

ISSN 0919-3235

# 北海道畜産学会報

第48巻 2006年



特集 (5編)  
原著論文 (4編)  
研究ノート (2編)  
学会・シンポジウム報告 (3編)  
技術レポート (3編)  
併催企画報告  
学会記事

北海道畜産学会

HOKKAIDO ANIMAL SCIENCE AND AGRICULTURE SOCIETY



# お 知 ら せ

## 1. 第61回北海道畜産学会大会について

北海道大学が担当します。  
大会日程等は後日ご案内します。

## 2. 会費納入のお願い

会報の送付封筒のタックシールに、会費を納入いただいた年度を記載しております。お確かめの上、未納入年度分の会費を納入してください、3年間滞納しますと、除名処分の対象となりますのでご注意ください。

なお、学生会員につきましては、継続の場合も1年毎に入会の手続きをしていただくこととなっております。

年会費：正会員 3,000円

学生会員 2,000円

郵便振替：口座番号 02770-4-4947 (加入者名 北海道畜産学会)

ご不明な点は、会計幹事福永重治までご連絡ください。

住所：〒060-8589 札幌市北区北9条9丁目 北海道大学内

北海道畜産学会 事務局 (会計)

電話：011-706-2546

FAX：011-706-2538

E-mail：kamui@anim.agr.hokudai.ac.jp

## 3. 住所等変更のご連絡のお願い

会員の方で住所等に変更が生じた場合には、下記の用紙にご記入の上、上記の会計幹事(福永重治)までお送り願います。

なお、当学会ホームページ(www.h7.dion.ne.jp/~hokutiku)でも変更手続きが可能です。

-----  
きりとり

住所等変更届け

(届け出日：平成 年 月 日)

お名前

旧 住所  
TEL・FAX

新 住所  
TEL・FAX



# 北海道畜産学会会報

第 48 卷

平成 18 年 3 月

## 目 次

### 特 集

北海道の畜産を支える草・土・水の力	近藤誠司	1
畜産食品と脳	高田明和	5
草地在る北海道の畜産	花田正明	15
北海道の土壌と家畜生産	松中照夫	19
家畜生産と環境保全	三枝俊哉	25

### 原著論文

分娩後乳牛の繁殖性に及ぼすアルファルファサイレージの影響 (欧文)	山田 豊・坂口 実・角川博哉・中村正斗・久米新一	33
牛枝肉横断面の画像解析による第9-11肋骨間ロース部の赤肉割合の推定	長谷川未央・大澤剛史・日高 智・宝寄山裕直・酒井稔史・山本裕介・佐藤幸信・口田圭吾	39
チーズホエーを給与した豚の肉質特性	三上正幸・島田謙一郎・関川三男・福島道広・斎藤 愛・柴田政二	45
コラーゲンの産生異常がニワトリ羽毛の初期発生に及ぼす影響	小林 謙・福永重治・竹之内一昭・加藤 (森) ゆうこ・中村富美男	53

### 研究ノート

乳酸生成糸状菌 ( <i>Amylomyces rouxii</i> ) 添加ポテトパルプサイレージと食品残渣からの乾燥調製飼料給与が肥育豚の産肉性に及ぼす影響	日高 智・太田 忍・三浦俊治・小田有二	59
乳酸生成糸状菌 ( <i>Amylomyces rouxii</i> ) 添加ポテトパルプサイレージ給与がホルスタイン種去勢肥育牛の肉質に及ぼす影響	日高 智・高柳樹行・三浦俊治・小田有二	65

### 学会・シンポジウム報告

第2回畜産における温室効果ガスの制御と利用に関する国際会議 (GGAA2005) 報告	高橋潤一	71
第39回国際応用動物行動学会の参加報告	新宮裕子	75
台湾での家畜廃棄物管理国際検討会に参加して	田村 忠	77

### 技術レポート

ヤギ乳はヒトにやさしい —ヤギ乳と牛乳の比較—	田中桂一・佐藤響太	79
農業機械を持たない、労働に余裕のある酪農経営を創る「(有)デリーサポート士別」の取り組み	林川和幸	85
牛舎施設と乳牛の行動について	寺田浩哉	89

併催企画報告		93
--------	--	----

学会記事		94
------	--	----

北海道畜産学会役員名簿		98
-------------	--	----

北海道畜産学会会則		99
-----------	--	----

北海道畜産学会編集委員会規定		100
----------------	--	-----

北海道畜産学会投稿規定		100
-------------	--	-----

北海道畜産学会報原稿作成要領		101
----------------	--	-----

北海道畜産学会表彰規定		102
-------------	--	-----

北海道畜産学会活性化委員会規定		102
-----------------	--	-----

日本畜産学会北海道支部会則		103
---------------	--	-----

日本畜産学会北海道支部代議委員選出規定		103
---------------------	--	-----

日本畜産学会北海道支部役員		104
---------------	--	-----

会員名簿		106
------	--	-----



## 特 集

## 北海道の畜産を支える草・土・水の力

近藤 誠司

北海道大学大学院農学研究科

## 1. 始めに

平成17年9月10日に、文部科学省の平成17年科学研究補助金「研究成果公開発表」を受けて、上記講演会が札幌市コンベンションセンターで開催された。これは前日9日から始まっていた日本畜産学会第105回大会と連携する形で、学会第2日目午後と同じ会場で開催され、主催は日本畜産学会のほか、本北海道畜産学会に加え北海道草地研究会および北海道家畜管理研究会と、道内の3つの畜産関係の学会・研究会が名を連ねており、実質的に道内の畜産関係研究者が総出で実施した講演会となっている。

同様の公開講演会が、平成10年12月5日に、同じく日本畜産学会および北海道畜産学会主催で北海道大学学術交流会館において開催されている。この時は「北の大地と家畜と私たち」を大テーマに掲げ、第1部として「自然との関わり」について新たな自然保全思想と家畜生産との調和を東京農工大学鬼頭秀一教授と、北大農学部近藤が講演した。第2部として「北海道の自然が作るおいしい牛肉・牛乳」というテーマで、牛肉、牛乳、人と動物の健康について、道立畜産試験場の川崎勉氏（現天北農業試験場場長）、サツラク農業協同組合の野名辰二氏（現事業部次長）、北大獣医学部教授神谷正男氏（現名誉教授）が講演を行っている。

平成10年という時期は、我が国の畜産業界を震撼させた口蹄疫騒ぎやBSE騒動はまだ発現しておらず、さらに鳥インフルエンザなども大きな脅威とはなっていない。この時点で、既に以上のようなテーマを設定し、生態系と家畜生産システムとの調和のあり方、消費者に対する安全でおいしい家畜生産物のアピールと説明、さらにエキノコックスを例にとった人畜共通の疾病の実態と予防などまで含めた講演を企画実施した当時の日本および北海道畜産学会は、きわめて先見性があり、卓見であったというべきであろう。

この度の講演会は、前回の公開講演会を受けた形で、さらにその後起きた畜産に関連する各種事件の社会的反応を踏まえて行われたといえよう。一連の騒動以後、消費者の間には、「我々の食べている畜産食品が安全か？」という技術に対する不信感が出現し、これら

は「安心できるか？」という社会的不安感として広がっていき、ついには「畜産食品は摂取しない方が健康である」という一見科学的な仮面をかぶった不可思議な風潮をも醸し出すに至った。そこで、今回の公開講演会では、畜産食品がいかに人体にとって必要不可欠であるか、という基本的な解説から始まり、「私どもの畜産食品は北海道の大地を基盤にこのよう作られている」と草や土の立場からの講演が続き、最後に家畜生産の現場と環境が直接関連しあう「水」の問題の解説で締めくくられたものであった。

## 2. 人にとって必要不可欠な畜産食品

浜松医科大学名誉教授である高田明和先生による「畜産食品と脳」と題する最初の講演は、医学分野から畜産食品の重要性を指摘した点で非常に興味深く、また新鮮な話題であった。さらに、先生の軽妙な語り口は、固くなりがちなこの手の話題をかみ砕いて、市民公開講座として特別な知識のない層に対しても解りやすい講演であった。

我々人類が、他の哺乳類に対して圧倒的な差をつけながら進化した主要因は、二足歩行と、脳の発達である。巨大化した脳は他の哺乳類ではなしえなかった文化・文明を築いた原動力であったが、同時に他の哺乳類では考えられないくらいエネルギーやタンパク質を要求している。他の動物が比較的長期の絶食に絶えられるのは、クマの冬眠やシカ等の冬季の摂取量が半分近くになることなどで知られているが、我々はこうした長い期間のタンパク質・エネルギーの無補給には耐えられない。こうした我々人類ならではの特性は、すべて脳が大きな栄養要求量を持っていることに起因している。食品の中で、グラム当たりのエネルギー含量は肉が最も高いのは自明であり、摂取量自体には限りがある以上、人はより効率よくエネルギーを摂取するためには肉を食物に取り入れて行かねばならない。

畜産食品を摂取することによるマイナスイメージとして、過多の脂肪摂取がある。しかし、高田先生は、世界137カ国の平均寿命は脂肪摂取量とある程度まで正の相関があり、脂肪摂取量の増加が寿命を延ばしているという事実を明らかにした。この「ある程度まで」は、1日当たり140g程度といわれており、我が国の平

均脂肪摂取量58g/日からみて取りすぎということはないらしい。タンパク質については長寿の象徴である100歳以上の方々の1日当たりのタンパク質摂取量自体が日本人の平均摂取量より多くなっているのは驚きである。

タンパク質については肉類中の含有量が極めて高い必須アミノ酸であるトリプトファンの話が興味深い。脳内物質として鬱病防止に関連するセラトニンもトリプトファンからしか生成されない。その点で、畜産食品を豊富に摂取することは、健全な社会生活と直結している。

肉類については魚類を多量に摂取すればよいとする意見もあり、魚類はいくらでもいるなどという乱暴な議論もある。養殖や畜養といった栽培漁業は徐々に普及し始めているが、漁業の主体はまだまだ狩猟・採集にちかひもので、海というブラックボックスに頼っているという点で、生態系の中での循環とはやや距離感がある。畜産は生態的資源の循環による生産システムが、目に見える形で具現するものであり、本来的なトレスビリティの中で論議しやすいものと思われる。

### 3. 北海道の家畜生産を支える草地

帯広畜産大学助教授の花田正明先生は、大学院修了後直ちに道立根釧農業試験場に奉職され、そこで放牧主体の牛乳生産に関する研究を長期間にわたり実施し、得られた知見をまとめて博士号を授与された。この講演会の話題は放牧に限らず、草地と家畜生産という内容の講演であった。

花田先生はまず世界、日本および北海道の草地面積を挙げ、歴史的にこうした草地を利用した家畜生産により人類の食糧が支えられてきた事実を述べ、こうした草資源の重要性を指摘した。また、北海道では草地面積の多い地域ほど乳牛飼養頭数および牛乳生産量が多いことを示し、統計的にはやはり北海道の家畜生産の大きな部分が本道の草地により支えられていることを示唆している。

しかしながら、1980年代以降の草地面積、乳牛飼養頭数および牛乳生産量の推移という点から検討してみると、実は草地からの生産量は増加しているとはいえず、実際には輸入穀類を主体としたいわゆる濃厚飼料の給与量の著しい増加が今日の牛乳生産を支えていることに気がつく。花田先生の計算によればエネルギーベースで、北海道の平均的な泌乳牛が必要とするエネルギーの約50%は海外で生産されている結果となる。先生の指摘を待つまでもなく、こうした濃厚飼料の主な構成成分は人類が直接利用できる穀類であることも地球規模的な観点からは問題となるであろう。

講演では、以上の課題を踏まえた上で、BSE問題や家畜排泄物による環境汚染の問題に触れ、さらに北海道

の畜産が本来的な草を基盤とした生産システムに立ち戻るべきであるとした。そこで、家畜生産における土地当たりの生産量という観点を持つべきとしている。畑作や稲作では、当然のことながら生産性は単位面積当たりの生産量で総合的な生産システムの評価がなされている。当然のことながら、農業生産の1システムである畜産も土地を基盤とするものであり、こうした評価システムで評価されるべきであるが、残念ながら私どもの家畜生産では評価は概ね個体を単位としている。すなわち1頭あたりの産乳量もしくは産肉量、1羽当たりの産肉・産卵量である。花田先生は、ha当たりの家畜生産量という概念を取り込むことにより、北海道の家畜生産システムが草地との結びつきをより強固に築きあげ、我が国の畜産基地として安全な畜産物を持続的に供給できるであろうとした。

### 3. 北海道の土壌は家畜生産を支えるか

講演者の松中照夫先生は酪農学園大学教授であり、ご専門は土壌学である。松中先生も花田先生と同じく、道立農業試験場で長年研究員を務められた経歴を持っておられ、本道の土壌をまさに歩いて確かめ検討された方である。

講演では、まず北海道の農地でみられる典型的な土壌を火山灰、台地、低地および泥炭の4種に分け、さらに排水の良否で分類して専門的な名称と特徴を解説された。土壌学は一般市民の生活意識からは遠く離れた存在であるが、実際にはすべての人類は土壌の上に生活している。先生のこの土壌の分類と解説は非常にわかりやすく、こうした講演により専門外の市民でも農地を含めて土壌を眺めたときの関心は以前とは異なるものと思われた。

こうした基礎的知見を易しく解説した上で、本道の主要な土壌を図示し、草地生産との関係が解説された。興味深かったのは、実は現在に至るまで、各地域で主要な生産作物と土壌分布図を重ねて検討した例が今までなかったという指摘であった。松中先生は、さらに気温分布や積雪量などの地域ごとの分布を示して、実際には北海道では土壌よりも各地域の気象条件が生産作物を決定していることを示唆した。

講演では、これら土壌条件および気象条件を整理し、その上で本道での可能な草地生産量を試算した。これらは道の研究機関・普及機関により現在まで行われた豊富な調査事例が計算の基礎となっており、説得力に富むものであった。松中先生は、さらに一歩踏み込み、これらの数字に家畜の生産生理的知見を加えて、酪農生産を例にとって単位面積当たりの牛乳生産量を試算した。これらはまさに、上述の花田先生の示唆を受けたものであり、今後の北海道の家畜生産システムの方向を俯瞰するものである。さらに言えば今後の畜産学



研究の基盤を構築するものであろう。

先生の計算によると、乳牛を草地生産だけに依存するならば、北海道の草地での生産可能乳量は1 haの草地に1.5頭飼養した場合、約4～6 t/ha、1頭飼養では6～8 t/haという値が得られている。この計算を当てはめるならば、他からの穀類輸入などエネルギーの持ち込みがない場合の北海道が生産しうる牛乳量が計算できてしまう。北海道における家畜生産システムの評価はこうした基礎数字をまず検討した上で、様々な条件を加え、経済性やさらに言えば政策的な面も勘案し、摺り合わせて行くべきなのであろう。私ども畜産の研究者にとって非常に示唆に富んだ講演であり、また一般市民にとっては日常の畜産食品の生産基盤を考える上で貴重なヒントであろう。

さて、北海道の土地が支える家畜生産システムを考える上では、飼料の面からのみでは片手落ちである。すなわち、家畜は2つの生産物を持っている。私どもが直接利用するいわゆる家畜生産物と大地に還元されるべき排泄物である。この面からもシステムを検討すべきである。

#### 4. 家畜が生産する排泄物は水を汚さないか？

最後の講演は道立根釧農業試験場の三枝俊哉研究員が行った。三枝先生は東京農工大学卒業後、道の試験場の研究員として土壌や水、草の研究をおこない、一時期は国の研究機関で研究員を務められ、最近では主として農業生産と環境保全に関する研究を行っている。

この講演ではまず北海道の河川の水質の特性を紹介し、実態として流域1平方キロメートル当たりの乳牛飼養頭数が増えるほど、河川水中の全窒素濃度が高まる傾向にあることが示され、聴衆にショックを与えた。家畜排泄物による環境汚染には、汚染源が地点として特定できる点汚染と、農地などある程度の面積を有する部分からの汚染である面汚染に分けられ、対策はそれぞれ別に立てられるべきことが述べられた。点汚染は各畜産農家における貯留・管理の問題であり、これについては既に法律が定められているので、本講演では主として面汚染について解説された。

面汚染は、地下浸透と表面流出がある。地下浸透は肥料として散布された排泄物が地面にしみこみ、地下水や河川水を汚染するものである。三枝先生は最近の研究成果を紹介しながら、適正な散布により地下浸透による汚染は防ぐことができ、さらに化学肥料の散布

量を低減しうることを示した。表面流出による汚染の防御についての研究は始まったばかりであるが、非常に興味深い方策として、河川に沿った緩衝帯としての河畔林の再構築が提言された。実際の調査報告も、一見ザルのように見える河畔林により、効果的に表面流出する肥料や糞尿の河川への流入が低減されることが示された。塀のような遮蔽物ではなく間隔を持って樹立する木立で成り立っている樹木帯が表面流出をほんとは防げるのか、理解しにくい。実際、講演終了後、古手の農学研究者からその機序が理解しづらいとの質問があったが、講演で示した調査の数値はこうした生きた樹木帯が地表面を流れる水を効果的に濾す作用が明らかであった。

三枝先生はさらに土壌の自然浄化能を活用した伏流式人工湿地導入についても触れられた。この研究はまだ本道においては緒についたばかりであり、現時点では点汚染の対策として利用され始めているが将来的には湿地の機能として面汚染に対する効果的な対策となりうることを示唆した。

#### 5. 終わりにかえて

北海道は我が国の畜産基地として、人類にとって有用かつ不可欠な畜産物の生産を続けてきた。消費者の安全で安心な畜産物に対する要求が高まった現在、北海道に期待されることは大きい。本公開講演会では、こうした家畜生産物が安全に生産され、消費者が安心できるような技術基盤をわかりやすく解説した点で、その意義は大きい。

私どもの家畜生産は、特に北海道においては、こうした安全・安心を確保する為に、花田先生が指摘しているようにいわゆる工業的な生産体系を取るべきではなく土地を基盤とした循環を保証するものでなくてはならないだろう。一方、家畜生産を構築する土壌や気象条件は飼料生産を規定し、土地からの家畜生産量も自ずから決まってしまう。また、もう一つの生産物である家畜排泄物を安全に大地に貫流させる循環システムも、土壌が飲み込める有機物の量として飼養頭数を限定する。さらに河畔林や浄化用湿地などの面積も、循環型の家畜生産システムでは必要となることが明らかとなった。私どもはこうした条件を踏まえて、今後「安全で安心な」家畜生産物を食卓に届けて行かねばならないだろう。



特 集

畜産食品と脳

高田 明和

浜松医科大学 名誉教授

(1) 人類がなぜ栄養価の高い食べ物を必要とするか

現在生活習慣病が問題になっています。いろいろな人が「このような生活習慣病は昔はなかった。昔は食肉や脂肪のような過度に栄養分の高い食べ物は食べていなかった。野菜、お米、若干の魚などが主たる食べ物だった。だから人々は太ってもいなかったし、生活習慣病にもならなかった。だから昔の生活に戻るべきだ」と主張します。ではこのような主張の根拠になっている江戸時代の食事はたしかに粗食といえるでしょうか。その時代人々はいくつまで生きられたのでしょうか。当時は生まれてすぐに感染などで死ぬ人が多く、さらに幼児期にははしか、天然痘、肺炎などでも死んでいました。そのために生まれてからの平均寿命を調べると10歳以下になります。それでは本当のことは分からないということで、15歳まで生きた人がいくつまで生きたかを調べると、江戸時代を通じて35歳が寿命だったのです。さらに明治、大正、昭和の始めまでは人生50年でした。昭和10年代には男性の平均余命は48歳、女性は50歳でした。ところが平成16年には男性の平均余命は78歳、女性は85歳です。このような長寿を支えているのが栄養価の高い食べ物の摂取です。

もう一つヒトに特有の問題があります。それは脳の発達です。霊長類、つまり高等なサルとかヒトの食べ物は植物の葉をか茎の比率（これをsと表す）、再生産の部位（実や球根）の比率（これをrと表します）、動物の成分（昆虫を含む）の比率（これをaと表す）により食べ物の質を表すことができます。食事の質指数は  $s+2r+3.5a$  と表されます。もし動物が葉ばかりを食べていれば、この値は100になり、動物の成分（肉）のみを食べていればこの値は350になるのです。

さて、いろいろな霊長類の動物の食べ物の質指数と体重の関係を比較しますと、図1のような図が得られます。つまり体の大きい方が食べ物の質が低いのです（あえて悪いとは言いませんが）。これをJarman-Bellの曲線というのです。その理由は基礎代謝が体重の3/4乗に比例するので、体の小さい動物の方が単位体重あたり基礎代謝が高い、つまり使うエネルギーが高

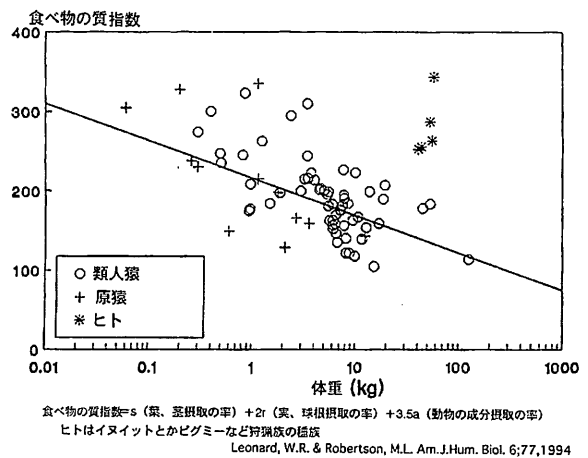


図 1

いので、栄養価の多いものを食べる必要があるのです。一方大きな動物は体重あたりのエネルギーコストが低いのであまり栄養価の高い食べ物を必要としないのです。これはゾウとか野牛などを見れば分かることです。ところがヒトの場合にはこの直線からずれています。ヒトは体重あたりのカロリー摂取が高いので、エネルギー価の高いものを食べなくてはならないのです。この場合にはヒトの祖先と比較するために、現存の狩猟民族であるピグミー、イヌイット、Hiwi,Acheなどの食事内容を比較しています。彼らの食べ物の平均で56%が動物の成分から成ります。一方現存のチンパンジーは食べ物の5-7%を動物成分で摂っているにすぎません。さらに南米の高地に生活している農耕族などは食肉からは6-8%のカロリーを摂っているにすぎませんが、食べ物の質指数は200-210です。これは穀物の方が葉、茎より栄養があるので、農耕族の方が指数が大なのです。

私たちの祖先は500-700万年前に密林から地上に降りたとされます。その時の食べ物が現存するサルに似ている組成をしているとし、現生人類の初期の頃の食べ物が現在の狩猟民族の食べ物に似ているとするなら、ヒト科の進化は食べ物の質の向上により可能になったと考えられます。まず最初に考えられるのは基礎代謝がヒトの場合に大きいかということです。基礎代謝とは生存に必要な体温、心臓、呼吸、胃腸の機能維持などに使われるエネルギーのことです。ヒトの場合には早朝空腹時に動かないようにした状態で測定し

ます。まず霊長類、原猿、ヒト属を比較しますと、ヒトはもっとも大きな体重をもっています。また基礎代謝率は体重にほとんど直線的に比例しており、ヒトの基礎代謝は霊長類などに比べてももっとも高くなっています。では基礎代謝の高さと食べ物の質の関係はどうか。一般には基礎代謝率が大きいほど食べ物の質指数は減少します。ところがヒトだけは基礎代謝が大きいのに食べ物の質が大きいのです。つまり体の大きさ、基礎代謝だけで比較できない何かがカロリーを要求しているのです。これを説明する可能性として脳の大きさが考えられます。実際31の霊長類の脳の大きさと体重の関係を調べると、体重の大きさはほとんど直線的に脳の大きさに比例しています。つまり体重が大きい場合には脳もその分だけ大きく、脳がとくにカロリーを消費しているということはないのです。ところがこのデータにヒト属を加えると、ヒトの場合には体重に比べて異常に脳が大きいことが分かるのです。実際に基礎代謝と脳の大きさを調べますと、図2に示すように初期のヒト科に属すアウストラ

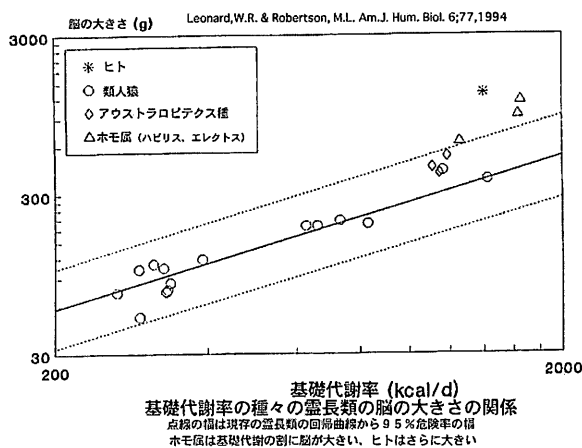


図2

ロピテクスは基礎代謝に対する脳の大きさが非ヒト霊長類の値の上限に来ており、さらにホモ属の猿人、原人などになると現存の霊長類よりも基礎代謝あたりの脳の大きさが大きくなっています。またヒトになるともっと脳の大きさが大きくなっているのです。この脳の大きさの進化は母体内での胎児の脳の大きさの増加によることが知られています。つまり母体が十分な栄養を胎児に与える環境が整ったために次第に胎児の脳が大きくなったと考えられるのです。

約250万年前に地球の冷却期が到来し、草原が非常に拡大しました。このことは食べ物の質とその分布に大きな変化をもたらしたのです。また動物の肉が栄養上魅力的なものになり、ヒト科の動物はこれに適応したり、することができなかつたりしたとされます。現人類の祖先はこれに適応し、狩猟という方法で質のよい食べ物を手に入れることができたのです。このことがまたホモ属の脳を急速に進化させたと考えられるので

す。図3にはホモ属の脳の進化と、脳が必要とするエネルギーの量の関係が示されています。ヒト科の動物が地上に降りて来た時には脳の大きさは385ccくらいでした。これは現存のチンパンジーと同じくらいです。現存のチンパンジーは基礎代謝の10%くらいを脳に割り当てています。最初の人類であるアウストラロピテクス・アフェレンシスも同様に10%くらいを脳に使っています。その後ヒト属(ホモ)が現れ、手を使うホモ・ハビリスが出現するとその脳は600ccくらいあり、エネルギーの15%を脳が使っていました。直立原人は130万年くらい前に現れたのですが、彼らの脳は900ccくらいあり、17%のエネルギーが使われていたのです。現生人類は1,350ccくらいの脳の大きさがあり、基礎代謝の24%くらいが脳に使われているのです。

このように私たちの脳が大きくなったのは私たちが栄養のある食べ物を摂ることが出来るようになったからだということ、さらに脳の機能を維持し、活動させるためには食べたカロリーの25%も脳に与えなくてはならないということです。さらに寿命の伸びを考えると私たちは粗食では脳と肉体の活動を支えてゆけないことが分かります(図3)。

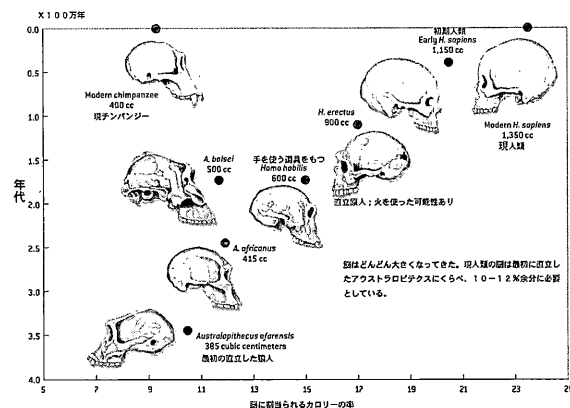


図3

## (2) 栄養ある食べ物を脳が要求している

生まれたばかりの赤ちゃんが眠っている時に口に砂糖の溶液が苦いキニンの溶液を含ませるのです。砂糖の溶液を入れると本能的にこれを吸い、満足そうに眠り続けます。一方苦い液を含ませると、これを吐きだそうとしたり、泣き出したりします。このようなことは生まれたばかりのラットなどでも見られるのです。つまり動物は意識が生まれる前に砂糖、甘いものを好んでいるのです。

じつはこれは砂糖だけでなく、脂肪酸(脂肪の成分)の溶液でもアミノ酸(肉の成分)でも見られます。これらの食品の成分を考えると次のことが推察されます。砂糖はブドウ糖と果糖から出来ています。そのため砂糖をとるとということは炭水化物を摂ると同じこ

とです。脂肪酸は脂肪の摂取と同じですし、アミノ酸はたんぱく質の摂取と同じです。炭水化物、脂肪、たんぱく質は三大栄養素で、私たちは食物の約60%を炭水化物として、25%を脂肪とし、15%をたんぱく質として摂らなくてはなりません。これらの摂取を可能にしているものは、これらが舌や消化管の粘膜の構造（受容器）と結合する時に何かの形で喜びを感じさせたり、あるいは反射的にそれを摂取するようにさせたりする仕組みがあるからだと考えられます。

ある食べ物、長鎖脂肪酸とか砂糖、アミノ酸を好む理由は脳にあるのではないかと考えるのは当然です。そこで快感、楽しいという感覚をもたらす脳内の物質を調べてみました。そのためにドーパミンの作用を阻害するドーパミン受容体拮抗薬（統合失調症の治療に用いるクロールプロマジンなど）やβエンドルフィンの受容体の拮抗剤であるナロキソンを与えるとラットはおいしいものが入った瓶が置いている部屋の方により多く行かなくなります。つまり食物の好みがなくなるのです。

ドーパミンは快感を起こすなどと言われます。コカインとか覚せい剤のアンフェタミンはドーパミン神経からドーパミンを放出させ、快感を起こすとされます。ドーパミン神経の細胞体は中脳にあり、ここからの神経突起（軸索）は前頭葉など広く脳のいろいろな部分に送られます。とくに快感を起こす場とされる側坐核とか中隔核に送られ、そこでドーパミンを出します。一方βエンドルフィンを出す細胞は脳幹の中脳水道周囲核などにあり、ここから脳のいろいろな部位に神経を送り、快感を引き起こし、さらに脊髄を下がって、痛みが末梢から脊髄に入るところでβエンドルフィンを出して、痛みの感じ方を少なくさせます。食物の内で砂糖、脂肪酸、アミノ酸が舌の味蕾に触れるとその刺激は脳に伝えられ、ドーパミン、βエンドルフィンを出します（図4）。

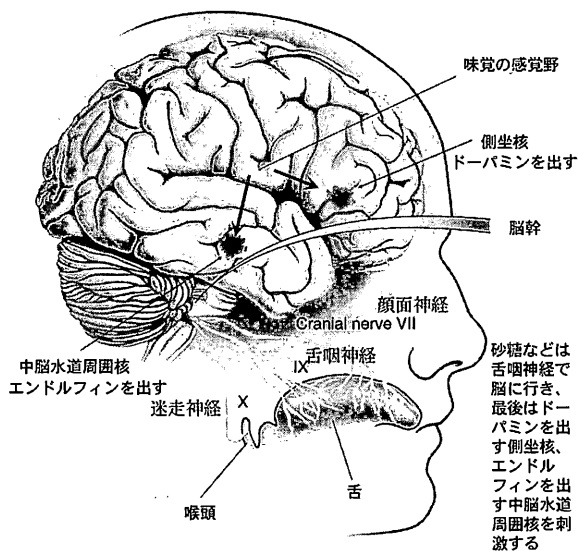


図4

ドーパミンの作用は初期には快感を引き起こすとされてきました。もちろんそのような面がないとは言えませんが、もっと大事な機能は「やる気」、意欲をもたらすことです。たとえばラットを部屋に入れてレバーを押せば、砂糖水が出るとか脂肪酸の液がでるようにしておきます。ラットはレバーを押すことを覚え、飲みたい時にレバーを押します。もしレバーのなかにキニンを入れて、押せば苦い水が出るようにしておけば当然押しません。つまりおいしいものを求めてレバーを押し、快感を得ているように見えます。このようなラットにドーパミンが働かないように受容体の拮抗剤を与えると、ラットはレバーを押さなくなります。あるいはβエンドルフィンの拮抗剤のナロキソンを与えても同じようになります。すると砂糖、脂肪、タンパクなどを摂取するのは、それが快感を与えるように脳の仕組みがなっているのだとも考えられます。

ところで、このような拮抗剤を与えて、レバーを押さなくなったラットの口に砂糖水を入れると、ラットは喜んでこれを飲み、キニンを入れた水を飲ませるとラットは顔をそむけるか吐きだします。つまりラットはドーパミンやβエンドルフィンが働かなくなったことでレバーを押そうという意欲がなくなったに過ぎない、砂糖のように栄養のある物質を欲しがるといふ気持は変わらないのだということが分かるのです。快感というのは側坐核などの刺激により引き起こされますが、快感を快感と感ずるのは大脳皮質です（図5）。味

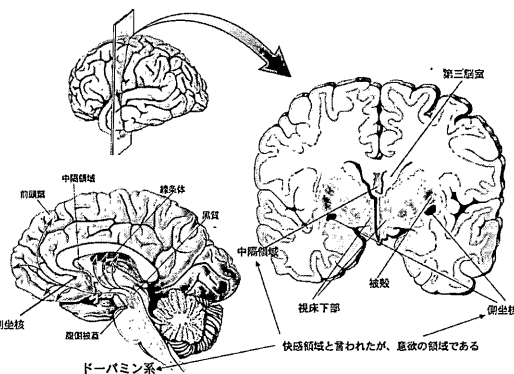


図5

覚野刺激、感情の場である扁桃の刺激が最終的には大脳皮質の前頭前野などで意識に登り、「おいしい」、「楽しい」という感覚が生まれるのです。大脳皮質がなければ、最終的な感情の認識はないと考えられます。

そこでラットの大脳を除いてしまう、除脳動物を作るとどうなるかを調べます。すると、このような動物はもちろん目も見えず、音も聞こえないわけですから、レバーを押そうとしません。しかし口に砂糖水を入れられれば砂糖水を飲もうとしますし、キニンの溶液を入れられれば、これを吐きだします。まるで反射のように砂糖水を求めているのです。

同じことは無脳児を使った研究でも知られていま

す。不幸なことですが、脳のない無脳児は1万人に一人くらい生まれると言われます。彼らは長生きは出来ませんが、しばらく生存させることができます。このような無脳児でも、口に砂糖を入れれば飲み、苦いものを入れれば避けるのです。このことは舌からの刺激の情報が脳幹に伝わり、そこが反射のようにもっと飲み込もうという行動を起こさせるということが分かるのです。現在では脳幹の延髄と橋の間にある部位がこの反応に関与していると考えられています。

### (3) 食肉の摂取は脳の健康に欠かせない

現在日本ではうつ病に悩む人が非常に多くいます。現在の抗うつ剤はどのようなものなのでしょうか。もしあなたがうつ病になり医師の診察を受けるとまず100%近くの場合に選択的セロトニン再取り込み阻害剤、SSRIが与えられるでしょう。これはトフラニールと同じようにセロトニンがシナプス間隙に出された後にもう一度元の神経末端に取り込まれるのを妨げる物質です。日本で売られている薬物の代表はパキシルとカルボックスという薬です(図6)。

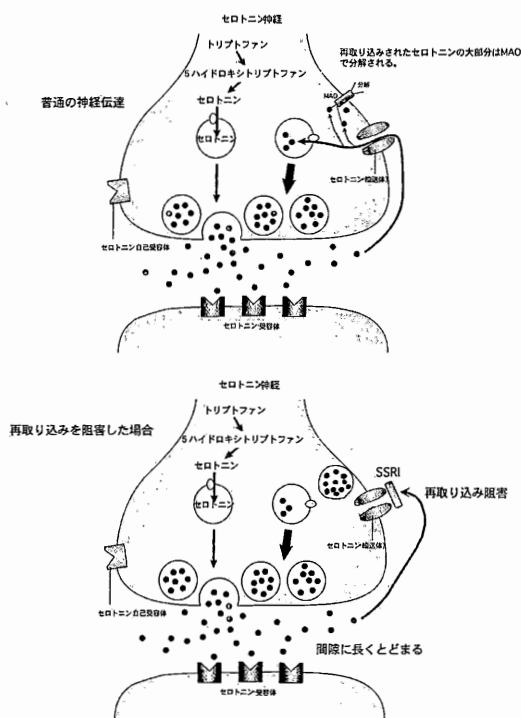


図6

うつ病の人はセロトニンの量が少ないとされます。そこで薬としてはシナプス間隙に放出されたセロトニンが再度もとの神経末端に取り込まれるのを妨げ、長くシナプス間隙に存在し、受容体を刺激し続けるようにさせるものです。普通は再取り込みされた後に再利用される場合もありますが、多くは分解されます。イプロニアジドという結核の薬はこの分解を抑える薬

です。イプロニアジドで結核が治った人は非常に元気になります。それはセロトニンなどが分解されずに、多くなるからだと言えます。

さらにこれでも効果があまりないような場合にはセロトニンとノルアドレナリンの両者の再取り込みを阻害するSNRIなどという薬が用いられます。

一般にSSRIは「脳内のセロトニンを増やす薬」といわれますが、ここでお示しするように、決してセロトニンを増やすのではなく、セロトニンの再利用をさせるものです。セロトニンはトリプトファンというアミノ酸からしか出来ません。トリプトファンは必須アミノ酸で私たちの体では作られません。食べ物として摂る必要があるのです。さらにトリプトファンは肉など動物性のタンパクに多く含まれ、野菜、果物などの植物性のタンパクにはあまり多く含まれないのです。

いろいろな食べ物のトリプトファン含量を比較しますと、何を目安にして比較するかでデータは異なるのです。それは食べ物の水分含量、炭水化物、繊維などの含量が皆異なるからです。そこでまず窒素1グラムあたりと、可食部100グラムあたりのトリプトファン量で比較してみます。すると図7に示すように、窒素1

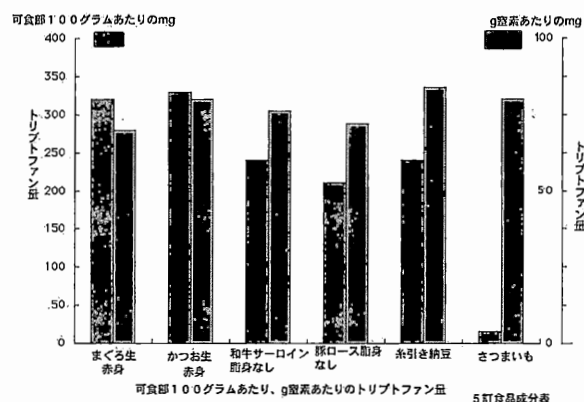


図7

グラムあたりで比較するとまぐろもかつおも食肉もさつまいもも同じくらいになります。つまりタンパクを摂りだせば、いずれもトリプトファンを同じくらい含んでいるということになります。ところが食べられる部分100グラムで比較するとさつまいもとか米などは非常にトリプトファン含量が少ないことが分かります。植物性の食べ物は炭水化物、繊維などが多いからです。

植物性の食べ物でも大豆食品は非常にトリプトファンの含量が多いことが知られています。可食部100グラムを比較すると、糸引き納豆も乾燥の大豆も食肉に勝るくらいです。しかし食肉の可食部を比較する時には生の肉で調べ、乾燥の大豆は乾燥のものを調べています。乾燥の大豆も12%くらい水分を含んでいるということ計算に入れると、図8のようになります。つ

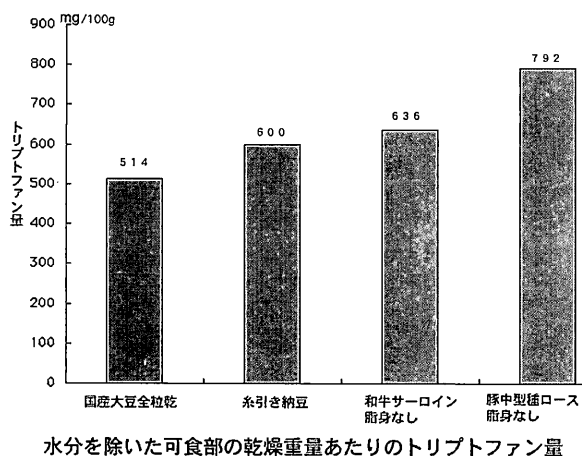


図 8

水分を除いた可食部の乾燥重量あたりのトリプトファン量

まり食肉は食べた乾燥重量あたりのトリプトファンが大豆よりもよいということになるのです。このことは何を意味するかと言いますと、米、さつまいもなどでトリプトファンを摂取しようとする必要量を摂るために非常に大量の米などを食べなくてはならないということです。大豆にしてもかなり多くを食べる必要があります。大豆は本来トリプトファンを摂るために毎日食べるわけではないので、トリプトファンを有効に摂取するにはやはり食肉かかつお、まぐろの赤身のよう肉の成分をそのまま食べられる部分を食べるのがよいということが分かります。

さて私たちの脳が如何に食べるトリプトファンに依存しているかは、トリプトファン欠乏食を食べさせて、動物の脳内のセロトニン量がどのように変化するかを見ることで分かります。イタリアのCagliari大学のFadda博士らは、ラットにトリプトファン欠乏食を食べさせ、血中トリプトファン、脳内のセロトニン量の変化を調べました。すると血中のトリプトファンは半日くらいでほとんどなくなるのです。脳内のセロトニン量は脳の海馬に細い透析管 (microdialysis) を入れて、そこから細胞外液をとって調べます。すると4日くらい後には脳内のセロトニンはゼロに近くまで下がります。

ではヒトではどうでしょうか。米国のエール大学の精神科のデガルド博士らは、うつ病の患者にトリプトファン欠乏食を食べさせ、トリプトファンの血中濃度と気分とに与える影響を調べたのです。すると、欠乏食を食べた後から8時間くらいすると、血中のトリプトファン濃度は10%くらいにまで低下してしまったのです。

サルを用いた実験ではトリプトファンを与えられなかったサルが非常に狂暴になり、周囲のサルと争うようになることも知られています。サルによっては群れに入ることを好まず、一匹で動かなくなるような状態になる場合もあります。

では気分の変化はどうだったのでしょうか。デガルド

博士らはうつ病患者の気分の変化をうつ病指数を用いて調べました。これは患者にいろいろ質問して、その結果でうつ病の重度をはかるものです。ハミルトンのうつ病指数を用いると35点以上は大うつ病、20-34点は中等度うつ病、8-19点は軽度うつ病と分類されます。正常の範囲は7点以下です。図9に示すように

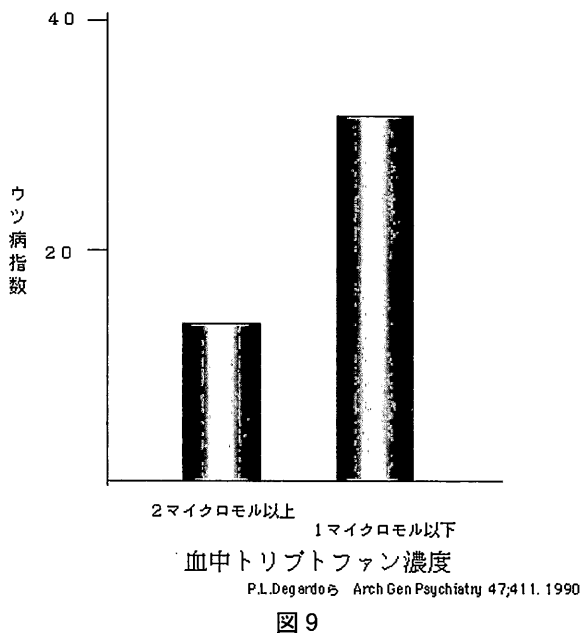


図 9

トリプトファン欠乏食を一回与えただけで精神的にはうつ状態になります。

では正常の人にトリプトファン欠乏食を与えたらどうなるのでしょうか。正常の人の場合にはやや精神的に不安定になったり、うつな気分になったりしますが、あまり変化のない人も多く見られました。しかし注意することはセロトニンの量を増やすというSSRIを用いて気分がよくなるには4週間から8週間かかるのです。セロトニンの変化はすぐに気分へ反映するわけでもないのです。このことを考えるとうつ病の人の気分が非常にトリプトファンの摂取に影響を受けるといことは驚くべきことだと思われま

ところでトリプトファンが血管内から脳内に取り込まれるにはインスリンが必要ということが分かりました。インスリンはブドウ糖摂取で分泌されますから、糖分、砂糖などを一緒に摂ることが必要なのです。じつは脳にトリプトファンを運ぶ輸送体はトリプトファンだけでなく、長鎖中性アミノ酸と言われる、ロイシン、イソロイシン、フェニルアラニン、バリン、チロシンも利用しています。血中にはこれらのアミノ酸が多いので、輸送体は長鎖中性アミノ酸により使われてしまいます。ところがインスリンがあると、これらの長鎖中性アミノ酸は筋肉などに運ばれ、トリプトファンが残るので、今度はトリプトファンが容易に脳内に入ることができるのです(図10)。欧米では食事の後でデザートとして甘いものを食べたり、コーヒーに砂糖

を入れて飲んだりしますが、これはまことに理にかなっていると云えるのです。

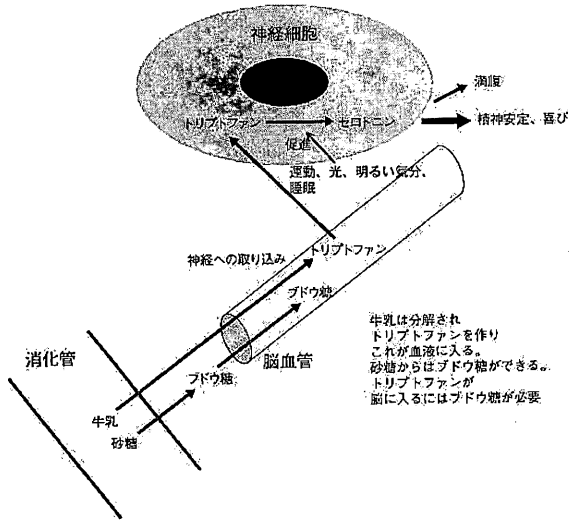


図10

**(4) 食肉に多い脂肪酸、アラキドン酸は脳の健康に必要である。**

アラキドン酸はプロスタグランディンという物質を作りますが、これはじつにいろいろな作用をする物質です。主なものは炎症をおこし、痛みを起こさせるということです。ですからアラキドン酸はまるでよいことをしていないように思えますが、プロスタグランディンには生体に必要な多くの作用があるので、この元になるリノール酸のない食事では動物は病気になります。

さて、このアラキドン酸に新たな役割がみつかりました。これを説明するにはマリファナの話をしなくてはなりません。マリファナはある種の麻からとれる成分ですが、これをたばこのようにして吸うと快感を覚え、気持ちが落ち着くと言われます。しかしモルヒネと同じように私たちは一生の間マリファナを吸う機会はありません。それにもかかわらずマリファナを吸うと気持ちがよいというのは、私たちの体にマリファナと反応する受容体があるということです。

1987年に米国の国立衛生研究所で働いていたリサ・マツダは脳内に新しい受容体の遺伝子を見つけました。これは何にたいする受容体なのか全く不明でした。一方別な研究者は放射能をつけたマリファナの成分、カンナビドと呼ばれる物質が脳のどこに結合するかを調べていました。マツダはこれを研究していたハーケナムの仕事を知り、マリファナの結合する部位と自分の見つけた遺伝子のある部位を比較しました。すると両者は全く一致したのです。つまりマツダはマリファナの受容体を見つけたのです。

しかし私たちの体が一生ふれることのないマリファナの成分と結合する受容体をもっている筈はありませ

ん。そこで今度は脳内マリファナとも言うべき、脳の中に本来あって、この受容体と結合する物質の探索競争が始まりました。1992年イスラエルのヘブライ大学のウィリアム・デバインとラファエル・メコーラムがこの物質を見つけたのです。そしてこれをサンスクリット語の至福という名前のアナンダマイドという名前をつけたのです。そしてその構造はアラキドン酸が変化したものだったのです。つまりアラキドン酸からアナンダマイドが作られ、これが受容体に結合すると至福の幸福感が得られるということです。これが肉を食べると幸せ感が得られる理由なのです(図11)。

このように考えると食肉を摂取しないということ

**動物肉と魚肉の大きな違い**

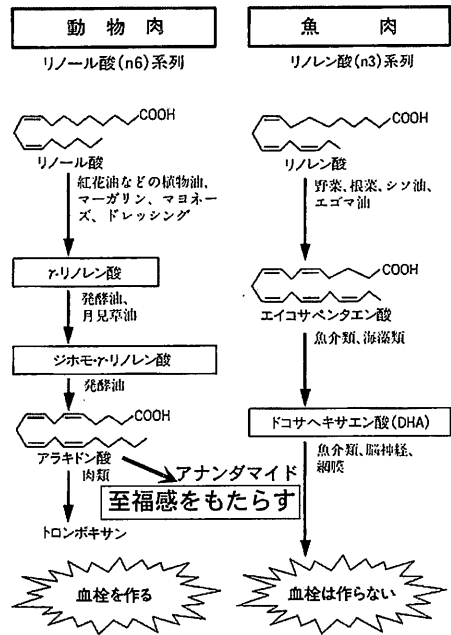


図11

は、脳の働きを弱めると言ってもよいのです。そして人をうつ状態にし、元気をなくさせると言ってもよいのです。現在ではアラキドン酸→2アラキドニルグリセロール(2AG)→アナンダマイドというように合成されますが、2AGにもアナンダマイドと同じように至福感を与える作用があることがわかっています。

実際動物に恐怖感を与えるような実験をすると動物は脳内でアナンダマイドや2AGを作って抵抗します。つまり不安をなくす作用をするのです。アナンダマイドなどは感情の場、恐怖を起こさせる扁桃では多く作られ、前頭前野などではあまり作られません。そこでアラキドン酸は体のどのようところに分布しているかを見てみましょう。

まずアラキドン酸は多くの細胞膜に含まれています。細胞膜の構成要素と言ってもよいでしょう。とくに脳、血液、皮膚に多く含まれています(図12)。また年齢的には60歳を過ぎるとアラキドン酸の脳内含量は



ARAはからだの重要な構成要素のひとつ  
各臓器の脂質中に占める脂肪酸の組成 (%)

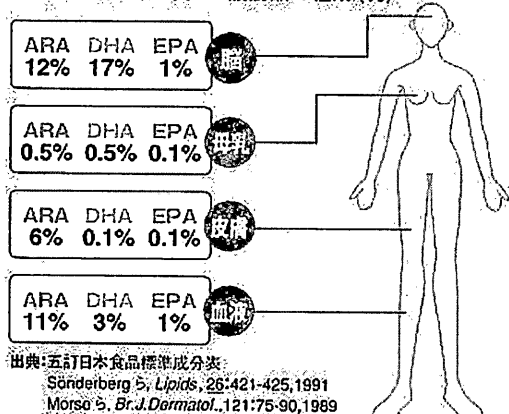
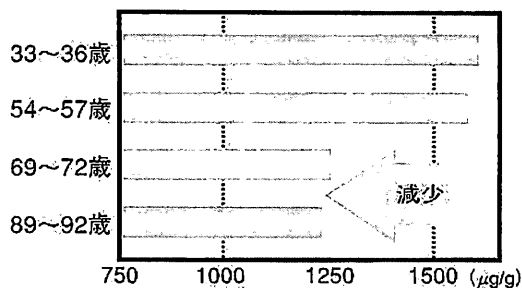


図12

年齢とともに減少する、脳のリン脂質中のARA量



M. Soderberg et al. *Lipids* 26, 421 (1991) より改変

図13

減ります (図13)。脳ではDHA について多く含まれます。アルツハイマー病の時にはアラキドン酸の含量が減るので、脳の認知機能、記憶に関係すると感えられています。とく高齢者の刺激に対する反応時間が延長し、いわゆる反応がにぶくなるのですが、アラキドン酸を与えると反応時間の短縮が見られます。

また子どもの脳の発達にもアラキドン酸は欠かせません。今まではDHA,EPAが脳の発達に必要な脂肪酸だとして、いろいろなミルクにも添加されています。ところで図8-2に示されるように母乳にはアラキドン酸が含まれるのですが、牛乳にはありません。そこで牛乳のみで育てられた赤ちゃんとも母乳で育てられた赤ちゃん、牛乳にアラキドン酸を添加して与えられた赤ちゃんが幼児にまで発育した時の行動の差が調べられたのです。すると母乳で育てられた子どもに比べ、牛乳で育てられた子どもでは小学校に入ってから行動に落ち着きのない率が高いことが分かったのです。また牛乳にアラキドン酸を添加して飲まれた子どもは小学校に入ってから、母乳で育てられた子どもと同じように落ち着きがあるということも確かめられました。これは脳の発育にアラキドン酸が必須であることも示しているのです。また皮膚にもアラキドン酸は多く含まれていることが知られています。とくにアトピーになったりする子どもの皮膚にはアラキドン酸が

減っています。アトピーでは皮膚の表皮細胞の間に間隙ができ、そこから外来の物質が入り込むとされます。すると膜にアラキドン酸があることが皮膚の健全性に欠かせないといえるように思えます。

そこでここではさらに脳におけるアラキドン酸の役割を述べましょう。脂肪酸は脂肪の分解により作られ、これは肝臓で再度脂肪に合成されます。脂肪(中性脂肪)は脂肪酸とグリセロールが結合してできています。もし食べ物にアラキドン酸が多ければ、グリセロールと結合する脂肪酸の中にアラキドン酸が多いということになります。DHA, EPAが多ければ、これらが結合しています。

中性脂肪はリポタンパクに含まれて血液を流れ、脳の血管から脳内に入ります。細胞の膜にはリン脂質の二重層があります。これが並んでいるのです。リン脂質はグリセロールにリン酸が付き、さらに残りの二つのOH基脂肪酸がついている形をしています。もし細胞が刺激されるようなことがあると、グリセロールに二つ脂肪酸がついた2, 3 ジアシルグリセロールが切りだされ、これがさらに2 AG→アラキドン酸→アナンダマイドと変化します (図14)。

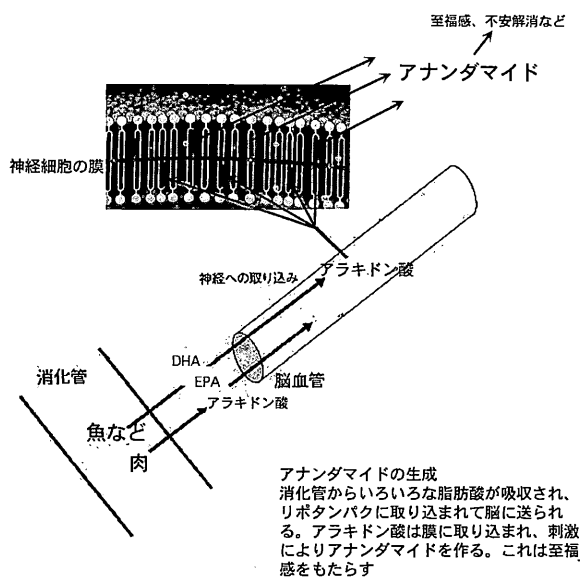


図14

私たちは心臓とか末梢の臓器が健康であればよいというものではありません。脳の健全さも必要です。そのよい例がアラキドン酸です。たしかにEPAを多く摂取するイヌイットは心筋梗塞が少ないのは事実です。しかし同時に彼らには非常に自殺が多い、うつ病になる人が多いということも忘れるべきではないのです。ではアラキドン酸を摂取すればするほどよいのかという問題にもなりますが、そんなことはもちろんありません。これはこの本の全編を通じてのテーマですが、体に必要なものを増やせば増やすほど健康になるなどということはないのです。ある程度の摂取が必要だと言っているのです。決して食べれば食べるほど健康に

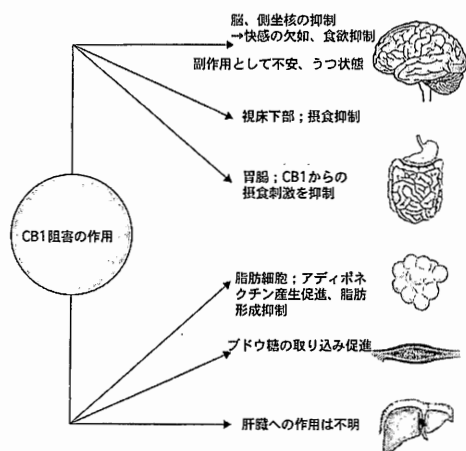
なると言っているのではないことをよくご理解していただきたいと思ひます。

さて、アラキドン酸の話にもどりますが、アナンダマイドの受容体には二種類あります。CB1とCB2です。CB1は中枢神経と末梢のすべての臓器、とくに肝臓、脂肪組織、腸管などに多くあります。一方CB2は免疫細胞、マクロファージなどにあります。さてアナンダマイドが快感、喜びをもたらすとすれば、食の喜びを感じ過ぎて過食、肥満になるという恐れもあるはずですが。

まずCB1のノックアウトマウスの実験からお話しします。CB1をなくしたマウスは恐怖心が強く、狭いところに入り込んでしまい、広いところに出るのを恐れます。また痛みなどにも非常に敏感に反応します。ところがこのようなマウスが食べなくなり、やせるということが見つかりました。つまり食べることの喜びを感じないようにできるかもしれないということです。製薬会社はCB1の阻害薬であるrimonabant(リモナバント)を開発し、ヨーロッパで大々的な試験をしました。するとリモナバント20mg毎日投与した群では1年後に50%くらいの方が体重が5%以上減りました。また善玉コレステロールといわれるHDLは高くなり、中性脂肪は減りました。

しかしこの実験を中断した人も多くいます。60%の人が中断しているのです。もちろん彼らもある程度の減量には成功しているのですが、精神的に不安定に苦しんで、続行を拒否しています。このことは非常に大事なことと思ひます。食べ物を摂ることは私たちの喜びを与えます。この喜びを我慢しなくては摂食制限ができません。もし喜びを感じさせないようにする薬があれば、減量には成功するでしょうが、精神的に不安定になり、うつ状態になります(図15)。

ま と め



Van Gaal, L.F. et al. Lancet 365;1389,2005

ナンダマイドの作用欠如は摂食を制限するが、精神的に不安定にする。

図15

私たちは未曾有の変革期に遭遇しています。このようなストレスに満ちた社会で生き抜くには脳の栄養は欠かせません。さらに私たちの寿命は伸び続けていること、また私たちが他の動物に比べ異常に大きな脳をもっていることもそれを支える栄養を必要とさせています。畜産物はこのような脳の栄養の原料として欠かせません。畜産の産物である乳製品、食肉、脂肪は私たちの脳の活発な活動を維持するのに必要な栄養を供給してくれているのです。

参考とした文献

- 1) LEONARD, W.R. & ROBERTSON, M.L. Evolutionary perspectives on human nutrition; The influence of brain and body size and metabolism. Am. J. Hum. Biol. 6; 77-88, 1994
- 2) LEONARD, W.R. Food for Thought. Scientific American 287: 74-83, 2002
- 3) Obesity; oberblown epidemic. Gibbs, W.W. Scientific American 292; 48, 2005
- 4) Fat!so? Wann Marilyn Ten Speed Press Berkley Calif. USA 1998
- 5) Big Fat Lies. Learn the astonishing facts. Gaesser G.A. Guerze books Carlsbad, Calif. USA, 2002
- 6) Obesity Myth Why America's Obsession with Weight is hazardous to Your Health. Campos, P Gotham Books New York, New York, USA 2004
- 7) DELGADO, P. L. et al. Arch. Gen. Psychiatry 47; 411-418, 1990
- 8) PAGOTTO, U. and PASQUALI, R. Lancet 365: 1363-1364, 2005
- 9)「アラキドン酸とアナンダマイド」 高田明和、「食肉と健康に関するフォーラム委員会報告書」 p. 201 2003年
- 10)「ストレスとうつ」、高田明和 「食肉と健康に関するフォーラム委員会報告書」 p. 194 2004年
- 11)「心の病気はなぜ起こるか」 高田明和 朝日選書、2001年
- 12)「うつにならない食生活」 高田明和 角川Oneテーマ21, 2002年
- 13)「食肉生活のすすめ」 高田明和 出版芸術社 2005年

## 「畜産食品と脳」のフロアから

上田 根釧農業試験場の上田と申します。今日は大変面白いお話を聞かせて頂きましてありがとうございます。今回のお話は生後の話が殆どでしたが、妊娠時の母体の栄養状態がその時点の胎児やその後、新生児となった段階での脳の発育に何か決定的な何かを及ぼす事はあるのでしょうか？子供の精神状態への影響も含めて何か科学的に証明されている事があれば教えていただけないでしょうか？

