

PROJECT HARC

HOKKAIDO
AGRICULTURAL
RESEARCH CENTER (HARC)

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

Development of ear corn silage production and utilization technologies for constant supply of domestic concentrates



序 文

この度発刊する北海道農業研究センタープロジェクト研究成果シリーズNo.9は、当センターが中心となり、平成21年度から23年度までの3年間、新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業のプロジェクト研究「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」で実施した成果をとりまとめたものです。

近年、輸入穀物価格の高騰等に由来する飼料費の増大によって、わが国の畜産経営を取り巻く情勢は一層厳しさを増しております。今後の飼料価格の動向は不透明な状況ですが、輸入穀物を安価でかつ安定的に入手するのは、かなり困難と予想されます。わが国の畜産業が持続的に発展するには、現在、海外依存割合の高い輸入濃厚飼料の代替となる自給飼料の生産体制を作り上げる必要があります。

わが国で自給濃厚飼料資源候補としては農産副産物等であるエコフィードや飼料米があげられますが、その地域内での供給量には限界があり、低コストで安定供給可能な国産濃厚飼料源の開発が求められています。飼料用トウモロコシは土地生産性が高く、栄養濃度の高い雌穂は植物全体の5～6割を占めることから、雌穂のみを効率的に収穫できれば、濃厚飼料として利用できます。しかし、わが国ではその生産利用に関する実用的な技術体系は確立されていないのが現状です。また、耕地面積の少ないわが国では、畜産農家の有する飼料生産圃場面積には限界があり、また、労働力上でも、濃厚飼料生産を行う余裕はありません。一方、大規模畑作専業農家に目を向けると、近年、地力低下や担い手不足の問題が顕在化し、省力管理が可能で有機物を還元できる作物の導入に対する要望が高まっています。そこで、耕種農家で飼料用トウモロコシを生産し、雌穂を濃厚飼料として収穫し畜産農家で利用し、収穫残さは畑作圃場に還元するといった耕畜連携によるイアコーンサイレージの生産利用体系を構築できれば、国産濃厚飼料の供給力を強化するとともに、環境負荷を低減した資源循環型畜産を実現できると期待されます。

このような研究ニーズを受け、本プロジェクト研究では、品種・栽培、作業技術、飼料調製、大家畜飼養および経営・経済の各研究分野が連携協力して、実用的なイアコーンサイレージの生産利用技術の開発に取り組みました。取り組み期間が3年間と、短期間ではありましたが、品種・栽培、飼料調製・加工、大家畜飼養および経営・経済の各分野で優れた成果が得られました。

品種栽培分野では、イアコーンサイレージ向け高雌穂収量型品種を選定し、その安定多収栽培技術の開発、さらに、イアコーンサイレージの効率的収穫調製作業体系の構築と国内で生産されたイアコーンサイレージの飼料特性を明らかにしました。また、イアコーンサイレージの効率的利用を目的に、乳牛および肉牛への合理的な給与法について検討しました。さらに、イアコーンサイレージの生産利用技術の耕畜両農家への導入条件の解明に取り組むとともに、現地実証として道内TMRセンターにおけるイアコーンサイレージの生産コストを算出し、その経済性を評価しました。

イアコーンサイレージ等自給濃厚飼料生産については、まだ取り組むべき課題は多く残されていると思いますが、この成果を公表して関係各位からの意見を教示頂きながら、濃厚飼料の自給生産を定着させ資源循環型畜産の実現に貢献してまいりたいと思っております。

最後になりましたが、このプロジェクト研究の推進にあたり、多くの関係者のご協力を得ました。特に、プロジェクト推進に有益なご指導を頂いた評価委員の酪農学園大学 名久井忠前教授、専門プログラムオフィサーの(社)農林水産技術情報協会 上原昭雄氏に心よりお礼申し上げます。ここに深甚の謝意を表する次第です。

平成26年3月

独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構
北海道農業研究センター所長
天野 哲郎

目 次

研究の要約	1
第1章 雌穂利用向け飼料用トウモロコシの低コスト安定生産技術の開発	
1. イアコーン向け高雌穂収量型品種の選定	11
2. 高雌穂収量型トウモロコシの安定多収栽培技術の開発	16
3. イアコーン収穫残さの有効利用法の開発	20
第2章 イアコーンサイレージの大規模収穫調製技術の確立	
1. イアコーンサイレージの効率的収穫調製作業の体系化	25
2. 流通向けイアコーンサイレージの安定調製・貯蔵技術の開発	28
3. イアコーンサイレージの品質評価基準の策定	33
第3章 イアコーンサイレージの乳肉用牛への効率的給与技術の開発	
1. イアコーンサイレージの栄養特性に基づく泌乳牛への合理的給与法の開発	37
2. 育成・肥育前期の黒毛和種牛に対するイアコーンサイレージの効率的給与法の開発	42
3. イアコーンサイレージ多給による自給飼料活用型牛肉生産技術の開発	49
第4章 イアコーンサイレージ生産・利用が農業経営に及ぼす経済効果の検証	
1. 畑作経営におけるイアコーン生産の経済性評価と導入条件の解明	55
2. 酪農経営におけるイアコーンサイレージ利用の経済効果と耕畜連携モデルの提示	61

研究の要約

I. 研究年次・予算区分

研究年次 平成21～23年度
予算区分 新たな農林水産政策を推進する実用技術
開発事業

II. 主任研究者

主査：

北海道農業研究センター所長 折登一隆（平成21～22年度）

北海道農業研究センター所長 天野哲郎（平成23年度）

取りまとめ責任者：

酪農研究領域 上席研究員 大下友子（平成21～23年度）

III. 研究場所

農研機構北海道農業研究センター、（独）家畜改良センター十勝牧場、（地独）北海道立総合研究機構・畜産試験場、十勝農業試験場、ホクレン農業協同組合連合会、（株）IHIスター、国立大学法人・帯広畜産大学

IV. 研究目的

飼料自給率を高め、安全安心な畜産物を供給するためには、自給濃厚飼料資源の安定供給が不可欠である。飼料用トウモロコシの雌穂（イアコーン）は栄養価が高く、濃厚飼料として有望であるが、わが国では実用的なイアコーン生産利用に関する技術体系は確立されていない。本研究では、イアコーンサイレージを耕種農家で生産し、畜産農家で利用する耕畜連携による生産利用体系を構築するための技術開発を行う。本研究の開発目標としては、イアコーンサイレージTDN1kgあたりの生産コストを50～60円台で生産する技術開発を目標とする。

その結果、国産濃厚飼料資源の低コスト安定供給により、飼料自給率向上への貢献と国産飼料給与による安全・安心な畜産物の供給が可能となる。また、

地域資源の有効活用による地域経済の活性化と新飼料生産による雇用創出の効果が期待される。

V. 研究方法

第1章 雌穂利用向け飼料用トウモロコシの低コスト安定生産技術の開発

1. イアコーン向け高雌穂収量型品種の選定

雌穂収量を高めるために、現在、ホールクロップ用に市販されている品種や海外でイアコーン用途に利用されている品種を供し、その生産性（雌穂乾物率、TDN収量等）、耐病性等から検討し、わが国の気象条件にあったイアコーン向け品種を選定する。

2. 高雌穂収量型トウモロコシの安定多収栽培技術の開発

飼料用トウモロコシの雌穂への炭水化物転流に及ぼす気象要因や品種間差を明らかにする。また、栽植密度や施肥方法を検討し、圃場面積当たりの雌穂収量を最大に高める安定多収栽培技術を開発する。

3. イアコーン収穫残さの有効利用法の開発

イアコーン収穫後の茎葉残さの有効利用法を開発する目的で、イアコーン収穫残さが畑土壌の理化学性（物理性、排水性）に及ぼす影響を経時的に調査する。さらに、分解残さから放出される養分（無機態窒素、交換性カリウム等）の変動を追跡するとともに後作の畑作物（大豆等）の収量・品質への影響も検討し、輪作体系の中におけるイアコーン収穫残さの圃場還元効果を明らかにする。

第2章 イアコーンサイレージの大規模収穫調製技術の確立

1. イアコーンサイレージの効率的収穫調製作業の体系化

雌穂収穫専用アタッチメントのスナッパヘッドを利用したイアコーン収穫の作業効率と収穫ロスを実測するとともに、細断型ロールベアラを用いたサイレージ調製作業についても作業効率と梱包ロスを検討し、調製条件と作業性の関係を明らかにし最も効率的なイアコーンサイレージ収穫・調製体系を提示

する。

2. 流通向けイアコーンサイレージの安定調製・貯蔵技術の開発

地域内流通を想定し、貯蔵方法として細断型ロールペーラとトランスバックでの貯蔵方法について検討する。まず、粒度の細かいイアコーンサイレージを調製するために、既存の細断型ロールペーラを試作・改良する。

3. イアコーンサイレージの品質評価基準の策定

イアコーンサイレージを流通するためには、一定品質以上のものを調製する必要がある。収穫時期あるいは品種によるイアコーンサイレージの品質変動（飼料価値および発酵品質）を明らかにし、流通向けのイアコーンサイレージの品質評価基準を策定する。

第3章 イアコーンサイレージの乳肉用牛への効率的給与技術の開発

1. イアコーンサイレージの栄養特性に基づく泌乳牛への合理的給与法の開発

イアコーンサイレージに含まれる炭水化物の第一胃内発酵特性と乳牛消化管の部位別消化率および菌体タンパク生産効率を明らかにする。また、泌乳牛への合理的給与法を明らかにするために、生理状態および乳生産性に対する圧片トウモロコシの代替割合および併給粗飼料源（放牧草あるいはサイレージ類）の影響を検討する。また、イアコーンサイレージ摂取牛から生産される牛乳の品質特性について検討する。

2. 育成・肥育前期の黒毛和種牛に対するイアコーンサイレージの効率的給与法の開発

黒毛和種牛20頭を供試して、育成期～肥育前期（13ヶ月齢まで）の飼養方法を慣行法または慣行の配合飼料由来の濃厚飼料をイアコーンサイレージで代替して飼養し、採食性、増体量、血液性状を調査し、育成・肥育前期黒毛和種牛に対するイアコーンサイレージの効率的給与技術を開発する。

3. イアコーンサイレージ多給による自給飼料活用型牛肉生産技術の開発

黒毛和種牛去勢牛15頭を供して、濃厚飼料代替率

3水準とした試験区を設定し、9～28ヶ月齢まで肥育試験を行い、イアコーンサイレージ多給が産肉性（枝肉成績、肉の理化学性状等）に及ぼす影響を明らかにし、自給飼料活用型牛肉生産技術を開発する。

第4章 イアコーンサイレージ生産・利用が農業経営に及ぼす経済効果の検証

1. 畑作経営におけるイアコーン生産の経済性評価と導入条件の解明

飼料用トウモロコシの栽培が多い十勝管内および周辺地域の畑作農家を対象に畑作経営における飼料栽培実態を調査し、作付けを行う効果と課題を明らかにするとともに、サイレージ用イアコーン生産技術の経済性を評価し、畑作経営におけるイアコーン栽培の経営効果を解明し、導入条件を解明する。

2. 酪農経営におけるイアコーンサイレージ利用の経済効果と耕畜連携モデルの提示

畑地型酪農地帯の酪農経営における自給濃厚飼料であるイアコーンサイレージ利用の経済効果およびその導入条件を明らかにして、新飼料資源であるイアコーンサイレージを軸とした耕畜連携モデルを提示する。

国産濃厚飼料の安定供給に向けたイアコンサイレージの生産利用技術の開発
 独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構北海道農業研究センター

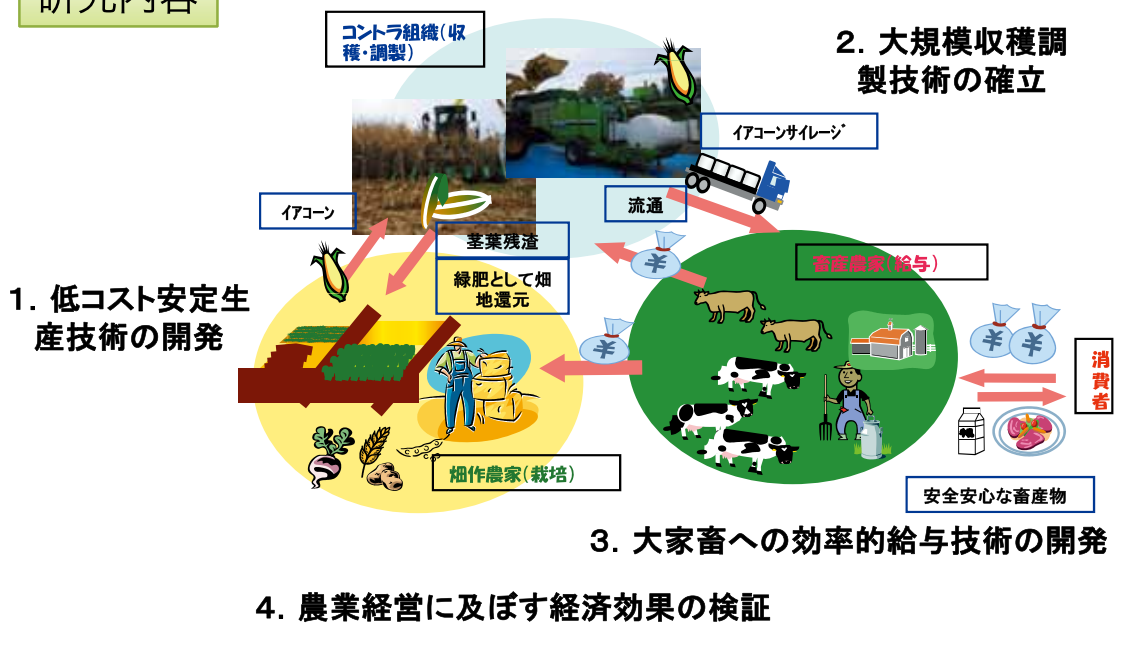
背景



- 濃厚飼料の海外依存度9割。
- 低コストで自給生産できる濃厚飼料は？
→高栄養, 高収量の**トムロコシ雌穂(イアコン)**
- 畑作農家: 地力低下、担い手不足



研究内容



達成目標

- 実用的なイアコンサイレージの生産利用体系を提示。
- コストを2割低減する生産技術を開発。(TDN1kgあたり66円/→55円)

期待される効果

- 地域で濃厚飼料供給が可能 **飼料自給率UP!**
→海外情勢に左右されない畜産経営に貢献
- 資源循環型農畜産業への転換に貢献



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

<p>1. 雌穂利用向け飼料用トウモロコシの低コスト安定生産技術の開発</p> <p style="padding-left: 20px;">(1) イアコーン向け高雌穂収量型品種の選定</p> <p style="padding-left: 20px;">(2) 高雌穂収量型トウモロコシの安定多収栽培技術の開発</p> <p style="padding-left: 20px;">(3) イアコーン収穫残さの有効利用法の開発</p> <p>2. イアコーンサイレージの大規模収穫調製技術の確立</p> <p style="padding-left: 20px;">(1) イアコーンサイレージの効率的収穫調製作業の体系化</p> <p style="padding-left: 20px;">(2) 流通向けイアコーンサイレージの安定調製・貯蔵技術の開発</p> <p style="padding-left: 20px;">(3) イアコーンサイレージの品質評価基準の策定</p> <p>3. イアコーンサイレージの乳肉用牛への効率的給与技術の開発</p> <p style="padding-left: 20px;">(1) イアコーンサイレージの栄養特性に基づく泌乳牛への合理的給与法の開発</p> <p style="padding-left: 20px;">(2) 育成・肥育前期の黒毛和種牛に対するイアコーンサイレージの効率的給与法の開発</p> <p style="padding-left: 20px;">(3) イアコーンサイレージ多給による自給飼料活用型牛肉生産技術の開発</p> <p>4. イアコーンサイレージ生産・利用が農業経営に及ぼす経済効果の検証</p> <p style="padding-left: 20px;">(1) 畑作経営におけるイアコーン生産の経済性評価と導入条件の解明</p> <p style="padding-left: 20px;">(2) 酪農経営におけるイアコーンサイレージ利用の経済効果と耕畜連携モデルの提示</p>	<div style="display: flex; justify-content: space-between; border-bottom: 1px solid black; margin-bottom: 5px;"> </div> <p style="text-align: center;">イアコーン利用向けトウモロコシ品種の選定 (ホクレン)</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between; border-bottom: 1px solid black; margin-bottom: 5px;"> </div> <p style="text-align: center;">高雌穂収量型トウモロコシの安定多収栽培法の開発 (道立畜試)</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between; border-bottom: 1px solid black; margin-bottom: 5px;"> </div> <p style="text-align: center;">畑地における緑肥効果の解明 (帯畜大・北農研)</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between; border-bottom: 1px solid black; margin-bottom: 5px;"> </div> <p style="text-align: center;">大型機械利用によるイアコーンの大規模収穫調製作業の体系化 (北農研)</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between; border-bottom: 1px solid black; margin-bottom: 5px;"> </div> <p style="text-align: center;">イアコーン調製向けベアララップの改良試作とロールベールサイレージの安定調製貯蔵技術の開発 (IHI スター)</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between; border-bottom: 1px solid black; margin-bottom: 5px;"> </div> <p style="text-align: center;">イアコーンサイレージの品質評価と評価基準の策定 (北農研)</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between; border-bottom: 1px solid black; margin-bottom: 5px;"> </div> <p style="text-align: center;">イアコーンサイレージの栄養特性の解明と泌乳牛への給与法の開発 (北農研)</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between; border-bottom: 1px solid black; margin-bottom: 5px;"> </div> <p style="text-align: center;">育成・肥育前期黒毛和種牛へのイアコーンサイレージの効率的給与法の開発 (改良セ十勝牧場)</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between; border-bottom: 1px solid black; margin-bottom: 5px;"> </div> <p style="text-align: center;">イアコーンサイレージ多給による自給飼料活用型牛肉生産技術の開発 (道立畜試)</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between; border-bottom: 1px solid black; margin-bottom: 5px;"> </div> <p style="text-align: center;">畑作経営におけるイアコーン生産の経済性評価と導入条件の解明 (北海道十勝農試)</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between; border-bottom: 1px solid black; margin-bottom: 5px;"> </div> <p style="text-align: center;">酪農経営におけるイアコーンサイレージ利用の経済効果と耕畜連携モデルの提示 (北農研)</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between; border-bottom: 1px solid black; margin-bottom: 5px;"> </div>
--	---

VI 研究結果

第1章 雌穂利用向け飼料用トウモロコシの低コスト安定生産技術の開発

飼料用トウモロコシを雌穂利用する場合には、雌穂乾物率が10月中旬に55～60%に達する必要があること、雌穂乾物収量は800～1,000kg/10a見込めることを明らかにするとともに、単純積算温度マップを作成し、それに対応する栽培地域区分表を提示した。雌穂収量は栽植密度および窒素施肥量が多いほど高収量になるが、イアコーン向けトウモロコシの適正密度は9000本/10a、窒素施肥量は収量増見合いの窒素2kg/10a程度の増肥が適当であり、追肥時期としては4～7葉期が適期であることを示した。イアコーン収穫後の茎葉残さの圃場への還元は、団粒構造や保水性等の土壌物理性を改善することを明らかにした。

第2章 イアコーンサイレージの大規模収穫調製技術の確立

自走式フォレージハーベスタ（破碎装置付）の収穫用アタッチメントをスナッパヘッドに交換し、ホールクロップと同様な作業体系でかつ同様な作業効率でイアコーンを収穫し、細断型ロールベアラで密封梱包することで、良質でかつ保存性の高いサイレージを調製できることを示した。細断型ロールベアラのソフト、ハード面を改良することによって、梱包ロスが5%から1%に低減できることを明らかにした。イアコーンサイレージの収穫適期を、保存性、収量性および作業性等から総合的に判断すると、ホールクロップサイレージの収穫適期である黄熟後期から1～2週間後であることを明らかにした。イアコーンサイレージの品質評価基準に必要な項目は水分、でんぷん含量、TDN含量およびVスコア値であった。

第3章 イアコーンサイレージの乳肉用牛への効率的給与技術の開発

イアコーンサイレージが圧片トウモロコシの代替となりえることを栄養生理学的に明らかにした。その知見に基づき、イアコーンサイレージを圧片トウモロコシや濃厚飼料の代替とする際の適切な給与水準を、舎飼または放牧飼養の泌乳牛、肉用育成牛および肥育牛の飼養試験によって提示した。育成期の

黒毛和種牛に自給率90%のイアコーンサイレージを組み入れた飼料メニューでも増体量は配合飼料区と遜色ないことを示した。イアコーンサイレージ給与が生乳中の香気成分であるラクトン類や牛肉の肉質に特徴的な効果を及ぼす可能性を示した。

第4章 イアコーンサイレージ生産・利用が農業経営に及ぼす経済効果の検証

実証試験に取り組む道内のTMRセンターにおける2010年度のイアコーンサイレージの生産量および生産に係る費用を調査し、イアコーンサイレージの生産コストがTDN1kgあたり51円であることを明らかにした。また、イアコーンサイレージ生産利用技術の導入条件を解明し、地域資源を活用した耕畜連携モデルを提示し、イアコーンサイレージの生産・利用が畑作および畜産の農家経営に及ぼす経済効果を検証した。

VII 研究発表

1 論文発表

大津英子・大下友子・滑川拓朗・高田雅透・高橋俊・西浦明子（2012）イアコーンサイレージの収穫調製作業体系の構築. 日草誌. 58：95-101

藤田直聡・大下友子・山田洋文・久保田哲史（2012）国産濃厚飼料イアコーンの酪農経営への普及条件－北海道における現地実証試験を踏まえて－. 農業普及研究. 35：55-67

2 学会発表・講演

渡部 敢（2012）十勝地域におけるイアコーンの栽培法. 平成23年度十勝畜産技術セミナー（2012.03）

酒井麻子・大津英子・滑川拓朗・筒木 潔（2011）黒ボク土における実取りトウモロコシ茎葉残渣の緑肥効果. 1. すき込み後2年間の土壌・作物体分析. 日本土肥学会講演要旨集. 57：119

筒木 潔・酒井麻子・大津英子（2011）黒ボク土における実取りトウモロコシ茎葉残渣の緑肥効果. 2. 2年連作すき込み後の土壌・作物分析. 土肥学会講演要旨集. 57：119

- 大津英子・大下友子・滑川拓朗・中西雅昭・高田雅透・岩渕 慶・石田茂樹 (2009) イアコーンサイレージの収穫調製作業能率の検証. 日草誌. 55 (別) : 51
- 大津英子・大下友子・石田茂樹・高田雅透・滑川拓朗 (2010) イアコーンサイレージの収穫調製作業能率の検証 (第2報 作業精度の検証). 日草誌. 56 (別) : 177
- 大津英子・大下友子・青木康浩・高橋 俊・上田靖子・滑川拓朗・高田雅透 (2011) 細断型ロールベアラを使用したイアコーンサイレージ調製における梱包密封時損失率. 日草誌. 57 (別) : 184
- 根本英子・大下友子・青木康浩・上田靖子・西浦明子・滑川拓朗 (2012) イアコーンの機械収穫条件が飼料成分組成に及ぼす影響. 日草誌. 58 (別) : 61
- 大津英子・大下友子・青木康浩・上田靖子・高橋 俊・高田雅透・滑川拓朗 (2011) 細断型ロールベアラを用いたイアコーンサイレージ調製作業の損失率. 農機学会北海道支部第62回年次大会講演要旨 : 26-27
- 根本英子・大下友子・青木康浩・上田靖子・滑川拓朗・高田雅透 (2013) 細断型ベアラを利用したイアコーンサイレージ調製技術. 第72回農業食料工学会年次大会講演要旨 : 201
- 大津英子 (2010) 細断型ベアララップを利用したイアコーンサイレージ調製. 平成21年度細断型ロールベアラ利用研究会
- 大津英子 (2010) 北イタリアおよびドイツ北西部の畑作地帯における飼料用とうもろこし生産の実態. 平成22年度グリーンテクノバンクセミナー (2010.11)
- 大津英子 (2010) イアコーン用とうもろこしを組み入れた畑輪作体系の構築. 平成22年度地域農業確立研究検討会 (2010.12)
- 大津英子 (2011) 大規模畑作地帯における飼料用トウモロコシ栽培の導入. スクラム十勝シンポジウム2011 食料自給率向上を目指した連携のあり方 (2011.11)
- 大津英子 (2011) 畑輪作体系への飼料用トウモロコシ導入の可能性. 農研機構シンポジウム 耕畜連携による濃厚飼料の安定的自給生産技術の重要性と今後の展開～新技術「イアコーンサイレージの生産利用技術」普及のための改善方向～ : 17-22
- 大下友子・大津英子・青木真理・青木康浩・上田靖子 (2011) 細断型ロールベアラで梱包したイアコーンサイレージの保存性. 北草研報. 45 : 49
- 大下友子・大津英子・中西雅昭・滑川拓朗・高田雅透・岩渕 慶・西浦明子・青木真理・上田靖子・高橋 俊 (2010) イアコーンサイレージの消化性と乳牛の嗜好性. 日草誌. 56. (別) : 61
- 大下友子・青木康浩・上田靖子・青木真理・大津英子 (2012) イアコーンサイレージ給与が泌乳牛の摂取量および乳生産性に及ぼす影響. 日畜学会第115回大会講演要旨 : 132
- 大下友子・根本英子・青木康浩・青木真理・上田靖子・西浦明子・滑川拓朗・高田雅透 (2012) イアコーンの水分含量がサイレージの発酵品質および好氣的変敗に及ぼす影響. 日草誌. 58 (別) : 60
- 大下友子 (2013) イアコーンサイレージの生産技術と乳牛への給与体系. 北畜草会報. 1 : 9-12
- 大下友子 (2010) 北イタリアとオランダの畜産農家における自給飼料利用体系. 平成22年度グリーンテクノバンクセミナー (2010.11)
- 大下友子 (2011) コントラ組織におけるイアコーン活用の可能性. 北海道コントラクター組織連絡協議会平成23年度春季研修会 (2011.02)
- 大下友子 (2011) 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利用技術. 農研機構シンポジウム 耕畜連携による濃厚飼料の安定的自給

- 生産技術の重要性と今後の展開～新技術「イアコーンサイレージの生産利用技術」普及のための改善方向～：9-16
- 大下友子（2012）新しい国産濃厚飼料“イアコーンサイレージ”の生産利用技術. 平成24年農業新技術発表会（2012.02）
- 大下友子（2012）新しい国産濃厚飼料を作る－イアコーンサイレージの生産利用技術－. 平成24年十勝畜産技術セミナー（2012.03）
- 大下友子（2009）トウモロコシ雌穂サイレージの収穫・調製技術. 平成21年度自給飼料利用研究会資料：25-29
- 大下友子（2012）トウモロコシサイレージ等の収穫・調製・給与技術. 平成24年度自給飼料活用型TMRセンターに関する情報交換会資料：1-12
- 大下友子（2012）イアコーンサイレージの収穫・調製・利用技術について. 平成24年度埼玉県粗飼料利用研究会講演会（2012.12）
- 大下友子（2012）イアコーンサイレージの生産と利用. 全日畜北海道ブロック会議研修会（2012.09）
- 青木康浩（2010）流通向けイアコーンサイレージの調製・給与技術の開発. 平成22年度地域農業確立研究検討会（2010.12）
- 青木康浩（2013）イアコーンサイレージの生産利用技術の開発研究の現状と課題. 北海道の農畜産業強化に向けたイアコーンサイレージ生産利用技術の新たな展開. 平成25年度北海道地域マッチングフォーラム講演要旨：36-45
- 須藤賢司・上田靖子・朝隈貞樹・秋山典昭・大下友子（2011）放牧搾乳牛へのイアコーンサイレージ給与による圧片トウモロコシ代替効果. 北海道草地研報. 45：71
- 浅田正嗣・本名信孝・上田勝美・熊沢幸治・渡邊貴之・岡田真人・滑川拓朗・大下友子（2012）イアコーンサイレージを給与した黒毛和種育成牛の発育. 日畜学会第115回大会講演要旨：143
- 浅田正嗣・尾花尚明・角屋敏幸・火ノ川和春・立崎広行・塚本信行・守屋隆也・松井史郎・岡田真人・滑川拓朗・大下友子（2013）黒毛和種去勢牛の育成・肥育前期におけるイアコーンサイレージ給与が増体および枝肉成績におよぼす影響. 日畜学会第116回大会講演要旨：116
- 滑川拓朗・浅田正嗣（2013）国産濃厚飼料への挑戦～イアコーンサイレージの普及を目指して～. スクラム十勝2013（2013.11）
- 浅田正嗣（2013）イアコーンサイレージを取り入れた肉用牛向け飼料メニューの開発. 平成25年度北海道地域マッチングフォーラム講演要旨：25-35
- 大井幹記・齋藤早春・遠藤哲代・及川 学・杉本昌仁・藤川 朗（2009）濃厚飼料中のイアコーンサイレージの混合割合が黒毛和種去勢牛の消化性・第一胃内発酵に及ぼす影響. 日畜学会第114回大会講演要旨：115
- 杉本昌仁（2011）イアコーンサイレージを肉用牛のエサに. スクラム十勝シンポジウム2011 食料自給率向上を目指した連携のあり方（2011.11）
- 山田洋文（2010）畑作経営におけるイアコーン向けとうもろこし生産の可能性～畑作経営の現状と飼料用とうもろこし生産導入への課題～. 平成22年度実用技術開発事業21003現地検討会（2010.10）
- 山田洋文（2011）経営におけるイアコーン栽培の可能性. スクラム十勝シンポジウム2011食料自給率向上を目指した連携のあり方（2011.11）
- 山田洋文（2011）耕畜連携による濃厚飼料の安定的自給生産技術の重要性と今後の展開. 農研機構シンポジウム 耕畜連携による濃厚飼料の安定的自給生産技術の重要性と今後の展開～新技術「イアコーンサイレージの生産利用技術」普及のための改善方向～：23-31

山田洋文・原 仁 (2013) 畑作経営における飼料用とうもろこし栽培受託の経済性と土地利用に与える影響に関する研究. 2013 年度北海道農業経済学会大会 (第126 回北海道農業経済学会例会)

山田洋文 (2013) イアコーン生産利用による耕畜連携の経済性評価と普及・定着に当たっての課題. 北海道の農畜産業強化に向けたイアコーンサイレージ生産利用技術の新たな展開. 平成25年度北海道地域マッチングフォーラム講演要旨: 46-53

藤田直聡・山田洋文・大下友子・久保田哲史 (2012) 耕畜連携による国産濃厚飼料イアコーンの酪農経営への普及条件. 平成23年度日本農業改良普及学会個別報告: 55-60

藤田直聡 (2013) 国産濃厚飼料イアコーンサイレージの酪農経営への普及条件. 農業経営通信. 254: 2-3

久保田哲史 (2013) 北海道農業の先進性と限界性「酪農」. 北海道農業研究会2013年度シンポジウム (2013.06)

3 研究成果情報

大津英子・大下友子・青木真理・上田靖子・西浦明子・須藤賢司・高橋 俊・滑川拓朗・中西雅昭・高田雅透・岩渕 慶 (2009) イアコーンは機械収穫でき、そのサイレージは嗜好性と栄養価が高い (技術・参考). 平成21年度北海道農業研究成果情報.

藤田直聡・久保田哲史 (2009) 酪農経営における委託生産イアコーンサイレージの導入条件の事前評価 (研究・参考). 平成21年度北海道農業研究成果情報.

大下友子・大津英子・青木康浩・上田靖子・須藤賢司・青木真理・高橋 俊・西浦明子・久保田哲史・藤田直聡・山田洋文・谷川珠子・滑川拓朗・高田雅透・中西雅昭・岩渕 慶 (2012) イアコーンサイレージの大規模収穫調製技術 (普及). 平成23年度北海道農業研究成果情報.

4 その他 (商業誌 等)

渡部 敢 (2012) 十勝地域における飼料用とうもろこしのイアコーン向け安定多収栽培法. 平成23年度北海道農業試験会議 指導参考事項.

大下友子・大津英子・青木康浩・上田靖子・青木真理・西浦明子・須藤賢司・高橋 俊・滑川拓朗・高田雅透・中西雅昭・岩渕 慶・谷川珠子 (2012) イアコーンサイレージの大規模収穫調製技術. 平成23年度北海道農業試験会議 指導参考事項.

久保田哲史・藤田直聡・山田洋文・原 仁 (2012) イアコーンサイレージ生産・利用に関する畑作経営と酪農経営における経済性評価. 平成23年度北海道農業試験会議 指導参考事項.

