

根 釧 農 試

# 酪農研究通信

第18号 2009年3月



パイプハウス牛舎で、健康な子牛を育てる



北海道立根釧農業試験場

北海道標津郡中標津町旭ヶ丘7番地  
TEL(0153)72-2004 FAX(0153)73-5329

根釧農業試験場において、平成 20 年度に終了した主な研究の成果の要約と、試験場が主催した主な行事をまとめました。酪農の生産・普及・行政の現場でご利用下さい。

## 第 18 号 目 次

### 平成 20 年度の研究成果

1. カーフハッチにおける 4 週齢離乳法	1
(カーフハッチにおける乳用子牛の 4 週離乳法)	
2. パイプハウス牛舎で健康な子牛を育てる	3
(哺育・育成牛のためのパイプハウス牛舎の利用技術)	
3. 泌乳牛の健康に及ぼす放牧の効果	5
(放牧による泌乳牛の糖代謝能の向上および肢蹄の健康の改善)	
4. しょうゆ油は泌乳牛用飼料として利用できます	7
(しょうゆ油の飼料特性と泌乳牛への給与水準)	
5. 分娩後の体温測定的重要性	9
(乳牛の産褥期における発熱と乳量・飼料摂取量および疾病発生との関係)	
6. 60℃30 分の加熱処理を行うと初乳中の細菌数は顕著に減少し、抗体はわずかしか失活しないので、子牛は感染症にかかりにくくなります	11
(小型バッチ式初乳加熱装置(60℃30 分)の殺菌性能と加熱初乳による免疫賦与効果)	
7. 乳頭清拭装置の作業性と清拭効果	13
(乳頭清拭装置の作業性と清拭効果)	
8. 搾乳ロボットを活かした酪農経営	15
(搾乳ロボットを導入した酪農経営モデル)	
9. 超音波エコーでチーズのガスホールが見える！！	17
(超音波画像診断による半硬質チーズ内部構造の評価)	
10. 適正な施肥による河川水質の改善	19
(酪農地帯における草地の施肥管理適正化による河川水質改善効果)	
11. 自然の力を利用した排水浄化システム	21
(搾乳牛舎パーラー排水処理のための伏流式人工湿地(ヨシ濾過)システム)	
12. 地下埋設型密閉式ばっ気処理槽を嫌気発酵処理に転換	23
(地下埋設型密閉式ばっ気処理槽のバイオガスプラントへの改造利用)	
13. バイオガスがお宅のガステーブルで使えます！	25
(余剰バイオガス精製・圧縮装置と地域利用システム)	
14. 新しい牧草品種と農業機械	27

平成 20 年度の主な行事	29
根釧農業試験場公開デー、酪農フォーラム、酪農講座	

詳しい情報や内容に関するお問い合わせは、各担当者にお寄せください。この資料中の課題名は要約版です。お問い合わせ・検索にはカッコ書きした(成果名)をご利用下さい。これまでの研究成果については、インターネットで情報を提供しています。合わせて活用して下さい。

◆根釧農業試験場 (<http://www.agri.pref.hokkaido.jp/konsen/konsen1.html>) から「研究成果」を選択

◆北の農業広場 <http://www.agri.pref.hokkaido.jp/index.html> から「試験研究成果一覧」を選択  
(畜産以外の水田、野菜、畑作などの情報も検索できます)

## カーフハッチにおける4週齢離乳法

(カーフハッチにおける乳用子牛の4週齢離乳法)

乳牛飼養科 大坂 郁夫

(E-mail : osakaik@agri.pref.hokkaido.jp)

### 1. 背景・ねらい

カーフハッチは衛生的で精密な個体管理が可能ですが、作業量の多さが難点です。中でも哺乳は、労力のかかる作業の一つです。現在4L/日、6週齢までの哺乳が早期離乳の標準ですが、離乳が早くなれば作業が軽減されます。かといって、単に哺乳期間を短くしただけでは、離乳後の発育が悪くなることがあります。

この課題では、未利用資源（規格外乾燥ダイコン＝切干しダイコン）も利用し、乳用子牛を4週齢で離乳し離乳後も発育を低下させない飼養法について検討してみました。

### 2. 技術内容と効果

#### <子牛に与えるエサの特徴を知ろう！>

表1 各飼料の化学成分

飼料	乾草 <sup>1</sup>	人工乳 <sup>3</sup>	乾燥ダイコン
DM(%)	89.8	88.1	79.8
	----- DM中 %-----		
CP	14.7	19.4	11.1
EE	2.7	3.3	0.8
Oa	12.0 <sup>2</sup>	12.0	10.8
Ob	48.0 <sup>2</sup>	2.0	3.8
糖	4.6	3.3	39.1
硝酸態窒素	0.06	0.00	0.42

<sup>1</sup>根釧農試産、チモシー1番穂孕期

<sup>2</sup>刈り取り時期および一般成分からの推量値

<sup>3</sup>飼養試験に用いた人工乳

<sup>4</sup>豊頃町産

子牛には消化しやすい繊維（Oa）と発酵しやすい炭水化物（デンプンや糖）が必要です。表1に子牛に与えるエサの成分を示しました。乾草は繊維含量（Oa+Ob）が多いのですが、その多

くが発酵しにくい炭水化物（Ob）でした。人工乳は繊維含量が少ないですが、そのほとんどがOaでした。乾燥ダイコンは人工乳の成分に近く、特に糖分が多いことから、子牛用の飼料として利用可能であることがわかりました。

#### <哺乳期に乾草は必要か？>

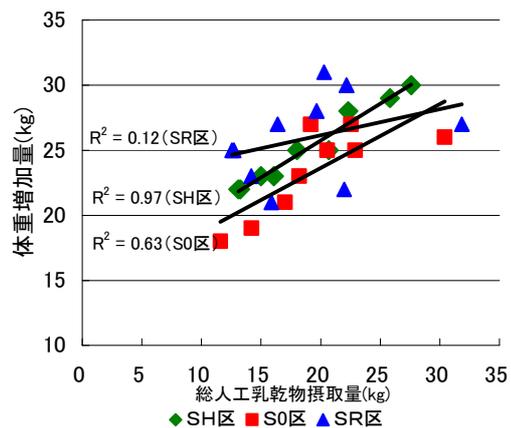


図1 試験期間の総人工乳乾物摂取量と体重増加量

哺乳期に人工乳だけを給与する（S0区）と、3週齢までの人工乳摂取量が高まりました。しかし、同じ人工乳を摂取しても、人工乳に乾草を併給すると（SH区）、体重の増加量が高まりました（図1）。

解剖すると、S0区で第一胃内に毛玉（写真）や敷料、胃壁に飼料片の付着が見られました。しかし、乾草を摂取しすぎると



見られました。しかし、乾草を摂取しすぎると

人工乳摂取量が低下する傾向にありました。これらのデータから、3週齢までは人工乳を300g/日に制限し、物理的効果を与えるため、哺乳期に乾草を50g/日程度与える必要があると推定されました。この物理的効果は、乾燥ダイコンでは明確になりませんでした（SR区）。

### <粗飼料の質は、いつ発育に影響を与える？>

表2 試験構成、期間別日増体量および体重増加量

		試験1*			試験2*	
		ER区	EH区	NH区	R区	H区
哺乳量	L/日	6	6	4	6	6
哺乳期間	週	4	4	6	4	4
乾草	TDN%*	53	53	53	70	70
乾燥ダイコン***	TDN%*	73	---	---	73	---
	(週齢)	-----kg/日-----				
期間別日増体量						
	1-4	0.71 <sup>A</sup>	0.66 <sup>AB</sup>	0.60 <sup>B</sup>	0.68	0.60
	5-6	0.82	0.81	1.00	0.87	0.99
	7-8	1.00	1.00	0.99	1.01	0.91
	9-13	1.06 <sup>a</sup>	0.92 <sup>b</sup>	0.97 <sup>ab</sup>	1.09	1.09
		-----kg-----				
体重増加量	1-13	79	75	76	81	79

異文字間に有意差有ab:P<0.05, AB:P<0.10

\*試験1: 低質チモシー乾草使用、試験2: 良質チモシー乾草使用

\*\*乾物中

\*\*\*化学成分からNRC(2001)により推量

これらの知見を基に、試験1では哺乳量6L/日、4週齢離乳で3週齢までの最大人工乳給与量を300g、離乳までの粗飼料給与量を乾草摂取量+乾燥ダイコンで50g/日に制限したER区、同様に粗飼料として乾草50g/日に制限したEH区と、4L/日、6週齢離乳で固形飼料を自由摂取させたNH区を比較しました。哺乳期間の総哺乳量が同じでも、1日当たりの哺乳量が多い4週齢離乳区の増体が高くなる傾向にありました。また、ER区、EH区が離乳した5-6週齢でもNH区と有意差は見られませんでした(表2)。これは、離乳後のバラツキのない安定した人工乳の摂取が可能になったためと考えられます(図2)。このように、哺乳量を高めて哺乳期の固形飼料給与量を制御すると、4週齢離乳でも

6週齢離乳と同等の発育になりました(表2 EH区 vs NH区)。低質乾草(TDN53%)に乾燥ダイコンを併給すると9週齢以降に発育は改善されました(表2: ER区 vs EH区)。

試験2では良質乾草(TDN70%)に変えて、試験1と同様の4週齢離乳法で乾燥ダイコンの併給効果を検討しました。その結果、良質乾草に乾燥ダイコンを併給する効果はありませんでしたが、いずれも9週齢以降の発育が良好となりました(表2: R区・H区)。

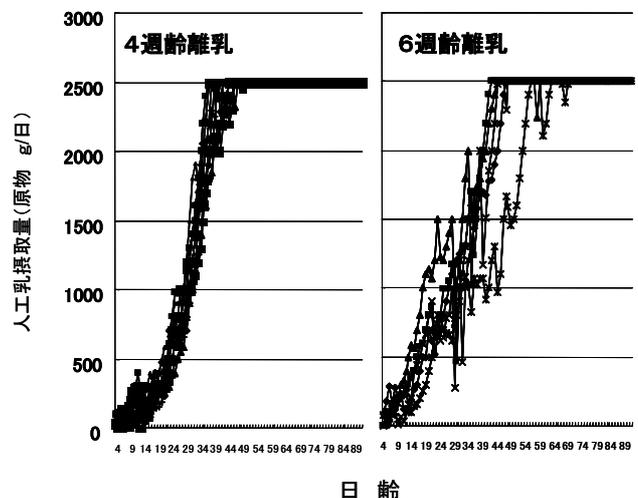


図2 哺乳期間の違いと個体別人工乳摂取量の推移

### <まとめ>

哺乳期間の人工乳や粗飼料給与量を制御した4週間、6L/日哺乳の飼養は、標準哺乳(6週間、4L/日)で固形飼料を自由摂取させた場合と同等の発育が期待でき、良質粗飼料や乾燥ダイコンの併給は9週齢以降の発育を改善することが示されました。

### 3. 留意点

1. 本試験は全て代用乳とテクスチャータイプの人工乳を用いました。
2. 子牛の生時体重が35kg未満の場合の哺乳量は、体重の14%程度を目安とします。
3. カーフハッチの利用が効果的ですが個体管理可能な他の飼養体系にも応用できます。

## パイプハウス牛舎で健康な子牛を育てる

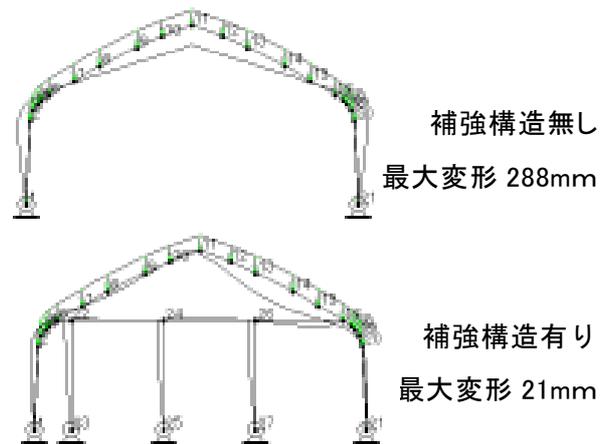
(哺育・育成牛のためのパイプハウス牛舎の利用技術)

酪農施設科 関口 建二

(E-mail : sekiken@agri.pref.hokkaido.jp)

### 1. 背景・ねらい

小・中規模の酪農家では哺育・育成牛を専用牛舎ではなくカーブハッチや成牛舎の一部を利用して飼養する例が多く見られますが、一方で管理労働の増大と飼養環境悪化の要因になることもあります。そこで低コストなパイプハウスを利用した収容頭数 20 頭程度の哺育・育成牛舎について構造や環境制御方法を整理し、自然条件や環境条件に応じた利用法を検討しました。



<垂直に積雪 30cm 相当の荷重をかけた場合>

図1 強度の比較

### 2. 技術内容と成果

#### 1) 構造と強度

パイプハウス哺育・育成牛舎の基本構造には市販の間口 9m 奥行 18m の耐雪型パイプハウスを用い、隔柵支柱と一体の内部補強構造を採用します。内部補強構造の追加により積雪などの荷重に対する変形は大きく軽減され(図1)、牛舎管理作業に必要な機械の使用を妨げずに、構造強度の向上が可能です。



図2 舎内の様子

#### 2) 利用のポイント

銀色の遮光フィルム(遮光農ビ, 0.1mm 厚, 遮光率 99%)を通年で舎内に展張すると、風の影響を考慮することなく、夏の遮光と冬の結露ばた落ち対策として効果があります。開口部から侵入する鳥獣対策には、開口部へのネットやチェーンの設置が有効です(表1、図2、3)。



図3 出入口のチェーン

表1 利用のポイント

基本構造	耐雪型ハウスを基本 骨格に補強を追加
建設場所	南向きのハウス側面は日射が入る
遮光資材	舎内に張ると夏の暑さと冬の結露対策
換気対策	妻面は作業性確保を兼ね大型扉を配置 側面は巻上カーテンなどの開口部を確保
雨水対策	隙間を目張り、床面に段差や勾配を設置
積雪対策	ハウス側面の雪はこまめに除雪
鳥獣対策	開口部にネットやチェーンを設置
寒冷対策	牛床を囲む防風板や床面にすのこを設置

