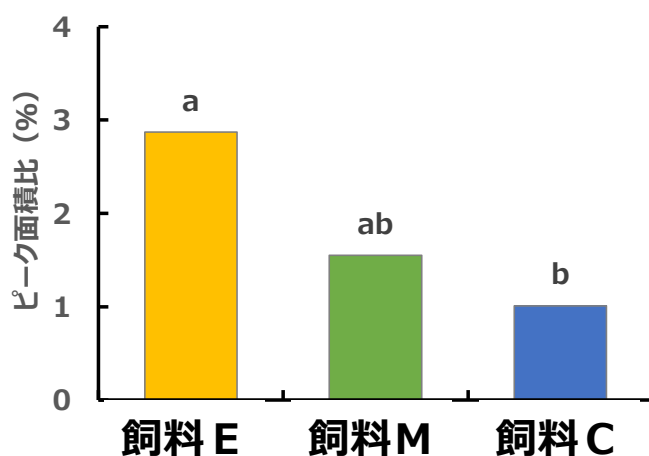
青木ら（2018）より作成

酪農経営3戸を対象とする調査結果。管理乳量：2産次、搾乳日数150日、4月分娩を基準とする固形分補正乳量。ECS無給与条件は2年間、通年給与条件は3年間のデータを用いて、年平均を100とする相対値で季節変動パターンを示す。通年給与期のイアコーンサイレージ給与量は1頭1日当たり原物1～1.5kg。

1) 理化学的特性

イアコーンサイレージの給与によって、甘い香りに関わる微量成分「ラクトン類」が牛乳中に増加します。表Ⅲ-1（34ページ）に示した、圧片トウモロコシを10.5%（乾物中）含む飼料Cと、その一部をイアコーンサイレージで置き換えた飼料M、全量を置き換えた飼料Eを給与すると、ラクトン類含量は飼料E>飼料M>飼料Cの順でした（図Ⅲ-9）。乾燥子実に替えて、発酵させた子実を給与すると乳中のラクトン類が増加する詳し

いメカニズムは現在のところ分かりませんが、このような性質は、牛乳や乳製品を特徴づけるツールとして活用が期待されます。



図Ⅲ-9 乳中ラクトン類含有量

ラクトン類のうち、 γ -デカラクトンの結果について示す。数値は内部標準（BHT）に対する割合（%）。a、b：異文字間に有意差（5%水準）があることを示す。

2) 官能評価

イアコーンサイレージを圧片トウモロコシの代替とする給与試験(表Ⅲ-7)を行い、一般消費者 65 名によるイアコーンサイレージ給与牛乳の嗜好型官能評価試験を実施したところ、イアコーンサイレージを給与した牛乳をおいしいと感じる人が 65 名中 41 名と有意に多い（5%水準）ことがわかりました（図Ⅲ-10）。比較した牛乳の成分は表Ⅲ-8 の通りです。一方、これらの牛乳から製造した飲むヨーグルト

表Ⅲ-7 イアコーンサイレージ給与試験の飼料構成割合

	圧片トウモロコシ 給与区	イアコーンサイレージ 給与区
飼料構成比（乾物%）		
グラスサイレージ(OG)	50.7	49.4
配合飼料	20.6	23.3
圧片トウモロコシ	20.6 (乾物で約5kg)	-
イアコーンサイレージ	-	18.9 (乾物で約4.5kg)
大豆粕	8.2	8.4
計	100	100