大津英子 (2009) イアコーンサイレージ生産利用技術の開発. ぐらーす. 55 (2) : 22-25

大下友子・大津英子 (2010) 濃厚飼料自給を耕畜連携で. 機械化農業. 3104: 26-29

大下友子 (2009) 濃厚飼料の代替に期待されるイアコーンサイレージ. デーリイマン. 59 (11) : 42-43

大下友子 (2012) イアコーンサイレージ・酪農の未来を担う国産濃厚飼料. よつ葉大地. 287: 13

大下友子 (2012) イアコーンサイレージの調製. 最新サイレージバイブル: 110-115

大下友子 (2012) 濃厚飼料を自給! 本気でイアコーンサイレージを作る. 現代農業. 91 (4) : 256-261

大下友子 (2012) 第3の自給濃厚飼料 新しい国産濃厚飼料「イアコーンサイレージ」の生産と利用. デーリイジャパン. 57 (11) : 24-27

大下友子 (2012) 最新農業技術 畜産 vol.5 イアコーンサイレージの項分担執筆: 55-62

大下友子 (2012) イアコーンサイレージの生産利用技術. 畜産コンサルタント. 49 (2) : 52-56

大下友子 (2012) イアコーンサイレージの生産・利用と経済性. 農家の友. 64 (6) : 104-106

大下友子 (2013) 新たな国産濃厚飼料“イアコーンサイレージ”の生産と利用. 酪農ジャーナル. 66 (3) : 22-25

VIII. 研究担当者

第1章 雌穂利用向け飼料用トウモロコシの低コスト安定生産技術の開発

1. イアコーン向け高雌穂収量型品種の選定

岩淵 慶* (ホクレン農業協同組合連合会)

2. 高雌穂収量型トウモロコシの安定多収栽培技術の開発

渡部 敢* (地方独立行政法人北海道総合研究機構畜産試験場)

寺見 裕 (同上)

玉置宏之 (同上、現農研機構畜産草地研究所)

3. イアコーン収穫残さの有効利用法の開発

根本英子* (農研機構北海道農業研究センター)

筒木 潔 (国立大学法人帯広畜産大学)

横田 聡 (農研機構北海道農業研究センター)

第2章 イアコーンサイレージの大規模収穫調製技術の確立

1. イアコーンサイレージの効率的収穫調製作業の体系化

根本英子* (農研機構北海道農業研究センター)

2. 流通向けイアコーンサイレージの安定調製・貯蔵技術の開発

高田雅透 (株式会社IHIスター)

根本英子 (農研機構北海道農業研究センター)

大下友子* (同上)

3. イアコーンサイレージの品質評価基準の策定

大下友子* (農研機構北海道農業研究センター)

青木康浩 (同上)

第3章 イアコーンサイレージの乳肉用牛への合理的給与法の開発

1. イアコーンサイレージの栄養特性に基づく泌乳牛への合理的給与技術の開発

青木康浩* (農研機構北海道農業研究センター)

須藤賢司 (同上)

上田靖子 (同上)

谷川珠子 (地方独立行政法人北海道総合研究機構畜産試験場、現根釧農業試験場)

2. 育成・肥育前期の黒毛和種牛に対するイアコーンサイレージの効率的給与法の開発

浅田正嗣* ((独)家畜改良センター十勝牧場)

渡邊貴之 (同上)

3. イアコーンサイレージ多給による自給飼料活用型牛肉生産技術の開発

杉本昌仁* (地方独立行政法人北海道総合研究機構畜産試験場、現道総研農業研究本部)

及川 学 (地方独立行政法人北海道総合研究機構畜産試験場)

第4章 イアコーンサイレージ生産・利用が農業経営に及ぼす経済効果の検証

1. 畑作経営におけるイアコーン生産の経済性評価と導入条件の解明

山田洋文* (地方独立行政法人北海道総合研究機構十勝農業試験場)

原 仁 (同上、現根釧農業試験場)

2. 酪農経営におけるイアコーンサイレージ利用の経済効果と耕畜連携モデルの提示

藤田直聡* (農研機構北海道農業研究センター)

久保田哲史 (同上)

*は取りまとめ執筆

第1章 雌穂利用向け飼料用トウモロコシの低コスト安定生産技術の開発

1. イアコーン向け高雌穂収量型品種の選定

ア 研究目的

わが国で利用するサイレージ用トウモロコシ品種は、ホールクロップサイレージ利用を目的に選定されてきた(村井2001、戸澤2005)。そのため、雌穂のみを利用するイアコーンサイレージ用の専用品種はなく、現在流通しているホールクロップ用品種がイアコーン用として利用可能か否かも検討されていない。北海道でトウモロコシをイアコーン用として利用する場合には、その目的に合致した品種を選定する必要があり、そのことで収量および品質が最大となり、低コスト生産が可能となると考える。

そこで、現在ホールクロップ用に市販されている品種を供試して、雌穂の生産性、雌穂乾物率、雌穂割合、雌穂の登熟パターン、耐病性、耐倒伏性などを調査し、イアコーン用として利用する際に具備すべき特性、目標とする雌穂乾物率および期待可能な雌穂収量を明らかにしようとした。また、全道各地のトウモロコシの生育期間中の平均気温の単純積算気温を調査してイアコーンサイレージ用のトウモロコシ栽培推奨マップ、ならびに栽培地域区分表の作成を検討した。

イ 材料と方法

1) 適応品種の検討

2009年から2011年にホールクロップ用の相対熱度(RM)73~105の品種を十勝地域および道央地域で栽培し、各々各年2回の収穫時期を設けて品種毎の雌穂の登熟の特性を明らかにし、イアコーン用として利用する際の目標雌穂乾物率および期待可能な雌穂乾物収量を調査した。

試験場所はホクレン十勝試験圃場(帯広市川西)およびホクレン道央試験圃場(恵庭市、江別市)で、十勝試験圃場では2009年から2011年の3ヶ年RM73~90の品種を、道央試験圃場では2010年および2011年の2ヶ年RM90~105の品種を供試した。供試品種は、クウイス(RM73)、39B29(RM75)、39V43(RM75)、たちぴりか(RM80)、39M48(RM82)、チベリウス(RM85)、39H32(RM85)、

39K56(RM85)、リッチモンド(RM85)、39T13(RM90)、39A87(RM90)、シンシア(RM90)、39T45(RM90)、38V52(RM95)、38A79(RM95)、36B08(RM100)、34N84(RM105)の17品種とした。なお、道央試験圃場で供試したRM90の品種は、39T13および39T45である。

播種日は、十勝試験圃場では2009年は5月20日、2010年は5月22日、2011年は5月19日、道央試験圃場では、2010年は5月17日、2011年は5月26日であった。収穫日は、十勝試験圃場では2009年は10月7日(1回目)および10月19日(2回目)、2010年は9月18日(1回目)および9月24日(2回目)、2011年は9月27日、道央試験圃場では、2010年は9月14日(1回目)および9月22日(2回目)、2011年は9月29日(1回目)および10月8日(2回目)であった。なお、2011年は十勝試験圃場において根腐れ病の発生が多く認められたため、収穫を1回とした。

栽植密度は、いずれの圃場および年次においてもRM73~90の品種は8,889本/10a、RM95~105の品種は7,843本/10aとした。試験区は、一区15m²(0.75m×4畦×5m)とし、乱塊法にて3反復設置した。施肥は、BBS380(N:P:K=13:18:10)100kg/10aとし、防散炭カル80kg/10a、重焼リン2号(成分51%)100kg/10aを施用した。調査は、一区4畦のうち中央2畦を対象に実施し、雌穂乾物率の調査には、5本の雌穂を用いた。

2) 絹糸抽出期以後の低温遭遇が雌穂乾物率の上昇と雌穂への炭水化物転流に及ぼす影響

試験は2009年に江別市の酪農学園大学内圃場にて行い、品種はたちぴりかおよび39B29を5月中旬に2000分の1ワグネルポットにトウモロコシを播種した。播種後70~110日、すなわち絹糸抽出後10~40日の間に10日間ずつ人工気象室内で低温処理した。処理区は、江別市の各処理時期の平均気温を標準区とし、平均気温-4℃および同-2℃を低温処理区とした。

3) 栽培推奨マップの作成

試験期間中の両試験圃場における生育期間中の平均気温の単純積算気温と、供試した各品種の雌穂乾物率から一次回帰式を作成し、イアコーン用として利用する際の目標雌穂乾物率に達するまでの単純積算温度を算出した。それをもとに栽培マップを作成した。なお、根腐れ病発生のため、十勝試験圃場の2011年の雌穂乾物率のデータは除外した。

ウ 結果と考察

十勝試験圃場では2011年の収穫時に根腐れ病が多く認められたため、試験結果の検討には2009年および2010年のデータを用いた。雌穂乾物率は、2009年の収穫1回目では、RM82までの品種では「たちびりか」を除いた全品種が、それより晩生のRMの品種では「リッチモンド」、「シンシア」および「39T45」が黄熟期の目安となる50%に達し、収穫2回目では、全品種が55%以上となった。RM82までの品種では「たちびりか」を除く4品種が60%以上となり、それより晩生の品種では認められなかったものの「39K56」が最も高かった。収穫1回目から2回目にかけて雌穂の登熟が良好であった（雌穂乾物率の差異の大きかった）品種は「クワイス」（12.5%）と「39K56」（10.2%）で、その他の品種では約6～8%であった（図1-1）。このように、雌穂乾物率やその上昇の変化は品種によって

異なり、ホールクロップ用の早晩性の一つの基準である総体乾物率との間にも有意な相関関係は認められなかった（収穫1回目： $R^2=0.123$ 、収穫2回目： $R^2=0.222$ ）ことから、イアコーン利用する場合の早晩性は雌穂乾物率およびその変化で判断すべきことが明らかとなった。このことについて、伊藤ら（1989）は絹糸抽出期から収穫適期までの期間の長さは早晩性に影響されないと指摘している一方で、WilkinsonとHill（2003）や菅野ら（2010）は登熟パターンの異なる品種があることを指摘している。2010年においては、収穫1回目の値は2009年の2回目の値よりも高く、収穫2回目では全ての品種が60%以上となり、収穫1回目と2回目の値は全ての品種で近似した。2009年は播種から2回の収穫期までの単純積算温度が各々平年の99.6%、94.4%と平年並みであったのに対し、2010年は各々平年の115%、115%と高温であったため、2010年の雌穂乾物率が2009年のそれに比べ非常に高くなったと考えられた。トウモロコシの生育および雌穂登熟には、生育期間中の積算温度が関与する（戸澤2005）。なお、2009年の収穫2回目と2010年の2回の収穫期における品種間の相対的な序列には差異はなかった（図1-1）。2年間の結果をもとにイアコーン利用した場合の各品種の早晩性を、雌穂乾物率を50%、55%、60%の3段階に分けて2年間の各品種の雌穂乾物率およびその変化から判断し、表1-1のように整理

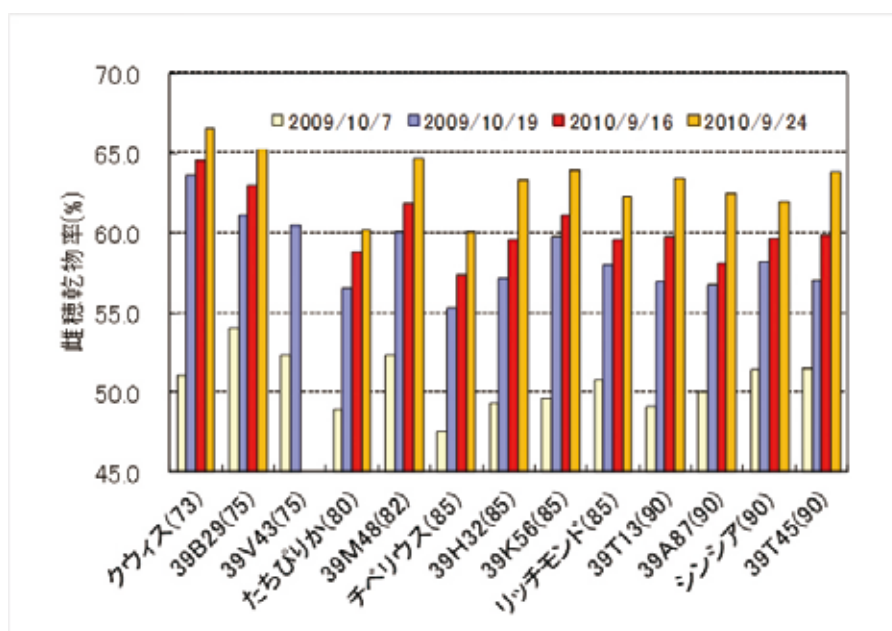


図1-1 雌穂乾物率の推移

表1-1 アイコーン利用した場合の各品種の早晩性の評価

品種	ホールクロップ PRM	アイコーン早晩性 ²⁾	収穫適期(10月)		
			上旬 (50%)	中旬	
				(55%)	(60%)
クウイス ¹⁾	73	極早生	○	○	○
39B29	75	極早生	◎	○	○
たちぴりか ¹⁾	(80)	晩生	×	○	×
39M48	82	極早生	○	○	○
チベリウス ¹⁾	85	晩生	×	○	×
39H32 ¹⁾	85	晩生	×	○	×
39K56	85	早～中生	×	○	△
リッチモンド ¹⁾	85	中生	△	○	×
39T13 ¹⁾	90	晩生	×	○	×
39A87	90	晩生	△	○	×
シンシア ¹⁾	90	中生	○	○	×
39T45 ¹⁾	90	中生	○	○	×

1) 北海道優良品種。

2) 早晩性：極早(10月上旬に雌穂乾物率が50%に達し、かつ10月中旬に乾物率60%達した品種)、早(10月上旬に乾物率が50%に達し、10月中旬に乾物率が55%以上となった品種)、または、10月上旬に乾物率が50%に達しなかったが、10月中旬に乾物率60%に達した品種)、中(10月上旬に乾物率が50%に達したが、10月中旬に乾物率55%に達しなかった品種)、晩(10月上旬に乾物率が50%に達せず、かつ10月中旬に乾物率55%に達しなかった品種)。

した。その結果、アイコーンとして利用する場合の目標雌穂乾物率は10月中旬に60%（最低55%）に達することと判断した。

雌穂乾物収量は、2009年の収穫1回目では、「クウイス」と「たちぴりか」を除き800kg/10aに達した。早晩性別では、RM73～82では「39V43」、RM85では「チベリウス」および「39H32」、RM90では「39T13」および「39T45」が多収となった。収穫2回目では、「たちぴりか」が約800kg/10aで、

その他の品種は900kg/10a以上となった。RM82までの品種では「39V43」および「39M83」が、85以降の品種では「リッチモンド」を除いて1,000kg/10a以上となった(図1-2)。収量の増加量(収穫1回目と2回目の差異)が多いのは「クウイス」、「39V43」、「39M48」、「チベリウス」、「39H32」、「39K56」および「39A87」で、いずれも150kg/10a以上であった。このうち「クウイス」が178kg/10a、「39M48」が179kg/10a、「39K56」が233

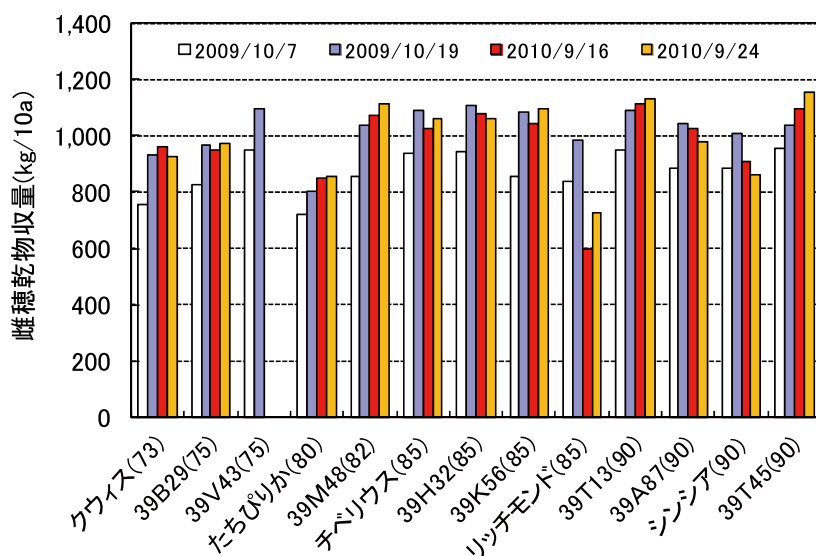


図1-2 収穫期別・品種別の雌穂乾物収量

kg/10aであった。増加率が高いのは「クウイス」の24%、「39M48」の21%、「39K56」の27%で、その他は10~18%であった（図1-2）。2010年の収量は2回の収穫期間に大差なく、2009年の収穫2回目と同程度であった。

2年間の調査の結果、イアコーン用として期待可能な雌穂乾物収量は800~1,000kg/10aと判断された。

道央試験圃場においては、2010年および2011年とも高温年であった。その2年間の雌穂乾物率および雌穂乾物収量は図1-3および図1-4のとおりで、38V52および36B08が雌穂乾物率が55%以上となり、雌穂乾物収量は供試した全品種が800kg/10a以上となった。これらのことから、晩生品種についてもイアコーンとして利用する場合の雌穂乾物率は55%を目標とし、期待可能な雌穂乾物収量は800kg/10a以上と考えられた。

次に、低温処理による雌穂乾物率の低下と雌穂乾物重の減少は、各品種とも絹糸抽出後20~40日にお

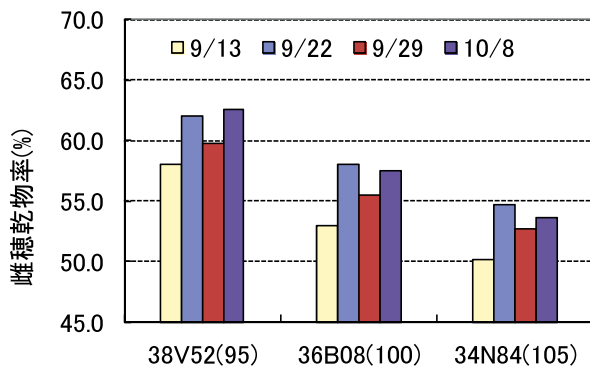


図1-3 収穫期別・品種別の雌穂乾物率

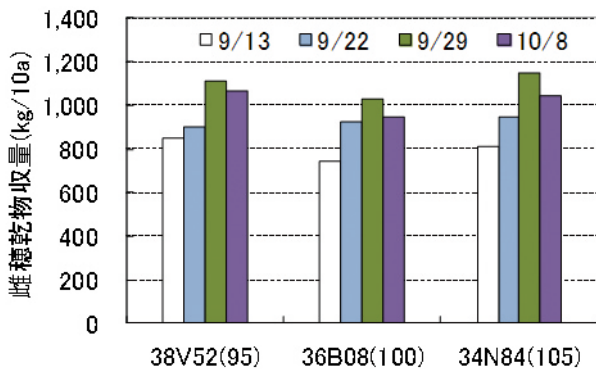


図1-4 収穫期別・品種別の雌穂乾物収量

表1-2 雌穂乾物率が55%および60%に達するまでの単純積算温度

品種	ホール クロップ RM	イアコーン 早晩性	単純積算温度	
			雌穂乾物率 55%	雌穂乾物率 60%
クウイス ¹⁾	73	極早生	2,321	2,379
39B29	75	極早生	2,295	2,382
たちぴりか ¹⁾	(80)	晩生	2,377	2,464
39M48	82	極早生	2,321	2,399
チペリウス ¹⁾	85	晩生	2,395	2,474
39H32 ¹⁾	85	晩生	2,363	2,434
39K56	85	早~中生	2,350	2,415
リッチモンド ¹⁾	85	中生	2,350	2,434
39T13 ¹⁾	90	晩生	2,363	2,433
39A87	90	晩生	2,367	2,445
シンシア ¹⁾	90	中生	2,347	2,437
39T45 ¹⁾	90	中生	2,346	2,431
38V52	95	中~晩生	2,325	2,447
36B08 ¹⁾	100	晩生	2,397	2,604
34N84 ¹⁾	105	極晩生	2,554	2,816

¹⁾ 北海道優良品種

いて大きく、低温ほどその影響は大きかった。

2010年および2011年の生育期間中の平均気温の単純積算温度と本試験に供試した品種の雌穂乾物率との関係から一次回帰式を算出し、目標雌穂乾物率の55%および60%に達するまでの品種別の単純積算温度を算出した（表1-2）。各品種が雌穂乾物率55%に達するには2,295~2,554℃必要で、60%に達するにはさらに58~262℃必要であった。雌穂乾物率55%に達するまでの単純積算気温は、ホールクロップ用の目標雌穂乾物率30%（名久井ら1981、村井2001、EttleとSchwarz 2003、谷川ら 2008）に達するまでのそれより44~115℃多く必要であった。

この単純積算温度をもとにイアコーンの栽培マップ（図1-5）および品種別の栽培地域区分表を作成した（表1-3）。根釧地域、宗谷から網走西部地域ならびに標高の高い地域を除いてイアコーンの栽培は可能であると判断された

工 今後の課題

トウモロコシの早晩性をさらに精査するとともに、イアコーン向け品種メニューの充実をさらにはかる必要がある。

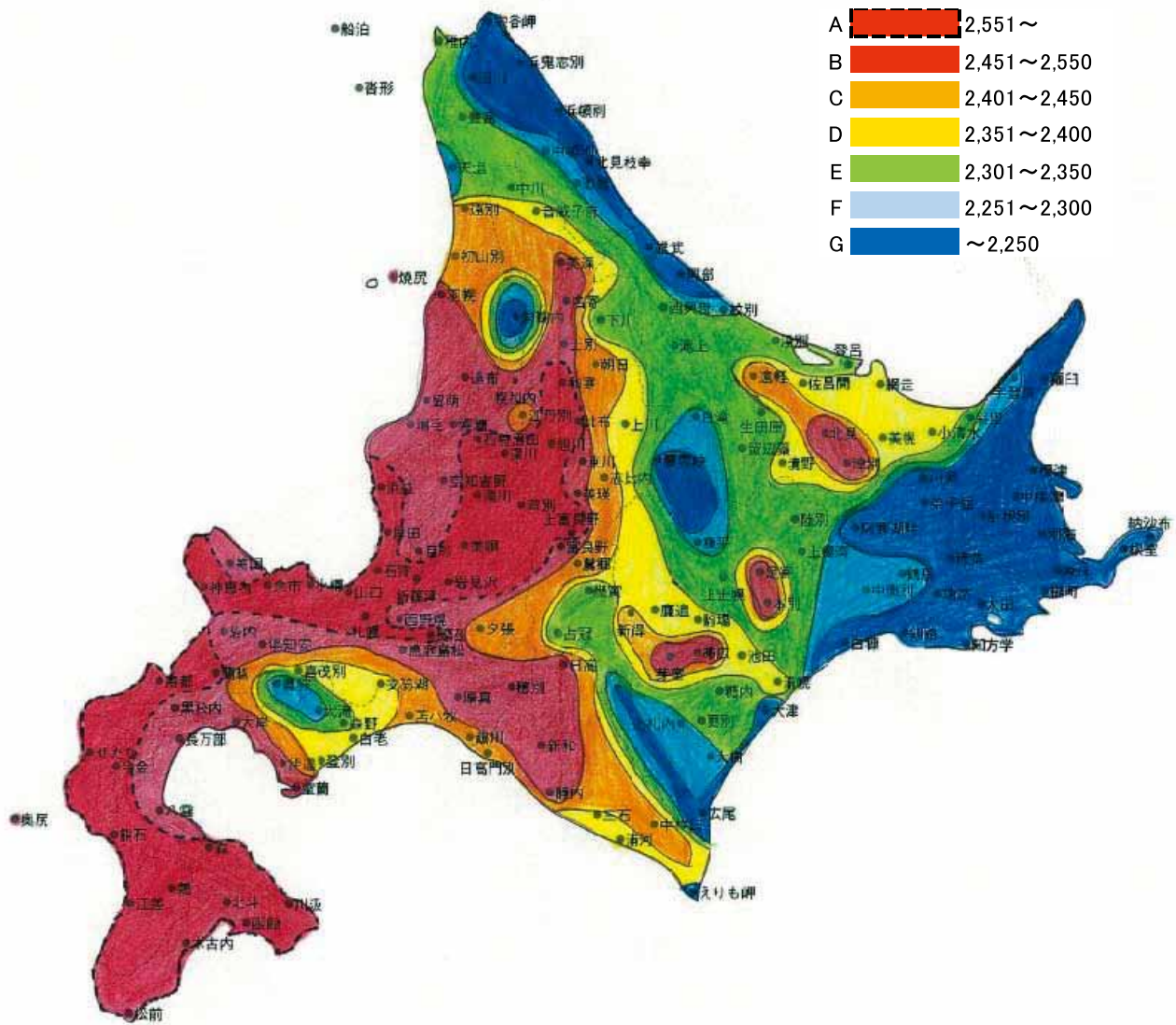


図1-5 単純積算温度(°C)をもとにしたイアコーン栽培マップ

表1-3 イアコーン栽培地域区分表

区分	単純積算温度 (5/16~10/10)	極早生		極早生		早中生		中生		中晩生		晩生	
		75日型		82日型		85日型		90日型		95日型		100日型	
		55% ¹⁾	60% ²⁾	55% ¹⁾	60% ²⁾	55% ¹⁾	60% ²⁾	55% ¹⁾	60% ²⁾	55% ¹⁾	60% ²⁾	55% ¹⁾	60% ²⁾
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												

¹⁾ 雌穂乾物率55%目標の場合、²⁾ 雌穂乾物率60%目標の場合。

◎：最適、○：適、△：マルチ栽培。

オ 要約

イアコーン用としてトウモロコシを利用する場合の基準（目標）雌穂乾物率は、10月中旬までに55%に達することであり、そのときの期待可能な雌穂乾物収量は、800~1,000kg/10aであった。本試験の結果から、イアコーン用品種として選抜された品種は、39B29(RM75)、39M48(RM82)、39K56(RM85)、39T45(RM90)、38V52(RM95)、36B08(RM100)、34N84(RM105)であった。本試験に供試した品種の雌穂乾物率と生育期間中の平均気温の単純積算温度から、イアコーン用の栽培マップを作成するとともに、品種別の栽培地域区分表を作成した。

カ 参考文献

- Ettle T, Schwarz FJ (2003) Effect of maize variety harvested at different maturity stages on feeding value and performance of dairy cows. Anim Res 52 : 337-349
- 伊藤 巖・熊井清雄・飯田克実・源馬琢磨・広田秀憲・上野昌彦 (1989) 飼料作物の栽培法. 粗飼料・草地ハンドブック. 高野信雄・佳山良正・川鍋祐夫監修. 養賢堂. 東京 : 345-466
- 菅野 勉・森田総一郎・黒川俊二・佐藤節郎 (2010) 近年我が国で市販されているサイレージ用トウモロコシ (*Zea mays* L.) 4品種の登熟パターン. 日草誌. 55 : 340-346
- 村井 勝 (2001) 飼料作物の収穫・調製. 草地管理指標 - 飼料作物生産利用技術編 -. 農林水産省生産局 : 106-136
- 名久井忠・岩崎 薫・早川政市 (1981) ホールクroppサイレージ用トウモロコシの収穫適期の検討. 日草誌. 26 : 412-417
- 谷川珠子・大坂郁夫・川本 哲・原 悟志 (2008) 熟期の異なるとうもろこしサイレージの給与が乳牛の炭水化物およびタンパク質利用性に及ぼす影響. 日畜会報. 79 : 29-35
- 戸澤英雄 (2005) トウモロコシ 歴史・文化, 特性・栽培, 加工・利用. 農山漁村文化協会, 東京 : 1-296
- Wilkinson JM, Hill J (2003) Effect on yield and dry-matter distribution of the stay-green characteristic in cultivars of forage maize grown in England. Grass Forage Sci 58 : 258-264 (岩渕 慶)

2. 高雌穂収量型トウモロコシの安定多収栽培技術の開発

ア 研究目的

北海道十勝地域において単位面積当たりの雌穂収量を最大に高める安定多収栽培技術を開発することを目的とし、飼料用トウモロコシの北海道優良品種で十勝が栽培適地となっている「早生の中」から収量水準の高い「チベリウス」と、雌穂乾物率が確実に高くなることを期待し「早生の早」の品種である「クウイス」を用いて、栽植密度、窒素施肥量、追肥の時期・方法について検討した。

イ 研究方法

1) 適正栽植密度と窒素施肥量の検討

畜試場内（十勝山麓、多湿黒ボク土：以下畜試）および帯広市川西現地圃場（十勝中央部、黒ボク土：以下現地）において「クウイス（早生の早）」、「チベリウス（早生の中）」を用い、栽植密度3水準（約10,500、9,000、7,500本/10a、畦幅：畜試72cm、現地75cm）と窒素施肥量3水準（14、18、22kg/10a、基肥8~10kg/10a、残りを硫酸で4葉期を目処に追肥）の組み合わせで栽培試験を実施した（2009~2011年）。試験区の配置は分割区法（栽植密度を主区、施肥量を副区）とし、畜試3反復、現地は2反復で実施した。試験区面積は畜試10.1~10.7m²/区、現地12.0m²/区とした（各試験共通）。試験圃場の土壌化学性を表1-4に、基肥施肥量を表1-5に、播種日および収穫日を表1-6に示した（各試験に共通）。

表1-4 試験圃場の土壌化学性

年次	試験圃場	層位 (cm)	pH	腐植 %	熱抽N mg/100g	Truog-P ₂ O ₅ mg/100g	CEC me/100g	交換性塩基			リン酸吸収
								CaO mg/100g	MgO mg/100g	K ₂ O mg/100g	
2009	畜試	表土	5.8	14.8	23.0	7.7	31.7	280	25	19	1850
	現地	表土	6.0	3.8	5.1	8.3	11.5	143	25	40	1630
2010	畜試	0-20	6.0	-	20.5	2.6	-	366	20	7	-
		20-40	6.0	-	18.4	2.3	-	313	18	12	-
	現地	0-20	6.4	-	37.8	8.6	-	346	22	23	-
		20-40	6.5	-	29.1	2.3	-	227	15	23	-
2011	畜試	40-60	6.2	-	9.0	1.6	-	79	9	20	-
		0-20	6.0	-	5.3	13.0	-	153	20	35	-
	現地	20-40	6.1	-	4.2	7.6	-	165	22	39	-
		40-60	6.4	-	2.0	2.5	-	138	18	42	-

2009年は跡地土壌、2010年は播種時土壌、現地は未分析、2011

2) 追肥時期の検討

畜試（2009~2011年）、現地（2011年）において「クウイス（早生の早）」「チベリウス（早生の中）」を用い、栽植密度約9,000本/10a、窒素施肥量

14 (基肥 8 kg/10a残り 6 kg/10aを硫酸で追肥) kg/10aで栽培試験を実施した。追肥は側条施肥とし、追肥時期の処理として発芽期および4、7、10葉期を設けた。試験区の配置は乱塊法とし、畜試3反復、現地は2反復で実施した。

3) 追肥方法の検討 (2010~2011年)

畜試 (2010~2011年)、現地 (2011年) において「チベリウス (早生の中)」、「クウイス (早生の早)」(2011年のみ) を用い、栽植密度約9,000本/10a、窒素施肥量14 (基肥 8 kg/10a残り 6 kg/10aを硫酸で追肥) kg/10aで栽培試験を実施した。追肥時期は4~6葉期とし、追肥法として、側条 (側条区)、葉面が乾いた状態で散播 (散乾区)、散水により葉面が湿った状態にした後に散播 (散湿区) を設けた。試験区の配置は乱塊法とし、畜試3反復、現地は2反復で実施した。

ウ 結果及び考察

1) 適正栽植密度と窒素施肥量の検討

倒伏・折損個体率を表1-7に示した。2009年は倒伏・折損が多発し、特に栽植密度が高い区が多発傾向であったため、2010年以降は12,000本/10a区の試験を中止した。2011年畜試「クウイス」において再度倒伏折損が発生し、10,500区で特に多発した。

雌穂の乾物収量を表1-8に示した。栽植密度が

表1-5 基肥施肥量

試験地	年次	化学肥料				肥料銘柄	堆肥 t/10a
		N	P	K	Mg		
畜試	2009-2011	8	20	4	2	BBS055	3
現地	2009	10	14	8	3	BBS380	0
	2010-2011	8	11	6	3		0

*基肥は施肥機より作条施用。

表1-6 播種日および収穫日

年次	試験地	播種日	収穫日
2009	場内	5.21	10.19 クウイス チベリウス
	現地	5.22	10.20 クウイス チベリウス
2010	場内	5.21	9.9 クウイス チベリウス
	現地	6.2	9.22 クウイス チベリウス
2011	場内	5.17	9.16 クウイス チベリウス
	現地	5.24	9.20 クウイス チベリウス

高いほど、また、施肥量が多いほど収量が高い傾向であり、慣行の栽植密度7,500本/10a、窒素施肥量14kg/10aから、栽植密度を高め、増肥することで1~2割程度の雌穂収量の増加が見込まれた。倒伏折損の恐れのない栽植密度9,000本/10aの雌穂収量は3カ年の平均値で832~1,153kg/10aであった。

雌穂の乾物率を表1-9に示した。イアコーンサイレージ原料として雌穂の乾物率50~60%を目標として試験を実施してきた。2009年 (冷害年) は「チベリウス」(10月19~20日収穫) で雌穂乾物率50%に満たない事例があったが、おおむね、50%以上の乾物率を確保できた。栽植密度・施肥の違いによる雌穂乾物率の違いは小さく、実用上影響は少ないと考えられた。栽植密度9,000本/10aの雌穂乾物率は3カ年平均で54.5~60.3%であった。

栽植密度を高くすることで、高い雌穂収量が得られたが、10,500本/10aを超える密度で栽培した場合、

表1-7 栽植密度と施肥量の検討試験における倒伏・折損個体率 (%)

密度\施肥 (本/a)	畜試(新得)						現地(帯広)						
	クウイス			チベリウス			クウイス			チベリウス			
	N14	N18	N22	N14	N18	N22	N14	N18	N22	N14	N18	N22	
2009	7500	37	37	23	0	0	0	4	1	0	0	0	0
	9000	27	21	25	1	0	1	2	0	2	1	0	0
	10500	50	59	22	1	1	2	12	13	10	9	6	6
	12000	53	40	39	3	3	2	15	23	13	23	13	10
2010	7500	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	9000	2	2	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0
	10500	4	1	0	0	0	0	0	2	4	0	0	0
2011	7500	16	22	35	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	9000	25	42	36	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	10500	59	69	64	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3カ年平均値	7500	18	20	19	0	0	0	1	0	0	0	0	0
	9000	18	22	21	0	0	0	1	0	1	0	0	0
	10500	38	43	29	0	0	1	4	5	5	3	2	2

調査日：2009年、畜試10/16、現地10/20
2010年、畜試クウイス9/9チベリウス9/14、現地9/20
2011年、畜試9/13、現地クウイス9/20チベリウス9/29

表1-8 栽植密度と施肥量の検討試験における雌穂乾物収量

密度\施肥 (本/a)	畜試(新得)						現地(帯広)						
	クウイス			チベリウス			クウイス			チベリウス			
	N14	N18	N22	N14	N18	N22	N14	N18	N22	N14	N18	N22	
2009	7500	(635)	102	108	(599)	107	106	(743)	108	106	(885)	107	104
	9000	102	121	116	112	111	125	107	116	116	109	117	118
	10500	115	121	131	119	119	130	123	135	132	117	123	119
	12000	110	125	127	116	120	117	136	138	135	122	132	140
2010	7500	(867)	97	100	(944)	102	104	(872)	103	98	(1145)	100	102
	9000	108	110	109	111	111	114	114	117	119	104	108	117
	10500	118	116	121	117	119	117	130	136	132	112	118	123
2011	7500	(849)	106	96	(950)	104	105	(840)	100	102	(906)	110	120
	9000	107	106	111	105	105	103	110	111	108	103	108	120
	10500	121	112	111	99	103	107	112	116	117	107	111	128
3カ年平均値	7500	(784)	101	103	(831)	104	105	(818)	103	102	(979)	105	108
	9000	106*	112	112	109	109	113	111	115	114	105	111	118**
	10500	118	116	120	111	113	117	122	129	127	112	117	123

7500本/10a、N14区に対する収量比 () 内は収量実数 (kg/10a)

*栽植密度9000本区の最小雌穂収量835kg/10a (755×111%)

**栽植密度9000本区の最大雌穂収量1153kg/10a (979×118%)

表 1-9 栽植密度と施肥量の検討試験における雌穂乾物率 (%)

密度\施肥 (本/a)	畜試(新得)						現地(帯広)						
	クウイス			チベリウス			クウイス			チベリウス			
	N14	N18	N22	N14	N18	N22	N14	N18	N22	N14	N18	N22	
2009	7500	60.5	59.8	60.1	50.2	50.1	49.7	57.6	58.9	57.5	49.7	51.0	50.3
	9000	61.6	59.0	60.0	49.5	48.4	49.1	56.6	58.1	56.8	48.8	50.2	49.8
	10500	61.1	61.5	59.0	49.3	47.6	47.6	56.1	57.5	57.1	48.8	50.5	48.9
	12000	61.2	58.6	60.5	46.9	47.4	45.9	56.4	57.1	57.3	48.3	49.8	49.8
2010	7500	62.3	62.0	62.4	60.3	59.2	59.6	64.3	64.6	64.6	59.8	59.9	60.4
	9000	61.7	61.6	61.6	59.7	59.7	59.9	64.0	63.9	64.6	59.8	59.6	60.4
	10500	61.3	60.9	60.8	60.1	60.2	59.3	63.4	63.8	64.3	59.1	59.0	59.6
2011	7500	60.6	61.1	60.7	55.7	55.5	55.8	59.7	59.4	58.8	55.7	55.9	55.6
	9000	61.1	60.6	61.7	55.8	55.5	55.4	58.9	58.9	58.8	55.7	55.0	54.9
	10500	62.1	61.5	61.8	55.2	54.3	55.1	57.9	57.9	57.6	54.8	53.8	54.5
3カ年 平均値	7500	61.1	61.0	61.1	55.4	54.9	55.0	60.5	61.0	60.3	55.1	55.6	55.4
	9000	61.5	60.4	61.1	55.0	54.5	54.8	59.8	60.3	60.1	54.8	54.9	55.0
	10500	61.5	61.3	60.5	54.9	54.0	54.0	59.1	59.7	59.7	54.2	54.4	54.3

