

イアコーンサイレージの調製・利用技術 ～トウモロコシの新たな利用方法を考える～

1. はじめに

輸入穀物を主原料とした配合飼料価格は高止まりした状態が続く、低コストの濃厚飼料資源を確保していくことが求められています。飼料用トウモロコシは圃場面積あたりの栄養収量や家畜の採食性が高く、その利用をさらに進めることで、一層の濃厚飼料節減効果が期待できます。本稿では、飼料用トウモロコシの新たな利用法であるイアコーンサイレージ（以下、ECSと略記する）の生産利用技術を紹介いたします。

2. イアコーンとは？

“イアコーン”の名称は飼料用とうもろこしの雌穂（写真1）を英語でear（イア）と呼ぶこと由来しています。そこで、雌穂の一部あるいは全体を収穫し、サイレージに密封貯蔵したものを広くイアコーンと呼んでいます。

雌穂は、デンプンを60～70%含む子実（grain：グレイン）が約8割で、残り2割は繊維含量の高い芯（cob：コブ）や穂皮（husk：ハスク）で構成さ

れております。海外では、雌穂の利用部位によって名称が異なり、わが国のイアコーンサイレージ（ECS）は、米国ではイアレージ（Earlage）またはスナップレージ（Snaplage）の呼び名に相当します。ECSやイアレージ（スナップレージ）は、破碎処理装置（クラッシャー）付自走式フォレージハーベスタ（以下、ハーベスタと略記する）にスナップヘッドを取り付け、雌穂を収穫、茎葉は残査としてすき込みます（図1と写真2）。ハーベスタの構造上、収穫物には雌穂以外に若干の茎葉が混入します。

また、海外では子実のみを収穫しサイレージ化したものは、ハイモイスチャシールドコーン（HMSC）と呼び、子実と芯を収穫したものをコーンコブミックス（CCM）と呼ばれています（表1）。これらHMSCやCCMは麦用の普通コンバインに雌穂収穫専用のスナップヘッドを取り付け、穀実を収穫します（写真3）。

HMSCやCCMは、ハーベスタ収穫のイアコーンサイレージよりも栄養価が高く高品質であることから、プレミアム（高品質）イアコーンと定義しました。トウモロコシの利用部位による国内外の名称等



写真1 収穫直前トウモロコシ雌穂



図1 道内TMRセンターにおけるECS収穫調製作業体系



写真2 ECS原料



写真3 スナッパヘッド付コンバインによる子実収穫

表1 雌穂（イアコーン）の利用部位による名称の違いと特徴

項 目	イアコーンサイレージ	プレミアムイアコーン		子実コーン
		コーンコブミックス(CCM)	ハイモイスチャシールドコーン(HMSC)	
欧米での一般名称	イアレージ、スナップレージ	ハイモイスチャイアコーン(HMEC)、コーンコブミックス(CCM) ¹⁾	ハイモイスチャシールドコーン(HMSC)	ドライコーン、メイズ
貯蔵形態	サイレージ	サイレージ	サイレージ	乾燥
収穫機械 ²⁾	自走式ハーベスタ(クラッシャー付き)	コンバイン	コンバイン	コンバイン
収穫部位	雌穂(芯+子実+穂皮)+一部茎葉	芯+子実	子実	子実
TDN含量 ³⁾	74~83	87	89~92	85~92
対象家畜	乳肉用牛	乳肉用牛+中小家畜	乳肉用牛+中小家畜	乳肉用牛+中小家畜

1) CCMはHMECのヨーロッパにおける一般名称

2) 収穫用ヘッドはスナッパヘッド

3) コンバイン収穫のHMSCとHMEC(CCM)およびコーン穀実の値はNRC(2001)より、ハーベスタ収穫のスナップレージの値はNorth Dakota State University Extension Serviceより引用(2010)

を整理したものを表1に示しました。

コンバイン収穫の場合、①収穫→②粉碎→③密封・貯蔵の3工程を必要としますが、ハーベスタ利用のイアコーンサイレージ調製では収穫と同時に破碎が行えるため、作業工程が1つ少ない特徴があります。