高田 胎生期の栄養不良が成人になってから、生活習慣病を多くする、という学説は確かにございます。ですから、異様に小さく生まれたという子供というのは、例えば30,40歳になって高血圧になったり、糖尿病になったりする率が高いと言われております。しかし、実のところ、今申し上げました「食べ物と脳」についてのような、何をどの様にとったらいいかという健康

に関する事は本当に研究されていないのです。例を挙げると、確か海老の成分がそうだったと思うのですが、母体が摂取したこの食物の一部が胎児へ移行する場合があります。母乳を介して乳幼児に移る場合もあります。その結果、子供がそういう物、今の例でいえば海老ですが、これに曝されるとアレルギーになりやすいようです。私の知り合いの方が、なるべく野菜とかそういう物を食べた方がいいというので海老を奥さんに沢山食べさせたら、子供が海老のアレルギーになってしまい、「信用して損した」などと盛んに言ってましたけれど(笑)。ですから、何を食べたら自分にどうなるのか、或いは子供にどのように伝わるのかという研究ももっと必要だと思います。ただ、今申し上げた事以上に多くの事は研究されていないのではないのでしょうか。



特 集

草地在る北海道の畜産

花田 正明

帯広畜産大学畜産科学科

世界には約3,385百万haの草地があり、世界の陸地の約26%、農地の約70%は草地で構成されています(表1)。代表的な草地としてモンゴルから東ヨーロッパまで続く草原(ステップ)や南米やアフリカの熱帯草原(セラード・サバンナ)、シベリアのツンドラ地帯などがあります。このような地域では降水量や気温などの自然条件が小麦、米、トウモロコシなどの食用作物の栽培に適していないため、草地に綿羊、山羊、牛などの反芻家畜を放牧させて乳や肉などの食料を生産し

ています。

牛や羊などの反芻家畜の消化管の中には大きな発酵槽(反芻胃)があり、その中には人間が直接エネルギー源として利用できない繊維質を分解することのできる微生物が棲んでいます。草食家畜も私たち人間と同様に繊維質を分解する消化酵素を持っていませんが、草食家畜は消化管内に生息している微生物に繊維質を分解させてエネルギーを獲得することができます。草食家畜が摂取した牧草に含まれる繊維質は、反芻胃内の微生物によって酢酸やプロピオン酸などの低級脂肪酸に分解され、反芻家畜はこれらの低級脂肪酸を消化管から吸収して体の維持、成長、乳生産などに必要なエネルギー源として利用します。すなわち反芻家畜を利用した草地からの食料生産は、私たちが直接、食料として利用できない物質から肉や乳製品などの食品を生産することが可能な生産形態であり、食用作物が栽培できない地域でも人類への食料生産を可能にするとともに、人類との資源の競合が少なく持続的な食料生産形態という特徴を持っています。世界の陸地に占める草地の割合の大きさや世界的な人口増加により食料需給が厳しくなりつつある現状を考えると、反芻家畜

表1 世界の永年草地の面積

	面積 10 <sup>6</sup> ha	農地に対する割合 %	土地に対する割合 %
アフリカ	884	84	30
北・中央アメリカ	362	57	17
南アメリカ	495	82	28
オセアニア	429	89	51
アジア	1036	67	34
ヨーロッパ	92	33	16
ロシア	87	40	5
全世界	3385	70	26

(FAO, 1996)

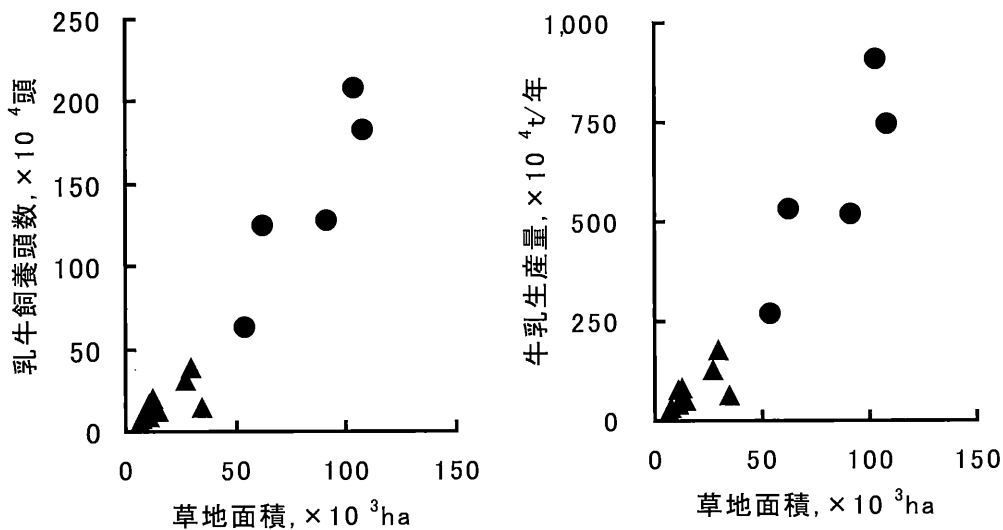


図1 北海道各支庁の草地面積と乳牛飼養頭数および牛乳生産量との関係

▲: 北海道西部(檜山・渡島・胆振・後志・石狩・空知・上川・留萌・日高支庁)

●: 北海道東部(根室・釧路・十勝・網走・宗谷支庁)

農林水産省「作物統計」,「畜産統計」,「牛乳乳製品統計」

表2 北海道における草地面積、牧草生産量、配合飼料給与量、乳牛の飼養頭数および乳生産量の推移

	年				
	1980	1985	1990	1995	2000
草地面積 <sup>1)</sup> , ha	540,400	551,300	569,100	583,700	576,300
牧草生産量 <sup>1)</sup> , t/ha	31.7	34.1	36.3	35.5	35.7
配合飼料給与量 <sup>2)</sup> , kg/頭/年	1,782	2,109	2,505	2,834	2,905
乳牛飼養頭数 <sup>3)</sup> , 万頭	75.1	80.8	84.7	88.2	86.7
北海道全体の乳生産量 <sup>4)</sup> , 万t/年	211	264	309	347	362
1頭あたりの乳生産量 <sup>2)</sup> , kg/頭/年	6,600	6,696	7,454	8,040	8,336

<sup>1)</sup>農林水産省「作物統計」, <sup>2)</sup>北海道酪農検定検査協会「年間検定成績」, <sup>3)</sup>農林水産省「畜産統計」, <sup>4)</sup>農林水産省「牛乳製品統計」

を利用した草地からの食料生産の役割はとて大きいことが理解できるかと思えます。

北海道には約58万haの草地があり、これは北海道の全面積の約7.3%、農地面積の約45%に相当し、その多くは夏季間の気温が低くて食用作物の栽培が難しい北海道東部太平洋沿岸および北部に集中しています。釧路、根室および宗谷地域では、農地面積の90%以上が草地として利用されており、牧草以外の作物としてビート、じゃがいも、飼料用トウモロコシが僅かに栽培されているだけです。一方、北海道には約86万頭の乳牛が飼養されており、年間に約370万tの牛乳を生産しています。乳牛の飼養頭数は十勝地域で最も多く、ついで根室、釧路、網走、宗谷地域の順であり、牛乳生産量も十勝、根室、釧路、網走、宗谷地域と北海道東・北部地域で多くなっています。草地面積と乳牛の飼養頭数あるいは牛乳生産量との関係のみをみますと(図1)、草地面積の多い地域ほど乳牛の飼養頭数や乳生産量が多くなっており、草地面積の多い北海道東・北部地域で乳牛の飼養頭数や牛乳生産量も多くなっています。

図1を見るかぎりでは北海道の牛乳は草地に支えられて生産されているようにみえます。しかし、草地面積、乳牛の飼養頭数、牛乳生産量などのこれまでの推移を振り返ってみますと、牛乳生産に対する草地の貢献度合いが次第に薄れ、それに代わって海外から輸入する飼料に依存するようになりつつあることが伺えます(表2)。1980年から2000年までの20年間、北海道で飼養されている乳牛の頭数は約1.2倍増加したのに対して、北海道全体の牛乳生産量は1.7倍も増加しました(表2)。この20年間の北海道における牛乳生産量の拡大は、主として乳牛の泌乳能力の向上によっても

たらされてきました。北海道で飼養されている乳牛が1年間に生産する牛乳の量は1980年の6,600kg/頭から2000年には8,336kg/頭と、20年間に1,700kg/頭以上も増加しました(表2)。改良された乳牛の泌乳能力を十分に発揮させるためにためには乳牛の飼養方法も改善しなければならず、乳牛の泌乳能力の向上に伴い乳牛へ給与する飼料の栄養価の向上が図られてきました。その結果、牧草よりも栄養価の高いトウモロコシ、小麦、大麦、大豆など人間がそのまま食料として利用できる穀類を主体とした配合飼料の給与量が次第に増えてきました。配合飼料の乳牛への給与量は1980年の1,782kg/頭から2000年には2,905kg/頭となり、この20年間に1,200kgも増加しました(表2)。一方、北海道の草地面積の推移をみますと、この20年間草地面積は53万ha前後で推移し、草地面積は増えていません(表2)。さらに単位面積あたりの牧草生産量も増加しておらず、この20年間草地からの乳牛への牧草供給可能量はほとんど変化していないこととなります。このように1980年から2000年までの20年間の北海道における牛乳生産量の増加は草地の生産力の向上によってもたらされたのではなく、主として乳牛の改良と配合飼料の給与量の増加によってもたらされたものなのです。

現在、北海道の乳牛は1日に約27kg/頭の牛乳を生産していますが、その生産量を維持するためには、1日あたり体重の3%以上(泌乳牛の体重は約650kgですから乾物で1日約20kg)の飼料を食べなければなりません。しかし、牧草だけでは乳牛が必要としている栄養を満たすだけの飼料を摂取することは難しく、牧草よりも栄養価の高い配合飼料の給与が必要となります。乳量の増加に伴いエネルギー要求量や飼料摂取量が多

表3 乳牛の飼料摂取量と飼料中のエネルギー<sup>1)</sup>含量の推奨値

	乳量(kg/日)					
	10	15	20	25	30	35
飼料摂取量, kg乾物/日	12.9	14.8	16.8	18.8	20.8	22.8
エネルギー <sup>1)</sup> 要求量, MJ/日	113.8	140.4	167.6	195.4	223.9	253.0
飼料中のエネルギー <sup>1)</sup> 含量, MJ/kg	8.9	9.5	10.0	10.4	10.8	11.1

<sup>1)</sup>エネルギー：代謝エネルギー

(日本飼養標準 乳牛, 1999)

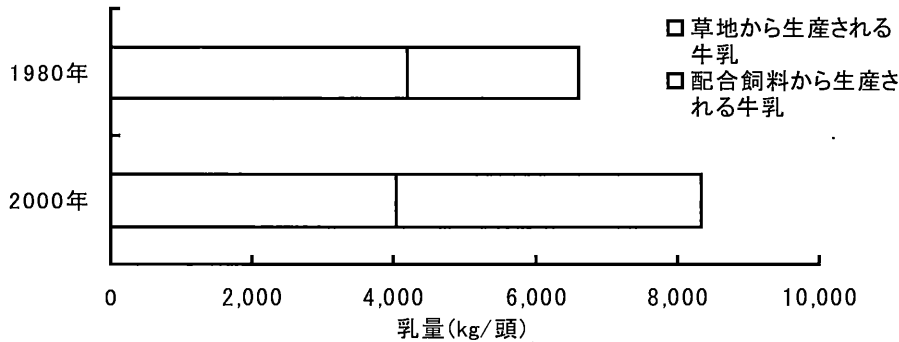


図2 給与飼料のエネルギーベースで算出した草地ならびに配合飼料から生産される牛乳量

くなりますが、エネルギー要求量の増加割合は飼料摂取量の増加割合よりも大きいため乳量の増加に伴い飼料中のエネルギー含量を高めなければなりません(表3)。北海道で利用されている牧草のエネルギー含量(代謝エネルギー)は8~10MJ/kgで、乳量20kg/日のときの飼料中のエネルギー含量の推奨値は10MJ/kg(表3)です。このため1日当たりの乳量が20kg/頭程度までなら、牧草だけで乳牛に必要なエネルギーを供給できます。しかし、乳量がさらに多くなると牧草だけでは乳牛が必要とするエネルギー量を供給できなくなり、牧草の一部を配合飼料に置き換えなければなりません。すなわち現在北海道で飼養されている乳牛は年間に8,000kg/頭以上の牛乳を生産できるように品種改良されてきましたが、能力どおりの牛乳を生産するためには牧草だけではなく穀類を主体とした配合飼料の力を借りなければならず、牛乳生産能力の向上に伴い配合飼料への依存度合いも高まってきたのです。エネルギーベースで計算しますと、北海道の平均的な泌乳牛が1日に必要とするエネルギーの約50%は、北海道外(主として海外)で生産され、かつ人間が食料として利用できる穀類を主体とした配合飼料によって賄われていることとなります(図2)。

このように北海道の牛乳生産量は年々増加し全国の牛乳生産量の50%近くを生産するようになってきましたが、これは牛乳の生産形態の変化、すなわち原料を輸入して製品を作るといった工業的な生産形態への変化によってもたらされたといえます。本来、農業は光・水・土といった半永久的に利用可能な資源を用いて植物を生産したりそれを家畜に給与して畜産物を生産したりするといった循環型の食料生産形態であり、限りある資源に依存した工業とは大きな違いがあります。農畜産物の生産量はその土地の気温、降水量、土壌の性質などの条件によって制約を受けるため短期間に飛躍的な生産量の向上は望めませんが、その範囲内で生産量を維持する限り物質循環の動的平衡が保たれ持続性の高い生産形態といえます。よって生産量の向上のため外部からの生産資材の投入をむやみに増やすことは、物質循環の動的平衡を崩し、さまざまな問題を引き起こし、その土地における農業生産の持続性を危う

くしてしまいかねません。輸入飼料に端を発したBSE問題や家畜排泄物による環境汚染などはその典型だといえます。福岡(2004)は、「乱された平衡は、回復を求めて、新たなバランスを求めて、ゆっくりとリベンジを開始する。・・・(中略)・・・狂牛病が変幻自在に種の壁を越えて、様々な場所に現れたことは、まさにそういうことだったのである。」と狂牛病の発生は家畜生産システムにおける物質循環の動的平衡の乱れによるものと指摘しています。農産物も畜産物もそれぞれの土地の自然条件に見合った合理的な方法で生産しなければならないということを、近年のBSEや口蹄疫騒動や家畜排泄物による環境汚染問題は警告しているのでしょう。FAO(2003)は世界的に見て家畜生産システムが穀物を主体とした濃厚飼料による工業的生産システムへ急速に移行しつつあり、それに伴って環境及び公衆衛生に対するリスクが増大するであろうと警鐘をならしています。

農産物の生産量を表す指標として反収という単位があります。これは10a(1,000m<sup>2</sup>)あたりの農産物の生産量を表す単位で、米、小麦などの畑作物では生産形態を評価する指標として一般的に使用されています。草地でもこの指標は牧草の生産量を表すために用いられています。しかし、畜産物になりますと一定面積当たりどれだけの畜産物が生産されたかという概念は、これまでの日本の畜産ではほとんど考慮されていませんでした。乳牛1頭あたりどれだけ牛乳を生産するかという問いに対しては畜産関係者の多くは回答できませんが、草地1ha(10,000m<sup>2</sup>)からどれだけの牛乳を生産しているのか、あるいはできるのかという問いに対しては畜産研究者・酪農従事者といえども答えに窮してしまうのが現状です。これまで日本の酪農において土地から牛乳を生産するという概念が希薄だった理由として、酪農が消費地を中心に発達してきたことや飼料用穀物の輸入に対する保税処置により配合飼料を使いやすい状況にあったことなどが考えられます。現在、北海道で生産される牛乳の価格は配合飼料の価格の1.4~1.7倍であり、飼料から牛乳の生産という局所的な効率を考えるならば配合飼料を給与して牛乳生産量を増やす(配合飼料を1kg給与すると乳量は2~3

kg増加します) この方が経済的な効率がよいといえます。しかし、高投入・高支出といった生産形態には、外部からの生産資材の投入に伴うリスクや乳生産量の増加に伴い廃棄物の生産量も比例的に増加するといった側面をもっています。配合飼料として摂取されたエネルギーの内、牛乳のエネルギーになる割合は20~25%程度であり、残りのエネルギーは糞や尿や熱として乳牛の体外に排出されます。さらに乳牛といった反芻家畜による家畜生産の意義を考えますと、局所的な経済効率がよいからといって配合飼料の給与量を増やして牛乳生産量を増やしていくといったこれまで日本で続けられてきた牛乳の生産形態は見直さなければなりません。

これに対して伝統的な酪農国であるニュージーランドやアイルランドなどでは牛乳の生産システムの評価基準の1つとして乳牛1頭あたりの乳生産量だけではなく1haあたりどれだけの牛乳あるいは乳脂肪・乳タンパク質が生産されたかという指標も用いられています。これらの国では牛乳と配合飼料の価格差は殆どないため配合飼料を給与して牛乳を多く生産するよりは、いかに配合飼料(外部からの投入資材)を少なくして草地から牛乳生産量を多くした方が周辺環境への負荷の低減だけではなく局所的な経済性にとっても好ましい状況であり、草地からの牛乳生産量という数値は酪農生産技術の評価にとって重要な指標として用いられています。ちなみにアイルランドでは、1haあたり約9tの牛乳を生産しているのに対して、北海道の東部や北部地域で調査した報告によりますと北海道の草地1haあたりの牛乳生産量は4t~8tとなっています(石田2003, 近藤2004)。アイルランドの乳牛の年間乳量は6,000kg/頭前後と北海道より約2,000kg/頭も少ないのですが、草地からの牛乳生産量は北海道よりも多くなっています。自然条件が違いますので北海道とアイルランドの数値を直接比較することはできませんが、アイルランドでは泌乳能力がさほど高くない乳牛を飼養することによって配合飼料の使用量を抑えていることが(1当たりの年間の配合飼料の給与量は約500kgで北海道の約17%程度)、北海道より多くの牛乳を草地から生産している理由の一つとなっているようです。

今回のテーマは、「草地が支える北海道の畜産」でしたが、北海道の牛乳生産はその飼料基盤を北海道の草地から次第に輸入飼料へと依存度合いを高めてつづけるのが現状です。しかし、飼料を外国に依存した工業的な生産形態、穀類への依存という人類と競合を伴う生産形態をいつまでも続けることは難しいでしょう。今後、北海道が日本の牛乳生産基地として安全な牛乳を持続的に供給していくためには、再び草地との結びつきを強固にした生産形態に戻していかなければなりません。

せん。「草地が支える北海道の畜産」というテーマは今日のことではなく、これからの北海道畜産の目標なのです。酪農生産は土地—草—家畜といった物質循環の上に成り立つべき生産形態であり、土地や草地からの乖離や外部からの過剰な生産資材の投入は循環システムの動的平衡を崩し、生産形態の持続性を危うくしてしまいます。近藤(2003)は、土地を基盤とした酪農生産システムを評価するという視点は長い間見落とされてきたが、非常に重要な要素であると指摘しています。

最近、穀類を多く給与して生産した畜産物に比べ牧草を主体とした生産した畜産物には、人間の健康にとって有益な物質が多く含まれるという報告が増えてきています。例えば放牧させた乳牛から生産された牛乳には脂溶性ビタミン類で抗酸化作用のあるビタミンEやビタミンAの原料となるβカロテンさらには抗ガン作用のある脂肪酸(共役リノール酸)が多くなることが示されています。また、放牧させた肉牛の牛肉中には脂肪燃焼作用のある物質(カルニチン)が多く含まれることが報告されています。北海道の草地との結びつきを強固にした生産形態への再構築は、北海道畜産の持続性を向上させてくれるだけでなく新たな価値を持った畜産物を私たちにもたらしてくれることでしょう。

FAO(1996) FAO Production Yearbook, 1995. Food and Agriculture Organization of United Nations, Rome.

FAO(2003) FAO世界農業予測:2015-2030 前編:世界の農業と食料確保(国際食糧農業協会:翻訳) 国際食糧農業協会

福岡伸一(2004) もう牛をたべても安心か 文春新書 416 文藝春秋

北海道酪農検定検査協会(2001) 平成12(2000)年 年間検定成績 北海道酪農検定検査協会

石田亨(2003) 第4章牧草生産からみた放牧導入のための必要条件 第3節天北地方の場合 放牧で牛乳生産を(松中照夫編著) 酪農総合研究所 71-86.

近藤誠司(2004) 第5章単位面積当たりの土地から生産されたサイレージでどれだけの乳生産が可能か 第1節単位面積当たりの生産可能乳量—北海道の例 牧草・トウモロコシの生産量から乳生産量を考える(松中照夫編著) 酪農総合研究所 121-139.

農林水産省技術会議事務局編(1999) 日本飼養標準乳牛1999年度版 中央畜産会

農林水産省統計情報部(2001) 平成12年 畜産統計 農林統計協会

農林水産省統計情報部(2001) 平成12年 牛乳乳製品 統計 農林統計協会

農林水産省統計情報部(2001) 平成12年産 作物統計 農林統計協会



## 特 集

## 北海道の土壌と家畜生産

松中 照夫  
酪農学園大学

わが国の食料基地・北海道の農畜産の場を支えているのは、いうまでもなく土壌である。その土壌から生産される飼料によって家畜から畜産物を得ている。ただし、土壌と一口にいっても、北海道には多様な土壌が分布している。また、家畜生産にもさまざまな生産物がある。

ここでは対象とする家畜生産を乳生産に限定し、北海道にどんな土壌があり、その土壌で乳牛の飼料、とくに牧草がどのくらい生産され、その牧草からどの程度の乳生産が期待でき、それに土壌がどのような影響をおよぼすのかを考えてみたい。

## 1. 北海道に分布する土壌

土壌は、表面から眺めていただけでは、特別に違って見えない。例えば、その土壌で栽培されている作物が違うといったことは分かっても、土壌それ自身にどのような違いがあるかは、よくは分からない。それゆえ、北海道にどのような土壌があるのかと問われてもとまどう。どのような土壌というからには、土壌の種類を分けなければならない。すなわち土壌の分類が必要となる。そこでまず、どのような土壌があるかを区

別するための簡単な土壌の分類について述べる。

わが国の農耕地土壌分類は、第3次改訂版（農耕地土壌分類委員会、1995）が最新版である。しかし、この分類体系で分類された土壌の分布面積は、残念ながら現時点で確定されていない。このため、どのような土壌がどのくらい分布しているのかという問いに対して回答できる資料は、「土壌統に基づく農耕地土壌の分類」第2次案（土壌第3科、1977）および同第2次案改訂版（土壌第3科、1983）にしたがって全国的にとりまとめられたものだけである。そこで、以下では、第2次改訂版に準じて説明することとする。

この第2次改訂版によれば、わが国の農耕地の土壌は大まかに4つに区分されている。すなわち、①火山灰に由来する土壌、②台地の土壌、③低地の土壌、④泥炭に由来する土壌である（表1）。この大まかな4つの区分を、さらに排水の良否で2つに区分し、その上で、下層土などの特徴により細分化している。その結果、北海道に分布する土壌は14種類あることになっている（表1）。このうち、分布面積から見て北海道での主要な土壌は次の7種類である。すなわち、火山灰に由来する土壌では、排水が良好な黒ボク土、排水がやや

表1 北海道の農耕地が立地するおもな土壌の種類とその特徴<sup>1)</sup>（道立中央農試、2005）

おおまかな土壌区分	排水の良否	土壌の種類	土壌のおもな特徴
火山灰に由来する土壌 (439)	良	黒ボク土 (357)	おもに台地や丘陵地に分布。
	不良	多湿黒ボク土 (75)	排水がやや悪く、下層土に鉄さび色の斑紋を持つ。
		黒ボクグライ土 (7)	排水が悪く下層土に青灰色の層（グライ層という）を持つ。
台地の土壌 (260)	良	岩屑土 <sup>2)</sup> (1)	丘陵の頂上部に多く、レキ層が浅い位置から現れる。
		褐色森林土 (149)	排水が良好で、下層土は黄褐色。
	不良	暗赤色土 (6)	下層土が赤味を帯びた色の土。
		灰色台地土 (92)	粘質で固く、下層土には鉄さび色の斑紋を持つ。
低地の土壌 (364)	良	グライ台地土 (12)	粘質で固く、下層土は青灰色（グライ層という）。
		砂丘未熟土 <sup>3)</sup> (4)	海岸沿いの砂丘地に分布。農業利用は難しい。
	不良	褐色低地土 (171)	河川流域平坦地に分布し、下層土は黄褐色。
		灰色低地土 (111)	河川流域平坦地に分布。排水やや悪く鉄さび色の斑紋。
泥炭由来の土壌 (110)	不良	グライ土 (78)	河川流域低湿地に分布。下層土は青灰色（グライ層）。
		黒泥土 (3)	植物繊維が分解され、土壌と混じった黒褐色土層を持つ。
		泥炭土 (106)	植物遺体が分解されずに低湿地で堆積してできた土壌。

<sup>1)</sup>：農耕地土壌分類第2次案改訂版による。表中の（）内数字は分布面積を示し、単位は千haである。

<sup>2)</sup>：山地や丘陵地に分布する土壌である。便宜的に台地の土壌に入れた。

<sup>3)</sup>：便宜的に低地の土壌に入れた。

不良な多湿黒ボク土、台地の土壌では排水が良好な褐色森林土、やや不良な灰色台地土、さらに、低地の土壌で排水良好な褐色低地土、排水がやや不良な灰色低地土、そして泥炭に由来する土壌では泥炭土である。なお、泥炭は排水不良の低湿地にできるため、排水良好な泥炭由来の土壌は存在しない。

土壌の排水の良否は、土壌を1m程度掘ってつくった土壌断面から判定する。排水がやや悪く、降水量の多少によって地下水水位が上下する場合には、下層土に鉄さび色の斑紋が形成される。また極めて排水が悪い場合には、下層土に滞水層ができるため還元状態となり、還元鉄に由来する青灰色の土層（これをグライ層という）ができる。したがって、下層土の鉄さび色の斑紋やグライ層の有無によって、排水がやや悪いか、極めて悪いかを判定することができる。

かつて、火山灰土、重粘土、泥炭土の3種類はいずれも土壌の特性が劣悪なため、北海道の3大特殊土壌と呼ばれ、北海道開拓以来、農業の発展を阻害してきた。このうち、火山灰土と重粘土は土壌の分類上の名称ではなく俗称である。火山灰土は火山灰に由来する土壌を包括しており、火山灰土の概念を典型的に持つ土壌の分類上の名称は黒ボク土である。また重粘土も、台地において緻密で粘質な土壌を包括する用語である。この重粘土の概念を典型的に有する土壌の分類上の名称は、灰色台地土である。

## 2. 草地や飼料作物畑が立地する土壌

ところで、北海道に上述した土壌がどの程度の面積で分布しているかは、これまでの土壌調査によって明らかにされている。また、北海道の水田や畑・草地・樹園地などの土地利用面積も統計的に示されている。それにもかかわらず、これらの農地がそれぞれどのような土壌に立地しているのかは、全くわかっていなかった。

そこで、道立中央農試の志賀、安積両氏および、畜産草地研究所の神山氏のご協力により、水田や畑、牧草地などがどのような土壌に立地しているかを検討した(図1)。集計の概要は以下のとおりである。

まず、国土数値情報および農林水産統計を組み合わせ、道内の耕地における土地利用別面積(水田、普通畑、樹園地、牧草地)を1kmメッシュ単位で

推定する。ついでそれを1km土壌メッシュ情報と結合する。これに基づいて土地利用別の土壌分布面積・割合を集計する。この結果から、土地利用別の土壌分布が1kmメッシュの全道図として作図された(図1)。

それによると、本道の積丹半島と知床半島の付け根を結ぶ線の北側は、おもに台地や低地の土壌に畑や牧草地が立地し、南側では火山灰に由来する土壌に立地することに気づく。ただし、この普通畑には、飼料用トウモロコシの栽培地なども含まれており、普通畑作物と飼料用トウモロコシとを区別することは、事実上できない。全道規模で求めたところ、牧草地52.8万haのうち50%は火山灰に由来する土壌に立地し、台地の土壌および低地の土壌に立地するのは、それぞれ21, 22%, そして残り7%が泥炭に由来する土壌に立地していた。飼料用トウモロコシを含む普通畑41.1万haの

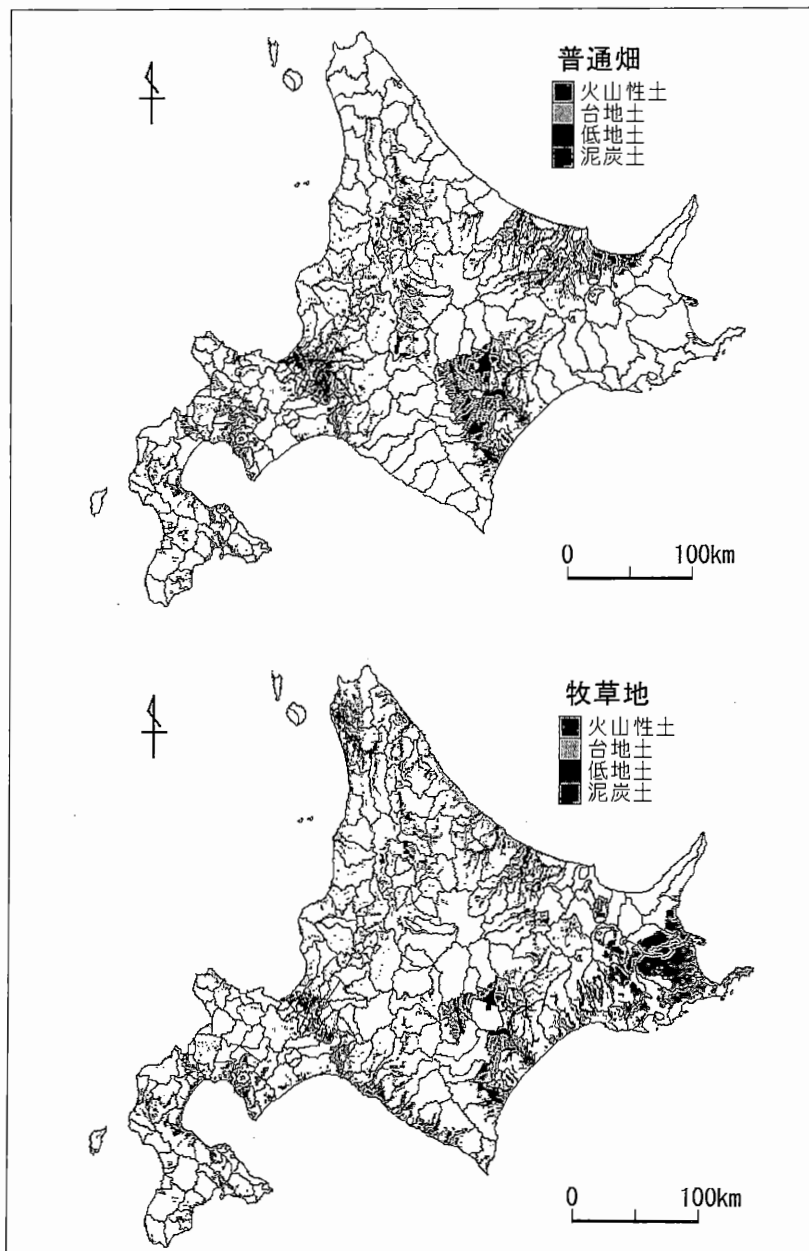


図1 北海道の普通畑および牧草地が立地する土壌 (道立中央農試, 2005)

場合、火山灰に由来する土壤、台地の土壤、低地の土壤そして泥炭に由来する土壤に立地する割合は、それぞれ、40, 26, 28, 6%だった。

### 3. 土壤の違いと飼料用トウモロコシおよび牧草生産の関係

これまで、牧草やトウモロコシがどのような土壤で栽培されているかを検討してきた。こうした土壤の違いは、当然のごとく作物生育に大きな影響を与えると考えられている。しかし、北海道というような広域で、土壤の違いが作物生産にどの程度影響をおよぼすかを考える場合、そのような思いこみには注意を要する。土壤は動物と違って自由に移動できない。したがって、土壤が作物生産におよぼす影響とその土壤が分布する場所の環境要因、とりわけ気象条件が作物生産に与える影響を分離して検討することが難しいからである。

例えば、同じ火山灰に由来する土壤で飼料用トウモロコシを栽培しても、十勝では乾物総重で17 t/ha、可消化養分総量 (TDN) 収量では12 t/ha期待できるのに対して、根釧では栽培適地そのものが限定されるだけでなく、乾物総重も11 t/ha、TDN収量では8t/ha程度にすぎない (表2)。これは気象条件が制限因子として働いているためである。

気象条件が制限因子として働きにくいと考えられている牧草でも事情は大きく違わない。全道規模の実態調査 (以下、Gプロと略。3年間で延べ719圃場を対象、このうち92%がチモシー主体草地) によると、牧草収量の地域間差は、土壤や施肥量の影響より気象条件の影響を強く受けていると考えられる結果であった (表3)。すなわち、各地域で対象となった圃場の土壤は、道北と網走ではほとんどが台地の土壤、それ以外の地域では、ほとんどが火山灰に由来する土壤であった。しかし同じ土壤の種類であっても、多収を示したのは気象条件の良好な地域である。

これらの結果は、作物の生育を第一義的に規制している要因が気象条件であって、北海道という広域で気象条件の大きく異なるところでは、土壤条件の違いということが作物生育の規制要因としての重要度を小さくしていることを示唆している。ところが、根室管内

表2 トウモロコシ多収品種の収量における地域間差異 (濃沼, 2004)

試験地	最多収品種の 早晚性群	乾物総重 (t/ha)	推定TDN 収量 (t/ha)	推定DCP 収量 (t/ha)
根釧	早の早	11.2	7.8	0.63
北見	早の中～晩	17.0	12.1	0.97
十勝	早の中～晩	16.6	12.2	0.98

試験地の土壤はすべて火山灰に由来する土壤である。

というような気象条件をある程度限定した範囲で検討すると、土壤の違いは、牧草生産に大きな影響をおよぼすことが明らかにされている (松中ら, 1986)。しかも、その影響は草地の経年的な収量低下傾向にも密接な関係を持っていることが報告されている (松中ら, 1983)。

結局、土壤が作物生産におよぼす影響というのは、ある程度限定した気象条件の中でしか論じることができない。北海道というような広域的な場で土壤と乳生産を論じようとしても、気象条件と土壤条件を分離して論議することができないため、道内で同じ土壤に立地する草地や飼料用トウモロコシ畑であっても、気象条件の差異によって乳牛の飼料生産量に違いが生じ、結果的にそれが乳生産に反映されてしまう。このため、土壤条件の違いが乳生産におよぼす影響を直接的な因果関係として論じられない。

### 4. 北海道の草地1haから期待できる乳生産とそれへの土壤の影響

これまでの論議から、土壤の違いがただちに牧草生産量に直接つながっているとはいいいにくい。そこで、以下では、土壤や気象条件の違いを反映した結果として、北海道各地の草地1haからどのくらいの牧草が生産されているのか、その牧草をサイレージとして調整すると、どの程度の産乳量が期待できるかを検討してみたい。

このことについては、すでに近藤 (2004) が北海道のサイレージ生産圃場における飼料生産量と乳牛の生産生理から試算し、乳生産可能量として9.0～12.8 t/haという値を提示している。ただし、この試算には圃場での飼料生産から乳牛の採食までに関わる飼料の利用率、言い換えると損失を考慮していない。そこで、

表3 刈取り体系別にみた各地域における草地の乾物収量比較 (3年間の平均, 道Gプロ, 2000)

地域	対象圃場の 主な土壤の 種類	1 番草の刈取り日			化学肥料の平均 施与量 (kg/ha)			乾物収量 (t/ha)					
		出穂始め - 6月の日 -	農家慣行	差	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	適期刈り体系*			農家慣行体系		
								1 番草	2 番草	年合計	1 番草	2 番草	年合計
道北	台地の土	16	29	13	52	88	72	4.89	2.54	7.43	5.85	3.36	9.21
網走	台地の土	13	24	11	79	97	95	5.15	3.01	8.16	6.14	3.76	9.90
道央・道南	火山灰由来	11	18	7	58	72	67	5.31	2.61	7.92	5.94	3.54	9.48
十勝	火山灰由来	14	20	6	90	117	107	4.87	3.03	7.90	5.35	3.82	9.17
根釧	火山灰由来	19	30	11	61	85	100	4.11	2.77	6.88	5.16	3.54	8.70
平均								4.87	2.79	7.66	5.69	3.60	9.29

\*: 1番草出穂始め刈り, 2番草生育日数50日の刈取り体系

この近藤の算出法にしたがって改めて北海道の草地1haから生産可能な乳量を試算してみる。

1) サイレージへ利用可能な原料草量

まず、各地域の牧草生産量はすでに表3に示したGプロでの実態調査結果のうち、適期刈取り体系のデータを利用する。この調査結果のデータと、圃場での乾物損失を考慮して予乾サイレージとしての利用可能な

原料草収量を求めた(表4)。その結果、道内の草地からサイレージとして利用可能な乾物原料草は、根釧地域の6.4t/haから網走地域の7.6t/haの範囲であった。すでに指摘したように、同じ台地の土壤に立地する草地であっても、道北と網走では利用可能原料草量に大きな差異が認められる。火山灰由来の土壤に立地する他の地域でもまったく同様である。

2) 乳牛が利用可能なサイレージの代謝エネルギー(ME)量

つぎにその原料草からサイレージに調製され、そのサイレージから乳牛が採食して生産にまわすことができるME量を求めた(表5)。この場合、原料草から予乾サイレージに調整する過程でも、サイレージ表層や発酵過程で乾物損失が発生する。予乾サイレージの場合、その損失率は5.2%程度であるので(増子, 2004)、利用可能原料草量から損失分を差し引くとサイレージとしての調製可能量が求まる(表5)。

このサイレージを乳牛が採食する段階でも、できあがったサイレージが100%利用されることは少ない。予乾サイレージで添加物を使用しない場合、乳牛の採食段階での乾物損失は、11.1%程度と見積もられている(増子, 2004)。したがって、実際に乳牛が採食すると考えられるサイレージは、調製可能量から乳牛の採食段階での乾物損失を除く必要がある。その結果、乳

表4 北海道各地の草地から生産されるサイレージとしての利用可能乾物草量

地域	主体となる土壤の種類	原料草 <sup>1)</sup> (kg/ha)		利用可能原料草量 <sup>2)</sup> (kg/ha)		年合計
		1番草	2番草	1番草	2番草	
道北	台地の土壤	4,890	2,540	4,562	2,370	6,932
網走	台地の土壤	5,150	3,010	4,805	2,808	7,613
道央・道南	火山灰由来の土壤	5,310	2,610	4,954	2,435	7,389
十勝	火山灰由来の土壤	4,870	3,030	4,544	2,827	7,371
根釧	火山灰由来の土壤	4,110	2,770	3,835	2,584	6,419
平均		4,870	2,790	4,544	2,603	7,147

<sup>1)</sup> Gプロ実態調査(2000)のデータ

<sup>2)</sup> 予乾原料草としての圃場での乾物損失率=6.7% (増子, 2004)

牛が採食するサイレージの正味量は、年間合計で根釧地域の5.4t/haから網走地域の6.4t/haの範囲と考えられた(表5)。

日本標準飼料成分表2001年版(農業技術研究機構, 2002)によると、刈取り適期(1番草出穂前および2番草出穂前)に収穫されたチモシーを用いて調製したサイレージの代謝エネルギー(ME)は、1番草が11.30MJ/kg、2番草は10.13MJ/kgである。そこで、このデータを利用して乳牛が採食する予乾サイレージのME量を求めると、年間合計で根釧地域の58.6GJ/haから網走地域の69.7GJ/haの範囲となった(表5)。この計算によって、北海道の採草地で生産されたチモシーサイレージが実際に乳牛に採食され、それによって乳牛に供給されるME量が推定できたことになる。ただし、このME量がすべて乳生産に振り向けられるわけではない。

3) 飼養密度と乳牛の維持にまわるME量

乳牛がサイレージを採食しても、そのうち一部は乳牛の維持のために利用されるので、維持のためのME分を差し引かなければ、乳生産のために利用可能なME量が求められない。中辻(1999)によると、乳量が1乳期あたり7,000~7,999kgである泌乳牛の維持のためのMEは20GJ/頭であった。さらに実際には、この草地1ha当たりの飼養乳牛頭数(以下、飼養密度という)が

問題となる。すなわち、その1haの草地が何頭の乳牛を支えているかということである。飼養密度に対応して乳牛の維持にまわるME量が決まるので、その量を草地1haの利用可能なME量から控除することで、乳生産に振り向けられるME量を求めた。

4) 飼養密度別にみた北海道の草地1haからの生産可能乳量

上述した手続きによってサイレージから乳牛が乳生産に利用可能なME量を求めた(表6)。ここで、畜産統計によれば、2004年の北海道における乳牛の平均

表5 乳牛が採食可能なサイレージの代謝エネルギー(ME)

地域	サイレージの調製可能量 <sup>1)</sup> (kg/ha)		サイレージの採食可能な乾物量 <sup>2)</sup> (t/ha)			乳牛が採食可能なサイレージのME量 <sup>3)</sup> (GJ/ha)		
	1番草	2番草	1番草	2番草	年間合計	1番草	2番草	年間合計
道北	4,325	2,247	3.85	2.00	5.84	43.4	20.2	63.7
網走	4,555	2,662	4.05	2.37	6.42	45.8	24.0	69.7
道央・道南	4,697	2,309	4.18	2.05	6.23	47.2	20.8	68.0
十勝	4,307	2,680	3.83	2.38	6.21	43.3	24.1	67.4
根釧	3,635	2,450	3.23	2.18	5.41	36.5	22.1	58.6
全道	4,307	2,468	3.83	2.19	6.02	43.3	22.2	65.5

<sup>1)</sup> 予乾サイレージ調製中の乾物損失率=5.2% (増子, 2004)

<sup>2)</sup> 乳牛の予乾サイレージ採食段階における乾物損失率=11.1% (増子, 2004)

<sup>3)</sup> 1番草チモシー(出穂前)サイレージのME=11.30MJ/kg(日本標準飼料成分表2001年版)  
2番草チモシー(再生草・出穂前)サイレージのME=10.13MJ/kg(日本標準飼料成分表2001年版)

飼養密度は1.5頭/haであるので、飼養密度を1頭/haの場合と、1.5頭/haの場合で計算している。飼養密度が1頭/haなら、採食されるサイレージのME量から1頭分の維持に回る20GJ/haを差し引くと、それが産乳にまわるME量となる。同様に、飼養密度が1.5頭/haなら、30GJ/haを差し引いて求める。その結果、飼養密度が1頭/haの場合、産乳にまわるME量は38.6~49.7GJ/haとなり、飼養密度が1.5頭/haなら、28.6~39.7GJ/haの範囲となった。いずれも、途中の損失率に地域間差を考慮していないので、表3に示した牧草生産量そのものがこの産乳にまわるME量を規定している。

中辻(1999)によると、粗飼料多給飼養の条件下で、乳量が7,000~7,999kgの乳牛が1kgの生乳を生産するのに必要なMEは5.2MJである。サイレージから産乳にまわるME量を上述した産乳に必要なMEで除して、産乳可能性を求めた(表6)。その結果、飼養密度が1頭/haなら北海道の採草地1haで生産される予乾サイレージから7.4~9.6tの乳生産が期待できる。この場合、1頭/haであるから、この乳量が個体乳量となる。これに対して、飼養密度が平均的な1.5頭/haなら、1ha当たり5.5~7.6tの産乳が期待できることになる。これは、1.5頭で生産する結果であるので、個体乳量としては、3.7~5.1tである。

牧草生産量は乳牛の飼養密度が高まったからといって、ただちにそれに対応して増加するということはない。それゆえ、飼養密度を高めれば高めるほど、一定の草地で生産されるME量のうち維持に回るME量が増加するため、乳生産にまわる単位面積当たりのME量が減少する。その結果、乳生産可能性が減少する。今回の試算結果でも、飼養密度がわずかに0.5頭/ha増加しただけで、ha当たり乳生産量は大きく減少することを認めた。

また、北海道内では比較的気象条件に恵まれている、網走、道央・道南、十勝地域では、飼養密度が1.5頭/haの場合、それぞれ、草地1ha当たり7.6t、7.3t、7.2t

の乳生産が期待できる。これに対して、気象条件に恵まれず、そのために草地酪農地帯が形成されている天北、根釧地域は、他の地域より牧草生産量が少ないため1ha当たりの乳生産可能性も少なく、それぞれ6.5t、5.5tにしかない。これらの結果は、いずれも、土壌が類似していても気象条件が異なると、それに対応して牧草生産が規制され、それが乳生産に影響を与えており、土壌が乳生産におよぼす影響は気象条件に比べると小さいことを示唆している。

以上の計算から、現在の北海道の草地で平均的な飼養密度(1.5頭/ha)の場合、1haの草地からおよそ6.8tの乳生産が期待できると指摘できる。これを個体乳量に換算すると、4.5tとなる。2004年の北海道における経産牛1頭当たりの乳量は7.7tであるので、上記の個体乳量4.5tは現状の経産牛1頭当たり乳量の58%である。このことは、北海道の飼料自給率がTDNベースで54%(2000年乳用牛検定成績による)であることとよく対応している。つまり、現在の飼養密度の条件で8,000kg近い個体乳量を自給牧草だけで生産するのは、もともと難しいことを意味している。したがって、北海道の草地1ha当たりの生産可能乳量を上げるとともに、飼料自給率を向上させるには、草地の牧草収量をさらに増加させる以外に方法はない。このことは、飼料用トウモロコシ畑でも同じことが指摘できる。粗飼料の単位面積当たり収量の増加対策と、それを支える土壌の肥沃度管理をさらに真剣に検討しなければ、北海道の草地は乳量8,700kg程度の乳牛を1haに1頭しか飼養できないという現実しか残らないことになる。

## 5. 要約

これまで述べたことをまとめると、以下のとおりである。

1) 北海道の農耕地には大まかに火山灰に由来する土壌、台地の土壌、低地の土壌、そして泥炭に由来する土壌が広く分布している。

2) 北海道の牧草地52.8万haのうち、50%は火山灰に由来する土壌に立地し、台地の土壌、低地の土壌、および泥炭に由来する土壌に立地するのは、それぞれ21, 22, 7%である。

3) 北海道の草地での産乳可能性は、草地の牧草生産実態からみて、飼養密度が1頭/haなら、7.4~9.6t程度、飼養密度が1.5頭/haなら、1ha当たり5.5~7.6t程度の範囲だった。

4) この産乳可能性の差異は、土壌条件や施肥量の影響というよりは、むしろ、気象条件

表6 各飼養密度別にみた単位面積あたり乳生産可能性 (t/ha)

地域	サイレージから採食可能なME総量 <sup>1)</sup> (GJ/ha)	各飼養密度条件で乳牛の維持にまわるME量 <sup>2)</sup> (GJ/ha)		各飼養密度別のサイレージから産乳にまわるME量 <sup>3)</sup> (GJ/ha)		各飼養密度別の単位面積あたり乳生産可能性 <sup>4)</sup> (t/ha)	
		1頭/ha	1.5頭/ha	1頭/ha	1.5頭/ha	1頭/ha	1.5頭/ha
道北	63.7	20	30	43.7	33.7	8.4	6.5
網走	69.7	20	30	49.7	39.7	9.6	7.6
道央・道南	68.0	20	30	48.0	38.0	9.2	7.3
十勝	67.4	20	30	47.4	37.4	9.1	7.2
根釧	58.6	20	30	38.6	28.6	7.4	5.5
全道	65.5	20	30	45.5	35.5	8.7	6.8

<sup>1)</sup> 表5のサイレージから乳牛が採食可能な代謝エネルギー(ME)量の年間合計量

<sup>2)</sup> 1乳期当たり乳量7,000~7,999kgである乳牛の維持のためのME=20GJ/頭(中辻, 1999)

<sup>3)</sup> サイレージから採食可能なMEから維持にまわるMEを差し引く

<sup>4)</sup> 粗飼料を中心として飼養された乳牛の乳生産1tに必要なME=5.2GJ(中辻, 1999)

の差異に基づく各地域の牧草生産力の違いを反映していると考えられた。気象条件が異なる広域においては、土壌よりも気象条件のほうが作物生育の規制要因になりやすく、それが牧草生産量を決め、最終的に乳生産を規定しているからである。

5) 草地の単位面積当たりの乳生産を増加させ、飼料自給率を向上させるには、草地の牧草生産を高めるより他に対策はない。そのためには、草地の土壌肥沃度をしっかりと維持管理することが重要である。

**謝辞：**本稿で重要な論議である草地からの乳生産については、その計算方法を北大大学院近藤誠司教授に教示していただいた。また、北海道の土地利用別土壌分布を計算し、作図して下さったのは、道立中央農試志賀弘行氏、安積大治氏であり、その過程で畜産草地研究所神山和則氏には貴重な意見と資料を提供していただいた。ここに記し、深く感謝の意を表します。

## 引用文献

農耕地土壌分類委員会 (1995) 農耕地土壌分類第3次改訂版, 農業環境技術研究所資料第17号, p1~79  
土壌第3科 (1977) 土壌統の設置基準および土壌統一覧第2次案, 農業技術研究所  
土壌第3科 (1983) 農耕地の土壌分類-土壌統の設置基準および土壌統一覧-第2次案改訂版, 農業技術

## 研究所

北海道立中央農試 (2005) 北海道の土地利用別土壌分布の集計, 中央農試生産環境部資料  
濃沼圭一 (2004) トウモロコシの栄養収量-北海道の例, 酪総研選書, 79: 83~94  
北海道立農業・畜産試験場・農政部 (Gプロ) (2000) 北海道の採草地における牧草生産の現状と課題, 北海道農業試験会議 (成績会議) 資料, 平成11年度, p1~137  
松中照夫・三枝俊哉 (1986) 北海道根釧地方に分布する主要火山性土の牧草生産力, 道立農試集報, 54: 39~48  
松中照夫・小関純一・松代平治・赤城仰哉, 西陰研治 (1983) 経年化に伴う草地生産力低下の土壌間差異, 日草誌, 29: 212~218  
近藤誠司 (2004) 単位面積当たりの生産可能乳量, 酪総研選書, 79: 121~139  
増子孝義 (2004) サイレージ調製に伴う飼料価値の損失はどれくらいか, 酪総研選書, 79: 105~120  
農業技術研究機構 (2002) 日本標準飼料成分表 (2001年版) p42~43  
中辻浩喜 (1999) 泌乳牛の粗飼料多給飼養下における飼料エネルギーの利用効率に関する研究, 北大農学部農場研究報告, 31: 75~128

## 家畜生産と環境保全

三枝 俊哉

北海道立根釧農業試験場, 中標津町086-1135

## Environmental Research for Sustainable Dairy Farming

Toshiya SAIGUSA

Konsen Agricultural Experiment Station,  
Nakashibetsu 086-1135

キーワード : 揮散, 溶脱, 表面流出, 浄化, 環境研究, 草地.

Key words : environmental research, gas emission, grassland, leaching, nutrient removal, surface run off

## 1. はじめに

北海道では、豊かな自然に囲まれた広大な土地面積を背景に、多頭数を飼育する大規模経営が展開されている。これを持続的に発展させるためには、周辺環境との調和が不可欠である。

わが国では、環境保全に留意した資源循環型畜産を目指す「家畜排泄物の管理の適正化及び利用の促進に関する法律」が平成11年に制定された。この法律は制定後5年間の猶予期間を経て、平成16年11月1日から本格施行され、ふん尿貯留施設の適正整備が畜産農家に対して義務づけられた。

環境汚染は、①牛舎・ふん尿貯留施設のように汚染源となる地点を特定できる点源汚染と、②農地のよう

にある程度の面積を有し、明確に地点を特定できない面源汚染に区分できる(図1)。前述した法律は、主に点源汚染の対策を畜産農家に義務づけたことになる。環境保全に配慮した畜産経営を持続的に展開するためには、こうしたふん尿貯留管理の適正化とともに、貯留されたふん尿を適正に処理・利用する必要がある。

豊かな土地面積を有する北海道酪農では、産出されたふん尿を草地などの粗飼料生産圃場に還元し、利用することを基本とする。この時、農地への不適切なふん尿還元は、農地を汚染源とする環境汚染を引き起こす懸念がある。それゆえ、そこには適切な面源汚染対策が必要となる。現在、酪農家の点源汚染対策は、前述の法律に基づいて急速に進展しつつある。このため、今後は貯留されたふん尿を適切に利用するための

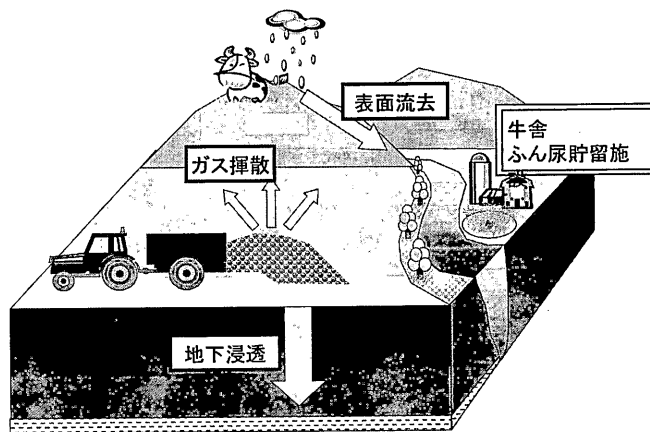


図1 草地酪農地帯における環境汚染源の例

□, 面源汚染; □, 点源汚染

面源汚染対策が、相対的に重要性を増すと考えられる。

そこで本稿では、北海道の酪農地帯における環境保全研究の現状と今後の課題について、面源対策に係る試験研究を中心に述べることにする。

## 2. 北海道の酪農地帯における河川水質

北海道の酪農地帯において、河川水質に影響を及ぼす要因を解析した事例として、志村・田淵(1997)、井上ら(1999)は、流域の草地面積割合、乳牛飼養頭数、河川改修率の増大が河川に対する窒素負荷を高めることを指摘した。また、大村(1994)、井上ら(1999)および宗岡ら(2000)は、点源汚染と面源汚染の存在を指摘し、それぞれの対策を考察した。さらに、岡澤ら(2001)は降雨時における水質の特性を解析した。

このような影響評価研究に基づき、根釧農試ら(2004a)は、道内草地酪農地帯における河川水質を調査した。その結果、図2のように、酪農経営が河川水質に窒素の負荷をかけている実態が確認された。河川水質の水準としては、環境基準値を超えるほど悪化しているわけではない。しかし、さけ・ます漁業等、地域

の他産業や住民の理解を得て持続的な酪農の展開を図るためには、営農活動の上で改善の努力が必要と指摘された。その改善指針が表1のように整理されている。以下には、この改善指針の根拠となった面源汚染対策研究の事例を示す。

## 3. 草地酪農地帯における面源汚染削減対策

### 1) 地下浸透量の削減対策

作物に吸収されない養分は雨で地面にしみ込み、地下水や河川水を汚染する。これを軽減するには、不必要な養分を施用しないことが基本である。

中央農試(2004a)では、圃場への窒素投入量から作物の窒素吸収量を差し引いた余剰窒素量の多い地域ほど河川水の窒素濃度が高い傾向を指摘した。草地で大量の余剰窒素が発生する場面としては、飼養形態や貯留方法によって肥料養分含量の大きく変動する堆肥やスラリー等が、その肥効評価と施肥対応の不十分なまま、作業効率の都合で局所的に大量散布される場合が想定される。

北海道では草地へのふん尿施用に対して、その肥効

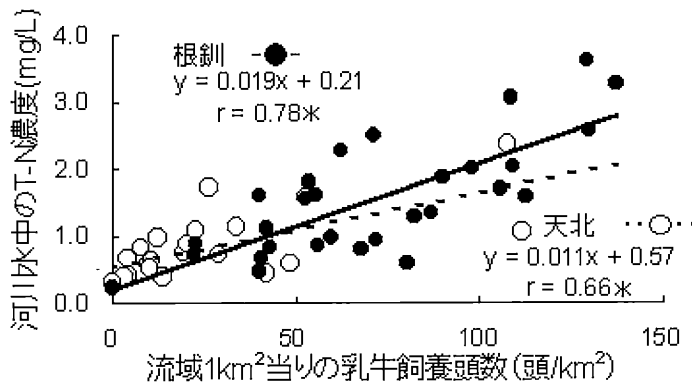


図2 草地酪農地帯における河川水質の実態 (根釧農試ら 2004a)

表1 土地利用型酪農・畜産場における草地からの養分流出実態と負荷低減対策

対象草地	負荷発生要因	農家単独で実施できる対策		
更新草地	地下浸透	10t/10a以上の堆肥のすき込みにより、最大でNO <sub>3</sub> -N10mg/L以上の高濃度の窒素が地下浸透。	堆肥の施用量は施肥標準に準拠した5~8t/10aまでとする。	
	表面流出 (傾斜草地)	更新翌年の春までに30~100kg/10aの土砂およびそれに伴うT-N、T-Pの表面流出。	1.更新後越冬前までに十分な植被を確保する。 2.一部不耕起による緩衝帯設置等土壌流出を抑制する更新方法	
採草地	地下浸透	スラリーの多量施用により窒素の溶脱量が増加。	北海道施肥ガイドに準じた糞尿施用量の遵守。	
	表面流出	非積雪期	施肥後に最大T-N30~314、T-P8~36mg/Lの高濃度の表面流出水が発生。	1.緩衝帯草地の設置による表面流出水の養分濃度低減。 2.大雨直前の施肥は避ける。
		融雪期	年間に表面流出する養分の80~90%が融雪期に流出。	1.糞尿の春秋分施 (秋・春の施肥配分) 2.糞尿の春重点施用 (秋・春の施肥配分)
放牧草地	河川への家畜の侵入	糞尿の直接流入	1.河川への家畜の侵入の禁止。 2.飲水施設の設置。	
	放牧施設付近に集積した排糞	表面流出・地下浸透	養分の偏在と負荷の増加。 飲水施設を河川や表面流出水の経路から離して設置する。	
糞尿散布草地	糞尿散布面積 (所有草地・飼料畑面積当たりの飼養頭数1.5頭/haに対し、糞尿散布面積当たりでは2.3頭/ha)	特定の草地に過剰に糞尿が散布されている可能性。	1.適正施肥量の遵守。 2.糞尿の所有面積への均一散布。	
河川・明渠等に隣接した草地	肥料の散布	直接、水系へ養分が流出する危険性。	河川ぎりぎりまで化学肥料、糞尿を散布するのを避ける。	

(根釧農試ら 2004a)



と環境影響が詳細に検討され、施用上限の考え方が整理された(天北農試, 2002; 木場ら, 2002; 天北農試・根釧農試, 2003; 根釧農試ら, 2004b; 三枝ら, 2005a,b,c, 2006). 草地造成・更新時における堆肥施用量の上限は、火山性土で5t/10a(木場ら, 2002), 低地土・台地土で6t/10aとされた(天北農試・根釧農試, 2003). 堆肥施用量がこれを超えると、マメ科牧草の混生割合が低下すること、チモシー単播草地では造成・更新翌年における牧草の増収効率が低下すること、および余剰窒素の発生量が増えること(木場ら, 2002; 天北農試・根釧農試, 2003)が指摘されている。また、この施用量以内であれば、地下水の硝酸態窒素濃度が無肥料区や化学肥料の標準施肥区とほぼ同等に推移することが、ライシメータによる試験で観測された(天北農試, 2002).

一方、維持管理段階の草地ではふん尿主体施肥が推奨されている(三枝ら, 2005a,b,c, 2006). 農地に必要な養分である窒素、リン酸、カリウムのうち、いずれの養分も必要量を超過することなく、その主体をふん尿で賄う施肥をふん尿主体施肥と称す。

従来、維持管理時の草地におけるふん尿の肥料換算は、標準的な堆肥やスラリー現物重量当たりの減肥可能量を設定して対応していた(天北農試, 1988; 松中ら, 1990; 三枝・能代, 1994). ふん尿養分含量のばらつきや肥効の地域性に対しては、スラリーの窒素含量を簡易に予測したり(根釧農試, 1985), 堆肥に由来する窒素吸収予測式を土壌・施用法ごとに設定する(三木, 1993)など、部分的に検討が進められていた。しかし、乳牛飼養頭数の増加に伴って、圃場に施用する養分量に占めるふん尿由来養分の割合が急激に増大してくると、堆肥、スラリー、尿のいずれに対しても、個々のふん尿の養分含量に対応した窒素、リン酸、カリウムのそれぞれについて、より汎用性が高く精密な施肥計画が必要となってきた。

そこで、北海道立農業試験場と畜産試験場は、家畜ふん尿プロジェクト研究チームを結成し、北海道内の異なる気象・土壌条件の試験場で圃場試験を実施して検討を行った。その結果、事前にふん尿の養分含量を分析・定量または簡易に推定し(松本ら, 2002), 得られた養分含量に基づいて肥料換算を行うふん尿主体施肥設計法が確立された(松本・宝示戸, 2005; 三枝ら, 2005a,b,c, 2006). 草地では、ふん尿中の養分含量を表2~4の係数を乗じてふん尿を化学肥料に換算する。表2は、ふん尿中の肥料養分のうち化学肥料と見なせる養分の割合を、ふん尿の種類と養分ごとに設定した基準肥効率と称する係数である(三枝ら, 2005a,b). このうち、窒素の肥効はふん尿の品質と施用時期によって変化するので、表3、表4のように各補正係数を設定している(三枝ら, 2005c; 根釧農試ら, 2004b).

