

北海道畜産学会報

第43巻 2001年



総説

消化管微生物からさぐる草食家畜の生産性向上

特集

ヨーロッパ諸国の家畜ふん尿処理

畜産に起因する環境汚染防止のための技術開発と規制

—イギリス・デンマークを例として—

西欧の家畜ふん尿バイオガス処理の実際

原著論文 (6編)

研究ノート (1編)

会員からの声 (1編)

海外報告 (1編)

シンポジウム報告 (2編)

書評 (1編)

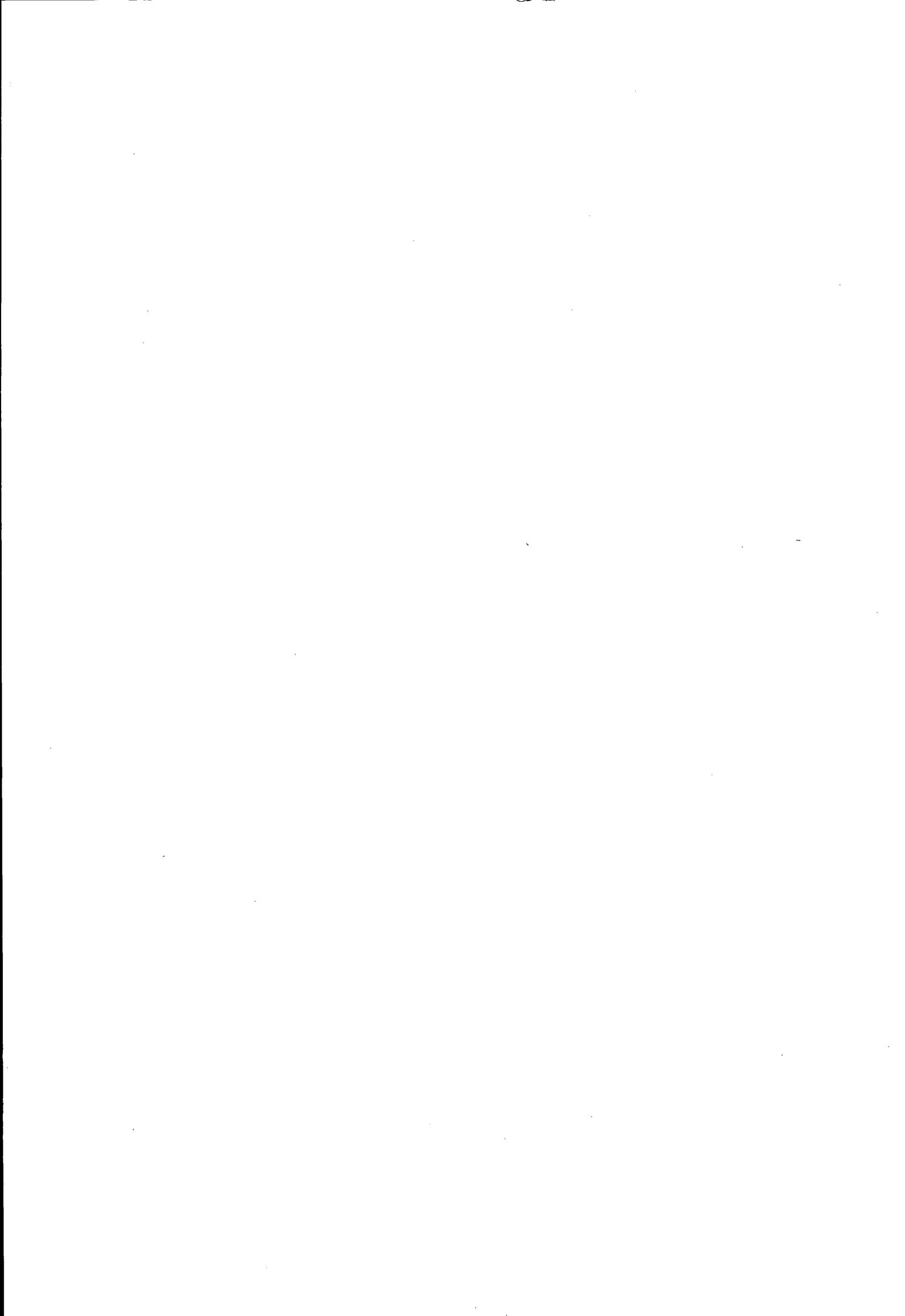
第56回 北海道畜産学会大会 一般講演一覧

大会報告

学会記事

北海道畜産学会

HOKKAIDO ANIMAL SCIENCE AND AGRICULTURE SOCIETY



お 知 ら せ

1. 第 57 回北海道畜産学会大会開催予定

と き：2001 年 9 月 3 日(月), 4 日(火)
場 所：北海道大学 学術交流会館
詳細な案内は後日郵送いたします

2. 会費納入のお願い

会報の送付封筒のタックシールに、既に納入いただいた年度が記載されております。
お確かめの上、未納年度分の会費を納入してください。
なお、3 年間滞納しますと除名処分の対象となりますのでご留意願います。

郵便振替 口座番号：02770-4-4947

銀行口座：北洋銀行北 7 条支店 3180370 北海道畜産学会代表 岡本全弘

なお、ご不明な点は、会計幹事 泉賢一まで

住所：069-8501 江別市文京台緑町 582 酪農学園大学

電話：011-388-4840

ファックス：011-386-1574

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（泉）までお送り願います。

きりとり

住所等変更届け (届け出日 年 月 日)

お名前

住所
旧 TEL・FAX

住所
新 TEL・FAX

学生会員の設定および会費について

2001年度より学生会員が設定されることが、2000年度総会において承認されました。北海道畜産学会に学生会員としてご入会される場合は、以下の手続きが必要となります。

- 1) 所定の学生会員入会・変更届（会報に折り込み）をご記入のうえ、学会事務局へ送付してください。その際、必ず本学会の会員である指導教員の署名および捺印をお願いいたします。
 - 2) 年度会費（2,000円）を所定の「振込取扱票」（上記の入会届とともに会報に折り込み）または郵便局に備え付けの「振込用紙（青色）」を用いて、送金してください。
- 1) と 2) が確認された時点で、学会への入会手続きが完了したことになります。

なお、学生会員につきましては一年ごとの「入会手続き」が必要となっておりますので、学生会員として継続する場合には上記1) 2) の手続きを毎年行ってください。また、学生会員から正会員への変更の際には、変更届をご記入のうえ、学会事務局へ送付してください。

北海道畜産学会報

第 43 卷

平成 13 年 3 月

目 次

総 説

消化管微生物からさぐる草食家畜の生産性向上小林泰男..... 1

特 集 西欧における糞尿処理の現状と課題

ヨーロッパ諸国の家畜ふん尿処理松田従三..... 11

畜産に起因する環境汚染防止のための技術開発と規制——イギリス・デンマークを例として——

.....前田善夫..... 19

西欧の家畜ふん尿バイオガス処理の実際岡本英竜..... 25

原著論文

ヨーロッパの非加熱食肉製品の特性について三上正幸・島田謙一郎・関川三男..... 35

野生エゾシカ (*Cervus nippon yesoensis*) が冬期から春期に採食する木本類の成分組成と

in vitro 乾物消化率増子孝義・相馬幸作・北原理作・澤田直美・宮入 健・石島芳郎..... 41

軟骨特有の抗血管新生細胞外マトリックスタンパク質・コンドロモジュリン-I の挙動

.....中村富美男・藤岡 哲・田中誠一・片倉友義・佐藤昌弘・福永重治..... 49

アルファルファおよびコーンサイレージ給与割合の違いが去勢牛の十二指腸への窒素移行量に及ぼす影響

.....川島千帆・木村文香・花田正明・河合正人・岡本明治..... 57

美幌峠牧場における野生エゾシカの牧草地利用行動檜山知弘・増子孝義・石島芳郎..... 63

黒毛和種の枝肉形質ならびにロース芯断面に対する画像解析形質に関する遺伝的パラメータの推定

.....口田圭吾・浜崎陽子・萩谷功一・加藤浩二・鈴木三義・三好俊三..... 69

研究ノート

牛初乳の調理特性に関する研究筒井静子・大武亜弓..... 75

会員からの声

自給飼料の生産力・品質の向上のために取り組むべき課題古川研治..... 81

海外報告

Out of Africa アフリカの日々小原潤子..... 83

シンポジウム報告

極私的国際学会報告——第9回アジア・太洋州畜産会議報告——八代田真人..... 87

乳質及び乳房炎のコントロール太平洋国際会議 (PC2000) の概要菊地 実..... 91

書 評

「畜産食品微生物学」荒井威吉..... 95

第 56 回 北海道畜産学会大会 一般講演一覧 97

大会報告100

学会記事107

役員名簿112

北海道畜産学会会則114

北海道畜産学会編集委員会規定115

北海道畜産学会投稿規定	115
北海道畜産学会報原稿作成要領	115
北海道畜産学会表彰規定	117
会員名簿	118

消化管微生物からさぐる草食家畜の生産性向上

小林 泰男

北海道大学大学院農学研究科, 札幌市 060-8589

Improvement of animal productivity in herbivores by exploring gastrointestinal microbial world

Yasuo KOBAYASHI

Graduate School of Agriculture, Hokkaido University,
Sapporo 060-8589

キーワード: 草食家畜, 繊維分解, 消化管微生物, 分子生態, 分子育種, 家畜生産性

Key words: Herbivores, fiber degradation, gastrointestinal microbes, molecular ecology, molecular breeding, animal productivity

1. はじめに

草食動物が草を糧として生きていけるのは、いうまでもなく消化管の膨大部（前胃または盲・結腸）に棲む繊維分解性微生物の賜物である。それら微生物の有する繊維分解関連酵素群（エンド・エキソグルカナーゼ、キシラナーゼ、アラビノフラノシダーゼ、アセチルキシランエステラーゼ、フェルラ酸エステラーゼほか）の働きにより、動物が食べた植物の主成分である繊維質は低分子化され、一部は腸管から吸収されるものの、大部分は同一または共存微生物を介して主として揮発性脂肪酸（VFA）に転換される（FORSBERG *et al.*, 1997）。VFAは草食動物の主要エネルギー源として体内利用されるが、換言するとこのプロセスへの依存度が草食と非草食動物の境界となる。

草食動物の消化管内容物は、1g中に百億個程度の細菌、数万個の真菌（カビ）、および数千から数十万個のプロトゾア（反芻胃または一部の動物種の大腸にのみ存在）をふくみ、地球上でもっとも密度の高い微生物生態系のひとつである。さながら濃厚な微生物スープといえる。いったい何種類の微生物が混在しているのだろうか？ この中の何%のものが繊維分解に直接寄与しているのだろうか？ 繊維分解しない微生物はいったい何の役にたっているのだろうか？ どうしてこんなに濃厚なんだろう？ と、湧き出す疑問は湯水のようなものである。反芻胃の内容物の飛沫を400倍程度の顕微鏡でのぞくと多種の微生物が高濃度でひしめくさまに圧倒され、ミクロの微生物宇宙とその成立の過程（6,500万年）を考えるとある種の神聖さを感じるのは筆者だ

けではないだろう。

ウシルーメン（MINATO *et al.*, 1990）およびウマ大腸（小林, 1999）の細菌に関する総説によれば、培養可能菌の1.6-7.9%（ウシ）および0.2-16.1%（ウマ）のものが繊維分解力をもつが、決して大半をしめるようなものではない。つまりそれ以外のは繊維消化の補完的なやくわり（上述の繊維分解産物の代謝など）をもつか、他の栄養素（タンパク質、デンプンほか）の利用にかかわっているとされる。

一方で顕微鏡で数えた数と培養してでてくるコロニーの数には大きな違いがあることが古くから指摘されてきている。その差はすなわち培養できない細菌の数ということになる。近年、これらの培養不能菌（ルーメン菌では50-90%、またはそれ以上といわれる）の機能、つまり繊維分解への貢献について研究する必要があるのでは？ との認識が高まりつつある。これまで知られている培養できる菌よりも、むしろ数では圧倒的にメジャーなこれらの未知の菌の方が本当は飼料消化にとってより大事な任務を果たしているのかもしれない。

ここでは草食家畜消化管の微生物群のうち、繊維分解に関連する者を中心として、それらがどのような生い立ちをもち多様性に富むか（進化）、おなかの中でどのようにふるまい（生理・生態）、どのようにコントロール可能か（生態系の制御や遺伝子の操作）などについてなるべく平易に説明したい。加えて、このような消化の主力（消化管微生物）をつかった研究の成果を、実際の畜産の現場にどのように還元できるのかについて考えてみたい。

表 1. 主な繊維分解菌の多糖利用性, セルロース付着性および分布

菌種	多糖利用性*				セルロース付着率(%)**		分 布	
	セルロース	キシラン	ペクチン	デンプン	結晶性	微結晶性	前胃発酵動物 (ウシ・ヒツジ*)	後腸発酵動物 (ウマ***)
<i>Fibrobacter succinogenes</i>	+	-	v	v	56	120	d	d
<i>Ruminococcus albus</i>	+	+	NA	-	80	101	d	d
<i>Ruminococcus flavefaciens</i>	+	+	NA	-	7	88	d	d
<i>Butyrivibrio fibrisolvens</i>	v	+	+	v	3-78	26-108	d	d
<i>Eubacterium cellulosolvens</i>	+	+	NA	-	77	107	d	NA
<i>Prevotella ruminicola</i>	-	v	v	v	NA	NA	d	d
<i>Eubacterium ruminantium</i>	-	v	v	-	NA	NA	d	NA

+, 発酵する v, 株によって変動 -, 発酵しない
NA, 情報なし d, 検出例あり

*, FORSBERG *et al.* (1997) **, RASMUSSEN *et al.* (1989) ***, KOIKE *et al.* (印刷中); 高木・小林 (未発表)

2. 機能をしらべる

分離・培養できる微生物のやくわりを知る

現在利用可能な機能に関する情報のほとんどすべてが、分離株から十分量の材料 (タンパク質やDNAなど) を確保し、それを分析することでえられたものである。つまり培養可能であることが情報収集の必要条件となる。主要な培養可能繊維分解性細菌とその特性を表1に示す。7種のうちすべてから、繊維分解関連酵素の遺伝子が特定されており、セルラーゼやキシラーゼを複数もつものもみつかってきている。表にはあげていないが、真菌のほとんど (*Neocallimastix*, *Piromyces*, *Orpinomyces*, *Caecomyces* など) やプロトゾアの一部のもの (*Polyplastron*, *Epidinium* など) が繊維分解性である。

植物繊維の分解にはまず微生物が植物片にとりつく (付着する) ことが第一ステップであり、繊維分解性微生物はほとんどのものが付着能を有している (MINATO *et al.*, 1990)。菌種によって付着率や付着強度はことなり、また付着のメカニズムも違うことがわかってきている。すなわち *Ruminococcus flavefaciens* や *Ruminococcus albus* などは表層にグリコカリックス層 (多糖および糖タンパク質から成る) を作り、これを介して植物繊維へ付着している可能性がある。この層の厚さは菌種ごとに異なるようである。また表層に形成した突起物も植物への結合に関わっていると思われ、これは土壌菌 *Clostridium* 属にみられるセルロソーム (セルラーゼ複合体) 様性状を呈していることがわかってきた。セルロソームの介在により、繊維への付着と複数の酵素による分解が隣接した場で行われることから、非常に効率的な繊維消化が期待でき、天然に存在する高繊維分解システムといえる。事実、両菌種からクローニングされたセルラーゼにはセルロソーム構成に必要な骨格タンパク質に結合する領域 (ドックリン) が発見されている (荻田ら, 1997)。セルロソームのような高繊維分解システムは、当初、遺伝子工学者によって構築プランがたてられたのだが、実は自然界にすでに存在していたというのは皮肉な話

である。一方、*Fibrobacter succinogenes* は繊維との接触面で菌体を陥没させ、そのポケットにセルラーゼをふくむ小胞を形成する。このセルラーゼの中には付着を介在するセルロース結合ドメインを有するものがみついている (三森・湊, 1997)。これら繊維分解菌を取り囲むグリコカリックス層は、繊維分解産物の拡散、外部プロテアーゼによる自己セルラーゼの分解を防ぐ役目を果たす一方、菌体の繊維付着を促進することでプロトゾアによる捕食やルーメンからの流出機会を減らす効果をもつと考えられている (WEIMER, 1996)。

繊維分解性真菌からも多くのセルラーゼ系酵素が特定されている。真菌は仮根を伸長し、植物組織内へ強く入り込む。その結果、植物組織構造が物理的に脆弱化するため、粒度減少にも貢献しているようである。繊維分解性の大型プロトゾアは細かい繊維片を丸飲みし、内部器官で消化する。プロトゾア自身がセルラーゼをもつこともこのほど遺伝子レベルで検証された (TAKENAKA *et al.*, 1999)。細菌や真菌と比べ、プロトゾアの繊維への付着は弱く、洗浄するとほとんどのプロトゾアは解離する。以上のような生理学的情報は、(プロトゾアをのぞき) 培養可能であるかゆえの所産であり、材料のそろう (分析に十分量の細胞数を容易に確保できる) ところに研究成果もついてくるわけである。

培養できない微生物のやくわりを知る

材料のそろわない研究は誰もやらない。いやできない。これがこれまで培養不能微生物が「無視」されてきた所以である。ところが近年の分子生物学的手法はこの閉ざされた扉を開けつつある。イエローストーン温水マット中の微生物相の大多数のものが未知の細菌である (WARD *et al.*, 1990) ことを初めて明らかにした 16 S rRNA (リボソームに多くみられる約 1,500 塩基からなる RNA で、すべての細菌が保有するが、種属で微妙に配列がことなる) の遺伝子配列分析技術は、その他多くの環境サンプルに応用されるまでに普及し、ルーメンや大腸微生物生態系の解析にも導入されつつある (WHITFORD *et al.*, 1997; TAJIMA *et al.*,

1998). 具体的には消化管内容物から総 DNA を抽出し, 16 S rRNA 遺伝子(16 SrDNA)を PCR 増幅する. この産物には種々の異なる微生物の 16 SrDNA (配列が種ごとに微妙に違う)が増幅前の比率に応じてちりばめられており, いったんこれらをひとつずつ大腸菌で増やし配列読破のために量を確保 (クローンライブラリー化)後, ひたすらライブラリー構成員の DNA 配列を読むのである (KRAUSE and RUSSELL, 1996). 自分のよんだ配列データとデータベース (既知の培養可能微生物の遺伝子情報から成る) (MAIDAK *et al.*, 1994) のそれを比べ, 似たものがない場合は未知の微生物 (新種かもしれない) 由来のものという段取りである. 分子的手法には材料 (消化管内容) を凍結保存できるという点で, 培養法に比し大きなアドバンテージがある. 特に研究設備から遠く離れたフィールド (野生動物などが対象) でのサンプルを分析したいような時には威力を発揮する. この未知菌がどんな機能をもつか, 例えば繊維分解に関与するものか否かを知るには, 上の遺伝子のうちこの微生物のみがもつ特異配列をマーカーとして利用する. この配列で作ったプローブや PCR プライマーを使えば, 未知微生物の追跡も可能で, 繊維付着性か否かなどの機能もわかってくる. なお手法別の特徴を表 2 にまとめた.

ルーメンゲノムプロジェクト

単離菌のゲノムは 2000 年 10 月現在で 38 種が読破されている (メタン菌などの属する古細菌を含む). 主要な病原菌や産業上有用そうな極限環境細菌 (熱水域に棲む超高温性菌などで耐熱酵素他のソースとなる) のゲノムが解析の対象になっているが, ルーメン菌については皆無である. ただしこのほどオハイオ州立大の MORRISON が組織する North American Consortium と命名されたチームが主要繊維分解菌種 (*F. succinogenes* と *R. flavefaciens*) のゲノム解析のための予算を確保でき, 具体的な準備をはじめている (WHITE and MORRISON, 2000). 他の微生物同様, 全ゲノムを読むことで, いろいろな遺伝子 (とくに繊維分解酵素系) の発現はどのようにコントロールされているかや, 新しい機能などの発見が期待できる.

一方, このような手法ではルーメンという複雑系は

とうてい理解不可能として, ルーメン混合微生物系全体をあたかもひとつの生物とみなし, この総ゲノム (構成微生物すべてをふくむ総 DNA) を読破しようとする「メタジェノミックスプロジェクト」がカナダの TEATHER (私信) により起案されている. このアプローチだと上で紹介した培養不能菌も網羅されることになり, ルーメンの中にどんな微生物がどれくらいいて, どのように相互関連しているのかを推定できる. また新規の酵素, ペプチドや代謝系, およびそれらの発現調節などを発見できる確率は, 単離菌全ゲノム研究よりもはるかに高い. 当然ながらプロジェクトに関わる経費と時間は多くなり, 単離菌のゲノム研究のその約 500 倍と見積もられている. ただし最近の配列解読関連ハードの充実度からすれば, また予算的な保証があれば, 5 年程度で完遂できるものと思われる.

生い立ちを知る

今でこそ草食獣のおなかの中は微生物で満ちていることを私たちは文献経由で知ってはいるが, いつから, どのように, そうなったかを説明できるひとは少ないだろう. 消化器や消化管内容物は化石として残らないので, 状況証拠はない. ただし分子進化的にはある程度推測可能だ. ルーメン細菌の 16 SrDNA や保有酵素の DNA の配列と他の嫌気性菌 (土壌菌など) のそれらを比較すると, ものによっては極めて近縁で, とくにルーメン内の *Clostridium* 属は土壌から移行したものである (RAINEY and STACKEBRANDT, 1993) こと, また *Ruminococcus* や *Butyrivibrio* 属は *Clostridium* 属がルーメンや他の消化管内で適応変化した可能性があるらしい (FORSTER *et al.*, 1996) こと, などが推定される. 一方, 主要繊維分解種とされる *Fibrobacter* 属は動物消化管以外にはみつかっておらず, 分子系統的にも他の細菌群から明確に独立した集団 (HUHENHOLTZ *et al.*, 1998) なため, 相当の年代を経て草食獣のおなかの中で特殊な分類群として確立されたようである.

初期の草食獣コリフォドン (紐歯目) やコピトドン (有蹄目) の出現が 5 千万年以上前であるので, そのころ, おそらく果実, 種子, 根茎などとともに摂取した土壌表層部が主要な菌の供給源でありえたはずであ

表 2. 環境 (含消化管) 微生物生態系の解析手法

方 法	材料保存	労 力	詳細分類	培養不能菌	定 量 性	その他の特徴
直接検鏡法 ^a	○	小	×	○ (特定菌×)	(高)	応用度が低い
培養分離法 ^a	×	大	×	×	低	伝統手法
プローブ法 ^b	○	小	○	○	高	要×10 ⁶⁻⁷ /g以上
競合PCR法 ^c	○	中	○	○	極めて高	要×10 ³⁻⁴ /g以上
リアルタイムPCR法 ^d	○	小	○	○	極めて高	機器が高価
クローンライブラリー法 ^e	○	大	○	○	低	バイアスが高い

a, MINATO *et al.* (1990); b, STAHL *et al.* (1988); c, KOBAYASHI *et al.* (2000); d, SUZUKI *et al.* (2000); e, WHITFORD *et al.* (1997)

る。これら嫌気性の土壌菌はもとをたどれば、酸素分圧の低かった太古の地球上で栄華をきわめていた生物なのである。これら消化管の繊維分解性菌が保有する多くのセルラーゼの至適温度が50-60度と動物の体温よりかなり高いのも、これらの菌のルーツ（有機物分解時に高温になる土壌表層の植物堆積部など）を示唆している。

3. 機能応用を考える

群構成員と動態の解明

個々または群の微生物機能を産業（家畜生産以外のものも含む）に応用するには、実際の消化管内でそれらがどのような動きをし、他のどれと連携（または競合）しているのかを知ることが必要であろう。いちばんシンプルな分析法は顕微鏡で見ることである。これにより、微生物の総数と形態、グラム染色性などの情報がえられる。培養不能菌もデータに入ることになるが、分類（種・属）、機能（何を資化するかなど）についてはわからない。伝統的な次のステップは培養・分離であるが、これには「培養可能菌しか対象にならない」という枠がつく。従来、消化管内容の微生物群がどのような構成員で成り立ち、個々のものはどのように変動しているかは、この小さな枠の内側で研究されてきた（小林, 1997）。それである程度の説明がつくケース（下のイオノフォアの例）と、そうでないケースがある。後者の典型として、「消化管内の繊維分解と繊維分解菌種の分布・動態」がある。以下、「伝統的な培養・分離法で説明できない状況」について説明したい。

反すう動物のルーメン（WIMER *et al.*, 1999）やウマ大腸（JULLIAND *et al.*, 1999）の主要繊維分解種は *F.succinogenes*, *R.flavofaciens* および *R.albus* とされている。私たちのグループでは草食動物の消化管内容にこれら主要3菌種がどれくらい分布しているか、またエサの条件によりそれらの分布がどのように変動するかについて興味をもち、独自に開発した競合PCRという手法（小林, 1997）で追跡をおこなった。その結果、ウシやヒツジのルーメンには *F.succinogenes* が最大で1%程度しかなく、他の2菌種にいたっては0.1, 0.01%と非常にマイナーであった（KOIKE *et al.*, 2000）。一方、ルーメンに浸漬したナイロンバック中の乾草に強固に付着する（すなわち繊維分解に関連すると思われる）菌の遺伝子解析をすると、新規のものと同判断せざるをえない細菌が多種多量にみつかった（吉谷・小林, 未発表）。状況はウマ大腸でも似ており、北海道和種馬では *F.succinogenes* が他の2種にくらべ極めて多いものの、全体の5%どまりであり（KOIKE *et al.*, 印刷中）、16 SrDNA クローンライブラリーからは新種とおぼしきものが沢山みつかりつつきている（高木・小林, 未発表）。このように、とくに繊維分解に関連するものについては、従来の微生物学的アプローチ

（培養・分離法）でえられる情報では不備であり、未知の菌群に対する意識を高めた研究が必須である。それらの個々の機能や生態系での役割などがわかれば、ルーメンや大腸での応用研究は格段にやりやすくなるに違いない。地球上の既知細菌が5,000種、実際はこの100-1,000倍もの分類群（あえて種という言葉はさける）があると推定されていることから、現在ルーメン菌として知られる22種という数字は、あきらかに過少である（KRAUSE and RUSSELL, 1996）。

生態系をコントロールする

抗生物質を飼料添加し、特定の微生物を抑制することでルーメン微生物生態系を人為的にコントロールしようとする試みが、過去から頻繁に行われてきたが、唯一成功をおさめたのが、モネンシンに代表されるイオノフォア抗生物質である。もともとは鶏の抗コクシジウム剤として開発されたが、80年代初頭よりアメリカで肥育牛用飼料添加物に利用され、その後世界にひろがった。イオノフォアはルーメンのプロトゾアを阻害し（体表付着メタン菌のニッチをうばう一方、捕食菌が選択圧から解放される）、プロピオン酸やその前駆物質（コハク酸など）の産生菌を優勢にする（KOBAYASHI *et al.*, 1990）。その結果、ルーメン内のVFAを高プロピオン酸産生型へシフトさせ、メタンの産生を抑える。繊維消化は当初抑制的であるが *F.succinogenes* などの耐性獲得にともない回復するようである。増体は変わらず、飼料消費量が減るので飼料要求率が改善される（5-20%程度）。その後、牛肉消費者の添加抗生物質に対する拒否反応の関係から、実際の利用は減ってきている。しかし、ルーメンという微生物複雑系の制御にかかわるモデル材料として学術上のニーズはまだ高い。新しい生態系の解析手法（ひとつ上の項参照）などを評価する際にしばしば用いられる（STAHL *et al.*, 1988）。

酵母（*Saccharomyces cerevisiae* など）を飼料に添加するプロバイオティックス（生菌剤）もこの10年ほどで追求されたルーメン発酵制御物である（WALLACE, 1992）。給与により、繊維消化が改善するという報告もみられる。その理由として、これら酵母がルーメン内に存在する微量の酸素を消費することでルーメン環境の嫌気度が上がり、そのような環境を好む在来の繊維分解性微生物の活性が高まるという説がひろく受け入れられている。一方、空にしたルーメンへ *Clostridium longisporum*（ルーメンから分離された繊維分解種）の培養液6リットルを注入しても48時間後にはもはや検出されない（VAREL *et al.*, 1995）ことから、菌の新規導入によるルーメン生態系コントロールには競合・定着のためのすぐれた特性（高い増殖速度や飼料付着率）が必須とおもわれる。全部または特定のプロトゾアを除去することで、家畜生産性をあげる可能性も議

論されてきている (USHIDA *et al.*, 1989) が, プロトゾア除去は組み換え菌の生存にも有効なようである (小林泰男, 未発表)。

新機能を開発する

これは遺伝子組み換えをベースにした新しい戦略だが, アイデアが先行し, 実際に動物に応用できそうな段階に達しているものはまだわずかである。いずれも創出された組み換え細菌を動物消化管へ移植し, 定着してはじめて期待効果が実現する (WALLACE, 1992) ものばかりであり, 目標によって定着レベル (どのくらいの密度で消化管にすみつけばよいか) は異なる。いずれにせよ安定な微生物生態系に新規なものを組み入れるわけで, 極めて困難な作業となる (GREGG *et al.*, 1998; KOBAYASHI *et al.*, 2000)。著名なルーメン微生物学者が某国際学会 (11 年前) で「ルーメン微生物生態系は「神の領域」であり, 何人も侵すべからず, いじらないそのままが最高なのだ」と言ったのを筆者はリアルタイムで聞いている。しかるに上の作業の従事者は (筆者も含め) 神を冒瀆する者となる。以下にその罪状を数件紹介する。

もっとも歴史のあるプロジェクトは「ルーメン菌の

繊維分解能強化」である。ルーメン内の繊維分解はスピードが遅く, 粗飼料摂取に対する最大の制限要因となっている。もともとルーメンに数の少ない種や非繊維分解種にセルラーゼを発現させても, あまりインパクトが期待できない。繊維分解にはそれなりの菌特性 (繊維付着能力など) が必要なので, 繊維分解種の機能強化が妥当なラインである。筆者らはルーメン内の優勢菌種で繊維分解能のあまり高くない種, *Butyrivibrio fibrisolvens* の能力強化をはかっている (小林・大宮, 1994)。いわば歩兵部隊に鉄砲をもたせる戦略である。これまでにキシラナーゼで約 11 倍 (KOBAYASHI *et al.*, 1998), セルラーゼで約 52 倍 (KOBAYASHI *et al.*, 印刷中) 高い活性をもつ *B. fibrisolvens* を育種できたが, いずれもまだ構成的発現 (作った酵素を常時たれ流し状態) なので, 菌細胞の負荷が大きく, 混合微生物系では競合力に乏しい。ただ, この過程でプロモーターや分泌シグナルの適正化などを明らかにできた (小林, 2000)。イギリス (DANIEL *et al.*, 1995; WHITEHEAD and FLINT, 1995), イタリア (COPPA *et al.*, 1997), オーストラリア (XUE *et al.*, 1997) でも同様なところが試行されているが, 進捗状況は似たようなものだ (表 3)。ルーメンの繊維分解代表種はいずれ

表 3. 遺伝子操作で作られた高機能性ルーメン細菌

機能	細菌	ベクター	増幅遺伝子 (由来微生物)	文献
繊維分解	<i>Ruminococcus albus</i> RC6	pIL253	セルラーゼ (<i>Streptomyces rochei</i>)	COPPA <i>et al.</i> (1997) (伊)
	<i>Streptococcus bovis</i> JB1	pVA838	セルラーゼ (<i>Ruminococcus flavefaciens</i>)	WHITEHEAD and FLINT (1995) (英)
	<i>S.bovis</i> 12-u-1	pSBO1	キシラナーゼ (<i>R.albus</i>)	長峰 (未発表) (日)
	<i>Prevotella ruminicola</i> 2202	pRH3	セルラーゼと キシラナーゼ (<i>P.ruminicola</i>)	DANIEL <i>et al.</i> (1995) (英)
	<i>Butyrivibrio fibrisolvens</i> OB156	pBHerm	キシラナーゼ (<i>Neocallimastix patriciarum</i>)	XUE <i>et al.</i> (1997) (豪)
	<i>B. fibrisolvens</i> OB156C	pYK4	キシラナーゼ (<i>Eubacterium ruminantium</i>)	KOBAYASHI <i>et al.</i> (1998) (日)
	<i>B. fibrisolvens</i> OB156C	pYK7	セルラーゼ (<i>R.albus</i>)	KOBAYASHI <i>et al.</i> (印刷中) (日)
解毒	<i>B. fibrisolvens</i> OB156	pBHerm	デハロゲナーゼ (<i>Moraxella</i> sp.)	GREGG <i>et al.</i> (1994) (豪)
必須 アミノ酸 合成	<i>B. fibrisolvens</i> OB156	pBHerm	合成遺伝子 MB-1	TEATHER <i>et al.</i> (1997) (加)

も運動性が低く、植物細胞の奥まで迅速にもぐりこむのが不得手である。また低 pH に弱い。一方、われわれの遺伝子組み換え候補である *B. fibrisolvans* は、多くの鞭毛をもち運動性に富み、低 pH にも比較的耐性なため、繊維分解能強化には妥当な選択 (WEIMER, 1996) と思われる。

一方、オーストラリアでは多くの灌木樹葉にふくまれる毒素 (フルオロ酢酸) を分解する *B. fibrisolvans* が育種された (GREGG *et al.*, 1994)。これを消化管に有する家畜にとって放牧地は大幅に拡大することになる。カナダでは必須アミノ酸比率の高い人工ペプチドをつくる *B. fibrisolvans* が育種されている (TEATHER *et al.*, 1997)。この菌の 12 指腸への流下増を期待し、これにより宿主家畜のタンパク栄養を改善しようというものである。

80 年代に数編で「遺伝子組み換えルーメン菌の作成と応用」に関する総説 (TEATHER, 1985; ORPIN *et al.*, 1988; RUSSELL and WILSON, 1988) には夢のような話が羅列されている。ただし、夢をかなえるにはいくつかのハードル、すなわち 1) 遺伝子導入系を確立する、2) 目的の遺伝子を発現させる (できれば調節的に)、3) 組み換え菌をルーメンに定着させる、をクリアしなければならなかった。これらのハードルのため、当初 10 年ほどの間、この種の研究は停滞していた。過去 5 年ほどの間に 1) と 2) についてはある程度解決された (BEARD *et al.*, 1995; KOBAYASHI *et al.*, 1995, 1998; HEFFORD *et al.*, 1997) が、3) については依然むづかしい (KOBAYASHI *et al.*, 2000)。とくに組み換え菌のルーメン内高密度定着は、生態系の構成員やその変動要因などを知った上でないと、具体的な戦略もたちにくい。この意味でも、前にふれたように、ルーメンその他の微生物混合系での応用研究は、生態研究とのリンクなしには進まない (KOBAYASHI and ONODERA, 1999) わけである。

4. 生産現場へ還元する

消化管微生物学が草食家畜の栄養学の発展に果たしてきた功績は大きく、またここに紹介してきた新しい情報は、将来もそれを保証するものである。その中でも、家畜生産現場へ還元できるもの、またはその可能性の高いものを少し詳しく解説して稿をむすびたい。

亜熱帯・熱帯地域の植物には動物からの捕食を免れるため、体内に毒素や消化阻害物質を集積しているものが多い。一方、動物もそれに対抗する術として消化管内にそれらを分解する特殊な微生物を宿している例もある。他の動物が受け付けないユーカリ (タンニン含量が極めて高い) を常食としているコアラは、消化管にタンニン分解性細菌を有している (OSAWA, 1990) ことは有名である。地上で大昔から繰り返し広げられてきた植物と草食獣とのイタチゴッコのおこぼれを、われ

われヒトが利用しない手はない。実際、オーストラリアにおいて、アミノ酸の一種であるミモシンを含有する植物 (*Leucaena leucocephala*) によるヒツジの中毒 (ミモシン分解産物の 3,4-DHP が原因) をハワイ島在来ヤギ (耐ミモシン) のルーメン内容を移植することで防御できたという事実がある (GREGG, 1995)。のちにこれは *Synergistis jonesii* という 3,4-DHP 分解性ルーメン細菌の恩恵であることがつきとめられた (ALLISON *et al.*, 1990)。このようにして新しい粗飼料源の開拓も可能なのである。

さらに消化管微生物学者の守備範囲は拡大した。土壌菌のハロゲン分解酵素をルーメン菌で発現させ、フルオロ酢酸への耐性ヒツジ作出にいたった (GREGG *et al.*, 1998)。この毒素はオーストラリア、南米、アフリカ南部に繁茂する植物に多く見られ (約 40 種の灌木)、放牧家畜に多大な損害をおよぼしてきたため、この研究成果が農家にいだかせる夢は限りなく大きい。当初はミモシンでの成功例にならぬ、これらの植物に耐性をしめす野生草食獣 (エランドほか) の内容物を家畜へ移植したり、また毒素分解にかかわる微生物を分離しようという試みが活発におこなわれたが、すべて不調におわった (KOPECNY, 私信)。そこで遺伝子組み換え技術 (土壌菌の遺伝子→ルーメン菌) の登場となったわけである。安全かつ効率的な放牧を保証すべく、世界初の遺伝子組み換えルーメン菌の野外応用実験が、西オーストラリア州マードック大学で今まさに始まろうとしている (GREGG, 私信)。

国内に目を転じてみよう。子牛の離乳をいかにスムーズに行うか? いかに機能的な (食い込みのよい) ルーメンをつくるか? は育成農家にとって永遠の課題である。従来この手の指導書には「良質の粗飼料を飽食させ……」とあるが、それが確保できない場合はどうするのか。手前味噌的視点から考えると以下のようなになる。「スターターキット」ともいうべきルーメン微生物混合液 (繊維消化に必須な菌群を優先的にふくむもの、場合によっては組み換え菌も入りうるが、その組成は今後の研究成果を待たねばならない) を幼齢時から給与し、定着をはかる。それらの増殖のために最適な飼料構成で継続飼養することで、理想的なルーメン微生物相を早期につくりあげる。子牛の腹づくりはこのようにしても可能とおもわれる。一方、高泌乳牛に必要なバイバスタタンパク質は、前述の必須アミノ酸にとむ組み換えルーメン菌により対応可能である。以上のような技術は当然安全性の査定を経由して普及されるべきものであり、今後その種の研究への注目度があがること (研究経費の重点的配分もふくむ) が期待される。くりかえすが、組み換え菌の高密度定着をはかるにあたり、複雑な微生物生態系のしくみをよりよく知ることが必須である。分子育種学と分子生態学には共進化がのぞまれる。

5. おわりに

従来、家畜を飼うにあたり（畜産を営むにあたり）、1）いかに飼料を消化されやすくするか、2）またそれらをいかに適量、適切なタイミングであたえるか、3）いかに家畜に快適な環境を保証するか、などについて飼料学、栄養学、管理学をベースに検討がかさねられ、飼養体系が組まれてきた。とくに1）と2）については家畜の身体（消化管内もふくむ）の中で何が起きているか？ についての情報が集積した末にたどりついた最新の最適情報にもとづいている。その意味から、食性と共進化してきた草食家畜自身の絶妙な栄養システム（咀嚼、消化・吸収系、共生微生物群、内・外分泌系など）（星野, 1987）が急変換しない限りは、栄養学に今後急展開はないであろう。少なくとも飼養標準の作成など正統的な家畜栄養学の領域にそった研究は、もはやネタ切れ状態といっても過言ではなさそうである。言い換えれば、人為的コントロールを、動物そのものに（含トランスジェニック）または共生する消化管微生物群に適用するくらいでしか、大幅な家畜生産性改善はもたらされ得ないだろう。どこまでが許され、何ゆえ安全かの論議・検証は当然経なければいけないが、少なくとも後者については、手法的にもほぼ確立されており、チャレンジする意義を筆者は感じているし、世界的な流れもその方向にあるといえる。一方、そのチャレンジのプロセスで消化管微生物生態系のナゾも、本稿で述べてきたように、少しずつ解かれるものと信じている。例えば、何が理想的なルーメン微生物相かなどという混沌たる疑問について、明確に答えられる日が近い将来くるかもしれない。草食動物の消化管は多くの未知の生命を宿しており、生物学の一領域としてもとても奥深い。

文 献

- ALLISON, M. J., A. C. HAMMOND and R. J. JONES (1990) Detection of ruminal bacteria that degrade toxic dehydroxypyridine compounds produced from mimosine. *Appl. Environ. Microbiol.*, **56**: 590-594.
- BEARD, C. E., M. A. HEFFORD, R. J. FORSTER, S. SONTAKKE, R. M. TEATHER and K. GREGG (1995) A stable and efficient transformation system for *Butyrivibrio fibrisolvens* OB156. *Curr. Microbiol.* **30**: 105-109.
- COPPA, F., B. RIBOLI, F. ROSSI, M. L. CALLEGARI and P. S. COCCONELLI (1997) Construction of novel *Ruminococcus albus* strains with improved cellulase activity by cloning of *Streptomyces rochei* endoglucanase gene. *Biotechnol. Lett.*, **19**: 1151-1155.
- DANIEL, A. S., J. MARTIN, I. VANAT, T. R. WHITEHEAD and H. J. FLINT (1995) Expression of a cloned cellulase/xylanase gene from *Prevotella ruminicola* in *Bacteroides vulgatus*, *Bacteroides uniformis* and *Prevotella ruminicola*. *J. Appl. Bacteriol.*, **79**: 417-424.
- FORSBERG, C. W., K. J. CHENG and B. A. WHITE (1997) Polysaccharide degradation in the rumen and large intestine. In *Gastrointestinal Microbiology Vol.1.*, pp.319-379. International Thomson Publishing, New York.
- FORSTER, R. J., R. M. TEATHER, J. GONG and S.-J. DENG (1996) 16S rDNA analysis of *Butyrivibrio fibrisolvens*: phylogenetic position and relation to butyrate producing anaerobic bacteria from the rumen of white-tailed deer. *Lett. Appl. Microbiol.*, **23**: 218-222.
- GREGG, K., C. L. COOPER, D. J. SCHAEFER, H. SHARPE, C. E. BEARD, G. ALLEN and J. XU (1994) Detoxification of the plant toxin fluoroacetate by a genetically modified rumen bacterium. *Bio/Technol.*, **12**: 1361-1365.
- GREGG, K. (1995) Engineering gut flora of ruminant livestock to reduce forage toxicity: progress and problems. *Trends Biotechnol.*, **13**: 418-421.
- GREGG, K., B. HAMDOLF, K. HENDERSON, J. KOPECNY and C. WONG (1998) Genetically modified ruminal bacteria protect sheep from fluoroacetate poisoning. *Appl. Environ. Microbiol.*, **64**: 3496-3498.
- 星野貞夫 (1987) ヒトの栄養・動物の栄養, pp. 1-188. 大月書店. 東京.
- HEFFORD, M. A., Y. KOBAYASHI, S. E. ALLARD, R. J. FORSTER and R. M. TATHER (1997) Sequence analysis and characterization of pOM1, a small cryptic plasmid from *Butyrivibrio fibrisolvens*, and its use in construction of a new family of cloning vectors for *Butyrivibrio*. *Appl. Environ. Microbiol.* **63**: 1701-1711.
- HUGENHOLTZ, P., B. M. GOEBEL and N. R. PACE (1998) Impact of culture-independent studies on the emerging phylogenetic view of bacterial diversity. *J. Bacteriol.*, **180**: 4765-4774.
- JULLIAND, V., A. DE VAUX, L. MILLET and G. FONTY (1999) Identification of *Ruminococcus flavefaciens* as the predominant cellulolytic bacterial species of the equine cecum. *Appl. Environ. Microbiol.*, **65**: 3738-3741.
- 苅田修一・木村哲哉・粟冠和郎・大宮邦雄 (1997) 分子生物学的アプローチが明らかにしたセルラーゼの

- 姿, 三重大学生物資源学部紀要, **19**: 71-96.
- KOBAYASHI, Y., M. WAKITA, R. SAKAUCHI and S. HOSHINO (1990) Effects of ionophores on rumen microbes and host animal nutrition. In *The Rumen Ecosystem - The Microbial Metabolism and Its Regulation*, p.179-186, Japan Sci.Soc. Press / Springer-Verlag, Tokyo / Berlin.
- 小林泰男・大宮邦雄 (1994) ルーメン細菌の分子育種. 栄養生理研究会報, **38**: 115-131.
- KOBAYASHI, Y., R. J. FORSTER, M. A. HEFFORD, R. M. TEATHER, M. WAKITA, K. OHMIYA and S. HOSHINO (1995) Analysis of the sequence of a new cryptic plasmid, pRJF2, from a rumen bacterium of the genus *Butyrivibrio*: Comparison with other *Butyrivibrio* plasmids and application in the development of a cloning vector. *FEMS Microbiol. Lett.*, **130**: 137-144.
- 小林泰男 (1997) ルーメン微生物の遺伝子操作とその応用. 21世紀への酪農新技術, p.141-147. 岡本全弘編, 酪農学園大学エクステンションセンター.
- 小林泰男 (1997) ルーメン分子生態学への招待. 畜産の研究, **51**: 1219-1225.
- KOBAYASHI, Y., N. OKUDA, M. MATSUMOTO, K. INOUE, M. WAKITA and S. HOSHINO (1998) Constitutive expression of a heterologous *Eubacterium ruminantium* xylanase gene (*xynA*) in *Butyrivibrio fibrisolvens*. *FEMS Microbiol. Lett.*, **163**: 11-17.
- KOBAYASHI, Y. and R. ONODERA (1999) Application of molecular biology to rumen microbes - Review. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.*, **12**: 77-83.
- 小林泰男・小池聡 (1999) 馬の後腸微生物に関する研究動向. ルーメン研究会報, **10**: 1-12.
- 小林泰男 (2000) 微生物セルラーゼの組み換え技術による機能向上. セルロースの事典, セルロース学会編, 朝倉書店. 東京.
- KOBAYASHI, Y., R. J. FORSTER and R. M. TEATHER (2000) Development of a competitive polymerase chain reaction assay for the ruminal bacterium *Butyrivibrio fibrisolvens* OB156 and its use for tracking an OB156-derived recombinant. *FEMS Microbiol. Lett.*, **188**: 185-190.
- KOBAYASHI, Y., H. TAGUCHI and K. OHMIYA, Expression and efficient secretion of Ruminococcal cellulase in *Butyrivibrio fibrisolvens*. *Reprod. Nutr.Dev.*, in press.
- KOIKE, S., J. PAN, T. SUZUKI, K. UEDA, Y. KOBAYASHI, K. TANAKA and M. OKUBO (2000) Monitoring of representative cellulolytic bacterial species in the rumen of sheep by competitive PCR. *Proc.3rd Joint Sympo.Japan/Korea Rumen Metab. Physiol.*, p.81.
- KOIKE, S., Y. SHINGU, H. INABA, M. KAWAI, Y. KOBAYASHI, H. HATA, K. TANAKA and M. OKUBO, Fecal bacteria of Hokkaido native horses as characterized by microscopic enumeration and competitive PCR assays. *J.Equine Sci.* in press.
- KRAUSE, D. O. and J. B. RUSSELL (1996) How many ruminal bacteria are there?, *J.Dairy Sci.*, **79**: 1467-1475.
- MAIDAK, B. L., N. LARSEN, M. J. MCCAUGHEY and R. OVERBEEK (1994) The ribosomal database project. *Nucleic Acids Res.*, **22**: 3485-3487.
- MINATO, H., E. MIYAGAWA and T. SUTO (1990) Techniques for analysis of rumen microbial ecosystems. In *The Rumen Microbial Ecosystem*, pp. 3-12. Japan Sci.Soc.Press / Springer-Verlag, Tokyo / Berlin.
- 三森真琴・湊一 (1997) 反芻動物の第一胃内に生息するセルロース分解菌 *Fibrobacter succinogenes* の特性—セルロースへの付着を中心として—. *日本細菌学雑誌*, **52**: 719-726.
- ORPIN, C. G., G. P. HAZLEWOOD, S. P. MANN (1988) Possibilities of the use of recombinant-DNA techniques with rumen micro-organisms. *Anim.Feed Sci.Technol.*, **21**: 161-174.
- OSAWA, R. (1990) Formation of a clear zone on tannin-treated brain heart infusion agar by a *Streptococcus* sp. isolated from feces of koalas. *Appl.Environ.Microbiol.*, **56**: 829-831.
- RAINEY, F. A. and E. STACKEBRANDT (1993) 16S rDNA analysis reveals phylogenetic diversity among the polysaccharolytic clostridia. *FEMS Microbiol.Lett.*, **113**: 125-128.
- RASMUSSEN, M. A., B. A. WHITE and R. B. HESPELL (1989) Improved assay for quantitating adherence of ruminal bacteria to cellulose. *Appl.Environ. Microbiol.*, **55**: 2089-2091.
- RUSSELL, J. B. and D. B. WILSON (1988) Potential opportunities and problems for genetically altered rumen microorganisms. *J.Nutr.*, **118**: 271-279.
- STAHL, D. A., B. FLESHER, H. R. MANSFIELD and L. MONTGOMERY (1988) Use of phylogenetically based hybridization probes for studies of ruminal microbial ecology. *Appl.Environ.Microbiol.*, **54**: 1079-1084.
- SUZUKI, M. T., L. T. TAYLOR and E. F. DELONG (2000) Quantitative analysis of small-subunit rRNA genes in mixed microbial populations via 5'-nuclease assays. *Appl.Environ.Microbiol.*, **66**:

- 4605-4614.
- TAJIMA, K., R. I. AMINOV, T. NAGAMINE, K. OGATA, M. NAKAMURA, H. MATSUI and Y. BENNO (1999) Rumen bacterial diversity as determined by sequence analysis of 16S rDNA libraries. *FEMS Microbiol.Ecol.*, **29**: 159-169.
- TAKENAKA, A., C. G. D'SILVA, H. KUDO, H. ITABASHI and K. J. CHENG (1999) Molecular cloning, expression, and characterization of an endo- β 1, 4-glucanase cDNA from *Epidinium caudatum*. *J. Gen.Appl.Microbiol.*, **45**: 57-61.
- TEATHER, R. M. (1985) Application of gene manipulation to rumen microflora. *Can.J.Anim.Sci.*, **65**: 563-574.
- TEATHER, R. M., M. A. HEFFORD and R. J. FORSTER (1997) Genetics of Rumen bacteria. In: *The Rumen Microbial Ecosystem* (2nd ed.). pp.427-466. Blackie Academic & Professional, London, U.K.
- USHIDA, K., J. P. JOUANY and D. I. DEMEYER (1989) Effects of presence or absence of rumen protozoa on the efficiency of utilization of concentrate and fibrous feeds. In *Physiological aspects of digestion and metabolism in ruminants*. pp.625-654. Academic Press, San Diego.
- VAREL, V. H., J. T. YEN and K. K. KREIKMEISER (1995) Addition of cellulolytic clostridia to the bovine rumen and pig intestinal tract. *Appl.Environ.Microbiol.*, **61**: 1116-1119.
- WALLACE, R. J. (1992) Rumen microbiology, biotechnology and ruminant nutrition: the application of research findings to a complex microbial ecosystem. *FEMS Microbiol.Lett.*, **100**: 529-534.
- WARD, D. M., R. WELLER and M. M. BATESON (1990) 16S rRNA sequences reveal numerous uncultured microorganisms in a natural community. *Nature*, **345**: 63-65.
- WEIMER, P. J. (1996) Why don't ruminal bacteria digest cellulose faster? *J.Dairy Sci.*, **79**: 1496-1502.
- WEIMER, P. J., G. C. WAGHORN, C. L. ODT and D. R. MERTENS (1999) Effect of diet on populations of three species of ruminal cellulolytic bacteria in lactating dairy cows. *J.Dairy Sci.*, **82**: 122-134.
- WHITE, B. A. and M. MORRISON (2000) Genomic and proteomic analysis of microbial diversity and function in the gastrointestinal tract of ruminants. *Proc.3rd Joint Sympo.Japan/Korea Rumen Metab.Physiol.*, p.42.
- WHITFORD, M. F., R. J. FORSTER, C. E. BEARD, J. GONG and R. M. TEATHER (1998) Phylogenetic analysis of rumen bacteria by comparative sequence analysis of cloned 16S rRNA genes. *Anaerobe*, **4**: 153-163.
- WHITEHEAD, T. R. and H. J. FLINT (1995) Heterologous expression of an endoglucanase gene (*endA*) from the ruminal anaerobe *Ruminococcus flavefaciens* 17 in *Streptococcus bovis* and *Streptococcus sanguis*. *FEMS Microbiol.Lett.*, **126**: 165-170.
- XUE, G.-P., JOHNSON, J. S., BRANSGROVE, K. L., GREGG, K., BEARD, C. E., DALRYMPLE, B. P., K. GOBIUS and J. H. AYLWARD (1997) Improvement of expression and secretion of a fungal xylanase in the rumen bacterium *Butyrivibrio fibrisolvens* OB156 by manipulation of promoter and signal sequences. *J. Biotechnol.*, **54**: 139-148.