3. イアコーンサイレージの収穫調製作業～既存の機械をフル活用～

ECSの収穫は、ハーベスタ（破碎装置付）の収穫用アタッチメントをホールクロップサイレージ（以下、WCSと略記する）用のロータリーヘッドを雌穂収穫専用のスナッパヘッドに変更して行います。切断長は5mm程度、クラッシャーのローラ幅は2mm程度としていますが、各メーカーによって、同じ設定切断長やローラ幅でも収穫物の粒度が異なるようですので、収穫前に条件を確認するのがよいでしょう。

ハーベスタで収穫したECS原料は、細断型ロールベアラを用いて密封梱包し、ロールベアラサイレージとして貯蔵・保存します。道内のTMRセンターで行われている収穫作業体系は図1のとおりです。ハーベスタにつけるアタッチメントをロータリーヘッドからスナッパヘッドに変え、細断型ベアラを用いて梱包することでホールクロップのロールベアラサイレージと同様な体系あるいは作業能率でECS

収穫調製ができることを確認しました。

ちなみに、過去の試験結果では、1時間あたり収穫可能な面積はイアコーン収穫が1.5haで、また、細断型ロールベアラによる密封梱包の作業能率は1.2ha/時間であり、ホールクロップと同等以上でした。

3. イアコーンサイレージの飼料特性（栄養特性と発酵品質）

ECSの飼料成分組成をWCSや圧片トウモロコシと比較すると、これら飼料のちょうど中間的な性格を持つと言えます（図2）。過去6年間に道内で生

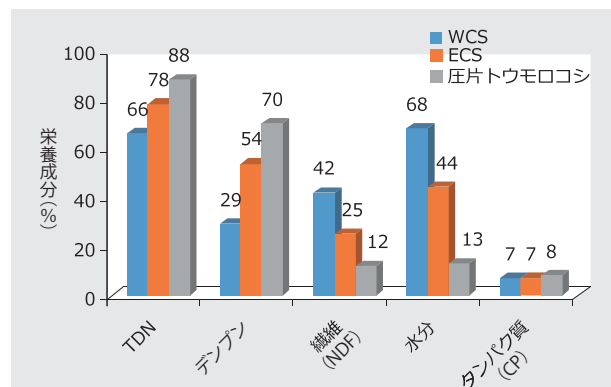


図2 イアコーンサイレージ（ECS）とホールクロップサイレージ（WCS）の栄養成分の比較
注：水分以外は乾燥物中%

産したECSの乾物率は平均で60%前後、でんぷん含量は50%前後でした。これらの値は、収穫時期によって変化しますが、TDN含量は収穫時期による有意差は認められず、概ね75～85%の範囲にありました。

6ヶ月以上屋外に貯蔵したECSの乳酸、酢酸等有機酸含量はWCS（ホールクロップサイレージ）より低く、pHは4前後、VBN/TN（全窒素に占める揮発性塩基態窒素の割合）も10%以下の良質なサイレージでした（表2）。

保存性からECSの収穫適期を判断するために、黄熟後期と完熟期に収穫したECSの発酵品質を比較した結果を表3に示しました。いずれの時期に収穫しても発酵品質の良いサイレージが調製でき、貯蔵期間が長いほど、有機酸やエタノールの生成量が増加することがわかりました。一方、完熟期収穫（水分含量が45%以下）では認められない保存期間中のロール内の水分移動が、黄熟後期収穫（水分が55%程度）のECSで認められ、ロール下部の品質が悪くなる傾向にありました。以上のことから判断すると、ECSの収穫は完熟期が適当と言えます。

ECSは水分含量が低いため、気温が低い北海道では、冬期間発酵が進みませんので、約半年貯蔵した後の翌春から給与するのが適当と考えられます。ECS利用までの貯蔵期間が長期になることから、ロールの運搬時や保存中の鳥獣害によるラップフィルム破損がないように注意して下さい。ECS生産に取り組むTMRセンターでは、貯蔵場所をネット棚で囲うなどアライグマやネズミ対策を取っています。