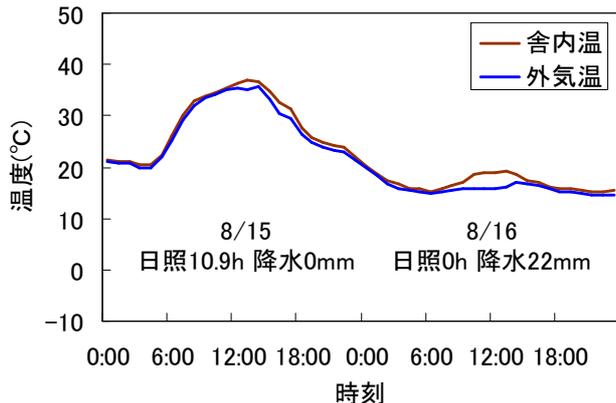


図4 夏季の舎内温度と外気温

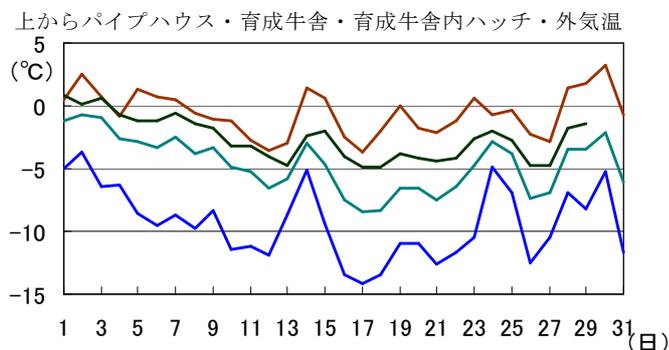


図5 環境温度の比較 (根釧農試 2008.1)

表2 子牛の日増体重と平均室温

0-4週齢		夏	秋	冬	春
計算値	kg/日	0.97	0.83	<b>0.67</b>	0.77
実測値	kg/日	0.88	0.68	<b>0.54</b>	0.59
差		0.09	0.15	<b>0.13</b>	0.18
日平均室温	(°C)	20.2	5.5	<b>0.3</b>	10.3

\*計算値はNRC(2001)・20°C以下で熱生産量増加を考慮

5-8週齢		夏	秋	冬	春
計算値	kg/日	0.71	0.74	0.78	0.78
実測値	kg/日	0.74	0.78	0.76	0.74
差		-0.03	-0.04	0.02	0.04
日平均室温	(°C)	16.3	1.4	2.0	14.1

\*計算値はNRC(2001)・5°C以下で熱生産量増加を考慮

### 3) 舎内の環境

夏季の管理は強風・大雨時を除いて開口部全ての開放を基本とします。舎内温度は外気温より2~3°C高く推移します(図4)。飼養牛は日中、直射日光を避け舎内の日陰で休息し、日没後は舎外の草地へ出て行く様子が観察されました。

冬季の管理は開口部全ての閉鎖を基本としますが、昼間の晴天時は舎内温度が上昇するので、雪の吹き込みなどがない状況では開口部から換気が可能です。舎内温度は夜間や曇天・降雪時で外気温より5°C程度、晴天時は10°C前後高く推移します。

根釧農試の施設では冬季の平均温度はパイプハウスが最も高く、育成牛舎、育成牛舎内カーフハッチの順となりました(図5)。

### 4) 子牛の日増体重

人工乳を給与せず、代用乳8L/日・哺乳期間8週の飼養条件では、パイプハウス牛舎は冬季でも哺乳期間内の平均気温を0°C以上に維持できたため、熱産生のためのエネルギー増加量が軽減され、0-4週齢牛の増体は0.5kg/日以上が可能でした(表2)。

### 3. 留意点

この技術は間口9m奥行18mの耐雪型パイプハウスを利用した場合の試験結果です。パイプハウスを用いた低コストな簡易哺育・育成舎を利用する際に利用できます。



## 泌乳牛の健康に及ぼす放牧の効果

(放牧による泌乳牛の糖代謝能の向上および肢蹄の健康の改善)

乳牛繁殖科 南橋 昭

(E-mail: minamiha@agri.pref.hokkaido.jp)

### 1. 背景・ねらい

放牧は、乳牛の健康に良い影響を及ぼすとされていますが、そのことを実証した研究はあまりありません。そこで、放牧が泌乳牛の糖代謝能と肢蹄の健康に及ぼす影響を調査しました。

### 2. 技術内容と効果

根釧農試の放牧地において2006年5月から2008年11月に放牧を行い、舎飼期と放牧期の糖代謝能(血糖減少率)、肢蹄の健康状態、歩数計による活動量(カウント数≒歩数)を調査しました。調査牛は初産18頭を含む泌乳牛延べ40頭、放牧方式は1日1牧区の輪換放牧、放牧方法は昼夜放牧(放牧時間17hr)と時間制限放牧(同5hr)、放牧日数は24~135日、放牧時期は春~夏、春~秋と夏~秋、乳期は泌乳前期~後期でした。放牧期間中および舎飼期ともにフリーストール牛舎で飼養しました。

#### 1) 放牧期における活動量

泌乳牛の1日の活動量は、昼夜放牧、時間制限放牧および舎飼期においてそれぞれ6,229、4,420および2,127カウントでした。

#### 2) 放牧による糖代謝能の向上

血糖減少率は、放牧時間、放牧日数、放牧時期、産次および乳期に関わらず、放牧開始後4週目に舎飼期と比較して有意に高く、放

牧終了後4週目に放牧終了時と比較して有意に低い値でした。これらのことから、糖代謝能は5時間程度の時間制限放牧でも放牧開始後1か月で上昇し、放牧終了後1か月以内に低下すると考えられました。

舎飼期および放牧終了後4週目の血糖減少率は調査牛の約半数が40%未満であり、30%未満の個体が13%でした。放牧開始後4週目および放牧終了時の血糖減少率は40%未満が6~7%であり、さらに30%未満の個体はいませんでした。糖代謝能は放牧により向上したと考えられました(図1)。

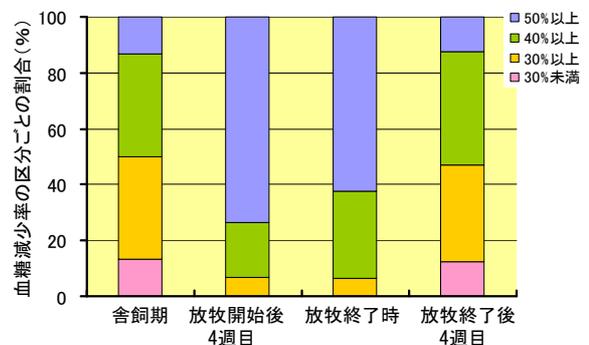


図1. 舎飼期と放牧開始後4週目および放牧終了時と放牧終了4週目における血糖減少率の区分ごとの割合

#### 3) 活動量と糖代謝能の関係

放牧時間に関わらず、1日の活動量が4,000カウントを超えた調査牛のほとんどで放牧開始後4週目の血糖減少率が40%以上であり、血糖減少率を40%以上に保つには、放牧による4,000カウント程度の歩行運動を1か月程度継続することが必要と考えられました(図

2)。

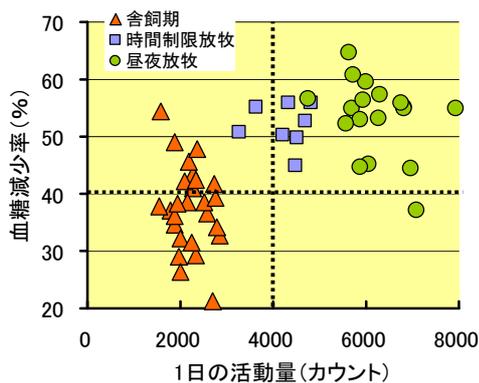


図 2. 1 日の活動量と血糖減少率の関係

#### 4) 放牧による肢蹄の健康の改善

跛行スコア 2 以上の牛の割合は、舎飼期と比較して放牧期で低い傾向が見られ、飛節スコア 2 以上の牛の割合は、舎飼期と比較して放牧期で有意に低い値でした (図 3)。このことから、昼夜放牧は肢蹄の健康の改善に効果があると考えられました。

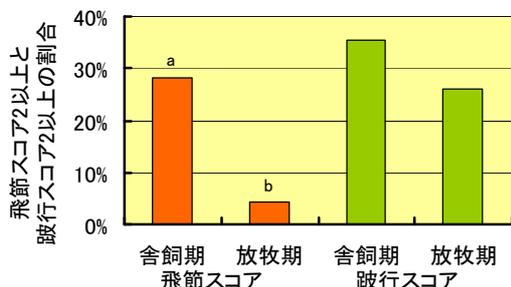


図 3. 飛節スコア 2 以上および跛行スコア 2 以上の割合 ab: 異文字間に有意差 (P<0.05)

#### 5) 放牧と施設が肢蹄の健康に及ぼす影響

根室管内の放牧農家 6 戸において、飛節スコアおよびふん付着スコアを測定しました。昼夜放牧を実施している農家の放牧期の飛節スコア 2 以上の牛の割合は、放牧開始前の舎飼期と比較して低い傾向であるか、または有意に低い値でした (図 4)。このことから、昼夜放牧は肢蹄の健康の改善に効果があると考えられました。また、飛節スコアと腿のふん付着スコアに強い相関が見られたことから、肢蹄の健康は、放牧だけでなく、牛床を初め

とする施設の影響を強く受けていると考えられました。

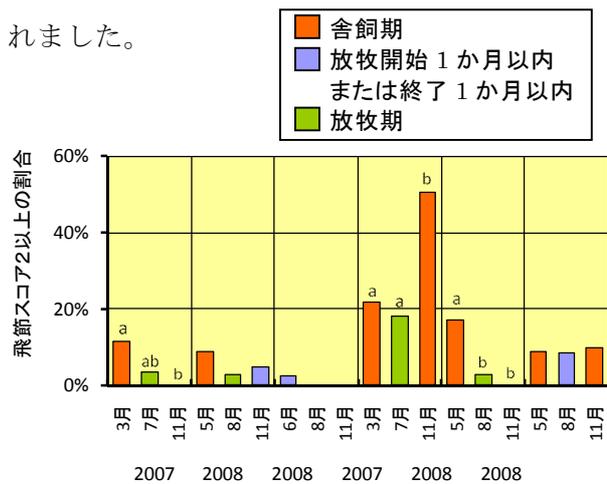


図 4. 調査農家における飛節スコア 2 以上の割合 ab: 異文字間に有意差 (P<0.05)

### 3. 留意点

1) 放牧による肢蹄の健康の改善効果については、放牧により乳牛の健康を考慮した飼養管理を実施する場合の参考となります。

#### (用語解説)

**糖代謝能**：摂取した糖を細胞や組織に貯蔵したり、貯蔵した糖を利用するしくみ。周産期の代謝性疾患では糖代謝能の低下が認められる。

**血糖減少率**：糖代謝能の指標で、インスリン投与前と投与 30 分後の血糖値の減少割合。周産期に血糖減少率が低い牛では代謝性疾患を発症する可能性が高いと報告されている。

**跛行スコア**：肢蹄の異常を評価する指標であり、佇立時と歩行時の背部姿勢と歩行状態に基づいて 5 段階 (1~5) にスコア化したものであり、スコア 2 以上は歩行時に背部が湾曲する等の明らかな異常が見られる。

**飛節スコア**：跛行スコアとの相関が示されており、肢蹄の異常を評価する指標の 1 つとして使用した。後肢の飛節の脱毛や腫れなどの状態に基づいて 5 段階 (0~4) にスコア化したものであり、スコア 2 以上は出血や腫れ等の明らかな異常が見られる。

**腿のふん付着スコア**：牛床構造を評価する指標であり、ふん (固形物) 付着が無い場合をスコア 0、有る場合をスコア 1 とした。

## しょうゆ油は泌乳牛用飼料として利用できます

(しょうゆ油の飼料特性と泌乳牛への給与水準)

乳牛飼養科 昆野 大次

(E-mail : konnodai@agri.pref.hokkaido.jp)

### 1. 背景・ねらい

乳牛用油脂飼料の原料は、食用油脂との競合もあり、未利用資源の活用が望まれます。丸大豆しょうゆ醸造時の副産物油脂であるしょうゆ油の多くは燃料として再利用されており、乳牛用飼料としての利用は検討されていません。

反芻動物においては、飼料中の粗脂肪（EE）含量が一定量以上になるか、油脂の性状によっては第一胃（ルーメン）内発酵を阻害し、繊維成分の消化率が低下することが知られています。

そこで、本課題ではしょうゆ油の泌乳牛用飼料としての特性と給与水準に焦点をあてて検討しました。

### 2. 技術内容と効果

<しょうゆ油をルーメン内に大量、長期間投与すると？>

粗濃比 75:25 の混合飼料（TMR）を不断給餌した泌乳牛へ、しょうゆ油 1000g/日をフィステル経由でルーメン内へ直接投与しても、乾物摂

取量（DMI）、総揮発性脂肪酸（VFA）濃度、および乳量に変化はなく、酢酸/プロピオン酸比（A/P 比）も 3.5 以上で推移しましたが、乳脂肪率は大きく低下しました（以上、表 1）。

ルーメン内発酵が著しく阻害されないにもかかわらず、乳脂肪率の低下が確認されました。

### <乳脂肪率を低下させないしょうゆ油投与量は？>

粗濃比 50:50 の TMR を不断給餌した泌乳牛へ、しょうゆ油を 0、200、400 あるいは 600g/日をフィステル経由でルーメン内へ直接投与すると、投与量が増加するにつれて、DMI は低下傾向が認められました（P=0.11）。ルーメン内の総 VFA 濃度と A/P 比に対するしょうゆ油投与量の影響は小さいものの、乳脂肪率はしょうゆ油投与量が多いほど低下する傾向にあり（P=0.09）、600g/日では大きく低下し、400g/日までとすれば、乳脂肪率は大きく低下しないことが分かりました（以上、表 2）。