草地とほぼ同様の考え方で、飼料用トウモロコシについても堆肥とスラリーを化学肥料に換算する係数が

表2 チモシー草地に対するふん尿中肥料養分の基準肥効率

種類	(単位:kg/kg)					
	窒素		リン酸		カリウム	
	当年	2年目	当年	2年目	当年	2年目
堆肥	0.2	0.1	0.2	0.1	0.7	0.1
スラリー	0.4	—	0.4	—	0.8	—
尿	0.8	—	—	—	0.8	—

注1 ふん尿中の肥料養分含量に当係数を乗ずることにより、化学肥料に換算する。

注2 施用時期により別途定める補正係数を用いて補正する。なお、最終番草利用後の施用における当年とは施用翌年を指す。

注3 品質の大きく異なるふん尿については別途定める補正係数により補正を加える。(三枝ら2005a,b)

表3 品質の違いによる窒素の補正係数

区分	堆肥		スラリー	
	水分 %	補正係数	乾物当たり NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N%	補正係数
肥効大	80~	1.4	3.5~	1.2
中	65~80	1.0	1.5~3.5	1.0
小	~65	0.7	~1.5	0.8

注 施用当年のみを補正の対象とする。(三枝ら2005c)

表4 採草地への施用時期の違いによる窒素の補正係数

施用時期	堆肥		スラリー・尿
	TY	OG	TY
9月上旬~10月下旬	1.0	1.0	0.8
4-5月上旬	1.0	1.0	1.0
5月中旬	0.8	1.0	0.8
1番草収穫後	0.5	0.7	0.9
2番草収穫後	—	0.5	—

注1) TY:チモシー採草地; OG, オーチャードグラス採草地

注2) 9-5月の補正係数は年間施肥量に、1番草収穫後では2番草と3番草に、2番草収穫後では3番草に対する施肥量に換算するための肥効率を算出する。

注3) 施用当年のみを補正の対象とする。

注4) OG採草地に対するスラリー施用時期の補正はたい肥に準ずる。

(根釧農試ら2004b)

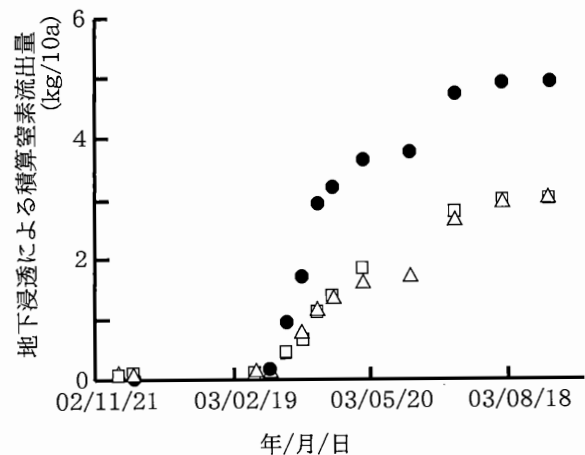


図3 裸地に対するスラリーの施用時期が地下浸透による窒素の流出に及ぼす影響

●, 初冬施用, □, 春施用, △, 化学肥料標準量(春施用)

(渡部ら2006)

設定されている(表4, 根釧農試ら, 2004b)。飼料用トウモロコシの収穫後は裸地となるので、スラリーを秋施用すると多くの窒素が地下に浸透する(図3)。それゆえ、飼料用トウモロコシ収穫跡地へのスラリーの秋施用は控えるよう指導されている(渡部ら, 2006)。

こうして、不必要な肥料養分を農地に置かないようにすることが、地下浸透対策の最も基本的な対策となる。さらにこのことは、以降に述べる表面流去対策とガス揮散対策の前提になる。

## 2) 表面流出対策と緩衝帯研究

降雨時や融雪時、地面にしみ込みきれずに地表面を流れていく水によって土砂や養分が河川などに流出することを表面流出という。

従来、草地の表面流出については、傾斜草地の土砂流亡対策として研究されてきた。傾斜草地における土壌侵食は、傾斜が急で植物による被食割合が少ないほど(石田ら, 1980)、また、地上部草量の少ないほど(及川ら, 1981)大量に発生しやすいことが知られている。これに対し、表面流出水に溶解した肥料養分の流出については、加甲ら(1977)の報告等があるものの、検討例は少ない。

酒井ら(2002a)は非積雪期と融雪期で表面流出の様式が異なることを明らかにした。積雪のない4月~12月では養分濃度の比較的濃い水が少量、融雪期の3月には濃度の薄い水が大量に流出する。融雪期の期間は短い、流出水量がきわめて多いので、この間に流出する養分量が年間の6-9割を占める。したがって、秋の集中的なふん尿散布は避けることが望ましい(根釧農試ら, 2004a)。

表面流出対策の一環として、圃場の周縁部や河川の周囲に林帯などの植生を配置することがある。これを緩衝帯という。緩衝帯の機能はひとつではない。

### (1) 圃場と水系との隔絶を図る機能

施肥、ふん尿散布時に肥料やふん尿が直接水系に流入しないよう、物理的な距離を確保する。北海道では、圃場の境界から10m程度離れて作業することを推奨している(北海道立農業・畜産試験場家畜ふん尿プロジェクト研究チーム, 2005)。

### (2) 表面流出水の濃度を低減する機能

無施肥で管理する緩衝帯草地の設置により、草地における表面流出水の全窒素濃度が低下することが示されている。ただし、この機能は大量の流出水が発生する融雪期には期待できない(酒井ら, 2002b)。

### (3) 浸透濾過機能

草地酪農地域における排水路と小河川沿いに幅約30mで林帯が設置されると、降雨時に表面流が林帯で浸透し、流出水中の全窒素と全リンをおおむね20%低減することが観測されている。ただし、この機能は土壌凍結時には期待できない(北海道開発土木研究所・根釧農試, 2003)。

## (4) 地下水の浄化機能

北海道農業研究センターにおいて、標準の2倍の窒素施肥量で管理する飼料用トウモロコシ畑に、林地および採草地を隣接させた。地下水位は2m以浅であり、飼料用トウモロコシ畑が上流側に、林地、採草地が下流側に配置された。このとき、畑地側から20数mg/Lに達する高濃度の硝酸態窒素を含む地下水が、林地-採草地の地下を約20m流下する間に、硝酸態窒素濃度は10mg/L以下に低下した。この濃度低下の1/4~1/2は希釈に由来すると評価された(早川・金澤, 2004)。

緩衝帯はこのように複数の異なる機能を有する。今後、これらの特性を体系的に整理し、各特性を活かした設置法の指針を明らかにする必要がある。

## 3) 揮散量の削減対策

表5 飼料用トウモロコシ畑におけるふん尿の窒素肥効率 (単位: kg/kg)

種類	施用時期	全窒素	アンモニウム態窒素
堆肥	秋	0.12	—
	春	0.20	—
スラリー	春	0.40	0.70*

\*アンモニア態窒素が全窒素の6割以上を占める時

(根釧農試ら2004b)

### (1) アンモニア揮散

家畜ふんと尿の液状混合物であるスラリーは、肥料効果の高い有機物であるが、現状では図4のように散布するので、散布時にアンモニアの揮散と悪臭の発生を伴う。スラリー施用時のアンモニア揮散量はスラ



図4 慣行のスラリー散布法



図5 スラリーの浅層注入法

リー中に含まれるアンモニウム態窒素の20-40%とされている(斉藤ら, 1989)。現在, スラリー施用時のアンモニア揮散対策として, 地表面に浅く溝を切り, その中にスラリーを注入する(図5)など, いくつかの施用法が提示されている。これにより, 揮散量が削減され(長田, 1996), 肥料効果も向上すると期待される。しかし, アンモニア揮散量を低減する土中注入方式は, 後述する温室効果ガスである亜酸化窒素の発生を助長することが知られている(渋谷ら, 1994)。

(2) 温室効果ガス

農地から発生する温室効果ガスとしては亜酸化窒素とメタンが注目される。気候変動枠組条約・京都議定書に示される温室効果ガス削減目標に向け, 草地から発生する亜酸化窒素の実態が調査されている。

草地では渋谷ら(1995)が草地試験場内で得られた試験結果に基づき, 化学肥料, 放牧牛ふん尿, スラリー等からの亜酸化窒素およびメタンの排出係数を提案し(表6), MORI *et al.* (2005)が各フラックスに及ぼす草種の影響を考察しているが, 北海道の草地における測定例は希少である。

根釧農試では, 道東火山性土に立地するチモシー採草地において亜酸化窒素およびメタンの発生量を観測している。これまでに, 亜酸化窒素の発生フラックスは窒素施用後および牧草収穫後に高まること, 窒素施肥量やマメ科牧草混生割合の多い草地ほど高い値を示すことなどを確認した(甲田ら, 2002)。また, これらの発生要因として気温, 土壤水分, 土壤中の無機態窒素含量などに注目した解析も行っている(根釧農試, 2004a)。現在は, 気温や土壤水分などの環境因子, 経過年数, 草種構成, 施肥管理などの管理来歴に注目し, 温室効果ガスの発生について, モデル解析を活用した広域評価への研究展開を図りつつある。一方, 亜酸化

窒素発生抑制技術のため, 施肥時期, 施肥配分, 肥料の種類などについても検討が進んでいる(甲田・三枝, 2005)。

4) 浄化対策

これまで述べてきた対策技術はいずれも, 農地からの環境負荷物質の発生を低減する技術である。しかし, 開放系である農地で環境負荷を全く発生させないことは困難である。したがって, 環境負荷の低減対策とともに, 流出した養分の回収・浄化技術をも検討しておく必要がある。

畜産分野における浄化技術研究の一例として, 土壌の自然浄化能を活用した水質浄化研究がある(井上・斉木, 1982a,b; 原田・相田, 1989)。北海道でもその活用が期待され, 表面流去型人工湿地による施設排水の浄化対策が検討されている(木場ら, 2005; 根釧農試, 2004b)。最近ではヨーロッパで普及しつつある伏流式人工湿地の導入についても検討が開始された(加藤ら, 2004)。これらは現在, いずれも点源汚染対策として施設排水の浄化を目指している。しかし, 湿地の浄化能は, 面源汚染対策としても, 前述した緩衝帯とともに有効性が期待される。面源汚染対策としての人工湿地には, ピオトープとしての側面もあり(中央農試, 2004b), 多面的な評価が必要である。

4. まとめ

以上のように, 北海道の家畜生産を持続的に発展させるための環境管理研究が, 現在も精力的に推進されている。地下浸透や表面流出に起因する水質汚染の対策, 悪臭・温室効果ガス等による大気汚染の対策はいずれも重要である。しかし, いずれの対策を優先するかについては, 現在それらの環境影響を同一の評価軸で論議することが困難であるため, 判断が難しい。LCA

表6 草地及び家畜ふん尿に関係したCH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>Oの排出係数

	中央値 ( )は範囲	単位
<b>N<sub>2</sub>O排出係数</b>		
草地 <sup>1)</sup>	47.4 ( 22.1 ~ 72.7 )	N <sub>2</sub> O-N mg/m <sup>2</sup> /yr
窒素肥料 <sup>2)</sup>	0.6 ( 0.2 ~ 1.0 )	N <sub>2</sub> O-N %/N施用量
放牧牛ふん <sup>3)</sup>	0.06 ( 0.01 ~ 0.11 )	N <sub>2</sub> O-N %/T-N
尿	0.37 ( 0.11 ~ 0.62 )	N <sub>2</sub> O-N %/T-N
スラリー	0.18 ( 0.09 ~ 0.26 )	N <sub>2</sub> O-N %/T-N
放牧牛	0.32 ( 0.09 ~ 0.55 )	N <sub>2</sub> O-N g/頭/day
<b>CH<sub>4</sub>排出係数</b>		
草地 <sup>1)</sup>	-106.8 ( -56.6 ~ -157.0 )	CH <sub>4</sub> -C mg/m <sup>2</sup> /yr
放牧牛ふん	0.20 ( 0.09 ~ 0.30 )	CH <sub>4</sub> -C %/T-C
スラリー	0.14 ( 0.06 ~ 0.21 )	CH <sub>4</sub> -C %/T-C
放牧牛	2.75 ( 0.85 ~ 4.65 )	CH <sub>4</sub> -C g/頭/day

1) 無施肥草地における372日間の実測値から算出した。

2) アンモニア性窒素47%、尿素性窒素53%

3) 春先や排出後乾燥した状態が続くとN<sub>2</sub>O放出は起きない場合もある

(渋谷ら1995)

等の考え方はこれを科学的に評価するために有力と期待されるが、当面は、社会情勢や地域の事情等を総合的に判断し、地域ごとに優先順位を合意して、現実的な対策から順に講じていくことが重要と思われる。

実際の酪農地帯において、上記の改善対策を講ずる場合には、流域、地域の酪農家が一体となり、地域ぐるみで取り組むことが重要である。三枝ら(2005)は、様々な環境対策に誰でも取り組めるよう、地域の農家を技術的・労力的に支援する農家支援組織の必要性を指摘した。現在、道立農業・畜産試験場は、地域の農協、役場、作業請負機関(コントラクタ、利用組合等)が効率的に農家支援体制を組織、運営していただけるよう、技術的な支援活動を開始している(酒井ら, 2005)。

このような現場に対応した実証的普及活動の中で、前述の試験研究成果を活用していくことが、現場の酪農地帯における環境保全対策の実践に結びつくものと期待される。

## 文 献

- 北海道開発土木研究所・北海道立根釧農試(2003)北海道東部の草地酪農地帯における林帯の水質浄化機能。平成15年普及奨励並びに指導参考事項。243-245。北海道農政部。札幌。
- 原田靖生・相田徳二郎(1989)土壌の浄化機能活用による汚水の処理。農業および園芸。64(7):833-840。
- 早川嘉彦・金澤健二(2004)地下水中硝酸態窒素浄化能からみた林地緩衝帯の必要幅。平成15年度研究成果情報北海道農業。148-149。北海道農業試験研究推進会議。札幌。
- 北海道立中央農業試験場(2004a)河川水の窒素汚染軽減に向けた農地の窒素収支改善策。平成16年普及奨励並びに指導参考事項。261-263。北海道農政部。札幌。
- 北海道立中央農業試験場(2004b)休耕田を活用した湿地ビオトープの生物生息空間および水質浄化機能の評価。平成16年普及奨励並びに指導参考事項。254-256。北海道農政部。札幌。
- 北海道立農業・畜産試験場家畜ふん尿プロジェクト研究チーム(2005)環境に配慮した畜産農場経営を目指して。1-40。北海道立畜産試験場。新得。
- 北海道立根釧農業試験場(1985)根釧地方の混播採草地における乳牛液状きゅう肥の効率的施用法。昭和60年普及奨励並びに指導参考事項。331-334。北海道農政部。札幌。
- 北海道立根釧農業試験場(2004a)北海道東部の採草地における亜酸化窒素およびメタンの発生要因。平成16年普及奨励並びに指導参考事項。558-559。北海道農政部。札幌。
- 北海道立根釧農業試験場(2004b)酪農雑排水浄化のための人工湿地(酸化池)モデル。平成16年普及奨励並びに指導参考事項。269-271。北海道農政部。札幌。
- 北海道立根釧農業試験場。天北農業試験場。畜産試験場(2004a)土地利用型酪農・畜産地域における河川水養分負荷の実態と軽減対策。平成16年普及奨励並びに指導参考事項。81-83。北海道農政部。札幌。
- 北海道立根釧農業試験場。天北農業試験場。畜産試験場(2004b)牧草・飼料作物に対するふん尿主体施肥設計法。平成16年普及奨励並びに指導参考事項。37-39。北海道農政部。札幌。
- 北海道立天北農業試験場(1988)鉈質土草地における施用堆肥の窒素評価。昭和63年普及奨励並びに指導参考事項。402-405。北海道農政部。札幌。
- 北海道立天北農業試験場(2002)ライシメーター法による環境に配慮した草地更新時たい肥施用量。平成14年普及奨励並びに指導参考事項。208-210。北海道農政部。札幌。
- 北海道立天北農業試験場。根釧農業試験場(2003)草地更新時におけるたい肥施用限界量。平成15年普及奨励並びに指導参考事項。108-111。北海道農政部。札幌。
- 井上重美・斉木孝(1982a)畜舎排水の土壌・植物濾床による浄化の実用化技術(1)。畜産の研究。36:423-428。
- 井上重美・斉木孝(1982b)畜舎排水の土壌・植物濾床による浄化の実用化技術(2)。畜産の研究。36:539-544。
- 井上京・山本忠男・長澤徹明(1999)北海道東部浜中地区における流域の土地利用と河川水質。農業土木学会論文集。200:85-92。
- 石田良作・西村格・須山哲男(1980)草地の造成と開発計画に関する研究Ⅴ。傾斜草地における土壌侵食の2・3の問題点。草地試験場研究報告。17:1-10。
- 加甲艶照・小田日出夫・豊田広三(1977)傾斜草地の土壌保全に関する研究Ⅲ。傾斜草地の造成。定着過程における土壌侵食。草地試験場研究報告。10:135-145。
- 加藤邦彦・森岡理紀・細川弘史・金澤健二・長田隆(2004)伏流式参加的人工湿地によるパーラー排水処理試験—畜産排水処理のための伏流式人工湿地に用いるべき材料の検討—。土肥誌要旨集。51:243。
- 木場稔信・三枝俊哉・松本武彦・三木直倫・寶示戸雅之(2002)火山性土における草地更新時の堆肥施用限界量。2002年度日本土壌肥料学会北海道支部秋季大会講演要旨集:11。
- 木場稔信・三木直倫・三枝俊哉(2005)牛舎排水浄化のための表面流去型人工湿地モデル。土肥誌講演要旨集。51:243。
- 甲田裕幸・宝示戸雅之・三木直倫・三枝俊哉(2002)根

- 鉋地方のチモシー採草地における亜酸化窒素ガスフラックスの年次変化. 土肥誌講演要旨集, 48:198.
- 甲田裕幸・宝示戸雅之・三木直倫・三枝俊哉(2005)1番草収穫後の窒素施肥量がチモシー採草地の亜酸化窒素発生量に与える影響. 土肥誌講演要旨集, 51:246.
- 松本武彦・宝示戸雅之(2005)チモシー単播草地に施用した乳牛スラリーの化学成分変動に対応した窒素肥効の評価. 土肥誌, 76:253-259.
- 松本武彦・田村忠・中辻敏朗・木曾誠二・三木直倫・寶示戸雅之(2002):乳牛糞尿処理物の肥料成分含量の簡易な推定法. 土肥誌, 73:169-173.
- 松中照夫・小関純一・近藤熙(1990)根鉋地方の混播採草地における液状きゅう肥施用に伴う減肥可能量. 北農, 57:71-77.
- 三木直倫(1993)寒冷地における草地土壌の有機物並びに窒素の経年的動態とそれに基づく窒素施肥管理法に関する研究. 北海道立農業試験場報告, 79:1-98.
- MORI A., M. HOJITO, H. KONDO, H. MATSUNAMI and D. SCHOLEFIELD(2005)Effect of Plant Species on CH<sub>4</sub> and N<sub>2</sub>O Fluxes from a Volcanic Grassland Soil in Nasu. Japan. Soil Sci. plant Nutr., 51(1):19-27.
- 宗岡寿美・長澤徹明・井上京・山本忠男(2000)北海道の酪農流域河川における窒素流出と水質保全. 農業土木学会誌, 68(3):217-220.
- 及川棟雄・加甲艶照・豊田広三(1981):山地傾斜地の環境保全に関する研究第13報草量が表面流出水及び流亡土量に及ぼす影響. 日草誌, 27(別):247-248.
- 岡澤宏・長澤徹明・井上京・山本忠男(2001)北海道南西部の農林地流域における降雨時の河川水質環境. 農業土木学会論文集, 211:35-42.
- 大村邦男(1994)北海道中央部の農耕地における栄養塩類の流出特性. 土肥誌, 65:187-189
- 長田隆(1996)海外のふん尿処理・利用 オランダ. 畜産の研究, 50:623-627.
- 三枝俊哉・松本武彦・三木直倫・寶示戸雅之・大塚省吾・岡元英樹・二門世・奥村正敏・木曾誠二・渡部敢・田村忠・阿部英則・前田善夫(2005a):チモシー草地におけるふん尿主体施肥設計法1. 乳牛スラリーおよび尿の基準肥効率. 北農, 72:3-10.
- 三枝俊哉・松本武彦・三木直倫・寶示戸雅之・大塚省吾・岡元英樹・二門世・奥村正敏・木曾誠二・渡部敢・田村忠・阿部英則・前田善夫(2005b):チモシー草地におけるふん尿主体施肥設計法2. 乳牛堆肥の基準肥効率. 北農, 72:214-223.
- 三枝俊哉・松本武彦・三木直倫・寶示戸雅之・大塚省吾・岡元英樹・二門世・奥村正敏・木曾誠二・渡部敢・田村忠・阿部英則・前田善夫(2005c):チモシー草地におけるふん尿主体施肥設計法3. 窒素の基準肥効率に対する施用時期と品質の補正係数. 北農, 72:341-350.
- 三枝俊哉・松本武彦・三木直倫・寶示戸雅之・大塚省吾・岡元英樹・二門世・奥村正敏・木曾誠二・渡部敢・田村忠・阿部英則・前田善夫(2006):チモシー草地におけるふん尿主体施肥設計法4. 化学肥料の併用方法. 北農, 73:35-41.
- 三枝俊哉・門傳幸人・山川政明・小関忠雄(2005)酪農地帯における流域単位の環境改善. 1. ふん尿主体施肥の現地導入対策. 北海道草地研究会報, 39:35.
- 三枝俊哉・能代昌雄(1994):根鉋地方の火山灰草地に表面施用された堆肥による窒素減肥可能量. 北農, 61:53-59.
- 斎藤元也・木村武・倉島健次(1989)圃場還元液状きゅう肥からのアンモニア揮散量の推定と酸添加による揮散の低減法. 草地試験場研究報告, 41:1-9.
- 酒井治・原仁・三枝俊哉(2005)酪農地帯における流域単位の環境改善. 2. 農家支援体制の組織化と初年目の活動. 北海道草地研究会報, 39:36.
- 酒井治・宝示戸雅之・三木直倫・三枝俊哉(2002a)根鉋傾斜草地における融雪時の表面流出水にともなう養分表面流出. 土肥誌講演要旨集, 48:197.
- 酒井治・宝示戸雅之・三木直倫・三枝俊哉(2002b)根鉋傾斜草地における緩衝帯草地の養分表面流出低減効果. 2002年度日本土壌肥料学会北海道支部秋季大会講演要旨集:22.
- 渋谷岳・木村武・山本克巳・野中邦彦(1994)牛液状きゅう肥の土壌施用に伴う温室効果微量ガスの発生. 草地飼料作研究成果最新情報, 9:35-36.
- 渋谷岳・木村武・山本克巳・野中邦彦(1995)草地における温室効果微量ガスの排出係数. 草地飼料作研究成果最新情報, 10:41-42.
- 志村もと子・田淵俊雄(1997)養牛地域における畜産と河川水窒素濃度との関係—畜産主体の集水域における窒素流出に関する研究(IV)—. 農業土木学会論文集, 189:45-50.
- 渡部敢・湊啓子・田村忠・阿部英則(2006)飼料用トウモロコシにおけるふん尿主体施肥設計法. 日草誌, 52(別)掲載予定.

## 「家畜生産と環境保全」のフロアから

島本 東京農大の島本と申します。表面流水の対策としての河畔林の効果をお示しいただきましたが、河畔林は浸透物が河川へ流れる際のフィルター作用として作用するという解釈は成り立ちませんか？河畔林が流れてきたものを直接、物理的に止めるとは考え辛いのですが。

三枝 表面流で流れ出す養分は年間施容量の数パーセントなので、表面の物だけで負荷が起こっている訳ではありません。ただ濃度の濃い物はそのまま出ていく事がありますので、あのような対策は有効なのですが、表面流を遮断する効果だけで水質の変化が起こっている訳ではありません。地下浸透とかが過といった影響が複合して起こっている効果です。

矢野 京大の矢野と申します。今後、北海道は乳牛だけでなく肉牛も増加して行くと思いますが、北海道における糞尿の土地への還元の視点から畑なり草地なりにどのくらい処理能力が残されているか、教えて下さい。

三枝 十勝などの場合には、既に酪農家だけでは糞尿処理しきれませんが、その土地毎に耕畜連携を考えていけば大体収支が取れるような割合になっています。しかし、それは大分地域によっても違うと思いますし、あまり楽観は出来ないと思います。

原 著

## 分娩後乳牛の繁殖性に及ぼすアルファルファサイレージの影響

山田豊・坂口実・角川博哉・中村正斗・久米新一

北海道農業研究センター 畜産草地部

札幌市 062-8555

## Effects of alfalfa silage on the fertility of postpartum dairy cows

Yutaka YAMADA, Minoru SAKAGUCHI, Hiroya KADOKAWA,  
Masato NAKAMURA and Shinichi KUME

Department of Animal Production and Grassland, National Agricultural Research Center for Hokkaido Region  
Hitsujigaoka-1, Toyohira-ku, Sapporo-city, 062-8555

キーワード：乳牛, 分娩後, 繁殖性, アルファルファ

Key words : dairy cow, postpartum, fertility, alfalfa

### Summary

In Hokkaido, feeding of alfalfa silage is beginning to get high milk production in dairy cows. The objective of this study was to clarify the effects of alfalfa silage on the fertility in early lactation of postpartum dairy cows. Twenty-eight multiparous Holstein cows were assigned an alfalfa silage diet (Alfalfa Diet Group; n=14) or orchard grass silage diet (Grass Diet Group; n=14) from 3 weeks prepartum to 10 weeks postpartum. The content of crude protein of alfalfa silage was 14.7%. Roughage and concentrates were given as total mixed rations in ratio of 70:30 during prepartum and 50:50 during postpartum, respectively. Milk fever occurred in 2 cows in Alfalfa Diet Group just after parturition and one of them was excluded from the experiments because it did not recover after therapy. The interval from parturition to first ovulation was  $35.1 \pm 18.4$  days in Grass Diet Group and  $37.2 \pm 18.7$  days in Alfalfa Diet Group, respectively. The interval to first estrus and the interval to first AI were  $63.7 \pm 21.7$  days,  $75.3 \pm 15.8$  days in Grass Diet Group and  $57.8 \pm 16.8$  days,  $72.5 \pm 12.1$  days in Alfalfa Diet Group, respectively. The conception rate at first AI was 63.4% in Grass Diet Group and 30.8% in Alfalfa Diet Group, respectively. One cow of each group did not conceive for a long time and they were excluded from the experiments. The interval from the parturition to conception was  $93.8 \pm 33.0$  days in Grass Diet Group and  $101.8 \pm 30.2$  days in Alfalfa Diet Group, respectively. The number of times of insemination to conception was  $1.4 \pm 0.4$  in Grass Diet Group and  $2.0 \pm 0.9$  in Alfalfa Diet Group, respectively. There were not significant differences in the interval from parturition to first ovulation, the interval to first estrus, the interval to first AI, the conception rate at first AI, the interval from parturition to conception and the number of times of insemination to conception in both groups, respectively. It is concluded that alfalfa silage does not badly affect on the recovery of ovarian activities, but it is not clear whether alfalfa silage affects on the rate of conception in postpartum dairy cows. Furthermore, it is recommended that alfalfa silage should not be given before parturition to avoid milk fever.

## 要 約

分娩後の乳牛の繁殖性に及ぼすアルファルファサイレージの影響を明らかにするために、28頭の経産のホルスタイン雌牛を14頭ずつ2群に分け、分娩前3週から分娩後10週まで、アルファルファサイレージ（アルファルファサイレージ区）あるいはオーチャードグラスサイレージ（グラスサイレージ区）をそれぞれ給与した。アルファルファサイレージ区において、2頭が分娩直後に乳熱を発症した。分娩から初回排卵までの日数、初発情までの日数、初回人工授精までの日数、初回人工授精時の受胎率および分娩から受胎までの日数は、それぞれ、グラスサイレージ区で35.1±18.4日、63.7±21.7日、75.3±15.8日、64.3%および93.8±33.0日、アルファルファサイレージ区で37.2±18.7日、57.8±16.8日、72.5±12.1日、30.8%および101.8±30.2日であった。これらの分娩から初回排卵までの日数、初発情までの日数、初回人工授精までの日数、初回人工授精時の受胎率は、いずれも両区において有意差は認められなかった。以上の結果から、アルファルファサイレージは、分娩後の卵巣機能回復には悪影響を及ぼさないことが示されたが、受胎への影響は明らかにできなかった。また、乳熱の発生を避けるために分娩前には給与しないほうが良いと結論づけられる。

## Introduction

In Japan it is the urgent issues to increase the rate of self-supplying of feed. And about 49% of dairy cows in Japan are reared in Hokkaido, northernmost area in Japan. Recently new breed of alfalfa that is suitable in Hokkaido region was developed (YAMAGUCHI *et al.*, 1995 a, b). Feeding of alfalfa silage is now beginning to get high milk production in dairy cows in Hokkaido region. The nutrient requirement of dairy cows increases with milk yield immediately after parturition, but cows in early lactation can not consume sufficient dry matter (DM) to support maximal milk yield (NRC, 2001). As a result, the cows are in negative energy balance. The interval from parturition to the beginning of recovery of energy balance is positively correlated with the interval from parturition to first ovulation (BUTLER *et al.*, 1981; ZUREK *et al.*, 1995).

Alfalfa is suitable roughage for high producing cows because of the high protein content and high passage rate through the gut. Dry matter intake (DMI) may be increased by the use of alfalfa silage and the energy balance may be improved as well. As a result, it could be expected that the first ovulation after parturition can be accelerated. On the other hand, it is reported that the feed with high protein content cause the low fertility and that the follicular cyst occurs when the cows are given the feed with high protein for long time (ETO, 1996). The objective of this study was to clarify the effects of alfalfa silage on the fertility of postpartum dairy cows.

## Materials and Methods

Twenty-eight multiparous Holstein cows were used and their parity ranged from 2 to 7. They were assigned an alfalfa silage diet (Alfalfa Diet Group; n=14) or orchard grass silage diet (Grass Diet Group; n=14) from 3 weeks prepartum to 10 weeks postpartum. Each diet in both groups was formulated to be equal in TDN and CP, respectively. Roughage and concentrates were given as total mixed rations in ratio of 70:30 during prepartum and 50:50 during postpartum, respectively. The diet were fed to meet 120% total digestible nutrients requirement of pregnant cows during prepartum, and the diet were fed ad libitum after parturition. Proportion of alfalfa silage in the alfalfa diet during prepartum was 35%. Alfalfa silage or grass silage were used for forage from one to ten weeks after parturition. The cows of both groups were fed orchard grass silage diet; namely conventional feed in Hokkaido National Agricultural Research Center, after ten weeks to dry. Grass hay was available ad libitum. They were fed according to the Japanese Feeding Standards (Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council Secretariat, 1999) based on milk yield and body weight measured at every two weeks. The nutrient composition of the feed used is shown in Table 1. The content of crude protein of alfalfa silage used in the present study was 14.7 % and this content was less than in ordinary alfalfa silage. And the ingredients and the nutrient composition of each group are shown in Table 2.

Table 1 Nutrient composition of silage, concentrate, fish meal and soybean meal

	DM	OM	CP	ADF	NDF	K
Nutrient composition (% of DM)						
Alfalfa silage	54.5	90.5	14.8	46.7	54.7	3.3
Grass silage	24.4	91.9	11.4	41.5	68.5	1.9
Concentrate	87.1	95.4	18.9	9.3	16.7	0.8
Fish meal	91.2	86.5	71.6	2.0	5.7	0.9
Soybean meal	86.8	93.2	50.3	9.3	11.2	2.3

All values expressed on a DM basis except for DM. DM: Dry matter, OM: Organic matter, CP: Crude protein, ADF: Acid detergent fiber, NDF: Neutral detergent fiber, K: Potassium



Table 2 Ingredients and nutrient composition of the feed

Ingredient (% of DM)	Prepartum (3 weeks)		Postpartum (1-10 weeks)	
	Alfalfa diet	Grass diet	Alfalfa diet	Grass diet
Alfalfa silage	35	-	50	-
Grass silage	35	70	-	50
Concentrate	26	22	46	41
Fish meal	4	4	4	4
Soybean meal	-	4	-	5
Nutrient				
DM	53.9	43.4	71.0	55.9
OM	92.1	92.5	92.6	93.2
CP	16.9	17.0	19.0	18.8
DIP	9.1	9.3	11.0	9.7
ADF	33.4	31.5	27.7	25.1
NDF	47.7	52.3	35.3	41.9
K	2.1	1.6	2.1	1.4
TDN*	67.3	69.9	72.4	72.5

All values expressed on DM basis except for DM.

DM: Dry matter, OM: Organic matter, CP: Crude protein,

DIP: Degradable Intake Protein, ADF: Acid detergent fiber,

NDF: Neutral detergent fiber, K: Potassium, TDN: Total digestible nutrient

TDN is estimated by the standard tables of feed composition in Japan

(Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council Secretariat, 1995)

The experiments were conducted from year 1998 to 2001. The cows were managed in individual tie stall from 3 weeks prepartum to 10 weeks postpartum. During the parturition period, they were managed in the parturition pen individually from 7 days before the expected day of parturition to 7 days after parturition. From 11 weeks postpartum they were managed in a free-stall paddock equipped with the computer-controlled feeding machine, which make possible to feed and measure the feed intake of individual cattle. They were fed equal amount at 8:30 and 18:00h. They were milked at 8:45 and 19:00h. and milk weights were recorded.

The milk samples were collected every two days until 70 ~90 days postpartum and the concentration of progesterone were measured to examine the ovulation. Progesterone concentrations in milk were determined by ELISA. The ovulation and the pregnancy diagnosis were also checked with rectum palpation and ultrasonography. Rectum palpation was conducted several times when it was necessary and ultrasonography examination was conducted every two days. Pregnancy diagnosis was conducted with ultrasonography 35~50 days after artificial insemination. Artificial insemination was conducted at third ovulation or at the first estrus after a voluntary waiting period of 60 days after parturition. Cows was supposed to ovulate 5 days before the day when progesterone concentration elevated more than 5 ng/ml. Cows were observed four times daily for 20~30 minutes in an exercise field to detect estrus. Cows which showed the standing was considered at estrus. In two cows which showed the

difficulty to stand up after parturition, the blood samples were collected several times and analyzed plasma minerals.

Two sample t-tests were performed to analyze differences in mean values on the reproductive performances between the two treatment groups. Chi-squared test was performed to analyze differences of the conception rate at first AI in both groups.

## Results and Discussions

Milk fever occurred in two cows in Alfalfa Diet Group just after parturition. Plasma calcium and inorganic phosphorous were decreased in the both cows after parturition. One cow recovered by the treatment of calcium injection; however another cow did not recover and was excluded from the experiments. The occurrence of milk fever was described in detail in the previous report (NAKAMURA *et al.*, 2002). It is recommended that alfalfa silage should not be given to avoid the milk fever.

The reproductive performances after parturition and milk quantity of both groups are summarized in Table 3. There was not a significant difference in the milk quantity in both groups. The interval from parturition to first ovulation ranged from 12 to 80 days in Grass Diet Group and from 19 to 79 days in Alfalfa Diet Group, respectively. The mean interval was  $35.1 \pm 18.4$  days in Grass Diet Group and  $37.2 \pm 18.7$  days in Alfalfa Diet Group, respectively. There was not a significant difference in both groups in the mean interval from parturition to first ovulation. The interval in the present study was the same result of BUTLER *et al.* (1981). But it was longer than that

Table 3 Reproductive performances after parturition

	Alfalfa diet	Grass diet
Parity	3.6±1.6(13)	3.4±1.6(14)
305-day milk quantity (kg)	10946±985(13)	10647±1127(14)
Interval to first ovulation (days)	37.2±18.7(13)	35.1±18.4(14)
Interval to first estrus (days)	57.8±16.8(13)	63.7±21.7(14)
Interval to first AI (days)	72.5±12.1(13)	75.3±15.8(14)
Conception rate at first AI (%)	30.8%(13)	64.3%(14)
Interval to conception (days)	101.8±30.2(12)	93.8±33.0(13)
Numbers of AI	2.0±0.9(12)	1.4±0.7(13)

of YOSHIMEKI *et al.* (1986) and that of our previous study (KADOKAWA and YAMADA, 1999). The causes of these differences are not clear. It is possible that high milk quantity in the present study affect the resumption of ovarian activity. The interval from parturition to first estrus ranged from 31 to 97 days in Grass Diet Group and from 28 to 87 days in Alfalfa Diet Group, respectively. The mean interval was 75.3±15.8 days in Grass Diet Group and 72.5±12.1 days in Alfalfa Diet Group, respectively. There was not a significant difference in both groups. There were not significant differences in the interval to first ovulation, the interval to first estrus in both groups. Considering from these results, it is suggested that the alfalfa silage does not badly affect on the recovery of ovarian activities.

The interval from parturition to first artificial insemination (AI) ranged from 49 to 105 days in Grass Diet Group and from 61 to 108 days in Alfalfa Diet Group, respectively. The mean interval was 75.3±15.8 days in Grass Diet Group and 72.5±12.1 days in Alfalfa Diet Group, respectively. There was not a significant difference in both groups. The result of present study is similar to those of SHRESTHA *et al.* (2004). The numbers of cows conceived at first, second and third inseminations are

shown in Figure 1. The conception rate at first AI was 64.3% in Grass Diet Group and 30.8% in Alfalfa Diet Group. While the conception rate in Alfalfa Diet Group was less than that of Grass Diet Group, there was not a significant difference. ELROD and BUTLER (1993) reported that excess degradable protein decreased the uterine pH and decreased the conception rate at first AI in heifers. In the present study, the conception rate at first AI was less in Alfalfa Diet Group than in Grass Diet Group, but there was not a significant difference. In our study, the content of crude protein of alfalfa silage was 14.7% and this value was lower than in the ordinary alfalfa silage. Furthermore, the content of CP was formulated to be equal in both groups and the content of DIP was not different so much in both groups. The high content of CP in feed may affect on the rate of conception. Therefore, to clarify the effects of alfalfa silage on the conception rate, further research is necessary.

One cow in each group did not conceive for a long time and they were excluded from the experiments. They were not treated. Furthermore, follicular cyst did not occur in any cow in both groups. ETO (1996) reported that follicular cyst occurred at significantly higher rate in the cows that was given the forage with higher CP content for

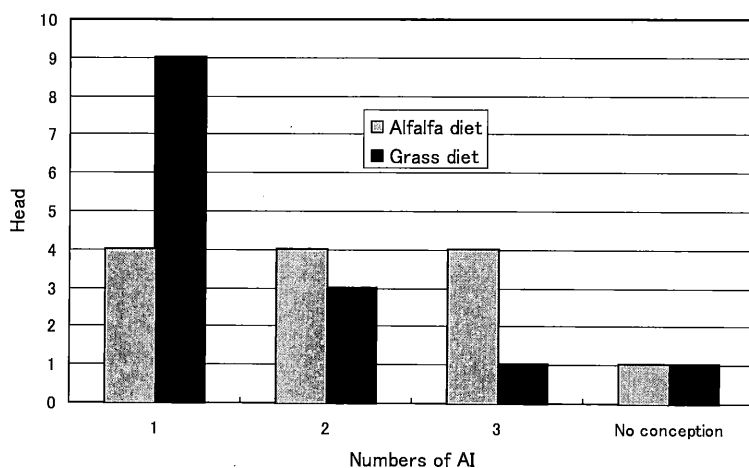


Fig. 1 Numbers of cows conceived at first, second or third artificial insemination

a long period. In our study, the CP content was equal in both groups and alfalfa diet was given ten weeks after parturition, namely in early lactation. Therefore, it may be the reason that follicular cyst did not occur. The interval from parturition to conception ranged from 50 to 168 days in Grass Diet Group and from 64 to 138 days in Alfalfa Diet Group, respectively. The mean interval was  $93.8 \pm 33.0$  days in Grass Diet Group and  $101.8 \pm 30.2$  days in Alfalfa Diet Group, respectively. There was not a significant difference in both groups in the mean interval from parturition to conception. The mean numbers of times of insemination to conception was  $1.4 \pm 0.4$  in Grass Diet Group and  $2.0 \pm 0.9$  in Alfalfa Diet Group. There was not a significant difference in both groups in the mean numbers of times of insemination to conception.

As mentioned above, there were not significant differences in the interval from parturition to first ovulation, the interval from the parturition to the first estrus, the interval from the parturition to first AI, conception rate at first AI, the interval from parturition to conception and the number of times of insemination to conception in both groups, respectively. It is concluded that alfalfa silage does not badly affect on the recovery of ovarian activities. But it was not clear whether alfalfa silage badly affect on the rate of conception or not. Furthermore, it is recommended that alfalfa silage should not be given before parturition to avoid milk fever.

## References

- Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council Secretariat (1994) Japanese Feeding Standard for Dairy Cattle, 19-24, Chuouchikusankai, Tokyo, Japan (in Japanese)
- Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council Secretariat (1995) Standards Tables of Feed Composition in Japan, 1-272, Chuouchikusankai, Tokyo, Japan (in Japanese)
- BUTLER, R. W., R. W. EVERETT and C. E. COPPOCK (1981) The relationship between energy balance, milk production and ovulation in postpartum Holstein cows. *J. Anim. Sci.*, **53**, 742-748
- ELROD, C. C. and W. R. BUTLER (1993) Reduction of fertility and alteration of uterine pH in heifers fed excess ruminally degradable protein. *J. Anim. Sci.*, **71**, 694-701
- ETO, T. (1996) Relationship between fertility and feeding in high-yielding dairy cows. *Katiku Jinkou Jyusei (Artificial Insemination in Domestic Animal)*, No. 177, 13-31 (in Japanese)
- KADOKAWA, H. and Y. YAMADA (1999) Relationship between days to reaching steady range of metabolite concentration in dairy cows. *J. Reprod. Develop.*, **45**, 331-336
- NAKAMURA, M., Y. SATO, K. YAYOU, Y. YAMADA, M. SAKAGUCHI and S. KUME (2002) Effects of alfalfa silage diet on occurrence of milk fever, dry matter intake and milk production in early lactating cows., *Journal of Hokkaido Animal Science and Agriculture Society*, **44**, 29-37 (in Japanese)
- National Research Council (2001): Nutrient requirement of dairy cattle, 7<sup>th</sup> rev. ed., 184-213, Natl. Acad. Sci., Washington, D. C.
- SHRESTHA, H. K., T. NAKAO, T. SUZUKI, T. HIGAKI and M. AKITA (2004) Effects of abnormal ovarian cycles during pre-service period postpartum on subsequent reproductive performance of high-producing Holstein cows. *Theriogenology*, **61**, 1559-1571
- YAMAGUCHI, H., K. UCHIYAMA, A. SAWAI, M. GAU, S. UEDA, Y. MAKI, M. MATSUURA, K. SUGINOBU and R. SATO (1995a) Breeding of "Makiwakaba" Alfalfa and its characteristics. *Res. Bull. Hokkaido Natl. Agric. Exp. Stn.*, **161**, 1-15 (in Japanese)
- YAMAGUCHI, H., K. UCHIYAMA, A. SAWAI, M. GAU, S. UEDA, Y. MAKI, M. MATSUURA, K. SUGINOBU, R. SATO, Y. TAKEDA, K. NAKAJIMA, I. CHIBA, H. OCHI, Y. SAWADA and H. TAMAKAKE (1995b) Breeding of "Hisawakaba" Alfalfa and its characteristics. *Res. Bull. Hokkaido Natl. Agric. Exp. Stn.*, **161**, 17-31 (in Japanese)
- YOSHIMEKI, K., T. NAKAO, M. MORIYOSHI and K. KAWATA (1986) Relationship between energy level and the recovery of the ovary function in postpartum high producing dairy cows. *Jpn J. Anim. Sci.*, **57**, 553-560 (in Japanese)
- ZUREK, E., G. R. FOXCROFT and J. J. KENNELLY (1995) Metabolic status and interval to first ovulation in postpartum dairy cows. *J. Dairy Sci.*, **78**, 1909-1920



原 著

## 牛枝肉横断面の画像解析による第9-11肋骨間ロース部の赤肉割合の推定

長谷川未央, 大澤剛史, 日高 智, 宝寄山裕直<sup>1</sup>,  
 酒井稔史<sup>1</sup>, 山本裕介<sup>1</sup>, 佐藤幸信<sup>1</sup>, 口田圭吾  
 帯広畜産大学 帯広市 080-8555  
<sup>1</sup>北海道立畜産試験場 北海道新得町 081-0038

Estimation of lean meat percentage of rib loin part between the 9-11th ribs for carcass cross-section of beef by computer image analysis.

Mio HASEGAWA, Takefumi OSAWA, Satoshi HIDAKA,  
 Hironao HOUKIYAMA<sup>1</sup>, Toshifumi SAKAI<sup>1</sup>,  
 Yusuke YAMAMOTO<sup>1</sup>, Yukinobu SATO<sup>1</sup>, Keigo KUCHIDA

Obihiro University of Agriculture and Veterinary Medicine, Obihiro-shi 080-8555, Japan

<sup>1</sup>Hokkaido Animal Research Center, Shintoku-cho Hokkaido 081-0038, Japan

キーワード：画像解析, 黒毛和種, 赤肉割合

Key words : Image analysis, Japanese Black, Lean percentage

### Abstract

Estimation of the lean meat percentage of rib loin part between the 9-11th ribs was investigated using images of 41 carcass cross-section of embryonic cloning cattle and full-sib testing cattle. Each muscle area, fat area, cross-section area and ratio of muscle area to total area (muscle area ratio) were calculated from images of the 6-7th cross-section. In addition, the muscle area percentage was calculated by dividing each muscle area by cross-section area. The lean meat percentage was obtained through dissection for separation from the rib loin part between 9-11th ribs. The correlation coefficients of lean meat percentage with each muscle area, muscle area percentage and muscle area ratio were investigated. The actual area of *M.iliocostalis* and *M.serratus ventralis* showed significant correlations with lean meat percentage ( $r=0.46$  and  $-0.34$  respectively). Percentage of *M.iliocostalis*, *M.serratus ventralis*, *M.longissimus thoracis* and *M.trapezius* areas showed significant correlations with lean meat percentage ( $r=0.50$ ,  $-0.35$ ,  $0.53$  and  $0.33$  respectively). The highest correlation was recognized between lean meat percentage and muscle area ( $r=0.53$ ). When using multiple regression that include actual muscle area or percentage of muscle area as the independent variable, the coefficients of determination ( $R^2$ ) for the prediction of lean meat percentage were 0.69 or 0.63. The higher  $R^2$  was obtained using real muscle area rather than percentage of muscle area as the independent variable. Selected variables for the prediction equation, which were estimated by using real muscle area, were *M.iliocostalis* area, cross-section area, *M.serratus ventralis* area, *M.semispinalis capitis* area and total muscle area. Estimating of lean meat percentage only from the information on the area of carcass cross-section was feasible.

## 要 約

受精卵クローン牛ならびに全きょうだい検定牛41頭の枝肉横断面画像を用いて、枝肉全体の体構成と正の相関があるといわれている、赤肉分離により計測された赤肉重量割合（以下、赤肉割合）の推定を行った。第6-7肋骨間の横断面画像から各筋肉実面積（13部位）、筋肉以外の面積、横断面の面積を計測し、横断面の面積に対する各筋肉実面積の割合および全筋肉面積の割合（以下、筋肉面積比）を算出した。なお、各筋肉実面積の横断面に対する面積割合である各筋肉の面積割合についても算出した。各筋肉実面積、各筋肉面積割合ならびに筋肉面積比と、枝肉左半丸の第9-11肋骨間ロース部の赤肉分離による計測値から算出した赤肉割合との関連性を調査した。各筋肉実面積は、腸肋筋で赤肉割合と有意な相関が示されたが、腹鋸筋では有意な負の相関が示された。各筋肉面積割合は、腸肋筋、胸最長筋および僧帽筋で有意な正の相関が認められたが、腹鋸筋では有意な負の相関が認められた。筋肉面積比は、赤肉割合と最も高い正の相関が認められ、その相関係数は0.53であった。各筋肉の実面積を独立変数候補とした場合、および各筋肉の面積割合を独立変数候補とした場合について、赤肉割合を推定する重回帰分析を行った。推定された重回帰式の決定係数はそれぞれ0.69および0.63となり、実面積を用いた分析の方が高い決定係数を示した。実面積を用いた重回帰式に選択された変数は腸肋筋の面積、横断面の面積、腹鋸筋の面積、頭半棘筋の面積および全筋肉面積であり、面積に関する情報のみから第9-11肋骨間ロース部の赤肉割合を推定できる可能性が示された。

## 緒 言

枝肉中の赤肉量を正確に計測するためには、枝肉全体に対して赤肉分離を行う必要がある。しかし、これは多大な労力のかかる作業で、育種改良を目的とした枝肉調査であっても、全枝肉に対して赤肉分離を行うことは不可能であり、非破壊的な方法による赤肉量の推定が望まれる。

一方、格付においては部分肉量の割合に関する指標として歩留基準値が提示されている。歩留基準値はA、B、Cの3等級に区分され、肉質に次いで枝肉の価格に大きく影響する。例えば、A3と評価されたものとB3と格付された去勢和牛の卸売価格を比較すると、平成15年度下半期では1kg当たり125円程度の差がみられ、歩留等級がどの程度に評価されるかは経済的にも大変重要である。しかし、牛枝肉取引規格は牛枝肉の流通促進と公正な取引のために定められたものであり、歩留基準値は流通上の目安とはなるものの、正確に部分肉量の割合が判断できるとは言い難い。撫ら（2001）により歩留基準値と解体後の部分肉歩留との

相関係数は $r=0.36$ と報告されているが、育種改良を行うにあたっては、より精度の高いデータが必要である。そのため近年では、枝肉横断面上の画像情報を用いた部分肉割合や赤肉割合の推定に関する研究が行われている。WASSENBERG *et al.* (1986) は画像解析による第12肋骨横断面の面積情報から部分肉の割合を、Lu and TAN (2003) は第12肋骨横断面のステーキ部の画像情報から赤肉割合を推定し、格付の量的形質から推定した場合との精度の比較を行った。小沢ら（1992）、撫ら（2001）、KARNUAH *et al.* (2001)、長谷川ら（2004）は、第6-7肋骨間横断面の面積情報からの赤肉割合の推定について報告した。

また、OLIVAN *et al.* (2000) によって枝肉の一部分における赤肉割合と枝肉半丸中の赤肉割合とは高い正の相関があることが報告されており、枝肉全体の赤肉割合を推定するために枝肉の一部分のみで赤肉分離を実施している試験機関もある。HOPPER (1944)、HANKINS *et al.* (1946)、CROWN *et al.* (1960)、BRACKELSBERG *et al.* (1968) は、第9-11肋骨間ロース部の赤肉、脂肪および骨の構成は枝肉全体のそれと類似していると報告した。また、小堤ら（1973）は第9-11肋骨間ロース部を用い赤肉量の推定を行っている。そこで本研究では、枝肉横断面の画像解析から得られる画像情報を用いて、枝肉全体の体構成と正の相関があるといわれている枝肉左半丸の第9-11肋骨間ロース部の赤肉割合の推定を行った。

## 材料および方法

本研究では、2002年2月から2003年12月（全8回）にと畜された黒毛和種由来の受精卵クローン牛（平均約20ヵ月齢）ならびに黒毛和種全きょうだい検定材料牛（平均約21ヵ月齢）41頭の枝肉横断面画像、格付記録ならびに部分肉調査記録を用いた。枝肉格付時に口田ら（2001）により開発された枝肉横断面撮影装置（以下、撮影装置）を用いて、枝肉左半丸の第6-7肋骨間横断面の撮影を行った。赤肉量の調査には、枝肉左半丸を第8-9肋骨間と第11-12肋骨間で切断して得られた第9-11肋骨間のロース部を用いた。BUTTERFIELD (1963)、BUTTERFIELD and MAY (1966) の方法に準じて、ロース部の全重量、赤肉量、脂肪量および骨量を計測し、全重量に対する赤肉量の割合を算出した。

撮影装置による撮影可能な範囲は横30cm×縦20cmであるため、解析に必要な横断面全体を一度で撮影することはできない。そこで枝肉1体に対して範囲を変えて3~5枚ずつ撮影を行い、それらの画像を顕微鏡画像結合ソフト（タイリングブティック、サンヨー社製、大阪）を用いて1枚に結合することで広範囲の画像を得た。

結合した画像から、撫ら（2001）の方法に従い胸椎

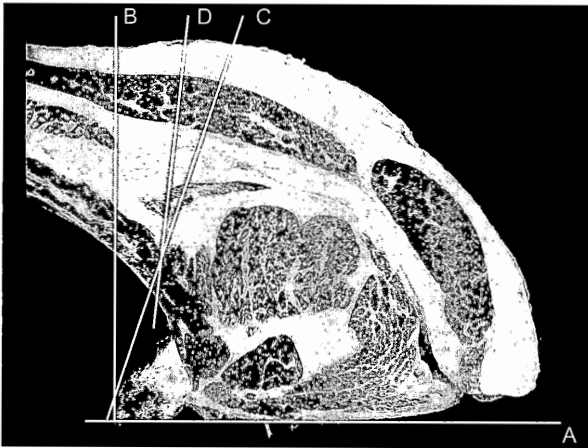


Fig. 1 Photo used for image analysis at the 6-7th cross section.

- A : line from the *thoracic vertebra*
- B : vertical line to the *thoracic vertebra*
- C : line that links the end of the *thoracic vertebra* and *M. ilocostalis*
- D : vertical line from the end of *thoracic vertebra* to the subcutaneous fat

端部と胸椎棘突起で垂直に交わる直線（図1の直線AおよびB）で画像を切り出した。また、胸椎棘突起と腸肋筋端部を結ぶ直線（図1のC）で区切られた画像および腸肋筋から皮下脂肪に垂直におろした直線（図1のD）で区切られた画像を用意した。これら3種類の切り出し画像を比較することで、切り出し方法の違いが赤肉割合の推定に及ぼす影響を検討した。なお、

腸肋筋から皮下脂肪に垂直におろした直線は、格付における皮下脂肪厚測定に利用している箇所であるが、枝肉外表面が複雑な形状であると、測定者により測定箇所が異なる可能性がある。胸椎棘突起と腸肋筋端部を結ぶ直線は、一意的に測定箇所が決定する。

これらの画像に対して、口田ら（1997）が作成した画像解析ソフトウェアを用いて、筋肉の輪郭線を自動で描画させ、誤認識された箇所のみ手動で補正を行い、輪郭線内の面積を計測した。計測した筋肉は、胸最長筋、腸肋筋、僧帽筋、背半棘筋、頭半棘筋、前背鋸筋、菱形筋、多裂筋、肋骨挙筋、内肋間筋、外肋間筋、広背筋、腹鋸筋の計13部位である。筋肉の実面積、筋肉以外の面積（筋間脂肪、皮下脂肪および骨などの、筋肉以外の横断面全てを含む）、横断面の面積を計測し、横断面の面積に対する各筋肉実面積の割合および全筋肉面積の割合（以下、筋肉面積比）を算出した。また、各筋肉の実面積の横断面に対する面積割合（各筋肉の面積割合：各筋肉の実面積/横断面の面積×100）についても算出した。

続いて、各筋肉実面積間の関連性および各筋肉実面積、各筋肉面積割合ならびに筋肉面積比と赤肉割合との関連性を調査した。また、赤肉割合を従属変数とし、画像解析形質（17形質）に枝肉重量、バラの厚さ、皮下脂肪の厚さおよび筋間脂肪の厚さを加えた21形質を独立変数候補とした重回帰分析により、赤肉割合の推定を行った。さらに、赤肉量の調査日が赤肉割合の推定精度に及ぼす影響について検討した。統計解析には

Table 1 Summary of basic statistics for carcass grade, carcass composition (n=41).

Trait	Mean	SD	Minimum	Maximum
<b>Carcass traits</b>				
Carcass weight (kg)	178.00	17.64	126.00	211.00
RT (cm)	6.25	0.99	4.40	9.20
SFT (cm)	1.81	0.38	1.20	2.70
Intermuscular fat (cm)	5.66	0.84	4.40	8.00
Yield score (%)	73.81	1.34	71.20	76.40
BMS No.	3.41	1.34	2	8
<b>Rib loin part</b>				
Total weight (kg)	5.41	0.66	3.82	6.68
Lean meat weight (kg)	3.03	0.41	2.05	3.88
Rib loin weight (kg)	1.55	0.25	1.03	2.14
Fat weight (kg)	1.65	0.27	1.17	2.27
Bone weight (kg)	0.65	0.07	0.51	0.79
Sinew weight (g)	44.15	15.00	20.00	80.00
Lean meat percentage (%)	56.28	2.23	52.06	61.18

RT: rib thickness. SFT: subcutaneous fat thickness

Table 2 Summary of basic statistics for measurements from cross-carcass section by image analysis (n=41).

Trait	Mean	SD	Minimum	Maximum
<i>M. longissimus thoracis</i> (cm <sup>2</sup> )	44.87	7.01	28.92	61.05
<i>M. iliocostalis</i> (cm <sup>2</sup> )	7.22	1.12	4.57	10.66
<i>M. trapezius</i> (cm <sup>2</sup> )	35.01	5.89	22.02	46.73
<i>M. spinalis thoracis</i> (cm <sup>2</sup> )	36.45	5.06	25.10	48.89
<i>M. semispinalis capitis</i> (cm <sup>2</sup> )	11.30	2.51	6.32	16.83
<i>M. latissimus dorsi</i> (cm <sup>2</sup> )	28.01	7.28	14.41	47.69
Muscle area (cm <sup>2</sup> )	213.98	23.21	152.97	279.15
Muscle area ratio (%)	56.67	3.31	49.63	67.04

Muscle area ratio: ratio of muscle area to total area.

Table 3 Correlation coefficients among muscle areas from cross-carcass section (n=41).