特 集

ヨーロッパ諸国の家畜ふん尿処理

松田 従三

北海道大学大学院農学研究科, 札幌市 060-8589

1. はじめに

西ヨーロッパでは1960～1970年代にかけて家畜の多頭飼育が始まり、多量施肥による環境問題が発生しはじめ規制法が作られてきた。本報ではヨーロッパの畜産由来の環境問題と規制法、さらに実施されている処理法特に近年盛んになっているバイオガスプラントについて述べてみる。

西ヨーロッパの家畜ふん尿問題を考えるとき養豚のある地域への集中化を考えなければならない。牛は何かかなるが、豚、鶏は問題だと言われるように、養豚家、養鶏家はヨーロッパにおいてもふん尿を施用できる十分な農地は所有していない。特に養豚ではフランス北西部、スペイン北東部、イタリア北東部、ドイツ北西部、そしてイギリス東部に集中している。当然のことながらその地域では大気汚染、水質汚染問題が増加している。ヨーロッパでも我が国と同じように多くの畜産業者は家畜ふん尿を資源と言うより廃棄物として捉えている。これも養豚家や養鶏家は例え貯留施設を持っていても散布する圃場がないからである。

西ヨーロッパは3,800万平方キロの土地に37,500万人が住んでおり、その3/5の土地が農業利用されている。これら農地は広い面積に渡っているために、ヨーロッパと言っても地域のよって気候、地勢も異なっており、農業の方法も非常に異なっているし、したがって家畜ふん尿による汚染問題も多岐に渡る。

ヨーロッパにおける家畜ふん尿問題は、満足できる方法でふん尿を管理することは益々困難になっている。それは①地域環境の必要以上の栄養分を持った量のふん尿が生産される、②化成肥料が安く利用できるためにふん尿の栄養価値が認められない、③飲料水の汚染までに進んでいるふん尿による水質汚染が拡大している、④ふん尿によるアンモニアやメタンなどの大気汚染が進んでいる、⑤ふん尿による悪臭発生が拡大していることなどである。

表1にヨーロッパのいくつかの国の家畜頭数を示しているが、これは世界の約1割にあたっている。

2. ヨーロッパの家畜ふん尿による環境問題

家畜ふん尿が環境に及ぼす汚染問題としては、まず水の汚染がある。これはふん尿を農地に施用した後流

亡して起こる表面水の汚染であり、過剰に施用した場合の地下浸透による地下水の汚染である。次には大気汚染であり、悪臭発生やアンモニア、メタンなどの環境負荷ガスの揮散により発生し、これは畜舎から、貯留中、圃場施用後に生じる。さらには土壌の汚染があり、過剰なふん尿施用によるミネラルバランスのくずれや重金属の蓄積である。

2-1 水の汚染

ふん尿由来の水の汚染は主として窒素とリンである。両方とも農業の栄養物としてなくてはならないものであるが、環境汚染物質でもある。ヨーロッパでは飲料水を地下水に依存している割合が高いため、水の汚染には非常に敏感であり、特に硝酸塩による地下水汚染が問題になっている。ふん尿は有機態窒素とアンモニア性窒素の両方を持っており、施用後最初の1年で有機態窒素の約50%がアンモニア性窒素に酸化される。これがさらに酸化されて硝酸性窒素に変化する。硝酸イオンは陰イオンであるから、水が流れれば土壌に止められることなく地下水に流れていく。この硝酸が、地下水の汚染原因となる。ヨーロッパの降雨量、降雨時期は非常に多様であるが、ヨーロッパ北西部での余剰降水量（降水量－蒸発量）は9月から3月までで300ミリ以内、1haに3,000トンである。この余剰降水量が均一に土壌に浸透し、土壌中に40kg/ha以上の無機態窒素が存在すると、硝酸塩濃度50ppmというEUの飲料水基準を越す浸出水を発生させることになる。ヨーロッパ南部では雨量が少なく余剰降水量がめったにおこらないので地下水の硝酸塩の問題がほ

表1 EU諸国の家畜頭数(1988) ×10⁶

国名	面積×1,000km ²	豚	牛	羊	鶏
ベルギー	30	5.6	3.1	0.1	10.7
デンマーク	40	9.2	2.5	0.1	4.2
フランス	540	11.8	22.3	10.6	69.6
ドイツ	360	24.6	15.4	1.3	49.7
ギリシャ	30	1.1	0.8	11.0	16.8
アイルランド	70	1.0	6.6	2.9	3.2
イタリア	300	8.5	9.0	11.6	47.8
オランダ	40	14.4	5.1	1.0	40.4
スペイン	500	16.1	5.0	17.2	—
イギリス	240	8.3	12.2	26.0	53.0
世界	136,000	1,210	224	779	1,599

とんど発生しない。しかしこの南部では、有機物による汚染（高 BOD）や悪臭発生が主要な水の汚染物質となる。

ふん尿散布後の流亡による汚染は、散布量、散布時期、散布方法を考慮すれば防げるものである。これは既に EU の数カ国では規制され実施されていることである。病原性微生物による汚染も大きな問題になっている。O157 など大腸菌やクリプトスポリジウムはふん尿由来と言われているのが、これに対しても生物的処理を確実にやることによってリスクを大幅に低減できるとしている。

2-2 大気汚染

畜産関連での環境負荷ガスとしては、炭酸ガス、硫化水素、メタン、アンモニア、亜酸化窒素、その他有機酸、アミンなど微量物質がある。

北部・中部ヨーロッパではアンモニアの揮散の多くは家畜ふん尿由来のものとされている。アンモニアは畜舎、ふん尿貯留時、圃場への施用時施用後に発生する。揮散したアンモニアは酸性雨の原因物質の一つであり、また水環境の富栄養化物質となる。アンモニア揮散のデータはいろいろあるが、ISERMANN (1990) は各種家畜の平均でスラリー除去型の畜舎でのアンモニア揮散として次のように示している。

畜舎	9.7 kg NH ₃ /LU.year
堆肥盤	12 kg NH ₃ /LU.year
放牧	7.5 kg NH ₃ /LU.year
散布	22 kg NH ₃ /LU.year

LU: 500 kg of live weight

また畜舎・貯留中、散布、放牧からの揮散割合はそれぞれ (37, 51, 12%) あるいは (41, 42, 16%) としている。アンモニアの揮散に関してはオランダがもっとも問題を抱えており、オランダ国内の酸性降下物は 56% が外国から、44% が国内から排出されており、この国内からの 50% がアンモニア由来であって、その 7 割が農業由来であるとしている。オランダ国内に降下するアンモニアは平均で 60 kgN/ha/年あるといわれている。

悪臭問題はヨーロッパでも苦情がもっとも多いものの一つである。

温室効果ガス発生もヨーロッパの畜産業では大きな問題の一つである。畜産由来の温室効果ガスは、炭酸ガス、メタン、亜酸化窒素である。メタン 1 kg は IPCC によれば、20 年間に炭酸ガス 1 kg の 60 倍の温室効果をもたらすといわれている。地球規模で算出すると、家畜ふん尿から年間 2,000~3,500 万トンのメタンを放出するというデータもある (SAFLEY, 1992)。

2-3 土壌汚染

土壌汚染には、リン、カリ、重金属によるものが考

えられる。これらの汚染は、過剰な圃場への施用によって発生するが、特にリン、カリは土性によってその吸着力が異なる。このため数千ヘクタールの砂土があるオランダでは、リンの流出が大きい。ため、ふん尿施用量の基準もリン酸基準になっており、窒素基準になっている国と違いを見せている。

3. EU の農業と環境に関する政策

EU の農業政策は過去数十年の農産物余剰政策に対するだけのものから、一つは余剰政策、他の一つは農業の集中による環境問題に対処するものによって変わった。いくつかの EU 指令が環境汚染防止の観点から出されているが、最初の指令は水と農業に関する硝酸塩指令であり、これは農業資材からの硝酸塩による環境汚染を保護するためのものであった。

3-1 硝酸塩指令

(Nitrate Directive, 91/676/CEC)

これは 1991 年 12 月に農業資材からの硝酸塩による水の汚染を守るために発せられたものである。EU 諸国では地下水の硝酸塩による汚染が深刻で WHO の飲料水の安全基準 50 ppm を越えている地域が、特に畜産が盛んな地域で多い。この指令はこの基準以下にして飲料水を確保すると共に、河川湖沼、沿岸、海の富栄養化を防ぐためのものである。

この指令は EU のメンバーになっている国に、表面水、地下水の硝酸塩濃度の毎年の調査と 1993 年末以前の富栄養化状態の再調査を命じている。そして調査結果に応じて汚染を減少させるための効果的な行動計画を取ることを求めている。汚染地域が確認されたら、汚染水が集水される地域は 1993 年末までに脆弱地 (vulnerable zone) すなわち硝酸塩濃度が 50 mg/L 以上またはそのおそれがある地域として設定しなければならない。そして河口、湖沼など集水地の硝酸塩の検査は 4 年毎に実施するように義務づけている。

3-2 優良農法の確立

(Codes of good agricultural practice)

この条例は硝酸塩汚染を最小にするための農業実施方法を示すもので、これは肥料や家畜ふん尿の施用によって汚染物質が地下水や表面水にたとえ流れても認容基準以内になるような方法を規定しなければならない。この条例は EU では、ガイドラインであって強制力はないが、先に述べた脆弱地では法的に規制されている。具体的には、肥料施用禁止時期、土壌タイプ、気象条件などを考慮した施用方法の確立や傾斜地、凍結農地などへの散布禁止、家畜ふん尿貯蔵施設必要容量、地下水への浸透防止対策、冬期間の散布禁止などの水質汚染防止措置の義務づけをうたっている。

3-3 行動計画 (Action program)

最初の行動計画は1994~1995年の間に、各脆弱地に実施するのに必要な計画の設定が求められた。最初の4年間の行動計画は1996~1999年実施のものであり、硝酸塩指令に基づいて、メンバー国が脆弱地に対して行う行動計画の設定である。これは各国の状況に応じて脆弱地に対応するものであるが、指令としては各国一率の基準は示していない。しかしその地域には170 kg/ha以上の窒素が投入されないような方法をとるようしなければならない。これはほぼ家畜単位で2 LU/haである。

4. メンバー各国の規制

表2に示すように各国はほぼ共通した規制を作っている。しかし各国の状況に応じて、規制値が異なるし、同一国内においても地域によって異なっている。一般

的には硝酸塩汚染を防ぐための方法であるが、その他の汚染例えばオランダにおけるアンモニア揮散防止やイギリスにおける悪臭防止なども含まれている。やや詳しい規制を表3に示す。

5. ヨーロッパのふん尿処理方法

家畜ふん尿の環境への負荷を少なくする方法として、もっとも効果的で安い方法は家畜への余剰飼料を減らすことである。毎日の必要量に応じた飼料の組成や品質を変えて、排泄量を減らすわけである。この方法は養鶏、養豚で実施され、オランダ、ドイツ、フランス、デンマーク、イタリアでは成果を上げている。

このような飼養技術と共に、糞尿処理技術の進歩も見られた。

表2 EU諸国の家畜糞尿スラリーの問題とその対策 (1996)

国名	主たる汚染問題	貯留上の規制	その他指針	主たる処理方法
デンマーク	硝酸塩汚染	9ヶ月貯留, スラリストアカバー	カバー作物栽培	集中型バイオガスプラント
フランス	硝酸塩汚染	6ヶ月貯留	穀類へのスラリー施用	窒素除去のための好気性処理
ドイツ	硝酸塩汚染 アンモニア揮散, 病原菌汚染	6ヶ月貯留	栄養分低投入による低収量の補償	好気性処理, 集中処理方式
ギリシャ	悪臭, 有機物汚染	6ヶ月貯留	施用前に有機物負荷を軽減	嫌気性ラグーン
アイルランド	リン酸, 表面水の汚染	6ヶ月貯留	草栄栄養分施用の最適化	アンモニア揮散防止のためのスラリー酸性化
イタリア	硝酸塩汚染	4~6ヶ月貯留, バイオガス	土壌の種類による最大窒素施用量	好気性処理, 嫌気性処理
オランダ	アンモニア揮散, リン酸	6ヶ月貯留, スラリストアのカバー	施用ミネラルバランス	ふん尿の再配分, 集中処理方式
ノルウェー	硝酸塩汚染		肥料作物の栽培	有機系・無機系肥料の併用処理
ポルトガル	硝酸塩汚染			好気性処理, 嫌気性処理
イギリス	硝酸塩汚染, 悪臭	4ヶ月貯留 (イングランド, ウェールズ), 6ヶ月貯留 (スコットランド)	良好な農作業のための基準の遵守	悪臭低減, アンモニア揮散

表3 EU5ヶ国の畜産に由来する環境汚染防止対策の比較

	オランダ	デンマーク	ドイツ	フランス	イギリス
家畜頭数上限 (/ha)	2.5家畜単位 (1998) 2.0家畜単位 (2002)	牛: 2.3頭 肥育豚: 17.6頭	-	-	-
糞尿施用上限 (kg/ha)	リン酸換算: 草地150, 耕地110 (集約畜産農家) 草地85 (その他農家)	窒素換算 ふん尿・化学肥料合計で牧草地 400以下, 冬小麦180以下	窒素換算: 170 2000年からリン酸, カリも制限	窒素換算 草地 350, 耕地 200 170 (2003年目標値)	窒素換算: 210 冬前収穫後耕地への散布 禁止
スラリー貯蔵施設容量 (月分)	7~8	9	6	全国 4 アルターニュ 6	4
スラリー散布時期	2/1~8/31 凍結・積雪地の散布禁止	2/1~収穫期 週末, 祭日散布禁止 住宅から200m以内禁止	1/16~11/14 凍結・積雪地の散布禁止	1/16~10/30 (春作物) 1/16~6/30 (牧草地) 1/16~10/30 (秋作物)	11/2~8/31 (牧草地) 11/2~7/30 (農耕地) 凍結・積雪地の散布禁止
スラリー散布方法	地表面散布の禁止 アンモニア揮散を最小化する散布	散布後12時間以内にすき込む	アンモニア揮散防止方法	-	1回に50m ² /ha以内
施肥計画	ふん尿生産記録の作成義務 ミネラル報告制度 ミネラル損失量の削減	全肥料の成分の管理計画の作成 散布農地の確保義務	肥料バランスシートの記録保持	糞尿施用計画書作成	窒素肥料散布記録 保管義務

5-1 糞尿貯留

ふん尿を環境汚染が生じないようにして圃場に還元するためには、作物が必要とするときに必要なだけ散布することであり、このためには貯留施設が必要となる。すなわち散布ができない期間、貯留するための適切な大きさが必要になる。表4は貯留槽の大きさの算定基礎である。この表で示されるスラリーふん尿貯留施設の必要容量は $2\text{ m}^3/\text{頭}\cdot\text{月}$ と納得できる量であるが、固形ふんの量は少なすぎるように思われるがいかかであろうか。スラリー貯留槽でラグーンは、悪臭、アンモニア揮散防止などの点から勧められていない。

環境負荷ガス揮散防止のために、オランダ、デンマークなどでは貯留槽にカバーを付けることが求められている。表5にカバーの種類よっての揮散防止効果を示している。

5-2 スラリー散布方法

ふん尿散布は以前はいかに早く大量に散布するかだけが重要視されたが、1980年代前半からいかに栄養分を効果的に使うかに焦点が当てられ、現在はさらにいかにアンモニアなどガスを揮散させないで散布するかが重要になってきている。

汚染発生のリスクをいかに減少させて散布するか、そのためには①スラリーを散布後速やかに土中に浸透させる、②精度高く散布することが必要である。これらにより、悪臭、アンモニア揮散が減少し、栄養分が十分利用され、作物がきれいに葉を痛めることなく生育し、散布後の放牧での病原菌による障害も減少でき、さらに圃場への栄養分の均一供給が可能となる。

スラリー散布後のアンモニア揮散は早く、草地への散布では散布12時間で90%が揮散するとしている。これを防ぐためには、①スラリーと空気がふれている時間を少なくする、②スラリーを希釈する、③スラリーを酸性化することが大切である。揮散を減少させる散布機として、インジェクション型散布機 (Injection)、ドラッグ・シュー式散布機 (Drag shoe)、トレーリング・ホース散布機 (Trailing hose) が使われている。

5-3 微生物学的ふん尿処理方法 — EU諸国のバイオガスプラント —

ヨーロッパは嫌気性処理が一般的なようにみられているが、スラリーの曝気や堆肥の切り返しなど好気性処理も行われている。しかしそれはアンモニア揮散にまだ余り制限のない南ヨーロッパが多いといえる。北ヨーロッパではスラリーの曝気が行われているのはドイツの一部やノルウェーである。しかもアンモニア揮散を防止するために脱臭装置を備えるところが多い。堆肥においても通風は実施せず、消極的な切り返しだけが行われている。

本報では近年ヨーロッパで盛んになってきたメタン

表4 家畜ふん尿貯蔵槽必要容量 $\text{m}^3/\text{頭}\cdot\text{月}$

家畜の種類	固形ふん	尿汚水	ふん尿混合
成牛	0.60	0.60	2.00
1~2才牛	0.50	0.50	1.50
1才未満牛	0.25	0.25	0.50
母豚	0.35	0.20	—
肥育豚(ペン)	0.42	0.15	—
肥育豚(敷料なし)	—	—	0.42

表5 豚ふん尿スラリー貯蔵槽のカバーの揮散防止効果

カバーの種類	揮散防止効果 %
裁断したわら類	70-75
浮き蓋	85-95
テント式カバー	90-95
コンクリート製カバー	95-98

発酵について述べる。

メタン発酵の研究は我が国でも海外においても1950年代、1970年代前半、1990年代後半に盛んになりプラントが建設されてきた。特に73年からのオイル危機当時はアメリカ・ヨーロッパはじめ世界各国で研究され多くのプラントが建設された。しかしオイル危機が去った後では研究も中断され、建設されたプラントも採算が合わず閉鎖されてしまった。これは当時のメタン発酵技術が未熟であったこと、売電などのメリットが少なく農家がメタン発酵には興味を示さなかったことなどによる。しかし近年この技術は急速に進歩して、EU諸国ではバイオガスプラントが、戸別農家型と共同プラント型で普及してきている。ドイツではバイエルン地方を中心に既に600戸程度の個人農家が、デンマークでは共同20カ所、個人プラント25カ所、イタリアでも約50ヶ所の個人農家のバイオガスプラントが稼動し、スウェーデンでは大型の共同バイオガスプラント8基が稼動している。このようにEU諸国では家畜ふん尿による環境汚染問題の一解決法と同時に、再生可能エネルギー取得の一方法としてメタン発酵法が脚光を浴びている。これはそれらの国のエネルギー政策として行われていることであり、バイオガスプラントに対してはエネルギー省などからプラント建設に対して15~40%の補助がなされ、さらにドイツ、デンマーク、イタリア、オーストリア、ルクセンブルク、スイスなどではバイオガスで発電した電気は、買い上げが義務づけられていることからわかる。スウェーデンでは、コージェネレーションによる熱電供給より、自動車燃料として使用することを目指している。

一方アメリカ、カナダなどでは、70年代には盛んに研究されたが、現在はヨーロッパほどのバイオガスプラントに対する関心はない。これは燃料・電気などのエネルギー源が安価なことが原因と考えられるが、現

在はランニングコストを安くして悪臭を軽減できるという点から再び関心を集めている。

共同プラントか戸別プラントかは議論の分かれるところであるが、デンマークでは共同プラント、ドイツでは戸別プラントが主流である。デンマークで共同プラントが盛んな原因は、同国は厳しいふん尿管理規制をクリアするために9ヶ月容量ものスラリーストアが必要になるが、この資金をバイオガスプラント会社が提供してくれ、しかもそれが散布に便利な農場付近に建設されるため、農家側にとって輸送コスト散布コストの低減などメリットが大きいとされている。このように共同型か戸別型かは一概に決められないが、北海道のような個々の農家が離れている地域では戸別型の方が有利になりそうである。

バイオガスプラントが一般に普及するか否かは、国のエネルギー政策と環境政策にかかっている。デンマーク、ドイツではこの二つの政策が相まって現在の普及が加速されたと言える。ここでデンマーク国立農業科学研究所の高井久光氏の高井久光氏原稿からデンマークにおけるバイオガスプラント普及の背景を紹介する（デンマークにおけるバイオガス施設の現状とその発展の背景、北海道バイオガス研究会設立総会記念講演会講演要旨より）。

5-4 デンマークのエネルギー政策とバイオガス

1980年代に始まった近代的なバイオガス施設の普及にともない、家畜ふん尿はエネルギー資源として考えられるようになった。しかし、デンマークにおいても家畜ふん尿のエネルギー資源としての利用は始まったばかりであり、その利用率はわずか2.5~3%にすぎない。畜産から年間約4千万トンのふん尿が排出されるが、1998年にバイオガス施設で処理された家畜ふん尿の量はわずか百万トン強であった。つまり、多量の未利用エネルギーが家畜ふん尿には含まれているのである。デンマーク政府は、この家畜ふん尿に潜在する可能性を利用しようと考えているわけである。しかし、これはふん尿から得られるエネルギーが安いからではない。安定したエネルギー供給への手段の一つとして、また温室ガス発生を抑制する手段の一つとして（2030年までにCO₂放出を1990年比で50%削減）、そして農業の環境負荷を軽減する手段のひとつとしてバイオガス技術は有効であると判断したからである。

デンマーク政府は、エネルギーの需要と供給が持続可能な発展をするためには何をなすべきかを考え、その政策のなかに家畜ふん尿から得られるバイオガスも組み込んでいるのである。1973/74年のエネルギー危機が直接的な動機となり、政府は、それまで輸入化石エネルギーにほぼ100%依存していたエネルギー政策

の見直しを迫られた。以来、北海の油田開発、天然ガス・パイプラインネットの建設、省エネ政策など次々に施行された措置はほぼ期待通りの成果をあげ、エネルギー自給率は現在ほぼ100%である。政府は、この有利な地位をプラットフォームとして長期的なエネルギー政策を推進しようと提案しているわけである。その主な内容は、①化石エネルギーに替わり得る持続可能エネルギーの開発を推進する、②エネルギー利用効率を向上する、③現在の恵まれたエネルギー供給状況を可能な限り保持する、ことである。その理由として：1) 環境への配慮とエネルギー供給状況の将来の見直しは、化石エネルギーの量を減らす必要性を示している、2) 国際市場でのエネルギー価格と供給の変化に対し強固な社会を築く必要がある、3) 環境・エネルギー先進国としての地位を確保することにより施設やノウハウの輸出などが期待でき経済的にもプラスになる、としている。

食品工業などの廃棄物や家庭生ゴミ及び家畜ふん尿がバイオガス生産の原料になるが、食品工業廃棄物で利用できるものはほとんど既存のバイオガス施設で処理されている。家庭から排出する生ゴミのうちバイオガス原料として利用できるのは年間約65万トンと推定されている。生ゴミ1トン当たり140m³のバイオガスが回収されるとすると、生ゴミのバイオガス生産ポテンシャルは年間9千万m³になる。しかし、効率よくビニール袋等を選別するシステムが構築されていないため、生ゴミからのバイオガス回収は期待通りの進展を見せていない。デンマークにおけるバイオガス生産の原料として最も重要なのは家畜ふん尿である。家畜ふん尿1トン当たり20m³のバイオガスが回収されるとすると、年間4千万トン排出される家畜ふん尿のバイオガス生産ポテンシャルは8億m³になる。これは生ゴミの約9倍の量である（高井、2000）。

5-5 デンマークの環境政策とバイオガス

1980年以前のデンマークでは、農業を環境汚染産業とは考えていなかった。農業の環境汚染が問題にされるようになったのは1980年に入ってからである。この頃、フィヨルドや近海での藻類の異常発生や魚類の大量死をマスコミが取り上げ社会の注目が集まるようになった。これらの水域で富栄養化が進んでいることが明らかになり、その主な汚染源は都市・工業廃水（主に燐と有機物汚染）及び農業（主に窒素汚染）であると推定された。一方、井戸水の硝酸塩濃度の急激な増加と化学肥料使用量の増加が関係しているとの調査報告も出された。環境庁が1984年議会に提出した「NPOレポート」は、窒素(N)・燐(P)・有機物(O)汚染源を確認し、汚染を抑えるための措置を提案した。これを受け、農業も対象とした環境規制「NPO行動計

画」が1985年に制定された。その後1991年に「デンマーク水環境の栄養塩類汚染に対する行動計画（水環境計画I）」、1997年に「持続可能な農業の為の行動計画」、そして1998年に「水環境計画II」と次々に厳しい環境規制が制定された。農業に関連する方策の基本は、まず家畜・畑のバランスの確保（ハーモニー・ルール）とふん尿貯蔵能力の飛躍的な増加であった。続いて、ふん尿の利用率を向上させるために、施肥技術の向上と輪作・作付け・施肥計画の徹底がなされ、ふん尿含有窒素の利用率最低基準が設定された。それでも、これまでの対策では窒素放出の50%削減（1985年比）という目標値の三分の二より達成出来そうにないとの判断から、窒素施肥量の全般的な削減、環境脆弱地の保護、造林、湿地・沼の再生など地域自然の保護、エコロジカル農業など環境に優しい農業の推進を策定した。農業の環境汚染問題が表面化してから約15年経過したが、いま社会の意識は農業生産より環境を優先するようになりつつある。この様な状況を背景に、バイオガス利用の環境面でのメリット（温室ガス放出の抑制効果、地下水・大気汚染の抑制効果、食品工場廃棄物等の有効利用、悪臭の低減など）に対する評価が高まりつつある。また、農業にとってもバイオガス施設の導入は環境規制の対応手段として有用であると同時に、化学肥料及び農薬の使用量を低減できるというメリットがある。

バイオガスを化石燃料の代わりに燃料として使うことは二酸化炭素放出量の減少につながる。通常のスラリータンクから発生するメタンはそのまま大気に放出されるわけであるが、バイオガス施設で発生したメタンは燃料として燃焼するのでメタン放出量を低減する。亜酸化窒素放出量の低減効果も二酸化炭素のその5~10%に相当すると言う調査報告がある。ふん尿などに含まれている窒素の多くがバイオガス施設で処理されることにより作物が直接利用できるかたちになるので、肥料効率が向上し、窒素流出のリスクが低減される。ただし、消化液からはアンモニアが発散しやすいので、タンクにカバーをするなど何らかの対策が必要である。バイオガス施設での高温処理或いはパストライズは消化液に含まれる雑草の種子や病原菌の量を減らすので、農薬の使用量を低減できる。ハーモニー・ルールにより土地と家畜頭数の比が決められたため、飼養頭数を増やす場合は経営畑面積も増やさなくてはならない。しかし、バイオガス施設を介してふん尿を他の農家に流通できれば経営畑面積を増やさなくても飼養頭数がある程度増やすことが可能になる。またバイオガス施設が組み込まれた体系では、スラリーの流通と利用を考慮した場所に共同貯蔵タンクを配置することなど、貯蔵と輸送作業の合理化が可能である（高井、2000）。

6. 結 び

西ヨーロッパ諸国は、EUの硝酸塩指令にみられるように家畜ふん尿由来の環境汚染を防止するためにかなり厳しい規制を強いている。これは鞭の部分といえる。しかし一方ではエネルギー政策とはいえ、ふん尿管理の一部分である処理をメタン発酵法を用いることによって農家の所得を増やす政策もとっている。これは給の部分と言えよう。農業系廃棄物と工業系廃棄物のもっとも大きな違いは、工業系廃棄物はその管理費を製品に上乗せできるのに対し、農業系廃棄物は全くそれができないことである。ふん尿管理をきれいにやって豚肉が高く売れたという話は聞かない。このような状況にある廃棄物では、その管理によって何らかのメリットを農家にもたらさようにしなければならない。しかもそのメリットが持続するものであることが必要である。我が国の補助金のように高額高率のものであっても農家の意見が反映されず、箱ものを作るだけの補助であっては、その補助の効果は少ないものになってしまう。初期の補助は減額しても、その施設を使い続けると補助されるような政策が必要である。デンマーク、ドイツなどのバイオガスプラントへの補助政策をみているとその感を強くする。

我が国でもふん尿処理のハードの面ではヨーロッパに劣るものではないと考えられる。ただそれを生かすソフトがないのだとヨーロッパと日本のふん尿管理をみて思う次第である。

参 考 文 献

- BURTON, C. H. and MARTINEZ, J: (1996) Animal Management and Environment in Europe, Special Issue -1996- (Ref. AIR3 CT94 1897).
- BURTON, C. H. (1997) Manure management. Treatment strategies for sustainable agriculture, Silsoe Research Institute.
- Institute of biomass utilization and biorefinery (1997) The future of biogas in Europe.
- ISERMANN, K. (1990) Ammoniakemissionen der Landwirtschaft als Bestandteil ihrer Stickstoffbilanz und Lösungsansätze zur hinreichenden Minderung. (Ammonia emissions from agriculture as part of the nitrogen balance and methods of reduction). In: Hartung, J.; Paduch, M.; Schirz, S.; Döhler, H.; van den Weghe, H. (eds): Ammoniak in der Umwelt. Landwirtschaftsverlag GmbH, Münster, Germany, 1-76.
- SAFLEY, L. M. Jr., CASADA, M. E., WOODBURY, J. W., ROOS, K. F. (1992) Global methane emissions from livestock and poultry manure. United States Environmental Protection Agency. Report N400/

1-91/048.

高井久光(2000)デンマークにおけるバイオガス施設の
現状とその発展の背景, 北海道バイオガス研究会設

立総会記念講演会講演要旨.

(財)畜産環境整備機構ホームページ, <http://group.lin.go.jp/leio/>

特 集

畜産に起因する環境汚染防止のための技術開発と規制
— イギリス・デンマークを例として —

前田 善夫

北海道立畜産試験場, 新得町 081-0038

平成11年11月、「家畜排せつ物の管理の適正化および利用の促進に関する法律」が施行され、排せつ物の管理基準が示された。これにより、家畜飼養農家は「管理基準」に適合した施設で排せつ物を管理することが義務付けられ、期間内に適合する施設整備も必要となった。本法律施行後、地方公共団体や畜産農家にとって、施設をいかに整備していくかが畜産に起因する環境汚染防止対策のすべてようになっていく。北海道において、畜産に起因する環境汚染防止に今必要な対策は何か。技術開発と環境規制の例をイギリス、デンマークにみることで、北海道における今後の取り組みの参考にしたい。

I イギリスにおける研究機関の取り組み

イギリスにおいても、畜産に起因する環境汚染は水質および大気汚染に大別され、これらの汚染防止対策が技術開発の課題となっている。また、開発された技術は実際の農家で検証され、実用化されている。

1. ガス揮散防止対策

家畜排せつ物から発生するガスはアンモニア、亜酸化窒素、メタンおよび有機酸が上げられる。これらについて、排せつ後、畜舎内での揮散、貯蔵中の揮散および散布（利用）時の揮散があり、その各々について検討している。そのうち、アンモニア揮散防止が研究の主体となっている。

(1) 畜舎内でのガス揮散

ビニールハウス式牛舎を用い、畜舎全体から発生するガス揮散量を畜種別に管理方法、とくに敷料の多少との関係で検討されている。敷料が多いほど揮散量は少なくなる。

(2) 貯蔵期間中のガス揮散

スラリーストアからのガス揮散防止のため、各種シートでの覆いや、油、麦稈、無機質素材等を浮かせる方法を検討している。さらに、スカム形成も有効な方法と考えている。簡易で有効な具体的方法は提案されていない。発酵中の堆肥からのガス揮散も堆肥盤全体に覆いをかけてガスを収集・分析する方法を採用し

ている。

(3) 散布方法および施用後のガス揮散

草地へのスラリーの散布は地表面に流し込むように施用することが効果的であり、地表の極表層へのインジェクションがより効果的である。施用後は直ちに土壌と混和することを提案している。これらの揮散量の測定に、ウインドトンネル法を採用している。

2. 水質汚染防止

英国全土の流域ごとに養分汚染状況を推定するモデル(MAGPIE)が完成している。このモデルはMAN-NERと地図・気象情報が合体したもので、1kmメッシュという高い精度で細かい集水域ごとに各種の計算ができる仕組みである。使用者としては農業者、コンサルタントとともに、政策立案者を想定している。また、スコットランドでは傾斜地が多いため地下浸透水ばかりでなく、表面流出水を重要なファクターとなることから、50mメッシュによるrun-offの予測図を作成している。

基礎的な研究として、放牧地の全てのdrainage(圃場排水：ほぼ余剰水のこと)が捕集できるほ場や、2m四方・深さ1mの不攪乱と攪乱モノリスに薄い濃度の汚水(Dirtywater)を表層からかけ流し、底から流出する水のN濃度ををはかるなどがある。

素ぼりラグーンについては土壌の透水係数が10/9でその土層が1m以上の厚さがあればシートは不要であるが、それ以外はしっかりしたシートが必要であるとしている。

3. 草地へのスラリー散布方法と家畜での利用

① Band spreading (ホースで地際に落とす)、② Tailing shoe (草をかき分けて地際に施用する)、③ Shallow injection の3方法と、④通常のスラリースプレッダでの施用を牧草生産量と採食量で比較している。牧草生産量、採食性、ガス揮散量からみて②が最善であるが、①でもアンモニア揮散を50%抑制できる。

II 英国における糞尿問題への取組状況および酪農経営への影響

英国では、1970年代から家畜ふん尿に起因する環境問題への対策が講じられてきた。英国での取り組み、また酪農経営への影響を整理することから、本道での環境問題解決に向けた実践的示唆を得ることができると考えられる。

英国での糞尿問題への取り組みは3画期に分けられる。各期間と、中心となった法令・規則を以下に示した。

I期(1974~1988)	1974	The Control of Pollution Act
II期(1989~1995)	1989	The Water Act
	1991	The Water Resource Act
	1991	The Control of Pollution (Silage, Slurry, and Agricultural Fuel oil) Regulations
III期:1996~	1998	The Action Programme for NVZ Regulations

1. 取り組みの開始、酪農経営のモラトリアムな対応：I期

I期は、The Control of Pollution Actが制定され、農業による環境汚染への取り組みが開始された時期である。ここでは、次の取り組みがみられる。

- ①<規制開始> The Water Authorityが訴追権を持ち、河川水に対する極端な汚染行為を起訴対象とした。
- ②<CODE開発> 農業サイドからの汚染回避もテーマとなり、ADAS(Agricultural Development and Advisory Service Company Limited)により汚染回避技術としてCODE(Code of Good Agricultural Practice)の開発が始められた。
- ③<補助金>糞尿貯留施設整備等に対し、政策的に補助金が充当された。しかし、汚染回避に向けた酪農家の行動は順調ではなく、水系の汚染は悪化した(図2-1, 2)。

I期の対策は、酪農経営による環境汚染の縮小に結びつかず、汚染事故や訴訟は増大した。酪農経営は、この間自らの行動を変えない、モラトリアムな状況にあったと思われる。

2. 点源汚染への重点対策：II期

II期の特徴は、I期の反省—対策の非有効性—のもとで、点源汚染対策と明確化し、取締と誘導の強化がおこなわれた。

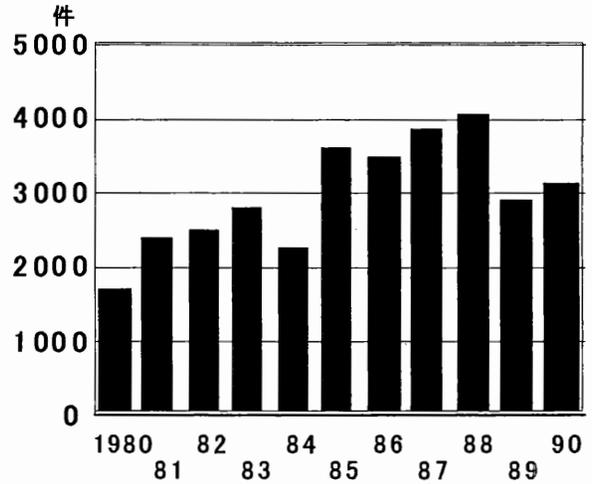


図2-1 農業による環境汚染事故数

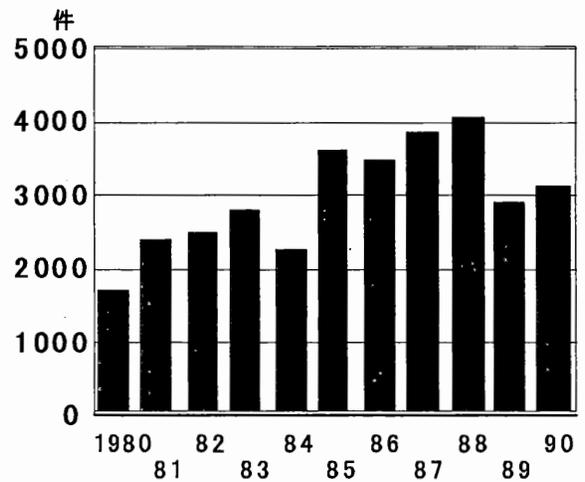


図2-2 農業による環境汚染訴訟数

- ①<点源汚染対策へのシフト>II期では、取り組みの対象が、河川水への点源汚染対策(汚染を引き起こさないための施設整備)に明確化された。具体的規則として、The Control of Pollution (Silage, Slurry, and Agricultural Fuel oil) Regulationsが1991年に定められた。
- ②<NRA設立>河川や水系汚染を警護し環境保全に責任を負う組織とし、National River Authority(NRA)が設立された(the Water Actによる)。このもとで環境汚染の取締が強化された。
- ③<取締強化>管理水(水系および特定の地下水を含む)に対し有毒物質、悪臭物質や汚染物質、あるいは何らかの固形廃物を混入投棄したり、知りながら放置したりしたものは、法的処罰の対象となるとされた(The Water Resources Act)。
 - ・略式判決：3ヶ月以下の懲役、または2万ポンド以下の罰金、もしくはその両方。
 - ・訴訟による判決：2年以下の懲役、または罰金、もしくはその両方。
 - ・有罪者は、損害に対する保証をし、またNRAが汚

染除去に要した費用を償う。

④〈誘導強化〉法定のCODEがMAFFにより発行され、無料で配布されることとなった。また、農業経営者は、次の事柄について、ADASの無料の訪問を受ける権利を与えられた(The Water Resources Act)。

- ・糞尿処理や汚染物質処理の現状調査
- ・問題箇所の特定
- ・解決方策の提示

⑤〈補助金強化〉I期から引き続き、施設整備に対する補助金が給付された(表2-1)。特に1989年からのFarm and Conservation Grant Schemeのもとでは、施設導入に対して50%までの助成がなされ、施設導入促進の契機となった(図2-3。補助率は1994年に25%に引き下げられ、当年をもって中止された)。

II期の取り組みは、水系の汚染に対して一定の成果を見る。従来、汚染件数や訴追件数は、降水量と連動する傾向にあったが、90年代にはいりその傾向が弱まる(すなわち、貯留施設整備により、降雨とともに糞尿が河川に流れ出す状況が緩和解消された。また訴追件数自体も減少している)。

3. 面源汚染対策のスタート：III期

II期の点源汚染対策は、一定の成果のもとで、1995年で終了した。III期では、対策の中心は、ふん尿散布量・方法の規制を踏まえた面源汚染対策へシフトしてくる。ここでは、国内に68箇所の硝酸過敏地域Nitrate Vulnerable Zone (NVZ) が設定され、地域内のすべての農業経営は、糞尿の貯留や散布に関する規制を受ける。この経緯は次に示される。

①1994年：MAFFから“Designation of Valnerable Zones in England and Wales under the EC Nitrate Directive (91/676)”がだされ、NVZ (Nitrate Vulnerable Zone) の取り組み方向が提示された。

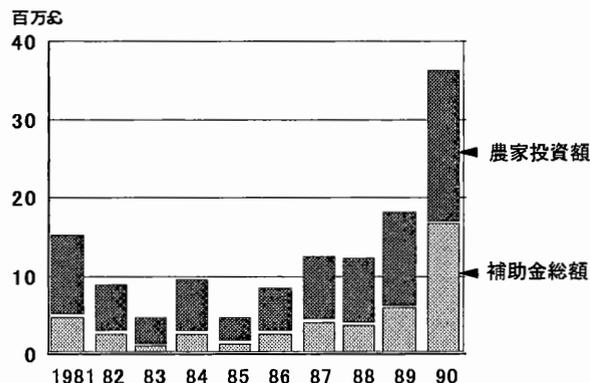


図2-3 糞尿処理施設に対する投資総額

②1996年：NRAが、河川以外の環境問題を含め機能強化され、Environment Agencyへと再編。NVZの管理主体となる。

③1998年：“The Action Programme for Nitrate Vulnerable Zones”により、農業経営が従うべきガイドラインが明確にされた。1998年12月より、実際の規制が開始された。ガイドラインの主要項目は次の通りである。

- ・窒素質肥料や堆肥の散布禁止時期
- ・窒素質肥料や堆肥の施用量上限
- ・散布上の注意
- ・スラリー貯留の規則・注意
- ・記帳義務

また、the Farm Waste Grant (NVZ) Schemeとして、NVZ内の農業経営の貯留施設の建築、移設、修理等に対する補助金(25%)が整備され、さらにNVZ内の農業経営は、無料でADASの指導が得られるとされる。

III デンマークにおける環境政策

デンマークの環境保全に関する政策は以下のように進められてきた。

- ①1980年代初頭：農業生産が環境に与える影響を論議、
- ②1984年：NPOレポート(環境省・農業省)、
- ③1985年：NPO(窒素、リン、有機物)計画、
- ④1987年：水環境行動計画I、
- ⑤1991年：農業の持続的発展のための行動計画、
- ⑥1998年：水環境行動計画II。

これら環境政策の最大のねらいは水系への窒素の溶出の削減と農業使用量の削減である。

「NPOレポート」で、窒素は260,000トン/年、リンは4,400トン/年が農業から水系への放出されていることが報告され、この量の削減が政策の中心となった。これらの政策で示されている畜産に関する措置は、概括すると、

- ①面積当たりの家畜飼養頭数は搾乳牛の場合2.3頭/ha、繁殖豚で5頭/haとされ、所有する面積によって飼養頭数が規制された。ただし、耕種農家の圃場へふん尿を還元することも可能であり、その面積に応じて飼養頭数を確保することができる。
- ②ふん尿貯留容量を当初の6か月分から9か月分に強化された。これは施用時期が限定されるためである。
- ③家畜ふん尿の窒素を有効に活用し、化学肥料の窒素施用量を削減するため窒素肥効率が、牛スラリーの場合45%以上(1997年以降)、豚スラリーの場合50%以上(1997年以降)、敷きわらふん尿(堆肥)の場合15%以上(1993年以降)に設定さ

れた。

- ④窒素やリンの施用を基準に準じて実施することを確認するため、作物輪作・施肥計画書作成の義務付けられた。
- ⑤秋の収穫後、作物を栽培し窒素の流亡を防ぐ。耕地面積の65%以上で冬作物の栽培が義務付けられた。ここで栽培する作物はCatch Cropと呼ばれ、レープ、小麦などが中心である。

各政策の畜産に関する主な措置をみると、「NPO計画」では、

- ①ふん尿の貯蔵施設の容量を6か月分とし、貯蔵施設の底を不浸透性の構造にする、
- ②貯蔵施設からの汚水を収集すること、
- ③耕地面積と家畜飼養頭数の調和を図ること（ハーモニールール：面積に応じた飼養頭数）、
- ④ふん尿散布後24時間以内に土壌と混和（黒土の場合）すること、
- ⑤収穫跡地には10月15日以降のふん尿散布禁止、
- ⑥土壌凍結時のふん尿散布禁止、などである。

「水環境行動計画I」では、

- ①施肥計画と輪作計画書作成の義務化、
- ②家畜ふん尿貯蔵容量が9か月分に強化、
- ③秋収穫後に耕地の65%以上に冬作物の作付け、
- ④ふん尿散布後12時間以内に土壌と混和、
- ⑤スラリータンクへのカバー、などである。

これによって、5年間で窒素の流亡100,000t(50%)、リンの流亡80%削減を目指した。

「農業の持続的発展のための行動計画」の主なものは、

- ①作物ごとの窒素最大施用標準量の設定、
- ②農家ごとの窒素配分量、
- ③ふん尿窒素の最小肥効率の設定（豚スラリー50%、牛スラリー45%、堆肥15%以上）、
- ④秋の液肥の施用禁止（草地・レープを除く）、
- ⑤農家ごとの窒素収支の報告、
- ⑥Plant Directorateの提出、等である。

ここで、家畜ふん尿中の窒素の肥効率が設定され、牛スラリーでは肥効率が45%以上として施肥設計を行うことが義務付けられた。これらの環境政策によって、窒素溶出の削減は目標の2/3を達成した。残り1/3は新たな政策によって削減を達成することになっている。農薬の使用量は半減した。

新たな政策として「水環境行動計画II」が1998年2月に策定された。その主な柱は

- ①窒素施肥標準量を10%削減、
- ②ふん尿中窒素の肥効率が10%高める、
- ③Wetlands（湿地の脱窒能を活用）16,000haを

再設置、

- ④森林 20,000haを再設置、
- ⑤Catch Crops（冬作物による土壌窒素の吸収）の面積を6%増加、
- ⑥有機農法農家の拡大、
- ⑦ハーモニールールの強化 1ha当たりの家畜単位を2.33から1.7へ（乳牛の場合）、
- ⑧Plant Directorate（作付け計画・施肥設計・肥料成分の収支）提出100%、等である。

これによって、窒素の施用量を87,140t/年削減し、耕地からの窒素溶出を37,000t/年削減を達成している。この経済効果は約85億円/年を見込んでいる。

これまでは、窒素の水系への溶出防止を中心として政策を進めてきたが、今後はアンモニア揮散を抑制することを強めていくことにしている。

IV 北海道も導入を検討したい制度

1. 管理・施用基準等の制定

畜産に起因する環境汚染防止するため、家畜ふん尿の管理・処理方法や施用方法などが提案されているが、必ずしも有効に活用されていない。すでにヨーロッパでは各国が独自に、あるいはEUとしてさまざまな基準・規制を設定し、場合によっては罰則規定を設けている。これら基準や規制にクリアーするため研究の推進とともに農家も努力している。北海道においても、家畜ふん尿貯留施設の容量、施用時期、施用量など現在示されている基準を遵守することを義務付ける必要がある。

2. 営農環境の記帳義務化

我が国においても「家畜排せつ物の管理の適正化および利用の促進に関する法律」の導入に伴い、簡単な環境負荷情報の記帳が義務づけられることになったが、英国およびデンマークの記帳制度はその精度において格段の完成度を持ったものである。北海道においても、早期にこれらの手法を導入すべきである。「家畜排せつ物法」では家畜排せつ物の発生量と処理の方法及びその数量の報告が義務付けられるが、ここではどのように利用されたか、単位面積当たりの還元量については記載の義務がない。環境汚染は不適切な処理・管理によるばかりでなく過剰な施用が大きな要因である。したがって、発生する家畜ふん尿の利用方法、施用基準にそった適正な量の施用であることを示すことが必要である。家畜飼養頭数、ふん尿発生量（成分量）、作物別耕地面積、施用量、貯蔵施設容量等の報告を義務づけ、行方不明のふん尿が出ないようにする必要がある。

3. 環境モニタリング組織の設置

イングランド、スコットランドともに相当数の環境インスペクター（検査員）が河川水質をはじめとして、各種環境モニタリングを行い、ガイドラインを遵守するよう畜産農家へ指導・勧告を行っている。不適切な管理の場合にペナルティーが課せられるため、酪農家は水質汚濁やアンモニア揮散の低減に積極的に取り組んでいる。北海道では河川水や地下水汚染について組

織的かつ十分なモニタリングは行われていないことから、農業者が組織的にモニタリングを行うことが重要である。これによって、汚染状況や汚染源をより正確に把握することが可能となり、環境負荷低減に向けた組織的な対策を講じることが出来る。また、農業者が環境への影響を配慮した生産を行うための意識改革と、農業者以外の責任についても明確にするのに有効である。



特 集

西欧の家畜ふん尿バイオガス処理の実際

岡本 英竜

酪農学園大学酪農学科, 江別市 069-8501

はじめに

酪農学園大学附属農場のふん尿循環研究センターに設置されたバイオガスプラントの稼働に際し、数名の大学職員に研修の機会が与えられた。2000年2月28日から3月4日の6日間は、デンマーク農業アドバイザーセンターが計画した研修プログラムを受けるため、デンマークのÅrhus市に滞在した。その後ドイツ北部に2日間、オランダにも2日間滞在し、欧州3カ国の家畜ふん尿処理を視察する12日間の研修ツアーであった。研修テーマがバイオガスであり、デンマークのバイオガスの実際が主な内容となるが、西欧のふん尿処理の実際を報告する。

デンマーク

家畜ふん尿の現状

デンマーク畜産の畜舎のタイプは、スラット床あるいはフリーストールタイプが67%、スタンション式、いわゆるバンクリーナー使用が23%、踏み込み式のフリーバーンが10%の利用となっている。家畜ふん尿の問題は、水系および大気系環境への養分の漏洩であり、ふん尿の貯留および利用に関する規制が布かれている。よって、家畜ふん尿管理が主体であり、積極的なふん尿処理としては、嫌気消化、いわゆるバイオガス（メタンガスと炭酸ガス主体）生産のための処理がおこなわれている。畜産から排出される家畜ふん尿は年間4,000万トンであり、この嫌気消化処理されているふん尿はおよそ100万トン程度で全体の数%に過ぎない。しかし、農業生産に有利（窒素利用性と農業外収入）であり、かつ、国としての環境改善や持続的エネルギーを生産するという課題とともに成立しているこの家畜ふん尿処理は有望視されている。

畜産農家

養豚農家訪問（戸別型バイオガスプラント保有）

Gosmer市郊外にあるバイオガスプラントを保有する養豚農家を見学した。対応者はデンマーク農業科学研究所の高井久光主任研究員とプラント作成者であるJens S. Pedersen氏であった。Pedersen氏はオイルショックの頃からバイオガスプラントの開発に携わっ

ており、本職は上下水道設備業である（写真1）。同氏が作成した養豚農家のバイオガスプラントは、1992年に建設されたもので、円筒形の縦型発酵槽であり212 m³（内容量：約180 m³）、建物内部に設置されていた。発酵槽底部に温熱循環ヒーターを設置し、34～35℃の中温発酵でおこなっていた。投入する豚ふん尿（乾物率4～5%）は17 m³/日で、ガス生産を高めるための添加物として、魚脂32 Lを1日2回に分けて添加している。魚脂が手に入らない時期には、菜種を潰したものやコーンやビート粕などを投入するという。冷たいふん尿を発酵槽に投入して、発酵を抑制することを避けるために、発電機の余熱を利用し、30℃ほどに加熱してから投入している。バイオガス発生量は10～11日間の滞留日数で200～300 L/kg（乾物）であり、滞留日数を15日にした場合はその1.5倍量ほどのガスが出るという。バイオガス中に含まれる硫化水素は除去する必要があり、発酵槽内のヘッドスペースに発生バイオガスの3%に当たる空気を導入し、硫化水素を酸化させ、発酵液中に硫黄粒を戻すという脱硫方法としている。発酵槽からの消化液はポンプで抜き取り（発酵槽上部の低固形分液層）、屋外の貯留槽に送っている。バイオガスから250～300 kWh/日の電力が得られ、売電し（デンマークでの平均売電価格は0.55 DKK/kWh）[デンマーククローネ：DKK, 1 DKK=約15円]、発電機から得られる温熱水は農家・畜舎の暖房やプラント制作者の自宅と工場にも利用している。プラント製作費は100万DKKで政府からの補助が40%ほどであったそうである。Pedersen氏が作成



写真1

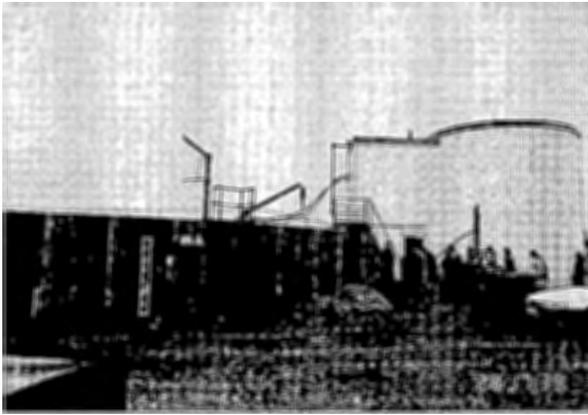


写真 2



写真 4

した、もう一つのバイオガスプラントも養豚農家であり、50℃の高温発酵で処理していた。こちらも円筒形縦型(165 m³)であるが、処理施設をまとめるように設置し、全体としてコンパクトに見えた(写真2)。脱硫や発電方式は前プラントと同様であったが、消化液の貯留槽の液面に栈橋のようなガス回収装置を浮かべ、消化液からの発生ガスをも利用していたのが特徴的であった。消化液は、黒く清澄であった。製作費は60万DKKと同様に40%の政府補助であった(写真3)。

酪農家訪問 Rasmus A. Rasmussen 氏
(集中型バイオガスプラント利用)

Hammel 市郊外にある集中型バイオガスプラント利用酪農家を見学した。同農場は経営規模40 ha、搾乳牛75頭、育成牛100頭で、デンマークの平均的規模よりやや小さい規模であった。飼料生産はコントラクタに委託し、飼養管理は一人でおこなっているという。70%の自家生産飼料(牧草サイレージ)にビール粕、ナタネ油粕、大豆を与えており、輸入飼料はないという。乳量は8,200 kg/頭、乳タンパク3.3%でチーズ原料乳として出荷しており、乳価は2.3 DKK/Lである。家畜ふん尿を提供しているバイオガスプラントにおいて、ガス生産のために屠畜場残さ物が混ぜられているため生産乳はオーガニックミルクとはならないらし



写真 5

い。ふん尿は週3回の集配があり(写真4)、戻された消化液は貯留槽(2,200 m³)に投入される。貯留槽には屋根が無いため、養分揮散を防ぐ目的で、表面には敷料混合固形ふんをかぶせていた(写真5)。消化液を使用するメリットとして、養分含量が把握できるので、施肥設計が効率的になったという。自己所有耕地面積では環境規制による飼養頭数を越えているが、消化液を隣の畑作農家に利用してもらうことで、現在の飼養頭数が認められており、しかも、消化液は10 DKK/1 m³で売っているため収入にもなっており、飼養頭数制限下でも最大限の収益があるよう工夫していることが伺えた。

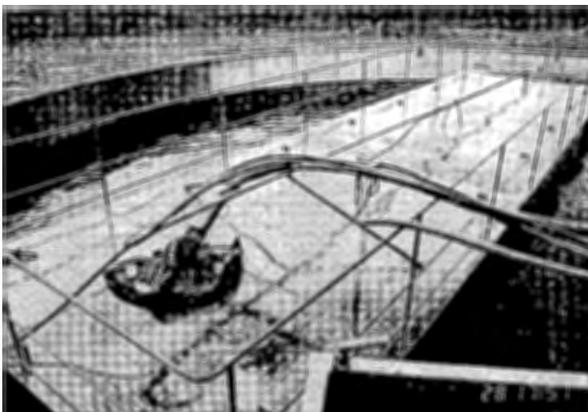


写真 3

養豚農家訪問 Esper Guol Jensen 氏
(戸別型バイオガスプラント保有)

Spottrup 市にある養豚農家で Bio-Energy Lab 社製作のバイオガスプラントを見学した。豚5,000頭を肥育する規模であり、ここから出るふん尿の他に魚油(無料であるが、輸送費は農家負担)を添加物としてバイオガス生産をおこなっている。魚油は殺菌と粘性を落とすために50~60℃に加熱し発酵槽に投入している。発酵槽はスチール製の400 m³の容積で中心軸に、

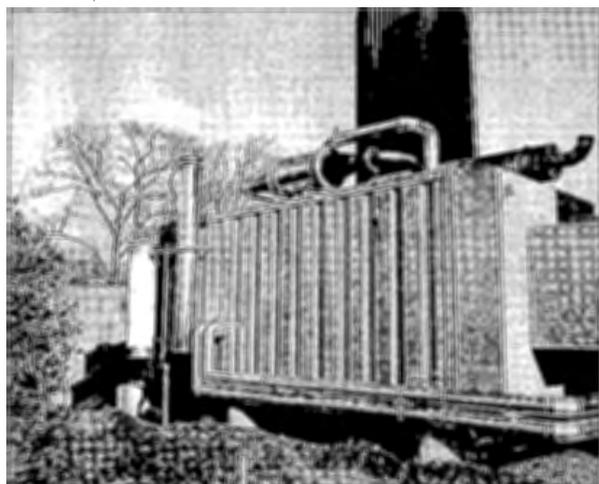


写真 6

モータと攪拌機、底部と中央にヒーティングパイプを装着し、40℃の中温発酵タイプであった。滞留日数は25日間で1日10回に分けて発酵槽に自動的にふん尿を投入している(1~1.5 m³/回)。発電機は軽油とガスの両用エンジン(軽油10%+バイオガス)を使用し、年間100万 kWhを生産していると同時に、120万 kWhの熱を回収し、発酵槽(30%)の他に豚舎や住居を暖めている。ここで特徴的なのは、脱硫装置で酸化鉄の表面に活性炭をコーティングした資材を使用しており、洗い流すだけで何回も使用でき、小型だが十分に対応可能であるとのことであった(写真6)。建設費は約500万 DKKであった。

養豚農家訪問 Laurids Norgaard 氏
(戸別型バイオガスプラント保有)

Haderslev 市にある、2戸の畜産農家のバイオガスプラント(1994年に建設)で、Norgaard氏は母豚138頭、肥育豚2,000頭の養豚経営であり、隣の酪農家(搾乳牛55頭と肥育牛)と共同利用している。ふん尿量は同じくらいであるが、プラントの所有権は出資額に併せ80:20で管理・利用されている。15~16 m³のふん尿と水産廃棄物を発酵槽(200 m³)に投入し、37~38℃の中温発酵で滞留日数は11~12日である。ふん尿以外の添加物として、水産廃棄物を購入しており、発生するメタンガスの80%は水産廃棄物由来とみられる。水産廃棄物の投入量が多いためか、硫化水素濃度は低いことから脱硫はしていない。建設費は200万 DKK(25%が国の補助)で、この地域の平均売電価格は0.5 DKK/kWhであるが、時間帯により料金が異なる(07~12時は高く、12~21時は中程度、21~07時が最も低い)。そのため、バイオガスをガスホルダーに貯め、売電料金の高い時間帯に発電するようにしている(写真7)。所有農地(60 ha)から制限される家畜頭数は過剰であるが、借地(20 ha)を利用し、残りの消化液(10 ha分)は他の農家と契約して引き取ってもらい、飼養頭数を



写真 7

維持している。

集中型バイオガスプラント見学

Arhus Nord Centralized Biogas Plant 訪問

Arhus 市の北にある1995年に建設された、国内で20カ所ある集中型バイオガスプラントのうち、比較的新しい施設である。市が管理しており、事業としては2つに分かれていて、プラント運営と輸送を担当する会社である。運営費は年間6,500万 DKKで、そのうち1700万 DKKは発電量に対しての国の補助(0.28 DKK/kWh)がある。ふん尿の搬送は4台のタンクローリー車(20 m³)で農家との間を1日当たり6~8往復する。ドライバーは農家に運ぶ消化液の指定量を汲み取り、農家まで搬送し、農家の消化液貯留槽に投入する。その後、生ふん尿を汲み取って持ち帰り、トラックごと計量し、プラントの家畜ふん尿受け入れ口に入れる(写真8)。この一連の運搬は、ドライバーが車から降りることなく、車内の操作パネルでおこなわれる。この大型ローリー車の金額は160万 DKKである。生ふん尿投入の際に悪臭が外部に出ないようにシャッターも自動開閉であった。全車で約640 m³を1

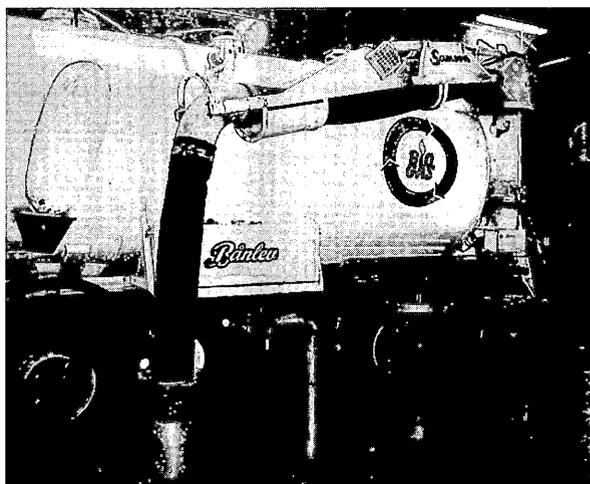


写真 8

日で収集し、1次貯留槽に投入される。ここでは、家畜ふん尿の他、食肉処理場や産業廃棄物も処理され、中温と高温の二系統の発酵処理がなされていた。中温処理は豚ふん尿85%（高アンモニウム濃度となり、高温発酵では発酵が不安定）・牛ふん尿15%の割合で1次貯留槽から中間貯留槽（産業廃棄物（48 m³/日）と混合され）を経て、熱交換機（加温）を通り、殺菌槽にて55℃で8時間処理される（メタン発酵にマイナスの影響が出ないようにするため）。その後、発酵槽で嫌気消化し、消化液は貯留槽で貯められる（貯留中（30日）でもバイオガスを回収）。22日間の滞留日数であり、高温発酵に比べて処理期間は長くなるが、安定した発酵が進行する。高温処理は、主に牛ふん尿と生活廃棄物を原料としている。処理手順は発酵槽投入前に生活廃棄物を72℃-1時間で蒸気を使って殺菌してから混合し、発酵槽に投入される。53℃-16日間の滞留日数である。高温発酵での熱交換機では、Mg²⁺、NH₄⁺やPO₄⁻がパイプ内壁に付着する。ステンレスの場合は少ないが、鉄は付着が著しく、このため2%硝酸液で2週間に1度、除去しなければならない。メタンガスの濃度は72~75%と高く、ガスはまとめて回収している。バイオガス中の硫化水素の濃度は3,500 ppmと高く脱硫が必要であり、バイオガス量の2~4%の空気を加え、プラスチック資材に微生物を固定した、いわゆる、バイオフィルターで脱硫をおこなっており、最終的には、200 ppmまで低下しているという（写真9）。発電機は総合計1,500 kWの能力がある。また同時に2.3 MWhの熱が得られるので、近傍の集落（半径2 kmくらい：85℃）に集中暖房用として温水を供給している。売電収入は460万DKK/年、給湯収入は120万DKK/年である。畜舎洗浄水、ミルクパーラー洗浄水などが入ってきても発酵には問題ないとしている。また、消化液の品質として、重金属についても規制値より低く（スラッジ中に沈殿しているため）、ガス発生にも影響はないようであり、消化液にはトータル

で牛8,000頭規模なので希釈され、多少のものは問題がないとしている。ウィルスや狂牛病原物質プリオンなどの病原体はタンパクなので分解され、殺菌効果は温度だけではなく、アンモニウムや酸（-COOH）の相乗効果があるという。従業員は3人のプラント管理者と4人のドライバーの7人で運営している。3人のプラント管理者は市の職員である。輸送費（距離により異なる）は、市が農家からふん尿を（エネルギー取得のため）買い上げる形式をとっているため、輸送費とふん尿購入費が相殺されるように設定されており、事実上、農家の運送費負担はない。ふん尿の収集範囲はコスト的にプラントから半径10 km以内が限度としており、それを越える位置にある農家とは契約していない。

Lemvig Centralized Biogas Plant 訪問

ユトランド半島の西部に位置するLemvig市にある集中型バイオガスプラントで1992年に建設され、ふん尿を供給する地域農業者グループ（80戸の畜産農家）によって所有されている共同利用のバイオガスプラントである。農家がふん尿をバイオガス処理する理由は、悪臭が少なく、液状なので取扱いが楽であり、窒素の利用率が高くなり、かつ、病原菌が無くなるといったメリットがあることと、生ふん尿の施用では作物に悪影響があったが、消化液ではそれが無いという理由もある。処理物は家畜ふん尿が牛、豚、ミンク、鶏であり、産業廃棄物は汚泥や食肉処理場、魚加工場、乳製品加工場からの有機性廃棄物である。その他、プラスチックの分別ができれば生活残さも受け入れたい意向がある。このプラントでのバイオガス生産量は17,000 m³/日（メタン濃度63%）で発電はおこなわず、パイプラインで4.2 km離れた市街へバイオガスを輸送し、市で地域暖房用のエネルギー源としている（20%は施設の加温に使用）、バイオガス中の炭酸ガスも輸送しているので、炭酸ガスの除去を課題としている（写真

