

イアコーンサイレージ生産・利用技術マニュアル第2版について

農研機構北海道農業研究センター

青木康浩

1. はじめに

イアコーンサイレージとは、トウモロコシの雌穂（イア）、すなわち子実と芯、およびそれらを取り巻く皮の部分のみを材料とするサイレージである。茎や葉を含まないため、トウモロコシホールクロップサイレージに比べて栄養価が高く、濃厚飼料として利用できる。現地実証試験の展開を経て、現在、北海道内を中心に生産現場での取り組みが拡大している。

農研機構北海道農業研究センターでは、関係機関と協力して、2009年度からイアコーンサイレージの生産・利用技術の開発に取り組んでいる。その研究成果に基づき、2013年に「イアコーンサイレージ生産・利用マニュアル第1版」を刊行し、イアコーンサイレージの実規模収穫・調製技術を中心に、栽培法、飼料特性、乳牛に対する給与技術について解説した。その後の研究成果の蓄積と並行して、生産現場における生産・利用事例が拡大したことに伴い、酪農・畜産サイドが生産するだけでなく、畑作経営が輪作の一作物として導入を希望するケースが多くなってきた。また、乳牛だけでなく肉用牛肥育経営における利用にも関心が持たれている。そこで、生産者、関係者の要望に応えるべく、イアコーンサイレージの生産から利用にわたる各技術について、実際に取り組む場合のポイントを中心に、第1版以降の成果を採り入れて解説する目的で「イアコーンサイレージ生産・利用マニュアル第2版」を2017年3月に発行した。本稿では、この「第2版」の内容について、主に第1版からの改訂点を説明する。

2. 構成と内容

本マニュアル（図1）は、北海道内の研究機関による成果および複数の地域における現地実証試験データに基づくもので、「1. イアコーンサイレージとは?」、「2. イアコーンサイレージの作り方」、「3. イアコーンサイレージの使い方」の3章で構成している。

「1. イアコーンサイレージとは?」においては、飼料用トウモロコシから調製される飼料の一般的な名称とその特徴を、収穫部位別に示した。「2. 作り方」では、北海道の各地域に応じた品種の選び方、圃場準備と播種、栽培・肥培管理、収穫・調製、ならびに輪作への導入効果について解説している。また「3. 使い方」では、イアコーンサイレージの飼料特性、乳牛への給与、肥育牛への給与、生産コスト、生産



図1. 「イアコーンサイレージ生産・利用技術マニュアル第2版」表紙

事例について示した。

3. 第2版での改訂ポイント

1) 飼料用トウモロコシ収穫部位別の飼料名称

飼料用トウモロコシは、日本においては従来、もっぱらホールクロップサイレージとして利用されてきたが、海外の状況を見ると、その収穫部位に応じて多様な利用体系がある。その一つであるイアコーンサイレージの位置づけを「1. イアコーンサイレージとは？」において他と比較して示した（表1）。第1版においては、利用部位別の名称と栄養価（TDN含量）について、利用部位が子実と芯と皮であるイアコーンサイレージ、子実と芯のコーンコブミックス、および子実のみを利用するハイモイスターシェルドコーンの3種類を採り上げた。また、これらの栄養価の違いについては、国産イアコーンサイレージに関するデータが十分に蓄積されてなかったこともあり、海外の報告を引用した。

これに対して第2版では、イアコーンサイレージの特徴を、トウモロコシホールクロップサイレージ（生産現場では単に「デントコーン」と呼ばれることが多い）や高刈りホールクロップサイレージ（海外では「イアレージ」と呼ばれる）を含めた各利用体系と比較して示すとともに、各収穫対象別に用いる収穫機械とそれに取り付けるアタッチメントを示した。さらにTDN含量については、海外の報告ではなく、北海道で生産された飼料を実際に家畜に給与して全糞採取法で査定したデータを採り入れて示すこととした。

表1. 飼料用トウモロコシの収穫部位別一般名称と収穫機械、栄養価および対象家畜

種類 (名称)	収穫部位	収穫機械	TDN含量 (DM%)	対象 家畜
コーンサイレージ (デントコーン)	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	高刈りホールクロップ		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)	雌穂(芯、穂皮、子 実)、茎葉の一部	自走式ハーベスタ+ スナップヘッド	75-85	牛
本マニュアルはこれ！				
子実主体 コーンコブミックス (CCM)、 ハイモイスター コーン (HMEC)	子実、芯の一部	普通コンバイン+ スナップヘッド	85-90	牛、豚、 鶏
子実トウモロコシ(乾 燥子実)、ハイモイ スターシェルドコー ン (HMSC)	子実		90-94	牛、豚、 鶏