	1	2	3	4	5	6
1. <i>M.longissimus thoracis</i>	1.00	0.41*	0.64*	0.40*	0.17	0.73*
2. <i>M.iliocostalis</i>		1.00	0.40*	0.43*	0.13	0.24
3. <i>M.trapezius</i>			1.00	0.29	0.45*	0.60*
4. <i>M.spinalis thoracis</i>				1.00	0.21	0.24
5. <i>M.semispinalis capitis</i>					1.00	0.19
6. <i>M.latissimus dorsi</i>						1.00

\*; P<0.01

Table 4 Correlation coefficients of lean meat percentage with each actual muscle area, percentage of each muscle area to the total area and muscle area ratio from cross-carcass section

	Actual muscle area	Percentage of muscle area
<i>M.longissimus thoracis</i>	0.20	0.53**
<i>M.iliocostalis</i>	0.46**	0.50**
<i>M.trapezius</i>	0.15	0.33*
<i>M.spinalis thoracis</i>	0.14	0.23
<i>M.semispinalis capitis</i>	-0.24	-0.18
<i>M.serratus dorsalis cranialis</i>	0.23	0.31
<i>M.rhomboideus</i>	0.18	0.18
<i>M.multifidus</i>	-0.19	-0.14
<i>M.levator costae</i>	-0.07	0.00
<i>M.intercostales interni</i>	-0.11	-0.03
<i>M.intercostales externi</i>	-0.09	-0.03
<i>M.latissimus dorsi</i>	-0.10	0.00
<i>M.serratus ventralis</i>	-0.34*	-0.35**
Muscle area ratio	—	0.53**

\*\*; P<0.01, \*; P<0.05

SAS (1985) のREGプロシージャを用い、変数の選択には最大R<sup>2</sup>改良法を利用した。

### 結果および考察

分析に用いた材料の格付形質および枝肉構成の基礎統計量を表1に、主要な筋肉の実面積および筋肉面積比の基礎統計量を表2に示した。供試牛の左半丸重量は平均178.0kgであり、他の研究（長谷川ら（2004）：平均208.8kg、撫ら（2001）：平均222.3kg）より小さかった。また、横断面の筋肉面積の合計（平均213.98cm<sup>2</sup>）は、画像の切り出し方法が同じである撫らの263.39cm<sup>2</sup>より小さく、長谷川らによる212.93cm<sup>2</sup>と同程度であった。これらは、本研究で用いた材料牛が撫ら（平均28.6ヵ月齢）や長谷川ら（24.0±0.5ヵ月齢）のものとは比べ、20～21ヵ月齢と若齢であることなどによると考えられる。一方、筋肉面積比（平均56.67%）は撫ら（53.93%）の報告より大きな値となった。

主要な各筋肉実面積間の関係および各筋肉実面積、筋肉面積割合ならびに筋肉面積比と赤肉割合との関連性を調べ、それぞれの相関係数を表3および表4に示した。胸最長筋面積と僧帽筋および広背筋の実面積との間の相関係数は、それぞれ0.64、0.73と有意に高かった（P<0.01）。僧帽筋と広背筋実面積間では0.60（P<0.01）であった。各筋肉実面積、各筋肉面積割合ならびに筋肉面積比と、枝肉左半丸の第9～11肋骨間コース部の赤肉分離による計測値から算出した赤肉割

合との関連性を調査した。各筋肉実面積は、腸筋で赤肉割合と有意な正の相関が示されたが、腹筋では有意な負の相関が示された。各筋肉面積割合は、腸筋、胸最長筋および僧帽筋で有意な正の相関が認められたが、腹筋では有意な負の相関が認められた。筋肉面積比は赤肉割合と最も高い正の相関が認められ、その相関係数は0.53であった。食肉加工場で計測した枝肉半丸の部分肉重量を用いた長谷川ら（2004）の報告によれば、部分肉歩留と筋肉面積比との相関係数は0.66であった。部分肉量はかなりの余剰脂肪を含んでいるが、本研究で用いた赤肉量はほとんど余剰脂肪を含んでいない。このため、部分肉量を用いた長谷川ら（2004）の報告より、赤肉量を用いた本研究の方が、筋肉面積比と高い相関関係があると期待されたが、長谷川ら（2004）の報告を下回る成績であった。本研究で得られた筋肉面積比のレンジ（49.63～67.04%）は、長谷川らのそれ（39.82～65.67%）と比較するとやや狭く、このことが低い相関係数となった一因であると推察された。また、横断面のトレースによる面積測定を行った小沢ら（1992）の研究（n=35）では、切り出し方法がやや異なっていたものの、r=0.74という相関係数が示され、筋肉面積比と赤肉割合との高い関連性が確認された。

独立変数候補として各筋肉の実面積を用いた場合および各筋肉の面積割合を用いた場合で、赤肉割合を推定する重回帰分析を行った。推定された重回帰式の決定係数は0.69および0.63となり（P<0.01）、筋肉実面積を用いた重回帰分析の方が高い決定係数となった。実面積により推定された重回帰式に選択された変数、偏回帰係数および偏R<sup>2</sup>を表5に示した。重回帰式に選択された変数は、腸筋の面積、横断面の面積、腹筋の面積、頭半棘筋の面積および全筋肉面積であり、説明変数候補として枝肉格付の量的項目を含めたにも

Table 5 Partial regression coefficients and partial R<sup>2</sup> for selected variables to predict lean meat percentage (n=41, R<sup>2</sup>=0.69).

Selected Variable	Partial regression coefficient	Partial R <sup>2</sup>
<i>M.iliocostalis</i>	0.0067	0.2129
Cross section area	-0.0005	0.1812
<i>M.serratus ventralis</i>	-0.0110	0.1123
<i>M.semispinalis capitis</i>	-0.0040	0.1120
Total muscle area	0.0011	0.0669

R<sup>2</sup>: determination coefficient



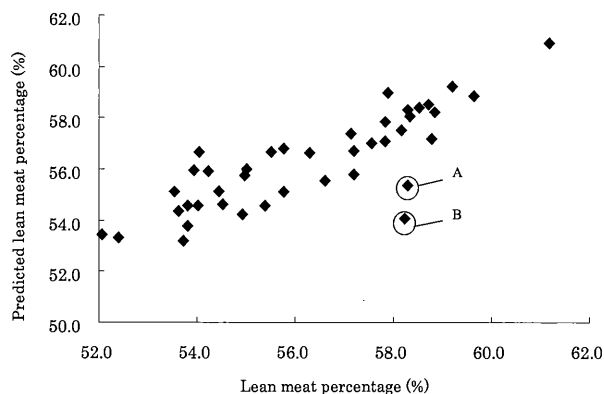


Fig. 2 Relationship between lean meat percentage of 9-11th rib measured by physical dissection and predicted lean meat percentage.

関わらず、面積に関する情報のみから赤肉割合を推定できた。選択された変数の中で赤肉割合に最も寄与した形質は、赤肉割合との相関が高かった腸筋の面積であった。実測値から算出した赤肉割合と、重回帰式により推定された赤肉割合との関連を図2に示した。ほぼ直線的な関係が示されたが、やや値がはずれたサンプルA、Bについてみてみると、集積されたデータの中で僧帽筋の面積割合の値が小さいことが確認された。Aの僧帽筋の面積割合は41頭中もっとも小さく、Bでは3番目に小さな値となった。僧帽筋に関する値は重回帰式には選択されなかったが、僧帽筋の面積が赤肉割合の推定に関係していることが示唆された。枝肉半丸の部分肉割合を推定する同様の研究において、本研究と同一条件下で撮影された画像を用いて、部分肉割合の推定を行った長谷川ら(2004)の報告(n=117)では、推定された重回帰式の決定係数は0.57であり、本研究における決定係数の方が高かった。WASSENBERG *et al.* ( $R^2=0.46$ ), LU and TAN ( $R^2=0.56$ ), 小沢ら ( $R^2=0.68$ ), ZEMBAYASHI ( $R^2=0.62\sim0.72$ ) らの研究では、本研究より低いあるいは同程度の決定係数であった。また、前述の通り、本研究では重回帰式に選択された変数は画像情報のみであったが、他の研究において推定された重回帰式には、枝肉重量や歩留基準値といった面積以外の形質も含まれた。例外的に、撫ら(2001)は非常に高い精度( $R^2=0.95$ )での推定を報告した。

HOPPER (1944), HANKINS *et al.* (1946), CROWN *et al.* (1960), BRACKELSBURG *et al.* (1968) は、第9-11肋骨間コース部の赤肉割合と枝肉全体のそれとの高い関連を報告した。OLIVAN *et al.* (2000) は、第6肋骨および第10肋骨におけるリブコース部と右半丸全体における赤肉構成の比較を行った(n=70)。第6および第10リブコース部の赤肉割合と、枝肉右半丸の赤肉割合との相関係数は、それぞれ $r=0.87, 0.88$  ( $P<0.01$ )と高い値が報告された。また、第6あるいは第10リブコース部の赤肉割合および脂肪割合を用いて、右半丸

全体における赤肉割合を推定したところ、それらの重回帰式の決定係数はそれぞれ $R^2=0.84, 0.79$ と報告された。このように、多くの研究者らによってリブコースの一部分における赤肉割合と枝肉半丸中の赤肉割合には、高い関連があることが報告されている。これらの報告と同様に、本研究においても第9-11肋骨間のリブコース部を用いた赤肉割合の推定結果から、枝肉半丸の赤肉割合を予測することが可能であると示唆された。

さらに、切り出し方の異なる2種類の画像についても同様の手法で赤肉割合の推定を行った。胸棘突起と腸筋筋端部を結ぶ直線(図1の直線C)で区切られた画像を用いた場合、重回帰式の決定係数は0.73となった。また、腸筋筋から皮下脂肪に垂直におろした直線(図1のD)で区切られた画像を用いると、その決定係数は0.67であった。どちらの画像を用いた場合も、胸棘突起と胸椎端部で垂直に交わる直線(図1のAおよびB)で切り出した画像を使用した場合の結果と大きな差は認められず、画像を切り出す際の作業の簡便さから考えると、直線A-Bで切り出した画像を使用した分析で十分な結果が得られると判断した。

本研究では、全調査日で同一手法の赤肉分離を行っているため、調査日による影響はないと考えられるが、長谷川ら(2004)の研究では全調査日(16日間)で同一の処理方法を用いていたのにも関わらず、筋肉面積比と部分肉歩留との相関係数には、日によってばらつきが生じるという結果が示された。そこで本研究においても、調査日(8日間)ごとの筋肉面積比と赤肉割合との関連について検討を行った(図3)。両者の相関

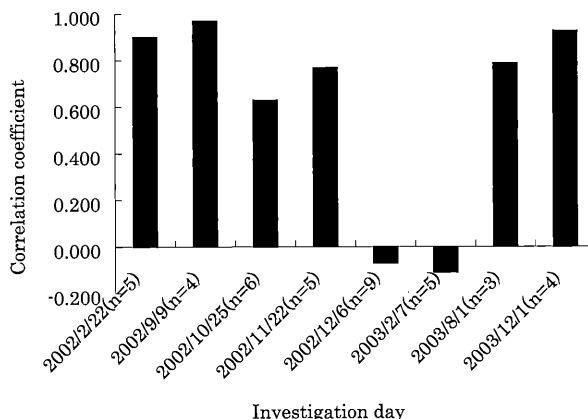


Fig. 3 Correlation coefficients between lean meat percentage and muscle area ratio by investigation day.

係数は高い値となる日が多かったが、マイナスとなる日も見られ、長谷川らの報告と同様に調査日が赤肉割合の推定精度に関与していることが示唆された。しかし前述の通り、調査日により処理や画像に違いはみられず、また、格付や画像解析値にも大きな特徴は認め

られなかった。赤肉割合の推定に誤差が生じた要因についての考察と同様に、僧帽筋の面積割合が小さいことなども一因として考えられるが、この原因に関しては引き続き検討が必要であろう。

本研究では、枝肉横断面の画像情報のみから第9-11肋骨間リブローズ部の赤肉割合を推定できる可能性が示された。今回は枝肉の一部を用いて推定を行ったが、この推定値は枝肉半丸の赤肉割合と高い関連があると考えられ、半丸全体における赤肉割合を反映すると推察された。近年行われた同様の研究の結果、枝肉の横断面画像を用いた赤肉割合の推定式の決定係数は0.46~0.95とされているが、 $R^2=0.95$ であった撫ら(2001)の結果を除くと、 $R^2=0.6\sim0.7$ 付近でその多くが一致している。したがって、現状では赤肉割合の推定においては $R^2=0.7$ 程度の推定精度であると考えられるが、本研究で推定された赤肉割合と実測値から算出した赤肉割合との関連性 ( $R^2=0.69$ ) は、同じ材料牛において格付による歩留基準値と実測値から算出した赤肉割合との関連を調査した結果 ( $R^2=0.09$ ) より高く、画像解析による枝肉構成の予測は有効な手法であるといえるだろう。また、長谷川ら(2004)は、画像解析形質を用いて、枝肉全体の部分肉割合だけでなく、パーツ(リブローズ、サーロイン、ヒレ、かたろース)の構成割合についても推定が可能であることを示しており、さらに本手法はオンライン化にも対応し易いことから、今後、流通段階における応用が期待される。

## 謝 辞

画像解析にアドバイスをいただいた北海道立工業試験場に謝意を表す。本研究は、文部科学省「21世紀COEプログラム」補助金(A-1)ならびに財団法人伊藤記念財団による研究費の援助によって行われたものであり、ここに感謝の意を表す。

## 文 献

- BRACKELSBURG, P.O., N.S. HALE, W.A. COWAN and D.M. KINSMAN (1968) Relationship of sectional characteristics to beef carcass composition. *J. Anim. Sci.*, 27:39-44.
- BUTTERFIELD, R.M. (1963) Estimation of carcass composition in the anatomical approach in carcass composition and appraisal of meat animals. *Tribe D.E.*, ed. 4-13. CRIRO. Melbourne. Australia.
- BUTTERFIELD, R.M. and N.D.S. MAY (1966) Muscles of the ox. 1-164. University of Queensland Press. Brisbane.
- CROWN, R.M., and R.A. DAMON Jr. (1960) The value of the 12th rib cut for measuring beef carcass yield and meat quality. *J. Anim. Sci.*, 19:109-113
- HANKINS O.G., and P.E. HOWE (1946) Estimation of the composition of beef carcasses and cuts. *U.S.D.A. Technical Bulletin*, 926:1-20.
- 長谷川未央・口田圭吾・齋藤邦彦・熊谷周一郎・小西一之・撫 年浩 (2004) 牛枝肉横断面に対する画像解析による部分肉歩留の推定. *日畜会報*, 75:213-219.
- HOPPER, T.H. (1944) Methods of estimating the physical and chemical composition of cattle. *J. Agric. Res.*, 68:239-268.
- KARNUAH A.B., K. MORIYA, N. NAKANISHI, T. NADE, T. MITSUHASHI and Y. SASAKI (2001) Computer image analysis for prediction of carcass composition from cross-sections of Japanese Black steers. *J. Anim. Sci.*, 79: 2851-2856.
- 口田圭吾・栗原晃子・鈴木三義・三好俊三 (1997) 画像解析によるロース芯断面内脂肪割合の正確な算出法の開発. *日畜会報*, 68:853-859.
- 口田圭吾・鈴木三義・三好俊三 (2001) 枝肉横断面撮影装置の開発と得られた画像を利用したBMSナンバーの推定. *日畜会報*, 72:224-231.
- LU, W. and J. TAN (2004) Analysis of image-based measurements and USDA characteristics as predictors of beef lean yield. *Meat Sci.*, 66:483-491.
- 撫 年浩・アーサー ボブ カヌーア・増田恭久・平原さつき・藤田和久 (2001) 黒毛和種去勢肥育牛におけるリブローズ部枝肉切開面の画像情報からの枝肉構成の推定. *日畜会報*, 72:313-320
- OLIVAN, M., A. MARTINEZ, P. GRACIA, G. NOVAL and K. OSORO (2001) Estimation of the carcass composition of yearling bulls of "Asturiana de los Valles" breed from the dissection of a rib joint. *Meat Sci.*, 57:185-190.
- 小沢 忍・岸本 靖・三津本 充・三橋忠由 (1992) 黒毛和種去勢牛の第6-7肋骨間切断面における各種組織の面積測定値と枝肉構成との関係. *中国農試研報*, 11:47-53.
- 小堤恭平・岡本光男・篠原旭男・河上尚実 (1973) 黒毛和種および同系種牛の若齢肥育牛における枝肉赤肉量推定式. *草地試研報*, 4:24-28.
- SAS Institute Inc. (1985) SAS User's guide : Statistics. Ver.5 ed. 433-506. SAS Institute Inc. Cary, NC.
- WASSENBERG, R.L., D.M. ALLEN and K.E. KEMP (1986) Video image analysis prediction of total kilograms and percent primal lean and fat yield of beef carcasses. *J. Anim. Sci.*, 62:1609-1616.
- ZEMBAYASHI, M. (1999) Effectiveness of morphometric measurements for improvement of the prediction accuracy of beef carcass composition. *Meat Sci.*, 51:339-347.

原 著

## チーズホエーを給与した豚の肉質特性

三上正幸<sup>1</sup>, 島田謙一郎<sup>1</sup>, 関川三男<sup>1</sup>, 福島道広<sup>1</sup>, 齋藤 愛<sup>2</sup>,  
柴田政二<sup>2</sup>帯広畜産大学畜産科学科<sup>1</sup>, 帯広市 080-8555  
北海道帯広農業高等学校食品科学科<sup>2</sup>, 帯広市 080-0834

## Properties of pork fed cheese whey

Masayuki MIKAMI<sup>1</sup>, Ken-ichiro SHIMADA<sup>1</sup>, Mitsuo SEKIKAWA<sup>1</sup>,  
Michihiro FUKUSHIMA<sup>1</sup>, Ai SAITOH<sup>2</sup>, Seiji SHIBATA<sup>2</sup>,<sup>1</sup>Obihiro University of Agriculture and Veterinary Medicine, Obihiro 080-8555<sup>2</sup>Hokkaido Obihiro Agricultural High School, Obihiro 080-0834

キーワード：豚肉, チーズホエー, ホエー, クッキングロス, ドリップロス

Key words : pork, cheese whey, whey, cooking loss, drip loss

## Abstract

Thirty eight pigs born from same sow were divided into 2 group, and fed with or without cheese whey. Pigs were slaughtered after 137-172 days when the live weight was nearly 110kg. Samples of *M. longissimus thoracis* were analyzed for physicochemical properties.

There was no significant difference in the pH, water content and colour appearance in pork between the whey and control group. Crude protein content of the whey group (21.7%) was significantly lower than that of the control (22.6%). Drip loss was measured at 1, 5 and 10 days after slaughter, and the drip loss measured at 10 days was significantly lower in the whey group (25.4%) than that of the control (27.1%). Cooking loss was measured at 5 days after slaughter, was significantly lower in the whey group (16.3%) compared to the control (18.3%).

There was no significant difference in the shear force, peptide and total free amino acid content and fatty acid composition between the whey and control group.

## 要 約

チーズホエーを給与した豚肉の理化学的特性を分析した。供試した豚は38頭で、同腹の仔豚をチーズホエー給与区(ホエー区)と給与しない区(対照区)に分けて飼育した。生体重が約110kgに達する生後137-172日目にと畜し、ロース肉(*M. longissimus thoracis*)を試料として理化学的分析を行った。

pH, 水分および色調値には両区間で差はなかったが、粗タンパク質では対照区(22.6%)がホエー区(21.7%)よりも有意に高い値であった( $p < 0.05$ )。加圧ドリップロス、熟成日数に伴って両区ともに減少

したが、と畜後10日目において、ホエー区(25.4%)が対照区(27.1%)よりも有意に低い値であった( $p < 0.05$ )。と畜後5日目において、ホエー区のクッキングロス(16.3%)は対照区(18.3%)よりも有意に低い値であり( $p < 0.05$ )、ホエー区の肉質は多汁性の高いことが示唆された。一方、柔らかさの指標である剪断値には両区間で差は認められなかった。熟成に伴い増加するペプチド量や総遊離アミノ酸量あるいは脂肪酸組成については、いずれも区間で差はみられなかった。

## 緒 言

チーズホエーは、チーズの製造過程における副生物で、チーズとして得られた残りの液体部分であり、原

料乳の約85-90%の産出量となる。チーズホエーは原料乳の約55%の栄養素を保持し(清澤, 2002), 主成分は乳糖, ミネラル, ホエータンパク質およびビタミンなどで, さらにカードの分屑であるカゼインタンパク質なども含む。チーズホエーに含まれる乳タンパク質は良好なアミノ酸組成, すなわち必須アミノ酸をバランスよく含有する(REGISTER *et al.*, 1996)。ヨーロッパでは昔からチーズホエーはリコッタチーズの製造に用い, あるいは牛や豚などへ給与されている。特にイタリアのパルマハムでは, 原料となる豚にパルミジャーノ・レッジャーノのチーズホエーを給与することが求められている。また, 乾燥したホエーパウダーはヒトの食用あるいは家畜の飼料などにも用いられている。

わが国の平成15年におけるチーズ生産量は約3.5万トンで, チーズホエーの排出量は, チーズ生産量の約9倍であるので, 約30万トンとなる。ヨーロッパ諸国に比べるとわが国のチーズ生産量や消費量は少ないが, ここ数年, わが国におけるチーズの生産量は増加し消費も多くなると考えられるので, ホエーの排出量も増加することが予想される。

これまで大手乳業メーカーのチーズ工場では, チーズホエーはホエーパウダーなどに加工され, 育児粉乳, スポーツ栄養食品あるいは製菓などに利用されてきた。また, 最新の膜分離技術によりホエーの脱塩, ホエー成分の濃縮や分離が可能になったことにより, タンパク質濃度を75-80%まで高めたホエータンパク質濃縮物(Whey Protein concentrate; WPC), さらに90%以上に濃縮度を高めたホエータンパク質分離物(Whey Protein Isolate; WPI)も製造されている(越智, 1999)。

チーズホエーをパウダーなどに加工するためには多額の設備投資が必要であるので, 小規模なチーズ工房などでは, これを有効利用せずに廃棄することもあり, この際に河川への汚染などの環境問題の遠因ともなっている。このようにチーズホエーの処理は深刻な問題を含むために, 十勝ではチーズホエーを豚に給与した「ホエー豚」の生産が行われるようになった。ホエー豚の生産は, チーズの製造が盛んなヨーロッパなどでは古くから行われているが, わが国におけるチーズ製造は欧米に較べると歴史も浅く, また大手乳業メーカーのチーズホエーはパウダーに加工されていたので, これまでにホエー豚の飼育・生産を試みる養豚農家はほとんどなかった。

十勝は酪農が基幹産業の一つで, 近年, 原料乳の生産ばかりではなくチーズをはじめとする乳製品製造を行う小規模な工房が増加してきた。小規模チーズ工房ではホエーを加工するための設備がなく, その処理に苦慮してきたが, これを解決するために豚へ給与することが試みられた。チーズホエーを給与すると豚の下

痢が抑制され, 成長が促進し, さらにストレスの緩和などにも効果があると口伝えられてきた。しかし, 我が国において, チーズホエー給与による豚の肉質への影響に関する研究はほとんど行われていない。また, ヨーロッパでは昔から牛や豚等に与えられているために, 現在, あらためて実験は行われていない。

そこで, 今回, チーズホエーを給与して仕上げた豚の肉質を理化学的に分析し, 通常のものと比較検討した。

## 材料および方法

### 1 供試豚

北海道帯広農業高校で飼育した三元交配の豚(LDW)38頭を使用した。飼育は4回に分け, それぞれ同腹仔を任意に対照区, ホエー区に分けて飼育した。対照区には通常給与される飼料を与え, ホエー区にはこの他にチーズホエーを生後約30日(離乳後)~45日目までは0.4L/頭・日, 46日~60日目までは0.8L/頭・日, 61日~120日目までは1.6L/頭・日を給与した。対照区およびホエー区ともに生体重が110kg前後になる137日~172日齢, 平均150日齢で出荷して, と畜した。

第1期: と畜日 平成16年4月13日~5月6日  
対照区5頭, ホエー区5頭

第2期: と畜日 平成16年6月2日~6月9日  
対照区3頭, ホエー区3頭

第3期: と畜日 平成16年9月6日~9月29日  
対照区5頭, ホエー区5頭

第4期: と畜日 平成16年11月25日~12月8日  
対照区6頭, ホエー区6頭

### 2 試料

対照区(n=19)およびホエー区(n=16, 等外となった3頭: 体型不良・背奇形・もも削除は除外した)の豚ロース肉を用い, 分析は一般分析(水分, 粗タンパク質), pH, 加圧ドリップロス, 色調, クッキングロス, 剪断値, ペプチド量, 遊離アミノ酸量および脂肪酸組成について行った。一般分析, 加圧ドリップロス, ペプチド量および遊離アミノ酸量は, ロース芯部分(胸最長筋*M. longissimus thoracis*)を切り出し, ミンサーで挽肉にして分析試料とした。色調値はロース芯部分を厚さ1cmに切り出し, 試料とした。また, クッキングロスは背脂肪を含むロース肉を厚さ2.54cmに切り試料とし, 脂肪酸組成はロース芯周りの背脂肪を用いた。

### 3 理化学的分析

1) 水分の測定: 予め恒量を求めた秤量瓶に約2gの挽肉を精秤し, 125℃の恒温器に入れ, 約24時間乾燥させた後, デシケーターに入れ20分冷却した後, 秤量した。これを再び125℃の恒温器に入れ翌日まで乾燥させ, 秤量した。この操作を繰り返し, 前回との測定値の差が0.3mg以下となった時の値を恒量とした。

2) 粗タンパク質の測定: 挽肉約2gを精秤して葉包

紙に包み、ケルダール用分解瓶に入れ、濃硫酸約20ml、分解促進剤( $K_2SO_4 : CuSO_4 = 9 : 1$ )を約1g入れた後、ケルダール分解装置(VELP社多機能湿式分解装置DK6)を用い、420°C、130分で2-3回加熱し、硫酸溶液の色が透明青色となるまで行った。室温まで冷却後、蒸留水で100mlに定容したものを試料とした。また、ブランクは葉包紙だけを同様の手順で加熱分解し、100mlに定容して用いた。蒸留はUDK126D蒸留装置(アクタック社)を用いて行った。コンデンサー下の台上には混合指示薬を数滴入れた0.1N硫酸溶液10mlが入った200ml三角フラスコを取り付けた。希釈試料10ml、メチルレッド数滴、飽和水酸化ナトリウム約20mlを蒸留部に入れ、三角フラスコ内の留分が約150mlとなるまで蒸留した。

蒸留終了後、0.1N水酸化ナトリウムを用いて滴定し、タンパク質を算出した。

3) pHの測定: 100mlの三角フラスコに挽肉約5gに対して9倍量の蒸留水を加え、氷冷下でヒスコトン(NITI-ON NS-50)によりホモジナイズした。その試料は15分間静置し、東洋ろ紙No. 5Cでろ過した後、pHメーター(TOA HM-5S)で測定した。

4) 色調の測定: 分析試料はと畜後1および5日目のロース肉から厚さ約1cmに切り、周囲の脂肪層などを取り除いた後にシャーレに移して30分間冷蔵庫内でブルーミングさせた。その後、NEWクレラップ(呉羽化学工業)でしわにならないように密着させて測定面を一重に包んだ。測定は、分光測色計(MINOLTA CM-2600d)と測色計用解析ソフト(彩Check Ver4.13; コアサイエンス)を用い、15箇所 $L^*$ 値、 $a^*$ 値、 $b^*$ 値を求めた。測定条件はUV成分を含まない光源、10°視野、測定径3mmで手動モードに設定し、結果の表示は $L^*$ 、 $a^*$ 、 $b^*$ 表色系、SEC通常測定(正反射光除去)で行った。

5) 加圧ドリップロスの測定: と畜後1、5および10日目の挽肉を用いて測定した。挽肉約1gを精秤し、ミルパップ(安積ろ紙)で挟んだ。その外側から予め秤量済みのろ紙(東洋ろ紙No. 27)で上下二枚ずつ挟んで、精密力量測定器で10kg/cm<sup>2</sup>の加圧を1分間行った。測定は各試料につき15回行った。ドリップロス、加圧前後のろ紙4枚の重量差から算出した。

6) クッキングロスの測定: と畜後5日目の試料からロース肉を2.54cmの厚さに切り出し、試料を秤量し、食塩1%および胡椒0.5%を表面に塗布して、10分間室温に放置した。その後、約110°Cに熱したホットプレートで2分ごとに加熱面を変えて14分間加熱した。なお、この加熱で中心部の赤色は見られなかった。その後、10分間放冷後に表面を拭き取ってから秤量した。クッキングロスの測定は供試豚1頭につき4枚行い、加熱前後の重量差から算出した。

7) 剪断値の測定: 剪断値の測定には、クッキングロ

スの測定後の試料を真空包装用袋に入れ、翌日まで4°Cの冷蔵庫で保存したものを使用した。測定試料はロース芯部分から縦1cm、横2.5cm、高さ1cmの直方体をロース肉1枚から3-4個ずつ切り出し、供試豚1頭につき12-16個の試料を調製した。剪断値は、試料を試料台上に筋線維が垂直になるように載せ、装着したカミソリ刃が試料面と接触し始めてから切断し終えるまでの荷重(g)の最大値をレオメーター用解析ソフト(RHEO win Ver2.04, REOTECH)で制御されたレオメーター(FUDOH RHEO METER, 不動工業)で計測した。剪断値(g/cm<sup>2</sup>)は試料面積当たりの切断応力(g)として表した。

8) ペプチド量の分析: 試料の調製は、と畜後1、5、10日目の挽肉を用い、pH測定時と同様にホモジナイズし、得られたろ液4gに等量の4%TCA溶液を混合し、37°Cのインキュベータで40分間静置した。その後東洋ろ紙No. 5Cでろ過して、2%TCA可溶性画分を得た。これをペプチド量および次に述べる遊離アミノ酸量の分析試料とし、分析まで4°Cの冷蔵庫で保存した。分析は2%TCA可溶性画分を用いローリー法で行った。検量線の作成には牛血清アルブミン(生化学工業)を標準物質として用い、ペプチド量を求めた。

9) 遊離アミノ酸量の分析: 分析試料は前述の2%TCA可溶性画分を用い、約300 $\mu$ lをディスポチューブに入れ、オートサンプラーに設置し、分析は日本分光製アミノ酸分析システム(New8000シリーズ)を用い、カラムはAA pak Li<sup>+</sup>型(6 $\times$ 100mm)で分析した。アミノ酸標準混合溶液には和光純薬のアミノ酸標準混合液(AN型およびB型)を用いた。

10) 脂肪酸組成の分析: 試料はロース芯周りの脂肪約0.5gを15 $\times$ 100mmソビレル管に採取した。4mlのクロロホルム-メタノール混合液(クロロホルム:メタノール=2:1)を添加して、2°Cで一晩保持した。その後超音波処理を30分間行い、遠心分離(3,000rpm, 15分)した。この上澄み層0.5mlを13 $\times$ 100mmのソビレル管に採取し、遠心エバポレート(37°C, 4,000rpm, 約45分)した。その試料にメタノール塩酸(5%塩酸アセチルクロライド)を2ml添加後、95°Cで約2時間保持しメチル化した。これに水0.2ml、ヘキサン2mlを加えて攪拌し、上澄みのヘキサン層を採取した。この操作を2回繰り返した。採取したヘキサン溶液(約4ml)に水2mlを加えて攪拌後に一晩静置し、上澄みを採取した。これに再び水2mlを加えて攪拌後数時間静置し、上澄みを採取した。この操作を更に2回繰り返した。採取したヘキサン層(約3ml)を遠心エバポレート(37°C, 4,000rpm, 約30分)した。その試料に2mlのヘキサンを加えて分析試料とした。分析は専用サンプル管に試料を入れ、ガスクロマトグラフィー(Shima dzu GC-14A)に供した(運転条件: 注入口温度250°C, 2 $\mu$ lを注入, 80 $\rightarrow$ 220°C)。分析結果はガスク

ロマトグラフィー用解析ソフト (GC Solution) を用いて解析し、脂肪酸組成 (%) で表した。

## 結果および考察

### 1 pH, 水分および粗タンパク質

Table 1 に pH, 水分および粗タンパク質の値を示した。対照区の pH は 5.57, ホエー区は 5.55 であり, 両区間に差はなかった。これらの値は通常の豚肉の極限 pH である 5.4~5.6 の範囲にあった (DRANSFIELD and LOCKYER, 1985)。本実験では両区とも正常な範囲内の pH を示していたことから, 飼育環境が一般の養豚農家より広くゆったりとしたスペースであり, ストレスも少なく, と畜条件も正常であったことが推察された。

対照区の水分は 74.4%, ホエー区は 75.0% であり, 両区間に差はみられなかった。一般に報告されている豚肉の水分は 73.9~74.7% (YOUNG *et al.*, 2005) あるいは 74.3~74.5% (SHEARD *et al.*, 2005) であるので, 本実験で用いた供試豚も正常な範囲内の水分であった。

粗タンパク質において, 対照区は 22.6%, ホエー区は 21.7% と対照区が有意に高い値であった ( $p < 0.05$ )。しかし, その差は 1% 以内と小さいことから, 恐らく他の成分 (脂肪, 水分) などの変動が原因で差が生じたと考えられた。

Table 1 Water, crude protein content, and pH of pork

	Control	Whey
pH	5.57 ± 0.08	5.55 ± 0.07
Water (%)	74.4 ± 0.89	75.0 ± 1.40
Crude protein (%)	22.6 ± 0.82 <sup>a</sup>	21.7 ± 1.02 <sup>b</sup>

Sample; *M. longissimus thoracis*. Data were expressed as average ± SD.

<sup>a,b</sup> Mean values in a same group with different superscript letters differ significantly ( $p < 0.05$ )

### 2 色調値

対照区およびホエー区の色調値を Table 2 に示した。対照区の L\* 値, a\* 値, b\* 値は 1 日目 50.33, 2.23, 9.67, 5 日目には 51.01, 2.30, 10.53 であった。一方, ホエー区は 1 日目 50.07, 1.93, 9.60, 5 日目 49.87, 1.27, 9.53 であった。L\* 値, a\* 値, b\* 値は, それぞれ明るさ, 赤さ, 黄色さに関係するものであり, と畜後 1 および 5 日目の値において対照区の方がホエー区より僅かに高い値であったが, 両区間に有意な差はなかった。OHENE-ADJEI *et al.* (2004) の報告によると, 豚ロース肉の L\* 値は 58.4, a\* 値は 7.8, b\* 値は 16.8 と本実験の値とは異なっていた。一方, VITTADINI *et al.* (2005) による報告では, 本実験と類似した値であった。これは測定機器, 光源の種類, 品種あるいは飼料などによるのかも知れない。

消費者が生肉を評価する上で最も重要な項目の一つは色調である。食肉の色調に及ぼす要因は, と畜後の

解糖作用の速度, 筋肉内脂肪含量, ミオグロビン含量, ミオグロビンの酸化度合いなどが知られている。筋肉中のミオグロビンはと畜直後には還元型ミオグロビンとして存在し暗赤色を呈しているが, これを空気に触れさせると酸素分子が付加されて明るい鮮赤色となる。今回, 色調値に有意な差はなかったが, 肉眼的にはホエー区の色調において, 赤みのうすいものがしばしば観察された。

Table 2 Colour appearance of pork

	Control		Whey	
	1 day	5 days	1 day	5 days
L*	50.20 ± 3.88	50.90 ± 4.30	50.07 ± 2.17	49.87 ± 2.49
a*	2.16 ± 1.00	2.24 ± 1.97	1.93 ± 1.24	1.27 ± 1.90
b*	9.56 ± 1.39	10.40 ± 2.37	9.60 ± 1.03	9.53 ± 1.28

Sample; *M. longissimus thoracis*. Data were expressed as average ± SD.

### 3 加圧ドリップロス

対照区およびホエー区の加圧ドリップロスの値を Table 3 に示した。加圧ドリップロスは加圧時に生肉から滲出する液体の損失量を表し, 数値が低いと損失量は少なく, 保水性が高いことを示す。対照区の加圧ドリップロスは 1 日目 32.9%, 5 日目 30.7%, 10 日目 27.1% であった。ホエー区は 1 日目 32.9%, 5 日目 30.2%, 10 日目 25.4% であった。このように対照区とホエー区の加圧ドリップロスは共に日数が経過すると減少した。1 日目および 5 日目の値で両区間に差は見られなかったが, 10 日目の加圧ドリップロスにおいては, ホエー区が対照区よりも有意に低い値となった ( $p < 0.05$ )。

加圧ドリップロスが多くなると保水性が悪いので, 食べた時の多汁性が少なく, 硬くておいしくないと感じる。即ち, 保水性は肉質を決定する上で重要な要因の一つである。保水力はと畜直後に最大で, 死後硬直に伴い減少し, 最大硬直期には最小となる。と畜から最大硬直期までの所要時間は, 通常, 0~4°C で貯蔵した時に豚では 12 時間程度である。その後, 生肉の保水力は熟成によって一部回復する (VAN MOESEKE and DE SMET, 1999)。本研究において対照区, ホエー区ともにと畜後 1, 5, 10 日と日数が経過するのに伴い加圧ドリップロスは減少したが, 保水力に改善がみられることは肉の熟成によるものである。と畜後 10 日目の損失量に両区間で差があることから, この時期におけるホエー区のロース肉は対照区に比べて保水力が高いことを示した。

### 4 クッキングロス

対照区およびホエー区のクッキングロスの値を Table 3 に示した。対照区は 18.3%, ホエー区は 16.3% で, ホエー区は対照区に比べて有意に低い値であった ( $p < 0.05$ )。クッキングロスは加熱時の損失量であり,

数値が低いと損失量が少なく、多汁性が高いことを示している。このことからホエー区の豚肉は加熱時の損失が少なく、多汁性の高い肉といえる。多汁性は見た目、柔らかさ、匂いと同様に食べた時のおいしさを決定する重要な要因である。豚肉におけるクッキングロスにはVITTADINI *et al.*, (2005) によると肉重量の26–30%、牛肉の場合(TOSCAS *et al.*, 1999)は22.6–35.6%で平均では32.2%と報告している。これらの値は加熱方法や加熱中心温度、生肉の性状などによって複雑に変化する。BIRCAN and BARRINGER (2002) によると、クッキングロスは加熱温度が70–80°Cの時に最も高く、これはコラーゲンが60°Cで収縮し始めることが主な理由であると報告している。本実験では中心温度を測定していないが、加熱条件は料理店等で調理されるような中心部の赤みが消える程度の温度と時間であったので、このことがクッキングロスにおいて両区ともに20%以下と低い値を示した要因と推定される。また、低い値でも加熱条件は同じであるので、両区間の比較において支障はないと考えられた。

Table 3 Drip loss, cooking loss and shear force of pork

	Control	Whey
Drip loss 1day (%)	32.87±2.64	32.90±1.89
5days	30.74±2.02	30.24±2.18
10days	27.12±2.41 <sup>a</sup>	25.39±2.44 <sup>b</sup>
Cooking loss(%)	18.26±2.57 <sup>a</sup>	16.33±2.86 <sup>b</sup>
Shear force(g/cm <sup>2</sup> )	859.1±169.52	847.8±192.69

Sample; *M. longissimus thoracis*. Data were expressed as average ± SD.

a, b Mean values in a same group with different superscript letters differ significantly (p<0.05)

## 5 剪断値

対照区およびホエー区の剪断値の値をTable 3に示した。剪断値は食肉の剪断応力を表し、柔らかさの指標となる。今回は最大の剪断値の平均値で表した。対照区およびホエー区はそれぞれ863.5g/cm<sup>2</sup>と847.8g/cm<sup>2</sup>であり、また、ばらつきが大きく対照区とホエー区の間には差はみられなかった。食肉の柔らかさは、消費者が求める肉質という点において重要である。本実験において、剪断値にばらつきが大きかったのは、個体間、個体内あるいは1cm角に切出した試料間において、結合組織の入り具合あるいは筋肉内脂肪の存在などによることが考えられた。

## 6 ペプチド量および総遊離アミノ酸量

対照区とホエー区のペプチド量および総遊離アミノ酸量をTable 4に示した。と畜後、時間の経過とともに対照区およびホエー区でともに増加した。ペプチド量はと畜後の日数に伴い、対照区およびホエー区でともに増加した。と畜後1日目では287.7–301.7mg/100g、5日目では389.1–407.9mg/100g、10日目では488.2–500.3mg/100gであったが、両区間に差はみられなかつ

た。

一方、総遊離アミノ酸量もと畜後の日数に伴い、対照区およびホエー区で増加した。両区の総遊離アミノ酸量は1日目では62.6–62.7mg/100g、5日目は84.1–86.9mg/100g、10日目は127.5–132.1mg/100gであり、いずれも両区間に差はみられなかった。

ペプチド量および総遊離アミノ酸量は、と畜後の日数に伴い増加した原因として熟成中にカルパインやカテプシンなどの内在性タンパク質分解酵素が作用したことが考えられるが、ホエー給与はこれらの酵素活性に影響を及ぼさなかったと考えられた。

Table 4 Peptide and total free amino acid content of pork

	Peptides		
	1	5	10 days
Control	293.6±67.6	396.8±86.9	495.9±94.3
Whey	301.8±51.5	407.9±54.7	500.3±77.9
	Total free amino acids		
	1	5	10 days
Control	63.6±7.4	87.6±15.4	132.5±11.9
Whey	63.9±10.4	87.1±16.8	130.0±21.1

Unit; mg/100g pork. Sample; *M. longissimus thoracis*.

Data were expressed as average ± SD.

## 7 脂肪酸組成

対照区およびホエー区の脂肪酸組成をTable 5に示した。両区の脂肪酸組成はC14:0 (ミリスチン酸)が1.3%、C16:0 (パルミチン酸)が25.5–25.9%、C16:1 (パルミトオレイン酸)が1.7–1.8%、C18:0 (ステアリン酸)が16.8–17.6%、C18:1 (オレイン酸)が45.2–45.6%、C18:2 (リノール酸)が7.3–8.0%、C18:3 (α-リノレン酸)が0.9–1.0%であった。これらの値から、いずれの脂肪酸組成も両区間に差はなかった。豚肉の構成脂肪酸は主にC18:1で、次いでC16:0、C18:0、C18:2の順で少なくなった。この脂肪酸組成の順はENSER *et al.* (2000)の報告と同様であった。しかし、Lo FIEGO *et al.* (2005)の報告では、品種による遺伝的なものあるいは生体重により、C18:0とC18:2の順が逆の場合もあった。

ホエー豚の脂肪は美味しいと言われているが、今回行った実験ではそれを裏付ける結果は見られなかった。単胃動物である豚肉の脂肪は、給与する飼料により影響を受けやすいので、市販されているホエー豚肉の脂肪が美味しいということは、養豚農家の飼料の違いによるものかも知れない。

本研究ではチーズホエーを給与した豚肉の理化学的性質について分析し、いくつかの特徴が明らかとなった。成分的にはたんぱく質含量に差はあったが、その他では差はなく、pHも正常で通常のものであった。生体成分である食肉(筋肉)の成分が大きく異なることは、見方を変えると、生体の異常体質を意味するが、

Table 5 Fatty acid composition of pork (%)

	Control	Whey
C14:0	1.34±0.16	1.30±0.12
C16:0	26.07±1.22	25.69±1.18
C16:1	1.70±0.23	1.85±0.28
C18:0	17.62±1.42	16.91±2.04
C18:1	45.46±1.65	45.64±2.01
C18:2	7.36±1.31	8.00±1.71
C18:3	0.45±0.23	0.64±0.33

Data are expressed as average ± SD.

Sample; Adipose tissue of outside on *M. longissimus thoracis*

そのような結果は幸いにも見られなかった。一般に、ホエー豚肉は柔らかくジューシーと言われているが、保水性とクッキングロスにおいて、これを裏付ける結果が得られた。これらのことから、チーズホエーの給与は肉質に上記のような良い影響を及ぼした。この他に、チーズホエーの給与により一般の養豚農家では成長が早いと言われているが、帯広農業高等学校で飼育したものは、ホエー区と対照区では発育における生体重に差は見られなかった(データ省略)。これはゆったりとした飼養環境で飼育していたので、ストレスなどがなく、成長においても一般の養豚農家のものよりも早く、110 kgの平均出荷日数は150日であった。しかし、一般の養豚農家では飼養頭数を多くするために、狭い空間で飼育するので、ストレスも多く、また病気も多い。しかし、チーズホエーを与えた養豚農家では、下痢なども少なく健康であるので、抗生物質などの薬剤の使用量が減少し、更に、毛艶も良く、ストレスによる尻尾の噛みつきもなく、成長も早いと説明している。

豚に生菌剤あるいは乳酸菌体製剤を投与すると、免疫活性が高まり、大腸における乳酸菌も増加すると言われている(塚原, 2004)。チーズホエー中の乳酸菌数を調べると、生菌剤よりも少ないが、 $2.8 \times 10^6 \sim 1.4 \times 10^7$ /ml程度存在した(山岸と文, 2004)。また、カゼインの分解産物(CGP; カゼイノグリコペプチド)はいくつかの生理活性があり、更にリンを含むペプチド(CPP; カゼイノホスホペプチド)は免疫力をつけ、あるいは成長促進すると言われているので、チーズホエー中のこれらの成分などが豚にとって有効に働いていることが推察される(根岸, 1996; 大谷, 2004)。このように豚が健康に育つことは、養豚農家や消費者にとっても福音である。今後チーズ生産量の増加により排出されるチーズホエーの増加が見込まれるので、この種の豚の増加に期待したい。

## 謝 辞

本実験は、北海道科学技術財団の補助金および文部科学省「21世紀COE」補助金(A-1)を用いて遂行された。ここに記して謝意を表す。脂肪酸分析の実施では帯広畜産大学木下幹朗助手に、また種々の実験補助

では、田原滋人、公門はるか並びに文 秀喜氏に協力を頂いた。また、豚の飼育では帯広農業高校食品科学科の生徒諸氏に多大な協力を頂いた。ここに深甚な感謝を表す。

## 参考文献

- BIRCAN C. and S.A. BARRINGER (2002) Determination of protein denaturation of muscle foods using the dielectric properties. *J. Food Sci.*, 67: 202-205.
- DANSFIELD, E. and K. LOCKYER (1985) Cold-shortening toughness in excised pork. *Meat Sci.*, 13: 19-32.
- ENSER, E., R.I. RICHARDSON, J.D. WOOD, B.P. GILL and P.R. SHEARD (2000) Feeding linseed to increase the n-3 PUFA of pork: fatty acid composition of muscle, adipose tissue, liver and sausages. *Meat Sci.*, 55: 201-212.
- 清澤 功 (2002) ホエータンパク質濃縮物とその機能性に関する最近の研究動向. *Milk Sci.*, 51:13-26.
- LO FIEGO D.P., P. SANTORO, P. MACCHIONI and E. DE LEONIBUS (2005) Influence of genetic type, live weight at slaughter and carcass fatness on fatty acid composition of subcutaneous adipose tissue of raw ham in heavy pig. *Meat Sci.*, 69: 107-114.
- 根岸晴夫 (1996) 栄養・健康面からみた乳素材の利用. *月刊フードケミカル*, No. 7: 95-101.
- 越智 浩 (1999) ホエータン白の研究動向と利用の現状. *月刊フードケミカル*, No. 7: 28-34.
- OHENE-ADJEL, S., T. BERTOL, Y. HYUN, M. ELLIS, F.K. McKEITH and M.S. BREWER (2004) Effect of vitamin E, low dose irradiation, and display time on the quality of pork. *Meat Sci.*, 68: 19-26.
- OTANI, H. (2004) ミルクたんぱく質の消化により生じる生体防御ペプチド. *F.F.I. Journal Jpn.*, 209: 112-120.
- REGSTER, G.O., G.H. McINTOSH, V.W.K. LEE and G.W. SMITHERS (1996) Whey proteins as nutritional and functional food ingredients. *Food Australia*, 48:123-127.
- SHEARD, P.R., G.R. NUTE, R.I. RICHARDSON and J.D. WOOD (2005) Effects of breed and marination on the sensory attributes of pork from Large White and Hampshire-sired pigs. *Meat Sci.*, 70: 699-707.
- TOSCAS, P.J., F.D. SHAW and S.L. BEILKEN (1999) Partial least squares (PLS) regression for the analysis of instrument measurements and sensory meat quality data. *Meat Sci.*, 52: 173-178.
- 塚原隆充 (2004) 生菌剤を超える? 乳酸菌菌体製剤の実力. *月刊Pig Journal*, 7月号; 33-39.
- VAN MOESEKE, W. and S. DE SMET (1999) Effect of time of deboning and sample size on drip loss of pork.



Meat Sci., 52: 151-156.

VITTADINI, E., M. RINALDI, E. CHIAVARO, D. BARBANTI and R. MASSINI (2005) The effect of different convection cooking methods on the instrumental quality and yield of pork *Longissimus dorsi*. Meat Sci., 69: 749-756.

山岸 真・文 秀喜 (2004) 「十勝ホエー豚」のブ

ランド化. 北豚, 36:11-13.

YOUNG, J.F., H.C. BERTRAM, K. ROSENVOLD, G. LINDAHL and N. OKSBJERG (2005) Dietary creatine monohydrate affects quality attributes of Duroc but not Landrace pork. Meat Sci., 70: 717-725.



## コラーゲンの産生異常がニワトリ羽毛の初期発生に及ぼす影響

小林謙, 福永重治, 竹之内一昭, 加藤(森)ゆうこ, 中村富美男

北海道大学大学院 農学研究科 畜産資源開発学

札幌市 060-8589

## Influences of abnormal collagen production on early feather development

Ken KOBAYASHI, Shigeharu FUKUNAGA, Kazuaki TAKENOUCI,

Yuko KATO-MORI and Fumio NAKAMURA

Sapporo 060-8589

キーワード : 羽毛発生, 再構成ゲル皮膚, I型コラーゲン, コラーゲン線維, 細胞移動

Key words : feather development, reconstituted gel skin, type I collagen, collagen fibrillars structure, cell migration

## Abstract

To examine the influences of abnormal collagen production on early feather development, we utilized reconstituted gel skins using type I collagen in the dermal layer. When L-ascorbic acid 2-phosphate (Asc2-P), a stimulator of collagen production, were added to the medium, some regions of the reconstituted gel skins did not show the formation of feather buds, and some feather buds had thickly developed bases. In the pteryiae where feather buds were formed, a very dense collagen fibrillar network, a dense distribution of mesenchymal cells and excess deposition of type I collagen were observed at the bases of the buds, whereas in other pteryiae where feather development was inhibited, distribution patterns of mesenchymal cells and type I collagen were similar to those of apteria. On the other hand, when ethyl-3, 4-dihydroxybenzoate (EDHB), an inhibitor of collagen production, was added to the medium of reconstituted gel skins at a low concentration, feather bud elongation was suppressed, loose collagen fibrils organized a dome-like structure, and the density of mesenchymal cells decreased in pteryiae. When EDHB was added to the medium of reconstituted gel skins at a high concentration, the density of mesenchymal cells became uniform throughout the dermal layer, and the collagen fibrillar structure disappeared in pteryiae. Furthermore, a high concentration of type I collagen in the reconstituted gel skins arrested feather bud elongation. These results suggested that regulated collagen production and degradation in spatial- and temporal-specific manners are required for early feather development and that abnormal collagen production inhibits normal feather development and morphogenesis.

## 要 約

コラーゲンの産生異常がトリ羽毛の初期発生に及ぼす影響について, I型コラーゲンゲルを真皮層に用いる再構成ゲル皮膚を用いて検討した. コラーゲン産生を促進するL-アスコルビン酸2-リン酸(Asc2-P)を再構成ゲル皮膚の培地に添加すると, 基部が太く発達

した羽芽が形成されたが, 羽芽自体が形成されていない領域も観察された. 羽芽が形成された領域では, 基部における真皮細胞の高密度化とI型コラーゲンの過剰な蓄積とともに非常に緻密なコラーゲン線維の立体構造が観察され, 羽芽が形成されなかった羽毛域では, 真皮細胞とコラーゲンの存在様式が無羽毛域のものに類似していた. 一方, コラーゲン産生を抑制するエチル-3, 4-ジヒドロキシベンゾエイト(EDHB)を低濃度で添加した場合, 羽芽伸長が阻害され, 羽毛域では

粗なコラーゲン線維によってドーム状の構造が形成されており、羽芽の真皮細胞密度も低かった。EDHBを高濃度で添加すると、真皮細胞の密度は真皮全体で一様となり、羽毛域のコラーゲン線維構造は消失していた。さらに、再構成ゲル皮膚に用いるI型コラーゲンの濃度を高くすると、羽芽の伸長が阻害された。これらの結果から、羽毛の初期発生には、時間的、空間的に制御されたコラーゲンの産生と分解が必要であり、コラーゲンの産生異常は、正常な羽毛の発生や形態形成を阻害することが示された。

## 緒 言

トリ羽毛の発生は表皮のプラコード形成に始まり、プラコード下側への真皮細胞の密集によるコンデンセーション形成が続き、両者は羽毛原基を構成する。羽毛原基は発生の進行に伴って隆起して羽芽になり、羽芽は次第に尾部方向へ伸長し、最終的に羽枝、小羽枝構造を有する初生羽に発達する(中村ら 1999; YU *et al.* 2004)。また、羽毛の発生は連続的な表皮と真皮の相互作用によって進行し(JIANG *et al.* 1999)、相互作用の真皮側の要素として多種多様な細胞外マトリックス(ECM)が関与している(MAUGER *et al.* 1982; 中村ら 1999)。一方、代表的なECMであるコラーゲンの立体構造は他のECM成分や細胞との相互作用、物理的あるいは生理的な環境によって多様に変化することが知られており(林ら 2000)、実際、羽毛発生初期の真皮コラーゲンは、時間的にも空間的にも特異な立体的線維構造を構築している(小林ら 2005)。この羽毛の発生に伴うコラーゲンの立体的線維構造の変化には、コラーゲンの局所的な蓄積と分解が密接に関与していると考えられ、羽毛と同じ皮膚付属器官である毛の発達では、時間的、空間的に制御されたコラーゲン代謝の重要性が指摘されている(YAMAMOTO and YAMAUCHI 1999)。しかし、羽毛発生時のコラーゲン産生に着目した研究は未だ報告されていない。

コラーゲン産生を調節する物質としてL-アスコルビン酸2-リン酸(Asc2-P)とエチル-3,4-ジヒドロキシベンゾエイト(EDHB)が良く知られている(HATA and SENOO 1989; NAKAJIMA *et al.* 2002)。Asc2-Pはコラーゲンの翻訳後修飾におけるプロリンやリジンの水酸化に必要なビタミンCの誘導体であり、細胞培養系では持続的にコラーゲン産生を活性化させ、逆にEDHBはその水酸化を阻害してコラーゲン産生能を低下させる。

そこで本研究では、羽毛発生モデルの一つであるI型コラーゲンを真皮層に用いる再構成ゲル皮膚(KOBAYASHI *et al.* 2005)をAsc2-PとEDHB存在下で培養することによって、真皮層におけるコラーゲン産生を増減させた場合の羽毛への影響を追究し、羽毛の初

期発生におけるコラーゲンの役割を検討した。

## 材料および方法

### 供試動物

北海道大学北方生物圏フィールド科学センターのロードアイランドレッド種ニワトリ受精卵を37℃、湿度100%条件下で孵卵した。孵卵から摘出した胚の発生ステージ(S)はHAMBURGERとHAMILTON(1951)の方法に従い、外見の形態の特長で決定した。実験は北海道大学大学院農学研究科の動物実験ガイドラインに従って行った。

### Asc2-PおよびEDHBの調製

Asc2-P(Wako Pure Chemical, Osaka, Japan)は、Dulbecco's modified Eagle's medium(DMEM; Sigma Chemical, St. Louis, MO, USA)に溶解後、4℃で保存した。EDHB(Tokyo Kasei Kogyo, Tokyo, Japan)は、エタノールに溶解後、4℃で保存した。溶解した両試薬は、使用直前に培地へ添加し、培地による両試薬の希釈率はAsc2-Pで100倍、EDHBでは400倍以上であった。

### コラーゲン溶液の調製

再構成ゲル皮膚の真皮層に用いるコラーゲンゲルはYANG *et al.*(1979)の方法に従って作成した。NAKAMURA *et al.*(2000)の方法に従って抽出したラット尾腱由来のペプシン可溶性I型コラーゲンを含む0.1%酢酸溶液、5倍濃縮DMEMと0.23 N炭酸水素ナトリウム、25 mM HEPES(Nacalai Tesque, Kyoto, Japan)、0.15 N水酸化ナトリウムを含む再構成緩衝液を氷冷しながら、7:2:1の割合で混合し、最終コラーゲン濃度が0.9 mg/ml~1.2 mg/mlである中性コラーゲン溶液を調製した。

### 再構成ゲル皮膚の作製と培養

S31のニワトリ胚の背部から採取した皮膚はPBSで洗浄した後、2%となるようにトリプシン(Difco Laboratories, Detroit, MI, USA)を溶解したカルシウムとマグネシウムを含まないPBS(CMF-PBS)に4℃で17分間浸漬して酵素処理を行い、表皮と真皮を細い針を用いて剥離した。剥離した表皮は2%牛胎児血清(FBS; JRH Biosciences, Lenexa, KS, USA)を含むDMEMに4℃で浸漬した。剥離した真皮は0.25%トリプシンを含むCMF-PBSに室温下で5分間浸漬後、ピペティングを行い、ポアサイズが40μmのセルストレーナー(Becton Dickinson, Franklin Lakes, NJ, USA)を通過した解離細胞を得た。細胞懸濁液を1000 rpmで5分間遠心後、沈殿として得られた $1.5 \times 10^6$ 個の真皮細胞を中性コラーゲン溶液80μlに対して懸濁し、懸濁液をセルカルチャーインサート(Becton Dickinson)上に置いたガラスシリンダー(7.0 mm in internal diameter;

Asahi Glass, Tokyo, Japan) 内に滴下して37°Cで1.5時間インキュベートした。

ゲル化終了後に剥離した表皮をのせたものを再構成ゲル皮膚として (KOBAYASHI *et al.* 2005), 基礎培地である2%FBSを含むDMEM, EDHB を30  $\mu$ Mあるいは50  $\mu$ M, もしくは Asc2-P を200  $\mu$ Mとなるように添加した基礎培地を用いて5日間, 5% CO<sub>2</sub>, 95%空気, 相対湿度100%, 37°C に設定したCO<sub>2</sub>インキュベーター内で培養した。

### 走査電子顕微鏡 (SEM) 観察

SEM試料は, OHTANI *et al.* (1989) のアルカリ処理・細胞消化法に従って作成した。各条件下で培養した再構成ゲル皮膚をPBSで洗浄し, 2.5%グルタルアルデヒド (Polysciences, Warrington, PA, USA) を含む0.1 Mリン酸バッファー (pH 7.4) で浸漬固定した後, 10% NaOH 溶液に4日間浸漬し, アルカリ処理を行った。蒸留水で2日間洗浄し, 溶解した表皮層を含む細胞成分を除去した後, 真皮のコラーゲンだけとなった試料を1%タンニン酸 (KANTO Chemical, Tokyo, Japan) 溶液に2時間浸漬し, 蒸留水で洗浄後1%オスミウム (Polysciences) 溶液中で1時間固定した。エタノール系列で脱水後, t-ブチルアルコール (KANTO) に浸漬してエタノールと置換した試料はt-ブチルアルコールとともに凍結させた。凍結した試料は凍結乾燥後に金属試料台に貼り付け, プラズマコーター (NL-OPC80A; JOEL, Tokyo, Japan) で金属オスミウムを蒸着して走査電子顕微鏡 (JSM-5340F; JOEL) を用いて観察, 撮影した。

### ヘマトキシリン・エオシン (HE) および間接蛍光抗体染色

各条件下で培養した再構成ゲル皮膚をPBSで洗浄後, OCTコンパウンド (Tissue-Tec; SAKURA, Tokyo, Japan) に包埋したものを液体窒素中で凍結し, クリオスタット (JUNG CM 3000 II; Leica, Germany) を用いて厚さ5  $\mu$ mに薄切した。

切片は10%ホルマリンで固定した後, HE染色を行う一方, I型コラーゲンに対する抗血清 (LB-1196; LSL, Tokyo, Japan) を第一抗体とし, FITC標識した第二抗体により可視化し (中村ら 1999), 蛍光顕微鏡 (BH2-RFL-T2; OLYMPUS, Tokyo, Japan) 下で観察, 撮影した。

## 結 果

### コラーゲン産生異常が再構成ゲル皮膚の羽芽に及ぼす影響

基礎培地で培養したコントロールの再構成ゲル皮膚では, 培養5日後, 尾部方向へ伸長した羽芽が形成されていた (Fig. 1A)。EDHBを30  $\mu$ M含む培地で培養し

た再構成ゲル皮膚では, 幾分隆起した羽毛原基が形成されていたが, 伸長した羽芽は観察されず (Fig. 1B), 50  $\mu$ M EDHB存在下の皮膚ではほとんど羽毛原基が隆起していなかった (Fig. 1C)。一方, 200  $\mu$ M Asc2-P存在下で形成された羽芽の形状はコントロールよりも基部が太く発達していたが, 羽芽自体が形成されていない領域も観察された (Fig. 1D)。

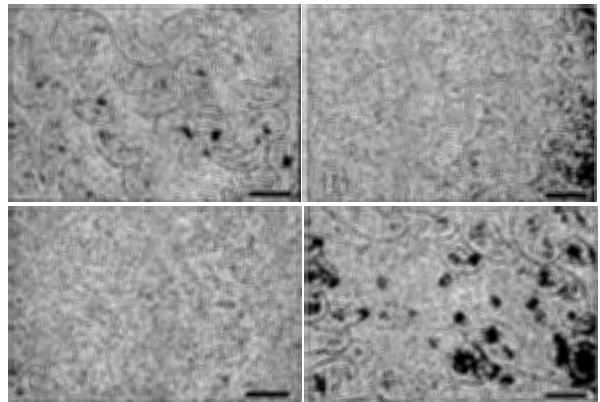


Fig. 1 Effects of decreased or increased collagen production on feather development in cultured reconstituted gel skins. Phase-contrast micrographs show reconstituted gel skins cultured in a control medium (A) and in a medium containing 30  $\mu$ M (B), 50  $\mu$ M EDHB (C) or 200  $\mu$ M Asc2-P (D) for 5 days. Scale bars: 200  $\mu$ m.