表1. しょうゆ油1000g/日のルーメン内投与が摂取量、ルーメン内容液、乳生産、乳脂肪中の脂肪酸組成に及ぼす影響

		試験開始後週*							
		1	2	3	4	5	6	7	8
摂取量	DMI, kg/日	13.9	14.0	12.9	13.0	13.9	14.0	13.7	13.6
	EE/DMI, %	3.3	10.2	10.8	11.0	10.6	10.4	10.6	3.5
	粗飼料/DMI, %	75.4	70.0	69.5	69.5	69.9	70.0	69.9	75.4
ルーメン内容液	総VFA, mmol/dl	9.8	9.3	10.9	8.1	7.6	10.5	10.3	8.3
	酢酸, mol%	69.2	67.8	65.5	68.0	70.6	68.1	67.4	71.0
	プロピオン酸, mol%	16.6	17.5	18.6	18.2	18.1	18.2	18.9	15.7
	A/P比	4.2	3.9	3.5	3.8	3.9	3.8	3.6	4.5
乳生産	乳量, kg/日	20.8	20.8	19.7	19.3	20.4	20.0	19.9	19.5
	4%FCM, kg/日	21.4	21.7	18.9	17.3	17.3	16.9	17.1	17.2
	乳脂肪率, %	4.21	4.29	3.73	3.31	2.95	2.97	3.04	3.22
	乳蛋白質率, %	3.23	3.12	3.12	3.08	2.99	3.00	2.98	3.00
乳脂肪中の脂肪酸組成	トランスバクセン酸, %	1.4	9.9	14.4	14.7	14.2	13.3	13.5	5.4
	<sup>c9t11</sup> CLA, %	0.6	3.4	5.4	6.3	7.2	6.1	6.5	3.1
	乳中 <sup>c9t11</sup> CLA含量, mg/100g	24.2	143.6	200.0	207.0	212.3	182.0	198.4	98.5

\* : しょうゆ油の投与期間は2~7週

表2. しょうゆ油のルーメン内投与量の違いが摂取量、乳生産および乳脂肪中の脂肪酸組成に及ぼす影響

	しょうゆ油投与量			
	0g区	200g区	400g区	600g区
摂取量				
DMI, kg	18.1	18.4	17.6	17.0
EE/DMI, %	3.9 <sup>D</sup>	5.0 <sup>C</sup>	6.1 <sup>B</sup>	7.3 <sup>A</sup>
粗飼料/DMI, %	50.0	49.5	48.9	48.2
乳生産				
乳量, kg/日	24.6	25.4	26.0	24.8
4%FCM量, kg/日	24.8	25.5	25.3	22.1
乳脂肪率(%)	4.20	4.06	3.94	3.36
乳蛋白質率(%)	3.60	3.52	3.39	3.38
乳脂肪中の脂肪酸組成				
トランスバクセン酸, %	0.7 <sup>C</sup>	1.2 <sup>C</sup>	2.7 <sup>B</sup>	4.6 <sup>A</sup>
<sup>c9t11</sup> CLA, %	0.4 <sup>C</sup>	0.7 <sup>C</sup>	1.2 <sup>B</sup>	1.7 <sup>A</sup>
乳中 <sup>c9t11</sup> CLA含量, mg/100g	17.5 <sup>B</sup>	26.0 <sup>B</sup>	45.6 <sup>A</sup>	57.0 <sup>A</sup>

<sup>A,B,C,D</sup>; 異文字間に有意差(P<0.01)

<sup>a,b</sup>; 異文字間に有意差(P<0.05)

## <しょうゆ油を経口摂取させ、大豆油と比較してみたら?>

しょうゆ油または大豆油をアルファルファミールに吸着させ、給餌 TMR (粗濃比 50:50) にトップドレスで乳牛に油脂 400g/日相当量を摂取させてその影響を検討しました。

**泌乳試験** 乳脂肪率は低下傾向 (P=0.06) を示し、乳蛋白質率は有意に低下 (P<0.05) しましたが乳蛋白質量に有意差はありませんでした。DMI、乳量および4%FCMは無添加区と差がありませんでした。また、油脂源の違いによる差はありませんでした (以上、表3)。

表3. しょうゆ油あるいは大豆油の経口摂取が摂取量、乳生産、乳脂肪中の脂肪酸組成に及ぼす影響

	しょうゆ油区	大豆油区	無添加区
	(400g/日)	(400g/日)	(-)
摂取量			
DMI, kg/日	16.5	17.1	17.5
EE/DMI, %	6.4 <sup>A</sup>	6.3 <sup>A</sup>	4.0 <sup>B</sup>
粗飼料/DMI, %	44.4	44.7	45.9
乳生産			
乳量, kg/日	24.9	26.3	24.5
4%FCM, kg/日	23.9	25.1	24.6
乳脂肪率, %	3.70	3.67	3.99
乳蛋白質率, %	3.06 <sup>b</sup>	3.05 <sup>b</sup>	3.23 <sup>a</sup>
乳蛋白質量, kg/日	0.76	0.80	0.79
乳脂肪中の脂肪酸組成			
トランスバクセン酸, %	2.4 <sup>A</sup>	2.6 <sup>A</sup>	0.6 <sup>B</sup>
<sup>c9t11</sup> CLA, %	1.2 <sup>A</sup>	1.3 <sup>A</sup>	0.4 <sup>B</sup>
乳中 <sup>c9t11</sup> CLA含量, mg/100g	41.5 <sup>A</sup>	45.9 <sup>A</sup>	15.3 <sup>B</sup>

<sup>A,B</sup>; 異文字間に有意差(P<0.01)

<sup>a,b</sup>; 異文字間に有意差(P<0.05)

**消化試験 (乾乳牛)** 油脂を摂取しても摂取飼料全体の NDF 消化率は低下せず、TDN 含量は有意に (P<0.05) 高まりました (表4)。また、しょうゆ油の EE 消化率と TDN 含量は高く、大豆油や植物性油脂と同程度であることが分かりました (表5)。

表4. しょうゆ油あるいは大豆油の経口摂取が成分消化率およびTDN含量に及ぼす影響

	しょうゆ油区	大豆油区	無添加区
	(400g/日)	(400g/日)	(-)
消化率, %			
DM	70.2	70.6	70.5
OM	73.0	73.5	73.3
CP	66.0	66.0	67.2
EE	88.4 <sup>A</sup>	88.7 <sup>A</sup>	83.1 <sup>B</sup>
NDF	59.0	59.8	59.2
NFC	88.0	88.4	90.1
TDN, %DM			
	74.3 <sup>a</sup>	74.3 <sup>a</sup>	71.1 <sup>b</sup>

<sup>A,B</sup>; 異文字間に有意差(P<0.01) <sup>a,b</sup>; 異文字間に有意差(P<0.05)

表5. しょうゆ油のEE消化率とTDN含量

	EE消化率, %	TDN, %DM
しょうゆ油	95.4 ± 2.6	214.1 ± 5.8
大豆油	97.4 ± 2.5	219.0 ± 5.6
参考(日本標準飼料成分表2001より)		
植物性油脂	97.0	218.3

## <しょうゆ油給与で乳中の共役リノール酸は増加します>

しょうゆ油の給与は、大豆油と同様に乳脂肪中のトランスバクセン酸と共役リノール酸 (<sup>c9t11</sup>CLA) 割合、生乳中の <sup>c9t11</sup>CLA 含量を高めます (表1、2、3)。

## <まとめ>

しょうゆ油は TDN 含量が高く乳牛用飼料として利用できます。しょうゆ油の給与量を400g/日までとすれば、乳脂肪率に大きな低下はありません。

## 3. 留意点

- ①牧草サイレージ主体飼養時のデータです。
- ②しょうゆ油を給与する場合でも、飼料全体の粗脂肪割合は6%DM程度を上限としましょう。
- ③大豆油と同様、しょうゆ油を多量に給与すると、乾物摂取量と乳蛋白質率が低下する可能性があります。

## 分娩後の体温測定的重要性

(乳牛の産褥期における発熱と乳量・飼料摂取量および疾病発生との関係)

乳牛繁殖科 小山 毅

(E-mail: koyamatk@agri.pref.hokkaido.jp)

### 1. 背景・ねらい

乳牛では産褥期に疾病が多発しており、多大な経済的損失を招いています。乳牛の健康状態を監視する有効な手法の一つとして体温測定があり、近年は産褥期の定期的な体温測定が推奨されています。しかし生産現場ではその重要性が浸透しておらず、定期的な体温測定を行なっている酪農家はごく僅かです。

本課題では産褥期の乳牛に対して定期的な体温測定を行ない、産褥期の発熱状況と健康状態との関係、および飼養成績に与える影響について調査し、定期的な体温測定の有用性を実証しました。

### 2. 技術内容と効果

根釧農試で飼養しているホルスタイン種乳牛104頭(初産牛40頭、経産牛64頭)を供試牛として用いました。分娩時を0日目とし、分娩後1日目から分娩後13日目まで、毎日7:00~9:00の間に動物用デジタル体温計を用いて直腸温度を測定しました(写真1)。



写真1. 動物用デジタル体温計

体温が39.4℃以上であった牛を発熱牛としました。また発熱牛のうち、39.4~39.9℃を中等熱牛、40.0℃以上を高熱牛としました。発熱しなかった牛は、非発熱牛としました。

供試牛104頭のうち、分娩後13日間に49頭(47%)が発熱しました。初産牛は24頭(60%)、経産牛は25頭(39頭)発熱しており、初産牛の方が高い割合で発熱していました(表1)。

分娩状況と発熱状況では、初産牛では分娩介助を行なった牛の約8割が発熱していました(表2)。

表1. 分娩後13日間の発熱状況

	頭数	発熱牛の割合, %
初産牛	40	60a (24/40)
経産牛	64	39b (25/64)
合計	104	47 (49/104)

\*カッコ内は実頭数。

\*a, b: 異文字間に有意差あり (P<0.05)

表2. 分娩状況と発熱状況

	分娩介助頭数	発熱牛の割合, %
初産牛	19/40	84a (16/19)
経産牛	14/64	36b (5/14)

\*カッコ内は実頭数。

\*a, b: 異文字間に有意差あり (P<0.01)

図1に分娩後13日間の体温推移と発熱牛の累積検出率を示しました。分娩後の体温推移は、発熱牛群では分娩後2~3日目にかけて最高体温を示していました。定期的な体温測定により、

分娩後13日間に発熱する牛の約7割を分娩後4日目までに発見することが可能でした。

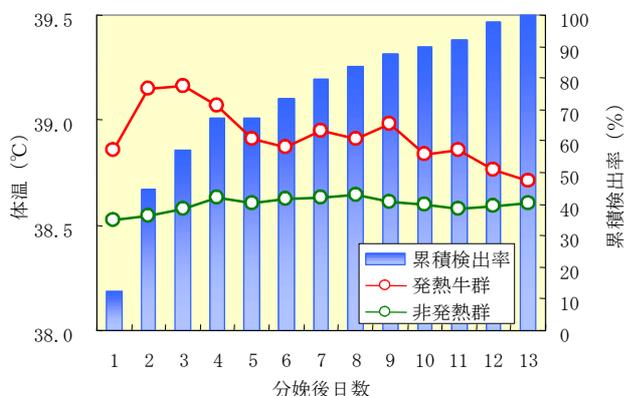


図1. 分娩後13日間の体温推移と発熱牛の累積検出率

表3に分娩後13日間の疾病発生状況と発熱状況との関係を示しました。初産牛では胎盤停滞、子宮・膣の炎症、乳房炎に罹患した牛のほとんどが発熱していたのに対し、経産牛では産褥熱以外の疾病に罹患した牛で発熱したのは4割～6割程度でした。

表3. 分娩後13日間の疾病発生状況および発熱状況

産次	疾病	疾病発生率 1), %	発熱牛の割合 2), %
初産牛	分娩介助	48 (19/40)	84 (16/19)
	産褥熱	10 (4/40)	100 (4/4)
	胎盤停滞	18 (7/40)	100 (7/7)
	子宮・膣の炎症	30 (12/40)	92 (11/12)
	乳房炎	20 (8/40)	88 (7/8)
経産牛	分娩介助	22 (14/16)	36 (5/14)
	産褥熱	5 (3/64)	100 (3/3)
	胎盤停滞	14 (9/64)	67 (6/9)
	子宮・膣の炎症	11 (7/64)	57 (4/7)
	乳房炎	44 (28/64)	46 (13/28)

1) 疾病を併発している場合、それぞれを1件として集計。

2) 各疾病に罹患した牛のうち発熱した牛の割合。

\*カッコ内は実頭数。

表4に産褥期の平均乳量および平均乾物摂取量(DMI)を示しました。分娩後に発熱した初産牛では産褥期のDMIが低下し、特に40℃以上の高熱を示した初産牛ではDMIが大きく

低下しました。経産牛では産褥期の乳量が低下しました。

表4. 産褥期の平均乳量および平均DMI

		発熱牛群			非発熱牛群
		中等熱牛群	高熱牛群	平均	
初産牛	乳量 (kg)	20.8	19.9	20.4	21.6
	DMI (kg)	12.4	12.1b	12.3B	14.1Aa
経産牛	乳量 (kg)	28	26.7	27.5	30.2
	DMI (kg)	17.6	16.9	17.1	16.7

\*中等熱牛：39.4～39.9℃の発熱、高熱牛：40℃以上の発熱

A, B：発熱牛群、非発熱牛群の間に有意差あり (P<0.01)

a, b：高熱牛群、非発熱牛群の間に有意差 (P<0.05)

牛の体温の日内変動は、早朝に最低体温を示し、深夜に最高体温を示します。そのため体温測定は毎日決まった時間帯に行なう必要があります。また、体温は給餌や搾乳などの飼養管理の影響を受けるため、実際の体温測定は早朝、給餌前の牛が安静に行なっている時に行なうのが望ましいと考えられます。表5に測定対象牛および測定期間の優先順位を示しました。

### ★体温測定のポイント

- ① 早朝、給餌前の安静時に体温測定を行う。
- ② 排便直後に測定するのが望ましい。
- ③ 測定時は直腸壁を傷つけないよう注意する。

表5. 体温測定対象牛および測定時間の優先順位

優先順位	対象牛	測定期間
①	分娩介助を行なった初産牛	分娩後4日間
②	分娩介助を行なった全頭	分娩後4日間
③	全頭	分娩後4日間
④	全頭	分娩後13日間

### 3. 留意点

本成績の分娩介助は、「乳牛における分娩前の飼養管理方法の改善による介助分娩の低減」(2007年、根釧農試)に従って行ないました。



60 30分の加熱処理を行うと初乳中の細菌数は顕著に減少し、抗体はわずかししか失活しないので、子牛は感染症にかかりにくくなります

(小型バッチ式初乳加熱装置(60 30分)の殺菌性能と加熱初乳による免疫賦与効果)