4. イアコーンサイレージの泌乳牛への給与

ECSに対する乳肉用牛の嗜好性は大変良く、泌乳牛への給与試験の結果では、トウモロコシサイレー

ジ給与時に2.4kgDM、牧草サイレージ給与時に3.3kgDM、放牧時に5.4kgDMを輸入圧片トウモロコシの代替として給与しても、乳量、乳成分および血液性状に有意差は認められませんでした（表4）。このように、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利用することで、飼料自給率を10ポイント以上向上することが可能となります。乳量が26kg/日程度であれば、集約放牧とECSを組み合わせることで飼料自給率100%の達成も可能と言えます。

一方、ECSは、圧片トウモロコシに比べ、水分や繊維含量が高く、第一胃内でのデンプン消化が早い特徴があります。収穫時期の早いホールクロップサイレージを給与している場合には、収穫時期の遅いホールクロップサイレージ給与時に比べ、粗飼料からの有機酸摂取量や第一胃内消化が早いデンプン摂取量が多いため、ルーメンアシドーシスのリスクが高くなりやすいことにご留意下さい。ECSの圧片トウモロコシとの単純な置き換えで、ガサが多すぎて牛が設計通りのエサを食べないことが起こる可能性もありますので、飼料全体の物理性も考慮した適正な飼料設計を心がけて下さい。

5. イアコーンサイレージの生産コスト

以上のように、イアコーンサイレージの生産利用体系については、作業性や飼料利用性の観点から見ると自給濃厚飼料として十分利用が可能と言えます。一方、生産するか否かを判断する上での大きな要因として生産コストがあげられます。美瑛町のTMRセンターにおける2010年度の調査結果では、その年の作付面積は27haでイアコーンサイレージ生産に係ったコストは37,454円/10aでした。これに対して、現物収量は1,442kg/10aでサイレージの

表2 ロールベールサイレージ^{1,2)}の梱包密度と発酵品質

	ホールクロップ(WCS)	イアコーン ²⁾
粒度（8mm以下の割合%）	30.2	56.3
梱包密度（kgDM/m ³ ）	190	403
発酵品質		
水分（%）	68.2	43.9
pH	3.71	3.82
VBN/TN（%）	5.1	5.4
乳酸（% FM）	1.61	1.11
酢酸（% FM）	0.32	0.33
エタノール（% FM）	0.5	0.42
Vスコア	99	98

1) 同一圃場、同一時期に生産（供試品種：RM90日、栽植密度：8,400本/10a）

2) 9月調製のロールベールサイレージを翌年7月～9月に開封し分析に供した。

表3 貯蔵期間別、収穫時期別イアコーンロールベールサイレージの発酵品質

熟期 貯蔵期間	黄熟後期（10/8）		完熟期（10/22）	
	6ヶ月後	11ヶ月後	6ヶ月後	11ヶ月後
水分（%）	54.5	54.7	42.2	42.8
pH	3.8	3.8	4.1	4.0
VBN/TN（%）	3.9	6.6	2.3	5.6
有機酸組成（新鮮物中%）				
乳酸	1.22	1.41	0.81	1.15
酢酸	0.37	0.40	0.19	0.27
プロピオン酸	0.00	0.03	0.00	0.03
イソ酪酸	0.08	0.10	0.11	0.13
エタノール	0.24	0.58	0.25	0.49
Vスコア	92.3	87.1	91.2	87.6

表4 イアコンサイレージ給与牛の飼料摂取量および乳生産性

項目	コーンサイレージ主体		グラスサイレージ主体		放牧+グラスサイレージ主体	
	圧片区	ECS区	圧片区	ECS区	圧片区	ECS区
頭数(頭)	6		6		8	
平均産次	1.7		3.2		1.9	
試験開始時の平均分娩後日数	109		129		150	
試験開始時の平均体重(kg)	630		647		581	
給与量(kg)	1.9	2.4	2.4	3.3	3.4	5.4
飼料全体TDN含量(%)	69.6	68.8	72.5	71.6	70.2	68.6
飼料全体CP含量(%)	14.5	14.4	16.0	15.7	16.9	16.3
総乾物摂取量(kg)	23.4	23.4	22.4	22.2	21.5	22.9
体重変化量(kg)	+3.0	+2.0	+9.0	+1.7	+13.9	+14.0
乳量(kg)	32.7	34.0	32.2	32.1	26.1	26.0
乳脂率(%)	3.85	3.61	4.36	4.25	3.92	4.01
乳タンパク率(%)	3.25	3.22	3.30	3.17	3.14	3.11