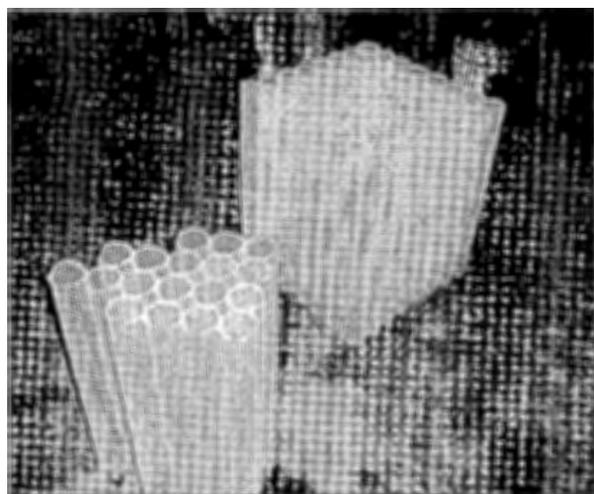


写真9

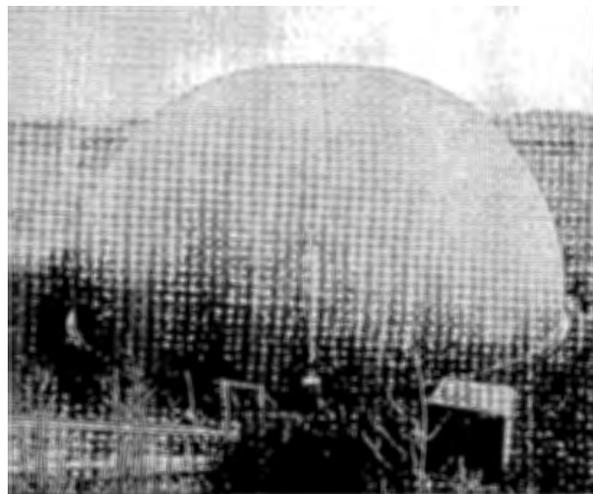


写真10

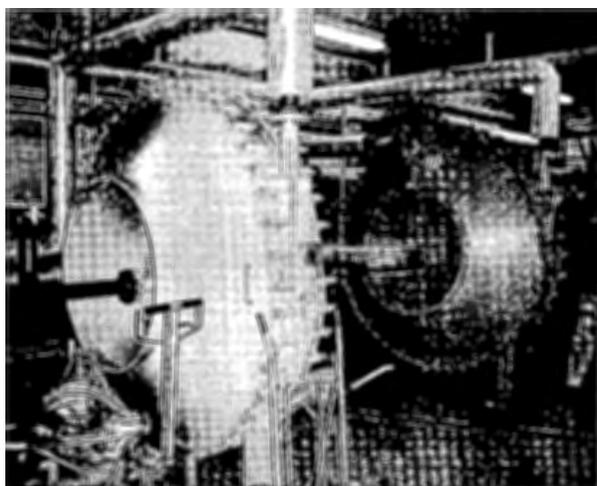


写真 11

10). バイオガス生産会社とバイオガス輸送会社の2社で運営され、ガス売却と添加物である産業廃棄物処理料で収益を得ている。ガス売却単価は3.1 DKK/m³ (CH₄)であり、1998年の収入は、ガス売却で1,020万DKK、産業廃棄物処理料で100万DKKであったという。今後、産業廃棄物処理料の収入が増えると見込んでいる。消化液槽は容量が15,000 m³ (3,000×5槽)で、滞留日数は13日で55℃の高温発酵をおこなっており、1日当たり500t(家畜ふん尿(75%))を処理している。また、市からの産業廃棄物汚泥を受けているため55℃-1時間、殺菌している。発酵槽の温度が一定になるように温水暖房しているが、熱源は、街からおが屑や古家具をもらい燃焼させている。(バイオガスは市に売った方が経済的に有利なので加温にはもちいない)スパイラル型対向式熱交換器(発酵槽の55℃の消化液と新しいふん尿を円状に対向させさせて熱交換し、発酵槽に急激な環境変化を与えない)を装備しており、熱交換効率は60%(10℃と50℃で約34℃まで上昇)である(写真11)。

Lincogas AmbA Centralized Biogas Plant 訪問

ユトランド半島南部のLintrup市にある、地域の農



写真 12



写真 13

業者グループが所有する集中型バイオガスプラント(1991年に建設)を訪問した。処理資材は、ふん尿15万m³/年(75%)、産業廃棄物(水産加工残さ、食品残さ、製薬工場有機性廃棄物)5万m³/年(25%)で1日あたり200m³を受け入れている(写真12)。発酵温度は52℃で滞留日数は12日となっており、高温発酵なので殺菌槽は不要としていた。バイオガス生産量は550万m³/年で、冷却して7km離れた街までガス(メタン濃度64%)を搬送し、そこで発電して2,000戸の地域暖房に利用される。熱生産量は、7,800MWh/年×2基、電気生産量は、6,000MWh/年×2基で、電気はすべて電気会社に売っている。消化液は80戸の農家組織(半径12km以内)に20万m³が還元されている。消化液の成分はN-4.8%、P-1.2%、K-0.8%である。窒素分は、食品残さなどが含まれるため高い。収入は、電気代が50万DKK/月、地域暖房代が冬25万DKK/月、夏1.5万DKK/月である。食品加工場(半径100km以内から運搬してくる)から50DKK/m³で受け入れている。脱硫方法は微生物による脱硫(プラスチック製のカップに定期的に消化液を流す)をおこなっているとのこと(北オーフスのプラントと同方式)である。農家のメリットは肥料養分が高く、病原菌や雑草種子が死滅していて、輸送費がなく液肥が手に入ることであるが、雨水が混入した家畜ふん尿は有料とされている。現在、消化液を濃縮(水分除去)する実験が検討されている。

集中型バイオガスプラントでは、すべての運転稼働をコンピューター上でモニタリングしており、部品の交換やメンテナンスをコントロールしている(写真13)。固液分離機はいずれも使用せず、20cmの麦藁の敷料でも搬送タンカーやバイオガスプラントでも支障無く受け入れられていた。レストラン等の揚げ物の廃油や家畜死体はバイオガス生産に有効であるが、デンマークではその使用は禁止されている。

農業機械製造会社 KIMADAN 訪問

消化液は、粘性が低くなり、液状として取り扱える。しかしながら、pHは高く、アンモニア揮散しやすいことに注意を払わなければならない。スラリー施用機械を製造販売している KIMADAN 社は、スラリートankerから、均等に消化液を分配できる分配機を特許取得し、販売している(写真14)。また、将来、規制によりふん尿の土壌施用方法が土中に施用することが義務づけられることを想定して、土壌注入できる機器の製造に取り組んでいた(写真15)。

ドイツ

家畜ふん尿の現状

ドイツ国内において1年間に発生する家畜ふん尿は、約2億トンに達すると見積もられているが、デンマークやオランダと違って、農耕地全体での施肥利用から考えると過剰となっていない。しかし、集約的な経営をおこなっている地域では過剰であり、水道水源の保護として指定されている環境保護エリアでも過剰気味となっている。環境規制が強化されたことから、過剰傾向である地域は拡大しつつある。

ドイツ連邦農業研究所 (FAL) 訪問

Braunschweig 市の軍跡地に研究所はあり、Frank Schuchardt 博士が対応してくれた。研究所は農業に関するすべての分野を網羅しており、なかでも、工学研究者と微生物学研究者が一緒になって組織しているバイオシステム工学という部門があることが興味深かつ

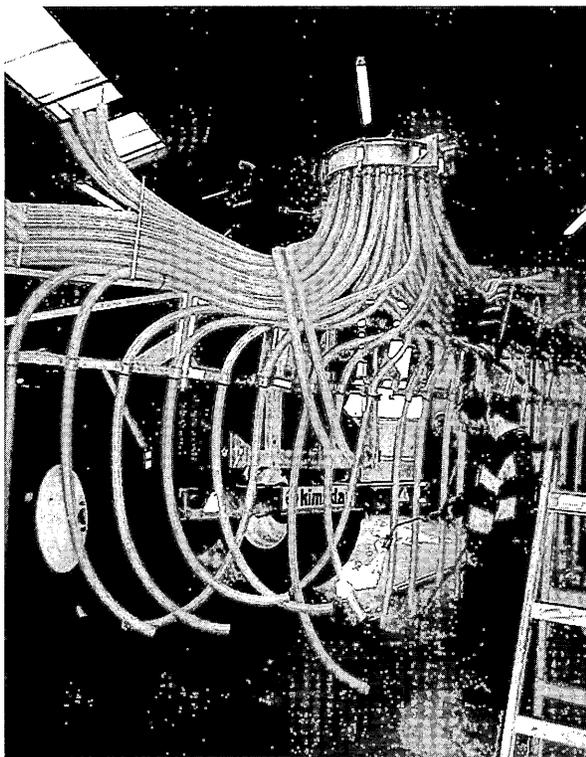


写真14

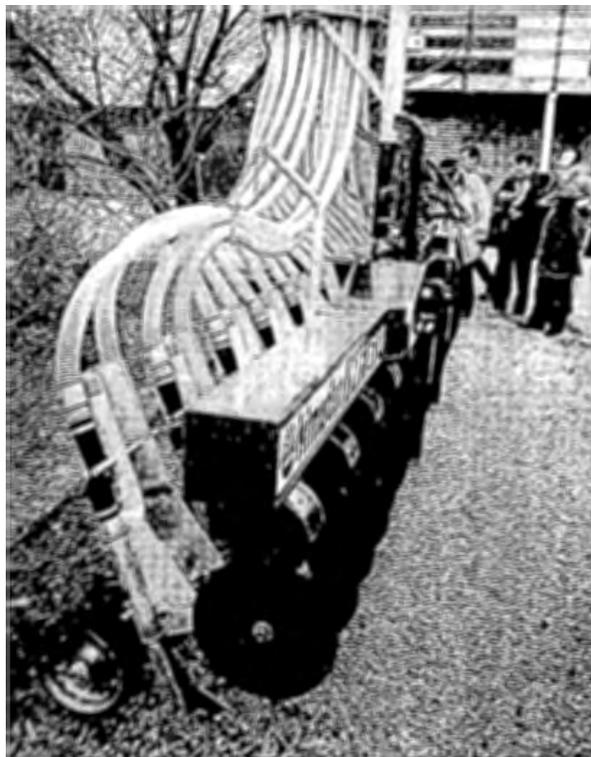


写真15

た。家畜ふん尿に関する現在の主な研究内容は、○家畜飼育やふん尿処理過程におけるガス揮散防止、○液体や気体からのアンモニアの生物減少法、○ふん尿処理における病原微生物の殺滅など、環境保全や汚染防止を中心としていた。

ドイツにおける家畜ふん尿の嫌気発酵(メタン発酵)処理プラントは680基が稼働しており、そのうち1/3は家畜ふん尿のみの単一発酵であり、2/3は家畜ふん尿のほか産業廃棄物や食品残さの混合材料での複合発酵である。バイオガスプラントは、農業から生産される種々の有機物のリサイクルシステムの一つとして位置付けられており、なかでも家畜ふん尿は、バイオマス資源として、また、メタン発酵を促進する媒体としても重要視している。研究方向として、○処理資材の組み合わせおよびその比率、○発酵槽の形状や段階的発酵法など、効率的発酵の検討、○エネルギー収支・物質収支の検討を挙げていると Peter Weiland 博士が説明してくれた。ドイツでは、連邦政府から2,000万DM[ドイツマルク:DM, 1DM=約55円]までの補助金が得られ、発生量調査から、小規模の方が高い補助率となる。州政府からも建設資金の15~35%の補助を受けることができるが、両方から得ることはできない。また、EUからも補助金を受けることができるが、手続きが非常に面倒であるらしい。バイオガスプラント建設に対する補助より、処理するふん尿・廃棄物処理量に比例するバイオガス生産量つまり、発生する電気に対して補助する方が、農家自身のバイオガスプラントに対する意識および技術の向上が期待できるとも

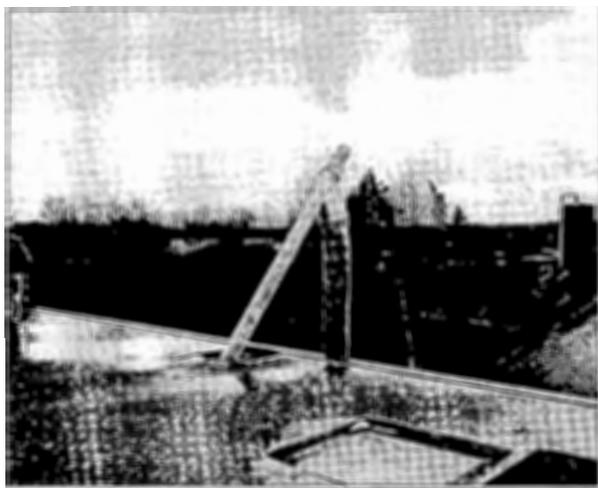


写真 16

考えられる。2000年2月より売電単価が0.14 DM/kWhから0.2 DM/kWhに引き上げられ、今後、加速的にバイオガスプラントの建設が進められると思われる。

また、ドイツでは、家畜ふん尿は、コンポスト化もおこなわれており、農家戸別のものは多数あるが、コンポストプラントとしては、1996年には380基、1999年には520基と増える傾向にあり、その内訳は、オープンウィンドロータイプが68%、屋根付きウィンドロータイプが8%、屋内タイプが29%となっている。ドイツでは有機物残さの分別義務化から、農家が生産物からの残さも堆肥化しているケースがあり、処理代や堆肥販売などから利益を得ているところもある。しかし、実際は適正な堆肥化が施されているケースは少ないとFrank Schuchardt博士が説明してくれた。

養鶏農家のバイオガスプラント見学

前述のFAL訪問の前日は日曜日であったが、日本を出発する前から、Schmack社から自社バイオガスプラントを見て欲しいという誘いに、休日にもかかわらず案内していただいた。対応者はUlrich Schmack氏(社長)であり、見学先は、Welland市郊外の養鶏農家Wellmann氏の農場である。このプラントは養鶏43,000羽の鶏ふんと近隣のアイスクリーム工場の洗浄水廃液(砂糖入り)を処理している。鶏ふんの固形分はおよそ22%であるため、畜舎洗浄水およびアイスクリーム廃液を加え、固形分を9~10%に調整しており、それでも高い場合は消化液を戻し利用するという。鶏ふんは羽毛も混入するなど材料に異物が多いことと、アンモニア濃度が高いことが発酵および消化液の利用を難しくさせるという。鶏糞にはメタン生成細菌が存在しないため、系外の他の消化液を利用し、発酵の立ち上げには3ヶ月を要したそうである。発酵システムは、一次発酵槽に1日当たり6~8m³の鶏ふんとアイスクリーム廃液の混合物を投入する。発酵槽内部

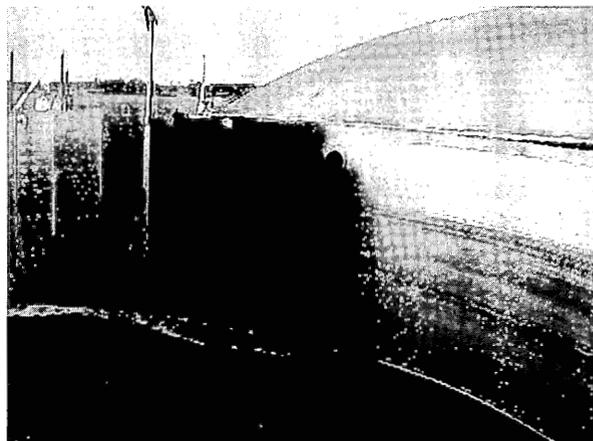


写真 17

には、メタン発酵に關与する細菌濃度の減少を避けるため各所に固定床を設置しており、67%のメタン濃度のバイオガスが生産されている。消化されない固形物は1カ所に溜まるよう工夫されており、その排出装置も設置されていて、物理的なトラブルが起こらないような発酵槽で、内部には温水パイプ(38℃)を兼ねて攪拌羽根が装着されており、ふん尿をゆっくり押し出すような方式である(写真16)。一次発酵槽から押し出されたふん尿は、ガスホルダーを兼ねている二次発酵槽(ドーム付きスラリーストア)に送られ、そこでも加温され、バイオガスを得ている。ガス発生は一次発酵槽で全体の2/3、二次発酵槽で1/3である。バイオガス中の硫化水素の脱硫は、一次発酵槽からのバイオガスに少量の空気を混入し、二次発酵槽内部ドーム壁で微生物脱硫する方式をとっているが、鶏ふんからのバイオガスでは、硫化水素濃度が1,000 ppm以上であるため、一次発酵槽内にFeCl₂溶液を50 L/day注入することで60~70 ppmに低下させていた。消化液は、二次発酵槽からはオーバーフローで最終的に貯留槽に移されるが、貯留槽にはカバーがなく、消化液の液面が空気に曝されている状態であった(写真17)。発電については、ディーゼルターボエンジン(75 kW出力)を2機設置しており、70~100万 kWh/year(40%がアイスクリーム廃液由来)の発電量である。エンジンはバイオガスと空気をターボ側から導入するタイプであるため、バイオガスがなくても、発電機として運転でき、停電時には、自動的に鶏舎に送電するシステムとなっている。価格は1機10~11万 DMである(写真18)。売電による収入は30万 DM/yearであり、このほかアイスクリーム廃液処理料でも収入がある。さらに、近隣農家に消化液を1~1.5 DM/tで売却しており、しかも、運搬は、購入農家負担であるという。2/3の消化液は、自前の60 haの小麦畑に利用している。

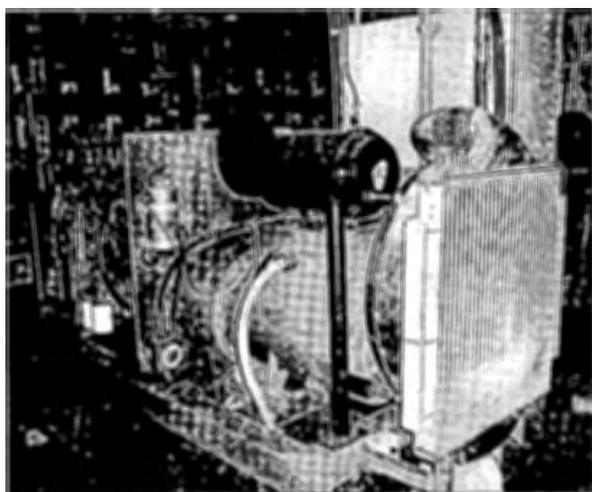


写真 18

オランダ

家畜ふん尿の現状

オランダの国土面積は、4.1万 km² で日本の九州ほどであり、その内2万 km² が農地である。特に、畜産は急激な飼養頭数密度の増加があり、極めて集約的な農業をおこなっている。オランダの酪農の平均的規模は、40 ha の農地に50～60頭の乳牛を飼養し、年間搾乳量は9,000 kg/頭である。農地に投入されるミネラル〔インプット〕(飼料、肥料、ふん尿など)が、そこから生産されるミネラルの〔アウトプット〕(牛乳、肉、農作物など)を、ロスする割合を差し引いても大幅に上まわっていることが明らかとなっている。このため、EUの中でも環境負荷量がもっとも大きく、過剰の窒素による地下水の硝酸汚染、過剰のリン酸による地表水の富栄養化、河川および北海沿岸の水質汚濁、アンモニア揮散による酸性雨、悪臭など農業が環境に及ぼす影響が社会問題となり、1984年に農業から環境へミネラルが流出することを防止するための政策に取り組み始めた。

オランダ王国農業環境技術研究所 (IMAG-DLO) 訪問

研修の最後に、IMAG-DLOを訪問した。アムステルダムの南東に位置する Wageningen 市に研究所はあり、Jos Metz 博士が対応してくれた。この研究所は、現在、独立行政法人で運営され、近い将来、ワーゲニンゲン大学と合併する方向にあるとのことである。環境汚染、食品や農業景観などを大きな研究テーマとしており、畜産に関しては、生産技術(搾乳)の改善・開発、ガス揮散を中心としたふん尿環境問題や家畜福祉技術の向上などに取り組まれている。

家畜ふん尿に起因する問題を、ふん尿の量に対する規制から、養分を重視したミネラル政策へと変更し、ミネラルアカウントシステムを導入した経緯など、オランダの環境問題の説明を受けた。ミネラルアカウン



写真 19

トシステムとは、集約的畜産の経営している農家に適応され、ミネラルのインプットとアウトプットの差、つまり、環境への漏洩(ミネラル損失)量に対し、徴金を課すシステムである。このため、家畜ふん尿中のミネラルの検定が義務づけられている。しかし、インプットとアウトプットの差を小さくするために、ふん尿に化学肥料を混ぜるといった工作があるという。この防止のために、混入不可能なサンプリング容器を研究所と企業の共同で開発したことも紹介された(写真19)。また、経営系外に搬出しやすいようにするために、ふん尿中の水分を低減させるための研究も進められていた。エネルギーをかけてでも水分除去を目標とした研究を紹介されたことで、私は、凍結乾燥法でおこなったらどうか質問をしてみたところ、次のステップとして検討するとの答えが返ってきた。オランダ農業の概要とふん尿に関する規制や研究の説明を受けた後、研究所内の施設を見学した。アンモニア揮散防止のための畜舎構造や畜舎からの排気を作物に吸収させる土壌バイオフィルターの紹介や乳質検査のためのセンサーが付属した、乳房の分房別搾乳機などを見せていただいた(写真20)。

オランダでは、ふん尿を処理(加工)するコンポストやメタン発酵に関しては話題にあがらなかった。つ



写真 20

まり、アンモニア揮散抑制のためにコンポストはおこなってならないことと、原子力発電を容認しているため、メタン発酵によるエネルギー獲得には魅力がないといった印象であった。系外あるいは国外にミネラルを持ち出すための水分除去の研究が進められていることが、唯一のふん尿処理研究であるように感じられた。世界で最も集約的でミネラルを多投入するオランダ農業の課題は、今回訪問した国のなかでは、最もハードルが高いというように感じ取られた。

おわりに

今回、駆け足であったが、西欧での家畜ふん尿処理の実状にふれることができた。3カ国とも、農業および畜産業が環境汚染源となっていることを、農業者を含めた国民が認識しており、その低減に向けて実践し

ていることが伺えた。メタン発酵処理は、家畜ふん尿処理の一選択肢であるが、この処理方法が普及し始めている背景は、国のエネルギー政策が大きな要因であることは間違いない。原子力発電をおこなっていないデンマーク、原子力発電をやめる方針を打ち出したドイツ、原子力発電を認めているオランダであり、発生させたメタンガスのエネルギーとしての価値の大きさが各国によって差がある。原子力発電と家畜ふん尿のメタン発酵処理は、負の相関があることがわかる。このような西欧における家畜ふん尿の問題の質と国民の認識およびふん尿処理の意味するところは、日本と比較するとかなりの温度差があるように思える。

最後に、研修の機会を与えてくれた酪農学園大学学長 安宅一夫教授に深く感謝いたします。

原 著

ヨーロッパの非加熱食肉製品について

三上 正幸・島田謙一郎・関川 三男

帯広畜産大学, 帯広市 080-8555

On the some properties of the non-heated meat products
in European countries

Masayuki MIKAMI, Ken-ichiro HIMADA, Mitsuo SEKIKAWA

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

キーワード : 発酵ソーセージ, 乾塩ハム, ペプチド, 遊離アミノ酸

Key words : Dry fermented sausages, Dry cured ham, Peptides, Free amino acids

Abstract

Some properties of the non-heated meat products in European countries were analyzed. The dry fermented sausages used were Spanish salami (small, medium and large size), Chorizo, Pepper salami, Italian salami, Hungarian salami and Serrano ham.

Viable bacterial counts were small number (10^3-10^5 CFU/g) in the hard type sausages and were large number (10^7-10^8 CFU/g) in the semi soft type sausages. The pH of the dry fermented sausages inoculated with mold was 5.4-6.7 and was higher than 5.1 of Chorizo which was not inoculated with mold. Peptides and total free amino acids content were 634.0-2,240.7 mg/100 g products and 404.8-2,413.4 mg/100 g products, respectively. These were high numbers in Serrano ham. Nitrite ion contents were low level (0.3-4.3 ppm) in generally except 30.7 ppm in Pepper salami.

要 約

スペイン産を中心としたヨーロッパの非加熱食肉製品8種類, スペニッシュサラミ3種類(小, 中, 大), チョリゾ, ペッパーサラミ, イタリアンサラミ, ハンガリアンサラミおよびセラノハムについて, 微生物学のおよび理化学的分析を行った。

ハードタイプのソーセージにおいては, 一般生菌数および乳酸菌数が少なく(10^3-10^5 CFU/g), 脂肪が多く軟らかいタイプのもは生菌数が多い(10^7-10^8 CFU/g)傾向にあった。カビを接種した発酵ソーセージのpHは5.4-6.7と高く, 最も低いチョリゾはpH 5.1であった。ペプチド量および総遊離アミノ酸量は100g当たりそれぞれ634.0-2,240.7 mg, 404.8-2,413.4 mgであり, 一般のハムおよびソーセージなどと比べて多かった。特に, 長期間発酵するセラノハムは高い値を示した。亜硝酸根は, ペッパーサラミ

の30.7 ppmを除いて, 少ない値(0.3-4.3 ppm)であった。

緒 言

ヨーロッパでは古くから発酵ソーセージや乾塩ハムなどの非加熱食肉製品が製造されているが, わが国における生産量や消費量は極めて少ない。発酵ソーセージや乾塩ハムは, 腐りやすい食肉を, 長期間保存するために考え出されたもので, 長い間乾燥させて作られる。製品はその国の気候や風土によって異なり, 伝統的な方法で作られるため, 様々な種類と特徴がある。

発酵ソーセージの製造に当たって, 風味醸成や安定した製品を得るため, 乳酸菌を主体とするスターターカルチャーを接種するが, 表面にカビを接種するものもあり, 一般に酸味を有する(BACUS, 1984; CAMPBELL-PLATT and COOK, 1995; 中村ら, 1985; 沼田ら, 1988 A, B)。

一方, 乾塩ハムも種類が多く, ドイツのラックスシンケン(豚ロース肉)から, また, ヌスシンケン(豚も

も肉から作られる。イタリアでは骨付きもも肉を使うパルマハム、フランスではバヨンヌハム、イギリスではヨークハムおよびスペインではセラノハムおよびイベリアハムなどが良く知られている (SABIO *et al.*, 1988)。これらの非加熱食肉製品は、発酵ソーセージでは数ヶ月、乾塩ハムでは6ヶ月～2年間の長期間熟成して製造される。この間にタンパク質は分解され、遊離アミノ酸やペプチド量が増加して風味が良くなる (ORDÓÑEZ *et al.*, 1999; TOLDRÁ and FLORES, 1998)。

発酵ソーセージはまだ日本で一般的に消費されていないが、官能検査を行うとそれほど抵抗がなく受け入れられる。また、本格的な生ハムであるパルマハムは5年前から、セラノハムは本年から輸入され、その量も年々増加している。このように生活習慣の変化等により、食肉や食肉製品、特に非加熱食肉製品の需要が期待される。今回はスペイン産を中心とした非加熱食肉製品のいくつかの特性について報告する。

材料および方法

試料：発酵ソーセージはスペインの市場で購入したスパニッシュサラミ (小)、スパニッシュサラミ (中)、スパニッシュサラミ (大)、チョリゾ、ペパーサラミ、オランダの市場で購入したイタリアンサラミおよびハンガリアンサラミである。外観は、ペパーサラミとチョリゾ以外は、白いカビで覆われていた。内部の状態は、スパニッシュサラミ (小) は断面サイズ 2×4 cm、(中) は断面サイズ 3×5 cm でいずれもハードタイプであった。スパニッシュサラミ (大) は断面サイズ 5×6.5 cm で超ハードタイプであった。チョリゾは直径3 cmで、粗挽の肉塊とパプリカの赤橙色が特徴であった。ペパーサラミは直径3 cmで、表面には黒胡椒を塗り、内部は鮮赤色で、ハードタイプであった。イタリアンサラミとハンガリアンサラミはいずれも直径5 cmで、脂肪が多く、比較的軟らかいタイプであった。乾塩ハムはスペインの市場で購入したセラノハムで骨付きもも肉から切り出した肉塊状であった (Table 1)。

微生物検査：各種生菌数検査に当たり、まず表面に付着しているカビをブラシでよく取り除き、注意深く

表面を取り除いた。細切した試料10 gを90 mlの滅菌生理的食塩水に入れ、氷水中でヒスコトロンを用いて均質化した後、以下に示した培地を用いて、希釈平板法または平板塗抹法で行った。

一般生菌数は標準寒天培地 (栄研) を、乳酸菌数はMRS寒天培地 (OXOID) を、大腸菌群はクロモカルトCOLIFORM寒天培地 (MERCK) を用い、希釈平板法で行なった。サルモネラ菌の推定試験はDHL寒天培地 (栄研) を、黄色ブドウ球菌の推定試験はフォーゲルジョンソン培地 (栄研) を用いて、平板塗抹法で行なった。

pH測定、水分含量、ペプチド量および遊離アミノ酸量：前報と同様に行なった (三上ら, 1998)。

亜硝酸根の測定：細切試料5 gを均質化し、0.5 N水酸化ナトリウム5 ml、12%硫酸亜鉛5 mlおよび10%酢酸アンモニウム緩衝液を加えて抽出し、100 mlに定容した。このろ液をスルファニルアミド溶液およびナフチルエチレンジアミン溶液加えて発色し、540 nmの吸光度を測定した。

官能検査：本学教職員および学生17人により、5点評価で行った。

結果および考察

Table 2の微生物検査の結果から、発酵ソーセージの一般生菌数は、ハードタイプのサラミにおいて 10^4 – 10^5 CFU/gと少なく、スパニッシュサラミ (中) では 4.3×10^4 CFU/gと最も少なかった。一方、表面に黒胡椒を塗ってあるペッパーサラミは 1.5×10^8 CFU/gと最も多く、軟らかいタイプのものは細菌数が多い傾向にあった。乳酸菌数も同様の傾向にあり、スパニッシュサラミ (大) で 4.0×10^3 と最も少なく、ハンガリアンサラミでは 2.7×10^8 CFU/gと最も多かった。三上ら (1998; 2000) が35または42日の乾燥・熟成により製造した発酵ソーセージの一般生菌数や乳酸菌数は、 10^8 – 10^9 CFU/gであり、イタリアンサラミおよびハンガリアンサラミの軟らかいタイプのものと近い値であった。スターターカルチャーを接種した発酵ソーセージでは一般に 10^8 – 10^9 程度まで増加することが

Table 1 External and internal characteristic of the non-heated meat products in European countries

Products	External and internal characteristic		
Spanish salami (small size)	hard type,	diameter 2×4 cm,	white mold
Spanish salami (medium size)	hard type,	diameter 3×5 cm,	white mold
Spanish salami (large size)	ultra hard type,	diameter 5×6.5 cm,	white mold
Chorizo	roughly chopped	diameter 3 cm.	red colour
Pepper salami	hard type,	diameter 3 cm	
	black pepper on surface		real red colour
Italian salami	semi soft type,	diameter 5 cm	white mold
Hungarian salami	semi soft type,	diameter 5 cm	white mold
Serrano ham	cut meat with vacuum	packaged	

知られていることから、今回分析したハードタイプのスパニッシュサラミにおいて生菌数が少なかったのは、長期間の乾燥がその原因と推察された。

セラノハムの製造において、一般にスターターカルチャーは接種していないが、今回の分析では 10^5 – 10^6 CFU/g と多くの細菌が存在した。著者らが製造した骨付きも肉の乾塩ハムでは、表面に細菌やカビは比較的多く検出されたが、内部の細菌数はほとんど 300ヶ以下であった（三上ら、未発表）。これらのことから、製品完成後小さな肉塊に切断して真空包装することにより、内部に細菌が侵入したことも考えられた。

食中毒細菌であるサルモネラ菌と黄色ブドウ球菌はいずれの製品にも見られなかったが、大腸菌群は3つの製品、即ち、ペパーサラミ、ハンガリアンサラミおよびセラノハムで検出され、また、この中には *E. coli* も含まれていた。

わが国の非加熱食肉製品における規格では、大腸菌群の規制はなく、*E. coli* が 1g 当たり「100 個以下」となっている。乾燥食肉製品では *E. coli* は「陰性」となっているので、セラノハムは非加熱食肉製品として条件を満たしているが、ペパーサラミおよびハンガリアンサラミを乾燥食肉製品に分類すると、わが国の食品衛生法では不適格となる。

理化学的検査の結果 (Table 2)、発酵ソーセージは乳酸菌を主体とするスターターカルチャーを接種するため、pH は低下すると (pH < 5.0) 考えられたが、最低値はチョリゾの pH 5.1 で比較的高く、カビを接種した製品では pH 5.4–6.7 と更に高い値であった。また、最も高い値は黒胡椒のまぶしてあるペパーサラミで pH 7.3 であった。沼田ら (1988 A) のカビを接種したソーセージでは、15 日前後から pH は 5.0 付近まで低下し、その後 40–50 日目までこの値を維持していた。三上ら (1998) のスターターカルチャーを接種した発酵ソーセージでは、pH が 4.5–4.7 まで低下していることから、カビの接種により製品の pH が上昇することが分かった。

亜硝酸根の分析で、最も高い値はペパーサラミの

30.7 ppm であったが、その他のスペインの製品では 0.3–3.1 ppm と低い値であった。イタリアンサラミおよびハンガリアンサラミにおいても、4.2–4.3 ppm であった。

わが国の食肉製品における値は 10–20 ppm と報告されていることから、今回分析した試料は、極めて少ないことが分かった。亜硝酸塩はわが国では発色剤として使用されているが、この他に、風味の改善、ボツリヌス菌の抑制、組織の改善等の効果がある。しかし、アミンが存在すると、発ガン物質のニトロソアミンを生成することがあるので、この取り扱いには注意が必要である。20 数年前のスペインにおける硝酸塩と亜硝酸塩の使用制限量はなかったが、今回の結果から極めて少ないことが分かった。

非加熱食肉製品のペプチド量は、熟成中に食肉内在性のプロテアーゼや微生物由来のプロテアーゼにより、増加することが報告されている (ORDÓÑEZ *et al.*, 1999; TOLDRÁ and FLORES, 1998)。乾燥・熟成期間の長いセラノハムが最も多く、100 g 当たり 2,241 mg で、次いでハードタイプのサラミで、1,285–2,041 mg、ソフトタイプのサラミでは 634–845 mg と少なかった。三上ら (2000) は酵母を接種した非加熱発酵ソーセージのペプチド量を報告し、製造 0 日目は 591 mg あり、42 日目にはおおよそ 877–965 mg まで増加すると報告した。これらのことから、今回のスパニッシュサラミのペプチド量は多いことが分かる。

非加熱食肉製品は長期間乾燥・熟成するため、食肉内在性のカテプシンおよびアミノペプチダーゼなどにより遊離アミノ酸は増加することが報告されている (TOLDRÁ *et al.*, 1992)。

Table 2 の総遊離アミノ酸量で、セラノハムが 100 g 中 2,413 mg と最も多かった。次いで熟成期間の長いスパニッシュサラミ (大) が 1,312 mg であったが、その他のものはペプチド量の順序と異なった。ペパーサラミは 405 mg と最も少なかった。総遊離アミノ酸の少ないペパーサラミおよびイタリアンサラミにおいて、他の製品と比べて少ないが、原料豚肉ではおおよそ 80

Table 2 Microbiological and physicochemical properties of the non-heated meat products in European countries

Products	Common bacteria ^a	Lactic acid bacteria ^b	Coliform group ^c	pH	Nitrite ion ^d	Peptide ^e	Total free ^e amino acid
Spanish salami (small size)	8.2×10^5	3.4×10^5	–	6.7	1.9	1,284.9	634.6
Spanish salami (medium size)	4.3×10^4	6.2×10^3	–	5.7	1.7	1,315.5	882.1
Spanish salami (large size)	7.3×10^4	4.0×10^3	–	5.4	0.3	2,040.7	1,311.9
Chorizo	2.1×10^6	8.5×10^6	–	5.1	3.1	1,114.7	959.2
Pepper salami	1.5×10^8	6.4×10^5	+	7.3	30.7	804.9	404.8
Italian salami	8.1×10^7	3.0×10^7	–	6.5	4.3	845.2	411.4
Hungarian salami	3.0×10^6	2.7×10^8	+	6.2	4.2	634.0	590.0
Serrano ham	3.3×10^6	8.8×10^5	+	5.9	0.8	2,240.7	2,413.4

Unit of bacterial number; CFU/g. a; standard agar, b; Forgel Johnson agar, c; Chromocult agar, d; ppm, e; mg/100 g products.

Table 3 Free amino acid composition of the non-heated meat products in European countries

	A	B	C	D	E	F	G	H
Asp	13.21	40.96	48.62	35.08	16.48	21.40	40.12	111.44
Thr	27.38	49.89	61.29	50.90	10.38	15.60	49.90	80.96
Ser	32.87	48.24	62.84	52.31	10.11	14.48	46.58	68.43
Asn	4.16	6.98	58.00	33.29	0.00	10.33	19.37	53.14
Glu	103.13	68.49	133.99	130.23	58.34	78.21	110.67	146.73
Gln	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pro	43.19	36.63	100.31	40.99	15.88	9.81	21.81	51.99
Gly	37.19	43.49	68.50	54.97	6.58	11.23	52.65	76.60
Ala	64.19	58.58	77.63	74.17	31.66	32.39	63.73	77.96
Val	43.00	75.49	93.15	71.95	21.64	28.52	72.17	105.23
Cys	9.39	6.21	17.52	6.13	9.08	2.67	4.72	2.06
Met	9.29	36.04	53.81	33.37	10.35	14.69	36.67	128.37
Ile	27.02	53.66	66.58	47.86	14.64	23.09	47.85	71.71
Leu	48.29	67.56	80.06	65.97	25.31	38.22	62.63	84.30
Tyr	4.41	20.14	23.36	9.45	27.53	3.86	12.82	109.64
Phe	28.44	66.45	92.75	51.92	23.57	23.47	56.94	135.55
Lys	78.71	149.54	208.71	147.44	72.68	66.48	201.60	759.03
His	56.26	50.08	61.50	40.13	47.87	13.06	55.15	127.13
Arg	4.21	3.69	3.29	13.03	2.66	3.92	3.61	223.17
Total	634.64	882.12	1311.90	959.19	404.76	411.43	958.99	2413.44

Unit: mg/100g products. A: Spanish salami (small size), B: Spanish salami (medium size), C: Spanish salami (large size), D: Chorizo, E: Pepper salami, F: Italian salami, G: Hungarian salami, H: Serrano ham

mg 存在するから、製品では5倍まで増加したことになる。

Table 3に個々の遊離アミノ酸量を示した。特徴的なのはセラノハムのLysで、100g当たり759mgであった。原料豚肉では6mg程度だから、特異的に大きな増加であることが分かる。Lysはスパニッシュサラミ(中)、(大)、チョリゾおよびハンガリアンサラミの4種類においても同様に最も多い遊離アミノ酸であった。次に多い遊離アミノ酸はセラノハムのArgで、223mgであった。しかしながら、微生物の作用により作られる発酵ソーセージにおいては、チョリゾは13mg、その他のソーセージは3-4mgで殆ど増加しない。これらLysとArgの増加傾向は、著者らの製造した発酵ソーセージや乾塩ハムと同様の結果であった。食肉の旨味成分の一つであるGluはセラノハムでは3番目に多かったが、スパニッシュサラミ(小)およびイタリアンサラミでは1番目、スパニッシュサラミ(大)、チョリゾおよびハンガリアンサラミでは2番目に多い量であった。Glnは原料豚肉に存在する(三上ら, 2000)が、いずれの製品においても検出されなかった。

Fig. 1は5点評価で行った官能検査の結果で、総合評価ではチョリゾ、ペパーサラミ、ハンガリアンサラミおよびセラノハムが最も高い評価で3.3、風味ではペパーサラミが3.5で最も高かった。最も低かったのはスパニッシュサラミ(小)で総合評価は2.4、風味は2.3、匂いは2.1であった。

日本人が発酵ソーセージをあまり好まない原因として、“酸っぱい味である”あるいは“匂いが嫌い”など

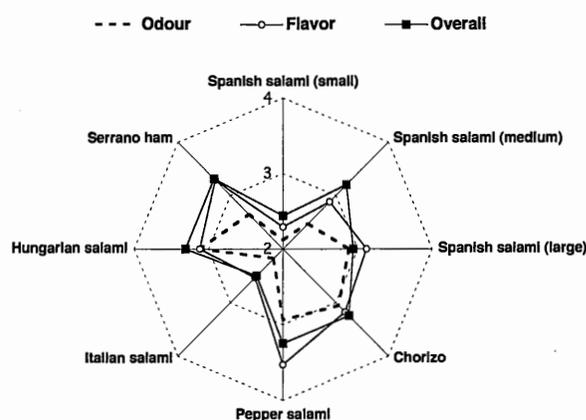


Fig. 1 Sensory evaluation of the non-heated meat products in European countries 5: excellent, 4: very good, 3: good, 2: fair, 1: poor

が挙げられる。この酸っぱい味は乳酸菌によるpHの低下であり、匂いは微生物による発酵等である。今回は8種類の製品について分析したが、いくつかの貴重なデータが得られた。カビを接種していないチョリゾでもpHは5.1とそれほど低くなく、カビを接種したものでは5.4-6.7と高く、酸味はあまり感じられなかった。しかし、匂いあるいは総合評価では、スパニッシュサラミの(小)およびイタリアンサラミが低い値であった。Fig. 1の結果は平均値を示しているが、個人差は大きかった。特に始めて発酵ソーセージを食べる人は、一般的に評価は低かったが、何度か食べたことのある人の評価は高かった。このことは、発酵ソーセージを食べ慣れると抵抗なく受け入れられることを

示し、わが国においても消費の拡大する素地があると考えられた。また、前述したようにカビを接種した発酵ソーセージは pH が高いために、酸味が少なく、官能的には評価が高いが、ペパーサラミ (pH 7.3) およびハンガリアンサラミ (pH 6.2) で大腸菌が検出された。このことは三上ら (2000) の発酵ソーセージの製造直後に酵母を接種すると pH の高い製品となるが、大腸菌群が生残するという報告と類似していた。

従って、カビや酵母を接種する発酵ソーセージでは pH の上昇と大腸菌群の生残に注意しながら、製造することが重要である。

謝 辞

本研究の遂行に当たり、伊藤記念財団平成 10 年度海外派遣助成金を受けました。ここに御礼申し上げます。

文 献

BACUS, J. (1984) Utilization of microorganisms in meat processing. 85-106. Research Studies Press. Letchworth. Hertfordshire.

CAMPBELL-PLATT G. and COOK, P. E. (1995) Fermented meats. 167-175. Blackie Academic & Professional. Glasgow.

三上正幸・川島寿子・関川三男 (1998) 細菌性スターターカルチャーを添加した非加熱発酵ソーセージの微生物学および理化学的性状について。日畜会報, **69**: 53-61.

三上正幸・関川三男・島田謙一郎 (2000) 酵母を接種した非加熱発酵ソーセージの諸性質。食肉の科学, **41**: 106-109.

三上正幸・関川三男・島田謙一郎 (2000) 平成 11 年度食肉に関する助成研究成調査果報告書, **18**: 251-256.

中村豊郎・沼田正寛・橋本小由利 (1985) カビ発酵サラミソーセージの熟成風味発現に関する基礎的研究。日畜会報, **56**: 938-946.

沼田正寛・富家崇弘・橋本小由利・中村豊郎 (1988 A) カビ発酵サラミソーセージの熟成風味発現に及ぼす乾燥・乾燥期間中の微生物学的変化。日畜会報, **59**: 12-22.

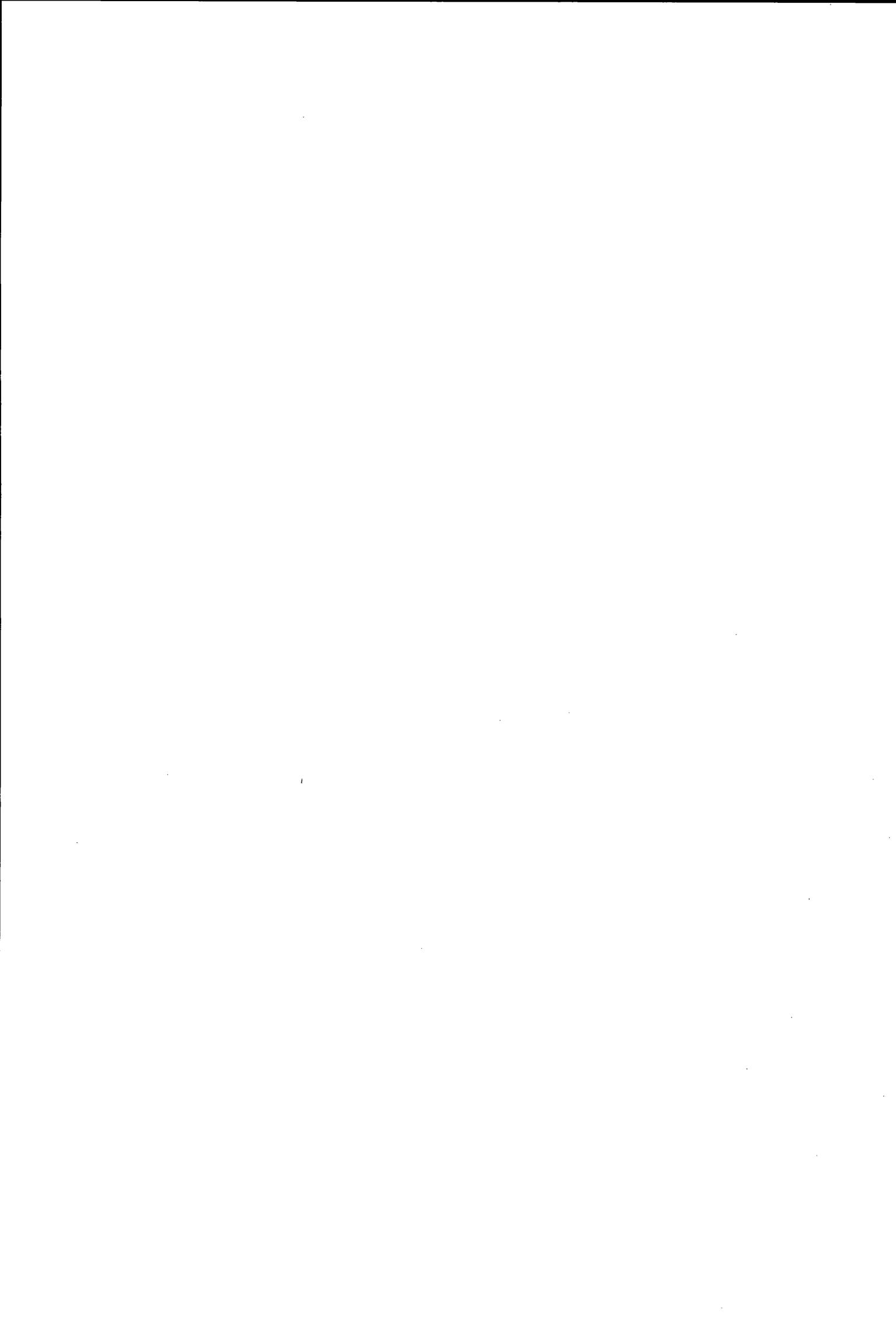
沼田正寛・富家崇弘・水谷祥彦・橋本小由利・山田浩之・中村豊郎 (1988 B) カビ発酵サラミソーセージの熟成・乾燥期間中における風味関連物質の変化。日畜会報, **59**: 136-145.

ORDÓÑEZ, J. A., HIERRO, E. M., BRUNA, J. M. and HOZ, L. (1999) Changes in the components of dry-fermented sausages during ripening. Critical Reviews in Food Sci. and Nutri., **39**: 329-367.

SABIO, E., VIDAL-ARAGON, M.C., BERNALTE, M.J. and GATA, J. L. (1988) Volatile compounds present in six types of dry-cured ham from south European countries. Food Chemi., **61**: 493-503.

TOLDRÁ, F. and FLORES, M. (1998) The role of muscle proteases and lipases in flavor development during the processing of dry-cured ham. Critical Reviews in Food Sci. and Nutri., **38**: 331-352.

TOLDRÁ, F., RICO, E. and FLORES, J. (1998) Activities of pork muscle proteases in model cured met systems. Biochimie., **74**: 291-296.



原 著

野生エゾシカ (*Cervus nippon yesoensis*) が冬期から春期に採食する
木本類の成分組成と *in vitro* 乾物消化率

増子 孝義・相馬 幸作*・北原 理作・澤田 直美・宮入 健・石島 芳郎

東京農業大学生物産業学部, 網走市 099-2493

*現所属: 南根室地区農業改良普及センター, 別海町 086-0214

Chemical composition and *in vitro* dry matter digestibility of woody
plants eaten by yeso sika deer (*Cervus nippon yesoensis*)
during from winter to spring seasonTakayoshi MASUKO, Kousaku SOUMA*, Risaku KITAHARA, Naomi SAWADA,
Ken MIYAIRI and Yoshiro ISHIJIMALaboratory of Animal Resources, Faculty of Bioindustry, Tokyo University
of Agriculture, Abashiri-shi 099-2493

*Present address: Minami-Nemuro Agricultural Extension Center, Bekkai-cho 086-0214

キーワード: エゾシカ, *in vitro* 乾物消化率, 木本類, 成分組成Key words: yeso sika deer, *in vitro* dry matter digestibility, woody plant, chemical composition

Abstract

The 3 parts including twigs, barks and withered leaves of 36 woody plants were collected and chemical composition and *in vitro* dry matter digestibility (IVMD) were measured. The crude protein content and IVMD of withered leaves were higher than those of twigs and barks. In withered leaves, the crude protein content of *Alnus hirsuta* was highest (15.7% in dry matter basis), IVMD of *Ulmus laciniata* was highest (69.4%). The crude fiber, ADF and NDF contents of twigs and barks were higher than those of withered leaves. The fibrous contents of twigs and barks differed greatly among species of woods. The crude fiber, ADF and NDF contents of *Acer mono* and *Betula platyphylla* var. *japonica* were higher than those of other species.

要 約

野生エゾシカの越冬場所になっている阿寒国立公園内において、野生エゾシカの採食が確認された木本類のうち、落葉、樹皮および枝 36 種類を採取し、成分組成および *in vitro* 乾物消化率を測定した。冬期から春期にかけて採食する木本類のうち、落葉の粗蛋白質含量と *in vitro* 乾物消化率は、樹皮と枝よりも高かった。落葉のうち、ケヤマハンノキ (*Alnus hirsuta*) の粗蛋白質含量は乾物中 15.7%、オヒョウニレ (*Ulmus laciniata*) の *in vitro* 乾物消化率は 69.4% と最も高かった。樹皮と枝の粗繊維、ADF および NDF 含量は、落葉よりも高かった。繊維質含量は樹種によって大き

く異なり、イタヤカエデ (*Acer mono*) とシラカンバ (*Betula platyphylla* var. *japonica*) の粗繊維、ADF および NDF 含量は、樹皮と枝のいずれにおいてもほかの樹種より高かった。

緒 言

著者らはエゾシカ飼育の可能性を調べるために、一連の実験を行っている。前報(相馬ら, 1996)では、自然の地形を利用した大規模放牧で飼育する場合、野生の植物を活用することを想定し、まず野生エゾシカが夏期から秋期にかけて採食する野生草本類および木本類 17 種類の成分を分析した。その結果、野生草本類の繊維含量の平均値は、オーチャードグラス (*Dactylis glomerata* L.) やチモシー (*Phleum pratense* L.) の出穂期の値よりも若干低い程度であり、粗蛋白質含量

はアルファルファ (*Medicago sativa* L.) の開花期の値に近似していた。

一方、野生エゾシカは、冬期から春期にかけて空腹を満たすために落葉や樹皮、枝といった部位を採食する。特に主要な餌となるクマイザサ (*Sasa senanensis*) が雪中に埋没する時期には、飢えをしのぐためにも樹皮や枝は貴重な餌となっている。しかし、落葉や樹皮、枝などの成分組成や消化率などの飼料特性を調べた報告は少ない。これまでの調査において、冬期に死亡する原因の 89.1% が栄養失調などによる衰弱死であることが報告されている (宇野ら, 1998) ことから、冬期間の栄養摂取状態は劣悪であると考えられる。

そこで、本実験では、冬期から春期にかけて野生エゾシカの採食が確認された木本類のうち、落葉、樹皮および枝の成分含量を分析するとともに、*in vitro* 乾物消化率を測定し、飼料特性について調べた。

材料および方法

1. 供試サンプル

供試材料は、野生エゾシカの越冬場所になっている北海道阿寒郡阿寒町の阿寒国立公園内において、野生エゾシカの採食が確認された木本類のうち、落葉、樹皮および枝 (当年生枝と一部一年生枝) 36 種類を採取した。なお、分析に用いた供試材料の種名、採取年月日および採取場所については表 1 に示した。なお、落葉は冬期に採取が困難なため、葉の落下が盛んになる 10 月下旬に採取を行った。

2. 分析方法

材料の一般成分、酸性デタージェント繊維 (ADF)、中性デタージェント繊維 (NDF)、ヘミセルロースおよび総エネルギーは、前報 (相馬ら, 1999) と同じ方法で測定した。

3. 人工消化試験

in vitro 乾物消化率は、5%亜硫酸ナトリウム処理後に酵素処理を行う 2 ステップ法によって測定した (作物分析委員会, 1975)。酵素はセルラーゼ・オノズカ P 1500 (近畿ヤクルト KK) を用い、酵素濃度を 0.5%、反応時間は 6 時間とした。

結 果

落葉、樹皮および枝の成分組成をそれぞれ表 2、3 および 4 に示した。落葉の粗蛋白質含量は 7.6~15.7% の範囲にあり、平均値は 10.7% であった。ケヤマハンノキ (*Alnus hirsuta*) は 15.7% と最も高く、シナノキ (*Tilia japonica*) がそれに次いで高かった。ミズナラ (*Quercus mongolica* var. *grosseserrata*) は最も低かった。粗繊維、ADF および NDF 含量は、それぞれ 19.6~29.2、35.0~60.4 および 36.6~65.2%

の範囲にあり、平均値は 24.2、51.6 および 53.8% であった。シラカンバ (*Betula platyphylla* var. *japonica*) とオヒョウニレ (*Ulmus laciniata*) の ADF および NDF 含量は、ほかの樹種より低く、イタヤカエデ (*Acer mono*)、ケヤマハンノキ、シナノキおよび針葉樹の葉の NDF 含量は、ほかの樹種より高かった。

樹皮の粗蛋白質含量は 1.3~7.8% の範囲にあり、平均値は 4.8% であった。イチイ (*Taxus cuspidata*)、イタヤカエデ、ケヤマハンノキ、オヒョウニレ、ハルニレ (*Ulmus davidiana* var. *japonica*) およびキハダ (*Phellodendron amurense*) の粗蛋白質含量は 6.6~7.8% の範囲にあり、ほかの樹種より高かった。エゾマツ (*Picea jezoensis*)、トドマツ (*Abies sachalinensis*) およびエゾノバッコヤナギ (*Salix hultenii*) は、2.0% 以下と低かった。粗繊維、ADF および NDF 含量は、それぞれ 20.7~43.9、39.9~68.8 および 45.0~72.2% の範囲にあり、平均値は 32.7、54.5 および 60.5% であった。エゾノバッコヤナギの ADF および NDF 含量は最も低く、イタヤカエデとシラカンバは、粗繊維、ADF および NDF 含量のいずれの項目においてもほかの樹種より高かった。

枝の粗蛋白質含量は 6.4~17.4% の範囲にあり、平均値は 9.4% であった。ニトコは 17.4% と最も高く、イチイ、ケヤマハンノキ、シウリザクラ (*Prunus ssiiori*)、エゾマツおよびヤナギ sp. の 5 種は 10.3~11.0% の範囲にあった。ヤチダモ (*Fraxinus mandshurica* var. *japonica*) とノリウツギ (*Hydrangea paniculata*) は最も低かった。粗繊維、ADF および NDF 含量は、それぞれ 23.4~38.3、34.4~64.6 および 40.7~73.2% の範囲にあり、平均値は 30.9、51.1 および 60.8% であった。イチイとトドマツは、粗繊維、ADF および NDF 含量のいずれの項目においてもほかの樹種よりも低く、イタヤカエデ、シラカンバおよびノリウツギは、ほかの樹種より高かった。

粗脂肪含量は、落葉ではシラカンバと針葉樹の葉、樹皮ではケヤマハンノキ、シラカンバおよびトドマツ、枝ではトドマツがほかの樹種より著しく高かった。また、それらの樹種は総エネルギーも高かった。

粗灰分含量の平均値は、落葉、樹皮および枝それぞれ 8.1、7.0 および 4.1% であった。落葉では、オヒョウニレが 20.2% と高かった。樹皮のうち、オヒョウニレ、ハルニレおよびノリウツギは 9.3~10.7% とほかの樹皮よりも高かった。枝では、シナノキとオヒョウニレがほかの樹種よりも高かった。

落葉、樹皮および枝の *in vitro* 乾物消化率を表 5 に示した。落葉は 41.1~69.4% の範囲にあり、平均値は 55.6% であった。シラカンバとオヒョウニレは 64.3、69.4% と高く、ケヤマハンノキは 41.1% と低かった。樹皮は 27.5~63.2% の範囲にあり、平均値は 45.6% であった。イチイ、ケヤマハンノキ、エゾマツおよびト

Table 1 Family, species, date and place of collected withered leaves, barks and twigs

Family	Species	Date of collection	Place of collection ¹⁾
Withered leaves			
Aceraceae	<i>Acer mono</i> (Itayakaede)	1995.10.27.	Akan-cho Shirikomabetsu
Betulaceae	<i>Alnus hirsuta</i> (Keyamahannoki)	1995.10.27.	Akan-cho Shirikomabetsu
	<i>Betula platyphylla</i> var. <i>japonica</i> (Shirakanba)	1995.10.27.	Akan-cho Shirikomabetsu
Fagaceae	<i>Quercus mongolica</i> var. <i>grosseserrata</i> (Mizunara)	1995.10.27.	Akan-cho Shirikomabetsu
Tiliaceae	<i>Tilia japonica</i> (Shinanoki)	1995.10.27.	Akan-cho Shirikomabetsu
Ulmaceae	<i>Ulmus laciniata</i> (Ohyounire)	1995.10.27.	Akan-cho Shirikomabetsu
—	Needle-leaved tree ²⁾	1995.10.27.	Akan-cho Shirikomabetsu
Barks			
Aceraceae	<i>Acer mono</i> (Itayakaede)	1993.12. 5.	Akan-cho Shirikomabetsu
Betulaceae	<i>Alnus hirsuta</i> (Keyamahannoki)	1993.12. 5.	Akan-cho Shirikomabetsu
	<i>Betula platyphylla</i> var. <i>japonica</i> (Shirakanba)	1993.12. 5.	Akan-cho Shirikomabetsu
Fagaceae	<i>Quercus mongolica</i> var. <i>grosseserrata</i> (Mizunara)	1996. 3. 5.	Upper stream of Akanriver
Oleaceae	<i>Fraxinus mandshurica</i> var. <i>japonica</i> (Yachidamo)	1993.12. 5.	Akan-cho Shirikomabetsu
Pinaceae	<i>Abies sachalinensis</i> (Todomatsu)	1996. 3. 5.	Akan-cho Shirikomabetsu
	<i>Picea jezoensis</i> (Ezomatsu)	1996. 3. 5.	Akan-cho Shirikomabetsu
Rutaceae	<i>Phellodendron amurense</i> (Kihada)	1994. 5. 1	Akan-cho Kinetanbetsu
Salicaceae	<i>Salix hultenii</i> (Ezonobakkoyanagi)	1996. 3. 5.	Akan-cho Shirikomabetsu
Saxifragaceae	<i>Hydrangea paniculata</i> (Noriutsugi)	1996. 1.25.	Akan-cho Shirikomabetsu
Taxaceae	<i>Taxus cuspidata</i> (Ichii)	1994. 5. 1	Akan-cho Shirikomabetsu
Tiliaceae	<i>Tilia japonica</i> (Shinanoki)	1994. 6. 6.	Upper stream of Akanriver
Ulmaceae	<i>Ulmus davidiana</i> var. <i>japonica</i> (Harunire)	1993.12. 5.	Akan-cho Shirikomabetsu
	<i>Ulmus laciniata</i> (Ohyounire)	1993.12. 5.	Akan-cho Shirikomabetsu
Twigs			
Aceraceae	<i>Acer mono</i> (Itayakaede)	1995.12.29.	Akan-cho Shirikomabetsu
Betulaceae	<i>Alnus hirsuta</i> (Keyamahannoki)	1995.12.29.	Akan-cho Shirikomabetsu
	<i>Betula platyphylla</i> var. <i>japonica</i> (Shirakanba)	1995.12.29.	Akan-cho Shirikomabetsu
Caprifoliaceae	<i>Sambucus racemosa</i> (Niwatoko)	1995.12.29.	Akan-cho Shirikomabetsu
Fagaceae	<i>Quercus mongolica</i> var. <i>grosseserrata</i> (Mizunara)	1996. 1.28.	Akan-cho Kinetanbetsu
Oleaceae	<i>Fraxinus mandshurica</i> var. <i>japonica</i> (Yachidamo)	1996. 1.27.	Akan-cho Shirikomabetsu
	<i>Syringa reticulata</i> (Hashidoi)	1996. 1.28.	Upper stream of Akanriver
Pinaceae	<i>Abies sachalinensis</i> (Todomatsu)	1996. 3. 5.	Akan-cho Shirikomabetsu
	<i>Picea jezoensis</i> (Ezomatsu)	1996. 3. 5.	Akan-cho Shirikomabetsu
Rosaceae	<i>Prunus ssiori</i> (Shiurizakura)	1995.12.29.	Akan-cho Shirikomabetsu
Salicaceae	<i>Salix</i> sp. (Yanagi sp.)	1995.12.29.	Akan-cho Shirikomabetsu
Saxifragaceae	<i>Hydrangea paniculata</i> (Noriutsugi)	1995.12.29.	Akan-cho Shirikomabetsu
Taxaceae	<i>Taxus cuspidata</i> (Ichii)	1995.12.29.	Akan-cho Shirikomabetsu
Tiliaceae	<i>Tilia japonica</i> (Shinanoki)	1995.12.29.	Akan-cho Shirikomabetsu
Ulmaceae	<i>Ulmus laciniata</i> (Ohyounire)	1995.12.29.	Akan-cho Shirikomabetsu

¹⁾ Foundational juridical person, Maeda ippeen Foundation's land.