乳質生理科 平井 綱雄

(E-mail: hiraitn@agri.pref.hokkaido.jp)

## 1. 背景・ねらい

新生子牛に対する初乳の給与は、栄養の他に免疫を子牛に賦与し、感染症罹患を予防するという意味をもつことから重要な飼養管理技術のひとつです。しかし、搾乳衛生や保存の不備あるいは母牛の感染症罹患等のため、微生物に汚染されている場合が散見され、そのような初乳を介した子牛の感染症蔓延の危険性が指摘されています。このことは、酪農家の余剰初乳を近隣の肉牛農家の子牛への給与等のために、プールして保存する「初乳バンク」の普及を妨げる要因ともなっています。初乳の代替用として様々な免疫グロブリン製剤が市販されていますが、初乳と比較して免疫賦与効果の低いものが多く、完全な代替はできない状況にあります。

そのため近年、初乳を加熱処理して殺菌する装置が開発され、国内でもいくつかの製品が市販されはじめています。

今回検討した装置は、バッチ式で最大12L(下限3L)の初乳を60 30分加熱した後に30ないし40 まで自動的に冷却し、最大1時間保持する機能および凍結初乳を解凍するための湯煎加温機能を有しています。本試験では、殺菌性能とともに、加熱処理が初乳中の抗体濃度および子牛への免疫移行性に及ぼす影響について検討しました。

## 2. 技術内容と効果

### 1) 初乳用加熱装置の殺菌効果

本装置を用いた加熱処理(60 30分)により黄色ブドウ球菌、環境性連鎖球菌及び大腸菌いずれも、加熱開始時の初乳中菌数が $10^6$ CFU/ml以上の場合、加熱終了時およびそれに続く40

1時間保持後に $10^5$ 分の1以下に減少し、 $10^6$ CFU/ml未満の場合は、検出限界未満となりました。また、40 1時間保持による菌数の顕著な増加は認められませんでした(表1)。

表1. 初乳用加熱装置の殺菌効果

細菌種	加熱開始時	60 30分後	40 1時間後 (加熱終了後)
1 黄色ブドウ球菌	8.000	2.903	1.778
2 黄色ブドウ球菌	6.699	1.301	NT
3 黄色ブドウ球菌	3.845	ND	ND
4 黄色ブドウ球菌	3.934	ND	ND
5 環境性連鎖球菌	6.447	0.699	1.000
6 環境性連鎖球菌	4.881	ND	ND
7 大腸菌	6.342	ND	0.699
8 大腸菌	5.819	ND	NT
9 大腸菌	5.643	ND	ND
10 大腸菌	4.963	ND	NT
11 大腸菌	4.857	ND	ND

数字は細菌数の常用対数値

塗りつぶしは、加熱終了後に細菌が検出された場合

ND: 検出限界(0.699)未満 NT: 非測定

### 2) 60 30分の加熱が初乳中抗体濃度に及ぼす影響

60 30分の加熱処理により、平均初乳中免疫グロブリンG(IgG)濃度は47.9mg/mlから45.7mg/mlに5%程度の軽度な減少を示しましたが、9試料のうち4試料については変化は認められませんでした(表2)。

表2. 加熱処理前後の初乳中IgG濃度

牛No.	品種	初乳中IgG濃度(mg/ml)		加熱後/加熱前 (%)
		加熱前	加熱後	
986	BS	33.5	33.5	100.0
778	H	33.5	33.5	100.0
673	H	67.4	55.4	82.2
905	H	39.0	37.8	96.9
902	H	43.4	43.4	100.0
985	BS	78.6	78.6	100.0
839	H	40.0	38.0	95.0
913	H	43.6	40.0	91.7
761	H	52.2	51.0	97.7
平均		47.9	45.7	95.4

BS: ブラウンスイス H: ホルスタイン

### 3) 加熱初乳の子牛に対する免疫賦与効果

60 30分の加熱処理を受けた初乳を給与された新生子牛の出生後3日目の平均血清IgG濃度は15.4mg/mlで、非加熱初乳を給与された子牛の15.5mg/mlと同様の濃度を示しました。IgG吸収率にも加熱による影響は認められませんでした(表3)。

以上のように、初乳を60 30分加熱処理する際に、病原性微生物が完全には不活化されない場合があることが示されましたが、このような加熱処理を行うことにより、病原微生物に汚染された初乳を介した子牛の感染症罹患のリスクが、ゼロにはならなくても低減されることが期待できます。

表3. 新生子牛に対するIgG給与量、出生後3日目の血清IgG濃度および吸収率

加熱初乳給与子牛				非加熱初乳給与子牛			
牛番号	IgG給与量 (g)	血清IgG濃度 (mg/ml)	吸収率 (%)	牛番号	IgG給与量 (g)	血清IgG濃度 (mg/ml)	吸収率 (%)
20-11	134.0	12.4	34.3	12	188.0	15.6	26.7
13	221.0	17.8	23.1	20-12	272.0	14.9	17.2
20-14	173.6	17.5	31.8	20-13	117.0	13.0	42.0
14	111.5	9.1	23.5	20-15	185.0	12.3	17.7
20-16	152.0	5.5	13.4	18	236.0	15.2	20.3
16	233.2	16.9	19.8	19	224.8	17.2	25.2
21	147.0	14.6	28.5	20-17	226.4	16.2	20.0
20-20	182.0	21.3	37.7	20-18	279.6	18.0	20.3
20-22	204.0	23.7	26.0	20-19	236.0	17.4	22.2
平均	173.1	15.4	26.5	平均	218.3	15.5	23.5

### 3. 留意点

本装置の使用に当たっては以下の点に留意してください。

- 1) 加熱処理を行う場合でも、初乳を衛生的に搾乳するとともに、加熱までの保存中微生物汚染・増殖が起こらないよう、容器の衛生的管理、保存温度・時間等に十分配慮します。
- 2) 本初乳用加熱装置を用いた加熱により、初乳中の病原性微生物が完全に死滅しない場合があることに留意し、加熱終了後、30ないし40 保持時間(30分ないし1時間)経過後は速やかに子牛に給与します。給与できない場合は初乳を冷蔵あるいは冷凍保存します。
- 3) 加熱容器は使用毎に洗浄、乾燥させます。

## 乳頭清拭装置の作業性と清拭効果

(乳頭清拭装置の作業性と清拭効果)

酪農施設科 吉田 邦彦

(E-mail:yoshikn@agri.pref.hokkaido.jp)

### 1. 背景・ねらい

搾乳前の乳頭清拭は、衛生的乳質の向上や乳頭表面細菌の除去による乳房炎感染予防、及び乳頭への刺激による乳汁降下促進のために不可欠であり、一般的にはタオルを利用して手作業で行われています。特に乳頭先端の十分な清拭には両手を要しますが、乳牛の体格によって作業者の手が届かない場合などに清拭が不十分となり、清拭効果には差が生じやすいといえます。片手での作業を可能とするために新たに開発された乳頭清拭装置について、その作業性向上効果と清拭効果を明らかにしました。

### 2. 技術内容と効果

#### 1) 乳頭清拭装置の概要

乳頭清拭装置は、円筒形の清拭カップ内部のブラシ回転と、内部に噴射される洗浄液の作用で乳頭を清拭する装置です。清拭カップの全長は246mm、重量は500gで、内部には3つの清拭ブラシが備えられ、それぞれが乳頭側面、先端、根元を清拭します。清拭後の洗浄液は吸引され、吸引ケースの下部から自然排水されます。1頭あたりの洗浄液量は約500mlで、1頭あたりの清拭時間(前搾りを除く)は、約30秒として設計されています。



図1 乳頭清拭装置の外観

#### 2) 乳頭清拭装置による清拭作業

##### ①準備

洗浄済みの清拭ブラシを清拭カップに装着し、毎回搾乳ごとに洗浄液(2ppm 二酸化塩素水)を調製します。

##### ②装置の作動

カップ側面のスイッチを押すと、ブラシが回転を始めるとともに洗浄液がカップ内部に噴射されます。スイッチを押している間は、ブラシは一定の間隔で正・逆転を繰り返します。また、清拭中は本体の吸引ファンが稼働して、洗浄液を吸引します。スイッチを離すと、ブラシは一定時間だけ連続回転した後停止し、約2秒遅れて吸引ファンも停止します。

##### ③作業後

残った洗浄液は廃棄します。清拭ブラシはカップから取外し、洗浄します。

#### 作業姿勢の改善

写真のように、タオルで乳頭先端を清拭するために両手を要するのに対し、ブラシは乳頭側面だけでなく乳頭先端にも常に作用するため、片手で乳頭全体を清拭することが可能です。



図2 作業姿勢の改善

但し、装置による清拭のみでは汚れを落とすきれない場合があるため、変法ミネソタ法と同様にプレディッピングを併用し、もみ洗いを兼ねた前搾りを実施することが必要です。前搾りを除く実際の清拭時間は、30～34 秒程度です。

### 3) 乳頭清拭装置の清拭効果

根釧農試のパーラ搾乳（ヘリンボーン、8 頭複列）において、「プレディッピング + 機械清拭」及び「プレディッピング + 布タオル清拭」による清拭を実施し、清拭効果を比較しました。

#### a. 乳頭表面細菌除去効果

乳頭表面に付着した細菌数の比較では、どちらも清拭後は清拭前の 1/100～1/1000 (10<sup>-2</sup>～10<sup>-3</sup>) 程度となっていたことから、機械清拭と布タオル清拭との間で細菌除去効果に差はないと判断されました。(図 3)。

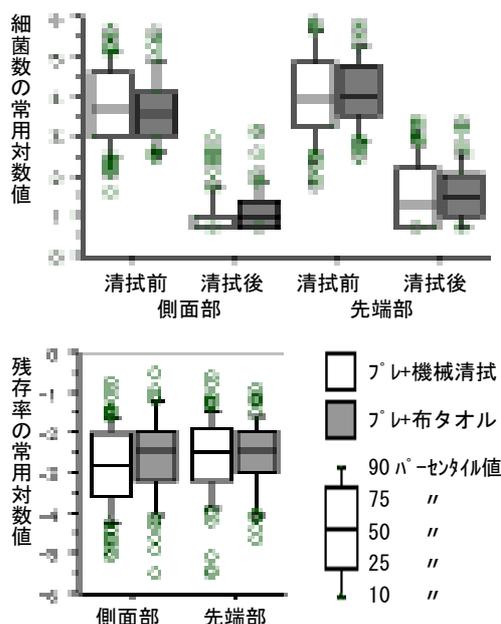


図 3 清拭前後の細菌数（上）と清拭後の残存率（下）

#### b. 乳頭刺激効果

2 ヶ月の調査期間を通じてパーラで搾乳され、1 回の乳量が 10kg 以上であったのべ 729 頭（機械清拭：355 頭、布タオル清拭：374 頭）について、搾乳時の実搾乳時間（ユニット装着から離脱までの時間）と乳量を調査しました。結果を比較したところ、実搾乳時間、乳量、及び平

均搾乳速度（乳量/実搾乳時間）のいずれも差は認められず、機械清拭は布タオル清拭と同等の乳頭刺激を与えることができると判断されました（表 1）。

表 1 乳量、実搾乳時間、平均搾乳速度

	搾乳1回の乳量	実搾乳時間 <sup>※1)</sup>	平均搾乳速度 <sup>※2)</sup>
	(kg) <sup>※3)</sup>	(秒) <sup>※3)</sup>	(kg/分) <sup>※3)</sup>
布タオル清拭 (n=374)	14.3±3.1 (100)	345.5±73.4 (100)	2.6±0.6 (100)
機械清拭 (n=355)	14.2±3.2 (99)	342.1±84.5 (99)	2.6±0.6 (100)

※1) ユニット装着から離脱までの時間

※2) 搾乳1回の乳量/実搾乳時間

※3) 括弧内は布タオル清拭を100とした対比值

#### c. バルク乳の衛生的乳質に及ぼす影響

機械清拭と布タオル清拭の実施期間中における、生菌数及び耐熱菌数の中央値（50 パーセンタイル値）に有意な差は認められませんでした（表 2）。また、乳房炎感染率の指標とされる体細胞 30 万を超える個体乳の割合にも、差は認められず（表 3）、装置の使用によってバルク乳の衛生的乳質を低下させないことが明らかとなりました。

表 2 バルク乳中細菌数のパーセンタイル値及び U 検定結果

		パーセンタイル値					U検定結果
		10	25	50	75	90	
生菌数 (cfu/ml)	機械清拭	330	370	490	720	840	有意差なし (p=0.85)
	布タオル清拭	350	420	500	620	860	
耐熱菌数 (cfu/ml)	機械清拭	16	17	21	36	45	有意差なし (p=0.18)
	布タオル清拭	11	13	17	34	41	

表 3 体細胞数 30 万を超える個体乳の割合及び  $\chi^2$  検定結果

	試料数	300千/ml以下 301千/ml以上		検定結果
		300千/ml以下	301千/ml以上	
機械清拭	856	821 (95.9%)	35 (4.1%)	有意差なし ( $\chi^2$ 検定、p=0.74)
布タオル清拭	1368	1308 (95.6%)	60 (4.4%)	

### 3. 留意点

- 1) 装置による清拭時間は 30～34 秒程度なので、慣行の清拭時間がこれを下回る場合には搾乳能率が低下します。
- 2) ユニットに付着した糞等、乳頭以外の汚れを除去するため、紙タオル等を別途用意する必要があります。

## 搾乳ロボットを活かした酪農経営

(搾乳ロボットを導入した酪農経営モデル)

経営科 山田 輝也

(E-mail : yamadatr@agri.pref.hokkaido.jp)

### 1. 背景・ねらい

北海道では、2008年2月現在で106の経営に搾乳ロボットが導入されています。導入開始から10年程度経過しており、現在、経営展開の可能性や条件を明らかにすることが重要な段階にあります。そこで、搾乳ロボット導入の酪農経営の展開方向を経営モデルとして策定しました。

### 2. 技術内容と効果

1) 33戸の概況調査から搾乳ロボットの導入目的を区分すると、(A)労働負担軽減、(B)飼養頭数拡大、(C)部門間の労働調整、(D)その他の4タイプがみられ、特に(A)、(B)タイプが多い状況です。導入経営は二世帯経営が全体の70% (23戸)、また導入形態は他の搾乳方式を併用する場合は70% (24戸) を占めています。導入経営平均で出荷乳量 947t、所得 1,512万円が目標とされています (表1)。