倒伏・折損割合が増加する場合があったことから、栽植密度は9,000本/10aが適当と考えられた。

道総研畜試および十勝農試で実施された過去のトウモロコシ栽培データを含め解析したところ、雌穂収量と地上部窒素吸収量の両者には密接な関係 ($r=0.89$, $p<0.01$) があり、一次回帰式より、窒素吸収量が1 kg/10a増加すると雌穂収量が47kg/10a増加すると推定された(図1-6)。本成績における慣行区(7,500本-N14区)の3カ年平均の雌穂乾物収量は、755kg/10a(畜試「クウイス」)~979kg/10a(現地「チベリウス」)であった。栽植密度を9,000本/10aに上げることによる増収分は乾物で75.5~97.9kg/10aとなり、前述回帰式によりその雌穂乾物増収分にとまなう窒素吸収量は1.6~2.1kg/10aと推定された。また、図1-7に示した窒素施肥量と地上部窒素吸収量の関係から、窒素施肥18kg/10a

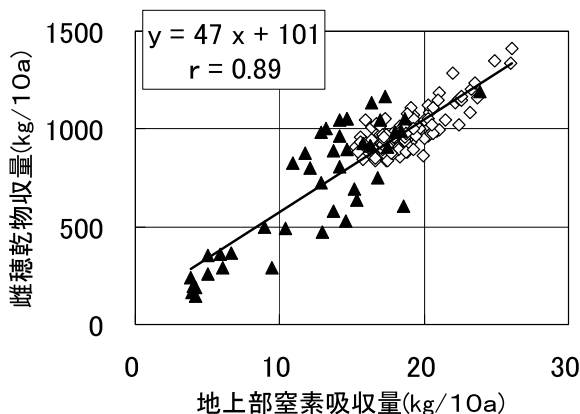


図 1-6 雌穂乾物収量と地上部窒素吸収量の関係

◇ 本試験データ ▲ 過去データ — 線形(全体)

本試験データ：2010~2011年、畜試(新得)、現地(帯広)、品種(「クウイス」「チベリウス」「39M48」、 $n=108$)
過去データ：2000~2010年、畜試(新得)、十勝農試(芽室)、品種(「エマ」「デュカス」「チベリウス」、 $n=44$)

以上で窒素吸収量は横ばいとなり、過剰な施肥を行っても窒素吸収量は増加していなかった。窒素施肥18kgまでは施肥と吸収に密接な関係 ($r=0.92$, $p<0.01$) があり、一次回帰式より、施肥窒素1 kg当たり吸収窒素が0.77kg増加することから、窒素利用率は0.77と見積もられた(図1-7)。以上から、窒素吸収量1.6~2.1kg/10aに見合う窒素増肥量は2.1~2.7kg/10aと見積もられた。

これらのことから栽植密度の9,000本の変更にとまなう窒素2 kg/10a程度の増肥が適当と判断した。

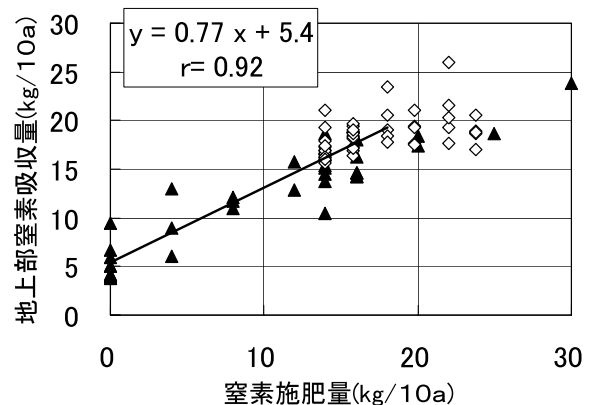


図 1-7 地上部窒素吸収量と窒素施肥量の関係

◇ 本試験データ ▲ 過去データ — 線形(全体ただし窒素施肥18kgまで)

本試験データの畜試窒素施肥量は堆肥由来分を1.8kg/10aと計算

2) 追肥時期の検討

表1-10に雌穂乾物収量を、表1-11に茎葉乾物収量を示した。

雌穂乾物収量は発芽期追肥では4葉期追肥に比べ1割程度低下する事例があった。4~7葉期追肥は年次・試験地・品種を問わず高い収量であった。4~10葉期の品種・試験地を込みにした平均収量は7葉期で最も高収量であったが、その差は1~2ポイント程度と小さく、4~10葉期で安定した収量であった。

茎葉乾物収量は4葉期追肥で最も収量が高かった。発芽期追肥および10葉期追肥では収量が1割程度低下する事例があった。7葉期追肥は4葉期に比べ、同等かやや低下した。

以上のように、雌穂収量は4~10葉期追肥で高まり、茎葉収量は10葉期追肥で下がることから、追肥時期としては4~7葉期が適期と考えられた。

表1-10 追肥時期試験における雌穂乾物収量

試験区	畜試(新得)2009		畜試(新得)2010		畜試(新得)2011		現地(帯広)2011		平均値
	クウイス	チベリウス	クウイス	チベリウス	クウイス	チベリウス	クウイス	チベリウス	
発	94	99	98	95					
4L	(693)	(720)	(926)	(1029)	(928)	(882)	(880)	(909)	(871)
7L	103	99	101	101	103	103	103	106	102
10L	99	99	96	100	99	115	99	102	101

試験区：発=発芽期、4L=4葉期、7L=7葉期、10L=10葉期
4Lに対する収量比、()内は収量実数(kg/10a)

表1-11 追肥時期試験における茎葉乾物収量

試験区	畜試(新得)2009		畜試(新得)2010		畜試(新得)2011		現地(帯広)2011		平均値
	クウイス	チベリウス	クウイス	チベリウス	クウイス	チベリウス	クウイス	チベリウス	
発	89	95	90	94					
4L	(568)	(637)	(517)	(637)	(619)	(794)	(588)	(715)	(634)
7L	99	97	95	98	93	98	97	102	98
10L	94	87	97	100	90	106	100	92	96

試験区：発=発芽期、4L=4葉期、7L=7葉期、10L=10葉期
4Lに対する収量比、()内は収量実数(kg/10a)

3) 追肥方法の検討

雌穂乾物収量を表1-12に示した。2010年試験において散湿区で収量が低下傾向であったため、2011年は散乾区のみ実施した。葉面が乾燥した状態の散播追肥は、側条施肥と同等以上の雌穂乾物収量が得られた。

表1-12 追肥方法試験における雌穂乾物収量

試験区	畜試2010	畜試(新得)2011		現地(帯広)2011	
	チベリウス	クウイス	チベリウス	クウイス	チベリウス
側条	(1082)	(928)	(882)	(880)	(909)
散乾	101	98	113	105	103
散湿	96				

側条に対する収量比()内は収量実数(kg/10a)

4) 高雌穂収量型トウモロコシの安定多収栽培法

以上の結果に基づき、十勝地域におけるイアコンサイレージ向けトウモロコシの安定栽培法として、適正栽植密度および窒素施肥の推奨値を表1-13に整理した。

表1-13 十勝地域におけるイアコンサイレージ向けトウモロコシ栽培の推奨値

推奨値	備考・考え方
栽植密度 9000本/10a	7500本/10aより10%の雌穂増収を見込む。
施肥量	飼料用トウモロコシの施肥標準より窒素を2kg/10a増肥 基肥量は施肥ガイド2010の飼料用トウモロコシに準拠し、追肥の窒素を2kg/10a増肥する。
追肥時期 4~7葉期	除草剤茎葉処理(3~5葉期)は追肥前に行う。
追肥方法 側条あるいは散播	散播による施肥は、葉面の乾いた状態で行う。

* ホールクロップ用早生の早~中の品種を用いる場合の推奨値である。

* 有機物施用にともなう減肥は、北海道施肥ガイド2010の飼料用とうもろこしに準拠する。

エ 今後の課題

土壤診断に基づいた窒素施肥法や肥効調節型肥料による省力施肥法の検討が必要である。

オ 要約

イアコンサイレージ向けトウモロコシ栽培は、収量および耐倒伏性から、栽植密度は9,000本/10aが適当で、対照7,500本/10aに比した収量増に見合いの窒素2kg/10aを飼料用トウモロコシの施肥標準に比べ追肥で増肥する。追肥時期としては4~7葉期が適期である。葉面の乾いた状態の散播追肥は側条追肥と同等の効果がある。

カ 参考文献

北海道農政部 (2010) 北海道施肥ガイド2010. 北海道.

(渡部 敢)

3. イアコーン収穫残さの有効利用法の開発

ア 研究目的

耕畜連携によるイアコーンサイレージの生産利用体系の構築は、イアコーン利用向け飼料用トウモロコシを輪作作物のひとつとして畑作に導入することが前提となり、イアコーン収穫後の茎葉残さをすき込み利用する技術開発が必要である。トウモロコシの緑肥利用については青刈りやスイートコーンの収穫残さについての研究は行われてきたが、イアコーン収穫残さについては例がない。

本研究では、イアコーン収穫後のトウモロコシ収穫残さのすき込みによる緑肥効果を、畑作物のダイズ、テンサイ、春まき小麦の栽培試験により検証するとともに、土壤理化学性とセンチュウ密度への影響を明らかにし、イアコーン利用向け雌穂用トウモロコシを組み入れた新しい輪作体系の可能性を検証した。

イ 研究方法

(独)家畜改良センター十勝牧場(音更町、表層多腐食質黒ボク土)において、イアコーン収穫後に収穫残さをすき込んだ区を「単年区」、すき込みを行っていない区を「対照区」とし、イアコーンの後作となる可能性のある畑作作物を2009～2011年にかけて栽培した(表1-14)。すき込みは前年秋にプラウによる反転耕とし、すき込み推定量(乾物)は2008年が326kg/10a(供試品種「ばびりか」)、2009年が742kg/10a(供試品種「39B29」)だった。A圃場は面積を25m²/区で各区4連、B圃場は13.9m²/区で各区4連で実施した。

表1-14 試験圃場と栽培作物

年	試験区	2008	2009	2010	2011
A圃場	単年区	イアコーン	→ 大豆	→ テンサイ	
	単年区	イアコーン	→ テンサイ	→ 大豆	
	対照区	裸地	→ 大豆	→ テンサイ	
	対照区	裸地	→ テンサイ	→ 大豆	
B圃場	単年区			イアコーン	→ 小麦
	対照区			裸地	→ 小麦

品種)イアコーン:39B29、大豆:大袖の舞、テンサイ:リッカ(移植)、小麦:春よ恋(春播き)

1) 土壤への影響

表1-14の圃場において、施肥播種前と収穫後に土壤理化学性を調査した(表1-15)。

表1-15 土壤理化学性の調査項目

目的	調査項目
土壤物理性	貫入硬度、三相分布、団粒組成、保水性
土壤化学性	pH、交換性塩基、可給態リン酸、微量元素、CEC、リン酸吸収係数、全炭素、全窒素、熱水抽出性窒素、無機態窒素
土壤生物性	β グルコシダーゼ活性、 α グルコシダーゼ活性、根粒着生、センチュウ密度

2) 緑肥効果と後作作物への影響

2009～2011年にかけて、各作物の生育状況、収量および品質を調査した。2011年の小麦栽培では、収穫残さの緑肥効果を明らかにするため、窒素量を標準(8kg/10a)から減じたN減肥区(6.5kg/10a、5kg/10aの2段階)を設定した。

ウ 結果および考察

1) 土壤への影響

土壤物理性では、土壤硬度が、イアコーン収穫残さのすき込みのある単年区で低下し、すき込み後2年を経過しても継続して効果がみられた(図1-8)。さらにpF2.3～3.2の易有効水分が増加した(図1-9)。

土壤化学性では、pHの上昇と有効態リン酸の増加が認められた(表1-16)。pHは、交換性カルシウムの増加に起因した上昇と考えられた。トウモロコシのカルシウム吸収量は極めて少ないこと(仲野1972)と、タンカル(炭酸カルシウム)施用量が200kg/10aであったことから、pH上昇はタンカル施用によるものと推測された。トウモロコシ茎葉は有機リン含量が高いことが杉戸ら(2001)によって示されており、イアコーン収穫残渣がリン供給源となった可能性がある。しかし、2009年6月には既に有効態リン酸が対照区に比べて著しく高いことから、前年のトウモロコシ播種時の施肥の影響も否定できないため、その可能性の検証は残された課題である。無機態窒素量は2010年には対照区とほぼ同様に推移したこと(図1-10)、トウモロコシ茎葉中に多く含まれる難分解性成分の分解酵素である β -グルコシダーゼ活性に対しては2010年5月に、単年区0.68 μ mol/g/hに対し対照区0.48 μ mol/g/hで有意差が無かったことから、収穫残さはすき込み翌年に分解されたことが示された。

キタネグサレセンチュウ密度は単年区で増加する傾向にあったが、これは、トウモロコシ栽培後の一般的な傾向と一致しており、すき込みの有無による

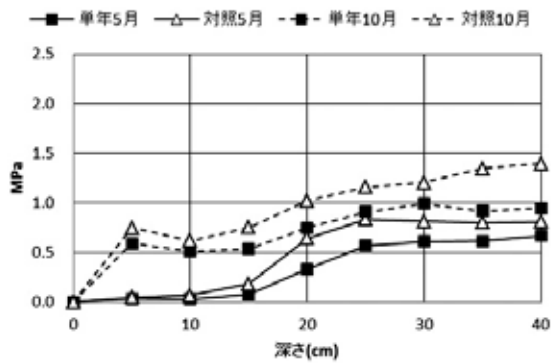


図1-8 土壌硬度の比較 (2010年測定)

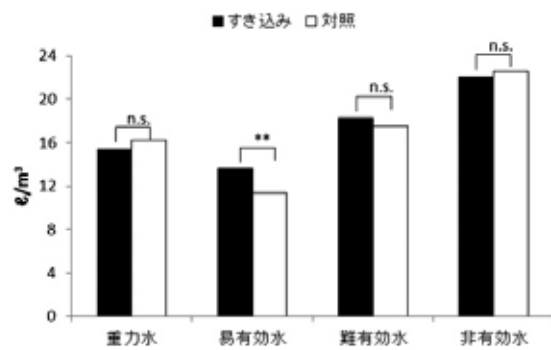


図1-9 土壌pF (2010年8月測定)

表1-16 A圃場の土壌化学性の推移

試験区	単年				対照			
	Jun-09	Oct-09	May-10	Oct-10	Jun-09	Oct-09	May-10	Oct-10
(1) 一般項目								
pH (H ₂ O)	6.0	6.0	6.2	6.3	5.9	6.0	6.1	6.2
有効態リン酸 (mg/100g)	7.2	7.2	6.0	8.0	2.7	3.2	2.7	3.7
交換性K (mg/100g)	27.8	21.0	21.3	19.7	24.4	16.4	18.3	20.7
交換性Mg (mg/100g)	37.6	37.7	37.7	37.7	31.9	32.2	28.9	31.1
交換性Ca (mg/100g)	471	506	438	474	415	428	342	403
Mg/K	3.2	4.6	4.2	4.7	3.1	4.7	3.8	3.8
Ca/Mg	9.0	9.7	8.4	9.0	9.4	9.6	8.6	9.3
石灰飽和度 (%)	50.2	43.3	37.8	49.5	37.8	36.1	28.6	45.3
塩基飽和度 (%)	57.6	48.8	43.5	56.3	43.2	40.6	32.9	51.5
(2) 微量元素								
Cu (ppm)	0.47	0.21	0.18	0.29	0.62	0.21	0.16	0.36
Zn (ppm)	4.74	2.25	14.63	3.17	4.03	1.70	14.46	2.51
Mn (ppm)	32.80	18.20	22.37	27.79	30.00	17.40	21.09	23.82
B (ppm)	1.55	1.11	1.02	1.05	1.40	1.02	0.97	1.07
(3) 窒素								
熱水抽出性窒素 (mg/100g)	10.10	10.70	11.54	10.35	9.55	9.32	11.47	9.43
全窒素 (%)	0.60	0.58	0.62	0.59	0.60	0.58	0.62	0.59
硝酸態窒素 (mg/100g)	2.86	1.47	1.58	1.31	3.05	1.07	1.39	1.09
アンモニア態窒素 (mg/100g)	1.16	1.17	0.53	0.39	1.32	0.52	0.76	0.48
無機態窒素 (mg/100g)	4.02	2.64	2.11	1.70	4.37	1.60	2.15	1.56
(4) 土壌特性								
リン酸吸収係数	1761	1871	1996	1905	1804	1905	1997	1939
CEC (me/100g)	35.9	41.8	41.4	34.2	39.1	42.3	42.6	31.8
仮比重	0.66	0.64	0.67	0.69	0.66	0.65	0.69	0.69
腐植含量 (%)	14.4	13.8	14.7	13.7	14.3	13.6	14.6	13.7
炭素含量 (%)	8.3	8.0	8.6	7.9	8.3	7.9	8.5	7.9
C/N比	13.9	13.7	13.8	13.5	14.0	13.7	13.8	13.5

※交換性K, Mg, Ca : K₂O, MgO, CaO

有意差は認められなかった。

B圃場の土壌化学性を表1-17に示した。リン酸吸収係数は、4月の時点で単年区が低く、また有効態リン酸量は高かった。これはA圃場での、イアコーン収穫残渣すき込み1年目の傾向と同様であった。また、無機態窒素量は両区とも同様に推移したこと

から、イアコーン収穫残渣の窒素供給効果は低い事が示された(図1-10)。これらの結果から、イアコーン収穫残渣からの窒素供給の効果は期待できないものの、リン酸については今後の検討課題として残された。

表1-17 B圃場の土壌化学性の推移 (2011年)

試験区 調査時期	単年		対照	
	Apr-11	Oct-11	Apr-11	Oct-11
(1)一般項目				
pH (H ₂ O)	6.6	7.0	7.1	7.0
有効態リン酸 (mg/100g)	7.1	4.2	2.5	2.6
交換性K (mg/100g)	76.0	55.3	50.3	32.7
交換性Mg (mg/100g)	34.9	32.3	43.1	28.9
交換性Ca (mg/100g)	581	657	651	607
Mg/K	1.1	1.4	2.0	2.1
Ca/Mg	12.0	14.7	10.9	15.1
石灰飽和度 (%)	68.4	70.4	72.2	67.6
塩基飽和度 (%)	79.4	78.8	82.2	74.3
(2)微量元素				
Cu (ppm)	0.17	0.12	0.13	0.11
Zn (ppm)	1.09	1.32	2.66	1.28
Mn (ppm)	45.6	33.8	38.5	24.9
B (ppm)	0.76	0.65	0.66	0.57
(3)窒素				
熱水抽出性窒素 (mg/100g)	7.70	0.86	6.06	0.80
全窒素 (%)	0.39	0.44	0.41	0.40
硝酸態窒素 (mg/100g)	0.95	0.68	0.94	0.65
アンモニア態窒素 (mg/100g)	1.07	0.86	0.26	0.80
無機態窒素 (mg/100g)	2.02	1.53	1.20	1.45
(4)土壌特性				
リン酸吸収係数	1704	1542	1839	1564
CEC (me/100g)	30.3	33.3	32.2	32.1
仮比重	2.02	0.75	0.70	0.75

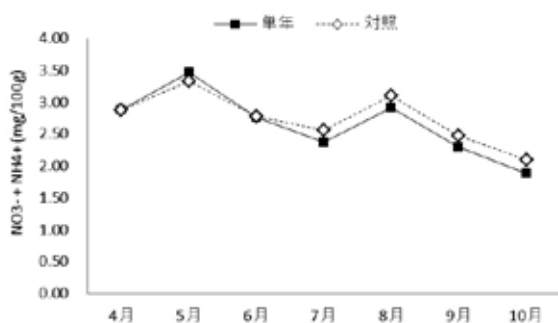


図1-10 B圃場の無機態窒素動態 (2011年)

2) 緑肥効果と後作作物への影響

(1) ダイズ

2009年の1作目の播種時には、土壌表層に長さ10~15cm程のイアコーン収穫残さが散在していたが、出芽への影響はなかった。2009年9月の草丈とSPAD値は単年区で低かった(表1-18)。ダイズの生育は窒素が制限因子になりやすいといわれており(国分 2002)、根粒菌による窒素固定はダイズの生育がある程度進んでからでないと認められないこと(砂田 1986)から、施用した窒素が生育初期の段階で、イアコーン収穫残さのすき込みにより増大した微生物へ動員されるいわゆる窒素飢餓状態の可能性が示唆されたが、収量に有意差は認められな

かった(表1-19)。

2010年の2作目ダイズ播種時も土壌表層に長さ3~5cmのイアコーン収穫残さが観察されたが、大豆の出芽への影響はなかった。8月までは単年区に分枝数と主茎長が対照区より優れており、両区とも土壌中の窒素量に差がないことから(表1-16)、土壌物理性の改善効果によるものと考えられた。しかし10月には生育の差がなくなり、収量は対照区と変わらなかった。

表1-18 ダイズ生育状況

輪作	調査日	調査項目	単年	対照	P値
1年目	2009/7/11	出芽率 (%)	52.1	48.5	0.138
	2009/9/3	草丈 (cm)	73.9	77.6	***
	2009/9/4	葉色 (SPAD値)	43.0	43.8	***
	2009/10/3	主茎長 (cm)	40.0	40.7	0.348
	2009/10/3	主茎節数 (個/株)	10.2	10.1	0.447
2年目	2009/10/3	分枝数 (本/株)	2.9	3.3	0.042*
	2010/6/18	出芽率 (%)	68.4	68.2	0.868
	2010/7/19	主茎長 (cm)	37.1	37.7	0.284
	2010/7/18	葉色 (SPAD値)	31.9	32.3	0.030*
	2010/7/19	分枝数 (本/株)	5.9	5.4	0.034*
	2010/7/19	茎太 (mm)	5.5	5.4	0.202
	2010/8/20	主茎長 (cm)	44.1	42.2	0.006**
	2010/8/29	葉色 (SPAD値)	48.3	48.5	0.081
	2010/8/20	分枝数 (本/株)	5.5	5.0	0.016*
	2010/8/20	茎太 (mm)	6.5	6.4	0.230
	2010/10/2	主茎長 (cm)	43.4	42.8	0.382
	2010/10/2	分枝数 (本/株)	5.3	5.2	0.871
	2010/10/2	茎太 (mm)	6.8	6.8	0.474

*** P<0.001

表1-19 ダイズ収量 (2009年)

調査項目	単年	対照	P値
全量 (kg 10a ⁻¹)	415	430	0.582
精子実重 (kg 10a ⁻¹)	219	223	0.816
100粒重 (g)	29.6	29.5	0.259
屑粒重 (kg 10a ⁻¹)	2.8	3.4	0.412
子実タンパク (%)	41.4	41.4	1.000
水分 (%)	14.6	15.1	0.074
脂質 (%)	19.4	19.3	0.719
糖質 (%)	26.5	26.5	0.659

(2) テンサイ

2009年の1作目では、初期生育がやや良好となった(表1-20)。テンサイの生育は酸性条件下で抑制されることから、土壌pHの影響によるものと考えられた(表1-16)。また、C/N比20以下の緑肥をすき込んだ場合、後作のテンサイは茎葉部の生育は良好だが、根部への効果は小さいとされており(今野 1991)、本試験でも地上部の生育は勝ったものの根重に対する効果は認められなかった(表1-21)。また、糖分蓄積が始まる8月以降の窒素吸収は糖分低下を招き、製糖上の有害成分となるカリ

表1-20 テンサイ生育状況

輪作	調査日	調査項目	単年	対照	P値
1年目	2009/8/29	草丈 (cm)	49.9	47.1	***
	2009/8/29	葉数 (枚/株)	24.4	22.0	***
	2009/9/2	葉色 (SPAD値)	34.7	36.5	0.039*
	2009/10/17	草丈 (cm)	49.6	47.3	0.011*
	2009/10/22	葉数 (枚/株)	26.8	26.4	0.672
2年目	2010/7/9	草丈 (cm)	54.4	52.2	***
	2010/7/9	葉数 (枚/株)	16.5	15.5	0.006**
	2010/7/17	葉色 (SPAD値)	39.5	38.5	0.004**
	2010/8/31	草丈 (cm)	56.0	52.6	0.610
	2010/8/31	葉数 (枚/株)	20.8	20.2	***
	2010/8/28	葉色 (SPAD値)	37.0	36.8	0.316
	2010/10/21	草丈 (cm)	29.9	39.9	***
	2010/10/21	葉数 (枚/株)	14.4	17.4	***

*** P<0.001

ウム吸収率が高まることが報告されており（但野 1967）、2009年のカリウム含量が有意に多くなっていることから判断すると、夏以降の窒素吸収量の増加が影響して根中糖分が低下したと考えられた。

2010年の2作目でも生育状況は良好だった。テンサイの要求量が高い土壤中の窒素とカリウム含量は5月において両区とも同等であったことから（表1-16）、生育については土壤物理性の効果が影響したと考えられた（図1-8、図1-9）。しかし、最終的に根中糖分が減少し、根中カリウムとアミノ態窒素が増加した（表1-21）。テンサイはアンモニア態窒素より硝酸態窒素を選択的に吸収するため（天野 1950、井村ら 1976）、単年区の10月の硝酸態窒素量が高い（表1-16）ことが生育後半の窒素吸収を活発にし糖分低下の原因となった可能性はあったが、9月以降に単年区で褐斑病への罹病が多発し適正な評価は難しかった。褐斑病は圃場で越冬した病原菌や保菌種子が原因で、本試験圃では過去に

表1-21 テンサイ収量

輪作	調査項目	単年	対照	P値
1年目	根重 (kg 10a ⁻¹)	7233	6583	0.318
	根周 (cm)	34	33	0.488
	根長 (mm)	134.9	131.1	0.313
	根中糖分 (%)	17.94	18.59	0.044*
	修正糖分 (%)	16.15	16.91	0.021*
	修正糖量 (kg 10a ⁻¹)	876	835	0.404
	不純物価 (%)	2.81	2.56	0.021*
	カリウム (%)	0.15	0.13	0.007**
	ナトリウム (%)	0.01	0.01	0.904
	アミノ態窒素 (%)	0.01	0.01	0.714
	2年目	根重 (kg 10a ⁻¹)	5965	6427
根周 (cm)		36	37	0.333
根長 (mm)		16.5	17.6	0.007**
根中糖分 (%)		15.00	15.80	0.018*
修正糖分 (%)		12.95	13.91	0.009**
修正糖量 (kg 10a ⁻¹)		773	896	0.037*
不純物価 (%)		5.78	4.79	**
カリウム (%)		0.14	0.13	**
ナトリウム (%)		0.01	0.01	1.000
アミノ態窒素 (%)		0.05	0.04	0.002**

* P<0.05, ** P<0.01, *** P<0.001

修正糖分=根中糖分-(糖蜜糖分+0.6)

修正糖量=根重×修正糖分

テンサイの栽培履歴が無い場合、本件は保菌種子によって発病し、防除の遅れが罹病を促進させたと考えられた。従って、発病はイアコーン収穫残さの影響ではないと判断された。

(3) 春まき小麦

対照区は窒素量を減らしても生育は安定したが、単年区では、出穂期以降に窒素減肥による稈長、茎数の減少がみられた（表1-22）。一方、穂長と葉色への影響は施肥量に順じていないことから、窒素減肥は主として植物個体を形成する段階に強く影響したと考えられた。収穫時の総重量、子実重量は両

表1-22 小麦生育状況 (2011年)

調査項目	単年			対照		
	標準	減肥1	減肥2	標準	減肥1	減肥2
6/15 草丈(cm)	50.8 ^a	47.7 ^b	47.0 ^b	48.1 ^a	47.6 ^a	48.2 ^a
6/30 出穂割合(%)	95.0 ^a	92.5 ^a	92.5 ^a	86.3 ^a	81.3 ^a	93.8 ^a
6/30 茎数(本/m ²)	243.0 ^a	204.2 ^b	202.8 ^b	257.2 ^a	267.0 ^a	264.8 ^a
6/30 葉色(SPAD)	36.8 ^a	36.4 ^a	36.5 ^a	36.9 ^a	36.8 ^a	36.2 ^a
7/7 稈長(cm)	75.5 ^a	72.4 ^b	70.8 ^c	73.1 ^a	72.2 ^a	72.1 ^a
7/7 穂長(cm)	8.6 ^a	8.5 ^a	8.4 ^b	8.8 ^a	8.8 ^a	8.7 ^a
7/7 葉色(SPAD)	35.0 ^a	34.4 ^a	34.7 ^a	35.9 ^a	35.4 ^a	35.3 ^a
7/19 葉色(SPAD)	35.3 ^a	34.7 ^a	34.9 ^a	34.9 ^a	35.3 ^a	34.9 ^a
7/28 穂数(本/m ²)	270.5 ^a	234.5 ^b	236.6 ^b	273.3 ^a	270.8 ^a	265.0 ^a
7/28 葉色(SPAD)	19.2 ^a	19.2 ^a	18.6 ^a	19.4 ^a	19.4 ^a	19.2 ^a
8/4 葉色(SPAD)	9.1 ^a	9.5 ^a	9.2 ^a	9.8 ^a	9.4 ^a	9.1 ^a

表1-23 小麦収量 (2011年)

調査項目	単年			対照		
	標準	減肥1	減肥2	標準	減肥1	減肥2
総重 (kg/10a)	243.0 ^a	204.2 ^b	202.8 ^b	257.2 ^a	267.0 ^a	264.8 ^a
子実重 (kg/10a)	207.1 ^a	178.4 ^a	169.6 ^a	240.3 ^a	230.2 ^{ab}	202.5 ^b
子実重歩合 (%)	37.0 ^a	36.3 ^a	36.3 ^a	38.3 ^a	38.5 ^a	36.9 ^a
屑粒重 (kg/10a)	7.3 ^a	8.0 ^a	5.3 ^a	6.9 ^a	6.5 ^a	8.1 ^a
1000粒重 (g)	39.1 ^a	38.1 ^a	38.2 ^a	38.1 ^a	38.2 ^a	38.3 ^a
容積重 (g/l)	859.6 ^a	860.1 ^a	863.8 ^a	861.2 ^a	865.5 ^a	863.6 ^a
子実タンパク (%)	13.0 ^a	13.1 ^a	13.2 ^a	12.7 ^a	12.5 ^a	12.4 ^a
子実水分 (%)	13.4 ^a	13.3 ^a	13.3 ^a	13.3 ^a	13.4 ^a	13.4 ^a
稈N (%)	3.5 ^a	3.6 ^a	3.5 ^a	3.5 ^a	3.5 ^a	3.5 ^a

区で窒素減肥とともに減少したが、子実タンパク含量には差がみられず、個体および子実の量的形質に影響した (表1-23)。

土壌中の無機態窒素量は、両区ともに春まき小麦の栄養成長期である6、7月に低下する傾向がみられた。このことから、イアコーン収穫残さ由来の炭素分解のために、一時的に窒素が微生物に取り込まれる、いわゆる窒素飢餓がこの時期に発生し、植物が栄養不足になりやすい条件にあったことが推測された (図1-10)。

(4) 小括

以上の結果から、イアコーン残さをすき込んだ圃場では、6～7月において窒素飢餓が懸念されるため、特に初期生育に必要な窒素量を増肥または追肥によって補う必要があることが明らかになった。しかしテンサイのように、8月以降の窒素吸収が糖分低下を招く場合もあるため、作物別の施肥設計が必要である。

エ 今後の課題

イアコーン収穫残さが窒素供給源となる可能性は低かった。その一方で、有効態リン酸量の高い原因が明らかでなく検討が必要である。また、ダイズと春まき小麦のように、生育初期の窒素要求量が高い作物は、窒素飢餓を回避する施肥方法の開発が残された課題である。

オ 要約

本研究は、耕畜連携による濃厚飼料の生産に向けて、畑作圃場におけるイアコーン収穫残さの利用法を、イアコーン収穫残さのすき込み圃場の土壌理化学性の変化と後作物への影響から検討した。イアコ

ーン収穫残さのすき込みは、保水性の向上や土壌硬度を低下させ物理性を改善する効果が認められた。一方で、植物の生育初期には、一時的な窒素飢餓状態の発生が推測された。しかしながら、標準施肥量で栽培すると、収量は対照区と差が認められなかった。植物の生育初期には土壌物理性の改善効果が認められることから、作物に適当な施肥方法を検討することで、イアコーン利用向け飼料用トウモロコシを畑輪作作物として栽培することは可能である。

カ 参考文献

- 天野文助 (1950) 甜菜の窒素養分吸収利用状態に関する研究. 北海道甜菜糖業振興会. 時報1: 2-24
- 井村悦夫・増田昭芳 (1976) てん菜の栄養に関する研究. 第2報. 窒素源としてのアンモニア態窒素と硝酸態窒素の割合と収量・品質との関係. てん菜研究会報. 17: 179-185
- 国分牧衛・野村信史 (2002) 作物学辞典. 日本作物学会編. 朝倉書店. 370-377: 445-450
- 今野一男・菊池晃二・宮脇忠 (1991) 麦類跡地における緑肥導入がてん菜の生育数量に及ぼす影響. 北農. 58 (3): 294-300
- 杉戸智子・吉田光二・新田恒雄 (2001) 各有機物の施用に伴う土壌中の形態別リンの変化. 土肥誌. 72 (2): 195-205
- 砂田喜代志 (1986) 北海道の豆作技術大豆編. 農業技術普及協会. 72: 81
- 但野利秋・赤城仰哉・秋山喜三郎・宮脇忠 (1967) 甜菜の生育・収量及び糖合成に及ぼす窒素及び加里施用の効果 (10.肥料および施肥法). 土肥学会講演要旨集. 13: 118
- (根本英子・筒木 潔・横田 聡)

第2章 イアコーンサイレージの大規模収穫調製技術の確立

1. イアコーンサイレージの効率的収穫調製作業の体系化

ア 研究目的

輸入穀物価格は国際情勢に左右され、将来的な安定供給に対する不安要素は増加傾向にあることから、畜産における飼料自給率の向上は緊急の課題である。飼料用トウモロコシの雌穂のみを利用するイアコーンサイレージ（以下、ECS）は品質が良く濃厚飼料としての利用が期待できることから、国産濃厚飼料の安定供給技術の一部となる収穫から調製までの機械化体系を構築するため、雌穂収穫用アタッチメントであるコーンヘッダ（以下、スナッパヘッド）と細断型ロールベアラ（以下、細断型ベアラ）を利用した収穫調製機械体系についての作業精度と作業条件を明らかにして提示する。