注) ECS区は各区の圧片子実の代わりに、同等のエネルギー量のECSと置き換えた。

TDN含量が79.1%であり、その結果、TDN収量が736kg/10aとなりました。これらのデータを基に、イアコンサイレージの生産コストを計算しますとTDN 1kgあたり51円/kg（現物1kgあたりでは約26円）となり、この金額は、2012年1月当時の圧片トウモロコシ価格並みです（図3）。

このように、既存の機械をフル活用すれば、日本でも低コストで濃厚飼料資源を自給生産出来ると言えます。このTMRセンターでは、ハーベスタおよびロールベアラは自前の機械を利用し、スナッパヘッドはレンタルで利用しています。もし、仮にスナッパヘッド（定価：1,200万円/台）を新規導入した場合では/TDN 1kgあたり約9円（現物1kgあたりでは4～5円）のコスト上昇が見込まれるものの（償却期間：7年とする）、この費用は収穫面積によっても左右され、圧縮できる可能性は十分にあります。また、生産コストを大きく左右するのは、圃

場面積あたりの収量です。図4には十勝地域で相対熟度の異なる3品種の収穫時期による収量への影響を示しました。

イアコン向けの雌穂登熟の早い品種を選べば十勝でも1,000kgDM/10a以上の収量を確保することが可能であることがわかりました。ECSの収量は黄熟後期よりも1～2週間後の完熟期（雌穂乾物率は55%以上）が最も高いことがわかります。わが国では、現物の収量で判断してしまいがちですが、飼料設計は乾物ベースやTDNベースで行います。よって、イアコンの圃場面積あたりの栄養収量を最大に高めるためには、ホールクロップサイレージの収穫適期よりも10日前後遅い完熟期（雌穂乾物率は55%以上が目安）に収穫するのが適当です。また、コントラクター組織が収穫作業を受託するとすれば、機械的にも人的に作業競合が起こらない時期にECSの収穫ができるように、各地域の気象条件に適

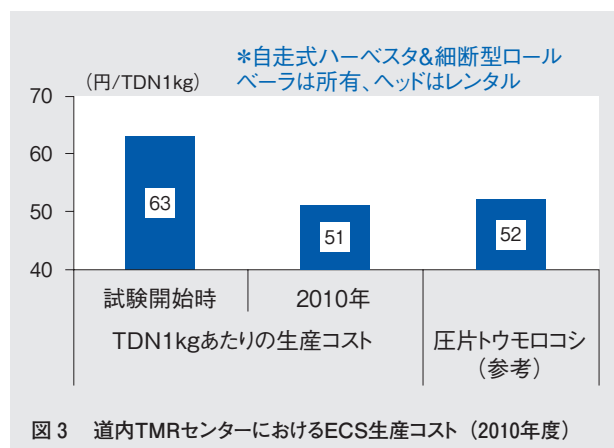
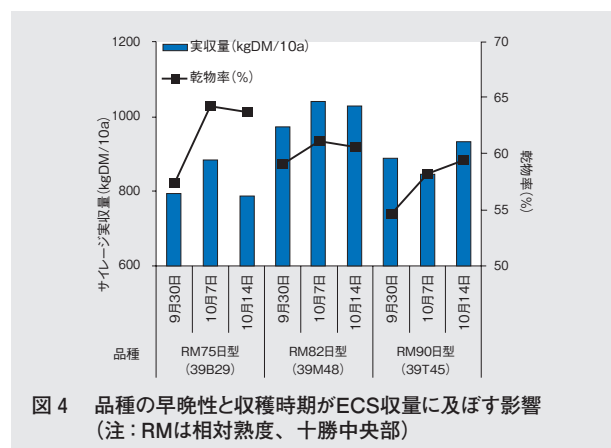