²⁾ *Taxus cuspidata* : *Abies sachalinensis* : *Picea jezoensis* = 3 : 5 : 2.

Table 2 Chemical composition of withered leaves

Family	Species	Dry matter ¹⁾	Organic matter	Crude protein	Crude fat	NFE	Crude fiber	ADF	NDF	Hemicellulose	Crude ash	Gross energy
Dry matter %												
Aceraceae	<i>Acer mono</i>	67.6	91.1	9.0	4.3	54.1	23.7	56.1	58.3	2.2	8.9	4.62
Betulaceae	<i>Alnus hirsuta</i>	61.9	94.6	15.7	3.4	53.7	21.8	56.0	65.2	9.2	5.4	5.25
	<i>Betula platyphylla</i> var. <i>japonica</i>	54.1	95.8	9.4	11.0	55.8	19.6	43.7	42.9	—	4.2	5.32
Fagaceae	<i>Quercus mongolica</i> var. <i>grosseserrata</i>	66.8	94.1	7.6	4.3	57.3	24.9	55.8	48.0	—	5.9	4.82
Tiliaceae	<i>Tilia japonica</i>	43.9	91.6	12.6	4.0	45.8	29.2	53.9	60.1	6.2	8.3	4.84
Ulmaceae	<i>Ulmus laciniata</i>	54.9	79.8	9.9	3.8	43.6	22.5	35.0	36.6	1.6	20.2	3.77
	Needle-leaved tree ²⁾	73.0	96.5	10.7	9.8	48.6	27.4	60.4	65.2	4.8	3.5	5.58
Means		60.3	91.9	10.7	5.8	51.3	24.2	51.6	53.8	4.8	8.1	4.89
Standard deviation		±10.0	±5.7	±2.7	±3.2	±5.3	±3.3	±8.9	±11.3	±3.1	±5.7	±0.60

¹⁾ Fresh matter %.

²⁾ *Taxus cuspidata* : *Abies sachalinensis* : *Picea jezoensis* = 3 : 5 : 2.

Table 3 Chemical composition of barks

Family	Species	Dry matter ¹⁾	Organic matter	Crude protein	Crude fat	NFE	Crude fiber	ADF	NDF	Hemicellulose	Crude ash	Gross energy
		Dry matter %										Mcal/DMkg
Aceraceae	<i>Acer mono</i>	30.7	91.9	6.7	2.7	38.5	43.9	68.8	71.8	3.0	8.1	4.89
Betulaceae	<i>Alnus hirsuta</i>	37.2	94.9	7.1	9.8	50.7	27.2	55.8	58.1	2.3	5.1	5.15
	<i>Betula platyphylla</i> var. <i>japonica</i>	29.7	98.1	3.5	10.2	40.5	43.9	61.2	72.2	11.0	1.9	5.73
Fagaceae	<i>Quercus mongolica</i> var. <i>grosseserrata</i>	58.8	91.8	2.7	4.0	62.2	22.9	56.1	58.3	2.2	8.1	5.08
Oleaceae	<i>Fraxinus mandshurica</i> var. <i>japonica</i>	40.1	93.5	4.1	2.9	44.7	41.7	54.5	69.1	14.6	6.5	4.62
Pinaceae	<i>Abies sachalinensis</i>	60.0	94.6	1.3	18.6	44.8	29.9	47.0	50.6	3.6	5.5	5.30
	<i>Picea jezoensis</i>	64.2	93.7	1.9	8.7	54.7	28.4	49.3	53.1	3.8	6.3	4.72
Rutaceae	<i>Phellodendron amurense</i>	65.4	93.0	7.8	4.3	53.2	27.8	57.0	62.2	5.2	7.0	5.11
Salicaceae	<i>Salix hullenii</i>	63.6	91.6	2.0	3.0	59.1	27.5	39.9	45.0	5.1	8.2	4.51
Saxifragaceae	<i>Hydrangea paniculata</i>	51.1	89.4	5.5	7.4	55.8	20.7	52.8	53.5	0.7	10.7	5.12
Taxaceae	<i>Taxus cuspidata</i>	60.0	93.9	6.6	3.0	52.9	31.4	53.6	53.6	0.0	6.1	4.66
Tiliaceae	<i>Tilia japonica</i>	25.8	95.0	4.3	5.1	50.8	34.7	56.7	67.9	11.2	5.0	4.67
Ulmaceae	<i>Ulmus davidiana</i> var. <i>japonica</i>	39.6	90.7	7.2	2.4	38.4	42.7	55.6	63.9	8.3	9.3	4.35
	<i>Ulmus laciniata</i>	43.8	90.1	6.6	2.6	46.0	34.8	55.0	67.1	12.1	9.9	4.42
Means		47.9	93.0	4.8	6.1	49.5	32.7	54.5	60.5	5.9	7.0	4.88
Standard deviation		±13.7	±2.2	±2.2	±4.4	±7.2	±7.5	±6.4	±8.2	±4.5	±2.3	±0.37

¹⁾ Fresh matter %

Table 4 Chemical composition of twigs

Family	Species	Dry matter ¹⁾	Organic matter	Crude protein	Crude fat	NFE	Crude fiber	ADF	NDF	Hemicellulose	Crude ash	Gross energy
		Dry matter %										Mcal/DMkg
Aceraceae	<i>Acer mono</i>	45.8	96.0	6.8	2.8	48.1	38.3	64.6	73.2	8.6	4.1	4.87
Betulaceae	<i>Alnus hirsuta</i>	43.4	96.4	10.5	6.3	49.0	30.6	51.4	63.6	12.2	3.6	5.14
	<i>Betula platyphylla</i> var. <i>japonica</i>	52.7	97.6	9.3	4.6	47.8	35.9	57.0	70.6	13.6	2.3	4.98
Caprifoliaceae	<i>Sambucus racemosa</i>	35.4	95.5	17.4	5.4	44.2	28.5	48.7	56.8	8.1	4.5	5.05
Fagaceae	<i>Quercus mongolica</i> var. <i>grosseserrata</i>	51.5	96.1	7.2	1.9	52.1	34.9	55.0	65.9	10.9	4.0	4.73
Oleaceae	<i>Fraxinus mandshurica</i> var. <i>japonica</i>	56.1	96.5	6.4	1.5	56.3	32.3	49.0	60.1	11.1	3.5	4.78
	<i>Syringa reticulata</i>	52.0	97.6	7.6	2.9	52.8	34.3	53.1	67.4	14.3	2.4	5.01
Pinaceae	<i>Abies sachalinensis</i>	45.6	96.5	8.9	10.2	54.0	23.4	34.4	40.7	6.3	3.6	5.45
	<i>Picea jezoensis</i>	47.2	95.8	10.4	6.8	48.7	29.9	42.4	53.5	11.1	4.2	5.26
Rosaceae	<i>Prunus ssiroi</i>	52.8	96.3	10.3	1.0	56.0	29.0	56.4	66.5	10.1	3.8	4.85
Salicaceae	<i>Salix</i> sp.	42.8	95.5	11.0	2.6	53.5	28.4	51.6	57.1	5.5	4.6	4.88
Saxifragaceae	<i>Hydrangea paniculata</i>	45.3	96.2	6.4	2.8	48.8	38.2	56.8	67.9	11.1	3.8	4.79
Taxaceae	<i>Taxus cuspidata</i>	33.1	96.4	10.7	5.3	56.9	23.5	39.7	41.8	2.1	3.7	5.25
Tiliaceae	<i>Tilia japonica</i>	41.1	92.8	8.9	3.5	50.3	30.1	53.0	62.7	9.7	7.2	4.66
Ulmaceae	<i>Ulmus laciniata</i>	47.2	93.5	9.0	2.2	56.0	26.3	53.2	63.7	10.5	6.5	4.77
Means		46.1	95.9	9.4	4.0	51.6	30.9	51.1	60.8	9.7	4.1	4.96
Standard deviation		±6.4	±1.3	±2.7	±2.5	±3.8	±4.7	±7.6	±9.5	±3.2	±1.3	±0.23

¹⁾ Fresh matter %

ドマツは 52.3~55.5%, イタヤカエデとシラカンバは 27.5, 29.7%であった。枝は 35.0~65.5%の範囲にあり, 平均値は 47.8%であった。イチイとトドマツは 63.4, 65.5%と高く, イタヤカエデとシラカンバは 35.0, 39.9%と低かった。

考 察

野生エゾシカが冬期に採食する木本類のうち, 落葉の依存度は明らかでない。増子ら (1996) が季節別に調べたエゾシカの第一胃内容物の内訳では, 12月に採取したものに枯れ葉を含む木の葉が認められていた。また, 横山 (1995) が2月と3月に採取した胃内容物中の木本類には, 枯れ葉が含まれていた。これらのことは, 落葉は野生エゾシカが冬期間に採食する貴重な飼料資源であることを示唆している。しかし, 冬期間に野生エゾシカが落葉を採食できるのは, 積雪量が少

ない地帯かあるいは少ない時期に限られるだろう。

冬期から春期にかけて採食する木本類のうち, 落葉は粗蛋白質含量が最も高かった。中でもケヤマハンノキは乾物中 15.7%と高く, この値は出穂前のチモシー乾草と近似していた。また, 落葉の粗蛋白質含量の平均値は, 出穂期のオーチャードグラスやチモシーの値とほぼ同程度であった (農林水産省農林水産技術会議事務局, 1995)。この期間, 主要な餌であるクマイザサ葉部の粗蛋白質含量と比較すると, 冬期から春期にかけて乾物中 12.6~14.5%の範囲まで減少する (相馬ら, 1999) が, 落葉はそれらの値よりも低かった。また, *in vitro* 乾物消化率は6樹種中4樹種が 58.0%以上と高く, 当年生のクマイザサ葉部の値に近似していた (相馬ら, 1999)。

落葉は葉が枯れて落下する現象であるが, 周期的に起こる正常な落葉では, 樹体内の不要になった物質を

放出するために生ずる生理現象の一つでもある。落葉前には、葉部の中の炭水化物、蛋白質および無機塩類が茎部に著しく移動し、代謝の際の不要物が多く残されることが知られている(佐藤ら, 1985)。落葉広葉樹の大部分は、ブナ (*Fagus crenata*) やミズナラのように秋期に落葉する。ミズナラなどのブナ科の樹種は、ほかの樹種に比べて落葉量が多いと考えられるが、粗蛋白質含量は最も低かった。しかし、野生エゾシカが

冬期に採食する木本類の中で、落葉は貴重な蛋白質源であることが示唆された。

北海道東部地域のエゾシカ越冬地は、主に針葉樹林地帯であることが報告されている(北海道環境科学研究センター, 1994)。これは、常緑の樹冠により針葉樹林下は積雪が少ないこと、また保温効果や防風効果があるためといわれている。(梶, 1995, 金子ら, 1998)。一方、北海道東部に生息するエゾシカは、落葉広葉樹

Table 5 *in vitro* dry matter digestibility of withered leaves, barks and twigs

Family	Species	<i>in vitro</i> dry matter digestibility(%)
Withered leaves		
Aceraceae	<i>Acer mono</i>	58.0
Betulaceae	<i>Alnus hirsuta</i>	41.1
	<i>Betula platyphylla</i> var. <i>japonica</i>	64.3
Fagaceae	<i>Quercus mongolica</i> var. <i>grosseserrata</i>	58.8
Tiliaceae	<i>Tilia japonica</i>	49.3
Ulmaceae	<i>Ulmus laciniata</i>	69.4
—	Needle-leaved tree*	48.5
Means		55.6
Standard deviation		±9.9
Barks		
Aceraceae	<i>Acer mono</i>	27.5
Betulaceae	<i>Alnus hirsuta</i>	52.3
	<i>Betula platyphylla</i> var. <i>japonica</i>	29.7
Fagaceae	<i>Quercus mongolica</i> var. <i>grosseserrata</i>	45.2
Oleaceae	<i>Fraxinus mandshurica</i> var. <i>japonica</i>	40.4
Pinaceae	<i>Abies sachalinensis</i>	55.5
	<i>Picea jezoensis</i>	54.0
Rutaceae	<i>Phellodendron amurense</i>	40.0
Salicaceae	<i>Salix hultenii</i>	63.2
Saxifragaceae	<i>Hydrangea paniculata</i>	47.9
Taxaceae	<i>Taxus cuspidata</i>	52.3
Tiliaceae	<i>Tilia japonica</i>	46.9
Ulmaceae	<i>Ulmus davidiana</i> var. <i>japonica</i>	39.5
	<i>Ulmus laciniata</i>	44.2
Means		45.6
Standard deviation		±9.8
Twigs		
Aceraceae	<i>Acer mono</i>	35.0
Betulaceae	<i>Alnus hirsuta</i>	45.6
	<i>Betula platyphylla</i> var. <i>japonica</i>	39.9
Caprifoliaceae	<i>Sambucus racemosa</i>	50.6
Fagaceae	<i>Quercus mongolica</i> var. <i>grosseserrata</i>	44.5
Oleaceae	<i>Fraxinus mandshurica</i> var. <i>japonica</i>	49.0
	<i>Syringa reticulata</i>	42.2
Pinaceae	<i>Abies sachalinensis</i>	65.5
	<i>Picea jezoensis</i>	52.7
Rosaceae	<i>Prunus ssiori</i>	47.6
Salicaceae	<i>Salix</i> sp.	51.9
Saxifragaceae	<i>Hydrangea paniculata</i>	47.2
Taxaceae	<i>Taxus cuspidata</i>	63.4
Tiliaceae	<i>Tilia japonica</i>	41.1
Ulmaceae	<i>Ulmus laciniata</i>	40.2
Means		47.8
Standard deviation		±8.4

**Taxus cuspidata* : *Abies sachalinensis* : *Picea jezoensis* = 3 : 5 : 2.

では、ハルニレ、オヒョウニレおよびノリウツギなど(梶, 1981, 横山, 1995, 阪部, 1997, 宇野ら, 1998), 針葉樹では、特にイチイの樹皮や枝葉を採食することが報告されている(阪部, 1997)。

樹皮や枝は、落葉やクマイザサあるいはミヤコザサ(*Sasa nipponica*)が雪中に埋没した時に、飢えをしのぐための貴重な餌となっている。樹皮や枝の成分のほとんどは、セルロース、ヘミセルロースおよびリグニンで占められている。セルロース含量は、広葉樹と針葉樹で大差ないが、針葉樹は広葉樹よりもヘミセルロース含量が少なく、リグニン含量が多い。また、成分は部位によって異なり、樹皮、特に外皮層ではリグニン含量が40~60%と著しく多く、セルロース含量は木材部の半分にすぎない(農林水産省, 1987, 農林水産省農林水産技術会議事務局, 1991)。本実験においても、繊維質含量は樹種によって大きく異なった。イタヤカエデとシラカンバは、樹皮と枝のいずれにおいても繊維質含量が特に高かった。逆に、繊維質含量が低かった樹種は、樹皮ではエゾノバッコヤナギ、枝ではイチイとトドマツであった。また、ケヤマハンノキやシラカンバの樹皮、トドマツの樹皮と枝などの粗脂肪および総エネルギー含量は、ほかの樹種よりも高い値を示した。

また、*in vitro* 乾物消化率は、エゾマツとトドマツが比較的高いが、それらの値は同一条件で測定したクマイザサ葉部の生育時期別変化における低い時期のものと近似していた(相馬ら, 1999)。木材部を未処理のまま反芻家畜に給与しても、ほとんど消化されない。これは、反芻胃内の微生物の酵素がリグニンに妨げられてセルロースやヘミセルロースと接触できないためである(農林水産省, 1987)。本実験において、シラカンバ樹皮の*in vitro* 乾物消化率は29.7%であったが、農林水産省が“バイオマス”で行った未処理のシラカンバ樹皮のセルラーゼ処理による有機物消化率は12%、推定TDN含量(乾物中)は14%であった(農林水産省, 1987)。両者の消化率に差が見られたのは、人工消化試験の設定条件が異なったためと考えられる。本実験の2ステップ法は、クマイザサの*in vitro* 乾物消化率(相馬ら, 1999)を求める手法に使用しており、*in vivo* 乾物消化率よりも約12%高い値が得られている(増子ら, 1999)。また、測定で用いる亜硫酸ナトリウムはパルプ用蒸解剤として利用されており(大木ら, 1994)、リグニンを部分的に分解することが知られている。したがって、樹皮や枝のようにリグニン含量が高い試料の場合、*in vivo* 乾物消化率との違いが増幅される可能性がある。したがって、本実験で得られた値は過大評価される危険性があり、設定条件や他の手法をさらに検討する必要があるものと考えられる。

これらのことから、野生エゾシカが冬期から春期にかけて採食する落葉、樹皮および枝などの成分組成が

明らかになった。落葉は、粗蛋白質含量が牧草なみに含まれており、貴重な蛋白質源であることが示唆された。しかし、樹皮や枝の栄養成分は乏しく、飢えをしのぎ空腹を満たすだけで、栄養摂取はわずかであることが示唆された。

謝 辞

本実験を行うにあたり、材料採取に協力していただいた財団法人前田一步園財団に感謝の意を表わす。

文 献

- 大木道則・大沢利昭・田中元治・千原秀昭(編)(1994) 化学辞典. 63. 東京化学同人. 東京.
- 北海道環境科学研究センター(1994) ヒグマ・エゾシカ分布調査報告書. 23-54.
- 梶 光一(1981) 根室標津におけるエゾシカの土地利用. 哺乳類科学, 8: 226-236.
- 梶 光一(1995) シカの爆発的増加—北海道の事例—. 哺乳類科学, 35: 35-43.
- 金子正美・梶 光一・小野 理(1998) エゾシカのハビタット改変に伴う分布変化の解析. 哺乳類科学, 38: 49-59.
- 増子孝義・相馬幸作・石島芳郎(1996) 野生エゾシカ(*Cervus nippon yesoensis*)の胃内容物重量. 日草誌, 42: 176-177.
- 増子孝義・相馬幸作・宮入 健・小松輝行・石島芳郎(1999) エゾシカ(*Cervus nippon yesoensis*)におけるクマイザサ(*Sasa senanensis*)の採食量, 消化率および窒素出納. 北畜会報, 41: 72-75.
- 農林水産省(1987) 蒸煮シラカンバによる乳牛および肉用牛の飼養マニュアル(“バイオマス”飼料飼養マニュアルシリーズNo.1). 8-29.
- 農林水産省農林水産技術会議事務局編(1991) バイオマス変換計画—豊かな生物資源を活かす—. 199-272. 光琳. 東京.
- 農林水産省農林水産技術会議事務局編(1995) 日本標準飼料成分表(1995年版). 12-183. 中央畜産会. 東京.
- 阪部智子(1997) 知床岩尾別地区におけるエゾシカ越冬地の樹木被害. 知床博物館研究報告, 18: 45-49.
- 作物分析委員会(1975) 栄養診断のための栽培植物分析測定法. 488-491. 養賢堂. 東京.
- 佐藤大七郎・堤 利夫編(1985) 樹木—形態と機能—第3版, 192-224. 文永堂. 東京.
- 相馬幸作・増子孝義・北原理作・石島芳郎(1996) エゾシカ(*Cervus nippon yesoensis*)における野生草本類および木本類の採食性と成分組成. 北畜会報, 38: 98-104.
- 相馬幸作・増子孝義・宮入 健・北原理作・小松輝行・石島芳郎(1999) クマイザサの成分組成および *in*

vitro 乾物消化率の生育時期別変化. 北畜会報, 41 :
76-79.
宇野裕之・横山真弓・高橋学察 (1998) 北海道阿寒国
立公園におけるエゾシカ (*Cervus nippon yesoensis*)

の冬期死亡. 哺乳類科学, 38 : 233-246.
横山真弓 (1995) ヒグマ・エゾシカ生息実態調査報告
書 I (音別・足寄个体群の食性). 北海道環境科学
研究センター, 135-146.

原 著

軟骨特有の抗血管新生細胞外マトリックス タンパク質・コンドロモジュリン-Iの挙動

中村富美男・藤岡 哲・田中 誠一・片倉 友義・佐藤 昌弘・福永 重治
北海道大学農学研究科畜産資源開発学講座, 札幌市北区 060-8589

Behavioral properties of chondromodulin-I, which is an antiangiogenic cartilage-specific extracellular matrix protein, in tissue and in vitro

Fumio NAKAMURA, Tetsu FUJIOKA, Masakazu TANAKA, Tomoyosi KATAKURA,
Masahiro SATO and Shigeharu FUKUNAGA

Research Group of Animal Product Science, Graduate School of Agriculture, Hokkaido University,
Kita-ku, Sapporo-shi 060-8589

キーワード : ウシ軟骨, 細胞外マトリックス, 血管新生抑制タンパク質, コンドロモジュリン-I, 挙動特性
Key words : bovine cartilage, extracellular matrix, antiangiogenic protein, chondromodulin-I, behavioral
property

Abstract

The behavior of chondromodulin-I (ChM-I), which is an antiangiogenic cartilage-specific extracellular matrix protein, was investigated in cartilage tissue and *in vitro*.

The localization of ChM-I in both cartilage tissue and cultured chondrocytes resembled that of type II collagen. ChM-I was not eluted from intact cartilage but was eluted from dissected cartilage into culture medium, inhibiting attachment to the culture dish and growth of endothelial cells. The ChM-I secreted from chondrocytes being after transiently retained on the cell membrane was solubilized in the culture medium and solidified as an extracellular network. These results suggest that ChM-I is trapped by but not fixed on collagen fibrils in cartilage tissue and that it is essential for maintenance of the cartilage as avascular tissue, although it does not play a major structural role as an extracellular matrix of the cartilage framework.

要 約

血管新生抑制作用を有する軟骨特有の細胞外マトリックスタンパク質であるコンドロモジュリン-I (ChM-I) の軟骨組織および軟骨細胞の培養系における挙動を調べ、ChM-I の軟骨における存在様式と役割を検討した。

ChM-I の局在は、軟骨組織および培養軟骨細胞の両方において、II 型コラーゲンの局在と類似していた。ChM-I は、無傷の軟骨片からは溶出しなかったが、軟骨基質を切開した軟骨片からは生理的条件下の培養液中に溶出し、血管内皮細胞の培養ディッシュへの接着

と増殖を抑制した。軟骨細胞で合成された ChM-I は、一旦細胞膜上に保持された後に分泌され、細胞外に分泌された ChM-I は、生理的条件下の培養液中で可溶化した状態で存在するとともに、網目状の細胞外基質として固相化された。これらの結果から、ChM-I は、軟骨組織ではコラーゲン細線維に捕縛されて存在しているが固定不動化はされておらず、無血管組織としての軟骨の恒常性維持にとっては必要不可欠な細胞外マトリックス成分であるが、軟骨の骨格構造を維持する機能は小さいと考えられた。

緒 言

哺乳動物の体内には、眼球の角膜、レンズ、硝子体など遅栄養または無血管組織と呼ばれる組織が存在

し、軟骨にも、特に関節軟骨は膨大な圧力を吸収する機能ゆえに、血管と神経が存在しない。軟骨を無血管組織として維持しているシステムの全容は明らかにされていないが、血管新生抑制作用を有する軟骨特有の細胞外マトリックス (ECM) タンパク質であるコンドロモジュリン-I (ChM-I) が最も重要な役割を担っていると考えられている (鈴木, 1996)。ChM-I は当初、軟骨細胞の成長因子として発見されたが (HIRAKI *et al.*, 1991), その後、血管内皮細胞の増殖阻害活性が明らかにされ (HIRAKI *et al.*, 1997A), 現在、癌の抗血管新生療法、いわゆる「兵糧攻め」のための強力な武器として、また、動物体に由来する生体医薬としての開発が進められている (HIRAKI *et al.*, 1999; 鈴木, 1999)。しかし、ChM-I に関する研究は、遺伝子発現、アミノ酸配列、生体内外での血管新生抑制効果に集中しており (HIRAKI *et al.*, 1997B; HAYAMI *et al.*, 1999; NAKAMURA *et al.*, 2000; YANAGIHARA *et al.*, 2000), 軟骨内での ChM-I の存在様式等は明らかにされていない。無血管・神経組織における ECM の特徴や役割を明らかにすることは、畜産資源としての軟骨等の付加価値を高めるためには極めて重要であり、本研究では、ChM-I の軟骨での局在や培養系での挙動を調べ、軟骨における ChM-I の存在様式と役割を検討した。

材料および方法

供試動物

屠殺場より入手した胎齢 5-7 ヶ月のウシ胎子 (4 頭) より、肋軟骨および臍帯動脈を採取し、実験に供試した。

軟骨片および組織切片の調製

疎性結合組織だけをを取り除いた無傷 (intact) の軟骨片と軟骨膜も除去し切開した軟骨片 (dissected) を調製した。軟骨の組織切片は、無傷の軟骨片を OCT コンパウンド (Tissue-Tek; SAKURA, Tokyo) に包埋し凍結後、クリオスタット (CM 3000; Leica, Germany) を用いて肋軟骨長軸を横断する厚さ 6 μm に薄切し、凍結横断切片として作成した。スライドグラスに密着させた切片は、ヘマトキシリン・エオシン染色、トルイジンブルー (TB) 染色および免疫染色に供試した。

細胞の調製と培養

軟骨細胞は、切開した軟骨片をさらに 1 mm 角程度に細切し、培養ディッシュに付着させ 3 週間器官培養し、軟骨細胞を軟骨組織片から遊出させる組織片遊出培養法により調製した (黒木, 1990)。血管内皮細胞は、HOSHI and MCKEEHAN (1984) の方法により調製した。すなわち、臍帯動脈内腔の血液を生理食塩水 (PBS)

で洗浄した後、0.2% ディスパーゼ (Sigma, USA) を含む PBS による 37°C, 45 分間処理により分離した細胞を、血管内皮細胞として回収した。

上記によって得られた軟骨および血管内皮細胞は、10% ウシ胎子血清 (FBS; JRH biosciences, USA), 100 IU/ml ペニシリン (Nacalai, Kyoto), 100 mg/ml ストレプトマイシン (Nacalai), 18 mM HEPES (Nacalai) を含む Dulbecco's modified Eagle medium (DMEM; Sigma) を成長培養液として用い、5% CO₂, 95% air, 湿度 100%, 37°C に設定した CO₂ インキュベーター内で培養した。継代培養に当たっては、1 継代で細胞数が倍加するように調整し、軟骨細胞では 3-5 継代細胞を、血管内皮細胞では 5-8 継代細胞を実験に用い、各実験は、3 重培養 (n=3) で行った。

ChM-I の溶出試験

無傷および切開した軟骨片 2 種類を各々 6 穴プレート (Becton Dickinson, USA) 底面に付着させ、成長培養液に懸濁した血管内皮細胞 (4×10^4 個) を播種した。培養 2, 10, 12, 24 および 48 時間後に、軟骨片から生理的条件下の培養液に溶出した ChM-I が血管内皮細胞に及ぼす影響を倒立位相差顕微鏡 (OLYMPUS, Tokyo) 下で観察した。

ChM-I の培養系における挙動試験

分泌時および細胞外での ChM-I の挙動を、培養軟骨細胞の免疫染色と培地が細胞増殖に及ぼす影響によって調べた。

軟骨細胞 (5×10^3 個) を 8 穴のラプテックチャンバースライド (Nalge Nunc, USA) に播種し、成長培養液を用いて 3 週間培養後に免疫染色に供試した。

軟骨細胞を高密度に群生した状態に保ち、4 日毎に回収した培養液を濾過 (ADVANTEC DISMIC-25CS; Toyo Roshi, Tokyo) し、軟骨細胞馴化培地として用いた。血管内皮および軟骨細胞各 4×10^4 個を 6 穴プレート (Becton Dickinson) に播種し、成長培養液 (コントロール) と軟骨細胞馴化培地を用いて培養した。各培養液は 2 日毎に交換し、血管内皮細胞については 2 日毎、軟骨細胞は 4 日毎に細胞数を測定した。

免疫染色

軟骨の組織切片および培養細胞の免疫染色は、間接蛍光抗体法によって行った。無処理およびグリコサミノグリカン (GAG) を除去するために精巢由来のヒアルロニダーゼ (Biozyme, UK) 溶液 (10 mg/ml in PBS) で 37°C, 30 分間処理した切片と培養細胞を PBS で洗浄し、10% ホルマリン (Wako, Osaka) を含む PBS で 5 分間固定し再度 PBS で洗浄した。Triton X-100 (Wako) を 1% 含む PBS に 5 分間浸漬した後、0.05% Tween 20 (Nacalai) を含む PBS (T-PBS) で

洗浄し、非特異的反応を防止するために3%カゼイン(Nacalai)と1%BSA(Sigma)を含むT-PBS(ブロッキング液)で37°C、30分間処理した。ブロッキング液で希釈した一次抗体と37°Cで90分間反応させT-PBSで洗浄した後、200倍に希釈した二次抗体(FITC conjugated anti-rabbit IgG; Cappel, USA)と37°Cで30分間反応させた。染色標本は、T-PBSで洗浄後、Perma Fluor (Lipshaw, USA)で封入し蛍光顕微鏡(OLYMPUS)で観察した。なお、一次抗体には、20倍

に希釈した anti-bovine chondromodulin-I (NAKAMURA *et al.*, 2000)と300倍に希釈した anti-bovine type II collagen (LB-1297; LSL, Tokyo)を使用した。

結 果

ChM-Iの軟骨組織における局在

ウシ胎子肋軟骨において、軟骨膜はエオシンにより赤染され、軟骨基質はTBの異染色性により全体が紫

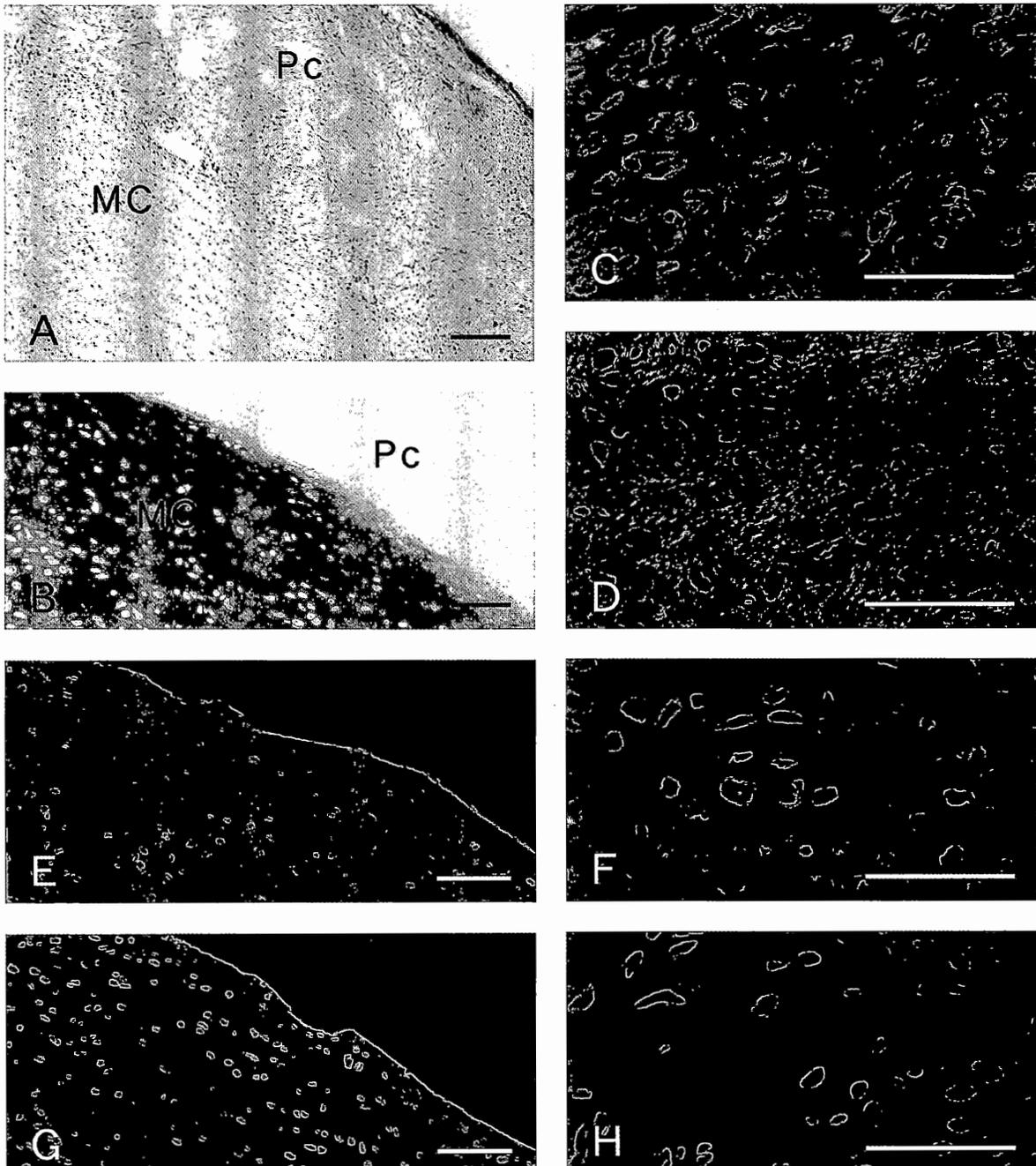


Fig. 1. Immunolocalization of chondromodulin-I and type II collagen in cartilage tissue. Cross sections of fetal bovine costal cartilage were stained with hematoxylin and eosin (A), toluidine blue (TB; B), anti-ChM-I (C, E, F) or anti-type II collagen antiserum (D, G, H) and photographed under a normal optical microscope (A, B) or an epifluorescent microscope (C-H). E-H were treated with hyaluronidase before staining but A-D were not. Matrix cartilaginea (MC) showed positive reaction with TB, anti-ChM-I and anti-type II collagen antisera, but perichondrium (Pc) was not stained with them. Scale bars, 100 μ m.

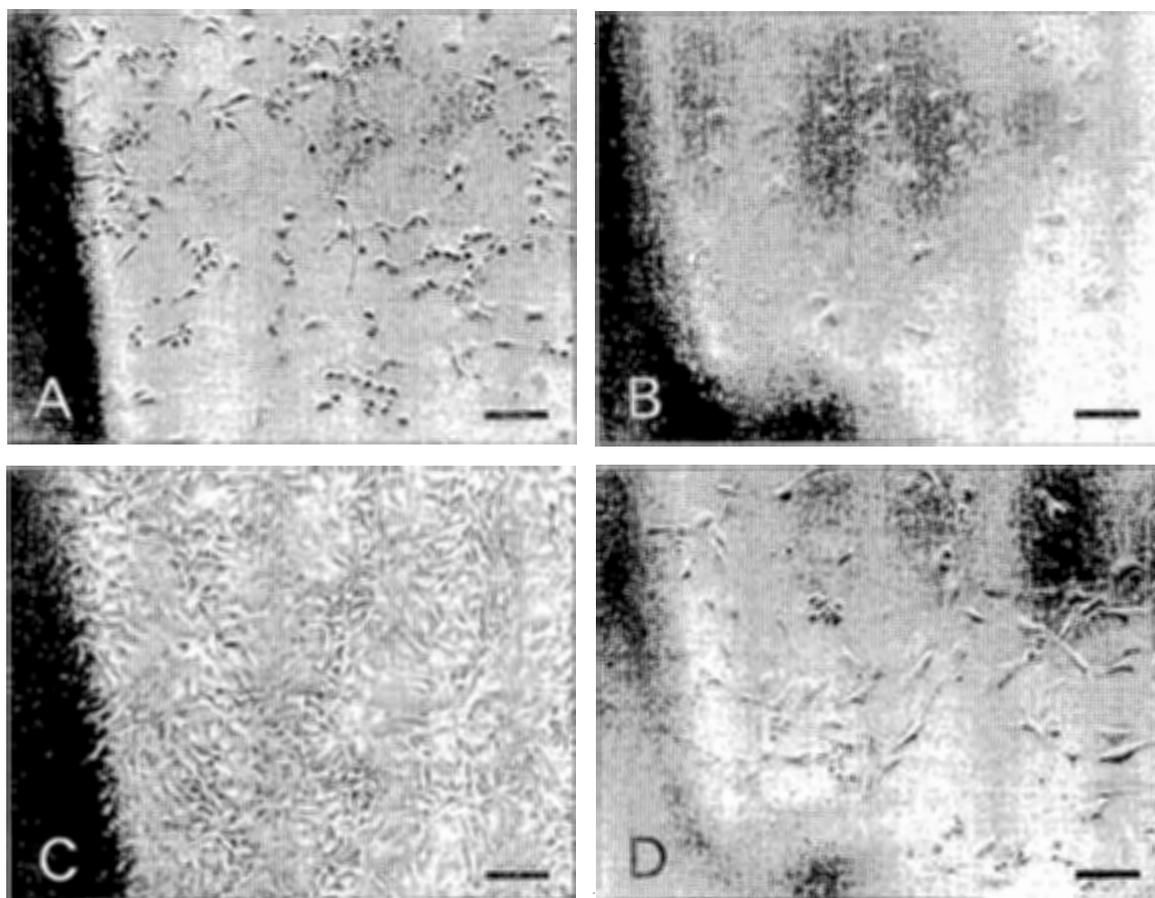


Fig. 2. Inhibitory effect of dissected cartilage on the attachment and growth of endothelial cells. Bovine vascular endothelial cells were plated on culture dishes containing intact (A, C) or dissected cartilage (B, D), and photographed after 2 (A, B) and 48 h (C, D) of culture under a phase-contrast microscope. Endothelial cells were attached to the culture dish around intact cartilage and increased exponentially, but they did not grow around dissected cartilage. Scale bars, 100 μ m.

染されていた (Fig. 1 A, B). 無処理切片を用いた免疫染色において, ChM-I は軟骨細胞が存在する小腔周囲だけが強い陽性反応を示し (Fig. 1 C), II 型コラーゲンは小腔周囲の細胞領域基質に加え, 領域間基質における散在性の陽性反応が観察された (Fig. 1 D). ヒアルロニダーゼ処理により GAG を除去した切片では, 抗 ChM-I および II 型コラーゲン抗体によって, 軟骨膜は染色されていないが, 軟骨基質は全体的に染色され (Fig. 1 E, G), 拡大像においては, 細胞領域基質, 領域間基質がほぼ均一に両抗体により染色されていた (Fig. 1 F, H).

ChM-I の軟骨片からの溶出

軟骨膜を有する無傷の軟骨片の周囲では, 播種 2 時間後でも相当数の血管内皮細胞が培養ディッシュに接着しており (Fig. 2 A), 48 時間後には, 指数関数的に増殖した細胞によりディッシュ底面が覆われていた (Fig. 2 C). 一方, 軟骨膜を除去し基質を切開した軟骨片周囲では, 播種 2 時間後にディッシュに接着している細胞数が無傷の軟骨周囲に比して少なく, 48 時間

後でも血管内皮細胞の顕著な増加は観察されなかった (Fig. 2 B, D). 図示はしなかったが, 播種 10 時間後には接着していた細胞が 12 時間後には剥離する像も観察されたが, 切開した軟骨周辺でのこれらの現象は, 抗 ChM-I 抗体 (IgG 画分) を予め培養液に添加した場合には観察されなかった.

ChM-I の培養軟骨細胞層における局在

単層培養したチャンパー中央部の軟骨細胞は, 抗 ChM-I 抗体によって核以外の細胞質が染色されるとともに, その細胞層上部では線維状の陽性反応による比較的大きな網目構造が観察された (Fig. 3 A). 一方, 中央部より細胞密度が高い辺縁部では, 抗 ChM-I 抗体によって軟骨細胞外周部が網目様に強染されていた (Fig. 3 B). 異なるチャンパーを抗 II 型コラーゲン抗体によって染色した場合も, 細胞密度が比較的低い中央部の細胞層上部では ChM-I と類似した大きな網目構造が観察され (Fig. 3 C), 辺縁部の軟骨細胞は核以外の細胞質が点状に染色されていたが, 細胞膜外周部の染色像は観察されなかった (Fig. 3 D).

軟骨細胞馴化培地が細胞の増殖に及ぼす影響

軟骨細胞馴化培地により、血管内皮細胞の増殖は抑制され、軟骨細胞の増殖は促進された (Fig. 4). コントロールの成長培養液による8日間の培養によって血管内皮細胞は、 4×10^4 個から 6×10^5 個に増加したのに対し、軟骨細胞馴化培地中では半分以下の 2.8×10^5 個に達しただけであった。一方、軟骨細胞は、成長培養液によっては12日間で 2.8×10^5 個に増加しただけだが、軟骨細胞馴化培地中では倍近い 5×10^5 個に達していた。なお、これら軟骨細胞馴化培地の細胞増殖抑制および促進効果は、抗 ChM-I 抗体 (IgG 画分) の添加により中和された (図示せず)。

考 察

軟骨基質は、II 型、IX 型および XI 型コラーゲンからなるヘテロなコラーゲン細線維のネットワーク構造を基本骨格として、ヒアルロン酸がこの骨格を縦横に結び付け、アグリカン等のプロテオグリカンがその間隙を充填することにより形成されている (BLASCHKE *et al.*, 2000). ChM-I は、ヒアルロン酸およびプロテオグリカンの GAG 鎖を除去する事により、II 型コラーゲンと同様、基質全体での存在が観察された。従って、ChM-I は、軟骨基質において、コラーゲン細線維に直接結合していると考えられ、このことは、単離し

た ChM-I がコラーゲンゲルに吸着されること (NAKAMURA *et al.*, 2000) および培養軟骨細胞層の免疫染色において、ChM-I と II 型コラーゲンは類似した細胞外の大きな網目状に局在していたことによっても示唆された。

しかし、ChM-I は、コラーゲン細線維上に固定不動化されてはいなかった。なぜなら、ChM-I は、軟骨膜を有し基質が損傷を受けていない無傷の軟骨片からは溶出しなかったが、基質を切開した軟骨片からは、生理的条件下の培養液に溶出し、血管内皮細胞の接着と増殖を抑制したからである。さらに、軟骨細胞馴化培地が血管内皮細胞の増殖を半減させ、軟骨細胞の増殖を倍加させたことは、軟骨細胞で合成され培養液中に分泌された ChM-I は、細胞外の網目構造に固相化される以上の割合で可溶化した状態で培養液中に存在していることを示唆しており、ChM-I 自体では固体化し難いと考えられるからである。

一方、ChM-I が生理的条件下で容易に組織から溶出し、培養細胞から分泌された後も生理的条件下で可溶化していることは、ChM-I は軟骨特有の ECM タンパク質ではあるが、軟骨の骨格構造形成に対する寄与が小さいことを意味している。この ChM-I の軟骨における存在様式は、ChM-I の軟骨細胞増殖促進活性と血管新生抑制活性がいずれも液性因子として見いだされた

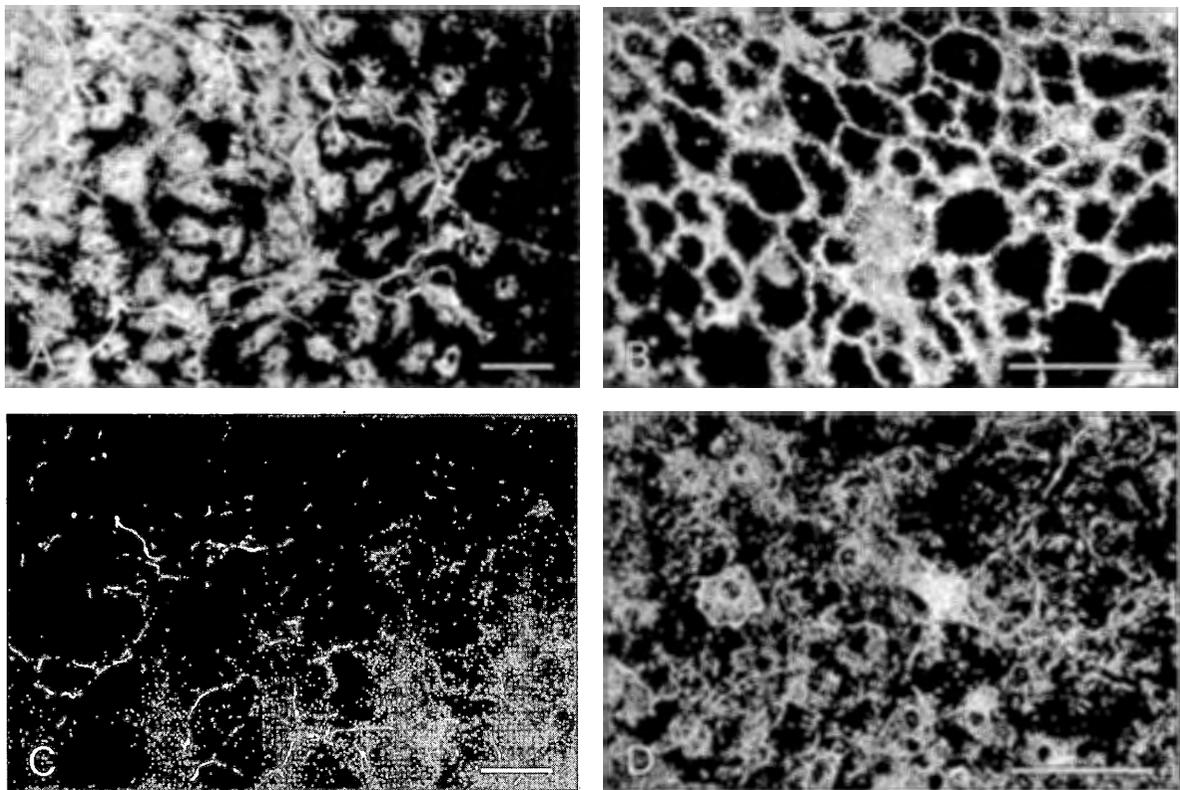


Fig. 3. Immunolocalization of chondromodulin-I and type II collagen in cultured chondrocytes. Chondrocytes cultured for 3 weeks in growth medium were stained with anti-ChM-I (A, B) or anti-type II collagen antiserum (C, D). The central regions (A, C) and the peripheral regions of culture chambers (B, D) are shown. Fibrous extracellular networks were observed in A and C. Scale bars, 100 μ m.

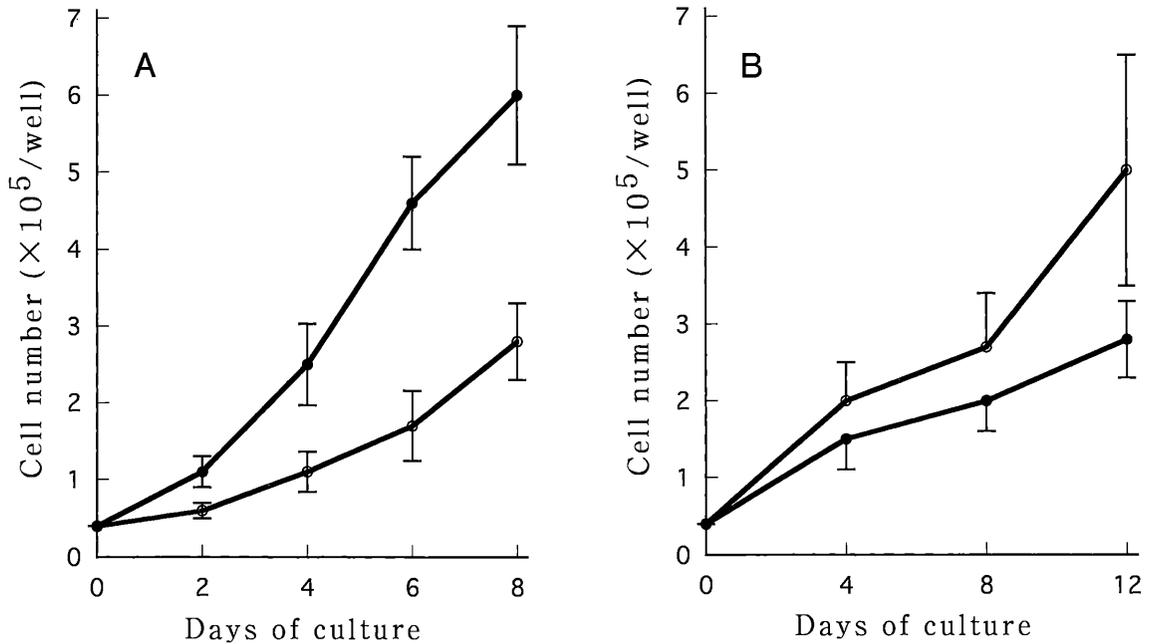


Fig. 4. Effects of chondrocyte conditioned medium on the proliferation of endothelial cells and chondrocytes. Bovine vascular endothelial cells (A) and chondrocytes (B) were cultured in control growth medium (●) or chondrocyte conditioned medium (○). The chondrocyte conditioned medium inhibited the growth of endothelial cells but stimulated that of chondrocytes. Vertical lines indicate SD.

こと (HIRAKI *et al.*, 1991; HIRAKI *et al.*, 1997A) からも支持される。

本研究で得られた実験結果と上記の考察を統合すると、ChM-Iの軟骨組織における存在様式および役割は以下の様に総括される。軟骨細胞で合成されたChM-Iは、Fig. 3 Bで観察された様に一旦細胞膜上に保持され、細胞膜外のChM-Iが酵素により切断され、成熟型ChM-Iとして分泌される (HIRAKI *et al.*, 1997A)。分泌された成熟ChM-Iは、培養系においてはFig. 3 Cで観察された大きな網目状に、軟骨組織では細胞領域および領域間基質に大量に存在するコラーゲン細線維 (Fig. 1 G) に捕縛され、Fig. 3 AおよびFig. 1 Eの様にII型コラーゲンと共存している。そして通常は、マトリクリン、すなわち、コラーゲン細線維を介したマトリックス—自己分泌機構により軟骨細胞の増殖調節に関与しているが、軟骨基質が損傷を受けた場合には、基質外にも溶出して、軟骨膜からの血管の侵入を防ぐ。従って、ChM-Iは、無血管組織としての軟骨の恒常性維持にとっては必要不可欠なECM成分であるが、軟骨の骨格構造を維持する機能は小さいと考えられた。

文 献

BLASCHKE, U. K., E. F. EIKENBERRY, D. J. S. HULMES, H. J. GALLA and P. BRUCKNER (2000) Collagen XI nucleates self-assembly and limits lateral growth of cartilage fibrils. *J. Biol. Chem.*, **275**: 10370-10378.

HAYAMI, T., C. SHUKUNAMI, K. MITSUI, N. ENDO, K. TOKUNAGA, J. KONDO, H. E. TAKAHASHI and Y. HIRAKI (1999) Specific loss of chondromodulin-I gene expression in chondrosarcoma and the suppression of tumor angiogenesis and growth by its recombinant protein *in vivo*. *FEBS Letters*, **458**: 436-440.

HIRAKI, Y., H. TANAKA, H. INOUE, J. KONDO, A. KAMIZONO and F. SUZUKI (1991) Molecular cloning of a new class of cartilage-specific matrix, chondromodulin-I, which stimulates growth of cultured chondrocytes. *Biochem. Biophys. Commun.*, **175**: 971-977.

HIRAKI, Y., H. INOUE, K. IYAMA, A. KAMIZONO, M. OCHIAI, C. SHUKUNAMI, S. IJIMA, F. SUZUKI and J. KONDO (1997A) Identification of chondromodulin I as a novel endothelial cell growth inhibitor. Purification and its localization in the avascular zone of epiphyseal cartilage. *J. Biol. Chem.*, **272**: 32419-32426.

HIRAKI, Y., T. KONDO, M. SATO, C. SHUKUNAMI and J. KONDO (1997B) Inhibition of DNA synthesis and tube morphogenesis of cultured vascular endothelial cells by chondromodulin-I. *FEBS Letters*, **415**: 321-324.

HIRAKI, Y., K. MITSUI, N. ENDO, K. TAKAHASHI, T. HAYAMI, H. INOUE, C. SHUKUNAMI, K. TO-

- KUNAGA, T. KONO, M. YAMADA, H. E. TAKAHASHI and J. KONDO (1999) Molecular cloning of human chondromodulin-I, a cartilage-derived growth modulating factor, and its expression in chinese hamster ovary cells. *Eur. J. Biochem.*, **260**: 869-878.
- HOSHI, H. and W. L. MCKEEHAN (1984) Brain- and liver cell-derived factors are required for growth of human endothelial cells in serum-free culture. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.*, **81**: 6413-6417.
- 黒木登志夫(1990) 新化学実験講座 18 細胞培養技術. 分離培養の項執筆. 日本生化学会編. 115-223. 東京化学同人. 東京.
- NAKAMURA, F., T. FUJIOKA, Y. HIRAOKA, Y. KUBO and S. FUKUNAGA (2000) Inhibitory effects of bovine cartilage chondromodulin-I on angiogenesis in vitro. *Anim. Sci. J.*, **71**: 486-493.
- 鈴木不二男(1996) コンドロモジュリン-I. *組織培養*, **22**: 264-268.
- 鈴木日出夫(1999) 血管新生阻害剤と癌の抑制. *実験医学*, **17**: 747-752.
- YANAGIHARA, I., M. YAMAGATA, N. SAKAI, C. SHUKUNAMI, H. KURAHASHI, M. YAMAZAKI, T. MICHIGAMI, Y. HIRAKI and K. OZONO (2000) Genomic organization of the human chondromodulin-I gene containing a promoter region that confers the expression of reporter gene in chondrogenic ATDC5 cells. *J. Bone & Mineral Res.*, **15**: 421-429.