イ 研究方法

1) 作業体系の構築

作業体系は、スナッパヘッド（John Deere社製606C）を装備した破碎装置付自走式フォレージハーベスタ（John Deere社製JD7400）で収穫と同時に細断・破碎したイアコーンを伴走ダンプトラックで受け、細断型ベアラ（IHIスター社製TSW2000）を設置した場所まで運搬した。収穫したECS材料をコンクリート床へ一時堆積し、その横に設置した細断型ベアラにはホイールローダにより材料を投入し、成形され放出されたロールベールサイレージはベールグラブを使って移動した。ロールベールサイレージは巻き数3回6層で成形密封した。

（独）家畜改良センター十勝牧場（音更町）圃場にて収穫調製試験を行い作業時間を計測し作業能率を算出した。試験区は長辺長560mを2往復する1.0haを1区画とし、区画内のすべてのトウモロコシを収穫してダンプトラックが調製場所への移動を開始するまでを収穫時間とした。調製作業時間は、イアコーン材料を積んだ最初のダンプトラックが荷卸しを開始した時から、最後のラップサイロが放出されるまでとした。圃場作業量は、1区画面積を全作業時間で除して算出した。なお、本試験では、ベールグラブの作業時間と、収穫したイアコーンを圃

場から調製場所まで運搬するダンプトラックの時間は含めていない。

2) 損失率の低減

雌穂収穫時の損失率は、雌穂を収穫し、損失量として子実、穂芯の重量を計測した。収穫条件はハーベスタの設定切断長5mm、破碎装置のロール間隙2mmとした。

調製時の損失率を求めるため、ラップサイロ重量、ホッパ内の残重量と床面にこぼれた材料重量を計測し、イアコーン収穫量から損失率を推定した（2009年）。この時、ホッパ投入時にホイールローダから風などでこぼれた材料は含まなかった。また、ECS調製時の風乾物率（ADM）と切断長の条件を検討するため、ラップサイロ1個重に対する損失量を測定した（2010年）。切断長5、10、16、19mmとした。2011年はネット結束時に材料の供給を続ける設定に変更し調製時損失率の低減を図ったので、この時の損失率を計測した。

3) 収穫条件と飼料成分

収穫条件の違いによる茎葉混入率を明らかにするため、平均刈高を通常（地面から約20cm）と高刈り（地面から約45cm）と収穫機の速度を4km/hと6km/hとして収穫したECS材料の中性デタージェント繊維（NDF）とでんぷん含量を分析した。供試品種はRM75日、82日の2品種とした。

4) 収穫残さの処理

イアコーン収穫残渣をすき込んだ圃場で翌年にテンサイとダイズを機械播種し、作業性と播種精度を調査した。2010年は、収穫残さ処理は普通耕起（ディスクハロー→プラウ→ロータリーハロー）と、簡易耕起2処理（①ディスクハロー→ロータリーハロー、②ロータリーハロー→ロータリーハロー）で行い、2011年は普通耕起と簡易耕起①で行った。播種機（T社製、畝幅66cm、4条）を使用した。

5) 実証農家での作業能率

実証農家圃場での作業能率を計測した。対象農家は網走管内津別町5戸と十勝管内士幌町1戸とした。

また、細断型ペーラ（T社製MW1210）がハーベスタに伴走しながら調製した時の作業能率を計測し、定置式で調製した時との作業性を比較した。この時の作業時間は自走式ハーベスタが作業を開始してから、細断型ペーラが最後のラップサイロを放出するまでとし、放出されたラップサイロは圃場に放置したままとして、ラップサイロを回収する作業時間は含まなかった。

ウ 結果および考察

1) 作業体系の構築

作業体系を図2-1に示した。収穫の作業能率は、降雨で圃場条件の悪い時は圃場作業量1.5ha/hだったが、条件がよければ2.1ha/hで作業ができた。ECS調製の圃場作業量は1.1ha/hであった。

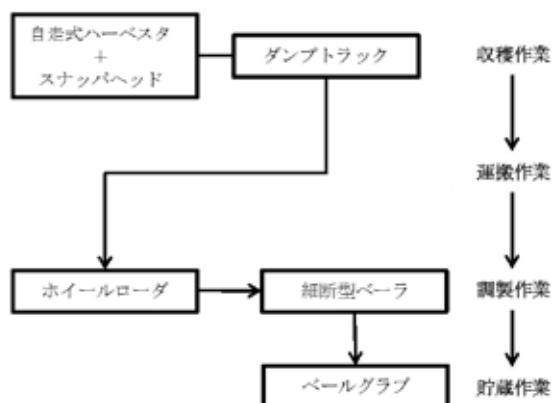


図2-1 ECS収穫調製作業体系



写真2-1 ECS収穫調製作業体系

2) 損失率の低減

収穫時のヘッドロス率は1年目が1.3%だった。これはフィードローラ下に間隙がある事が原因だったことから、この間隙を専用のカバーで覆ったところ

翌年のヘッドロスは0.4%へ低減した。

2009年はイアコーン収量に対する調製時損失率は4.3%だった。このため、2010年には、成形されたロールベールが密封部へ搬送される際の衝撃を緩和するため、搬送部から密封部への段差を軽減した結果、損失率は2.7%に軽減した。この時、切断長10mm以上で有意に損失量が低減したが、切断長5mmと10mmの時にはADMとの相関はみられなかった。一方、16mmと19mmでは中程度の有意な相関が認められ、ADMが高くなるほど損失率が高くなった（表2-1、図2-2）。これらの結果から、供試機では切断長10mm以上とすることで調製時の損失を軽減できることが示唆された。また2011年には、ネット結束時に材料の供給を続ける設定に変更し、ラップサイロ重に対して0.6%まで損失率を低減することができた。

表2-1 切断長と調製時損失率

切断長	含水率-損失率 相関係数	損失率平均
5mm	0.275	2.63 ^a
10mm	-0.035	1.68 ^b
16mm	0.437 [*]	1.15 ^b
19mm	0.637 [*]	1.34 ^b

* 5%水準で有意な相関あり（ピアソンの相関係数）。同列の異なる文字間に0.1%水準で有意差あり。

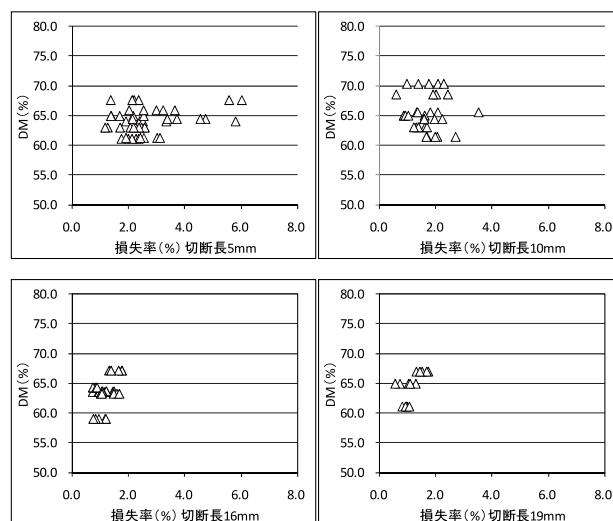


図2-2 切断長、乾物率と梱包密封時損失率

3) 収穫条件と飼料成分

収穫条件の異なるECS材料のどんぶりん含量は35.1

表2-2 各収穫条件におけるでんぷん含量とNDF含量

品種	39B29					39M48			
	速度 (km/h)	4		6		4		6	
	刈高	低	高	低	高	低	高	低	高
でんぷん (%)		48.0±6.8	46.8±6.9	52.7±7.9	51.1±3.6	41.0±3.1	57.6±8.2	47.9±4.7	55.7±10.6
NDF (%)		40.4±4.3	33.4±4.0	35.0±4.8	36.1±4.5	34.7±1.9	30.1±4.6	30.0±2.6	28.1±2.8

NDF:中性デタージェント繊維. 刈高は低は地面より約20cm, 高は約45cm. 平均値±標準偏差値を示した.

～68.8%で平均50.0%だった。NDF含量は24.1～47.7%の範囲にあり平均34.2%だった。ECS原料のでんぷん含量とNDF含量との間には有意な負の相関が認められた。収穫条件では、収穫速度による差は認められなかったが、39M48では、高刈りによってでんぷん含量が高くなる傾向が認められた一方で、39B29では刈取り高さによる差もみられなかった(表2-2)。

4) 収穫残さの処理

2010年には、簡易耕起②区では種子導管と鎮圧輪の間に収穫残さが徐々に堆積する様子が観察された。本試験では施工面積が小さかったので、播種機の作業速度に差はみられなかったが、大面積では不耕起播種機の利用などの検討が必要である。テンサイは2年間を通して、残さ処理法の違いによる発芽率の差は認められなかった。大豆は2010年は普通耕起の発芽率が劣ったが、2011年には残さ処理の違いによる差はみられなかったことから、簡易耕起による省力的な残さ処理法の可能性が示唆された。

5) 実証農家での作業能率

津別町実証農家と士幌町実証農家のECS調製作業能率は0.9～1.6ha/hで、十勝牧場での作業能率



写真2-2 伴走式の収穫調製作業

1.1ha/hと大きな違いはなかった。このことから、提示した体系は実用的であると判断された。

細断型ベアラが自走式ハーベスタに伴走する作業では収穫物を運搬するダンプトラックと、収穫物を細断型ベアラに投入するホイールローダを含まないため、投下労働量2.3人時/haとなった。これは定置式の3.5人時/haと比べて省力的であったが、組み作業であるため待機時間が発生するので作業効率は低くなった。また傾斜地や圃場の形状によっては作業が難しく、損失率が高まる可能性が示唆された。一方で、ラップサイロの回収は収穫のように作業適期を気にすることがないため、作業者の精神的な負担軽減が期待できる。

工 今後の課題

収穫したイアコーンを細断型ベアラで成形密封することができたが、本試験では国内で使用されているうちの1つの機種を使用している。国内では主として3から4機種が使用されていることから、他機種での適用について検討する必要がある。さらに、細断型ベアラを自走式ハーベスタに伴走させ、調製作業も圃場内で行う体系については1ヵ年のみの試験であるため、損失率等について検討が必要である。イアコーン収穫残さの簡易耕起による省力的な処理の可能性は実用規模面積での試験により検証することが必要である。

オ 要約

提示したECS収穫作業体系は実証農家圃場においても同等の作業能率であることから、実用的な技術であることを確認した。収穫時のスナッパヘッドの収穫時損失率は0.4%、細断型ベアラの調製時損失率は最終的に0.6%であった。またイアコーン収穫残さのすき込みは簡易耕起でも後作物のテンサイとダイズの播種作業精度に影響を及ぼさなかった。

カ 参考文献

- 増田隆晴・平久保友美・川畑茂樹（2005）細断型ロールベアラを用いた飼料用トウモロコシの省力的収穫調製技術. 岩手県農業研究センター研究報告. 5 : 63-73
- 名久井忠・岩崎薫・八幡林芳（1974）とうもろこしグレーンサイレージの調製と利用. 収穫・調製機械のちがいによる品質, 飼料成分, 栄養価への影響. 畜産技術. 234 : 1-7
- 西部潤・加藤賢一（1977）とうもろこし穀穂サイレージの生産と利用. 北海道十勝地方の実施例. 畜産の研究. 31 (9) : 1109-1114
- 志藤博克・高橋仁康・山名伸樹・澁谷幸憲・奥村政信・正田幹彦・福森宏一・上村雄二・只野克紀・玉森幸雄・高田雅透・福森功（2005）青刈りトウモロコシの省力化収穫調製技術の開発（第3報）. 試作2号機の開発と実用化試験. 農機誌. 67 (3) : 106-113

（根本 英子）

2. 流通向けイアコーンサイレージの安定調製貯蔵技術の開発

ア 研究目的

飼料用トウモロコシの雌穂（イアコーン）を自走式ハーベスタで効率良く収穫出来ることは確認されたが、収穫直後のイアコーンは水分含量が高く、そのままでは保存することができない。低コストでの保存法としてはサイレージとして調製貯蔵する方法が考えられ、海外ではバンカーサイロやスタックサイロでの貯蔵が一般的とされている。一方、本研究では、畑作農家がイアコーン向けの飼料用トウモロコシを栽培し、コントラクターが収穫調製作業を請負って生産されたECSが流通されて畜産農家が利用する生産体系を構築することを目的としている。前項では、イアコーンは流通が可能なロールベアラサイレージとして細断型ベアラを用いて調製できることを示した。一方で、調製時の損失率をホールクロップサイレージ並の2%以下にすることが、低コスト化に向けて必須である。また、ECSの生産コストを低減するためには、最も収量の高い時期に収穫調製を行う必要がある。そこで、本研究では、調製時の損失率低減に向け、既存の細断型ベアラを試作・改良する。また、流通化に向け、細断型ベアラで調製

したECSの保存性について検討し、安定貯蔵技術を開発するとともに、収量性を含めたECSの収穫適期を明らかにする。

イ 研究方法

- 1) 細断型ベアラ改良における調製損失率の低減
2009年は成形室からこぼれる材料の回収率向上を図るため、回収部アシストコンベヤを設けた（図2-3）。さらに、2010年は、成形されたロールベアラが密封部へ搬送される時の衝撃を緩和するため、搬送部から密封部への段差を低減した（図2-4）。2011年には、ロールベアラにネットを結束する時も材料の供給を続ける設定にプログラムを変更し、損失率を調査した。

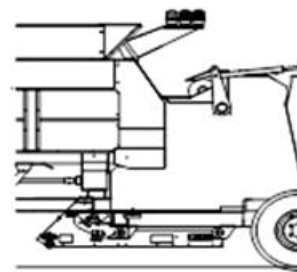


図2-3 回収部アシストコンベヤ

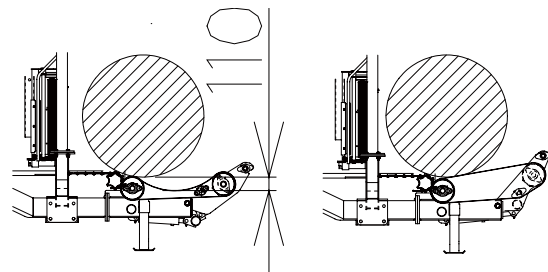


図2-4 密封部の改良前（左）と改良後（右）

- 2) 細断型ベアラで梱包したロールベアラサイレージの発酵品質と保存性の検討
(1) サイレージの収穫・調製

試験は十勝牧場で2009年10月8日の黄熟期と10月22日の完熟期（供試品種：39B29（RM75））に、前項と同じ機械作業体系でECSのロールベアラサイレージを調製した。収穫直前に、坪刈りを行い、茎葉と雌穂（子実、芯、穂皮）の部位ごとに分け、成分組成を分析した。ロールベアラサイレージは、調製後、札幌市の北海道農業研究センターに移動し、コンクリートたたきの上で約1年間保存して、6ヶ月後と11ヶ月後に開封し、飼料成分、発酵品質を調査した。消化率および栄養価は約8ヶ月間貯蔵し

たサイレージを試験に供し、査定した。2010年には十勝牧場で栽培した飼料用トウモロコシ3品種（RM75～90日型品種：39B29、39M48、39T45）圃場（12ha）を、ECSの収穫調製試験に供した。収穫は2010年9月30日、10月8日、10月14日に実施した。ECSの収穫調製作業は、いずれの収穫日も1）と同様な体系で行った。ECSの生産量は、単位面積あたりのロールベールサイレージ重量の総和から算出した。

（2）サイレージの飼料成分組成と発酵品質

一般成分組成は常法（堀井 1978）で、中性デタージェント繊維（NDF）、酸性デタージェント繊維（ADF）および酸性デタージェントリグニン（ADL）、単少糖類およびでんぷんは阿部（1988）の方法で定量した。サイレージの発酵品質は、新鮮物の水抽出液を分析試料として、pHはガラス電極pHメーター、揮発性脂肪酸（VFA）はガスクロマトグラフィー、乳酸およびエタノールは液体クロマトグラフィー、揮発性塩基態窒素（VBN）は水蒸気蒸留法でそれぞれ測定した。開封後の好気的変敗は、開封後の品温の経時変化から評価した。すなわち、開封したサイレージを発泡スチロール（5ℓ容）の容器に約5kg詰め込み、開放状態で25℃の恒温器内に放置し、熱電対を用いてサイレージ品温を0.5時間毎に開封後2週間後まで測定した。

（3）サイレージの消化率および栄養価の査定

完熟期と黄熟中後期収穫のECSを試験に供し、コリデル種去勢雄ヒツジ各4頭（平均体重68±7kg）を無作為に割り当て、一元配置法による消化試験から成分消化率およびTDN含量を査定した。消化試験は予備期9日間、本期5日間の全糞採集法で行った。基礎飼料を牧草サイレージあるいはオーチャードグラス乾草として、ECSと5：5の割合で混合し、給与量は1日当たり体重の1.8%（DM）を目途とした。

ウ 結果および考察

1）細断型ベアラ改良における調製損失率

細断型ベアラの改良と損失率および風乾物率を図2-5に示した。2008年の調製時損失率は5.2%であったが、2009年は4.3%に低減した。これはアシストコンベヤの効果だと考えられるが、一方で、ロ

ールベール側面からの材料脱落が観察され、側面から脱落防止の対策が必要と判断された。2008年と2009年のデータと2010年以降のデータでは、損失率の測定算出方法が異なるため、直接的な比較はできないものの、2010年での損失率は2.7%となり密封部段差を緩和した効果と考えられた。さらに、2011年度の収穫試験時には、ベアラのネット結束時のプログラム設定を変更したことにより、損失率は1%未満と大きく低減することを確認した。以上の結果から、細断型ベアラで飼料粒度の細かいECS調製時にはホールクroppサイレージと異なる機械設定を行うことが必要であることが示唆された。

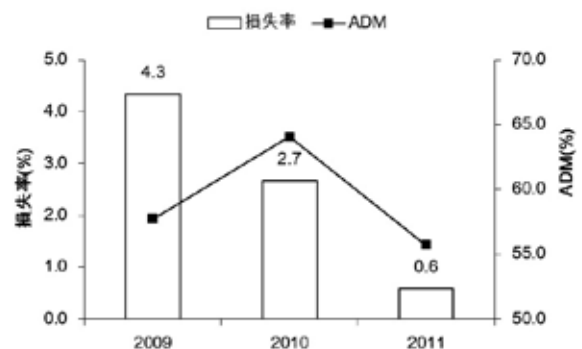


図2-5 細断型ベアラの改良と損失率、風乾物（ADM）率

2）細断型ベアラで梱包したロールベールサイレージの発酵品質と保存性

（1）収穫時期が成分および栄養価に及ぼす影響

表2-3に収穫試験に供した飼料用トウモロコシの収穫時期別、部位別の飼料成分を示した。完熟期になると、茎葉、子実、穂皮では乾物率が上昇するのに対して、芯では乾物率が上昇しなかった。完熟期には子実のでんぷん含量が約5%上昇する一方、茎のでんぷん含量が低下した。表2-4に収穫時期の異なるECSの飼料成分を示した。ECSの水分は、黄熟中後期刈で45.6%、その2週間後の完熟期に収穫したサイレージは乾物率が10ポイント以上高かった。一方で、繊維成分およびCP含量には熟期による大きな違いは認められなかった。

表2-5に収穫期別ECSの成分消化率と栄養価を示した。TDN含量は黄熟後期に収穫したサイレージが完熟期収穫のサイレージよりも乾草併給時には、3.2ポイント、牧草サイレージ併給時に1.3ポイ

ント高い傾向を示したが、有意差は認められなかった。また、併給飼料として乾草を併給した場合が牧草サイレージを併給した場合よりも高い傾向であった。このように、完熟期収穫のサイレージが黄熟後期収穫のサイレージよりも消化性の低かった理由としては、原材料に約2～3割含まれる芯あるいは穂皮や茎葉の消化性が生育に伴い低下したためと考えられた。一方で、ヒツジの個体差が大きかったことから収穫期別のTDN含量に有意差は認められなかった。

(2) 発酵品質、開封後の好気的変敗および保存性への影響

各収穫時期別のECSのpH、VBN/TN、有機酸含量、エタノール含量およびVスコアを表2-6に示した。黄熟後期に収穫したサイレージは完熟期収穫のサイレージに比べ、pHが0.3ポイント低く、乳酸、酢酸含量が高い特徴があったものの、何れの収穫時

期に調製したECSも、発酵品質は良好であった。長期貯蔵すると有機酸やエタノール含量が増加した。また、貯蔵期間が長くなると、VBN/TNが増加し、プロピオン酸やイソ酪酸が検出されたものの、Vスコアは80点以上で良好な発酵品質のサイレージであった。表2-7には、11ヶ月後に開封したロールペール内部の部位別の飼料成分、pH、VBN/TNと有機酸組成を示した。黄熟後期収穫のサイレージでは、下部の乾物率が上部よりも9.4ポイント低く、CP含量が高く、NDF含量が低かった。また、下部は上部に比べ、pHが低く、乳酸含量が高かった。一方、完熟期収穫のサイレージでは、飼料成分、発酵品質ともに、部位による大きな違いは認められなかった。

開封後のサイレージの品温変化を図2-6に示した。サイレージの品温上昇は、何れの収穫期のサイレージも同様な時期に起こったものの、その後の発酵程度は黄熟後期収穫のサイレージが完熟期収穫のサイレージに比べ大きかった。

表2-3 収穫時期が飼料用トウモロコシの部位別飼料成分に及ぼす影響

成分組成	茎		葉		子実		芯		穂皮	
	黄熟	完熟	黄熟	完熟	黄熟	完熟	黄熟	完熟	黄熟	完熟
乾物 (%)	17.8	25.3	23.8	84.5	59.2	63.5	41.7	38.6	32.9	43.9
粗タンパク質 (%DM)	3.5	3.1	10	9	8.7	8.1	2.6	2.5	3.7	3.6
粗脂肪 (%DM)	0.4	1.2	2.9	1.8	7.7	6.5	1.3	0.7	0.6	1.6
NDF (%DM)	68.1	80.1	59.2	71.6	9.5	8.7	81.4	83.5	81.1	83.7
ADF (%DM)	48.5	55	36.2	39.3	6.5	5.2	42.5	44.5	43.2	43.1
ADL (%DM)	8.6	9.8	4.3	4.5	0.4	0.4	6.7	7.7	4.1	4.2
でんぷん (%DM)	4.9	0.4	0	1.2	66.8	71.2	1.7	2.1	1.6	1.8

1) 収穫時期：黄熟期：2009年10月8日、完熟期：2009年10月22日

2) 品種：39B29 (RM75日)

表2-4 収穫時期別イアコーンサイレージの飼料成分

熟期	黄熟後期 (10/8)		完熟期 (10/22)	
	原料	サイレージ	原料	サイレージ
成分組成				
乾物 (%DM)	45.9	45.6	56.7	57.7
粗タンパク質(%DM)	7.3	7.5	7.1	7.6
粗脂肪 (%DM)	4.8	5.6	4.2	5.0
NDF (%DM)	29.0	27.7	32.6	28.6
ADF (%DM)	15.2	14.8	17.9	13.5
ADL (%DM)	2.5	2.2	2.6	2.0
でんぷん (%DM)	47.0	47.2	48.0	49.8

表2-5 収穫時期別イアコーンサイレーズの成分消化率と栄養価

供給粗飼料	黄熟期		完熟期	
	乾草	牧草サイレーズ	乾草	牧草サイレーズ
乾物	82.8	71.3	76.1	69.5
有機物	82.4	73.5	77.7	71.6
CP	55.4	50.1	61.2	54.1
NDF	63.0	43.9	53.3	39.3
ADF	62.0	41.0	50.3	39.5
セルロース	65.5	44.1	54.7	43.7
EE	77.5	81.1	69.7	88.0
TDN	81.1	77.5	77.9	76.2

1)去勢ヒツジ(1試験区あたり4頭を配置)を供した全糞採取法

2)飼料の混合比は粗飼料:ECSは1:1

表2-6 収穫時期別イアコーンサイレーズの発酵品質

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
アミノ酸	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2-7 長期保存したロール内部位による飼料成分および発酵品質の変動

収穫時期 ロール部位	黄熟後期			完熟期		
	上	中	下	上	中	下
飼料成分						
DM (%)	49.4	47.3	40.0	57.2	57.8	57.9
OM (%DM)	97.7	97.6	97.3	97.7	97.6	97.7
CP (%DM)	7.2	7.2	8.3	8.1	7.9	7.6
NDF (%DM)	30.2	26.0	23.5	29.3	26.9	25.6
発酵品質						
pH	3.85	3.82	3.73	4.01	4.00	4.03
VBN/TN (%)	6.12	6.48	7.23	5.72	5.43	6.06
乳酸 (%FM)	1.13	1.34	1.73	1.11	1.11	1.06
酢酸 (%FM)	0.52	0.31	0.54	0.35	0.25	0.34
エタノール	0.59	0.52	0.66	0.65	0.46	0.41
Vスコア	95.3	96.2	92.9	97.4	98.8	96.8

ロールベールサイレーズを室外のコンクリートたき上で約1年間保存したところ、気温が上昇した3月末から4月にかけて、貯蔵中の黄熟後期収穫のロールベールサイレーズでアライグマによるラップフィルムの破損が認められた(図2-7)。一方、完熟期収穫のサイレーズはアライグマによる被害は

認められなかった。以上の結果を総合すると、完熟期収穫のECSは黄熟後期収穫のサイレーズに比べ、保存性が高いことが示唆された。

3) 収穫時期と品種の早晚性がイアコーンサイレー

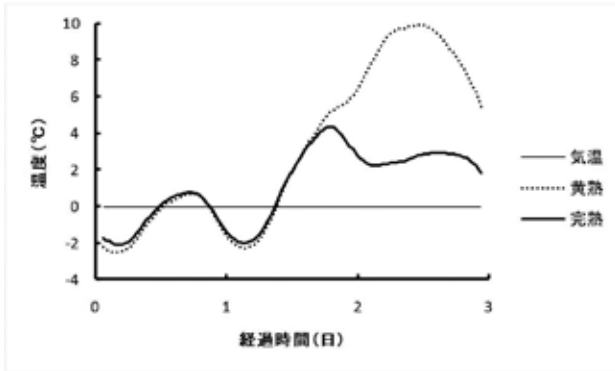


図2-6 収穫時期別サイレージの開封後の品温変化

ジの収量性に及ぼす影響

表2-8には、2008年～2010年度に行った収穫調製試験における坪刈りの収量調査結果と実測したECS生産量を示した。ECS生産量は品種および収穫日によって大きく影響され、RM75日型の品種では746kg～884kgであった。これに対して、相対熟度の遅い品種では、844kg～1041kgと高かった。坪刈り収量に対するロールベール収量は平均で約80%であった。坪刈り収量に対するロールベール収量の割合（表では、製品収率とした）は64.9%～88.3%の範囲にあり、平均すると約80%であった。製品収率の変動要因としては、坪刈り時のサンプリング誤差や機械による収穫梱包ロスおよび圃場の欠株率等の他、ハーベスタからダンプへ投入する際の吹き上げロスの影響も考えられた。ECS収量は各品種とも、乾物率が最も高い時期に高かった。極早生品種である39B29（RM75日）では、乾物率、収量ともに10月6日に収穫した場合が最も高かったことは、イアコンサイレージの収穫適期は黄熟後期から1、2週間後の完熟期であるものの、この時期を過ぎるとイアドロップ等により収量性が低下することを示唆している。

以上の結果や保存性、作業性を考慮すれば、ECS



図2-7 アライグマによるラップフィルム破損被害の収穫適期は黄熟後期から1、2週間後の完熟期と判断された。

エ 今後の課題

ホールクロープに比べ、乾物率が高く、粒度の細かいイアコンでも細断型ベアラで梱包でき、またラップフィルムの破損がなければ1年間、良質なサイレージとして保存できることが本試験より明らかになった。一方で、梱包時の損失率は材料中の茎葉の混入割合にも影響を受けることが予想されることから、今後、自走式ハーベスタの走行速度や刈取高等の収穫条件が損失率や飼料品質に及ぼす影響を明らかにする必要があると考えられた。

オ 要約

既存の細断型ベアラを改良することによって、損失率低減が可能なことを確認し、梱包調製されたロールベールサイレージは、半年から1年間は安定的に良好な品質のまま保存できることが明らかになった。ECSの栄養価には、収穫時期による影響は認められず、TDN含量は76%～81%程度であった。一方、開封後の変敗程度や獣害被害の観点から見ると、黄熟後期収穫よりも完熟期収穫の保存性が高く、また、収穫機械の作業競合や収量性を含め総合的に考

表2-8 トウモロコシ雌穂収量とイアコンサイレージ生産量

年度	2008		2009			2010						
	ばびりか		39B29			39B29		39M48		39T45		
収穫日	10月14日	10月8日	10月22日	9月29日	10月6日	10月13日	9月30日	10月6日	10月13日	9月30日	10月6日	10月13日
乾物 (DM%)	52.5	45.9	56.7	57.4	64.2	63.7	59.1	61.2	60.6	54.6	58.2	59.5
坪刈り収量 (kgDM/10a)												
ホールクロープ	1237	1395	1712	1532	1610	1572	1807	1883	2032	1710	2299	1878
雌穂 (a)	973	848	1052	992	1048	1041	1122	1178	1323	1040	1302	1166
ロールベール生産量												
原物収量(kgFM/10a)	1430	1625	1443	1380	1338	1287	1642	1674	1653	1628	1451	1602
乾物収量(kgDM/10a) (b)	751	746	818	792	884	787	971	1041	1027	888	844	932
製品収率 (%) (b/a×100)	77.2	88.0	79.8	79.8	84.3	75.6	86.6	88.3	77.6	85.4	64.9	79.9

えると、ECSの収穫適期としては、黄熟後期から1～2週間後の完熟期と判断された。

カ 参考文献

- 阿部 亮 (1988) 炭水化物を中心とした飼料分析法とその飼料栄養価評価法への応用. 畜試研究資料. 2: 16-28
- 蔡 義民 (2009) サイレージの分析法. 三訂粗飼料の品質評価ガイドブック (自給飼料品質評価研究会編), 日本草地畜産種子協会, 東京: 64-77
- 堀井 聡 (1971) 一般成分分析法. 動物栄養試験法 (森本 宏編), 養賢堂, 東京: 280-298
- 大津英子・大下友子・滑川拓朗・高田雅透・高橋俊・西浦明子 (2012) イアコーンサイレージの収穫調製作業体系の構築. 日草誌. 58: 95-101

(高田雅透・根本英子・大下友子)

3. イアコーンサイレージの品質評価基準の策定

ア 研究目的

ECSは栽培者と収穫・調製者および利用者が異なることが予想される。ECSの流通化に向けては、一定品質以上のサイレージを調製する必要がある。一方で、ECSの収穫条件（収穫場所、年次変動等）による自走式ハーベスタで収穫したECSの品質（栄養成分、発酵品質）の変動幅については明らかになっていない。そこで、本研究では、ECSの品質変動幅を明らかにするとともに、栄養成分間との関係を検討し、ECS栄養価の簡易推定の可能性を評価するとともに、品質評価基準の策定に必要な項目を明らかにする。

イ 研究方法

1) 2008年～2010年にかけて、道内3箇所（道央、上川、十勝）で2-1項と同じ機械作業体系で調製したECS20点の飼料成分組成、発酵品質および栄養価を査定した。いずれの項目についても前項と同様な方法で測定した。

2) 1) で得られたデータを基に、飼料成分間およびTDN含量と飼料成分間との関係を検討した。また、好气的変敗の指標（最高温度、最高温度到達時間および+2℃上昇までの到達時間）と飼料成分と

の関係を検討した。

ウ 結果および考察

1) ECSの飼料品質の変動幅と栄養価と飼料成分との関係

3カ年で生産されたECSの平均乾物率は59.1%であり、最高値は65.4%であった。でんぷん含量は平均56.1%であり、TDN含量は74.4%～84.4%の範囲にあり、平均79.2%であった（表2-9）。このように、変動幅はホールクロップサイレージよりは小さいものの、圧片トウモロコシに比べ大きかった。ECSは収穫時のハーベスタの走行速度や刈り高で茎葉の混入割合が異なり、これが栄養価に影響

表2-9 イアコーンサイレージ(n=20)の飼料成分と栄養価

	平均値	標準偏差	最低値	最高値
飼料成分				
乾物 (%)	59.1	4.1	50.0	65.4
有機物 (% DM)	97.9	0.4	96.3	98.3
CP (% DM)	7.9	0.5	7.1	8.7
EE (% DM)	4.5	0.4	3.9	5.0
NDF (%DM)	23.7	2.6	18.8	28.6
ADF (%DM)	12.1	1.0	10.7	13.9
ADL (%DM)	1.8	0.2	1.5	2.4
でんぷん (%DM)	56.1	3.3	49.8	64.0
成分消化率				
CP	45.2	11.1	19.3	61.5
NDF	48.2	8.9	20.4	61.0
TDN含量 (%DM)	79.2	2.9	74.4	84.4

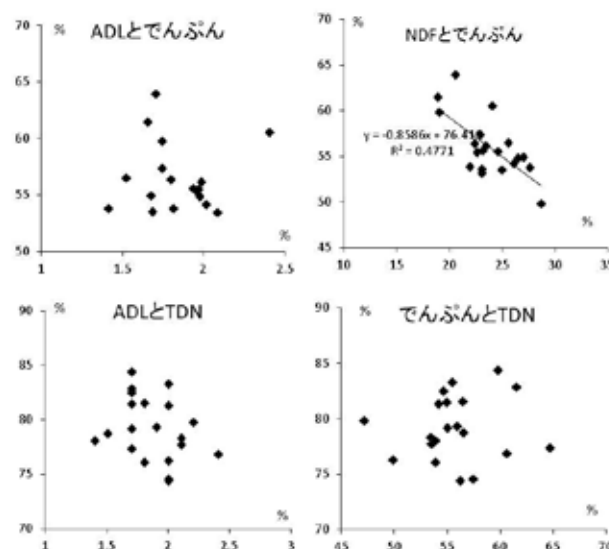


図2-7 飼料成分とTDN含量との関係

表2-10 イアコンサイレージ(n=20)の発酵品質

	平均	偏差	最小値	最高値
pH	3.95	0.11	3.77	4.13
VBN/TN (%)	4.94	1.28	2.28	6.87
有機酸含量 (新鮮物中%)				
乳酸	1.09	0.19	0.81	1.36
酢酸	0.26	0.06	0.18	0.37
プロピオン酸	0.00	0.00	0.00	0.00
イソ酪酸	0.01	0.03	0.00	0.11
エタノール (新鮮物中%)	0.41	0.12	0.24	0.60
Vスコア	98	2	92	100