2) 5戸の実態調査によると、①搾乳ロボットのもとで、技術体系は放し飼い・TMR給与・細切サイレージが基本となり、特に導入前がタイストール・パイプライン方式である場合、技術体系の大幅な転換が必要、②搾乳ロボットのもとで、経済性確保のため経産牛頭数は平均で導入前の1.4倍に増加していますが、事前に十分な増頭がなされない場合、搾乳ロボット導入1年目の所得は減少、③搾乳ロボット導入に伴う労働の変化を解析すると、ア)労働力1人当たり飼養管理労働時間が1,800時間以下へ短縮、イ)パソコン操作など管理労働の割合が7.2~21.2%へ増加、ウ)搾乳作業における組作業の解消、エ)作業時間帯の設定の柔軟化がみられます。

搾乳ロボット1台を利用し、経産牛70頭と哺育・育成牛49頭を飼養する場合の年間労働

表1 導入目的別に見た搾乳ロボットの導入状況

項目	導入目的				計 (平均)	
	(A) 労働負担軽減	(B) 飼養頭数拡大	(C) 部門間の労働調整	(D) その他		
該当経営数 (戸)	12	16	4	1	33	
うち二世帯経営 (戸)	8	13	1	1	23	
平均導入台数 (台)	1.1	1.4	1.0	2.0	1.2	
他の搾乳方式を併用する経営数 (戸)	8	13	2	1	24	
将来目標	労働力数 (人)	2.1	2.3	1.8	2.0	2.2
	導入台数 (台)	1.3	1.8	1.2	2.0	1.5
	経産牛頭数 (頭)	79	123	100	120	104
	出荷乳量 (t)	710	1,150	830	1,000	947
	所得 (千円)	1,450	1,504	X	X	1,512

注: 将来目標は該当経営の平均値、計は全体の平均値を示す。「X」: 不明。  
注: 他の搾乳方式を併用する理由は、搾乳ロボット不適合牛への対応や余剰労働の活用のためである。

表2 搾乳ロボットの年間労働時間

区分		単位: 時間 労働時間
経産牛1頭 当たり	飼料の調製・給与・給水	6.5
	敷料の搬出・きゅう肥の搬出	3.6
	搾乳及び牛乳処理・運搬	8.1
	飼育管理	4.6
	乾乳	1.5
	哺育・育成	6.8
	合計	31.0
経営全体	(前提とする経産牛頭数)	70
	年間労働時間	2,170

注: 実態調査に基づき積算。搾乳ロボット1台利用とし、経産牛70頭(搾乳60頭、乾乳10頭)、哺育・育成牛49頭の場合。

表3 搾乳ロボット部門の導入基準

形態	必要労働力数	経産牛頭数	想定される導入目的・経営	期待所得	導入が見込まれる乳量水準	導入条件及び必須事項
搾乳ロボット1台	1人	70頭	部門間労働調整	-250万円以上	7,000kg	自己資金100%、乳量水準8,000kg目標
			ワンマンファーム、複合経営の一部門	250万円以上	9,000kg	自己資金100%、乳量水準10,000kg以上目標、変動費・固定費の削減徹底
搾乳ロボット1台＋アプレストパーラー	2人	110頭	単世代の搾乳ロボット経営	500万円以上	8,000kg	自己資金100%、乳量水準9,000kg目標（自己資本50%のとき、乳量水準10,000kg以上目標、変動費・固定費の削減徹底）
			2世代の搾乳ロボット経営	750万円以上	9,000kg	自己資金100%、乳量水準10,000kg目標
搾乳ロボット2台	2人	140頭	単世代の搾乳ロボット経営	500万円以上	8,000kg	自己資金100%、乳量水準9,000kg目標
			2世代の搾乳ロボット経営	750万円以上	9,000kg	自己資金100%、乳量水準10,000kg目標

注：「導入が見込まれる乳量水準」は、乳価75円/kgのときの経産牛1頭当たり必要最低乳量水準。

「導入条件及び必須事項」は、乳価70円/kgまで低下した場合に安定して所得を実現するための前提条件。

注：「部門間労働調整」の期待所得は、赤字を250万円以内に抑えるという意味を表す。

時間は2,170時間であり（表2）、労働力1人で対応できる水準です。

3) 搾乳ロボットの導入形態別に経済的な導入基準を示しました（表3）。二世経営で所得750万円以上を実現するには、搾乳ロボットとアプレストパーラーの併用、もしくは搾乳ロボット2台の導入が必要です。乳価75円/kgの場合、経産牛1頭当たり乳量を9,000kg、乳価が70円/kgに低下した場合は、経産牛1頭当たり乳量10,000kg以上が必要です。

4) 経済的な導入基準に基づき3つの経営モデルを策定しました（表4）。このうち、モデルIII（搾乳ロボットとアプレストパーラーを併用し、家族労働力で出荷乳量1,000tを実現）が二世代の持続的な経営モデルとなります。

また、余剰労働を活用した複合経営については、労働時間及び経済性の試算により可能性はみられますが、その実現には課題が多く慎重な対応が必要です（表5）。

### 3. 留意点

1) 本成績は1ボックスタイプの搾乳ロボットについて検討したものです。

2) 搾乳ロボット導入により、経営全体の技術体系が転換されるため、経営全体の設計を行い、増頭を事前に行うことが重要です。

表4 搾乳ロボットを導入した経営モデル

		モデルⅠ	モデルⅡ	モデルⅢ
		ワンマンファーム	単世代農場	1000t農場
想定する局面		搾乳により省力化をはかり、労働力1名により営農を行う	後継者のない経営が軽労化をはかりつつ営農持続を指向する	搾乳のみで多頭化し、家族労働力で出荷乳量1,000tを実現する
経営基盤	搾乳ロボット導入形態	単用	アプレストパーラー併用	アプレストパーラー併用
	想定労働力数(人)	1	2	2
	経産牛頭数(頭)	65	110	105
	搾乳牛頭数(〃)	56	94	90
	(うち搾乳ロボット)(〃)	56	60	55
	(〃アプレストパーラー)(〃)	0	34	35
	牧草地面積(ha)	65	74	71
	テントコーン面積(〃)	0	13	13
	1頭当り乳量(kg/頭)	10,000	9,000	10,000
	出荷乳量(t)	650	990	1,050
収支・労働	粗収益(千円)	55,369	84,874	89,117
	所得(〃)	4,690	12,696	16,090
	労働時間(hr)	2,023	4,265	4,143
	労働1時間当り所得(円/hr)	2,318	2,977	3,884
	実現可能性	△	○	○
実現に向けた課題		搾乳ロボット導入に必要な投資額に対し所得が低く、乳価変動等で所得確保困難化。	搾乳ロボット導入に際し、投資全額を自己資金によることが前提となる。	経産牛当たり10,000kgを確保し、投資を自己資金で賄える場合導入が見込まれる

注1:労働時間は自給飼料作業のコントラクターへの委託を前提とする。

注2:所得は乳価75円/kgのときに期待される水準である。

注3:「実現可能性」○:一定の展開が見込まれる

△:可能性はあるが現時点では慎重な対応が必要

表5 搾乳ロボットを導入した複合経営の経済性試算

		黒毛複合農場	チーズ工房農場	耕畜連携農場
想定する局面		搾乳により余剰化した労働を黒毛繁殖に投入、経営複合化をはかる	搾乳により余剰化した労働を加工に投入し、経営複合化をはかる	酪農と耕種経営で共同化、農地を共用し余剰労働を耕種に投入する
試算前提	搾乳ロボット導入形態	単用	単用	単用
	想定労働力(人)	2	3	5
	経産牛頭数(頭)	65	65	65
	1頭当り乳量(kg/頭)	10,000	10,000	10,000
	出荷乳量(t)	650	650	650
	作付面積計(ha)	62.4	64.9	52.1
	(飼料作)(ha)	62.4	64.9	48.5
	(その他)(ha)	-	-	3.6
	所得(千円)	5,556	9,875	16,324
	労働時間(hr)	2,095	6,023	9,836
実現に向けた課題		所得が低く、二世経営としては十分な所得確保が困難。	チーズ部門の確立と安定した所得確保が前提。	地域的な取組と、共同化に向けた合意形成が前提。

注1:労働時間は自給飼料作業のコントラクターへの委託を前提とする。

注2:所得は乳価75円/kgのときに期待される水準である。

## 超音波エコーでチーズのガスホールが見える！！

(超音波画像診断による半硬質チーズ内部構造の評価)

乳質生理科 窪田 明日香

(k-asuka@agri.pref.hokkaido.jp)

### 1. 背景・ねらい

チーズ内部の空隙分布等は、熟成期間における品質指標の一つとなります。しかし、熟成途中での非破壊検査法は打音法などに限られており、多くの経験や知識が必要です。そこで、より簡便な非破壊検査法として、超音波画像診断装置 (Pro Sound SSD-4000、リニア T 型 7.5MHz プローブ 75、測定条件: 波長 5MHz・コントラスト 6・ゲイン 75) によるチーズ内部構造の非破壊的評価法とその有効性について検討しました。

### 〈超音波画像診断装置によるチーズ内部構造〉

超音波画像により、表面の乾燥のみにとどまっているチーズでは、ガスホール、メカニカルホールおよび超音波の入射方向と直交するクラック(亀裂)が識別できます(図2B、C、D)。しかし、入射方向と平行するクラックはメカニカルホールとの判別が困難です(図2E)。また、リンド(表皮)が形成されたチーズにおいても、本法による内部観察は困難です(図2F)。

### 2. 技術内容と成果

#### 〈異常発酵チーズの内部構造〉

ガス生成を伴う異常発酵チーズでは、多様な形のメカニカルホール、クラック等が形成されチーズ内部に不均一に分布しています(図1)。

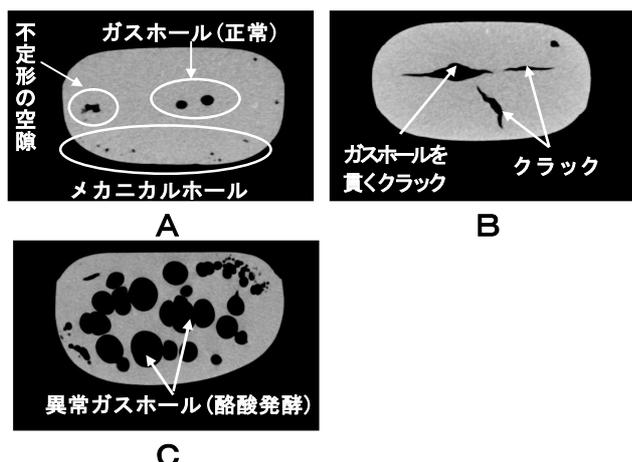


図1 コンピュータ断層撮影装置による  
チーズの内部構造

- A: 正常発酵ゴーダチーズ  
(正常ガスホール、製造上の失宜によるメカニカルホールと不定形の空隙)  
B: プロピオン酸菌を添加した小型チーズ (熟成失敗によるクラック)  
C: 酪酸発酵したゴーダチーズ (酪酸菌による異常ガスホール)

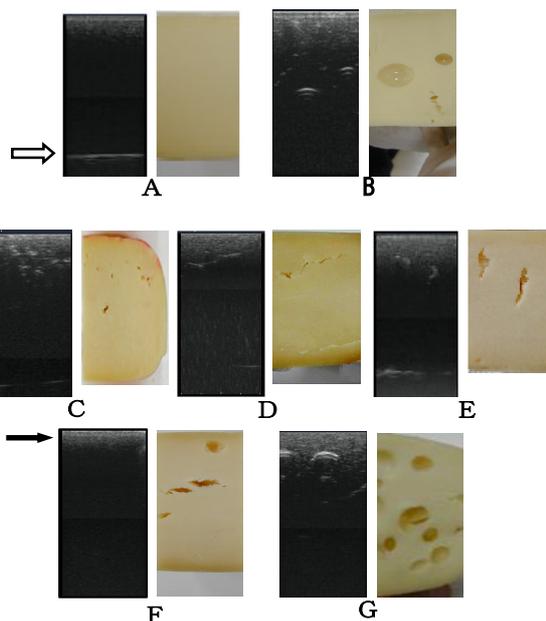


図2 超音波画像(左)とゴーダチーズの断面構造(右)

- ⇔ : 反対面からの反射像  
→ : 強く乾燥したリンドによる反射像  
A : チーズ内部構造に空隙がない  
B : ガスホール C : メカニカルホール  
D : 横のクラック E : 縦のクラック  
F : リンド形成による表面反射の影響  
G : 酪酸発酵によるガスホール

### 〈真空包装用フィルムの超音波画像への影響〉

チーズを包装する真空包装用フィルム(厚さ: 12~80 μm)は、超音波画像の上部にフィルムに起因する板状の水平反射像を生じるが、内部構造に起因する反射像の観察に影響を及ぼしません。

### 〈ガスホール性状の推定精度〉

得られる超音波画像より、チーズ表面からガスホールの最上部までの距離が  $r^2=0.96$ (図3)、直径が  $r^2=0.80$ (図4)と推定できます。

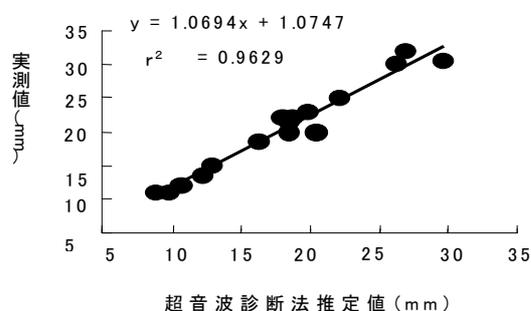


図3 超音波画像によるガスホールのチーズ表面からの距離の推定値と実測値の関係

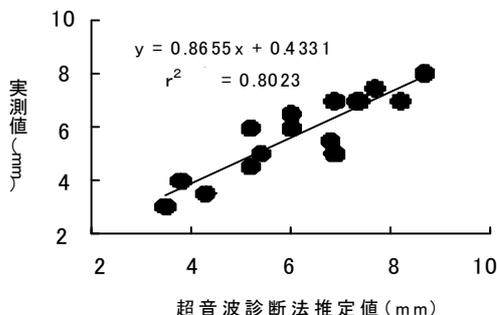


図4 超音波画像によるガスホールの直径の推定値と実測値の関係

### 〈チーズ熟成過程の経時的観察〉

超音波画像による熟成中チーズの経時的観察により、種々の空隙形成過程が確認できます(図5)。また、熟成型チーズ製造に関し、表面の乾燥が弱く超音波の侵入が可能な条件では、チーズ内部空隙の非破壊評価手段として利用できます。