イアコーンサイレージは海外では「イアレージ」「スナップレージ」と呼ばれることが多い。コーンコブミックス (corn cob mix, CCM) は米国では high moisture ear corn と呼ばれる。イアコーンサイレージの TDN 含量は農研機構北海道農業研究センターにおける実測データに基づく（大下ら 2016b；多田ら 2017）。他の TDN 含量は農研機構（2010）、Aoki ら（2013）、大下ら（2016a）、甲田ら（2016）による。

2) 畑作経営でのイアコーン導入に向けた情報

イアコーンサイレージの材料を収穫する際、利用されない茎葉は圃場に還元される。この点は、粗飼料の確保が優先される酪農経営においてイアコーンサイレージを導入する上で隘路となりやすい。第1版では、主に TMR センターが大規模な飼料用トウモロコシ圃場を効率よく運用してその一部をイアコーンサイレージ生産用に仕向けるケースを想定して栽培技術などに関するマニュアルを提示した。一方、飼料用トウモロコシの生産を畑作

経営が行うケースは従来からみられ、酪農家との交換耕作や酪農家から委託されて自家圃場に栽培するなど、耕畜連携が図られている。飼料用トウモロコシ栽培における労働生産性は、バレイショ、てん菜、大豆などより良好で、小麦並みであることが



図 2. スナッパヘッド装着自走式ハーベスタ（右）。左奥はホールクローブ収穫用アタッチメント（ロータリーヘッド）装着の自走式ハーベスタ

知られている。担い手不足により省力的な作物が求められる畑作経営では、輪作体系に飼料用トウモロコシを導入することで、輪作が小麦に偏重する、いわゆる過作が解消されて、収量低下や病虫害などの点で改善が図られることから、飼料用トウモロコシの導入に関心を持つ経営が少なくない。また、大規模畑作経営では、大型機械作業に伴う土壌の硬盤化が問題となっており、エアコーン収穫残さの圃場還元によって土壌の物理性が改善し、水はけがよくなるなどのメリットをもたらすことに期待が持たれている。緑肥と異なり、生産物を販売して収益増加につながることもあり、畑作サイドのエアコーン生産導入に対する要望が多く聞かれるようになり、事例も増えてきた。

そのような背景から第 2 版では、新たに飼料用トウモロコシの栽培に取り組む畑作経営に向けて、「2. エアコーンサイレージの作り方」に「輪作への導入」の節を追加した。エアコーン収穫は破碎処理機構の付いた自走式ハーベスタに、エア収穫専用のアタッチメント（スナッパヘッド）を装着して行う（図 2）。収穫時に茎葉部分はスナッパヘッド下部の回転刃によって切断され、圃場表面に残される。

この収穫残さを、ディスクハローなどを用いてすき込む（図 3）。第 2 版では、残さのすき込み後における畑土壌の物理性に関するデータを掲載し、エアコーン収穫残さのすき込み後には、残さ量が少ないホールクローブ収穫後のすき込み時に比べて、気相割合が増加することを定量的に示した（図 4）。このように、エアコーン残さすき込みによって土壌の団粒構造（単一の土壌粒子が集合した状態。適度な孔隙により空気や水の浸透・保持が良好



図 3. ディスクハローによるエアコーン収穫残さ処理の様子

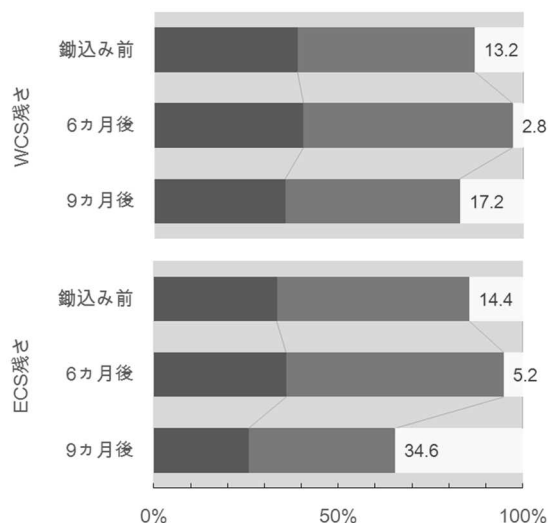


図 4. 収穫残さのディスクハロー処理後における土壌の三相分布（固相、液相、気相）の推移

深さ 12.5cm におけるデータ。WCS：ホールクローブサイレージ、ECS：エアコーンサイレージ。

になる。)の発達による排水性、保肥性の向上が期待できる。後作物に対しては標準施肥量を守ることを推奨している。すなわち、減肥は窒素飢餓（微生物による急激な有機物分解に伴う土壌中窒素の取り込みにより植物の利用できる窒素が不足する状態）による減収を招く恐れがあるが、増肥は必要ないことを指摘している。