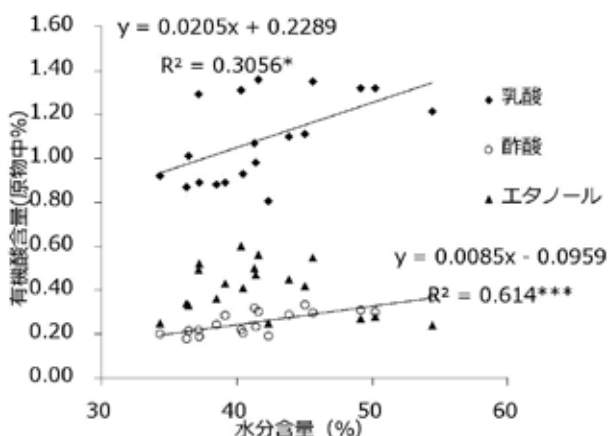


図2-8 水分含量と有機酸含量との関係

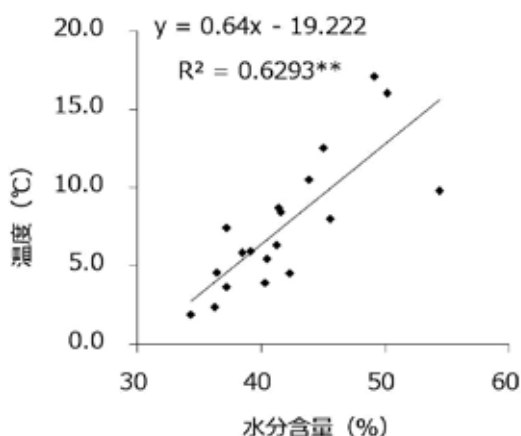


図2-9 水分含量と開封後の最高温度との関係

響を及ぼした可能性がある。一方、大部分のサンプルでTDN含量が75~85%の範囲にあったことから、ECSの栄養価は概ね80%前後と考えられた。飼料成分間の関係を見ると、ECSでは、でんぷん含量とNDF含量との間には有意な負の相関が認められた。一方、粗飼料では相関が認められるADL含量

とTDN含量との間には、有意な相関が認められなかった(図2-7)。

2) イアコンサイレージの飼料成分と発酵品質および好気的変敗との関係

ECSのpHおよび有機酸の変動幅を表2-10に示した。ECSのpHは3.8~4.1の範囲にあった。ECSはホールクロップサイレージに比べ、有機酸含量が低く、特にプロピオン酸は検出されなかった。ECSの乳酸含量と酢酸含量は、水分含量と有意な正の相関が認められ、水分が高いものほど、有機酸含量が高かった。一方、エタノール含量は新鮮物中0.24%~0.72%の範囲にあったが、水分含量との有意な相関は認められなかった(図2-8)。開封後のサイレージ品温の上昇程度(品温と気温との温度差)は、何れの品種においても水分が高いものほど大きかった。水分含量と開封後のサイレージの上昇程度の間には、 $R^2=0.63$ ($P<0.001$)の有意な相関が認められた(図2-9)。

以上の結果より、ECSのTDN含量は粗飼料のようにADL含量からの推定は困難であることが示唆された。乾物中の組成割合が最も高いでんぷん含量と次に高いNDF含量がECSの品質評価基準に盛り込むべき項目と考えられた。一方、発酵品質を化学的に判断する項目としては、pHとVスコアが妥当と考えられた。

エ 今後の課題

今回の試験では、現在、一般的に行われている飼料成分分析からECSのTDN含量を推定することは困難であった。今後、さらに例数を増やし検討する必要があると考えられた。現在、粗飼料である牧乾草、牧草サイレージやトウモロコシサイレージについては品質評価基準が提案されており、トウモロコシサイレージについては近年流通基準も策定された。いずれの基準においても、官能法と化学分析法の両者を加味した評価基準になっていることから、ECSの品質評価のためには官能的かつ化学分析に基づく客観的な基準を策定するべきと考えられた。

オ 要約

ECS品質評価基準を策定するために、過去3ヶ年に道内で生産されたECSの飼料成分組成、栄養価お

よび発酵品質の変動幅を検討した。その結果、平均乾物率は59.1%であり、最高値は65.4%であった。でんぷん含量は平均56.1%であり、TDN含量は74.4%～84.4%の範囲にあり、平均79.2%であった。ECSのTDN含量はADL含量からの推定は困難であること、水分含量は有機酸含量との間に正の相関があり、また、好気的変敗の程度にも影響することが明らかとなった。以上の結果から、品質評価基準に盛り込むべき成分項目としては、でんぷん、NDFおよび水分含量であると考えられた。

カ 参考文献

- 北海道農試草地開発部（1969）乾草品質の評価基準.
昭和43年度北海道農業試験成績会議資料.
- 高野信雄（1967）コーンサイレージの品質改善と評価法に関する研究. 北農研報. 70：1-74
- 北海道農業試験場（1989）牧草サイレージ品質判定基準（改訂版）昭和63年度北海道農業試験成績会議資料.
- （社）日本草地畜産種子協会（2011）トウモロコシサイレージの流通基準.
- 大津英子・大下友子・滑川拓朗・高田雅透・高橋俊・西浦明子（2012）イアコーンサイレージの収穫調製作業体系の構築. 日草誌. 58：95-101

（大下友子・青木康浩）

第3章 イアコーンサイレージの乳肉用牛への効率的給与技術の開発

1. イアコーンサイレージの栄養特性に基づく泌乳牛への合理的給与法の開発

ア 研究目的

イアコーンサイレージ (ECS) は日本国内での給与事例に乏しく、その栄養特性については不明な点が多い。ECSの栄養特性を明らかにすることで、舎飼や放牧で飼養される泌乳牛に対する合理的な給与法が提示でき、ECSの普及の加速につながると期待される。

ECSは、主要なデンプン質飼料として現在広く使われている圧片トウモロコシ (FC) の代替として利用することが想定される。そのためECSの消化生理機能上の特性をFCと比較して明らかにして、ECSがFCの代替として利用可能か判断する必要がある。またFCをECSによって代替した飼料メニューで泌乳牛を飼養し、飼養成績を確認する必要もある。さらにECS給与量と生乳中の香気成分といった微量成分含量などとの関係が認められれば、生産物の差別化、高付加価値化につながると期待される。

そこで本課題では、ECSの栄養特性を解明し、舎飼および放牧条件の泌乳牛に対する合理的給与法を開発するために、1) ECSの消化率、反芻胃内での分解性、反芻胃内容液の性状や菌体蛋白質合成効率といった栄養特性に関する基礎知見を得て、2) その特性に基づき設定した給与水準が適切であるか組み合わせる粗飼料源の相違を考慮した飼養試験により検証した。さらに3) ECSおよびそれを摂取した泌乳牛由来の生乳について香気に関連する微量成分含量を調べた。

イ 研究方法

1) ECSの栄養特性

(1) 第一胃内における分解性 (実験1)

音更町 (A) および清水町 (B) の圃場で栽培された飼料用トウモロコシ (品種：A = ぱびりか、B = 39B29, 相対熟度はいずれも75) の雌穂を黄熟後期～完熟期 (収穫日：A = 10月13日、B = 10月23日) に収穫しECSを調製した。7か月後に開封し、第一胃内における乾物消失率をin situ法により調べ

た。すなわち、第一胃フィステル装着牛を用いて、試料を量り採ったナイロンバッグを第一胃内に浸漬し、浸漬後72時間まで経時的に回収して試料の乾物重の変化を調べた。FCについても同時に調べて、乾物消失率の変化の特徴を比較した。

(2) 第一胃および総消化管における消化率、第一胃内性状および微生物体窒素合成効率 (実験2)

第一胃および十二指腸フィステル装着乾乳牛に、FCの0%、33%、66%および100% (乾物ベース) をECSで代替した飼料を給与した。ルーメン内および総消化管での有機物、粗蛋白質 (CP)、中性デタージェント繊維 (NDF) およびデンプンの消化率を測定するとともに、TDN含量を算出した。また給与前0.5時間から給与後20.5時間まで3時間間隔で第一胃内容液を採取し、アンモニア態窒素濃度を測定した。さらに十二指腸への窒素移行量をアンモニア態窒素、微生物由来窒素および飼料由来窒素に分類して調べ、ルーメン内の真の可消化有機物1kg当たりの微生物体窒素移行量 (g) を微生物体窒素合成効率として求めた。

2) 泌乳牛の飼養成績

(1) 舎飼条件での飼養試験 (牧草サイレージ主体) (実験3)

泌乳牛6頭 (平均3.2産次、分娩後128日、体重654kg) を供試した。牧草サイレージ (GS)、配合飼料、FCおよび大豆粕を給与する圧片区と、FCの

表3-1 各試験区における飼料構成および成分・TDN含量 (実験3)

	圧片区	混合区	ECS区
飼料構成(%)			
GS	28.7	28.8	27.9
CS	29.2	28.6	27.9
配合飼料	27.3	26.4	26.8
ECS	—	5.3	10.4
圧片トウモロコシ	8.2	4.1	—
大豆粕	7.0	6.9	6.9
成分含量(%)			
CP	14.5	14.4	14.4
NDF	38.7	39.0	38.7
デンプン	28.4	28.4	28.4
TDN含量(%)	69.6	69.1	68.8

表3-2 各試験区における飼料構成および成分・TDN含量(実験4)

	圧片区	混合区	ECS区
飼料構成(%)			
GS	28.7	28.8	27.9
CS	29.2	28.6	27.9
配合飼料	27.3	26.4	26.8
ECS	—	5.3	10.4
圧片トウモロコシ	8.2	4.1	—
大豆粕	7.0	6.9	6.9
成分含量(%)			
CP	14.5	14.4	14.4
NDF	38.7	39.0	38.7
デンプン	28.4	28.4	28.4
TDN含量(%)	69.6	69.1	68.8

半量または全量を完熟期ECSにより代替する混合区およびECS区を設けた。各区における飼料構成、成分・TDN含量を表3-1に示した。供試牛を2頭ずつ3群に分け、圧片区、混合区またはECS区に割りつける1期14日間(馴致10日間、本期4日間)の3×3ラテン方格法により試験を行い、採食量、乳量、乳成分などを調べた。また酸性デタージェントリグニン(ADL)を指示物質として各成分の消化率を求めた。

(2) 舎飼条件での飼養試験(牧草サイレージとトウモロコシサイレージの併給)(実験4)

泌乳牛6頭(平均1.7産次、分娩後129日、体重630kg)を用いて、粗飼料としてGSとトウモロコシサイレージ(CS)を併給する条件で、(1)と同様に圧片区、混合区およびECS区を設け、(1)と同じ項目について調べた。各区における飼料構成、成分・TDN含量を表3-2に示した。

(3) 放牧条件での飼養試験(実験5)

泌乳牛8頭(平均1.9産次、分娩後157日、体重604kg)を4頭ずつEC区またはFC区に割りつけた。供試牛は、搾乳時間以外は放牧地へ自由に移動できるようにし、1日輪換放牧で飼養した。放牧草の乾物摂取量を体重の2%と見込み、GSを乾物として3~8kg与え、乳量に応じてEC区およびFC区にそれぞれECSおよびFCを給与した。ECSおよびFCの最大給与量(乾物)はそれぞれ5.5および4.4kgと設定した。試験期間は2週間とし、9月上旬から2回(前期および後期)連続して反復し、前期と後期とで各群の処理を反転した。放牧草の割り当て草量(体重比%)は前期および後期でそれぞれ5.60

および5.34%であった。放牧草の採食時間、放牧草および補助飼料の摂取量を調べるとともに、前期および後期の最終日に乳量、乳脂肪率、乳蛋白質率、無脂乳固形分(SNF)率および乳中尿素態窒素(MUN)含量を調べた。また同日の朝搾乳後に頸静脈から採血して血漿中尿素態窒素(BUN)およびグルコース濃度を測定した。

3) 香氣成分

(1) ECS中の香氣成分(実験6)

ECSに由来する香氣成分を固相マイクロ抽出-ガスクロマトグラフィー/質量分析法(SPME-GC/MS)によって探索した。試料はECS、CSおよびCSとビートパルプの混合材料とし、10mLバイアル瓶に各1g詰めて、50℃で30分間加熱しながらSPMEファイバー(DVB/Carboxen/PDMS)でヘッドスペース部分の香氣成分を捕集した。GC/MS(島津製作所QP-2010)のカラムはDB-5ms(Agilent J&W)を用いた。

(2) ECS摂取牛由来生乳中の香氣成分(実験7)

実験3において採取した個体乳、ECSを給与している美瑛町の酪農家9戸から採取したバルク乳、およびECSを給与している津別町の酪農家6戸と給与していない3戸から採取したバルク乳について、ECS中の香氣成分と同様にSPME-GC/MSによる分析を行った。

ウ 結果及び考察

1) ECSの栄養特性

実験1におけるECSの第一胃内における分解性を図3-1に示した。ECS-AおよびBともに、第一胃内投入後16時間頃までは、FCと同様の分解率を

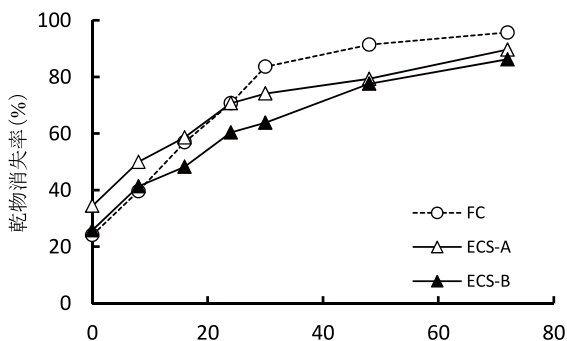


図3-1 ECSの第一胃内における乾物消失率(実験1)

表3-3 ECSによるFC代替時における第一胃内および総消化管内での消化率(%)およびTDN含量(乾物中%) (実験2)

	ECSでの代替率(%)			
	0	33	66	100
第一胃内消化率				
有機物	71	63	66	70
NDF	74	62	63	64
デンプン	64	57	63	74
総消化管内消化率				
有機物	77	74	76	75
CP	74	70	74	74
NDF	71	65	67	65
デンプン	99	99	99	99
TDN含量	77	74	76	75

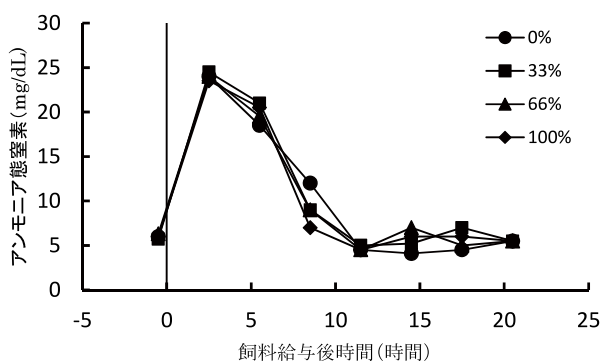


図3-2 ECSによるFC代替率と第一胃内容液中アンモニア態窒素濃度の推移(実験2)

示した。デンプン質飼料の第一胃内での分解速度が緩慢な場合は、第一胃内微生物が十分なエネルギーを獲得することができず、摂取飼料の蛋白質に由来する窒素源からの菌体蛋白質合成が不十分になるとされる(板橋 1998)。一方急激に分解される場合は、短時間に多量の有機酸が生成され微生物相の変化やアシドーシスを引き起こす可能性がある(板橋 1998)。今回の結果から、ECSの摂取後初期の分解の様相がFCと同様であることが確認され、ECSでFCを代替しても採食後比較的短時間における菌体蛋白質合成の阻害やアシドーシス発生という問題はとくに懸念されないと推察された。

第一胃内での浸漬時間が24時間以上の場合、FCに比べてECS-AおよびBとも消失率が低い傾向がみられた。これは繊維成分含量がECSにおいて多いためと考えられる。しかしながら72時間までにFCとの差は小さくなったので、第一胃内での分解性の点からもECSでFCを代替しても大きな問題はないと考えられた。

実験2において、FCをECSで代替しても乾物摂取量は11~12kg/日と差はなかった。ECSの摂取量は代替率が33、66および100%のとき、それぞれ1.2、

表3-4 ECSによるFC代替時における十二指腸への窒素移行量とその内訳ならびに微生物体窒素合成効率(実験2)

	ECSでの代替率(%)			
	0	33	66	100
飼料由来CP消化率(%)	68	69	70	76
飼料由来CP可消化量(kg/日)	1.2	1.2	1.2	1.4
十二指腸への窒素移行量(g/日)				
合計	190	213	217	200
アンモニア態	3	4	4	3
微生物由来	97	122	130	128
飼料由来	90	87	83	69
微生物体窒素割合(%)	51.8	58.4	60.8	63.6
微生物体窒素合成効率(g/kgOMDR) [†]	13.3	17.5	20.1	17.0

[†]微生物体窒素合成効率=微生物由来窒素移行量÷ルーメン内の真の可消化有機物(OMDR)

2.6および4.6kg/日であった。第一胃内および総消化管内消化率とTDN含量を表3-3に示した。ECSで代替すると、NDFの第一胃内および総消化管内における消化率はFCのみの場合に比べて低い値であったが、ECS代替率による消化率の有意差はいずれの成分についても認められなかった。TDN含量にも差は認められず、74~77%の範囲であった。このようにFCをECSで100%代替しても、消化率および栄養価に対する負の影響はないと考えられた。

第一胃内容液中アンモニア態窒素濃度(図3-2)は、代替率に関わらず、採食後急激に増加した後、速やかに減少し、採食後12時間以降は採食前と同水準で、かつ至適濃度とされる5~10mg/dL(板橋 1998)程度で推移した。十二指腸への窒素移行量とその内訳、微生物体窒素合成効率(表3-4)についてもECS代替率の影響は認められなかった。これらの値は泌乳牛における報告(Herrera-Saldanaら1990、Aldrichら 1993)に比べて全般に小さかったが、乾乳牛の採食量は泌乳牛に比べて少ないためであり、とくに異常な水準ではないと考えられた。

このように、FCをECSで100%置換しても、摂取蛋白質の利用性には大きな影響がないと考えられた。微生物体窒素の十二指腸に流入する全窒素に占める割合や合成効率にもECSによる代替で大きな影響が認められなかったことをあわせて考えると、実験1における乾物分解性だけでなく、第一胃内微生物による蛋白質の利用性といった観点からも、ECSによってFCの全量を代替できると推察された。

2) 泌乳牛の飼養成績

上記1)で示されたように、ECSの栄養特性に基

表3-5 粗飼料源がGSの場合における泌乳牛の飼養成績(実験3)

	圧片区	混合区	ECS区
消化率(%)			
DM	70.2	69.7	69.1
CP	69.9	70.6	69.9
NDF	58.7	55.6	54.1
デンプン	86.9	87.9	88.7
摂取量(kg)			
DM	22.4	22.7	22.2
CP	3.7	3.6	3.5
NDF	8.8	8.7	8.7
デンプン	4.9	5.1	4.8
TDN	16.3	16.4	15.9
乳量(kg)			
乳脂肪率(%)	31.7	32.8	33.0
脂肪補正乳量(kg)	4.36	4.44	4.24
乳蛋白質率(%)	33.5	35.0	34.2
体重変化量(kg)	3.30	3.17	3.27
充足率(%)	8.0	7.0	2.7
CP	112.0	107.3	106.0
TDN	99.4	96.9	95.2

づく、ECSはFCの代替として利用できると判断できるが、実用的に給与しても問題ないかを確認する必要がある。そのため、舎飼または全日放牧条件の泌乳牛に給与するFCをECSで代替する飼養試験を実施し、採食量、乳量、乳成分などの飼養成績を調べた。

舎飼条件での供試牛の平均乳量は実験3および4においていずれも33kg/日程度と高泌乳牛とみなされる水準であった。一方、放牧に大きく依存した実験5における供試牛の平均乳量は26kg/日程度であった。

舎飼条件でおもな粗飼料をGSとする実験3における飼養成績を表3-5に示した。乾物、CP、NDFおよび各成分の消化率に区による差は認められなかった。飼料摂取量、乳量、乳成分、体重変化量および栄養充足率にも有意差はなかった。したがって、この条件であればFCの全量をECSで置換しても飼養成績に影響はないことが確認された。

同じく舎飼条件で粗飼料としてGSとCSを併給し

表3-6 粗飼料源がGSおよびCSの場合における泌乳牛の飼養成績(実験4)

	圧片区	混合区	ECS区
消化率(%)			
DM	61.6	61.5	62.0
CP	62.6	59.5	62.9
NDF	40.6	42.2	40.8
デンプン	88.9	90.9	91.0
摂取量(kg)			
DM	23.4	22.6	23.4
CP	3.4	3.3	3.4
NDF	8.8	8.5	8.8
デンプン	6.6	6.4	6.5
TDN	16.3	15.6	16.1
乳量(kg)			
乳脂肪率(%)	32.7	34.2	34.0
脂肪補正乳量(kg)	3.85	3.49	3.61
乳蛋白質率(%)	31.9	31.6	32.0
体重変化量(kg)	3.25	3.21	3.22
充足率(%)	3.0	-2.7	2.0
CP	104.0	100.2	102.1
TDN	97.5	93.4	95.6

た実験4における飼養成績を表3-6に示した。混合区において採食量がやや少なかったものの、実験3と同様に各項目に有意差は認められなかった。CSは、デンプン含量が30%を越えることもあり、その給与によってFCの給与量が節減できる。今回の実験でもそのように飼料を設計したため、実験3に比べてFC給与水準が少なくなった。この設定であればFCの代替としてECSを給与できることがうかがわれた。しかしながら、実験4で用いたGSはNDF含量が68%でTDN含量が51%と栄養価の低いものであったので、GSとCSの併給時におけるECSの適切な給与水準を明らかにするにはさらに検討を要すると考えられた

以上のように、舎飼飼養では少なくとも粗飼料としてGSのみを給与する場合は、FCの全量をECSで代替しても、高泌乳牛の飼養成績に影響はないことが示された。

放牧条件での飼養成績(実験5)の結果について表3-7に示した。放牧草の採食時間は6~7時間

表3-7 放牧搾乳牛に対する補助飼料の種類と採食量、泌乳成績およびおもな血液性状(実験5)

期	区	放牧草		摂取量		乳量(kg)	乳成分				血液成分	
		割り当て草量(体重比%)	採食時間(分)	放牧草(kg)	補助飼料(kg)		脂肪(%)	蛋白質(%)	SNF(%)	MUN(mg/dl)	BUN(mg/dl)	Glu(mg/dl)
前期	EC	5.60	409	17.0	9.2	26.7	3.71	3.05	8.46	17.3	16.8	62.5
	FC		364	15.3	8.4	27.3	3.75	3.07	8.41	20.0	17.0	60.1
後期	EC	5.34	362	10.6	8.9	24.7	4.28	3.17	8.70	17.1	17.7	67.4
	FC		419	12.3	8.1	26.5	4.10	3.22	8.67	16.1	17.3	74.1

であった。乾物摂取量は放牧草および補助飼料について、それぞれ11～17および8～9 kgであり、放牧草の摂取量は前期に比べて後期で少なかったものの、摂取量に区による違いはなかった。補助飼料の摂取量についても区による差はなかった。乳量、乳成分も期によって多少異なったが、いずれの項目についても区間差は認められなかった。MUNおよびBUNは放牧依存度が高い条件であったため、全般に高い値であったが、血漿中グルコース濃度は60mg/dL以上であったことから慢性的なエネルギー摂取不足ではなかったとみなされた。このことから放牧条件で乳量が1頭1日当たり26kg程度の泌乳牛を飼養する場合でも、補助飼料として給与するFCの全量をECSで代替できることが示された。

3) 香気成分

以上のように粗飼料としてGSを給与する条件あるいは放牧条件ではFCの代替としてECSを給与しても飼養成績に影響がないことが示されたが、さらにECS給与によって生産される生乳に好ましい変化があれば製品の差別化、高付加価値化につながると考えられる。その点を検討するために、香気成分に着目して実験を行った。

実験6で飼料中の香気成分を分析したところ、各試料からエステル類が検出された。検出されたエステル類のうち、パルミチン酸エチル、ヘキサノ酸エチル、デカン酸エチルなどはCSあるいはCSとビートパルプの混合材料に比べてECSにおいて少なかった。しかしノナン酸エチルの検出量はECSとCSとで同程度であった。CSやCSとビートパルプの混合材料に比べてECSにおいて少なかったエステル類は、茎葉の発酵によって生成されるのに対して、ECSとCSとで同程度の検出量であったノナン酸エステルは雌穂の発酵に由来する可能性があるかと推察された。またECSからはネオフィタジエンもわずかながら検出された。ネオフィタジエンは、飼料から乳汁中に移行する香気成分であるフィテン類に關与する (UrbachとStark 1975、Povoloら 2009)。ECSの給与量が多くなれば生乳中へのフィテン類の移行量が増えて生乳の香気にも影響を及ぼす可能性があると考えられた。

実験7においてECS摂取牛に由来する個体乳の香気成分を調べたところ、ECS摂取量によって γ -ブチラクトン含量が変動することが示された。す

表3-8 ECS給与農家のバルク乳における香気成分 (実験7)

	美瑛ECS給与農家(9戸)	津別農家	
		ECS給与(6戸)	給与なし(3戸)
ケトン			
2-ヘプタン	65.93	66.94 *	49.70
ラクトン			
γ -ブチラクトン	3.42	1.83	0.59
γ -デカラクトン	24.69	7.18	5.85
γ -ドデカラクトン	8.72	18.23	14.46
δ -ドデカラクトン	11.11	15.86	15.03
アルコール			
2-ヘキサノール	13.73	7.14 *	3.17

なわち γ -ブチラクトン含量はECS区、混合区および圧片区においてそれぞれ2.87、1.55および1.01 (値は内部標準物質濃度に対する比率) とECS給与量が多くなるにしたがって増加し、ECS区と対照区の間で有意差 ($P < 0.05$) が認められた。このように、 γ -ブチラクトンといったラクトン類などがECS給与によって特徴的に増加することが示された。

酪農家において生産されるバルク乳の香気成分 (実験7) について特徴的なものを抜粋して表3-8に示した。ECSを給与している美瑛の農家では、対照となる試料が採取できなかったため、今回の結果がECSによるのか他の要因も關与するかは明瞭でないものの、 γ -ブチラクトン含量はECS摂取牛の個体乳における結果と同様に高水準であった。津別における給与農家とECSを給与していない農家との比較においても、有意ではないものの γ -ブチラクトンなどのラクトン類はECS給与農家の方が多かった。また一部のケトンやアルコールがECS給与農家で高い結果であった。

ラクトン類はミルク様の甘い香気に關与することが知られており (Bendall 2001)、その含量が多い牛乳は市場における評価が高いとされる (Keen 1998)。ECS給与によってラクトン類の生乳中含量が増加する傾向がみられたことは、ECS給与牛由来の生乳の差別化につながる可能性がある。現在のところ、ECS給与量と香気成分の關係など不明な点が残されており、さらに知見を蓄積する必要がある。

工 今後の課題

ECSがFCの代替として利用可能であることが明らかにされ、エネルギー飼料の自給については今後の普及につながる成果が得られた。しかしながら蛋白質に着目すると、ECSのCP含量は8～9%程度にすぎない。高泌乳時においてCP要求量を充足す

るのに必要な飼料全体のCP含量は16%程度とされ（農業・食品産業技術総合研究機構2006）、そのためには蛋白質飼料の併給が不可欠である。現在は輸入大豆粕が広く用いられているが、価格高騰といった背景によって蛋白質飼料についても自給の拡大が望まれている。国内で自給できる適切な蛋白質飼料資源の選定とその利用技術の開発が課題として残されている。

オ 要約

消化性や菌体蛋白質合成などの栄養特性から、イアコンサイレージ（ECS）は圧片トウモロコシ（FC）の代替となりえると判断された。舎飼条件でも粗飼料が牧草サイレージのときにはECSでFCを100%代替しても高泌乳牛の飼養成績に影響がなかった。放牧条件でも、泌乳牛に補助飼料として給与するFCをECSで100%置き換えても飼養成績に差はなかった。またECS給与によって生乳中の一部の香気成分が増加した。

カ 参考文献

- Aldrich JM, Muller LD, Varga GA, Griel LC Jr. (1993) Nonstructural carbohydrate and protein effects on rumen fermentation, nutrient flow, and performance of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 76 : 1091-1105
- Bendall JG (2001) Aroma compounds of fresh milk from New Zealand cows fed different diets. *J. Agric. Food Chem.* 49 : 4825-4832
- Herrera-Saldana R, Gomez-Alarcon R, Torabi M, Huber JT (1990) Influence of synchronizing protein and starch degradation in the rumen on nutrient utilization and microbial protein synthesis. *J. Dairy Sci.* 73 : 142-148
- 板橋久雄 (1998) ルーメンにおける消化. 反芻動物の栄養生理学 (小原嘉昭編). 農文協. 東京 : 87-112
- Keen AR (1998) Flavour compounds and their origin in dairy products. *Chem. New Zealand.* Sep/Oct : 5-13
- 農業・食品産業技術総合研究機構 (2006) 日本飼養標準 乳牛 (2006年版). 中央畜産会. 東京 : 1-205
- Povolo M, Pelizzola V, Ravera D, Contarini G

(2009) Significance of the nonvolatile minor compounds of the neutral lipid fraction as markers of the origin of dairy products. *J. Agric. Food Chem.* 57 : 7387-7394

Urbach G, Stark W (1975) The C-20 hydrocarbons of butter fat. *J. Agric. Food Chem.* 23 : 20-24

(青木康浩・須藤賢司・上田靖子・谷川珠子)

2. 育成・肥育前期の黒毛和種牛に対するイアコンサイレージの効率的給与法の開発

ア 研究目的

畜産分野とくに肉用牛における育成期また肥育期の濃厚飼料依存度は高く、継続する輸入穀類の高騰は畜産経営に大きな打撃を与えている。そこで、トウモロコシの雌穂のみを利用し、栄養価の高い飼料であるイアコンに着目した。近年の収穫機械の進歩また貯蔵管理技術の向上により効率的な生産が可能となったイアコンを活用することにより、国産濃厚飼料としての自給割合を向上させることで輸入穀物依存度を低減することが可能である。しかしながら、肉用牛ではイアコンサイレージ給与による生産性への影響は調査されていない。

本調査では自給飼料利用率を安定的に向上させる目的で、黒毛和種育成牛および肥育前期牛に対し、イアコンサイレージを市販濃厚飼料と代替給与した際の発育や産肉成績への影響を検討した。

イ 研究方法

1) 育成牛給与試験

供試牛は2009年から2011年に自場 ((独)家畜改良

表3-9 育成牛給与試験における供試牛の概要

牛群	性別	区分	頭数	平均月齢	
				開始時	終了時
2009	雌	対照区	9	4.1	8.7
		試験区	9	4.8	8.9
	去勢	対照区	11	3.9	8.5
		試験区	11	4.6	8.7
2010	雌	対照区	10	4.1	8.7
		試験区	10	4.2	8.8
	去勢	対照区	10	4.1	8.7
		試験区	10	4.2	8.8
2011	雌	対照区	10	4.0	9.0
		試験区	10	4.1	9.1
	去勢	対照区	10	4.0	9.0
		試験区	10	4.1	9.1

表3-10 育成期および肥育期における給与飼料の概要

給与群	給与飼料	給与の有無		飼料成分(%:乾物中)		
		試験区	対照区	DM	TDN	CP
育成期	育成期配合飼料	-	○	90.0	80.0	16.0
	アルファルファペレット ¹⁾	-	○	90.7	60.3	18.2
	2009年産ECS ²⁾	○	-	57.7	77.9 ⁴⁾	7.6
	育成期粗飼料	自由採食		90.0	55.0	9.0
育成期	大豆粕 ¹⁾	○	-	88.2	87.0	51.1
肥育期	2008年産ECS ³⁾	○	-	50.0	80.0 ⁴⁾	8.4
肥育期	肥育期配合飼料	-	○	90.0	72.0	13.0
	前期粗飼料	自由採食		90.0	54.0	5.4
	中期粗飼料	制限給餌		82.5	52.0	4.9
	後期粗飼料	制限給餌		94.1	60.0	7.2

1) 日本標準飼料成分表(2009年度版)

2) 2010・2011年育成牛群に給与

3) 2009年育成牛および肥育群に給与

4) 乾草併給時

センター十勝牧場)で生産された黒毛和種育成牛(表3-9)を用い、各々2009、2010および2011牛群とした。育成牛は生後、人工哺育を行い、4ヶ月齢から雌雄20頭を一群として対照区および試験区の2群に配置し、9ヶ月齢まで試験した。給与飼料(表3-10)は、対照区が慣行法の市販配合飼料およびアルファルファペレットを給与し、試験区は市販配合飼料をイアコーンサイレージ(ECS)および大豆粕に代替して給与した。ECSは自場で収穫された黄熟期から完熟期のトウモロコシ雌穂を細断後、ラップ処理し、保管後に供試した。両区とも粗飼料は自場産混播乾牧草を用い、不断給餌とした。粗飼料以外の給与飼料は、朝夕に日量の半量ずつを与えた。両区とも日本飼養標準・肉用牛の雌牛の育成に要する養分量を参照し、日増体量1.0~1.2kgの可消化養分総量(TDN)および粗蛋白質(CP)要求量を充足するよう飼養管理した。

2010および2011牛群は1ヶ月ごとに採血を行い、アルブミン(ALB)、血中尿素窒素(BUN)、血糖値(GLU)、総コレステロール(TCHO)、遊離脂肪酸(FFA)、 β -ヒドロキシ酪酸(BHB)、アスパラギン酸アミノトランスフェラーゼ(AST)、グルタミルトランスペプチダーゼ(GGT)およびカルシウム(Ca)について測定した。

育成牛の体重および体高について、平均値および標準偏差を算出した。また、給与期間における日増体量および血液成分値についてはStudentのt検定により、対照区および試験区における各平均値の差を検定した。

2) 肥育前期牛給与試験

供試牛は2009年の育成牛給与試験において試験区に配置した黒毛和種去勢牛を用い、9~10ヶ月齢から対照区および試験区に振り分け、肥育を実施した。肥育は2群に分けて実施し、頭数は1群目および2群目にそれぞれ6頭および10頭を供試し、各群ともに対照区および試験区に半数ずつ配置した。

肥育期間中、肥育前期を9ヶ月齢から14ヶ月齢未満に設定し、14ヶ月齢から23ヶ月齢を中期、24ヶ月齢以降から終了までを後期とした。給与飼料(表3-10)は、対照区の前期においては肥育用配合飼料を体重の1.6~1.8%給与をした。一方、試験区は前期終了時まで肥育用配合飼料中のTDNで約40%をECSと代替した。中期以降は両区とも慣行法により体重の1.0~1.9%の肥育用配合飼料を給与した。粗飼料は両区ともイネ科主体混播牧草を用い、中期および後期には制限給餌を行った。両区とも肥育後期にはビタミン低下を防ぐため、ドンハケ岳(日本全薬)を給与し、日本飼養標準・肉用牛の肉用種去勢牛の肥育に要する要分量を参照し、日増体量0.6~1.0kgのTDNおよびCP要求量を充足するよう飼養管理した。飼料給餌は、配合飼料と粗飼料を分離して給与し、配合飼料については、自動給餌器を用いて毎日摂食量を記録した。粗飼料は、毎日9時に1回給与し、翌朝9時に残食量を測定し、前日に給与した量から残食量を差し引くことで摂取量とした。肥育牛の体重は2週間毎に測定し、体高については開始時、前期終了時および終了時に測定した。また、採血を開始時、前期終了時、中期(20ヶ月齢)、後期および終了時に行い、ビタミンA、BUNおよびTCHOを測定した。

肥育牛は28ヶ月齢で肥育を終了し、24時間の絶食後にと畜を行った。と畜後36時間の冷蔵保存後に枝肉成績を調査した。枝肉格付成績は(社)日本食肉格付協会の格付員による第6~7肋骨間での評価値を用いた。格付後、枝肉左半丸の第6~7肋骨切開面から後方に20cm程度の枝肉ブロックを採取し、胸最長筋を理化学分析に供した。