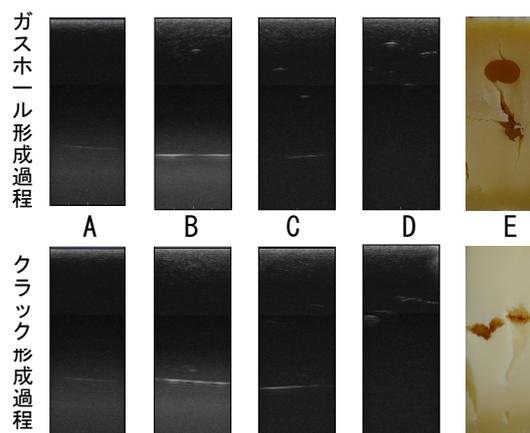


図5 プロピオン酸菌を添加した小型チーズにおける超音波画像の経時変化

A: 高温熟成0日目 B: 高温熟成11日目  
C: 高温熟成18日目 D: 高温熟成25日目  
E: 低温熟成6ヶ月(チーズ切断面)

### 【留意点】

超音波画像診断装置を用いて真空包装されたチーズを観察する場合は、チーズと真空包装フィルムを密着させることが重要です。

- ★リンド  
表皮。半硬質チーズの場合、チーズ表面の固くなった部分
- ★ガスホール  
ガス生産菌により形成される小型でほぼ円形のチーズ孔
- ★メカニカルホール  
製造上の原因でできた間隙、チーズの種類によっては欠陥となる
- ★クラック  
割れ目、カード粒間の狭い裂け目
- ★酪酸発酵  
酪酸菌による異常発酵、大きなガスホールがたくさんでき、強い酪酸臭がする

## 適正な施肥による河川水質の改善

(酪農地帯における草地の施肥管理適正化による河川水質改善効果)

草地環境科(現 技術普及部) 酒井 治  
(E-mail: sakaioism@agri.pref.hokkaido.jp)

### 1. 背景・ねらい

現在、地域レベルで草地の施肥管理を適正化するための取組みが実施されはじめています。この成績では、根釧管内の小流域(面積 876ha、うち草地面積 519ha、酪農家 13 戸)に存在する牧草地を対象として、植生、土壌および家畜ふん尿を調査・分析し、生産者の皆さんに「北海道施肥ガイド」および「家畜ふん尿処理・利用の手引 2004」に基づいた適正な施肥を実践していただきました。同時に、流域の河川水質を調査し、草地における施肥管理の適正化によって河川水質が改善されるかを検討しました。

### 2. 技術内容と効果

#### 1) 草地における施肥管理の適正化

①生産者の慣行施肥と比較すると、窒素施用量の平均値は施肥改善の指導を行った 2005 年以降も同程度でしたが、リン酸施用量は 4~5 割程度に減少しました。また、施肥改善後は、窒素、リンともに適正養分量に比べて施用養分が過剰または不足する圃場が減り、適正量の圃場が増えました(図 1)。

②施肥改善を実施しても牧草収量は慣行施肥と同等でした。しかし、土壌養分は慣行施肥を行った 2004 年に比べて、2005~2007 年では pH および交換性 CaO、MgO は上昇、有効態リン酸は減少し、土壌診断基準値の適正域に近づいており、施肥改善による効果があらわれていると考えられました(表 1)。

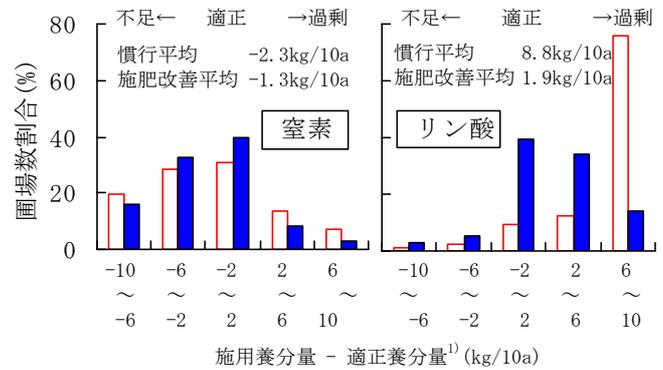


図 1 流域の施肥改善の状況

□: 慣行<sup>2)</sup> ■: 施肥改善<sup>2)</sup>

1) 「北海道施肥ガイド」、「家畜ふん尿処理・利用の手引 2004」に準じ、植生調査、土壌・ふん尿分析に基づいて求めた適正養分量。

2) 慣行は 2004 年、施肥改善は 2005~2007 年の平均

表 1 草地の土壌養分の年次推移

年次	土壌 pH	土壌養分			
		有効態 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	交換性塩基		
			K <sub>2</sub> O	MgO	CaO
mg/100g					
2004	5.55 <sup>a</sup>	96 <sup>b</sup>	10 <sup>a</sup>	27 <sup>a</sup>	133 <sup>a</sup>
2005	5.68 <sup>b</sup>	97 <sup>b</sup>	17 <sup>b</sup>	45 <sup>b</sup>	232 <sup>b</sup>
2006	5.63 <sup>ab</sup>	91 <sup>b</sup>	18 <sup>b</sup>	43 <sup>b</sup>	208 <sup>b</sup>
2007	5.95 <sup>c</sup>	80 <sup>a</sup>	17 <sup>b</sup>	40 <sup>b</sup>	238 <sup>b</sup>

異種文字間に5%水準で有意差あり

③河川水の全窒素 (T-N) および全リン (T-P) 濃度は、平水時(降雨がない時)のみ、降雨時のみ、降雨時および平水時を加重平均した全体のいずれの場合でも、降水量の多い 2006 年で高く、施肥改善による効果は判然としませんでした(図 2)。

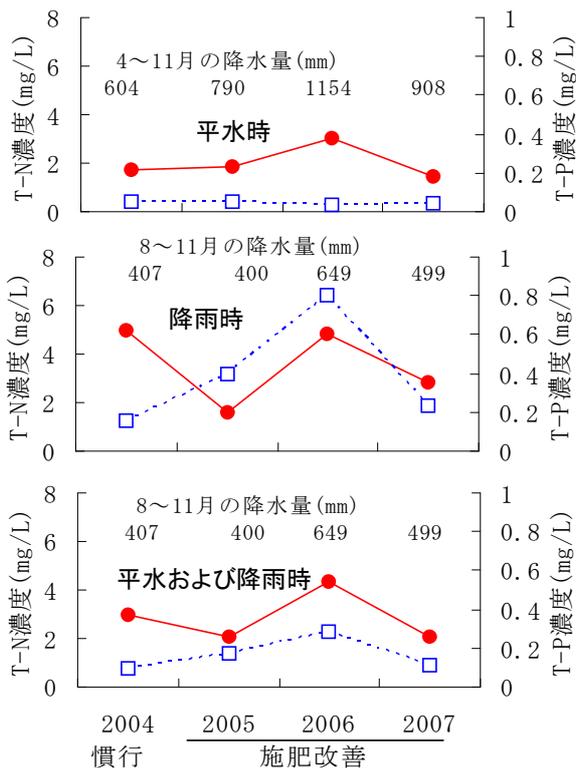


図2 施肥改善が河川水質に及ぼす影響

—●—:窒素 —□—:リン

## 2) 河川質予測モデルによる解析

①気象条件、特に降水量の影響が大きいと、実測によって河川水質の改善効果を評価することには限界があると考えられましたので、SWATモデル (SOIL AND WATER ASSESSMENT TOOL) という河川水質を予測するモデルを用いて評価することにしました。

② 2005～2007年の気象条件下において、施肥

改善を実施した条件と、慣行施肥を継続した条件を設定し、流域の養分流出量をSWATモデルによって計算しました。その結果、窒素については、草地への総施用量は同等であったものの、施肥改善によって過剰施用されている圃場が減少したため河川への窒素流出量はわずかに減少すると計算されました。一方、施肥改善により総施用量も削減されたリンは、河川への流出量も減少すると計算されました (表1)。今後、適正養分量よりも過剰に窒素が施用されている草地について施肥改善をすすめると、窒素流出量もそれに応じて減少すると試算されます。

③また、草地面積当たりの乳牛飼養頭数密度の高い場合ほど、施肥改善による養分流出量の削減効果が高くなると試算されました。

## 3. まとめ

以上の結果から、SWATモデルを用いた解析によって「北海道施肥ガイド」および「家畜ふん尿処理・利用の手引 2004」に基づいた施肥管理の適正化を推進することは、流域における河川水質を改善すると予測されました。

表2 慣行および施肥改善における養分流出量の予測結果 (SWATモデルによる計算値)

	窒素供給量 による 階層区分 kg/ha	慣行					施肥改善					慣行に対する 改善の割合 (%)	
		面積 割合 %	養分供 給量 <sup>1)</sup> kg/ha	養分供 給量 <sup>1)</sup> t	養分 流出量 kg/ha	養分 流出量 t	面積 割合 %	養分供 給量 <sup>1)</sup> kg/ha	養分供 給量 <sup>1)</sup> t	養分 流出量 kg/ha	養分 流出量 t	養分 供給量	養分 流出量
窒素 不足	~100	16	81	7	51	4	18	81	7	30	3		
↑	100~140	45	110	25	51	12	38	121	24	56	11		
適正	140~180	23	156	19	88	11	33	156	26	87	15		
↓	180~220	8	196	8	104	4	9	190	9	90	4		
過剰	220~	8	223	9	121	5	2	228	3	128	2		
	合計			68		36			69		34	102	96
リン	合計		61	32	1.2	0.63		280	15	1.0	0.52	46	83

1) 化学肥料、家畜ふん尿、マメ科牧草 (窒素のみ) からの養分施用量・供給量の合計

2) 流域全体の草地面積は519ha 3) 2005年～2007年の気象条件での計算結果

## 自然の力を利用した排水浄化システム

(搾乳牛舎パーラー排水処理のための伏流式人工湿地(ヨシ濾床)システム)

草地環境科 木場 稔信

(E-mail: kobatosi@agri.pref.hokkaido.jp)

### 1. 背景・ねらい

搾乳牛舎排水が地下水や河川への汚染源となることがないように、低コストの浄化法が求められています。伏流式人工湿地を用いた浄化システムは、ヨーロッパなど海外で主に生活排水の経済的な処理法として普及しつつある新しい方法です。

### 2. 技術内容と効果

#### (1) システムの概要と実規模試験の結果

気象や地質の異なる道東と道北の現地酪農家に実証規模の伏流式人工湿地を設置しました。牛舎はともにフリーストール式牛舎です。搾乳牛舎排水の量は、道東で1日約17t、道北では1日約5tで、BOD(平均値)は1026mg/L、1812mg/Lでした。

両施設は、間欠的に水を配分する自動サイホンを備えた好氣的な縦浸透型ヨシ濾床と嫌氣的な

横浸透型ヨシ濾床を組み合わせた方式で、道東では主に火山性資材、道北では非火山性資材を活用しました。

最低水温は両試験地とも0.5~2℃で、冬期間を含め凍結せずに排水浄化が継続しました。

平均浄化率は、有機物(BODやCOD)・懸濁物質(SS)・大腸菌で90~99%、全窒素(TN)・全リン(TP)で約70~80%で、面積あたりの負荷量は、15~18gBODm<sup>2</sup>d<sup>-1</sup>、39~46gCODm<sup>2</sup>d<sup>-1</sup>でした(図1、図2)。

#### (2) 実用場面での設計および運転法について

システム設計にあたり、施工前の十分な調査に基づく排水量と水質の把握が重要で、将来的な飼養頭数規模等も考慮する必要があります。

濾床の合計面積TA(m<sup>2</sup>)は、原水の日投入量をQ(m<sup>3</sup>/d)、BOD濃度をBODin(mg/L)、濾床面積あ

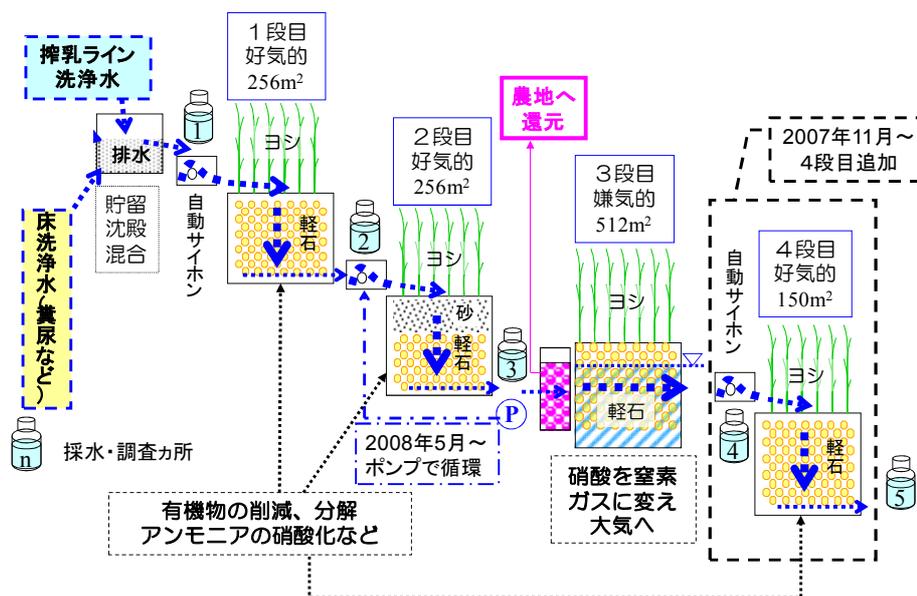


図1 道東試験施設の概略

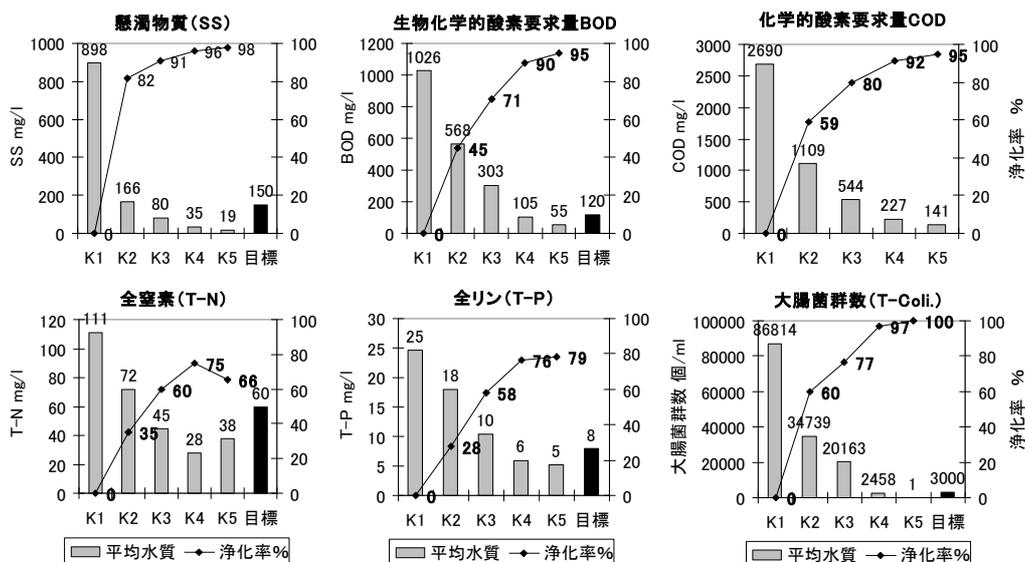


図2 道東の試験地における水質と浄化率 (2005年11月～2006年10月の平均値)

$$\text{浄化率}(\%) = (\text{原水濃度} - \text{処理水濃度}) \div \text{原水濃度} \times 100$$

たりの限界負荷量を  $25(\text{gBOD}/\text{m}^2/\text{d})$ とした場合、 $\text{TA} = \text{Q} \times \text{BODin} / 25$  で求めます。濾床の面積比は前段/後段 $\approx 2$ とし、横型濾床と循環の場合は縦型より広くします。有機物 (BODやCOD) 濃度は、濾床を1段通過する毎に概ね半減することから、原水の有機物濃度と処理水の目標濃度によって、必要な段数が計算できます。