3) イアコーンサイレージ飼料特性の実態

第1版では「イアコーンサイレージの使い方」として、発酵品質と保存性、栄養成分、反芻胃内での分解性といった飼料特性に関する情報を示した。今回の第2版では、道内5箇所ですべて3か年にわたり生産された110試料の分析結果に基づいて、発酵品質の実態を示した(図5)。また、そのうちTDN含量の実測に供した84試料のデータから、TDN含量の平均的な値とばらつきの程度を、主要な飼料成分とともに提示した(図6)。国産イアコーンサイレージの飼料特性の実態に関する初のデータを示したといえる。

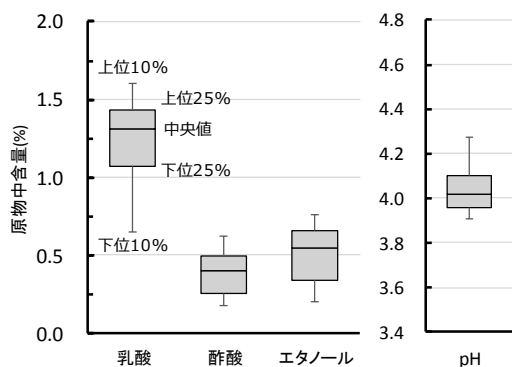


図5. イアコーンサイレージの発酵品質の分布状況

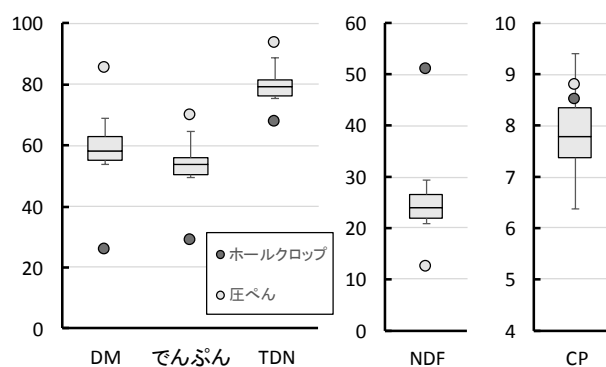


図6. イアコーンサイレージの主な飼料成分およびTDN含量の分布状況

4) 乳牛に対する給与効果

第1版の「使い方」の章では、泌乳牛に給与する場合の給与量について提示した。牧草サイレージ主体（乾物ベースで飼料全体の50%程度）の飼料メニューの場合、イアコーンサイレージは輸入トウモロコシの代替として同15%程度利用できることを示した。この量は、乾物摂取量が22kgの場合、乾物として3.3kgに相当する。粗飼料として牧草サイレージとトウモロコシホールクロップサイレージの両者を給与する場合には、ホールクロップサイレージ由来のデンプンがすでに多いことを考慮して給与量を抑えて、約2kg（乾物）のイアコーンサイレージを給与することも提示した。さらに、集約放牧時の併給飼料としても有望であり、その場合は1頭1日当たり約5kg（乾物）給与できるという情報も示した。

今回の第2版では、それらの情報に加えて、イアコーンサイレージと高蛋白質・高栄養価の早刈り牧草サイレージの組み合わせによって、脂肪補正乳量（4%）が33kgクラスの泌乳牛を飼料自給率がTDNベースで78%ときわめて高水準で飼養できることを示した。

また、輸入トウモロコシの一部または全量をイアコーンサイレージで代替することで（図7）、甘い香りに寄与するラクトン類（Urbach 1990；白土 2004）の乳中含量が高まるという効果についても採り上げた（図8、上田ら 2014）。イアコーンサイレージ給与によるラクトン類含量増加のメカニズムについては不明な点が残されているが、乾燥工程を経る輸入トウモロコシ子実と異なり、高水分のまま貯蔵することによるデンプンなどの成分の変化が一因と考えられる（上田ら 2014）。ラクトン類を多く含む牛乳は市場評価が高く（Keen 1998）、イアコーンサイレージを輸入穀類の代替として給与することで、生産した生乳の差別化につながる知見と期待される。なお、2017年になり、イアコーンサイレージを通年給与して生産された生乳に対して、集荷側が「産地指定取引」の対象として通常より高い乳価で買い取るという事例が現れている。