原 著

アルファルファおよびコーンサイレージ給与割合の違いが 去勢牛の十二指腸への窒素移行量に及ぼす影響

川島 千帆・木村 文香・花田 正明・河合 正人・岡本 明治
帯広畜産大学, 帯広市 080-8555

Effect of Replacing Alfalfa Silage with Corn Silage on the Duodenal Nitrogen Flows of Steers

Chiho KAWASHIMA, Ayaka KIMURA, Masaaki HANADA, Masahito KAWAI and Meiji OKAMOTO

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

キーワード : アルファルファサイレージ, コーンサイレージ, 分解性タンパク質, 非構造化炭水化物, 十二指腸
への窒素移行量

Key words : alfalfa silage, corn silage, degradable intake protein, non-structural carbohydrate, duodenal
nitrogen flows

Abstract

The objective was to evaluate the effect of the ratio of degradable intake protein (DIP) to non-structural carbohydrate (NSC) on the nitrogen flows to duodenum of steers by replacement alfalfa silage with corn silage. Six Holstein steers fitted with ruminal and duodenal cannulae were divided into two 3 x 3 Latin squares with 20d periods. In the first Latin square, the steers were fed three diets contained (dry matter basis): 1) 100% alfalfa silage (AS100), 2) 80% alfalfa silage, 20% corn silage (AS80), or 3) 60% alfalfa silage, 40% corn silage (AS60). In the another Latin square, the steers were fed three diets contained (dry matter basis): 1) 40% alfalfa silage, 60% corn silage (AS40), 2) 20% alfalfa silage, 80% corn silage (AS20) or 100% corn silage (AS0). The ratio of DIP to NSC in the diet was ranged from 0.49 of AS100 to 0.16 of AS0. There were linear decreases of CP and DIP intake with the increase of the proportion of corn silage in the diet, but NSC intake was not affected by the replacement with corn silage. The decrease of the ratio of DIP intake to NSC intake by the replacement with corn silage caused the decrease of nitrogen absorption from the rumen and the improvement on the efficiency of microbial nitrogen synthesis from DIP. However, the total nitrogen flow to duodenum tended to be decreased and the microbial nitrogen flow to the duodenum was not improved by the replacement with corn silage. The ammonium nitrogen concentration in the ruminal fluid was lower than 5.0 mg/dl and the NDF digestibility in the rumen decreased when the steers fed AS20 and AS0. These results indicated that the replacement alfalfa silage with corn silage improved the efficiency of nitrogen utilization in the rumen, however, higher proportion of corn silage caused nitrogen deficiency for ruminal digestion.

要 約

アルファルファサイレージとコーンサイレージの給与割合を変え, 非構造化炭水化物 (NSC) 摂取量に対

する分解性タンパク質 (DIP) 摂取量の割合が, 去勢牛の十二指腸への窒素 (N) 移行量に及ぼす影響について検討した。反芻胃および十二指腸カニューレを装着したホルスタイン種去勢牛6頭を1期20日間の2つの3×3のラテン方格に割り当てた。1つめのラテン方格では, 3頭の去勢牛にアルファルファサイレージ

受理 2001年1月5日

とコーンサイレージを乾物混合比で1) 100:0 (AS 100区), 2) 80:20 (AS 80区), 3) 60:40 (AS 60区) の割合で, もう1つのラテン方格では, 1) 40:60 (AS 40区), 2) 20:80 (AS 20区), 3) 0:100 (AS 0区) の割合で給与した。飼料中の NSC に対する DIP の割合は, AS 100 区の 0.49 から AS 0 区の 0.16 の範囲であった。アルファルファサイレージに対するコーンサイレージの給与割合を高めると N および DIP 摂取量は減少したが, NSC 摂取量は飼料中のコーンサイレージの給与割合を高めても変わらなかった。NSC 摂取量に対する DIP 摂取量の割合の減少は, 反芻胃からの N 吸収量の減少と DIP の微生物態 N への転換効率を改善させた。しかし, アルファルファサイレージに対するコーンサイレージの給与割合を高めても, 十二指腸への全 N 移行量は減少する傾向がみられ, 十二指腸への微生物態 N 移行量は増加しなかった。AS 20 区と AS 0 区において, 反芻胃内容液中のアンモニア態 N 濃度は 5.0 mg/dl よりも低くなり, 反芻胃内での NDF 消化率は他の処理区よりも低かった。これらの結果, アルファルファサイレージに対するコーンサイレージの給与割合を高めることは, 反芻胃内での N 利用効率を改善したが, コーンサイレージの給与割合を一定以上に高めると反芻胃内での N 不足を引き起こすと考えられた。

緒 言

近年, 品種改良により北海道に適應したアルファルファの栽培が行われてきている。アルファルファは, 粗飼料の中でも採食量が多くタンパク質やカルシウムなどのミネラルを豊富に含んでいるおり, 飼料価値が高いといわれている。したがってアルファルファサイレージはこれからの北海道で重要な粗飼料になると考えられる。アルファルファは粗飼料の中でもタンパク質含量が多いが, 反芻胃内で微生物によって分解される分解性タンパク質 (DIP) が高いため, 反芻胃から吸収される N 量が多いといわれている (PELTEKOVA and BRODERICK, 1996)。DIP 含量の高い粗飼料に非構造性炭水化物 (NSC) 源として濃厚飼料を給与することにより, 反芻胃内での微生物態 N 合成量を高めることが可能であることが報告されている (MABJEESH *et al.*, 1997)。これらのことから, アルファルファサイレージ給与時において NSC を供給することにより反芻胃内における微生物態 N 合成量が高まり, アルファルファサイレージの N 利用性を改善できると考えられる。しかし, アルファルファサイレージに NSC 源として粗飼料を用い, 微生物態 N 合成について調べた実験報告は少ない。

そこで本試験ではアルファルファサイレージに NSC 源としてコーンサイレージを異なる割合で混合給与し, NSC に対する DIP 割合と微生物態 N 合成量

および十二指腸への N 移行量との関係を検討した。

材料と方法

供試家畜は反芻胃および十二指腸カニューレ装着ホルスタイン種去勢牛 6 頭を用いた (平均体重 321 kg)。十二指腸カニューレは直径 19.5 mm のポリエチレン製 T 型カニューレを用いた。供試飼料は帯広畜産大学附属農場で生産された 4 番草のアルファルファを用いて調製したサイレージと, 糊熟期に収穫し約 2 cm に切断して調製したコーンサイレージとした。給与飼料のアルファルファサイレージとコーンサイレージの給与割合は乾物混合比で AS 100 区では 100:0, AS 80 区では 80:20, AS 60 区では 60:40, AS 40 区では 40:60, AS 20 区では 20:80, AS 0 区では 0:100 と設定し, AS 100 区, AS 80 区, AS 60 区と AS 40 区, AS 20 区, AS 0 区でそれぞれ 3×3 のラテン方格法に基づいて給与した。飼料の給与量は 1995 年日本飼養標準「肉牛」に示されている乳用去勢牛の TDN 維持要求量とし, 飼料は 1 日 2 回に分け 8:00 と 18:00 に給与した。水およびミネラルブロックは自由摂取させた。また, 十二指腸への乾物移行量を推定するために, 乾物給与量の約 0.1% の酸化クロムを 1 日 2 回に分け, 各飼料給与時に反芻胃へ投与した。

試験期間は 1 期 20 日間とした。14~17 日目に給与飼料と残食を採取し, 十二指腸内容物は 18 日目の 1000, 1400, 1800, 2200, 19 日目の 0200, 0600, 0800, 1200, 1600, 2000, 20 日目の 0000, 0400 に十二指腸カニューレより採取した。各採取時間につき各個体から約 200 ml の内容物を採取し, アンモニア態 N 分析用に 20 g, その他の分析用は 150 g 取り分けてそれぞれ分析まで冷凍保存した。なお, アンモニア態 N 分析用に採取した試料には採取時に 50% 硫酸を 2, 3 滴添加した。反芻胃内容液は 20 日目の 0800, 0930, 1100, 1230, 1400, 1800 に吸引ポンプにより 100 ml 採取し, 4 枚重ねのガーゼで濾し 50% の硫酸を 1 ml 入れ, アンモニア態 N の分析まで冷凍保存した。このとき同時に静脈血を真空採血管を用いて採取し, 38°C で 30 分間保温した後, 4°C, 3500 rpm で 15 分間遠心分離し, 血清を採取し分析まで冷凍保存した。

給与飼料および残食の化学成分はそれぞれ以下の方法で測定した。水分含量は乾物で約 15 g の試料を一晩冷凍した後, 12 時間凍結乾燥器で凍結乾燥させ, 再び一晩冷凍した後 15 時間凍結乾燥器で凍結乾燥させた後に重量を測定して求めた。粗灰分 (ASH) および粗脂肪 (CFAT) は常法 (森本, 1971), N はケルダール法 (森本, 1971), 中性デタージェント繊維 (NDF) および中性デタージェント液に不溶な N (NDIN) は VAN SOEST の方法 (VAN SOEST *et al.*, 1991) によりそれぞれ分析した。NSC は以上の分析結果から STERN *et al.* (1994) の方法を一部修正した下記の式

を用いて算出した。

$$NSC = OM - (CFAT + CP + NDF - NDIP)$$

DIP は飼料成分の CP から NDIP を差し引いて算出し (RUSSELL and HESPELL, 1981), これを DIP (*in vitro*) とした。

$$DIP (in vitro) = CP - NDIP$$

これに対し, 十二指腸への N 移行量などから下記の式より算出した DIP を DIP (*in vivo*) とした。

$$DIP (in vivo) \text{ 摂取量} = N \text{ 摂取量} - (\text{十二指腸への非アンモニア態 N (NAN) 移行量} - \text{十二指腸への微生物態 N 移行量})$$

十二指腸内容物は凍結乾燥後, 乾物, N を飼料の化学成分と同様の方法, 酸化クロムはリン酸カリ試薬法 (森本, 1971), プリンは比色法 (ZINN and OWENS, 1986) によって分析した。十二指腸内容物のアンモニア態 N は除タンパク直接比較法 (斎藤ら, 1979) により分析した。十二指腸への乾物移行量および微生物態 N 移行量は以下の式より算出した。

$$\text{十二指腸への乾物移行量} =$$

$$1 \text{ 日の酸化クロム投与量} \div \text{十二指腸内容物中の酸化クロム濃度}$$

$$\text{十二指腸への微生物 N 移行量} =$$

$$\text{反芻胃内微生物態 N 含量} \div \text{反芻胃内微生物プリン含量}$$

$$\times \text{十二指腸へのプリン移行量}$$

反芻胃内容液のアンモニア態 N は十二指腸内容物と同様の方法で分析し, 血清中の尿素態窒素はジアセチルモノオキシム法 (尿素 N-テストワコー, 278-04801, 和光純薬工業株式会社) により分析した。反芻胃内微生物は SMITH and McALLAN (1974) の方法により反芻胃内容液から遠心分離し, 凍結乾燥後, 微生物態 N と微生物中のプリンを十二指腸内容物と同様の方法で測定した。

結果および考察

供試飼料の化学成分含量および NSC 含量に対する DIP 含量の割合を表 1 に示した。供試飼料の N 含量は 3.5 から 1.5% の範囲であり, アルファルファサイレージに対するコーンサイレージの給与割合を増加させることにより低下した。飼料成分から算出した DIP (*in vitro*) も供試飼料の N 含量と同様にアルファルファサイレージに対するコーンサイレージの給与割合を高めることで低下し, 19.2 から 7.9% の範囲であった。供試したアルファルファサイレージの原料草は 4 番草であり, 草丈 30 cm, 再生期間が 46 日間と短かったため, 一般的なアルファルファサイレージの NDF 含量よりもかなり低く, 供試したコーンサイレージよりも NDF 含量は少なかった。このため, 供試飼料の NDF 含量は AS 100 区の 25.3% から AS 0 区の 32.5% とアルファルファサイレージに対するコーンサイレージの給与割合を高めることにより増加した。また, NSC 含量はコーンサイレージの給与割合を増やすことにより 39.1 から 50.8% と増加し, その結果, NSC 含量に対する DIP (*in vitro*) 含量の割合は, AS 100 区の 0.49 から AS 0 区の 0.16 と低下した。

代謝体重当たりの乾物, OM, N, DIP, NSC 摂取量および NSC 摂取量に対する DIP (*in vitro*) 摂取量の割合を表 2 に示した。飼料給与量を TDN 維持要求量でそろえたため, アルファルファサイレージに対するコーンサイレージの給与割合の増加に伴い乾物および OM 摂取量は低下した。N および DIP (*in vitro*) 摂取量はアルファルファサイレージに対するコーンサイレージの給与割合を高めることで低下し, N 摂取量は AS 100 区の 2.7 g/MBS/日 から AS 0 区の 0.9 g/MBS/日, DIP (*in vitro*) 摂取量は AS 100 区の 14.4 g/MBS/日 から 4.9 g/MBS/日の値を示した。NDF および NSC 摂取量はアルファルファサイレージに対するコーンサイレージの給与割合を高めても変わらない

Table 1 Chemical composition of experimental feed (%).

	Latin square 1				Latin square 2			Difference between squares
	AS100	AS80	AS60		AS40	AS20	AS0	
DM	41.0 ^a	39.2 ^b	37.4 ^c	%FM	35.1 ^x	33.2 ^y	31.2 ^z	P<0.05
OM	86.3 ^c	88.0 ^b	89.8 ^a	%DM	91.7 ^z	93.5 ^y	95.4 ^x	P<0.05
N	3.5 ^a	3.1 ^b	2.7 ^c		2.3 ^x	1.9 ^y	1.5 ^z	P<0.05
DIP (<i>in vitro</i>)	19.2 ^a	16.9 ^b	14.7 ^c		12.5 ^x	10.2 ^y	7.9 ^z	P<0.05
NDF	25.3 ^c	26.6 ^b	27.9 ^a		29.7 ^z	31.0 ^y	32.5 ^x	P<0.05
NSC	39.1 ^c	41.5 ^b	44.0 ^a		46.0 ^z	48.4 ^y	50.8 ^x	P<0.05
DIP (<i>in vitro</i>)/NSC	0.49 ^a	0.41 ^b	0.33 ^c	%/%	0.27 ^x	0.21 ^y	0.16 ^z	P<0.05

$$DIP (in vitro) = CP - NDIP$$

a, b, c: Means on the same line with different superscripts are significantly different (P<0.05)

x, y, z: Means on the same line with different superscripts are significantly different (P<0.05)

Table 2 DM, OM, N, DIP, NDF, NSC intake (g/MBS/d) and the ratio of DIP intake to NSC intake.

	Latin square 1			Latin square 2			Difference between squares
	AS100	AS80	AS60	AS40	AS20	AS0	
	g/MBS/d						
DM	75.2	72.6	70.1	65.7	64.9	61.6	P<0.05
OM	64.8	63.9	62.9	60.2	60.7	58.7	P<0.05
N	2.7 ^a	2.3 ^{ab}	1.9 ^b	1.5 ^x	1.2 ^{xy}	0.9 ^y	P<0.05
DIP (<i>in vitro</i>)	14.4 ^a	12.3 ^{ab}	10.3 ^b	8.2 ^x	6.6 ^{xy}	4.9 ^y	P<0.05
NDF	19.0	19.3	19.6	19.5	20.2	20.0	NS
NSC	29.4	30.2	30.9	30.2	31.4	31.3	NS
	g/g						
DIP (<i>in vitro</i>)/NSC	0.49 ^a	0.41 ^b	0.33 ^c	0.27 ^x	0.21 ^y	0.16 ^z	P<0.05

DIP (*in vitro*)=CP-NDIP

a, b, c: Means on the same line with different superscripts are significantly different (P<0.05)

x, y, z: Means on the same line with different superscripts are significantly different (P<0.05)

NS: no significance (P>0.05)

Table 3 DIP (*in vivo*) intake, the ratio of DIP (*in vivo*) intake to NSC intake and duodenal total nitrogen, non-ammonium nitrogen, microbial nitrogen flows.

	Latin square 1			Latin square 2			Difference between squares	
	AS100	AS80	AS60	AS40	AS20	AS0		
	g/MBS/d							
DIP (<i>in vivo</i>)	10.4	9.2	7.0	5.6	3.0	2.8	P<0.05	
	g/g							
DIP (<i>in vivo</i>)/NSC	0.35	0.31	0.23	0.19 ^x	0.10 ^y	0.09 ^y	P<0.05	
	g/MBS/d							
Doudeanal flows	total N	1.78	1.46	1.37	1.33	1.29	1.17	NS
	NAN	1.57	1.26	1.24	1.24	1.23	1.13	NS
	microbial N	0.58	0.46	0.45	0.63	0.48	0.67	NS

DIP (*in vivo*)=nitrogen intake-(duodenal non-ammonium nitrogen flow-duodenal microbial nitrogen flow)

x, y: Means on the same line with different superscripts are significantly different(P<0.05)

NS: no significance (P>0.05)

かった。その結果、NSC 摂取量に対する DIP (*in vitro*) 摂取量の割合は、アルファルファサイレージに対する コーンサイレージの給与割合を高めることで低下した。

DIP (*in vivo*) 摂取量、NSC 摂取量に対する DIP (*in vivo*) 摂取量の割合および十二指腸への全 N、NAN、微生物態 N 移行量を表 3 に示した。飼料成分から算出した DIP (*in vitro*) と十二指腸への移行量から算出した DIP (*in vivo*) 摂取量を比較すると、DIP (*in vivo*) 摂取量は AS 100 区の 10.4 g/MBS/日から AS 0 区の 2.8 g/MBS/日と DIP (*in vitro*) 摂取量に比べかなり低い値を示し、NSC 摂取量に対する DIP (*in vivo*) 摂取量の割合も AS 100 区の 0.35 から AS 0 区の 0.09 と、NSC 摂取量に対する DIP (*in vitro*) 摂取量の割合との間に大きな差があった。このことから、RUSSELL and HESPELL (1981) の方法では DIP を過大評価する可能性が高く、今後 DIP 評価法についての再検討が必要であると考えられた。十二指腸への全 N および NAN 移行量は AS 100 区で最も多く、コーンサイレージを加えた他の区よりも高い傾向がみられ、アルファルファサイレージに対するコーンサイレージ

の給与割合を高めても全 N、NAN の十二指腸への移行量は増加しなかった。また、十二指腸への微生物態 N 移行量はアルファルファサイレージに対するコーンサイレージの給与割合を高めても増加しなかった。

図 1 に NSC 摂取量に対する DIP (*in vivo*) 摂取量

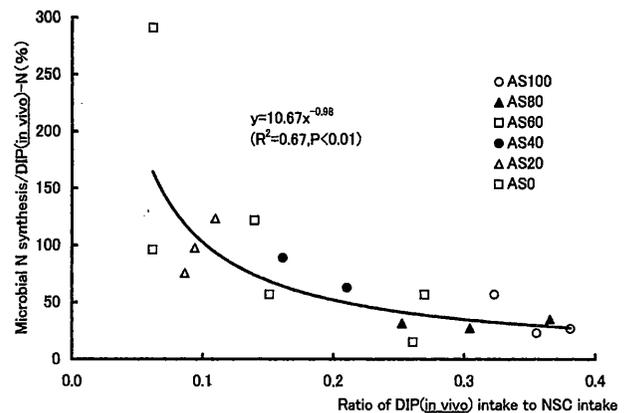


Figure. 1 Relationship between the ratio of DIP intake to NSC intake and the efficiency of microbial nitrogen synthesis from DIP (*in vivo*)-N.

の割合と DIP (*in vivo*)-N 摂取量の微生物態Nへの転換効率との関係を示した。DIP (*in vivo*) 摂取量に対する微生物態N合成量は、NSC 摂取量に対する DIP (*in vivo*) 摂取量の割合が小さくなるにつれ増加し、アルファルファサイレージに対するコーンサイレージの給与割合を高めることにより、DIP の微生物態Nへの転換効率は高まり、DIP の利用性は改善すると考えられた。

これらのことからアルファルファサイレージに対するコーンサイレージの給与割合を高めると、DIP の微生物態Nへの転換効率は高まり、反芻胃での DIP の利用性は改善されたが、十二指腸への微生物態N移行量は増加せず、期待どおりの結果とならなかった。

表 4 に反芻胃からのN吸収量、反芻胃内での NDF 消化率および反芻胃内と血液の性状を示した。反芻胃からのN吸収量は、AS 100 区で 0.88 g/MBS/日であったがアルファルファサイレージに対するコーンサイレージの給与割合を増加させることにより少なくなり、AS 20 区と AS 0 区でそれぞれ -0.06、-0.27 g/MBS/日と負の値を示した。反芻胃内容液中アンモニア態N濃度と血清中尿素態N濃度も、アルファルファサイレージに対するコーンサイレージの給与割合を増加させることで低くなった。特にコーンサイレージの給与割合を高めた AS 20 区と AS 0 区では反芻胃内容液中のアンモニア態N濃度が 2.5 mg/dl 付近の値を示し、微生物N合成が抑制されるといわれている 5 mg/dl (SATTER and SLYTER, 1974) よりもかなり低い値となった。また、血清中尿素態N濃度も 10 mg/dl 以下と低い値であった。これらのことから反芻胃内における NDF 消化率が、AS 20 区と AS 0 区で他の処理区よりも低くなったのは、反芻胃内への DIP 供給の不足によるものと考えられた。

図 2 に NSC 摂取量に対する DIP (*in vivo*) 摂取量

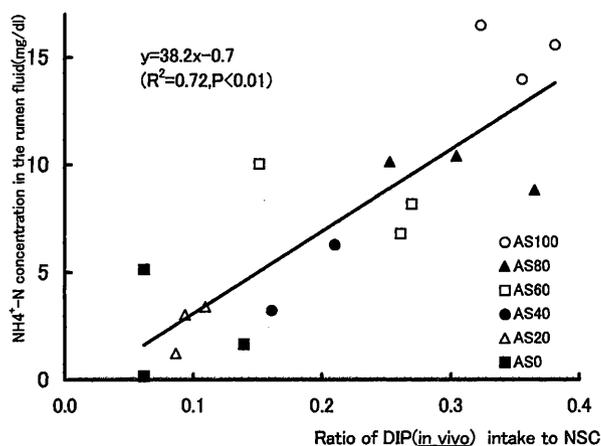


Figure. 2 Relationship between the ratio of DIP (*in vivo*) intake to NSC intake and ammonium nitrogen concentration in the rumen fluid.

の割合と反芻胃内容液中アンモニア態N濃度との関係を示した。反芻胃内容液中アンモニア態N濃度は NSC 摂取量に対する DIP (*in vivo*) 摂取量の割合を小さくすると低下し、その比を 0.15 より下げるとアンモニア態窒素濃度は 5 mg/dl 以下となった。したがって、NSC 摂取量に対する DIP (*in vivo*) 摂取量の割合を 0.15 以下にすると反芻胃への DIP 供給不足を引き起こし、微生物態N合成に影響を及ぼすと考えられた。

アルファルファサイレージに対するコーンサイレージの給与割合を高め、NSC 摂取量に対する DIP (*in vivo*) 摂取量の割合を小さくすると、DIP の微生物態Nへの転換効率は増加し、DIP の利用性は改善されると考えられたが、NSC 摂取量に対する DIP (*in vivo*) 摂取量の割合を小さくしても十二指腸への微生物態N移行量は増加しなかった。この原因として、十二指腸へのN移行量などから測定した DIP (*in vivo*) は RUSSELL and HESPELL (1981) の方法の飼料成分から算出した DIP (*in vitro*) よりも少なく、AS 20 区と AS 0 区では反芻胃への DIP 供給不足が生じたことが考えられた。これらのことからコーンサイレージの割合を高くすると DIP の微生物態Nへの転換効率は改善されるが、コーンサイレージの割合を高めすぎて NSC に対する DIP 割合を 0.15 以下にすると反芻胃への DIP 供給不足を招き、その結果、反芻胃での微生物態N合成を妨げるため、微生物態N合成量の増加は期待できないと考えられた。

文 献

- MABJEESH, S. J., A. ARIELI, I. BRUCKENTAL, S. ZAMWELL and H. TAGARI (1997) Effect of Ruminant Degradability of Crude Protein and Nonstructural Carbohydrates on the Efficiency of Bacterial Crude Protein Synthesis and Amino Acid Flow to the Abomasum of Dairy Cows. *J. Dairy Sci.*, **80**: 2939-2949.
- 森本宏 (1971) 動物栄養試験法 第 1 版. 養賢堂. 東京. 283-297.
- 農林水産省農林水産技術会議事務局編 (1995) 日本飼養標準肉牛用 (1995 年版). 中央畜産会. 東京.
- PELTEKOVA, V. D. and G. A. BRODERICK (1996) In Vitro Ruminant Degradation and Synthesis of Protein on Fractions Extracted from Alfalfa Hay and Silage. *J. Dairy Sci.*, **79**: 612-619.
- RUSSELL, J. B. and R. B. HESPELL (1981) Microbial Rumen Fermentation. *J. Dairy Sci.*, **64**: 1153-1169.
- 斎藤正行・北村元仕・丹波正治 (1979) 臨床化学分析 II. 東京化学同人. 52-54.
- SATTER, L. D. and L. L. SLYTER (1974) Effect of Ammonia Concentration on Rumen Microbial Protein Production In Vitro. *Br. J. Nutr.*, **32**: 190

- SMITH, R. H and A. B. McALLAN (1974) Some Factors Influencing the Chemical Composition of Mixed Rumen Bacteria. *Br. J. Nutr.*, **31**: 27-34.
- STERN, M. D, G. A. VAGA, J. H. CLARK, J. L. FINKINS, J. T. HUBER and D. L. PALMQUIST (1994) Evaluation of Chemical and Physical Properties of Feeds that Affect Protein Metabolism in the Rumen. *J. Dairy Sci.*, **77**: 2762-2786.
- VAN SOEST, P. J., J. B. ROBERTSON and B. A. LEWIS (1991) Methods for Dietary Fiber, Neutral Detergent Fiber and Nonstarch Polysaccharides in Relation to Animal Nutrition. *J. Dairy Sci.*, **74**: 3583.
- ZINN, R. A and F. N. OWENS (1986) A Rapid Procedure for Purine Measurement and Its Use for Estimating Net Ruminal Protein Synthesis. *Can. J. Anim. Sci.*, **66**: 157-166.

美幌峠牧場における野生エゾシカの牧草地利用行動

檜山 知弘・増子 孝義・石島 芳郎

東京農業大学生物産業学部, 網走市 099-2493

The pasture use behavior of yeso sika deer in
Bihoro-toge ranch, eastern Hokkaido

Tomohiro HIYAMA, Takayoshi MASUKO and Yoshiro ISHIJIMA

Laboratory of Animal Resources, Faculty of Bioindustry, Tokyo University
of Agriculture, 196, Yasaka, Abashiri-shi 099-2422

キーワード: エゾシカ, 牧草地利用, ハビタット, 行動

Key words: yeso sika deer, pasture use, habitat, behavior

Abstract

A study on the pasture use behavior of yeso sika deer was conducted to obtain the useful information for establishing their farming in Bihoro-toge ranch of eastern Hokkaido. The changes in the pasture use during a year or a day, and the distribution patterns of age-sex difference were investigated census and behavioral observation for circannual or circadian changes. The measurement of melted snow area was conducted to investigate starting factors of the pasture use. The peak of appearance counts in the pasture was observed in spring and autumn. This data indicated that the pasture use of deer was active in both spring and autumn. From the patterns of age-sex, the pasture was used mainly by hinds and fawns. From the behavior observation, the pasture would be used as feeding habitat for hinds and fawns and social habitat for stags. The pasture use was active from dusk to dawn. This tendency has no changes through seasons.

要 約

エゾシカの家畜化のための飼育技術確立に関する基礎データを蓄積する目的で、美幌町営美幌峠牧場牧草地に出没するエゾシカ (*Cervus nippon yesoensis*) の牧草地への出没個体数の日内変化, 季節的变化, 性および年齢, 牧草地内での行動を観察記録した。また、融雪期における牧草地の利用開始要因を検討するため、融雪面積調査を行った。シカの出没個体数は、春期と秋期に多く観察され、この時期に牧草地の利用度が高まることが考えられた。また、性・年齢別の出没比率から、牧草地は主に雌および子が利用し、雄の比率は低いことが示された。行動観察から、雌は採食ハビタットとして、一方、雄は主として社会的ハビタットとして牧草地を利用していることが示唆された。融雪期の牧草地利用開始要因は、シカが直接利用できる

牧草地の融雪面積であると思われた。日内の牧草地の利用頻度は、薄暮から薄明までの時間帯に高かった。日中の利用頻度は極めて低く、この傾向に季節的な変化は見られなかった。

緒 言

北海道最大の野生草食獣であるエゾシカにとって、林冠のない植生、すなわち解放区は重要なハビタットであるとされている。特に自然界に存在しないほどの豊富な栄養を有する牧草地の存在は、栄養素を得る上で有利であると考えられる。イネ科およびマメ科の牧草に対してシカが強い嗜好性を示すことはよく知られている (JOHNSON, 1995)。また、エゾシカは季節によって牧草地に極めて多く出没し (梶, 1981)、大きな農業被害をもたらしている。一方、こうした牧草地に出没するエゾシカに関する情報を得ることは、家畜化した際の集約的放牧、人が管理する牧草地を利用した野生シカのマネージメント、あるいは牧草の食害対策など

に有用であろう。しかし、その利用性については、繁殖期を対象とした集中的な調査 (LINCOLN *et al.*, 1970) や、牧草食害 (IRBY *et al.*, 1996) など、断片的な報告があるにすぎない。

そこで本調査では、エゾシカによる牧草地の利用性に関する基礎データを収集する事を目的とし、1年間牧草地に出没する個体数をカウントし、牧草地上における行動を観察した。また、日内における牧草地利用頻度の変化を調べるため、季節毎の24時間ブロックセンサスを行った。さらに、春期において、牧草地利用開始の要因を調べるため、牧場の露地面積調査を行い、融雪に伴う牧草地利用の変化を検討した。

方 法

調査地

Fig. 1に調査地である美幌峠牧場を明示した。美幌峠牧場は屈斜路湖外輪山の北側に位置する面積約350haの町営による乳牛の育成牧場である。牧草地は32牧区に分割され、主にチモシーとオーチャードグラスを混播しているが、メドウフェスク、シロクロバが若干混じり、牧草地内にオオブキ (*Patasites japonicus* var. *giganteus*), エゾイラクサ (*Urtica platyphylla*), ハンゴンソウ (*Senecio cannabifolius*) が所々に群落を形成している。周囲はトドマツ (*Abies sachalinensis*), エゾマツ (*Picea jezoensis*) を中心とする針広混交樹林で、ダケカンバ (*Betula ermanii*), シナノキ (*Tilia japonica*) などが散在する発達した林冠を有する原生林である。しかし、南東側の嶺部付近は風衝地となっており、クマイザサ (*Sasa senanensis*) が優占する解放区となっている。

調査項目

牧草地への出沒頭数の調査は、1999年の1月1日から同年11月1日まで、観察可能な日を選んで日の出、

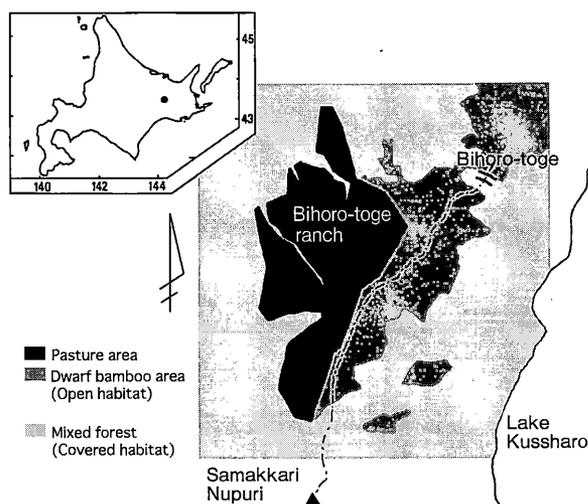


Fig. 1 Study area

および日の入りの時間を基準とし、1日2回、ロードサイドセンサスの形式で行い、全牧区の出沒頭数をカウントし、性・年齢の判定を行った。性・年齢のクラス分けは雄成獣、雄亜成獣、雌および当歳子とした。カウントには双眼鏡 (7×50, Nikon) を用いた。

牧草地利用度の日内変動は、人間活動による攪乱が最も少ない牧区を選択し、24時間ブロックセンサスを行うことで調査した。ブロックセンサスは2時間毎に72時間連続して行い、この結果を平均して24時間データとした。これを春期、夏期に2回、秋期に3回それぞれ行い、その平均を結果とした。なお、夜間のカウントにはスポットライト (Q-Beam Max million Brinkmann, 1,000,000 CP) を用いた。

行動調査は、シカの行動に影響を与えない距離から双眼鏡 (7×50, Nikon) を用いて薄暮時に行った。行動は、採食、睡眠、移動、警戒などの単独行動および威嚇、攻撃、追尾、逃避、交尾、授乳、グルーミングなどの相互行動に分類し、分単位で時間を記録した (AUSTIN and URNESS, 1993)。

春期における融雪面積の調査は、1999年および2000年の4月から5月にかけて行った。露地面積は徒歩で踏査し、地面の露出した部分を地図上にプロットした。後にこれを画像解析ソフト NIH Image を用いて解析し、面積を算出した。

結果および考察

1. 年間の牧草地利用度の変化

牧草地に出沒したシカの性・年齢別の年間の個体数動態を Fig. 2 に示した。出沒個体数は春期と秋期に多く、夏期には若干減少する傾向が見られた。出沒個体数のピークが、春期と秋期に2山型を示すことは多くの研究で知られている (AUSTIN and URNESS, 1993)。春期ピークは、冬期間に消費したエネルギーを補償するため、他のハビタットよりも雪解けの早い牧草地を集中的に利用することによるものと思われた。夏期には利用できる植物種が森林内に増加するため牧草地を利用する必要がなくなり (梶, 1981), 出沒数が減少する。秋期ピークは、越冬に必要なエネルギーを蓄えるため、再び牧草地の利用が活発になるものと考えられた。本調査においても春期と秋期に2山型の出沒ピークを示し、出沒個体の多くは雌であった。当歳子は母親から離れることが少ないため、雌と同様の傾向を示すものと思われた。しかし、雄成獣および雄亜成獣においては雌と異なり、秋期に出沒ピークを示したのみであった。性・年齢別の出沒比率は、春期ピークでは雌74%, 雄亜成獣5%, 雄成獣13%であり、秋期ピークでは雌66%, 雄亜成獣18%, 雄成獣10%で、両者で異なった。雄成獣および雄亜成獣は、9月、10月の繁殖期のため、雌の多い共有エリア (LINCOLN *et al.*, 1970; BUSCHHAUS and LAGORY, 1990) である牧草地

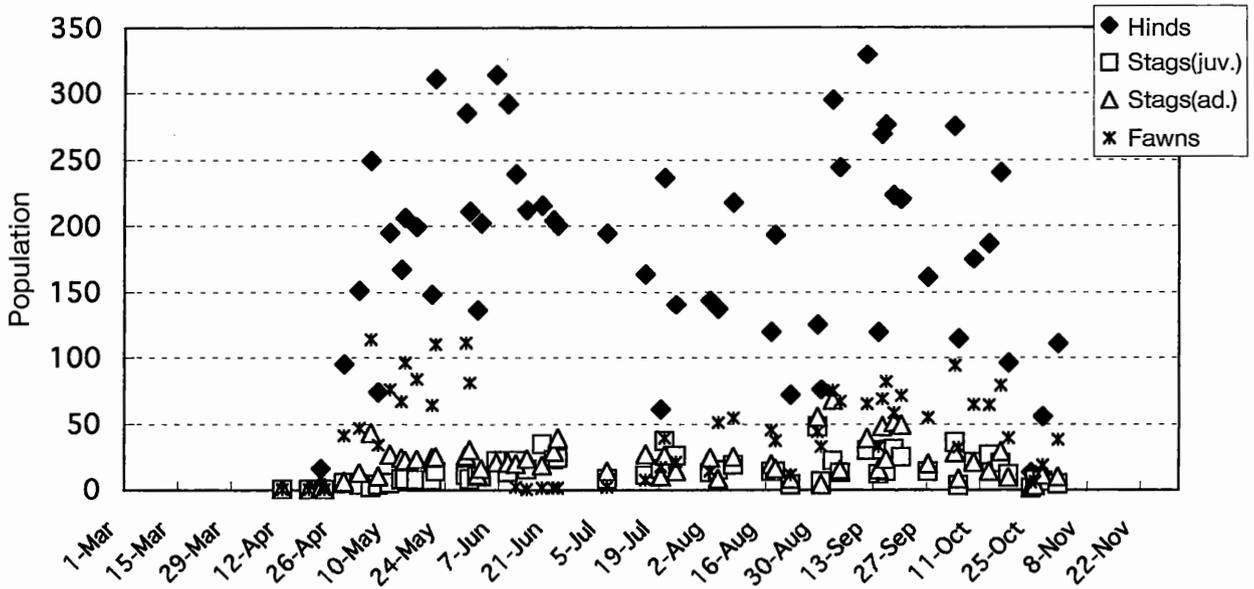


Fig. 2 Seasonal changes of population

に姿を現すものと考えられた。

2. 採食行動と相互行動

Fig. 3 に性・年齢別の採食時間の変化を示した。雌

における平均採食時間は 56.2% であり、休息時間は 30.8% であった。採食時間と、反芻行動を含む休息時間を合わせた Foraging (BUSCHHAUS and LAGORY 1990) に費やされる時間が 80% を超えることから、雌

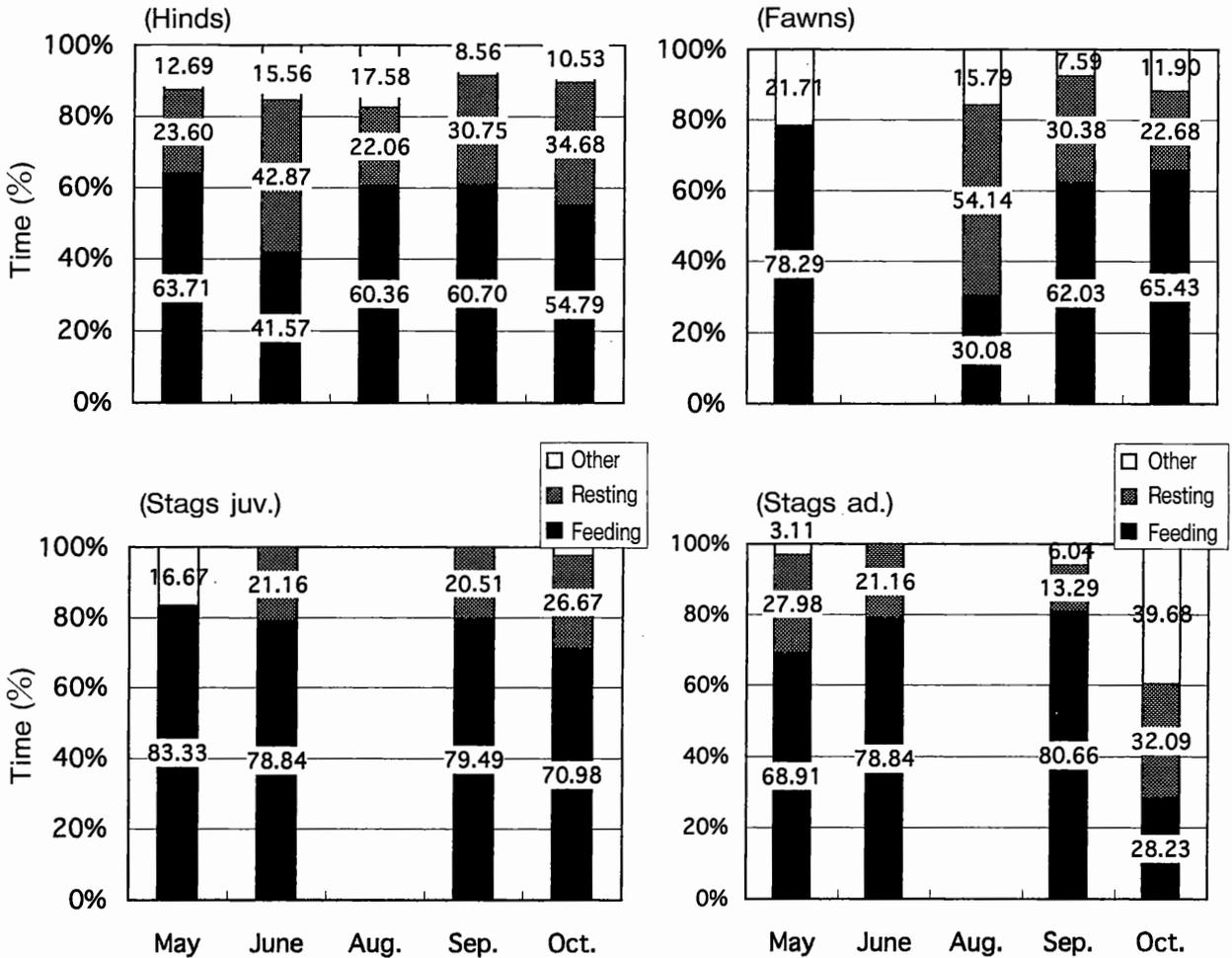


Fig. 3 Mean percent time spent by each age-sex class of deer in various behavior

にとっての牧草地の主要な価値は、栄養素を得ることであり、採食の場としてこれを利用していることが考えられた。また、調査期間を通じて雌では採食時間の変化はほとんど見られなかった。従って、雌における採食場としての牧草地の価値は、季節的に変化しないものと考えられた。

当歳子は出産が集中する6月(宇野, 1991)から徐々に採食時間が増加した。これは離乳に伴い、牧草の採食時間が増加したためであると考えられる。雄については、成獣では交尾期である10月に採食時間が顕著に減少した。これは、ハーレム防衛のため、他の雄や、雌が離脱することを警戒する他、交尾のために発情した雌の探査、追跡に時間を費やすため、採食時間が減少するとされるが(相馬ら, 1998)、本調査では牧草地上において観察されたハーレム数は少なく、雌の追跡のために採食を行わない雄が多く観察された。雄亜成獣では採食時間の変化はほとんどなく、10月もわずかに減少したのみであった。

個体間の相互行動の回数の変化を Fig. 4 に示した。本調査では他の個体に対して行われた行動を全て相互行動とし、社会性の指標とした(AUSTIN and URNESS, 1993)。雌および雄成獣において、繁殖期である10月に多くの相互行動が観察された。また、雄亜成獣においても9月および10月に相互行動が多く観察された。多くのシカ類では秋期に繁殖活動が行われることが知られており、その際に社会性も増長するとされる。特に雄成獣においては、この時期に出没個体数と相互行

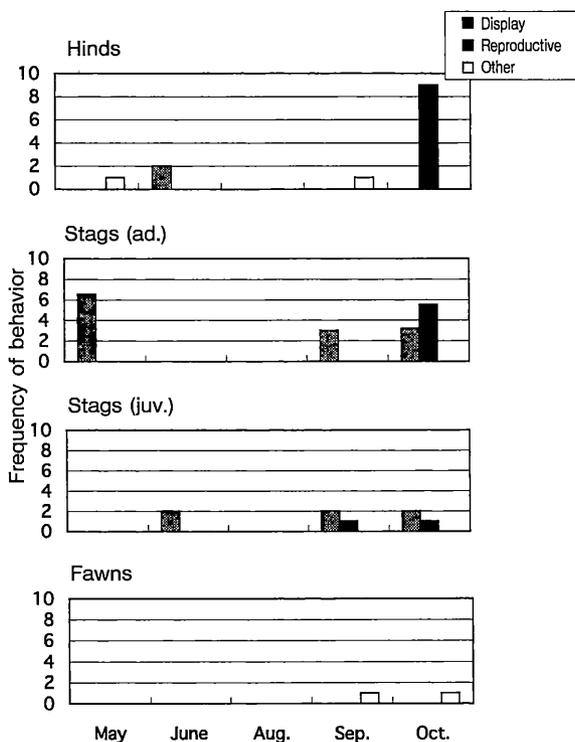


Fig. 4 Frequency of interactive behavior

動が共に増長する一方で採食時間は減少しており、雄にとって牧草地は社会的なハビタットとしての価値が高い事を示している。

梶(1981)は、牧草地において繁殖活動はあまり促進されないと述べているが、本調査では9月下旬から多くの闘争を、10月下旬には交尾行動も多く観察していることから、雄成獣に見られる繁殖のための社会性は、牧草地においても高いものと思われた。これらのことから、性・年齢間において牧草地利用の性に違いがあることが示唆された。

3. 融雪期における牧草地利用開始要因

Fig. 5 に牧草地における融雪面積と出没個体数の相関を示した。牧草地への出没個体数は、融雪が進行し、融雪面積が増えるとともに増加した。出没個体数と融雪面積はやや強い相関を示し($r^2=0.724$)、シカによる牧草地利用開始の要因は融雪面積に影響を受けていることが考えられた。

積雪地に生息するシカ類は、その生活を積雪量に強く影響されることが知られている。開放的な環境下では、積雪が50~70 cmになると、移動による消費エネルギーが雪を掘って得られる利用可能資源のエネルギーを上回るため、シカは開放的環境を利用しなくなる。さらに、本調査地のような風の強い地域では雪面がウインドクラストするため、移動するのに特に高いエネルギー消費を強いられるので、開放的環境の利用がより抑制されるものと思われる。また、シカ類は冬期に消耗した体力を補償するために春期にいち早く雪解けが進行する解放区を利用する。本調査における結果からは牧草地の利用の開始は、主に露出した地面の面積に影響されていると考えられ、シカによる春期の解放区利用開始要因は、植物を直接採食できる地面の露出面積であると考えられた。

4. 牧草地の日内利用変動

Fig. 6 に個体数の日内変動を示した。牧草地への出没個体数は薄明後から薄暮まで極めて少なく、日没時を中心として、夜間に増加した。梶(1981)およびAUSTIN and URNESS (1993)は、牧草地に出没する個

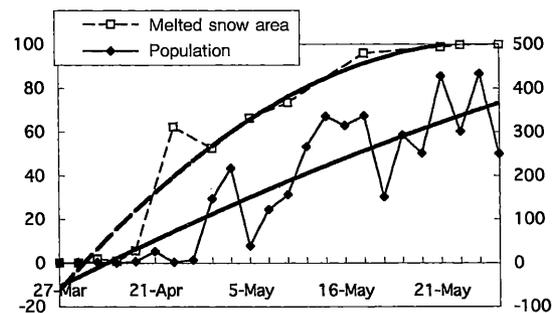


Fig. 5 Relationship between melted snow area and population on the pasture

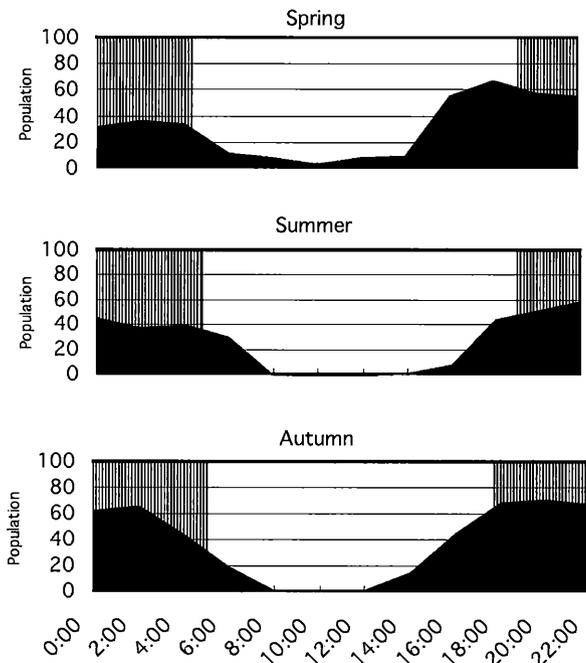


Fig. 6 Diurnal changes of number of deer observed at pasture in spring, summer and autumn.

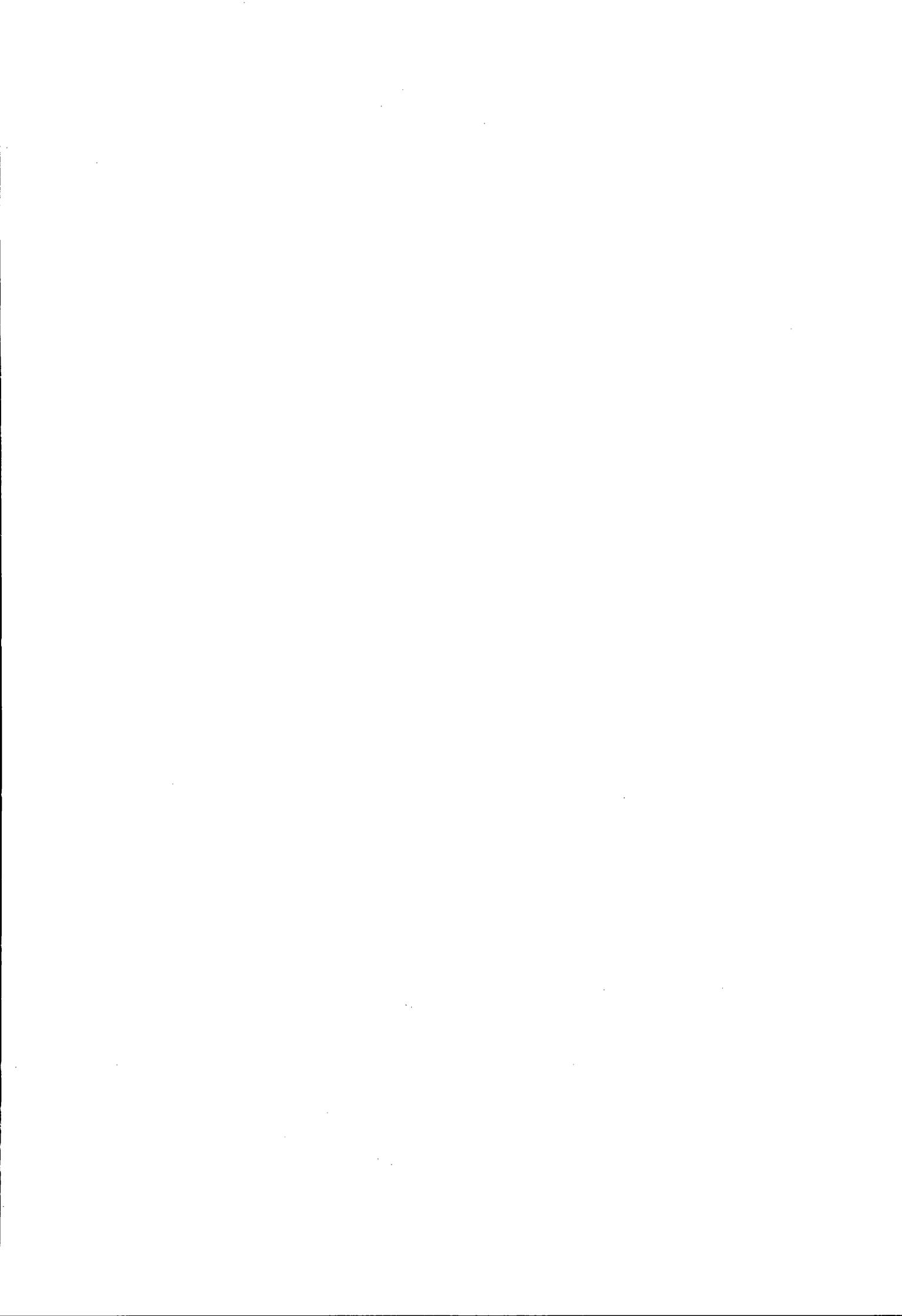
体数は、日没後1～5時間目にピークを迎えると報告している。本調査においても、夏期においてピークの時間が遅れるなどの傾向が見られたが、日照時間に影響されたと思われる変化は見られなかった。

春期には牧草地における活動時間の増加が見られた。エゾシカは、冬期間には積雪によって餌資源を利用できなくなるため、採食が極限まで制限される(宇野, 1998)。このため、秋期までに蓄えた脂肪を利用して越冬するが、融雪が始まる初春には皮下および内臓脂肪率が合わせて10%以下となる(横山, 未発表)。し

たがって、春期に最も早く融雪し、利用可能な餌資源が出現する牧草地で冬期に消耗した体力の回復を図るために採食時間を多く取るものと思われた。

文 献

- AUSTIN, D. D. and P. J. URNESS (1993) Evaluating production losses from mule deer depredation in alfalfa fields. *Wildl. Soc. Bull.*, **21**: 397-401.
- BUSCHHAUS, N. L. and K. LAGORY (1990) Behavior in introduced population of fallow deer during the rut. *Am. Midl. Nat.*, **124**: 318-329.
- IRBY, L. R., ZIDACK, W. E., JOHNSON, J. B. and J. SALTIEL (1996) Economic damage to forage crops by native ungulates as perceived by farmers and ranchers in Montana. *J. Range Manage.*, **49**: 375-380.
- JOHNSON, M. K. (1995) Pasture for deer. *Louisiana Agriculture*, **38**: 21.
- 梶光一 (1981) 根室標津におけるエゾシカの土地利用. *哺乳動物学雑誌*, **8**: 226-236.
- LINCOLN, G. A., YOUNGSON, R. W. and R. V. SHORT (1970) The social and sexual behaviour of the red deer stag. *J. Reprod. Fert.*, **11**: 71-103.
- 相馬幸作・増子孝義・小林雄一・石島芳郎 (1998) エゾシカ (*Cervus nippon yesoensis*) における乾草採食量の季節変化. *北畜学会報*, **40**: 27-30.
- 宇野裕之 (1991) 北海道東部美幌におけるエゾシカのスポットライト・センサス. *美幌博物館研究報告*, **1**: 11-22.
- 宇野裕之 (1998) 北海道阿寒国立公園におけるエゾシカ (*Cervus nippon*) の冬期死亡. *哺乳類科学*, **38**: 233-246.



原 著

黒毛和種の枝肉形質ならびにロース芯断面に対する
画像解析形質に関する遺伝的パラメータの推定口田 圭吾・浜崎 陽子¹・萩谷 功一²・加藤 浩二³・鈴木 三義・三好 俊三

帯広畜産大学, 帯広市 080-8555

¹現所属 全国和牛登録協会, 京都市中京区 604-0845²岩手大学連合大学院, 盛岡市 020-8550³家畜改良事業団, 北海道幕別町 089-0625Estimates of genetic parameters for carcass and image analysis
traits on ribeye area in Japanese BlackKeigo KUCHIDA, Yoko HAMASAKI¹, Koichi HAGIYA², Koji KATO³,
Mitsuyoshi SUZUKI and Shunzo MIYOSHI

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

¹Present address: Wagyu Registry Association, Nakagyo-ku, Kyoto-shi 604-0845²Iwate University, The United Graduate School of Agricultural Sciences, Morioka-shi 020-8550³Livestock Improvement Association of Japan, Makubetsu-cho Hokkaido 089-0625

キーワード : 画像解析, 脂肪交雑, 遺伝的パラメータ

Key words : image analysis, marbling, genetic parameters

Abstract

Marbling scores assigned by graders (GRADE_MS) are comprehensively evaluated, considering the ratio of marbling area to ribeye area (FATPER), coarseness of marbling (COARSE), shape of marbling (SHAPE), dispersion of marbling particles in the ribeye area (DISP), etc. The purposes of this study were to calculate FATPER, COARSE, SHAPE, and DISP numerically by image analysis method and to estimate genetic parameters for meat quality traits involving these image analysis traits. Digital images of the ribeye area from the 6th to 7th rib cross section of 706 Japanese Black steers at the progeny testing. Genetic parameters for carcass traits assigned by graders were estimated with an animal model using the multitrait REML program by canonical transformation. Heritability estimates of GRADE_MS and FATPER were 0.51 and 0.59, respectively. Those of COARSE, SHAPE and DISP were 0.34, 0.25 and 0.36, respectively. Genetic correlation between GRADE_MS and FATPER was highly positive (0.88). These results indicate that image analysis traits can be good indices of breeding improvement.

