

北海道畜産学会報

第42巻 2000年



総 説

日本およびヨーロッパにおける搾乳ロボットの開発と実用化への歩み

解 説

乳牛の生理と乳生産に及ぼす暑熱の影響

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)

第55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 56 回北海道畜産学会大会開催予定

と き：2000 年 9 月 4 日(月)， 5 日(火)
場 所：根釧農試（中標津町）
詳細な案内：2000 年 6 月上旬
講演要旨締め切り：2000 年 7 月中旬

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 左 久

なお，ご不明な点は，会計幹事 島田謙一郎まで

住所：080-8555 帯広市稲田町西 2 線-11 帯広畜産大学生物資源科学科

電話：0155-49-5560

ファックス：0155-49-5577

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（島田）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

旧 住所
TEL・FAX

新 住所
TEL・FAX

北海道畜産学会報

第 42 卷

平成 12 年 3 月

目 次

総 説

日本およびヨーロッパにおける搾乳ロボットの開発と実用化への歩み 柏村文郎 1

解 説

乳牛の生理と乳生産に及ぼす暑熱の影響 上野孝志・竹下 潔 11

原著論文

- 反芻胃内飼料片付着微生物量および in situ NDF 消失率に及ぼす飼料片の粒度および給与乾草の影響
..... 潘 軍・鈴木知之・上田宏一郎・田中桂一・大久保正彦 19
- 飼育下におけるエゾシカ (*Cervus nippon yesoensis*) 雄の血液性状 竹岡 亮・亀山祐一・石島芳郎 25
- 北海道和種馬浅指屈筋腱の加齢に伴う変化
..... 中村富美男・後藤 麗・田中浩子・海津幸子・塙 友之・秦 寛・福永重治 29
- 乾草自由採食下における濃厚飼料のタンパク質水準が黒毛和種去勢育成牛の発育・飼料摂取量
および血液性状に及ぼす影響 杉本昌仁・八代田千鶴・佐藤幸信・宮崎 元・寒河江洋一郎 35
- 一回の採卵で回収できる移植可能な受精卵数に対する分布の当てはめ 浅田洋平・寺脇良悟 43
- オーストリッチの北海道における飼養実態 宝寄山裕直・大原睦生 49
- ホルスタイン種における線形形質スコアのクラス分けが遺伝的パラメータの推定に及ぼす影響
..... 萩谷功一・鈴木三義・ファン アントニオ ペレイラ・河原孝吉 55
- 乾草給与時における北海道和種馬とサラブレッド系馬の自由採食量および採食行動の比較
..... 新宮裕子・稲葉弘之・秦 寛・近藤誠司・大久保正彦 63
- ドナー核に極性化割球および非極性化割球を用いたウシの核移植 川田 訓・小山久一・鈴木裕之 67

研究ノート

- ホイップクリームの性状に関する研究——温度と保存日数の影響——
..... 山口和美・中村邦男・斎藤善一・石下真人・鮫島邦彦 73
- ニワトリ骨格筋ミオシンの加熱ゲル形成能における 2 価金属の影響
..... 金 辰保・前田尚之・石下真人・鮫島邦彦 77
- マメ科牧草サイレージ貯蔵中における構造的炭水化物の分解
..... 鷺巣紋子・河合正人・高橋潤一・松岡 栄 83
- 貯蔵日数の経過にともなうオーチャードグラス (*Dactylis glomerata* L.) サイレージの
構造的炭水化物の分解および栄養価の変化 木村文香・原井純弥・河合正人・松岡 栄 87
- 理化学処理した稲わら、小麦稈の理化学性状, in vitro 消化率とめん羊の自由摂取量,
乾物消化率との関係 阿部英則・山川政明 93
- 理化学処理した小麦稈の物理性状とめん羊の自由摂取量との関係 阿部英則・山川政明 97

会員からの声

- 北海道酪農の現状と問題点 清家 昇 101
- 今何故『だちょう』なのか 小久保謙 103

海外報告

- 自転車とカレーライスの日々——スウェーデンでの研究, 生活, そして社会—— 鈴木啓太 105
- イリノイ大学の研究体制から北海道の畜産研究について思うこと 大坂郁夫 111

シンポジウム報告

第9回国際反芻動物生理学シンポジウムに参加して岡本全弘.....115

書 評

「家畜糞尿処理・利用の手引き 1999」干場信司.....117

第55回 北海道畜産学会大会 一般講演一覧119

大会報告122

学会記事130

役員名簿134

北海道畜産学会会則135

北海道畜産学会編集委員会規定136

北海道畜産学会投稿規定136

北海道畜産学会報原稿作成要領136

北海道畜産学会表彰規定138

会員名簿139

総 説

日本およびヨーロッパにおける搾乳ロボットの開発と実用化への歩み

柏村 文郎

帯広畜産大学, 帯広市 080-8555

Development and state of the milking robot in Japan and European countries

Fumiro KASHIWAMURA

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

キーワード: 搾乳ロボット, 自動搾乳システム, カウトラフィック

Key words: Milking robot, automatic milking system, cow traffic

1. はじめに

世界の搾乳ロボット普及の現状をみると, 先進地オランダを中心としてヨーロッパでは 200 戸以上の農家で利用されており, その普及台数は現在も急速な伸びをみせている (市戸, 1999 B). 日本では, 平成 11 年 10 月現在において, 公的試験研究機関 4 カ所, 農家 9 戸, 有限会社の牧場 1 戸に設置されている. まだ限られた数ではあるものの, 搾乳ロボットは研究段階から普及段階に移行しつつある技術といえるであろう. しかし, これまでの事例をみると, オランダでは搾乳ロボットの利用を中止した農家もあり (高橋, 1999), 「搾乳ロボットは, 何時でも何処でも誰にでも簡単に使える」という表現は誤解をまねくことも明らかになってきた (市戸, 1999 B). 普及段階にさしかかった搾乳ロボットについて, これまでの開発と普及の道のりを今一度振り返り, これからの普及の方向性を考えることも必要であろうと思われる. この総説では, これまで主に日本で公表された搾乳ロボットに関する記事, 報告書および文献を整理し, また海外の研究を紹介する. 日本でも搾乳ロボットが確実な発展をとげるためには, このような作業も必要であろうと考える.

2. 自動搾乳システム開発の経過

世界で初めて搾乳ロボットの特許申請が出されたのは, 1971 年の旧東ドイツであった (ROSSING and HOG-
EWERF, 1997 A). しかしこのミルカーは, 4 本のティートカップを装着するのではなく, 1 つのお椀のようなミルカーを想定していたようである. 4 本のティートカップを装着する本格的な搾乳ロボットの開発を世界で最初に手がけたのは日本であった (福森, 1999; 農林水産技術会議, 1979; 野附, 1998; 生物系

特定産業技術研究推進機構, 1992). 農林水産省畜産試験場では, 1972 年から 5 年計画で立てられた「搾乳作業の省力化に関する研究」というテーマの中で, 畜産試験場, 農業機械化研究所, 静岡県畜産試験場などの研究者および(株)オリオン機械の技術者が連携し, 繋ぎ飼い牛舎用搾乳ロボットの開発が行われた. 最終的にティートカップを装着することができるロボットの開発にこぎつけたが, 当時は現在のようなコンピュータ技術が発達していなかったため, 牛の動きに追従する実用的なロボットの開発までには至らなかった. そのときの教訓として次の 3 点が述べられている (野附, 1998). ①牛を力で押さえるべきではない, ②乳頭のセンシングとティートカップの誘導はリアルタイムで行うべきである, ③ティートカップは牛の動きに常に追従すべきである. これらの教訓は現在の搾乳ロボットでは全て実現されており, その教訓を踏まえた搾乳ロボットの開発が日本では遅れたことが悔やまれる. 1970 年代中頃にはドイツでもミルキングパーラ用搾乳ロボットの開発が行われたが, この開発計画も研究段階で一時ストップしてしまったようである.

1980 年代になるとコンピュータのめざましい発達とともに, 西ヨーロッパ諸国に酪農の自動化を目指す機運が生まれた. 特にオランダでは, 1970 年代から急速にフリーストール牛舎が普及したのに伴い, ネダップ (NEDAP) 社は, 放し飼いでの個体管理を実現するために電子個体識別装置を開発し, それを利用した濃厚飼料の個体別自動給飼装置の普及に力を入れた. 牛はこの給飼装置へ 1 日数回訪問するが, そのとき自動的にティートカップを装着することができれば, 頻回搾乳が可能になり, その結果乳量も増加することが想像された (PIRKELMANN, 1992). オランダの IMAG-DLO (農業機械研究所), フランスの CEMAGREF (農

業工学環境工学研究所), イギリスの AFRC (Silso 農業工学研究所), ドイツの FAL (農業経営技術研究所) といった各国の国立研究機関でも基礎的なロボット開発の研究が開始された (福森, 1989 A, 1989 B, 1993 A, 1993 B; ORDOLFF, 1993). 1983 年 4 月にオランダの Wageningen において, IMAG-DLO が中心となり, 第 2 回の "Automation in Dairying" と題するシンポジウムが開催され, 33 題の発表があった. その発表の主なものは, 自動給餌装置や乳汁電気伝導度計, 活動量計などであり, ティートカップ装着に関するものはドイツの発表 1 題 (ORDOLFF, 1983) のみであった. 1987 年に同じくオランダの Wageningen で第 3 回 "Automation in Dairying" のシンポジウムが開かれた. そこで発表された 47 題のうち 7 題 (イギリス 3 題, ドイツ 2 題, フランス 1 題, デンマーク 1 題) が搾乳の自動化に関するものだった (生物系特定産業技術研究推進機構, 1992). 次いで 1992 年 11 月に同地で開かれたシンポジウム "Prospect for Automatic Milking" において, ヨーロッパ各国・各社の搾乳ロボット開発の現状や実用化への展望が示されるに至って (全国酪農業協同組合連合会開発部, 1994), 搾乳ロボットが急速に現実性を帯びるようになってきた. そのシンポジウムは 5 つのセッションに分かれ, その発表は, A) 自動搾乳システムが 9 題, B) 乳質問題が 15 題, C) 搾乳頻度が 12 題, D) 牛群管理が 12 題, E) その他分野が 8 題, それにポスター発表が 20 題であった. そのシンポジウムには日本からも福森 (1993 A, 1993 B) や新出 (1993 A, 1993 B, 1994) など, その後の日本における搾乳ロボットの開発や普及に指導的役割を果たした研究者たちも出席した. このシンポジウムが与えたインパクトこそが搾乳ロボット時代の幕開けであったといっても過言ではないだろう.

オランダの IMAG-DLO (農業環境工学研究所) は, 今でこそ環境問題に研究の重点を移したが (森田, 1994), 当時は「酪農の自動化」や「自動搾乳」に関するシンポジウムの開催でみられるように, 国際的な搾乳ロボット開発の牽引役となったことは明白である. 搾乳ロボットを開発するに当たって最大の課題であったティートカップの自動装着方法については, 各国各社が独自のアイデアで開発を進めた (ORDOLFF, 1993; ROSSING and HOGEWELF, 1997A; 生物系特定産業技術研究推進機構, 1995, 1996). オランダでは, 1985 年に IMAG が中心となり, NEDAP 社 (個体識別装置), VICOM 社 (農業機械メーカー), PHILIP 社 (家電メーカー), NRS (乳牛検定組合) の連携体が組織され, 将来の農場自動化計画 (FARM2000) が企てられた. 現在, 搾乳ロボットの分野で一歩リードしているオランダのプロライオン (Prolion) 社やレリー (Lely) 社についても, 初期の FARM2000 計画に参画したメンバーの中から将来の可能性を信じた人間が会社を起こ

したり, また農業機械メーカーに搾乳ロボットの開発を促したようである.

オランダではその他にガスコイン・メロット (Gascoine Melotte) 社も搾乳ロボットの開発に着手した. しかし, 乳頭のセンシングにおいて後れをとり, 実用機完成には至っていない. オランダ以外では, イギリスの Silso 研究所が, 独自の開発を進めた搾乳ロボットは, 最近スウェーデンのアルファ・ラバル (Alfa-Laval) 社が改良して, VMS (Voluntary Milking System) として商品化しそうである (林, 1999). また, ドイツではデュセルドルフ (Düsseldorf) 社の開発した搾乳ロボットを酪農機器メーカーのウェストファリア (Westfalen) 社が商品化したようである.

さて日本においては, 1972~1977 年に行われた農林水産省畜産試験場での研究以降, しばらく搾乳ロボットの研究は中断されてしまった. 時をおいて, 1986~1989 年に道立根釧農業試験場と道立工業試験場が共同して, 搾乳ロボットの開発を行った. そこでは一定の成果が生まれたが (澤山ら, 1990), これも実用機の完成には結びつかなかった. その後, 1993 年に再び日本独自の搾乳ロボットを開発する計画が生まれ, 生研機構 (生物系特定産業技術推進機構) では繋ぎ飼ひ牛舎用搾乳ロボットの開発に着手した (平田, 1998, 1999). また, 同年にはオリオン機械 (株), 生研機構, 畜産技術協会, ホクレン等が出資して, 搾乳ロボット開発会社であるエム・エー・ティー (MAT: Milking Automation Technology) 社が設立された. その成果として, 1999 年 11 月に日本独自の搾乳ロボット (デリードリーム) がオリオン機械 (株) から発売された. 今後の日本製搾乳ロボットの普及が期待される.

3. オランダ製搾乳ロボットの日本への導入とその普及経過

〈帯広畜産大学〉

1989 年 9 月に帯広で開催された「寒冷地の農業技術に関するシンポジウム (ISAC)」に招待された IMAG-DLO 実験農場主任が当時オランダで開発している搾乳ロボットの状況を紹介した (ETTEMA, 1989). その講演は, 搾乳ロボットの実用化に近いことを印象づけるものであった (新出と松田, 1994). その後 1993 年 12 月に, オランダの搾乳ロボット (AMS: プロライオン社) が帯広畜産大学に, (株) クボタ社との共同研究という形で導入された (写真 1). その後この搾乳ロボットは, 1998 年 12 月までの 5 年間ほぼ休むことなく運転され, 実用化のためのノウハウが蓄積された (柏村, 1994, 1997; 新出, 1995, 1996 A). 当時導入された搾乳ロボットは完成されたものとは言い難く, その試験期間中にもメーカーによって逐次改良が進められ, 最大の課題であったティートカップ装着の確実性は急速に改良された. またフリーストール牛舎での搾乳ロ

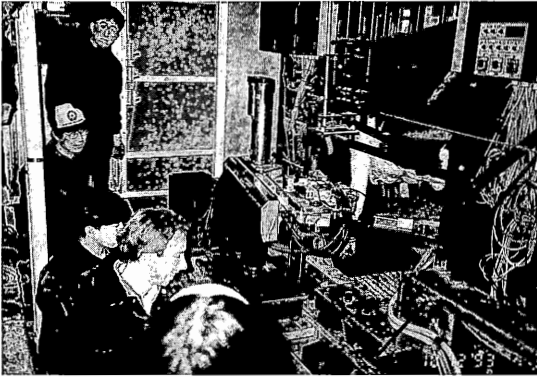


写真1 帯広畜産大学で初めて搾乳ロボット
による搾乳成功 (1993年12月10日)

ボットの利用形態は、導入当初行われた定刻搾乳からフリー搾乳と呼ばれる24時間体制の搾乳形態に漸次移行していった(柏村, 1997)。

〈農家への導入〉

プロライオン社の搾乳ロボット(AMS)は、1995年に十勝の酪農家に試験的に導入された(柏村, 1998 C)。それはその後、その酪農家が購入し、現在も引き続き使用されている。また、同社の搾乳ロボットは、国立または公立の試験研究機関(丹菊ら, 1998)が3カ所の他、栃木県の有限会社の牧場と北海道2戸と栃木県1戸の酪農家に設置されている。なお、この搾乳ロボットには、1ボックスから3ボックスまであり、利用している酪農家の搾乳頭数は80~100頭が多い。

レリー社の搾乳ロボット(アストロノート)がコーンズ・エージー社によって輸入され、1997年12月に北海道北広島市の酪農家に設置された(干場と梅津, 1999)。この搾乳ロボットは、1ボックスタイプで、フリーストール牛舎の中に比較的簡単に設置できる。搾乳頭数は60頭程度の牛群に適している。現在日本では、岩手県農業研究センター畜産研究所の他、北海道5戸と愛知県1戸の酪農家に設置されている。

4. 海外調査報告および日本での紹介

搾乳ロボットの海外調査はこれまで頻繁に行われてきた。報告書を中心に主なものを拾ってみると次の様なものがある。福森(1989 A, 1989 B)は、1987年にヨーロッパにおける農業機械化の視察を行うとともに前述のシンポジウム“Automation in Dairying”に参加し、ヨーロッパの搾乳ロボット開発の様子を報告している。さらに福森(1993 A, 1993 B)は、1992年にシンポジウム“Prospects for Automatic Milking”に参加するとともに、ヨーロッパ各国の搾乳ロボットの開発状況を視察した(全国酪農業協同組合連合会開発部, 1994)。当時の各国の開発状況は、フリーストール・ミルキングパーラシステムの調査報告書にも述べられている(畜産技術協会, 1993)。八谷(1995)は、

1994年にオランダ、ドイツ、フランスの搾乳ロボットの開発状況を調査し、それぞれの機械とくにセンシングの違いについて報告した(生物系特定産業技術研究推進機構, 1995)。干場ら(1996 A)は、1995年1月にオランダの搾乳ロボットの利用状況を調査し、その調査中に開催された農業機械見本市(Landbouw RAI 95)において、それまでほとんど情報の伝わってこなかったレリー社の搾乳ロボットが公表されたことを報告している。また干場ら(1997)は、その後もオランダの搾乳ロボットの搾乳状況を調査し、その稼働状況を報告している。市戸(1996)は、1995年7月にオランダ、ドイツの調査を行い、世界では約50台が実際に使われていると推定した。桑名(1996)は、1996年の視察調査において、レリー社の搾乳ロボットについて当時の最新情報を紹介した。さらに、最近の報告としては、農畜産業振興事業団(1997)や北海道立根釧農業試験場(1999)の報告書において、実際に利用しているオランダの農家を調査して、大変詳しい情報を載せている。それらの報告書では、オランダの酪農家が搾乳ロボットに期待するものとして、「労働の改善(搾乳作業の省力化)」と「生産性向上(頻回搾乳による10~20%の乳量増加)」が上げられている。その他、海外の農業および酪農雑誌に載った搾乳ロボット関連の記事が日本でも多く翻訳され、酪農雑誌によく紹介されるようになった。とくに最近のオランダに関する記事を読むと、近い将来搾乳ロボットの時代が訪れると予感されられる記事も見受けられる(市戸, 1999 A)。

搾乳ロボットそのものに関するさらに詳しい資料としては、生研機構がまとめた「搾乳の自動化に関する調査資料」という冊子があり(生物系特定産業技術研究推進機構, 1995, 1996)、その中で搾乳ロボット開発に関する工学分野の文献や1992年のシンポジウム“Prospects for Automatic Milking”で出されたプロシーディングの文献が多数翻訳されている。松本(1999)は、搾乳ロボット開発が具備すべき機械構成についてまとめている。また畜産技術協会では、1997年より「自動搾乳システム実用化推進事業」を開始し、これまで「自動搾乳システム定着化マニュアル情報集第1報(畜産技術協会, 1998)」と「自動搾乳システム事例情報集(畜産技術協会, 1999)」を刊行しており、日本における普及資料が次第に整備されつつある。さらに日本における搾乳ロボットの研究者らが執筆した「農業機械学会誌」の特集「搾乳ロボットの普及と開発の現状(平田, 1998; 市戸, 1998; 柏村, 1998 D; 喜田, 1998; 野附 1998)」や「畜産技術」の特集「搾乳ロボットの開発・普及の現状と今後の方向(福森, 1999; 長谷川, 1999; 林, 1999; 本田, 1999; 市戸, 1999 B; 柏村, 1999 B; 高橋, 1999)」には示唆に富む記事が多く、これから普及を進めるに当り貴重な参考資料となるだろう。

5. 日本における自動搾乳システムの研究

搾乳ロボットは特許の問題と深く関わっているため、その開発過程における研究成果は公表されにくい分野である。例えば、レリー社の搾乳ロボットに関しては、1995年に正式発表されるまで特許情報しかその存在を確かめるすべすらなかった。1993年に帯広畜産大学に導入されたプロライオン社のAMSはオランダのIMAG-DLOが開発に関与していたため情報は比較的オープンであったが、日本への導入当初は見学者が限定されたり、カメラ撮影が許可されなかった時期もあった。帯広畜産大学の研究成果(新出, 1997 C)は、学会などで主に口頭発表されているが、それを手がかりに研究の奇跡をたどると次のようになる。「カウトラフィックを制御するタイマコントロールゲートの効果」(堂腰ら, 1995), 「ミルキングバーラとの比較」(柏村ら, 1996 B), 「2回搾乳と3回搾乳の比較」(柏村ら, 1996 A), 「自由搾乳の試行」(新出ら, 1996 B), 「牛の馴致過程について」(堂腰ら, 1996; 須田ら, 1996), 「ロボット搾乳作業の調査」(干場ら, 1996 B), 「進入回数への影響要因」(新出ら, 1997 B), 「濃厚飼料給与の一時停止」(柏村ら, 1998 B), 「進入回数におよぼす搾乳受付間隔の影響」(柏村ら, 1998 A), 「放牧との組み合わせ」(柏村ら, 1999 A), 「搾乳方法が乳頭におよぼす影響」(古村ら, 1998) などである。

森田ら (1995, 1996 A; MORITA *et al.*, 1997) は、オランダのIMAG-DLOで乳牛の誘導方法における給餌戦略について報告している。また、同氏はカウトラフィックを中心とした自動搾乳システムの考え方を分かりやすく紹介している(森田, 1996 B; 畜産技術協会, 1998)。

ティートカップの装着技術に関する工学的研究は日本では余り多く公表されていないが、八谷ら (1996) は乳頭位置についての基礎的研究を行った。その成果は、生研機構が開発している繋ぎ飼牛舎用の搾乳ロボットに生かされている(八谷ら, 1999; 平田, 1998, 1999)。

日本の酪農家における搾乳ロボットの稼動状況調査は、干場ら (1998, 1999), 新出ら (1997 A) および柏村ら (1998 C) の報告が見られる。現在、レリー社製搾乳ロボットに関しては、岩手県農業研究センター畜産研究所の川村ら (1999) の研究成果が蓄積されつつある。また、プロライオン社製搾乳ロボットに関しては、農林水産省草地試験場の貴田ら (1999) の研究が期待される。

6. 搾乳ロボットに関する海外の研究者およびその研究

オランダでは、搾乳ロボットに関わる研究者のほとんどがIMAG-DLOに所属している。まず筆頭にあげ

られるのは、ROSSING (1994 A, 1994 B, 1997 A, 1997 B, 1998) であり、彼はこれまで「酪農の自動化」や「自動搾乳」の国際シンポジウムの開催に尽力し、また、工学分野から搾乳ロボットを分かりやすく解説した記事を書くことでよく知られている。KUIPERS and ROSSING (1996) もヨーロッパにおける搾乳ロボット開発の経過及び課題について分かりやすい記事を書いている。IPEMA (1992, 1997) は、「酪農の自動化」を当初から積極的に押し進めている研究者の一人で、とくに頻回搾乳に関する研究では貴重な報告をしている。行動関係では、KETELAAR-DE LAUWERE¹ (1992, 1996, 1998, 1999 A, 1999 B) と STEFANOWSKA (1997 A, 1997 B, 1999 A, 1999 B; METZ-STEFANOWSKA *et al.*, 1992, 1993) が精力的に研究進めており、カウトラフィックやワンウェイゲート、濃厚飼料の給与戦略による自発的進入の促進、セレクションユニットの効果、放牧との組み合わせなどの問題と取り組んでいる。また、DEVIR (1992, 1993 A, 1993 B, 1994, 1995, 1996 A, 1996 B) は、搾乳ロボットを乳牛管理のトータルシステムの一部として位置づけ、泌乳ステージや乳量、さらには体重変化など多くの情報を統合した乳牛管理の意志決定システムとしての考えを示している。その他、HOGVEEN *et al.* (1998) もカウトラフィックの問題を報告している。

ドイツでは、搾乳ロボットの第一人者である ORDLOFF (1983, 1993, 1997; KREMER and ORDLOFF, 1992) が筆頭となって、ドイツを含むヨーロッパの情報を発信しており、ARTMAN (1993, 1997) も搾乳ロボットの解説を報告している。またミュンヘン工科大学のPIRKELMANN (1992) は、早くから自動搾乳システムにおける給餌戦略の重要性を指摘している。

イギリスでは、Silso研究所のMOTTRAM (1991, 1992 A, 1992 B, 1993 A, 1993 B, 1994, 1995, 1997; FROST *et al.*, 1993) と STREET (1993 A, 1993 B) が、搾乳ロボットの開発当初から工学面で深く関わっている。イギリスでもロボット搾乳施設への自発的進入を促すために濃厚飼料給与法を操作する研究が、WINTER *et al.* (1992, 1995) や PRESCOTT *et al.* (1997, 1998 A, 1998 B) によって報告されている。

フランスでは、CEMAGREFで搾乳ロボットの開発が進められたが、その後の進展は余り報告されておらず、むしろオランダのIMAG-DLOと協同歩調をとっているようである。英語文献としては、MARCAL *et al.* (1994) による搾乳牛の優劣順位と自発的進入に関する行動的研究などがみられる程度である。

アメリカやカナダは、一般的に搾乳ロボットへの関心は低い。カナダのゲルフ大学にいた Hurnik (1992) は、家畜福祉の面から搾乳ロボットについて報告している。また、ゲルフ大学で同教授と共同研究をした UETAKE *et al.* (1997 A, 1997 B) は、牛の誘導

を制御する方法に関する研究を報告している。さらに、植竹 (1998) は、その知見について日本の酪農雑誌にも紹介しているので参考になる。また、アメリカのイリノイ大学の SPAHR (1997) は、電子工学分野のハイテク技術を酪農に応用する研究を古くから行っている研究者であるが、搾乳の自動化にも高い関心を示している。ただし、同氏は搾乳ロボットがアメリカで普及することには疑問を投げかけている。メリーランド大学の MILLER *et al.* (1995) は、ガスコイン・メロット社の搾乳ロボットを開発当初に導入して研究したが、その後の発展はみられていない。また、乳牛の行動学者として知られる ALBRIGHT (1992) も、従来型のミルキングパーラにおいて、搾乳室への自発的進入についての研究成果を報告している。

搾乳ロボットの研究は、開発当初は工学分野の報告が多くみられたが、次第に家畜行動学分野の報告が多くなってきた。それ以外の視点からの報告はまだ少ない。例えば、HARSH *et al.* (1994) は、アメリカとオランダにおける搾乳ロボットと従来型ミルキングパーラをコスト面から比較して、搾乳ロボットの経済性に疑問を投げかけた。一方、SONCK *et al.* (1995 A, 1995 B, 1998) は労働軽減の面からその優位性について報告をしている。搾乳ロボットの課題として、乳房炎の問題があるが、現在は乳汁電気伝導度で乳房炎を検知している。画像処理を利用した牛の乳房カラー (BULL *et al.*, 1996) や乳房炎のチェック (古村ら, 1995) などの報告もあるが、まだ決定的な対策はできていない。なお現在、検知した後の乳房炎処置の判断は、管理者に任されており、自動的に廃棄されるようにはなっていない。今後は、労働生産性や経済性の他、搾乳および牛乳処理に関する衛生面での研究が特に重要になると思われる。

7. 終わりに

以上大変おおざっぱであるが、日本およびヨーロッパにおける搾乳ロボット開発の経緯、日本での普及状況、さらには国内および海外の研究について述べた。搾乳ロボットは発展途上の技術であるので、今それを振り返っても中途半端であるのご指摘があるかも知れない。しかし、搾乳ロボットは今まさに開発段階から普及段階に入った技術であり、それは乳牛および人間の双方にとって大きな変革を求めるものとなると考えられる。これから 10 年後、さらには 20 年後には、今までとは全く違った酪農形態が生まれる可能性も秘めている。昭和 40 年代から急速に普及したミルカーが古い酪農形態を大きく変えたように、いずれ搾乳ロボットもそのような経過をとるように感ぜられる。ミルカーの普及経過は今や忘れ去られようとしているが、搾乳ロボットのこれまでの開発経緯を振り返り、今後の普及に備えることも意味のあることと思う次第

である。

文 献

- ALBRIGHT, J. L., A. R. CENNAMO and E. W. WISNI-
EWSKI (1992) Voluntary entrance into the milking
parlor. In Prospects for automatic milking: Pro-
ceedings of the international symposium on pros-
pects for automatic milking (Ipema, A. H., A. C.
Lippus, J. H. M. Metz and W. Rossing eds.) 459-
465. Pudoc Scientific Publishers. Wageningen.
The Netherlands.
- ARTMANN, R. (1993) Entwicklung und erprobung bei
melkrobotern. Milchpraxis, **31. Jg. (3)**: 139-148.
- ARTMANN, R. (1997) Sensor systems for milking
robots. Computers and Electronics in Agriculture,
15: 19-40.
- BULL, C. R., N. J. B. MCFARLANE, R. ZWIGGELAAR,
C. J. ALLEN and T. T. MOTTRAM (1996) Inspection
of teat by color image analysis for automatic
milking systems. Computers and Electronics in
Agriculture, **15**: 15-26.
- DEVIR, S. (1992) Control and management in the
automatic milking system dairy farm. In Pros-
pects for automatic milking: Proceedings of the
international symposium on prospects for auto-
matic milking (Ipema, A. H., A. C. Lippus, J. H.
M. Metz and W. Rossing eds.) 315-321. Pudoc
Scientific Publishers. Wageningen. The Nether-
lands.
- DEVIR, S., J. A. RENKEMA, R. B. M. HUIRNE and A.
H. IPEMA (1993A) A new dairy control and man-
agement system in the automatic milking farm:
Basic concepts and component. J. Dairy Sci., **76**:
3607-3616.
- DEVIR, S., A. H. IPEMA and P. J. M. HUISMANS
(1993B) Automatic milking and concentrates sup-
plementation system based on cows' voluntary
visits. In Livestock Environment IV: Fourth inter-
national symposium (Collins, E., ed.) 195-204.
ASAE. Michigan.
- DEVIR, S. and J. H. M. METZ (1994) The fully auto-
matic integrated dairy control and management
system. In Prospects for future dairying: Proceed-
ing of the international symposium. Alfa Laval
Agri. Tumba. Sweden.
- DEVIR, S. (1995) The dairy control and management
system in the robotic milking farm. Ph. D. Thesis.
Wageningen Agricultural University. Wagenin-
gen. The Netherlands.
- DEVIR, S., H. HOGVEEN, P. H. HOGWERF, A. H.