肉色(明度L*値、赤色度a*値および黄色度b*値)は胸最長筋表面を色彩測色計により測定した。一般組成(水分、粗脂肪、粗蛋白質)に関しては畜産技術協会(2003)の方法により求めた。物理的性質は、遠心保水力を、Kaufmannら(1986)と入江(1993)の方法に準じて行い、加熱損失率は、胸最長筋の切片を70℃の水浴中で1時間加熱したのち、

表3-11 育成牛へのイアコンサイレージ給与が発育値に及ぼす影響

牛群	性別	区分	測定項目(平均±SD)				日増体量
			体高(kg)		体重(kg)		
			開始時	終了時	開始時	終了時	
2009	雌	対照区	94.3 ± 2.5	108.0 ± 4.2	129.2 ± 14.2	239.8 ± 22.5	0.79 ± 0.1
		試験区	97.0 ± 2.2	109.3 ± 2.9	135.9 ± 13.6	233.4 ± 28.7	0.77 ± 0.1
	去勢	対照区	93.9 ± 3.3	110.4 ± 3.4	133.4 ± 17.5	244.1 ± 40.4	0.79 ± 0.2
		試験区	95.5 ± 3.6	113.0 ± 3.5	147.4 ± 17.2	244.4 ± 22.3	0.77 ± 0.2
2010	雌	対照区	96.6 ± 4.2	108.9 ± 5.2	126.4 ± 25.0	240.3 ± 28.8	0.81 ± 0.1
		試験区	94.9 ± 3.5	108.4 ± 3.0	132.7 ± 21.6	245.9 ± 31.5	0.81 ± 0.1
	去勢	対照区	97.0 ± 3.6	111.7 ± 4.0	132.1 ± 16.9	258.1 ± 23.7	0.90 ± 0.1
		試験区	98.0 ± 3.2	114.4 ± 2.4	137.9 ± 17.5	266.6 ± 29.5	0.92 ± 0.1
2011	雌	対照区	97.3 ± 3.7	111.4 ± 3.7	142.3 ± 20.2	272.8 ± 30.8	0.85 ± 0.1
		試験区	96.3 ± 3.0	111.2 ± 2.9	132.3 ± 14.5	258.3 ± 23.4	0.83 ± 0.1
	去勢	対照区	100.9 ± 2.8	116.6 ± 2.3	155.4 ± 14.5	303.2 ± 19.9	0.96 ± 0.1
		試験区	98.2 ± 4.1	112.7 ± 3.4	135.9 ± 11.9	266.1 ± 26.3	0.86 ± 0.1

加熱前後の重量差から求めた。また、加熱後の肉は筋繊維に対して試料片を切り出し、インストロン万能材料試験装置により剪断力価(kgf)を求めた。脂肪融点は上昇融点法(畜産技術協会 2003)で計測し、脂肪酸組成は、Folchら(1957)の方法に準じて脂肪の抽出を行い、ガスクロマトグラフにより測定した。

肥育牛の発育成績、血液性状、枝肉成績および理化学分析について各測定時点で群内の試験区間でのみStudentのt検定により、各平均値の差を検定した。本調査は動物倫理委員会の承認のもと、十分に配慮して行った。

ウ 結果及び考察

1) 育成牛給与試験

各群における給与試験開始時と終了時の体高、体重また日増体量について表3-11に示した。2009牛群の日増体量(kg/日)は、対照区および試験区

それぞれ、雌(0.79、0.77)また去勢(0.79、0.77)における試験区間に差はなかった。2010牛群についても雌(0.81、0.81)および去勢(0.90、0.92)の試験区間に差はなく、2011牛群では去勢の対照区(0.96)が試験区(0.86)と比較して0.1ポイント高いものの有意な差はなかった。

黒毛和種繁殖雌牛の発育標準値(全国和牛登録協会 2004)は、9ヶ月齢における体高が110.4cm(下限値105.4cm)、体重が249.6kg(下限値199.7kg)となっている。本調査の雌育成牛は2009および2010牛群で標準値をやや下回っているものの、試験終了が9ヶ月未満であることを考慮すると、対照区は体高および体重ともに標準的な発育となっている。一方、去勢牛の9ヶ月齢における体高は112.9cm(下限値108.2cm)、体重は275.3kg(下限値231.0kg)とされている。各牛群の試験区は、対照区の発育と同程度であり、2011牛群では発育標準を上回った。したがって、対照区と同等の発育をしている試験区はECS

表3-12 育成牛の血液成分について給与月数水準で得られた試験区間の有意差

牛群	開始後月数	血液検査項目								
		ALB	BUN	GLU	T-CHO	FFA	BHB	AST	GGT	Ca
2010	0	ns	ns	*	ns	*	ns	ns	ns	***
	1	*	**	ns	ns	***	***	ns	ns	**
	2	ns	ns	ns	**	***	ns	ns	ns	ns
	3	ns	ns	ns	ns	**	**	ns	ns	***
	4	**	***	ns	**	ns	***	ns	***	ns
2011	5	***	***	*	ns	ns	***	***	ns	***
	0	ns	**	*	ns	***	**	ns	ns	
	1	ns	***	ns	***	ns	**	ns	ns	
	2	***	ns	ns	**	ns	***	**	ns	
	3	ns	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns	
	4	ns	***	*	ns	ns	***	***	***	ns
	5	ns	***	ns	**	ns	***	ns	ns	ns

*: P<0.1, **: P<0.05, ***: P<0.01

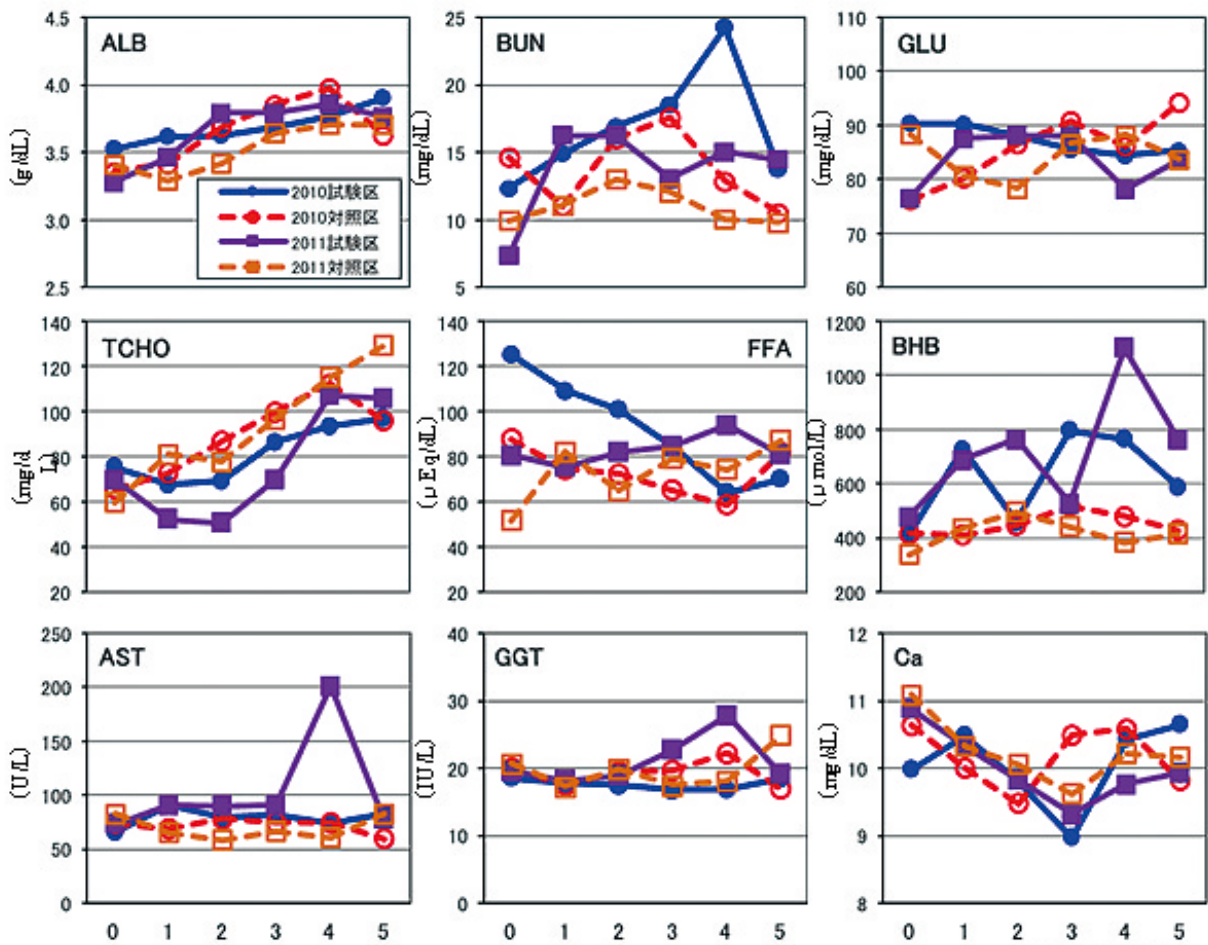


図3-3 育成牛へのイアコンサイレージ給与が血液検査各項目に与える影響 (横軸：給与開始後月数)

代替給与によって体重や体高の発育に影響をおよぼさなかった。また、日増体量については2009牛群が試行段階であり、嗜好性を含め、ECS摂取量を検討していたため、雌・去勢ともに0.8kg/日以下で低かったが、2010および2011牛群は給与期間中の日増体量は向上した。

イアコンサイレージ給与による血液成分への影響については表3-12および図3-3に示した。アルブミン (ALB) は、各年の試験区間で給与開始後の一部に差が認められるものの、同様の推移を示した。血中尿素窒素 (BUN) については、両牛群で開始後1ヶ月や4ヶ月目また終了時に試験区が高く、差が認められた。血糖 (GLU) は、2010および2011牛群ともに統計的な差は認められなかった。総コレステロール (TCHO) については、市販配合飼料を給与した対照区が直線的な増加を示したのに対し、2010牛群は2および4ヶ月 ($P < 0.05$) また2011牛群では、1ヶ月 ($P < 0.01$)、2、3ヶ月および終了時 ($P < 0.05$) に試験区は低い値となっ

た。遊離脂肪酸 (FFA) は、開始時に対照区よりも高い値であったが、2010牛群では4ヶ月以降、また2011牛群では2ヶ月目以降に対照区との差はなくなった。 β -ヒドロキシ酪酸 (BHB) は、試験区で高い推移を示し、期間中に低下することがあったものの対照区とは異なる推移を示した。ASTは、2010牛群の終了時 ($P < 0.01$) や2011牛群の開始後2ヶ月 ($P < 0.05$)、4ヶ月 ($P < 0.01$) に対照区よりも高い値であり、とくに4ヶ月目では大きく上昇した。また、GGTは両牛群の4ヶ月目に試験区が対照区よりも増加した ($P < 0.01$)。カルシウム (Ca) は、2010牛群で試験区間に差があるものの、2011牛群の差はなかった。

アルブミンは、長期のタンパク質代謝を反映するが、黒毛和種育成牛の報告 (Takasuら 2005) を参照すると、10~12ヶ月齢の健康牛で3.6 g/dL程度とされており、本結果では9ヶ月齢の試験区で3.9 g/dL (2010牛群)、3.8 g/dL (2011牛群) とやや高かった。BUNの上昇も併せて考えると、試験区は大

豆粕給与によるタンパク質過剰が長期にわたり影響していると同時に相対的なデンプン不足が考えられる。とくにBUNは、2010牛群の試験区で給与開始後4ヶ月目に大幅に増加している。これは育成牛の発育に関し、タンパク質が重要であることから充足率をタンパク質優先で高めた結果、大豆粕量がイアコンサイレージ量と比較して多かったことが理由と考えられる。これを解決するためにはECS摂取量を増加させ、十分なTDN充足率を得る必要があるが、濃厚飼料と比較して水分含量が高いECSでは、乾物摂取量が増加し、育成牛が摂取可能な上限量を超えてしまう可能性があるため、良質乾草を給餌することが重要となる。血糖については8ヶ月齢で85mg/dL前後となり、通常の範囲内と考えられ、ECS給与によってもエネルギーが充足していたと考えられる。総コレステロールは、終了時にいずれの群も100mg/dL前後であったが、給与開始後に差が見られた理由として、市販配合飼料に含有されている脂質等の成分が試験区では添加されていない事があげられる。遊離脂肪酸は、2010牛群の試験区で開始時にエネルギー不足の状態であったことを示しており、試験開始後から次第に減少したが、2ヶ月目には正常範囲から大きく逸脱していないことから、ECS給与によるエネルギー不足の解消に問題はなかったと考えられる。2011牛群の4ヶ月目におけるBHBの急増は肝機能低下が主な理由と考えられる。 β -ヒドロキシ酪酸が増加する理由は、FFAの増加による肝機能低下から血中にケトン体が増加する

ためであるが、本試験では給与飼料のタンパク質過剰のため肝機能が過剰に働いた結果、BUNが増加し、GGTの値から肝機能低下からケトン体上昇が発生し、同時に2011牛群はFFAの数値自体は正常値から大きく逸脱する値ではないものの、4ヶ月まで徐々に上昇していることも一因となっていることが推察される。さらに、ASTは、BUN増加による腎臓障害が元となり、急増した異常値が観察された可能性がある。ASTについては終了時には低下していることから肝機能は回復したのと考えられる。ただし、ECSが酪酸発酵等で品質低下し、肝機能への負担があったことも考えられるため、給与飼料の管理に十分注意する必要がある。

Takasuら(2005)は黒毛和種育成牛の発育が不良な場合における血液成分値を報告しているが、血糖、FFA、TCHOまたCaなどについては健康牛と差はなかったもののALBやLDLコレステロールの低下、BUNおよびBHBの上昇が見られるとしている。本調査終了時における9ヶ月齢の試験区をこれらの報告と比較すると、BUNは15 mg/dLほどだったので正常範囲と考えられるが、BHBについては、非常に高い値であり、健康とは言い切れない。

本試験では育成牛の発育に影響しなかったものの、各々単味で給与した本調査の試験区では、総合的に設計された市販配合飼料と異なり、飼料設計を十分に検討する必要があると考えられた。

以上の結果から、ECS代替給与による育成牛の発育は慣行法と同等であったが、血液成分の推移は対

表3-13 肥育前期におけるイアコンサイレージ給与が増体成績におよぼす影響

牛群	区分	調査項目	期間				
			開始時	前期終了時	終了時		
1	対照区	日齢	272			425	868
		体高(cm)	110.4 ± 4.3	119.1 ± 1.9	145.2 ± 2.4		
		体重(kg)	231.7 ± 27.8	339.0 ± 31.8	752.0 ± 37.0		
	試験区	日増体量(kg/日)	-	0.70 ± 0.04	0.87 ± 0.10		
		日齢	279			432	853
		体高(cm)	115.1 ± 2.7	122.8 ± 2.9	143.3 ± 3.5		
	試験区	体重(kg)	268.0 ± 16.7	377.7 ± 12.9	753.3 ± 25.0		
		日増体量(kg/日)	-	0.72 ± 0.03	0.85 ± 0.05		
		日齢	302			428	855
対照区	体高(cm)	113.4 ± 3.8	123.0 ± 2.4	140.2 ± 3.8 ^a			
	体重(kg)	274.6 ± 11.8	417.2 ± 30.8	776.4 ± 64.9			
	日増体量(kg/日)	-	1.13 ± 0.19	0.91 ± 0.10			
試験区	日齢	295			421	855	
	体高(cm)	115.5 ± 4.0	126.0 ± 4.1	145.9 ± 3.7 ^b			
	体重(kg)	298.4 ± 25.7	451.0 ± 32.5	840.8 ± 57.0			
試験区	日増体量(kg/日)	-	1.21 ± 0.09	0.97 ± 0.08			

a,b(P<0.05)

照区と異なる部分があり、濃厚飼料としてのECSは高エネルギーではあるもののタンパク質が低いため、高タンパク単味飼料の併用や適期刈取粗飼料の利用により、TDNとCPの充足率のバランスを取ることが重要となる。

2) 肥育前期牛給与試験

肥育牛は、2群についてそれぞれ開始時、前期終了時と肥育終了時に測定した体高 (cm)、体重 (kg) および日増体量 (kg/日) を対照区と試験区間で比較した (表3-13)。1群の前期終了時における対照区および試験区それぞれの体高 (119.1、122.8)、体重 (339.0、377.7) および日増体量 (0.70、0.72) について差はなかった。また、終了時においても体高 (145.2、143.3)、体重 (752.0、753.3) および日増体量 (0.87、0.85) に試験区間の差はなかった。一方、2群目における前期終了時の体高は、対照区 (123.0) と試験区 (126.0) に差はなかったものの、終了時には対照区 (140.2) が試験区 (145.9) よりも低い値となった (P<0.05)。体重は、対照区および試験区それぞれ、前期終了時 (417.2、451.0) また終了時 (776.4、840.8) に統計的な差はないものの、終了時には平均体重で64kgの差がみられた。肥育期間内の日増体量は対照区が

0.91、試験区が0.97で差は認められなかった。

肥育前期終了時に2群とも、試験区の体重は対照区と比較して高いが、開始時にすでに体重が異なっているためであり、給与飼料の影響ではないことは日増体量をみるとわかる。

去勢肥育牛の発育は、体高および体重がそれぞれ14ヶ月齢 (125.1cm、432.9kg)、28ヶ月齢 (139.9cm、676.3kg) の標準値が設定されている (全国和牛登録協会2004)。また、家畜改良増殖目標 (2010) では24から26ヶ月の肥育終了時に体重は725kg、日増体量は0.72kgとされている。本調査ではこれらの数値を上回っており、肥育前期のECSの一部代替給与は増体成績に影響しなかった。

肥育牛の血液成分 (図3-4) のうち、ビタミンAおよびBUNは、1群および2群ともに対照区と試験区間に差は見られず、ほぼ同様の推移を示した。一方、TCHOは1群および2群ともに前期終了時において試験区間の統計的な差はないものの、対照区と比較して試験区が45mg/dLほど低い値であったが、中期時に同程度となった。その後、後期開始時および終了時についても差はなく、血液分析値はいずれも通常の肥育期の経過をたどった。

肥育終了後の枝肉格付成績 (表3-14) は、各項目について1群および2群ともに試験区間の差はな

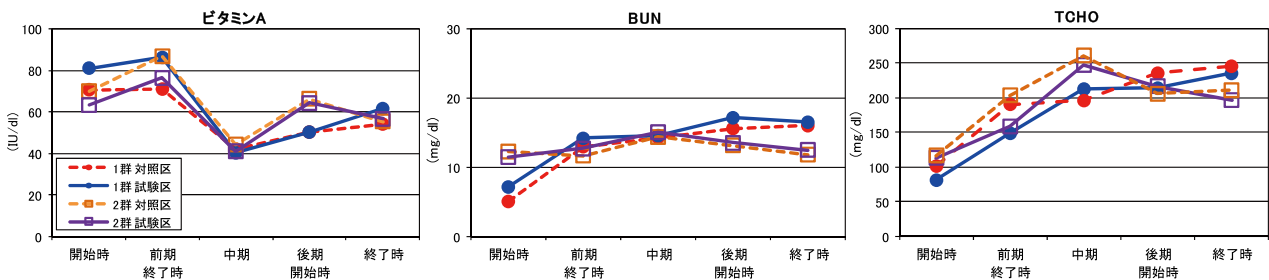


図3-4 肥育期間中のビタミンA、血中尿素窒素、総コレステロールの推移

表3-14 肥育前期におけるイアコンサイレージ給与が枝肉格付成績におよぼす影響

格付項目	1群		2群	
	試験区	対照区	試験区	対照区
歩留等級 ¹⁾	1.0	1.0	1.0	1.0
肉質等級	4.0 ± 1.0	4.3 ± 0.6	3.8 ± 0.8	3.6 ± 0.5
BMSNo.	7.0 ± 2.0	8.3 ± 0.6	6.6 ± 2.3	5.2 ± 0.8
BCSNo.	3.3 ± 0.6	3.7 ± 0.6	3.2 ± 0.4	3.8 ± 0.4
枝肉重量(kg)	454.3 ± 19.9	462.3 ± 37.8	508.0 ± 30.6	484.8 ± 29.9
ロース芯面積(cm)	60.3 ± 3.5	62.7 ± 7.6	61.6 ± 8.4	55.6 ± 6.1
バラ厚(cm)	7.5 ± 0.5	8.0 ± 0.4	8.4 ± 0.4	7.8 ± 0.4
皮下脂肪厚(cm)	2.7 ± 0.7	2.4 ± 0.5	2.5 ± 0.5	2.5 ± 0.6

1) A=1, B=2, C=3

表3-15 肥育前期におけるイアコンサイレージ給与が胸最長筋の一般組成および物理的性質におよぼす影響

分析項目	1群		2群	
	試験区	対照区	試験区	対照区
水分(%)	41.2 ± 3.5	41.1 ± 2.2	43.5 ± 4.2	46.3 ± 4.4
粗脂肪(%)	46.3 ± 4.8	46.3 ± 2.8	43.2 ± 5.8	39.4 ± 5.9
粗タンパク質(%)	11.9 ± 1.0	12.2 ± 0.5	12.9 ± 1.3	13.9 ± 1.2
加熱損失(%)	15.0 ± 1.1	14.3 ± 1.6	16.3 ± 2.3	17.3 ± 2.5
保水性(%)	82.2 ± 3.4	82.3 ± 2.6	80.4 ± 1.3	79.6 ± 1.9
剪断力価 (kgf)	1.7 ± 0.1	1.5 ± 0.2	1.7 ± 0.5	2.0 ± 0.3

表3-16 肥育前期におけるイアコンサイレージ給与が胸最長筋の脂肪酸組成におよぼす影響

脂肪融点および脂肪酸組成	1群		2群	
	試験区	対照区	試験区	対照区
脂肪融点(°C)	30.8 ± 0.7	30.8 ± 0.7	26.9 ± 3.2	26.9 ± 0.7
ミスチリン酸(C14:0)	3.6 ± 0.5	3.4 ± 0.6	3.4 ± 0.5	3.1 ± 0.3
パルミチン酸(C16:0)	27.1 ± 0.4	26.3 ± 1.5	26.5 ± 1.2	24.5 ± 0.5 **
パルミトレイン酸(C16:1)	3.7 ± 0.4	3.8 ± 0.3	4.2 ± 0.5	4.5 ± 0.6
ステアリン酸(C18:0)	11.8 ± 1.5	11.6 ± 0.5	10.2 ± 0.4	9.5 ± 1.0
オレイン酸(C18:1)	47.4 ± 0.9	47.7 ± 2.2	48.2 ± 1.6	50.5 ± 1.0 *
リノール酸(C18:2)	2.7 ± 0.4	3.0 ± 0.2	3.2 ± 0.3	3.3 ± 0.5
リノレン酸(C18:3)	0.2 ± 0.02	0.2 ± 0.02	0.2 ± 0.02	0.2 ± 0.03
SFA	43.9 ± 1.0	43.0 ± 1.7	41.6 ± 1.5	38.8 ± 1.5 *
USFA	56.1 ± 1.0	57.0 ± 1.7	58.4 ± 1.5	61.2 ± 1.5 *
MUFA	53.2 ± 0.7	53.8 ± 1.9	54.8 ± 1.6	57.6 ± 1.2 *

*:P<0.05、**:P<0.01 各年群の2区間に有意差あり

かった。群ごとに肉質等級やBMS No.に開きが見られるのは、供試した個体の血統が大きく影響していると考えられる。肉用牛枝肉情報全国データベース(家畜改良センター 2012)による平成23年度黒毛和種去勢牛の枝肉成績とりまとめでは、枝肉重量479kg、ロース芯面積56.6cm²、ばらの厚さ7.75cm、皮下脂肪厚2.42cm、脂肪交雑基準値(BMS) No. 5.8および肉色基準値(BCS) No. 3.9が平均値とされている。データベースの集計値は、と畜月齢の幅が広く(24~36ヶ月齢)、一概には言えないものの本調査における各群の試験牛はこれらの数値から大きく逸脱していなかった。とくに枝肉価格に影響するBMS No.は育成期および肥育前期にわたり、ECSを給与してもデータベース平均値を上回っていた。

胸最長筋の一般組成および物理的性質(表3-15)については、1群の各分析項目に試験区間の差はなく、同等であった。また、2群では粗脂肪割合は試験区が対照区よりも3.8ポイント高かったものの差はなかった。家畜改良センターが実施している牛肉胸最長筋の理化学分析では、肉質等級と一般組成また物理的性質に関する値は、肉質3および4等級でそれぞれ水分含量(51.8、41.7%)、粗脂肪含量

(31.9、36.0%)、粗蛋白質含量(15.8、14.5%)および加熱損失(22.8、20.4%)を公表している。これらと本結果を比較すると、肉質等級が上がると水分含量は低くなり、粗脂肪含量が高くなる。また、粗脂肪含量が高くなると、加熱損失は小さくなっているため、平均的な胸最長筋と変わらなかった。一方、胸最長筋の脂肪融点および脂肪酸組成(表3-16)は、1群では各項目に差はない。しかし、2群については、パルミチン酸が試験区(26.5%)と比較して対照区(24.5%)よりも高く(P<0.01)、オレイン酸は、試験区(48.2%)が対照区(50.5%)よりも低かった(P<0.05)。

脂肪酸は飽和(SFA)または不飽和(USFA)脂肪酸(一価不飽和(MUFA)および多価不飽和脂肪酸)に大別される。USFAが高い肉は、MUFAが牛肉中で半数以上を占めているため、脂肪融点に影響し、口溶けに関連している。脂肪融点はMUFA割合が高いと低下し、良い口溶けになり、MUFAのなかでも多くの割合を占めるオレイン酸は影響が大きい。本結果で2群のオレイン酸は対照区と比較して、およそ2ポイント低かった。オレイン酸は月齢に伴い増加する(三橋ら 1988)との報

告があることから、オレイン酸割合の差異は前期終了時までの給与飼料の違いによるものではないと考えられる。また、脂肪酸組成は、環境要因に加えて遺伝的要因が大きく影響する。本結果の脂肪酸組成の差は、2群でのみ見られたため育成期および肥育前期におけるECS給与が影響しているとは考えにくい。遺伝的要因、とくに種雄牛による影響は大きく、最大6.5ポイントの差が見られた報告(丸山 2011)もあるため、本結果の脂肪酸組成に影響を与えているのは遺伝的要因が大きいことが考えられた。統計的な差はあったものの、育成期から肥育前期にECSを給与したことが試験区の脂肪酸組成に影響を与えた可能性は低いことが考えられる。

以上のことから、黒毛和種の育成期および肥育前期にECSを給与した場合、増体、産肉成績および理化学分析に影響はなかった。

エ 今後の課題

育成牛は、イアコーンサイレージ代替給与により、国産自給濃厚飼料の割合が向上したが、給与飼料のバランスを考慮すると高タンパク質飼料量の添加が求められるため、これらも自給可能な素材があれば、積極的に利用していくことが課題であり、粗飼料の適期刈取による併用も検討される。また、給与時には飼料設計を十分に検討することが重要である。

オ 要約

イアコーンサイレージを黒毛和種育成期および肥育前期に給与した結果、育成牛の日増体量は慣行法と同等であった。しかし、給与期間中の血液成分には慣行法と異なる推移を示し、とくに血中尿素窒素や β ヒドロキシ酪酸は給与飼料の影響を受けていた。また、育成期にイアコーンサイレージを給与後、肥育前期に慣行法における濃厚飼料をTDNで約40%代替した場合、増体成績、産肉成績および胸最長筋の一般組成に影響はなかったものの、脂肪酸組成が一部で異なった。イアコーンサイレージ給与は黒毛和種育成牛および肥育前期牛に給与しても影響はなかった。

カ 参考文献

全国家畜畜産物衛生指導協会(1999)生産獣医療システム肉牛編. 農文協. 東京
農業・食品産業技術総合研究機構(2009)日本飼養

標準 肉用牛(2008年版). 中央畜産会. 東京
畜産技術協会(2003)牛肉の品質評価のための理化学分析マニュアルVer.2. 畜産技術協会. 東京

Folch J, Lees M, Stanley GHS. (1957) A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. J. Biol. Chem. 226 : 497-509

入江正和(1993)【解説】食肉の保水性の測定方法と理論. 食肉の科学. 34 : 9-15

Kauffman RG, Eikelenboom G, Van der Wal PG, Engel B., Zaar M. (1986) A comparison of methods to estimate water-holding capacity in post-rigor porcine muscle. Meat Sci. 18 : 307-322

全国和牛登録協会(2004)黒毛和種正常発育曲線
全国和牛登録協会. 京都

Takasu M, Yayota M, Nakano M, Nishii N, Ohba Y, Okada K, Maeda S, Miyazawa K, Kitagawa H (2005) Results of Metabolic profile test in Japanese Black cattle with growth retardation. J. Vet. Med. Sci. 67: 1269-1271.

農林水産省(2010)家畜改良増殖目標. 農林水産省. 東京

家畜改良センター(2012)肉用牛枝肉情報全国データベース枝肉成績とりまとめ概要. 家畜改良センター. 福島

三橋忠由・三津本充・山下良弘・小沢忍(1988)黒毛和種去勢牛の発育にともなう蓄積脂肪の融点と脂肪酸組成の変化. 中国農研報. 2 : 43-51

丸山新(2011)飛騨牛のおいしさ研究について～飛騨牛のブランド化と今後の展望～. 平成23年十勝農協連和牛肥育技術研修会

(浅田正嗣)

3. イアコーンサイレージ多給による自給飼料活用型牛肉生産技術の開発

ア 研究目的

濃厚飼料中のイアコーンサイレージ(ECS)割合を変えて去勢牛を肥育し、枝肉成績と肥育期間中の飼料摂取量、増体、発育および血液性状に及ぼす影響を明らかにする。

イ 研究方法

試験処理は、肥育用配合飼料(とうもろこし50.0

表3-17 供試飼料の飼料成分

飼料種類	乾物	粗蛋白質	粗脂肪	NDF	ADF	NFC	テンポン
	% of FM						
イアコーンサイレージ	60.8	7.8	4.9	27.5	12.7	47.8	52.1
配合飼料	87.0	16.6	3.7	26.5	9.0	48.3	42.9
大豆粕	89.1	52.3	1.2	14.6	11.2	24.7	
乾草	88.8	7.9	1.3	63.6	38.6	27.2	

NDF：中性デタージェント繊維，ADF：酸性デタージェント繊維，
NFC：非繊維性炭水化物（結合蛋白質未補正）

%、圧ペン大麦10.0%、フスマ17.0%、大豆粕ミール9.5%、コーングルテンフィード3.0%、スクリーニングペレット8.0%、炭酸カルシウム2.0%、食塩0.485%、ビタミンADE 0.015%）をベースに濃厚飼料中のECS割合を乾物ベースで0%、20%、40%、60%の4処理区を設け、それぞれ、0区、20区、40区および60区とした。

供試牛は、放牧で育成した10.6ヶ月齢の黒毛和種去勢牛18頭を用いて、0区5頭、20区5頭、40区5頭および60区5頭をそれぞれ割り当てた。なお、20区の1頭は尿石症のため26ヶ月齢で淘汰し、40区の1頭が24ヶ月齢で事故によって斃死したためそれらのデータは除外した。

ECSはCP含量が低いことから、単純な肥育用配合飼料との置き換えでは、蛋白質要求量の高い肥育前期においてCPが不足する。したがって、大豆粕等による調整を必要とするが、大豆粕等蛋白質飼料は高価なため可能な限り使用量は抑えたい。また、前節の試験1では、摂取飼料中のCP含量の調整を約12%とすれば概ね十分ではないかと考えられた。そこで、ECSを給与する区（20%ECS、40%ECS、60%ECS）においては（肥育用配合飼料に合わせるのではなく）大豆粕の補給を最小限にするような飼料構成とするため、ECSへのCP補給については次のような方針で行った。すなわち、20%ECS区および40%ECS区においては、摂取飼料中のCP含量が12%を下回らないことを目標に大豆粕で調整した。60%ECS区は極端な試験処理による肥育を試行するため、粗蛋白質要求量を満たすことだけを考慮し、飼料中CP含量の下限値を下回ってもそれ以上の大豆粕補給は行わなかった。ただし、肥育最終3ヶ月間は飼料摂取量が低下してくることから、ECS給与区（20%ECS、40%ECS、60%ECS）については、食いどまり等の障害による試験の中断を防止す

る目的で飼料中CP含量が12%を超えるようにした。

配合飼料は、ビタミンコントロールのため、20ヶ月齢でビタミンADE剤を添加したもの（ビタミンAで1,000IU/kg）から無添加の飼料に切り替えた。粗飼料は乾草を用い自由採食させた。配合飼料は「新黒毛和種肥育の手引き」（（社）北海道酪農畜産協会・北海道立畜産試験場編、2006）に準じた給与パターンとした。すなわち、一日当たり給与量を原物で4kgから開始し、自由採食になるまで毎月1kgずつ増給した。ECSを給与する区でもそれにもとづき、それぞれの試験設定に準じて配合飼料をECSで代替した。粗飼料と濃厚飼料は、別々のコンテナで計量および給与した。

体重は2週間隔で測定した。体尺測定および採血を4週間隔で、ルーメン内容液採取を8週間隔で実施した。採血およびルーメン内容液採取は朝の飼料給与後5時間～6時間後であった。29ヶ月齢を目標に屠畜し、枝肉成績および肉の理化学的性質を分析した。供試飼料の成分組成を表3-17に示した。

ウ 結果及び考察

1) 飼料摂取量

肥育期間中の飼料摂取量を表3-18に示した。粗飼料摂取量は肥育中期にECSを給与した各区が対照区より有意に低かった。濃厚飼料摂取量は濃厚飼料給与量が最大となる肥育中期の後半からECSを給与した各区が対照区より有意に低かった。総乾物摂取量でも、肥育中期でECSを給与した各区が対照区より有意に低かった。また、60区では22ヶ月齢で一時的な摂取量の低下がみられた。

乾物摂取量中のCP含量が、ECSを給与した各区では0区より有意に低く、特に、60区では肥育中期で12%を下回った。NDF含量では、肥育中期において粗飼料摂取量が低かったECS給与区が0区より