濾床表面を覆う断熱資材には軽量浮遊資材を用います。濾床資材には、 $\phi 20 \sim 50\text{mm}$ の大レキ、 $\phi 5 \sim 20\text{mm}$ の小レキ、10%粒径  $0.25 \sim 0.4\text{mm}$ の粗砂を用い、縦型は前段や下層ほど粒径を粗く、また横型は上層ほど粒径を粗くします。濾床の深さは  $60\text{cm}$ 以上とします。

安定的な排水浄化を妨げる最も大きな要因は、原水が投入される1段目の縦型濾床における目詰まりで、システム設計や日常管理を行う上で、その対策が最も重要です。

システムの正常運転には、①設計時に見込んだ負荷量を超える排水投入の禁止、②パーラー洗浄前の床面の除糞による有機物負荷の軽減、③隔壁を有する2日以上の容量を備えた貯留槽の設置と、定期的な沈殿物の除去、④縦浸透型濾床表

面の交互乾燥 (春～秋: 週1回程度) などが重要です。また、日常点検として、サイホンやポンプの動作、ヨシの生育状況の確認が必要です。

以上、試験で得られた結果と既往の情報から、処理水を目標濃度 (BOD、COD、SS、大腸菌) 以下とするための伏流式人工湿地システムの運転方法および牛舎のタイプや規模別の設計方法 (濾床の面積、段数) を明らかにしました (表1)。

表1 牛舎タイプおよび規模別のシステム構成と試算コスト (目標水質  $100\text{mgBOD}/\text{l}$  未満)

牛舎タイプ (搾乳牛頭数の目安)	原水BOD濃度 BODin (mg/L)	排水量 Q ( $\text{m}^3/\text{日}$ )	濾床 <sup>1)</sup>		段数 <sup>2)</sup>		施工費 <sup>3)</sup> (万円)	運転費用 <sup>4)</sup> (万円/年)
			面積 TA( $\text{m}^2$ )	濾床循環	a	b		
つなぎ牛舎 (50～100頭)	800	2	64	2	1	380	26	
				3	0	500	16	
フリーストールA (80～150頭)	1,600	5	320	3	1	700	27	
				4	0	800	16	
フリーストールB (200～400頭)	3,200	10	1,280	4	1	1,500	28	
				5	0	1,600	16	

- 1) 限界負荷量を  $25\text{gBOD}/\text{m}^2/\text{d}$ として面積を求めた。
- 2) 原水および処理水のBOD濃度を順にBODin、BODoutとした時、 $(a+b) = \log_{0.5}(\text{BODout}/\text{BODin})$
- 3) 施工費は設置場所の気象条件や地形、使用する資材の種類等によって変動する。
- 4) 運転費用の内訳は、点検・水質分析 (10～20万円)、電気代 (1～3万円)、諸費用 (5万円) と仮定

### 3. 留意点

本研究は北海道大 (井上京)、北海道農業研究センター (加藤邦彦) 根釧農試、(株) たすく、遠別町らの共同研究であり、基本設計は特許公開済みです。

## 地下埋設型密閉式ばっ気処理槽を嫌気発酵処理に転換

(地下埋設型密閉式ばっ気槽のバイオガスプラントへの改造利用)

酪農施設科 関口 建二

(E-mail : sekiken@agri.pref.hokkaido.jp)

### 1. 背景・ねらい

近年整備されたふん尿処理施設のうち、スラリー処理施設ではばっ気処理方式が多く採用されていますが、運転経費の高さや施設運転の難しさから十分な施設の活用が図られていない例があります。そこで固液分離液を対象とする地下埋設型ばっ気処理施設を、最低限の改造によって簡易な嫌気発酵処理施設に転換し、改造時の留意点や初期・運転経費、運転時の問題点を検討しました。

①ばっ気槽内の洗浄、②バイオガス取出管や加温用配管などの敷設、③ばっ気槽開口部の密閉、④発酵槽天面への断熱材設置の手順で実施しました。根釧農試の地下埋設型ばっ気処理施設の改造に要した施工期間は49日間です。設計時の改造嫌気発酵処理施設の運転条件は、発酵温度42℃、水理的な平均滞留日数30日としました(図1、表1)。

### 2. 技術内容と成果

#### 1) 改造の内容と手順

ばっ気槽から嫌気発酵槽への改造は、換気装置の設置など作業時の安全を確保した上で、

#### 2) 改造後の運転経過

日投入量11m<sup>3</sup>、原料温度約15℃の固液分離液を原料とした条件で、冬期間のバイオガス生成量は約84m<sup>3</sup>/日(1~3月)、メタン濃度は約64%でした。発酵槽加温用ガスボイラにおけるバイオガス消費量は約74m<sup>3</sup>/日で、余剰バイオ

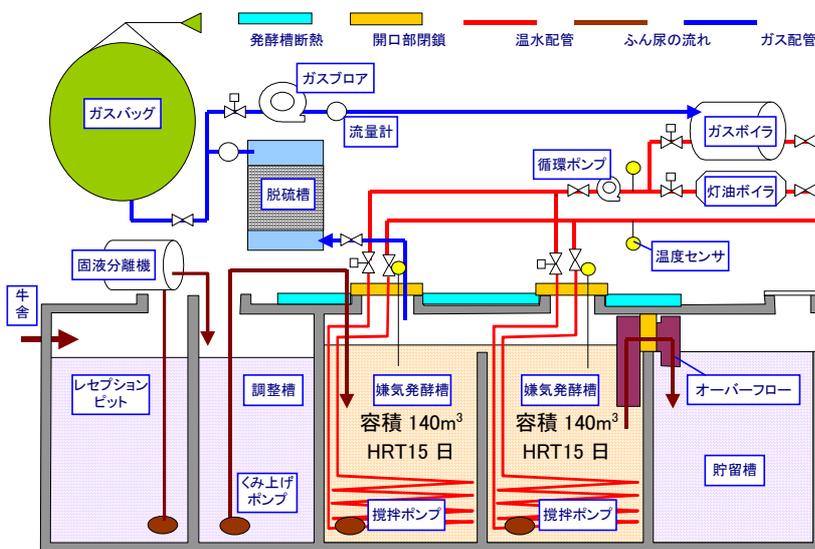


図1 改造嫌気発酵処理施設の概要

表1 設計時の施設諸元

施設の種類	個別利用型(草地還元)
原料投入量	9m <sup>3</sup> /日 (乳牛ふん尿+搾乳関連排水)
嫌気発酵槽	鉄筋コンクリート製 地下埋設型密閉式 140m <sup>3</sup> ×2槽 中温発酵(42℃)
脱硫方式	乾式脱硫(酸化鉄)
ボイラ	ガスボイラ50kW 補助灯油ボイラ52.3kW

ガスは約 10m<sup>3</sup>/日となりました (表 2)。

表 2 改造後の運転実績 (2008.1~3)

発酵温度(1槽/2槽)	40/36°C
原料投入量(固液分離液)	11m <sup>3</sup> /日
投入原料温度	15°C
バイオガス発生量	83m <sup>3</sup> /日
バイオガス中CH <sub>4</sub> 濃度	64%
バイオガス消費量	74m <sup>3</sup> /日
原料中有機物濃度	2.8%
有機物分解率	46%
投入有機物あたりのCH <sub>4</sub> 生成量	0.17m <sup>3</sup> /kgVS/日

### 3) ふん尿処理の状況

処理液の総窒素はばっ気処理では原料の乳牛ふん尿スラリーよりも減少しましたが、嫌気発酵処理では大きな変化が認められませんでした。また、嫌気発酵により有機酸は大幅に減少し、臭気の低減が期待できます(表 3)。

### 4) 改造費用と運転経費

改造後の消費電力量は 44.8kWh/日で、改造前のばっ気処理施設における所要電力量(63.7kWh/日)に比べ約 3 割低減されました。施

設の改造費は総額 1764 万円を要したのに対し、改造前と改造後を比較した運転経費軽減額は約 8.8 万円/年でした。

### 5) 改造による効果

嫌気処理施設への改造により、改造前のばっ気処理施設に比べ、投入エネルギーが削減され、窒素成分の揮散が抑制されます。ただし、原料性状については施設の運転に影響を及ぼすため慎重な検討が必要です (表 4)。

### 3. 留意点

この情報で示した嫌気発酵処理施設への改造は固液分離機を備えた地下埋設型密閉式ばっ気処理施設を対象とし、投入原料は乳牛ふん尿スラリーの固液分離液分に限定されます。

ふん尿処理槽・貯留槽は労働安全衛生法によって、第二種酸素欠乏危険作業所に指定されているため、作業を行う場合は酸素欠乏危険作業主任者を選任し、換気の確保や保安設備の用意など必要な措置を講じる必要があります。

表 3 処理によるふん尿性状の推移

	改造前(ばっ気処理施設)2007.1				改造後(嫌気発酵処理施設)2008.2			
	投入原料 固液分離液	ばっ気 槽1	ばっ気 槽2	貯留槽	投入原料 固液分離液	嫌気 発酵槽1	嫌気 発酵槽2	貯留槽
水分 (%)	94.3	96.7	96.9	97.3	96.3	97.0	97.1	97.7
pH	7.6	8.2	8.1	8.1	7.5	7.9	7.9	7.9
総窒素 (mg/L)	3000	2400	2300	2000	2316	2716	2683	2384
アンモニア態窒素 (mg/L)	1300	1300	1300	1300	1238	1418	1519	1525
プロピオン酸 (mg/L)	970	240	trace	trace	995	152	152	190
ノルマル酪酸 (mg/L)	560	trace	trace	trace	622	trace	trace	trace
イソ吉草酸 (mg/L)	160	trace	trace	trace	190	trace	trace	trace
酢酸 (mg/L)	3200	1600	1200	1100	3619	211	trace	trace

表 4 施設改造前後を比較した場合の評価

項目	評価	備考
運転操作の難易	同等	配管の詰まりや凍結に注意が必要
投入エネルギー削減効果	やや優	使用電力節減
窒素成分の揮散抑制効果	優	密閉処理したばっ気槽と比べると同等
臭気低減効果	やや優	施設周辺への臭気放出が低減
原料への対応	劣	成分や処理量の変動に影響を受け易い 高濃度の原料を対象とする場合、攪拌能力の不足に注意

## バイオガスがお宅のガステーブルで使えます！

(余剰バイオガス精製・圧縮装置と地域利用システム)

経営科 岡田 直樹

(E-mail : okadana@agri.pref.hokkaido.jp)

### 1. 背景・ねらい

個別型バイオガスプラントから産出される未利用の余剰バイオガスを活用するため、精製圧縮充填装置とその利用システム（バイオガス利用システム）を開発するとともに、エネルギー、経済及び環境分析を行い、農村地帯における地域利用システムとして評価しました。

### 2. 技術内容と成果

#### 1) 装置の概要

開発した精製圧縮充填装置は、バイオガス利用システムの基幹施設であり、余剰バイオガスを都市ガス規格 12A 相当の精製ガスに改質する機能を搭載しています。このため、一般家庭

用ガス機器での利用と経営外への搬出が可能となりました（図 1,2,3）。



図 2 膜分離ユニット

○バイオガスプラントから発生した余剰バイオガスをメタンと二酸化炭素・窒素等に分離します。



図 1 余剰バイオガス精製圧縮充填装置

○余剰バイオガスの精製、高カロリー規格ガスへの改質、圧縮、ポンベへの充填の一連工程を一挙に行います。

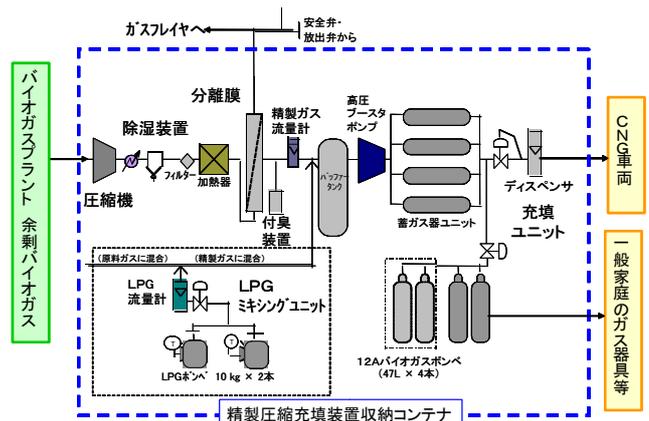
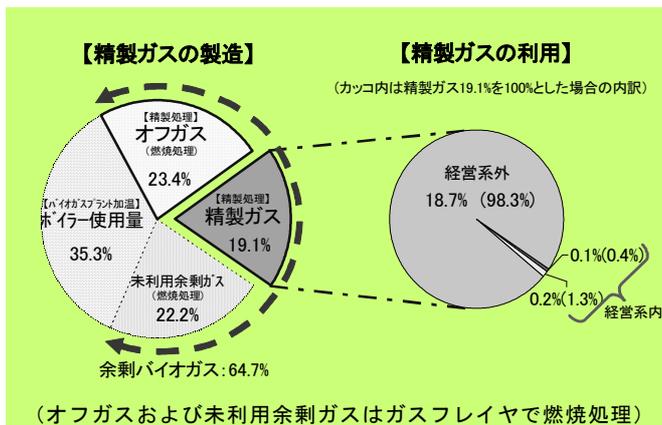