- IPEMA C. C. KETELAAR-de Lauwere, W. ROSSING, A. C. SMITS and J. STEFANOWSKA (1996A) Design and implementation of a system for automatic milking and feeding. *Canadian Agricultural Engineering*, **38**: 107-113.
- DEVIR, S., J. P. T. M. NOORDHUIZEN and P. J. M. HUIJSMANS (1996B) Validation of a daily automatic routine for dairy robotic milking and concentrates supply. *J. Agric. Engineering Res.* **64**: 49-60.
- 堂腰 顕・柏村文郎・古村圭子・池滝 孝・新出陽三 (1995) 搾乳ロボット施設への牛の自発的進入を促進するためのタイマーコントロールゲートの効果. *日本家畜管理研究会誌*, **31**: 116-117.
- 堂腰 顕・柏村文郎・古村圭子・池滝 孝・新出陽三・中村隆三・林 正彦 (1996) 自動搾乳システムへの牛の馴致試験. *日本家畜管理学会誌*, **32** (Suppl.): 26-27.
- ETTEMA, F. (1989) Current progress of milking robot in the Netherlands. In *Proceedings of the first international symposium on agricultural technique for cold regions (ISAC)* (Shimada, T., H. Hidari, Y. Horikawa and F. Tsuchiya, eds.) 173-174. Obihiro University of Agriculture and Veterinary Medicine. Obihiro.
- FROST, A. E., T. T. MOTTRAM, M. J. STREET, R. C. HALL, D. S. SPENCER and C. J. ALLEN (1993) A field trial of a teatcup attachment robot for an automatic milking system. *J. agric. Engng Res.*, **55**: 323-334.
- 福森 功 (1989 A) ヨーロッパでの農業機械化研究見聞記 (上). *畜産コンサルタント*, **298**: 60-66.
- 福森 功 (1989 B) ヨーロッパでの農業機械化研究見聞記 (下). *畜産コンサルタント*, **299**: 52-56.
- 福森 功 (1993 A) 欧州での搾乳ロボット開発研究見聞記 (I). *畜産コンサルタント*, **341**: 53-59.
- 福森 功 (1993 B) 欧州での搾乳ロボット開発研究見聞記 (II). *畜産コンサルタント*, **342**: 38-43.
- 福森 功 (1999) 搾乳ロボットの開発経過と市販の現状: その定義と研究開発の足取り. *畜産技術*, **534**: 6-10.
- 古村圭子・今西美幸・柏村文郎・新出陽三・河端真一・林 正彦 (1995) 画像診断による乳房炎自動検知化に関する研究. *日畜会報*, **66**: 882-888.
- 古村圭子・万中理子・柏村文郎・日高 智 (1998) 乳頭先端スコアに影響する要因について: 自動搾乳牛とパーラー搾乳牛との比較. *日本家畜管理学会誌*, **34** (Suppl.): 10-11.
- HARSH, S. B., R. B. M. HUIRNE, A. A. DIJKHUIZEN and R. W. GARDNER (1994) Automatic milking system: An economic evaluation. In *Dairy systems for the 21st Century: Proceedings of the third international dairy housing conference* (Bucklin, R., ed.) 102-110. ASAE. Michigan.
- 長谷川三喜 (1999) 搾乳ロボットの活用要件と留意点: わが国の現状における導入条件. *畜産技術*, **534**: 23-26.
- 八谷 満 (1995) 欧州における搾乳ロボット開発技術の近況. *日本家畜管理研究会誌*, **30**: 95-102.
- 八谷 満・二川 毅・松岡 智・市戸万丈・桑名 隆 (1996) 乳頭が示す挙動特性に関わる基礎的研究. *日本家畜管理学会誌*, **32** (Suppl.): 30-31.
- 八谷 満・平田 晃・桑名 隆・荊木義隆・比佐慶夫 (1999) 繋ぎ飼い用搾乳ロボットのシステム構造と適応性. *日本家畜管理学会誌*, **35** (Suppl.): 24-25.
- 林 孝 (1999) 我が国における搾乳ロボットの利用・普及に向けた課題: 普及・導入支援体制, その将来像について. *畜産技術*, **534**: 32-35.
- 平田 晃 (1998) 繋ぎ飼い牛舎における搾乳の自動化. *農業機械学会誌*, **60**: 152-154.
- 平田 晃 (1999) 繋ぎ飼い用搾乳ロボット. *畜産の研究*, **53**: 179-182.
- HOGVEEN, H., A. J. H. van Lent and C. J. JAGTENBERG (1998) Free and one-way cow traffic in combination with automatic milking. In *Proceedings of fourth international dairy housing conference* (Chastain, J.P., ed.) 80-87. ASAE. Michigan.
- 北海道立根釧農業試験場編 (1999) オランダおよび国内における搾乳ロボット利用実態と導入のための諸条件. 北海道立根釧農業試験場. 中標津.
- 本田善文 (1999) 搾乳ロボットの開発経過と市販の状況: 実用化された搾乳ロボットの基本構造・特徴. *畜産技術*, **534**: 6-10.
- 干場秀雄・池滝 孝・柏村文郎 (1996 A) オランダにおける搾乳ロボットの開発状況調査. *農業機械学会北海道支部会報*, **36**: 37-43.
- 干場秀雄・米田浩泰・池滝 孝・新出陽三 (1996 B) 自動搾乳システムの搾乳作業について. *日本家畜管理学会誌*, **32** (Suppl.): 28-29.
- 干場秀雄・新出陽三・平山秀介・時田正彦 (1997) オランダにおける三酪農家の搾乳ロボット稼働状況について. *日本家畜管理学会誌*, **33**: 17-25.
- 干場秀雄・出口 大・梅津一孝 (1998) 搾乳ロボットの搾乳性能に及ぼす要因. *日本家畜管理学会誌*, **34**: 61-68.
- 干場秀雄・梅津一孝 (1999) 馬場牧場におけるL社製搾乳ロボットの特徴とその稼働状況について. *日本家畜管理学会誌*, **35**: 47-52.
- HURNIK, J. F. (1992) Ethology and technology: The role of ethology in automation of animal produc-

- tion processes. In Prospects for automatic milking: proceedings of the international symposium on prospects for automatic milking (Ipema, A. H., A. C. Lippus, J. H. M. Metz and W. Rossing eds.) 401-408. Pudoc Scientific Publishers. Wageningen. The Netherlands.
- IPEMA, A. H. (1992) Production, duration of machine-milking and teat quality of dairy cows milked 2, 3 or 4 times daily with variable intervals. In Prospects for automatic milking: Proceedings of the international symposium on prospects for automatic milking (Ipema, A. H., A. C. Lippus, J. H. M. Metz and W. Rossing eds.) 244-251. Pudoc Scientific Publishers. Wageningen. The Netherlands.
- IPEMA, A. H. (1997) Integration of robotic milking in dairy housing systems: Review of cow traffic and milking capacity aspects. Computers and electronics in agriculture, **17**: 79-94.
- 市戸万丈 (1996) オランダ・ドイツにおける搾乳ロボットの利用実態と開発動向. 農業機械化学会誌, **58** (6): 119-122.
- 市戸万丈 (1998) 搾乳ロボット開発研究の現状と展望. 農業機械学会誌, **60** (6): 138-142.
- 市戸万丈 (1999 A) 搾乳ロボットの開発研究と今後の展望. dairy ニュース, **19** (1): 3441-3450.
- 市戸万丈 (1999 B) 搾乳ロボットの開発・普及の現状と今後の方向: 搾乳ロボットを正しく理解するために (解説). 畜産技術, **534**: 2-5.
- 柏村文郎 (1994) 搾乳ロボットと経営構造. 酪総研, **173**: 8-10.
- 柏村文郎・大山 茂・古村圭子・日高 智・池滝 孝・新出陽三・中村隆三・林 正彦 (1996 A) 搾乳ロボットの実用化に関する研究: 2 回搾乳と 3 回搾乳の比較. 日本家畜管理学会誌, **32** (Suppl.): 22-23.
- 柏村文郎・吉田 寛・古村圭子・池滝 孝・新出陽三・中村隆三・林 正彦 (1996 B), 搾乳ロボットの実用化に関する研究: ミルキングパーラ搾乳とロボット搾乳の比較. 第 91 回日本畜産学会大会講演要旨, 45.
- 柏村文郎 (1997) 搾乳ロボットを使ってみてかんがえること. ホルスタイン通信, **516**: 1-4.
- 柏村文郎・池田 恵・古村圭子・日高 智・池滝 孝 (1998 A) 自動搾乳システムにおける搾乳受付間隔が 1 日の搾乳回数に及ぼす影響. 日本家畜管理学会誌, **34** (Suppl.): 8-9.
- 柏村文郎・力丸宗広・古村圭子・日高 智・池滝 孝 (1998 B) 搾乳ロボットの実用化に関する研究: 濃厚飼料給与の一部停止が牛の搾乳施設訪問に及ぼす影響. 第 94 回日本畜産学会大会講演要旨, 254.
- 柏村文郎・成田芳樹・古村圭子・日高 智・池滝 孝 (1998 C) 搾乳ロボット導入農家における自由搾乳 2 群管理の実態調査. 第 94 回日本畜産学会大会講演要旨, 255.
- 柏村文郎 (1998 D) 搾乳ロボットと飼養管理. 農業機械学会誌, **60** (6): 145-148.
- 柏村文郎・長谷川雅朗・小針結城・瀬尾哲也・古村圭子・日高 智・池滝 孝 (1999 A) 搾乳ロボットの实用化に関する研究: 放牧を取り入れた牛群管理. 第 95 回日本畜産学会大会講演要旨, 17.
- 柏村文郎 (1999 B) 搾乳ロボットの活用要件と留意点: 搾乳ロボット導入における留意点. 畜産技術, **534**: 19-22.
- 川村輝雄・谷藤隆志・小梨 茂・高橋達典 (1999) L 社製搾乳ロボットの稼働成績. 第 95 回日本畜産学会大会講演要旨, 17.
- KETELAAR-de LAUWERE, C. C. (1992) The use of a selection unit for automatic milking: Consequences for cow behaviour and welfare. In Prospects for automatic milking: Proceedings of the international symposium on prospects for automatic milking (Ipema, A. H., A. C. Lippus, J. H. M. Metz and W. Rossing eds.) 270-277. Pudoc Scientific Publishers. Wageningen. The Netherlands.
- KETELAAR-de LAUWERE, C. C., S. DEVIR and J. H. M. METZ (1996) The influence of social hierarchy on the time budget of cows and their visits to an automatic milking system. Appl. Anim. Behav. Sci., **49**: 199-211.
- KETELAAR-de LAUWERE, C. C., M. M. W. HENDRINKS, J. H. M. METZ and W. G. P. SCHOUTEN (1998) Behaviour of dairy cows under free or forced cow traffic in a simulated automatic milking system environment. Appl. Anim. Behav. Sci., **56**: 13-28.
- KETELAAR-de LAUWERE, C. C., A. H. IPEMA, E. N. J. van OUWERKERK, M. M. W. B. HENDRINKS, J. H. M. METZ, J. P. T. M. NOORDHIZEN and W. G. P. SCHOUTEN (1999A) Voluntary automatic milking in combination with grazing of dairy cows milking frequency and effects on behaviour. Appl. Anim. Behav. Sci., **64**: 91-109.
- KETELAAR-de LAUWERE, C. C., A. H. IPEMA, J. H. M. METZ, J. P. T. M. NOORDHIZEN and W. G. P. SCHOUTEN (1999B) The influence of the accessibility of concentrate on the behaviour of cows milked in an automatic milking system. Netherlands J. Agr. Sci., **47**: 1-16.
- 喜田環樹 (1998) 搾乳ロボットの導入と利用上の技術的課題. 農業機械学会誌, **60** (6): 142-145.

- 喜田環樹・市戸万丈・安藤 貞・天羽弘一・井上 卓
(1999) ロボット搾乳時の牛群行動・泌乳生理に関する基礎的研究. 日本家畜管理学会誌, **35** (Suppl.): 26-27.
- KREMER, J. H. and D. ORDOLFF (1992) Experiences with continuous robot milking with regard to milk yield, milk composition and behaviour of cows. In Prospects for automatic milking: Proceedings of the international symposium on prospects for automatic milking (Ipema, A. H., A. C. Lippus, J. H. M. Metz and W. Rossing eds.) 253-260. Pudoc Scientific Publishers. Wageningen. The Netherlands.
- KUIPERS, A., and W. ROSSING (1996) Robotic milking of dairy cows. In Progress in dairy science (Phillips, C. J. C., ed.) 263-280. CAB International. London.
- 桑名 隆 (1996) ロボット搾乳のその後. 畜産コンサルタント, **383**: 40-44.
- MARCHAL, P., L. WALLIAN, G. RAULT and C. COLLEWET (1994) Investigations on the behavior of dairy cows during robotic milking. In Dairy system for 21st Century: Proceedings of the third international dairy housing conference (Bucklin, R., ed.) 415-425. ASAE. Michigan.
- 松本清高 (1999) フリーストール牛舎と搾乳ロボット. 畜産の研究, **53**: 173-178.
- METZ-STEFANOWSKA, J., P. J. M. HUIJSMANS, P. H. HOGEWERF, A. H. IPEMA and A. KEEN (1992) Behaviour of cows before, during and after milking with an automatic milking system. In Prospects for automatic milking: Proceedings of the international symposium on prospects for automatic milking (Ipema, A. H., A. C. Lippus, J. H. M. Metz and W. Rossing eds.) 278-288. Pudoc Scientific Publishers. Wageningen. The Netherlands.
- METZ-STEFANOWSKA, J., A. H. IPEMA, C. C. KETELAAR-DE LAUWERE, E. BENDERS (1993) Feeding and drinking strategy of dairy cows after the introduction of one-way traffic into the loose housing system in the context of automatic milking. In Livestock Environment IV: Forth international symposium (Collins, E. and C. Boon ed.) 318-329. ASAE. Michigan.
- MILLER, R. H., L. A. FULTON, B. EREZ, W. F. WILLIAMS and R. E. PEARSON (1995) Variation in distances among teats of Holstein cows: Implications for automated milking. J. Dairy Sci., **78**: 1456-1462.
- 森田 茂 (1994) オランダ農業および環境工学研究所 (IMAG-DLO) より. 北海道家畜管理研究会報, **30**: 48-51.
- 森田 茂・S. DEVIR・C. C. KETELAAR-de Lauwere・A. C. SMITS・H. HOGEVEEN・J. H. M. METZ (1995) 自動搾乳システムを利用したフリーストール牛舎での濃厚飼料給与量と乳牛の粗飼料採食行動の関連性. 日本家畜管理研究会誌, **31**: 14-15.
- 森田 茂・S. DEVIR・C. C. KETELAAR-de Lauwere・J. H. M. METZ (1996 A) 自動搾乳システムを利用した単方向移動型牛舎での乳牛の牛舎内移動特性. 第91回日本畜産学会大会講演要旨, 46.
- 森田 茂 (1996 B) 搾乳の自動化と乳牛の飼養管理システム. 北畜会報, **38**: 116-118.
- MORITA, S., S. DEVIR, C. C. K. De LAUWERE, A. C. SMITS, H. HOGEVEEN and J. H. M. METZ (1997) Effects of concentrate intake on subsequent roughage intake and eating behavior of cows in an automatic milking system. J. Dairy Sci., **79**: 1572-1580.
- MOTTRAM, T. (1991) Design principles for automatic milking systems. Agric. Engineer, Summer: 39-42.
- MOTTRAM, T. (1992A) Design and management of automatic milking systems. Agric. Engineer, Autumn: 87-90.
- MOTTRAM, T. (1992B) Design and management of automatic milking systems Part II. Agric. Engineer, Winter: 115-118.
- MOTTRAM, T. (1993A) Design and management of automatic milking systems Part III. Agric. Engineer, Spring: 6-12.
- MOTTRAM, T. (1993B) Inspecting teat cleanliness for automatic milking. In Livestock Environment IV: Forth international symposium (Collins, E. and C. Boon ed.) 98-105. ASAE. Michigan.
- MOTTRAM, T., D. L. O. SMITH and R. J. GODWIN, (1994) Monitoring milk flow as an aid to management in automatic milking system. J. agric. Engng Res., **57**: 263-267.
- MOTTRAM, T., R. C. HALL, D. S. SPENCER, C. J. ALLEN and A. WINTER (1995) The role of the cow in automatic teat cup attachment. J. Dairy Sci., **78**: 1873-1880.
- MOTTRAM, T. (1997) Requirements for teat inspection and cleaning in automatic milking system. Computers and Electronics in Agriculture, **15**: 63-77.
- 農林水産技術会議編 (1997) 搾乳作業の省力化に関する研究. 農林水産技術会議研究成果 114, 156-182. 農林水産技術会議. 東京.

- 野附 巖 (1998) 搾乳技術の発展経緯と搾乳ロボットへの期待. 農業機械学会誌, **60** (6) : 134-137.
- 農畜産業振興事業団編 (1997) オランダの自動搾乳システムに関する調査報告書. 農畜産業振興事業団. 東京.
- ORDOLFF, D. (1983) Investigations on a system for automatic teat cup attaching. In Proceedings of the symposium: Automation in dairying. 287-290. IMAG. Wageningen. The Netherlands.
- ORDOLFF, D. (1993) Developments in Robotic Milking. Buletin of the IDF., **279**: 25-32. 1993.
- ORDOLFF, D. (1997) Experiments on automatic preparation of milk samples in connection with milking robots. Computers and Electronics in Agriculture, **15**: 133-137.
- PIRKELMANN, H. (1992) Feeding strategies and automatic milking. In Prospects for automatic milking: Proceedings of the international symposium on prospects for automatic milking (Ipema, A. H., A. C. Lippus, J. H. M. Metz and W. Rossing eds.) 289-295. Pudoc Scientific Publishers. Wageningen. The Netherlands.
- PRESCOTT, N. B., T. T. MOTTRAM and J. F. WEBSTER (1997) Experiments studying the interaction between dairy cow behaviour and automatic milking. In Livestock Environment V: Proceedings of the Fifth International Symposium (Bottcher, R. W. and S. J. Hoff eds.) 1090-1097. ASAE. Michigan.
- PRESCOTT, N. B., T. T. MOTTRAM and J. F. WEBSTER (1998A) Effect of food type and location on the attendance to an automatic milking system by dairy cows and the effect of feeding during milking on their behaviour and milking characteristics. Anim. Sci., **67**: 183-193.
- PRESCOTT, N. B., T. T. MOTTRAM and J. F. WEBSTER (1998B) Relative motivations of dairy cows to be milked or fed in a Y-maze and an automatic milking system. Appl. Anim. Behav. Sci., **57**: 23-33.
- ROSSING, W., S. DEVIR, P. H. HOGWERF, A. H. IPEMA, C. C. KETELAAR-de Lauwere and J. METZ-STEFANOWSKA (1994A) Robotic milking: State of the Art. In Dairy systems for 21st Century: Proceedings of the third International dairy housing conference (Bucklin, R., ed.) 92-101. ASAE. Michigan.
- ROSSING, W., S. DEVIR, P. H. HOGWERF, A. H. IPEMA, K. MAATJE and J. H. M. METZ (1994B) Automation in Dairying. In Proceeding of the international symposium: Prospects for future dairying: A challenge for science and industry. Alfa Laval Agri. Tumba. Sweden.
- ROSSING, W. and P. H. HOGWERF (1997A) State of the art of automatic milking system. Computers and Electronics in Agriculture, **15**: 1-18.
- ROSSING, W., P. H. HOGWERF, A. H. IPEMA, C. C. KETELAAR-DE LAUWERE and C. J. A. M. de KONING (1997B) Robotic milking in dairy farm. Netherlands J. Agr. Sci., **45**: 15-31.
- ROSSING, W., E. AURIK and W. SMIT (1998) Robot milking systems and the integration the dairy farm. In Proceedings of fourth international dairy housing conference (Chastain, J. P., eds.) 61-70. ASAE. Michigan.
- 澤山一博・高橋裕之・三戸正道・森田 稯・松村信良・笹島克己・玉木哲夫・稲野一郎・島田実幸・高橋圭二 (1990) 搾乳ロボットの開発に関する研究. 北海道立工業試験場報告, **289** : 89-100.
- 生物系特定産業技術研究推進機構編 (1992) 搾乳ロボットの開発. 生研報告, No.27. 生物系特定産業技術研究推進機構. 大宮.
- 生物系特定産業技術研究推進機構・農業機械化研究所編 (1995) 搾乳の自動化に関する調査資料 (文献調査研究及び海外調査報告). 研究成績 6-2. 生物系特定産業技術研究推進機構. 大宮.
- 生物系特定産業技術研究推進機構・農業機械化研究所編 (1996) 搾乳の自動化に関する調査資料II. 研究成績 7-1. 生物系特定産業技術研究推進機構. 大宮.
- 新出陽三 (1993 A) 搾乳ロボットの現状と将来について. 酪総研, **167** : 1-3.
- 新出陽三 (1993 B) 群管理と搾乳の自動化. 日本家畜管理研究会誌, **29** (別号) : 39-46.
- 新出陽三・松田従三 (1994) 搾乳ロボットと酪農. 酪農研特別選書 No.30. 酪農総合研究所. 札幌.
- 新出陽三 (1995) 牛はモーモーと鳴きます: 搾乳ロボットの実用化にむけて. 酪総研, **182** : 12-13.
- 新出陽三 (1996 A) ロボット搾乳で気がついたこと. 酪総研, **199** : 6-7.
- 新出陽三・鈴木恵美子・植野昇壽・古村圭子・池滝孝・柏村文郎・中村隆三・林 正彦 (1996 B) 搾乳ロボットの実用化に関する研究: 定刻搾乳と自由搾乳の比較. 第 91 回日本畜産学会大会講演要旨, 46.
- 新出陽三・高間晴子・川原由紀子・古村圭子・柏村文郎・池滝 孝 (1997 A) 栃木県 R 牧場の搾乳ロボットの稼働状況について. 日本家畜管理学会誌, **33** (Suppl.) : 26-27.
- 新出陽三・河内賢一・星 綾子・古村圭子・柏村文郎 (1997 B) 搾乳ロボットの実用化に関する研究: 搾乳

- エリアへの牛の進入. 第 92 回日本畜産学会大会講演要旨, 89.
- 新出陽三 (1997 C) 搾乳ロボット利用技術の開発に関する研究. 平成 6 年度～平成 8 年度科学研究費補助金 (基盤研究 (基盤研究(A)(2)) 研究成果報告書.
- SONCK, B. R. and H. W. J. DONKERS (1995A) The milking capacity of a milking robot. *J. agric. Engng Res.* **62**(1): 25-37.
- SONCK, B. R. (1995B) Labour research on automatic milking with a human-controlled cow traffic. *Netherlands J. Agric. Sci.* **43**: 261-285.
- SONCK, B. R. and E. van ELDEREN (1998) Dynamic stochastic model of robotic milking of dairy cows: In *Proceedings of fourth international dairy housing conference* (Chastain, J. P., ed.) 71-79. ASAE. Michigan.
- SPAHR, S. L. and E. MALTZ (1997) Herd management for robotic milking. *Computers and electronics in agriculture.* **17**: 1-138.
- STEFANOWSKA, J., S. DEVIR and H. HOGEVEEN (1997A) Time study on dairy cows in an automatic milking system with a selection unit and one-way cow traffic. *Canadian Agricultural Engineering*, **39**: 221-229.
- STEFANOWSKA, J., A. H. IPEMA and C. E. VAN'T KLOOSTER (1997B) The use of a selection unit in robotic milking: results of experiments. In *Livestock Environment V: Proceedings of the fifth international symposium* (R. W. Bottcher, R. W. and S. J. Hoff eds.) 1080-1089. ASAE. Michigan.
- STEFANOWSKA, J., A. H. IPEMA, M. M. W. B. HENDRINKS (1999A) The behaviour of dairy cows in an automatic milking system where selection for milking takes place in the milking stalls. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, **62**: 99-114.
- STEFANOWSKA, J., N. S. TILIOPOULOS, A. H. IPEMA and M. M. W. B. HENDRINKS (1999B) Dairy cow interactions with an automatic milking system starting with 'walk-through' selection. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, **63**: 177-193.
- STREET, M. (1993A) Robotic milking. *Agric. Engineer, Spring*: 24-27.
- STREET, M., D. S. SPENCER and R. C. HALL (1993B) The Silso automatic milking system. *Measurement + Control*, 26, September: 197-201.
- 須田 潤・柏村文郎・古村圭子・新出陽三・中村隆三・林 正彦 (1996) 搾乳ロボットの実用化に関する研究: 搾乳施設への牛の馴致過程について. *日本家畜管理学会誌*, **32** (Suppl.): 24-25.
- 高橋圭二 (1999) 搾乳ロボットの開発経過と市販の状況: 欧州と日本の普及・利用状況. *畜産技術*, **534**: 14-18.
- 丹菊将貴・江邑 明・栢田正博・佐々木一八・工藤 茂 (1998) 自動搾乳システム (いわゆる搾乳ロボット) を利用した搾乳の実際について. *畜産技術*, **11**: 44-48.
- 畜産技術協会編 (1993) ドイツ, イギリスおよびオランダにおけるフリーストール・ミルクングパーラーシステムの実態. 畜産技術協会. 東京.
- 畜産技術協会編 (1998) 自動搾乳システム定着化マニュアル情報集第 1 集. 畜産技術協会. 東京.
- 畜産技術協会編 (1999) 自動搾乳システム事例情報集. 畜産技術協会. 東京.
- UETAKE, K., J. F. HURNIK and L. JOHNSON (1997A) Behavioral pattern of dairy cows milked in a two-stall automatic milking system with a holding area. *J. Anim. Sci.*, **75**: 954-958.
- UETAKE, K., J. F. HURNIK and L. JOHNSON (1997B) Effect of music on voluntary approach of dairy cows to an automatic milking system. *Appl. Anim. Behav. Sci.* **53**: 175-182.
- 植竹勝治 (1998) ホールディングエリアでの長い待ち時間を補うために採食に費やす時間を切り詰める AMS 搾乳牛. *デーリイマン*, **48** (2): 40-41.
- WINTER, A., R. M. TEVERSON and J. E. HILLERTON (1992) The effect of increased milking frequency and automated milking systems on the behaviour of the dairy cow. In *Prospects for automatic milking: Proceedings of the international symposium on prospects for automatic milking* (Ipema, A. H., A. C. Lippus, J. H. M. Metz and W. Rossing eds.) 261-269. Pudoc Scientific Publishers. Wageningen. The Netherlands.
- WINTER, A. and J. E. HILLERTON (1995) Behaviour associated with feeding and milking of early lactation cows housed in an experimental automatic milking system. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, **46**: 1-15.
- 全国酪農業共同組合連合会研究開発部編 (1994) 搾乳関連施設シンポジウム. 全国酪農業協同組合連合会. 東京.