### 再構成ゲル皮膚における真皮細胞とI型コラーゲンの局在

各条件下で5日間培養した再構成ゲル皮膚の断面をHE染色すると, 30  $\mu$ M EDHB存在下で培養した再構成ゲル皮膚の羽毛原基は, コントロールと比較して羽芽真皮領域の真皮細胞密度が低かった (Fig. 2A, B)。EDHBを50  $\mu$ M含む培地で培養したゲル皮膚では, ブラコード下側に真皮細胞の密集したコンデンセーションは観察されず, 細胞密度は真皮層全体で一様であった (Fig. 2C)。Asc-2P存在下で形成された羽芽では, 真皮細胞が羽芽基部の真皮領域にコントロールよりも密集していたが (Fig. 2D), 形成されなかった領域では無羽毛域と同程度の細胞密度であった (Fig. 2E)。

抗I型コラーゲン抗体による免疫染色の結果, コントロールの再構成ゲル皮膚では, 羽芽の真皮領域が均一に染色されていた (Fig. 2F)。EDHBを30  $\mu$ M含む培地で培養した再構成ゲル皮膚では, 抗I型コラーゲン抗体に対する反応性が真皮領域全体で弱くなり (Fig. 2G), EDHBを50  $\mu$ M含む培地で培養した皮膚の真皮領域の陽性反応は極めて微弱であった (Fig. 2H)。一方, Asc-2P存在下で培養した再構成ゲル皮膚において, 形成された羽芽では基部の真皮領域に強い陽性反応が観察され (Fig. 2I), 羽芽が形成されなかった領域では無羽毛域と同様に表皮直下の真皮上層が強染されていた (Fig. 2J)。

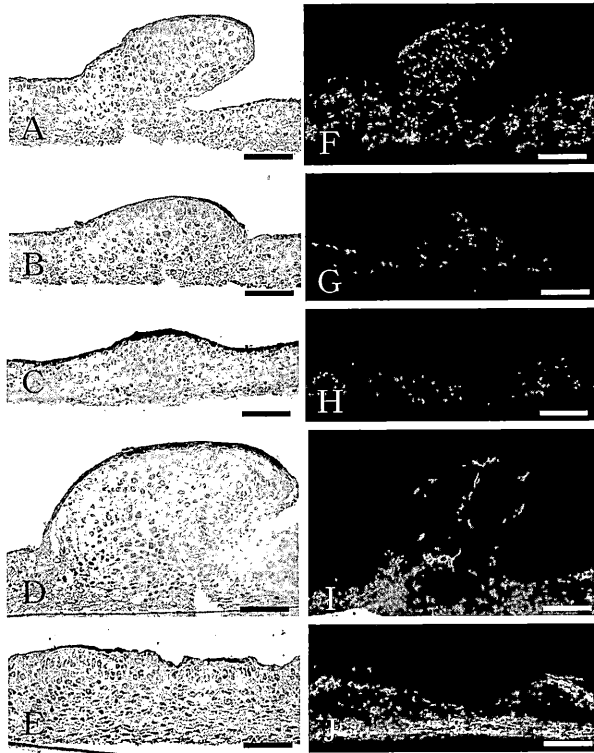


Fig. 2 Effects of decreased or increased collagen production on mesenchymal cells and type I collagen in cultured reconstituted gel skins. Sagittal sections of the reconstituted gel skins cultured in a control medium (A, F) and in a medium containing 30  $\mu$ M (B, G), 50  $\mu$ M EDHB (C, H) or 200  $\mu$ M Asc2-P (D, E, I, J) for 5 days were stained with HE (A-E) or anti-type I collagen antiserum (F-J). Scale bars: 50  $\mu$ m.

### 再構成ゲル皮膚におけるコラーゲン線維の立体構造

各条件下で培養した再構成ゲル皮膚をアルカリ処理した後に観察すると、コントロールの再構成ゲル皮膚で形成された羽芽のコラーゲン線維の立体構造は、先細りの円錐形を呈しており (Fig. 3A), 羽芽の基部から先端部に向かって走行するコラーゲン線維によって構成されていた (Fig. 3B). EDHBを30  $\mu$ M含む培地で培養した再構成ゲル皮膚では、羽毛域の表面にドーム様の比較的太いコラーゲン線維による粗い立体構造が観察されたが (Fig. 3C), コラーゲン線維に特定の走向性は認められなかった (Fig. 3D). EDHBを50  $\mu$ M含む培地で培養した再構成ゲル皮膚では、真皮全体のコラーゲン線維の立体構造が希薄で、羽毛域では消失していた (Fig. 3E). Asc2-P存在下で培養した再構成ゲル皮膚の羽芽の形成が阻害された領域の表面は周囲の無毛域よりも窪んでおり (Fig. 3F, G), コラーゲン線維が交差して緻密に折り重なった立体構造が観察された (Fig. 3H). Asc2-P存在下で形成された羽芽では、コラーゲン線維が基部から先端部に向かって走行していたが、コントロールと比較して非常に密度の高いネットワーク状であった (Fig. 3I, J).

### 濃度の異なるI型コラーゲンゲルが羽芽に及ぼす影響

I型コラーゲン濃度を0.95 mg/mlにした再構成ゲル皮膚では、コントロール (Fig. 1A; 0.9 mg/ml) との違いは観察されなかったが (Fig. 4A), 濃度が1.0 mg/mlになると、羽芽の基部が幾分太くなっていた (Fig. 4B). コラーゲン濃度が1.1 mg/mlの再構成ゲル皮膚では、一部の羽毛域の羽芽伸長が阻害され (Fig. 4C), 1.2 mg/mlになると、再構成ゲル皮膚全体で羽芽の伸長が阻害されていた (Fig. 4D).

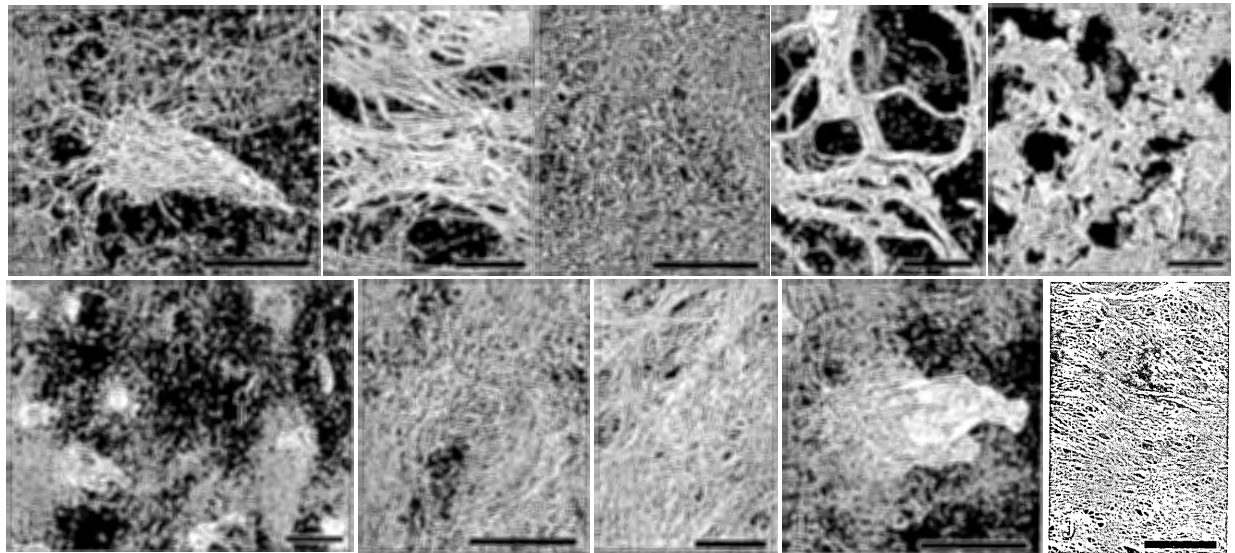


Fig. 3 Effects of decreased or increased collagen production on collagen fibrillar structure in cultured reconstituted gel skins. SEM views show collagen fibrillar structure of reconstituted gel skins cultured in a control medium (A, B) and in a medium containing 30  $\mu$ M (C, D), 50  $\mu$ M EDHB (E) or 200  $\mu$ M Asc2-P (F-J) for 5 days. Arrows in E and F show pteryllae where feather development was inhibited. Scale bars: 100  $\mu$ m for A, C, E, F, G, I; 4  $\mu$ m for B, D, H, J.

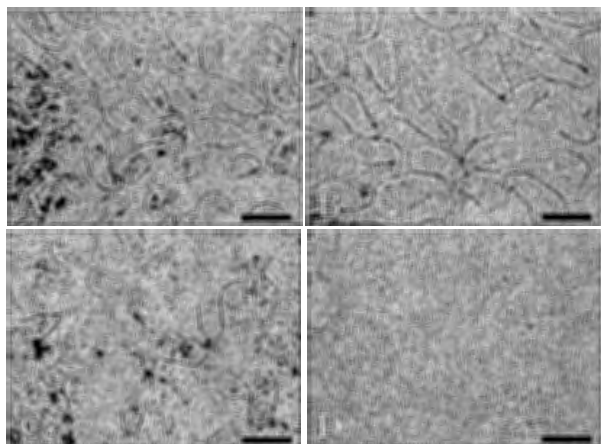


Fig. 4 Effects of collagen concentration on feather development in cultured reconstituted gel skins. Phase-contrast micrographs show reconstituted gel skins using 0.95 mg/ml (A), 1.0 mg/ml (B), 1.1 mg/ml (C) or 1.2 mg/ml (D) of type I collagen gels after 5 days of culture. Type I collagen in gels at concentrations higher than 1.0 mg/ml prevented feather development in a dose-dependent manner. Scale bars: 200  $\mu$ m.

## 考 察

ニワトリ胚における羽毛原基形成に際し、無羽毛域ではI型コラーゲンが真皮上層に多く存在し、コラーゲン線維は立体構造を形成しており(中村ら1999;小林ら2005)、真皮細胞はI型コラーゲン線維の立体構造上を移動することが報告されている(STUART and MOSCONA 1967)。一方、羽毛域ではI型コラーゲンを分解するマトリックスメタロプロテアーゼ(MMP)がコンデンセーション領域に特異的に発現しており(DUONG and ERICKSON 2004)、実際にI型コラーゲン量の低下とコラーゲン線維の立体構造の損壊が認められ(中村ら1999;小林ら2005)、コンデンセーションの真皮細胞は無羽毛域から移動したものであることが報告されている(JIANG *et al.* 1999)。これらのことは、羽毛原基のコンデンセーション形成の際には、無羽毛域では真皮細胞の足場としてコラーゲン線維の立体構造が必要であるが、羽毛域では立体構造の損壊も必要であることを示している。本研究において、高濃度EDHBによってコラーゲン産生が抑制された再構成ゲル皮膚では、真皮層全体でI型コラーゲンが減少し、真皮細胞の密集した領域も認められなかった。すなわち、EDHBによるコラーゲンの産生不足は、真皮細胞の移動に必要な無羽毛域のコラーゲン線維の立体構造構築を抑制し、羽毛原基を構成するコンデンセーションの形成を阻害したと考えられる。一方、Asc2-Pによるコラーゲン産生の促進は、羽毛原基の形成が阻害された領域のI型コラーゲンの局在とコラーゲン線維の立体構造が無羽毛域のものと類似していたことから、

I型コラーゲンの産生過剰を招き、羽毛域のコラーゲン線維の立体構造の損壊を抑制し、羽毛原基の形成を阻害したと考えられ、このことは高濃度のコラーゲンをを用いた再構成ゲル皮膚の結果によっても支持された。

トリ胚の羽芽伸長段階においては、長軸方向に走行するコラーゲン線維の立体構造が徐々に構築され(小林ら2005)、真皮細胞は羽芽の基部から先端部側へ移動する(SOTO-SUAZO *et al.* 2004)。一定方向に走行するコラーゲン線維は走行軸方向への細胞移動を促進することから(DICKINSON *et al.* 1994)、羽芽伸長段階において、真皮細胞は先端部側に向かって走行するコラーゲン線維の立体構造を足場として移動すると考えられる。また、培養系においてI型コラーゲンゲル中の細胞はインテグリンを介してI型コラーゲンと接着し、移動するが(CARVER *et al.* 1995)、この細胞移動はI型コラーゲンゲルの濃度が高すぎる場合にも低すぎる場合にも阻害される(PERUMPANANI and BYRNE 1999)。本研究において、低濃度でEDHBを添加した場合、抗I型コラーゲンの免疫染色像における陽性反応は低下し、形成された羽芽の真皮層表面にはコラーゲン線維がドーム状に粗く組まれていたが、コラーゲン線維に一定の走行性は認められなかった。すなわち、EDHBによるコラーゲンの産生抑制は、真皮細胞の足場として必要なコラーゲン線維の立体構造を形成させず、羽芽の伸長を阻害したと考えられる。Asc2-Pを添加した皮膚では、羽芽の基部が異常に発達し、真皮細胞の高密度化とI型コラーゲンの過剰な蓄積とともに非常に緻密なコラーゲン線維の立体的なネットワークが観察された。Asc2-Pによるコラーゲンの産生過剰は、コラーゲン線維の立体構造を必要以上に高密度にして細胞移動を阻害したと考えられ、このことは高濃度のコラーゲンをを用いた再構成ゲル皮膚の結果からも支持された。

本研究におけるコラーゲン産生を促進するAsc2-Pと抑制するEDHBを用いた実験結果から、羽毛原基形成や羽芽伸長を含む羽毛の初期発生には、時間的、空間的に制御されたコラーゲンの産生と分解が必要であり、コラーゲンの産生異常は、正常な羽毛の発生や形態形成を阻害することが示された。また、コラーゲンは、時間的、空間的に特異な立体構造を構築し、羽毛発生に伴う細胞移動を調節する因子として構造的に機能していると考えられる。

## 参考文献

- CARVER, W., I. MOLANO, T. A. REAVES, T. K. BORG and L. TERRACIO (1995) Role of the alpha 1 beta 1 integrin complex in collagen gel contraction in vitro by fibroblasts. *J. Cell. Comp. Physiol.*, 165: 425-437.

- DICKINSON, R. B., S. GUIDO and R. T. TRANQUILLO (1994) Biased cell migration of fibroblasts exhibiting contact guidance in oriented collagen gels. *Ann. Biomed. Eng.*, 22: 342-356.
- DUONG, T. D. and C. A. ERICKSON (2004) MMP-2 plays an essential role in producing epithelial-mesenchymal transformations in the avian embryo. *Dev. Dyn.*, 229: 42-53.
- HAMBURGER, V. and H. L. HAMILTON (1951) A series of normal stages in the development of the chick embryo. *J. Morphol.*, 88: 49-92.
- HATA, R. and H. SENOO (1989) L-ascorbic acid 2-phosphate stimulates collagen accumulation, cell proliferation, and formation of a three-dimensional tissuelike substance by skin fibroblasts. *J. Cell Physiol.*, 138: 8-16.
- 林利彦・水野一乗・中里浩一・羽関典子・西山俊夫(2000) 細胞外マトリックスー基礎と臨床ー“コラーゲンスーパーファミリータンパク質の項執筆”(小山輝・林利彦 編集). 94-118. 愛智出版. 東京.
- JIANG, T. X., H. S. JUNG, R. B. WIDELITZ and C. M. CHUONG (1999) Self-organization of periodic patterns by dissociated feather mesenchymal cells and the regulation of size, number and spacing of primordia. *Development*, 126: 4997-5009.
- 小林謙・福永重治・竹之内一昭・加藤(森)ゆうこ・中村富美男 (2005) ニワトリ初生羽の発生に伴う真皮コラーゲンの形態変化. *北海道畜産学会報*, 47: 65-71.
- KOBAYASHI, K., S. FUKUNAGA, K. TAKENOUCI, Y. KATOMORI and F. NAKAMURA (2005) Functional role of type VI collagen during early feather development of the chick embryo *in vitro*. *Anim. Sci. J.*, 76: 273-282.
- MAUGER, A., M. DEMARCHEZ, D. HERBAGE, J. A. GRIMAUD, M. DRUGUET, D. HARTMANN and P. SENDEL (1982) Immunofluorescent localization of collagen types I and III and of fibronectin during feather morphogenesis in the chick embryo. *Dev. Biol.*, 94: 93-105.
- NAKAJIMA, I., S. MUROYA, R. TANABE and K. CHIKUNI (2002) Positive effect of collagen V and VI on triglyceride accumulation during differentiation in cultures of bovine intramuscular adipocytes. *Differentiation*, 70: 84-91.
- 中村富美男・平野大介・三田晶子・竹之内一昭・近藤敬治 (1999) ニワトリ羽毛の形態形成に関する免疫組織化学的検討. *北海道畜産学会報*, 41: 53-57.
- NAKAMURA, F., T. FUJIOKA, Y. HIRAOKA, Y. KUBO and S. FUKUNAGA (2000) Inhibitory effects of bovine cartilage chondromodulin-I on angiogenesis. *Anim. Sci. J.*, 71: 486-493.
- OHTANI, O., T. USHIKI, T. TAGUCHI and A. KIKUTA (1989) Collagen fibrillar networks as skeletal frameworks: a demonstration by cell-maceration/scanning electron microscope method. *Arch. Histol. Cytol.*, 51: 249-261.
- PERUMPANANI, A. J. and H. M. BYRNE (1999) Extracellular matrix concentration exerts selection pressure on invasive cells. *Eur. J. Cancer*, 35: 1274-1280.
- SOTO-SUAZO, M., S. SAN-MARTIN and T. M. ZORN (2004) Collagen and tenascin-C expression along the migration pathway of mouse primordial germ cells. *Histochem. Cell Biol.*, 121: 149-153.
- STUART, E.S. and A. A. MOSCONA (1967) Embryonic morphogenesis: role of fibrous lattice in the development of feathers and feather patterns. *Science*, 157: 947-948.
- YAMAMOTO, K. and M. YAMAUCHI (1999) Characterization of dermal type I collagen of C3H mouse at different stages of the hair cycle. *Br. J. Dermatol.*, 141: 667-675.
- YANG, J., J. RICHARDS, P. BOWMAN, R. GUZMAN, J. ENAMI, K. MCCORMICK, S. HAMAMOTO, D. PITELKA and S. NANDI (1979) Sustained growth and three-dimensional organization of primary mammary tumor epithelial cells embedded in collagen gels. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.*, 76: 3401-3405.
- YU, M., Z. YUE, P. WU, D. Y. WU, J. A. MAYER, M. MEDINA, R. B. WIDELITZ, T. X. JIANG and C. M. CHUONG (2004) The biology of feather follicles. *Int. J. Dev. Biol.*, 48: 181-191.



## 研究ノート

## 乳酸生成糸状菌 (*Amylomyces rouxii*) 添加ポテトパルプサイレージと食品残渣からの乾燥調製飼料給与が肥育豚の産肉性に及ぼす影響

日高 智<sup>1</sup>・太田 忍<sup>1</sup>・三浦俊治<sup>2</sup>・小田有二<sup>3</sup>

<sup>1</sup>帯広畜産大学, 帯広市 080-8555

<sup>2</sup>雪印種苗株式会社技術研究所, 江別市 069-0832

<sup>3</sup>北海道農業研究センター, 芽室町 082-0071

### The effect of feeding dried potato pulp silage added fungus *Amylomyces rouxii* and food waste on performance in finishing pigs.

Satoshi HIDAKA<sup>1</sup>, Shinobu OHTA<sup>1</sup>, Toshiharu MIURA<sup>2</sup> and Yuuji ODA<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Obihiro University of Agriculture and Veterinary Medicine, Obihiro 080-8555

<sup>2</sup>Snow Brand Seed CO., LTD. Technical Research Institute, Ebetsu 069-0832

<sup>3</sup>National Agriculture Research Center for Hokkaido Region, Memuro 082-0071

キーワード：ポテトパルプサイレージ, 乳酸生成糸状菌, 食品残渣, 産肉性, 豚

Key words : potato pulp silage, *Amylomyces rouxii*, food waste, performance, pig

#### 要 約

アミロマイセス麩を新鮮物重量あたり1%添加したポテトパルプサイレージ, おから, 屑パンおよび食品残渣を加熱滅菌・乾燥して調製飼料を得た。肥育後期豚(平均体重80kg)を13頭供試し, 配合飼料のみを給与した対照区(6頭)と調製飼料を配合飼料の30%と置き換えて給与した試験区(7頭)として42日間の肥育試験を実施した。試験終了後, 格付成績と肉質を検討した。調製飼料は, 配合飼料に比べて, 粗脂肪含量が多く, 粗タンパク質およびデンプン含量が少なかった。飼料嗜好性では, 全期間の飼料摂取量に差はなく, 対照区3.03kg/日・頭, 試験区3.13kg/日・頭であった。試験期間において試験豚の体重は, 対照区が81.9kgから112.8kgに, 試験区が79.3kgから109.8kgと増加し, 増体量に差はなかった。また, 両試験区間で, 出荷体重, 枝肉重量, 背脂肪厚, 格付等級に差はなかった。ロース芯面積, 胸最長筋の肉色, 加熱損失率, 水分含量および粗脂肪含量においても対照区と試験区に差はみられなかった。胸最長筋の切断抵抗値は, 試験区が

対照区より有意に大きい値を示したが, この原因として解体後の熟成期間が短かったためと考えられた。皮下脂肪および筋間脂肪の脂肪酸組成は, 両区ともほぼ同様な構成割合を示し, 差は認められなかった。

以上のことから, 調製飼料給与は, 豚の飼料嗜好性, 増体成績, 格付成績および肉質に影響を及ぼさなかったことから, 本試験で用いた調製飼料は豚用配合飼料に30%まで代替でき, 豚用飼料として有用であると考えられた。

#### 緒 言

日本の飼料のTDN自給率は1965年には55%, 濃厚飼料では31%であったが, 2002年にはTDN自給率は24%, 濃厚飼料では10%(農水省2004)と低下している。また, 畜産業で問題となっているBSEや口蹄疫の発生はこのような飼料の輸入依存がその要因であると考えられる。そこで, 飼料の国内自給率を上昇させ, 飼料の安定供給とともに, 飼料とそれによって生産される畜産物の安全性の向上が重要な課題となる。

しかし, 外食産業から排出される食品残渣は, そのほとんどが生ゴミとして廃棄されており, 農産加工副産物の飼料としての利用も十分ではない(阿部, 2000)。

これらの残渣を豚の飼料として利用するには、飼料としての安全性、豚の嗜好性に問題がないこと、飼料としての栄養価値を知ること、安価に安定して入手できること、管理労力が過大でなく豚肉の生産性に悪影響を及ぼさないことが重要であるとされている（堀北, 2000）。また近年、環境問題が深刻化しており、その範囲は工業分野だけでなく農業の分野でもそれに対する取り組みが求められている。「食料・農業・農村基本法」においても食品産業での環境への負荷の低減と資源の有効利用確保への配慮と農業の自然循環機能の維持促進等が定められ、さらに「食品リサイクル法」によって循環資源の有効利用を具体的にこなうことを求めている（農水省, 2000）。

北海道では、毎年デンプンの加工に伴って約10万tのポテトパルプ（デンプン粕）が排出されており、ポテトパルプに乳酸生成系状菌であるアミロマイセス（*Amylomyces roxii*）麴を新鮮物重量あたり1%添加することにより、サイレージ貯蔵中にデンプンの分解と乳酸生成が促進され、良質なサイレージが得られることが報告されている（岡田ら, 2005）。未利用資源の中でも特に農産加工副産物の豚の飼料としての利用は多数報告されており、これまでに、トウフ粕（丹羽と中西, 1995; 浜口と吉田, 1999）、ミカンジュース粕（山口ら, 2005）、無洗米ヌカ（落合ら, 2003）および食品残渣（大澤ら, 2004）などが報告されている。

そこで本試験では、デンプンの生産時に発生するポテトパルプに乳酸生成系状菌であるアミロマイセスを添加し、良質なポテトパルプサイレージの調製を行い、このポテトパルプサイレージ、トウフ粕および食品残渣を混合乾燥して得られた調製飼料を肥育後期豚に飼料全体の30%与えたとき、豚の増体量と肉質に及ぼす影響について調査し、調製飼料給与が豚の産肉性に及ぼす影響を検討した。

### 材料および方法

2004年11月2日～2004年12月13日（42日間）に、十勝管内養豚牧場で飼養されているLWD三元雑種去勢雄肥育後期豚13頭を供試して試験を行なった。試験開始日に供試豚の体重を測定し、無作為に対照区6頭、試験区7頭に分けた。開始時平均体重は対照区81.9kg、試験区79.3kgだった。試験開始後13日目、27日目、41日目に体重を測定し、試験開始後42日目に両区とも出荷した。

調製飼料は、加熱処理装置（ED-1000, 株式会社ピーエス, 名古屋）を用いて、アミロマイセス麴を新鮮物重量あたり1%添加したポテトパルプサイレージ、おから、食品残渣（米飯、くず野菜を含む乾燥調製品）、屑パンを材料とした。調製は、材料を混合した後、常温から加熱し75℃に達した後、計5時間行なった。その後加熱を中止し、常温まで放冷することにより滅菌・

表1 調製飼料原料の配合割合と成分

	調製飼料原料			
	APS <sup>1)</sup>	おから	屑パン	食品残渣 <sup>2)</sup>
混合量(kg)	500	100	250	200
乾物	21.5	24.8	62.0	82.2
CP	5.8	25.9	15.8	29.4
デンプン	45.3	3.2	41.8	14.3
NSC	71.0	10.9	70.1	47.5
粗脂肪	0.2	8.5	4.2	14.2
灰分	2.0	4.0	1.5	10.4

CP以下は乾物中割合(%)

<sup>1)</sup> APS: 乳酸生成系状菌添加ポテトパルプサイレージ

<sup>2)</sup> 食品残渣は米飯、くず野菜を含む乾燥調製品

表2 調製飼料と給与飼料の成分(%)

	調製飼料	配合飼料 <sup>1)</sup>	試験区 <sup>2)</sup>
乾物	82.4	86.2	85.1
CP	15.6	18.1	17.4
デンプン	25.1	53.5	45.0
NSC	66.4	65.7	65.9
粗脂肪	5.9	2.4	3.5
灰分	4.1	4.1	4.1

CP以下は乾物中割合

<sup>1)</sup> 対照区は配合飼料100%給与。

<sup>2)</sup> 試験区は、配合飼料と調製飼料を7:3の割合で混合した。

乾燥を行った。対照区には市販の肥育後期豚用配合飼料を用いた。試験区には、調製飼料を配合飼料の30%と替えて給与した。

調製飼料の原料および配合割合を表1に、調製飼料および配合飼料の成分を表2に示した。試験区および対照区の体重は試験開始時に、またその後の体重と飼料摂取量は試験開始13日、27日および41日後に測定した。飼料摂取量は給与量と残飼量の差から算出した。

枝肉の格付は、社団法人日本食肉格付協会帯広事業所に依頼して実施した。

肉質は、胸最長筋を用いて分析をおこなった。測定はロース芯面積、肉色、加熱損失率、切断抵抗値、水分含量、粗脂肪含量、皮下脂肪と筋間脂肪の脂肪酸組成についておこなった。

ロース芯面積は第7および第12胸椎部胸最長筋をプラスチック板にトレースし、それをトレーシングペーパー（40g/m<sup>2</sup>）にトレースし、その重さから面積を算出した。肉色は第12胸椎部胸最長筋を4℃1時間空気に曝した後EELmeter（MINOLTA, CM-1000 東京）を用いてL\*値、a\*値、b\*値を測定した。加熱損失率は第10-11および12-13胸椎部胸最長筋を2.5cmの厚さにスライスし、付着する水分を取り重量を測定した後、試料をビニール袋に入れ、70℃のウォーターバス中で1時間加熱した。生じた滲出液を捨て肉の重量を測定し、加熱前の肉の重量に対する加熱後の重量の減少割

合を加熱損失率とした。切断抵抗値は、加熱損失率測定で使用した胸最長筋サンプルごとに、直径2.5cmのコアラーで4本のコアを筋線維の方向に平行に打ち抜き、ひとつのコアにつき2回計8回、切断抵抗測定機 (Warner-Bratzler meat share Model 235, G-R manufacturing Co, USA) を用いて切断抵抗値を測定し、肉の柔らかさを評価した。8回の測定値の最大値と最小値を除く平均値を切断抵抗値とした。水分含量は第5～7胸椎部胸最長筋約150gを挽肉機で3回挽き、サンプルとした。アルミ秤量缶にアルミ箔、ガラス棒、海砂を入れ、恒温乾燥機で100℃、3時間加熱し、さらに1時間デシケータで放冷し、恒量を秤量した後、アルミ秤量缶に、サンプルを約5g入れ、精秤し、海砂と混合した後、ホットプレート上で予乾した。それを100℃にした恒温乾燥機で3時間加熱乾燥し、デシケータで60分放冷し秤量した。その損失割合を水分含量とした。粗脂肪含量は、水分を測定したサンプルとアルミ箔を、円筒濾紙につめ、ソックスレー抽出装置に入れて、16時間、エーテル抽出を行なった。その後抽出ビンで100℃で3時間加熱し、その後1時間放冷し、秤量した。ビンの抽出後の重量と抽出前の恒量の差から粗脂肪含量を算出した。脂肪酸組成は第5～7胸椎部胸最長筋の脊椎側の筋間脂肪と胸最長筋中央部背側の皮下脂肪5mgを採取し、ねじ付き試験管に入れ、塩酸を5%含むメチルアルコール5mlを加えて、100℃で3時間、脂肪をメチル化した。その後、ねじ付き試験管にヘキサンを3ml加え1分間振とうし、上層のヘキサン層を分液ロート中へ入れた。その後、またヘキサンを入れ、計3回上層を分液ロートに入れた。水溶性成分を除くために分液ロート中に、脱イオン蒸留水を加え、振とうした。ヘキサン層を濃縮後、ガスクロマトグラフィー (GC14A島津製作所、京都) により分析した。分析はキャリアーガスとしてヘリウムを用い、キャピラリーカラム (ULBON HR-SS-10, 0.32mm x 30m, 信和化工、京都) でインジェクター温度250℃、ディテクター温度250℃、初期温度150℃、昇温最終温度220℃で

表3 調製飼料給与が豚の飼料摂取量に及ぼす影響 (kg/日)

試験日数 (日)	試験区	対照区
1～12	2.92	2.77
13～26	3.30	3.00
27～40	3.17	3.33
全期間	3.13	3.03

表4 調製飼料給与が豚の体重に及ぼす影響 (kg)

試験開始後日数	試験区	対照区
開始時体重	79.3±6.2	81.9±4.1
13日目	89.9±4.9	90.9±5.7
27日目	100.9±6.5	102.7±6.8
41日目 <sup>1)</sup>	109.8±9.8	112.8±9.9

<sup>1)</sup> 終了時体重

行なった。各脂肪酸の同定には標準試料のメチルエステルキット (GLサイエンス社、東京) を分析し、クロマトデータ処理機 (C-R6A CHROMATOPAC, 島津製作所、京都) でその保持時間が一致することを確認した。脂肪酸はミリスチン酸 (C14:0)、パルミチン酸 (C16:0)、パルミトレイン酸 (C16:1)、ステアリン酸 (C18:0)、オレイン酸 (C18:1)、リノール酸 (C18:2)、リノレン酸 (C18:3) の7種について同定した。同定した脂肪酸のうち、炭素数14, 16, 18の各偶数脂肪酸のみを得られた結果から抽出し脂肪酸割合を算出した。

統計解析は飼料嗜好性、増体成績および肉量の測定項目についてはSASのstudent's t-検定を用い、肉質についてはSASのGLMを用いて解析した。P<0.05のとき差が有意であると判定した。

## 結果および考察

調製飼料は豚用配合飼料に比べて、粗脂肪含量が多く、CPおよびデンプン含量が少なかった。日本飼養標準豚1998年版 (農林水産省農林水産技術会議事務局編、1998) では、風乾飼料中の養分含量として肥育後期豚では粗タンパク質含量13%としており、本試験の調製飼料の粗タンパク質含量15.6%でも十分に肥育後期豚の要求量を満たしていると考えられた。また、調製飼料の粗脂肪含量が配合飼料の約2倍と多かった。豚に摂取された脂肪によって豚の体内で炭水化物からの飽和脂肪酸の合成が抑制され、給与飼料に含まれる不飽和脂肪酸の蓄積が軟脂を発生させると考えられている (阿部、2000)。したがって本試験での調製飼料は粗脂肪含量について低減する必要があると考えられた。

試験期間中の1頭あたりの平均日採食量を表3に示した。試験開始後の1～12日目、13～26日目、27～40日目において、対照区と試験区間には大きな差はみられず、全期間 (1～40日目) で比較すると、対照区は、3.03kg/日・頭、試験区は、3.13kg/日・頭と試験区がやや多く摂取していた。したがって、飼料嗜好性に調製飼料の影響はなく、その嗜好性は、配合飼料とほぼ同等と考えられた。

試験期間における試験区と対照区の体重の変化を表4に示した。試験期間において増体量に両区間で差はなく、調製飼料給与は増体成績に影響がなかった。このことはさきに述べたように、飼料摂取量に両区間で差がなく、そのため増体量に差がみられなかったと考えられた。

格付成績では (表5) 対照区は、上が2頭、中が2頭、並が1頭、等外が1頭で、試験区は、上が3頭、中が3頭、等外が1頭であったが、その平均値で比較すると出荷時体重、枝肉重量、背脂肪厚および格付等級に有意な差はみられなかった。したがって、調製飼料給与は格付成績に影響を及ぼさなかったと考えられ

表5 調製飼料給与が豚の格付成績に及ぼす影響

	試験区 (n=7)	対照区 (n=6)
出荷時体重(kg)	109.8±9.8	112.8±9.9
枝肉重量(kg)	70.3±6.7	71.4±8.0
背脂肪厚(cm)	1.7±0.5	2.2±0.4
格付等級	3.14±1.1	2.83±1.17

平均値±標準偏差で示した。

格付等級は、極上=5, 上=4, 中=3, 並=2, 等外=1で換算。

る。豚枝肉の格付成績では、枝肉重量と皮下脂肪厚をはじめに考慮し、その後枝肉の外観および肉質を考慮して決定される(日本食肉格付協会, 1996年)。また、出荷体重が枝肉重量および皮下脂肪厚に大きく影響する。本試験では出荷体重が対照区および試験区で同様であったため、格付成績において差がみられなかったと考えられる。

調製飼料給与が胸最長筋の肉質に及ぼす影響を表6に示した。

第7および第12胸椎部ロース芯面積において、対照区より試験区が大きい傾向を示したが、有意な差はなかった。

肉色では明るさを示すL\*値において、対照区が49.74, 試験区が49.13, 赤みを示すa\*値は、試験区が2.78, 対照区が1.89で、黄色みを示すb\*値において、試験区が7.13, 対照区が6.14といずれの値においても両区間で差はみられなかった。肉色は、と畜後のグリコーゲン分解速度、筋肉内脂肪、筋肉に含まれる色素の酸化状態で決まる(MILLET *et al.* 2004)。また、肉の赤さは筋肉に含まれるミオグロビン量に大きく影響され、加齢や筋肉の運動量の増加にミオグロビンが増加し、赤色が濃くなる。本試験で、対照区、試験区ともほぼ同様な出荷日齢と飼養環境であったことから、肉色に差がみられなかったと思われる。

加熱損失率は対照区が28%, 試験区が30%だった。加熱損失率は多汗性と関連があり、過熱損失率が小さいほど多汗性が高い(畑江, 1996)。また、豚ロース肉の加熱最終内部温度と肉の品質の関係において、加熱

表6 調製飼料給与が豚の胸最長筋の肉質に及ぼす影響

	試験区 (n=7)	対照区 (n=6)
ロース芯面積R7 (cm <sup>2</sup> )	33.9±1.73	32.5±4.74
ロース芯面積R12 (cm <sup>2</sup> )	49.0±2.27	46.7±4.69
肉色		
L*値	49.1±1.71	49.7±2.21
a*値	2.8±1.02	1.9±0.53
b*値	7.1±1.04	6.1±0.72
切断抵抗値(kg)	9.37±1.11	7.78±1.37
加熱損失率(%)	27.4±0.94	27.6±0.55
水分含量(%)	72.6±0.74	73.3±0.73
粗脂肪含量(%)	3.3±0.95	2.6±0.91

平均値±標準偏差で示した。

異なる肩文字間に有意差あり a,b ; p<0.05

最終温度が高いほど損失率が大きく、加熱損失率は60℃で21.6%, 70℃で29.3%, 80℃で36.7%と報告されており(畑江, 1996), 本試験では加熱温度70℃で測定したことから、この報告と一致した。

切断抵抗値は、試験区が対照区より有意に大きい値を示した(P<0.05)。一般に、解体後から筋肉の最大硬直期までに要する時間は、0~4℃に枝肉を放置したとき、通常、豚で12時間要し、1℃での熟成で硬直の80%が解けるのは解体後、豚で5日間かかると報告されている(沖谷, 1996)。したがって、この切断抵抗値における差は、解体後3日目から分析を開始したため、試験区および対照区の豚肉の熟成が不十分であったことが原因と考えられた。

水分含量は試験区が72.6%, 対照区が73.3%と試験区が少ない傾向を示したが、差はみられなかった。一般に筋肉中の水分含量は加齢とともに減少する(鈴木, 1996)。出荷時の両試験区の平均日齢は、試験区が185日, 対照区が186日とほぼ同様であったため水分含量に差がみられなかったと考えられる。

粗脂肪含量では試験区が3.3%, 対照区が2.6%と試験区が多い傾向を示したが、有意な差はみられなかった。筋肉の水分含量と脂肪含量の関係は負の相関関係にあり、水分含量が多くなると、脂肪含量が少なくなるとされている(鈴木, 1996)。本試験においても、水分含量の少ない試験区において粗脂肪含量が多い傾向

表7 調製飼料給与が豚の皮下脂肪の脂肪酸組成に及ぼす影響(%)

脂肪酸	試験区 (n=7)	対照区 (n=6)
C14:0	1.3 <sup>a</sup> ±0.08	1.1 <sup>b</sup> ±0.08
C16:0	23.0±0.54	22.9±0.91
C16:1	1.5±0.18	1.5±0.22
C18:0	18.5±0.72	17.7±1.34
C18:1	43.7±0.76	44.8±0.53
C18:2	11.1±0.73	10.9±1.40
C18:3	1.0±0.14	1.1±0.16
TUSA <sup>1)</sup>	57.3±0.72	58.3±1.94

平均値±標準偏差で示した。異なる肩文字間に有意差あり a,b ; p<0.05

<sup>1)</sup> TUSA: 総不飽和脂肪酸,

表8 調製飼料給与が豚の筋間脂肪の脂肪酸組成に及ぼす影響(%)

	試験区 (n=7)	対照区 (n=6)
C14:0	1.2±0.08	1.2±0.07
C16:0	24.2±0.78	24.6±0.75
C16:1	1.4±0.62	1.7±0.35
C18:0	18.9±1.12	18.2±1.15
C18:1	43.1±1.38	43.8±2.32
C18:2	10.4±1.69	9.6±1.73
C18:3	0.9±0.16	0.9±0.16
TUSA <sup>1)</sup>	55.7±1.43	56.1±1.30

平均値±標準偏差で示した。

<sup>1)</sup> TUSA: 総不飽和脂肪酸

を示し、同様の結果が得られた。

調製飼料給与が皮下脂肪の脂肪酸組成に及ぼす影響を表7に、筋間脂肪の脂肪酸組成に及ぼす影響を表8に示した。

皮下脂肪の脂肪酸組成では、C14:0（ミリスチン酸）において、試験区が1.3%と対照区（1.1%）に比べ有意に大きい値を示した。その他の脂肪酸組成では試験区と対照区との間に有意な差はみられず、C18:1（オレイン酸）、C16:0（パルミチン酸）、ステアリン酸（C18:0）の順に多い割合を占めた。また、総不飽和脂肪酸割合（TUSA）においても、試験区間で差はみられなかった。筋間脂肪の脂肪酸組成では両試験区ともほぼ同様な脂肪酸組成を示し、差はみられなかった。

豚の皮下脂肪ではオレイン酸が最も多く、次いでパルミチン酸、ステアリン酸が含まれることが報告されており（LIZARDO *et al.* 2002）、本研究の結果と一致した。また、豚の枝肉脂肪の品質は、給与飼料の質によって大きく左右されるとされている（LIZARDO *et al.* 2002）が、本試験での配合飼料の30%を換えた調製飼料給与は、豚の皮下脂肪および筋間脂肪の脂肪酸組成にほとんど影響がないと考えられた。

以上のことから、調製飼料給与は、豚の飼料嗜好性、増体成績、肉量、および肉質に影響をおよぼさなかったことから、本試験で用いた調製飼料は豚用配合飼料に30%まで代替でき、豚用飼料として有用であると考えられる。

なお、本試験で用いたポテトパルプはデンプン生産時のみに発生することから、通年、安定した供給がなされるわけではないが、乳酸生成糸状菌を用いサイレージ調製にすることにより、通年、安定供給が可能となると考えられた。また、おから、屑パンおよび食品残渣は、通年、安定供給が望める。またこれらの原料は、豚の産肉性に全く悪影響がみられなかったため、今後、飼料としての利用が期待できる。さらに肥育豚用飼料として適したものにするためには、飼料成分の点からデンプン含量を増加させ、粗脂肪含量を低減する、また飼料調製のコストの点からサイレージをそのまま給与するなど改善が必要と思われる。

## 文 献

阿部 亮 (2000) 飼料と脂肪の質. 未利用有機物資源の飼料利用ハンドブック. 36-37. サイエンスフォーラム. 東京.  
 浜口 充・吉田宣夫 (1999) 未利用資源の養豚用飼料化体系の確立 (II) 肥育豚への乾燥豆腐粕給与. 埼玉県畜産センター研究報告, 3: 18-25  
 畑江敬子 (1996) 食肉の調理, 肉の科学 (沖谷明紘編). 112-127. 朝倉書店. 東京.  
 堀北哲也 (2000) 肥育管理プログラム 生産獣医医療

システム養豚編 133-135 農山漁村文化協会. 東京.

LIZARDO R., J. van MILGEN, J. MOUROT, J. NOBLET, M. BONNEAU (2002) A nutritional model of fatty acid composition in the growing-finishing pig. *Livestock Prod. Sci.*, 75:167-182

MILLET S., M. HESTA, M. SEYNAEVE, E. ONGENAE, S. De SMET, J. DEBRAEKELEER, G.P.J. JANSSENS (2004) Performance, meat and carcass traits of fattening pigs with organic versus conventional housing and nutrition. *Livestock Prod. Sci.*, 87:109-119

日本食肉格付協会 (1996) 枝肉取引規格解説書, 豚枝肉取引規格編. 10-14

丹羽美次・中西五十 (1995) 食品製造副産物の肥育豚における利用性に関する研究, 2. 豆腐粕サイレージ給与による発育および体脂肪に及ぼす影響. *日豚会誌*, 32: 1-7

農林水産省農林水産技術会議事務局編 (1998) 日本飼養標準豚1998年版, 中央畜産会. 東京

農林水産省生産局畜産部畜産振興課消費安全局衛生管理課薬事・飼料安全室 (2004) 飼料をめぐる情勢

農林水産省食品流通局企画課食品環境対策室 (2000) 食品廃棄物の飼料化をめぐる行政対策 未利用有機物資源の飼料利用ハンドブック. 23-27. サイエンスフォーラム. 東京.

岡田 舞・渡邊 彩・松岡 栄・三浦俊治・小田有二・河合正人 (2005) 乳酸生成糸状菌 (*Amylomyces rouxii*) 添加ポテトパルプサイレージ貯蔵中における化学成分および発酵品質の経時的変化. *北畜会報*, 47: 59-64

沖谷明紘 (1996) 熟成によるおいしさの発現. 肉の科学 (沖谷明紘編). 71-86. 朝倉書店. 東京.

大澤貴之・亀井勝浩・丹羽美次・金 一・川島知之・佐伯真魚・堀与志美・矢後啓司・阪上 泉・音成洋司・阿部 亮 (2004) 食品循環資源の利用による高品質肉豚肥育. *日豚会誌*, 41: 207-216

落合 香・中西五十・赤間亮子・服部朱美・丹羽美次 (2003) 食品製造副産物の肥育豚への利用性に関する研究. 20) 無洗米の糠の肥育豚への飼料効果. 第80回日本養豚学会大会. 講演要旨, 5.

鈴木 晋 (1996) 食肉製品の知識. 幸書房. 東京.

田中智夫 (2001) ブタの動物学. 125-128. 東京大学出版会. 東京.

山口昇一郎・山本朱美・村上徹哉・伊藤 稔・古谷 修 (2005) アミノ酸添加低蛋白質飼料へのミカンジュース粕の配合が豚の発育, 背脂肪厚, 肉色および窒素排せつ量に及ぼす影響. *日本養豚学会誌*, 42: 20-26



## 研究ノート

## 乳酸生成糸状菌 (*Amylomyces rouxii*) 添加ポテトパルプサイレージ 給与がホルスタイン種去勢肥育牛の肉質に及ぼす影響

日高 智<sup>1</sup>・高柳樹行<sup>1</sup>・三浦俊治<sup>2</sup>・小田有二<sup>3</sup>

<sup>1</sup>帯広畜産大学, 帯広市 080-8555

<sup>2</sup>雪印種苗株式会社技術研究所, 江別市 069-0832

<sup>3</sup>北海道農業研究センター, 芽室町 082-0071

### The effect of feeding potato pulp silage added fungus *Amylomyces rouxii* on meat quality of Holstein steers.

Satoshi HIDAKA<sup>1</sup>, Tatsayuki TAKAYANAGI<sup>1</sup>, Toshiharu MIURA<sup>2</sup> and Yuuji ODA<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Obihiro University of Agriculture and Veterinary Medicine, Obihiro 080-8555

<sup>2</sup>Snow Brand Seed CO., LTD. Technical Research Institute, Ebetsu 069-0832

<sup>3</sup>National Agriculture Research Center for Hokkaido Region, Memuro 082-0071

キーワード：ポテトパルプサイレージ, 乳酸生成糸状菌, 肉質, ホルスタイン種去勢牛

Key words : potato pulp silage, *Amylomyces rouxii*, meat quality, Holstein steer

#### 要 約

ポテトパルプの有効利用を目的として、発酵品質の良いサイレージを調製するために、乳酸生成糸状菌 *Amylomyces rouxii* をポテトパルプに添加し、サイレージを調製して、得られた乳酸生成糸状菌添加ポテトパルプサイレージの保存性、および肉用牛へ給与した場合の肉質に及ぼす影響について検討した。

ホルスタイン種去勢肥育牛26頭を用いて、*Amylomyces rouxii* を添加・調製したポテトパルプサイレージ給与区9頭 (APS区)、無添加ポテトパルプサイレージ給与区8頭 (CPS区)、サイレージを給与しない対照区9頭とした。馴致期間 (9日間) と試験期間 (72日間) の計81日間の給与試験を行ない、それぞれのサイレージのカビなどによる廃棄量を算出した。また、飼養試験終了後、供試牛を出荷して枝肉格付成績を得て、各試験区の格付等級を比較した。さらに、各試験区から6頭を選び、第7～10胸椎部胸最長筋の肉質 (水分含有割合、粗脂肪含有割合、肉色、加熱損失率、切断抵抗値) と皮下および筋間脂肪の脂肪酸組成について検討し

た。

サイレージの廃棄量はAPSに比べてCPSが多く、その廃棄率は、APSが0.18%、CPSが0.27%とCPSはAPSの1.5倍であった。出荷体重および格付等級には、試験区間で差はみられなかった。肉質では、加熱損失率を除くすべての項目に試験区間で差はみられなかった。加熱損失率は、APS区が対照区より、有意に大きい値を示した ( $p < 0.05$ )。胸最長筋の切断抵抗値では、有意差はなかったが、APS区が他の試験区より小さい傾向を示した。また、皮下および筋間脂肪の脂肪酸組成には各試験区間で差はみられなかった。

以上のことから、ポテトパルプサイレージの保存性は乳酸生成糸状菌添加により改善されると考えられた。また、乳酸生成糸状菌添加ポテトパルプサイレージの給与による格付等級や肉質に大きな影響がみられなかったことから、乳酸生成糸状菌 (*Amylomyces rouxii*) 添加ポテトパルプサイレージは、肉用牛のエネルギー供給飼料として有用であると考えられた。

#### 結 言

日本の飼料自給率は、可消化養分総量 (TDN) ベースで年々減少しており、2002年度の肉用牛経営では、

繁殖経営こそ59.2%と高い数値を保っているが、和牛および乳用種去勢牛の肥育においては、それぞれ3.1%、1.3%と非常に低い値となっている（農林水産省, 2004）。

また、日本国内では2000年に口蹄疫が発生したこと以外にも、牛海綿状脳症（BSE）が発生するなど、輸入飼料が原因と考えられる疾病が発生している。そのため、家畜の健康や飼養環境以外にも、飼料の安全性が厳しく求められている。そこで、これまでは水分含有量が多く貯蔵が困難なため飼料としてあまり利用されてこなかった粕類などの国産の加工副産物を有効利用することが考えられる。

ジャガイモからのデンプンの生産にともなって多量のポテトパルプ（デンプン粕）が生じる。その量は1年間で北海道だけでも10万トンにもなる。ポテトパルプは、エネルギー源の補助飼料として利用価値が高いが、水分含有割合が80%以上あり、長期保存には適さない（古川, 2001）。また、乾燥処理によって安定供給が可能だが、そのコストが膨大なため経済的ではない。しかし、ポテトパルプをサイレージ化して利用することにより長期保存が可能となり、乾燥処理よりも経済的なメリットが大きい。さらに、輸入穀類飼料の代替となり安全性においても利点が大きいと考えられる。

サイレージは乳酸発酵を促進し、酪酸発酵を防止することにより発酵品質が良くなり、牛の嗜好性が向上する（増子, 2003）。ポテトパルプに乳酸生成糸状菌（*Amylomyces rouxii*）を添加すると、乳酸生成が増加し（三浦ら, 2004）、良質のポテトパルプが調製できる（岡田ら, 2005）。

そこで本試験では、乳酸生成糸状菌を添加・調製したポテトパルプサイレージの保存性および肉用牛へ給与したときの肉質に及ぼす影響について、糸状菌無添加のポテトパルプサイレージと比較検討した。

## 材料および方法

帯広市内のS牧場で、2004年7月6日～7月14日までの9日間を馴致期とし、7月15日～9月24日までの72日間を試験期間として飼養試験を実施した。

ポテトパルプは神野デンプン工場（更別村）から排出されたものを用いた。ポテトパルプサイレージ（PPS）の調製は、500kg容量のトランスバックで行なった。乳酸生成糸状菌（*Amylomyces rouxii*）をフスマに混ぜて調製した麴を、ポテトパルプ現物量に対して1%の割合で均等に添加・混合して密封し、1ヵ月以上ガラス温室内で発酵させ、サイレージ（APS）とした。また、乳酸生成糸状菌を添加しない無添加サイレージ（CPS）も調製した。供試したポテトパルプの成分とAPSおよびCPS成分を表1に示した。

肥育牛への給与飼料と給与量は1日1頭あたり、現物量で肉用牛用配合飼料10.6kg、ビール粕2.0kg、ライ

表1 ポテトパルプ、乳酸生成糸状菌添加および無添加ポテトパルプサイレージの飼料成分（%）

	ポテトパルプ (n=8)	APS <sup>1)</sup> (n=5)	CPS <sup>2)</sup> (n=5)
乾物	21.6±2.7	21.4±2.0	21.6±1.9
CP	4.8±0.3	5.9±0.4	5.4±0.3
デンプン	66.4±4.9	53.9±5.9	54.3±6.9
NSC <sup>3)</sup>	74.4±3.1	73.5±3.4	74.0±3.2
粗脂肪	0.7±0.7	0.7±0.3	0.5±0.4
灰分	1.5±0.1	1.7±0.2	1.5±0.1
OCC <sup>3)</sup>	78.3±2.8	78.0±3.8	79.4±3.2
OCW <sup>3)</sup>	20.3±2.8	19.8±2.9	19.1±3.0

平均値±標準偏差で示した。乾物以外は、乾物中割合。

<sup>1)</sup>乳酸生成糸状菌添加ポテトパルプサイレージ

<sup>2)</sup>無添加ポテトパルプサイレージ

<sup>3)</sup>NSC:非構造性炭水化物, OCC:細胞内容物, OCW:総繊維

グラス0.8kg、モミガラ0.2kgで、これらを混合してTMRとして給与した。これらの飼料成分を表2に示した。また、すべての飼料は、十勝農業協同組合連合会農産化学研究所に分析を依頼した。

約17ヵ月齢のホルスタイン種去勢肥育牛26頭を、TMRを給与した対照区（9頭）、TMRの2kgをAPS10kgに替えて給与したAPS区（9頭）、同様にTMRの2kgをCPS10kgに替えて給与したCPS区（8頭）の3群で飼養した。飼料は8:00と16:00の1日2回給与した。

飼養試験終了後に試験牛を全頭出荷し、出荷体重および枝肉格付成績を得た。枝肉格付は、社団法人日本食肉格付協会帯広事業所に依頼して実施した。なお、APS区およびCPS区にそれぞれ1頭ずつ、淘汰牛が含まれていたため、これらを除いて比較検討した。

肉質の分析は、供試牛の試験開始時の体重が測定できず、各区の試験開始時体重の違いが肉質に及ぼす影響を除くため、各試験区から出荷体重の同様な6頭を選び、3試験区で計18頭の第7～11肋骨部リブローズの胸最長筋と皮下および筋間脂肪について行なった。分析は、胸最長筋の水分含量、粗脂肪含量、肉色（L\*, a\*, b\*値）、加熱損失率および切断抵抗値について、皮下および筋間脂肪の脂肪酸組成について行なった。

水分含量は第7胸椎部胸最長筋約150gを挽肉機で

表2 供試飼料の飼料成分（%）

	配合飼料	ビール粕	ライグラス	モミガラ
乾物	86.4	34.0	86.0	87.7
CP	13.9	22.4	3.9	2.7
デンプン	40.3	4.2	3.4	0.1
NSC <sup>1)</sup>	62.4	0.7	15.4	5.6
粗脂肪	4.4	11.4	1.2	0.3
灰分	4.9	2.1	4.9	15.8
OCC <sup>1)</sup>	78.5	31.6	19.1	7.4
OCW <sup>1)</sup>	16.6	66.3	76.1	76.8

平均値±標準偏差で示した。乾物以外は、乾物中割合。

<sup>1)</sup>NSC:非構造性炭水化物, OCC:細胞内容物, OCW:総繊維



3回挽き、試料とした。アルミ秤量缶にアルミ箔、ガラス棒、海砂を入れ、恒温乾燥機で100℃、3時間加熱し、さらに1時間デシケータで放冷し、恒量を秤量した後、アルミ秤量缶に、サンプルを約5g入れ、精秤し、海砂と混合した後、ホットプレート上で予乾した。それを100℃の恒温乾燥機で3時間加熱乾燥し、デシケータで60分放冷し秤量した。その重量の損失割合を水分含量とした。粗脂肪含量は、水分を測定したサンプルとアルミ箔を、円筒濾紙につめ、ソックスレー抽出装置に入れて、16時間以上エーテル抽出を行なった。その後抽出ビンで100℃で3時間加熱し、その後1時間放冷し、秤量した。ビンの抽出後の重量と抽出前の恒量の差から粗脂肪含量を算出した。肉色は第11胸椎部胸最長筋を4℃1時間空気に曝した後EELmeter (MINOLTA, CM-1000 東京) を用いてL\*値、a\*値、b\*値を測定した。加熱損失率は第8-10胸椎部胸最長筋を2.5cmの厚さに2枚切り、付着する水分を拭き取り重量を測定した後、試料をビニール袋に入れ、70℃のウォーターバス中で1時間加熱した。生じた滲出液を捨て肉の重量を測定し、加熱前の肉の重量に対する加熱後の重量の減少割合を加熱損失率とした。切断抵抗値は、加熱損失率を測定した試料を用いて、直径2.5cmのコアラで6本のコアを筋線維の方向に平行に打ち抜き、切断抵抗測定機 (Warner-Bratzler meat share Model 235, G-R manufacturing Co, USA) を用いて、12回の測定値を得た後、最大値と最小値を除く平均値を切断抵抗値とした。脂肪酸組成は第7胸椎部胸最長筋に付着する脊椎側の筋間脂肪と胸最長筋中央部背側の皮下脂肪約5mgを採取し、ねじ付き試験管に入れ、塩酸を5%含むメチルアルコール5mlを加えて、100℃で3時間、脂肪をメチル化した。その後、ねじ付き試験管にヘキサンを5ml加え1分間振とうし、上層のヘキサン層を分液ロート中へ入れた。その後、またヘキサンを入れ、計3回上層を分液ロートに入れた。水溶性画分を除くために分液ロート中に、蒸留水を加え、振とうした。ヘキサン層を濃縮後、ガスクロマトグラフィー (GC14A島津製作所, 京都) により分析した。分析はキャリアーガスとしてヘリウムを用い、キャピラリーカラム (ULBON HR-SS-10, 0.32mm x 30m, 信和化工, 京都) でインジェクター温度250℃, ディテクター温度250℃, 初期温度150℃, 昇温最終温度220℃で行なった。各脂肪酸の同定には標準試料のメチルエステルキット (GLサイエンス社, 東京) を分析し、クロマトデータ処理機 (C-R6A CHROMATOPAC, 島津製作所, 京都) でその保持時間が一致することを確認した。脂肪酸はミリスチン酸 (C14:0), ミリストレイン酸 (C14:1), パルミチン酸 (C16:0), パルミトレイン酸 (C16:1), ステアリン酸 (C18:0), オレイン酸 (C18:1), リノール酸 (C18:2) の7種について同定し、脂肪酸割合を算出した。

表3 APSおよびCPSの廃棄量と廃棄率

	APS <sup>1)</sup>	CPS <sup>2)</sup>
開封量 (kg)	6,885	6,120
廃棄量 (kg)	12.6	16.8
廃棄率 <sup>3)</sup> (%)	0.18	0.27

<sup>1)</sup> 乳酸生成糸状菌添加ポテトパルプサイレージ

<sup>2)</sup> 無添加ポテトパルプサイレージ

<sup>3)</sup> 開封量に対する廃棄量の割合

統計解析は各測定項目についてSASのGLMプロシジャで分散分析を行ない、Tukeyの多重比較を用いて各試験区間で比較した (SAS Institute Inc., 1985)。危険率が0.05未満のとき (P<0.05), 差が有意であるとした。

### 結果および考察

ポテトパルプサイレージ (PPS) に対する牛の嗜好性は良く、給与した飼料の全量が採食された。トランスバックでの貯蔵中にカビなどにより汚損して廃棄した量と開封したPPS量に対する廃棄量の割合、すなわち廃棄率を表3に示した。廃棄量は、APS区が12.6kgに対してCPS区の方が16.8kgと多かった。この量を開封したPPSに対する割合で示すと、APSは0.18%であったのに対して、CPSはAPSの0.27%と1.5倍多かった。

サイレージは乳酸発酵を促進し、酪酸発酵を防止すると良質なサイレージとなる (増子, 2003)。三浦ら (2004) は乳酸生成糸状菌を添加したポテトパルプサイレージは貯蔵発酵55日において、乳酸生成量が現物あたり1.23%であるのに対して、無添加では1.06%であり、ポテトパルプサイレージに含まれる酢酸やエタノールの含量も乳酸生成糸状菌添加によって増加することを報告している。また、岡田ら (2005) は、ポテトパルプに乳酸生成糸状菌を添加することによって、良質のサイレージが調製できることを報告している。本試験において、乳酸生成糸状菌である *Amylomyces rouxii* を添加したAPS区の損耗率がCPS区に比べて低かったことは、APSの方がCPSに比べて乳酸発酵が促進されたため (三浦ら2004) と考えられる。したがってポテトパルプでサイレージを調製する場合に乳酸生成糸状菌を添加するとその保存性が改善されると思われる。

各試験区の1頭1日あたりのTDN摂取量は、対照区、APS区、CPS区においてそれぞれ8.5kg, 8.7kg, 8.7kg, またCP摂取量はそれぞれ1,455g, 1,367g, 1,358gとPPS給与区が対照区よりTDN摂取量がやや多く、CP摂取量がわずかに少なかった。これらの値を乳用種去勢牛の育成肥育に要する養分量 (農林水産技術会議事務局編, 2000) と比較すると、TDN摂取量はどの試験区においても体重650kgでの増体日量1.0~1.2kg/日の範囲にあり、またCP摂取量はどの試験区においても増体日量1.4kg/日の値1,125gを上回っており、各試験区での養分摂取量に大きな違いはなかったと考えられた。