表3-18 乾物摂取量の推移

肥育期	月齢	粗飼料(kg/日)				濃厚飼料(kg/日)				総摂取量(kg/日)			
		0区	20区	40区	60区	0区	20区	40区	60区	0区	20区	40区	60区
前期	11	3.3	2.9	2.8	2.7	4.2 ^b	4.2 ^b	4.6 ^a	4.6 ^a	7.5	7	7.5	7.3
	12	3.5	3.1	2.8	3.1	4.8 ^{bc}	4.6 ^c	5.1 ^a	4.9 ^{ab}	8.3	7.7	7.9	8
	13	3.3	3	2.8	2.7	5.8	5.4	5.5	5.6	9.1	8.4	8.3	8.3
	14	3.4	2.5	2.3	2.2	6.1	6.2	6.2	6.5	9.5	8.8	8.5	8.7
	15	3.1 ^a	2.4 ^{ab}	1.7 ^b	1.6 ^b	7.1	7.2	7.2	7.3	10.3 ^a	9.7 ^{ab}	8.9 ^b	8.9 ^b
中期	16	2.5 ^a	1.8 ^{ab}	1.2 ^b	1.2 ^b	8.4	8.1	8.1	8.2	10.9 ^a	9.9 ^{ab}	9.3 ^b	9.4 ^b
	17	2.5 ^a	1.3 ^b	0.8 ^b	0.9 ^b	9	8.8	8.8	8.9	11.6 ^a	10.1 ^b	9.6 ^b	9.7 ^b
	18	1.9 ^a	1.1 ^b	0.7 ^b	0.9 ^b	9.5	9.2	9.2	9.3	11.4 ^a	10.3 ^b	9.9 ^b	10.1 ^b
	19	1.2 ^a	0.4 ^b	0.2 ^b	0.4 ^b	9.8 ^a	9.4 ^b	9.4 ^{ab}	9.7 ^{ab}	11.0 ^a	9.8 ^b	9.6 ^b	10.1 ^b
	20	0.9 ^a	0.2 ^b	0.1 ^b	0.2 ^b	10.2 ^a	9.4 ^b	9.7 ^{ab}	10.1 ^a	11.1 ^a	9.7 ^c	9.8 ^{bc}	10.3 ^b
	21	0.9 ^a	0.2 ^b	0.1 ^b	0.1 ^b	10.4 ^a	9.3 ^b	9.2 ^b	9.9 ^{ab}	11.3 ^a	9.5 ^b	9.3 ^b	10.0 ^b
	22	0.5 ^a	0.2 ^b	0.1 ^{bc}	0.1 ^c	10.6 ^a	9.0 ^b	9.1 ^b	8.7 ^b	11.1 ^a	9.2 ^b	9.3 ^b	8.8 ^b
後期	23	0.4 ^a	0.2 ^{ab}	0.2 ^{ab}	0.1 ^b	10.6 ^a	8.7 ^b	9.2 ^b	9.8 ^{ab}	11.0 ^a	8.9 ^b	9.4 ^b	9.9 ^{ab}
	24	0.3	0.1	0.1	0.2	10.3 ^a	9.0 ^c	9.1 ^{bc}	10.1 ^{ab}	10.6 ^a	9.1 ^c	9.3 ^{bc}	10.2 ^{ab}
	25	0.3	0.2	0.1	0.1	9.3	9	9.2	10.1	9.6	9.2	9.3	10.2
	26	0.2	0.2	0.1	0.1	9.9 ^{ab}	9.3 ^b	9.0 ^b	10.8 ^a	10.1 ^{ab}	9.4 ^b	9.1 ^b	10.9 ^a
	27	0.3	0.3	0.2	0.2	9.9 ^{ab}	8.3 ^c	8.8 ^{bc}	10.3 ^a	10.2 ^{ab}	8.6 ^c	9.0 ^{bc}	10.4 ^a
	28	0.6 ^a	0.3 ^{ab}	0.2 ^b	0.2 ^b	9.4	7.9	9.2	9	10	8.2	9.4	9.2

低く推移したが、各区とも肥育中期も目安である25%を超えていた。デンプン含量は、肥育前期の後半から中期、後期の前半にかけて、ECSを給与した各区が0区より有意に高く推移し、特に60区の肥育中期の後半から肥育後期の前半において、50%前後で推移した。

2) 増体および発育

肥育期間中の体重の推移を表3-19に示した。体重は各月齢において、処理区間に有意な差は認められず、日増体(DG)も同様であった。体尺値についても、各月齢において、処理区間に有意な差は認

表3-19 肥育期間中の体重推移

肥育期	月齢	体重(kg)			
		0区	20区	40区	60区
前期	11	266	277	272	268
	12	297	304	302	301
	14	358	365	361	364
中期	16	419	423	415	411
	18	488	487	478	474
	20	552	551	541	535
	22	627	607	593	587
後期	23	669	638	628	620
	25	728	684	680	675
	27	761	707	721	719
	29	787	725	750	742

められなかったが、肥育期別の体尺値の伸びでは、肥育中期の体高において、20区および40区が対照区より有意に低かった。また、肥育期間中の胸幅の伸びは、対照区に対してECS給与区が有意に低かった。

3) 血液性状

血中ビタミンA濃度(表3-20)では、脂肪交雑への影響が大きい16ヶ月齢から20ヶ月齢において、有意な差はみられず、40区の20ヶ月齢および60区の18~20ヶ月齢以外は60IU/dLを上回った。本試験で

表3-20 肥育期間中の血中ビタミンA濃度

肥育期	月齢	ビタミンA濃度(IU/dl)			
		0区	20区	40区	60区
前期	10	62.9	69.9	64.8	76.0
	11	70.0	74.0	69.3	69.1
	12	69.7	81.7	79.3	79.6
	14	71.4	75.1	71.8	68.7
中期	16	75.1	69.7	66.4	60.8
	18	71.5	68.8	63.3	57.1
	20	68.2	66.4	56.9	51.8
	22	60.7 ^a	43.6 ^{ab}	28.4 ^{bc}	23.5 ^c
後期	23	47.4 ^{ab}	37.3 ^b	53.8 ^{ab}	61.6 ^a
	24	50.9 ^a	36.2 ^b	36.9 ^b	43.4 ^{ab}
	25	41.4	27.4	28.7	31.7
	26	44.9	42.9	46.4	50.0
	27	61.0	55.4	54.2	68.2
	28	60.8	57.2	50.0	58.9
	29	57.6	49.0	44.9	47.5

は20ヶ月齢からビタミンA剤無添加の配合飼料に切り替えたが、22ヶ月齢の40区および60区で血中ビタミンA濃度が30IU/dLを下回った。22ヶ月齢以降は、定期的にビタミン剤（おいしいビタミン、明治飼糧）を添加したため、血中ビタミンA濃度は速やかに回復した。

血中コレステロール濃度は、肥育中期以降、ECS給与区が対照区より低く推移した。特に、20区と40区は血中コレステロール濃度が150mg/dLを下回って推移した。一方、60区は対照区より低い傾向にあったものの、有意な差は認められなかった。血中BUN濃度は、肥育中期にECS給与区が対照区より低かった。肝機能の指標であるASTおよびGGTには各月齢において、処理区間に差はみられなかった。

4) 第一胃内容液性状

肥育期間における第一胃内pHは20ヶ月齢で20区が他の区より有意に低く、6.0を下回った。アンモニア態窒素濃度では、ECS給与区で低い傾向があり、肥育中期の40区および60区では2.0mg/dL以下で推移した。総VFA濃度では23ヶ月齢と29ヶ月齢に、酢酸割合およびプロピオン酸割合では、20ヶ月齢で処理区間に有意な差がみられたが、ECS給与による一定の傾向はみられなかった。

5) 枝肉成績

枝肉成績を表3-21に、肉質評価を表3-22に示した。枝肉重量では処理区間に有意な差は認められ

なかったが、20区で4頭中3頭、60区で5頭中3頭が450kg以下であった。0区は平均枝肉重量が500kgを超え、バラ部厚も9cmとなるなど、量的にきわめて良好な成績であった。バラ部厚はイアコーン割合を高めると低下した。

肉質評価では、すべての枝肉のBFSナンバーは3となった。0区の3頭の脂肪交雑等級は全て4であったが、締まりが3となり、肉質等級は3頭とも3となった。20区と40区のそれぞれ1頭で肉の色沢が2となり、肉質等級が2となった一方、20区と60区のそれぞれ1頭のBMSナンバーが10となり、肉質等級が5になるなど、処理区間に一定の傾向はみられなかった。

表3-21 枝肉成績

枝肉形質	0区	20区	40区	60区
枝肉重量(kg)	500	451	462	463
ロース芯面積(cm ²)	61	61	58	65
バラ部厚(cm ²)	9.0 ^a	7.9 ^{ab}	7.7 ^b	7.5 ^b
皮下脂肪厚(cm)	3.2	2.6	2.5	2.7
歩留基準値(%)	74	75	74	75

表3-22 肉質評価

試験処理 個体	0区			20区				40区				60区				
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
肉質等級	3	3	3	2	3	4	5	2	3	4	4	3	4	4	4	5
脂肪交雑等級	4	4	4	3	4	4	5	3	4	4	4	3	4	4	4	5
色沢等級	4	3	3	2	3	4	5	2	4	4	4	3	4	4	5	5
締まり等級	3	3	3	2	3	4	5	3	3	4	4	3	4	4	5	5
脂肪等級	5	5	5	4	4	5	5	4	5	5	5	5	4	5	5	5
BMS No.	5	5	5	4	5	5	10	4	5	7	6	4	6	7	7	10
BCS No.	3	3	5	4	5	4	3	4	4	4	4	4	4	4	3	3

表3-23 胸最長筋の化学組成との関係

	0区	20区	40区	60区
水分(%)	47.9	49.3	49	46.7
粗脂肪(%)	37.2	35.6	36.1	38.8
粗蛋白質(%)	15.2	14.9	15.1	14.6
灰分(%)	0.7	0.7	0.7	0.7
SFA(%)	42.9	44.1	44	44.7
UFA(%)	57.1	55.9	56.1	55.2
MUFA(%)	55.3	54.2	54.2	53.5
オレイン酸(%)	49.2	48.9	48.8	48.2

SFA: 飽和脂肪酸、UFA: 不飽和脂肪酸、MUFA: 一価不飽和脂肪酸

表3-24 胸最長筋の物性

	0区	20区	40区	60区
剪断力価(kgf)	1.3	1.5	1.7	1.4
ドリップ [†]	89.1	87.2	87.9	89.4
脂肪融点(°C)	28	29.9	27.9	29.8
加熱ロス	74.6	71.8	73.4	75.7

[†]7日目

6) 肉の理化学性状

胸最長筋肉の理化学分析値を表3-23に示した。飼料中のECS割合は、肉の脂肪含量、蛋白質含量および脂肪酸組成に影響を与えなかった。胸最長筋の物理的特性を表3-24に示した。飼料中のECS割合は、肉の硬さや保水性等に影響を及ぼさなかった。また、飼料中のECS割合を高めても脂肪や筋肉の色調に影響は認められなかった。

エ 今後の課題

ECSに組み合わせる配合飼料の最適な構成およびECS給与割合に応じた増給速度

オ 要約

1. 黒毛和種に対するイアコーンサイレージの嗜好性は良好であり、肥育用濃厚飼料として利用可能である。しかし、イアコーンサイレージのデンプン含量は50%を超え、肥育用配合飼料より10%程高い。また、CP含量も10%を下回る。

2. イアコーンサイレージを配合飼料と置き換えると、肥育中期に乾草摂取量の低下がみられ、総乾物摂取量も低下した。摂取量の低下はデンプンの過剰摂取による影響と思われた。

3. 血中コレステロール濃度は、イアコーンサイレージ給与区で低く、150mg/dLを下回ったまま肥育期を終えた区もみられた。

4. ビタミンA無添加の配合飼料へ切り替えた場合、イアコーンサイレージ60%区では23.5IU/dLまで低下し、ビタミンA欠乏と思われる飼料摂取量の低下がみられた。

5. 0区と比較するとECSを給与した区では枝肉重量が低かったが、統計的に有意な差ではなかった。全道平均並みの重量が確保できた。バラ部厚はイアコーンサイレージの給与区で有意に低くなった。一方、BFS No.やBCS No.に試験処理の差はなく、イアコーンサイレージ給与が脂肪や肉の色調に影響を及ぼすことはなかった。

以上のことから、イアコーンサイレージを黒毛和種肥育に用いる場合、デンプン含量およびビタミンA含量に留意する必要がある。

(杉本昌仁・及川 学・大井幹記)

第4章 イアコーンサイレージ生産・利用が農業経営に及ぼす経済効果の検証

1. 畑作経営におけるイアコーン生産の経済性評価と導入条件の解明

ア 研究目的

国産濃厚飼料として、搾乳牛向け圧ペントウモロコシとの代替を可能にするイアコーンサイレージの生産・利用に関する技術開発が行われた。ここでは、耕畜連携を念頭に、酪農経営がイアコーン栽培を畑作経営に委託することを想定した生産・利用体系の構築について検討が行われ、生産コストの目標は圧ペントウモロコシの平均的な販売価格（55円/TDN kg）とされた。

本稿では、十勝管内の畑作経営において、すでに取り組みされている飼料用トウモロコシの栽培受託に係る経済性を解明する。また、実証試験をもとにイアコーンサイレージの生産コストを算出し、目標とした生産コストを達成する栽培面積を明らかにするとともに、畑作経営におけるイアコーンの導入条件を「仮想的なシミュレーション」を用いて明らかにする。

イ 研究方法

1) 畑作経営における飼料用トウモロコシ栽培受託の経済性評価

飼料用トウモロコシの生産費調査により土地純収益（粗収益から費用と資本利子を差し引いたものをいい、地代負担能力を示す）を算出し、支払地代との比較により経済性を評価した。対象は、十勝管内において飼料用トウモロコシの栽培受託を実施している畑作経営とし、A町から3戸（60.3～86.2ha）、B町から1戸（55.4ha）を選定した。

2) 「イアコーン」生産の経済性評価と導入条件

(1) イアコーン生産の経済性評価

イアコーン生産に係る実証試験をもとに、生産コストを算出することにより、目標とした生産コストを達成する栽培面積を明らかにした。対象は、上川管内C町TMRセンターとした。

(2) 畑作経営への導入条件の検討

線形計画法を援用して、所得を最大化する作付構成等を検討した。経営モデルの検討に当たっては、上記1)におけるA町の畑作経営3戸を事例とし、聞き取り調査によって得られたイアコーン導入に関する意向や作付制約等を反映させた。

ウ 結果及び考察

1) 畑作経営における飼料用トウモロコシ栽培受託の経済性評価

表4-1に、飼料用トウモロコシの栽培受託に係る投下労働時間を示した。A町ではかつて、栽培受託に係る協議会が関与して、畑作経営と酪農経営間での作業分担と費用負担が決められていた。そのため、A町では、耕起整地、基肥・播種、除草およびその他（堆肥散布等）の作業を畑作経営が担っており、投下労働時間は10a当たり0.589～1.357時間、3戸平均でみると0.884時間となっている。一方、B町のNo.4経営では、耕起整地および除草作業を担うことから、投下労働時間は10a当たり0.453時間となっている。表4-2には、飼料用トウモロコシ栽培受託に係る全算入生産費と土地純収益を示した。A町においては、種子、肥料等の資材を畑作経営が負担することから、飼料用トウモロコシの全算入生産費は31,957～39,440円/10a、3戸平均でみると34,888円/10aとなった。B町では、委託元の酪農経営が種子、肥料等の資材を提供することから、飼料用トウモロコシの全算入生産費は10,467円/10aであった。現状の飼料用トウモロコシの取引額をもとに算出した土地純収益は、両町（A町は3戸平均）とも支払地代を上回っていた。このように、畑作経営が飼料用トウモロコシを安定的に栽培受託するためには、土地純収益が支払地代を上回る取引額が設定されることが条件といえる。

表4-1 飼料用トウモロコシの栽培受託に係る投下労働時間

単位: 時間/10a

作業内容	A町			A町3戸 平均	B町 No.4経営
	No.1経営	No.2経営	No.3経営		
耕起整地	0.350	0.165	0.200	0.238	0.370
基肥・播種	0.600 注4)	0.104	0.142	0.282	0.000
除草(除草剤散布)	0.025	0.052	0.029	0.035	0.030
生産管理	0.046	0.061	0.046	0.051	0.035
その他	0.320	0.190	0.275	0.262	0.000
間接労働	0.016	0.017	0.013	0.015	0.018
合計	1.357	0.589	0.705	0.884	0.453
うち、雇用	0.000	0.000	0.171	0.057	0.000

注1) 聞き取りにより作成。

注2) 選種、追肥、防除および収穫・調製に係る投下労働時間はなし。

注3) 「その他」には、堆肥散布および播種後の鎮圧を含む。

注4) A町No.1経営では、基肥・播種作業を3名で実施している。

表4-2 飼料用トウモロコシの栽培受託に係る全算入生産費と土地純収益

単位: 円/10a

算出根拠	A町			A町3戸 平均	B町 No.4経営
	No.1経営	No.2経営	No.3経営		
種苗費 ①	1,980	2,970	2,475	2,475	0
肥料費 ②	11,730	11,708	10,256	11,231	0
農業薬剤費 ③	1,370	1,028	1,028	1,142	0
光熱動力費 ④	2,262	953	1,420	1,545	810
賃借料及び料金 ⑤	0	1,683	1,000	894	0
物件税及び公課諸負担 ⑥	405	723	361	496	255
建物費 ⑦	154	1,906	69	710	194
自動車費 ⑧	845	1,071	2,718	1,545	0
農機具費 ⑨	3,734	6,178	1,752	3,888	2,073
生産管理費 ⑩	64	470	198	244	25
物財費(計) ⑪(①から⑩までの合計)	22,544	28,690	21,277	24,170	3,357
家族労働費 ⑫	2,171	942	854	1,322	655
雇用労働費 ⑬	0	0	222	74	0
費用合計(計) ⑭=⑪+⑫+⑬	24,715	29,632	22,353	25,567	4,012
資本金子 ⑮	553	708	504	588	155
地代 ⑯	8,000	9,100	9,100	8,733	6,300
全算入生産費 ⑰=⑭+⑮+⑯	33,268	39,440	31,957	34,888	10,467
粗収益(酪農経営からの受取額) ⑱	35,000	35,000	35,000	35,000	18,000
土地純収益(地代負担能力) ⑲=⑱-(⑰+⑮)	9,732	4,660	12,143	8,845	13,833

注1) その他諸材料費、土地改良及び水利費、副産物の計上はなし。

注2) 資材購入単価等は、各経営の購入実績にもとづく。

2) 「イアコーン」生産の経済性評価と導入条件

(1) イアコーン生産の経済性評価

自走式ハーベスタ等の作業機を所有するTMRセンターにおいて新たにイアコーン生産を行う場合を想定し、耕畜連携を念頭に、TMRセンターが畑作経営にイアコーンの栽培を委託し、TMRセンターが収穫作業を行う場合の生産コストを整理した(表4-3)。

まず、畑作経営の受取額を3万5千円/10aとす

る。TMRセンターがスナツパヘッドと細断型ロールベアラを所有すると仮定して、スナツパヘッド1,200万円、細断型ロールベアラ1,400万円とし、それら機械の耐用年数を7年とすると、年間の償却費は合計371万円となる。また、TMRセンターの敷地でイアコーンのロール梱包および密封作業を行うとし、圃場からTMRセンターの敷地までイアコーンを運搬するためのダンプトラック(11t)を1日単位で委託する。

収穫作業の作業能率に関しては、スナツパヘッドによる収穫は1時間当たり1.5haであり、1日8時間では12haとなる。細断型ロールベアラによる梱包密封は1時間当たり1.2haであり、1日8時間では9.6haとなる。すなわち、9.6haまではダンプトラック等の委託日数は1日で済むが、9.6haを超えて19.2haまでは2日となり、以後9.6ha増加するごとに委託日数が1日増加していくことになる。さらに、1haのイアコーン原物収量を16~17t程度とすると、ダンプトラック2台分の収量となる。1時間で1.5haの収穫を行うため、1時間でダンプ3台分の収穫となり、ダンプトラック1台当たりの収穫時間は20分と考えられる。トラックの運搬速度を、TMRセンター敷地内でのイアコーンの荷降ろし時間(約2分弱)も含めて毎時30kmとし、圃場からTMRセンター敷地までの片道距離を5kmとすると、往復10km=20分になるため、ハーベスタの収穫作業を停止しないようにするためにはトラック2台が必

要になる。C町TMRセンターの経費実績より、収穫時の収穫物運搬用ダンプトラック経費1日1台当たり4万5千円であり、9.6haの収穫作業に対して9万円(10a当たり937.5円)が収穫経費として加算される。この他に、梱包密封資材である梱包用ネットとフィルムに対して、C町TMRセンターの経費実績より10a当たり3,696円が必要となり、梱包密封されたイアコーンのTMRセンターによる保管経費として、C町TMRセンターの経費実績より10a当たり36.8円が加算される。

以上の前提により、乾物収量を1,000kg/10a、乾物TDN割合79.6%(北海道4地域平均)とし、耕畜連携を前提とした時のイアコーン生産コストを試算すると、図4-1のようになる。目標コストである55円/TDNkgを達成するためには約122haの栽培面積が必要となる。

表4-3 イアコーンサイレージ生産コスト算出基礎

	負担主	費目	金額(円)	備考
資材費 労働費 10a当たり	畑作経営	種苗費	2,475	
		肥料費	11,231	
		農薬費	1,142	
		光熱動力費	1,929	
		賃料及び料金	894	
		雇用労賃	74	
		その他費用	244	
	畑作合計	17,989		
酪農経営	畑作への委託費	35,000		
	ロールネット	1,081		
	ロールラップ	2,615		
	光熱動力費	432		
	労働費	619		
酪農合計	39,747			
賃料(1日8時間)	酪農経営	ダンプトラック(11t)	90,000	2台
保管費(10a)	酪農経営	保管場所の地代	37	
償却費 7年償却	酪農経営	スナツパヘッド	1,714,286	定価1,200万円
		細断型ロールベアラ	2,000,000	定価1,400万円
		合計	3,714,286	

注1) 実証試験および聞き取り調査結果をもとに作成

注2) 酪農経営はTMRセンターを組織している。

注3) 畑作経営の労働費および償却費は「畑作への委託費-畑作合計=17,011円」の中から負担される。

注4) 酪農経営の労働費はイアコーンの収穫調製のみが対象である。

注5) 保管費は、イアコーン24.44haを借地9a(借地料1万円/10a)に保管する経費9,000円をイアコーン生産10a当たり経費に換算した。

注6) 自走式ハーベスタ等の作業機を所有する既存のTMRセンターにおいて新たにイアコーン生産を行う場合を想定しており、スナツパヘッドと細断型ロールベアラのみを償却費として計上した。

注7) ダンプトラックの賃料は9.6ha=1日までは9万円、9.6haを超えて19.2ha=2日までは18万円、というように増加していく。

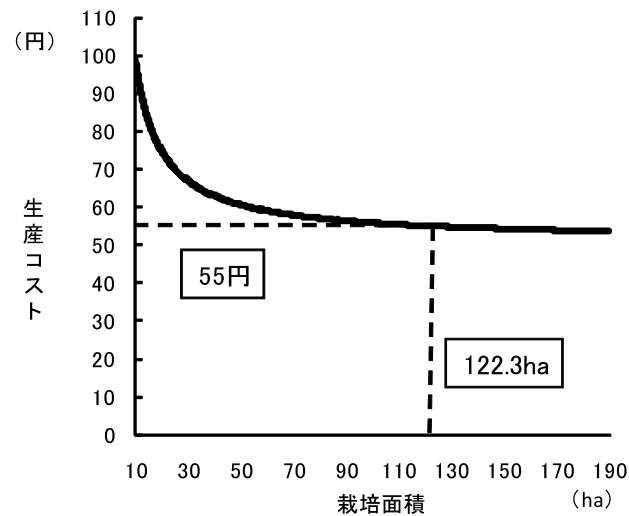


図4-1 イアコーンサイレーズの生産コストと栽培面積

- 注1)C町における実証試験結果より試算した。
 注2)畑作への委託栽培であり、TMRセンターが収穫する。
 注3)収穫調製機はTMRセンターの保有とする。
 注4)収穫時の往復輸送距離10kmの輸送コストを含む。
 注5)保管費用として実証データの36.8円/10aを含む。
 注6)サイレーズ保管時のロスは考慮していない。

(2) 畑作経営への導入条件の検討

ここでは、畑作経営へのイアコーンの導入条件の解明に当たり、以下に示す2つの検討を試みた。また、経営モデル策定に当たっての前提条件は以下のとおりとした。

【検討内容】

- ①小麦の作付上限制約の有無を踏まえ、イアコーンの栽培による利益係数を17,011円（酪農経営からの受取額35,000円－費用合計17,989円）に固定し、面積（大規模経営50～80haを想定）でパラメトリックな分析による作付構成
- ②経営面積（60haまたは70ha）を固定し、利益係数（0円から30,000円）でパラメトリックな分析による作付構成

【経営モデルの前提条件】

- ・基幹労働力：2名、補助労働力：1名
- ・雇用労働力：2名、利用時期4月上旬から5月上旬、8月下旬から9月下旬

・作付を想定した作物

- イアコーン、てんさい、小麦、豆類（大豆、小豆、金時）、生食・加工用ばれいしょ、でん粉原料用ばれいしょ
- ・イアコーン収穫後に、茎葉処理が必要となる。

①の結果

表4-4および図4-2左に、上記前提条件に基づき、小麦の作付上限制約を採用しない場合に所得の最大化をもたらす作付構成と利益係数の総額を示した。これによると、経営耕地面積の拡大に伴い小麦の作付が拡大し、イアコーンは導入されない結果となった。また、表4-4および図4-2右に、上記前提条件に基づき、小麦の作付上限制約を1/4に設定した場合に所得の最大化をもたらす作付構成を示した。本経営モデルでは、63.8haからイアコーンが導入され、経営耕地面積の拡大に伴って、イアコーン作付面積が拡大することが確認できる。

表4-4 イアコーン導入により所得最大化を実現する作付構成

経営規模		(ha)	50	55	60	65	70	75	80	
利益係数の総額		(千円)	27,897	30,568	33,229	34,863	36,430	37,996	39,557	
〔小麦 作付 上限 制約 なし〕	作付構成	イアコーン	(ha)	***	***	***	***	***	***	***
		てんさい	(ha)	14.6	16.1	16.1	16.1	16.1	16.1	16.1
		小麦	(ha)	12.5	13.8	15.0	18.6	22.3	26.1	29.8
		大豆	(ha)	***	***	***	***	***	***	2.2
		小豆	(ha)	6.3	6.9	7.5	8.1	8.8	9.4	10.0
		金時	(ha)	6.3	6.9	7.5	8.1	8.8	9.4	7.8
		食・加工ばれいしょ	(ha)	10.4	11.4	13.9	14.1	14.1	14.1	14.1
		でん粉原料用ばれいしょ	(ha)	***	***	***	***	***	***	***
利益係数の総額		(千円)	27,897	30,568	33,229	34,620	35,927	37,212	38,489	
〔小麦 作付 上限 制約 あり〕	作付構成	イアコーン	(ha)	***	***	***	2.3	4.8	7.3	9.8
		てんさい	(ha)	14.6	16.1	16.1	16.1	16.1	16.1	16.1
		小麦	(ha)	12.5	13.8	15.0	16.3	17.5	18.8	20.0
		大豆	(ha)	***	***	***	***	***	0.5	3.7
		小豆	(ha)	6.3	6.9	7.5	8.1	8.8	7.5	5.8
		金時	(ha)	6.3	6.9	7.5	8.1	8.8	10.7	10.5
		食・加工ばれいしょ	(ha)	10.4	11.4	13.9	14.1	14.1	14.1	14.1
		でん粉原料用ばれいしょ	(ha)	***	***	***	***	***	***	***

注)「***」は選択されなかった作目を意味する。

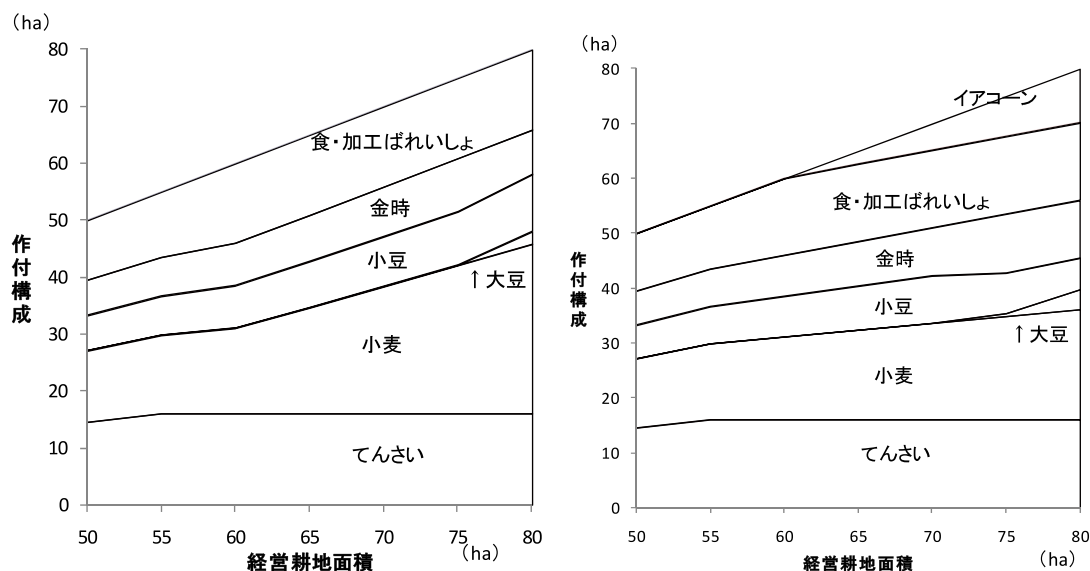


図4-2 イアコーン導入により所得最大化を実現する作付構成
(左：小麦の作付上限制約なし、右：小麦の作付上限制約1/4)

②の結果

図4-3に、上記前提条件に基づき、経営耕地面積を60haまたは70haに固定し、イアコーン利益係数を0円から増加させた場合に所得を最大化する作付構成の変化を示した。各利益係数にイアコーンの生産費用の合計である17,989円を加えた単価が、イアコーン導入に当たって、畑作経営が酪農経営から受け取る金額として設定される。60haに固定した場合、酪農経営からの受取額が生産費用のみとなる17,989円では、導入されないものの、45,374円にな

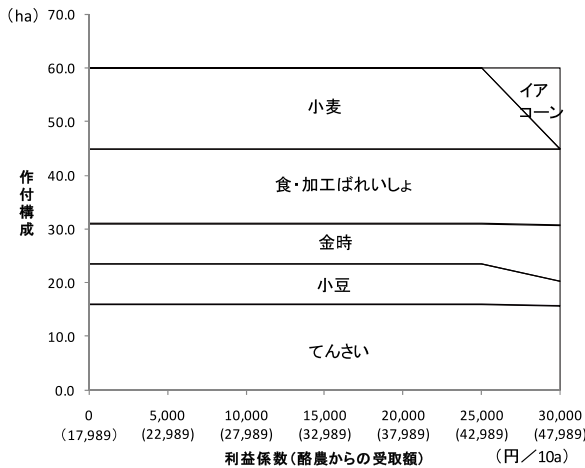
ると8.7haの作付が開始される。その後、小麦と代替しながら徐々に拡大し、46,165円になると、小麦と完全に代替し、小麦の作付がみられなくなる。また、70haに固定した場合をみると、イアコーンは生産費用のみとなる17,989円(利益係数0円)から作付が開始されることがわかる。よって、イアコーンはより大規模な経営に対して、円滑に導入され得ることが推察される。

60ha経営で、イアコーンの作付が開始される受取額45,374円の場合、調査対象経営が希望していた

35,000円/10aと比較すると、10,374円の開きがある。よって、イアコーンの導入に当たっては、この超過分を相殺するために、酪農経営からの受取額を増額

させるか、後作の増収によって粗収益を向上させることが条件となる。

〔経営耕地面積：60ha〕



〔経営耕地面積：70ha〕

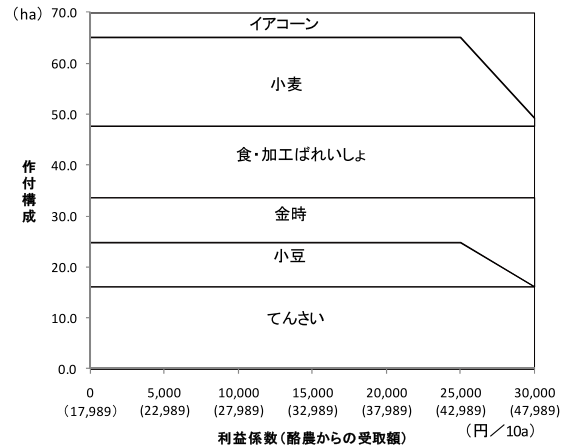


図4-3 酪農経営からの受取額水準別にみた所得最大化を実現する作付構成

エ 今後の課題

畑作経営では、イアコーン栽培による粗収益が飼料用トウモロコシの栽培委託の場合と同水準であることを前提にすると、60haを超える大規模経営においてイアコーンが導入される可能性があった。またTMRセンターによる生産・利用場面では、目標生産コストである55円/TDNkgを達成するためには、122ha以上の栽培面積を必要とした。このことから、イアコーンの栽培により、畑作経営において適正な輪作の維持や未利用地の活用といった効果が生じることを鑑みると、より小規模な栽培面積で目標生産コストを達成できるよう、支援方策が必要である。

オ 要約

十勝管内ですでに実施されている飼料用トウモロコシの栽培受託は、土地純収益が支払地代を上回っていることから、安定的な作付が可能になることが見込まれた。TMRセンターにおける生産と利用を想定すると、イアコーンサイレージの目標生産コストである55円/TDNkgを達成するためには、約122haの栽培面積を必要とする。また、イアコーンは、輪作を遵守する意識の高い経営において、

63.8haから導入され、経営耕地面積の拡大に伴って作付面積が拡大し、適正な輪作体系の維持に寄与する。

カ 参考文献

- 樋口昭則・樋口聖哉・渡邊大樹・仙北谷康(2010) 実取りトウモロコシの経営的評価－酪農経営と畑作経営の連携を前提とした評価－. 日本農業経済学会論文集：30-37
- 山田洋文(2011) 十勝地域における耕畜連携による自給飼料生産利用の取り組みと今後の課題. 農研機構シンポジウム耕畜連携による濃厚飼料の安定的自給生産技術の重要性と今後の展開：24-31

(山田洋文・原 仁・久保田哲史)

2. 酪農経営におけるイアコーンサイレージ利用の経済効果と耕畜連携モデルの提示

ア 研究目的

国産濃厚飼料として、圧ペントウモロコシ代替をねらいとする搾乳牛向け飼料であるイアコーンの生産利用に関する技術開発が行われており、圧ペントウモロコシの平均的価格水準である55円/TDNkgを生産コスト目標として、粗飼料不足傾向にある酪農経営から畑作経営に栽培委託を行い、酪農経営が収穫調製して利用するという生産利用方策が模索されている。

そこで、本研究では、このような生産利用を前提に、実証試験等からイアコーンの経済性を明らかにし、畑作経営への導入条件と酪農経営への導入条件を明らかにする。

イ 研究方法

まず、イアコーンサイレージを試験的に導入した事例（個別経営3戸、TMRセンター1軒）を対象とした調査結果より、以下の点について明らかにする。

①給与実態を明らかにした上で、継続利用に関する意向を聞き取り、イアコーンサイレージの導入条件を解明する。

②イアコーンサイレージの給与作業について、具体的にどのように行われているかについて明らかにし、問題点等について整理する。

次に、北海道農業研究センターにおけるイアコーンを含む飼料設計及び試験的に導入している酪農経営の1日当たり飼料給与量をもとに、イアコーンサイレージ導入により購入飼料費削減を実現する圧ペントウモロコシ等の価格水準を明らかにする。