解 説

乳牛の生理と乳生産に及ぼす暑熱の影響

上野 孝志*・竹下 潔

農林水産省北海道農業試験場, 札幌市豊平区 062-8555

*現 農林水産省畜産試験場, 茨城県稲敷郡茎崎町 305-0901

Effects of hot climate on physiological function and milk production in dairy cow

Takashi UENO* and Kiyoshi TAKESHITA

Hokkaido National Agricultural Experiment Station, Toyohira-ku Sapporo-shi 062-8555

*National Institute of Animal Industry, Kuchisaki-cho Ibaraki-ken 305-0901

キーワード: 暑熱ストレス, 乳牛, 乳生産, 生理反応

Key words: heat stress, dairy cattle, milk production, physiological response

1. はじめに

近年, 地球規模での温暖化の問題が深刻化し, 21 世紀の終わりには地表の平均気温は現在に比べて約 5℃ 上昇すると予想されている(陽, 1992). このような中であって我が国でもこれまで幾度かの猛暑・干ばつに見舞われ, そのたびに農業生産に甚大な被害が出た. 今年の夏も全国的な異常気象となり, 西日本では局地的集中豪雨と日照不足であったのに対し, 東・北日本では猛暑, 干ばつが続き農業生産に大きな打撃を与えた. 気象庁によると, この異常気象は梅雨明け前後から太平洋高気圧が例年より北側に偏り, 西日本への張り出しが弱くなったことによってもたらされたということであった.

我が国の夏季の猛暑は, このところ数年おきに繰り返されている. 実際, 前回の猛暑は 1994 年の夏であった. その時の北海道の酪農生産への影響は, 「北海道農業試験場研究資料 54 号」に詳しく報告されている. この報告によると, 1984 年, 1989 年も猛暑の夏となっており, それから見るとほぼ 5 年周期で夏の猛暑が繰り返されているというのが最近の傾向である.

早坂ら (1994) は, 北海道において暑熱が問題となる背景として, 乳牛の高泌乳化が進んでいることに加えて暑熱環境への適応の問題があることを指摘している. すなわち, 泌乳牛の生産環境限界の高温側は 27℃ とされているが(津田, 1983), 泌乳能力の向上した現在では熱産生量が高まり, それより低い温度で生理・生産形質に影響が現れるようになっている(相井, 1992). 加えて, 北海道の夏の特徴は, 長期間にわたっ

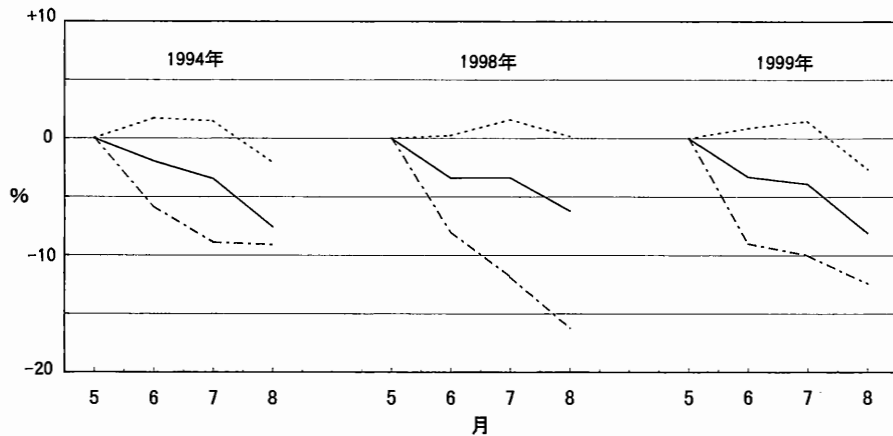
て段階的に暑くなる西南暖地とは異なり, 初夏は寒冷的なオホーツク海高気圧が優勢で比較的冷涼であるが, 7 月の下旬頃から太平洋高気圧が優勢となって, 急激な温度上昇が引き起こされるため, 乳牛が温度環境に十分適応できていない状況で暑熱感作を受ける点である.

本報告では 1994 年と今年の暑熱を比較するとともに, 乳牛の生理・生産に及ぼす暑熱の影響について最近の研究を交えて概観し, 有効な防暑対策についても取り上げてみたい.

2. 猛暑の概要

連日の猛暑で, 日射病・熱射病もしくはそれらが引き金となった疾病により死亡する家畜が急増した. 北海道農政部の調べによると, 乳用牛の死廃頭数は 1994 年夏では 135 頭であったのが, 今夏は 327 頭と 2.5 倍近く増加した. この数は 1984 年の 183 頭も大きく上回るものであった.

一方, 乳生産への影響をみると図 1 のようになる. 図 1 は, 1994, 1998 及び 1999 年の各年について 5 月の生乳生産量を基準として 6～8 月の月生産量を割合で示したものである. 1999 年の夏季の乳量減少は, 全国, 北海道とも前年と比べて 8 月の落ち込みが大きくなっている. 牛乳乳製品統計(農林水産統計速報 11-195)に示された具体的数字でみると, 北海道では 6, 7 月の累計で前年同期比 100% 近い生産量が 8 月には 96% 台に落ち込んだ. しかし, 九州では 7, 8 月の落ち込みは前年度よりも小幅であった. このことは北日本の猛暑に対し, 九州地域の今夏の天候は日照不足等で,



* 各年とも5月の月生産乳量を基準とした増減割合で示す。

— 全国 北海道 ---- 九州

図1 1994, 1998, 1999年夏季における月生産乳量の推移*

この時期の平年値より0.6℃ほど低かったことを反映したものと思われる。

猛暑に見舞われた1994年夏季の乳量減少割合と比較して、今夏の方が低下割合が大きい。北海道の生乳生産量は、昨年実績で年間340万トン程度あり、全国生産量840万トンの約40%を占めている。従って、暑熱による4%の生産量低下といえどもその影響は大きい。例えば、北陸4県で生産された生乳量にほぼ匹敵している。

乳牛（搾乳牛）の適温域は0～20℃で、生産環境限界は高温側で27℃とされている（津田，1983）。そこで、北海道農業試験場での観測値（羊ヶ丘気象月報）をもとに両年7～9月の気象条件を比較してみると、1994年では平均気温20℃以上が60日、27℃以上は1日であったのに対し、1999年はそれぞれ63日と4日であった。さらに、7月中旬から8月中旬までの1カ月の気温についてみてみると、最高気温の平均値は1994年の29.6℃に対し1999年は28.9℃で、0.7℃ほど低くなっているものの、最低気温の平均値はそれぞれ19.6℃、20.1℃となっており、平均日較差はそれぞれ

10.0℃、8.8℃であった（図2）。このことから、今年の暑熱の影響を大きくした原因として、30℃を越える真夏日の多かったことや日最低気温が高く日内温度較差の小さかったことなどが考えられる。

繁殖技術は酪農生産の基盤であり、受胎・妊娠から分娩に至る繁殖サイクルが円滑なことが酪農経営にとって重要である。暑熱に見舞われた1994年の牛群検定成績（北海道乳牛検定協会）によれば、受胎に要した平均授精回数は7月までは1.8回であったが、8月は1.9回、9～11月は2.0回となり、前年に比べて0.1回増加した。また、分娩後90日頃に行われる初回授精の受胎率は、7月までは52～53%であったものが、8月は50%に低下した。授精回数の増加や受胎率の低下は空胎期間の延長を意味しており、次回分娩後の乳生産への影響が危惧された。実際、翌年の「平成7年・牛乳乳製品統計」による生乳生産量をみると、6月と7月は前年（1994年）比で、97.8%、98.3%（なお、年間の総生産量では、前年比101.5%に増加）となっており、1994年夏での受胎率の低下（受胎の遅れ）の影響が翌年の生産量に明らかに認められ、危惧が現実の

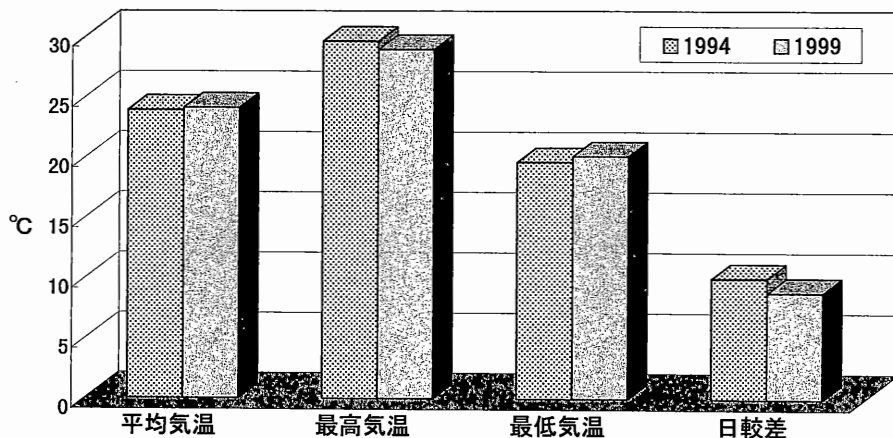


図2 1994年と1999年の日平均気温（7/15～8/14）の比較

ものとなった。同様に、今年の暑熱による繁殖成績低下が乳生産へ及ぼした影響は来年夏に明らかになるが、今夏の生乳生産量の落ち込みから判断して、1994年夏以上の影響が予想される。

3. 暑熱下での生理状態の変化

恒温動物である哺乳動物の深部体温は、温熱環境の変化に関わらず概ね $\pm 1^{\circ}\text{C}$ の範囲に調節されている。このことによって、酵素作用をはじめとする体内で営まれる物質代謝が円滑に進むことになる。乳牛においても、外界の温熱環境の変化に対して体温の恒常性を保つことが重要となる。体温は、エネルギー代謝による熱産生と外界への熱放散のバランスによって一定に保たれるのであるが、温熱環境と体温との差の程度によってそれら両者の関与の程度はダイナミックに変化する(図3)。各種生理機能は熱的中性圏において安定し、生産効率も高い状態に維持される。この範囲から逸脱した低温域に暴露されると体温維持のために熱産生量が増加し、生産に向けられるエネルギーも使用されるようになる。一方、高温域では体温の上昇を防ぐために呼吸気道及び皮膚表面からの水分蒸散(潜熱放散)が促進されるが、体内深部より体表面への血流量の増加や末梢血管の拡張などによる熱放散(顕熱放散)は、体表温度と環境温度との差によって決まるので高温域では少なくなる。熱的中性圏を越えて環境温度が上昇すると、体温が上昇を始めるとともに熱産生量も

増加する。

以下、暑熱環境下での生理状態の変化について概観する。

1) 呼吸機能

暑熱環境下では呼吸数が増え、熱性多呼吸(パンティング)が引き起こされる。熱性多呼吸は浅速呼吸とも呼ばれる浅い呼吸で、呼吸数の増加に対して換気量(呼吸量)が増えないことから一回換気量が減少する。常温下の呼吸では代謝に必要な酸素を取り込むための呼吸、いわゆる肺胞換気と体熱放散のための呼吸である死腔換気が概ね等量であるが、暑熱環境下では後者の死腔換気が優勢となる(図4: UENO *et al.* 投稿中)。これによって呼吸効率は低下するが呼吸気道からの熱放散は促進される。ただし、これには限界があり、暑熱下で運動負荷などを与えると、酸素摂取の促進と、それに伴う熱負荷増加の状況で肺胞換気が優勢となり、死腔換気は頭打ちの状態となる。このような状態が継続すれば体蓄熱が増えて熱射病となり、恒常性維持機構が破綻して危機的な状況に陥る。

2) 循環機能

暑熱に感作されることによって、体熱の放散を促進するための循環機能も亢進し、血液循環により体深部から体表面への熱の移動が促進される。ヒトの場合、体温が 0.5°C 以上上昇することによって心拍出量が30-75%増加するとされるが、UENO *et al.* (投稿中)は、牛においても約 0.5°C の体温上昇によって40%の増加を認めた。その際、血圧には大きな変化はみられないが、同時に末梢血管抵抗(値)の減少を認めたことから、皮膚表面からの放熱促進のために末梢血管が拡張していることを示すものと考えられる。

3) エネルギー代謝

暑熱環境下において熱産生量が低下することは、採食量の減少や飲水量の増加、乳量低下の他、甲状腺機能の低下など内分泌系の関与によるものと考えられる。上野ら(未発表)は、人工気象室での一連の実験で、乳牛に暑熱感作することによってその熱産生量は低下するが、常温下での飼料摂取を暑熱時と同じ水準に制限すると、熱産生量は暑熱時の水準よりも更に低くなることを認めた。このことは暑熱感作時の熱産生量低下は主に採食量低下によるものと思われるが、さらに暑熱時には熱放散を高めるために血流量の増加や呼吸数の増加など生理機能が亢進することから、これらが熱産生の増加の要因となっていることがうかがえる。柴田ら(1977, 1982)は、暑熱環境下で飼料を定量給与された乾乳牛では、熱産生量が増加することを報告している。また、熱的中性圏を越える高温域に暴露されると体温の上昇が引き起こされて vant'Hoff-

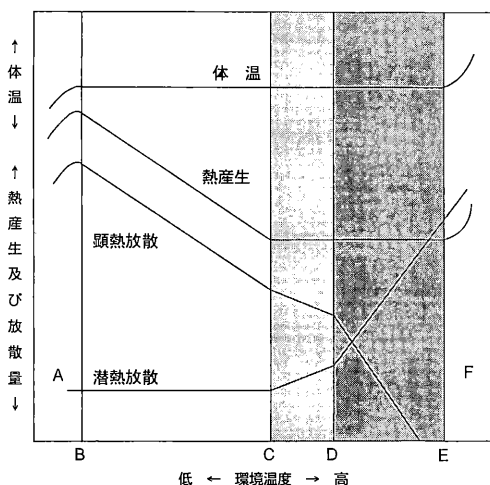


図3 恒温動物における環境温度と体温、熱放散の関係 (Mount : 1979)

- A : 低体温域
- B : 最大代謝量への到達温度
- C : 下臨界温度 (熱産生量が増加する温度)
- D : 蒸発量の増加温度
- E : 上臨界温度 (体温が上昇する温度)
- F : 高体温域
- B-E : 恒温維持可能な温度域
- C-D : 主に末梢血管の収縮・拡張により顕熱放散量が調節される温度域
- C-E : 熱的中性圏

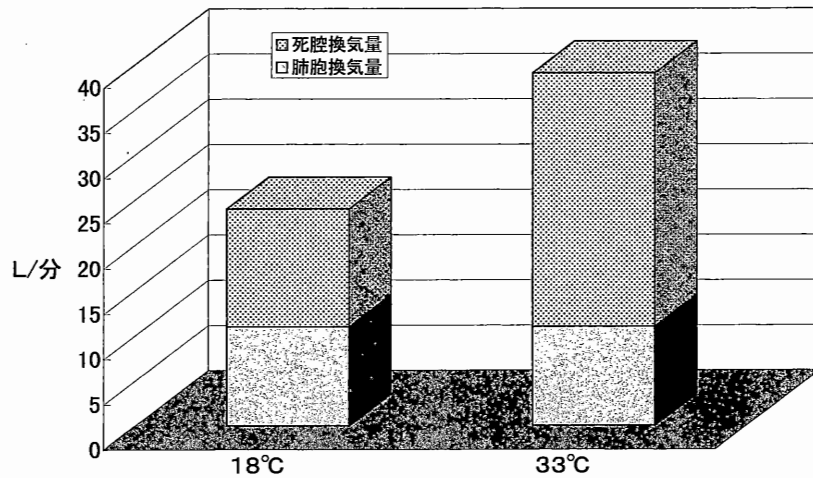


図4 常温及び高温環境下での換気(呼気)の内容

Arrhenius 効果による代謝亢進がみられるようになる。

4) 内分泌機能

暑熱暴露によって視床下部一下垂体系を介して甲状腺ホルモンの分泌が抑制される (JOHNSON and VAN-JONACK, 1976)。また、副腎皮質から分泌されるミネラル代謝ホルモンであるアルドステロンの分泌が促進され、腎臓や汗腺での Na の再吸収が促されることにより発汗による Na の喪失を調節している。性腺刺激ホルモンや性ホルモンの分泌も抑制される。ITO *et al.* (1998 a, 1998 b) は、グルコース、酢酸、アルギニン等の栄養素を投与することにより暑熱環境下での代謝関連ホルモンの分泌応答を調べた。乾乳牛ではこれら3栄養素によるインスリン分泌反応は抑制されるのに対し、泌乳牛では栄養素によって異なる反応を示すことを明らかにした。

5) 免疫機能

免疫機能は、ストレスに暴露されることによって低下することが知られている (横山, 1991)。その作用機序としては、副腎皮質ホルモンの分泌がストレスによって促されることにより胸腺リンパ組織に影響を与え、リンパ球をはじめとする免疫細胞に作用すると考えられている。乳牛においてもストレスが免疫機構に影響を与えることは、暑熱ストレスによってリンパ球機能が低下することを報告した ELVINGER *et al.* (1991) の結果や白血球食能などの生体防御機能が低下することを示した高橋 (1997) の報告からも明らかである。暑熱ストレスにより乳房炎、特に潜在性乳房炎の発症や重篤化、牛乳中の体細胞数の増加がみられるのは、これら生体防御機能の低下に誘発されたものと考えられる。

6) 消化・吸収機能

暑熱感作によって採食量が低下するとともに、消化管運動の低下 (ATTEBERY and JOHNSON, 1969) や食粥の消化管内滞留時間の増加が認められるようになる (WARREN *et al.*, 1974)。

体内の温度負荷要因として第一胃内発酵があげられる。その発酵熱は、第一胃で発酵される飼料のもつエネルギーの6~7.5%とされ、暑熱時の体温平衡に及ぼす影響は大きい。暑熱環境下での第一胃液中の低級脂肪酸組成については、酢酸、プロピオン酸、総 VFA 濃度の上昇を認めた報告 (柴田ら, 1979) と低下を認めた報告 (OLBRICH *et al.*, 1972) があるが、飼料条件や消化管運動などの生理的条件によって異なる結果が得られている可能性が考えられる。上野ら (未発表) は、暑熱感作によって酢酸濃度の低下とプロピオン酸濃度の上昇 (A/P 比の低下) を認めたが、常温下において採食量を暑熱下での水準に制限しても常温下での自由採食時の低級脂肪酸組成にほぼ近いものであった。このことから、暑熱時の胃内発酵は採食量低下の影響よりも、第一胃運動の低下による食粥の胃内滞留時間の増大や胃壁からの VFA 吸収率の変化に影響された可能性が示唆された。

7) 繁殖機能

夏季の高温が発情再起の遅延や発情兆候の微弱化、受胎率の低下、胚の早期死滅等の繁殖機能の低下を引き起こすことが知られている。また、暑熱による生殖内分泌機能の低下、子宮内温度の上昇、子宮動脈血流量の低下などが報告されている (GWAZDAUSKAS, 1985; REYNOLDS *et al.*, 1985)。

4. 暑熱環境下における乳生産

暑熱環境下で乳量は減少するが、その影響の程度は牛の泌乳水準によって異なる。UENO *et al.* (1999) は、北海道農業試験場で繋養している乳牛を泌乳成績に

よって平均日乳量水準 20, 30, 40 kg の 3 グループに分け、7, 8 月の暑熱期の乳量低下を調べたところ、乳量の多いほど乳量の低下割合が大きかった。また乳期の影響は認められなかったものの、1, 2 産次より 3, 4 産次以降の乳牛において影響が大きかった。

このような暑熱による生産性の低下の機構としては、温度そのものが直接的に生理・代謝機構に影響を及ぼす部分と、採食（食欲）低下を引き起こすことによって栄養状態の悪化を来し、結果的に乳原料となる栄養素の不足から乳量低下が引き起こされる部分があると考えられる。このことは、幾つかの報告で明らかにされている。WAYMAN *et al.* (1962) は、暑熱下で飼育されているルーメンフィステル装着牛に対して、常温時と同量の飼料を第一胃内へ強制的に給与して乳量を調べると、自由採食時より乳量増加は認められるものの常温時の乳量には及ばないことを報告している。また、McGUIRE *et al.* (1989) によって、乳生産に及ぼす暑熱ストレスの影響の一部は、採食量（栄養摂取量）の減少や腸管・門脈からの栄養素の取り込みが減少することによること、門脈血流量の変化は暑熱ストレスの影響よりも乾物摂取量との直接の関連性が高いこと、 α -アミノ態窒素の正味流量には暑熱ストレスと乾物摂取量の両方が関与していることなどが報告されている。上野ら（未発表）も泌乳牛に対し、暑熱時の採食量と同量を常温下で制限給与すると、乳量は暑熱時よりも高まることを観察している。

これらの機構として、神経支配による消化管周囲の血流分布や栄養分配に関わるインスリン、甲状腺ホルモン等の代謝関連ホルモンの分泌動態などの関与が考えられる。

UENO *et al.* (1999) は日乳量変化に対する環境温度の影響を最高気温と最低気温に分けて、それぞれの乳量変化への寄与を明らかにした。その結果、気温変化によって引き起こされる乳量変化のうち約 8 割は最低気温によって引き起こされた変化と推測された。このことは最高気温からみれば、いかに低温側に温度較差を大きくするかということが効率的乳生産のための環境管理として重要であることを示している。具体的には、昼間の防暑対策ばかりでなく気温の下がる夜間の最低気温を下げる努力がより効果的であると言える。HOLTER *et al.* (1996) も乳牛の生産性に及ぼす暑熱ストレスの評価尺度としては、最低気温の方が最高気温より有効であることを報告している。また、乳量変化と環境温度との相互相関係数による時系列解析により、環境温度の変動は 2～3 日の遅れで乳量に影響を及ぼしていることを明らかにした。

乳成分のうち乳脂肪率や乳蛋白質率、無脂固形分率は、暑熱環境下で低下することが報告されている。その主たる原因は採食量の減少（栄養不足）によるものと考えられるが、常温下の採食量を暑熱感作下でのそ

れと同じ水準に制限すると、これら乳成分は常温下自由採食の水準近くまで回復することから、温度の（採食量の変化を通さない）直接効果も無視できないものと思われる（上野ら、未発表）。

乳脂肪率は第一胃内発酵の状況、すなわち揮発性脂肪酸である酢酸、プロピオン酸量の変化を受けて変動することが知られている。乳脂肪を構成する脂肪酸のうち炭素数が 16 以下の短鎖及び中鎖脂肪酸は、第一胃で生成される揮発性脂肪酸等を前駆物質として作られ、酢酸の生成割合が低下しプロピオン酸の割合が増えると乳脂肪率が下がり、逆の場合には乳脂肪率は上がることが知られている。一方、カゼインなどの乳蛋白質は第一胃内で合成される微生物蛋白質や第一胃で分解されない飼料由来の非分解性蛋白質が下部消化管においてアミノ酸として吸収され、それらをもとに乳腺において合成される。乳蛋白質率は、エネルギー不足によって低下することが知られている（扇ら、1991）。すなわち、暑熱環境下では採食量の低下と熱放散のためのエネルギー消費の増加等によるエネルギー不足は、当初は体脂肪の動員により賄われるが、次の段階では体蛋白質（乳蛋白質の原料となるアミノ酸）が動員されることになり、結果的に乳蛋白質率の低下が引き起こされると考えられている。

5. 暑熱対策―「結語」に代えて―

暑熱環境下での乳生産と生理について概説したが、学問的知見と現場での暑熱対策技術とのギャップは大きい。暑熱の乳牛への影響を数多く並べても、そこからの出口として対策技術が提示されなければ実学としての畜産の責任は果たせていないと思うのであるが、出来るだけ労力とコストをかけずに効率的に行える対策技術への期待に答える道はまだ遠い。それぞれの現場で地道に一つづつ出来るところから克服していく以外なさそうである。既に実践されていることではあるが、低コストでできる対策をいくつか例示しておこう。先にも述べたが、体温の恒常性を維持することが全ての暑熱対策の基本であることから、個体における熱産生の抑制と熱放散の促進、そして環境からの熱負荷の低減・排除を中心に据えて考えられる対策技術である。