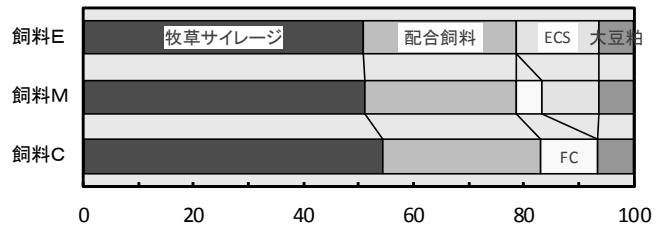


図7. イアコーンサイレージ（ECS）による圧ペン トウモロコシ（FC）代替飼料メニューの例

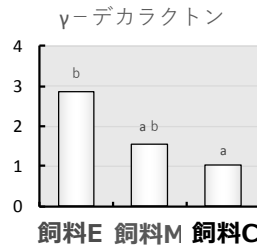


図8. イアコーンサイレージ（ECS）給与時の乳中ラクトン含量

図7の飼料を給与した際のγ-デカラクトン含量を内部標準に対する比率として示す。

（上田ら 2014）。ラクトン類を多く含む牛乳は市場評価が高く（Keen 1998）、イアコーンサイレージを輸入穀類の代替として給与することで、生産した生乳の差別化につながる知見と期待される。なお、2017年になり、イアコーンサイレージを通年給与して生産された生乳に対して、集荷側が「産地指定取引」の対象として通常より高い乳価で買い取るという事例が現れている。

5) 肉用牛肥育での利用

イアコーンサイレージは乳牛だけでなく肉用牛でも利用でき、とりわけ国産飼料を多給した牛肉生産による差別化、特徴ある牛肉生産を目指す生産者の関心が高まっている。

第2版では、乳用種肥育牛にイアコーンサイレージを給与して配合飼料を節減する飼料メニュー（図9）によって、肉質は慣行飼料による肥育時と同等ながら、増体成績が優れるというデータ（図10）を示した。肉用牛肥育におけるイアコーンサイレージの有用性がうかがえる。イアコーン

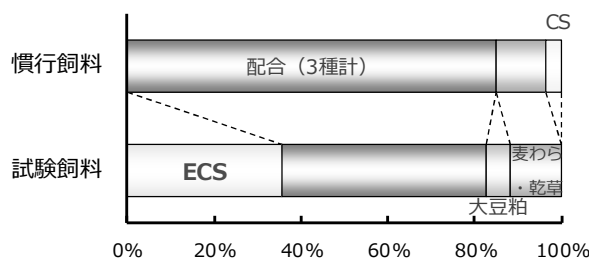


図9. 乳用種肥育におけるイアコーンサイレージ（ECS）給与メニューの例

CS：トウモロコシホールクロップサイレージ。

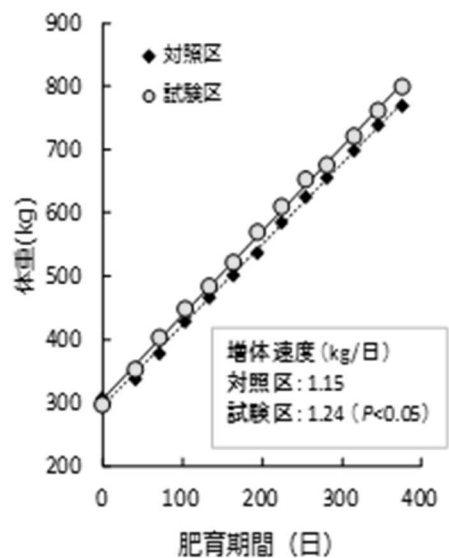


図10. 乳用種肥育におけるイアコーンサイレージ給与と体重の推移

図9の慣行飼料を給与した対照区と試験飼料を給与した試験区における成績。

サイレージの嗜好性は良好で、NDF 含量が 20 数%ということもあり、エネルギー源だけでなく適度な繊維を同時に摂取できるという特徴も指摘される。すなわち、濃厚飼料だけでなく、購入粗飼料の節減も期待できる。

イアコーンサイレージの給与によって作業時間が大きく延長するといったことはなく、イアコーンサイレージの新規導入は管理面で大きな負担にはならないことが農場レベルで確認されており、そのような管理上の特徴もマニュアル中で述べている。