ホルスタイン泌乳牛 6 頭を用い、3 頭ずつ 2 処理に分けて給与試験を実施。上田ら (2019)より作成。

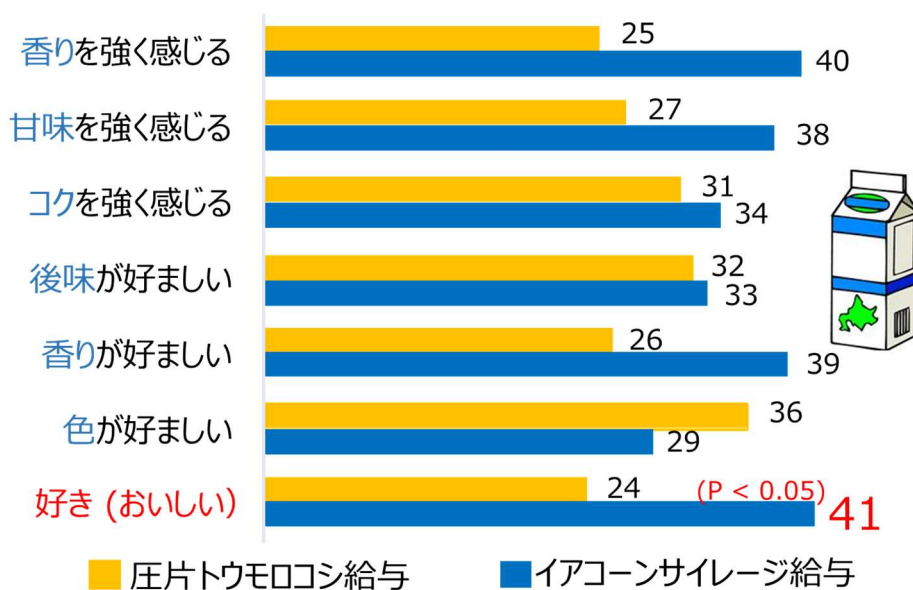
については、イアコーンサイレージ給与区の方が香りおよび酸味を強く感じる人が有意に多

く、甘みを強く感じる人は圧片トウモロコシ給与区の方が有意に多いというように、風味の感じ方に差が認められました。ただし、どちらをおいしいと感じるかに一定の傾向は見られず（図Ⅲ-11）、乳酸発酵過程を経るヨーグルトの場合は、好みに個人差があることがうかがわれました。

表Ⅲ-8 官能評価に供した牛の乳成分とラクトン類含量

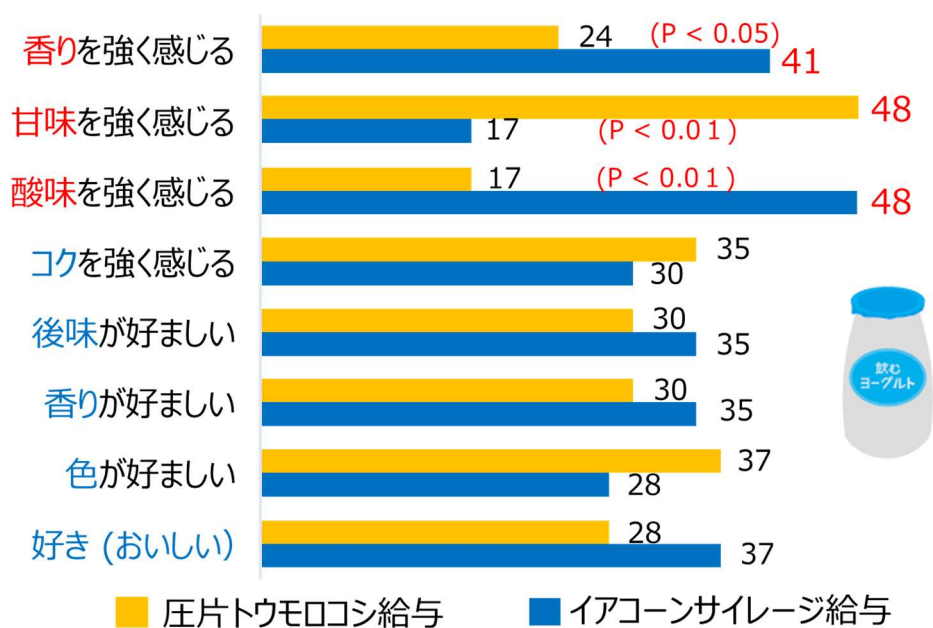
	圧片トウモロコシ区	イアコーンサイレージ区
乳脂率 (%)	3.60	3.83
乳タンパク質率 (%)	3.63	3.47
乳糖率 (%)	4.66	4.57
γ-デカラクトン	1.21	1.23
δ-デカラクトン	4.11	6.53
γ-ドデカラクトン	4.72	6.42
δ-ドデカラクトン	5.14	10.76