BEEDE and COLLIER (1986) は、温熱ストレスを軽減化する方法として、①飼養環境の改善、②栄養管理技術の改善をあげている。これらはいずれもとくに目新しいものではなく、これまで機会あるごとに指摘され、またそれなりの対応がなされてきた事柄である。

①の「飼養環境の改善」は、言い換えれば環境ストレスの低減化を目指すことであるが、外部の温熱環境の影響を最小限にするため、畜舎の立地及び構造、畜舎素材の検討、また、室内の温熱環境を緩和するために換気扇の設置や送風ダクト、散水装置、気化冷却装置の設置などが工夫されている（相井、1992）。これら

は、施設としては断熱と換気、また牛体からの熱放散の促進をねらったものである。池口ら（1998）は、畜舎内の温熱環境と密接に関わる水分環境の制御に関して、酪農家に普及している懸垂型換気扇を一定方向に向け床面に対して45°で設置することが効果的であることを示している。また、相井ら（1989）は、気化冷却装置を設置している熊本県下の酪農家での実態調査と自らの実証試験を行い、同装置の導入によって乳牛の体温上昇抑制効果や乳量低下抑制効果を認めた。さらに、その損益分岐点を求めたところ、乳量低下抑制効果が0.81 kgと試算された。この点について相井ら（1989）は、経営的視点からは、単に高温時の乳量低下抑制効果ばかりでなく、受胎率、乳質向上などにも効果があり、実際は損益分岐点をかなり下回っても気化冷却装置の導入価値はあるとしている。

いずれにせよ、新たな設備を導入することは投資効率の点から判断せねばならないが、出来るだけ既存の施設・設備を有効に利用した暑熱対策を考えるべきであろう。最近、既存のバルククーラー、自動車のラジエーターポンプ等を利用した「簡易送風装置を利用した冷水循環送風装置(写真1)」(畜産試験場報, No.104, 1998)を用い、夏季の畜舎内環境の改善に効果が認められている。

また、乳量変動に対しては最低気温の影響が大きい(上野ら, 1998)ことから、放牧地の広いところでは気温の下がる夜間に放牧することが牛への暑熱の影響を緩和する上で効果的である。暑熱期の屋外で放牧する場合には、放射熱を遮断する日蔭林など日よけの設置

が不可欠である。樹木は日蔭効果に加えて葉部からの蒸散作用による局所冷却の効果も期待できる。

②の「栄養管理技術の改善」には、第一胃内での発酵熱を抑える良質な粗飼料の給与、採食量低下による栄養摂取不足を補うための栄養価の高い飼料の給与が効果がある。すなわち、熱放散機能の亢進のために増加するエネルギー消費を補うために代謝エネルギー(ME)含量及びその利用効率が高い飼料を給与する必要がある。具体的には飼料中の粗繊維含量を減らし濃厚飼料の給与比率を高める。また、蛋白質は炭水化物や脂肪に比べて熱発生量が多いので、暑熱時におけるその過剰給与は熱負荷を増強することになるが、採食量低下による蛋白質不足を補うためには飼料中の蛋白質含量を高めておく必要がある。

寺田ら（1997）は、夏季の暑熱時における乾物摂取量と乳生産の関係について調べ、乳脂補正乳量(FCM)水準を一定に維持するためには、平均気温1℃の上昇に対して乾物摂取量を0.229 kg増加させる必要があることを示した。

牛に対しての温度負荷を軽減する給飼法として、一日の給与飼料を4～5回に分けて給与する多回給飼や夜間給飼が効果がある。これらの方法は第一胃内発酵を平準化したり、採食に伴う熱発生による更なる温度負荷を与えないために日中の高温期を避けて夜間に給飼するなど給与方法の工夫である。

また、温度負荷を低減するという視点からみれば暑熱対策とはいえないが、体内代謝に対する暑熱の影響を緩和するという点では、ミネラルの扱いも重要と思われる。乳牛の維持のためのミネラル要求量は、27℃以上では常温時より約10%増加すると報告されている(KUME *et al.*, 1986)。生理的に重要な役割をもつナトリウムやカリウムが発汗や流涎によって欠乏しないように補給しなければならないが、その際、炭酸水素ナトリウムなどの重炭酸塩を給与することによって、ミネラル補給と第一胃内pHの正常化ができる。第一胃内のpHは、暑熱時に低下して第一胃内発酵に影響するとされているが、重炭酸塩の給与はそれを正常化し、乳量や乳成分の低下を抑制できることが報告されている(ERDMAN, 1988)。

以上述べてきた個別の対策技術を経営の実態に応じてうまく組み合わせることによって、それぞれの防暑対策が講じられるべきであろう。以前、上野ら(1995)が実施した実態調査で、防暑対策への関心の高い農家で飼われている高能力牛群での夏季の乳量低下は、関心の低い農家の中能力牛群と比べて少なかった。高能力の牛ほど暑熱の影響を受けることは先にも述べたが、そこで逆の結果が認められたことは、夏季の防暑対策の重要性を示す一例と思われる。

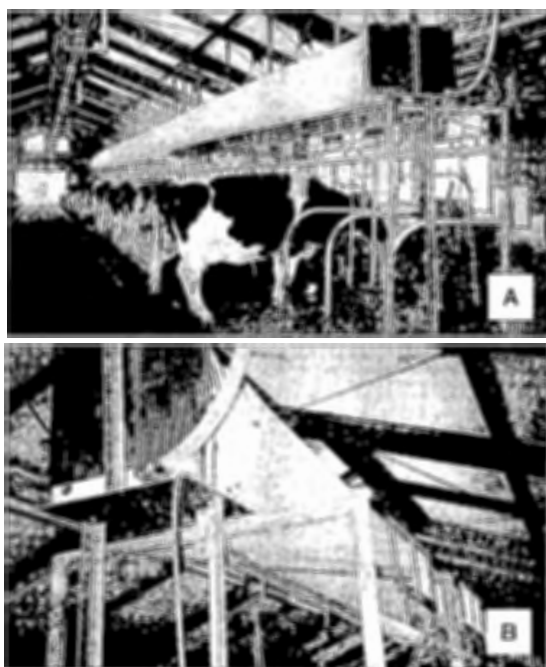


写真1 簡易送風装置を利用した冷水循環送風装置
A 牛舎内の設置状況
B 簡易送風装置の吸気口部分
(写真はいずれも畜産試験場業務1科提供による)

文 献

- 相井孝允・高橋繁男・栗原光規・久米新一 (1989) 高温時における改良型気化冷却装置の運転が乳牛の各種生理・生産反応に与える影響. 九州農試報告, **25**: 291-316.
- 相井孝允 (1992) 地球温暖化が家畜に与える影響と防止対策. 地球温暖化とわが国の畜産, 37-68. 畜産技術協会. 東京.
- ATTEBERY J. T. and H. D. JOHNSON (1969) Effects of environmental temperature, controlled feeding and fasting on rumen motility. J. Anim. Sci., **29**: 734-737.
- BEEDE, D. K. and R. J. COLLIER (1986) Potential nutritional strategies for intensively managed cattle during thermal stress. J. Anim. Sci., **62**: 543-554.
- ERDMAN, R. A. (1988) Dietary buffering requirements of the lactating dairy cow. A review. J. Dairy Sci., **71**: 3246-3266.
- ELVINGER, F., P. J. HANSEN and R. P. NATZKE (1991) Modulation of function of bovine polymorphonuclear leukocytes and lymphocytes by high temperature in vitro and vivo. Am. J. Vet. Res., **32**: 1692-1698.
- GWAZDAUSKAS, F. C. (1985) Effects of climate on reproduction in cattle. J. Dairy Sci., **68**: 1568-1578.
- 早坂貴代史・山岸規昭・田鎖直澄・宮谷内留行 (1994) 北海道の乳牛に対する暑熱の問題—なぜ北海道で暑熱が問題になるのか—. 畜産の研究, **48**(4) 9-12.
- HOLTER, J. B., J. W. WEST, M. L. MCGILLIARD and A. N. PELL (1996) Predicting ad libitum dry matter intake and yield of Jersey cows. J. Dairy Sci., **79**: 912-921.
- 池口厚男・塩谷 繁 (1998) 乳生産向上のための畜舎内環境の制御, 環境ストレス低減化による高品質乳生産マニュアル (北海道農業試験場編): 85-105.
- ITO, F., Y. OBARA, M. T. ROSE, H. FUSE and H. HASHIMOTO (1998a) Insulin and glucagon secretion in lactating cows during heat exposure. J. Anim. Sci., **76**: 2182-2189.
- ITO, F., Y. OBARA, M. T. ROSE and H. FUSE (1998b) Heat influences on plasma insulin and glucagon in response to secretagogues in non-lactating dairy cows. Domestic Animal Endocrinology, **15**: 499-510.
- JOHNSON, H. D. and W. J. VANJONACK (1976) Effects of environmental and other stressors on blood hormone patterns in lactating animals. J. Dairy Sci., **59**: 1603-1617.
- KUME, S., M. KURIHARA, S. TAKAHASHI, M. SHIBATA and T. AII (1986) Effect of hot environmental temperature on major mineral balance in dry cows. Jpn. J. Zootech. Sci., **57**: 940-945.
- 陽 捷行 (1992) 大気メタンと地球温暖化, 地球温暖化とわが国の畜産, 1-8. 畜産技術協会. 東京.
- MCGUIRE, M. A., D. K. BEEDE, M. A. DELorenzo, C. J. WILCOX, G. B. HUNTINGTON, C. K. REYNOLDS and R. J. COLLIER (1989) Effects of thermal stress and level of feed intake on portal plasma flow and net flux of metabolites in lactating Holstein cows. J. Anim. Sci., **67**: 1050-1060.
- MOUNT, L. E. (1979) Adaptation to thermal environment: man and his productive animals. 14-16. Edward Arnold. London.
- 農林水産省畜産試験場編 (1998) 簡易送風装置を利用した冷水循環送風装置の考案. 畜産試験場報, No. 104: 3.
- 扇 勉・上村俊一 (1991) 乳牛における分娩前後のエネルギー水準が肝臓の脂肪沈着, 血液成分及び乳蛋白率に及ぼす影響. 日獣会誌, **44**: 992-999.
- OLBRICH, C. E. F. A. MARZ, H. D. JOHNSON, S. W. PHILIPS, A. C. LIPPINCOTT and E. S. HILDERBRAND (1972) Effect of constant ambient temperatures of 10°C and 31°C on ruminal responses of cold tolerant and heat tolerant cattle. J. Anim. Sci., **34**: 64-69.
- REYNOLDS, L. P., C. L. FERRELL, J. A. NIENABER and S. P. FORD (1985) Effects of chronic environmental heat stress on blood flow and nutrient uptake of the gravid bovine uterus and foetus. J. Agric. Sci., Camb., **104**: 289-297.
- 柴田正貴・向居彰夫 (1977) 乾乳牛の熱発生量, 各種生理反応に及ぼす環境温度ならびに乾草摂取量の影響, 日畜会報, **48**: 509-514.
- 柴田正貴・向居彰夫 (1979) 乾乳牛の第一胃内揮発性脂肪酸濃度と熱発生量との関係に及ぼす環境温度の影響, 日畜会報, **50**: 265-270.
- 柴田正貴・向居彰夫 (1982) 濃厚飼料多給時における乾乳牛の熱発生量, 各種生理反応に及ぼす環境温度の影響, 日畜会報, **53**: 33-38.
- 高橋秀之 (1997) 免疫機能に及ぼす環境ストレスの影響と評価法, 環境ストレス低減化による高品質乳生産マニュアル (北海道農業試験場編): 33-42.
- 寺田文典・塩谷 繁・白石恭二・玉城政信 (1997) 夏季の乳牛の乾物摂取量の推定, 日畜会報, **68**: 189-191.
- 津田恒之 (1983) 家畜生理学. 213. 養賢堂. 東京.
- 上野孝志・早坂貴代史・田鎖直澄 (1995) 1994年夏季の猛暑が牛乳生産に及ぼした影響. 北海道農業試験

- 場研究資料, 54: 5-22.
- 上野孝志・田鎖直澄・大谷文博 (1998) 時系列解析による日乳量変動に対する暑熱環境の影響評価. 北海道畜産学会報, 40: 35-38.
- UENO, T., K. HAYASAKA and N. TAKUSARI (1999) Effects of extreme hot summer climate on milk production in lactating Holstein cows at the Hokkaido National Agricultural Experiment Station (Hitsujigaoka). Res. Bull. Hokkaido Natl. Agric. Exp. Stn., 168: 35-45.
- UENO, T., Y. TAKEMURA, K. SHIJIMAYA, F. OHTANI and R. FURUKAWA (1999) Effects of high environmental temperature and exercise on respirocirculatory function and metabolic response in steer. JARC 投稿中.
- WARREN, W. P., F. A. MARTZ, K. H. ASAY, E. S. HILDERBANG, C. G. PAYNE and J. R. VOGT (1974) Digestibility and rate of passage by steer fed tallfescue, alfalfa and orchardgrass hay in 18 and 32°C ambient temperatures. J. Anim. Sci., 39: 93-96.
- WAYMAN, O., H. D. JOHNSON, C. P. MERILAN and I. L. BERRY (1962) Effect of ad libitum or forced-feeding of two rations on lactating dairy cows subjected to temperature stress. J. Dairy Sci., 45: 1472-1478.
- 横山三男 (1991) 神経系と免疫系の相互調節. 最新医学, 46 (4): 52-57.

原 著

反芻胃内飼料片付着微生物量および in situ NDF 消失率に及ぼす飼料片の粒度および給与乾草の影響

潘 軍・鈴木 知之・上田宏一郎・田中 桂一・大久保正彦
北海道大学農学部, 札幌市北区 060-8589

Effects of sources of fed hay and incubation particle size on microbial attachment and in situ NDF disappearance in the rumen

Jun PAN, Tomoyuki SUZUKI, Koichiro UEDA, Keiichi TANAKA and Masahiko OKUBO

Faculty of Agriculture, Hokkaido University, Kita-ku Sapporo-shi 060-8589

キーワード: in situ NDF 消失率, 飼料片サイズ, 付着細菌量, 付着プロトゾア量

Key words: in situ NDF disappearance, feed particle size, bacterial attachment, protozoa attachment

Abstract

The effect of diet on in situ NDF disappearance and particle associated bacteria (PAB) and the particle associated protozoa (PAP) mass of different size of particle was evaluated. The large particle (LP) and small particle (SP) of orchardgrass (OG) and alfalfa (ALF) hay were incubated in situ for 2, 4, 14, and 24 h in the rumen of sheep fed either OG or ALF hay once daily. The PAB mass of LP was tended to be higher than SP for OG incubation particles, but PAB mass of SP tended to be higher than LP for ALF. However, compared with PAB, opposite trends were obtained for PAP mass between different size of particles. The higher average cumulative PAB and PAP mass of incubation particles were obtained when OG fed, but the NDF disappearance: cumulative microbial nitrogen ratio was lower than ALF fed. The results suggest that incubation forage, particle size, and incubation environment affect rumen microorganisms attachment to particle and fiber digestion.

要 約

粒度の異なる飼料片に付着する細菌(PAB), プロトゾア(PAP)量およびNDF消失率に及ぼす給与乾草の影響を検討した。オーチャードグラス(OG)およびアルファルファ(ALF)乾草の大粒度飼料片(LP)と小粒度飼料片(SP)を同種類および異種類乾草のみ給与しためん羊のルーメン内で、2, 6, 14, 24 h in situ 培養した。OGのLPのPAB量はSPのPAB量と比べ、やや高い傾向にあった。一方、ALFのSPのPAB量はLPより高い値となった。PAP量はOGではLPよりSP、ALFではSPよりLPのほうが高い傾向にあった。飼料片への細菌付着量は飼料片粒度により影響されるが、その影響の程度はALF飼料片の方が大きかった。給与乾草の違いにより、飼料片への細菌の

付着量および変動のパターン、NDF消失率および消失パターンは異なる傾向が示された。

緒 言

反芻胃内の細菌はおもに飼料片に付着する状態で存在している(CHENG *et al.*, 1984)。これらの細菌に由来する繊維分解酵素活性は繊維分解と密接な関連がある(SILVA *et al.*, 1987)。さらに、in situによる実験で、DAPA(Diaminopimelic acid)をマーカーとして測定した付着微生物タンパク質量(OLUBOBOKUN *et al.*, 1990)および¹⁵Nを用いて測定した付着細菌量(BOWMAN and FIRKINS, 1993)とNDF消失率間に有意な相関関係があることが報告されている。プロトゾアも飼料片に付着し(BAUCHOP and CLARKE, 1976)、繊維質分解に大きく関与する可能性が報告されているが(COLEMAN, 1986)、飼料片に付着する細菌およびプロトゾアをそれぞれ分けて測定し、繊維分解との関連

を検討した報告はほとんどない。ルーメン微生物の飼料片への付着は飼料片の性質とルーメン微生物動態の相互作用の結果であり、飼料片の物理的および化学的な性質が付着量の影響要因と考えられる (McALLISTER *et al.*, 1994)。飼料片の粒度が異なる場合では、単位重量当たりの飼料片の表面積が異なり、小粒度の飼料片に付着する細菌量が多くなることが報告されている (GERSON *et al.*, 1988; LEGAY-CARMIER and BAUCHART, 1989)。一方、給与飼料に応じて、ルーメン環境が変わり、ルーメン内微生物の量および構成、液相および固相への微生物の分布も変動することが考えられる。このように、飼料片、微生物およびルーメン環境が相互に関連しあって飼料片に付着する微生物量を決定し、ひいては繊維質の分解を左右すると予想できる。

そこで、本研究は異なる乾草を給与しためん羊を用いて、給与飼料と同種類および異種類の乾草から調製した大小粒度の飼料片を *in situ* 培養し、飼料片に付着する細菌量、プロトゾア量および NDF 消失率に及ぼす飼料片の粒度および給与飼料の影響を検討することを目的とした。

材料および方法

ルーメンカニューレを装着した去勢めん羊 4 頭を供試し、オーチャードグラス (OG) およびアルファルファ (ALF) 乾草を 2 頭ずつ、それぞれ 1 日 1 回、2 時間給与した。水とミネラル塩は自由摂取させた。OG および ALF 乾草を 10 mm あるいは 1 mm メッシュの篩を付けた粉砕機で粉砕し、さらに 300 μ m の篩で篩別し、篩の上に残留した飼料片をそれぞれ大粒度飼料片 (LP) および小粒度飼料片 (SP) とした。これらの飼料片を 100 μ m メッシュのナイロンバックに入れ、同種類および異種類の乾草を給与しためん羊のルーメン内に飼料給与と同時に 2 バックずつ投入した。2, 6, 14, 24 h で培養した後、バックの一つは水道水で、水がきれいになるまで洗浄し、さらに家庭用洗濯機で 25 min 洗浄し、NDF 測定に供した。もう一つのバックは 45 ml の生理食塩水で 3 回に分けて洗浄し、微生物測定に供した。本実験とは別の時期に OG および ALF を同じ方法で給与しためん羊から、2, 6, 14, 24 h にルーメン内容物とルーメン液を採取した。ルーメン液の pH, $\text{NH}_3\text{-N}$, 総 VFA 濃度を測定した。

培養後飼料片に付着する細菌 (PAB) 含量は、DAPA をマーカーとし、次式によって求めた。

(飼料片中の DAPA 含量) / (分離 PAB 中の DAPA 含量)

式中の分離 PAB は採取したルーメン内容物から、WHITEHOUSE (1994) の飼料片に付着する微生物の洗浄方法および CRAIG (1987) の細菌分離方法にしたがって分離した PAB である。

Tab. 1 Chemical composition and particle size distribution of large and small particles (LP, SP) of orchardgrass (OG) and alfalfa (ALF) hay for *in situ* incubation

	OG		ALF	
	LP	SP	LP	SP
CP (%/DM)	6.9	6.8	11.9	11.2
NDF (%/DM)	53.0	52.9	51.3	50.8
Particle size Distribution (%)				
>5600 (μ m)	45.9	24.3	1.5	0
2380	23.0	32.4	4.4	1.3
1190	21.6	24.3	5.9	6.6
600	6.8	12.2	42.6	53.9
300	2.7	6.8	42.6	36.8
150	0	0	2.9	1.3
Average (μ m)	3425	645	2520	545

飼料片に付着するプロトゾア (PAP) 含量を測定する方法については、AEP (Aminoethylphosphonic acid) がマーカーとして勧められているが (CZERKAWSKI, 1974)、細菌中にも AEP が検出されたので、本研究では、総 AEP 含量から細菌由来の AEP 含量を差し引いた AEP 含量を用い、次式で PAP 含量を求めた。

(飼料片中の総 AEP 含量 - 細菌由来の AEP 含量) /
(分離 PAP 中の AEP 含量)

式中の分離 PAP は WHITEHOUSE (1994) の飼料片に付着する微生物の洗浄方法および NEILL and IVAN (1996) のプロトゾア分離方法を参考にして分離したものである。DAPA および AEP の測定は CZERKAWSKI (1974) の方法に従った。

付着微生物による飼料片繊維質分解への時間積算的な寄与程度の指標として、BOWMAN and FIRKINS (1993) が報告した付着量の経時変化曲線下の面積を計算する方法を参考にして、PAB および PAP の積算量 (C-PAB: cumulative PAB, C-PAP: cumulative PAP) を算出した。さらに、分離 PAB および PAP 中の窒素 (N) 含量から付着する微生物の積算 N 量 (CMN: cumulative microbial nitrogen) を算出した。

結果と考察

培養用の飼料片の粒度分布および化学成分は表-1 で示した。ALF より OG の方が平均サイズは大きかった。両乾草とも LP と SP の化学成分には違いがほとんどなかった。

培養時間に伴う NDF 消失率の変化を図-1 に示した。OG 飼料片の NDF 消失率は OG 給与下では、ほぼ直線的に増加したのに対して、ALF 給与下では、やや曲線的な消失パターンを示した。一方、ALF 飼料片はどちらの乾草の給与下でも、早い時間帯での消失量が多く、とくに ALF を給与した時の LP で顕著であっ

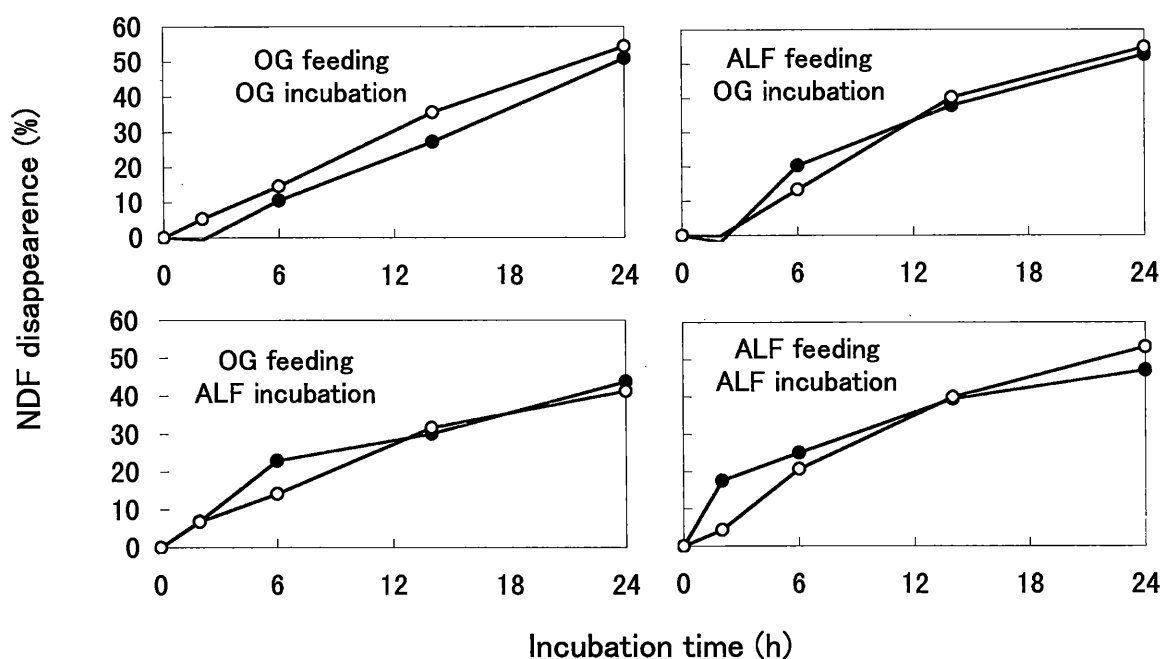


Fig. 1 Changes in the extent of NDF disappearance of large (●) and small (○) particles of OG and ALF hay during in situ incubation in the rumen of sheep fed OG or ALF hay

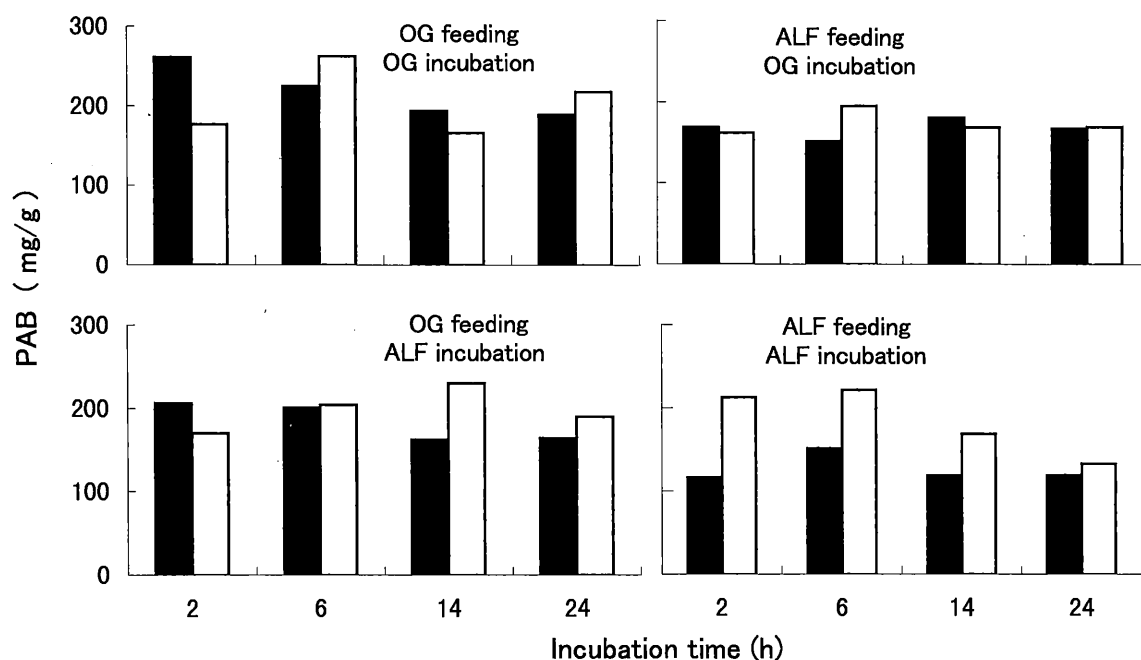


Fig. 2 Changes in the particle associated bacterial mass (PAB) of large (■) and small (□) particles of OG and ALF hay during in situ incubation in the rumen of sheep fed OG or ALF hay