要 約

BMS ナンバーは、脂肪交雑の面積割合、脂肪交雑粒子の大きさや形状、脂肪交雑の配置バランスについて総合的に評価された数値と考えられる。これら各要因について画像解析手法を用いて数値化し、遺伝的パラメータを推定することを本研究の目的とした。鮮明な

第6-7肋骨間枝肉横断面の画像を持つ706頭の黒毛和種産肉能力検定間接法に用いられた去勢牛を供試した。遺伝的パラメータの推定は、正準変換による多形質REML法を用いて、枝肉形質および画像解析形質に対して実施した。BMSナンバーおよび脂肪面積比の遺伝率は、それぞれ0.51および0.59と推定された。脂肪交雑粒子のあらさ、脂肪交雑粒子の形状および脂肪交雑粒子の配置バランスの遺伝率は、それぞれ0.34、0.25および0.36と推定された。BMSナンバー

と脂肪面積比との遺伝相関は、高い正の値 (0.88) であった。これら 2 形質とその他の枝肉形質および画像解析形質との遺伝相関はいずれの形質に関しても類似していたことから、脂肪面積比は、格付員による BMS ナンバーと同様に黒毛和種の育種改良の指標として有用であることが示唆された。

緒 言

牛枝肉格付において肉質等級は、脂肪交雑、肉の色沢、肉の締まりときめおよび脂肪の色沢と質の 4 項目について判定されている。なかでも脂肪交雑は、わが国における枝肉評価に大きな影響を与えている。現在の脂肪交雑に関する格付は、畜試式牛標準脂肪交雑の模型をもとに、資格を有する格付員の肉眼的判断により決定されている (日本食肉格付協会, 1996)。

わが国における枝肉格付の普及により、食肉市場などの生産現場から得られる情報が増加し、和牛の枝肉形質に関する遺伝的パラメータが、多くの研究者により推定されてきた。向井 (1994) は 1988 年に改正された牛枝肉取引規格により評価された記録について、遺伝的パラメータを推定し、また、守屋ら (1994) は黒毛和種基礎集団ならびに現集団の屠肉性に関する遺伝的パラメータについて、多形質 REML 法を用いて推定した。また、HIROOKA *et al.* (1996) は褐毛和種のフィールド記録を用いて、成長および枝肉形質に関する遺伝的パラメータの推定を行った。それらの中で、BMS ナンバーの遺伝率は、向井 (1994) が 0.46、守屋ら (1994) が 0.59、HIROOKA *et al.* (1996) が 0.40 をそれぞれ推定しており、脂肪交雑が非常に高い遺伝性を持っていることを示唆している。さらに、脂肪交雑を中心とした肉質の向上を目指した改良が行われていることなどから、肉質は年々向上していくことが期待される。しかしながら、全国で格付された黒毛和種去勢牛の上物率 (肉質等級 4 以上の割合) は、平成 4 年度が 58.9% (黒毛和種去勢牛の格付頭数: 237,166 頭) であるのに対し、平成 7 年度が 48.4% (同: 275,072 頭)、平成 11 年度が 47.7% (同: 277,585 頭) と、低下する傾向にある (油上, 1997; 日本食肉格付協会, 2000)。

KUCHIDA *et al.* (1999) は、画像解析形質を用いて BMS ナンバーを推定する際に、脂肪面積比以外の画像解析形質も有効であることを示した。明確な判定基準として明記されていないが、BMS ナンバーは、ロース芯面積に占める脂肪交雑の面積割合 (以下、脂肪面積比)、脂肪交雑粒子のあらし、脂肪交雑粒子の形状および脂肪交雑粒子の配置バランスなどについて総合的に評価された数値であると考えられる。脂肪交雑を詳細に解析することは、BMS ナンバーを向上させるための、新たな指針を見いだすことにつながる可能性が推察される。

KUCHIDA *et al.* (1992) は画像解析により算出した脂肪面積比や粒子の形状係数に関する遺伝的パラメータを算出しているが、その後の画像解析技術の進展はめざましく、得られる値の精度も大きく異なる。そこで、本研究は黒毛和種去勢牛のロース芯断面に対する画像解析により得られた脂肪交雑粒子の特徴量および従来の枝肉形質に関する遺伝的パラメータを推定し、画像解析形質が黒毛和種の改良に寄与するか否かについて検討することを目的とした。

材料および方法

1. 画像解析形質

供試材料は、平成 7 年から平成 8 年にかけて屠殺された黒毛和種産肉能力検定間接法で用いられた去勢牛 706 頭のロース芯断面の画像である。写真撮影は、0℃に設定された枝肉用冷蔵庫内で、第 6-7 肋骨間を広く切開した枝肉断面に対して、鉛直方向より一眼レフカメラを用いて行った。なお、撮影は、格付終了後、1 時間以内に実施した。撮影の際、ロース芯の表面で乱反射しないよう留意しながら、2 燈の撮影用ライトを斜めの方向より照射した。得られた写真をプリントし、カラーイメージスキャナを用い、画像のサイズが約 2 Mバイト (非圧縮 BITMAP ファイル) になるようスキャンし、コンピュータに取り込んだ。

撮影されたフルカラー画像について、著者らの作成した脂肪交雑客観評価のためのソフトウェア (口田ら, 1997 a および 1997 b) を用い、脂肪面積比、脂肪交雑粒子それぞれの面積 (以下、粒子面積)、脂肪交雑粒子それぞれの形状係数 (以下、形状係数) およびロース芯内の脂肪交雑粒子の配置バランス (以下、配置バランス) の 4 種類の特徴量を算出した。

ここで、形状係数は、粒子の形が複雑か否かを表す数値であり、複雑な粒子ほど、その値は大きくなる。ロース芯内の脂肪交雑の配置バランスは、ロース芯を複数の小領域に分割し、小領域ごとの脂肪面積比について標準偏差を求めることで算出した値である。したがって、ロース芯内にバランスよく脂肪交雑が配置している場合には、その値が小さくなることが予測される。ただし、ロース芯の中には多数の脂肪交雑粒子が存在するため、得られた粒子面積や形状係数を、一つの統計量として代表させる必要がある。これまでの研究 (口田ら, 1997 a) により、粒子面積の範囲を限定し、その範囲内にある粒子面積の平均と BMS ナンバーとの間に、有意な相関関係が認められている。予備分析の結果、0.1 cm² 以上の脂肪交雑粒子における粒子面積および形状係数の平均、ロース芯を 100 の小領域に分割して算出した配置バランスが、肉眼で判定した際の脂肪交雑粒子のあらしならびに形状および脂肪交雑の配置バランスを適切にあらわしていた。そこで、本研究では、“粒子のあらし”を、面積が 0.1 cm²

以上の脂肪交雑粒子の粒子面積の平均と定義した。同様に、“粒子の形状”を、面積が0.1 cm²以上の脂肪交雑粒子の形状係数の平均、“配置バランス”を、ロース芯を100の区画に分け、区画ごとの脂肪面積比の標準偏差と定義した。以上の4形質（脂肪面積比、粒子のあらさ、粒子の形状、配置バランス）を本研究では画像解析形質とした。

2. 遺伝的パラメータの推定

分析には、画像と枝肉記録を併せ持つ黒毛和種去勢牛706頭を用いた。遺伝的パラメータの推定には、前述の画像解析形質に加えて、全国和牛登録協会の検定員により格付されたBMSナンバー、枝肉重量、ロース芯面積、バラの厚さ、皮下脂肪の厚さ、歩留基準値、BCSナンバーおよびBFSナンバーの記録を用いた。なお、これら8形質を枝肉形質とした。遺伝的パラメータの推定には、MISZTAL *et al.* (1995) によって開発された正準変換による多形質REML法(MTCプログラム)を用いた。収束基準は10⁻⁸以下とした。

数学モデルには、マネージメント効果として検定回、検定期、検定場および検定に用いたペンの母数効果を取りあげた。血縁に関しては、母方については3代祖まで、父方については可能な限り遡った。なお、分析に用いた血縁情報のうち、記録を持たない血縁個体の数は、13,071頭であった。数学モデルを以下に示す。

$$Y_{ijk} = F_i + a_j + e_{ijk}$$

Y_{ijk} ; 各形質の観測値

F_i ; i 番目の検定期、検定期、検定場、検定に用いたペンの母数効果

a_j ; 近交係数の上昇による分散の偏りを補正した j 番目の個体の効果

e_{ijk} ; 残差

結果および考察

枝肉形質と、画像解析により算出した画像解析形質の基礎統計量を表1に示した。向井(1994)は、1991年に検定を開始した種雄牛の脂肪交雑評点の平均を、2.1と報告している。本研究で得られたBMSナンバー6.9を、脂肪交雑評点に変換すると、1.97となり、向井の用いたデータとほぼ同水準であることが認められた。脂肪面積比とBMSナンバーとの相関係数は、0.80 ($p < 0.01$) であり、従来の報告と類似したものであった。KUCHIDA *et al.* (1999) は、今回とは全く異なる材料 ($n=106$) を用い、全国和牛登録協会の検定員により判定されたBMSナンバーと脂肪面積比との関連性が、次式で示される1次の関係にあることを報告した。

$$\text{BMSナンバー} = 0.462 \times \text{脂肪面積比} - 1.26$$

本研究で用いた材料の脂肪面積比の平均値(17.7%)を、この式に代入すると6.9が得られることから、両

Table 1 Summary of basic statistics for carcass and image analysis traits from progeny testing in Japanese Black steers ($n=706$)

Traits	Mean±S.D.	Min	Max
Carcass traits			
BMS number	6.9 ± 1.9	2	12
Carcass weight (kg)	344.6 ± 37.2	242	467
Ribeye area (cm ²)	47.9 ± 5.7	32	67
Rib thickness (mm)	60.7 ± 6.8	34	85
Subcutaneous fat thickness (mm)	19.3 ± 5.4	6	51
Yield score	73.7 ± 9.4	69.4	76.7
BCS number	3.18 ± 0.6	1	5
BFS number	2.02 ± 0.17	1	3
Image analysis traits			
Fat area ratio (%)	17.7 ± 5.3	6.2	35.5
Coarseness of marbling (cm ²)	0.40 ± 0.15	0.16	1.10
Shape of marbling	104.6 ± 32.8	50.0	347.0
Arrangement balance	12.8 ± 2.3	6.5	23.9

データセットにおいて安定した格付が実施されていることが推察された。

粒子のあらさ、粒子の形状および配置バランスは、脂肪面積比と強い正の相関関係にあり、その相関係数は、それぞれ0.62、0.41および0.37である。すなわち、脂肪面積比の高いサンプルは、脂肪交雑粒子あたりの面積が大きく、粒子の形状も複雑になりがちである。さらには、配置バランスも大きな値を取る傾向にある。脂肪面積比の影響を受けずに、粒子のあらさ、粒子の形状および配置バランスを把握したいところであるが、現状のソフトウェアは、そこまで到達していない。今後、これらの数値を、より人間の感覚と一致させていく予定である。

各枝肉形質および画像解析形質の遺伝率推定値を、表2に示した。枝肉形質の遺伝率推定値においては、BFSナンバー(0.11)を除き、いずれも中程度から高い値(0.34~0.62)が推定された。また、画像解析形質の遺伝率推定値は、脂肪面積比が0.59と高く、粒子のあらさ(0.34)や粒子の形状(0.25)および配置バランス(0.36)のそれは、中程度であった。

本研究におけるBMSナンバーの遺伝率推定値は、0.51であったが、この値は、黒毛和種フィールド記録を用いた守屋ら(1994)の0.59、向井(1994)の0.46、黒毛和種間接検定記録を用いた氏家ら(1990)の0.63、褐毛和種フィールド記録を用いたHIROOKA *et al.* (1996)の0.40といった値の範囲内であった。

KUCHIDA *et al.* (1992) は、画像解析により日本短角種の脂肪面積比、粒子のあらさおよび粒子の形状の遺伝率を、それぞれ、0.45、0.31および0.81と推定した。ここで、KUCHIDA *et al.* (1992) の報告における粒子のあらさおよび粒子の形状は、本研究の算出方法とは、若干異なるものの、ほぼ同様の特徴を持つ数値である。本研究における脂肪面積比、粒子のあらさおよび粒子の形状の遺伝率は、それぞれ、0.59、0.34および0.25が推定され、脂肪面積比および粒子のあらさ

Table 2 Estimates of heritabilities (diagonal), genetic (above diagonal) and phenotypic (below diagonal) correlations for carcass and image analysis traits in Japanese Black steers on progeny testing

Traits	Carcass traits								Image analysis traits			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Carcass traits												
1 BMS ^a	<u>0.51</u>	0.15	0.25	0.24	0.04	0.20	-0.30	-0.22	0.88	0.71	0.61	0.64
2 Carcass weight	0.16	<u>0.55</u>	0.23	0.70	0.23	-0.08	0.08	-0.23	0.34	0.08	0.37	-0.06
3 Ribeye area	0.29	0.42	<u>0.53</u>	0.31	-0.21	0.84	0.12	-0.51	0.23	0.24	0.23	0.04
4 Rib thickness	0.29	0.68	0.37	<u>0.46</u>	0.27	0.21	0.08	0.08	0.39	0.20	0.39	-0.01
5 Subcutaneous fat thickness	0.06	0.34	-0.04	0.31	<u>0.54</u>	-0.60	-0.25	0.11	0.03	0.16	0.01	0.17
6 Yield score	0.26	0.04	0.79	0.29	-0.53	<u>0.62</u>	0.21	-0.28	0.17	0.14	0.17	-0.03
7 BCS ^b	-0.12	-0.06	-0.05	-0.10	-0.05	-0.03	<u>0.34</u>	-0.01	-0.45	-0.38	-0.17	-0.38
8 BFS ^c	0.02	0.06	0.04	0.06	0.06	0.01	-0.10	<u>0.11</u>	-0.08	0.00	0.00	-0.06
Image analysis traits												
9 Fat area ratio	0.84	0.18	0.26	0.30	0.02	0.25	-0.20	0.01	<u>0.59</u>	0.70	0.61	0.58
10 Coarseness of marbling	0.48	0.14	0.29	0.21	0.02	0.25	-0.13	0.07	0.62	<u>0.34</u>	0.47	0.88
11 Shape of marbling	0.33	-0.07	0.07	-0.02	-0.09	0.13	-0.05	0.03	0.45	0.57	<u>0.25</u>	0.10
12 Arrangement balance	0.39	0.10	0.05	0.17	0.05	0.05	-0.17	0.01	0.50	0.71	0.18	<u>0.36</u>

^aBeef marbling standard, ^bBeef color standard, ^cBeef fat standard

については、過去の報告とほぼ同様の値となった。粒子の形状の算出には、脂肪交雑粒子の周囲長を用いているが、過去の報告における画像の解像度（512×512画素）および質ともに、今回用いたそれに比較し劣るものである。周囲長の算出には、画像の解像度や質が大きく影響してくるが、このことが粒子の形状の遺伝率推定値に大きな相違をもたらした原因の一つと推察される。

肉量を大きく左右する枝肉重量とバラの厚さの間に、高い正の遺伝相関（0.70）が推定された。枝肉重量とバラの厚さとの遺伝相関は、黒毛和種において0.81、褐毛和種において0.66と、高い正の値が報告されており、本研究の結果と一致した。

歩留基準値と、歩留基準値の推定式を構成する成分との間の遺伝相関は、枝肉重量、ロース芯面積、バラの厚さおよび皮下脂肪の厚さにおいて、それぞれ-0.08、0.84、0.21および-0.60となった。歩留基準値の算出式において、枝肉重量、ロース芯面積、バラの厚さおよび皮下脂肪の厚さにかかる係数は、それぞれ-0.025、0.130、0.667および-0.896であるが（日本食肉格付協会、1996）、本研究で得られた遺伝相関係数の符号は、これと一致した。福原ら（1989）も、歩留基準値と枝肉重量との遺伝相関について、ほぼ同様の値を報告した。

BMSナンバーと枝肉重量との間の遺伝相関について、福原ら（1989）は黒毛和種において-0.18、HIROOKA *et al.*（1996）は褐毛和種において-0.05という値を報告しているが、本研究においては、両者の間に正の遺伝相関（0.15）が推定された。さらに、脂肪面積比と枝肉重量との遺伝相関は、より大きな値（0.34）が推定された。枝肉重量と粒子のあらさとの間に正の遺伝相関（0.08）が推定されたことから、枝肉重量が大きなものを選抜した場合、脂肪面積比は高くなるが、

脂肪交雑の粒子があらくなり、結果として脂肪面積比の改良分ほどにはBMSナンバーが向上しないということが推察された。

画像解析形質と枝肉形質間の遺伝相関においては、格付員によるBMSナンバーと脂肪面積比との間に高い正の遺伝相関（0.88）が認められた。また、BMSナンバーと残りの枝肉形質との遺伝相関は、脂肪面積比と枝肉形質（BMSナンバーを除く）との遺伝相関と類似していた。このことから、脂肪面積比は、格付員によるBMSと同様に、黒毛和種の脂肪交雑改良のための指標となると推察される。

BMSナンバーと粒子のあらさおよび配置バランスとの間の遺伝相関が正（それぞれ、0.71、0.64）であることから、BMSナンバーのみに注目した改良を実施すると、粒子があらくなり、配置バランスも望ましくない方向へ向かう可能性が示唆された。また、粒子のあらさと配置バランスとの遺伝相関は、0.88と非常に高く、粒子があらくなるとロース芯における脂肪交雑の配置の均一性が損なわれることを示唆した。

産子の数が10頭以上であった種雄牛（n=50）について、その育種価を算出し、BMSナンバーの育種価が、上位5位以内であった種雄牛および下位5位以内であった種雄牛について、BMSナンバーの育種価で降順に並べ替え、画像解析形質の育種価とともに表3に示した。なお、それぞれの形質について、種雄牛の育種価の平均が0となるように調整した。

種雄牛Aは、BMSナンバーおよび脂肪面積比において非常に高い育種価が推定されているが、配置バランスの育種価が、抽出した50頭の種雄牛の中で最も高かった。このことは、種雄牛Aからの産子について、脂肪交雑粒子が、不均一に配置することを示している。配置バランスの育種価が、比較的不均一であると評価されている繁殖雌牛が存在するとすれば、種雄牛Aよ

Table 3 Expected breeding values of sire descended by BMS number

Sire	BMS number	Fat%	Coarseness of marbling	Shape of marbling	Arrangement balance
High-ranking sire for EBV of BMS number					
A	3.907	11.650	0.167	16.643	2.480
B	3.560	8.696	0.109	9.293	0.744
C	1.832	5.937	0.149	17.691	2.423
D	1.685	2.068	0.027	-0.353	0.705
E	1.257	5.565	-0.023	3.442	0.100
Low-ranking sire for EBV of BMS number					
F	-1.821	-5.719	-0.094	-10.771	-1.175
G	-1.858	-6.240	-0.093	-26.000	-0.629
H	-1.885	-4.692	-0.050	-7.329	-1.064
I	-1.972	-3.587	-0.073	-7.634	-1.092
J	-2.851	-7.490	-0.027	8.362	-2.043

り、BMS ナンバーにおいて種雄牛 A と大差がなくかつ配置バランスが良好である種雄牛 B を交配する方が、格付員により判定される BMS ナンバーに関して、より良い結果が得られるものと期待される。

本研究の結果より、画像解析の手法を用い脂肪交雑の特徴量をより細分化して評価する可能性が示唆された。同時に、画像解析形質が、格付員により評価された BMS ナンバーに加えて、改良の新しい指標として利用され、黒毛和種の肉質面での育種改良に貢献することが期待された。

謝 辞

本研究の一部は、日本学術振興会科学研究費補助金(課題番号 11760189) 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

参 考 文 献

福原利一・守屋和幸・原田宏 (1989) 新牛枝肉取引規格の歩留等級形質に関する遺伝的パラメータの推定と種雄牛評価. 日畜会報, **60**: 1128-1134.

HIROOKA, H, A. B. F. GROEN and M. MATSUMOTO (1996) Genetic parameters for growth and carcass traits in Japanese Brown cattle estimated from field records. J. of Anim. Sci., **74**: 2112-2116.

KUCHIDA, K, K. YAMAKI, T. YAMAGISHI and Y. Mizuma (1992) Evaluation of meat quality in Japanese beef cattle by computer image analysis. Anim. Sci. and Technol. (Jpn), **63**: 121-128.

口田圭吾・栗原晃子・鈴木三義・三好俊三 (1997 a)

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・栗原晃子・鈴木三義・三好俊三 (1997 b) 画像解析によるロース芯断面内脂肪交雑粒子に関する客観的評価法. 日畜会報, **68**: 878-882.

KUCHIDA, K, S. TSURUTA, L. D. VAN VLECK, M. SUZUKI and S. MIYOSHI (1999) Prediction method of beef marbling standard number using parameters obtained from image analysis for beef ribeye. Anim. Sci. J., **70**: 107-112.

MISZTAL, I., K. WEIGEL and T. J. LAWLOR (1995) Approximation of estimates of (co) variance components with multiple-trait restricted maximum likelihood by multiple diagonalization for more than one random effect. J. of Dairy Sci., **78**: 1862-1872.

守屋和幸・道後泰治・佐々木義之 (1994) 黒毛和種の基礎集団並びに現集団における屠肉性に関する遺伝率の REML 推定. 日畜会報, **65**: 720-725.

向井文雄 (1994) 黒毛和種の産肉形質の選抜法ならびに遺伝的評価に関する研究. 日畜会報, **65**: 890-905.

日本食肉格付協会 (1996) 牛・豚枝肉, 牛・豚部分肉取引規格解説書. 12-18. 日本食肉格付協会. 東京.

日本食肉格付協会 (2000) 平成 11 年格付結果の概要. 1-30. 日本食肉格付協会. 東京.

氏家哲・松本忠・小野寺千一・小野未治・山岸敏宏 (1990) 宮城県黒毛和種間接検定成績に関する遺伝的パラメータの推定. 日畜東北支部会報, **40**: 30-35.

油上 晋 (1997) 牛枝肉格付の動向について. 肉用牛研報, **62**: 41-44.

研究ノート

牛初乳の調理特性に関する研究

筒井 静子・大武 亜弓*

酪農学園大学短期大学部, 江別市 069-8501

* 酪農学園大学, 江別市 069-8501

The Physicochemical Characteristics of Bovine Colostrums in Cooking

Shizuko TSUTSUI and Ayumi OHTAKE*

Rakuno Gakuen University Dairy Science Institute, Ebetsu 069-8501

*Rakuno Gakuen University, Ebetsu 069-8501

キーワード : 牛初乳, 熱凝固, テクスチャー, 調理適性

Key words : bovine colostrum, thermal coagulation, texture, cooking

要 約

牛初乳の自家用調理素材としての利用範囲を広げる可能性の有無を判断するため, 牛初乳の理化学的性状を検討し, さらに調理特性の検討を行った。分娩後1回目の搾乳によって得られた初乳試料はわずかに褐色を帯びており, 2回目以降の搾乳によって得られた試料と比較し比重, 酸度, 粘度の値は高かったが, pHは低かった。アルコール検査法による凝固試験では1回目から10回目の搾乳によって得られた試料において何れも凝固反応が認められた。

加熱凝固試験では, 1回目から10回目の搾乳によって得られた初乳試料は何れも熱安定性を欠いていたが, 特に1回目と2回目の搾乳によって得られた初乳試料において, 80℃の温浴加熱により加熱開始3分からゲル化が始まりその後, 加熱試料の内部温度の上昇に伴い安定したゲルが形成された。

初乳をそのまま用いた調理試験では初乳プリン等のデザート類に応用することが可能であり, 加熱凝固により得られた生成物(加熱カード)は特異なテクスチャーを有し食材として種々の調理に利用できる可能性が示唆された。

緒 言

初乳は常乳と比較し乳清タンパク質, 特に免疫グロブリン含有量が高く(穴釜, 1974), 乳等省令において分娩後5日以内の乳の売買が禁止されていることから, 酪農家ではこの期間の初乳は主に子牛の哺乳用に

使用しているが, その一部を用い, いわゆる「初乳豆腐」に加工し自家用に消費しているのが現状である。

そこで本研究は, 牛初乳の酪農家における調理の応用範囲を広げる可能性を模索するため, 牛初乳の理化学的特性を把握し, 適切な調理法を提案することを目的として行われた。

材料および方法

実験材料は, 酪農学園大学付属農場と近郊の酪農家で分娩直後から分娩5日目(10回搾乳分)までに搾乳された6頭分の牛初乳60検体を用い, それぞれの試料について外観から色, 風味を観察し, アルコール検査法により凝固生成の有無を調べた。また, 乳製品試験法(日本薬学会編, 1999)に従い比重, pH, 酸度と水分を測定した。粘度はB型粘度計(B8L型粘度計, 東京計器)を用い, 試料17.5mlを付属の少量サンプルカップに分注して25℃の恒温に達するまで保持後, HM形-#1ローターで指針が目盛板上で安定するまで回転(10~20回)させ, その示度を測定し便宜的にニュートン流体としての絶対粘度(mPa・s)とした。また, 測色色差計(Z-300A型, 日本電色工業)を用いて色(L, a, b)を測定した。さらに, 1回目から5回目の搾乳によって得られた初乳試料を40mlずつビーカーに分注し80℃で温浴加熱して経時的に取り出し, 6℃で保持後室温に戻した試料について, レオメーター(NRM-2002J型, 不動工業), 自動計測X-Yレコーダプロッタ(FR-801型, 理化電機工業)を用いて破断試験を行い得られた数値からテクスチャー特性を判断した。レオメーター測定条件は, アダプター: カード測定用, 荷重: 200gまたは2,000g, テスト速

表1 搾乳回数の違いによる初乳の色の変化

	搾乳1回目	搾乳2回目	搾乳3回目	搾乳4回目	搾乳5回目	搾乳6回目	搾乳7回目	搾乳8回目	搾乳9回目	搾乳10回目	常乳
L値	80.12	82.38	84.24	84.73	84.46	85.2	84.95	85.77	85.33	86.02	85.85
a値	-0.09	-0.57	-1.52	-1.39	-1.36	-1.04	-1.23	-1.95	-2.09	-2.29	-2.23
b値	17.90	15.39	12.05	11.16	9.90	10.37	9.36	9.21	8.82	8.23	7.64
ΔE (色差)	4.12	2.41	1.11	0.75	1.17	0.37	0.75	0.07	0.41	0.22	

度：30 cm/min，スリーブ速度：60 cm/min とした。さらに、著者らのオリジナルレシピにより家庭の一般的な調理器具を使用して液状初乳と加熱により生成したカードを用いて20種類の調理試験を実施し、それぞれの調理品の総合的なおいしさ、食味、舌触りについて本学食物利用学研究室所属の男女8名のパネラーにより評点法による官能検査を実施した。

結果および考察

1. 牛初乳の理化学的性状

初乳の色を肉眼で観察した場合、1回目の搾乳によって得られた初乳試料（以後1回目試料，その他の回数の場合も同様に省略）ではわずかに褐色を帯びており、2回目から5回目までの試料では淡いクリーム色を呈していた。なお、特に1回目試料では血液成分の混入により初乳の色に影響を与える場合が考えられるが、今回実験に供した初乳試料は、外観から判断して色調に影響をもたらす血液成分の混入は認められなかった。

一方、それぞれの試料について測色色差計による色の測定を行った結果、1回目試料ではL値が80.12，a値が-0.09，b値が17.90となり、2回目以降の試料と比較した場合、明度を表すL値が低く、一側で緑の度合いを表すa値が低く、+側で黄色の度合いを表すb値が高くなった。さらに、それぞれの試料の測定値を

比較すると、搾乳回数の進行に伴い、明度と緑の度合いが高くなる一方、黄色の度合いが低くなり、搾乳回数経過に伴ない常乳の測定値に近づくことが確認された。また、常乳を基準として ΔE で表す色差は、1回目試料では4.12となり、NBS (National Bureau Standards) 単位の感覚的な差の基準で表現した場合、「めだつほどに差がある」と判断された。2回目の試料では2.41で「感知せられるほどに差がある」となった。3回目から5回目の試料では表現としては「わずかに差がある」に当てはまり、6回目以降の試料では「常乳との色差を判断するためにはかなりの熟練者でも再現性は疑わしい」となった(表1)。

食品の色彩は食べる側に心理的効果を与え、食品の属性にもとづく即物的イメージから連想されるミルクの色は、一般に意味をもった物体または成分を連想させる(納富, 1971)が、このことから、1回目と2回目の試料は、一般的なミルクとは異なり、初乳の性状から判断し特殊液状乳製品と考えられる。また、いずれの試料においても牛乳特有のミルクフレーバーは感じられなかった。

比重は1回目試料では1.090，2回目試料では1.055と常乳に比べて高い値を示したが、その後の搾乳によって得られた試料では1.032から1.046の範囲で、常乳に近い値を示した(図1)。粘度は1回目試料では20.93 mPa・sと高い値を示したが、2回目試料では

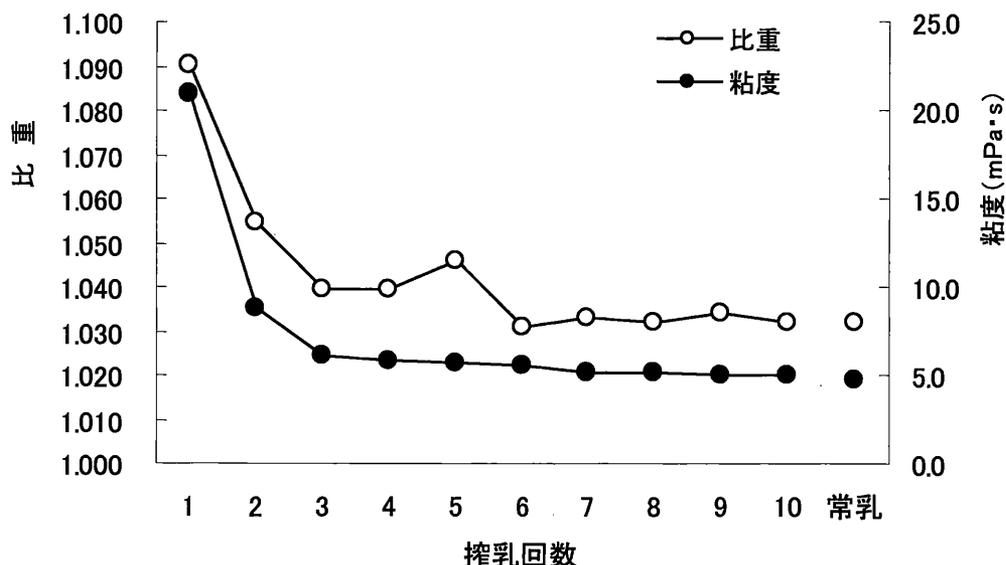


図1 搾乳回数の違いによる牛初乳の比重と粘度の推移

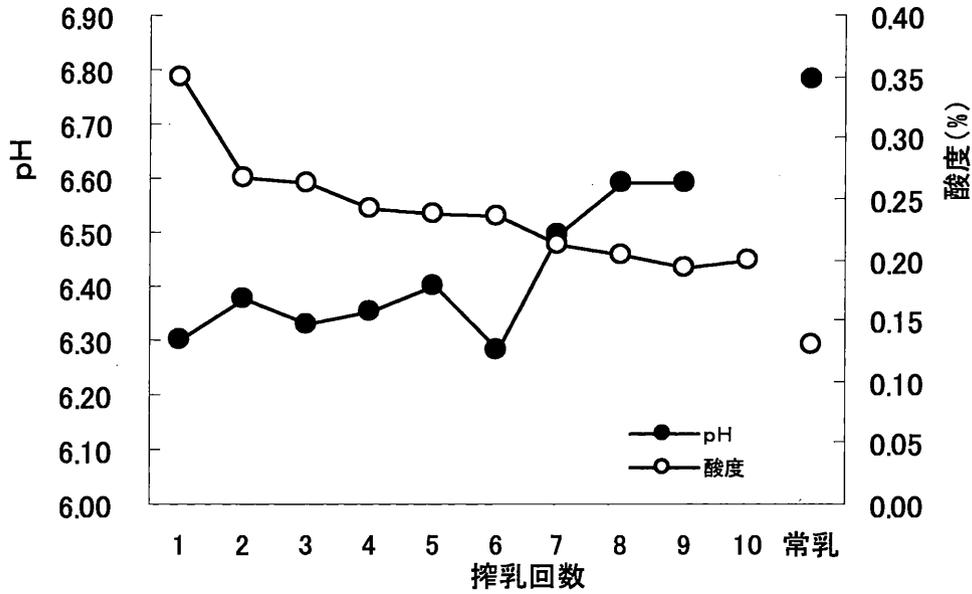


図2 搾乳回数の違いによる牛初乳のpHと酸度の推移

8.79 mPa・s と急激に低下し、以降常乳に近い値まで減少する傾向が示された(図1)。牛乳の粘度は一般に固形分含量が高くなると上昇する(足立、伊藤、1987)とされているが、その相関関係を水分含量から検討してみると、1回目試料の水分は77.12%であり、2回目以降の試料あるいは、常乳の水分87.76%と比較した場合、水分含量は約10%低く、このことが試料の粘度に影響を与えた要因の一つと考えられた。

一方、pHは1回目から6回目までの試料では殆ど変化が認められず6.28~6.40の範囲であったが、7回

目以降の試料では徐々に上昇した。酸度は1回目試料では0.35%であったが、搾乳回数が進むに従い徐々に低下し10回目試料では0.20%と常乳と殆ど変わらない値を示した(図2)。

アルコール検査法による初乳の凝固試験では、常乳がアルコールに凝固反応を示さないのに対して、いずれの試料においても強い凝固反応あるいは、やや強い凝固反応を示した。中でも1回目の試料の場合は、他の搾乳回の試料に比べて微細なゲル化物としてシャーレ全体に凝集する様子が観察された(図3)。凝固する

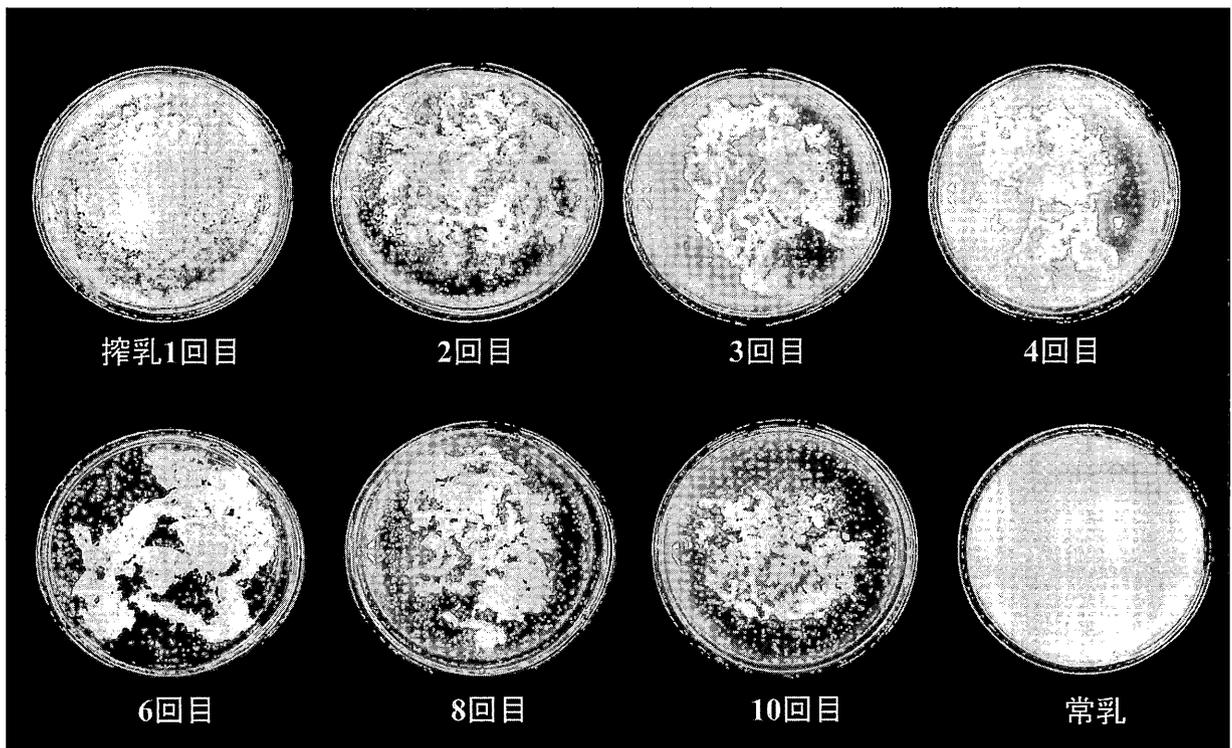


図3 牛初乳の凝固試験(アルコール検査法)

成分はアルコールの脱水作用によって不安定化したカゼインミセルが主成分であるが、70%アルコールを用いる場合には通常は酸度が0.21%以上(pH 6.5以下)になるとアルコールテストが陽性になる(足立と伊藤, 1987)と言われていることから、今回用いた試料のアルコールによる凝固反応と酸度とpHの関係は足立と伊藤(前出)の数値とほぼ一致していた。搾乳回の違いによる初乳の凝固状態の相違には、主として試料中のホエータンパク質や無機質等が関与していると考えられるが、明確な判断はできなかった。

2. 牛初乳の加熱凝固特性

熱凝固過程におけるかたさ(応力は深度8mmで測定)の変化は、1回目試料では加熱開始3分で応力19.5g、試料中心温度61.5℃に達し、ゲル化が開始された。その後、加熱8分で応力156.0g(中心温度72.0℃)、加熱13分では応力482.0g(中心温度75.9℃)、加熱18分では応力941g(中心温度78.1℃)と徐々にかたさが増し強固な熱不可逆性ゲルとなった。加熱凝固したゲルは、固ゆで卵白様のテクスチャーを有していた。2回目試料では加熱3分で応力35.7g(中心温度64.4℃)となりゲル化が開始され、加熱9分で応力196.0g(中心温度74.5℃)と熱不可逆性ゲルとなり、その後、加熱時間の経過と共にしっかりした粘りの少ない凝固物となった。3回目試料では加熱12分で応力30.4g(中心温度71.9℃)、4回目試料では加熱31分で応力30.1g(中心温度72.4℃)となり、両試料共なめらかなカスタードプディング様のゲルとなった。5回目試料では加熱23分で応力11.0g(中心温度74.3℃)となりわずかに流動性を失ったが、それ以後、加熱時間の経過に伴うゲル性状の変化は認められなかった(図4)。

牛初乳中の主な乳清タンパク質である免疫グロブリンはIgGが主成分であり、初乳ではその殆どがIgG 1である(JENNESS, 1982)が、de WIT and KLARENBECK (1984)によると、免疫グロブリンは72℃で構造変化を起こすとの結果を得ている。また、牛初乳中には β -ラクトグロブリンの含有量も多いが、安藤ら(1983)によると β -ラクトグロブリンの熱変性点は75℃であったことから、免疫グロブリンと β -ラクトグロブリンの含有量の多い1回目と2回目の試料では試料温度72~75℃付近で熱不可逆性ゲルの形成が促進されるなど、本試験の加熱条件から初乳に多い乳清タンパク質が不可逆性ゲル形成に関与していると考えられる。

3. 牛初乳の調理適性

初乳を加熱させることによって得られる特性を生かした調理試験を行ったところ、初乳(3回目から5回目試料)をそのまま利用した調理法では、初乳に砂糖を添加して蒸し焼きにし、カラメルソースの風味で食する手法が簡便であった。食感のカスタードプディングと牛乳ゼリーの両方の特徴を兼ね備えており、食味と舌触りにおける官能評価も高かった。さらに、初乳をそのまま蒸して卵豆腐状に仕上げたものは、薬味としょうゆで、あるいは、中華風に調味した具材とともに食べるのに適していた。柔らかいゲル化物の場合は、余分の水分を排除し生クリーム代替として菓子等に利用できる可能性が示唆された。

次に、初乳(1回目と2回目試料)の熱凝固物を利用した調理としては、鶏肉、ゆで卵、白身魚、豆腐等と同様の幅広い調理法が可能であった。例えば丼物の具や揚げ物の主な材料として用いた場合は、総合的なおいしさとしての官能評価が高かった。また、くん製に加工した場合は酒肴に適した独特の食感のものが得

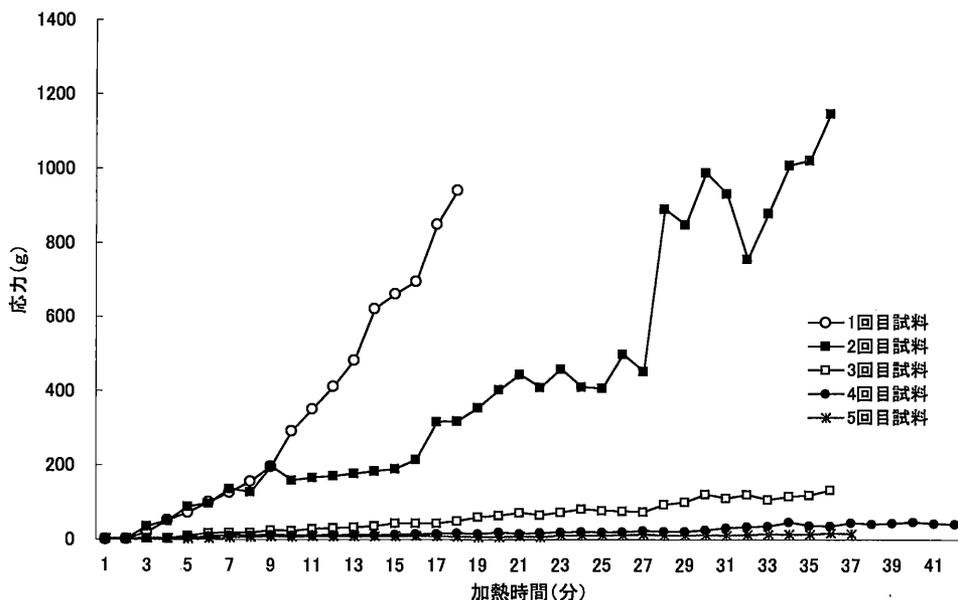


図4 加熱時間によるかたさの違い(深さ8mmの応力値)

られた。

以上の結果から、初乳をそのまま用いた調理試験では初乳プリン等のデザート類に応用することが可能であり、加熱凝固により得られた生成物（加熱カード）は特異なテクスチャーを有し食材として種々の調理に利用できる可能性が示唆された。

文 献

- 足立達・伊藤敬敏 (1987) 乳とその加工. 123-143. 建帛社. 東京.
- 穴釜雄三 (1974) 乳学. 284-287. 光琳書院. 東京.
- 安藤功一・加藤勲・PAVEL JELEN・遊佐孝五 (1983) ホエータンパク濃縮物の耐熱性と乳化能力に関する研究. 酪農学園大学紀要, 10: 1-12.
- JENNESS, R. (1982) Developments in Dairy Chemistry-1. ed. by FOX P. F., Elsevier Appl.Sci. Pub., 87-114.
- 厚生省 (1951) 乳および乳製品の成分規格等に関する省令. 昭和 26 年 12 月 17 日号.
- 日本薬学会編 (1999) 乳製品試験法・注解. 改定第 2 版. 58-66. 金原出版. 東京.
- 納富則夫 (1971) 食品の色彩と形態. 調理科学, 4: 204-209.
- de WIT, J. N. and G. KLARENBEK (1984) Effects of Various Heat Treatments on Structure and Solubility of Whey Proteins. J. of Dairy Sci., 67: 2701-2710.

 会員からの声

自給飼料の生産力・品質の向上のために取り組むべき課題

古川 研治

十勝農業協同組合連合会

はじめに

ある日本経済の動向に関するコラムの中で、「21世紀を乗り越えるためには、すでにあるものを生かし、知恵を絞って人間らしく堅実に歩む方法を見つけるべき」という記述があった。酪農の生産現場を考えた時、まさに“すでにあるもの”を十分に生かしきれていない面が多いように感じられる。1つ挙げるとすれば、「土地（草地）」ということになろう。現在、十勝管内の牧草収量は、3.5 t/10 a、飼料用とうもろこしは5.0 t/10 a 前後であり、自給飼料の栄養価と同様、大きな変化がない。十勝酪農はこれまで生産者ならびに関係機関の努力により、我が国を代表する生乳生産地帯に発展してきた。21世紀においても十勝酪農が新たな飛躍を遂げるためにはさまざまな課題を解決する必要があるが、その中でも特に「自給飼料の生産力・品質の向上」が重要であると思われる。

自給飼料生産に関する問題は？

十勝管内の酪農家戸数は現在、2,000戸を切っているが、高齢化、後継者不足などにより、今後さらに減少する予測を立てざるを得ない状況である。地域全体の生産性向上のためには1頭当たり乳量の増加、さらには規模拡大がカギとなる。1頭当たり乳量の増加に関してはさまざまな議論があろうが、基本的には自給飼料の品質向上および年間を通して給与できる量の確保に裏付けられたものでなければならない。

十勝管内では昭和60年に十勝地域酪農経営情報システムの開始に伴い、飼料分析、土壌分析サービスが実施され、重要な情報源の1つとして酪農家・関係機関に提供されてきた。飼料分析については、個体乳量の上昇に対応した飼養技術への要望、飼料特性の評価、分析法の簡易化等の研究が活発に展開され、現在では年間5,000～6,000点の分析を実施しており、生産現場における日常の飼料給与の場面で活用されている。また、近年では畜試および道内分析機関の協力のもと、飼料分析値の精度向上に取り組んでいる。一方、草地土壌の分析点数は現在、年間約1,000点程度で、十勝管内の草地面積が約10万haであることを考えるとあまりにも少ない。これは、自給飼料が乳牛の飼養管理において重要であることは理解されているものの、

その基盤となる草地土壌および施肥に対する関心が低いことを反映しているものと考えられる。収量調査や現場の勉強会等を通して確認する限り、草地の施肥管理では、施肥量が北海道施肥標準に合っておらず、PH矯正のための土壌改良資材も施用されていないことが多い。草地更新では補助事業を除くと自家更新の実施も少なく、実施されたとしても手間やコストの問題から十分な土壌改良資材、堆肥が投入されていない場合もある。

自給飼料の生産性が向上しない要因はさまざま考えられるが、まず、生産者が自給飼料の生産性を改善することの必要性を理解しなければならない。例えば、土壌分析の実施を普及するうえでは、「土壌分析をしましょう。その結果に基づいた施肥をしましょう。」と言ったところで、その成果が経済的に明確でなければ、生産者もその必要性を感じないであろう。このことは自給飼料生産に限ったことではないが、関係者がこのような視点を持つことが重要と考えられる。これらのことを踏まえた上で今後、取り組むべき課題を整理すると次の通りである。

(1) 家畜糞尿を有効に利用した施肥管理技術の確立

「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」が施行されてから、屋根付き堆肥舎を設置した農場が数多く見られるようになり、各方面でさまざまな処理方法が検討されているが、草地の生産性の改善、飼料生産費の低減のためには、家畜糞尿を“肥料”として捉えて有効活用することが重要である。そのためには、草地だけでなく、畑地も含めた地域全体の耕地に還元するシステムを検討するとともに、土壌分析に基づく科学的な施肥管理を検討・普及する必要がある。

(2) アルファルファ栽培の普及推進

高泌乳牛の要求量に見合うように自給飼料の栄養成分、採食量を改善する上でアルファルファの果たす役割は大きい。十勝管内でも過去に栽培が試みられているが、初期生育段階での雑草害や凍害による衰退により、栽培面積は約1,600ha程度にとどまっている。しかし、道東の気象条件に適應できる品種の開発、コーティング加工技術の普及、また牧草の収穫体系も乾草からサイレージに変化し、安定的に栽培、利用できる

環境が揃ってきており、積極的な利用を普及推進すべきである。

(3) 簡易更新・追播技術の確立

草地の経年化に伴う収量性の低下を改善するためには草地更新が必要であるが、補助事業以外の草地更新の実施は少ない。低コストかつ簡易に草地の生産性を改善するために簡易更新、追播技術を普及すべきである。これらの技術に関しては生産者の関心は意外に高く、実際に実施している生産者も多い。当然、どの圃場においても対応できるものではないが、成功させるための条件を整理、普及する必要がある。

(4) コントラクター組織の充実・強化

自給飼料収穫・調製における労働時間、機械経費の低減だけでなく、今後は上記の糞尿活用の分野におい

ても重要な役割を果たすものと考えられる。また、飼料用とうもろこしを有効活用するため、コーンクラッシャーの導入による収穫・調製体系、乳牛への飼料給与方法を検討すべきと考えられる。

最後に

以上の点を柱に十勝管内の自給飼料の生産力・品質向上の定着を図っていきたい。この他にも、家畜の消化性も考慮した新品種の開発、採食量向上を目的とした飼料特性の評価方法の充実、飼料給与方法への応用などの課題が挙げられる。これらを実現して、生産現場で成果を上げていくうえでは、研究機関のより一層の協力を願いたいと思う。また、今後とも私共は十勝管内での取り組みや実態を各場面で紹介するとともに、生産現場との接点としての役割を果たしていきたいと思う。

海外報告

Out of Africa アフリカの日々

小原 潤子

北海道立畜産試験場 畜産工学部 感染予防科

1. なんでアフリカなの？

平成10年度北海道職員海外派遣研修により、1998年9月から11月までの2ヵ月間、ケニア共和国の首都ナイロビにある国際家畜研究所 (International Livestock Research Institute: ILRI) に滞在した。出発前には「なんでアフリカなの?」「何しに行くの?」という人々の大いに疑わしげな視線を感じた。アフリカといえば開発途上で科学技術は遅れているイメージが大きいですが、ケニアには牛の免疫・遺伝学では世界の最先端の仕事が進行している一流の研究所ILRIがあり、そこで仕事をすることが私の長年のあこがれだったのである。獣医で初めてノーベル賞をとったDr. Peter Dohertyも以前、ILRIの研究者だったのだ。まあ、野生の王国ケニアの大自然に親しむという若干の下心があったことは否定しないけど。

2. ILRI (International Livestock Research Institute) って？

ILRIはナイロビ中心部より約15キロ離れたカベテ地区にある花と緑にあふれた美しい研究所である(写真1)。コーヒールームのバルコニーには色鮮やかなブーゲンビリアが咲き乱れ、「アフリカの日々」の舞台となったンゴン・ヒルを眺めながら飲むコーヒーは格別であった。70ヘクタールの敷地内に8つのラボがあり、研究者50人、テクニカル・スタッフ150人が働いている。関連施設として、実験動物・ツツェバエ・ダニのユニットや牛600頭、山羊・羊400頭を飼養している農場がある(写真2)。また、ナイロビの南西約

80キロにあるカピティ平原には15,000ヘクタールの付属牧場があり、2,000頭のボラン牛(背中にコブがある小柄で茶色のいわゆる「ゼブー」)の繁殖牛群が維持され、受精卵移植技術により特別な血統の牛の生産が行われていた。

大きな研究テーマは、家畜疾病コントロールのためのワクチン開発、遺伝子レベルでの病原体の解析、疾病抵抗性遺伝子の検索などであった。研究者の専門は免疫学、分子生物学、細胞免疫学、ウイルス学、寄生虫学、生化学、遺伝学などさまざまで、国籍は地元アフリカ諸国よりもヨーロッパの方が多く、イギリス、アイルランド、オランダ、ベルギー、フランスなどの他、オーストラリア、アメリカ、韓国、日本など国際色豊かであった。女性も多く、ボスを含めて全員女性研究者というラボもあった。テクニカル・スタッフはほとんどがケニア人であり、高度な技術を持ち、研究者の指示により非常に熱心に研究のサポートを行っていた。実験設備は新しいものばかりではなく、いかにも年代モノの古い機械でも大事に使っており、試薬は主にイギリスから輸入していた。当然、研究所内にはインターネットが整備されていて、世界の情報に遅れることは全くなかった。

私が所属したのは、免疫とワクチン開発 (Immunology and Vaccine Development) のラボ6であった。テーマは、細胞傷害性T細胞 (Cytotoxic T Lymphocyte: CTL) を誘導するワクチンや抗原デリバリーシステムの開発、免疫学的試薬としての牛サイトカインの生産や抗体の作製などで、研究の対象となる疾病はアフリカ諸国に大きな被害を与えている牛の



写真1 国際家畜研究所 (ILRI)



写真2 ボラン牛

トリパノソーマ病と *Theileria parva* 原虫感染による牛の東海岸熱である。私は牛 IL-10 の哺乳類細胞での発現や *T. parva* 実験感染牛での組換えワクチンの防御効果試験などに加わり、採材や実験を行った。このラボの構成メンバーは研究者7人とテクニカルスタッフ8人、ナイロビ大学の院生2人の計17人で、週1回のミーティングで各自の実験データや研究の方向性についてマメにディスカッションしていた。私の身分は visiting scientist (客員研究員?) というもので、月1,000ドルの bench fees を払っていたわけだが、まだ Ph.D. もなく、たいした研究業績もない身で scientist の ID をもっているのはおこがましいなあとも思っていた。研究所のスタッフはみんな親切で気さくに接してくれていたのがあまり気にしないようにしていたが、やはり実力をつけて Ph.D. を取り、次の機会にはホンモノの scientist として胸を張って仕事ができるようになろう、と堅く心に決めたのであった。

3. ナイロビ暮らし

ケニアの首都ナイロビは東アフリカの政治・経済・文化の中心地で、高層ビルが立ち並び、車がびゅんびゅん走り、人がいっぱい歩いている大都会である。標高1,600メートルくらいの高地なので、赤道直下でも夏の北海道くらい1年中過ごしやすい気候で、10月はケニアの桜、ジャカランダの紫の花が満開になる時期だった。ダウタウンをぶらぶら散歩したいところだが、残念ながら治安はよくない。アメリカ大使館爆破事件の2ヵ月後に街に出てみると、大使館のビルは完全な更地となり、窓ガラスがすべて砕け散った周辺のビルはようやく再建が始まったばかりであった。路上の新聞売りがガラス片を新聞の重しに使っていた。近くのナイロビ駅はすっかり瓦礫の山に隠れていて、爆弾の威力を目の当たりにし、このテロで傷ついた多くの人達のことを思うと神妙な気持ちになった。

ナイロビの一般市民的シティライフを期待していたのだが、たいていの visiting scientist は研究所内の宿泊施設ホテルに滞在することになっていたために、私の日々の暮らしは新得畜産試験場村と同じくらい地味で単調だった。研究所の警備はかなり気合が入っており、トランシーバーを持った大勢のガードマンが24時間体制で場内を巡回し、人の出入りはゲートで必ずチェックされていた。ホテルは広い部屋とバスルーム、家具、キッチン、調理道具、食器フル装備(しかし、テレビ・ラジオはない)、毎日のお掃除付きで一泊20ドル(写真3)。机の引出しに鍵をかけずに現金やパスポートを放っておいても盗まれることはなかった。敷地内にはテニスコート、プール、食堂やバーもあり、初めはなかなか快適な暮らしかと思ったが、車がないと外出もままならぬ状態で、よく考えてみると鉄条網を張り巡らせた塀の中の生活なのであった。夜がおそ



写真3 ホテルの部屋。ベッドには蚊帳がついている。

ろしく静かで長かった。

しばらくは淡々と暮らしていたが、さすがに3週間もすると塀の外を歩きたくてうずうずしてきたので、ある昼下がりに近くの新興スラム街へ遊びに行ってみた。ナイロビ中心部で観光客が襲われ身ぐるみはがれたという話は珍しくなかったが、手ぶらで歩けば大丈夫だろう…多分。とりあえずジーンズのポケットに小銭を突っ込み、何気なく塀の外へ出た。マタトゥ(派手なペインティングをした騒がしい乗合ミニバス)が猛スピードで走る土埃の道をしばらく歩いていると、露店が建ち並ぶスラム街に来た。たむろする人々は色の黒い現地人ばかりで、黄色人種の私にジロジロ不審の目を向けてくる。観光地のフレンドリーな人々と違ってちょっとコワイ。そこで、誰かとすれ違うたびににっこり笑ってスワヒリ語で“Habari? (こんにちは、元気?)”と声をかけてみると、“Nzuri, sana. (とってもいいよ)”とわりと礼儀正しく返事してくれるので少し安心した。露店では、野菜、フルーツ、肉、金物、衣類、タバコ、日用雑貨などなどいろんなものが売られていて、庶民の生活の匂いがした。閑古鳥が鳴いている獣医さんの店先でドクターと店番の女の子がしばらく世間話の相手をしてくれた。ギネスやタスカ(ケニアで1番ポピュラーな象印のビール)の看板を掲げたバーが魅力的だったが、昼間とはいえアルコールの魔力には近寄らないことにして、レゲエの神様ボブ・マーリィ(ケニアでは今も絶大な人気を誇る)のプロマイドを買い、日の暮れる前に安全な塀の中へ戻ることにした。その後もたまたま1人で出歩いたが、マタトゥに乗らなかったことが心残りである。

休日の楽しみはなんといっても“サファリ”であった。サファリとはスワヒリ語で“旅”という意味である。青空の下に広がる地球の裂け目グレート・リフト・バレー(大地溝帯)、赤い布をまとったマサイ族が牛や山羊の群れを追い、見渡す限りのサバンナにシマウマやガゼル群れ…マサイ・マラ動物保護区では、200万頭のヌーがタンザニアのセレンゲティへ大移動する時期で、ヌーの河渡りを見ることができた。クロコダイルが潜む泥の河を、ヌーとシマウマと一緒にバジャバ

シャ渡っていく光景は圧巻だった。

4. もの食う人々

ケニアの主食はウガリである。これは、トウモロコシなどの粉をお湯でこねたもので、そばがきに似ている。食堂で注文すると白いレンガのような塊でドーンと出てくる。一般的な野菜はスクマという堅いキャベツのような緑の葉っぱで、細かく刻み煮込んで食する。ILRIの食堂では、ウガリ 10 Ksh(ケニアシリング；1 Kshは約2円)とスクマ 15 Kshのセットが、あまりお金のない人のランチの定番である。ケニア歴の長いY氏に「ここの食堂で1週間毎日ウガリとスクマを残さず食べたら 100 Ksh やる。」と言われたが、あまりの量の多さと味気のなさに初日でギブアップしてしまった。ウガリは手でこねこねして食べるとおいしいよ、という貴重なアドバイスもあったが、ILRIの食堂では素手で食べている人は誰もいなかった。たまにテイクアウトして、日本から持参した醤油をたらしたり、ふりかけをかけると結構おいしくなった。ランチのメインディッシュ 50 Ksh (約 100 円) は牛肉(試験終了後の試験牛をと殺して食堂にまわしている)が多かったが、これがまたおそろしく堅く、食べると疲れるのである。グレービーソースもイマイチで、これではせつかくの肉がますます不味いよなあ、とがっかりした。しかし、食生活というのは意外と適応が早いみたいで、1ヵ月もたたないうちに堅い牛肉もヘルシーでなかな

かいいと思うようになったし、味付けが単調な野菜も残さず食べられるようになった。そんなある日、ILRIの食堂でも美味しい料理との感動の出会いがあった。山羊である。山羊肉と野菜の煮込みスープに香辛料を利かせたチュムシャという料理は絶品であった。これとチャパティ(小麦粉を練って薄焼きにしたインドのパン)の組み合わせなら毎日食べてもいい!と思った。

ナイロビ郊外の焼き肉(ニャマ・チョマ)屋でもおいしい山羊を食べることができた。表の肉屋につるされた山羊のリブと足を買い、中庭のテーブルでタスカカーを飲みながら、待つこと約1時間。炭火でじっくり焼かれた肉をナイフで細かく切ってもらい、塩をつけて食べる(写真4・5・6・7)。二人前 600 Ksh (約 1,200 円)くらい。ケニアの正しいごちそうである。ちなみにオーストリッチファームで食べたオーストリッチのニャマ・チョマは三人前 1 キロ 500 Ksh (約 1,000 円)だった。

5. アフリカの水

初めての海外生活を経験してから2年過ぎた。私はプロの仕事人として、ひとりの人間として、少しは前へ進んでいるだろうか？

最後に、今回の研修に関してお世話になった北海道関係諸機関のみなさまとILRIのスタッフに深く感謝する。アフリカの水を飲んだ者はアフリカに帰る？



写真4 焼き肉屋の裏庭で飼われている山羊。



写真5 と殺後、木につるして解体する。



写真6 肉はかまどで炭火焼きにする。



写真7 ナイフで切り分け塩をつけて食べる。



シンポジウム報告

極私的国際学会報告 — 第9回アジア・太平洋畜産会議報告 —

八代田真人
岐阜大学農学部

はじめに

第9回アジア・太平洋畜産会議（以下、AAAP）は、オリンピックを2ヵ月後に控えた2000年7月3日から7日までの5日間、オーストラリア、シドニーのニューサウスウェールズ大学で開催された。後日、滞在したホテルのすぐ側を高橋尚子が駆け抜けてゆくことになるのだが、AAAP開催当時のシドニー市民の話題は、もっぱらOGフットボール（オーストラリア式ラグビー）と7月1日から導入されたGST（消費税）でもちきりのようだった。

今回のAAAPは口頭、ポスターを合せ発表数568題あり、本来なら発表の内容と討論の概要を報告すべきだが、私個人の興味そして能力不足（とくに語学能力）のため到底その任を負えない。また、北海道畜産学会の特徴として研究者だけでなく、農家、普及所、学生など、あまり「学会」とは縁のない方々も多く加盟している。そこで本稿では「国際学会」とはどんなものなのかを極私的視点から報告することとしたい。なお、当然、学術的な点に興味をお持ちの方も多々おられることと思う。幸いなことに、私の気付いた限りでも帯広畜産大学、北海道大学、北海道農業試験場、酪農学園大学から各2-3名程の参加者がおられた。それぞれ、講演要旨集あるいはその内容が記録されたCD-ROMをお持ちのハズなので、お近くの機関に問い合わせ、借受けて頂くことでご容赦願いたい。

準備

AAAPへの参加申し込みの期限は1999年9月30日。実は、私が参加を決めたのはその前日だった。昨今、日本の学会でもそうなりつつあるが、参加申し込み、講演要旨の送付などは、ほとんどインターネットを通して行われている。インターネットに接続されたコンピューターさえあれば、世界中どこからでも瞬時にして参加を申しこむことができる仕組みだ。その後、発表予定である自分の研究を1ページ（あるいは4ページ）に簡潔にまとめた講演要旨を提出する（もちろん英語）。この要旨提出の締切が2000年2月28日（実際には少し延長された）で、開催日のおよそ4ヵ月前。これもインターネットを通して送付する。この努