6) 生産コストの試算

第 2 版においては、TMR センターおよび畑作経営が生産するそれぞれの場合について、イアコーンサイレージの生産コスト試算結果を提示した。10a 当たり生産コストは、TMR センターおよび畑作経営でそれぞれ 36,316 円および 43,733 円であった。畑作経営では、収穫に用いる自走式ハーベスタを所有しないため、収穫作業を酪農サイドのコントラクターに委託する。その委託料などにより単位面積当たりコストは高かった。一方、10a 当たり原物収量はそれぞれ 1,539kg および 1,751kg と畑作経営の方が多く、原物 1kg 当たりでは 24 円および 25 円、乾物率（それぞれ 60%および 62%）を加味すると、10a 当たり乾物収量は TMR センターで 925kg、畑作経営の場合は 1,087kg と計算され、乾物 1kg 当たり生産コストはそれぞれ 39 円および 40 円と、両者間でほぼ等しいと試算された。TDN 含量を過去の実績の平均値に基づき 79%と仮定すると、TDN1kg 当たり生産コストはそれぞれ 50 円および 51 円となる。

畑作地帯は、酪農地帯に比べて一般的に圃場の条件が作物の栽培に適していることなどもあり、高収量が期待される。TMR センターによる場合と同様に、耕畜連携でもイアコーンサイレージの低コスト生産が可能と期待できる。生産コストの低減に向けて、①単位面積当たり収量の増加、②収穫面積の拡大、③機械の効率的な利用、がポイントであることも示している。

4. おわりに

本マニュアル第 2 版は、農研機構ホームページから「農研機構ホーム>広報活動>刊行物のご紹介>北海道農業研究センター」で「技術紹介パンフレット：イアコーンサイレージ生産・利用技術マニュアル第 2 版」がダウンロードできる。

現在もさらに低コスト生産を目指した現地実証試験に取り組んでおり、将来的にその成果を反映させてマニュアルのブラッシュアップを図っていくこととしている。また、ハイモイスターシェルドコーン、コーンコブミックスといった子実主体サイレージの生産・利用技術についても現在研究を遂行中であり、研究成果を生産者向けマニュアルに反映させる予定である。これらの普及拡大を通じて、酪農・畜産経営、畑作経営、さらには消費者がいずれも Win-Win の関係になることが理想であり、そのために関係機関の協力をあおぎながら、研究をさらに推進していく計画である。

謝辞

本稿において紹介した「マニュアル第2版」の内容の一部は、農研機構生研センター「革新的技術開発・緊急展開事業（地域戦略プロ）」により実施した研究成果である。なお、筆者以外の「マニュアル第2版」の執筆者および協力機関は以下のとおりである（敬称略）。
＜執筆者＞ホクレン・岩渕慶、道総研十勝農業試験場（現：同中央農業試験場）・山田洋文、道総研畜産試験場・渡部敢、農研機構北海道農業研究センター・根本英子、同・大下友子。
＜協力機関＞北海道胆振農業改良普及センター東胆振支所、同十勝農業改良普及センター、道総研畜産試験場、同十勝農業試験場、（独）家畜改良センター十勝牧場、ホクレン農業協同組合連合会、北海道チクレン農業協同連合会、JA 帯広かわにし、JA けねべつ、JA とまこまい広域、（株）IHI スター、（株）共成レンテム、（有）ジェネシス美瑛、（株）スキット、パイオニアエコサイエンス（株）、（株）北海道クボタ、ヤンマーアグリジャパン（株）。

文献

- Aoki Y, Oshita T, Namekawa H, Nemoto E, Aoki M (2013) Effect of cutting height on the chemical composition, nutritional value and yield, fermentative quality and aerobic stability of corn silage and relationship with plant maturity at harvest. *Grassland Science* 59, 211-220.
- Keen AR (1998) Flavour compounds and their origin in dairy products. *Chemistry in New Zealand* 62, 5-13.
- 甲田洋子・国重享子・原悟志・小泉徹・南橋昭（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27年度北海道農業試験会議（成績会議）資料．農業・食品産業技術総合研究機構（2010）日本標準飼料成分表（2009年版）．中央畜産会、東京．
- 大下友子・青木康浩・根本英子・上田靖子・青木真理（2016a）トウモロコシ子実主体サイレージ（HMSC および CCM）の飼料成分組成、発酵品質および栄養価．*日本畜産学会報* 87、125–131.
- 大下友子・根本英子・青木康浩・上田靖子・青木真理（2016b）ハイモイスチャーシェルドコーンとイアコー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.
- 白土英樹（2004）脱脂粉乳のフレーバー．*ミルクサイエンス* 53、175–181.
- 多田慎吾・青木康浩・大下友子（2017）ニューラルネットワークモデルによるイアコーンサイレージのTDN含量の推定．*日本畜産学会報* 88、25–30.
- 上田靖子・大下友子・青木康浩・根本英子・青木真理・西浦明子（2014）イアコーンサイレ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.
- Urbach G (1990) Effect of feed on flavor in dairy foods. *Journal of Dairy Science* 45, 223-229.

平成29年度 自給飼料利用研究会 資料

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

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

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