た。二つ粒度間で比較すると、OG 飼料片ではほぼ同じ消失パターンであったが、ALF 飼料片では、SP より LP の方が培養 6 時間内の消失量が多くなる傾向が示された。

図-2 では各培養時間における飼料片中の PAB 含量を示した。OG 飼料片では、どちらの乾草の給与下でも、PAB 量の経時変化に一定の傾向が見られなかった。一方、ALF 飼料片は ALF 給与下では、6 時間ま

で増加し、その後、減少する傾向がうかがわれたが、OG 給与下では、このような傾向ははっきりしなかった。著者らはめん羊に ALF を給与した in vivo 試験において、給与後 2 h で PAB 量が最大値になったことを観察した(潘ら, 1998)。このような in vivo と in situ 実験結果の違いはナイロンバック自体の影響により、微生物の侵入が遅くなったためかもしれない (MEYER and MACKIE, 1986)。

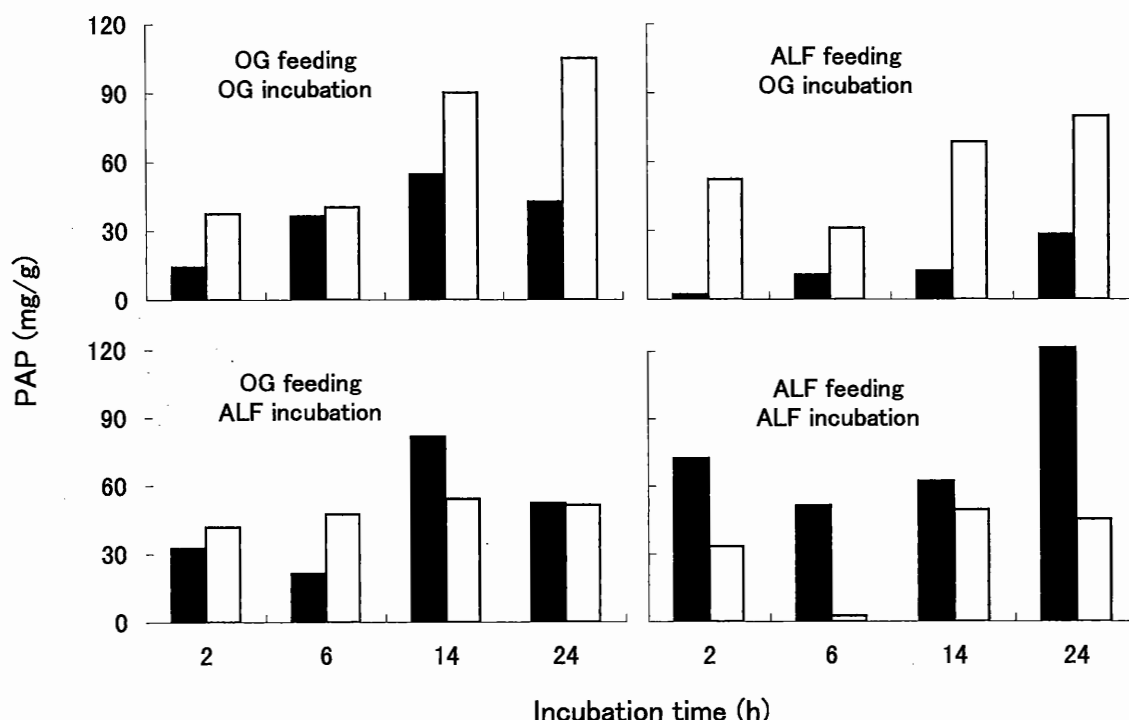


Fig. 3 Changes in the particle associated protozoal mass (PAP) of large (■) and small (□) particles of OG and ALF hay during in situ incubation in the rumen of sheep fed OG or ALF hay

Tab. 2 Effects of incubation environment and particle size of different forage sources on NDF disappearance and cumulative microbial mass during in situ incubation in the rumen of sheep

Incubation environment	Incubation feed particle	particle size	NDF disappearance (%)	Cumulative PAB	Cumulative PAP	NDF disappearance: CMN ratio
OG feeding	OG	LP	51.0	4826	965	0.16
		SP	54.4	4694	1692	0.16
	ALF	LP	43.7	4108	1221	0.15
		SP	41.3	4794	1154	0.12
ALF Feeding	OG	LP	52.8	4152	323	0.20
		SP	54.9	3819	1358	0.20
	ALF	LP	47.2	2760	1779	0.20
		SP	53.4	4155	787	0.19

各培養時間における PAP 含量を図-3 で示した。個体差が大きかったため、培養した飼料片の各時間帯および給与乾草間を比較するのは困難であったが、粒度間の違いについては、OG では LP より SP、ALF では SP より LP に多く付着する傾向が見られた。一日を通してみると、いずれの飼料片においても、培養の後半の時間帯に高い値が観察された。これはプロトゾアの増殖が遅いためであると考えられる。in vitro による検討により、プロトゾアは 12-14 時間以上培養しないと増殖が認められないと DEHORITY *et al.* (1998) は報告している。

表-2 では 24 時間の NDF 消失率、付着微生物の積

算量および NDF 消失率：CMN 比を示した。NDF 消失率については、OG 給与下で ALF 飼料片を培養した場合を除けば、LP より SP のほうが高い傾向にあり、とくに ALF 給与下で ALF 飼料片を培養した場合では、この傾向が顕著であった。C-PAB 量については、給与乾草にかかわらず OG 飼料片では SP より LP の方がやや高い傾向にあった。しかし、ALF 飼料片の C-PAB は LP より SP の方が高い値となり、とくに ALF 給与下では顕著であった。図-3 で示した傾向と同じように、C-PAP 量の粒度別飼料片間の傾向は培養した草種により異なり、OG 飼料片では LP より SP、ALF 飼料片では SP より LP のほうが高く、C-

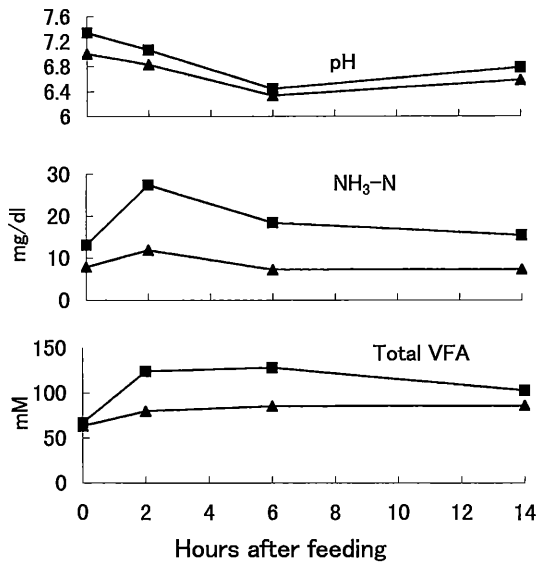


Fig. 4 Changes in pH, NH₃-N, and total VFA levels in rumen fluid of sheep fed OG (▲) and ALF (■) hay

PAB 量と対照的な結果となった。飼料片への細菌あるいはプロトゾアの付着量および繊維質分解率は粒度により影響され、その影響の程度は ALF 飼料片の方が大きかった。

給与乾草による培養環境間の違いを比較すると、ALF 給与時のルーメン液 pH, NH₃-N, および総 VFA 濃度は OG 給与時より高く推移した (図-4)。このようなルーメン環境で培養した飼料片の C-PAB および C-PAP 量は ALF 給与時より OG 給与時で高い値となったが、逆に、NDF 消失率:CMN の比は ALF の方が高い値になった。ルーメン液の pH が低くなると繊維分解菌の活性が抑制されることがよく知られているが、本実験の場合では、OG および ALF 給与時、pH の値はともに正常範囲内にあった。in vitro による実験より、VFA の濃度は高くなると、微生物の増殖が制限される可能性があるが、pH が 6.5 以下に低下しない場合、ほとんど制限されなかったとの報告もある (WOLIN, 1969)。したがって、本実験の OG あるいは ALF 乾草給与下での pH あるいは総 VFA 濃度の違いは繊維質分解微生物の活性に影響を与えないかもしれない。繊維質分解細菌にとっては、ルーメン中の NH₃-N はもっとも重要なもしくは唯一の窒素源でありながら、これらの細菌は集中的に飼料片の表面に付着する状態で分布し、NH₃-N を利用するので、飼料片周囲の NH₃-N 濃度は液相中の濃度より低いことが推測されている (MORRISON and MACKIE, 1996)。正常の繊維質分解を維持するための、ルーメン液 NH₃-N 濃度は最低 5 mg/dl と報告されているが、適切な濃度範囲は飼料片の性質により異なる (GIVENS and MOSS, 1995)。本実験では、ALF 給与時と比べると、OG を給与した場合、ルーメン NH₃-N 濃度が低

く、このため、微生物の繊維質分解活性は低くなり、NDF 消失率と CMN の比が低くなったと考えられる。

ルーメン細菌とプロトゾアはともに繊維質の分解に関与する。その関与の程度を検討するために、同種類乾草を給与したルーメンで飼料片を培養した場合の C-PAB および C-PAP 量と NDF 消失率の重回帰関係を求めた。

OG: NDF disappearance (%) = 1.01 + 0.0082 PAB + 0.0100 PAP (回帰関係と回帰係数ともに $P < 0.01$)

ALF: NDF disappearance (%) = 6.64 + 0.0117 PAB + 0.0080 PAP (回帰関係と PAB 回帰係数 $P < 0.01$, PAP 回帰係数 $P < 0.05$)

PAB および PAP 積算量と NDF 消失率間の回帰係数はほとんど同じであるが、飼料片への平均プロトゾア付着量は細菌付着量の 1/4 程度であるので、繊維質分解において主な役割を果たすのは細菌であると考えられた。プロトゾアについては、その付着の影響要因および繊維分解との関連に不明な部分が多く、今後さらに検討する必要があるだろう。

以上の研究により、付着する細菌量および変動パターンは飼料片の草種、粒度および給与飼料により応じて変化するルーメン環境に影響され、ひいては繊維質分解が左右されることが示唆された。

文 献

- BAUCHOP, T. and R. T. J. CLARKE (1976) Attachment of the ciliate *Epidinium* Crawley to plant fragments in the sheep rumen. *Appl. Environ. Microbio.*, **32**: 417-422.
- BOWMAN, J. G. P. and J. L. FIRKINS (1993) Effects of forage species and particle size on bacterial cellulolytic activity and colonization in situ. *J. Anim. Sci.*, **71**: 1623-1633.
- CHENG, K. J., C. S. STEWART, D. DINSDALE and J. W. COSTERTON (1984) Electron microscopy of bacteria involved in the digestion of plant cell walls. *Anim. Feed Sci. and Tech.*, **10**: 93-102.
- COLEMAN, G. S. (1986) The distribution of carboxymethylcellulase between fractions taken from rumens of sheep containing no protozoa or one of five different protozoal populations. *J. Agric. Sci. Camb.*, **106**: 121-127.
- CRAIG, W. M., GLEN A. Broderick and D. B. RICKER (1987) Quantitation of microorganisms associated with the particulate phase of ruminal ingesta. *J. Nutr.*, **117**: 56-62.
- CZERKAWSKI, J. W. (1974) Methods for determining 2-6-diaminopimelic acid and 2-aminoethylphos-

- phonic acid in gut contents. J. Sci. Fd. Agric., **25**: 45-55.
- DEHORITY, B. A. (1998) Generation time of *Epidinium caudatum* and *Entodinium caudatum*, determined in vitro by transferring at various time intervals. J. Anim. Sci., **74**: 1189-1196.
- GERSON, T., A. S. D. KING, K. E. KELLY, and W. J. KELL. (1988) Influence of particle size and surface area on in vitro roles of gas production, lipolysis of triacylglycerol and hydrogenation of linoleic acid by sheep rumen digesta or *Ruminococcus flavefaciens*. J. Agric. Sci. (Cambridge) **110**: 31-37.
- GIVENS D. I. and ANGELA R. MOSS (1995) The nutritional value of cereal straw for ruminants-a review. Nutrition abstracts and reviews (series B), **65**: 793-811.
- LEGAY-CARMIER, F. and D. BAUCHART (1989) Distribution of bacteria in the rumen contents of dairy cows given a diet supplemented with soya-oil. Br. J. Nutr. **61**: 725-740.
- MCALLISTER, T. A, H. D. BAE, G. A. JONES and K. J. CHENG (1994) Microbial attachment and feed digestion in the rumen. J. Anim. Sci., **72**: 3004-3018.
- MEYER and R. I. MACKIE (1986) Microbiological evaluation of the intraruminal in sacco digestion technique. Appl. Environ. Microbio. **51**: 622-629.
- MORRISON, M. and R. I. MACKIE (1996) Nitrogen metabolism by ruminal microorganisms: current understanding and future perspectives. Aust. J. Agric. Res., **47**: 227-246.
- NEILL, L. and M. IVAN (1996) Comparison of methods for isolation of protozoa from ruminal fluid. Can. J. Anim. Sci., **76**: 481-483.
- OLUBOBOKUN, J. A., W. M. CRAIG and K. R. POND (1990) Effects of mastication and microbial contamination on ruminal in situ forage disappearance. J. Anim. Sci., **68**: 3360-3370.
- SILVA, A. T., R. J. WALLACE, and E. R. QRSKOV (1987) Use of particle-bound microbial activity to predict the rate and extent of fiber degradation in the rumen. Br. J. Nutri., **57**: 407-415.
- WHITEHOUSE, N. L., V. M. OLSON, C. G. SCHWAB, W. R. CHESBOR, K. D. CUNNINGHAM, and T. LYKOS (1994) Improved techniques for dissociating particle-associated mixed ruminal microorganisms from ruminal digesta solids. J. Anim. Sci., **72**: 1335-1343.
- WOLIN, M. J. (1969) Volatile fatty acid and the inhibition of *Escherichia coli* growth by rumen fluid. Appl. Environ. Microbio., **17**: 83-87.
- 潘 軍, 鈴木知之, 上田宏一郎, 大久保正彦 (1998) 乾草を給与しためん羊におけるルーメン内細菌とプロトゾア量の経時的変化. 第54回北海道畜産学会大会講演要旨A-03.

原 著

飼育下におけるエゾシカ (*Cervus nippon yesoensis*) 雄の血液性状

竹岡 亮・亀山 祐一・石島 芳郎
東京農業大学生物産業学部, 網走市 099-2493

Blood properties in farmed male Yeso sika deer

Ryo TAKEOKA, Yuichi KAMEYAMA, Yoshiro ISHIJIMA

Laboratory of Animal Resources, Faculty of Bioindustry, Tokyo University of Agriculture,
Abashiri-shi 099-2493

キーワード: エゾシカ, 雄, 血液性状

Key words: Yeso sika deer, Male, Blood properties

Abstract

For collecting physiological information that is necessary to domesticate Yeso sika deer, blood properties, antler cycle, body weight were observed in farmed male Yeso sika deer for a year. Determined blood properties were serum total protein, albumin, albumin/globulin ratio, alkaline phosphatase, total cholesterol, high density lipoprotein cholesterol, arteriosclerotic index, blood urea nitrogen, creatinine, uric acid, sodium, potassium, chlorine, calcium, white blood cell count, red blood cell count, hemoglobin, hematocrit, mean corpuscular hemoglobin, mean corpuscular hemoglobin concentration, mean corpuscular volume and glucose. Albumin, alkaline phosphatase, creatinine, arteriosclerotic index showed seasonal changes. On the other, the value of total protein, sodium and chlorine kept constant and showed high homeostasis. The body weights increased from April to August and decreased thereafter. Antler casting occurred from April to June and velvet shedding took place from September to October.

要 約

エゾシカを家畜化した際に必要とされる生理学的な情報を集積するため、雄の飼育個体における血液性状、角の状態および体重を一年間記録した。血液性状の検査項目は血清中の総蛋白質、アルブミン、アルブミン／グロブリン比、アルカリ性フォスファターゼ、総コレステロール、高密度リポ蛋白質コレステロール、動脈硬化指数、尿素窒素、クレアチニン、尿酸、Na, K, Cl, Ca, 白血球数、赤血球数、ヘモグロビン、ヘマトクリット、平均赤血球血色素量、平均赤血球血色素濃度、平均赤血球容積、血糖とした。これら検査項目のうち、アルブミン、アルカリ性フォスファターゼ、クレアチニン、動脈硬化指数は季節的な変動を示した。一方、血清総蛋白質、Na および Cl は個体差が少なく、

高い恒常性を示した。体重は4月から8月にかけて増加し、それ以降は減少した。落角は4-6月、袋角の剥皮は9-10月にかけて認められた。

緒 言

現在、シカは動物資源として注目されており、海外では養鹿がさかんに行われている。一方、わが国における養鹿はまだ模索段階にあるが、遺伝汚染の危険性を考えると国内産のニホンシカ (*Cervus nippon*) を対象とすることが望ましい。とりわけ、北海道の養鹿はニホンシカの最大亜種であるエゾシカ (*C. n. yesoensis*) を利用すれば高い生産性が得られるだけでなく、過剰に生息する野生個体の管理にも有用と思われる。しかし、エゾシカの飼育技術はまだ確立されておらず、生理学的な知見も少ないのが現状である。特に血液性状は疾病の診断、予防に欠かせない情報であり、家畜管理の面からみても必要性は極めて高い。エゾシカの

血液性状は MAEDE *et al.* (1990), 吉川 (1994) が報告しているが, これらの報告は年間の特定な時期に採血を行っていたり, 測定項目が少ない. エゾシカは季節繁殖動物であり, 雄では角が成長, 剥皮, 落角する周年変化を繰り返す. また, エゾシカは冬期になると採食量が低下し, 体重が大きく減少することも知られている (相馬ら, 1998). したがって, エゾシカの血液性状は大きな季節的な変動を示すことが予想され, 年間を通してデータの集積が必要と思われる.

そこで, 本研究は飼育下のエゾシカ雄から年間を通して採血し, 血液性状の周年変化について観察した. また, 体重, 角の周年変化も記録し, 血液性状との関連について考察した.

材料および方法

供試した雄のエゾシカは, 東京農業大学生物産業学部 (北緯 44 度) の屋外施設で飼育中の 4 頭 (No.1: 推定 6 歳, No.2: 5 歳, No.3: 推定 2 歳, No.4: 1 歳) とした. 給餌は 8-9 時および 15-16 時の朝夕 2 回行った. 粗飼料として乾草を与え, 自由摂取とした. また, 濃厚飼料として豆腐粕および規格外小麦を適量与えた. 夏期には青刈りのイネ科およびマメ科牧草, 冬期にはクマイザサを補った. 飲水は自由摂取とした.

1998 年 1 月から同年 12 月までの毎月下旬 (25-30 日) に血液を採取し, 種々の成分における周年変化を観察した. 採血は午前 8 時に始め, 午前中に終了した. 採血はシカにセラクター 2% 注射液 (バイエル) を吹き矢で 2-4 ml 投与し, 不動化した状態で行った. 血液は生化学検査用 (VP-AS109, テルモ), 血液学検査用 (VP-DK052, テルモ) および血糖用 (VP-FH052, テルモ) の真空採血管を用い, 頸静脈から採取した. 血液は翌日まで冷蔵保存し, 道東臨床検査センターに分析を依頼した. 検査項目および検査法は Table 1 に要約した. また, 採血時に体重, 角の状態を記録した.

Table 1 Method of measurement

Parameter	Method of measurement
Total protein	Biuret test
Albumin	Bromocresol Green method
A/G ratio	Bromocresol Green method
ALP	Modified kind-king method
Total cholesterol	Enzymatic method
HDL cholesterol	Heparin Ca-Ni method
Blood urea nitrogen	Urease Indophenol method
Creatinine	Modified Jaffe test
Uric acid	Uricase-peroxidases colorimetry
Sodium	Electrode method
Potassium	Electrode method
Chlorine	Electrode method
Calcium	O-cresolphthalein complexone method
White blood cell count	Electronic resistance method
Red blood cell count	Electronic resistance method
Hemoglobin	Sodium dodecyl sulfate method
Hematocrit	Electronic resistance method
Glucose	Glucose oxidase method

結果および考察

体重および角の周年変化を Fig. 1 に要約した. 体重は 4-8 月にかけて増加し, それ以降は減少するパターンを示した. 飼育下のエゾシカは冬期に採食量が低下することが知られており (相馬ら, 1998), 体重の低下はこの採食量の低下によるものと思われた. アカシカ (*Cervus elaphus*) およびエルドジカ (*Cervus eldithamin*) では, 発情期の直前に最も重い体重を示すことが報告されている (LINCOLN, 1971; MONFORT *et al.*, 1993). しかし, 本研究では 9 月から体重が減少しはじめ, 10 月になってラッティングコールを聞くことができた.

前年度の枯角は 4-6 月にかけて落角し, その後に伸長した袋角は 9-10 月にかけて剥皮した. 若齢個体の落角は成熟個体よりも遅く起こり, その結果として袋角の剥皮も遅れる傾向が認められた.

各血液性状の年間における平均値と記録された範囲を Table 2 に示した. 季節的な変動はアルブミン, アルカリ性フォスファターゼ (ALP), クレアチニン, 動脈硬化指数で観察された. 一方, 血清総蛋白質, ナトリウム (Na) およびクロール (Cl) は個体差が少ないうえに, 年間を通しての変動がほとんどなく, 高い恒常性を示すことが明らかとなった.

アルブミンは 6-7 月および 12 月に低下した (Fig. 2). 一方, アルブミンと共に血清蛋白質の多くを占めるグロブリンは, ほぼ逆の推移を示した. 血清総蛋白質における恒常性は, アルブミンとグロブリンが相互に補償した結果と思われた. 血清総蛋白質の平均値は, 吉川 (1994) の報告とほぼ一致していた.

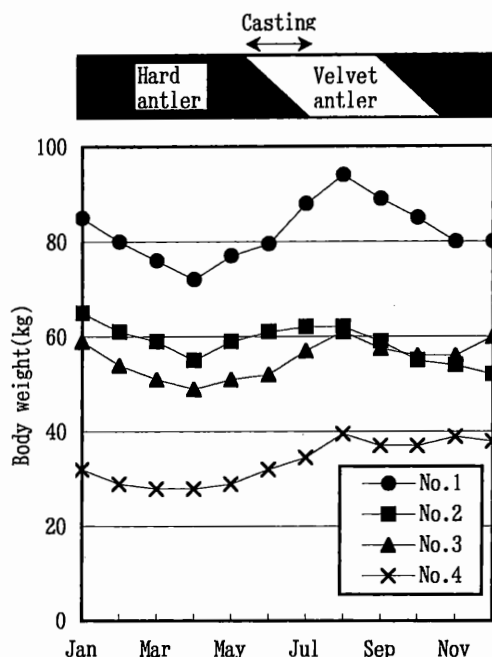


Fig. 1 Annual changes of body weight and antler phase

Table 2 Mean, standard deviation and range of the blood parameter

Parameter	Unit	Mean $\pm$	S. D.	Range
Total protein	g/l	60.5 $\pm$	3.6	54.0 - 69.0
Albumin	g/l	35.0 $\pm$	3.6	26.0 - 41.0
Globulin	g/l	25.5 $\pm$	5.4	17.0 - 43.3
A/G ratio	%	6.87 $\pm$	0.97	4.44- 8.72
ALP	IU/l	506.7 $\pm$	464.4	62.0 -2305.0
Total cholesterol	mmol/l	1.0 $\pm$	0.2	1.0 - 2.0
HDL cholesterol	mmol/l	0.7 $\pm$	0.2	0.4 - 1.1
Arteriosclerotic index		0.4 $\pm$	0.2	0.09- 0.83
Blood urea nitrogen	mmol urea/l	9.1 $\pm$	2.0	5.4 - 13.2
Creatinine	μ mol/l	135.5 $\pm$	30.7	79.6 - 221.0
Uric acid	μ mol/l	13.3 $\pm$	5.2	5.9 - 23.8
Sodium	mmol/l	142.8 $\pm$	1.5	140.0 - 146.0
Potassium	mmol/l	5.6 $\pm$	0.8	4.5 - 8.1
Chlorine	mmol/l	98.7 $\pm$	2.9	90.0 - 106.0
Calcium	mmol/l	8.7 $\pm$	0.7	7.0 - 10.0
White blood cell count	$10^3/\mu$ l	3.2 $\pm$	0.9	1.0 - 6.0
Red blood cell count	$10^6/\mu$ l	7.89 $\pm$	1.55	5.82- 13.72
Hemoglobin	g/l	101.5 $\pm$	21.9	73.0 - 175.0
Hematocrit	%	31.9 $\pm$	3.6	26.4 - 44.9
M. C. H	ρ g	12.86 $\pm$	1.01	9.84- 14.63
M. C. H. C	%	36.91 $\pm$	1.42	33.58- 39.76
M. C. V	μ^3	35.67 $\pm$	2.29	32.91- 40.81
Glucose	mmol/l	7.8 $\pm$	2.3	4.0 - 16.0

n=4

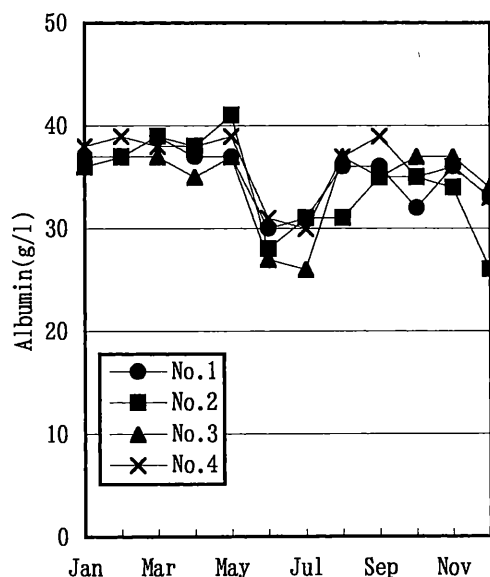


Fig. 2 Annual change of albumin

ALPは7月または8月にピークを示した (Fig. 3). ALPは主に肝臓・骨の疾患の指標とされている。反芻動物のALPは標準値の範囲が広く、臨床上的意義は乏しいとされている (Kramer, 1991)。しかし、ALPの推移は全個体で一致しており、季節的に変動することが判明した。

総コレステロール、HDL コレステロールは季節的な変動を示さなかったが、両者によって算出される動脈硬化指数は季節的な変動を示した (Fig. 4)。しかし、動物ではリポタンパク (HDL, LDL, VLDL, カイロミクロン) に関する臨床学的研究が少なく、脂質代謝との関係もまだ明らかにされていないのが現状である