図 3 精製圧縮装置の精製プロセス

## 2) エネルギーの収支

A 町をモデルにしたバイオガス利用システムのエネルギー収支解析の結果、バイオガスプラントで生産された精製ガス(約 3.5 万 Nm<sup>3</sup>/年)を経営内での消費(精製ガスの 0.3%)と町内(精製ガスの 98.3%)へのガス事業者のインフラを活用した精製ガスの分配を行うことにより、A 町 3,661 戸の場合、219 戸(6%)の一般住宅にガス供給できることが試算されました(図 4)。



## 3) 費用の解析

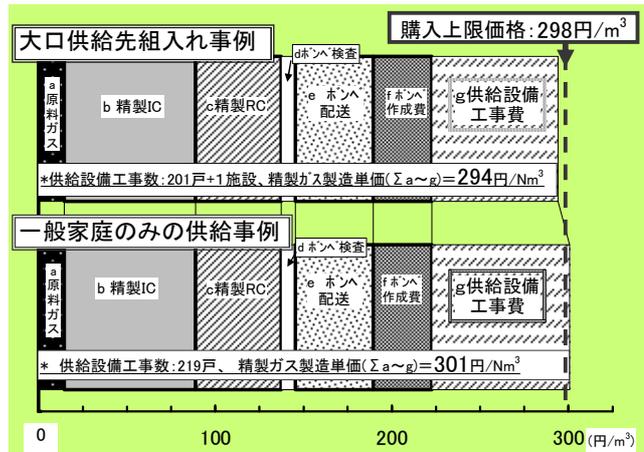
LCC (ライフサイクルコスト=施設・設備などについて調達から廃棄までにかかる全費用)解析の結果、バイオガ

ス利用システムにおける精製ガスの購入上限価格は 301 円/ Nm<sup>3</sup> と試算され、精製ガスの LPG 換算である消費者の購入上限価格 (298 円/ Nm<sup>3</sup>) を僅かに上回ります。しかし、大口の消費者を顧客とすることで、供給設備工数の施工数が減少することで消費者の購入上限価格を下回り追加所得を十分期待できます(図 4)。

## 4) 温暖化負荷に対する効果

LCA (ライフサイクルアセスメント=環境への負荷をライフサイクル全体に渡って評価する手法)解析の結果、バイオガス利用システムの総温暖化負荷は二酸化炭素換算で 298t となり、これまでのバイオガスプラント (同 547t) に比

べ、249t の二酸化炭素排出量が削減可能です(表 1)。



(精製圧縮充填装置はガス事業者が所有)

図 4 精製ガス原価構成比

表 1 バイオガス利用システム導入後の温暖化負荷

	温暖化負荷
○従前のバイオガスプラントの総温暖化負荷合計	547 t-CO <sub>2</sub> eq
・ 余剰バイオガス燃焼、バイオガスプラント商用電力、消化液搬出・散布・散布後の揮散	271 t-CO <sub>2</sub> eq
・ 経営系内の精製ガス代替対象機器(LPG)	71 t-CO <sub>2</sub> eq
・ 経営系外での化石エネルギー(LPG)	205 t-CO <sub>2</sub> eq
○バイオガス利用システムの総温暖化負荷合計	298 t-CO <sub>2</sub> eq
・ 余剰バイオガスおよびオフガス燃焼分、バイオガスプラント商用電力、消化液搬出・散布・散布後の揮散	173 t-CO <sub>2</sub> eq
・ 精製圧縮充填装置消費電力	44 t-CO <sub>2</sub> eq
・ 化石燃料代替量 (経営系内外の精製ガス代替対象機器)	81 t-CO <sub>2</sub> eq
バイオガス利用システム導入による CO <sub>2</sub> 削減量	249 t-CO <sub>2</sub> eq

## 3. 留意点

バイオガス利用システムの普及対象はバイオガスプラントを所有もしくは建設計画を持つ JA、農家および市町村です。

開発した精製圧縮充填装置のバイオガスプラントへの適用範囲は乳牛 100~250 頭規模となっています。また、精製圧縮充填装置の設計は設置予定のバイオガスプラントのガス生成能力を把握した上で実施してください。

精製圧縮充填装置を設置する場合は、高压ガス保安法およびガス事業法を遵守しなければなりません。また、日産 100 Nm<sup>3</sup> 以上の精製ガスを生産する場合、高压ガス製造保安責任者の設置が必要となります。

## 新しい牧草品種と農業機械

作物科 林 拓

酪農施設科 関口建二、吉田邦彦

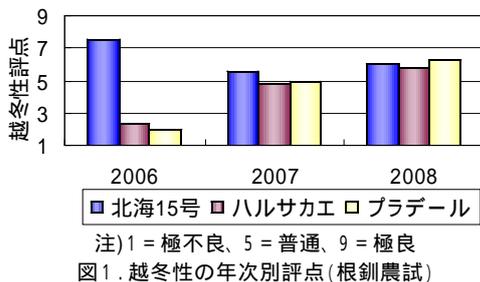
(E-mail: thayashi@agri.pref.hokkaido.jp) (E-mail: sekiken@agri.pref.hokkaido.jp)

平成20年度に北海道優良品種として認められ根釧地域で利用可能な品種、および根釧農試から成績が発表された農業機械を紹介します。

### 1. メドウフェスク「北海15号」

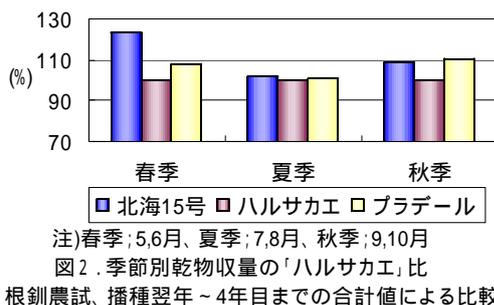
メドウフェスクは放牧草地に向き、また越冬性がペレニアルライグラスよりずっと強い草種です。

「北海15号」は、既存品種より越冬性に優れています(図1)。この要因としては、雪腐大粒菌核病抵抗性が高いことが分かっています。



越冬性がよいので、春の収量は多くなります(図2)。一般に、そういった品種は秋の草量が不足するのですが、「北海15号」は問題はありません。

おすすめは草丈20~30cm程度での放牧利用です。早春は、草丈15cmになったら放牧開始し、過繁茂を防ぎます。



### 2. サイレージ用とうもろこし「北交66号」

熟期は「早生の早」に属し、雌穂が多収で倒伏に大変強いのが特長の品種です。

この品種は、総体の収量からみた優位性は少ないのですが、雌穂割合が、既存品種の中ではトップクラスの「ぱびりか」並に高くなっています(図3)。

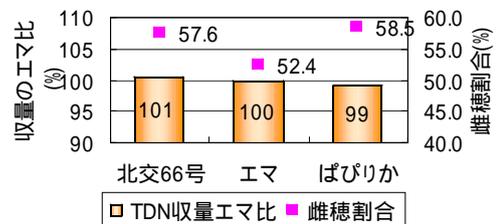


図3. TDN収量エマ比と雌穂割合(乾物ベース)  
根釧農試、2005~08年平均値

一方、倒伏すると、収穫作業が困難になるほか、土砂の混入などの問題があります。「北交66号」は、他の品種が甚大な被害を受けた年でも倒れにくく、倒伏には相当強いといえます(図4)。

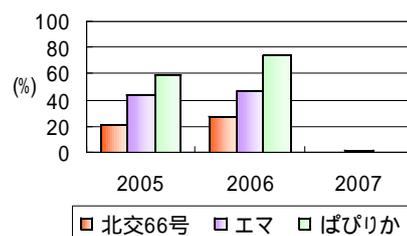


図4. 倒伏個体率(%) 根釧農試、発生年のみ図示



写真. 「北交66号」の草姿・雌穂  
(丈は低い安定感があり、雌穂は大きい) 北農研

### 3. 自走式フォレージハーベスタ (牧草) 「FR9080,270FP 付」

1) ピックアップユニット270FPを装着した、定格出力639PS(2100rpm)の自走式フォレージハーベスタです。切断部のシリンダ幅は900mmで、刃長450mmのナイフが12枚ずつ2列に装着されています。シリンダは1132rpmで回転し、カット回数は毎分13584回になります。シリンダへ送る牧草量をフィードローラの回転で調節し、切断長を4~22mmの範囲で設定することができます。

2) チモシー主体の平坦な草地で、水分75.8%の1番草を刈倒して形成した集草列(高さ59cm、幅167cm、列間714cm、草量6.0DMkg/m)を用い、設定切断長14mmと9mm、作業速度1.68~2.90m/sで精度試験を実施したところ、14mmでの最大処理量は55.6DMt/hでした。切断長20mm以下の割合は作業速度1.68m/sの時が65.9%と最も高く、処理量の増加に伴って低下する傾向がみられました。100m区間内の拾上げ損失は、最大でも0.17DMkg(0.03DM%)と僅かでした。

3) 4.1haの圃場で、7台のダンプトラック(積載量4000kg)を用いて1.1km離れたバンカサイロへ運搬する体系での作業に要した作業時間は65.5分であり、作業能率は3.74ha/hrでした。作業時間のうちダンプ待機時間等を除くと、作業能率は5.31ha/hrでした。燃料消費量は78.8L/hrでした。



### 4. チューブサイロ詰込み機 (飼料用とうもろこし) 「MANITOBA3000」

1) 供試機はダンプボックスで受けたサイレージ原料をかき込爪付きのロータによって、樹脂製チューブに詰込むチューブサイロ詰込み機です。チューブはポリエチレン製で長さは60mと75mが選択できます。単独で自走はできませんが、ロータなど機体各部を作動させるために出力170PSのディーゼルエンジンを搭載しています。

2) 自走式フォレージハーベスタで収穫した飼料用とうもろこしを材料に試験を実施したところ、原料水分が70.3%の場合、詰込能率は71t/ha、推定かさ密度は613kg/m<sup>3</sup>でした。原料水分が72.5%の場合詰込能率が47t/ha、推定かさ密度は509kg/m<sup>3</sup>と、原料水分の上昇によって詰込密度や詰込能率が低下する傾向が認められました。このため原料の収穫時期や水分付着には留意が必要です。詰込後のチューブの形状は幅3.5m、高さ2mで断面積は6m<sup>2</sup>です。詰込から約100日後にサンプリングして計測したかさ密度は、現物で平均522kg/m<sup>3</sup>、乾物で157kg/m<sup>3</sup>でした。

3) 75mチューブを用いた能率試験では、詰込作業開始から終了までの所要時間が315分、そのうち待機時間は87分でした。総処理量は現物で236t、作業能率は45t/hr、待機時間を除くと62t/hrであった。燃料消費量は12.4L/hrでした。



## 平成20年度の主な行事

### 《 酪農フォーラム 》

今後の根釧酪農の展開方向を探るため、生産技術、農業情勢及び経済政策など各界から招いた講師を中心に、地域の関係者と意見交換する場として不定期に開催しています。本年度は2回開催し、約170名の参加者があり、試験研究や技術開発に反映さるべく貴重な意見等を頂きました。



厚いエールを送る小沢支店長

### 第20回(平成20年11月6日)

#### 「世界経済の動きと道東の経済情勢」－酪農を中心とする地域経済活性化に向けた課題－

日本銀行釧路支店の小澤浩太郎支店長に、道東の食品製造業は比較的堅調であり、「酪農、悲観しないで」とのエールを頂きました。

### 第21回(平成21年2月22日)

#### 「食料危機の教訓と今後の日本酪農の対応方向」

東京大学大学院の鈴木宣弘教授に、食料生産の大切さや国際化を睨んだ酪農・畜産の方向についてお話しを受け、「消費者と一体となりアピールすることが重要」との指摘を頂きました。



熱心に講演に聞き入る出席者

### 《 試験場公開デー 》

第5回目を迎えた今年は、329名の町内外の方々にご来場頂きました。パネル展示とクイズラリー、バスを使った牛舎見学や体験コーナーをとおして、酪農と試験場の仕事を幅広く紹介しました。また、関係の方々の協力を受けた農畜産物の即売コーナーは、たいへん好評でした！



#### 右上：哺乳体験コーナー

(仔牛に間近に迫れるこの体験。以外と力が強いことに驚く人も！)

#### 右：新企画1日獣医さん

(牛のことをもっと知れるこの企画。牛って暖かいんです。)

#### 左：クッキー作り体験

(昨年に引き続き登場のクッキー作り体験は、子供さんを中心に盛況でした！)



## 《 酪農講座 》

平成 20 年 6 月 9-10 日、実地研修の酪農講座として、標茶町虹別と南標茶の酪農家の放牧草地で、根釧農試所有の簡易更新機（シードマチック）による放牧用イネ科牧草メドウフェスクの追播作業を公開しました。支庁、役場、普及センター、酪農家など両日合わせて 20 名前後が参加し、当场職員の操作による簡易更新作業を見学しました。

また、8 月 4 日には、別海町北矢白別会館で、地球温暖化を中心とする環境問題に関する酪農講座を開催しました。当场研究員 5 名の話題提供の後、地区の酪農家約 10 名による意見交換が行われました。



説明を聞き入る参加者



簡易更新作業の実演

根釧農試酪農研究通信第 18 号 （2008 年 3 月発行）

発行／北海道立根釧農業試験場

〒086-1135 北海道標津郡中標津町旭ヶ丘 7 番地

TEL 0153(72)2004 ・ FAX 0153(73)5329