ウ 結果及び考察

1) 事例農家の概況

ここでは、イアコーンサイレージを利用している事例より、導入条件について考察する。事例は、モニターとして試験給与している個別農家3戸と、すでに給与しているTMRセンターの構成農家である（注1）。

まず、個別農家についてみると、その概況は、表4-5で示したとおり、いずれもフリーストール・ミルクパーラを利用し、飼料はTMR給与で

ある。経産牛飼養頭数規模については、No.5経営175頭、No.6経営57頭、No.7経営82頭である。個体乳量については、いずれも10,000kg前後と高泌乳を実現している。耕地面積については、No.5経営は93haと大きい、No.7経営は32haであり、経産牛1頭で見ると0.39ha/頭と飼料基盤がやや小さい。この経営では、畑作経営への飼料用トウモロコシの委託栽培を3.5ha行っている。労働力について、No.6経営は家族経営であるが、No.5経営とNo.7経営は雇用を導入している。

次に、TMRセンター（以下ではGセンター）について見ると、経産牛の総頭数は668頭、耕地面積は511.4ha（うち、牧草301.2ha、トウモロコシ210.2ha）であるが、イアコーンの作付面積は、平成21年は畑作経営からの借地である7.7haのみであったが、平成22年度には24.4ha、平成23年度は23.2haになっている。現在は、Gセンター構成農家の耕地にもイアコーンの作付を実施している。

構成農家は9戸である。その経営概況を見ると、経産牛100頭以上の大規模な経営は2戸のみである。農業従事者数はG1経営以外は2～3人、雇用を導入している経営は1戸のみであった。個体乳量を見ると、8戸が10,000kgを超過し、11,000kgを超える経営も存在する。10,000kg以下の経営も9,800kgであり、いずれも高泌乳を実現している（表4-6）。

TMRセンターにおける飼料給与作業についてみると、牧草およびトウモロコシサイレージの取り出し、配合飼料等の各濃厚飼料の取り出し、TMR混合調製、梱包、運搬までは、Gセンターが委託している業者の社員が実施し、利用する構成農家では、配送されたTMRを解体して給与する作業については各自、構成員が実施している。

（注1）モニターに関して、平成21年産および22年産の十勝管内の研究農場で生産されたものについて、平成23年度より近隣の市町村において給与を希望する酪農経営を募集した。

表4-5 イアコーンサイレージ利用農家の概況

	個別経営			TMRセンター
	No.5経営	No.6経営	No.7経営	Gセンター
所在地	D町	D町	E町	C町
牛舎形態	FS	FS	FS	FS
経産牛頭数	175頭	57頭	82頭	668頭(合計値)
個体乳量	10,500kg	11,000kg	9,500kg	10,625kg(平均値)
耕地面積	93.0ha	46.0ha	32.0ha	511.4ha
飼料用トウモロコシの栽培委託	0	0	3.5ha	0
構成員	—	—	—	9戸
家族労働力	3人	3人	1人	—
雇用労働力	2人	0人	1人	—

資料：聞き取り調査による

表4-6 Gセンター構成員の経営概況

		G1経営	G2経営	G3経営	G4経営	G5経営	
経産牛飼養頭数	頭	106	104	63	49	64	
耕地面積	牧草	ha	62.3	29.0	41.0	37.2	27.2
	トウモロコシ	ha	23.0	30.9	14.9	15.5	15.6
個体乳量	kg	10,500	10,200	10,500	11,570	10,500	
農業従事者数	人	3.5	3	2.5	2	2.5	
雇用労働力	人	1 (年雇)					

		G6経営	G7経営	G8経営	G9経営	
経産牛飼養頭数	頭	59	70	72	81	
耕地面積	牧草	ha	20.1	15.5	36.1	32.8
	トウモロコシ	ha	18.3	28.4	13.2	50.4
個体乳量	kg	9,800	11,700	10,500	10,500	
農業従事者数	人	2	3	3	3	
雇用労働力	人					

資料：聞き取り調査による（2010年11月2日）。

注1：ここに示しているG1～G9経営は、いずれもGセンターの構成員。

注2：耕地面積の数値は、各経営が所有している面積。実際には、Gセンターが利用している。

2) イアコーンサイレージ給与の実態と導入条件
 ここでは、イアコーンサイレージ給与の実態と導入条件についてみることにする。表4-7で示したように、イアコーンサイレージの給与量は、1頭当たりNo.5経営が2.6kg、No.6経営とNo.7経営が4.0kg、TMRセンターが5.5kgであった。イアコーンサイレージの1ロール当たり重量を500kg程度（注

2) とすると、経産牛飼養頭数から見ると、No.5経営は1日、No.6経営は2～3日、No.7経営は1～2日でロールすべて消費できることになる。ロール開封後の品質の維持に関して、消費に時間を要するNo.6経営は「意外と日持ちする。問題はない」と回答しているものの、維持には開封後2～3日が限界とされていることから、経産牛頭数50～60頭規

模が下限であると考えられる。

この給与に伴う他の飼料の給与量について見ると、No.5経営とNo.6経営は購入濃厚飼料よりも粗飼料、特にトウモロコシサイレージを大幅に減少させている。前者は、トウモロコシサイレージを4kg程度減らし、圧ペントウモロコシの給与量を増加させている。後者については、購入濃厚飼料をほとんど減少させていない。その一方で、No.7経営は、粗飼料についてはトウモロコシサイレージは変化なし、牧草サイレージは2kg減少しているのに対し、購入濃厚飼料については圧ペントウモロコシを2kg程度減少させている。さらに、Gセンターでは、配合飼料を5kg程度と大幅に減少させている。

イアコーンサイレージの嗜好性、給与作業等について見ると、まず嗜好性に関しては、いずれの経営においても良好と回答している。次に、品質については、ばらつきも特になく、開封後においてもさほど変敗等は見られなかったとしている。なお、TMRセンターについては、1ロールを常に1日で消費するので、品質の維持に関する問題はない。

作業に関しては、写真4-1~2のようなサイログラブまたは爪を用いてロールを突き刺して持ち上げ、カッターナイフ（文房具）等で開封して揺すってサイレージを作業場に落とし、それをバケットローダで搬入して、TMRミキサーフィーダへ搬出する。大規模なNo.5経営はやや面倒で厳しいと指摘しているが、トウモロコシサイレージのロールを利用した経験を持つNo.6経営とNo.7経営については、作業自体はさほど厳しくないとしている。TMRセンターでは、委託している会社の社員が行うので、構成農家が行うことはない。担当している社員についても、常にTMR製造に携わっており、この作業については熟練している。すなわち、イアコーンサイレージの給与作業に関しては、多少煩雑な作業が加わるが、ある程度熟練すれば導入の支障にはなりにくいと考えられる。

導入条件について見ると、今後の利用に関しては、モニターとして試験給与している個別農家のうち、購入濃厚飼料よりも粗飼料を大幅に減らしているNo.5経営とNo.6経営は不明と答えている。その一方で、圧ペントウモロコシを2kg程度減少させたNo.7経営は、飼料費が低下するなら、導入している。条件については、いずれの経営においても、飼料費の低下が実現できること、圧ペントウモ

ロコシより安価であることを指摘している。その一方で、すでにイアコーンサイレージを利用し、大幅な購入濃厚飼料の減少を実現しているTMRセンターでは、飼料自給率の向上、安心安全な生乳生産を目指して導入したが、その動機は平成18~20年に生じたトウモロコシ等の飼料価格の高騰である。さらに、導入条件として、スケールメリットを生かした大規模生産としているが、これも詰まるところ、イアコーンサイレージの価格のさらなる低下である。すなわち、イアコーンサイレージの導入条件として、これと圧ペントウモロコシの価格が重要であることが理解できる。

以上より、イアコーンサイレージ給与の実態から導入条件について、以下の2点がいえる。第一に、最も重要な要素は、イアコーンサイレージと圧ペントウモロコシの価格である。第二に、イアコーンサイレージは水分を40%程度含んでいるため、ロール開封後2日程度で消費することが望ましいと考えられており、2日程度で消費できる経産牛頭数が必要である。さらに、イアコーンサイレージ導入の際、粗飼料よりも購入濃厚飼料を削減できる飼料設計が確立できることも、条件の一つとして考えられる。

（注2）本試験では、イアコーンサイレージの調製作業において、ロール1個の重量が500kg程度と700kg程度の細断型ロールベアラを用いている。

3) 小括

イアコーンサイレージに関して、モニターとして試験的に給与している個別農家、TMRセンターともに嗜好性の良さを指摘していた。さらに、個別農家において、10月に利用していたが、開封後の品質に関しても、さほど劣化しないことを挙げていた。このサイレージの導入条件として、個別農家は価格次第としていた。圧ペントウモロコシ価格と比較して、明らかに安価であることとしている。

一方、TMRセンターは飼料自給率の向上を目的にイアコーンサイレージを開始した経緯があり、栽培面積を増加して生産費用の低下を実現した現段階において、今後も継続して利用することとしている。とはいえ、開始した動機は、平成18年末から高騰した飼料価格であるので、導入条件として価格は重要な要素となると考えられる。未利用農家の事例を見ても、導入条件として最も重要な要素は価格として

表4-7 イアコーンサイレージの給与実態と導入条件

	方法	個別経営						TMRセンター Gセンター	
		No.5経営		No.6経営		No.7経営		TMR	
		導入前	導入後	導入前	導入後	導入前	導入後	導入前	導入後
飼料給与	導入前後	36kg		35kg		35kg		38kg	
	乳量設定	5	5	24	20	33	31	16.9	16.4
	GS	21	17	24	18	4	4	15.9	17.1
	CS	0	2.6	0	4	0	4	0	5.5
	ECS	9	9	7	7	7	7.5	11.4	6.2
	配合	1	1.6	0	0	4.5	2.3	0	0
	圧ぺんとうもろこし	0	0	1	1	1.5	1.8	0	0
	大豆粕	1	0.6	3	3	3	3	0.3	0.3
	ビートパルプ	0	0	1.1	1	2.5	1.5	0	0
	購入乾草	3	1.6	0	0	0	0	0	0
エタノール粕	1.5	2	2	1	0	0	0	0	
その他	1日		2~3日		1~2日		1日		
ラップサイレージ(イアコーン)消費日数	1日		2~3日		1~2日		1日		
イアコーン給与実態	嗜好性	良好		良好		良好 圧ぺんとうもろこしより嗜好性が高い		良好	
	作業	やや面倒できつい		多少面倒だが、きつくない		問題なし		問題なし	
	品質のバラツキ	なし		なし		なし		なし	
	開封後の品質維持	問題なし		意外と日持ちする		意外と日持ちする 真夏でも2日間は日持ちすると思われる		TMRセンターのため6ロール程度を1日で使い切るので問題なし。	
導入	方法	試験給与		試験給与		試験給与		当センターの耕地で生産	
	動機	-		-		-		飼料価格の高騰 飼料自給率の向上 安全安心な生乳生産	
	今後	不明		不明		飼料費が低下する なら利用する		継続して利用する	
	条件	圧ぺんとうもろこし価格より安価であること 飼料費の低下		飼料価格より安価であること 飼料費の低下		圧ぺんとうもろこし価格より安価であること 飼料費の低下		スケールメリットを生かした大規模生産	
備考	10日間の給与と中断がある。後継者の子息が入院、および作業場所を確保できなかったため。		とうもろこしのラップサイレージを使用した経験がある。		ラップで購入したとうもろこしサイレージを利用している。				

資料：聞き取り調査による。

注1：飼料給与のGSは牧草サイレージ、CSはとうもろこしサイレージ、ECSはイアコーンサイレージ。

2：飼料給与量の単位は「原物kg/日・頭」。



写真4-1 イアコーンサイレージ解体に用いる爪



写真4-2 サイログラブ

いる。

他の導入条件として、経産牛飼養頭数がイアコーンのラップサイレージを2～3日で消化できる規模であること、イアコーンサイレージの導入に当たって、濃厚飼料を削減できる飼料設計が確立できることが考えられる。

4) イアコーンサイレージおよび圧ぺんとうモロコシの価格別に見た導入条件の解明

本節では、イアコーンサイレージの導入条件を、以下の試算によってイアコーンサイレージ価格および圧ぺんとうモロコシ価格別に明らかにする。ここでは、牧草サイレージ、トウモロコシサイレージ、配合飼料、イアコーンサイレージ、圧ぺんとうモロコシ、大豆粕の給与量に価格を乗じ、搾乳牛1日1頭当たり飼料費の式を、イアコーンサイレージの有無別に策定する。式は以下の通りである。ここでは、イアコーンサイレージ価格と圧ぺんとうモロコシ価格を変数とする。

$$\begin{aligned} & \text{イアコーンサイレージ有り飼料費} \\ & = \text{イアコーンサイレージ単価} \times \text{給与量} \\ & \quad + \text{圧ぺんとうモロコシ単価} \times \text{給与量} \\ & \quad + \text{他の飼料の単価} \times \text{給与量} \cdots (1) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{イアコーンサイレージなし飼料費} \\ & = \text{圧ぺんとうモロコシ単価} \times \text{給与量} \\ & \quad + \text{他の飼料の単価} \times \text{給与量} \cdots (2) \end{aligned}$$

次に、上述の2式から「イアコーンサイレージ有り飼料費 = イアコーンサイレージなし飼料費」となる以下の式を導き出す。

$$\begin{aligned} & \text{イアコーンサイレージ価格} \\ & = \text{圧ぺんとうモロコシ価格} \times a + C \quad \cdots (3) \\ & \text{(ただし、} a \text{と} C \text{は定数)} \end{aligned}$$

試算結果よりイアコーンサイレージが導入可能な価格の範囲を明らかにする。「イアコーンサイレージ有り飼料費 < イアコーンサイレージなし飼料費」が導入条件であるので、(3)式において、左辺の値 < 右辺の値が導入可能な価格の範囲となる。

①試算の前提条件

試算を行うに当たり、前提条件を表4-8に示した。飼料給与量に関しては、北海道農業研究センターの試験結果に基づくことにする。ここでは、トウモロコシサイレージ、牧草サイレージのベース別(注3)に、イアコーンサイレージを利用しない場合、圧ぺんとうモロコシを利用しない場合について、それぞれの飼料給与量が示されている。以下では、前者より「圧ぺん区」、「イアコーン区」とする。日乳量設定は、いずれも33.5kgである。イアコーンサイレージ給与に伴う圧ぺんとうモロコシ給与量(原物)の減少については、トウモロコシサイレージベースの場合は2.2kg、牧草サイレージベースの場合は2.7kgである。

ここでは、飼料価格を変動させて試算するのであるが、圧ぺんとうモロコシの購入価格を変動させながら見ることとする。ただし、圧ぺんとうモロコシと配合飼料(注4)の価格は何らかの関係はあると思われるため、農業物価統計の2000～2009年の価格データを回帰した。結果は以下のとおりになった。なお、大豆粕価格については、圧ぺんとうモロコシ価格との関係について、はっきりした傾向は見いだしがたいので固定することとした。

また、自給飼料である牧草サイレージおよびトウモロコシサイレージの価格に関しては、平成20年度畜産物生産費調査報告に記載されている北海道のデータを用いた。

配合飼料価格

$$\begin{aligned} & = 19.80 + 1.044 \times \text{圧ぺんとうモロコシ価格} \\ & \quad (7.599) (0.1471) \leftarrow \text{標準誤差} \\ & \quad R^2 = 0.7157, \quad \text{標本数} = 22 \end{aligned}$$

(注3)本プロジェクトでは、舎飼トウモロコシサイレージベース、舎飼牧草サイレージ別に試験を行っている。前者はトウモロコシサイレージを給与しているが、後者はしていない。

(注4)北海道農業研究センターの給与試験では自家配合(市販配合、圧ぺん小麦、エン麦、大豆粕、タンカル)を用いているが、これの価格については配合飼料価格を適用して試算した。

②試算結果による導入条件の解明

試算結果は、図4-4のように、右上がりの直線になった。それぞれの直線部分より右下が「導入可能」、左上が「導入困難」な範囲である。まず、トウモロコシサイレージベースの場合について見ると、現行の圧ペントウモロコシ価格変動範囲の中で最も低い51円/TDNkgを前提とした時、イアコーンサイ

レージの価格は60.7円/TDNkg以下で導入可能となる。その一方で、本プロジェクトの目標価格である55円/TDNkgが達成できれば、圧ペントウモロコシは45.5円/TDNkgで導入可能となる。この価格は現行の価格の変動範囲より低い水準である。

次に、牧草サイレージベースの場合について見ると、トウモロコシサイレージベースの場合より導入

表4-8 試算の前提条件

	給与量				TDN率	飼料価格
	CSベース		GSベース			
	圧ペン区	イアコーン区	圧ペン区	イアコーン区		
	現物/kg				%	円/TDNkg
GS	27.9	27.2	50.8	47.1	12.5(CS) 15.1(GS)	
CS	18.5	17.7	0	0	25.8	38.0
ECS	0	3.9	0	5.4	48.2	—
配合飼料	6.4	6.3	6.4	6.2	80.0	—
圧ペンとうもろこし	2.2	0	2.7	0	81.0	—
大豆粕	1.85	1.82	1.68	1.61	77.4	96.3

資料：給与量、TDN率は北海道農業研究センター酪農研究領域の試験結果、飼料価格は農作物価統計および畜産物生産費調査による。

- 注1：飼料給与のGSは牧草サイレージ、CSはトウモロコシサイレージ、ECSはイアコーンサイレージ。
 2：「CSベース」とはトウモロコシサイレージベース、GSベースとは牧草サイレージベースをさす。
 3：TDN率は原物換算である。
 4：イアコーンサイレージ、圧ペントウモロコシ、配合飼料の価格は変数。「—」は変数の意味を示す。

可能な範囲が広がる。圧ペントウモロコシ価格が51円/TDNkgならば、イアコーンサイレージの価格は64.1円/TDNkg以下で導入可能となる。本プロジェクトの目標価格である55円/TDNkgまで低下させた場合、圧ペントウモロコシ価格が41.0円/TDNkgまで低下しても、導入は可能である。

イアコーンサイレージの導入について、試算結果より以下の点が理解できる。現行の圧ペントウモロコシ価格の中で最も低い51円/TDNkgを前提とすると、搾乳牛1日1頭当たり飼料費の比較から、牧草サイレージベースの飼料設計の場合、イアコーンサイレージが64.1円/TDNkg以下になると、導入によって飼料費は低下する。トウモロコシサイレージベースの飼料設計の場合、イアコーンサイレージ

が60.7円/TDNkg以下になることが導入条件である。イアコーンサイレージが目標の55円/TDNkgになれば、圧ペントウモロコシ価格がより低下しても導入可能である。

③実態に基づいた試算

ここでは、イアコーンの導入により購入濃厚飼料を減少させているNo.7経営とGセンターの給与例を取り上げ、購入濃厚飼料価格との対応から見たイアコーンサイレージの導入価格を見ることとする。No.7経営は圧ペントウモロコシを用いているが、Gセンターは用いていない。そこで、前者は圧ペントウモロコシ価格、後者はこれとほぼ同じ栄養価である配合飼料（CP9.0%）の価格との対応を見

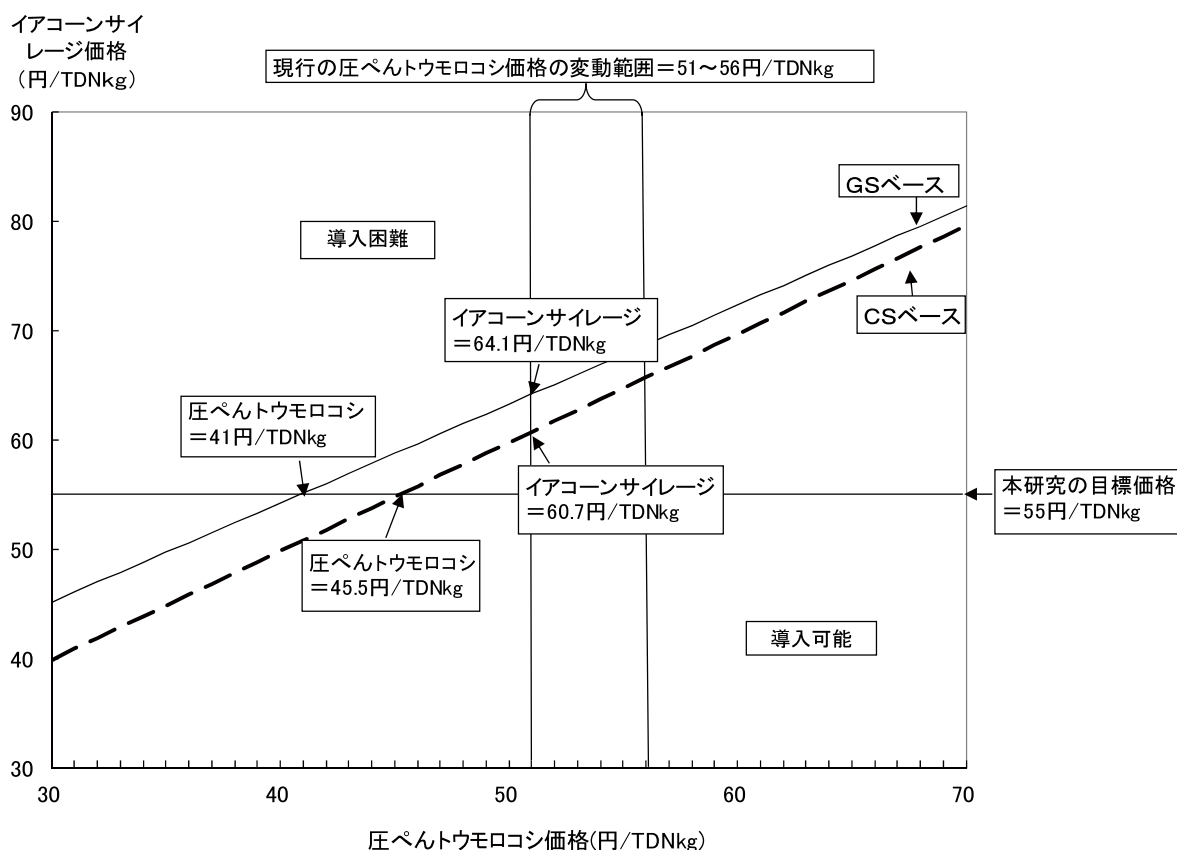


図4-4 圧ペントウモロコシ価格との対応から見たイアコーンサイレージ導入価格

資料：北海道農業研究センター酪農研究領域の試験結果より試算

注1：「CSベース」とはトウモロコシサイレージベース、GSベースとは牧草サイレージベースをさす。

2：「CSベース」では、イアコーンサイレージ、圧片トウモロコシの他に牧草サイレージ、トウモロコシサイレージ、配合飼料、大豆粕を給与している。「GSベース」では、トウモロコシサイレージを給与していない。

3：直線は、飼料費が「(イアコーン単価×給与量) + 飼料設計に含まれる他の飼料の価額 = (圧ペントウモロコシ単価×給与量) + 飼料設計に含まれる他の飼料の価額」となるイアコーン単価と圧ペントウモロコシ単価の交点を結んだもの。この直線より右下の範囲がイアコーンサイレージ導入可能となる価格群。

4：式は、CSベースが $Y=10.0792+0.9924 \times X$ 、GSベースが $Y=18.0114+0.9044 \times X$ 。

5：圧ペントウモロコシの価格変動は、2009年1月～12月のもの。数値は農作物価統計による。

ることとする。イアコーンサイレージ給与によるこれらの濃厚飼料給与の減少量は、前者は2kg程度に対し、後者は5～6kgである。試算の前提条件については、表4-9～10に示した。

試算結果は図4-5～6の通りとなった。まず、No.7経営の場合について見ると、イアコーンサイレージが、目標価格である55円/TDNkgが達成できれば、圧ペントウモロコシ価格52.5円/TDNkgで導

入可能となる。現行の圧ペントウモロコシ価格の変動範囲は51～56円/TDNkgであるので、イアコーンサイレージの導入可能性はある。

次に、Gセンターの場合について見ると、日乳量38kgに比べ、日乳量40kgの方がわずかではあるが、導入可能な範囲は広い。これは、イアコーンサイレージ給与に伴う濃厚飼料給与の減少量が、後者の方がわずかに大きいことによるものと考えられる。と

はいえ、いずれも5～6kg減少しているので、イアコーンサイレージの導入可能性は大きい。現行のイアコーンサイレージ価格（注5）と配合飼料価格から見ても、十分に導入できる。現行の配合飼料価格

では、イアコーンサイレージが93円/TDNkgまで高くなっても導入可能であるし、現行のイアコーンサイレージ価格においても、配合飼料が42円前後と低水準でも可能である。目標価格である55円/TDNkg

表4-9 No.7経営の事例に基づいた試算の前提条件

	イアコーン	イアコーン	TDN率	単価
	なし	あり		
	kg	kg	%	円/TDNkg
GS	33.0	31.0	15.1	68.9
CS	4.0	4.0	25.8	38.0
ECS	0.0	4.0	48.2	—
配合飼料	7.0	7.5	80.0	—
ビートパルプ	3.0	3.0	64.6	62.5
圧べんとうもろこし	4.5	2.3	81.0	—
大豆粕	1.5	1.8	77.4	96.3
クレイングラス	2.5	1.5	52.7	83.5

資料：給与量は、十勝農業改良普及センター北部支所による。

注1：日乳量設定は35kg。

2：飼料給与のGSは牧草サイレージ、CSはトウモロコシサイレージ、ECSはイアコーンサイレージ。

3：GS、CSは表4-8より引用。他の飼料は聞き取り調査による。

4：ECS、配合飼料、圧べんとうもろこしの価格は変数。

表4-10 Gセンターの事例に基づいた試算の前提条件

(日乳量38kg設定)

	イアコーン	イアコーン	TDN率	単価
	なし	あり		
	kg	kg	%	円/TDNkg
GS	16.9	16.4	15.1	68.9
CS	15.9	17.1	25.8	38.0
ECS	0.0	5.5	48.2	—
配合飼料(CP9.0%)	5.2	0.0	80.0	—
配合飼料(CP33.0%)	6.2	6.2	80.0	72.5
ビートパルプ	0.3	0.3	64.6	62.5

(日乳量40kg設定)

	イアコーン	イアコーン	TDN率	単価
	なし	あり		
	kg	kg	%	円/TDNkg
GS	16.7	14.8	15.1	68.9
CS	15.9	17.6	25.8	38.0
ECS	0.0	6.1	48.2	—
配合飼料(CP9.0%)	6.0	0.0	80.0	—
配合飼料(CP33.0%)	6.4	6.6	80.0	72.5
ビートパルプ	0.3	0.3	64.6	62.5

資料：給与量は、Gセンター資料による。

注1：飼料給与のGSは牧草サイレージ、CSはトウモロコシサイレージ、ECSはイアコーンサイレージ。

2：GS、CSは表4-8より引用。配合飼料(CP33.0%)、ビートパルプは聞き取り調査による。

3：ECS価格と配合飼料(CP9.0%)価格は変数。

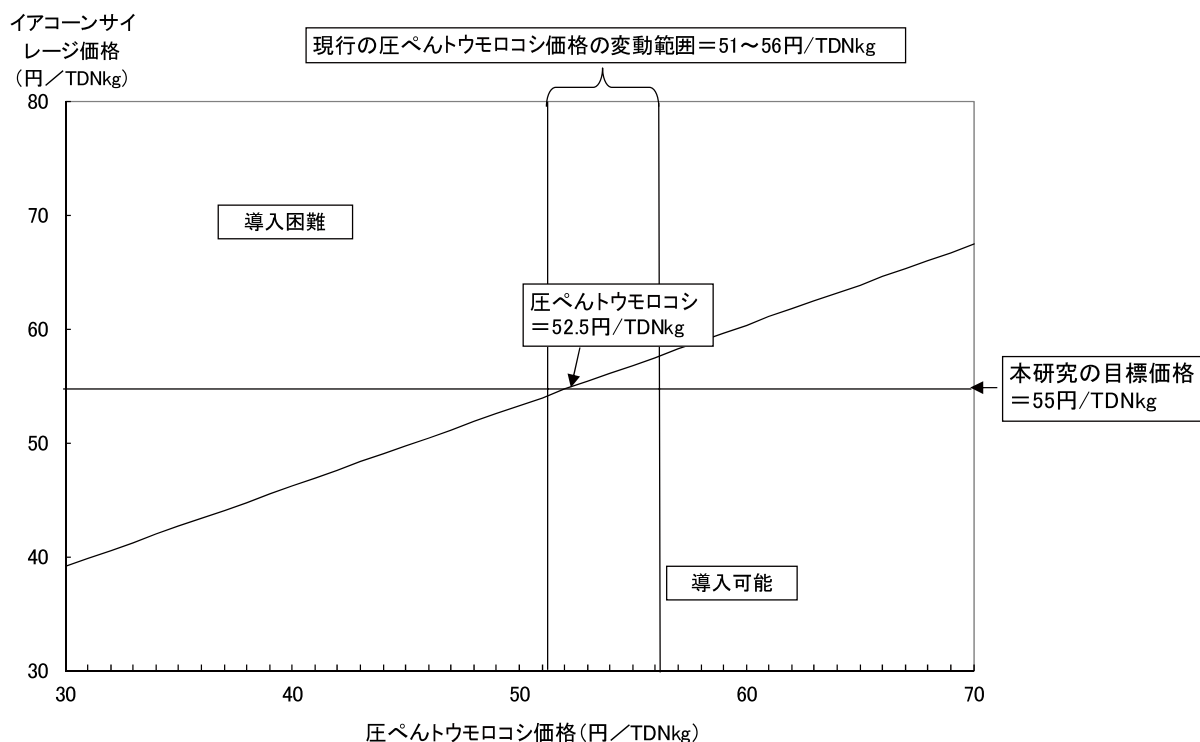


図4-5 No.7経営の圧ペントウモロコシ価格との対応から見たイアコーンサイレージ導入価格

資料：表4-9の飼料給与量より試算

注1：直線は、飼料費が「イアコーンサイレージあり給与＝イアコーンサイレージなし給与」となる値を結んだもの。この直線より右下の範囲がイアコーンサイレージ導入可能となる価格群。

2：圧ペントウモロコシの価格変動は、2009年1月～12月のもの。数値は農作物価統計による。

が達成できれば、配合飼料価格はさらに低水準となっても十分に導入できる。

以上、実態に基づいた試算により、以下の点が理解できる。第一に、イアコーンサイレージ導入に伴う濃厚飼料給与をより多く減少させた方が、導入されやすい。第二に、濃厚飼料給与の減少量が比較的小なくても、イアコーンサイレージの目標価格を実現すれば、導入の可能性は考えられる。

(注5) Gセンターの聞き取り調査によれば、原物価格31円/kgであるので、この値をTDN（原物当たりTDN率48.2%で除した）換算した。

エ 今後の課題

畑作経営への導入をより円滑化する支援方策や、畑作と酪農の間の輸送範囲等の検討が残された。

オ 要約

酪農家におけるイアコーンサイレージ導入の価格条件を見ると、現行の圧ペントウモロコシ価格51円/TDNkgならば、牧草サイレージベースの飼料設計の場合64.1円/TDNkg、トウモロコシサイレージベースの場合60.7円/TDNkg以下となる。

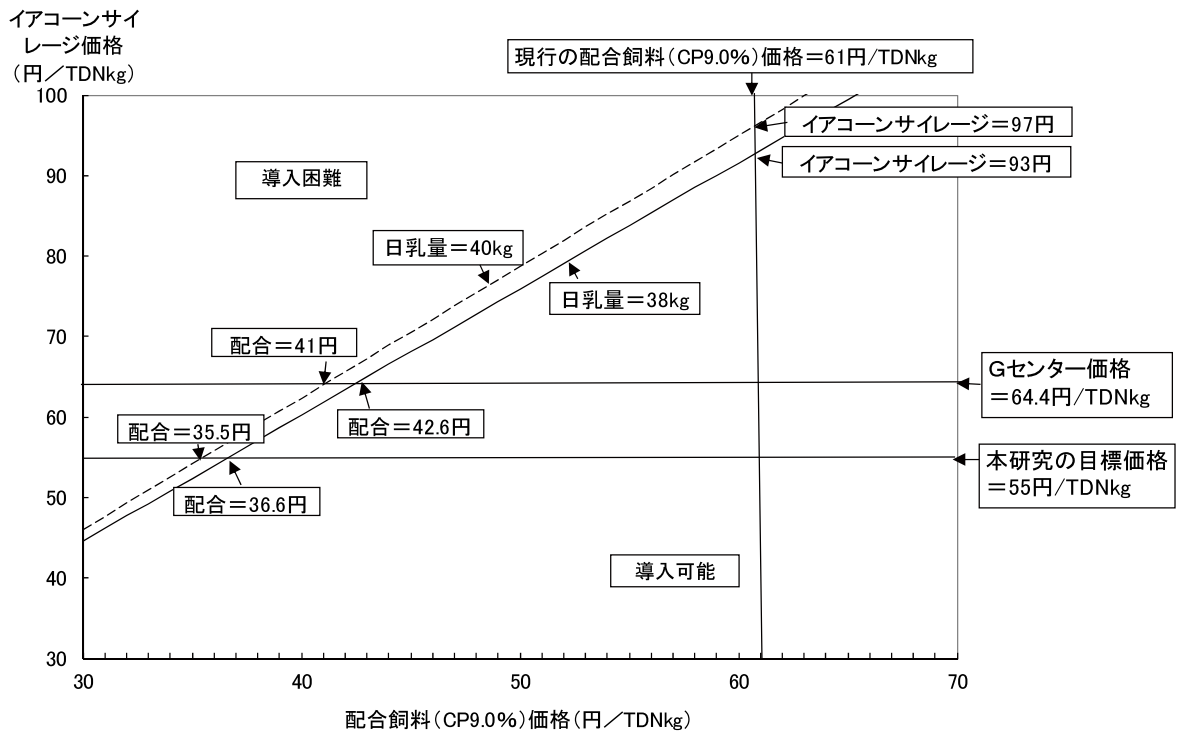


図4-6 Gセンターの配合飼料（CP9.0%）価格との対応から見たアイコーンサイレージ導入価格

資料：表4-10の飼料給与量より試算

- 注1：直線は、飼料費が「アイコーンサイレージあり給与＝アイコーンサイレージなし給与」となる値を結んだもの。この直線より右下の範囲がアイコーンサイレージ導入可能となる価格群。
- 2：Gセンターでは圧ペントウモロコシを給与していない。ここでは、圧ペントウモロコシとほぼ同成分であり、かつアイコーンサイレージの代替物として用いられている配合飼料（CP9.0%）の価格を対象とした。
- 3：配合飼料（CP9.0%）の価格は聞き取り調査の値（49.0円/原物kg）をTDN率で除して換算したものの。

カ 参考文献

藤田直聡・久保田哲史（2009）酪農経営におけるトウモロコシサイレージ多給技術の導入効果。北海道農業研究センター農業経営研究。100：1-12

樋口昭則・樋口聖哉・渡邊大樹・仙北谷康（2010）実取りトウモロコシの経営的評価—酪農経営と畑作経営の連携を前提とした評価—。2010年度日本農業経済学会論文集：30-37

（藤田直聡・久保田哲史）

北海道農研プロジェクト研究成果シリーズ

PROJECT HARC

No.9

農研機構 北海道農業研究センター