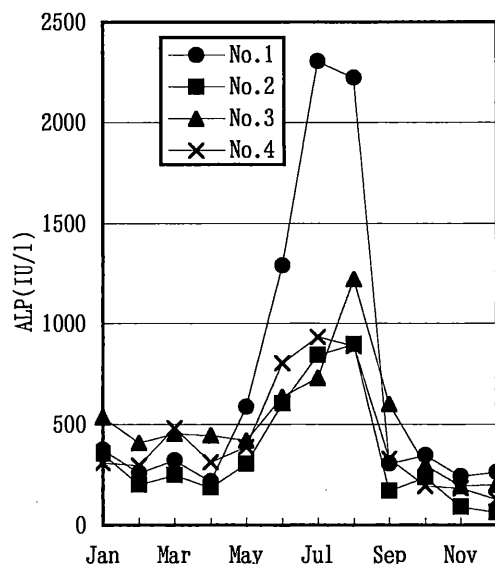


Fig. 3 Annual change of ALP

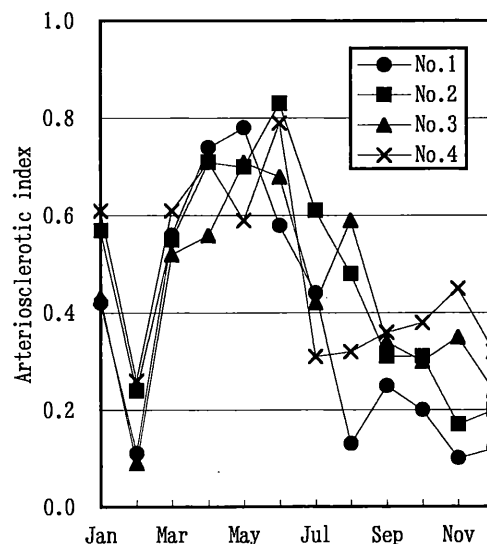


Fig. 4 Annual change of arteriosclerotic index

(牧村, 1998)。

尿素窒素は No. 2 を除く個体で季節的な変動が認められた。これら個体の尿素窒素は春から夏にかけて低値を示し、秋から冬にかけて高値を示した。尿素窒素の増加は尿素の排出量減少よりも、蛋白質の異化作用亢進を反映している (FINCO, 1991)。飢餓は尿素窒素が上昇する一因であり (FINCO, 1991)、冬期における尿素窒素の上昇は採食量減少 (相馬ら, 1998) によるものと思われた。

クレアチニンは2月および9月または10月の2回ピークを示した (Fig. 5)。クレアチニンの濃度は筋肉量に比例し (FINCO, 1991)、乳牛では加齢に伴って上昇することが報告されている (佐藤, 1986)。しかし、クレアチニンは体重と一致した変動を示さず、年齢による濃度の差も認められなかった。クレアチニンは腎

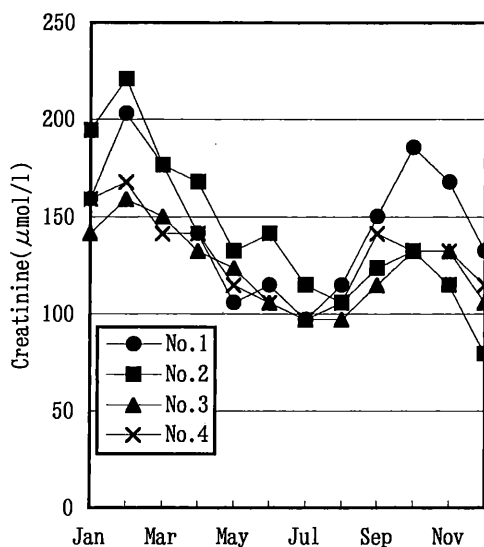


Fig. 5 Annual change of creatinine

機能の指標であり、腎機能に季節的な変動のあることが示された。尿酸も腎機能の指標であるが、尿酸では季節的な変動は認められなかった。

Na および Cl は季節的な変動がなく、大きな個体差も認められなかった。Ca は角のサイクルとの関連が予想されたが、年間を通してほぼ一定の値を示した。

白血球数は変動の幅が大きく、季節的な変動は認められなかった。赤血球数は明瞭ではないが春期に高く、秋期から冬期にかけて低い傾向を示した。本調査における赤血球の年間平均値は、吉川 (1994) の無麻酔群 ($12.65 \times 10^6/\mu\text{l}$)、MAEDE *et al.* (1990) の休息状態で鎮静させて採血した群 ($9.64 \times 10^6/\mu\text{l}$) よりも低かった。ニホンジカの赤血球数、ヘモグロビン、ヘマトクリット、平均赤血球容積は、興奮すると上昇することが知られている (MAEDE *et al.*, 1990)。本実験に供試した個体は幾度も鎮静・保定を経験しており、興奮による赤血球の増加が少なかったことを示唆している。

血糖値は非常に大きな個体差を示した。反芻動物において血糖値は採食による影響をあまり受けず (佐々木, 1998)、採血時の保定や拘束などの影響を受けるとされている (佐藤, 1986)。すなわち、採食時間と採血時間が一定であればデータのばらつきは少ないと考えられる。このことから供試個体は採血時の保定や拘束により興奮し、その影響がかなり強かったものと思わ

れる。

以上の結果より、エゾシカ雄の血液性状はアルブミン、ALP、クレアチニンおよび動脈硬化指数で季節的な変動を示し、これらの変動は肝機能、腎機能の季節的な変動を反映したものと思われる。

文 献

- FINCO, D. R. (1991) 獣医臨床生化学 “腎機能の項執筆”. (久保周一郎・友田 勇 監訳) 第4版. 501-543, 近代出版, 東京.
- KRAMER, J. W. (1991) 獣医臨床生化学 “臨床酵素学の項執筆”. (久保周一郎・友田 勇 監訳) 第4版. 341-367, 近代出版, 東京.
- LINCOLN, G. A. (1971) The seasonal reproductive changes in the red deer stag (*Cervus elaphus*). J. Zool., Lond. **163**, 105-123.
- MAEDE, Y., YAMANAKA, Y., SASAKI, A., SUZUKI, M. and OHTAISHI, N. (1990) Hematology in Sika Deer (*Cervus nippon yezoensis* Heude, 1884). Jpn. J. Vet. Sci., **52**, 35-41.
- 牧村 進 (1998) 獣医臨床病理学 “血液化学検査の項執筆” (小野憲一郎・太田享二・鈴木直義 編). 218-239. 近代出版, 東京.
- MONFORT, S. L., BROWN, J. L., BUSH, M., WOOD, T. C., WEMMER, C., VARGAS, A., WILLIAMSON, L. R., MONTALI, R. J. and WILDT, D. E. (1993) Circannual inter-relationships among reproductive hormones, gross morphometry, behaviour, ejaculate characteristics and testicular histology in eld's deer stags (*Cervus eldi thamin*). J. Reprod. Fert., **98**, 471-480.
- 佐々木晋一 (1998) 反芻動物の栄養生理学 “炭水化物の代謝の項執筆”. 社団法人 農山漁村文化協会, 東京.
- 佐藤 博 (1986) 乳牛における血液成分とその栄養生理的意義. 日畜会報, **57**, 959-970.
- 相馬幸作・増子孝義・小林雄一・石島芳郎 (1998) エゾシカ (*Cervus nippon yezoensis*) における乾草採食量の季節変化. 北海道畜産学会報, **40**, 27-30.
- 吉川 堯 (1994) エゾシカの血液性状に関する調査について. 全鹿協だより, **5**, 1-4.

原 著

北海道和種馬浅指屈筋腱の加齢に伴う変化

中村富美男・後藤 麗・田中 浩子・海津 幸子・*埴 友之・*秦 寛・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

*北海道大学農学部附属牧場, 静内町 056-0141

Age-related changes in the *tendo musculus flexor digitorum superficialis* of Hokkaido native horses

Fumio NAKAMURA, Ulala GOTO, Hiroko TANAKA, Sachiko KAIIDZU,

*Tomoyuki HANAWA, *Hiroshi HATA and Shigeharu FUKUNAGA

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

*Livestock Farm, Faculty of Agriculture, Hokkaido University, Shizunai-cho 056-0141

キーワード: 北海道和種馬, 加齢, 浅指屈筋腱, コラーゲン

Key words: Hokkaido native horse, aging, tendon, collagen

Abstract

The *tendo musculus flexor digitorum superficialis* of horses aged 1, 3, 4, 5 and 20 years were analyzed histochemically and biochemically, and the aging process in Hokkaido native horses was examined from the viewpoint of changes in connective tissue.

In connective tissue tendon, water content decreased and solid compositions, especially collagen content, increased linearly with the aging. However, age-related changes in collagen solubility and tendon morphology showed a stepwise pattern. At the ages of 1 and 3, in the growth period, more than 80% of tendon collagen was solubilized, waved tendon fibers were becoming straight, and the density of tendon collagen fiber bundles was increasing. About 40% of tendon collagen was insoluble and tendon collagen fiber bundles were densely packed by a thin *peritendineum internum* at the age 4, which in the age of transition from growth to maturation, and at age 5, which is in the maturation period. At the age of 20, there were remarkable decreases in the number of tendon cells and in the solubility of tendon collagen, which were thought to be due to senescence.

It was also found that the content of proteoglycan in the tendon increased with aging of the Hokkaido native horses, which is thought to be a phenomenon specific to horses.

要 約

当歳, 3歳, 4歳, 5歳および20歳馬の浅指屈筋腱を組織学, 生化学的に分析し, 結合組織の変化という観点から, 北海道和種馬の加齢を検討した。

北海道和種馬の腱では, 加齢に伴い水分含量は減少し, 固形分, 特にコラーゲン含量は直線的に増加して

いたが, コラーゲンの不溶化は腱組織の形態像と共に段階的な変化パターンを示した。当歳および3歳馬の腱は成長過程に在り, 80%以上のコラーゲンが可溶性を示し, 大きく屈曲した腱線維の直線化と腱線維束の緻密化が進行しつつあった。成長から成熟への移行期と考えられた4歳馬と成熟過程の5歳馬の腱では, 約40%のコラーゲンが不溶化し, コラーゲン線維束の緻密化に伴って内腱周膜が薄膜化していた。20歳馬で観察された腱細胞数の激減とコラーゲンの90%という

著しい不溶化は、老化現象と考えられた。上記の他に、本研究においては、ウマの腱特有な現象と考えられる加齢に伴うプロテオグリカン含量の増加が観察された。

緒 言

自然に佇立しているウマでは、前肢はその体重の55～60%を支え、運動に際してはより大きな荷重を受ける (BUDRAS *et al.*, 1997)。前肢のうちで最も細く、大きな荷重を受ける部位が管であり、管部に存在する屈腱、特に浅指屈筋腱は疾駆時の過度の伸展による損傷を受けやすい結合組織である (天田, 1998)。一方、北海道和種馬は、系統保存に留まらず家畜としての様々な在り方が試みられている在来馬であり、林間放牧を前提とした管理に関する研究も精力的に行なわれている (近藤, 1998)。しかし、屠殺後に得られる試料を用いた分析化学的な研究はほとんど報告されておらず (KAWAI *et al.*, 1997)、加齢に伴う臓器、組織の成分変化等も明らかにされていない。本研究では、ウマの行動上もっとも力学的な荷重を受ける前肢管部の浅指屈筋腱を組織学、生化学的に分析し、結合組織の変化という観点から、北海道和種馬の加齢を検討した。

材料および方法

供試動物および材料

北海道大学農学部附属牧場で飼育されている北海道和種群から当歳 (2頭)、3歳 (2頭)、4歳 (1頭)、5歳 (2頭) および20歳 (1頭) の雌馬計8頭を実験に供し、屠殺後、前管中央部の浅指屈筋腱を採取した。

一般分析

凍結粉碎した腱粉を用いた重量分析によって水分、灰分、脂肪含量を測定し、タンパク質含量はbiuret法 (GONALL *et al.*, 1949) により測定した。

コラーゲンおよびプロテオグリカン量の測定

一定量の腱粉を0.5 N NaOHに溶解後、カルバゾール硫酸法のBITTER and MUIRによる改良法 (1962) に従ってプロテオグリカン含量の指標としてウロン酸含量を測定した。同上アルカリ溶液および下記の可溶性画分を6 N 塩酸で加水分解後、BERGMAN and LOXLEYの方法 (1963) によってHyp量を測定し、総コラーゲン量と可溶性コラーゲン量を算出した。なお、Hyp量を7.52倍し (GOLL *et al.*, 1963)、コラーゲン量とした。

可溶性コラーゲンの調製

一定量の腱粉を0.5 N 酢酸にタンパク質濃度が約3 mg/mlとなるよう懸濁し、4℃で24時間攪拌した後遠心分離 (12,000 rpm, 20min) によって得られた上清を酢酸可溶性画分としてコラーゲン量を測定した。

沈殿を再度0.5 N 酢酸に懸濁し、ペプシン (1:10,000, nakalai tesque) を0.1 mg/mlとなるよう添加して25℃で24時間攪拌処理した。遠心分離によって得られた上清をペプシン可溶性画分としてコラーゲン量の測定と電気泳動に供した。

電気泳動 (SDS-PAGE)

ペプシン可溶性画分を0.7 M NaClによって塩析し、部分精製したI型コラーゲン画分にSDS、尿素および β -メルカプトエタノール (β -ME) を最終濃度が各々1%, 3.6 M, 1%となるように添加し、98℃で3分間処理した試料をSDS-PAGEに供した。SDS-PAGEはLAEMMLIの方法 (1970) に従って5%ゲルを用いて行ない、CBBで染色し、酢酸とメタノールを含む溶液で脱色した。

光学顕微鏡観察

OCT コンパウンドに包埋した細切腱からクリオスタット (JUNG CM3000II, Leica) を用いて厚さ10 μ mの凍結縦断切片を調製した。弾性線維の自家蛍光 (DUBORD *et al.*, 1981) は、スライドグラスに密着させた無固定切片を落射蛍光顕微鏡 (BH2-RFL, オリンパス) 下で観察した。ヘマトキシリン・エオジン染色およびトルイジンブルー (TB) 染色は、10%ホルマリンで固定した後に行ない、標本はオリンパスの光学顕微鏡下で観察した。

走査電子顕微鏡 (SEM) 観察

細切した腱をOHTANIらのアルカリ処理・細胞消化法 (1988) に従って処理し、間質コラーゲンのみとした試料をINOUE and OSATAKEの方法 (1988) に従って凍結乾燥し、金を蒸着した後、加速電圧19 kV下SEM (JSM-T20, JEOL) で観察した。

結 果

生化学的变化

北海道和種馬浅指屈筋腱の水分含量は、当歳の68.2%から20歳の61.4%へと加齢に伴い減少したのに対し、タンパク質含量は29.7%から35.2%へと増加した (Fig. 1)。また、僅かではあるが、灰分と脂肪含量も加齢に伴う増加傾向を示した。

結合組織の主要構成成分であるコラーゲンとプロテオグリカン含量は、共に加齢に伴って増加し (Fig. 2A)、特にコラーゲンは、タンパク質中に占める割合も当歳の72.8%から20歳の80.3%へと増加していた (Fig. 2B)。一方、コラーゲンに対するプロテオグリカンの含有比は、3, 4, 5歳馬で幾分か高かったが、当歳から20歳まではほぼ一定していた (Fig. 2B)。

当歳馬の腱コラーゲンは、酢酸によって50%以上が可溶化し、ペプシン処理を含めると80%以上が可溶性

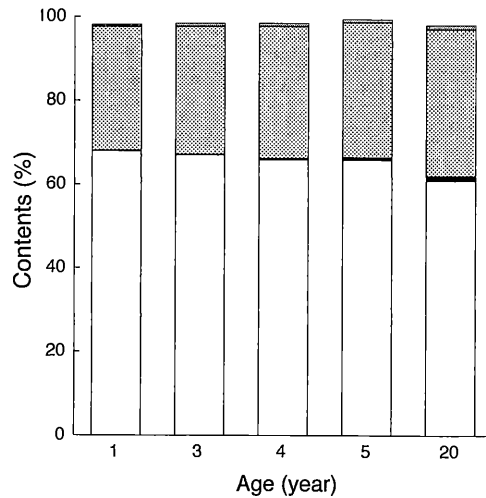


Fig. 1. Age-related changes in chemical compositions in the Hokkaido native horse tendon. Weight percentages of water (□), ash (■), protein (□) and lipid (■) are given.

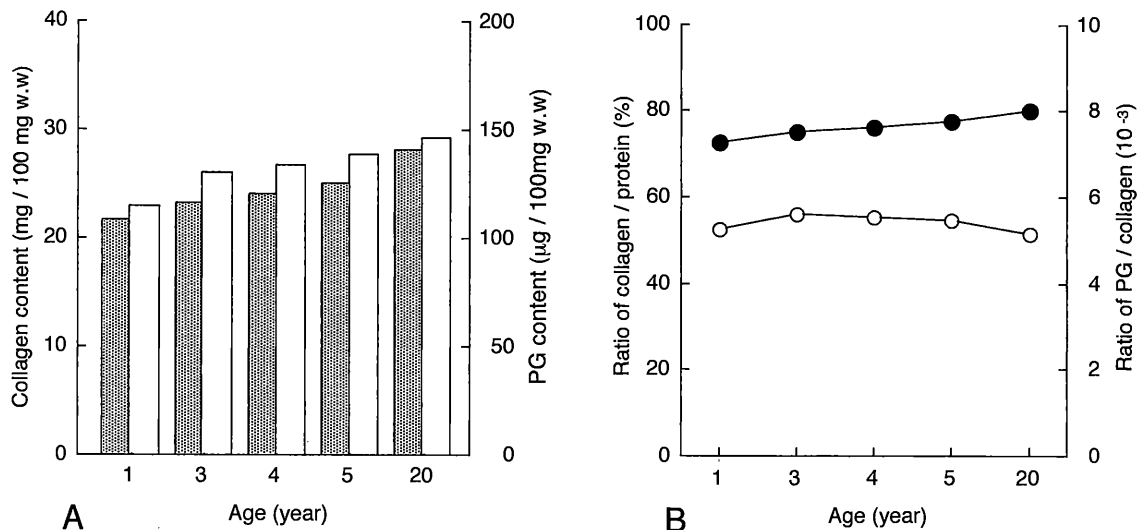


Fig. 2. Age-related changes in collagen and proteoglycan in the Hokkaido native horse tendon. The contents of collagen (■) and proteoglycan (PG, □) in 100 mg wet weight (w. w) of tendon are shown in Fig. 2A. The ratios of collagen to protein (●) and proteoglycan to collagen (○) are shown in Fig. 2B.

であった (Fig. 3)。この 80% 以上のコラーゲンの可溶性は 3 歳馬においても観察され、酢酸可溶性は 20% 以下に低下していたがペプシン可溶性は 60% 以上であった。酢酸可溶性コラーゲンの割合は 4 歳 (8%) から 5 歳 (6%)、20 歳 (5%) へと漸減したが、当歳から 4 歳へかけての変化より小さかった。4 歳と 5 歳馬においては、ペプシン可溶性コラーゲンの割合は 56.5% と 54.1% で安定していたが、20 歳馬では 4.6% と著しく減少し不溶性コラーゲンは 90% に達していた。

部分精製した I 型コラーゲンの SDS-PAGE 像では、当歳馬においては明瞭な α , β , γ 鎖のバンドが観察されたが、3, 4, 5 歳馬では、ゲル上部から β 鎖

にかけてスミアー状に染色され、 γ 鎖が認められなかった (Fig. 4)。しかし、20 歳馬では再び当歳馬に類似したバンドパターンが観察された。

形態的变化

管部中央における浅指屈筋腱横断面の長径は、当歳 13.8 mm、3 歳 22.0 mm、4 歳 24.3 mm、5 歳 24.1 mm、20 歳 24.5 mm であった。

当歳馬の腱縦断面では (Fig. 5A, C)、大きく屈曲していた腱線維が 3 歳では小さなさざ波状となり (Fig. 5B)、4 歳ではほぼ直線化し (Fig. 5E)、5 歳 (Fig. 5D) および 20 歳 (Fig. 5F) では直線化していた。プロテオグリカンの存在を示す TB 染色の赤紫色 (メタクロマジー) は、当歳馬においては内腱周膜で弱く観察さ

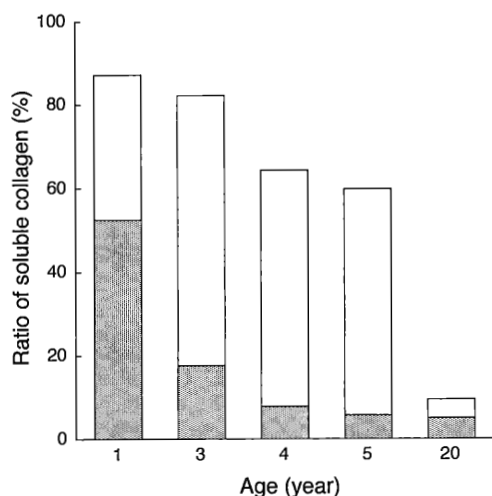


Fig. 3. Age-related changes in collagen solubility in the Hokkaido native horse tendon. The ratios of soluble collagen to whole collagen obtained by acetic acid (■) and pepsin treatment (□) are given.

れただけであったが (Fig. 5A), 3 歳以降は腱線維全体で観察された (Fig. 5B). 当歳馬では各腱線維間に観察された弾性線維の自家蛍光は (Fig. 5C), 加齢に伴って断片的になり, 連続した蛍光は腱周膜でしか観察されなくなった (Fig. 5D). ヘマトキシリンによって青染され腱細胞の核は, 4 歳馬では高頻度に存在しているのに対して (Fig. 5E), 20 歳馬ではほとんど観察されなかった (Fig. 5F).

当歳 (Fig. 6A) および 3 歳馬 (Fig. 6B) の腱横断面 SEM 像では大きな間隙として観察された内腱周膜は, 5 歳馬では隙間なく束ねられ緻密化した腱カラー

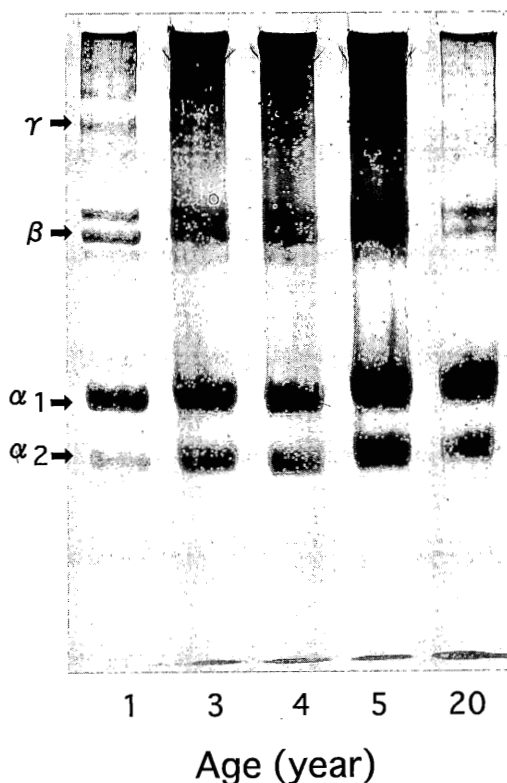


Fig. 4. Age-related changes in collagen profiles on SDS-PAGE in the Hokkaido native horse tendon.

After denaturing with 1% SDS, 1% β -ME and 3.6 M urea, partially purified type I collagen obtained by pepsin treatment were electrophoresed on 5% polyacrylamide gel.

The figures below the gel show the age (in years) of the horse. $\alpha 1$, $\alpha 2$, β and γ chains of type I collagen.

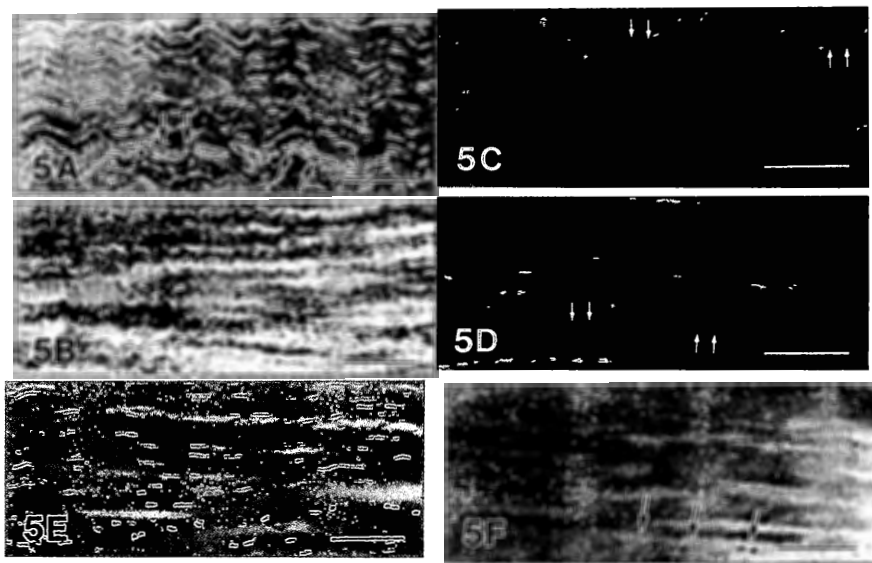


Fig. 5. Photomicrographs of tendons of Hokkaido native horses.

Longitudinal sections of the tendon were stained with toluidine blue (Fig. 5A, 1 year of age; 5B, 3 years of age) or hematoxylin and eosin (Fig. 5E, 4 years of age; 5F, 20 years of age). Fig. 5C (1 year of age) and 5D (5 years of age) show an autofluorescence of elastic fibers in the tendon. Arrows show a peritendineum internum. Scale bars, 100 μ m.



Fig. 6. Scanning electron micrographs of tendons of Hokkaido native horses.

In cross sections of the tendon (Fig. 6A, 1 year of age; 6B, 3 years of age; 6C, 5 years of age), bundles of tendon collagen fibers are surrounded by the peritendineum internum (arrows). At a low magnification of longitudinal sections (Fig. 6D, 1 year of age; 6E, 4 years of age), tendon collagen fibers (arrowheads) resemble the tendon fibers shown in the photomicrographs. Although collagen fibrils are not distinguishable at 1 year of age (Fig. 6F) and at 3 years of age (Fig. 6G), collagen fibrils are observable at 5 years of age (Fig. 6H) and at 20 years of age (Fig. 6I). Scale bars: (A, B, C, F, G, H, I) 10 μm , (D, E) 100 μm .