ラクトン類の数値は牛乳からの香気成分抽出時に加えた内部標準(BHT)に対する割合 (%)。上田ら (2019)より作成。



図Ⅲ-10 一般消費者（65名）による嗜好型官能評価結果（牛乳）

図中の数値は回答者数（各項目の合計 = 65）。上田ら (2019)より作成。



図Ⅲ-11 嗜好型官能評価結果（飲むヨーグルト）

凡例、図中の数値は図Ⅲ-10と同じ。どちらを「好き（おいしい）」と感じるかは圧片トウモロコシ給与とイアコンサイレージ給与条件とでそれぞれ28名、37名と評価が分かれた。上田ら（2019）より作成。

3. 肉用牛への給与技術（図Ⅲ-12）

イアコンサイレージは、乳牛だけでなく肉用牛肥育にも利用できます。乳用種去勢肥育牛にイアコンサイレージが全飼料中36%（乾物比）の試験飼料（表Ⅲ-9、ECS区）を給与すると、配合飼料が85%を占める慣行飼料を給与した対照区に比べて、肉質は同等で、増体重や枝肉重量は優れます（図Ⅲ-13、表Ⅲ-10）。

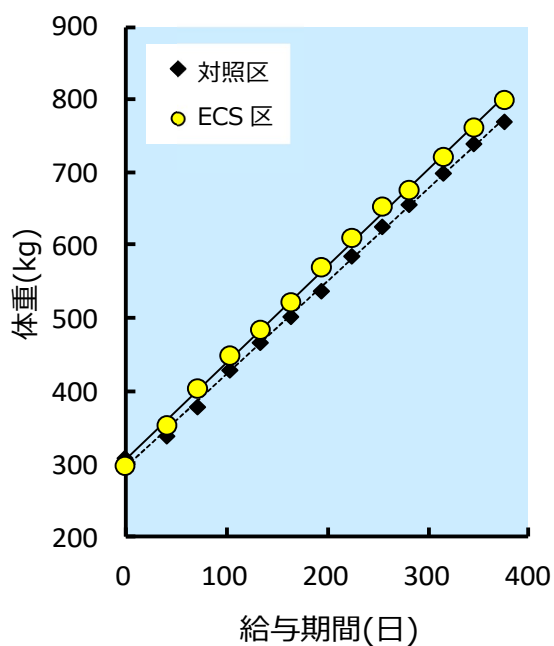


図Ⅲ-12. 乳用種肥育の様子

表Ⅲ-9 乳用種肥育でのイアコーンサイレージ給与メニュー例

	対照区	ECS区
乾物構成比 (%)		
配合飼料 (3種類計)	84.8	47.3
イアコーンサイレージ	—	35.5
麦稈・乾草	11.7	11.7
WCS	3.5	—
大豆粕	—	5.5
計	100	100

十勝地域の民間農場における試験の給与メニュー。図Ⅲ-13、表Ⅲ-10で給与。
7か月齢（導入）から20か月齢（出荷）までの全飼料について示す。
WCS：トウモロコシホールクロップサイレージ



図Ⅲ-13 体重の変化

表Ⅲ-10 枝肉成績

	対照区	ECS区	
出荷頭数	28	27	
出荷時体重 (kg)	769	799	**
日増体重 (kg)	1.15	1.22	**
枝肉重量 (kg)	4.22	437	**
枝肉歩留 (%)	54.9	54.7	
胸最長筋面積 (cm ²)	39.4	38.3	
ばら厚 (cm)	5.8	5.9	
皮下脂肪厚 (cm)	1.8	1.8	
歩留基準値	74.7	74.3	
BMS No.	2.1	2.1	
BCS No.	4.1	4.2	