表4 乳酸生成糸状菌添加ポテトパルプサイレーシ給与がホルスタイン種去勢肥育牛の出荷体重と枝肉格付等級に及ぼす影響

	対照区 (n=9)	APS区 <sup>1)</sup> (n=8)	CPS区 <sup>2)</sup> (n=7)	P
出荷体重 (kg)	748.0±42.0	768.5±35.3	752.3±36.7	0.531
歩留等級	1.89±0.60	1.88±0.35	2.0±0.00	0.825
肉質等級	2.00±0.00	2.13±0.35	2.14±0.38	0.551
枝肉重量 (kg)	404.7±26.1	422.0±24.0	421.6±24.4	0.286
胸最長筋面積 (cm <sup>2</sup> )	41.8±7.9	39.3±3.7	41.3±4.3	0.650
バラ厚 (cm)	5.4±0.7	5.9±0.5	5.8±0.5	0.181
皮下脂肪厚 (cm)	1.8±0.2	1.7±0.4	1.7±0.4	0.823
歩留基準値	69.7±1.4	69.6±0.6	69.8±0.6	0.883
BMS No.	2.3±0.5	2.1±0.4	2.3±0.8	0.725
脂肪交雑等級	2.3±0.5	2.1±0.4	2.1±0.4	0.539
BCS No.	3.8±0.4	3.8±0.5	4.1±0.5	0.173
肉の光沢	2.2±0.4	2.3±0.5	2.1±0.4	0.885
肉の色沢等級	2.2±0.4	2.3±0.5	2.1±0.4	0.885
肉の締まり	2.1±0.3	2.3±0.5	2.3±0.5	0.684
肉のきめ	2.9±0.3	3.0±0.0	2.9±0.4	0.599
締まり・きめ等級	2.1±0.3	2.3±0.5	2.3±0.5	0.684
BFS No.	2.1±0.3	2.0±0.0	2.0±0.0	0.454
脂肪の光沢と質	4.0±0.0	4.0±0.0	4.0±0.0	-
脂肪等級	4.0±0.0	4.0±0.0	4.0±0.0	-

歩留等級はA=3, B=2, C=1として算出した。

<sup>1)</sup>APS区 乳酸生成糸状菌添加ポテトパルプサイレーシ給与区

<sup>2)</sup>CPS区 無添加ポテトパルプサイレーシ給与区

各試験区の淘汰牛を除く出荷体重と格付成績を表4に示した。出荷体重と枝肉重量では、APS区が対照区に比べて大きい傾向を示したが、各試験区間で差はみられなかった。このことは、本試験は7月から9月の暑熱期に実施したことから、水分を多く含むPPSに対する牛の嗜好性が高く、給与した全量を採食し、各試験区での養分摂取量がほぼ同様であったため、出荷体重と枝肉重量に各試験区間で差がみられなかったと考えられる。

また、格付成績の各項目に各試験区間で差はみられなかった (P>0.05)。

これは、肉用牛のフィードロット飼料にジャガイモ副産物を20%まで代替しても格付成績に差はみられないと報告 (NELSON *et al.*, 2000) されており、本試験での代替レベルは約15%であったことから、この報告

と一致した。また、APS区とCPS区との間においても格付等級には差がみられないことから、養分摂取量が同様な場合には乳酸生成糸状菌添加は格付等級に影響を及ぼさないと考えられる。しかし、肉用牛の仕上げ飼料へジャガイモ粕を40%まで代替給与した場合、枝肉重量や歩留等級において給与しない群よりも低下する (RADUNZ *et al.*, 2003) とされており、APSの最適な給与割合を検討する必要があると思われる。

表5にAPS給与が胸最長筋の肉質に及ぼす影響を示した。

水分含有割合は、APS区が64.3%、CPS区が63.3%、対照区が63.5%で各試験区間に差はみられなかった。粗脂肪含有割合においても各試験区間に差はなかった。胸最長筋の肉色において、L\*値、a\*値、b\*値の3項目とも試験区間で差はみられなかった。胸最長筋の

表5 乳酸生成糸状菌添加ポテトパルプサイレーシ給与がホルスタイン種去勢肥育牛の胸最長筋の肉質に及ぼす影響

	対照区 (n=6)	APS区 <sup>1)</sup> (n=6)	CPS区 <sup>2)</sup> (n=6)	P
水分 (%)	63.5±3.46	64.3±3.07	63.3±3.43	0.859
粗脂肪 (%)	15.2±4.71	14.4±3.70	15.7±4.53	0.868
切断抵抗値 (kg)	8.05±0.89	6.51±1.36	8.15±1.58	0.083
加熱損失率 (%)	23.2±1.42 <sup>b</sup>	26.4±2.18 <sup>a</sup>	25.5±2.16 <sup>ab</sup>	0.037
肉色 L*	45.4±1.73	42.2±1.90	42.9±2.64	0.053
a*	19.4±1.95	18.4±0.55	19.8±1.55	0.296
b*	13.6±1.69	11.8±1.18	13.0±1.42	0.121

平均値±標準偏差で示した。a,b;異なる肩文字間に有意差あり (P<0.05)

<sup>1)</sup>APS区 乳酸生成糸状菌添加ポテトパルプサイレーシ給与区

<sup>2)</sup>CPS区 無添加ポテトパルプサイレーシ給与区

表6 乳酸生成糸状菌添加ポテトバルブサイレージ給与がホルスタイン種去勢肥育牛の皮下脂肪の脂肪酸組成割合に及ぼす影響 (%)

脂肪酸	対照区 (n=6)	APS区 <sup>1)</sup> (n=6)	CPS区 <sup>2)</sup> (n=6)	P
C14:0 (ミリスチン酸)	3.3±0.6	3.7±0.4	3.6±0.6	0.409
C14:1 (ミリストレイン酸)	1.4±0.4	1.6±0.4	1.8±0.5	0.412
C16:0 (パルミチン酸)	24.8±1.7	25.4±1.0	25.5±1.4	0.713
C16:1 (パルミトレイン酸)	4.8±0.5	5.6±1.5	4.8±1.5	0.473
C18:0 (ステアリン酸)	11.1±1.5	10.3±1.5	10.9±1.8	0.721
C18:1 (オレイン酸)	51.6±2.5	50.7±1.5	50.3±2.4	0.659
C18:2 (リノール酸)	3.0±51.6	2.6±0.6	2.9±0.5	0.516
不飽和脂肪酸合計	60.8±2.4	60.5±1.7	59.8±2.4	0.786

平均値±標準偏差で示した。

<sup>1)</sup>APS区 乳酸生成糸状菌添加ポテトバルブサイレージ給与区

<sup>2)</sup>CPS区 無添加ポテトバルブサイレージ給与区

切断抵抗値は、APS区が6.5kg、CPS区が8.1kg、対照区が8.1kgと試験区間で差はみられなかったが、APS区の値が他の試験区の値に比べてやや低く、肉が柔らかい傾向がみられた。胸最長筋の加熱損失率は、APS区が26.4%、CPS区が25.5%、対照区が23.2%と、APS区とCPS区、CPS区と対照区との間には差はなかったが、APS区と対照区の間では、APS区の方が有意に値が大きかった (P<0.05)。

食肉の水分含有割合の範囲は、おおむね65~70%とされており (服部, 1996)、すべての試験区がこの範囲に近く、APS給与の影響はみられなかったと考えられる。肉色では、L\*値、a\*値、b\*値のすべての項目において各試験区間で差はみられなかった。このことは、豆腐粕や米ぬかを肉牛に給与しても肉色には影響が無く (入江ら, 1999)、また肉用牛のフィードロット飼料にジャガイモ副産物を20%まで代替しても肉質に差はみられない (BUSBOOM *et al.*, 2000) と報告されており、副産物由来の飼料給与が肉色に及ぼす影響は小さいと考えられる。本試験での肉色の結果はこれらの報告と一致した。加熱損失率では、APS区と対照区とを比較すると、APS区の方が有意に値が大きかった (P<0.05)。加熱損失率は、水分含有割合と正の相関関係があり (農

林水産技術会議事務局編, 1987)、水分含有割合が高い傾向を示したAPS区において値が高くなったと考えられる。また、加熱損失率は加熱温度が高いほど増加する (畑江, 1996) が、本試験では加熱温度は各試験区とも70℃と同じであることから加熱温度違いによるものではない。ほぼ同程度の水分含有割合を示したCPS区と対照区において、加熱損失率ではCPS区が対照区より大きい傾向を示しており、その原因について不明な点も多く、今後検討する必要がある。

切断抵抗値は、各試験区間で差はみられなかった (P>0.05)。切断抵抗値は、牛の月齢、解体後の熟成期間、筋肉のコラーゲン含量などによって左右される (農林水産技術会議事務局編, 1987)。本試験では、すべての供試牛がほぼ同様な月齢であったこと、解体後の熟成期間も同様であったことから、切断抵抗値に対するAPS給与の影響はないと考えられた。

皮下脂肪と筋間脂肪の脂肪酸組成をそれぞれ表6、表7に示した。皮下脂肪および筋間脂肪の脂肪酸組成は、試験区間で差はみられなかった (P>0.05)。皮下脂肪および筋間脂肪の脂肪酸割合は、オレイン酸 (C18:1) が最も多く、次いでパルミチン酸 (C16:0)、ステアリン酸 (C18:0) であり、これまでのホ

表7 乳酸生成糸状菌添加ポテトバルブサイレージ給与がホルスタイン種去勢肥育牛の筋間脂肪の脂肪酸組成割合に及ぼす影響 (%)

脂肪酸	対照区 (n=6)	APS区 <sup>1)</sup> (n=6)	CPS区 <sup>2)</sup> (n=6)	P
C14:0 (ミリスチン酸)	3.0±0.7	3.2±0.6	2.7±0.3	0.468
C14:1 (ミリストレイン酸)	0.9±0.7	0.6±0.1	0.7±0.1	0.110
C16:0 (パルミチン酸)	23.9±2.0	24.4±1.8	24.3±1.9	0.969
C16:1 (パルミトレイン酸)	2.7±0.9	2.1±0.4	2.3±0.4	0.611
C18:0 (ステアリン酸)	19.0±3.6	21.0±1.9	19.4±1.7	0.575
C18:1 (オレイン酸)	47.4±3.0	45.5±2.5	47.3±2.8	0.570
C18:2 (リノール酸)	3.1±0.4	3.3±0.7	3.2±0.5	0.597
不飽和脂肪酸合計	54.1±4.8	51.5±2.6	53.5±3.7	0.576

平均値±標準偏差で示した。

<sup>1)</sup>APS区 乳酸生成糸状菌添加ポテトバルブサイレージ給与区

<sup>2)</sup>CPS区 無添加ポテトバルブサイレージ給与区

ルスタイン種去勢肥育牛の脂肪酸構成の報告(日高と左, 1991)と同様であった。皮下脂肪の不飽和脂肪酸の割合は, APS区が60.5%, CPS区が59.8%, 対照区が60.8%, 筋間脂肪の不飽和脂肪酸の割合は, それぞれ51.5%, 53.5%, 54.1%と試験区間で蓄積部位による違いはみられるが, 各試験区間では差はみられなかった。したがって, 枝肉の蓄積脂肪の脂肪酸組成に対するAPS給与の影響は無かったと考えられる。脂肪の融点は飽和脂肪酸に比べて不飽和脂肪酸が低く(矢ヶ崎, 1996), 適度な量の脂質は肉をおいしく感じさせる(畑江, 1996)。本試験では, 食味試験を実施していないが, 胸最長筋の肉質において加熱損失率を除いて, 粗脂肪含有割合, 切断抵抗値に各試験区間で差がみられなかったこと, また脂肪酸組成においても各試験区間で差がなかったことから食肉の味に対するAPS給与の影響はほとんどないものと思われた。

以上のことから, 乳酸生成糸状菌(*Amylomyces rouxii*)添加ポテトパルプサイレージは, 無添加のポテトパルプサイレージに比べて, カビなどによる損耗率が低く, 長期保存に適したサイレージであり, 肉用牛に給与しても格付等級や肉質に大きな影響を与えないことが明らかとなった。したがって, 糸状菌添加ポテトパルプサイレージは肉用牛のエネルギー飼料として有用であると考えられる。本試験では, 飼料給与量の約15%の代替であったが, 今後, どの程度まで給与量を増加させることが可能か, また給与量を増加させたときの飼料利用性や肉質に及ぼす影響を検討する必要がある。

## 文 献

- BUSBOOM J.R., N. L. NELSON, L. E. JEREMIAH, S. K. DUCKETT, J. D. CRONRATH, L. FALEN, and P. S. KUBER (2000) Effects of graded levels of potato by-products in barley- and corn-based beef feedlot diets: II. Palatability. *J. Anim. Sci.*, 78:1837-1844
- 古川修 (2001) ポテトパルプ. 酪農ジャーナル. 54 (9): 44-45
- 畑江敬子 (1996) 食肉の加熱特性. 肉の科学 (沖谷明紘編). 112-116. 朝倉書店. 東京
- 服部昭仁 (1996) 食肉の成分. 肉の科学 (沖谷明紘編). 48-58. 朝倉書店. 東京.
- 日高 智・左 久 (1991) 肉用牛の血漿脂質成分の肥育過程における変化と体脂肪の成長. 栄養生理研究会報. 35: 133-154
- 入江正和・藤谷泰裕・宮腰雄一・今井明夫. (1999)「豆腐粕・米ぬか」混合飼料の給与が肉質に与える影響. 北陸地域重要新技術開発促進事業報告書. 51-54
- 増子孝義 (2003) サイレージ発酵品質. 酪農基本ワード. 32-33. デーリィ・ジャパン社. 東京.
- 三浦俊治・北村 亨・篠田英史・田中秀俊・山下征夫 (2004) 乳酸生成糸状菌を利用したサイレージの調製試験. 乳酸生成糸状菌による農産物加工副産物利用技術の開発 平成15年度研究成果報告書, 95-108
- NELSON N. L., J. R. BUSBOOM, J. D. CRONRATH, L. FALEN, and A. BLANKENBAKER (2000) Effects of graded levels of potato by-products in barley- and corn-based beef feedlot diets: I. feedlot performance, carcass traits, meat composition, appearance. *J. Anim. Sci.*, 78: 1829-1836
- 農林水産技術会議事務局編 (1987) 食肉の理化学的特性による品質評価基準の確立, 1-122
- 農林水産技術会議事務局編 (2000) 日本飼養標準肉用牛 (2000年版) 34-37. 中央畜産会. 東京
- 農林水産省生産局畜産部畜産振興課, 消費・安全局衛生管理課, 薬事・飼料安全室. (2004) 飼料をめぐる情勢
- 岡田 舞・渡邊 彩・松岡 栄・三浦俊治・小田有二・河合正人 (2005) 乳酸生成糸状菌 (*Amylomyces rouxii*) 添加ポテトパルプサイレージ貯蔵中における化学成分および発酵品質の経時的変化. 北畜会報, 47:59-64
- RADUNZ A. E., G. P. LARDY, M. L. BAUER, M. J. MARCHELLO, E. R. LOE, and P. T. BERG (2003) Influence of steam-peeled potato-processing waste inclusion level in beef finishing diets: Effects on digestion, feedlot performance, and meat quality. *J. Anim. Sci.*, 81:2675-2685
- SAS Institute Inc. (1985) SAS User's guide: Statistics. Ver.5 ed. SAS Institute Inc. Cary, NC
- 矢ヶ崎一三 (1996) 脂質. 肉の科学 (沖谷明紘編). 99-103. 朝倉書店. 東京

## 学会・シンポジウム報告

第2回畜産における温室効果ガスの制御と利用に関する国際会議  
(GGAA2005)報告高橋 潤一  
帯広畜産大学

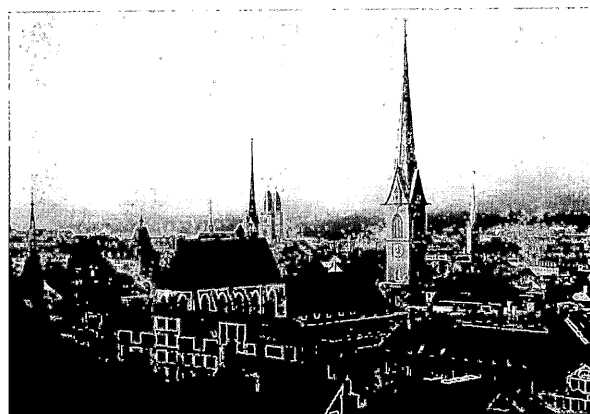
2005年9月20日から25日までの5日間スイス・チューリッヒのスイス連邦工科大学で開催されたThe 2nd International Conference on Greenhouse Gases and Animal Agriculture (GGAA2005)「第2回畜産における温室効果ガスの制御と利用に関する国際会議」について報告する。家畜の消化管に由来するメタン放出量は、メタン全発生量の15%を占め、地球温暖化との関連から削減が求められている。また、家畜糞尿からは二酸化炭素およびメタンなどの温室効果ガスのほかに揮散するアンモニア、硫化水素の有害ガスが酸性雨の一因をなし、全世界的な環境問題をひきおこしている。畜産業の持続的な発展は環境保全の面からこれら環境有害ガスの制御と利用によって可能になるものと考えられる。家畜の消化管に由来するメタンガスは可燃ガスとして回収できないためその制御が課題になる。家畜排泄物から生じるメタンはバイオマスエネルギーとしての有効活用が可能である。バイオガスの活用による化石燃料消費の削減、さらに液肥・堆肥の有効利用による化学肥料に頼らない環境保全型農業の推進を図ることが可能になる。本国際会議では、畜産に関わる温室効果ガスの制御秘術とバイオマスエネルギーとしての積極的な利用技術さらに窒素循環について世界の研究者・技術者が協力して討議し、循環型社会の形成に寄与することを目的とした。

本国際会議は帯広畜産大学とクイーンズランド大学との間で締結した「畜産にかかわる温室効果ガスの制御と利用」に関する日本-オーストラリア政府間プロジェクトに端を発する。このプロジェクトにおいて日本側代表を務め、1999年に科学研究費の補助によりクイーンズランド大学とオーストラリア連邦科学産業研究機構(CSIRO)、クイーンズランド州第一次産業省(DPI)を加え、「畜産と地球温暖化」に関するワークショップをオーストラリアクイーンズランド州・トゥーウンバ市DPIにおいて開催した。2000年には日本学術振興会の補助を受け、日・豪国際セミナーをクイーンズランド大学で主催した。これらの国際ワークショップを基盤として2001年に第1回畜産における温

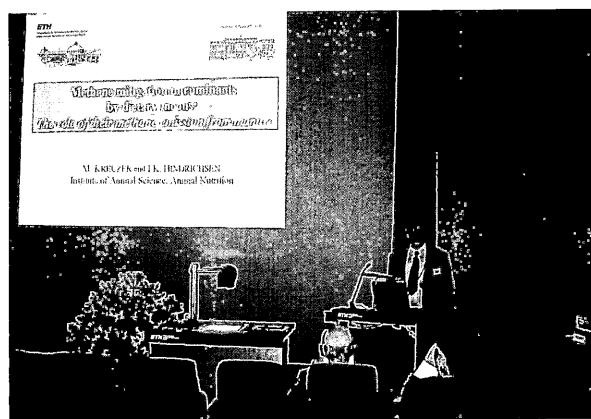
室効果ガスの制御と利用に関する国際会議(GGAA2001)をわが国で主催した。また今年の9月スイス・チューリッヒにあるスイス連邦工科大学(ETH)主催による第2回畜産における温室効果ガスの制御と利用に関する国際会議(GGAA2005)において会長を務めた。副会長はホストオルガニゼーションであるETHマイケル・クロイツェル教授及び事務局長ETHカール・ソリバ博士が勤めた。帯広で開催したGGAA2001は畜産分野から地球温暖化を討議する世界でも初めての国際会議であったので、遠隔地にもかかわらず、22カ国が参加し、国連大学他内外からの著名な研究者が最新の研究成果を発表した。今年は2月16日に京都議定書が発効され、GGAAに対する関心が高まり、スイス開催ということで、世界中から35カ国の第一線の研究者がスイス・チューリッヒに集まり22題の招待講演と37題の口頭発表の他にポスターセッションが行われ、160題の研究発表が行われた。とくに会場となったETHではここを卒業し、教授として教鞭を執ったアインシュタインの相対性理論誕生が今年で100年記念にあたることやETHが創立150周年であったことから様々な記念行事が行われていた。ETH記念講堂をメイン会場として開催されたGGAA2005には畜産由来の温室効果ガスの寄与率が突出している欧米、ニュージーランド、オーストラリア等の畜産国は多くの研究者を送り込んだ。またわが国においても国際組織委員会の立ち上げと同時に国内委員会を立ち上げ、帯広畜産大学をはじめ、北海道大学、酪農学園大学、北海道農業センター、東北大学、京都大学、筑波大学、山梨大学から実行委員が参画し、国内実行委員長を帯広畜産大学梅津一孝助教授、事務局長として民間から北王コンサルタントの菊池貞夫が勤め、GGAA2005を支援した。この支援活動が効を奏し、わが国から40名以上が参加した。会議は5日間の会期中、4セッショントピックスについて分科会方式をとらず、全体会議で進められた。セッション1のトピックスは「温室効果ガスと畜産」で副題として「温室効果ガスの現況」、セッション2のトピックスは「メタンの低減と利用」でサブセッションとして「家畜ルーメンメタン生成の制御、バイオエンジニアリング及びルーメンエコシ

ステム」と「テクノロジー—バイオガスプラント、バイオリサイクリング、家畜糞尿の管理と貯留技術」が設定された。セッション3のトピックスは「畜産からの窒素ロスの低減」で、サブセッションとして「家畜—窒素利用の最適化」と「テクノロジー—家畜糞尿の管理と貯留技術、バイオリサイクリング及び家畜・有機性廃棄物を利用する土壌修復」が設けられた。セッション4のトピックスは「温室効果ガスの大気中放出と土壌中へのターンオーバーのモデリング」でこの分野はGGAA2001のバージョンアップとして特記すべきものであり、スイス・EU諸国から優れた研究発表が行われた。モデリングは今後わが国GGAA研究においても強化すべき重要な研究分野であろう。GGAA2001は畜産において、温室効果ガスの中でとくにメタンに着目し、家畜消化管由来のメタンのアセスメントと発生制御からバイオガスとしてのエネルギー利用まで広範な研究発表と討議が行われた。また窒素汚染についてもすでに家畜糞尿・肥料からのアンモニア揮散・亜酸化窒素に関する話題も発表された。GGAA2005ではセッショントピックスが示すように、窒素関連はさらにバージョンアップされ、セッションのおよそ半分が窒素汚染と循環に宛てられた。とくにEU・ニュージーランドからは京都議定書履行に関連して、農・畜産分野における重要な温室効果ガスとしてメタン・亜酸化窒素低減をターゲットにした最新の知見に話題が集中した。研究発表はすべてETHからプロシーディングとして出版されたが、GGAA2001と同様にオランダElsevier社からハードカバーの本として出版予定で、現在編集作業が進められている。

第3回GGAA2008は2008年3月にオーストラリア連邦環境省とニュージーランド農林省との共催により南半球（開催地は協議中）に移して開催することが決定している。このような世界的な機運の高まりは京都議定書の実効が大きなインパクトを与えていることは言うまでもない。しかし、2013年以降のポスト京都議定書の新たな枠組みを見据え、京都議定書の批准国ではない米国、中国、インド等のからも多数の研究者が出席し、熱心に討議に参加していたことは注目に値する。会期中に開催されたGGAA2005国際実行委員会で、いくつかの問題点と課題が指摘された。一つはEU経済圏の拡大が、GGAAの研究に少なからず影響をあたえていることである。例えば、今回の開催国スイスはEUに加盟せず、永世中立国として独自の道を歩み、高い物価と豊かな国家経済に支えられながら、比較的中小規模の酪農経営の持続を可能にしているが、隣国のオーストリアはEU加盟後、流通の拡大によって、独自の伝統乳加工業を支えてきたアルペン酪農が衰退し、近年、この国における牛の放牧風景は様変わりした。放牧地の牧草は牛の飼料としてではなく、バイオガスプラントのエネルギー資源として位置づけられ、飼料以外の用途で利用されていることなどが報告された。さらに重要な課題はGGAAへの開発途上国の参画である。地球温暖化防止は途上国の積極的な参画無しには実現は困難であろう。GGAA会長として途上国畜産における温室効果ガスの制御と利用の国際的な経済・技術支援に向けて今回の成果が生かされることを心から願うものである。



ETH記念講堂テラスから望むチューリッヒ



GGAA2005 副会長ETHクロイツェル教授講演



ポスターセッション



GGAA会長開会挨拶



ミッドコンファレンスツアー ETH附属農場視察



コンファレンスディナーでの日本人参加者





## 学会・シンポジウム報告

## 第39回国際応用動物行動学会の参加報告

新宮 裕子

北海道立天北農業試験場

第39回国際応用動物行動学会 (International Society for Applied Ethology, ISAE) が、2005年8月20日から8月24日までの5日間、神奈川県麻布大学で開催された。大会参加者は全体で約180人であり、そのうち日本人の参加者は約80人であった。今年の参加者は、例年に比べるとやや少なかったが、イギリス、フィンランド、デンマークを始めとしたヨーロッパやアメリカ、オーストラリアまた、タイ、インドネシアなどのアジアからの参加もあり、様々な国の人が参加した。本大会は「ヒトと動物の共生」をメインテーマとし、1「家畜福祉と家畜生産性・家畜健康性との関係」、2「ヒト-動物のつながり」、3「ヒトと野生動物との生活上の関わりからくる諸問題とその解決法」、4「飼育環境エンリッチメント」、5「Free Papers」の5つのサブテーマに分かれていた。大会はテーマに沿ってWood-Gush Memorial Lecture 1題、基調講演5題、口頭発表75題およびポスター発表49題から構成された。全体の日程および筆者が参加したシンポジウム・ワークショップは以下の通りである。

8月21日(日曜日)

- ・開会宣言
- ・Wood-Gush Memorial Lecture  
「動物における認知と動物福祉」 (Watanabe, S.)
- ・基調講演  
「野生および動物福祉にに基づいた“環境エンリッチメント”」 (Koene, P.)
- ・口頭発表・ポスターセッション (牛関連 15題)
- ・ワークショップ  
「泌乳牛の繁殖行動と問題点」

8月22日(月曜日)

- ・基調講演  
「ドーパミンとの関連：動物の常同行動はヒトの嗜癖のモデルになるか？」 (McBride, S.)
- ・口頭発表 (牛関連 3題)
- ・エクスカージョン

8月23日(火曜日)

- ・基調講演  
「高泌乳牛における横臥休息の必要性」 (Munksgaard, L.)
- ・口頭発表・ポスターセッション (牛関連 8題)
- ・バンケット

8月24日(水曜日)

- ・基調講演  
「家畜においてと場までの最大輸送時間」 (Cockram, M.)
- ・口頭発表・ポスターセッション (牛関連 12題)
- ・閉会

口頭およびポスター発表は、家畜の福祉と家畜生産に関する内容が最も多く、その他のテーマも含めて興味深かった発表内容を幾つか紹介する。乳牛と乳生産に関しては、搾乳のために放牧地を出て待機している時間の長さや乳生産量との関連について発表があった (Botheras, N.)。放牧地を出て搾乳までの待ち時間が長くなると乳生産量が下がるという結果であり、搾乳牛の飼養頭数が増えた場合には搾乳施設も短時間で搾乳が終わるように変える必要性が考えられた。牛舎関連では、フリーストール牛舎でのブリスケットボードの設置およびネックレールの位置を変えた場合の横臥休息位置の変化についての発表 (Takeuchi, M.) があった。子牛については、子牛の哺乳量および離乳方法の違いが離乳後の子牛の行動に及ぼす効果 (Nielsen, P. P.) や性別の違いおよび親牛と一緒にいた時間の長さが子牛の行動的な発達に及ぼす効果 (Lauber, M.) といった発表があり、子牛の飼養環境に対する関心の高さが伺えた。

牛の異常行動の一つに舌遊び行動があるが、若牛の舌遊び行動は、放牧地の状態にも依るが放牧されている若牛に比べてペンで飼育されている若牛に頻繁に見られることが指摘された (Ishiwata, T.)。また、馬の異常行動として見られるさく癖については、飼料の種類を変えてさく癖の起こる頻度を測定し、甘味飼料がさく癖を誘発する可能性があることを示唆した (Houpt, K.)。馬のさく癖と飼料との関係については、他の研究

機関から異なる意見が出され議論となった。

ヒトと家畜との関係については、馬に関する研究が6題と、他の家畜に比べるとやや多く、生産よりは乗馬などの使役動物としての役割が多いためヒトと関係が重要視されていることが伺える。幾つかを紹介すると、ヒトと母馬の関係が子馬のヒトに対する行動に及ぼす効果に関する発表があり、ヒトと接触経験のある母馬の子馬は、接触経験のない母馬の子馬に比べると、ヒトが接触するうちにヒトに対する逃避行動が減少し、サドルパッドを置かれてもすぐに馴れることが報告された (Henry, S)。数年前にも、本学会でヒトが直接子馬に触ることで、ある程度はヒトへの恐れを軽減できることが報告されたが、母馬とヒトの接触を見るだけでも同じような効果が得られることは興味深かった。また、乗り手の不安さが馬へと伝わる可能性についての研究があった (von Borstel, U. U)。馬の心拍数を指標に判断したが、結果にはばらつきがあり明確な結果は得られなかった。

筆者自身は、「林間放牧地におけるウマおよびウシのFeeding StationおよびFeeding Patchでの採食行動」という題名でポスター発表を行った。Feeding Stationや

Feeding Patch内での採食動作や移動といった採食行動の観点でウマとウシの採食戦略の違いを解析し、ウマはウシよりもより遠くへ広がって行動し、選択的な採食を行ったという内容であった。ポスターの中で、Feeding Station間の移動歩数からlog-survivorを用いてFeeding Patch内およびFeeding Patch間の移動を分けた事に関心を持たれたようだったので、Feeding Patch内の移動は採食のための移動で、Feeding Patch間の移動は移動のための移動だと考えていることを説明した。

今回の学会は物価の高い日本で開催されたこともあり、ちよつとでも旅費を安く済ませようと、ドミトリーに1泊した。他の人との相部屋は特に気にはならなかったが、電車とバスとタクシーを乗り継いで行った先は、山の中のバンガローでした。もちろん、近くにコンビニはなく、かなりの田舎で、東京にもこんな所があるのだと非常に感心した。普段住んでいる所も草原が広がる広々とした、田舎であるが、それとはまた違った風景の田舎でなかなか良かった。

2006年のISAEは、8月8～12日までイギリスのブリュッセルで開催されることが決定している。来年もぜひ参加したいと思う。



## 学会・シンポジウム報告

## 台湾での家畜廃棄物管理国際検討会に参加して

田村 忠

北海道立畜産試験場 環境草地部 畜産環境科

2004年12月15、16日に台湾の屏東(Pingtung)科技大学で開催された第5回家畜廃棄物管理国際検討会(The Environmental Center for Livestock Waste Management's 5th International Symposium)に講演者として出席する機会を得た。屏東科技大学は台湾南部、高雄市近郊に位置し、キャンパス周囲は農村風景が広がる、ゆったりとしたスペースのキャンパスには、新築の校舎群と研究農場・公園スペースが広がり、北海道の大学に劣らない豊かな研究環境が印象的であった。

## 検討会の内容

今回で5回目を迎える本検討会は、屏東大学にアメリカの大学・企業の協力で設立された畜産廃棄物処理のための環境センター(Environmental Center for Livestock Waste Management)が主催である。海外からの招待研究者と台湾内の研究者が、畜産環境(主にふん尿処理利用)に関する最新の研究成果について発表し、会場の参加者と意見交換する。今回の講演者は、アメリカから4名、韓国、日本から1名ずつと台湾の4名であった。聴衆は、台湾の研究者、農業関係者100名ほどであった。



写真1 海外からの講演者。左端が筆者

各研究者の発表内容は、飼料給与技術、污水浄化システム、温室効果ガス発生量、人工湿地による污水浄化、畜舎のふん尿管理システム、ふん尿からの養分回収技術、持続的家畜生産のための技術開発戦略など多岐にわたった。そのうちの5題について以下に紹介する。

## 1. SS Yang氏, 台湾大学

台湾における畜産部門からの温室効果ガス発生量を算出した。家畜の中では豚が、家禽の中では鶏が、温室効果ガスのメジャーな発生源である。家畜腸管内のメタン発生抑制と家畜・家禽の嫌氣的ふん尿処理からの発生メタンのエネルギー利用技術の開発が早急に求められている。

## 2. FJ Humenik, ノースカロライナ州大学

ふん尿処理分野において国内的、国際的な研究機関間協力の重要性が認識されている。国際的協力の一例として屏東大学とアメリカとは共同の研究を行い、大規模連続式バッチリアクター、小規模連続式バッチリアクター、嫌気消化槽、最終的曝気槽の運転と評価をおこなった。ノースカロライナにおいて、環境面で優れた処理技術の研究として、地下埋設型の嫌気発酵槽、人工湿地浄化システム、豚舎でのベルトシステムによるふん尿の迅速搬出、連続式バッチリアクターの実用研究が行われており、技術の評価が進んでいる。

## 3. AL Sutton, パデュー大学

適切な飼料設計により豚糞尿への養分排泄量は低減可能であり、環境負荷低減に寄与する。高品質のタンパク源とアミノ酸添加により、窒素排泄量とふん尿からのアンモニア揮散を低減出来る。可消化リンに基づいた飼料設計とフィターゼの添加により、リン排泄量を低減出来る。有機態の銅、亜鉛、鉄、マグネシウム源を用いることで、これらの成分の排泄量を低減出来る。新しい系統の豚に対する養分要求の検討が必要とされている。飼料加工技術、遺伝子組み換え穀物によりさらなる環境負荷低減型養豚が可能となるだろう。

## 4. KR Pagilla氏, イリノイ技術学院

ふん尿処理過程における窒素・リンの成分制御技術は高コストであり、成分回収は環境コストがきわめて大きい場合にのみ実行可能である。回収された成分の価値はそのコストに見あうものではない。家畜ふん尿においてリンは化学的に回収出来る。窒素は一度ガス化してから回収しなければならない。嫌気発酵の液分は、有機窒素がアンモニア化することにより窒素負荷が高い。そのため、液分の窒素制御のために、固液分

離技術がよりよい技術となろう。

### 5. LC Hsia氏, 屏東大学

屏東大学のふん尿処理研究センター (ECLWM) における畜産環境研究について紹介された。ふん尿中養分排泄量を低減するために、豚飼料中の塩添加量の低減、豚・鶏飼料へのフィターゼ添加の効果が検討された。豚舎洗浄水を減量するため、豚の排泄行動に基づく豚舎設計が検討された。汚水の嫌気発酵における浄化能力改善のために、滞留時間の影響や微生物担体の効果が検討された。好気処理の運転条件の解明として、間欠曝気の間隔、活性汚泥量等が検討された。鶏糞の乾燥発酵施設について調査し、その効果と得失が整理された。以上の多岐にわたる研究に加えECLWMでは、技術の普及と学生の教育にも力をいれている。

私の講演では、北海道立の試験研究機関がこの10年間取り組んできた家畜ふん尿処理利用に関するプロジェクト研究について紹介した。北海道における近年の家畜ふん尿問題の深刻化と行政の対応を概説した後、研究紹介として、①ふん尿の養分を有効利用するための施肥設計システム、②ふん尿性状に対応した低コスト貯留施設、③ふん尿由来の悪臭・大気汚染の低減技術、④病原性微生物に対応した研究、⑤農場からの面的な窒素流出量と低減策の5項目について紹介した。発表全体を通して、北海道のふん尿処理研究は、飼料生産圃場への有効利用促進を基本としていることを強調した。

私の発表に対する会場の反応としては、ふん尿有効利用を前提とした研究に対して興味を持ったという意見がでる一方、汚水浄化、堆肥化についての日本の先端研究を知りたがる質問も多く、残念ながらそれらに対しては私の知識で満足のいく回答が出来なかった。日本の本州同様、十分な土地基盤を持たない台湾の畜産農家は、ふん尿の堆肥化販売、汚水浄化放流といった高度処理技術の導入が求められている状況なのだろう。私の講演内容は彼らの直面している問題への直接的な答えにはならなかったかもしれないが、持続可能な畜産経営のあり方を問い直すきっかけとなることを期待したい。

### 近郊の養豚農家の見学

台湾の畜産業の主体は養豚である。人口密度の高さと、大型集約的養豚が併存する台湾では、畜産による環境汚染に対する懸念が大きく、1991年に制定された水質汚濁防止法に基づいたふん尿管理の規制が強化されてきている。(畜産の情報・海外編1998年8月号より)

検討会終了後に、主催者の夏先生の計らいで近郊の養豚農家2戸のふん尿処理状況を見学する機会を得た。これらの農家では、豚舎のふん尿汚水をスクリー

ン式固液分離により固形分を除去後、分離液は複数の曝気槽・沈澱槽からなる処理施設で浄化し、最終的には水路へ放流または土地にかけ流している。放流水は、目で見た限りでは着色が少なく、十分に浄化されていると思われた。分離された固形分は堆肥化し、畑作農家に販売または提供している。



写真2 養豚農家の豚舎内。黒豚が多い。

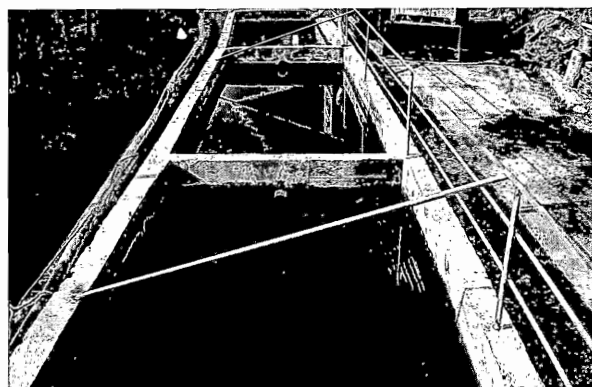


写真3 養豚農家の汚水浄化処理槽

今回、見学させて頂いた農家はふん尿処理施設の整備が進んでいたが、未だ十分な整備がなされていない農家も多いらしい。1997年の口蹄疫発生以降、台湾の養豚農家の戸数減が目立っているが、環境対策の高額な設備投資が、離農を助長している部分もあるとのことであった。

### 終わりに

今回は私にとって初の国際会議、英語発表であり、80分の講演時間にあわせた英語読み上げ原稿を事前に作成し、何回も練習をして検討会に臨んだ。いざ、検討会が始まってみると、講演は中国語通訳つきなので実質40分であることが判明、1日目の夜に3時までかかってスライドと読み上げ原稿を半分に削るといふハプニングもあった。このように緊張と不安でいっぱいだった私であったが、主催者の夏先生はじめ台湾スタッフ、他の国の研究者からの心遣いにより、滞在中は楽しく過ごさせていただいた。

最後になりましたが、国際会議参加という貴重な機会を与えて下さいました酪農学園大学の干場教授に深く感謝いたします。

## 技術レポート

# ヤギ乳はヒトにやさしい

## — ヤギ乳と牛乳の比較 —

田中 桂一・佐藤 響太

(財)北海道農業企業化研究所, 北海道樺戸郡浦臼町 061-0600

### 1. はじめに

ヤギは全世界で毎年、2～3%、アジアでは4%、アメリカでも1%増加している。なかでも韓国ではヤギ飼育が活発になり、10%以上増加を示し、現在、約50万頭飼育されている。一方、日本では昭和30年頃のピーク時には約70万頭も飼育されていたが、現在では2～3万頭と僅かしか飼われていない。

表1に1980年から1999年までの20年間の世界の家畜飼養頭数と乳生産量の変化を示したが、ヤギの飼養頭数が50%以上と最も増加しており、それに伴ってヤギ乳生産量も大きく増加している。さらに、ヤギ乳は開発途上国ではほとんどが自家用で正式なデータがないために、実際の生産量はFAOの統計より多いと推定されている。

ヤギは主に開発途上国の人々に乳と肉を提供してきた、いわゆる“貧しい人々の牛”として飼育されている。一方、フランスや地中海沿岸の国々ではヤギ乳はチーズやヨーグルトなどの乳製品として、牛乳の乳製品とは異なった風味を持つものとして古くから愛好されている。この傾向は、経済の繁栄に伴って生活が豊かとなり、食通家が多くなり、グルメ化を促し、ヤギ乳チーズなどの消費がアメリカなどで盛んになり、ヨーロッパからのヤギ乳製品の輸入が年々多くなっており、高級食料品としてヤギ乳製品が評価されている。

ヤギ乳のもう1つの利用は、牛乳アレルギーや消化器系の弱いヒトの悩みを解消させるということでアメリカなどの開発国において認識され、開発途上国の“貧しい人々の牛”とは全く異なったものであり、現在、多くの国のヒトによって求められ、需要が増大している。

わが国では、ヤギ乳やその乳製品に関してはほとんど認識されていない。さらにヤギ乳やヤギ肉は臭いという先入観を多くのヒトが持っており、観念的に嫌がっているヒトも多い。しかしヤギ乳には不快な臭いはない。ヤギ乳は周辺の臭いを吸着する性質が強く、ヤギの体臭(特に雄ヤギの体臭は強烈)、舎内の糞尿臭やサイレージなどの臭いを吸着するためである。注意

して飼育管理し、搾乳、処理したヤギの乳はほとんど嫌な臭いはなく、また、ヤギ乳から製造したチーズ、ヨーグルト、アイスクリームなどの乳製品も牛乳からのそれらとは一味違った美味しいものである。特に、ヤギ乳チーズは牛乳チーズより淡白なものが多いが、独特の風味があり、チーズの初心者には食べやすい種類が多いと思う。わが国においても僅かではあるが、山羊乳チーズの愛好者が増えており、デパートのチーズコーナーにはフランスなどから輸入したヤギ乳チーズが目につくようになってきた。国内でも飲用ヤギ乳の生産、ヤギ乳チーズの製造販売が小規模であるが始められている。

本稿では、ヤギ乳はいかに栄養的に優れたものであるかを紹介し、乳および乳製品の選択肢の1つにヤギ乳およびその乳製品が加えられ、ヤギ乳の消費拡大を図り、牛に比べて低質な飼料、未利用資源である作物残渣、農業副産物、山林・原野、遊休地などを有効利用できる可能性のあるヤギを産業動物として見直されることを願うものである。

### 2. ヤギ乳の栄養学的な研究(牛乳アレルギーにヤギ乳は効果があるのか)

ヤギ乳がヒトの栄養面で優れていることは主に経験的なことに基づいて言われていた。ヤギ乳がヒトの栄養および健康面で最初に注目されたのは牛乳タンパク質による食物アレルギーがヤギ乳では発生しにくいという報告からである(Walker, 1964)。

牛乳アレルギーの発生率はアメリカでは1,000人に1人といわれているが、国や年齢によって異なっている。牛乳には動物実験によって抗体が示されている18種類の異なったタンパク質が含まれており、そのなかで $\beta$ -ラクトグロブリンは人乳には含まれていないので、牛乳中で最も問題になるタンパク質と思われたが、その後の研究では $\beta$ -ラクトグロブリンとカゼインのアレルギー誘発性には差がなく(BUERGİN-WOLFFら, 1980; TAYLOR, 1986)、アレルギー誘発性はホエータンパク質よりカゼイン( $\alpha_s$ -と $\beta$ -カゼイン)に対しての方が大きく、特に、 $\alpha_{s1}$ -カゼインがアレルギー誘発物質であることが報告され、このカゼインを含んで

いないヤギ乳ではアレルギーは少ない(KAISER, 1990).

牛乳アレルギーは3歳までの幼児の2.5%が持っているといわれ、3歳以下の幼児では12~30%、スカンジナビアでは7~8%、地域によっては20%と高い。イタリアでの調査でも2歳以下の幼児の3%が牛乳アレルギーであるといわれている。フランスでは20年以上にわたって牛乳アレルギー患者の臨床研究で牛乳をヤギ乳に替えることで牛乳アレルギー子供の93%に改善が認められ、ヤギ乳は牛乳に比べてアレルギーが少なく、消化性が良いことから子供の栄養に優れているとして推奨されている(REINERTとFABRE, 1997;GRZESIAK, 1997)。日本の幼児では鶏卵、牛乳、大豆が三大アレルギー対策検討委員会によるアンケート調査では3歳児で8.6%、小学1年生で7.4%、5年生で6.2%、中学2年生で6.3%、成人でも9.3%と高い罹患率を示している。乳幼児に多く見られる牛乳アレルギーの対策として、カゼインを加水分解したミルク、アミノ酸合成乳あるいは大豆乳が利用されているが、大豆乳は大豆自体の抗原性が強いいため、大豆に対する過敏性を誘発する可能性がある。牛乳アレルギーはヤギ乳によって、30~40%が解決したとする報告、幼児50人中49人がヤギ乳によって効果があったとの報告もある(HAENLEIN, 2004)ので、わが国でも乳幼児の人工ミルクにヤギ乳の利用を考えたらどうだろうか。

### 3. ヤギ乳は牛乳より栄養的に優れている

ヤギ乳が牛乳に比べて栄養的に優れているという研究は古く、1952年に38人の子供に5ヶ月間ヤギ乳か牛乳を飲用させて実験した結果、牛乳に比べてヤギ乳を飲用した子供の体重、身長、骨格、さらに血清中のビタミンA、B1、B2、ナイヤシン、Caおよびヘモグロビン濃度が勝っていたことが報告された(MACK, 1952)。その後、ラットでも同様な結果を得ている(PARKら, 1986)。

小腸末端を50%切除し、栄養失調状態にしたラット

表2 ヤギ乳および牛乳タンパク質の比較

	ヤギ乳			牛乳		
	乳中	総タンパク質中 (%)	カゼイン中	乳中	総タンパク質中 (%)	カゼイン中
総タンパク質	3.3			3.1		
総カゼイン	2.7	82		2.6	84	
α <sub>s1</sub> -カゼイン	0.1	3	5	0.9	29	35
α <sub>s2</sub> -カゼイン	0.7	21	25	0.3	10	10
β-カゼイン	1.4	42	50	1.0	32	40
κ-カゼイン	0.5	15	20	0.4	13	15
ホエータンパク質	0.6	18		0.5	16	
α-ラクトアルブミン	0.2	6		0.1	3	
β-ラクトグロブリン	0.4	12		0.3	10	
血清アルブミン	0.1	3		0.1	3	

表1 世界の家畜数と年間ミルク生産量  
1980年と1999年の比較 (FAO, 2001)

	1980	1999	増減(%)
家畜頭数 (100万頭)			
ヤギ	458	710	+55
水牛	122	159	+30
ブタ	796	913	+15
ウシ	1216	1338	+10
ヒツジ	1096	1069	-3
ミルク生産量 (1000MT)			
ヤギ	7720	12161	+58
水牛	44296	60334	+36
ウシ	423034	480659	+14
ヒツジ	7887	8026	+2

に餌の一部として牛乳の代わりにヤギ乳を給与すると消化率、鉄や銅の吸収が有意に改善され、貧血予防効果が観察され、さらに脂肪吸収や体重増加が牛乳給与時より優れていた(BARRIONUEVOら, 2002)。ヤギ乳と牛乳中の脂肪球の大きさは1以下から10μmの範囲内であるが、ヤギ乳は牛乳に比べて小さなサイズの脂肪球の占める割合が多い。小さな脂肪球は表面積が大きく、消化管内でリパーゼ作用を受けやすく速やかに分解されるためにヤギ乳脂肪のほうが牛乳のそれより消化率が高いのであろう(JANDAL, 1996)。

わが国ではヤギ乳に関する臨床研究はほとんどなされていないが、アルジェリアでは栄養失調の64人の幼児に牛乳に替えてヤギ乳を飲用させると、小腸での脂肪吸収率が有意に改善されたという報告、またマダガスカルでは栄養失調で入院中の1から5歳の幼児、30人に通常の食事の他に牛乳かヤギ乳のどちらかを2週間飲用させた結果、体重増加はヤギ乳の方が9%優れていた(ヤギ乳8.53±1.37g/体重kg/日、牛乳7.82±1.93g/体重kg/日)として、ヤギ乳の飲用を推奨している(RAZAFINDRAKOTOら, 1993)。

ヤギ乳、牛乳、人乳の成分組成の比較は日本食品標準成分表を参照されたい。

#### 4. ヤギ乳中タンパク質

ヤギ乳タンパク質はカゼインとホエータンパク質であり、カゼインは $\alpha$ -、 $\beta$ -、 $\kappa$ -および $\gamma$ -カゼインから、ホエータンパク質は $\alpha$ -と $\beta$ -ラクトグロブリンから構成されており、牛乳タンパク質と類似している(表2)。しかし遺伝的な形質や出現頻度は牛乳とは異なっており、構成しているカゼイン組成は非常に異なっている(MARTIN, 1993)。 $\alpha$ -カゼインは $\alpha_{s1}$ -と $\alpha_{s2}$ -があり、牛乳の主要 $\alpha_{s1}$ -カゼインは $\alpha_{s1}$ -カゼインである。一方、ヤギ乳では $\alpha_{s2}$ -カゼインを多く含有し、 $\alpha_{s1}$ -カゼインは僅か、あるいはほとんど含有していない。この $\alpha$ -カゼインタイプの違いはタンパク質アミノ酸鎖中のアミノ酸配列の違いであり、それがアレルギー、消化性、チーズの特性、ヤギ乳製品の味覚に反映している(RYSTADら, 1990)。牛乳中 $\alpha_{s1}$ -カゼインの分解によって生成するペプチドには苦味があるが、このカゼイン濃度が低いか全く含有していないヤギ乳チーズは牛乳チーズよりも苦味が少ない(PELLISSIERとMANCHON, 1976)だけでなく、ヤギ乳はアレルギー発症が低く、レンネット凝固に時間がかかり、生成するカードは柔らかくヒトの消化性は良く、また熱に安定である(AMBROSOLIら, 1988)。その他、ヤギ乳中には $\beta$ -カゼインを牛乳より多く含有しており、そのために浮遊しているカゼインミセルも牛乳とは著しく異なっており、ミセルサイズは小さく(ヤギ乳: 80nm以下、牛乳: 平均150nm)、完全に凝固、沈殿する速度は遅い。また、CaとP含量が多い(JENNESS, 1980)。

表3 ヤギ乳および牛乳中タンパク質のアミノ酸含量

	ヤギ乳 (g/100g milk)	牛乳 (g/100g milk)	牛乳との差 (%)
必須アミノ酸			
トリプトファン	0.044	0.046	
セレオニン	0.163	0.149	+ 9
イソロイシン	0.207	0.199	+ 4
ロイシン	0.314	0.322	
リジン	0.290	0.261	+ 11
メチオニン	0.080	0.083	
シスチン	0.046	0.030	+ 53
フェニルアラニン	0.155	0.159	
チロシン	0.179	0.159	+ 13
バリン	0.240	0.220	+ 9
非必須アミノ酸			
アルギニン	0.119	0.119	
ヒスチジン	0.089	0.089	
アラニン	0.118	0.113	
アスパラギン酸	0.210	0.250	
グルタミン酸	0.626	0.689	
グリシン	0.050	0.070	
プロリン	0.368	0.319	
セリン	0.181	0.179	

(POSARI と ORR, 1976)

ヤギ乳と牛乳の各種アミノ酸含量の比較を表3に示した。牛乳同様、非常にアミノ酸バランスが優れている。また10種類の必須アミノ酸のうち6種類のアミノ酸(セレオニン、イソロイシン、リジン、シスチン、チロシン、バリン)がヤギ乳のほうが牛乳より高い(POSARIとORR, 1976)。特に、50%以上も牛乳より多く含有しているシスチンはタウリンの前駆体で注目すべきである。牛乳中タウリン含量(2 $\mu$ mole/100ml)は人乳にくべて著しく低い。そのために新生児に母乳の代わりに牛乳を飲ませるとき、合成タウリンを添加することもある(HUXTABLE, 1993)。一方、ヤギ乳中タウリン含量はほぼ人乳と同レベルの113 $\mu$ mole/100ml程含まれている(HARZERら, 1984; MEHAIAとAL-KANHAL, 1992)。タウリンはヒトの体液や組織中に広く分布しており、栄養失調、ストレス、遺伝的な欠陥など以外、通常では欠乏症はみられない。しかし、新生児の発育や脳の発達にはタウリンは重要な成分であり、幼児や老人は生体内でのタウリン合成能力が劣っているために、食事として摂取することが望ましい(HUXTABLE, 1993)。このこともヒトの栄養にとってヤギ乳が優れていることを示す実証的なデータの1つである。

栄養素の吸収障害ラットでは小腸からの銅吸収がヤギ乳によって改善されたことが報告され、このことはヤギ乳中のシステイン(シスチンから作られる)含量(83mg/100g)が牛乳のそれ(28mg/100g)より高いためであろう(BARRIONUEVOら, 2002)。

ヤギ乳0.5l 飲用することで成人1日1人当りの必須アミノ酸推奨値を満たすか超えることになる(NRC, 1968)。

#### 5. ヤギ乳中脂肪

ヤギ乳脂肪の脂肪酸組成は牛乳のそれとは異なっており、それぞれの乳脂肪の脂肪酸組成を表4に示す。ヤギ乳は牛乳に比べて $C_{6:0}$ から $C_{10:0}$ の中鎖脂肪酸および多価不飽和脂肪酸(PUFA)の $C_{18:2}$ が高く、特に、 $C_{10:0}$ は著しく高い。一方、長鎖飽和脂肪酸の $C_{16:0}$ と $C_{18:0}$ は低い。中鎖脂肪酸( $C_{6:0}$ ~ $C_{12:0}$ )のうち3つの脂肪酸の名称( $C_{6:0}$ : caproic acid,  $C_{8:0}$ : caprylic acid,  $C_{10:0}$ : capric acid)はヤギ(caprine)の乳に顕著に含まれていることから名付けられている。

$C_{8:0}$ 、 $C_{10:0}$ および中鎖脂肪酸トリグリセリド(medium chain triglycerides: MCT)は体脂肪、内臓脂肪、ウエスト/ヒップ周辺脂肪を有意に低下させることが報告されている(KASAIら, 2003)。その理由として、①MCTは舌リパーゼおよび胃酸で分解し、遊離型脂肪酸として十二指腸に到達するので膵リパーゼでの分解を必要としない、②MCTは水との親和性が高く、門脈経由で速やかに吸収され、肝臓で速やかに $\beta$ -酸化され、エネルギーとして消費する、③長鎖脂肪酸と

表4 ヤギ乳および牛乳中の脂肪酸含量

脂肪酸	ヤギ乳 (g/100g milk)	牛乳	牛乳との差 (%)
酪酸 (C4:0)	0.13	0.11	
カプロン酸 (C6:0)	0.09	0.06	
カプリル酸 (C8:0)	0.10	0.04	
カプリン酸 (C10:0)	0.26	0.08	+225
ラウリン酸 (C12:0)	0.12	0.09	
ミリスチン酸 (C14:0)	0.32	0.34	
パルミチン酸 (C16:0)	0.91	0.88	
ステアリン酸 (C18:0)	0.44	0.40	
C6:0~C12:0 (総MCFA)	0.57	0.27	+111
C4:0~C18:0 (総SAFA)	2.67	2.08	+ 28
パルミトレン酸 (C16:1)	0.08	0.08	
オレイン酸 (C18:1)	0.98	0.84	
C16:1~C22:1 (総MUFA)	1.11	0.96	+ 16
リノール酸 (C18:2)	0.11	0.08	
$\alpha$ -リノレン酸 (C18:3)	0.04	0.05	
C18:2~C18:3 (総PUFA)	0.15	0.12	+ 25

MCFA: medium-chain fatty acids (中鎖脂肪酸); SAFA: saturated fatty acids (飽和脂肪酸); MUFA: monounsaturated fatty acids (一価不飽和脂肪酸); PUFA: polyunsaturated fatty acids (多価不飽和脂肪酸). (POSARIとORR, 1976)

異なり, MCT代謝は肝臓ミトコンドリア膜通過にカルニチンを必要としない, ④MCTは長鎖脂肪酸と比較して, ヒトでは食事誘発性体熱産生の上昇が高い, などの作用があり, そのために体蓄積脂肪低下作用を発揮すると考えられている(青山, 2004). また, ヤギ乳には相当量のカルニチンを含有 ( $136 \mu\text{mol/l}$ ) しており (PENNAら, 1987), 長鎖脂肪酸のミトコンドリアへの通過, そこでの $\beta$ -酸化を容易にしている. ヤギ乳はアトピーや糖尿病に良いともいわれている. アトピーについては科学的な証拠はないが, 最近, 脂肪細胞から血中に分泌されるホルモン, アディポネクチンが糖尿病や動脈硬化症を予防する効果のあることが知られている. このアディポネクチン分泌量は脂肪細胞が肥大化すると減少するといわれているのでヤギ乳に含まれている中鎖脂肪酸が脂肪細胞の肥大化を防ぎ, 結果として血中のアディポネクチン濃度を増加させて糖尿病の予防に効果があるのではないかと考えられる.

ヤギ乳はこのように生物医学的に優れているにもかかわらず, 最近までヤギ乳およびヤギ乳チーズやヨーグルトなどはマイナーな食品であり注目されていなかった. しかし, ヤギ乳はヒトの栄養や色々な胃腸障害などの病気に有効という医学面, さらに牛乳アレルギーを軽減するなどの大きな可能性を持っているのである.

ヤギ乳脂肪の脂肪酸組成は乳牛と同じように粗濃比, 粗飼料のタイプ, 飼料への脂肪添加などによって

ヒトの栄養に好ましい脂肪酸組成に変える研究もなされており (ALONSOら, 1999; LEDOUXら, 2002; SANZ SAMPELAYOら, 2002), より栄養価の高いヤギ乳の生産も可能になるだろう. 最近, “beneficial fat (機能性脂肪)” として, 抗ガン作用など, 様々な生理活性機能を持っているとして注目されている共役リノール酸 (CLA) が牛乳と同様, ヤギ乳およびその乳製品中にも含まれている. しかしヤギ乳での研究報告は少なく (MIRら, 1999), 現在, 著者らはヤギ乳中のCLA含量を増加させるための実験を行っている.

乳製品のフレーバーと関係ある側鎖脂肪酸は, ヤギ乳では4-エチルオクタン酸である. これには31種類の側鎖脂肪酸があり全脂肪酸1g当り0.227mgほど含まれている. そしてこれがヤギ乳独特のフレーバーを作っている. 特に, C-4とC-6脂肪酸と置き換わったモノメチル-側鎖脂肪酸はヤギ乳にしか含まれておらず, 比較的多数の側鎖脂肪酸が微量ヤギ乳には含まれている. これらの成分が牛乳チーズとは異なった風味を作る要因のひとつだろう.

また, ヤギ乳には $\beta$ -カロチンを全く含んでいない. そのためヤギ乳チーズやバターは鮮やかな乳白色を呈している. これは牧草などに含まれている $\beta$ -カロチンを小腸から吸収する際, ビタミンAに変えられ, ビタミンA (レチノール) として乳汁中に移行するためである.

ヤギ乳製品 (バターやチーズなど) 中にはヤギ乳以上の濃度でMCT, 不飽和脂肪酸, CLAを含有している.