ゲン線維（腱線維）に圧迫されるように薄くなっていた（Fig. 6C）。加齢に伴う腱コラーゲン線維束の緻密化は、縦断面においても観察され、当歳では大きく屈曲した個々の腱コラーゲン線維が容易に識別されるのに対して（Fig. 6D）、緻密化により板状を呈した4歳馬では一部でしか線維間隙が観察されなかった（Fig. 6E）。個々のコラーゲン細線維は加齢に伴って太くなっており、当歳（Fig. 6F）や3歳では（Fig. 6G）、腱コラーゲン線維を形成している個々のコラーゲン細線維の識別が困難であったが、5歳（Fig. 6H）および20歳馬では（Fig. 6I）、長軸方向に並走する像が観察された。

考 察

結合組織の主要成分であるコラーゲンは、加齢に伴い体内の蓄積量と含有比率が増加し、分子間架橋結合の成熟と増加により不溶化するために加齢の進行状態を知る指標の一つとされているが、その変化パターンは動物種のみならず臓器や組織によって異なっている（藤本, 1993）。北海道和種馬の腱においては、組成の

含有比率は加齢に伴う直線的な変化パターンを示した。しかし、コラーゲンの不溶化（当歳13%、3歳18%、4歳36%、5歳40%、20歳90%）やコラーゲン分子間架橋結合の存在状態が γ 鎖や β 鎖に反映されるI型コラーゲンのSDS-PAGE像は、段階的な変化パターンを示した。一般に、動物の加齢は、生前の発生・分化を除き、成長、成熟、老化の3段階にその進行過程が区別される。本実験結果に加齢の進行過程を適用して考えると、当歳と3歳馬の腱は成長過程に、4歳は成長から成熟への移行期に、5歳は成熟過程に、20歳では老化過程に在ったと、不溶化したコラーゲンの割合とその加齢に伴う増加傾向から判断される。この加齢進行過程は上記の生化学的な分析結果よりも形態像においてより顕著であった。即ち、当歳馬で大きく屈曲していた腱コラーゲン線維は3歳ではさざ波状となり、4歳では5歳および20歳馬とほぼ同様に直線化した。より大きな荷重に適応した腱特有の形態を呈していた。また、腱線維の伸縮に寄与している弾性線維の局在も、この屈曲性の変化に対応して変化していた。さらに、5歳馬までは比較的高密度に存在していた腱

細胞が20歳馬ではほとんど観察されず、この腱における細胞数の激減とコラーゲンの著しい不溶化は老化過程における現象と考えられた(辻, 1993)。SEM像においてコラーゲン細線維は、コラーゲン含量の増加と同様に、5歳よりも20歳馬でより太くなっていた。しかし、腱コラーゲン線維および腱コラーゲン線維束の緻密化と内腱周膜の薄膜化は、当歳から3歳を経て4歳まで進行した後は加齢が進んでも大きく変化することとはなかった。顕微鏡下で観察されたこれらの変化パターンは、腱の太さ(横断面長径)の加齢変化に類似しており、さらに、KAWAI *et al.* (1997)が報告している管囲の成長パターンとも一致している。従って、北海道和種馬前管の浅指屈筋腱においては、マクロなサイズ上の変化とミクロの生化学、組織学的な変化が良く対応して成長、加齢が進行すると考えられる。

最後に、結合組織のプロテオグリカン含量とそのコラーゲンに対する含有比率は、加齢に伴って減少するのが一般的であり、実際、ブタのアキレス腱や深趾屈筋腱では成長期に急速に減少する(海津ら, 1995)。従って、本研究で観察された、プロテオグリカン含量の加齢に伴う増加とそれに対応したTB染色におけるメタクロマジーの3歳馬からの出現は、ウマの腱特有の現象と考えられ、存在するプロテオグリカンの種類やコラーゲンとの相互作用を含めて、ウマの行動特性との関連に興味が持たれる。

文 献

- 天田明男 (1998) 馬のスポーツ医学：強い馬づくりのためのサイエンス。309-358。日本中央競馬会弘済会。東京。
- BERGMAN, I. and R. LOXLEY (1963) Two improved and simplified methods for the spectrophotometric determination of hydroxyproline. *Anal. Chem.*, **35**: 1961-1965.
- BITTER, T. and H. M. MUIR (1962) A modified uronic acid carbazole reaction. *Anal. Biochem.*, **4**: 330-334.
- BUDRAS, K. D., S. ROCK, 橋本善春 (1997) 馬の解剖アトラス。第2版。2-13。日本中央競馬会弘済会。東京。
- DUBORD, P. J., M. M. RODRIGUES and J. H. KRACHMER (1981) Corneal elastosis in latic corneal dystrophy: A clinicopathological report. *Ophthalmology*, **88**: 1239-1243.
- 藤本大三郎 (1993) 細胞外マトリックスと老化。老化のメカニズムと制御 (藤本大三郎編)。141-152。アイピーシー。東京。
- GOLL, D. E., W. G. HOEKSTRA and R. W. BRAY (1963) Age-associated changes in muscle composition: The isolation and properties of a collagenous residue from bovine muscle. *J. Food Sci.*, **28**: 503-509.
- GONALL, A. G., C. S. BARDWILL and R. W. DAVID (1949) Determination of serum proteins by means of biuret reaction. *J. Biol. Chem.*, **177**: 751-766.
- INOUE, T. and H. OSATAKE (1988) A new drying method of biological specimens for scanning electron microscopy: The t-butyl alcohol freeze-drying method. *Arch. Histol. Cytol.*, **51**: 53-59.
- 海津幸子, 中村富美男, 竹之内一昭, 近藤敬治 (1995) 豚の成長に伴う腱コラーゲンの変化。第90回日本畜産学会大会講演要旨。206。
- KAWAI, M., T. YASUE, K. OGAWA, S. KONDO, M. OKUBO and Y. ASAHIDA (1997) The growth of Hokkaido native horses kept outdoors all year round from birth to 100 months of age. *Res. Bull. Livestock Farm, Fac. Agric. Hokkaido Univ.*, **16**: 11-17.
- 近藤誠司 (1998) 最近の馬生産に関する話題。北海道畜産学会報, **40**: 9-15.
- LAEMMLI, U. K. (1970) Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4. *Nature*, **227**: 680-685.
- OHTANI, O., T. USHIKI, T. TAGUCHI and A. KIKUTA (1988) Collagen fibrillar networks as skeletal frameworks: A demonstration by cell-maceration/scanning electron microscope method. *Arch. Histol. Cytol.*, **51**: 249-261.
- 辻 卓夫 (1993) 皮膚の老化と老人病。老化のメカニズムと制御 (藤本大三郎編)。277-292。アイピーシー。東京。

原 著

乾草自由採食下における濃厚飼料のタンパク質水準が 黒毛和種去勢育成牛の発育・飼料摂取量および血液性状に及ぼす影響

杉本 昌仁・八代田千鶴・佐藤 幸信・宮崎 元・寒河江洋一郎

北海道立新得畜産試験場, 新得町 081-0038

Effect of protein level of concentrates on performance, feed intake and blood constituents in early-weaned growing Wagyu steers fed hay ad libitum

Masahito SUGIMOTO, Chizuru YAYOTA, Yukinobu SATO, Hajime MIYAZAKI
and Yoichoro SAGAE

Hokkaido Prefectural, Shinotoku Animal Husbandary Experiment Station, Shintoku-cyo 081-0038

キーワード：タンパク質含量, 黒毛和種去勢育成牛, 発育, 飼料摂取量, 血液性状

Key words : protein contents, growing Wagyu steers, performance, feed intake, blood constituents

Abstract

The present study aims to determine the effect of the level of protein contents of feeds on feed intake, growth performance and some physiological changes of beef steers during a 6 months growing trial. Fifteen Japanese Black steers approximately weighing 100kg and weaned at the age of 3 months were assigned to three treatment groups with 5 replicates in each treatment. The treatments were 25% (HP), 20% (MP) and 15% (LP) of crude protein levels of concentrate. Steers were given 50gDM/MBS of concentrate and chopped hay ad libitum daily.

Results of the study showed that protein supplementation had no effect on concentrate intakes of the steers among treatment groups. The hay intakes of the steers increased with the level of protein contents 39.6, 41.7, and 46.4gDM/MBS for LP, MP and HP respectively. Thus the total dry matter intake tended to increase with the level of protein contents of concentrate.

Average daily gain, heart girth and belly girth gains of steers in HP was highest in the three treatments, but the difference was not significant.

The serum nonesterified fatty acids concentration in HP group was lowest in the treatments; 77.1 μ Eq/l and significantly different among treatments ($P<0.01$). The serum urea nitrogen and triiodothyronine level of HP group was 13.5mg/dl, 1.6ng/ml respectively, and were significantly different from MP and LP ($P<0.01$). The serum thyroxine level tended to be low in LP group.

We can suggest that early-weaned growing Wagyu steers should be given the HP concentrate diet until 9 months of age.

要 約

濃厚飼料の粗タンパク質 (CP) 含量の違いが黒毛和種去勢育成牛における発育および飼料摂取量に及ぼす影響を検討した。3か月齢で離乳した子牛を15頭用い、給与する濃厚飼料のCP含量で3水準(25% : HP, 20% : MP, 15% : LP)を設け、それぞれに5頭ずつ配置した。離乳時の平均体重は約100kgであった。濃

厚飼料の給与量は各区とも50gDM/MBSとし、乾草は自由採食させた。濃厚飼料の摂取量は設定どおりで処理間に差はなかったが、濃厚飼料のCP含量を高めると乾草の摂取量が増加する傾向にあった(LP: 39.9gDM/MBS, MP: 41.8gDM/MBS, HP: 45.1gDM/MBS)。したがって、乾物摂取量(DMI)ではLPからHPへと増加する傾向が見られた。

平均日増体量・胸囲の発育量・腹囲の発育量は、MPやLPと比べてHPで高くなる傾向にあった。体高は、MPやLPと比べてHPで高くなる傾向にあった。LP

における CP の充足率は 6 か月齢まで 100% を下回り、MP でも 6 か月齢まではようやく 100% を満たす程度であったが、HP では 7 か月齢以降に 130% 以上となった。

血漿グルコース (Glu) 濃度は、どの月齢においても処理間に有意差は認められなかった。血清インスリン (Ins) 濃度は、6 か月齢以降において、MP が他の 2 区と比較して高値で推移する傾向にあった。血清遊離脂肪酸 (NEFA) は MP や LP と比較して HP で低い値を示した ($P < 0.01$) が、MP と LP の間に有意差はなかった。血清尿素窒素 (UN) およびトリヨードサイロニン (T3) は、MP や LP と比べて HP で高い値を示した ($P < 0.01$)。MP と LP に差はなかった。サイロキシニン (T4) は LP で低くなる傾向にあった。

本試験の結果、3 か月齢で離乳した黒毛和種去勢育成牛に対して給与する濃厚飼料の CP 含量を 25% まで高めることにより乾物摂取量を向上させ体重および体高の発育を高めうることが示された。

結 言

肉用牛では 5～6 か月齢まで授乳していることが一般的に行なわれてきた (山根, 1982)。日本飼養標準 (1995) でも体重 150 kg、すなわち約 5 か月齢までは母牛が授乳していることを前提に要求量が示されている。しかし最近、採食性に優れた素牛に育成するため、3～4 か月齢といった早期離乳の有効性が認識されるようになってきており、MYERS *et al.* (1999) は、152 日齢離乳および 215 日齢離乳の子牛よりも 90 日齢で離乳した子牛の方が発育や飼料効率が高かったことを報告した。

母乳は良質のタンパク白質やミネラルなどを含有し、離乳が早いほどこれら栄養分の補給に注意を払う必要がある (日本飼養標準, 1995) といわれているが、そのためには良質な粗飼料を十分に与えることの他に濃厚飼料の適切な給与技術に対する知見が重要である。このことについて杉本ら (2000) は、良質乾草を自由採食させる条件下において、3 か月齢で離乳した黒毛和種去勢育成牛に給与する濃厚飼料水準を代謝体重 (MBS) あたり 50 gDM とするのが適当だとしている。また、崎田ら (1996) は、体重比 1.2% の濃厚飼料を給与して育成 (4 か月齢～9 か月齢) した素牛で肥育期間の採食性や増体が良かったことを報告した。しかしこれらの研究では、用いる濃厚飼料の栄養価、特にタンパク質の影響については十分な検討がなされていない。

そこで、本試験では 3 か月齢で離乳した黒毛和種去勢牛の育成期に乾草自由採食下で給与する濃厚飼料の CP 含量の違いが発育・飼料摂取量および血液性状に及ぼす影響について検討した。

材料および方法

(1) 供試牛および試験処理

3 か月齢で離乳した黒毛和種去勢育成牛 15 頭を供試した。試験処理として、濃厚飼料の設定 CP 含量で 25% (HP)・20% (MP)・15% (LP) の 3 水準設け、それぞれに 5 頭ずつ配置した。試験期間は 9 か月齢までとした。

(2) 飼料および飼養方法

濃厚飼料は試験処理に合わせて配合したものを用いた (表 1)。すなわち、HP には市販の育成用配合飼料をベースに乾物量の約 15% を大豆粕で代替した飼料を、LP は 50% を圧ぺん大麦で代替した飼料を用いた。MP には育成用配合飼料をそのまま用いた。給与量は 50 gDM/MBS/day (杉本ら, 2000) と設定した。粗飼料は、約 5 cm に細切したチモシー主体乾草を自由採食させた。水およびミネラル固形塩も自由摂取とした。飼料給与は 9:30 および 16:00 の 1 日 2 回とし、残食量を毎日記録した。

試験期間中は屋外で群飼育とした。飼育場所には牛舎の屋外パドック (10.8 m×6.3 m) を利用した。パドックの床はコンクリート製で、シェルターとしてカーフハッチを各処理区に 3 台ずつ設置した。

(3) 調査項目および試料採取

離乳時に体重および体尺測定を行った。以後体重測定は 2 週間隔で、体尺測定は 4 週間隔で実施した。4 か月齢から 4 週間隔で頸静脈から採血を行ない、フッ化ナトリウム加採血管に約 2 ml、血清分離剤加採血管に約 9 ml を取り分けた。フッ化ナトリウムを加えた血液は速やかに血漿を分離し (3000 rpm・10 分)、採取当日中にグルコース (Glu) 含量を測定した。血清分離剤

Table 1 Ingredients and chemical composition of the experimental feeds

Item	Level of protein content ^a			Hay
	HP	MP	LP	
Ingredients ^b				
Formula feed, %	84.9	100	49.9	—
Rolled barley, %	—	—	50.1	—
Soybean meal, %	15.1	—	—	—
Chemical composition				
Dry matter, % of FM	84.5	84.4	84.5	82.9
Organic matter, % of DM	94.0	94.1	95.9	93.4
Crude protein, % of DM	24.5	19.8	16.2	12.7
Neutral detergent fiber, % of DM	17.1	18.2	16.8	73.2
Acid detergent fiber, % of DM	8.6	8.8	7.5	42.2
Crude fat, % of DM	2.6	2.9	2.4	1.9
Total digestible nutrients, % of DM	84.5	84.1	84.1	57.0

^aHP=25%; MP=20%; LP=15% crude protein concentration of concentrate.

^bDry matter basis

加採血管に採取した血液は、採取後 37℃ のインキュベーター内に 10～15 分間放置してから血清を分離 (3000 rpm・10 分) し、分析まで -30℃ で保存した。試験終了時に超音波測定器 (スーパーアイミート、富士平工業) による皮下脂肪厚の測定を行なった。測定部位は、肩胛骨の後端部とした。

(4) 分析項目および分析方法

供試した飼料 (乾草・育成用配合飼料・大豆粕・圧ぺん大麦) の成分組成を分析した。分析項目は、乾物 (DM)・有機物 (OM)・粗脂肪 (CF)・中性デタージェント繊維 (NDF)・酸性デタージェント繊維 (ADF)・粗タンパク質 (CP) とした。分析は常法 (小坂, 1994) に従った。乾草については *in vitro* 乾物消化率 (IVDMD) を測定し、IVDMD から可消化養分総量 (TDN) を推定した。育成用配合飼料の TDN 含量は、メーカー保証値を DM 含量 (実測値) で除して算出した。大豆粕および圧ぺん大麦の TDN 含量は日本標準飼料成分表 (1995) の値を用いた。乾草および濃厚飼料の成分組成ならびに可消化養分含量を表 1 に示した。

血清の分析項目は、遊離脂肪酸 (NEFA)・尿素窒素 (UN)・インスリン (Ins)・トリヨードサイロニン (T3)・サイロキシニン (T4) とした。NEFA・UN・Glu は、自動分析機 (Beckman, CX7) で比色定量し、Ins・T3・T4 の定量には市販のキット (Boehringer Mannheim, エンチムンテスト) を用いた。

(5) 衛生管理

離乳時にビタミン AD3E 剤 (文永堂, AD3E 注; パルミチン酸レチノール: 500,000 IU/ml, コレカルシフェロール: 75,000 IU/ml, 酢酸トコフェロール: 100 mg/ml) を筋肉注射した。投与量は 0.5 ml/頭とした。ビタミン A に換算すると 25 万 IU である。試験期間中の健康状態は、毎日朝の飼料給与時に確認した。

(6) 統計処理

計算には SAS の GLM プロシジャを用いた (SAS, 1995)。血液成分のデータは、濃厚飼料の CP 水準 (試験処理) を 1 次因子とし、月齢および試験処理×月齢の交互作用を 2 次因子とする分割区法として解析した (竹内ら, 1990; GILL, 1986)。試験処理×月齢の交互作用が有意となった場合は、月齢の進行にともなう変動が試験処理間で異なると見なし、CONTRAST ステートメントを用いて傾向性の検定 (竹内ら, 1990; HESS *et al.*, 1994) を各試験処理ごとに行なった。他のデータは試験処理を要因とする一元配置分散分析を行ない、平均値間の差の検定には SCHEFFE 法を用いた。

結 果

飼料摂取量を表 2 に、月齢にともなう推移を図 1 に示した。群飼育したため、飼料摂取量の統計的検討はしなかった。濃厚飼料の摂取量は設定どおり 50 gDM/MBS であった。乾草の摂取量は HP で 46.4 gDM/MBS, MP で 41.7 gDM/MBS, LP で 39.6 gDM/MBS であり、濃厚飼料の CP 含量が高まるにつれて

Table 2 Effect of the level of protein contents of feeds on feed intake in Wagyu steers^a.

Item	Level of protein content ^b		
	HP	MP	LP
Feed intake, gDM/MBS/day			
Concentrate	49.4	49.8	49.5
Hay	46.4	41.7	39.6
Total	95.8	91.4	89.1
TDN ^c intake, g/MBS/day	68.5	65.9	64.4
NDF ^d intake, g/MBS/day	42.2	39.3	37.1
CP ^e intake, g/MBS/day	18.2	15.4	13.2

^aNo statistical analysis for this data.

^bHP=25%; MP=20%; LP=15% crude protein concentration of concentrate.

^cTotal digestible nutrients

^dNeutral detergent fiber

^eCrude protein

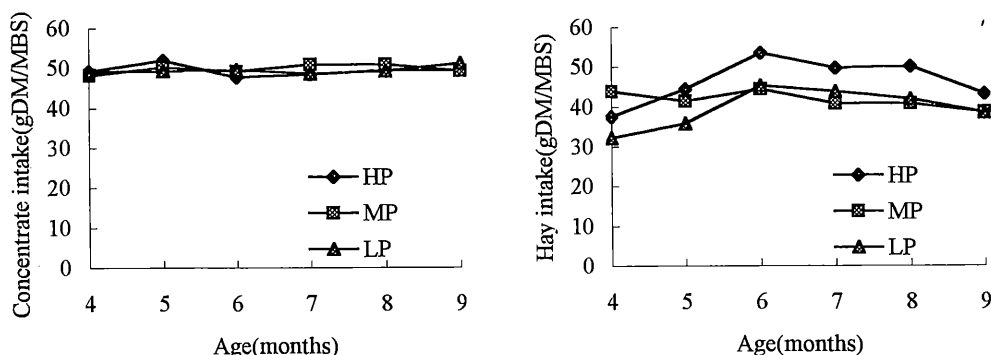


Figure 1 Effect of level of protein content of feeds on concentrate and hay intake in Wagyu steers.

HP=25%; MP=20%; LP=15% crude protein concentration of concentrate.

乾草の摂取量は増加する傾向にあった。したがって、合計の乾物摂取量は LP から HP へと高まる傾向を示した。用いた濃厚飼料中の TDN 含量には差がなく約 84% であったが、TDN 摂取量は LP から HP へと増加する傾向にあった。NDF 摂取量は、MP および LP と比べて HP で高くなる傾向が見られた。CP 摂取量は LP から HP へ増加傾向にあった。

供試牛の発育を表 3 に示した。平均離乳日齢は 93~99 日で離乳体重は約 100 kg であった。試験終了日齢は平均で 273~276 日齢の範囲にあり、終了体重は HP が 283.1 kg, MP が 273.8 kg, LP が 273.2 kg となった。試験期間中の平均日増体量は HP で大きくなる傾向にあった。試験期間中における体高の発育は、HP で高くなる傾向にあった。同様に、胸囲と腹囲の発育も HP で高くなる傾向にあった。試験終了時における「体重/体高比」および「腹囲/胸囲比」には処理間差がなかった。試験終了時における皮下脂肪厚は差が認められなかった。飼料要求率は MP で小さく、LP で大きくなる傾向が見られた。

日本飼養標準(1995)から算出した CP 要求量に対する充足率の推移を図 2 に示した。要求量の計算に先立って、月齢にともなう体重の推移を SAS の CONTRAST ステートメントを用いて傾向性の検定を行った(竹内ら, 1990)。1 次項~5 次項の効果を検討したところ、1 次項だけが有意($P<0.01$)となったため体重の変化はどの区も直線的だとみなされた。そこで要求量の計算に用いる日増体量は全て表 3 の ADG を用いた。LP では 6 か月齢まで CP 要求量を満たしていなかった。MP でも 6 か月齢までは約 100% であった。HP では 7 か月齢以降の CP 充足率が 130% を超えた。

血中 Glu および Ins 濃度は、試験処理×月齢の交互

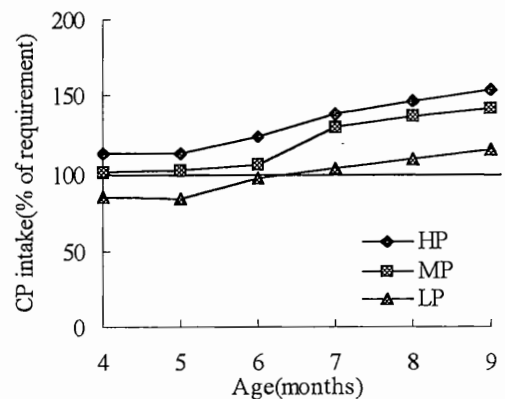


Figure 2 Effect of the level of protein contents of feeds on crude protein intake in Wagyu steers.

HP=25%; MP=20%; LP=15% crude protein concentration of concentrate.

Protein requirement was calculated from Japanese Feeding Standard for Beef Cattle (1995)

作用が有意となったため処理間で加齢にともなう変動が異なると見なされた(図 3)。Glu における傾向性の検定では、MP で 1 次項 ($P<0.01$)・2 次項 ($P<0.05$)・3 次項 ($P<0.05$) が有意で、LP でも 1 次項 ($P<0.01$) が有意となり月齢にともなう減少が認められたのに対して、HP では 2 次項 ($P<0.01$)・3 次項 ($P<0.05$)・4 次項 ($P<0.01$) が有意となり月齢にともなう上下変動が見られただけであった。しかし、どの月齢においても試験処理間に差は見られなかった。Ins では、MP および LP は 1 次項 ($P<0.01$) だけが有意となり、月齢の進行とともに直線的に増加することが示された。一方 HP では、1 次項 ($P<0.01$) と 2 次項 ($P<0.05$) の両方が有意となり曲線的な推移を示

Table 3 Effect of the level of protein contents of feeds on growth performance in Wagyu steers.

Item	Level of protein content ^a						<i>P</i>
	HP		MP		LP		
	mean	se	mean	se	mean	se	
Initial weight, kg	100.5	7.1	104.4	7.1	100.9	7.1	0.91
Final weight, kg	283.1	16.1	273.8	16.1	273.2	16.1	0.89
Average daily gain, kg	1.04	0.05	0.94	0.05	0.96	0.05	0.39
Withers height gain, cm	24.7	1.0	21.0	1.0	22.4	1.0	0.06
Heart girth gain, cm	47.2	2.1	43.2	2.1	41.8	2.1	0.20
Belly girth gain, cm	66.6	3.0	59.4	3.0	58.4	3.0	0.15
Weight/height ratio ^b	2.5	0.1	2.5	0.1	2.5	0.1	0.83
Belly/heart ratio ^c	120.5	0.9	118.1	0.9	119.5	0.9	0.22
Backfat depth ^d , cm	0.86	0.08	0.66	0.08	0.86	0.08	0.15
DM intake/gain	5.0	—	4.9	—	5.3	—	—

^aHP=25%; MP=20%; LP=15% crude protein concentration of concentrate.

^bWeight/height ratio was calculated as follows; body weight/withers height×100, used values obtained at the end of the experiment (9mo).

^cBelly/heart ratio was calculated as follows; belly girth/heart girth×100, used values obtained at the end of experiment (9mo).

^dBackfat depth was measured at the end of the experiment (9mo).

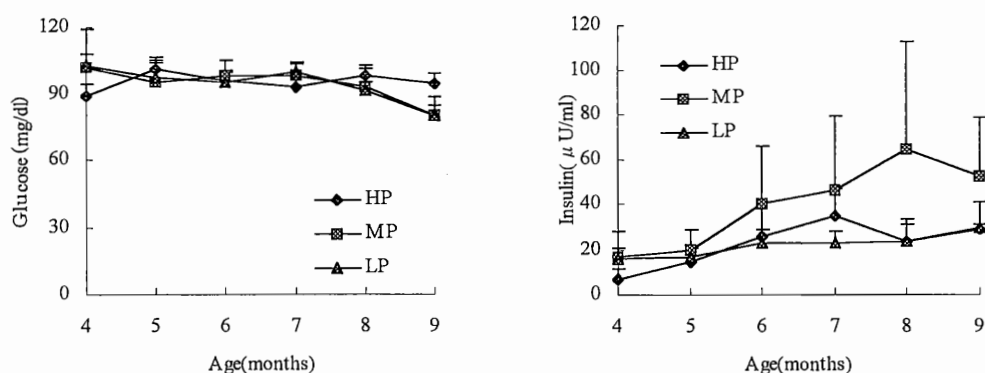


Figure 3 Effect of the level of protein contents of feeds on plasma glucose and serum insulin concentration in Wagyu steers.

HP=25%; MP=20%; LP=15% crude protein concentration of concentrate.

A treatment×age interactions were detected.

Table 4. Effect of the level of protein contents of feeds on blood constituents in Wagyu steers^a.

Item	Level of protein content ^b						<i>P</i>	Contrast ^c	
	HP		MP		LP			Linear	Quadratic
	mean	se	mean	se	mean	se			
Nonesterified fatty acids, $\mu\text{Eq/l}$	77.1 ^B	12.2	117.4 ^{AB}	12.3	130.8 ^A	12.5	<0.01	0.79	0.85
Urea nitrogen, mg/dl	13.5 ^A	0.5	10.7 ^B	0.5	9.2 ^B	0.5	<0.01	0.10	0.25
Triiodothyronine, ng/ml	1.6 ^A	0.1	1.3 ^B	0.1	1.2 ^B	0.1	<0.01	0.44	0.17
Thyroxin, $\mu\text{g/dl}$	8.7	0.3	8.5	0.3	7.7	0.3	0.06	0.21	0.12

^aNo treatment×age interactions ($P>0.05$) were detected.

^bHP=25%; MP=20%; LP=15% crude protein concentration of concentrate.

^cObserved significance level for linear and quadratic effects of age.

^{A,B}Least squares means in the same row with different superscripts differ significantly ($P<0.05$).