力？ の結晶が、開催日当日に、一枚のCD-ROMにまとめられ参加者に手渡された。

発表

実際の発表は、ポスターによる発表と口頭による発表の2つの形式からなる。ポスター発表の場合には、講演要旨とは別に、およそ1m四方のポスターを準備して会場に持込むことになり、口頭発表の場合には内容を説明するスライドなどと10分程度の英語によるスピーチを用意して乗り込むことになる。原則として参加者は、参加申し込みの際にポスターか口頭発表のどちらかを選ぶことになっている。私がポスター発表を選んだのは言うまでもない……。

1. ポスター発表

今回の学会のポスター発表は、1・2日目、3日目、4日目の3つの発表日に分かれ、合計400題が発表された。主催者側の事前の指定では、1.2×1.2mのポスターサイズだったにも関わらず、いざ会場に着くと、ポスターを貼るボードが指定サイズより明らかに小さい。結局、日本を含め何カ国かの参加者は、スペースを分け合い、ボードからポスターがはみ出したままの発表というハメになった。ポスターは、朝の8:30から、一応夕方4:00まで掲載することになっている。ポスター発表と同時に口頭発表も行われているため、参加者の多くは午前、午後の30分の休憩時間とランチタイムに昼食を片手にポスターを見学することになる。ポスター発表者はランチタイムのうち1時間、自分のポスターの前に立ち、見学者の質問に答え議論を交わす。

私の発表内容が「放牧」であったことと、開催地が放牧の盛んなオーストラリアであったため、幾人かの見学者が訪れ、議論できたことは幸いであった。オーストラリア北部（つまり亜熱帯）の研究者との議論の中で最も興味深かった、というよりは痛感したのは農業の地域性である。以下、簡単に議論の内容を再現する（ちなみに、研究内容は、低草高を維持して放牧した場合の牧草生産と乳生産への影響であった）。

「20とか30cmの低い草高で放牧したら、夏には牧草が無くなってしまわないのか？ どうやって放牧し

たんだ。」「牧草の生長量を測りながら、輪換計画を立てたんです。」「どうやって、牧草の生長量を測ったの?」「放牧前後の草量を繰り返し測れば、生長量が推定できます。」「理屈ではわかるけど、現実的にそんなことが可能?」「? どうして……?」以下続く……。

お気づきの方もいるかもしれないが、この議論には2点かみ合わないことがある。一つは、亜寒帯(北海道)と亜熱帯では、牧草の季節生産のパターンが、かなり異なることである。もう一つは、私が実験で扱った放牧地はせいぜい1-2ha(それでも日本国内の実験では最大規模に属すると思う)であるのに対し、オーストラリアの放牧地はもっと広大であったためであろう。おそらく、10ha程度であるなら、先の方法で牧草の生長量を測定することも無理ではないが、それ以上となると現実的に不可能なのである。

多くの国の参加者がいるため、ともするとこうした行き違いが生ずる。口頭発表でも、タイの小自作農的酪農の経営について、タイ人の研究者がタイ酪農の現状を、オーストラリア人研究者に熱心に説明する一幕が見られた。しかし、こうした一面もまた相互理解には欠かせないのではないだろうか。

2. 口頭発表

口頭発表は、4つの会場に分かれ、1・2日目は乳牛、肉牛、草地生産に関する話題を中心に、3日目は肉牛、羊、家禽などに関する話題を中心に発表が行われた。発表は、スライドやOHPなどを使い、10分間のスピーチの後に、5分間の質疑応答が設けられるという形で進んでいく。ここでは、乳牛分野のことにについて述べさせていただく。

乳牛分野の口頭発表は、栄養、生産、経営を合せて21題の発表が行われた。このうち個人的に興味深かったのは、放牧による牛乳生産に関する2つの報告だった。一つは、WUE(Water Use Efficiency)という指標で乳生産の効率を検討した報告である。これは、牧草生産のために灌漑が必要な地域において、灌漑水1メガリットル当たりの(乳脂肪+乳タンパク)生産量で乳生産の効率を表すというものである。この指標を用いて170戸の酪農家を調査したところ、農家間で3倍もの効率の違いがあり、WUEの低い農家では、補助飼料の給与が不適切であるために、灌漑水によって生産された放牧草の摂取量の低下を招いていることが報告された。日本では考えられないユニークな指標であること、一方で放牧を利用する上での問題点は日本と同様であることが二重の意味で面白かった。

もう一つの報告はいわゆる研究報告とは異なり、放牧を主体とした酪農地域において、酪農家自身が調査者として、その地域の放牧酪農の問題点を解決していくというプロジェクトの方法論とその評価である。この方法は4段階から構成される。すなわち、地域の酪

農家が集まり ①現在の放牧管理の問題点、成功を妨げている要因を整理する ②農家自身の調査と議論から解決すべき問題の優先順位をつける ③管理の異なる農家を選び簡単な実験およびその評価をする ④上記の結果から成功した方法を見つけ、なぜ成功したかを検討する。そして、普及する という過程で行われる。この試みは現在②段階目まで進んでいるが、積極的に議論を重ね段階を進めていく地域と伝統的な「普及」モデルから離れられない地域はあるようだと言っていた。放牧に関する限り、現在の日本では、グループを作って自身で議論や調査を重ねていくというスタイルは少数に属すると思う。そうした点からこの報告は興味深かった。

パーティとツアー

国際学会は、各人の研究成果を発表するだけではない。普段なかなか交流することのできない各国の研究者が、意見を交換することのできるまたとない場でもある。このため、学会の中日にはディナーパーティ(日本風に言えば懇親会)が開かれる。また、オーストラリアの畜産に触れる機会を作るために、今回の学会では、開催前と開催後に合わせて3つのツアーが用意されていた。1つ目は、オーストラリアの羊産業界見学コース、2つ目は山羊、鹿、ラマ、エミュー、ダチョウ、クロコダイルなどオーストラリアで成長しつつある新しい畜産業を見学するコース、3つ目は熱帯地域における酪農業を見学するコースであった。個人的な日程の都合上、いずれにも参加することはできなかったが、こうした企画も、各国の相互理解を深める上で重要なものであろう。

国際学会雑考

今回の国際学会に参加して、コミュニケーションの壁を痛切に感じた。その問題を私の語学能力の無さで結論とするのはたやすいが、いくつか気付いた点について述べておきたい。

国際学会であるため英語が公用語であることにいまさら異論はない。しかし、今回の開催国が英語を母語とするオーストラリアであったため、発表者、質問者ともに多勢を占めるオーストラリア人であると、非英語圏の聴衆は議論についていくのが難しかった(と思う)。言うまでもなく、国際学会は語学力を競う場ではない。とすれば、少なくとも公の議論の場では、ゆっくり、簡潔にしゃべることを共通認識とできないものだろうか? 座長の中には、発表者、質問者に対してゆっくりしゃべるように注意していた方もいらしたが、全体的な認識はまだまだのようであった。とくに、英語が下手と言われる我々日本人は、このことをもっと強く主張すべきではなからうか。

もう一点は、講演要旨のCD-ROM化である。およそ

500 題もある講演要旨を本にすると百科事典 1 冊分以上になる。これを会場や日本に持ち運ぶ苦労は、皆さんも想像に難くないと思う。これが、全て CD-ROM 一枚に編纂された訳だから、持ち運びには何の苦労もない。しかし、CD-ROM になったことにより講演要旨が手元にあるにも関わらず、ノートパソコンでもない限り、予め発表の概要を知ることができない。とくに英語を第二言語とする人間にとっては、予備知識のあるなしは、発表内容の理解度を大きく左右するだろう。これもコミュニケーションを考えた場合には大きな問題ではなかろうか？ 主催者の労苦、著作権などの問題を無視して言うと（技術的には何の問題もないはずである）、CD-ROM が完成した段階で、同時にホームページ上に要旨を公開して頂けると、興味ある発表のみ印刷して、学会に臨むことができるのだが、と思わずにはいられなかった。

おわりに

開催地となったニューサウスウェールズ大学は、閑

静な住宅街に囲まれ、芝と林の広がる広大な敷地をもつ美しい大学であった。大学から 30 分も歩けば、オリンピックビーチバレーの行われたボンダイビーチにたどり着くという。秋を迎えたシドニーは、長袖は必要なものの北海道の秋に比べずっと陽気であり散策を楽しむには調度良い気候だった。時差がほとんどないこと、物価水準が同程度であること、華僑が多く、東洋人である自分がそれほど浮き立たないこと、食事もフィッシュ&チップスから中華料理、タイ料理まで豊富な種類がそろっていることなどなど、日本人である私にとっては比較的なじみやすく、過ごしやすい環境であった。とは言っても、シドニーはこの巨大な大陸のほんの一点に過ぎない。中央部には広大な沙漠を持ち、北と南、西と東では気候も大きく違う。そこに展開される畜産も当然、多種多様な形態で営まれていることだろう。時間的な余裕から、その多くに触れることができなかつたのが、今回の心残りである。



シンポジウム報告

乳質及び乳房炎のコントロール太平洋国際会議 (PC2000) の概要

菊地 実

北海道立根釧農業試験場 技術普及部 専門技術員

去る 2000 年 11 月 13 日から 16 日の四日間、長野市において「乳質及び乳房炎のコントロール太平洋国際会議＝略称 PC2000」が開催された。

PC2000 の目的は、「世界の乳質及び乳房炎コントロールに関わる優れた技術と概念を紹介しあう」ことにある。22 カ国から 440 名 (内海外 94 名) の方が参加し、10 のセッションで 75 題の口頭発表とポスターセッションで 15 題の発表があった。

これらの発表を通じて、乳質及び乳房炎コントロールに関わる最新の知見や概念が発表されたのでその主なものについて紹介したい。

1. 乳 質

(1) キーノートアドレスで Dr. Walther W. Heeschen (Germany) が述べた内容は、今後の乳質を考える上で示唆に富むものであった。

乳の品質は、その成分組成と衛生的特性により決定される。成分的な乳質は、主として飼料給与、管理システム、遺伝、品種及びその他の要因により影響を受ける。衛生的なパラメータは、食品の安全性にとって決定的であるばかりでなく、意図された利用に対する適合性にも影響を及ぼす。さらに、乳房炎のような疾病は、乳成分組成に対しても技術的、経済的に影響を及ぼす。コーデックス食品規格委員会 (Codex Alimentarius Commission, CAC) による食品衛生の定義には、食物連鎖のあらゆる段階における、食品の安全性と適合性を確保するために必要なすべての条件と手段を含んでいる。食品に対するこの一般的な定義は、乳及び乳製品に対して無条件に適用される。安全性と適合性を確保するために必要なすべての条件と手段は、生乳の一次生産に始まり、乳及び乳製品が小売店で最終消費者に販売されることで終了する。

コーデックス食品規格または食品コードは、消費者、生産者、処理業者、国内の食品取り締まり当局、及び食品の国際貿易にとって、全世界的な規模での基本的参照先となってきた。食品コードは、食品生産者及び製造業者の考えに対してばかりでなく、最終消費者の意識にも極めて大きなインパクトを与えた。その影響は世界的なものであり、公衆衛生と公正な食品貿易への寄与は計り知れないものである。

乳及び乳製品の安全性についての国際的な概念に

は、リスクアナリシスの要素であるリスクアセスメント、リスクマネジメント及びリスクコミュニケーションが含まれる。危害分析重要管理点 (Hazard Analysis and Critical Point, HACCP) システムに対する認識が高まりつつある。最終製品の検査は、生産／製造過程の各段階におけるリスクをコントロールするシステムに置き換えられるか、または少なくともそれによって補完され、完全性を高めるべきである。HACCP システムは、酪農産業の責任において実施すべきリスクマネジメントの道具である。

乳中の病原微生物、残留物質、汚染物質は危害であり、乳及び乳製品の国際貿易に対して重要な役割を負う。成分的、衛生的、技術的な乳質は、乳房炎により悪影響を受け、体細胞数は、乳の品質／衛生的特性の指標である。

安全な食品とは、現代の食品衛生の概念では、それぞれが責任を分担することである。政府／行政、酪農業界／貿易、消費者は相互に緊密に協力し、乳の品質と安全性を保証しなければならない。

(2) 高品質生乳について、W. Nelson. Phipot は次のように定義した。高品質生乳とは、①乳以外の風味が無く、②不愉快な臭いが無く、③抗生物質の残留・加水・または他の混入物が無く、④総菌数が少なく、⑤ PI (preliminary incubation) 菌数が少なく、⑥体細胞数が少ない乳である。また、W. Nelson. Phipot は、これらの高品質な生乳を生産する鍵として次の提案を行った。①牛に、清潔で乾燥しストレスの無い環境を与える、②搾乳前の刺激、③乳房炎発見のための乳房と前搾り乳のチェック、④乳頭の清拭、⑤搾乳前の乳頭ディップの使用、⑥乳頭の乾燥、⑦ティートカップの装着の方法、⑧搾乳ユニットの調整、⑨適切なティートカップの取り外し、⑩効果の認められた薬剤によるティートディッピング、⑪ティートカップライナーの消毒や他に考慮すべき要因。

(3) 生乳の品質に関して道立根釧農試から「乳頭の清拭によるリステリア菌の生乳への混入防止」と「高品質生乳生産農場の搾乳関連衛生対策の特徴」が発表された。これらの発表では、生乳への細菌混入を防ぐために乳頭清拭が重要であること、推奨されている方法を着実にを行うことが高品質の生乳生産に重要であることが示された。

(4) Bhushan M. Jayaro (USA) が発表した「バルク乳の分析：乳質と牛群の乳房健康改善の道具」は、多くの酪農家が定期的に得ているバルク乳の細菌数及び体細胞数のデータを一定期間蓄積することで、バルク乳の乳房炎原因菌培養結果と合わせて重要な情報の基礎となり、この総合的なデータを、酪農家における管理作業と関連付けて解釈することで、牛群における現状並びに潜在的な乳質、乳房炎の問題点を明らかにするための理論が得られる。この観点は興味深いものである。

(5) 乳成分組成を考えるうえで重要な示唆が、ニュージーランドの Martin Auld によって述べられた。「高品質の生乳とは、それが意図されている目的に対して適合性が高いことである。もし、目的が高品質な乳製品であるならば、乳成分組成は鍵となるパラメータである」

2. 乳房炎

(1) ニュージーランドの Martin Auld は、乳房炎乳すなわち体細胞数が増加した生乳は、カゼイン比率の減少、血清蛋白の濃度増加、無機成分バランスの変化によって特徴づけられることが多いと述べ、乳房炎の間に起こる乳成分の変化のいくつかは、生乳の加工処理工程、特にチーズの製造に有害であるが、その他の製品加工にとっても有害であることを指摘した。

(2) 北海道の「いぶり NOSAI」の小松は、乳房炎コントロールは、搾乳方法、環境衛生、淘汰、乾乳期治療など総合的な問題牛群の把握および防除対策が重要であり、そのことを実施・継続することは酪農家にとって極めて経済効果が高いことを証明した。

(3) Stephen C. Nickerson は、多くの牛群で未授精の若牛、初妊牛ともに乳房炎の蔓延がみられることを指摘した。これらの乳房炎で最も普通に分離される微生物は、黄色ブドウ球菌及び CNS で体細胞数は $10 \sim 20 \times 10^6/\text{ml}$ の範囲である。更新用若雌牛が、乳房炎原因菌に感染することなしに牛群に加わり、産乳量だけでなく乳質を最適なものにするためには、特別な注意を払うべきであると指摘した。

(4) デンマークの Flemming Larsen は、「乳牛は過酷な条件のもとで働いている！ 乳牛は自然とは程遠い飼料と自然とは程遠い環境条件のもとで、本来の量の 5 倍もの生乳を生産している」と指摘し、ストレスの観点から乳房炎防除について述べた。

考え方の基本は、その農場がおかれている実際の条件と、牛にとっての自然な条件とを比較することである。牛にとっての自然な条件から逸脱する個々の事象を、期待される重要度とそれを除去するための経済性に従って順位付けし、この順位に基づいて、最も経済的な方法で、必要量のストレスを除去することが重要である。多くの場合、最も順位の高いストレス要因は、

最も安価に除去できるものであると指摘している。

(5) ニュージーランドの Murray W. Woolford は、搾乳管理による乳房炎コントロールについて次のことを述べた。牛が病原菌に曝されることと、疾病に罹患させやすくする要因をコントロールすることは、搾乳管理技術が乳房炎のコントロールに寄与する二つの主要な経路である。敷き料の管理、環境に対する接触のコントロール、そして搾乳の前または後に使用される乳頭殺菌剤のような介在物によって、乳頭上の病原菌を最小とすることができる。搾乳機械は、乳頭に一乳期に 25 万回ものパルセーションを受けさせるような異常な状態を強いるものであり、性能が低い搾乳機械は、乳頭組織の損傷や乳房内への病原菌の直接的注入などにより乳房炎感染の危険性を明らかに大きくすると指摘した。

3. 普 及

(1) カナダの Pierre Levesque は、酪農家の訓練プログラムについて示唆に富む内容を述べた。「生乳に品質を改善するためには、生乳生産に携わる人々の質を向上しなければならない」

訓練とは、酪農家に良い情報を提供することにとどまらない。参加する酪農家自らが理解し、考えを構築または再構築しなければならないという複雑な過程である。

我々の訓練プログラムは、酪農家向けに作られたものであるが、すべての人々が同じ方向を目指して働くように、獣医師や現地指導員などの助言者もプログラムに参加することが重要である。訓練は良き助言者に代替するものではない。酪農家や農場労働者が推奨事項の背後にある基本的な事項を理解できれば、助言はより効果的なものとなる。

(2) PC2000 の口頭発表の最後は、北海道乳質改善協議会が 1997 年から 98 年の二カ年に渡って行った「道産生乳の生菌数削減」に関わる発表であった。この活動により生菌数 1 万以下の割合が約 80% から 88.5% に上昇したことは、乳質向上のためには、酪農家はもとより関係者が一丸となって取り組む必要があることを示唆するものであった。

4. 道内関係者の発表紹介

本稿で紹介できなかった道内関係者の発表は次のとおりである。

(1) 口頭発表

「ホルスタイン種乳牛群における *Prototheca zopfii* による乳房炎とその低排除性の特徴；永幡肇・酪農学園大学」、「搾乳作業が体細胞数に及ぼす影響；河合一洋・十勝 NOSAI」、「牛急性乳房炎に対するオゾン療法の応用と臨床的観察；緒方篤哉・宗谷 NOSAI」、「黄色

ブドウ球菌による潜在性乳房炎の泌乳期治療；平井綱雄・道立畜試)

(2) **ポスター発表**

「初代培養の牛乳腺細胞への乳房連鎖球菌と大腸菌

の付着：黄色ブドウ球菌との比較；古村圭子・帯広畜産大学」「大腸菌由来 Lipopolysaccharide の乳房内注入後に見られた末梢血でのアポトーシス好中球の増加の成因；八木行雄・家畜衛生試験場北海道支場」



書 評

「畜産食品微生物学」

編著：細野 明義

発行年：2000年

発行所：朝倉書店

帯広畜産大学 荒井 威吉

微生物は人間との関わりにおいて、食品製造などに適した優れた機能を発揮する有益な恩恵を与える一面と、病原性を有する場合は疾病罹患の原因となるなどの有害な一面がある。微生物は、有益微生物であれば発酵や微生物由来酵素を用いた多くの食品の製造に利用され、一方有害微生物であれば食品とその素地に対する腐敗および中毒などのマイナス面に対する迅速かつ適切な対応が求められる。

本書は、畜産食品学を学ぶ大学生や、関連の産業に従事する専門技術者に対して乳、肉、食卵に関連する微生物学をわかりやすく解説したものである。編者によればこの種の畜産食品の微生物に関する専門書（和書）は、ここ30余年間にわたって出版されておらず、本書にはこの間に蓄積されてきた多くの新知見が紹介されており、時宜を得た専門書である。本書では図表、フローチャート、写真なども豊富に使われており、畜産食品の微生物学を総合的に学ぶ者にとっては、基礎的な理解を助けてくれる良書と思われる。

本書の構成は前段が牛乳に係る微生物編、中段は食肉と食肉製品および食卵と食卵製品に係る微生物編で、後段は畜産食品への微生物由来酵素の利用と畜産食品微生物のテクノロジー（育種・改良）編になっている。

まず前段の牛乳に係る微生物では、微生物学の歴史、有害微生物に対して抵抗性を示すバイオプリザバティブ（植物、動物、微生物起源の抗菌作用があり有害性がない食品または物質）とバクテリオシン、および HACCP 管理システム（1. 微生物と畜産食品）、次に微生物の分類、構造、増殖様式、生育抑制および殺菌（2. 微生物の種類と増殖）、微生物のエネルギー（ATP）の獲得様式、菌体成分の生合成など（3. 微生物の代謝）、および乳と乳製品の微生物学的な性状、チーズや発酵乳などの製造方法、スターターの種類、最近話題になっている栄養生理的機能、プロバイオティクス（腸内微生物叢のバランスを改善して宿主の健康に好影響を与える生菌体）など〔4. 牛乳と微生物（乳製品加工と微生物）〕が解説されている。

細菌数の90%を死滅させるのに必要な加熱時間をD値といい、D値を10分の1に短縮するのに必要な温

度変化（Z値）は、酵母、細菌栄養細胞などで5～8℃（通常5℃）、細菌芽胞では6～16℃（通常10℃）である。また健康牛の乳房内には $7 \times 10^2 \sim 2.6 \times 10^3$ /mlの細菌が棲息しており、搾乳から、バルク乳、工場受入乳に向かって漸増するので、細菌汚染の制御対策が重要である。牛乳の殺菌条件では、低温保持殺菌法（LTLT）または高温短時間殺菌法（HTST）で製造した牛乳にはMicrobacteriumやBacillus芽胞などの酸生成菌が残存するが、有用乳酸菌の残存は期待できない。

近年畜産食品（乳、食肉、卵）などに、HACCP管理システムを取り入れた“総合衛生管理製造過程”が推奨されている。最近発生した食中毒は製造工程の作業と不良品の処分の不適切さが原因とされ、乳業機械の性能とHACCP管理システムが如何に優秀でも、製造工程の作業が適切でなければ衛生的品質と安全性は確保されないことが実証された。微生物には相互関係があり、生乳中の黄色ブドウ球菌は他の微生物が優勢な菌種の時には生育抑制されるが、逆に人や動物の粘膜などに棲息する場合には他の病原菌の感染に抵抗性を示す傾向などがある。

中段には食肉と食肉製品の微生物叢と汚染微生物の制御、発酵食肉製品の種類とスターター微生物の利用（5. 食肉および食肉製品の微生物）、および鶏卵の微生物侵入経路、サルモネラ菌などの食中毒関連微生物、卵・卵製品の汚染微生物制御など（6. 食卵および食卵製品の微生物）が纏められている。

後段では、日本人に多い乳糖不耐症向けの乳飲料製造に用いるβ-ガラクトシダーゼ、チーズ製造に用いるレンネット（キモシン）とスターター微生物起源の酵素類、特定保健食品に添加するペプチド類調製に用いるプロテアーゼ類、食肉の軟化および肉質改良に用いる酵素類、食卵の液卵脱糖に用いるグルコースオキシダーゼ、その他の畜産食品に利用されている酵素類（7. 微生物由来酵素の畜産製造への利用）、および乳酸菌の遺伝子の構成と遺伝子導入による形質転換、遺伝子解析技術とそれらの産業的利用法などの乳酸菌バイオテクノロジー（8. 畜産食品微生物の育種・改良）が解説されている。一読をお薦めしたい良書である。



第56回 北海道畜産学会大会

2000年9月4日(月)・5日(火)
会場：トーヨー・グラント・ホテル

2000年度北海道畜産学会賞

北海道立滝川畜産試験場「バイオベッド」研究グループ
阿部英則・渡部 敢・山崎 昶・米道裕爾・山川政明

「寒冷地における豚のバイオベッド管理システムに関する研究」

シンポジウム

「牛乳の消費動向と今後期待される原料乳の乳質」

座 長 高橋 雅信 氏 (根釧農試)・菊地 政則 氏 (酪農大)

基調講演 『牛乳乳製品の消費動向と今後期待される原料乳の乳質』

ホクレン酪農畜産事業本部 酪農部 生乳共販課長考査役 板東 寛之 氏

話題提供 ①『生乳生産現場の問題点と試験研究への要望』

北海道酪農検定検査協会 生乳検査部次長 熊野 康隆 氏

②『我が家のチーズ加工・販売の取り組み』

中標津町酪農家 三友由美子 氏

③『乳質に関する試験研究の現状と発展方向』

帯広畜産大学生物資源利用学講座教授 荒井 威吉 氏

一般講演一覧

栄 養

- A 01 アルファルファおよびコーンサイレージ給与割合の違いが去勢牛の十二指腸への窒素移行量に及ぼす影響
○川島千帆・木村文香・河合正人・花田正明・岡本明治 (帯畜大)
- A 02 アルファルファおよびコーンサイレージ給与割合の違いが去勢牛の反芻胃内通過速度と飼料利用性に及ぼす影響
○木村文香・川島千帆・花田正明・河合正人・松岡 栄 (帯畜大)
- A 03 連続メタン生成システムによる *in vitro* メタン生成に対する乳酸菌および酵母のマニピレーション効果の評価
○周 效桂¹・蒲生夕子¹・Sar Chetra¹・三井元之¹・荒井威吉¹・高橋潤一¹・木村一雅² (帯畜大¹・ヤクルト中央研²)
- A 04 北海道和種馬の各消化管における飼料片粒度分布 (予報)
○上田宏一郎・小林泰男・秦 寛・近藤誠司・大久保正彦 (北大農)
- A 05 異なる乾草を給与しためん羊間のルーメン内容物全量交換が採食量と採食行動におよぼす影響
○泉 賢一・中村淳子・長田沙織・岡本全弘 (酪農大)
- A 06 飼料への有機酸添加が子豚の消化率および育成成績に及ぼす効果
○岡本全弘・野村典子・鶴見幸子 (酪農大)

飼 養

- A 07 冬季積雪林間放牧地における北海道和種馬およびサラブレッド系馬の採食位置および個体間距離
○新宮裕子・近藤誠司・秦 寛・大久保正彦（北大農）
- A 08 肥育前期における放牧が黒毛和種去勢牛の発育および枝肉成績に及ぼす影響（予報）
八代田千鶴・○葛岡修二・杉本昌仁・佐藤幸信・宮崎 元・寒河江洋一郎（道立畜試）
- A 09 泌乳初期の乳牛におけるアルファルファサイレージを用いた TMR の給与効果
○伊藤めぐみ・大坂郁夫・出岡謙太郎・小倉紀美（道立畜試）
- A 10 トウモロコシの加圧処理が消化率ならびに乳生産に及ぼす影響
○花田正明¹・竹村直美¹・岡本明治¹・澤口則昭²（帯畜大¹・ホクレン²）
- A 11 乳牛の資質が泌乳前期放牧牛の乳量、乳成分に及ぼす影響
○原 悟志・西村和行・上田和夫・糟谷広高・扇 勉（根釧農試）
- A 12 放牧主体型酪農における単位面積当たりの牛乳生産
— 浜中町放牧酪農家と北大農場の比較検討 —
○八代田真人・西道由紀子・中辻浩喜・近藤誠司・大久保正彦（北大農）
-

草 地

- A 13 美幌峠牧場における野生エゾシカの牧草地利用
○檜山知弘・増子孝義・石島芳郎（東農大・生産）
- A 14 放牧草の季節別、草丈別飼料成分
○上田和夫・酒井 治・高橋雅信・原 悟志（根釧農試）
-

育 種

- A 15 ばんえい競馬における第 2 障害越えの画像解析
○山口 諭・鈴木三義・柏村文郎（帯畜大）
- A 16 黒毛和種の 3 集団における産肉形質に対する遺伝的パラメータの推定
増田 豊¹・○鈴木三義¹・西部博寿²・加藤浩二³（帯畜大¹・十勝農協連²・家畜改良事業団³）
- A 17 格付員により評価された BMS ナンバーと格付季節との関連性
○口田圭吾・藤田暁子・鈴木三義・三好俊三（帯畜大）
- A 18 乳用牛を仮定したシミュレーションデータに対して Method R を用いた遺伝パラメータの推定
○Pereira, J.A.C.・鈴木三義・大宮寛子・萩谷功一（帯畜大）
- A 19 ホルスタイン種における近親交配を考慮した生涯生産量の遺伝的トレンドの推定
○萩谷功一¹・鈴木三義¹・Pereira, J.A.C.¹・河原孝吉²（帯畜大¹・ホル協²）
-

生 理

- B 01 飼育雄エゾシカの血清における微量金属元素濃度
○竹岡 亮・亀山祐一・伊藤雅夫・新田孝章・石島芳郎（東農大・生産）
- B 02 エゾシカ (*Cervus nippon yezoensis*) の血清中重金属濃度の分析
○新田孝章・亀山祐一・竹岡 亮・石島芳郎・伊藤雅夫（東農大・生産）
- B 03 牧草地の施肥条件が牛の血中ミネラル成分に及ぼす影響
○山田 豊（北農試）
- B 04 アンガス・黒毛和種およびその F1 肥育牛の皮下脂肪組織の品種間差について
○左 久¹・中辻哲治²・山田善光¹・花房俊一³（帯畜大¹・明治乳業²・マルハ³）
- B 05 ブタに対する成長ホルモン放出ペプチド (GHRP-2) の飼料中および経口投与が成長ホルモン (GH) 放出に及ぼす影響
○Phung Thang Long¹・佐々木亜由子²・李 洪求³・Vega R.A.¹・松長延吉¹・日高 智¹・桑山秀人¹・左 久¹（帯畜大¹・ズコーシャ²・ソウル大学³）
- B 06 ホルスタイン種去勢成牛と肥育牛に対するインスリン頻回投与が血漿レプチン濃度と飼料摂取量に及ぼす影響
○Vega, R.A.¹・香月博喜²・Lee, H.G.³・Phung, T.L.¹・Nou, V.¹・松長延吉¹・桑山秀人¹・左 久¹（帯畜大¹・ホクレン²・ソウル大³）
-

利 用

- B 07 軟骨細胞外マトリックスの血管新生抑制タンパク質に関する研究
○中村富美男・藤岡 哲・田中誠一・佐藤昌弘・福永重治（北大農）
- B 08 牛初乳の熱凝固過程における理化学的特性の変化
○筒井静子・大武亜弓（酪農大）
- B 09 肥育牛における血中ビタミンA含量と格付けとの関連性
○高橋正悟¹・橋詰良一²・伊藤雅夫²（斜里農協¹・東農大生産²）
- B 10 非加熱発酵ソーセージの熟成に伴うタンパク質分解に関する研究
— 豚肉ホモジネート中における乳酸菌の影響について —
○坂本 健・島田謙一郎・関川三男・三上正幸（帯畜大）
- B 11 ヨーロッパの非加熱食肉製品の特性について
○三上正幸・島田謙一郎・関川三男（帯畜大）
-

衛 生

- B 12 ふん尿処理施設の滞在強度と建築基準緩和
○佐藤義和¹・干場信司²・森田 茂²・小川秀雄³（北農試¹・酪農大²・神奈川大³）
- B 13 乳検および共済成績に基づく乳牛の供用年数短縮の要因解析
○扇 勉¹・堂腰 顕¹・金子 剛²・草刈直仁¹（根釧農試¹・現中央農試²）
- B 14 農家調査に基づく乳牛の供用年数と飼養管理との関連
○堂腰 顕¹・扇 勉¹・八田忠雄¹・草刈直仁¹・川本 哲²・大坂郁夫²・出岡謙太郎²（根釧農試¹・道立畜試²）
-

飼 料

- B 15 サイレージ発酵初期における構造的炭水化物の分解
○Nguyen Huu Van・佐藤根朋子・根本由紀子・松岡 栄（帯畜大）
- B 16 アルファルファのサイレージ調製過程とルーメン内分解過程におけるアミノ酸組成の変化
○林 翰群・泉 賢一・岡本全弘（酪農大）
- B 17 各種サイレージにおけるリステリア菌の分布調査
芹川 慎¹・高橋雅信¹・藤田眞美子²・扇 勉¹・○小関忠雄¹（根釧農試¹・道農政部²）
- B 18 チモシー主体粗飼料中の脂溶性ビタミン特性
○高橋雅信¹・上田和夫¹・酒井 治¹・糟谷広高¹・芹川 慎¹・八田忠雄¹・峰崎康裕²（根釧農試¹・天北農試²）
-

管 理

- B 19 フリーバーンにおける乳牛の排泄パターン
○Samarakone, T. S.・宮田高子・瀬尾哲也・柏村文郎・日高 智・古村圭子（帯畜大）
- B 20 哺乳期の管理方式がその後の群管理における子牛の行動に及ぼす影響
○阿島健太郎¹・干場信司¹・森田 茂¹・八代田千鶴²・村田 太¹（酪農大¹・道立畜試²）
-

第56回 北海道畜産学会大会報告

栄 養

農水省北海道農業試験場 押尾 秀一
東京農業大学生産学部 増子 孝義

第56回大会の栄養分野の発表は6題あり、A 01からA 03の3題は、押尾(北農試)が座長を担当し、A 04からA 06の3題は増子(東農大)が担当した。以下に、各演題について報告する。

A 01 反芻胃内分解性蛋白質(DIP)が多いアルファルファサイレージ(AS)と窒素利用性を高めるために必要な非構造性炭水化物(NSC)を多く含むコーンサイレージ(CS)の給与割合と去勢牛の十二指腸への窒素移行量との関係について検討したものである。ASとCSの給与割合を20%づつ増減させ、AS 100%からAS 0%まで6段階の給与割合を設け、各々十二指腸カニューレを装着した去勢牛に維持量給与し、十二指腸内容物を一定間隔で採取し十二指腸への窒素、非アンモニア態窒素、微生物窒素移行量を測定している。その結果、非アンモニア態窒素移行量はAS 0%と20%では摂取量よりも移行量が高く、この給与割合では窒素摂取量の不足が窺われ、摂取量と移行量がほぼ同一になるCP含量は約12%前後であると推定され、日本飼養標準で推奨する肉牛の維持レベルでのCP水準とほぼ一致する値となっている。また、微生物窒素移行量は当初の実験意図に反し、ASとCS給与割合に関係なく、ほぼ一定の値を示していることは興味ある結果であり、第一胃内での微生物合成を考える場合、給与成分と同時に給与量も関与していることが考えられる。今後、さらに採食量も考慮した実験を行うことにより、より実用的な成果が期待される。

A 02 前課題と全く同じ実験条件下で、ASとCSの給与割合の違いにより、反芻胃内通過速度および繊維の消化がどのように影響されるかを検討したものである。反芻胃内通過速度はASとCSの給与割合による有意な影響は認められず、ASは1~3%/hr、CSは2~3%/hrの範囲で変動し、特にASの変動範囲は大きく、維持レベルでは第一胃貯留量が飽和レベルに達しないため、その増減により通過速度は大きく影響を受けていることが窺われた。繊維の消化率はCSの給与割合が高いAS 20とAS 0%で低下する傾向が認められ、この給与割合では窒素成分が不足し、第一胃内アンモニアレベルが9 mg/dl以下、DIP/NSCが

0.25以下になる飼料成分では繊維分解能が影響を受けることを示唆した。今後さらに、非蛋白態窒素の利用と繊維分解能を高める研究を進展させ、牧草成分の合理的な利用方法を図るための基礎資料を提供して戴きたい。

A 03 ルーメン内でのメタン産生をコントロール手段として、難分解性ガラクトオリゴ糖添加、イエメン産羊乳自家発酵乳ラバン分離乳酸菌添加、並びに酵母添加した場合のメタン産生量についてIn Vitro連続ガス産生システムの発酵槽を用いて検討したものである。その結果、オリゴ糖添加によりメタン産生は抑制されたものの、乳酸、酵母添加区では菌株により、その産生能は異なることが明らかになった。このことから、今後は菌株毎の糖利用性、発酵能等について検討をすすめ、何故メタン産生量に違いが生じたのかを明らかにする必要がある。また、接種菌濃度、希釈率等、今回用いたIn Vitro発酵系がIn Vivo発酵を正確に反映するものであるかどうか、さらに精査することも重要である。

A 04 ウマの消化管内における繊維質の消化・発酵については、ほとんど明らかにされておらず、一連の試験を通じてそのメカニズムを解明していこうとするものである。序章として、放牧された北海道和種馬1頭を解体し、胃、小腸、大腸に分け、大腸はさらに盲腸、結腸前部、結腸後部および直腸に分割した各部位において内容物を採取している。ウマが繊維質を消化することは周知の事実であるが、消化・発酵における大腸の役割を明らかにすることは、ウマの食性や飼育形態を考える上で、研究成果が望まれる。今回の発表は予報であり、消化管各部位の内容物の粒度分布、新鮮物重量、乾物重量が中心である。盲腸と結腸に存在する内容物は多く、粒度は意外に大きい結果が得られている。内容物の発酵状況を表わす項目、すなわちVFAやアンモニアなどの産生量についても調べる必要があると考える。

A 05 反芻動物の採食量におよぼす要因を解析する上で、ルーメン内の飼料発酵に着目した研究である。飼料によってルーメン内容物の物理的、化学的性状が異なり、ルーメン内性状に影響が現れ、飼料の採食量に差が生じるのではないかと仮説をたてている。めん羊を2頭ずつ2群に分け、早刈り乾草と輸入乾草をそれぞれの群に給与し、7日目にルーメン内容物をすべて交換する実験を行っている。給与した乾草の乾物採食量は、早刈り乾草が20%多く、採食時間も70分程度

長い結果が得られている。輸入乾草群に早刈り乾草のルーメン内容を交換すると、やがて採食量が増加している。給与する飼料が同じでも、ルーメン内容物が異なれば採食量に影響が現れていることから、要因解析をルーメン内充満度と発酵生産物の吸収に分けて行う必要があると考える。

A 06 子豚に対する抗生物質の投与は、成長促進効果が認められてから、飼料に添加して利用されるようになった。抗生物質の代わりにプロピオン酸やギ酸などの有機酸を飼料に添加し、防黴、殺菌、静菌などの効果を期待した実験である。飼料にこれらの有機酸を添加して、消化率と育成成績を調べ、消化率に有意差が認められず、飼料摂取量は対照区がギ酸添加区よりも多い結果を得ている。ギ酸はサイレージ調製時に添加され、発酵品質の改善効果が認められている有機酸である。ギ酸添加サイレージを開封しても、ギ酸特有の刺激臭がなく、乳牛に対する採食量に影響することは少ないと考えられている。ギ酸の刺激臭がまだ残存する段階で、添加飼料を子豚に給与すると、刺激臭とともに酸味の影響が強いと考えられる。ギ酸の添加量が0.56%、プロピオン酸が0.72%であり、添加飼料のpHがかなり酸性側に傾いていると考えられる。これらの有機酸を使用する場合には、添加量の検討も必要であると考える。

飼 養

酪農学園大学 岡 本 全 弘
北海道立畜産試験場 杉 本 昌 仁

飼養分野の発表は6題あり、A 07からA 09の3題は、岡本(酪農大)が座長を担当し、A 10からA 12の3題は杉本(道立畜試)が担当した。以下に、各演題について報告する。

A 07 積雪期における北海道和種馬の林間放牧地での採食と休息行動についての続報である。北海道和種馬は雪に埋もれたミヤコザサを掘り出して採食するというたくましさを持っている。本報告は積雪林間放牧地における和種馬の採食行動をサラブレッド系馬と比較することによって明確にしている。すなわち、より深い積雪地から、より広く拡がって採食するが、休息時には平坦部に集まって過ごす。一方、サラブレッド系馬はほとんど積雪のない場所で採食し、採食や休息にともなう群の拡散や集合がみられない。これは品種の特性であろうが、ヒトに対する依存性の違いもあるかもしれない。今後は積雪条件の違い、育成時の群体験や放牧体験の影響、採食されるササなどの植物の量的な検討などが期待される。

A 08 肥育当初から濃厚飼料を多給し、運動を抑制して肥育効率を高める黒毛和種の肥育方式は現行の枝

肉評価方式ではほとんど必然である。本研究は現行の枝肉評価方式において、長い肥育期のうちの前期に放牧を利用することのメリットを見付けようと意図した研究である。結論は肥育前期に放牧を取り入れると、増体は十分だが、脂肪交雑や脂肪色に検討の余地があるとのことであった。この結論は、対照区がないので、試験場で蓄積された黒毛和種の肥育成績との比較から得たのだろう。今後は放牧後の肥育過程における変化を知る必要がある。それによって放牧期間の短縮や肥育期間の延長によって枝肉の評価を高める方式を模索することができよう。一方、消費者の嗜好が多様化していることを踏まえ、放牧を取り入れたときの肉質を積極的に評価する研究方向もありうるだろう。

A 09 泌乳初期の乳牛に給与するTMRの20%を構成する牧草サイレージをチモシーとアルファルファを原料草として比較した研究である。こうした実用的な研究は、特に北海道において重要である。チモシーの刈り取り時期が開花期と遅く、結果的にTMRの粗タンパク質とNDFの含量に、それぞれ2および6ポイントの差が生じ、これを反映した結果を得ている。したがって、得られた結果が草種の違いによってもたらされたか、刈り取り時期が適切でなかったことによるのか判別できないのが残念である。泌乳試験には多大な労力と経費が必要で、多種の試験区を設けることが困難なので、草種を比較する場合にはできるだけ適期に刈り取ることが重要であろう。アルファルファは栽培が困難な地域もあるが、新しい品種も登場している。消化管通過速度が速く、自由摂取量に優れる特性があるし、第一胃内での緩衝作用も大きいので、泌乳初期のTMRには適切な飼料である。今後とも地道な研究を期待する。

A 10 常圧圧ペントウモロコシと加圧圧ペントウモロコシをそれぞれ二つの給与水準で乳牛に与え、消化率および牛乳生産に及ぼす影響について検討した報告である。トウモロコシのデンプン含量はどちらも40%程度で差はなかった。デンプンおよびNDF摂取量はトウモロコシの加圧条件による差は認められなかったが、加圧トウモロコシを与えた区の方がデンプン消化率は高く、NDF消化率は低くなった。FCM生産量は、トウモロコシの加圧条件よりも給与水準の影響を受けた。本試験の結果、加圧トウモロコシを給与しても乳生産に影響が認められなかったのは、デンプン消化率の増加にともなう繊維質消化率の低下によるものではないかと考察している。今後は、トウモロコシの加圧条件がルーメン内環境あるいは反芻家畜の繊維質消化にどのような影響を及ぼすのか、さらなるデータの蓄積が望まれる。

A 11 初産時の乳脂肪率・放牧時の牧草サイレージの摂取量・濃厚飼料摂取量を要因に取り上げ、これらの因子が2産目以降の放牧時における産乳成績との関

連性を検討した報告である。初産時の乳脂肪率が高い個体ほど2産目以降の放牧時における乳脂肪率および乳蛋白質率が高くなった。牧草サイレージを併給した個体は、給与しない個体に比べて乳脂肪率が高くなった。濃厚飼料摂取量と各乳成分との関連性は見られなかった。以上のことから、初産時乳脂肪率の高い個体を用いることにより、2産目以降の放牧時における低成分乳の発生は軽減できると考察している。今後は、資質の異なる乳牛について飼養技術改善の検討が必要だと考える。

A 12 道東の草地型酪農地域における酪農家の単位面積あたり乳生産量と北海道大学農場におけるそれとを比較検討し、酪農経営における土地利用に関する問題点と可能性を検討した報告である。北大農場での単位面積あたり牛乳生産量は年間で8.1-10.1 t/haであるのに対して、調査対象酪農家では2.3-5.4 t/haと低かった。両者の個体乳量には大きな差はなかったが、調査対象農家では、購入飼料の利用量が多かった。これらの原因として、調査対象農家では放牧強度が低いこと、貯蔵飼料生産量が低く濃厚飼料への依存度が高いことを指摘している。本報告から得られた問題点について、技術的な改善策の提示が望まれる。

草 地

帯広畜産大学 花 田 正 明

A 13 この報告は美幌峠牧場において牧草地へのエゾシカの出没頻度と牧草地におけるエゾシカの行動を調査し、エゾシカによる牧草地の食害対策やエゾシカの家畜化に向けた基礎的知見を得ようとしたものである。その結果、牧草地への出没頻度は春季と秋季に多く、牧草地へのエゾシカの出没は日没から日の出までの間に集中することが示された。また、牧草地に出没するエゾシカの多くは雌成獣であり、雄成獣は秋季に生殖行動のために出没することが示された。このように牧草地へのエゾシカの出没パターンを把握することは、食害対策にとって重要であるが、さらに牧草地の周辺環境や地形などの立地条件とエゾシカの出没パターンとの関連について検討する必要性が会場から指摘された。

A 14 この報告は泌乳牛の放牧飼養時における適切な併給飼料給与を行うため、チモシー、メドウフェスクおよびシロクロバの単播草地において牧草の化学成分の変動について繊維質やタンパク質分画のみならずミネラルや脂溶性ビタミンについても検討したものである。CP、NDF含量ならびに溶解性タンパク質含量の季節変動はチモシーとメドウフェスクに明確な差は認められず、これらの成分は主に利用草丈と季節によって変動することが示された。これに対しCaやMgなどのミネラル含量や α -トコフェロール含量は

チモシーよりもメドウフェスクで多くなる傾向が示された。今後、この成果が併給飼料給与技術の提示へと発展することが期待されるとともに、牧草中の脂溶性ビタミンやミネラル含量の多少が乳牛の健康や乳中への移行量にどの程度影響を及ぼすかも興味深いところである。

育 種

農水省北海道農業試験場 中 村 淳
北海道立根釧農業試験場 西 村 和 行

育種分野の発表は5題あり、A 15からA 17の3題は、中村(北農試)が座長を担当し、A 18からA 19の2題は西村(根釧農試)が担当した。以下に、各演題について報告する。

A 15 は山口らによる報告で、ばんえい競走馬における第2障害登坂時の走行フォームに関して腰の角度の変化に着目し、画像解析に基づき数値化した腰の角度と着順、坂順位、走行タイムおよび登板時間への関連性について検討している。このうち、着順、走行タイムと登板時間において腰の角度に有意差が認められ、第2障害において停止せず登板した競走馬の方が望ましいという報告であった。プレゼンテーションにおいて第2障害登坂時の走行フォームの様子を動画によって非常にわかりやすく説明されていた。また、競走馬における腰の角度と競争時における筋肉の動き等の運動能力との関連性について質問があった。本報告では37頭の競走馬からなる分析結果であったが競走馬の例数を増やし更に詳細な知見が得られることが望まれる。

A 16 は鈴木らによる報告で、異なる3つの黒毛和種の牛群から集積されたデータを用い多形質REML法によって枝肉重量、ロース芯面積、ばら厚、皮下脂肪厚、BMSナンバーの5形質の遺伝的パラメータを推定している。また、データの取り扱いによって各牛群データごとの5形質の多形質モデル、同じ形質を牛群間で異なる形質とみなした3形質の多形質モデル、全ての牛群のデータを統合した5形質の多形質モデルによる3種の分析を試みている。これらの分析の結果、遺伝的パラメータの推定値が分析によって多少異なるが大きな差は認められず、間接検定データとフィールドデータの統一処理の可能性が示唆されるとの報告であった。また、種雄牛の供与に地域差があればその交互作用をモデルに考慮すべきかどうかというという質問があった。

A 17 は口田らによる報告で、去勢和牛の格付において季節区分10-12月にA 5の評価の頻度が他の季節区分よりも高まる傾向にあることから、画像解析によって得られた黒毛和種の脂肪面積比に基づいて

BMS の格付に及ぼす季節の影響について検討している。結論として BMS と脂肪面積比との関連性について季節の有意な影響は認められず、全国データにおいて A 5 の割合が需要期に増加するのは良質の肉が多く出荷されるためとの報告であった。また、季節の区分によって用いられたビデオカメラが異なり画質に差異が生じるため脂肪面積比の画像を補正する必要がある、この点について画質の差異についてレンズの性能が大きき要因となるかという質問があった。肉用牛の育種学的な分析を今後試みるためにもデータの性質を把握していく必要がある、その点からも有意義な発表であった。

A 18 は帯畜大の Pereira, J.A.C. らにより、乳牛を仮定した大容量データを用いる際のデータセット分割による遺伝分散推定手法を提示した。A. Reverter によって提唱されたサブセットごとの分散比を 1 に近接させる手法 (Method R) であるが、シミュレートされた記録は遺伝率、交配方法、集団サイズを変更した 24 のデータセットを用い、REML 法と比較検討した。無作為交配の場合は推定遺伝率と設定遺伝率は近似したが、個体数の減少とともに推定精度はやや低下した。また、選抜されたデータにおいては設定値と推定値間差が大きくなり選抜の影響は完全に除外できなかったが、REML 法では困難とされる多数の個体を含むデータセットに対しては有用な手法であるとの報告であった。今後のデータ蓄積による巨大データの解析に有効な手法であり、さらなる展開が期待される。選抜後の交配様式、即ち、同類交配や異類交配で遺伝分散の減少度が異なるような影響はどうか、との質問が出された。今後さらに多形質の分析への発展が期待される。

A 19 は帯畜大とホル協の共同研究で萩谷らにより、ホルスタイン種における近交退化を考慮した場合の初産次生産量とその後 48 および 84 ヶ月までの生涯生産量の遺伝および環境トレンドが推定された。遺伝および環境トレンドは血縁行列において両親の近親交配による遺伝分散の偏りを補正し、個体の近交係数を回帰で含めたアニマルモデルを用いた推定結果が報告された。環境トレンドに対する近親交配の考慮をモデルに含めた効果の影響は大きくなかった。しかし、生涯生産量の育種価推定値は上昇傾向を示した。体格の年次推移との係わりに関する質問があった。今後ますます種雄牛の集中的供用が進む傾向が推測されることから、近親交配による影響を考慮したモデルによる分析の必要性がうかがわれる。今後のさらなる環境要因の捉え方等綿密な検討が期待される。

生 理

帯広畜産大学 日 高 智
東京農業大学生物産業学部 亀 山 祐 一

生理分野の発表は 6 題あり、B 01 から B 03 の 3 題は、日高(帯畜大)が座長を担当し、B 04 から B 06 の 3 題は亀山(東農大)が担当した。以下に、各演題について報告する。

B 01 エゾシカの血液または臓器中の微量元素濃度についてはよく知られていない。そこで竹岡ら(東農大)は、飼育下のエゾシカについて毎月 1 回、年間を通じた採血を行い、血清中の微量元素濃度の変化について報告した。測定した元素は Na, K, Mg, P, Ca, Mn, Fe, Cu, Zn, Sr ですべての元素で個体差が認められ、また飼養場所の異なる群で違いが認められた。採血時期による変化が認められた元素もあり、給与飼料による影響が大きいものと思われた。本研究は人の管理下でのエゾシカの血液中微量元素濃度の正常値を明らかにした点で意義があるものと考えられる。また、野生エゾシカの血液中微量元素濃度の正常値については今後の検討が必要であろう。

B 02 エゾシカの血液または臓器中の重金属濃度についてはよく知られていない。そこで新田ら(東農大)は、飼育下のエゾシカについて毎月 1 回、1996 年から 1997 年の I 期と 1999 年から 2000 年の II 期にそれぞれ採血を行い、血清中重金属濃度の変化について報告した。測定した重金属は Cu, Zn, Cd, Pb, Si, As, Hg などであった。エゾシカの血液中の重金属濃度は高い値を示さず、環境からの重金属の汚染は少ないものと思われた。また、I 期と II 期の違いについては個体差が大きく、一定の傾向が認められなかった。本研究は人の管理下でのエゾシカの重金属濃度を明らかにした点で意義があるものと考えられる。また、野生エゾシカの血液中重金属濃度については今後の検討が必要であろう。さらにエゾシカの生息地域の土壌と血液中の微量元素濃度との関連についても今後の検討が必要であろう。

B 03 長年にわたって高水準の施肥を施された放牧草地において、急性の変死例が散発したため、山田(北農試)はその原因と対策について報告した。10 a あたり窒素 17 kg, 燐酸 11 kg, カリ 17 kg を 5 月, 7 月, 9 月, 3 月に分けて施肥している放牧草地に授乳期の黒毛和種繁殖牛 8 頭を輪換放牧して試験を行った。繁殖牛は放牧期に体重が減少し、入牧 2~4 週で消瘦、元氣消失が一部みられ、3 頭が孤立、挙動不安、歩様強拘などを示し、入牧 48 日と 58 日目では 2 頭が強直症状を示し、その後斃死した。血液分析の結果では K, P の増高と Mg と Ca の低減があった。以上から原因

は低 Mg 症であった。これは、高水準施肥の内容が適切ではなかったことが指摘された。また、下痢が放牧初期にみられたが治癒したこと、細菌学的検査では異常がなかったこと、さらに授乳牛であったことが Mg の低下の影響を大きくしたことなどが質疑応答され、苦土石灰の施肥等により改善されたことが報告された。

B 04 わが国の肉用牛肥育では、黒毛和種との F 1 牛を肥育して肉質改善を狙う発想がある。F 1 肥育牛の枝肉形質は、二品種の中間の性質を示すとされている。しかし、成長速度が著しく異なる場合には、同一体重で比較しても、月齢の違いによって品種間の差を厳密に評価することは難しい。本研究は同一飼養条件で肥育したアンガス、黒毛和種およびその F 1 を用い、21 および 24 ヶ月齢の皮下脂肪における脂肪細胞直径および脂肪酸組成、屠殺時における枝肉皮下脂肪の融点と色を比較している。F 1 牛の脂肪細胞直径、脂肪酸組成は黒毛和種とアンガス種の中間の性質となり、黒毛和種との交雑は枝肉脂肪の質を改善することが示された。また、脂肪の色は品種よりも、飼料の影響を受けることが報告された。黒毛和種とホルスタイン種の交雑でも、同様の効果を期待できるか興味もたれた。

B 05 成長ホルモン放出ペプチド (GHRP-2 および GHRP-6) を経口投与すると、ラット、イヌ、サル、ヤギおよびヒトにおける成長ホルモン (GH) の放出は刺激される。本研究は GHRP-2 をブタに飼料中および経口投与し、血漿中の GH 濃度を経時的に測定している。その結果、GHRP-2 は飼料中または経口投与のいずれにおいても、GH の放出を刺激することが報告された。また、短期間の飼料中 GHRP-2 投与は、GH 放出に脱感作を起こさない可能性が示唆された。演者らは GHRP-2 をブタに 30 日間皮下注射した結果、平均日増体量、飼料要求率が改善されたことを第 97 回日本畜産学会で報告している。GHRP-2 を長期間飼料中投与して産肉成績を改善することができれば、養豚産業に応用することも可能であろう。

B 06 レプチンは脂肪細胞で産生されるホルモンであり、摂食抑制およびエネルギー代謝の亢進によって糖脂質代謝に影響するフィードバックループを形成している。マウス、ヒトおよびラットでは、レプチンの生産が血漿インスリンによって調節されることが知られている。本研究は肥育牛と育成牛にインスリンを頻回投与し、血漿レプチン、グルコースおよび NFE 濃度、TDN 摂取量における変化を報告している。その結果、育成牛ではグルコース濃度の低下およびレプチン濃度の上昇が起こったが、肥育牛では同様な変化の起こらなかったことが報告された。演者らはインスリン投与に対する血漿レプチン濃度変化の違いは、インスリンに対する感受性の違いを反映したと結論した。イ

ンスリン作用に対するレプチンの影響は相反する諸説が報告されており、今後のさらなる検討が期待される。

利 用

帯広畜産大学 荒井 威 吉
北海道大学農学部 西 邑 隆 徳

利用分野の発表は 5 題あり、B 07 から B 08 の 2 題は、荒井(帯畜大)が座長を担当し、B 09 から B 11 の 3 題は西邑(北大)が担当した。以下に、各演題について報告する。

B 07 軟骨は無血管組織であり、その血管新生抑制には細胞外マトリックスタンパク質 (FCM) のコンドロモデュリン-I (ChM-I) が関与しているが、ChM-I の軟骨での存在様式は明らかでない。本発表では ChM-I の軟骨での局在と、培養系での軟骨片からの遊離および血管内皮などに及ぼす影響が検討された。ChM-I は軟骨膜にはなく、軟骨基質全体に均一に存在し、培養軟骨細胞層では細胞外のネットワークに存在した。また培養した軟骨片近傍では血管内皮細胞の増殖が阻害され、軟骨細胞調節培地では軟骨細胞の増殖が促進されたので、ChM-I は軟骨の切断面から溶出すると考えられた。これらの結果、軟骨細胞で合成された ChM-I は細胞膜から分泌され、FCM として固相化され、血管新生抑制に重要な役割を果たすことが明らかとなり、存在様式の一部が解明された。

B 08 牛初乳は仔牛に給与される他は、加熱して初乳豆腐に加工される程度である。本発表では初乳の活用を図るために、牛初乳の理化学的性状とその加熱凝固過程での特性が検討された。分娩直後から搾乳 5 ~ 7 回までの初乳は、牛乳特有の香気が無く、pH は 6.34 ~ 6.48 で、アルコールテストで凝固した。酸度は搾乳 1 回目の 0.31% から漸減し、8 回目には 0.22% になり、粘度は 1 回目のみが 18.2 cP で、2 回目以降は約 5.0 cP であった。搾乳 1 回目の初乳は、加熱時間の増加に伴って破断強度とゼリー強度が増大し、外観とテクスチャーは市販生イーストに近似していた。搾乳 2 ~ 3 回目の初乳は加熱すると柔らかい茶碗蒸し程度であった。以上の結果、分娩直後から 1 ~ 3 回の初乳は、加熱加工によって初乳プリンなどのデザート類その他に利用できる可能性が示された。

B 09 斜里農協および東京農大のグループは「肥育牛における血中ビタミン A 含量と格付けとの関連性」について報告した。牛肉の肉質評価において重要な決定要因である脂肪交雑は、肥育牛の血中ビタミン含量と関連があるという指摘がある。また、肥育農家では、出荷前の数ヶ月間ビタミン A が欠乏するような状態に置いた方が肉質が良くなるとして、飼料中のビタミン A を抑えるような飼育管理を行う場合も多い。しかし、

ビタミンA含量と脂肪交雑の関連については十分には明らかになっていない。本研究では、共進会に入賞した231頭の去勢牛のデータを基に、と殺直前の血中ビタミンA含量と枝肉格付け各項目評価値との関連性について検討している。ビタミンA含量が30IU以下であるとA5に格付けされる頻度が高くなること、また、歩留まり基準値や枝肉単価はビタミンA含量が20-30IUであると高い傾向がみられることを示し、ビタミンA含量を20-30IUとする飼養管理が望ましいとしている。今後は、肥育期のどの時期にどのような方法でビタミンA含量を調節するのが適当か等の検討が必要である。