図3 道内TMRセンターにおけるECS生産コスト（2010年度）

図4 品種の早晩性と収穫時期がECS収量に及ぼす影響
(注: RMは相対熟度、十勝中央部)

した品種を選ぶようにして下さい。

道総研畜産試験場の試験で、栽植密度を7,500本/10a（ホールクロップ向け）から9,000本/10aに高め、追肥量を2kg/10a増肥することで、雌穂乾物収量を現在の1.1倍以上に高められることが明らかにされております。仮に乾物収量が900kgから1,000kg/10aになるとTDN 1kgあたり約6円コストが低下すると試算され、収量確保がコスト削減に果たす効果が高いことがわかります。

6. 終わりに

以上、ハーベスタ利用によるECSの生産利用技術体系について紹介しました。

現在、ECSの生産利用に取り組んでいる主な地域としては道内2カ所（美瑛町と津別町）にあり、いずれも2008年のスタート時からイアコーン向け圃場を拡大し、2014年度は美瑛町で約80ha、津別町で30haとなりました。これらの地域では、飼料自給率を高めるとともに、イアコーン給与による生産した牛乳を用いた6次産業化への取り組みも開始しております。

耕地面積の少ないわが国でECS等自給濃厚飼料資源の確保には、畜産側の農地集積・一括管理による生産圃場確保とともに、濃厚飼料向け作物を耕種農家が輪作体系に組み入れ、栽培し、畜産農家が利用するといった耕畜連携の体系作りも必要と考えま

す。現在、これらの耕畜連携体系によるECS生産利用技術の実証試験を「攻めの農林水産業の実現に向けた革新的技術緊急展開事業」の研究課題として、道内2カ所（帯広市川西と安平町）で開始しております。また、水田地帯ではコンバインによるトウモロコシ乾燥穀実（子実コーン）生産利用の取り組みも始まっております。

流通向けECSの適正価格の設定等多くの課題があるものの、耕畜連携により、畑作農家でイアコーンを生産、酪農家に流通・販売し、堆肥と残渣を有機物として鋤込む生産利用体系が確立すれば、各地域が抱える畜産側の悩み（自給飼料不足、家畜排泄物処理等）や耕種農家の悩み（担い手不足、有機物不足による地力低下等）の解決への糸口になると期待されます。今後、このような視点にたった研究を関係機関と協力して加速していきたいと考えております。

本稿で紹介した成果は、新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業「国産濃厚飼料の安定供給に向けたイアコーンサイレージの生産利用技術の開発」研究の成果の一部です。

イアコーンサイレージの生産利用技術については、マニュアルを北農研のホームページ（URL：http://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/publication/pamphlet/tech-pamph/047436.html）に公開しているので、ダウンロードしてご参照頂ければ幸いです。

サイレージ二次発酵抑制商品 サイロ3兄弟

トウモロコシサイレージ用乳酸菌



酢酸を出す乳酸菌で、あなたのサイロを二次発酵から守って見せます！



岡山大学で分離選抜したラクトバチルス・ブクネリNKO1株は、酢酸も出す乳酸菌。この酢酸の抗菌作用でカビ・酵母の増殖を抑え、サイロ開封後の発熱を遅らせます。スプレータイプとパウダータイプをご用意しました。

サイロ開封後のサイレージ取り出し面に使用して、空気に触れる事による二次発酵の抑制に効果を発揮！

サイロ見張番MO

- 適応サイロ：塔型・地下・半地下タイプ
- サイレージ取り出し面に載せて上からシートをかけます。
- 2個/㎡の割合で使用します。
- 容量：1包装約50g



カラシの臭い成分が二次発酵抑制に効くのじゃ！



サイロ消防団

- 適応サイロ：バンカー・スタック・トレンチタイプ
- サイレージ取り出し面に200ml/㎡の割合で噴霧します。
- 容量：20ℓ/本



プロピオン酸カルシウムで二次発酵を抑えるぞ！