WILLETとSTAMPFER (2003) はヤギ乳脂肪 (バター) の機能性を認めて、アメリカでは新しく改訂される推奨食品 (US food recommendation) にヤギ乳バターを入れることを提案している。わが国ではヤギ乳製品に対する認識が薄く、消費者への知名度は低い。しかし、ヤギ乳およびその乳製品はヒトの栄養と健康に非常に優れたものであることは今まで述べたように充分実証されている。特に、消化機能が不完全あるいは衰えなどで消化吸収能力の低い乳児や高齢者にヤギ乳およびその乳製品は最適と考えられる。今後、ヤギ乳の素晴らしさを大いにPRし、ヤギ乳およびその乳製品を一般消費者に認識してもらい、食生活の中に取り入れ食べてもらいたい。そしてヤギ乳酪農を普及させたい。

## 6. おわりに

通常ヤギは毎年春に2頭の子ヤギを出産するが、50%の確率でオスである。ヤギ乳およびその乳製品の価格を安くするためにはオスヤギを肉資源としての利用を考えなければならない。ヤギ肉は高タンパク質、低脂肪で牛肉、羊肉、豚肉などより低カロリーであり、Feやカルニチン含量も高く、羊肉よりヘルシーかもしれない。また、最近、強い抗酸化作用を持っているといわれているアンセリンをヤギ肉は大量に含んでいる (それぞれの肉100g中にヤギ: 202mg/100g, ウシ: 55mg, ブタ: 16mg)。アンセリンはヒト体内でのカルシウム輸送に関与しており、筋肉における呼吸を活性化することから、筋運動に重要であることが知られている。

ヤギ肉という呼び名は消費者に良いイメージをもたられないので、呼び名も重要であろう。日本獣医畜産大学助教授、小澤壮行氏はヤギ肉のイメージ転換としてネーミングが大切であり、シェーブルミートと呼ぶことを提唱している。アメリカではヤギ肉をchevon (シェボン, フランス語のchèvere (シェーブル) に羊肉のmuttonのonを付けた合成語, 体重16~22kgのヤギ肉), 若齢ヤギ肉をcapretto (カプリット, ピンク色した肉を生産するためにミルクだけで飼育した体重6~12kg子ヤギ肉) と呼んでいるようである。

ヤギ乳と同様、ヤギ肉の栄養価や特徴をもっとPRし、消費者に認識してもらうように努力する必要がある。

## 引用文献

ALONSO, L., J. FONTECHA, L. LOZADA, M.J. FRAGA and M. JUAREZ (1999) Fatty acid composition of caprine milk: major, branched-chain, and *trans*-fatty acids. *J. Dairy Sci.* 82 : 878-884.  
AMBROSOLI, R., L. DI STASIO and P. MAZZOCO (1988)

Content of  $\alpha$ s-1 casein and coagulation properties in goat milk. *J. Dairy Sci.* 71 : 24-28.  
青山敏明 (2004) 中長鎖脂肪酸トリアシルグリセロールの栄養生理機能. 機能性脂質のフロンティア (佐藤清隆, 柳田晃良, 和田俊監修), CMC出版, p. 115-119.  
BARRIONUEVO, M., M.J.M. ALFEREZ, L. LOPEZ ALIAGA, M.R. SANZ SAMPELAYO and M.S. CAMPOS (2002) Beneficial effect of goat milk on nutritive utilization of iron and copper in malabsorption syndrome. *J. Dairy Sci.* 85 : 657-664.  
BUERGIN-WOLFF, A., E. SIGNER., H.M. FRIESS, R. BERGER, A. BIRBAUMER and M. JUST (1980) The diagnostic significance of antibodies to various cow's milk protein. *Eur. J. Pediatr.* 133 : 17-24.  
FAO (2001) *Production Yearbook 1999*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Vol. 53. Statistical Series No. 156, Rome, Italy, p. 251.  
GRZESIAK, T. (1997) Lait de chèvre, lait d'avenir pour les nourrissons. In: *Proceed. Colloque Interets Nutr. et Diet. du Lait de Chèvre*, Vol. 81. Inst. Nat. Rech. Agron. Publ., Paris, France, p. 127-148.  
HAENLEIN, G.F.W. (2004) Goat milk in human nutrition. *Small Rumin. Res.* 51 : 155-163.  
HAZER, G., V. FRANZKE and J.G. BINDELS (1984) Human milk non-protein nitrogen components: Changing patterns of free amino acids and urea in the course of early lactation. *Am. J. Clin. Nutr.* 40 : 303-309.  
HUXTABLE, R.J. (1993) Taurine in nutrition and development. *An Italian Newsletter on Nutrition* 5 : 1-7.  
JANDAL, J.M. (1996) Comparative aspects of goat and sheep milk. *Small Rumin. Res.* 22 : 177-185.  
JENNESS, R. (1980) Composition and characteristics of goat milk: review 1968-1979. *J. Dairy Sci.* 63 : 1605-1630.  
KAISER, C. (1990) Untersuchungen zur Reindarstellung von Kuhmilchproteinen für die immunologische Differential-diagnose nutritiver Allergien. *Dissertation, Inst. Physiol. und Biochem. Nutr., Bundesanstalt für Milchwissenschaft, Universität Kiel, Kiel, Germany*, p. 153.  
KASAI, M., N. NOSAKA and H. MAKI (2003) Effect of dietary medium- and long-chain tri-acylglycerols (MLCT) on accumulation of body fat in healthy humans. *Asia Pac. J. Clin. Nutr.* 12 : 151-160.  
LEDOUX, M., A. ROUZEAU and D. SAUVANT (2002) Occurrence of *trans*-C18:1 fatty acid isomers in goat milk: effect of two dietary regimens. *J. Dairy Sci.* 85 : 190-197.  
MACK, P.B. (1952) A Preliminary Nutrition Study of the Value of Goat's Milk in the Diet of Children. *Yearbook*

- Am. Goat Soc. Publ., Mena, Arkansas, USA, p. 106-132.
- MARTIN, P. (1993) Polymorphisme génétique des lactoprotéines caprines. *Lait* 73 : 511-532.
- MEHAIA, M.A. and M.A. AL-KANHAL (1992) Taurine and other free amino acids in milk of camel, goat, cow and man. *Milchwissenschaft* 47 : 351-353.
- MIR, Z., L.A. GOONEWARDENE, E. OKINE, S. JAEGAR and H.D. SCHEER (1999) *Small Rumin. Res.* 33 : 137-143.
- PARK, Y.W., A.W. MAHONEY and D.G. HENDRICKS (1986) Bioavailability of iron in goat milk compared with cow milk fed to anaemic rats. *J. Dairy Sci.* 69 : 2608-2615.
- PELISSIER, J.-P. and P. MANCHON (1976) Comparative study of the bitter taste of enzymic Hydrolysates from cow, ewe and goat caseins. *J. Food Sci.* 41 : 231.
- REINERT, P. and A. FABRE (1997) Utilisation du lait de chèvre chez l'enfant. *Experience de Creteil*. In: *Proceed. Colloque Interets Nutr. et Diet. du Lait de Chèvre*, Vol. 81. *Inst. Nat. Rech. Agron. Publ., Paris, France*, p. 119-121.
- RAZAFINDRAKOTO, O., N. RAVELOMANANA, A. RASOLOFO, R.D. RAKOTOARIMANANA, P. GOURGUE, P. COQUIN, A. BRIENS and J.F. DESJEUX (1993) Le lait de chèvre peut-il remplacer le lait de vache chez l'enfant malnutri? *Lait* 73 : 549-557.
- RYSTAD, G., W.J. KNUTSEN and R.K. ABRAHAMSEN (1990) Effect of threonine and glycine on the acetaldehyde formation in goat's milk yoghurt. *J. Dairy Res.* 57 : 401-411.
- SANZ SAMPELAYO, M.R. L. PEREZ, J.J. MARTIN ALONSO, L. AMIGO and J. BOZA (2002) Effects of concentrates with different contents of protected fat rich in PUFAs on the performance lactating Granadina goats. Part II. Milk production and composition. *Small Rumin. Res.* 43 : 141-148.
- TAYLOR, S.L. (1986) Immunologic and allergic properties of cow's milk protein in humans. *J. Food Protection* 49 : 239-250.
- WALKER, V. (2003) Therapeutic uses of goat milk in modern medicine. In: *Proceed. Internat. Conf. on Goats*. Bri. Goat Soc. Publisher, London, UK, p. 53.
- WILLET, W.C. and M.J. STAMPFER (2003) Rebuilding the food pyramid. *Sci. Am.* 288 : 64-71

技術レポート

農業機械を持たない、労働に余裕のある酪農経営を創る  
「(有) デイリーサポート士別」の取り組み

林川 和幸

士別地区農業改良普及センター 専門普及員

1. はじめに

士別市は上川北部に位置し、稲作および転作作物である畑作物、野菜栽培を中心とする耕種農業地帯である。酪農家戸数は市内全農家戸数の約5%の39戸で、1戸当り乳牛飼養頭数は86頭、1戸当り年間平均販売乳量は430tである。

士別市の酪農家では経営者の高齢化や集落農家数の減少が進み、①良質粗飼料の調製に必要な労働力確保が困難になった、②機械や施設投資が経営を圧迫し、更新の個別投資が難しくなった、③乳牛の増加や土地面積の拡大、分散に伴う労働負荷が増加した等の課題を何とか克服しないとますます離農する酪農家が増えてしまうという危機感があった。そのような背景の中で平成13年11月、市内酪農家23戸により飼料作物の栽培管理、収穫、調製およびTMR供給まで一環して行うTMRセンター「(有) デイリーサポート士別 (代表玉置 豊)」を設立した。TMRの供給は平成15年8月から開始し、現在3年目を迎えている。

2. TMR供給センター「(有) デイリーサポート士別」の概要

(1) 組織および運営体制

1) 部会と運営委員会の設置

構成員の飼料作物圃場の実態把握と生産計画、飼料作物の栽培管理、収穫調製作業に関する機械運行計画、粗飼料の貯蔵とTMR製造、酪農家への配送計画に樹立と実行のため、土地部会、機部会、TMR供給システム部会の3部会を立ち上げた。各部会は構成員と取締役から構成されている。現在、3部会は統合され運営委員会として機能している(図1)。

2) 支援研究会の設置

構成員への技術講習会やTMR製造にかかわる調査研究、その他の業務の遂行がスムーズに行なわれるように、北海道立畜産試験場(天北農試、根釧農試)、東京農業大学(網走市)、士別地区農業改良普及センター、士別市、士別市農協等の関係機関が参加し、デイリーサポート士別支援研究会を組織した。

(2) 施設機械の所有状況と特徴

「(有) デイリーサポート士別」は、構成員の飼料作物の栽培管理、収穫、堆肥散布 などすべて一切の作業を行っている。よって構成員は目標である「農業機械を持たない酪農経営」を実現しつつある。更に圃場作業、TMRの調製、製品運搬作業は原則的に 構成

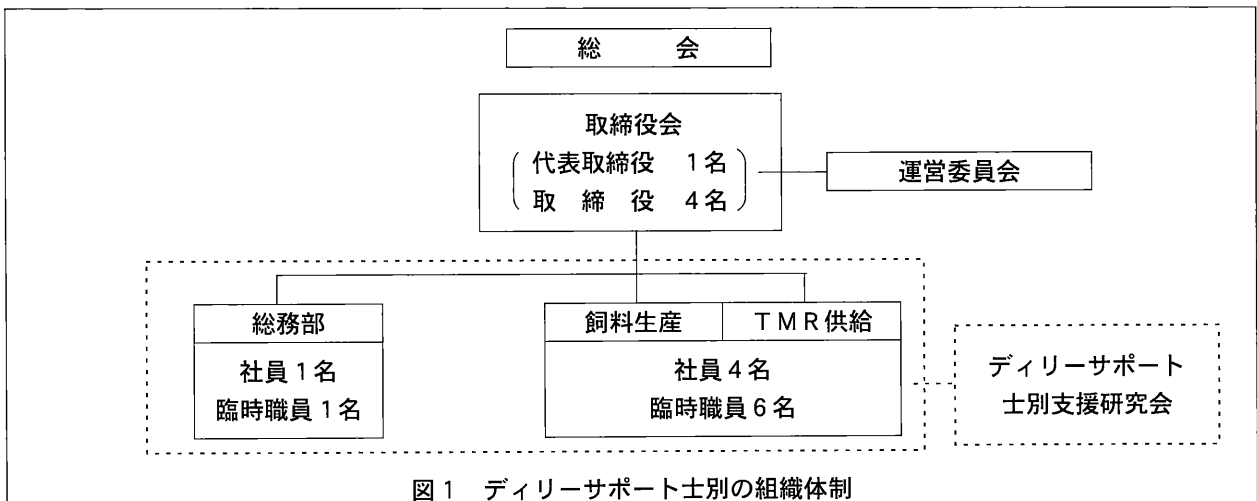


図1 デイリーサポート士別の組織体制

員（酪農家）の出役はなく、専従職員及び運送会社への委託で行い、参加酪農家の労働過重解消を図っている。

TMRの調製基地は1カ所に集中設置しており、基地施設としては、大型バンカーサイロ23基（貯蔵可能総量26,000t）、飼料タンク（11基）、飼料調製棟（544㎡）、製品運搬機材消毒棟（スチーム消毒室133㎡）、また、TMR調整機械はミキサー（26㎡2台）、ショベルローダー（2台内サイレージ取り出しアタッチ付き1台）が主である。

また、飼料作物栽培管理および収穫機械は、平成14年～平成15年にかけて整備した。その主なものはトラクター（借り上げ6台）、前後モアコンディショナー（3台）フォーレージハーベスター（2台）、テッピングワゴン（2台）、パワーハロー（3台）、ソイル（2台）、不耕起プランター（2台）、マニユアスプレッター（借り上げ6台）である。この導入状況について従来の個別作業による機械所有状況と比較してみると、トラクターでは従来23戸で70台所有していたが、現在（有）ディーラーサポート士別で使用している台数は6台と1/10であり、機械投資の低減が大きく図られている。

### （3）粗飼料の確保と利用形態

圃場管理面積は構成員の所有地1,100haで平成17年の利用状況はサイレージ用トウモロコシ300ha、牧草800ha、これらの圃場で生産されたものをTMRの原料として会社が収穫物を購入している。購入に当たっては原料草の生産力評価（ランク付け）を行なっている。

### （4）TMR圧縮梱包（ビニールパッキング）技術の開発

構成員の農場は市内に散在しており、TMRセンターからの距離は平均9.8kmある。また、戸数も多いため、毎日ダンプトラックでのバラ配送は輸送コストが割高になる。

一方、配送回数を減らすため、一度にまとめた量を農場に届けた場合、農場段階でのTMRの品質低下が発生する。このことを解消しながら数種類のメニューを同時に運搬し、かつ品質を保持できる調製法や包装、

配送手段の検討、研究を重ねた。検討には時間を要し試行錯誤の繰り返しであったが、TMRを円筒状に圧縮梱包しビニール袋でパッキング（写真1）するシステムを機械メーカーの協力のもとで開発することができた。この技術の導入により数日間の発酵品質の保持は可能となり、隔日配送が可能となった。

また、梱包することでトラック運搬の際、複数のメニューの積み合わせが可能となり構成員のオーダーに基づいて低運賃で配送が可能となった（写真2）。

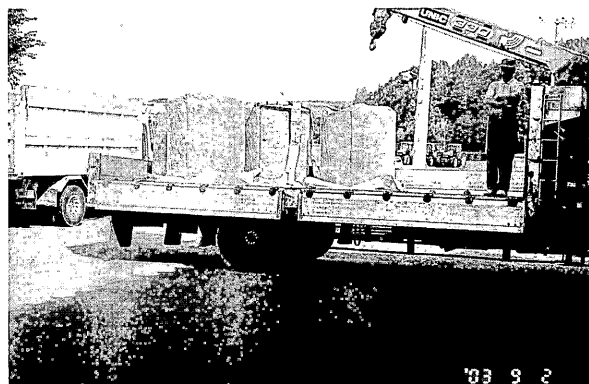


写真2

## 3. 安定したTMRの供給（品質、価格、安全）の取り組み

### （1）発酵品質の安定を図るために

#### 1) 圃場作業の改善

良質なTMRのベース（サイレージ）を作るため原料に土砂を混入させないことを徹底している。牧草では刈り取り作業時、モアコンの下にゲタ（写真3）を履かせて刈り高さ8cm以上を確保し（写真4）、併せて枯れ草の混入も防止するためへー

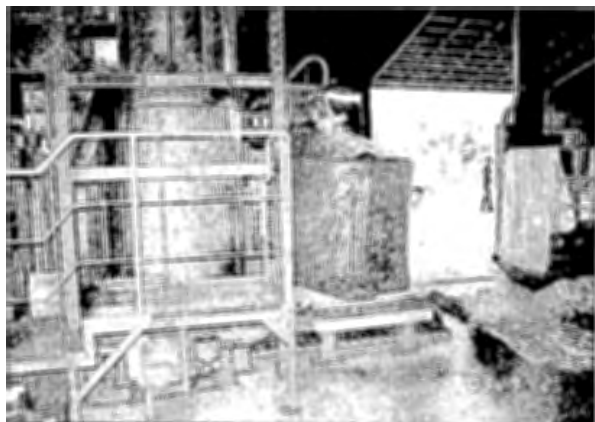


写真1



写真3



写真4

レーキはかけずクレーバで集草し、ウインドローの状態です乾している。

また、貯蔵施設内に土砂を持ち込まないように、基地周辺や構内を舗装している。

## 2) 基本に基づくサイレージ調製作業

踏圧を確実にを行うために、タイヤショベル2～3台で踏圧作業を行っているが、その際、搬入作業が先行し踏圧が不十分になりがちであるが、大型バンカー（幅12m）の有利性を生かし、原料草搬入時も休まず踏圧し、踏圧厚を15cm以下にしている。（写真5）。

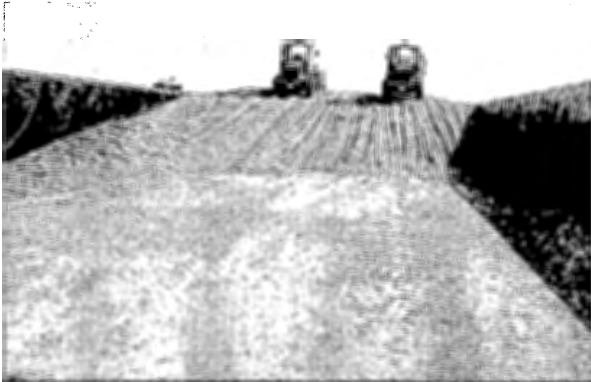


写真5

1日半～2日間で原料草の詰め込みを終了した後は、スタックポリシート（中央部2重、縁部3重）、その上をビニールシートで密封するが、その際サイロ壁内側には「砂まくら」を隙間なく置き（写真6）、併せて切断した大型タイヤを全体に敷き詰めている。

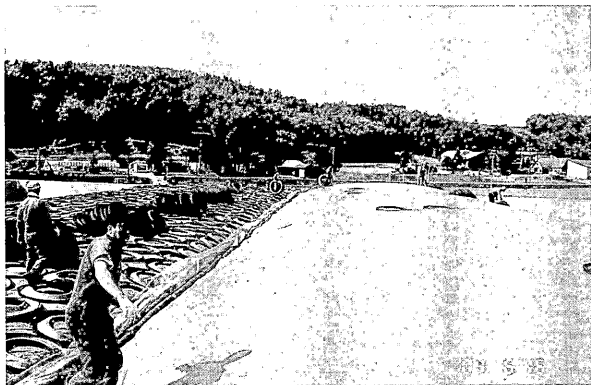


写真6

## 3) 均一な原料による調製

TMRの調製（ミキシング）量は、1日に23農場分、約80tになる。粗飼料原料としては、1番と2番グラスサイレージ、トウモロコシサイレージであるが、1回のサイレージ取り出し量が多くなることで、3本のバンカーサイロを同時に開封して使用しても、「取り出し口」の変敗はない。このことで年間を通して「1番グラスサイレージ+2番グラスサイレージ+トウモロコシサイレージ」3種類をベースとした安定したTMRの供給を可能

にしている。

## 4. コスト低減の取り組み

### (1) 土地生産性の向上

単位面積当たりの乾物および栄養生産量を高めるためにサイレージ用トウモロコシの作付け面積を増やした。また、サイレージ用とうもろこしの作付け面積拡大に伴い、平成13年から「簡易耕起栽培」を導入し作業能率を上げ短期間に作業を終えるようにしている。現在、簡易耕起栽培は約300haである（写真7）。



写真7

### (2) 機械稼働率の向上

#### 1) 刈り取りスケジュールを考慮した草地更新

構成員の圃場作業は会社がすべて受託しているため、生産力の低下した圃場は会社が計画をたて、草地更新を進めている。その際、団地毎に草種（品種）を統一し、作業効率を高め、適期収穫に努めている。

#### 2) 機械の性能が発揮できる圃場整備

草地更新時には高性能機械の稼働率を確保するため、圃場境界の起伏修正、転作田の畦畔の撤去を積極的に行い、大区画化を進めている。

#### (3) 運搬作業の外部委託

原料草の搬送、製品の配送等、運搬作業はすべて運送会社に委託して、使用期間が限定される機械への投資抑制と構成員の労働負担の解消を図っている。

## 5. 自衛防疫の徹底

TMR組織として飼料生産面では構成員の多いことが施設、機械の導入や飼料購入に当たりスケールメリットを発揮するが、飼料供給組織では、逆にリスクを抱えることにもなる。たとえば、1戸の農場で伝染性疾病の発生が認められた場合、構成員全戸のTMRの供給に制約が出る等深刻な事態に陥ることも考えられる。このような事態を未然に防止するため農場間で使い回しする資材を極力なくすとともに、唯一回収し使い回している運搬資材「モッコ=座布団」（写真8）に

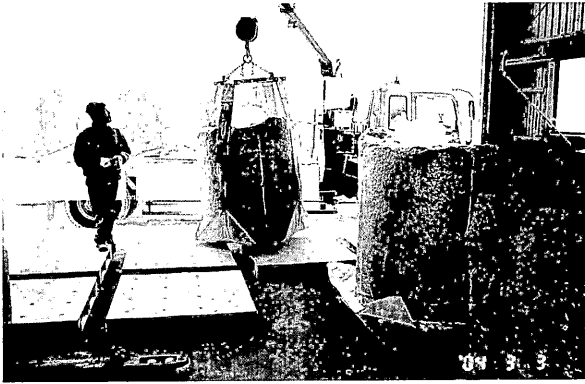


写真8

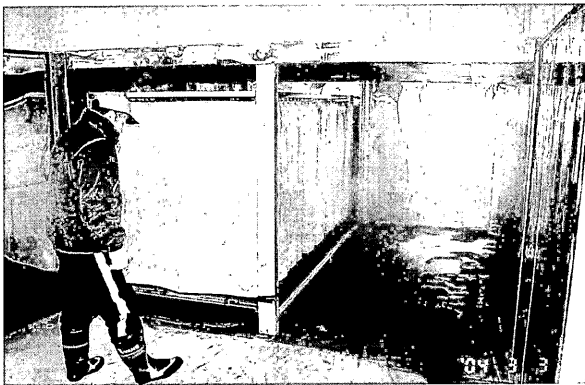


写真9

については、TMRセンター内に設置している洗浄、蒸気殺菌施設（写真9）で毎回消毒利用している。

また、施設配置では外来者、車輛とTMRセンター内部の従業員や作業車が交わらないようにエリアを明確にし動線も区分している。

## 6. TMRの供給と給与状況

現在、製品は4メニュー製造しており、その内訳は泌乳用2タイプ（高泌乳、乳量36kg設定17円/kg、高泌乳FS、乳量41kg設定17.5円/kg）、乾乳ベース1タイプ（乾乳前期16円/kg）、育成ベース1タイプ（22カ月12円/kg）で、泌乳タイプは900kg/1パック、乾乳と育成タイプは800kg/1パックで毎日70～90パック製造している。製品は原則的に作り置きはせず、前日までの注文に応じて配送当日製造している。

また、農場配送は2日に1回ユニック車で複数メ

ニューを同時に行っている。農場では基本的に設定されたTMRを給与するが、設定が合わない牛については乾乳および育成ベースで薄めたり、若干の穀類をトップドレスして合わせている。また、給与するときを使う分（パック）だけ開封し、品質保持に努めている。

給与作業方法は様々で、パックからカートへ積み替え給与する農場や、パックをそのまま移動し直接給与する農場（写真10）、給与カーを使用している農場等様々である。

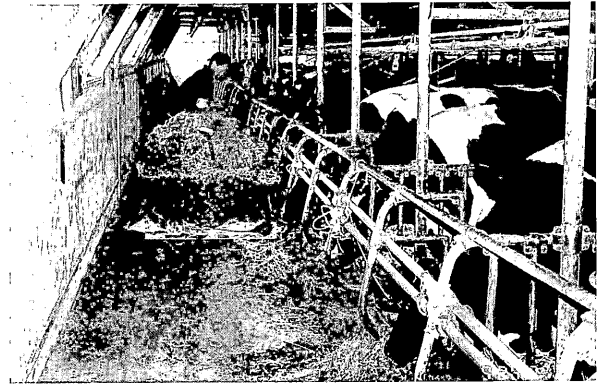


写真10

## 7. TMR供給2年を経過して

### (1) 飼料の量と質の安定による成果

現在、構成員総出荷乳量では平成15年対比109.4%となっている。その要因としては経産牛頭数が若干増加している（103.6%）ことと、経産牛1頭当たりの産乳量が平成15年対比105.4%と増加したことにある（8,300kg→8,750kg）。

### (2) 労働負担軽減による飼養規模拡大

TMRセンターの稼働を機に2戸が「繋ぎ飼牛舎」から「フリーストール」へと移行し、さらに繋ぎ牛舎でも増築や乾乳牛舎設置など新たに増産に向けた動きが出てきている。

### (3) 新規就農者の参入

平成15年8月TMR供給を開始して以来、(有)ディリーサポート士別は4戸の脱退と2戸の加入があった。加入した2戸はいずれも新規参入者で、初期投資を最小限抑えて経営を開始した。(有)ディリーサポート士別の機能をフル活用した経営である。

## 技術レポート

## 牛舎施設と乳牛の行動について

寺田 浩哉

北海道石狩支庁石狩南部地区農業改良普及センター 専門普及員

## はじめに

牛舎施設は、酪農経営上非常に重要であり、様々な酪農技術が目的合理的に実現できる場所であること、そして、近年では動物福祉に視点を置いた牛舎施設が望まれるようになり、それらが、酪農経営上に大きく貢献されることが分かってきた。

## 1. 酪農現場での現状

現在、酪農現場において、施設に関する問題点は以下の点があげられる。

- ①乳牛の体型や遺伝能力の変化に対する牛舎構造の不一致。
- ②牛舎施設の老朽化。
- ③乳牛の増頭や労働人数の減少による労働効率の低下。
- ④資材価格の高騰等による施設への過剰投資。
- ⑤研究情報等のスムーズな伝達や活用の不足。

## 2. 牛舎施設に求めるもの

牛舎施設は、乳牛と人間が活動する空間であるため、①乳牛生活環境の向上による健康維持と生産性の向上、②働きやすい作業環境による労働効率の向上、が重要項目としてあげられる。

今回、乳牛の生活環境に視点を置き、異なる条件の牛舎において、行動パターンがどの様に変化するか比較調査した結果を紹介する。

## 3. 牛舎環境と乳牛行動

## 1) フリーストール体系における乳牛行動

## ①A農場の場合

中央飼槽のツウロー牛舎、牛床に洗い砂を使用している。牛舎内のカウコンフォートは良好である。飼料はTMRを1日1回給与している。

調査は、抽出牛6頭を24時間観察した。

表1は今回の指標に使った数字である。表2は、調

表1 乳牛の時間配分 (FSの場合)

行動	1日の合計(分)
採食	5時間(9~14回/日)
横臥	11時間(内反芻6時間、15回/日)
飲水	30分(10~15回/日)
立っている時間	4時間(反芻したりして)
毛繕いなど	30分
その他(搾乳など)	3時間
合計	24時間

※ウイリアムマイヤー農業研究所セミナー資料より抜粋

(2001, Dr.Richard.Grant)

表2 A農場の乳牛行動

(分)

	A	B	C	D	E	F
横臥/1日, 分	650(17)	831(11)	705(10)	701(12)	836(13)	796(13)
(内安楽姿勢/1日, 分)	30(5)	83(14)	78(11)	48(5)	53(6)	33(6)
採食/1日, 分	437(24)	283(14)	412(15)	360(17)	284(13)	354(16)
総反芻/1日, 分	403	324	405	321	391	402
(横臥反芻/1日, 分)	337(12)	280(11)	362(11)	240(7)	329(11)	389(15)
(起立反芻/1日, 分)	66(7)	44(3)	43(8)	81(4)	62(6)	13(2)
総咀嚼/1日, 分	840	607	817	681	675	756
飲水/1日, 分	26(14)	28(14)	62(17)	24(15)	35(11)	35(17)
立っている時間	155	123	69	115	66	98
(牛床上起立/1日, 分)	68(11)	81(11)	63(6)	101(14)	54(11)	68(13)
(通路上起立/1日, 分)	87(13)	42(6)	6(2)	14(3)	12(3)	30(5)
毛繕い, ブラッシング/1日, 分	37	36	53	28	33	31
搾乳に係る時間/2回, 分	69	95	96	131	124	113

※ ( ) 内は頻度

査結果であり、横臥行動は、横臥回数が平均12.6回、横臥時間は平均753分であり、十分な休息ができていた。

頭を後ろに曲げ背中にもたれかける様な安楽姿勢(乳熱姿勢)は、1回当たり5~10分と短時間であり、1日当たりの回数も5~14回と幅がある。この姿勢は、安楽性がよい牛床ほど頻度が増すと思われる。

また、牛群全体の横臥割合は、深夜24時~早朝の牛舎作業が始まるまでの時間帯に多い傾向にあった。

次に、反芻行動については、横臥しながらの反芻と牛床や通路で起立したままの反芻があるが、目的とする所は、横臥反芻行動による、代謝効率の向上である。

A牧場では、反芻の多くは横臥反芻であり牛床の安楽性が優れていると判断でき、反芻時間も平均374分と適正值であり、唾液分泌は十分であると予想でき、乳脂肪率低下等の問題は無いと判断できた。

反芻は夕方7時から早朝にかけての時間帯が盛んであった。

次に、採食行動は平均15回、採食時間は平均355分であった。1頭当たり飼槽幅は十分であった。

飼料を小分けに採食することで、かため喰いが抑制され、ルーメン内の恒常性が保たれていると思われた。

その他、飲水は搾乳終了後と飼料摂取の合間に多い傾向にあった。水槽は、飼槽上部に連続水槽を設置し、また横断通路にも設置しアクセス回数を増やす工夫を

している。

飲水回数は平均14.6回で、飲水時間は35分程度で、乳牛が一日で飲水に費やす時間が非常に短いことが分かった。

次に、拘束時間であるが、1回の搾乳に係る時間(移動、待機室、搾乳)は90分以内が理想であるが、朝が平均48分、夕方が57分と短い結果であり、グループ分けや作業の効率化が図られていた。

②B農場の場合

中央飼槽のツウロー牛舎で、牛床はコンクリートに敷料(乾草)を利用している。飼料は混合飼料とコンピューターフィーダーで配合を給与している。この農場は、カウコンフォートがあまり良くなく、また蹄病が目立つ牛群であった。

調査は、抽出牛10頭を、朝の搾乳終了から夕方の搾乳までの約11時間観察を行った。

図2は調査牛の中で特徴的な牛を5頭選んだものである。A農場と比較し行動が大きく違うことが分かる(図3)。横臥行動についてはC, D, Eの行動に見られる様に、横臥時間が短く、通路でぼーっと立っている牛が目立った。

この農場では、牛床構造の不備(プリセットボードから縁石までの距離が短い。滑りやすい等。)と併せて肢蹄の不調が横臥を妨げている要因と考えられた。

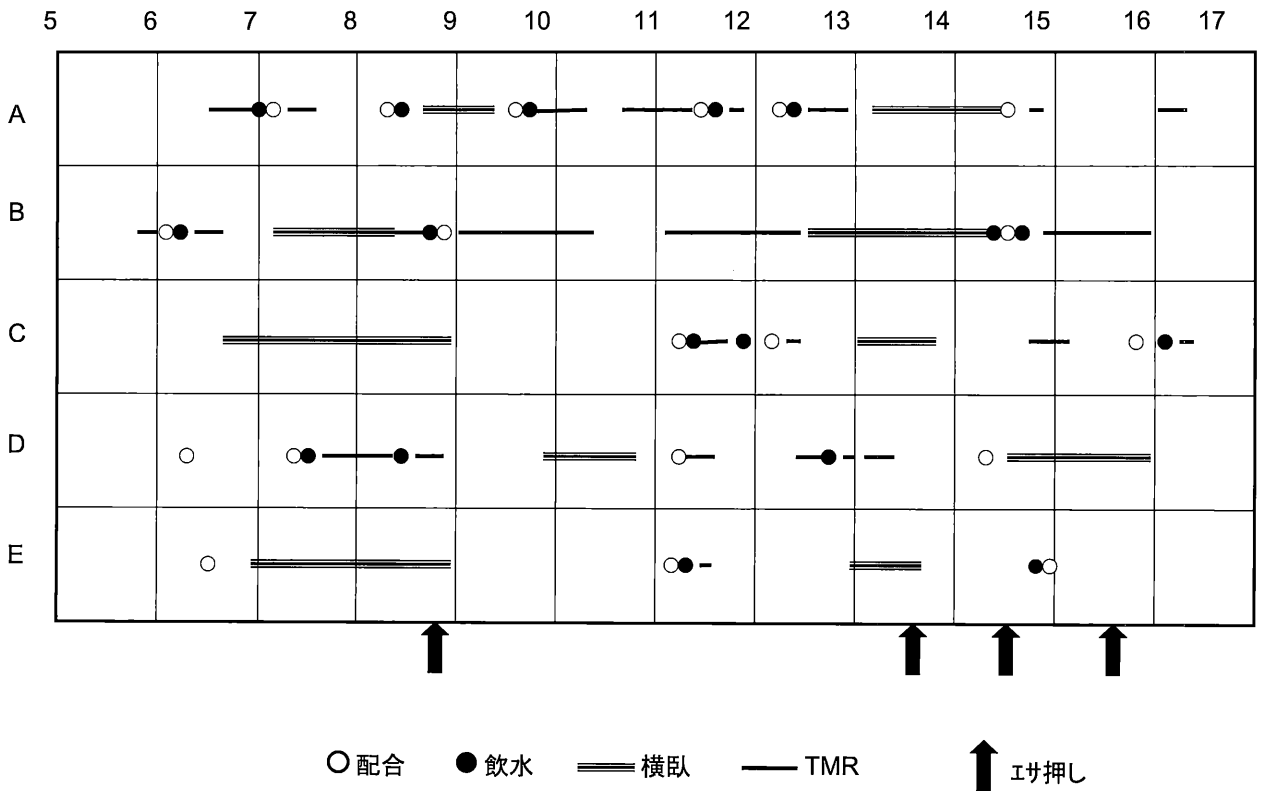
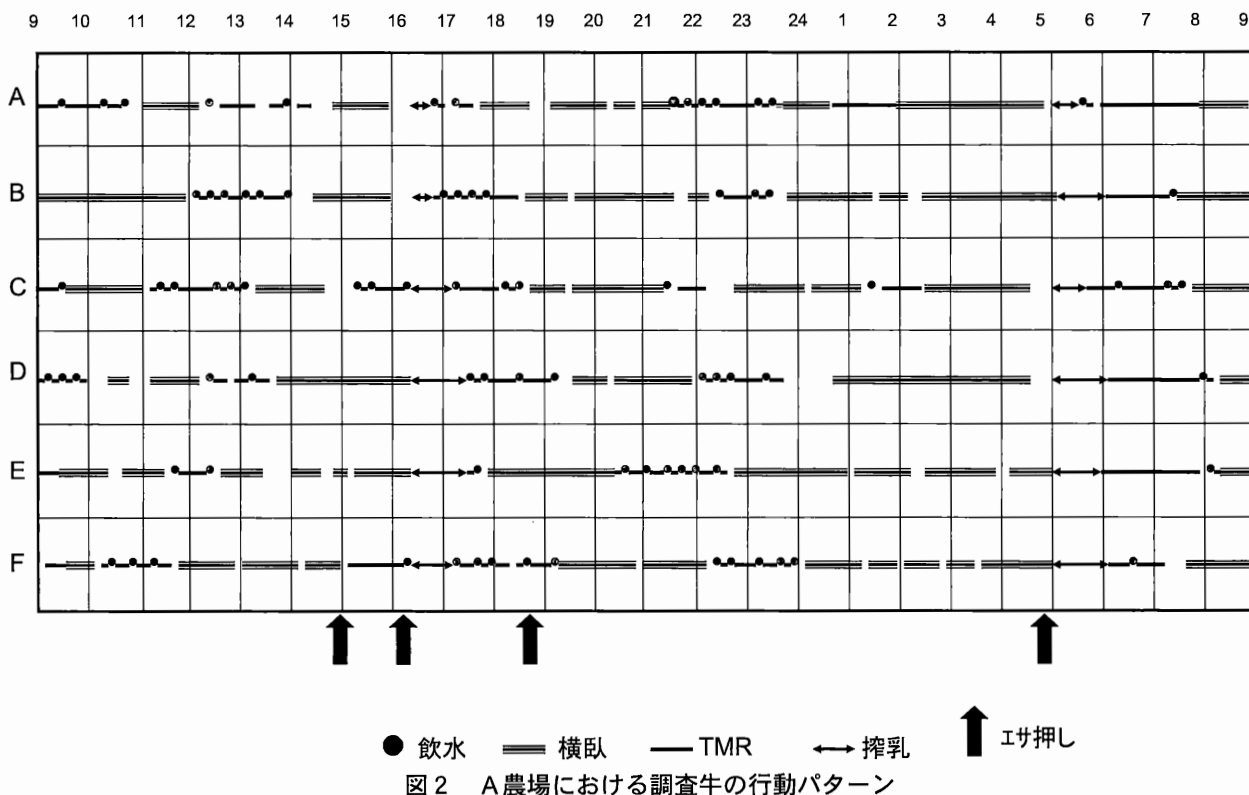


図1 B農場における調査牛の行動パターン





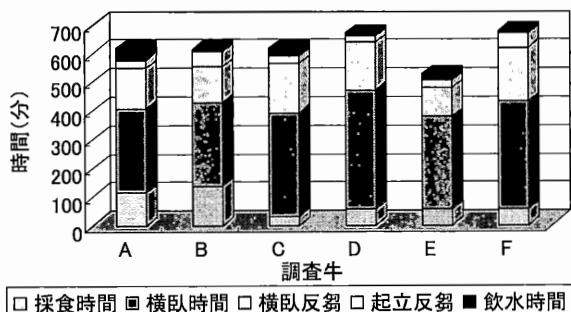
いA農場の牛が、理想に近い行動を見せた。

## 2) 完全舎飼飼養体系における乳牛行動

### ① C農場の場合

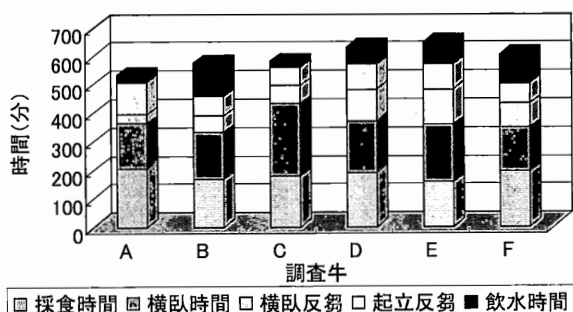
スタンション繫留方式で、ゴムチップマットレス設置と陰圧換気方式を導入。カウコンフォートは良好。

調査は、抽出牛6頭を、朝の搾乳終了から夕方の搾乳までの9時間行った。調査は8月に行った。



また、採食行動については、AとB牛はTMR菜食後に配合飼料を食べていた牛である。しかし、C、D、E牛は、配合飼料を先に食べてしまう傾向にあった。特に、E牛は、TMRをほとんど食べずに、配合飼料を食べていた。この牛は、蹄の傷害によって、TMRを食べに歩く意欲がなく、しかし、何とか配合飼料だけは食べに行くというような状態であった。蹄の傷害が粗飼料の採食低下を招き、十分なルーメンマットが形成されないままデンプン質飼料を採食し、ルーメンの恒常性に異常をきたし、更に蹄病へ拍車をかける結果となっていた。

A農場とB農場の違いは、主に牛床の素材と飼料給与システムであったが、明らかにカウコンフォートの良



調査の結果、横臥時間は多くその内約40%以上を休息しながらの反芻に費やす傾向にあった。(図4)

牛床マットや換気効果で、牛群全体が非常にゆったりしている様だった。

しかし、採食行動は少ない傾向にあった。これは、搾乳後の飼料給与から、その後は昼間の掃きよせ1回のみで調査中新たな飼料給与がなかったことが大きな

要因であり、飼料給与方法に工夫が必要と思われた。長時間の空腹状態にある牛は、次回給与時に早食いや固め食いによって、急激なルーメンPHの低下を招き、生産性の低下に影響を及ぼす恐れがある。

## ②D農場の場合

一本チェーン繫留方式で、コンクリートに敷料（乾草）を利用している。換気扇（小型）で外気を取り入れているが、換気は不良。調査は8月に行った。

調査は、乳牛6頭を抽出し、朝の搾乳後から夕方の搾乳までの9時間行った。

この農場で大きな問題としてあげられたのは、牛が大きく斜めになって寝てしまうことであった（牛床長さ155cm、幅120cm）。

A, B, C牛は隣り同志の牛であったが、牛床が短いために、隣の牛が自分のスペースに入り込んで横臥することで起立を余儀なくされ、立ちながらの反芻や採食行為をするしかない状態であった。そして、隣の牛が立ち上がった瞬間に疲れ切って横臥するというような状況であった。そのことが、横臥反芻が3頭とも少

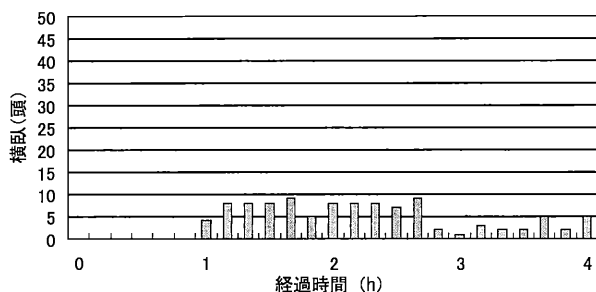


図5 E農場の放牧地での横臥状況

ない要因の一つであると思われた（図4）。

現在乳牛行動の中で、横臥・休息が最も重用視されている。

その背景となるものは、①乳腺への血流の増加（20～25%）。②蹄のストレスの軽減。③反すう時間の増加による消化効率の向上。④免疫機能の適正保持。であり、これらは、酪農経営の向上に大きく貢献するものばかりである。

この農場は、C農場に比べ、非常に起立時間が長く、横臥時間や回数が少ないため、牛床の延長と牛床素材の改善が必要と思われた。

## 3) 放牧管理体系における乳牛行動

E農場の経営主から、「牛床と換気を改善したら、管理は変えていないのに放牧地での乳牛行動が変化し、採食行動が多くなった」と言われたことを基に調査を行った。

### ①E農場の場合

チェーンタイ繫留方式で、ゴムチップマットレスと陰圧換気を導入し、カウコンフォートは良好である。

調査は、朝の搾乳終了から夕方の搾乳までの8時間

30分の間（内放牧時間約4時間）行った。

調査の結果は、放牧前は朝の搾乳終了後にサイレージ、単味や配合飼料を採食した後、ほとんどの牛が横臥した。その後、放牧間近に単味飼料とサイレージの掃きよせを行う際に起立して採食行動に移る等、放牧までの時間を横臥休息や採食でゆったり過ごしていた。

図5は牛群の横臥状況である。どの時間帯でも、横

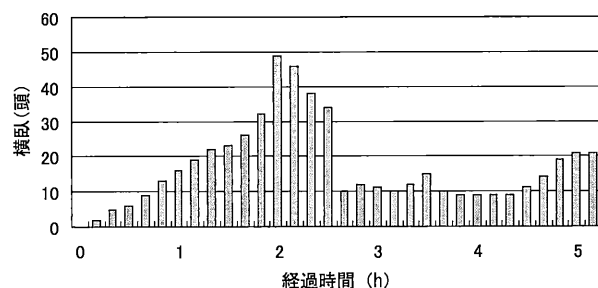


図6 F農場の放牧地での横臥状況

臥牛が少なく、採食牛が非常に多いのが分かる。

### ②F農場の場合

スタンション繫留方式でコンクリートに、敷料（乾草）を利用している。定置式換気扇で送風を行っているが換気は不良。

調査は、抽出牛6頭を、朝の搾乳終了から夕方の搾乳までの約8時間（内、放牧時間約5時間）観察した。

放牧前はサイレージと単味および配合飼料の採食行動が多く、横臥頭数が少なかった。

図6は牛群の横臥状況である。E農場に比べ、横臥頭数が多く、特に、放牧後2時間半までに徐々に増えていく傾向にあった。

今回の調査では、放牧前によく休息している牛群の方が放牧地での採食行動が多い傾向にあった。

しかし、今回の調査では、搾乳から放牧までの時間や放牧時間が戸々で少し異なるため、はっきりとした結論を出すことができなかった。しかし、放牧するとすぐに横臥してしまう牛群、また、E農場と同様な傾向がパドックにおいても見られると他の農場主から伺ったことがあることを考えると、放牧地の乳牛のコントロールと利用率向上を目的に、牛舎環境の整備を放牧地の管理と併せて考える価値がありそうである。

## 4. 今後の展望

今回の調査では、少しの環境の違いが乳牛行動に大きく影響することを再認識した。現場では、牛舎施設に関して、まだまだ改善の余地がある農場が多い。

現在、様々な研究成果や情報が入ってくる（乳牛行動学や栄養学、資材や価格、施工技術等々）が、それらを地域の実情のあった技術に加工し、実践・普及することが重要であると考え。

## 併催企画報告

## 「ミルク&amp;ミートほっかいどう」

平成17年9月9日・10日に開催された日本畜産学会第105回大会の併催企画として9月10日（土）・11日（日）の朝10時から夕方17時（11日は16時）まで、JR札幌駅南口広場にて北海道畜産学会主催の「ミルク&ミートほっかいどう」が企画されました。本イベントは日本の食料基地であると同時に、「食の安全と安心」というテーマに対して先駆的に取り組んでいる北海道の酪農・畜産業について、その生産・流通・消費など広範な角度からパネル展示やクイズを通して一般市民の方々にも分かり易く理解していただくことを目的としたもので、両日とも好天に恵まれたこともあって、BSEへの取り組みやトレーサビリティシステム等、現在最もホットな話題のパネルの前には、多くの人々が立ち止まり関心を示していました。特に家族に安全な食材を確保したいと願う、小さな子供連れの家族が目立ち、「食」に対する関心の高さが伺われました。定時毎に用意される試飲用の牛乳は、その都度瞬く間に品切れとなる盛況ぶりでした。

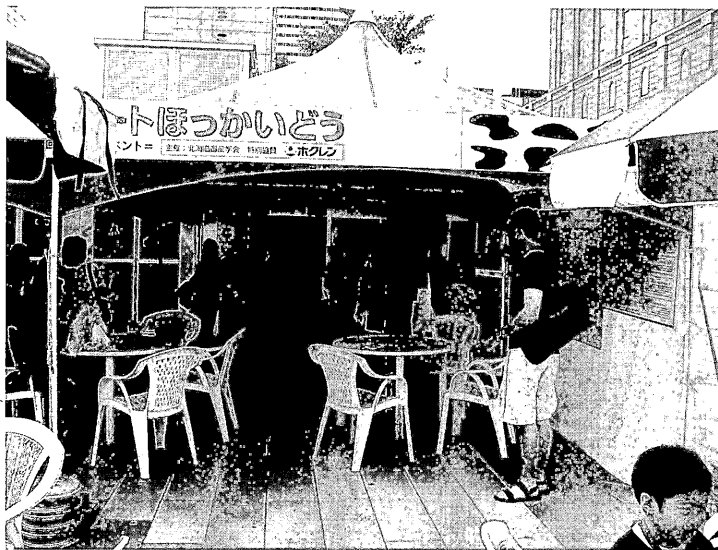


写真1  
会場内には30枚程の出展パネルが並び、乳肉の生産から製造、消費者の手許に届くまでの流通経路や畜産食品の栄養的な価値が分かり易く紹介されています。



写真2  
乳牛の種類や牛乳の成分等についてのクイズに答えるとガラポンを行って景品がいただける、という仕組み。筆者がゲットしたのは定番のポケットティッシュ。

## 会務報告

### 1. 2005年度第1回評議員会

2005年5月21日、KKR札幌において会長、副会長2名、評議員17名、監事1名および幹事3名が出席して開催され、2003年度庶務報告、会計報告および会計監査報告が行われ、承認された。次いで、2005年度事業計画(案)および予算(案)が提案され、承認された。

### 2. 2005年度総会

2005年9月9日、札幌コンベンションセンターにおいて服部昭仁氏(北海道大学)を議長として本年度総会を開催した。議事は以下の通りで、原案通り可決された。

#### <報告事項>

#### 1) 2004年度庶務報告

##### (1) 2004年度第1回評議員会

2004年5月22日、KKR札幌において会長、副会長2名、評議員21名、および幹事3名が出席して開催され、2003年度庶務報告、会計報告および会計監査報告が行われ、承認された。次いで、2004年度事業計画(案)および予算(案)を提案し、承認された。さらに、2005・2006年度日本畜産学会代議員の選出(案)および表彰規定の改正(案)を提案し、承認された。また、2004年度北海道畜産学会賞は以下の通りに決定した。

受賞者：米田 弘 氏(北海道酪農畜産協会、肉牛振興部長)

業績：北海道における肉用牛の生産振興と改良・飼養管理技術の指導

受賞者：出岡 謙太郎 氏(北海道立根釧農業試験場、主任研究員)

業績：肉用サフォーク種子羊の早期高増体生産システムに関する研究

その他、評議員の交替、学会活動強化に関する懸案事項、学会投稿規程および学会報作成要領、などについて審議された。

##### (2) 2004年度第2回評議員会

2004年9月2日、うたのぼりグリーンパークホテルにおいて会長、副会長2名、評議員18名、および幹事3名が出席して開催され、評議員の交替、役員(2005・2006年度)の選出、日本畜産学会(北海道支部)代議員の選出、編集委員の交替、学会報(第47巻)、2005年度大会、活性化委員会の設置、などに

ついて審議された。その他、学会投稿規程の改正(案)を提案し、承認された。また、学会報原稿作成要領の改正、審査基準および審査の手引き作成について審議された。

##### (3) 2004年度総会

2004年9月2日、うたのぼりグリーンパークホテルにおいて2004年度総会を開催した。議事は以下の通りで、原案通り可決された。

- ①2003年度庶務報告、会計報告および会計監査報告
- ②2004年度事業計画
- ③2004年度予算案
- ④評議員の交替
- ⑤2005・2006年度役員の選出
- ⑥その他(学会投稿規程の改正、学会報原稿作成要領の改正、審査基準および審査の手引き作成)

##### (4) 日本畜産学会北海道支部2004年度総会

2004年9月2日、うたのぼりグリーンパークホテルにおいて2004年度の総会を開催した。議事は以下の通りで、原案通り可決された。

- ①日本畜産学会北海道支部会則(案)および北海道支部代議員選出規定(案)の制定
- ②2005・2006年度日本畜産学会北海道支部代議員の選出

##### (5) 第60回北海道畜産学会大会

2004年9月2日～3日、うたのぼりグリーンパークホテルにおいて第60回北海道畜産学会大会を開催した。学会受賞講演、一般講演54題の発表および現地検討会が行われ、114名が参加した。現地検討会の内容は以下のとおりで、北海道立天北農業試験場・三浦康雄氏が務めた。

「環境および地域産業と調和した酪農経営」

- ①放牧と低投入型農業による循環農業の確立を目指す石田牧場
- ②規模拡大と環境負荷に配慮した投資を行う吉田牧場

##### (6) 講演要旨および学会報の発行

- ①第60回北海道畜産学会大会講演要旨を2004年8月に発行した。
- ②北海道畜産学会報第47巻を2005年5月に発送。内容は総説4編、原著論文7編、研究ノート2編、

シンポジウム報告2編および海外報告1編などであった。

(7) 会員現況 (2005年9月1日現在)

名誉会員：6名、正会員：271名、学生会員：19名、賛助会員：32社 (57口)

2) 2004年度会計報告 (別紙1)

3) 2004年度会計監査報告

<審議事項>

1) 2005年度事業計画

(1) 第61回北海道畜産学会大会について

第105回日本畜産学会大会が9月9日～10日(札幌コンベンションセンター、北海道大学主催)に実施されるため、本年度の北海道畜産学会大会は開催しない。第61回北海道畜産学会大会は来年度9月に北海道農業研究センターにおいて開催する。

(2) 公開講演会

日本畜産学会北海道支部が、日本畜産学会から第105回大会における公開講演会開催の依頼を受け、これを北海道畜産学会が、北海道草地研究会および北海道家畜管理研究会との共催のもとで、当大会におけるプログラムの中で開催する。北海道草地研究会および北海道家畜管理研究会には、共催について依頼し、講演会の案内状を各研究会の会員に発送して頂く。

2005年9月10日(土) 13:00～16:30

「北海道の畜産を支える草・土・水の力」

1) 「畜産食品と脳」 高田 明和氏 (浜松医科大学名誉教授)

2) 「草地在る北海道の畜産」 花田 正明氏 (帯広畜産大学畜産科学科)

3) 「北海道の土壌と家畜生産」 松中 照夫氏 (酪農学園大学酪農学科)

4) 「家畜生産と水」 三枝 俊哉氏 (北海道根釧農業試験場)

(3) 2005年度北海道畜産学会賞の選考について

本年度は大会を開催しないため、本年度の学会賞の選考は行わない。

(4) 会報の発行

北海道畜産学会報第48巻：2006年3月発行予定とし、公開講演会の内容で特集を組む。各演者に発表内容を総説として執筆依頼する(4編+総括)。原著論文については、第60回大会での発表者に再度投稿依頼する。

(5) 評議員会の開催

- ・第1回評議員会：2005年5月21日
- ・第2回評議員会：開催しない

(6) 編集委員会の開催

- ・第1回：2005年9月9日

(7) 活性化委員会の開催

- ・第1回：2005年11月22日

2) 2005年度予算 (別紙2)

3) 評議員の交替 (敬称略)

前田善夫(道立畜試) → 竹田芳彦(現在・道立畜試)  
竹田芳彦(昨年・根釧農試) → 三木直倫(現在・根釧農試)  
田中義春(中央農試) → 鈴木善和(現在・根釧農試)

4) その他

- (1) 2004年度活性化委員会の検討事項について。

## 別紙1

2004年度北海道畜産学会会計報告  
(自2004年4月1日～至2005年3月31日)

## 一般会計

## 収入の部

(円)

項 目	予算額	決算額	差異	備 考	
会 費	1,441,000	1,442,000	△ 1,000	正会員 (289名)	844,000
			0	学生会員 (19名)	28,000
			0	賛助会員 (32社、57口)	570,000
広 告 料	200,000	200,000	0	第46巻掲載広告料	
投 稿 料	345,000	400,000	△ 55,000	第46 (47) 巻投稿料・別刷代	
交 付 金	42,000	43,000	△ 1,000	(社) 日本畜産学会から	
雑 収 入	40,000	33,408	6,592	利子、会報、著作権	
繰 越 し 金	762,410	762,410	0	2003年度から	
合計 (A)	2,830,410	2,880,818	△ 50,408		

## 支出の部

(円)

項 目	予算額	決算額	差異	備 考	
印 刷 代	1,400,000	1,166,450	233,550	第47巻、講演要旨集	
大 会 費	150,000	150,000	0	東京農業大学へ	
通 信 費	210,000	171,875	38,125	郵送費、ホームページ開設関連費用等	
会 議 費	150,000	121,317	28,683	評議委員会、編集委員会	
旅 費	230,000	249,900	△ 19,900	役員・幹事旅費等	
謝 金	50,000	48,000	2,000	事務補助費等	
事 務 費	50,000	41,202	8,798	事務消耗品・コピー代等	
振込手数料	25,000	18,070	6,930		
繰 入 金	100,000	100,000	0	特別会計へ	
予 備 費	465,410	0	465,410	合同シンポジウム拠出金	
合計 (B)	2,830,410	2,066,814	763,596		

収支 (A - B) 2,880,818 - 2,066,814 = 814,004 (次年度繰越金)

## 特別会計

## 収入の部

(円)

項 目	予算額	決算額	差異	備 考	
雑 収 入	1,000	408	592	利子	
繰 入 金	100,000	100,000	0	一般会計から	
繰 越 し 金	2,895,027	2,895,027	0	2003年度から	
合計 (a)	2,996,027	2,995,435	592		

## 支出の部

(円)

項 目	予算額	決算額	差異	備 考	
学会賞副賞	100,000	100,000	0	¥50,000×2名	
雑 費	8,000	6,714	1,286	賞状、筒、代書手数料	
予 備 費	2,888,027	0	2,888,027	貸付信託 (¥2,000,000)	
合計 (b)	2,996,027	106,714	2,889,313		

収支 (a - b) 2,995,435 - 106,714 = 2,888,721 (次年度繰越金)

2005年度北海道畜産学会予算  
(自2005年4月1日～至2006年3月31日)

## 一般会計

## 収入の部

(円)

項 目	前年度 予算額	前年度 決算額	予算額	備 考
会 費	1,441,000	1,442,000	1,421,000	正会員 3,000×271名=813,000 学生会員 2,000×19名=38,000 賛助会員10,000×57口=570,000 (32社57口)
広 告 料	200,000	200,000	200,000	第47巻掲載広告料
投 稿 料	345,000	400,000	250,000	第47巻投稿料・別刷代
交 付 金	42,000	43,000	43,000	(社) 日本畜産学会
雑 収 入	40,000	33,408	40,000	利子、会報、著作権
繰 越 し 金	762,410	762,410	814,004	2004年度から
合 計	2,830,410	2,880,818	2,768,004	

## 支出の部

(円)

項 目	前年度 予算額	前年度 決算額	予算額	備 考
印 刷 代	1,400,000	1,166,450	1,200,000	第48巻
大 会 費	150,000	150,000	0	
通 信 費	210,000	171,875	210,000	郵送費、ホームページ開設関連費用等
会 議 費	150,000	121,317	150,000	評議委員会、編集委員会
旅 費	230,000	249,900	250,000	役員・幹事旅費等
謝 金	50,000	48,000	50,000	事務補助費等
事 務 費	50,000	41,202	50,000	事務消耗品・コピー代等
振 込 手 数 料	25,000	18,070	25,000	
繰 入 金	100,000	100,000	100,000	特別会計へ
予 備 費	465,410	0	733,004	
合 計	2,830,410	2,066,814	2,768,004	

## 特別会計

## 収入の部

(円)

項 目	前年度 予算額	前年度 決算額	予算額	備 考
雑 収 入	1,000	408	500	利子
繰 入 金	100,000	100,000	100,000	一般会計から
繰 越 し 金	2,895,027	2,895,027	2,888,712	2004年度から
合 計	2,996,027	2,995,435	2,989,212	

## 支出の部

(円)

項 目	前年度 予算額	前年度 決算額	予算額	備 考
学 会 賞 副 賞	100,000	100,000	0	
雑 費	8,000	6,714	0	
予 備 費	2,888,027	0	2,989,212	貸付信託 (¥2,000,000)
合 計	2,996,027	106,714	2,989,212	

# 北海道畜産学会役員

(任期2005年4月1日～2007年3月31日)

会 長  
副会長

服 部 昭 仁 (北大農)  
高 橋 潤 一 (帯畜大)

干 場 信 司 (酪農大)

評議員  
(28名)

小 林 泰 男 (北大農)  
中 村 富美男 (北大農)  
鈴 木 三 義 (帯畜大)  
関 川 三 男 (帯畜大)  
宮 川 栄 一 (酪農大)  
寺 脇 良 悟 (酪農大)  
増 子 孝 義 (東農大)  
富 樫 研 治 (北農研)  
森 清 一 (道立畜試)  
扇 勉 (道立畜試)  
鈴 木 善 和 (根釧農試)  
川 崎 勉 (天北農試)  
坂 田 徹 雄 (ホクレン)  
熊 野 康 隆 (北酪検)  
土 門 幸 男 (ジェネイクス北海道)  
寺 西 正 俊 (酪総研)

近 藤 誠 司 (北大農)  
渡 邊 智 正 (北大農)  
柏 村 文 郎 (帯畜大)  
  
菊 地 政 則 (酪農大)  
  
横 濱 道 成 (東農大)  
村 井 勝 (北農研)  
竹 田 芳 彦 (道立畜試)  
森 本 正 隆 (道庁農政部)  
三 木 直 倫 (根釧農試)  
  
西 部 潤 (十勝農協連)  
須 藤 純 一 (道酪畜協会)  
佐 渡 谷 裕 朗 (日甜研)

監 事

岡 本 全 弘 (酪農大)

田 村 千 秋 (明治飼糧)

幹 事

上 田 宏一郎 (北大農)(庶務)  
玖 村 朗 人 (北大農)(編集)

福 永 重 治 (北大農)(会計)



## 北海道畜産学会会則

- 第1条 本会は北海道畜産学会と称し、その事務局を原則として会長の所属する機関に置く。
- 第2条 本会は畜産に関する学術の進歩を図り、併せて北海道に於ける畜産の発展に資することを目的とする。
- 第3条 本会は正会員、学生会員、名誉会員、賛助会員をもって構成する。
1. 正会員は第2条の目的に賛同する者とする。
  2. 学生会員は第2条の目的に賛同し、大学またはこれに準ずる学校に在籍し、別に定める会費を納める学生とする。ただし、大学院も含む。
  3. 名誉会員は本会に功績のあった正会員とし、評議員会の推薦により、総会において決定する。名誉会員は終身とし、会費は徴収しない。
  4. 賛助会員は本会の目的事業を賛助する会社団体とし、評議員会の議を経て決定する。
- 第4条 本会は下記の事業を行う。
1. 研究発表会・学術講演会などの開催
  2. 会報の発行
  3. 学術の進歩発展に貢献したものの表彰
  4. 社団法人日本畜産学会北海道支部の事業の代行。
  5. その他必要な事業
- 第5条 本会には次の役員を置く。
- 会長 1名、副会長 2名、評議員 若干名、監事 2名、幹事 若干名
- 第6条 会長は会務を総括し、本会を代表する。副会長は会長を補佐し、会長が職務遂行に支障のある時または欠けた時は、その職務を代理する。評議員は本会の重要事項を審議する。幹事は
- 会長の命を受け、会務を処理する。監事は本会の事業及び会計の監査を行う。
- 第7条 会長、副会長、評議員及び監事は会員より選出する。その選出に際して、会長は若干名の選考委員を委嘱する。選考委員会は会長、副会長、評議員および監事の候補者を推薦し、評議員の議を経て総会において決定する。幹事は会長が会員より委嘱する。役員は任期は2年とし、重任は妨げない。ただし、会長及び副会長の重任は1回限りとする。
- 第8条 総会は毎年1回開く。ただし、必要な場合には臨時にこれを開くことができる。総会では会務を報告し、重要事項について協議する。
- 第9条 本会の事業遂行に要する費用は、正会員および賛助会員の会費および寄付金をもって充てる。ただし、寄付金であって寄付者の指定のあるものは、その指定を尊重する。
- 第10条 正会員の会費は年額3,000円とし、学生会員の会費は年額2,000円とする。賛助会員の会費は1口以上とし、1口の年額は10,000円とする。名誉会員からは会費を徴収しない。
- 第11条 会費を納めない者および会員としての名誉を毀損するようなことのあった者は、評議員会の議を経て除名する。
- 第12条 本会の事業年度は、毎年4月に始まり、翌年3月31日に終わる。
- 第13条 本会則の変更は、総会の議決による。
- 付 則 本会則は1992年4月1日より施行する。

2001年4月1日 改正

## 北海道畜産学会編集委員会規定

1. 会則4条2に基づき本規定を設ける。
2. 会報「北海道畜産学会報」の編集のため、編集委員会を置く。
3. 編集委員会は委員長1名、委員若干名、幹事1名からなり、評議員会の議をへて会長がこれらを委嘱する。
4. 委員長・委員・幹事の任期は2年とし、再任を妨げない。ただし、欠員が生じた場合、補充された委員の任期は前任者の残任期間とする。
5. 編集委員会の任務は、会誌刊行計画の立案、原稿の受理・依頼・整理、各種原稿の審査に関する事、掲載内容の決定、会誌の発行等とする。
6. 投稿規定、原稿作成要領は別に定める。
7. 編集委員会規定の改正に当たっては、評議員会の承認を受けるものとする。

1995年9月18日制定

1996年9月18日改正

1999年4月1日改正

## 北海道畜産学会投稿規定

1. 北海道畜産学会報は、原著論文・総説・受賞論文・解説・講座・シンポジウム報告・海外報告・書評・文献抄録・研究ノート・技術レポート・現場（会員）からの声等を掲載する。原著論文・研究ノート・技術レポートは会員の投稿による。総説・受賞論文・解説・講座は編集委員会が依頼したものを主とする。
2. 原著論文および研究ノートは畜産学上価値ある内容を持ち、投稿規定に従ったもので、原則として他の学会誌等に未発表のものとする。技術レポートは、北海道の畜産業の発展に役立つ内容のもので、学術上のオリジナリティは問わない。原稿は審査を受け、字句の訂正や、文書の長さの調節を受けるこ

とがある。

3. 原稿は和文もしくは英文とする。
4. 原稿は図、表、写真など一切を含め総説では刷り上がり6ページ、原著論文は4ページ、研究ノート・技術レポートは3ページ以内が望ましい。但し和文の刷り上がり1ページは、24文字×50行×2段組（2,400字程度）である。
5. 提出原稿は正1部、副2部とし、副は複写でよい。原稿はコンピュータソフトにより作成し、“表題、執筆者、ソフトウェア名、バージョン名”を明記したフロッピーディスク等を受理通知を受けた後に事務局へ送付する。なお、投稿された原稿およびフロッピーディスク等は返却しない。
6. 原著論文、研究ノートおよび技術レポートの掲載料については、刷り上がり1ページあたり5,000円とする。また、印刷時に特別な指定のあるものは、その費用を著者負担とする。
7. 原著論文、研究ノートおよび技術レポートの別刷については、投稿時に必要な部数を申し込む。その実費は著者負担とする。編集委員会が依頼した原稿については、50部までの別刷を無料とする。
8. 著者による校正は1回のみとする。校正の際、字句の追加、削除、または文章の移転は許されない。また、指定された期日までに返送されない場合は、次巻号に繰り延べることがある。
9. 原稿の送付は簡易書留にて事務局宛とする。封筒には原稿在中と朱書きし、表題、連絡者氏名、住所、論文の種類を記した原稿送状を同封する。
10. 規定の改正に当たっては、評議員会の承認を受けるものとする。

1993年5月29日 制定

1996年9月18日 改正

1999年4月1日 改正

2001年4月1日 改正

2004年9月2日 改正

## 北海道畜産学会報原稿作成要領

1. 原著論文の記述は、表題、著者名、所属機関名、所在地（市町村名、郵便番号）、和文キーワード、英文表題、英文著者名、英文所属機関名、英文所在地、英文キーワード、要約、英文要約、緒言、材料および方法、結果、考察、文献、図表（説明文を含む）の順序とする。結果および考察はひとまとめにして記述してもよい。謝辞の必要がある場合は考察の後につける。表題から英文キーワードまでを第1ページ、要約を第2ページ、英文要約を第3ページ、第4ページより緒言以下を作成する。本文の図、表、写真の挿入場所は矢印を付けて指定する。写真の説明文、図および表は英文とする。

研究ノート・技術レポートの記述は、原著論文の記述法に準ずるが、英文要約は不要であり、写真の説明文、図および表は和文でもよい。

2. 原稿は、コンピュータソフトを用いて作成する。A4版用紙に、縦置き、横書きとし、上下左右とも2.5cmの余白を設け、全角35字×34行/ページとする。ページ番号は中央下、行番号はページごとに左側の余白に記入する。専門用語は、原則として文部省学術用語審議会編「学術用語集」、日本畜産学会編「新畜産用語辞典」を参照する。

3. 動植物の和名はカタカナで、学名等は、イタリック体とする。

4. 本文中の外人名は原名つづりのままでMILLSのように姓のみを書き、2名連名の場合はMILLS and JENNYのようにandでつなぎ並記する。3名以上の連名の場合はMILLS et al. のように最初の著者名にet al. をつけ、他は省略する。

5. 本文中の日本人名も姓のみを記し上記に準ずる。

6. 本文中の文献引用箇所には、以下のように記入する。

SMITH et al. (1992) は食肉の解硬メカニズム、保水性の回復（三浦，1990A；関川と佐藤，1992）および風味の向上について（三浦，1990B）……

7. 本文中の人名以外の外国語は原字またはカタカナで書く。

8. 数字はすべて算用数字を用いる。また、諸単位の略号は原則として以下のようなSI単位を用いる。

km, m, cm, mm,  $\mu$ m, nm, kl, l, ml,  $\mu$ l, kg, g, mg,  $\mu$ g, ng, pg, h, min, s, mol, M, N, ppm, ppb, J,  $^{\circ}$ C, Pa, rpm, Hz, %

9. 引用した文献のリストは、次の手順により作成する。

①雑誌に掲載された文献の記載は、全員の著者名（発行年）表題。雑誌名、巻：最初—最終ページ。の順とする。

例

DRORI, D. and J.K. LOOSLI (1959A) Influence of fistulation on the digestibility of feeds by steers. J. Anim. Sci., 18:206-210.