B 10 帯広畜産大学のグループは「非加熱発酵ソーセージの熟成に伴うタンパク質分解に関する研究」について発表した。発酵ソーセージは日本ではまだ馴染みが少ないが、独特の風味があり、今後消費拡大が期待される食肉製品のひとつである。本研究では、発酵ソーセージ製造時にスターターカルチャーとして添加される乳酸菌の効果を明らかにすることを目的に、豚肉ホモジネートに乳酸菌を添加して生成されるペプチドを無添加のものと比較検討した。乳酸菌を添加したものは無添加に比べてペプチド生成量が多く、また、pHが低いほどペプチド生成量が多い傾向にあることを示した。今後の研究において、乳酸菌添加によって生成されるペプチドを同定し、内因性プロテアーゼにより生じたペプチドと比較検討することによって乳酸菌の効果がより明確になるであろう。

B 11 帯広畜産大学のグループは「ヨーロッパ非加熱食肉製品の特性について」報告している。スペインなどヨーロッパ産のサラミや生ハムなどの非加熱食肉製品8品目について、ペプチドおよびアミノ酸分析、微生物学的性状、ならびに官能特性について調査を行い、それぞれの製品の品質特性を明らかにしようとした。いずれの製品も日本では馴染みの少ないものであり、今回得られた分析結果を基に、今後、日本における非加熱食肉製品の品質向上を目指した研究の展開が期待される。

衛 生

北海道大学農学部 近藤 誠 司

B 12 昨年11月に「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」が施行されて、畜産農家にとって排泄物の処理と利用はますます大きな問題となっている。本発表はこうした流れを踏まえて、糞尿処理施設の潜在強度（1年間に人間が建物内に滞在する延べ何時間、人・時/50m²・年）をアンケート（全国600件）、聞き取り（関東・東海地方を中心に40件）および実測（全国40件）で調査したものである。その結果、潜在強度は面積に依存せず、またアンケート調査

結果は実態より大きな数字を示し、安全側に触れているものと判断された。以上から堆肥舎・攪拌発酵施設の潜在強度は44±33人・時/50m²・年が採用され、これは搾乳牛繋ぎ害牛舎の約10分の1の値であった。こうした数字を踏まえ、2000年5月に建築基準緩和がなされ、さらに検討が続けられていることが示された。発表後、潜在強度の概念と計算法などについての質問があった。

B 13 酪農経営の規模拡大と高泌乳化にともない、乳牛の供用年数が短縮化する傾向にあることは指摘されて久しい。本報告はこうした傾向の実態を把握するとともに、経営形態、乳量水準および飼養規模との関係を検討したものである。根室管内217戸、十勝管内98戸の酪農家を調査した結果、各経営における平均産次は2.53~2.96であり、おおむね乳量水準が高い農家ほど平均産次は低かった。全体に経産牛の乳量と平均産次には負の相関(-0.43)があったが、農家間の変動が大きかった。本報告はさらに除籍理由および全病傷事故危険率を乳量水準、繋ぎ飼いおよび放し飼いなどの飼養形態において解析し、除籍理由として繋ぎ飼いでは乳器・繁殖関係が、放し飼いでは運動器および消化器関係のトラブルが多く、また高泌乳群ほど乳房炎、第4胃変位、ケトosisが多い傾向を報告した。以上から高泌乳化による平均産次の低下を示唆したが、農家間の変動が大きく、今後さらに検討を重ねる必要があることを提示した。

B 14 前発表のB13の発表者との共同研究で、根室及び十勝管内の26戸の酪農家を平均産次が2.5産以下の短群と3.5産以上の長群にわけて、供用年数と飼養管理の関連をさらに追究した研究であった。短群と長群の最も大きな違いは共済による淘汰が除籍理由にしめる割合で、前者は30%であり後者は72%を占めた。すなわち長群では出来る限り自家淘汰しないという経営戦略を取っていることを示唆している。しかしながら同時に、全体には明確な自家淘汰基準を持つ農家はすくないことを報告し、淘汰の原因は飼養頭数から育種的観点、個体販売など非常に広汎で特定できないことも指摘している。乳牛の供用年数と疾病やボディコンディションスコア(BCS)、乳質などとの関連も詳細に検討したが明確な関連はうかがえなかった。ただし疾病が淘汰理由であることが多いのは事実であり、発表者は今後さらに研究を続けることにより飼養管理の改善から供用年数を延長しうることを示唆し、この点について質問があり論議された。

飼 料

北海道大学農学部 中辻 浩 喜

B 15 演者らは、これまでサイレージ発酵における構造性炭水化物の分解程度とそれらに影響を及ぼす要

因について一連の検討を行ってきた。本報告 (Nguyen Huu Van ら：帯広畜大) では、特にサイレージの発酵初期における構造化炭水化物の分解程度と乳酸菌製剤添加の影響について、原料草としてオーチャードグラスとアルファルファを用いて検討した。その結果、オーチャードグラスの乳酸菌無添加区において、構造化炭水化物の分解率が添加区にくらべ高く、乳酸菌の添加はこれらの分解を抑制する傾向が認められた。また、詰め込み草あたりの可溶性炭水化物と構造化炭水化物の分解量を比較すると、両草種とも構造化炭水化物は、可溶性炭水化物と同様に、サイレージ発酵初期においてかなり分解・利用されていることが明らかとなった。これらはサイレージ発酵のメカニズムにおける新しい知見であり今後の研究の進展が期待される。

B 16 近年、乳牛の泌乳能力が向上するにともない、タンパク質栄養も精密化されアミノ酸ベースで論じられるようになってきている。そこで、林ら (酪農大) は、タンパク質飼料として重要な粗飼料源であるアルファルファに着目し、そのサイレージ調製過程とルーメン内分解過程におけるアミノ酸組成の変化について検討した。その結果、原料草のルーメン内分解率は時間経過にともない高まったが、アミノ酸組成には大きな変化はみられなかった。しかし、サイレージのアミノ酸のルーメン内分解率は非常に高く、下部消化管に移行する以前にほとんどが分解されてしまうことが認められた。従って、サイレージがいかなるアミノ酸組成であっても、栄養的にはほとんど意味をもたないと結論した。本研究は、粗飼料由来アミノ酸の消化・利用に関する新しい観点からの研究であり、今後の研究の進展が期待される。

B 17 リステリア菌 (以下、L.m) は人畜共通の病原菌で、環境に広く常在するとされており、生乳を汚染する原因ともなっている。そこで、芹川ら (根釧農試ほか) は、生乳汚染と関連するであろうサイレージにおける L.m の分布について調査を行った。タワーサイレージおよびバンカーサイレージとも深さ 15 cm まではカビの発生とともに L.m が多く検出され、特に壁際が顕著であった。一方、ラップサイレージでは、ラップ巻き数が少なく、特に傷穴のあるものに L.m が多く存在した。これらのことから、演者は、一般にサ

イレージには L.m が広く分布しているであろうと結論した。今回は汚染されているといった実態のみが公表された形になっており、汚染部位と採食性の関連、採食と牛の健康状況、分布と生乳汚染状況との関連などについても、併せて早急に調査・検討する必要がある。

B 18 高橋ら (根釧農試ほか) は、チモシー主体の各種粗飼料における脂溶性ビタミン含量、および乾草調製過程における脂溶性ビタミン含量の推移について検討した。その結果、脂溶性ビタミン含量 (β -カロチンおよび α -トコフェロール) は、放牧草 > 二番草生草 > 一番草生草 > サイレージ > 乾草で、葉部割合の多い粗飼料ほど高く、予乾日数の長い低水分粗飼料ほど低い傾向が認められた。一番草乾草の調製過程では、天日乾燥日数の経過にともなって牧草中の β -カロチンおよび α -トコフェロール含量は低下し、その損失量は、2 日目までの調製初期に大きいことが明らかになった。今後は、サイレージ調製過程における脂溶性ビタミン含量の推移、調製条件と含量の関係等について検討する必要がある。

管 理

北海道立根釧農業試験場 扇 勉

B 19 フリーバーンの 3 農場における乳牛の行動を観察した成績であり、牛の居場所別の排泄行動割合はフリーバーンにおける糞尿処理 (発酵床など) を考える上で有用である。しかし、行動学的に排泄場所を制御することがむずかしいとの結論から、フリーバーンで飼養密度が高まった場合に、発酵床を維持するための管理方法を検討する必要がある。

B 20 育成群に移行する以前の飼養管理が、自動哺乳機により群管理されたものと、カーフハッチにより個別管理されたものを比較した成績であるが、群管理された方が横臥時間および横臥持続時間が長く、社会的ストレスが少ない傾向にあったとしている。自動哺乳期の問題は育成問題研究会でも多くの論議があり、採食行動や運動量の違い、増体への影響および感染症との関連などを検討し、哺乳期を群管理するか個体管理するかの基本的な問題を整理していく必要がある。

会務報告

1. 2000年度第1回評議員会

2000年5月20日, KKR札幌において会長, 副会長, 評議員21名, 監事1名および幹事3名が出席して開催され, 1999年度庶務報告, 1999年度会計報告, 1999年度会計監査報告が行われ, 承認された。次いで, 2000年度事業計画案および2000年度予算案が提案され, 承認された。また, 2000年度北海道畜産学会賞は, 以下の通りに決定された。

受賞者: 北海道立滝川畜産試験場バイオベッド研究グループ

代表 阿部 英則氏

業績: 寒冷地における豚のバイオベッド管理システムに関する研究

2. 2000年度第2回評議員会

2000年9月4日, 中標津町トーヨーグランドホテルにおいて会長, 副会長, 評議員18名および幹事3名が出席して開催され, 会則および投稿規定の改定, 2001~2002年度の役員, 2001年度大会などについて審議された。

3. 2000年度総会

2000年9月5日, 中標津町トーヨーグランドホテルにおいて裏悦次氏(根釧農試)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) 1999年度庶務報告

(1) 第1回評議員会

1999年5月22日, KKR札幌において会長, 副会長, 評議員16名, 監事2名および幹事2名が出席して開催され, 1998年度庶務報告, 1998年度会計報告, 1998年度会計監査報告が行われ, 承認された。次いで, 1999年度事業計画案および1999年度予算案が提案され, 承認された。

(2) 第2回評議員会

1999年8月26日, 酪農学園大学において会長, 副会長, 評議員21名および幹事3名が出席して開催され, 評議員の交替および2000年度大会などについて審議された。

(3) 1999年度総会

1999年8月27日, 酪農学園大学において, 岡本全

弘氏(酪農大)を議長として開催され, 1998年度庶務報告, 会計報告および会計監査報告, 1999年度事業計画, 1999年度予算案, 評議員の交替などについて審議された。

(4) 第55回北海道畜産学会大会

1999年8月26日, 27日, 酪農学園大学において第55回北海道畜産学会大会が開催され, シンポジウムおよび一般講演40題の発表が行われた。

(5) 講演要旨および学会報等の発行

①第55回北海道畜産学会大会講演要旨を1999年8月に発行した。

②公開講演会冊子「北の大地と家畜と私たち—環境と調和した畜産を考える—」を1999年11月に発行した。

③北海道畜産学会報第42巻を2000年3月に発行した。

内容は, 総説1編, 解説1編, 原著論文9編, 研究ノート6編, 会員からの声2編, 海外報告2編, シンポジウム報告1編, 書評1編などであった。

2) 1998年度会計報告(別表1)

3) 1998年度会計監査報告

<審議事項>

4) 2000年度事業計画

(1) 第56回北海道畜産学会大会の開催

開催月日: 2000年9月4日(月), 5日(火)

開催場所: 中標津町トーヨーグランドホテル(根釧農業試験場担当)

大会内容: 一般講演, シンポジウム, 学会賞受賞講演, 総会, 懇親会

(2) 講演要旨および会報の発行

大会講演要旨集: 2000年8月発行

北海道畜産学会報: 2001年3月発行予定

(3) 評議員会の開催 年2回

第1回評議員会 2000年5月20日

第2回評議員会 2000年9月4日

(4) 編集委員会の開催 年2~3回

5) 1999 年度予算案 (別表 2)

6) 評議員・監事の交替について (敬称略)

評議員：落合一彦(北農試) → 山田 豊(北農試)
 所 和暢(天北農試) → 今 友親(天北農試)
 大原益博(滝川畜試) → 川崎 勉(道立畜試)
 監 事：小竹森訓央(北大農) → 大原益博(道立畜試)

7) 会則の改定について

- (1) 学生会員の設定および会費について
- (2) 副会長の増員について

北海道畜産学会会則

新	旧
<p>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。</p> <p>1. 正会員は第2条の目的に賛同する者とする。</p> <p>2. <u>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。</u></p> <p>3. <u>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。</u></p> <p>4. <u>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。</u></p>	<p>第3条 本会は正会員、名誉会員、賛助会員をもって構成する。</p> <p>1. 正会員は第2条の目的に賛同する者とする。</p> <p>2. 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。</p> <p>3. 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。</p>
<p>第10条 正会員の会費は年額 3,000 円とし、<u>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。</u></p>	<p>第10条 正会員の会費は年額 3,000 円とし、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は徴収しない。</p>
<p>第5条 本会には次の役員を置く。</p> <p>会長 1名 副会長 2名 評議員 若干名 監事 2名 幹事 若干名</p>	<p>第5条 本会には次の役員を置く。</p> <p>会長 1名 副会長 1名 評議員 若干名 監事 2名 幹事 若干名</p>

8) 2001～2002 年度役員の選出について (新役員名簿参照)

9) 投稿規定の改正について

北海道畜産学会投稿規定

新	旧
<p>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。</p>	<p>6. 掲載料は原則として無料とする。但し，原著論文については，その刷り上がりページ数が4ページを，研究ノート・技術レポートは3ページを越える場合，超過ページの印刷費の一部は著者の負担とする。またカラー写真を掲載する場合はその費用も著者の負担とする。</p>
<p>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。</p>	<p>7. 別刷は50部まで無料とするが，それ以上は著者の負担とする。</p>

別表1

1999年度 北海道畜産学会会計報告
(自1999年4月1日 至2000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	1,558,000	1,172,000	386,000	正会員 722,000 賛助会員 450,000
広 告 料	100,000	50,000	50,000	第41巻掲載広告
投 稿 料	100,000	169,000	△ 69,000	第41巻超過頁・別刷代
交 付 金	43,000	43,000	0	日本畜産学会より
雑 収 入	50,000	65,512	△ 15,512	著作権等
繰 越 し 金	1,405,893	1,405,893	0	
合 計	3,256,893	A)2,905,405	351,488	

支出の部

(円)

項 目	予 算 額	決 算 額	差 異	備 考
印 刷 費	1,300,000	1,179,680	120,320	第42巻, 第55回大会講要号
大 会 費	150,000	150,000	0	
通 信 費	400,000	243,370	156,630	冊子郵送料等
会 議 費	130,000	109,060	20,940	
旅 費	200,000	169,660	30,340	幹事旅費等
謝 金	150,000	39,500	110,500	事務補助等
事 務 費	50,000	10,862	39,138	
振 込 手 数 料	20,000	12,895	7,105	振込手数料等
予 備 費	856,893	507,150	349,743	公開講演会冊子印刷費
合 計	3,256,893	B)2,422,177	834,716	

収支(A-B) 2,905,405-2,422,177=483,228 (次年度繰越)
繰越金内訳 銀行 183,615 振替 114,190 現金 185,423

特別会計

収入の部

(円)

項 目	予 算 額	決 算 額	差 異	備 考
雑 収 入	10,000	11,032	△ 1,032	利子
繰 越 し 金	2,046,881	2,046,881	0	
合 計	2,056,881	a)2,057,913	△ 1,032	

支出の部

(円)

項 目	予 算 額	決 算 額	差 異	備 考
学 会 賞 副 賞	50,000	0	50,000	
雑 費	6,881	0	6,881	
次年度繰越金	2,000,000	2,057,913	△ 57,913	
合 計	2,056,881	b)2,057,913	△ 1,032	

収支(a-b) 2,057,913-2,057,913=0
繰越金内訳 信託 2,000,000 普通 57,913

一般会計

収入の部 (円)

項 目	予 算 額	備 考
会 費	1,605,000	正会員 3,000×345=1,035,000 賛助会員 570,000 (57口分)
広 告 料	150,000	第42巻掲載広告料
投 稿 料	191,000	第42巻超過頁・別刷代
交 付 金	43,000	(社)日本畜産学会
雑 収 入	50,000	利子, 会報, 著作権
繰 越 し 金	483,228	1999年度から
合 計	2,522,228	

支出の部 (円)

項 目	予 算 額	備 考
印 刷 費	1,200,000	第43巻, 講演要旨集, 別刷代等
大 会 費	200,000	
通 信 費	250,000	
会 議 費	130,000	評議員会 2 回, 編集委員会 3 回
旅 費	200,000	役員・幹事旅費等
謝 金	50,000	事務補助費等
事 務 費	30,000	事務・計算機用品, コピー代等
振 替 手 数 料	20,000	
予 備 費	442,228	
合 計	2,522,228	

特別会計

収入の部 (円)

項 目	予 算 額	備 考
雑 収 入	10,000	利子
繰 越 金	2,057,913	貸付信託 (2,000,000)
合 計	2,067,913	

支出の部 (円)

項 目	予 算 額	備 考
学 会 賞 副 賞	50,000	50,000×1
雑 費	17,913	賞状等
次 年 度 繰 越 金	2,000,000	貸付信託 (2,000,000)
合 計	2,067,913	

北海道畜産学会役員

任期 1999年4月1日～2001年3月31日

会 長	左 久(帯畜大)		
副会長	岡 本 全 弘(酪農大)		
評議員	大久保 正 彦(北大農)	島 崎 敬 一(北大農)	
	清 水 弘(北大農)	田 中 桂 一(北大農)	
	高 橋 芳 幸(北大獣)	福 井 豊(帯畜大)	
	三 好 俊 三(帯畜大)	三 上 正 幸(帯畜大)	
	松 岡 栄(帯畜大)	岡 本 明 治(帯畜大)	
	鮫 島 邦 彦(酪農大)	安 藤 功 一(酪農大)	
	宮 川 栄 一(酪農大)	千 場 信 司(酪農大)	
	小 山 久 一(酪農大)	石 島 芳 郎(東京農大)	
	小 松 輝 幸(東京農大)	竹 下 潔(北農試)	
	山 田 豊(北農試)	田 村 千 秋(道立畜試)	
	森 清 一(道立畜試)	川 崎 勉(道立畜試)	
	新 名 正 勝(道立畜試)	裏 悦 次(根釧農試)	
	今 友 親(天北農試)	須 藤 純 一(道酪農畜産協会)	
	荒 井 正(家畜改良事業団)	鹿 島 直 彦(雪印乳業)	
	澤 口 則 昭(ホクレン)	清 家 昇(酪総研)	
監 事	橋 立 賢二郎(道酪農畜産協会)	大 原 益 博(道立畜試)	
幹 事	河 合 正 人(帯畜大) (庶務)	島 田 謙一郎(帯畜大) (会計)	
	口 田 圭 吾(帯畜大) (編集)		

(社)日本畜産学会役員

(任期：1999, 2000 年度)

理 事	左 久(帯畜大)	大久保 正 彦(北大農)
評議員(北海道定員 13 名)	清 水 弘(北大農)	島 崎 敬 一(北大農)
	田 中 桂 一(北大農)	福 井 豊(帯畜大)
	松 岡 栄(帯畜大)	三 好 俊 三(帯畜大)
	三 上 正 幸(帯畜大)	鮫 島 邦 彦(酪農大)
	岡 本 全 弘(酪農大)	宮 川 栄 一(酪農大)
	千 場 信 司(酪農大)	竹 下 潔(北農試)
	森 清 一(道立畜試)	

2001・2002 年度北海道畜産学会並びに (社)日本畜産学会(北海道支部)役員

北海道畜産学会役員

会 長： 副会長： 評議員：28名	岡 本 全 弘(酪農大) 服 部 昭 仁(北大農) 大久保 正 彦(北大農) 田 中 桂 一(北大農) 松 岡 栄(帯畜大) 岡 本 明 治(帯畜大) 安 藤 功 一(酪農大) 宮 川 栄 一(酪農大) 増 子 孝 義(東農大) 山 田 豊(北農試) 森 清 一(道立畜試) 裏 悦 次(根釧農試) 橋 立 賢二郎(道酪農畜産協会) 澤 口 則 昭(ホクレン) 清 家 昇(酪総研) 西 部 潤(十勝農協連)	田 村 千 秋(道立畜試) 島 崎 敬 一(北大農) 三 好 俊 三(帯畜大) 三 上 正 幸(帯畜大) 鮫 島 邦 彦(酪農大) 千 場 信 司(酪農大) 石 島 芳 郎(東農大) 竹 下 潔(北農試) 川 崎 勉(道立畜試) 新 名 正 勝(道立畜試) 今 友 親(天北農試) 荒 井 正(家畜改良事業団) 鹿 島 直 彦(雪印乳業) 熊 野 康 隆(生乳検) 編 集 委 員 長 大 原 益 博(道立畜試) 泉 賢 一(酪農大) (会計)
--	---	--

監 事： 幹 事：	左 久(帯畜大) 寺 脇 良 悟(酪農大) (庶務) 堂 地 修(酪農大) (編集)
----------------------------	--

(社)日本畜産学会(北海道支部)役員

理 事 評議員：定員 12名	岡 本 全 弘(酪農大) 大久保 正 彦(北大農) 田 村 千 秋(道立畜試) 竹 下 潔(北農試) 三 上 正 幸(帯畜大) 鮫 島 邦 彦(酪農大) 千 場 信 司(酪農大)	服 部 昭 仁(北大農) 田 中 桂 一(北大農) 川 崎 勉(道立畜試) 三 好 俊 三(帯畜大) 左 久(帯畜大) 安 藤 功 一(酪農大) 裏 悦 次(根釧農試)
-------------------------------------	---	--

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、その事務所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、評議員会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る者は、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. 会則第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。研究ノートは、新しい知見か有用なデータを含むものとする。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、文章の長さの調節を受けることがある。
3. 原稿は和文とする。
4. 原稿は図、表、写真などを一切を含め総説では刷り上がり6ページ、原著は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。ワープロ原稿の場合、この他に、「表題、執筆者、使用したワープロの機種、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下記宛とする。封筒には原稿在中と朱書し、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。
〒080-8555 帯広市稲田町
帯広畜産大学畜産管理学科内
北海道畜産学会事務局
電話 0155-49-5460
FAX 0155-49-5462
(事務局が移転した場合には送付先は自動的に変更される。)
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

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、郵便番号、和文キーワード、英文キーワード、要約、緒言、実験方法(材料と方法)、結果、考察、文献の順序とする。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。本文の図、表、写真の挿入場所は矢印を付けて指定する。図、表および写真の説明文は英文とする。
研究ノート・技術レポートの記述は、原著論文の記述法を参考にすが、図、表、写真等の説明文は和文でもよい。
別紙に英文の表題、著者名、所属機関名、所在地、郵便番号を記載し添付する。
2. 原稿は、A4版400字詰原稿用紙に、常用漢字、現代仮名遣い(平仮名)を用いた横書きとする。専門用語については文部省学術用語審議会編の「学術用語集」を参照する。なお、ワープロ原稿の場合はA4版用紙に、縦置き、横書きとし、周囲に約3cmの空白を残し、全角35字/行×34行/頁=1,190字/頁とする。
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, 1990 A; 関川と佐藤, 1992) および風味の向上について (三浦, 1990 B) ……

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, μ m, nm, kl, l, ml, μ l, kg, g, mg, μ g, ng, pg, h, min, s, mol, M, N, ppm, ppb, J, °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. THIM ANN, 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原図は刷り上りの1~2倍とし、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。また、鮮明であれば、コンピュータやプロッタの出力を原図としてもよい。

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原図の周囲には約2cm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、図および表の表題のリスト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. 略表題は15文字以内とし、原稿送り状に記入する。

16. 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

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」を送り、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できる。

第3条 会長は、その都度、選考委員若干名を委嘱する。

第4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5条 本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。

申し合わせ事項

1. 受賞候補者を推薦しようとする者は、毎年3月末日までに候補者の職、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

名 誉 会 員 (2001年3月現在)

氏 名	郵便番号	住 所
朝日田 康 司	060-0054	札幌市中央区南4条東4丁目1-1-9-19-1007 (エンドレス大晋)
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
遊 佐 孝 五	064-0923	札幌市中央区南23条西8丁目2-30

正 会 員 (2001年3月現在)

氏 名	勤 務 先	郵便番号	住 所
赤 島 智 博	創価大学生命科学研究所	193-0802	東京都八王子市犬目町996 コーポ平山201
朝 日 敏 光	夕張市役所産業経済部農林課	068-0403	夕張市本町4丁目
阿 島 健太郎	酪農学園大学	069-8501	江別市文京台緑町582
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
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
天 野 朋 子	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
荒 井 威 吉	帯広畜産大学	080-8555	帯広市稲田町西2線11番地
荒 井 正	(社)北海道家畜改良事業団	062-0052	札幌市豊平区月寒東2条13丁目1-12
有 賀 秀 子		080-0834	帯広市稲田町西2線の7
有 馬 俊六郎		861-1115	熊本県菊池郡合志町豊岡2022-80
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	網走支庁美幌地区農業改良普及センター	092-0027	網走郡美幌町稲美150-6
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
池 滝 孝	帯広畜産大学附属農場	080-8555	帯広市稲田町西2線11番地
池 田 哲 也	農林水産省北海道農業試験場	082-0071	河西郡芽室町新生
石 井 智 美	光塩学園女子短期大学	005-0012	札幌市南区真駒内上町3丁目
石 井 洋	帯広畜産大学	080-8555	帯広市稲田町西2線11番地
石 下 真 人	酪農学園大学	069-8501	江別市文京台緑町582
石 島 芳 郎	東京農業大学生物産業学部	099-2493	網走市字八坂196
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
泉 賢 一	酪農学園大学附属農場	069-8501	江別市文京台緑町582
和 泉 康 史		061-3209	石狩市花川南9条2丁目235
出 雲 将 之	十勝中部地区農業改良普及センター	089-1343	河西郡中札内村東3条南3丁目6-5
井 芹 靖 彦	オーガニックプランツ井セリファーム	086-1007	標津郡中標津町東7条南7条南11丁目
市 川 舜	酪農学園大学	069-8501	江別市文京台緑町582
市 野 剛 夫	十勝農業協同組合連合会	080-0013	帯広市西3条南7丁目14
伊 藤 憲 治	北海道立畜産試験場	081-0038	上川郡新得町新得西5線39
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番地
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

氏名	勤務先	郵便番号	住所
今村美生	雪印乳業(株)札幌研究所	065-0043	札幌市東区苗穂町6-1-1
岩瀬俊雄		062-0032	札幌市豊平区西岡2条9丁目5-5
植竹勝治	麻布大学獣医学部	229-8501	相模原市淵野辺1-17-71
上田和夫	北海道立根釧農業試験場	086-1153	標津郡中標津町桜ヶ丘1-1
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	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
上田靖子	農林水産省東北農業試験場	020-0123	盛岡市下厨川字赤平4
上野孝志	農林水産省畜産試験場	305-0901	茨城県稲敷郡茎崎町池の台2
上原有恒	帯広畜産大学	080-8555	帯広市稲田町西2線11番地
裏悦次	北海道立根釧農業試験場	086-1153	標津郡中標津町桜ヶ丘1-1
浦島匡	帯広畜産大学	080-8555	帯広市稲田町西2線11番地
売場利国	エスエルシー	086-0656	野付郡別海町美原22-21
江幡春雄	北海道草地協会	069-0851	江別市大麻園町7-5
及川寛		004-0812	札幌市清田区美しが丘2条5丁目4-10
扇勉	北海道立根釧農業試験場	086-1153	標津郡中標津町桜ヶ丘1-1
大久保正彦	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
大久保義幸	宗谷北部地区農業改良普及センター	098-4110	天塩郡豊富町大通り1丁目
大坂郁夫	北海道立畜産試験場	081-0038	上川郡新得町新得西5線39
大下友子	農林水産省北海道農業試験場	062-0045	札幌市豊平区羊ヶ丘1
大泰司紀之	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
大谷滋	岐阜大学農学部	501-1193	岐阜市柳戸1-1
大谷文博	農林水産省北海道農業試験場	062-8555	札幌市豊平区羊ヶ丘1
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	264-0004	千葉市若葉区千城台西1丁目52-7
岡田迪徳	(株)メディアカルサポート	004-0064	札幌市厚別区厚別西4条5丁目5-5
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
岡本隆史	農林水産省畜産試験場	305-0901	茨城県稲敷郡茎崎町池の台2
岡本全弘	酪農学園大学	069-8501	江別市文京台緑町582
小川伸一	東胆振地区農業改良普及センター	054-0051	勇払郡鶴川町文京町1-6
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	北海道立畜産試験場	081-0038	上川郡新得町新得西5線39
押尾秀一	北海道農業試験場	062-8555	札幌市豊平区羊ヶ丘1
小関忠雄	北海道立根釧農業試験場	086-1153	標津郡中標津町桜ヶ丘1-1
落合一彦	農林水産省九州農業試験場	861-1192	菊池郡西合志町大字須屋2421
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	十勝東部地区農業改良普及センター	083-0023	中川郡池田町字西3条5丁目
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
箆田勝基		064-0808	札幌市中央区南8条西22丁目4-15
鹿島直彦	雪印乳業(株)受精卵移植研究所	059-1365	苫小牧市植苗119番地
柏村文郎	帯広畜産大学	080-8555	帯広市稲田町西2線11番地
梶野清二	北海道立畜産試験場	081-0038	上川郡新得町新得西5線39
糟谷広高	北海道立根釧農業試験場	086-1153	標津郡中標津町桜ヶ丘1-1
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	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
片山正孝	(社)北海道酪農畜産協会	001-0010	札幌市北区北10条西4丁目1番地

氏名	勤務先	郵便番号	住所
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 獣医学部	069-8501	江別市文京台緑町 582
角川 博哉	農林水産省北海道農業試験場	062-8555	札幌市豊平区羊ヶ丘 1
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	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
釜谷 重孝		099-0403	紋別郡遠軽町 1 条通北 1
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
河上 博美	酪農学園大学 酪農学科	069-8501	江別市文京台緑町 582
川崎 勉	北海道立畜産試験場	081-0038	上川郡新得町新得西 5 線 39
川島 千帆	帯広畜産大学	080-8555	帯広市稲田町西 2 線 11 番地
河津 邦雄	日本ホワイトファーム札幌事業所	059-1742	勇払郡厚真町字浜厚真 381 番地
川田 訓	農林水産省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
菊地 実	北海道立根釧農業試験場	086-1153	標津郡中標津町桜ヶ丘 1-1
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
木村 文香	帯広畜産大学	080-8555	帯広市稲田町西 2 線 11 番地
草刈 直仁	北海道立根釧農業試験場	086-1153	標津郡中標津町桜ヶ丘 1-1
草刈 泰弘	釧路西部地区農業改良普及センター	088-0321	白糠郡白糠町西 1 条北 2 丁目
葛岡 修二	北海道立畜産試験場	081-0038	上川郡新得町新得西 5 線 39
口田 圭吾	帯広畜産大学	080-8555	帯広市稲田町西 2 線 11 番地
工藤 茂	家畜改良センター新冠牧場	056-0141	静内郡静内町字御園 111
工藤 卓二	(社)北海道酪農検定検査協会	060-0003	札幌市中央区北 3 条西 7 丁目 1 番地 酪農センター内
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	060-0003	札幌市中央区北 3 条西 7 丁目 酪農センター内
久米 新一	農林水産省北海道農業試験場	062-8555	札幌市豊平区羊ヶ丘 1
畔柳 正	北里大学八雲牧場	049-3121	山越郡八雲町上八雲 751
ゲン・フウ・ヴァン	帯広畜産大学	080-8555	帯広市稲田町西 2 線 11 番地
小池 信明	西胆振地区農業改良普及センター	052-0021	伊達市松永町
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
小阪 進一	酪農学園大学	069-8501	江別市文京台緑町 582
小竹森 訓央		060-8589	札幌市中央区北 3 西 30-4-35
小原 潤子	北海道立畜産試験場	081-0038	上川郡新得町新得西 5 線 39
小林 道臣	美幌町役場	092-0027	網走郡美幌町稲美 82-59
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
小林 毅	東京農業大学生物産業学部	099-2422	網走市字八坂 196
小松 輝行	東京農業大学生物産業学部	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
今 友親	北海道立天北農業試験場	098-5736	枝幸郡浜頓別町緑ヶ丘
近藤 敬治	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
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
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
斉藤 善一		064-0805	札幌市中央区南 5 条西 15 丁目 2-32

氏名	勤務先	郵便番号	住所
齊藤利朗	北海道立根釧農業試験場	086-1153	標津郡中標津町桜ヶ丘1-1
三枝俊哉	農林水産省北海道農業試験場	062-8555	札幌市豊平区羊ヶ丘1
酒井治	北海道立根釧農業試験場	086-1153	標津郡中標津町桜ヶ丘1-1
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	北海道農業試験場	062-8555	札幌市豊平区羊ヶ丘1番地
坂田徹雄	ホクレン札幌本所	060-8651	札幌市中央区北4条西1丁目
坂本健	帯広畜産大学	080-8555	帯広市稲田町西2線11番地
坂本斉	北見地区農業共済組合	099-0879	北見市美園497番地1
寒河江洋一郎	北海道立畜産試験場	081-0038	上川郡新得町新得西5線39
佐々木修	農林水産省畜産試験場	305-0901	茨城県稲敷郡茎崎町池の台2
佐々木道雪	宗谷北部地区農業改良普及センター	098-4110	天塩郡豊富町大通1丁目
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	㈱科学飼料研究所札幌事業所	060-0061	札幌市中央区南1条西10丁目4-1 全農札幌支所内
佐藤邦忠	帯広畜産大学	080-8555	帯広市稲田町西2線11番地
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㈱総合研究所	080-0831	帯広市稲田町南9線西13
佐藤文俊		080-0853	帯広市南町東3条2丁目4
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	北海道農業試験場	062-8555	札幌市豊平区羊ヶ丘1番地
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㈱総合研究所	080-0831	帯広市稲田町南9線西13
佐野晴彦	農業大学校	089-3333	中川郡本別町山手町2-19
鮫島邦彦	酪農学園大学	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	ホクレン飼料養鶏課	001-8651	札幌市中央区北4条西1丁目
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	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
清水弘	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
清水良彦	明治飼糧株式会社	089-0554	中川郡幕別町札内みずほ町160番地67
下堀亨	北海道 農政部酪農畜産課	060-8588	札幌市中央区北3条西6丁目
周效桂	帯広畜産大学	080-8555	帯広市稲田町西2線11番地
白取英憲	北根室地区農業改良普及センター	086-1045	標津郡中標津町東5条北3丁目
新宮裕子	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
進藤一典	よつ葉乳業㈱東京工場	270-1502	千葉県印旛郡栄町矢口神明1-6-1
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
杉田慎二	滝上町役場	099-5692	紋別郡滝上町旭町
杉本亘之	北海道立根釧農業試験場	086-1153	標津郡中標津町桜ヶ丘1-1
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
鈴木知之	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
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	北海道立畜産試験場	081-0038	上川郡新得町新得西5線39
須田孝雄	十勝農業協同組合連合会	089-1372	河西郡中札内村元札内東2線51番地
須藤純一	(社)北海道酪農畜産協会	001-0010	札幌市北区北10条西4丁目1
住田隆文		005-0006	札幌市南区澄川6条4丁目2-6 澄川コーポ101号
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	網走地区農業改良普及センター	093-8585	網走市北7条西3丁目 網走総合庁舎内
仙田晶嗣	帯広畜産大学	080-8555	帯広市稲田町西2線11番地

氏名	勤務先	郵便番号	住所
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	南根室地区農業改良普及センター	086-0214	別海町別海緑町38-5 根室支庁別海合同庁舎
曾根章夫		080-2472	帯広市西22条南4丁目15-2
曾山茂夫	南留萌地区農業改良普及センター	077-0027	留萌市住之江町2丁目1
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		084-0924	釧路市鶴野58-4493
高橋圭二	北海道立根釧農業試験場	086-1153	標津郡中標津町桜ヶ丘1-1
高橋潤一	帯広畜産大学	080-8555	帯広市稲田町西2線11番地
高橋セツ子	酪農学園大学	069-8501	江別市文京台緑町582
高橋雅信	北海道立根釧農業試験場	086-1153	標津郡中標津町桜ヶ丘1-1
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
田鎖直澄	農林水産省畜産試験場	305-0901	茨城県稲敷郡茎崎町池の台2
田口重信	北海道食糧産業㈱	003-0026	札幌市白石区本通19丁目南2-7 食糧ビル
竹内寛		069-0852	江別市大麻東町2-19
竹岡亮	東京農業大学生物産業学部	099-2493	網走市字八坂196
竹下潔	農林水産省北海道農業試験場	062-8555	札幌市豊平区羊ヶ丘1
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	北海道立天北農業試験場	098-5736	枝幸郡浜頓別町緑ヶ丘
武中慎治	日本曹達㈱	100-8165	千代田区大手町2-2-1 新大手町ビル3F
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 獣医学部	069-8501	江別市文京台緑町582-1
辰巳隆一	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
田中桂一	北海道大学大学院農学研究科	060-0809	札幌市北区北9条西9丁目
田中勝三郎	日本甜菜製糖㈱総合研究所	080-0831	帯広市稲田町南9線西13番地
田中進		961-8071	福島県西白河郡西郷村大字真船字蒲日向62
田中正俊		004-0022	札幌市厚別区厚別南1丁目14-1-102
田中義春	北海道立北見農業試験場	099-1406	常呂郡訓子府町弥生52
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	農水省家畜改良センター十勝牧場	080-0572	河東郡音更町駒場並木8
谷山弘行	酪農学園大学	069-8501	江別市文京台緑町582
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	北海道別海高等学校	086-0214	野付郡別海町別海緑町63
塚本達		080-0837	帯広市空港南町南9線西31番地
ツシト・セミニ・サマラコン	帯広畜産大学	080-8555	帯広市稲田町西2線11番地
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
堤義雄		005-0022	札幌市南区真駒内柏丘5-10
寺井明喜子	室蘭工大生命ソフトラボラトリー	050-8585	室蘭市水元町27番1号
寺見裕	北留萌地区農業改良普及センター	098-3312	天塩郡天塩町川口7237番地
寺脇良悟	酪農学園大学	069-8501	江別市文京台緑町582
天間征	酪農総合研究所	060-0003	札幌市中央区北3条西7丁目 酪農センター内
出岡謙太郎	北海道立畜産試験場	081-0038	上川郡新得町新得西5線39
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
戸苺哲郎	北海道立畜産試験場	081-0038	上川郡新得町新得西5線39
時田光明		107-0051	東京都港区元赤坂1-5-12
時田正彦	酪農総合研究所	060-0003	札幌市中央区北3条西7丁目 酪農センター内
徳富義喜	(株)北海道家畜改良事業団	062-0052	札幌市豊平区月寒東2条13丁目1-12
所和暢		073-0024	滝川市東町2丁目7-35
堂腰頭	北海道立根釧農業試験場	086-1153	標津郡中標津町桜ヶ丘1-1

氏名	勤務先	郵便番号	住所
堂地 修	酪農学園大学	069-8501	江別市文京台緑町 582
土門 幸男	(社)北海道家畜改良事業団	062-0052	札幌市豊平区月寒東 2 条 13 丁目 1-12
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 番地
中川 忠昭	標茶町営多和育成牧場	088-3142	川上郡標茶町上磯分内
中田 和孝		069-0845	江別市大麻 256-16
中辻 浩喜	北海道大学農学部附属農場	060-0811	札幌市北区北 11 条西 10 丁目
中村 淳	農林水産省北海道農業試験場	062-8555	札幌市豊平区羊ヶ丘 1 番地
中村 克己	北海道立天北農業試験場	098-5738	枝幸郡浜頓別町緑ヶ丘
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	農林水産省北海道農業試験場	062-8555	札幌市豊平区羊ヶ丘 1
長沢 滋	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
永山 洋	十勝東部地区農業改良普及センター	083-0023	中川郡池田町字西 3 条 5 丁目
名久井 忠	農林水産省東北農業試験場	020-0123	盛岡市下厨川字赤平 4
奈良岡 武任	新生飼料(株)千歳工場	066-0077	千歳市上長都 1041-8
檜崎 昇	酪農学園大学	069-8501	江別市文京台緑町 582
新名 正勝	北海道立畜産試験場	081-0038	上川郡新得町新得西 4 線 40
新山 雅美	酪農学園大学 獣医学部	069-8501	江別市文京台緑町 582
西埜 進		069-0841	江別市大麻元町 164-32
西部 慎三		004-0846	札幌市清田区清田 6 条 1 丁目 17-20
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
西道 由紀子	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
西村 和行	北海道立根釧農業試験場	086-1153	標津郡中標津町桜ヶ丘 1 丁目
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
新田 孝章	東京農業大学生物産学学部	099-2493	網走市字八坂 196 番地
野 英二	酪農学園大学付属農場	069-8501	江別市文京台緑町 582 番地 1
野中 和久	農林水産省北海道農業試験場	062-8555	札幌市豊平区羊ヶ丘 1
信澤 敏一	日生薬品株式会社	160-0001	東京都新宿区片町 2 番地 3 号 エステートビル
萩谷 功一	岩手大学連合大学院	080-8555	帯広市稲田町西 2 線 11 番地
橋詰 良一	東京農業大学生物産学学部	099-2493	網走市字八坂 196
橋立 賢二郎	(社)北海道酪農畜産協会	001-0010	札幌市北区北 10 条西 4 丁目 1 番地
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 富夫	十勝農業協同組合連合会	080-0013	帯広市西 3 条南 7 丁目 14
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
秦 寛	北海道大学農学部附属牧場	056-0141	静内郡静内町御園 111
蜂谷 武郎	十勝ハンナン	083-0002	中川郡池田町字西 2 条 10 丁目 5-1-325
八田 忠雄		080-0022	帯広市西 12 条南 27 丁目 17-1
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	北海道立根釧農業試験場	086-1153	標津郡中標津町桜ヶ丘 1-1
潘 軍	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
坂東 健	芽室町農協	082-0011	河西郡芽室町東 1 条南 1 丁目
菱沼 竜男	酪農学園大学	069-8501	江別市文京台緑町 582
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
檜山 知弘	東京農業大学	099-2422	網走市字八坂 196
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
ファンタロング	帯広畜産大学	080-8555	帯広市稲田町西 2 線 11 番地

氏名	勤務先	郵便番号	住所
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 和男		080-0856	帯広市南町南7線26-5
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
藤澤 泰之	酪農学園大学	069-8501	江別市文京台緑町582
藤田 真美子	北海道庁農政部農業改良課	060-0003	札幌市中央区北3条西6丁目
藤芳 雅人	農水省家畜改良センター十勝牧場	080-0572	河東郡音更町駒場並木8
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
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	農林水産省東北農業試験場	020-0123	盛岡市下厨川赤平4
ベガ・レナト	帯広畜産大学	080-8555	帯広市稲田町西2線11番地
ペレイラ・ファン・アントニオ	帯広畜産大学	080-8555	帯広市稲田町西2線11番地
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582-1
本郷 泰久	北海道立根釧農業試験場	086-1153	標津郡中標津町桜ヶ丘1-1
本多 芳彦	雪印乳業(株)札幌研究所	065-0043	札幌市東区苗穂町6丁目1-1
前川 裕美		004-0863	札幌市豊平区北野3条5丁目6-18
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
蒔田 秀夫	北海道立花野菜センター	073-0024	滝川市東町6丁目201-55
牧野 司	北海道立根釧農業試験場	086-1153	標津郡中標津町桜ヶ丘1-1
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	農林水産省家畜改良センター新冠牧場	056-0141	静内郡静内町御園111
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	(株)北海道家畜改良事業団	089-0103	上川郡清水町字清水第5線18番地
松長 延吉	帯広畜産大学	080-8555	帯広市稲田町西2線11番地
松本 啓一	雪印種苗(株)道東事業部	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	080-8718	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	089-1321	中札内村東1条北7丁目10番92
三浦 祐輔		004-0022	札幌市厚別区厚別南1丁目16-6
三上 正幸	帯広畜産大学	080-8555	帯広市稲田町西2線11番地
光本 孝次		080-0316	河東郡音更町緑陽台北区21-4
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	北海道立天北農業試験場	098-5738	枝幸郡浜頓別町緑ヶ丘
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
三好 俊三	帯広畜産大学	080-8555	帯広市稲田町西2線11番地
村井 勝	農林水産省東北農業試験場	020-0123	盛岡市下厨川字赤平4
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 匡	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
森田 茂	酪農学園大学	069-8501	江別市文京台緑町582
森田 潤一郎	酪農学園大学	069-8501	江別市文京台緑町582
森津 康喜	酪農学園大学	069-8501	江別市文京台緑町582
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
森脇 芳男	十勝東部地区農業改良普及センター	083-0023	中川郡池田町西3条5丁目
諸岡 敏生		001-0030	札幌市北区北30条西9丁目2-2 シティープラザナイン 201
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

氏名	勤務先	郵便番号	住所
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	086-1153	標津郡中標津町桜ヶ丘 1-1
山口 論	帯広畜産大学	080-8555	帯広市稲田町西 2 線 11 番地
山崎 昭 夫	農林水産省北海道農業試験場	062-8555	札幌市豊平区羊ヶ丘 1 番地
山崎 昶	北海道立畜産試験場滝川試験地	073-0026	滝川市東滝川 735
山路 康		076-0033	富良野市新富町 3-1
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	農林水産省北海道農業試験場	062-8555	札幌市豊平区羊ヶ丘 1
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 直 幸	農林水産省北海道農業試験場	062-8555	札幌市豊平区羊ヶ丘 1
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
矢用 健 一	農林水産省北海道農業試験場	062-8555	札幌市豊平区羊ヶ丘 1
八代田 千 鶴	北海道立畜産試験場	081-0038	上川郡新得町新得西 5 線 39
八代田 真 人	岐阜大学農学部	501-1193	岐阜市柳戸 1-1
湯 浅 亮	酪農学園大学	069-8501	江別市文京台緑町 582
湯 藤 健 治	北海道立根釧農業試験場	086-1153	標津郡中標津町桜ヶ丘 1-1
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
吉 田 悟	北海道立畜産試験場	081-0038	上川郡新得町新得西 5 線 39
吉 田 忠	清水町役場農林課	089-0104	上川郡清水町南 3 条西 2 丁目 4-2 地共公宅 203 号
芳 村 工		086-1106	標津郡中標津町西 6 南 10
米 田 裕 紀		073-0027	滝川市東滝川町 4 丁目 18-27
米 道 裕 弥	北海道立畜産試験場滝川試験地	073-0026	滝川市東滝川 735
リベラダヤラル	クリーン化学工業(株)	061-1433	恵庭市北柏木町 3-172
林 翰 群	酪農学園大学	069-8501	江別市文京台緑町 582 文京台ロイヤルハイツ 202 号
渡 邊 竜 也		997-0802	鶴岡市伊勢原町 22-40 ガーデン伊勢原 205
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

賛 助 会 員 (50音順)

会 員 名	郵便番号	住 所	営 業 項 目
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, 乳頭仕上用ペーパー
旭油脂株式会社	078-8253	旭川市東旭川北3条5丁目3-6	
井関農機株式会社営業北海道支店	006-0805	札幌市手稲区新発寒5条1丁目5番1号	
エーザイ株式会社札幌支店	003-0021	札幌市白石区柴通4丁目3-1	
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	
株式会社アース技研	080-0048	帯広市西18条北1丁目17番地	微生物混合飼料製造販売
株式会社コーンズエージ	061-1433	恵庭市北柏木町3丁目104番地1	酪農機器輸入販売, 作業機輸入販売, ミルキングロボット, バイオガスプラント
株式会社三幸商会	063-0062	札幌市西区西町南17丁目2-44	科学機器販売, 乳加工用機器器具販売, 乳加工用乳酸菌, レンネット販売
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	
株式会社酪農総合研究所	060-0003	札幌市中央区北3条西7丁目 酪農センター	調査研究, 経営診断, 酪農講座, 図書販売
北原電牧株式会社	065-0019	札幌市東区北19条東4丁目	放牧施設生産販売施工, 酪農用品販売, アプリケーションソフト製作販売, 自動給餌機等システム製作販売
全農札幌支所	060-0061	札幌市中央区南1条西10丁目	
全酪連札幌支所	060-0003	札幌市中央区北3条西7丁目 酪農センター内	
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	
十勝農業協同組合連合会	080-0013	帯広市西3条南7丁目14	
日優ゼンヤク株式会社	065-0022	札幌市東区北22条東9丁目	
ニチロ畜産株式会社	063-8510	札幌市西区西町北18丁目1-1	食肉製造販売, 食肉加工品製造販売
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	
ホクレンくみあい飼料株式会社	060-0004	札幌市中央区北3条西3丁目1-2 新光ビルディング	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	
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	酪農機器販売, 酪農施設販売, 糞尿処理機器販売, 畜産環境施設販売
北海道家畜改良事業団	062-0052	札幌市豊平区月寒東2条13丁目1-12	
北海道草地協会	060-0042	札幌市中央区大通西7丁目2 酒造会館内	
北海道農業開発公社	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	獣医畜産機器販売, 理化学機器販売, 牛乳分析器販売, 土壌分析器販売

会 員 名	郵便番号	住 所	営 業 項 目
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 20	
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	
メルシャン株式会社苫小牧工場	059-1373	苫小牧市真砂町 38-5	
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	062-8650	札幌市豊平区美園 2 条 1 丁目 2-1	飼料作物種子生産販売
雪印乳業株式会社酪農部	065-0043	札幌市東区苗穂町 6 丁目 1-1	配合飼料製造販売

北海道畜産学会編集委員会

委員長 田中桂一(北大農)
委員 鈴木三義(帯畜大)
山田豊(北農試)
山本裕介(新得畜試)
新名正勝(道農政部)
石下真人(酪農大)

編集幹事 口田圭吾(帯畜大)

編集後記

本年度も、多くの方々の御協力により、第43巻が完成いたしました。ご寄稿・ご投稿いただいた著者各位、査読を引き受けていただいたレフェリー各位に感謝いたします。

平成12年度の総会において、投稿規定が若干変更になり、来年度から投稿料ならびに別刷料金が改定されることになりました。投稿者各位のご負担が増えることとなりますが、学会の健全な運営のために、ご理解とご協力のほど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、(株)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従業員以外は、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。

〒170-0052 東京都港区赤坂9-6-41 乃木坂ビル

学術著作権協会 (TEL: 03-3475-5618 FAX: 03-3475-5619)

E-mail: kammori@msh.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: (978)750-8400 Fax: (978)750-4744 www.copyright.com

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 for clearance by the copyright owner of this publication.

Except in the USA

Japan Academic Association for Copyright Clearance (JAACC)

41-6 Akasaka 9-chome, Minato-ku, Tokyo 107-0052, Japan

TEL: 81-3-3475-5618 FAX: 81-3-3475-5619 E-mail: kammori@msh.biglobe.ne.jp

In the USA

Copyright Clearance Center, Inc. (CCC)

222 Rosewood Drive, Danvers, MA 01923 USA

Phone: (978)750-8400, Fax: (978)750-4744, www.copyright.com

原稿送り状 北海道畜産学会

投稿論文の原稿には、必ず本送り状（コピーでもよい）に、所要事項を記入して添付してください。

発送年月日 年 月 日

表題

略表題（15文字以内）

英文表題

著者氏名および所属

同英文

連絡者氏名

住所・所属 〒

電話（ ）

FAX（ ）

E-mail：

原稿種別：原著論文 研究ノート 技術レポート その他（ ）

原稿枚数：本文 枚，表 枚，図 枚，図の説明 枚，合計 枚

別刷： 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。

ついに登場!! 糖蜜高添加スターター!!

MEIJI

キャンディースターター



「喰い込める腹づくり」のスタートは、
早期の糞物摂取が最大のキーポイント。
だから、「嗜好性がバツグンに良い」
キャンディースターターにおまかせ下さい。

保証成分

粗蛋白質	粗脂肪	粗繊維	粗灰分	カルシウム	リン	DCP	TDN
22.0以上	2.0以上	8.0以下	12.0以下	0.60以上	0.40以上	20.0以上	75.0以上

お問い合わせは... 明治飼糧株式会社

十勝支店: 中川郡幕別町札内みずほ町160-67 TEL0155-55-5577

健康と快適な生活環境をめざす

■取扱商品■

試薬・理化学機械器具・分析機器
臨床検査薬・医薬品・工業薬品



大槻理化学株式会社

代表取締役 松本 秋夫

本社 090-0056 北見市卸町1丁目6番地2
TEL (0157) 36-7211

釧路支店 084-0913 釧路市星が浦南2丁目1番3号
TEL (0154) 52-7211

帯広営業所 080-0028 帯広市西18条南1丁目2番地35
TEL (0155) 33-1366

豊かな食生活をひとりひとりのもとへ。

ITOCHU
ITOCHU

子供の欲しい食べ物、
親の与えたい食べ物、
つくります。



〒136-8511 東京都江東区亀戸2-35-13 TEL 03-5626-3200 FAX 03-5626-3229

伊藤忠飼料株式会社

乳牛の能力を科学で引き出す

ニッテン配合飼料

- ニッテンは技術と情報をお届けします
- ニッテン乳牛用飼料は牛の健康維持と高品質な牛乳生産のお手伝いをいたします

ニッテン配合飼料の特徴

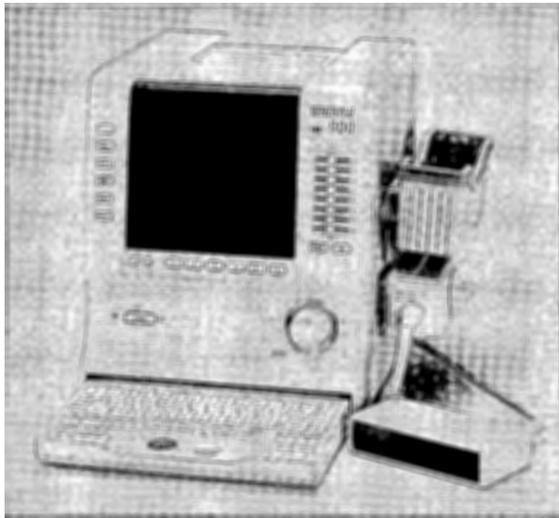
ニッテンのイースト菌(サッカロミセス セレピシエ)を配合し
ルーメンの機能を活発にします

〒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

スーパーアイミート 900



優れた解像力で
測定作業の効率化が計れます

肥育牛への利用；□-ス芯面積の測定
脂肪交雑（サシ）の判定
繁殖雌牛への利用；背脂肪、各部位の脂肪厚
の測定
豚への利用；□-ス芯面積の測定
皮下脂肪厚の測定

北海道富士平工業株式会社

FHK

本社：〒001-0027 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



WISM 21は、21世紀の医療をトータルでサポートし、
お客様のニーズと共に成長するシステムです。

病院の近代化が進むなか、取り巻く環境が厳しさを増しつつある医療施設において、WISM21は医療の変化に対応すべく、
お客様のためにご用意させていただいた医療総合支援システムです。必要な時に必要なシステムを選び、ご利用ください。

- ☞ 医療・理化学機器の販売・アフターフォロー
- ☞ 最新医療情報の提供
- ☞ 医療機器の設置・メンテナンス・保守契約
- ☞ 学会イベントの企画・運営
- ☞ 旅行・広告代理
- ☞ 情報システムの提案・開発
- ☞ 経営分析・診断・改善
- ☞ 資金計画・償還計画・物件調査及び建築
- ☞ 大型プロジェクトコンサルティング
- ☞ SPDシステム
- ☞ 在宅医療・福祉
- ☞ 通信販売
- ☞ 貿易

総合医療機器商社



取扱品目 医療機器・理化学機器・M.E.機器・病院設備
放射線機器・メディカルコンピューター・貿易業務・園科機器
福祉機器・介護用品

札幌本社 / 〒001-0011 札幌市北区北11条西4丁目1番地
TEL: 011-746-5111

東京本社 / 〒110-8681 東京都台東区入谷1丁目19番2号
TEL: 03-3874-7141

支店 / 札幌中央・札幌西・札幌白雲・新札幌・旭川・函館・釧路・帯広・帯広北・帯広南・帯広東・帯広西・帯広南東・帯広南西・帯広南東
本郷・城南・城北・城西・仙台・秋田・巨港・新木・群馬・水戸・大宮・埼玉・埼玉南・埼玉東・千葉西・柏・銚子・多摩・多摩西・横浜・神奈川
神奈川東・福岡

営業所 / 青森・庄内・福島・いわき

<http://www.wism-mutou.co.jp/>



くみあい配合飼料

最新の栄養学に基づいて設計した高品質飼料！

ニューリードシリーズ・パワーリードシリーズ

●特長●

- 空胎日数の短縮・受胎率の向上が期待できるミネラル（有機）を増強しています。
- アメリカ最新推奨値に基づきビタミンADEを添加しています。

ニューマッシュ75

●特長●

- 空胎日数の短縮・受胎率の向上が期待できるミネラル（有機）を増強しています。
- サイレージに含まれるカビ毒素（マイコトキシン）を吸着し、体外へ排出する効果がある吸着材を添加しています。

＜保証成分＞

製品名	粗蛋白質 %以上	粗脂肪 %以上	粗繊維 %以下	粗灰分 %以下	カルシウム %以上	りん %以上	DCP %以上	TDN %以上
ニューリード16	16.0	2.0	10.0	10.0	0.5	0.40	14.0	74.0
ニューリード18(18マッシュ)	18.0	2.0	10.0	10.0	0.5	0.40	16.0	74.0
ニューリード20(20マッシュ)	20.0	2.0	10.0	10.0	0.5	0.40	18.0	74.0
パワーリード16	16.0	2.0	10.0	10.0	0.8	0.50	14.0	76.0
パワーリード18	18.0	2.0	10.0	10.0	0.8	0.50	16.0	76.0
パワーリード20	20.0	2.0	10.0	10.0	0.8	0.50	18.0	76.0
ニューマッシュ75	18.0	2.0	10.0	10.0	0.5	0.40	16.0	75.0

※ 上記の乳牛用配合飼料は生後18月を超えた乳用牛専用の飼料ですので、対象家畜以外への給与は避けて下さい。特に、羊や仔牛には絶対給与しないで下さい。

※ 詳しくはお近くのJA・ホクレンにお問い合わせ下さい。

農協・ホクレン・全農

北海道畜産学会報 第43巻

2001年3月23日 印刷

2001年3月30日 発行

発行人 左 久

発行所 北海道畜産学会
〒080-8555 帯広市稲田町西2線11番地
帯広畜産大学畜産管理学科内
TEL 0155-49-5420
FAX 0155-49-5462
郵便振替口座番号 02770-4-4947

印刷所 (株)アイワード