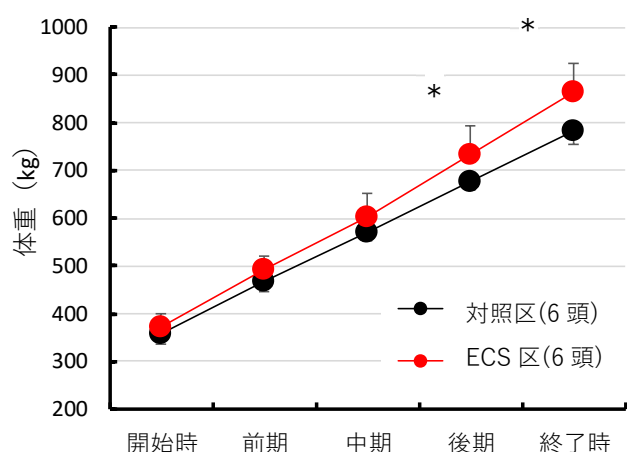
BMS：牛脂肪交雑標準、BCS：牛肉色標準。**：1%水準で有意差あり。

黒毛和種に対して、濃厚飼料の 40% (TDN 換算) をイアコーンサイレージで代替して給与した肥育試験 (表Ⅲ-11) でも、慣行肥育に比べて増体重は優れ (図Ⅲ-14)、その一方で枝肉成績も同等以上となるという結果が得られています (表Ⅲ-12)。

表Ⅲ-11 黒毛和種肥育でのイアコーンサイレージ給与メニュー例

	対照区	ECS区
乾物構成比 (%)		
配合飼料	76.2	35.6
圧片トウモロコシ	1.5	—
イアコーンサイレージ	—	48.7
大豆粕	0.8	3.2
乾草	21.5	12.5
計	100	100

浅田ら (2017)。家畜改良センター十勝牧場における実験。各群 6 頭を 10~27 か月齢にわたり肥育した成績。図Ⅲ-14、表Ⅲ-12 で給与。



図Ⅲ-14 黒毛和種肥育での体重の変化

* : 5%水準で有意差あり。

表Ⅲ-12 黒毛和種肥育での枝肉成績

	対照区	ECS区
出荷頭数	6	6
枝肉重量 (kg)	480.8	529.2 *
胸最長筋面積 (cm ²)	57.3	60.3
ばら厚 (cm)	7.3	8.4 **
皮下脂肪厚 (cm)	2.3	2.7
歩留基準値	73.7	73.9
BMS No.	6.5	6.5
BCS No.	3.7	3.8
肉質等級	4	3.8

BMS : 牛脂肪交雑標準、BCS : 牛肉色標準。

*、** : それぞれ 5%、1%水準で有意差あり。

適度な繊維を同時に採食できるので、濃厚飼料だけでなく、購入粗飼料の節減も期待できます。また、イアコンサイレージの給与が給餌作業など管理面で大きな負担になることはなく、通常用いるミキサー車で給餌が可能です（図Ⅲ-15）。