佐々木清綱・松本久喜・西田周作・細田達雄・茂木一重（1950）牛の血液型に関する研究。日畜会報，27:73-76.

②単行本の記載は、著者名（発行年）書名。版。引用ページ。出版社。発行地。の順とする。分担執筆の場合は書名の後に“……の項執筆”と書き、編集または監修者名を加える。

例

NALBANDOV, A. V. (1963) Advances in neuroendocrinology. 2nd ed. 156-187. Univ. of Illinois Press. Urbana.

FOLLEY, S. J. and F. H. MALPRESS (1948) Hormonal control of mammary growth. in The Hormones vol. I. (PINCUS, G. and K. V. THIMANN, eds.) 695-743. Academic Press. New York.

諏訪紀夫（1977）定量形態学。第1版。12-23。岩波書店。東京。

③文献の記載には正確を期し、とくに巻、ページを正しく書く。

④文献リストは、まず筆頭者名のアルファベット順に、同一著者による複数の文献があれば発表順に整理する。

⑤その上で、同一著者による複数の文献が同一年にあれば、発表年の後に大文字のアルファベットで区別する（作成要領6、参照）

10. 特殊な刊行物を引用する場合は、下記の例にならない全タイトルを記す。

農林水産省統計情報部編（1990）平成元年食肉流通統計。347-351。農林統計協会。東京。

11. 図版の原図および表については、次の規定に従う。

①原図はコンピュータソフトにより作成するのが望ましい。コンピュータソフトによらない場合は、A4版の白紙または方眼紙に、製図用インクで、そのまま製版できるように描くのが望ましい。ただし、方眼の色は青に限る。

②原図は原則として、図中の文字および数字をも含めて、そのまま印刷できるものとする。原図が製版に不相当である場合、トレース費用は著者負担とする。

③原図の周囲には2.5cm幅の余白を残し、折り目をつけないようにして送付する。

④図表は、A4版の白紙または方眼紙一枚に一つずつ記入する。また、表および図の欄外余白に著者名と表題を記入する。

⑤原稿の最後に、図および表の表題および説明文をまとめて添付する。

12. 要約は総説で600字程度，原著論文で400字程度，研究ノートおよび技術レポートでは300字程度とする。原著論文には250語程度の英文要約もつける。
13. 字体を指定する場合は以下のようにする。
- ①スモールキャピタル（小文字の大きさの大文字）は2本下線。 MACFARLANE
  - ②イタリック体は1本下線。 Medicago
  - ③ゴシック体は波下線。 J.Anim.Sci., 18:
14. キーワードは5個以内で，和文と英文の両方で記載し，所在地の次に以下のように記入する。
- キーワード：アミノペプチダーゼ，酸性極限pH，遊離アミノ酸
- Key words : amino peptidase, ultimate pH, free amino acid
15. 提出原稿に以下の内容を記述した原稿送り状を添付する。発送年月日，表題，略表題，著者名，所属機関名，所在地（市町村名，郵便番号），英文表題，英文著者名，英文所属機関名，英文所在地，投稿者氏名，連絡先（所属，住所，郵便番号，電話番号，ファックス番号，Eメールアドレス），原稿の種類（原著論文，研究ノート，技術レポート，その他（具体的に）），原稿枚数（本文，表，図，図の説明のそれぞれの枚数と合計枚数），別刷りの部数。なお，略表題は，和文は15文字以内，英文は40文字（スペース含む）以内とする。
16. 原稿を英文で作成する場合も，基本的に本投稿規定に従う。記述の順および原稿送り状については，「英文」を「和文」，また「和文」を「英文」と読み替える。英文はアメリカ英語で作成する。字体は12ポイントのダブルスペースで印字する。1ページ当たり26行とする。なお，英文では，約600語が刷り上がり1ページとなる。
17. 本要領の改正に当たっては，編集委員会の承認を得るものとする。

1996年9月18日 改正  
 1999年4月1日 改正  
 2004年8月27日 改正

#### 北海道畜産学会表彰規定

- 第1条 本会は北海道の畜産に関する試験・研究および普及に顕著な業績を挙げた会員に対し「北海道畜産学会賞」を贈り，これを表彰する。
- 第2条 会員は受賞に値すると思われる者を推薦することが出来る。
- 第3条 第1条の畜産に関する普及に顕著な業績の場合は，会員以外の者も推薦することができる。
- 第4条 会長は，その都度，選考委員若干名を委嘱する。
- 第5条 受賞者は選考委員会の報告に基づき，評議員会において決定する。
- 第6条 本規定の改正に当たっては，評議会の承認を受けるものとする。

#### 申し合わせ事項

1. 受賞候補者を推薦しようとする者は，毎月3月末日迄に候補者の職，氏名，対象となる業績の題目，2,000字以内の推薦理由，推薦者氏名を記入して会長に提出する。
2. 受賞者の決定は各年度の第1回評議員会において行う。
3. 受賞者はその内容を大会において講演し，かつ会報に発表する。

1992年4月1日 制定  
 1996年9月18日 改正  
 2004年5月22日 改正

#### 北海道畜産学会活性化委員会規定

1. 北海道畜産学会の活動の活性化を図るため北海道畜産学会活性化委員会（以下活性化委員会）を設置する。
2. 活性化委員会は，委員長および委員若干名と事務局で構成する。
3. 活性化委員長および委員は会長が委嘱する。活性化委員長および委員の任期は2年とする。
4. 活性化委員会は会長より依頼のあった事項について検討を行い，検討結果を会長に報告する。
5. 本規定の改廃は，評議員会の議決による。

2004年9月2日 制定

## 日本畜産学会北海道支部会則

第1条 北海道支部は、社団法人日本畜産学会の定款および細則に基づき同会の正会員で構成する。

第2条 支部総会を毎年1回、北海道畜産学会総会に併せて開催する。但し、必要な審議事項がない場合はこの限りではない。

第3条 本会の運営に関する重要事項を審議するため役員会を置く。

第4条 支部長は北海道畜産学会会長が兼任し、その他の役員も同様とする。なお、日本畜産学会の役員改選時における理事候補者（支部代表者）は支部長をもって当てる。

第5条 日本畜産学会北海道支部代議員は別に定める日本畜産学会北海道支部代議員選出規定により選出する。

第6条 その他必要な支部の運営および事業は北海道畜産学会が代行する。

第7条 本会則の改廃は、総会の議決による。

本会則は2004年9月2日より施行する。

## 日本畜産学会北海道支部代議員選出規定

1. 代議員選出事務を行うため、選挙管理委員会を置く。
2. 選挙管理委員会は、委員長および委員若干名と事務局で構成する。
3. 選挙管理委員長および委員は支部長が委嘱し、事務局は北海道畜産学会事務局に依頼する。なお、選挙管理委員の任期は2年とする。
4. 選挙管理委員会は次の事務を実施する。
  - ①代議員立候補受付の告示
  - ②総会時に以下の選挙事務を行う。
    - ・立候補者の告示
    - ・会員による選挙
    - ・選挙結果の報告
  - ③選出代議員の公表
  - ④その他必要な事務
5. 所定の時期までに立候補者が定数に達しない場合は、支部長より委嘱された代議員選考委員会が推薦する会員を立候補者とすることができる。
6. 立候補者が定数通りの場合、選挙管理委員長は総会出席会員に図り、選挙を省略して信任承認の議決を得ることができる。
7. 本規定の改廃は、支部役員会の議決による。

本規定は2004年9月2日より制定する。

## 日本畜産学会北海道支部 代議員

(任期：2005年4月1日～2007年3月31日)

代議員  
(13名)

小林 泰 男 (北大農)  
中 村 富美男 (北大農)  
高 橋 潤 一 (帯畜大)  
柏 村 文 郎 (帯畜大)  
岡 本 全 弘 (酪農大)  
干 場 信 司 (酪農大)  
富 樫 研 治 (北農研)  
前 田 善 夫 (道立畜試)

近 藤 誠 司 (北大農)  
渡 邊 智 正 (北大農)  
鈴 木 三 義 (帯畜大)  
菊 地 政 則 (酪農大)  
森 清 一 (道立畜試)

## 原稿送り状 北海道畜産学会

発 送 年 月 日：        年        月        日

表                    題：

略        表        題：

著        者        名：

所 属 機 関 名：

所在地（市町村名）：<sup>〒</sup>

英 文 表        題：

英 文 著 者 名：

英文所属機関名：

英 文 所 在 地：

投 稿 者 氏 名：

連 絡        先 <sup>〒</sup>  
住                    所：

所                    属：

電 話 番 号：

ファックス番号：

E - メール：

原 稿 の 種 別：原著論文, 研究ノート, 技術レポート, その他(具体的に:                    )

原 稿 枚 数：本文        枚, 表        枚, 図        枚, 図の説明        枚, 合計枚数        枚

別 刷 り の 部 数：                    部

原稿は本送り状, 本文, 図表, 図の説明, 英文要約(原著論文のみ)を各3部(正原稿1部, 副原稿2部)お送り下さい。略表題は, 和文は15文字以内, 英文は40文字(スペース含む)以内とします。

原稿を英文で作成する場合は, 記述の順および原稿送り状については, 「英文」を「和文」, また, 「和文」を「英文」と読み替えてください。

## 名 誉 会 員

会 員 名	郵 便	住 所
小 野 齊	080-0838	帯広市大空町4丁目11-16
鈴木 省三	244-0801	横浜市戸塚区品濃町553-1 パークヒルズ1棟507号
八戸 芳夫	060-0007	札幌市中央区北7条西12丁目 サニー北7条マンション807号
広瀬 可恒	001-0000	札幌市中央区北3条西13丁目 チェリス北3条702号
三浦 弘之	080-0834	帯広市稲田町西2線7-124
安井 勉	004-0013	札幌市厚別区もみじ台西5丁目11-7

## 正 会 員

会 員 名	所 属	郵 便	住 所
Aibibula Yimamu	帯広畜産大学	080-8555	帯広市稲田町西2線11番地
阿久津 敦子	酪農学園大学	069-8501	江別市文京台緑町582
朝日 敏光	夕張市役所 産業経済部 農林課	068-0492	夕張市本町4丁目
東 善行	北里大学獣医畜産学部	034-8628	十和田市東二十三番町35-1
安宅 一夫	酪農学園大学	069-8501	江別市文京台緑町582-1
安部 直重	玉川大学農学部	194-8610	町田市玉川学園6-1-1
阿部 登		073-1323	樺戸郡新十津川町字幌加169-1
阿部 英則	北海道立畜産試験場	081-0038	上川郡新得町新得西5線39
荒井 威吉	帯広畜産大学	080-8555	帯広市稲田町西2線11番地
有馬 俊六郎		190-0022	東京都立川市錦町6-4-10 ハイホーム立川錦町511号
安藤 功一	酪農学園大学	069-8501	江別市文京台緑町582
安藤 道雄		098-5551	枝幸郡中頓別町字中頓別113-3
井内 浩幸	北海道立天北農業試験場	098-5738	枝幸郡浜頓別町緑ヶ丘8丁目2番地
池滝 孝	帯広畜産大学フィールド科学センター	080-8555	帯広市稲田町西2線11番地
石井 智美	酪農学園大学	069-8501	江別市文京台緑町582
石下 真人	酪農学園大学食品科学科	069-8501	江別市文京台緑町582
石田 亨	北海道立天北農業試験場	098-5738	枝幸郡浜頓別町緑ヶ丘8丁目2番地
泉 賢一	酪農学園大学	069-8501	江別市文京台緑町582
出雲 将之	日高中部地区農業改良普及センター	056-0005	静内郡静内町こうせい町2丁目2番10号
市川 舜		004-0011	札幌市厚別区もみじ台東2丁目6-8
市野 剛夫	十勝農業協同組合連合会	080-0331	河東郡音更町雄飛が丘北区1-31
伊藤 浩	デーリィ・ジャパン社 北海道支局	004-0051	札幌市厚別区厚別中央1条5丁目1-22-604
伊藤 雅夫	東京農業大学生物産業学部	099-2493	網走市字八坂196
伊藤 めぐみ	北海道立畜産試験場	081-0038	上川郡新得町新得西5線39
岩上 弦太郎	北海道立畜産試験場	081-0038	上川郡新得町新得西5線39
上田 和夫	北海道立根釧農業試験場	086-1135	標津郡中標津町旭ヶ丘7番地
上田 宏一郎	北海道大学大学院農学研究科	060-8589	札幌市北区北9条西9丁目
上田 純治	酪農学園大学	069-8501	江別市文京台緑町582
上田 靖子	北海道農業研究センター	062-8555	札幌市豊平区羊ヶ丘1
植竹 勝治	麻布大学	229-8501	相模原市淵野辺1-17-71
裏 悦次	ホクレン酪農畜産事業本部	060-8651	北海道札幌市中央区北4条西1丁目
売場 利国	(有)エスエルシー	086-0656	野付郡別海町美原22-21



会 員 名	所 属	郵 便	住 所
絵野沢 真 樹	北海道立畜産試験場	081-0038	上川郡新得町新得西5線39
及 川 寛		004-0812	札幌市清田区美しが丘2条5丁目4番10号
扇 勉	北海道立畜産試験場	081-0038	上川郡新得町新得西5線39
大 井 幹 記	北海道立畜産試験場	081-0038	上川郡新得町新得西5線39
大久保 正 彦		065-0020	札幌市東区北20条東22丁目4-13
大久保 義 幸	北留萌地区農業改良普及センター	098-3302	天塩郡天塩町山手裏通り11丁目
大 坂 郁 夫	北海道立根釧農業試験場	086-1135	標津郡中標津町旭ヶ丘7番地
大 下 友 子	農業技術研究機構北海道農業研究センター	062-0045	札幌市豊平区羊ヶ丘1
大泰司 紀 之	酪農学園大学	069-8501	江別市文京台緑町582
大 滝 忠 利	北海道立根釧農業試験場	086-1135	標津郡中標津町旭ヶ丘7番地
大 谷 文 博	独立行政法人畜産草地研究所	305-0901	茨城県つくば市池の台2
大 林 敏 朗	JA根室	087-0024	根室市光和町1丁目15番地
大 原 益 博	北海道立畜産試験場	081-0038	上川郡新得町新得西5線39
大 原 陸 生	北海道立畜産試験場	081-0038	上川郡新得町新得西5線39
大 森 昭一朗	(社)畜産技術協会	261-0012	千葉市美浜区磯部5丁目14-4-1
岡 田 舞		709-0816	岡山県赤磐市下市62-10
岡 本 明 治	帯広畜産大学	080-8555	帯広市稲田町西2線11番地
岡 本 英 竜	酪農学園大学	069-8501	江別市文京台緑町582
岡 本 全 弘	酪農学園大学	069-8501	江別市文京台緑町582
小 川 麻衣子	釧路中部地区農業改良普及センター	084-0917	釧路市大楽毛127
小 倉 紀 美	明治飼糧株式会社	089-0554	北海道中川郡幕別町札内みずほ町160-67
長 田 隆	農業技術研究機構北海道農業研究センター	062-8555	札幌市豊平区羊ヶ丘1
小 関 忠 雄	北海道立中央農業試験場	069-1395	夕張郡長沼町東6線北15号
尾 上 貞 雄	北海道立畜産試験場	081-0038	上川郡新得町新得西5線39
小野瀬 勇		088-2304	川上郡標茶町新栄町
海 田 佳 宏	網走支庁清里地区農業改良普及センター	099-4405	清里町羽衣町39
影 山 智		088-2684	標津郡中標津町養老牛377
陰 山 聡 一	北海道立畜産試験場	081-0038	上川郡新得町新得西5線39
籠 田 勝 基		064-0808	札幌市中央区南8条西22丁目4-15
梶 野 清 二	北海道立畜産試験場滝川試験地	073-0026	滝川市東滝川735
柏 村 文 郎	帯広畜産大学	080-8555	帯広市稲田町西2線11番地
糟 谷 広 高	北海道立根釧農業試験場	086-1135	標津郡中標津町旭ヶ丘7番地
片 岡 文 洋	夢がいっぱい牧場	089-2112	広尾郡大樹町萌和181
片 桐 成 二		064-0921	札幌市中央区南21条西8丁目1-10-901
片 山 正 孝	(社)北海道酪農畜産協会	060-0004	札幌市中央区北4条西1丁目1 北農ビル 13F
加 藤 勲	酪農学園大学	069-8501	江別市文京台緑町582
加 藤 清 雄	酪農学園大学	069-8501	江別市文京台緑町582
金 井 秀 明	玉川大学農学部弟子屈牧場	088-3331	川上郡弟子屈町美留和444
金 子 朋 美	南根室地区農業改良普及センター	086-0214	野付郡別海町別海緑町38-5
亀 山 祐 一	東京農業大学生物産業学部	099-2493	網走市字八坂196
河 合 正 人	帯広畜産大学	080-8555	帯広市稲田町西2線11番地
川 崎 勉	北海道立天北農業試験場	098-5738	枝幸郡浜頓別町緑ヶ丘8丁目2番地
川 島 千 帆	帯広畜産大学	080-8555	帯広市稲田町西2線11番地
川 田 訓	独立行政法人家畜改良センター新冠牧場	056-0141	静内郡静内町字御園111番地
河 原 孝 吉	北海道ホルスタイン農業協同組合	001-8555	札幌市北区北15条西5丁目
河 原 隆 人	(有)デイリーサポートシステム	098-4455	天塩郡豊富町芦川
川 本 哲	北海道立畜産試験場	081-0038	上川郡新得町新得西5線39
菊 一 三四二	(有)菊一アグリサービス	089-0103	上川郡清水町清水第4線63-20
菊 池 政 則	酪農学園大学	069-8501	江別市文京台緑町582

会 員 名	所 属	郵 便	住 所
菊 地 実	北海道立北見農業試験場	099-1496	常呂郡訓子府町字弥生52番地
岸 昊 司	北海道早来食肉衛生検査所	061-1373	恵庭市恵み野西5丁目7-2
岸 上 悦 司		003-0021	札幌市白石区栄通7丁目2番7号
北 村 亨	雪印種苗技術研究所	069-0832	江別市西野幌36-1
草 刈 直 仁	北海道立根釧農業試験場	086-1135	標津郡中標津町旭ヶ丘7番地
口 田 圭 吾	帯広畜産大学	080-8555	帯広市稲田町西2線11番地
國 重 亨 子	北海道立畜産試験場	081-0038	上川郡新得町新得西5線39
熊 瀬 登	帯広畜産大学別科	080-8555	帯広市稲田町西2線11番地
熊 野 康 隆	(社)北海道酪農検定検査協会	060-0004	札幌市中央区北4条西1丁目1 共済ビル3階
玖 村 朗 人	北海道大学大学院農学研究科	060-8589	札幌市北区北9条西9丁目
黒 田 裕 教	(社)ジェネティクス北海道	060-0004	札幌市中央区北4条西1丁目1 北農ビル
畔 柳 正	北里大学八雲牧場	049-3121	山越郡八雲町上八雲751
剣 持 雅 史	ホシザキ北海道株式会社	003-0801	札幌市白石区菊水1条4丁目1-8
小 池 信 明		065-0017	札幌市東区北17条東9丁目2-37
小 泉 徹	北海道立畜産試験場	081-0038	上川郡新得町新得西5線39
古 川 修	雪印種苗(株)北海道研究農場	069-1464	夕張郡長沼町字幌内1066
小 阪 進 一	酪農学園大学	069-8501	江別市文京台緑町582
後 藤 裕 作	北海道ホルスタイン農業協同組合	001-0015	札幌市北区北15条西5丁目ホルスタイン協会ビル内
小 林 泰 男	北海道大学大学院農学研究科	060-8589	札幌市北区北9条西9丁目
小 松 輝 行	東京農業大学生物産学学部	099-2493	網走市字八坂196
小 山 久 一	酪農学園大学	069-8501	江別市文京台緑町582
近 藤 誠 司	北海道大学大学院農学研究科	060-8589	札幌市北区北9条西9丁目
昆 野 大 次	北海道立根釧農業試験場	086-1135	標津郡中標津町旭ヶ丘7番地
斉 藤 善 一		064-0805	札幌市中央区南5条西15丁目2-32
斉 藤 利 朗	北海道立畜産試験場	081-0038	上川郡新得町新得西5線39
斉 藤 早 春	北海道立畜産試験場	081-0038	上川郡新得町新得西5線39
三 枝 俊 哉	北海道立根釧農業試験場	086-1135	標津郡中標津町旭ヶ丘7番地
酒 井 治	北海道立根釧農業試験場	086-1135	標津郡中標津町旭ヶ丘7番地
酒 井 稔 史	北海道立畜産試験場	081-0038	上川郡新得町新得西5線39
坂 口 実	農業技術研究機構北海道農業研究センター	062-8555	札幌市豊平区羊ヶ丘1
坂 田 徹 雄	ホクレン農業組合連合会	060-8651	札幌市中央区北4条西1丁目
坂 本 育	北見地区農業共済組合	099-0879	北見市美園497番地1
佐々木 道 雪	西胆振地区農業改良普及センター	052-0021	伊達市末永町147番地
佐々木 章 晴	北海道中標津農業高等学校	088-2682	標津郡中標津町計根別南2条西1丁目
佐 藤 勝 好	(株)科学飼料研究所札幌事業所	060-0003	札幌市中央区北3条西3丁目 NORTH3.3ビル7階
佐 藤 正 三	酪農コンサルタント	080-2472	帯広市西22条南3丁目12-9
佐 藤 忠	日本甜菜製糖(株)総合研究所	080-0831	帯広市稲田町南9線西13
佐 藤 幸 信	北海道立畜産試験場	081-0038	上川郡新得町新得西5線39
佐 藤 義 和	農業技術研究機構北海道農業研究センター	062-8555	札幌市豊平区羊ヶ丘1
佐 藤 博	酪農学園大学	069-8501	江別市文京台緑町582
佐渡谷 裕 朗	日本甜菜製糖(株)総合研究所	080-0024	帯広市西14条南35丁目3-3
鮫 島 邦 彦	酪農学園大学食品科学科	069-8501	江別市文京台緑町582
澤 井 健	北海道立畜産試験場	081-0038	上川郡新得町新得西5線39
澤 口 則 昭	ホクレンくみあい飼料(株)	060-0004	札幌市中央区北4条西1丁目北農ビル18F
島 崎 敬 一	北海道大学大学院農学研究科	060-8589	札幌市北区北9条西9丁目
島 田 謙 一 郎	帯広畜産大学	080-8555	帯広市稲田町西2線11番地
島 本 義 也	東京農業大学生物産学学部	099-2493	網走市字八坂196
新 宮 裕 子	北海道立天北農業試験場	098-5738	枝幸郡浜頓別町緑ヶ丘8丁目2番地
進 藤 一 典	よつ葉乳業(株)東京工場	270-1502	千葉県印旛郡栄町矢口神明1-6-1

会 員 名	所 属	郵 便	住 所
宿野部 猛	オホーツク農業科学研究センター	098-1604	紋別郡興部町春日町
杉 本 亘 之		073-0027	滝川市東滝川町4丁目8-36
杉 本 昌 仁	北海道立畜産試験場	081-0038	上川郡新得町新得西5線39
鈴木 三 義	帯広畜産大学	080-8555	帯広市稲田町西2線11番地
鈴木 善 和	北海道立根釧農業試験場	086-1135	標津郡中標津町旭ヶ丘7番地
須藤 純 一	(社)北海道酪農畜産協会	060-0004	札幌市中央区北4条西1丁目1
清 家 昇	(有)ランランETセンター	066-0017	千歳市日の出5丁目10-13
瀬 尾 哲 也	帯広畜産大学	080-8555	帯広市稲田町西2線11番地
関 川 三 男	帯広畜産大学	080-8555	帯広市稲田町西2線11番地
脊 戸 皓	北見地区農業改良普及センター	090-0008	北海道北見市大正320-8
仙 名 和 浩	北海道立畜産試験場	081-0038	上川郡新得町新得西5線39
相 馬 幸 作	東京農業大学生物産業学部	099-2493	網走市字八坂196
曾 山 茂 夫	北留萌地区農業改良普及センター	098-3302	天塩郡天塩町山手裏通り11丁目
高 木 英 守	デイリーファームリサーチ	090-0836	北見市三輪657-29
高 木 亮 司		084-0929	釧路市中鶴野11-1
高 橋 圭 二	北海道立根釧農業試験場	086-1135	標津郡中標津町旭ヶ丘7番地
高 橋 潤 一	帯広畜産大学	080-8555	帯広市稲田町西2線11番地
高 橋 雅 信	北海道立根釧農業試験場	086-1135	標津郡中標津町旭ヶ丘7番地
高 橋 芳 幸	北海道大学大学院獣医学研究科	060-0818	札幌市北区北18条西9丁目
高 橋 誠	北海道大学北方生物圏フィールド科学センター	060-0811	札幌市北区北11条西10丁目
竹 内 寛		069-0852	江別市大麻東町2-19
竹 岡 亮	網走市役所	093-8555	網走市南6条東4丁目
竹 下 潔	農業技術研究機構北海道農業研究センター	004-0803	札幌市清田区里塚3条1丁目14-24
竹 田 保 之	酪農学園大学	069-8501	江別市文京台緑町582
竹 田 芳 彦	北海道立畜産試験場	081-0038	新得町字新得西5-39
竹之内 一 昭	北海道大学大学院農学研究科	060-8589	札幌市北区北9条西9丁目
竹 花 一 成	酪農学園大学	069-8501	江別市文京台緑町582
田 澤 直 樹	北海道立根釧農業試験場	086-1135	標津郡中標津町旭ヶ丘7番地
田 中 桂 一	北海道農業企業化研究所	061-0600	樺戸郡浦臼町字オサツナイ315-118
田 中 勝三郎		064-0914	札幌市中央区南14条西12丁目2-15-1001
田 中 進		961-8071	福島県西白河郡西郷村大字真船字蒲日向62
田 中 義 春	北海道立中央農業試験場	069-1395	夕張郡長沼町東6線北15号
田 辺 安 一	ダンと町村記念事業協会	061-1124	北広島市稲穂町西8-1-17
谷 川 珠 子	北海道立畜産試験場	081-0038	上川郡新得町新得西5線39
谷 本 光 生	南根室地区農業改良普及センター	086-0214	別海町別海緑町38-6 09共一別海アパート
谷 山 弘 行	酪農学園大学	069-8501	江別市文京台緑町582
田 村 忠	北海道立畜産試験場	081-0038	上川郡新得町新得西5線39
田 村 千 秋	北海道立畜産試験場	081-0038	上川郡新得町新得西5線39
塚 田 新		080-1275	河東郡土幌町字上音更21-15
塚 本 達		080-0861	帯広市空港南の森東2丁目10番地4
筒 井 静 子	酪農学園大学	069-8501	江別市文京台緑町582
堤 光 昭	北海道立畜産試験場	081-0038	上川郡新得町新得西5線39
出 岡 謙太郎	北海道立根釧農業試験場	086-1135	標津郡中標津町旭ヶ丘7番地
出 口 健三郎	北海道立畜産試験場	081-0038	上川郡新得町新得西5線39
寺 田 浩 哉	石狩南部地区農業改良普及センター	061-1356	恵庭市西島松120-3
寺 西 正 俊	酪農総合研究所	060-0003	札幌市中央区北3条西7丁目1番地酪農センタービル
寺 脇 良 悟	酪農学園大学 短期大学部	069-8501	江別市文京台緑町582
堂 腰 頭	北海道立根釧農業試験場	086-1135	標津郡中標津町旭ヶ丘7番地
堂 地 修	酪農学園大学	069-8501	江別市文京台緑町582

会 員 名	所 属	郵 便	住 所
富 樫 研 治	農業技術研究機構北海道農業研究センター	062-8555	札幌市豊平区羊ヶ丘 1
戸 莉 哲 郎	北海道立畜産試験場	081-0038	上川郡新得町新得西 5 線39
時 田 正 彦	雪印乳業株式会社本社酪農部	160-8575	東京都新宿区本塩町13番地 雪印乳業(株)本社酪農部内
所 和 暢		073-0024	滝川市東町 2 丁目 7 - 35
土 門 幸 男	(社)ジェネティクス北海道	060-0004	札幌市中央区北 4 条西 1 丁目 1 北農ビル 13F
中 井 朋 一	日本甜菜製糖(株)総合研究所	080-0831	帯広市稲田町南 9 線西13
長 沢 滋	興部地区農業改良普及センター	098-1612	紋別郡興部町841番地
中 田 和 孝		069-0845	江別市大麻256-16
中 辻 浩 喜	北海道大学大学院農学研究科	060-0811	札幌市北区北11条西10丁目
中 野 泰 弘	遠別農業高校	098-3541	天塩郡遠別町北浜
中 村 克 己	北海道立畜産試験場	081-0038	上川郡新得町新得西 5 線39
中 村 富美男	北海道大学大学院農学研究科	060-8589	札幌市北区北 9 条西 9 丁目
中 村 正 斗	農業技術研究機構北海道農業研究センター	062-8555	札幌市豊平区羊ヶ丘1
永 山 洋	富良野地区農業改良普及センター	078-8802	旭川市緑が丘東 2 条 3 丁目 4 - 13
名久井 忠	酪農学園大学	069-8501	江別市文京台緑町582
奈良岡 武 任	新生飼料(株)千歳工場	066-0077	千歳市上長都1041- 8
新 名 正 勝	酪農学園大学	069-8501	江別市文京台緑町582
新 山 雅 美	酪農学園大学	069-8501	江別市文京台緑町582
二階堂 聡	北海道立畜産試験場	081-0038	上川郡新得町新得西 5 線39
西 埜 進		069-0841	江別市大麻元町164-32
西 部 潤	十勝農業協同組合連合会	080-0013	帯広市西 3 条南 7 丁目14
西 道 由紀子	北海道立根釧農業試験場	086-1135	標津郡中標津町旭ヶ丘 7 番地
西 村 和 行	北海道立根釧農業試験場	086-1135	標津郡中標津町旭ヶ丘 7 番地
西 邑 隆 徳	北海道大学大学院農学研究科	060-8589	札幌市北区北 9 条西 9 丁目
野 英 二	酪農学園大学	069-8501	江別市文京台緑町582
野 中 和 久	独立行政法人畜産草地研究所	329-2793	栃木県西那須野町千本松768
萩 谷 功 一	独立行政法人家畜改良センター	961-8511	福島県西白河郡西郷村小田倉 1
橋 詰 良 一	東京農業大学生物産業学部	099-2493	網走市字八坂196
橋 立 賢二郎	(社)北海道酪農畜産協会	060-0004	札幌市中央区北 4 条西 1 丁目 1 北農ビル 13F
橋 本 善 春	北海道大学大学院獣医学研究科	060-0818	札幌市北区北18条西 9 丁目
長谷川 信 美	宮崎大学農学部	889-2192	宮崎市学園木花台西 1 - 1
長谷川 未 央	帯広畜産大学	080-8555	帯広市稲田町西 2 線11番地
秦 寛	北方生物圏フィールド科学センター 静内研究牧場	056-0141	静内郡静内町御園111
蜂 谷 武 郎	十勝ハンナン	083-0022	中川郡池田町字西 2 条10丁目 5 - 1 - 325
服 部 昭 仁	北海道大学大学院農学研究科	060-8589	札幌市北区北 9 条西 9 丁目
花 田 正 明	帯広畜産大学	080-8555	帯広市稲田町西 2 線11番地
原 悟 志	北海道立畜産試験場	081-0038	上川郡新得町新得西 5 線39
林 川 和 幸	士別地区農業改良普及センター	095-0041	士別市東 9 条 6 丁目
帕尔哈提 木鉄力甫	新疆農業大学動物科学学院	830052	中国新疆烏木齊市南昌路42号
坂 東 健		080-2474	帯広市西24条南 2 丁目25番地7
日 高 智	帯広畜産大学	080-8555	帯広市稲田町西 2 線11番地
左 久	帯広畜産大学	080-8555	帯広市稲田町西 2 線11番地
平 井 綱 雄	北海道立畜産試験場	081-0038	上川郡新得町新得西 5 線39
平 山 秀 介		002-8005	札幌市北区太平 5 - 1 - 2 - 20
平 山 博 樹	北海道立畜産試験場	081-0038	上川郡新得町新得西 5 線39
福 井 豊	帯広畜産大学	080-8555	帯広市稲田町西 2 線11番地
福 永 重 治	北海道大学大学院農学研究科	060-8589	札幌市北区北 9 条西 9 丁目
藤 川 朗	北海道立畜産試験場	081-0038	上川郡新得町新得西 5 線39
藤 田 真美子	美瑛町	071-0209	上川郡美瑛町南町 4 丁目 6 - 1

会 員 名	所 属	郵 便	住 所
古 川 研 治	十勝農業協同組合連合会	080-0013	帯広市西 3 条南 7 丁目 14
古 村 圭 子	帯広畜産大学	080-8555	帯広市稲田町西 2 線 11 番地
古 谷 政 道	生物系特定産業技術研究推進機構	105-0001	東京都港区虎ノ門 3 丁目 18-19
宝 寄 山 裕 直	北海道立畜産試験場	081-0038	上川郡新得町新得西 5 線 39
干 場 信 司	酪農学園大学	069-8501	江別市文京台緑町 582
本 郷 泰 久	北海道立根釧農業試験場	086-1135	標津郡中標津町旭ヶ丘 7 番地
前 田 善 夫	北海道立畜産試験場	081-0038	上川郡新得町新得西 5 線 39
牧 野 司	北海道立根釧農業試験場	086-1135	標津郡中標津町旭ヶ丘 7 番地
増 子 孝 義	東京農業大学生物産業学部	099-2493	網走市字八坂 196
舛 田 正 博		020-0123	岩手県盛岡市下厨川字穴口 72-18
松 井 義 貴	北海道立畜産試験場	081-0038	上川郡新得町新得西 5 線 39
松 岡 栄	帯広畜産大学	080-8555	帯広市稲田町西 2 線 11 番地
松 崎 重 範	とちぎ繁殖技術研究所	080-0838	帯広市大空町 2 丁目 12-12
松 本 啓 一	雪印種苗(株)道東事業部業務課	084-0905	釧路市鳥取南 5 丁目 1 番 17 号
真 鍋 就 人	十勝農業協同組合連合会	080-0013	帯広市西 3 条南 7 丁目 14
三 浦 俊 一	十勝中部地区農業改良普及センター	080-2472	帯広市西 22 条南 3 丁目 9 番地 16
三 上 正 幸		080-0838	帯広市大空町 3 丁目 5 番地 3
湊 啓 子	北海道立畜産試験場	081-0038	上川郡新得町新得西 5 線 39
南 橋 昭	北海道立畜産試験場	081-0038	上川郡新得町新得西 5 線 39
峰 崎 康 裕	北海道立根釧農業試験場	086-1135	標津郡中標津町旭ヶ丘 7 番地
宮 川 栄 一	酪農学園大学	069-8501	江別市文京台緑町 582
宮 崎 元	北海道立畜産試験場	081-0038	上川郡新得町新得西 5 線 39
宮 本 明 夫	帯広畜産大学	080-8555	帯広市稲田町西 2 線 11 番地
三 好 俊 三	帯広畜産大学	080-8555	帯広市稲田町西 2 線 11 番地
椋 本 正 寿	北海道立天北農業試験場	098-5738	枝幸郡浜頓別町緑ヶ丘 8 丁目 2 番地
村 井 勝	農業技術研究機構北海道農業研究センター	062-8555	札幌市豊平区羊ヶ丘 1
宮 本 敏 文	(社)ジェネティクス北海道	060-0004	札幌市中央区北 4 条西 1 丁目 1 北農ビル
森 清 一	北海道立畜産試験場	081-0038	上川郡新得町新得西 5 線 39
森 岡 理 紀	農業技術研究機構北海道農業研究センター	062-8555	札幌市豊平区羊ヶ丘 1
森 田 茂	酪農学園大学	069-8501	江別市文京台緑町 582
森 本 正 隆	北海道立畜産試験場	081-0038	上川郡新得町新得西 5 線 39
森 好 政 晴	酪農学園大学獣医学部	069-8501	江別市文京台緑町 582
安 江 健	茨城大学農学部	300-0393	茨城県稲敷郡阿見町中央 3-21-1
山 内 和 律	北海道立畜産試験場	081-0038	上川郡新得町新得西 5 線 39
山 川 政 明	北海道立根釧農業試験場	086-1135	標津郡中標津町旭ヶ丘 7 番地
山 口 諭		065-0033	札幌市東区北 33 条東 17 丁目 1-4-107
山 崎 昶		002-0853	札幌市北区屯田 3 条 1 丁目 5-21
山 田 渥	北海道立畜産試験場	081-0038	上川郡新得町新得西 5 線 39
山 田 豊	北海道大学大学院農学研究科	060-8589	札幌市北区北 9 条西 9 丁目
山 田 正 美	浜中町農業協同組合	088-1350	厚岸郡浜中町茶内市街
山 本 裕 介	北海道立畜産試験場	081-0038	上川郡新得町新得西 5 線 39
横 濱 道 成	東京農業大学生物産業学部	099-2493	網走市字八坂 196
米 田 裕 紀		073-0027	滝川市東滝川町 4 丁目 18-27
若 松 純 一	北海道大学大学院農学研究科	060-8589	札幌市北区北 9 条西 9 丁目
渡 辺 智 正	北海道大学大学院農学研究科		
渡 部 敢	北海道立畜産試験場	081-0038	上川郡新得町新得西 5 線 39

## 学 生 会 員

会 員 名	所 属	郵 便	住 所
奥 村 和 弘	東京農業大学	099-2493	北海道網走市字八坂196
伊 藤 修 一	東京農業大学生物産業学部	099-2493	北海道網走市字八坂196
リ フィ チュエン	帯広畜産大学	080-8555	帯広市稲田町西2線11番地
竹 内 美智子	酪農学園大学大学院	069-8501	北海道江別市文京台緑町582番地
春 田 哲 平	酪農学園大学大学院	069-8501	北海道江別市文京台緑町582番地
影 山 杏里奈	酪農学園大学大学院	069-8501	江別市文京台緑町582
村 上 絢 野	酪農学園大学大学院	069-8501	江別市文京台緑町582
斉 藤 朋 子	帯広畜産大学	080-8555	帯広市稲田町西2線11番地
半 田 豊	酪農学園大学大学院	069-8501	北海道江別市文京台緑町582番地
背 脇 巧	帯広畜産大学	080-8555	帯広市稲田町西2線11番地
高 崎 ゆかり	東京農業大学生物産業学部	099-2493	網走市字八坂196
宮 地 慎	北大大学院農学研究科	060-8589	札幌市北区北9条西9丁目
石 井 篤	帯広畜産大学	080-8555	帯広市稲田町西2線11番地
渡 邊 彩	帯広畜産大学	080-8555	帯広市稲田町西2線11番地
河 上 博 美	酪農学園大学	069-8501	北海道江別市文京台緑町582番地
猫 本 健 司	酪農学園大学	069-8501	北海道江別市文京台緑町582番地
石 川 志 保	酪農学園大学	069-8501	北海道江別市文京台緑町582番地

## 賛 助 会 員

会 員 名	郵 便	住 所	営 業 項 目
コーンズエーजी	061-1433	恵庭市北柏木町3丁目104番地1	
デーリィマン社	060-0004	札幌市中央区北4条西13丁目1番39	
ニチロ畜産株式会社	063-8510	札幌市西区西町北18丁目1-1	食肉および食肉加工品の製造販売
ホクレンくみあい飼料株式会社	060-8651	札幌市中央区北4条西1丁目1番地 北農ビル18F	飼料製造
ホクレン農業協同組合連合会	060-8651	札幌市中央区北4条西1丁目	
メルシャン株式会社畜産飼料事業部	059-1373	苫小牧市真砂町38-5	
安積濾紙株式会社札幌営業所	065-0043	札幌市東区苗穂町3丁目4番31号	牛乳専用濾過紙, 乳房清拭紙, 乳頭仕上げ用ペーパー
株式会社キセキ北海道	006-0805	岩見沢市5条東12丁目	
株式会社三幸商会	063-0062	札幌市西区西町南17丁目2-44	科学機器, 乳加工用機器器具, 乳加工用乳酸菌・レンネットの販売
株式会社土谷製作所	065-0042	札幌市東区本町2条10丁目2-35	
雪印乳業株式会社 酪農総合研究所	065-0043	札幌市東区苗穂町6丁目1番1号	
十勝農業協同組合連合会	080-0013	帯広市西3条南7丁目14	
小野田リンカル販売株式会社	060-0003	札幌市中央区北3条西1丁目 ナショナルビル	
森永乳業株式会社北海道酪農事務所	003-0030	札幌市白石区流通センター1-11-17	
雪印種苗株式会社	004-8531	札幌市厚別区上野幌1条5丁目1-8	
雪印乳業株式会社北海道支社 酪農部	065-0043	札幌市東区苗穂町6丁目1-1	牛乳・乳製品の製造, 販売
全国酪農業協同組合連合会札幌支所	060-0003	札幌市中央区北3条西7丁目 酪農センター内	
日本配合飼料株式会社北海道支社	060-0031	札幌市中央区北1条東1丁目 明治生命ビル	
日本全薬工業株式会社	065-0022	札幌市東区北22条東9丁目	
北海道オリオン株式会社	003-0027	札幌市白石区本通18丁目北3-66号	酪農機器, 酪農施設, 糞尿処理機器, 畜産環境施設の販売
北海道ホルスタイン農業協同組合	001-8555	札幌市北区北15条西5丁目20	乳牛(ホルスタイン)の登録, 乳牛・肉牛の斡旋販売, 家畜市場
ジェネティクス北海道	060-0004	札幌市中央区北4条西1丁目1 北農ビル	
北海道草地協会	060-0003	札幌市中央区北3条西7丁目 酪農センター4F	自給飼料生産関係の調査, 研究および情報提供
北海道農業開発公社畜産部	060-0005	札幌市中央区北5条西6丁目1-23 農地開発センター内	
北海道富士平工業株式会社	001-0027	札幌市北区北27条西9丁目5-22	獣医畜産機器, 理化学機器, 牛乳分析器, m壊分析器の販売
北原電牧株式会社	065-0019	札幌市東区北19条東4丁目	
明治乳業株式会社北海道事業本部	003-0001	札幌市白石区東札幌1条3丁目5-41	
アース技研株式会社	080-0106	河東郡音更町東通り20丁目2-9	
J A全農札幌畜産生産事業所	060-0003	札幌市中央区北3条西3丁目1-47 NORTH33ビル7階	
北海道酪農畜産協会	060-0004	札幌市中央区北4条西1丁目1 北農ビル	
北海道農業企業化研究所	061-0600	浦臼町於札内315-118	
日本甜菜製糖株式会社	080-0831	帯広市稲田町南9線西13	

## 北海道畜産学会編集委員会

委員長 小林 泰 男 (北 大)  
委員 島田 謙一郎 (帯 畜 大)  
増子 孝 義 (東 農 大)  
森田 茂 (酪 農 大)  
山本 裕 介 (道 畜 試)

編集幹事 玖 村 朗 人 (北 大)

### 編 集 後 記

本年度も、関係者のみなさまのご協力により、第48巻を無事発行することができました。ご寄稿、ご投稿くださいました著者各位ならびに査読を快くお引き受けくださいました審査員各位に心より感謝いたします。

来年度も内容の充実に努めたいと考えておりますので、会員のみなさまのご協力を賜りますようよろしくお願い申し上げます。

(編集幹事)

#### 複写をされる方に

本誌に掲載された著作物を複写したい方は、(社)日本複写権センターと包括複写許諾契約を締結されている企業の方でない限り、著作権者から複写権等の行使の委託を受けている次の団体から許諾を受けて下さい。著作物の転載・翻訳のような、複写以外の許諾は、直接本会へご連絡下さい。

〒107-0052 東京都港区赤坂9-6-41 乃木坂ビル

(中法) 学術著作権協会

Tel:03-3475-5618 Fax:03-3475-5619 E-mail:jaacc@mtd.biglobe.ne.jp

アメリカ合衆国における複写については、次に連絡して下さい。

Copyright Clearance Center, Inc. (CCC)

222 Rosewood Drive, Danvers, MA 01923 USA

Phone:1-978-750-8400 Fax:1-978-646-8600

#### Notice about photocopying

In order to photocopy any work from this publication, you or your organization must obtain permission from the following organization which has been delegated for copyright clearance by the copyright owner of this publication.

<Except in the USA>

Japan Academic Association for Copyright Clearance, Inc. (JAACC)

6-41 Akasaka 9-chome, Minato-ku, Tokyo 107-0052 Japan

Phone:81-3-3475-5618 Fax:81-3-3475-5619 E-mail:jaacc@mtd.biglobe.ne.jp

<In the USA>

Copyright Clearance Center, Inc. (CCC)

222 Rosewood Drive, Danvers, MA 01923 USA

Phone:1-978-750-8400 Fax:1-978-646-8600



北海道畜産学会報 第48巻

2006年3月31日 発行

発行人 服部 昭 仁

発行所 北海道畜産学会

〒060-8589 北海道札幌市北区北9条西9丁目

北海道大学大学院農学研究科

Tel : 011-706-2545

Fax : 011-706-2550

URL:<http://www.h7.dion.ne.jp/~hokutiku/index.htm>

印刷所 株総北海

〒001-0030 札幌市北区北30条西5丁目菊池ビル4F

Tel : 011-757-6995



<http://www.hokuren.or.jp>

**北海道ビーフは  
3つの安全管理のもとに育てられた  
健康で美味しい牛肉です。**



おいしさの基本は徹底した安全管理から。  
北海道産の牛肉は、恵まれた自然環境のもと、  
「飼料の安全」、「飼育の安全」、「出荷前の安全」の  
3つの徹底した安全管理を行った上で出荷しています。  
健康で安心な牛肉をみなさんの食卓へ。  
私たちは、これからも  
「クリーンな大地が育んだ安心の北海道ビーフ」を  
お届けできるように取り組んでまいります。

**おいしい、安心  
北海道  
ビーフ**



本所ビーフ課 札幌市中央区北4条西1丁目 ☎(011)232-6193  
道央支店 札幌市東区本町1条9丁目2番8号 ☎(011)782-3201  
大阪支店 大阪府大阪市北区芝田2丁目全日空ビル新館6F ☎(06)6375-3396  
販売本部 東京都千代田区東神田2丁目9番5号 ☎(03)5821-3010

## “強化” 哺育育



“強化” 哺育体系では、従来の代用乳の給与量に比べ、倍以上の代用乳を給与します。

脂肪は、幼若な哺育期の子牛のエネルギー源としては不可欠ですが、蛋白質や炭水化物に比較し、固形飼料の摂取量を抑制する傾向があります。

従って、“強化” 哺育体系で用いる代用乳は、体脂肪の過剰な蓄積を防止しつつ、骨組織や筋肉の発育を促進させるため、従来の標準哺育体系用の代用乳に比べ、高蛋白質・低脂肪の代用乳となります。

このような“強化” 哺育用に新たに開発された代用乳が『カーフトップEX(エクセレント)』です。

### ■カーフトップシリーズ

銘 柄	粗蛋白質 (CP) %以上	粗脂肪 (CFat) %以上	粗繊維 (CFi) %以下	粗灰分 (CAsh) %以下	カルシウム (Ca) %以上	リン (P) %以上	TDN %以上
“強化” 哺育用 カーフトップEX(エクセレント)	28.0	15.0	1.0	8.0	0.60	0.40	103.0
カーフトップ	24.0	21.0	1.0	8.0	0.60	0.40	110.0
カーフトップET	26.0	25.5	1.0	8.0	0.60	0.40	116.0

## “強化” 哺育・育成体系

月齢 0 1 2 3 春機発動 分娩2ヶ月前 分娩

初乳	カーフトップEX	ニューメイクスター	全酪育成前 期	育成後期用 配合	ドライアシスト (乾乳期用配合)
			良 質	乾 草	
<b>標準哺育・育成体系</b>					
初乳	カーフトップ	ニューメイクスター	全酪育成前 期	育成後期用 配合	ドライアシスト (乾乳期用配合)
			良 質	乾 草	

Your Partner **全酪連**

購買部 03(3542)6231

札幌支所 011(241)0765  
 釧路事務所 0154(52)1232  
 帯広事務所 0155(37)6051  
 道北事務所 01654(2)2368  
 北見駐在所 0157(26)5900

# 出版案内



**新版** 主要症状を基礎にした  
**猫の臨床**  
監修 前出 吉光

B 5判 942頁 31,500円(税込) 送料600円

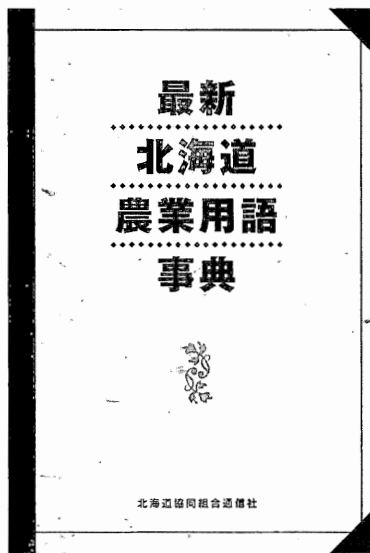
**新版**  
主要症状を基礎にした  
**牛の臨床**



監修 前出 吉光  
小岩 政昭

**新版** 主要症状を基礎にした  
**牛の臨床**  
監修 前出 吉光 小岩 政昭

B 5判 750頁 21,000円(税込) 送料600円



農業を知るための1冊  
**最新・北海道農業用語事典**

B 6判 484頁 2,940円(税込) 送料300円

## 酪総研選書

酪農関係者・研究者 必須のシリーズ

※表中の定価は送料を含みません。  
送料は電話、メール等でお問い合わせください。

書籍名	定価
生乳共販体制再編に向けて	2,000円
知っておきたい 乳牛の行動学	2,000円
酪農経営の成長と財務	1,500円
目で見える飼料作物のすべて	2,000円
韓国酪農産業の課題と展望	1,500円
牧草・トウモロコシの生産量から乳生産を考える	1,800円
ここまでできる家族酪農経営	2,000円
高泌乳牛の多頭数飼養技術の実際	1,800円
放牧で牛乳生産を	1,800円
酪農発展を支援する制度・政策	1,000円
酪農メガファーム	2,000円
よくわかる酪農の財務・税務のノウハウ	1,500円
酪農機械最前線	2,000円
誰にでもできる乳製品とその料理	1,600円
酪農における家畜ふん尿処理と地域利用	1,600円

一図書のお申し込みは下記へ

株式会社 北海道協同組合通信社 管理部  
デーリィマン社

☎ 011(209)1003

FAX 011(209)0534

e-mail kanri@dairyman.co.jp

※ホームページからも雑誌・書籍の注文が可能です。http://www.dairyman.co.jp

乳牛の能力を科学で引き出す

# ニッテン配合飼料

ニッテン独自の特殊素材

- プロバイオテックス イースト菌
- メチル基供与体 ベタイン
- プレバイオテックス ラフィノース
- カルシウム吸収を高めるオリゴ糖 DFAⅢ

〒080-0831 帯広市稲田町南9線西13番地

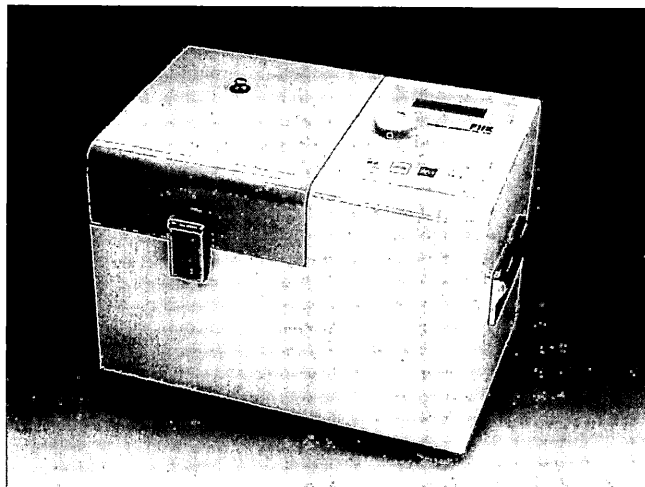
日本甜菜製糖株式会社 飼料事業部

TEL 0155(48)4103 FAX 0155(48)9607

堆肥熟度判定器

## コンポテスター

堆肥の水分を調整し、秤量して判定機にセットするだけで簡単に堆肥の熟度具合（熟度）を数値で判定することができます。



判定原理

- ・微生物の酸素消費量を計測して堆肥熟度を判定します。

### FHK

富士平工業株式会社

〒113-0033 東京都文京区本郷6丁目11番6号  
電話 東京(03)3812-2271 ファクシミリ (03)3812-3663

北海道富士平工業株式会社

本社：〒011-0027 札幌市北区北27条西9丁目5番22号  
電話(011)726-6576(代表) ファクシミリ(011)717-4406  
支店：〒080-0802 帯広市東2条南3丁目7 十勝館ビル  
電話(0155)22-5322(代表) ファクシミリ(0155)22-5339