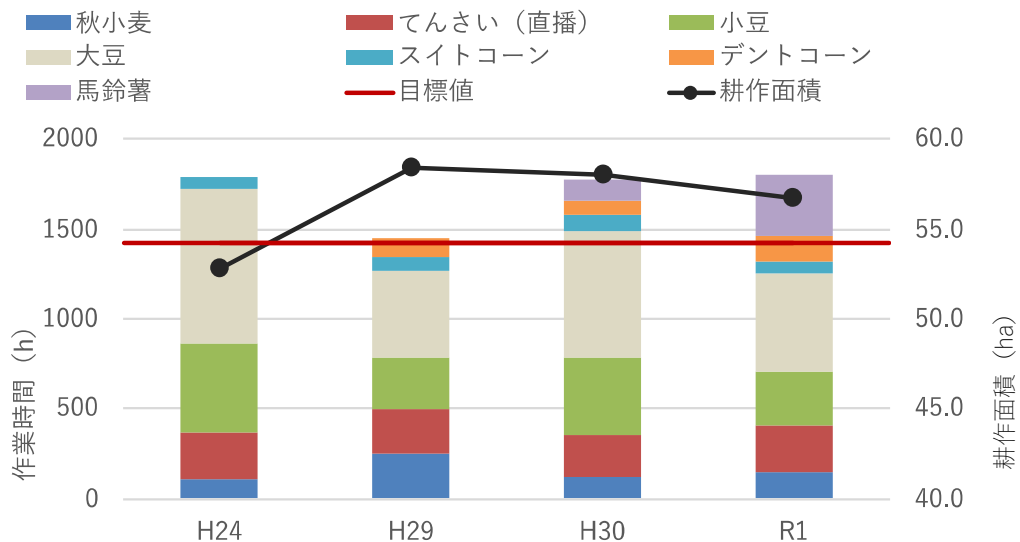


図Ⅲ-15 ミキサー車での給餌

IV. 生産利用事例

1. 耕種（畑作）経営への導入事例

畑作経営も水田作や畜産経営同様に、高齢化・担い手不足から1経営体当たり圃場面積の拡大が進んでいます。道央地域の実証農家においては、飼料用トウモロコシを畑輪作体系に導入することによって年間作業時間が導入前の81%に減少しました（図IV-1）。このように、飼料用トウモロコシ導入は畑作経営において省力化の有効なツールです。従来、省力的なコムギに偏重して、コムギの過作に伴い適正な輪作体系の維持が困難となり、連作障害などが問題となっていますが、コムギ同様に省力的な飼料用トウモロコシを導入することで、コムギの過作が解消されることが期待されます。この体系が拡大するためには、協議会の設立やコーディネータを立てるなどの工夫による飼料の販売先の確保が必須です。



図IV-1 実証地畑作経営の年間作業時間の推移

慣行の栽培体系であったH24年に対して、デントコーン（飼料用トウモロコシ）を導入したH29年には耕作面積が10%増加した一方で作業時間の合計は89%に減少（図中の赤横線）。H30以降は新たに馬鈴薯を導入し7作目を栽培、5作目だったH24と同程度の作業時間で生産できた。

調査対象：2012～2019年、安平町農家1戸

2. 酪農経営への導入事例

(有) ジェネシス美瑛

(上川郡美瑛町：管理圃場面積 670ha うちイアコーンサイレージ 65ha)

供給先：1,300 頭分（構成酪農経営 8 戸（平均乳量 11,200kg/頭/年））

2008 年よりイアコーンサイレージを生産、2015 年より酪農経営で通年給与

イアコーンサイレージの生産利用は異常気象などの影響もあり、急激な面積拡大とはいきませんでした。着実な取り組み拡大がみられます。ここで紹介する生産利用事例は、1,300 頭分のイアコーンサイレージ入り TMR を通年で供給する TMR センターと酪農経営の取り組み事例です。イアコーンサイレージなど国産濃厚飼料で“おいしい牛乳”をたくさん作る技術体系を実践しています。浦敏男社長（現・会長）は、イアコーン生産に取り組む主な理由として、①嗜好性の高さ（夏場の食欲不振への効果を実感）、②TMR 製造コストが 5～7%削減、をあげています。また、3 年前よりイアコーンサイレージ給与牛乳の産地指定⁹⁾を取得し、美瑛町内でジェラート製造・販売に取り組んでいます（図IV-2）。



図IV-2 イアコーンサイレージ給与牛乳の産地指定認定書
と乳製品（左）および乳製品直売店（右）

用語解説

- 1) マルチ (12 ページ) : 地温の制御などを目的とした人工的な被覆材。
- 2) プラウ (12 ページ) : 土壌の耕起・反転をする農具。
- 3) ディスクハロー (12 ページ) : 皿状の円盤が十数枚並んだタイプの碎土機。
- 4) 細断型ロールベアラ (22、25 ページ) : 細断された飼料用トウモロコシなどの材料をロールベールに成形するための機械。
- 5) チョッパー (27 ページ) : 残稈の粉碎処理に用いる機械。
- 6) 第一胃フイステル (32 ページ) : 反芻家畜の第一胃内容物の採材や、消化率等を測るための細孔の開いたナイロン袋に入れた飼料サンプルの投入・回収実験などができるように、第一胃に外科的に取り付けられた専用の器具。
- 7) ラテン方格法 (35、36 ページ) : 個体差の影響を取り除いて要因の影響を解析するための実験計画法の一つ。3×3 の場合は、3 頭の倍数の供試動物に対して 3 種類の処理を 3 期に分けて施す。
- 8) クロスオーバー法 (37、38 ページ) : 個体差の影響を取り除いて要因の影響を解析するための実験計画法の一つ。供試動物を 2 群に分けて各群に別々の処理を施し、次に処理を入れ替えて反応を評価する。
- 9) 産地指定制度 (47 ページ) : 通常の生乳は一元集荷・プール乳価で取り引きされるが、飼料や飼養方法など特別な条件を満たしたものについて、別枠での出荷を指定団体が認める制度。

参考資料

1. 農研機構北海道農業研究センター（2017）イアコンサイレージ生産・利用技術マニュアル第2版
https://www.naro.go.jp/publicity_report/publication/files/earcornmanual_ver2.pdf
2. イアコンサイレージ動画（農研機構北海道農業研究センタービデオライブラリ）
<http://www.naro.affrc.go.jp/laboratory/harc/contents/video/index.html>
3. 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（農研機構）
4. 北海道施肥ガイド2015（北海道農政部）
5. 稲発酵粗飼料貯蔵中のネズミ対策マニュアル（農研機構東北農業研究センター）
https://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/publication/pamphlet/tech-pamph/011228.html

引用文献等（掲載順）

1. 大下友子ら（2016）ハイモイスターシールドコーンとイアコンサイレージの飼料成分組成、栄養価および圃場収量の比較. 日本草地学会誌 62、140-145
2. 道総研畜産試験場（2016）豚および鶏に対するとうもろこし子実主体サイレージの飼料特性、平成28年普及奨励ならびに指導参考事項（北海道農政部）
3. 原悟志（2019）産卵鶏・肉養鶏におけるとうもろこし子実主体サイレージ利用. グリーンテクノ情報 15（1）2-8
4. 菅原啓ら（2014）子実用トウモロコシに対する千鳥栽培が収量に及ぼす影響—栽培密度が増収効果に及ぼす影響—. 育種・作物学会北海道談話会会報 55、35-36
5. Balkcomら（2011）Conventional and glyphosate-resistant maize yields

across plant densities in single- and twin-row configurations. *Field Crops Research* 120(3), 330-337

6. 道総研畜産試験場（2012）十勝地域における飼料用とうもろこしのイアコーンサイレー
ージ向け安定多収栽培法、平成 24 年普及奨励ならびに指導参考事項（北海道農
政部）
7. Hanajima D (2014) Comparison of the composting process using ear
corn residue and three other conventional bulking agents during cow
manure composting under high-moisture conditions, *Animal Science
Journal* 85, 919-923
8. 多田慎吾ら（2018）イアコーンサイレー
ージの反芻胃内分解特性と泌乳牛への給与時
における採食行動と飼養成績. *日本畜産学会報* 89、431-437
9. 上田靖子ら（2014）イアコーンサイレー
ージ給与が乳牛の乳生産性と乳中揮発性成分
に及ぼす影響. *日本畜産学会報* 85、301-307
10. 青木康浩ら（2018）イアコーンサイレー
ージ給与の高乳量酪農家における夏季の乳生
産性低下緩和効果. *北海道畜産草地学会報* 6、41-45
11. 上田靖子ら（2019）イアコーンサイレー
ージ給与乳を原料とする UHT 牛乳およびドリン
クタイプヨーグルトの嗜好型官能評価. *日本畜産学会報* 90、133-140
12. 浅田正嗣ら（2017）黒毛和種去勢牛へのイアコーンサイレー
ージ給与が増体性および
産肉性に及ぼす影響. *日本畜産学会報* 88、121-130

担当窓口、連絡先

外部からの受付窓口：

農研機構 北海道農業研究センター 研究推進部事業化推進室 011-857-9212



「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。