した。また、6か月齢以降においてMPが他の2区と比較して高値を示す傾向がみられた。GluとIns以外の血液成分値は表4に示した。濃厚飼料中のCP含量を高めると血中NEFAは低下した ($P<0.01$)。UNは、濃厚飼料のCP含量の増加に伴って高くなり、MPおよびLPと比較してHPでは有意に ($P<0.01$) 高い値を示した。T3はHPで有意に高い値を示し ($P<0.01$)、T4はLPで低くなる傾向が見られた。

考 察

本試験では、乾草も含めた摂取飼料中のCP含量が、平均でそれぞれ19% (HP)・17% (MP)・15% (LP)と算出された。飼料中の窒素含量はDMIに影響し (ALBRO, 1993)、タンパク質飼料を添加すると粗飼料の摂取量が向上するといわれている (McCOLLUM and GALYEAN, 1985; CATON *et al.*, 1988)。ANDERSON *et al.* (1988)は、CP含量が10%の飼料を給与した肥育牛で、12%および14%の飼料を給与した牛より飼料摂取量が低下する傾向にあると報告した。また DELCURTO *et al.* (1990)の研究では、2.9%CPの乾草を基礎飼料とし、CP含量が12%・28%・41%の濃厚飼料を肉牛に給与したところDMIは28%の区が最も高く12%の区が最も低かった。本試験では、粗飼料として

CP13%程度の良質乾草を給与して試験を行ったが、濃厚飼料のCP含量を15%から25%へ高めると乾草の摂取量が増加する傾向にあり、飼料中のタンパク質含量を高めるとDMIが向上するとしたこれらの報告と同様の結果が得られた。

ANDERSON *et al.* (1988)は、CP含量が10%の飼料を給与した肥育牛で、12%および14%の飼料を給与した牛より増体が低かったとしている。本試験では育成牛での試験を行っているが、HPと比較してMPやLPでADGが低くなる傾向にあった。

HPでは他の処理区と比較して体高の発育が高くなる傾向にあった。小沢 (1994)は、素牛の体高が高ければ高いほど肥育期に入ってから増体に優れることを指摘している。このことは、育成期の発育が体重の増加だけでなく体高など骨格の発育にも考慮する必要があることを示唆している。また、体重/体高比は「Fattening index」(Oka, 1999)と呼ばれ、肥満の程度を表す指標と考えられている。本試験のHPはADGも大きくなる傾向にあったが、育成終了時の体重/体高比は他の区と差はなく、HPの体重増が肥満によるものではないことが示された。

CP充足率 (図1)を見ると、MPでも6か月齢まではかろうじて満たしているという程度であり、LPで

は6か月齢までは要求量を下回った。HPでは、7か月齢以降充足率が130%を超え、CP摂取量が過剰になることが示唆された。一方、血中UN濃度をみると、HPで有意に高い値を示した($P<0.01$)がその値は平均で13.5 mg/dlであり、月齢にともなう増減は統計的に認められなかった。血中UN濃度は20 mg/dlを超えるとタンパク質やエネルギー摂取の過不足と疑われるが、本試験のHPでは正常な範囲内にあったと考えられる。

Ins・T3・T4は生体内で物質代謝を調節しているが、いずれもanabolic hormon(s)と呼ばれ(VERDE and TRENKLE, 1987)同化作用を導いている。特に、T3とT4の主な作用はタンパク質合成を促して正の窒素平衡を起こすこと(堀江, 1997)とされている。また、T3・T4のタンパク質同化作用は成長ホルモン(GH)との共同作用によるもので幼動物においてその作用が大きい。VERDE and TRENKLE (1987)は、代謝体重当たりの乾物摂取量が大きく成長速度の速い大型種牛の方が小型種牛よりも血中のT3・T4濃度は高かったとしている。本試験ではHPでT3が有意に高い値を示し、T4はLPで低くなる傾向が見られた。T3はT4の約10倍の親和性をもって標的細胞に結合し、それに比例して大きい生物学的活性をもっている(堀江, 1997)。OKA *et al.* (1998)は、ビタミンAを制限した肥育牛でT3が低値で発育も低かったことを指摘し、HAYDEN *et al.* (1993)もT3およびT4が増体および乾物摂取量と正の相関を示すと報告した。血中甲状腺ホルモンレベルから考えると、HPではMPやLPよりもタンパク質合成が促進されていたと推察されるが、このことは、HPで発育が大きくなる傾向にあったことを支持する結果と考えられる。一方ANDERSON *et al.* (1988)は、飼料中のCP含量と血中T3・T4濃度に関係がないとしており、本試験とは異なった結果を報告している。これは、ANDERSON *et al.* (1988)の試験が本試験より低いCPレベルでの比較をしているためではないかと推察される。本試験においてもMPとLPの間には有意な差が認められなかった。

一般に、エネルギー摂取量が高まるにつれて血中のIns濃度は上昇する(WAGHORN *et al.*, 1987)といわれており、体脂肪の動的平衡が正の方向に傾く。STEEN (1996)は、ME摂取量が同じでもタンパクの高い飼料を給与したウシの方が枝肉中の脂肪含量が多かったとしており、WAGHORN *et al.* (1987)も羊を用いた試験でタンパク摂取量が多くなると血中GH濃度が減少し脂肪合成が高まると報告している。本試験ではLPからHPへと、CP摂取量だけでなくTDN摂取量も増加する傾向にあったが、血中Ins濃度はHPで高まるようなことはなかった。また、体重/体高比や皮下脂肪厚には処理間差がなく、HPで脂肪蓄積が高まっているとは認められなかった。これは、

STEEN (1996)やWAGHORN *et al.* (1987)が用いた動物と本試験で供試した動物の成長ステージが異なることに起因するのかもしれない。本試験では3~9か月齢の育成牛で試験を行っており、6か月間で体重は2.7~2.8倍になっている。このような発育の著しい時期では飼料中のCP含量を高めても脂肪蓄積の増加には寄与しないものと考えられた。

本試験の結果、CP13%程度の良質乾草を自由採食させ、50 gDM/MBSの濃厚飼料を給与して黒毛和種去勢牛を育成する場合、濃厚飼料のCP含量を25%まで高めることにより乾物摂取量を向上させ体重および体高の発育を高めうることが示された。

参考文献

- ANDERSON, P. T., W. G. BERGEN, R. A. MERKEL, W. J. ENRIGHT, S. A. ZINN, K. R. REFSAL and D. R. HAWKINS (1988). The relationship between composition of gain and circulating hormones in growing beef bulls fed three dietary crude protein levels. *J. Anim. Sci.*, **66**: 3059-3067.
- CATON, J. S., A. S. FREEMAN and M. L. GALYEAN (1988). Influence of protein supplementation on forage intake, in situ forage disappearance, ruminal fermentation and digesta passage rates in steers grazing dormant blue grama rangeland. *J. Anim. Sci.*, **66**: 2262-2271.
- DeLCURTO, T., R. C. COCHRAN, D. L. HARMON, A. A. BEHARKA, K. A. JACQUES, G. TOWNE and E. S. VANZANT (1990). Supplementation of dormant tallgrass-prairie forage: 1. Influence of varying supplemental protein and (or) characteristics of beef steers in confinement. *J. Anim. Sci.*, **68**: 515-531.
- GILL, J. L. (1986). Repeated measurement: Sensitive tests for experiments with few animals. *J. Anim. Sci.*, **63**: 943-954.
- HAYDEN, J. M., J. E. WILLIAMS, and R. J. COLLIER (1993). Plasma growth hormone, insulin-like growth factor, insulin, and thyroid hormone association with body protein and fat accretion in steers undergoing compensatory gain after dietary energy restriction. *J. Anim. Sci.*, **71**: 3327-3338.
- HESS, B. W., K. K. PARK, L. J. KRYSL, M. B. JUDKINS, B. A. McCracken and D. R. HANKS (1994). Supplemental protein for beef cattle grazing dormant intermediate wheatgrass pasture: Effects on nutrient quality, forage intake, digesta kinetics, grazing behavior, ruminal fermentation, and digestion. *J. Anim. Sci.*, **72**: 2113-2123.

- 堀江滋夫 (1997) 原著 24 版ハーパー生化学, 甲状腺ホルモン項の項訳, 上代淑人 監訳, 第 24 版, 569-574, 丸善, 東京.
- 小坂清巳 (1994) 粗飼料の品質評価ガイドブック, 飼料の化学分析の項執筆, 自給飼料評価研究会 編, 第 1 版, 6-14, 日本草地協会, 東京.
- McCOLLUM, F. T. and M. L. GALEYAN (1985). Influence of cottonseed meal supplementation on voluntary intake, rumen fermentation and rate of passage of prairie hay in beef steers. *J. Anim. Sci.*, **60**: 570-577.
- 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), 72-75, 中央畜産会, 東京.
- 農林水産省農林水産技術会議事務局 編 (1995) 日本飼養標準肉用牛 (1995 年版), 47-50, 中央畜産会, 東京.
- OKA, A., T. DOHGO, S. OHTAGAKI and M. JUEN (1999). Effects of roughage level on growth, beef quality, ruminal contents and serum constituents in Japanese Black steers during the growing period. *Anim. Sci. J.*, **70**: 451-459.
- OKA, A., Y. MARUO, T. MIKI, T. YAMASAKI and T. SAITO (1998). Influence of vitamin A on the quality of beef from Tajima strain of Japanese black cattle. *Meat Sci.*, **48**: 159-167.
- 小沢 忍 (1994). 肥育素牛選定上の留意点と肥育の方法. *肉牛ジャーナル*, **12**: 28-37.
- 崎田昭三・宮園歴造 (1996) 肥育素牛の効率的育成技術の確立 (第 1 報) - 子牛育成期間 (4 カ月齢から 9 カ月齢) 中の給与飼料の相違がその後の発育および産肉性に及ぼす影響 -. *長崎県畜試研報*, **5**: 12-21.
- SAS インスティテュートジャパン (1995) SAS/STAT ソフトウェア ユーザーズガイド Ver6, 第 1 版第 3 刷, 569-603, SAS インスティテュートジャパン, 東京.
- STEEN, R. W. J. (1996) Effects of protein supplementation of grass silage on the performance and carcass quality of beef steers. *J. Agri. Sci. (Camb)*, **127**: 403-412.
- 杉本昌仁・佐藤幸信・寒河江洋一郎 (2000) 乾草自由採食下における濃厚飼料の給与水準が 3 カ月齢で離乳した黒毛和種去勢育成牛の発育に及ぼす影響. *新得畜試研報*, **23**: (印刷中).
- 竹内 啓 監修 (1990) SAS による実験データの解析, 第 1 版第 2 刷, 253-266, 東京大学出版会, 東京.
- VERDE, L. S. and A. TRENKLE (1987). Concentrations of hormones in plasma from cattle with different growth potential. *J. Anim. Sci.*, **64**: 426-432.
- WAGHORN, G. C., D. S. FLUX and M. J. ULYATT (1987). Effects of dietary protein and energy intakes on growth hormone, insulin, glucose tolerance and fatty acid synthesis in young wether sheep. *Anim. Prod.*, **44**: 143-152.
- 山根道資 (1982) 新編 和牛大成, 和牛の飼養管理の項執筆, 上坂章次 編著, 第 4 版, 183-189, 養賢堂, 東京.

原 著

一回の採卵で回収できる移植可能な受精卵数に対する分布の当てはめ

浅田 洋平・寺脇 良悟*

酪農学園大学酪農学部, 江別市 069-8501

*酪農学園大学短期大学部, 江別市 069-8501

Adaptation of distribution on number of transferable embryos per treatment.

Youhei ASADA and Yoshinori TERAWAKI*

Faculty of Dairy Science, Rakuno Gakuen University, Ebetsu-shi 069-8501

*Rakuno Gakuen University Dairy Science Institute, Ebetsu-shi 069-8501

キーワード: ホルスタイン, MOET, 胚移植, 乱数

Key words: Holstein, MOET, embryo transfer, random numbers

Abstract

Three different random numbers generating methods were compared concerning adaptability on field data about transferable embryo conducted in Hokkaido. Field data were from multiple ovulation and embryo transfers from 1995 to 1996 in Hokkaido. In MODEL 1 the number of transferable embryos was produced from a Poisson distribution whose parameter was distribution according to a gamma distribution, whose parameter was distribution according a normal distribution. In MODEL 2 the number of transferable embryos was produced from a Poisson distribution whose parameter was distribution according to a gamma distribution. In MODEL 3 the number of transferable embryos was generated from a Poisson distribution. The value for the normal distribution's parameters of transferable embryo production in MODEL 1 was $\mu=4.5$ and $\sigma^2=0.1$. The value for the gamma distribution's parameters of transferable embryo production in MODEL 2 was $\alpha=1.0$ and $\beta=4.4$. The value for the Poisson distribution's parameters of transferable embryo production in MODEL3 was $\lambda=5.7$. The smallest χ^2 was estimated by simulation using MODEL 2 with $\alpha=1.0$ and $\beta=4.4$.

要 約

北海道において調査した採卵当たり回収された正常卵数に対して, 3種の乱数発生方法を検討し, その適合性を比較した。調査記録は, 北海道内で1995年から1996年に実施された143回の採卵結果である。乱数発生方法は, 正規分布, ガンマ分布及びポアソン分布を組み合わせる方法(MODEL 1), ガンマ分布とポアソン分布を組み合わせる方法(MODEL 2), ポアソン分布を用いる方法(MODEL 3)である。MODEL 1では, χ^2 値が最も小さく推定されたのは, $\mu=4.5$, $\sigma^2=0.1$ のときであった。MODEL 2では, $\alpha=1.0$, $\beta=4.4$ の

とき χ^2 値が最も小さかった。MODEL 3では $\lambda=5.7$ のとき, χ^2 値が最も小さかった。検討した中で最も小さい χ^2 値が推定された方法は, MODEL 2における $\alpha=1.0$, $\beta=4.4$ であった。

緒 言

MOET 育種計画(多排卵処置の受精卵移植による育種法)は, 後代検定に比べ世代間隔の短縮による遺伝的改良速度の増加が可能であり(NICHOLAS and SMITH, 1983; RUANE, 1988; WOOLLIAMS, 1989; KELLER and TEEPKE, 1990; TEEPKE and SMITH, 1990; RUANE, 1991 A; RUANE, 1991 B; LOHUIS *et al.*, 1993; LEITCH *et al.*, 1995;), カナダ(Team 計画)(LOHUIS *et al.*, 1993)やオランダで用いられ成果を上げている。

北海道でも、MOET 育種計画を従来の後代検定に用いることにより、遺伝的改良量を大きくしようとする試みが行われている。MOET 育種計画において多排卵処置によって回収できる移植可能な受精卵数(正常卵数)は、集団の遺伝的改良量に多大な影響を及ぼす (NICHOLAS and SMITH, 1983; KELLER and TEEPKE, 1990; LEICH *et al.*, 1995)。このことは、シミュレーションによる改良量予測において正常卵数を発生するために用いる手法が、予測の良否を決定する重要な要因であることを示唆している。つまり、MOET 育種計画を実行するのに先立ち、対象集団での遺伝的改良量をシミュレーションによって予測する際、正常卵数を発生する手法は当該集団における技術の実情を適切に表現できなければならない。本研究では、北海道において調査した多排卵処置当たり回収された正常卵数に対して3種の方法で乱数を発生し、それぞれの方法の適合性を比較検討した。

材料と方法

本研究で用いた調査記録は、北海道各地の一般的な農家で当地の技術者によって行われた143回の通常の業務の多排卵処置の成績を集めたものである。多排卵処置に対する供卵牛の反応が季節や父親の産乳能力によって異なる場合、正常卵数の発生モデルにこれらの効果を含めて考慮しなければならない。そこで、発生モデルを構築する前に、供卵牛への人工授精季節の影響を調べるため、春を3～5月、夏を6～8月、秋を9～11月、冬を12～2月として正常卵数の度数分布についてカイ二乗検定を行った。父親の能力別の採卵状況については、供卵牛をアメリカホルスタイン登録協会の資料に基づき、その父親の遺伝的産乳能力ごとに分類し、高能力を+2000 kg 以上、中能力を+1000 kg 以上+2000 kg 未満、低能力を+1000 kg 未満とし、その影響を調べるためカイ二乗検定を行った。3種の乱数発生方法を図1に示した。乱数の発生モデルはWOOLLIAMS *et al.* (1995) ならびにVILLANUEVA *et al.* (1995) の報告に従った。最適なパラメータの決定

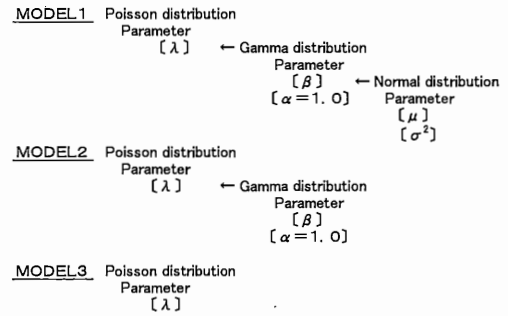


Figure 1 Methods for generating number of transferable embryos.

は、 χ^2 値を指標とした。MODEL1は正規分布、ガンマ分布及びポアソン分布を組み合わせた。正規分布のパラメータである平均 (μ) については、1から7の範囲を1.5間隔で設定し、分散 (σ^2) については、0.1から0.4の範囲を0.1間隔で設定した。発生した正規乱数を $\log(\beta)$ とし、ガンマ分布のパラメータ (β) を求めた。ガンマ分布のパラメータ (α) は1.0に固定した。このガンマ分布 (α, β) に基づいて発生した乱数をポアソン分布のパラメータ (λ) として用いた。ポアソン分布に従って発生する乱数を正常卵数とした。MODEL2はガンマ分布とポアソン分布を組み合わせた。ガンマ分布のパラメータ (β) については、3から9の範囲を1間隔で設定した。ガンマ分布のパラメータ (α) は1.0に固定した。このガンマ分布 (α, β) に基づいて発生した乱数をポアソン分布のパラメータ (λ) として用いた。ポアソン分布 (λ) に従って発生する乱数を正常卵数とした。MODEL3はポアソン分布を用いた。ポアソン分布のパラメータ (λ) については、1から10の範囲を1間隔で設定した。ポアソン分布に従って発生する乱数を正常卵数とした。

結果と考察

表1に供卵牛の採卵状況を示した。総採卵回数は143回、総正常卵数は541個で、一採卵当たりの正常卵

Table 1 Treatment situation of donors.

	Number of treatment	Number of embryos	Number of transferable embryos	Number of unavailable embryos	Number of transferable embryos per treatment
Total	143	849	541	302	3.78
Season					
Spring	37	246	149	97	4.03
Summer	22	180	116	58	5.27
Autumn	32	157	115	42	3.59
Winter	52	266	161	105	3.10
Genetic performance of sire					
High performance	21	116	91	25	4.33
Middle performance	81	556	337	219	4.30
Low performance	34	143	93	44	4.06

数は 3.78 個であった。季節別の正常卵数では、春が 149 個、夏が 116 個、秋が 115 個、冬が 161 個採取された。一採卵当たりの正常卵数は、春が 4.03 個、夏が 5.27 個、秋が 3.59 個、冬が 3.10 個であった。健康牛と不妊牛について調査した報告（家畜改良増殖の新しい制度と技術、1985）によると、季節別の正常卵数は、健康牛と不妊牛でそれぞれ、春が 6.9 個と 2.3 個、夏が 6.3 個と 2.7 個、秋が 6.4 個と 2.2 個、冬が 6.0 個と 2.3 個であった。今回のデータはほぼ中間の値を示しており、このことは今回用いられたすべての供卵牛が、健康牛とは限らない可能性を示している。父親の能力別の正常卵数では、高能力が 91 個、中能力が 142 個、低能力が 195 個採取された。一採卵当たり正常卵数は、高能力が 4.33 個、中能力が 4.30 個、低能力が 4.06 個であった。図 2 では、季節別の一採卵当たりの正常卵数の度数分布を示した。夏の分布は、採卵回数が少ないため明確な特徴を示していないが、春、秋および冬の分布については正常卵数が 0 個であった採卵回数が最も多く、そこから急激に減少し、その後緩やかな分布となった。カイ二乗検定により、人工授精処置季節と正常卵数の独立性について検定した結果、 $\chi^2=0.352$ ($p>0.05$) となり二つの関係は独立であった。図 3 には、父親の能力別の一採卵当たりの正常卵数の度数分布をグラフに示した。高能力の分布については、採卵回数が少ないため明確な特徴を示していないが、中能力と低能力の分布については図 2 と同様な傾向であった。カイ二乗検定により、父親の遺伝的能力と正常卵数の独立性について検定した結果、 $\chi^2=0.767$ ($p>0.05$) となり二つの関係は独立であった。図 4 には、MODEL 1 を用いて発生した正常卵数の調査記録に対する χ^2 値を示した。 μ は 1~7、 σ^2 は 0.1~0.4 まで動かし χ^2 値が最小となるパラメータの値を調べた。図 4 A では、 σ^2 の値に関わらず μ の範囲の中間付近で χ^2 値が小さくなっていることが分かる。図 4 B では、各 σ^2 ごとの χ^2 値の変化の軌跡は、双曲線様を示した。 σ^2 を小さく設定したとき、 χ^2 値の増減が小さくなった。また、 σ^2 が小さくなるほど、 χ^2

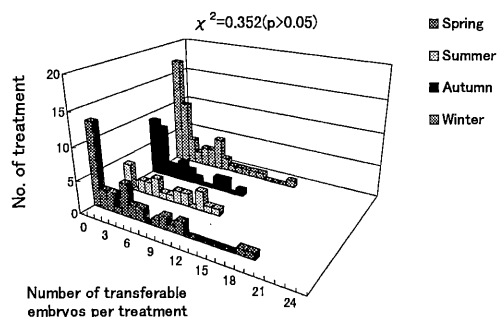


Figure 2 Frequency distribution of transferable embryos classified by season of artificial insemination.

値は全般的に小さい値を示した。 χ^2 値が最小となる μ は、 σ^2 値が 0.1, 0.2, 0.3 および 0.4 のときそれぞれ 4.5, 3.0, 2.5 および 2.0 であり、それぞれの χ^2 値は 29.14, 29.70, 31.96, 32.34 であった。この結果、MODEL 1 の最適パラメータは、 μ が 4.5、 σ^2 が 0.1 と考えられた。図 5 には、MODEL 2 に関する χ^2 値の変化を示した。 α は 1.0 に固定し、 β は 3~9 の間で動かした。図 5 A から、 χ^2 値は $\beta = 4 \sim 6$ 付近で小さい値を示したため、この部分を詳しく検討した。 χ^2 値は、 $\beta > 3.7$ と $\beta < 4.7$ では大きな値となった（図 5 B）。 $\beta = 3.7 \sim 4.7$ の間では、 χ^2 値はほぼ一定となり明確な特徴は見られなかったが、図 5 C から χ^2 値が最小となるパラメータは、 $\alpha = 1.0$ 、 $\beta = 4.4$ であった。この時の χ^2 値は 28.14 となり、MODEL 1 より小さい値となった。図 6 には、MODEL 3 を用いて正常卵数を発生させたときの調査記録に対する χ^2 値を示した。 λ は、1~10 の間で動かした。図 6 A から、 $\lambda = 1$ は非常に大きな χ^2 値を示した（図 6 A）。 λ が 5~6 間で χ^2 値は小さい値を示し（図 6 B）、 χ^2 値が最小となる λ 値は 5.7 で、この時の χ^2 値は 5072.98（図 6 C）となり、

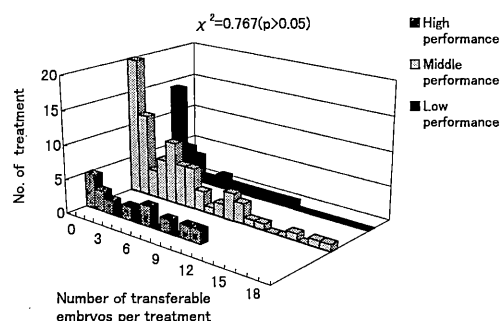


Figure 3 Frequency distribution of transferable embryos classified by genetic performance of sire.

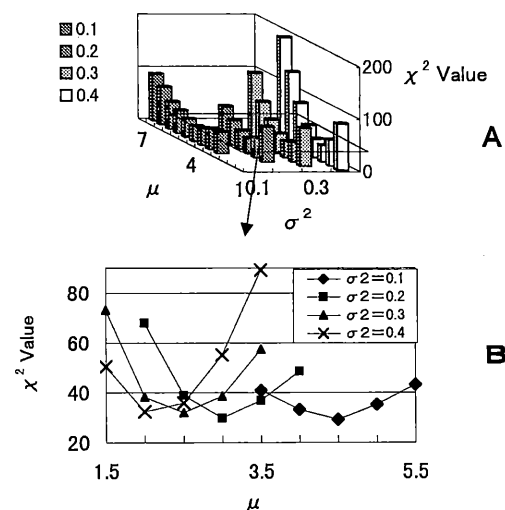


Figure 4 Adaptability χ^2 value of MODEL 1 on field data.

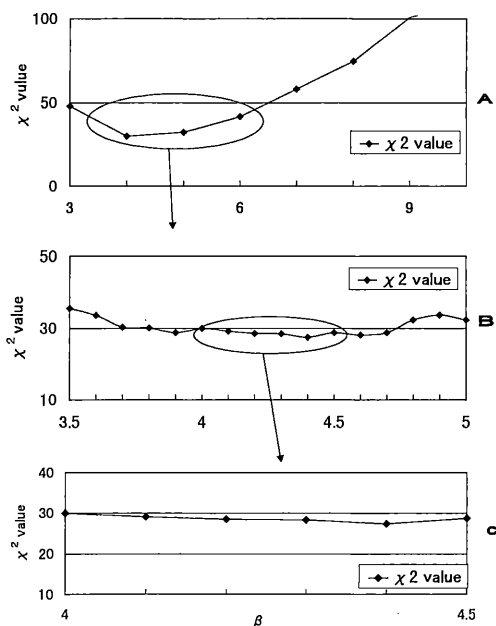


Figure 5 Adaptability χ^2 value of MODEL 2 on field data.

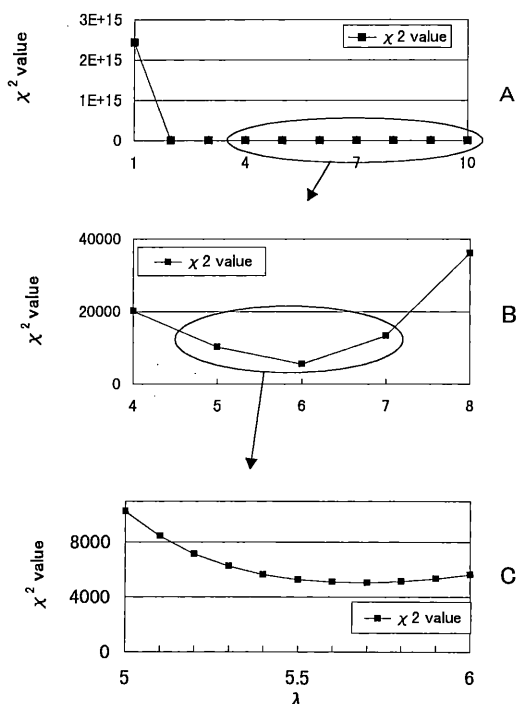


Figure 6 Adaptability χ^2 value of MODEL 1 on field data.

MODEL 1 と MODEL 2 に比べて非常に大きな値となった。図 7 には、調査記録と 3 つの MODEL の比較をおこなった。MODEL 1 と MODEL 2 は調査記録と同様な分布となったが、MODEL 3 は調査記録と全く異なる分布となった。MODEL 1 と MODEL 2 ではほとんど差はないが、 χ^2 値から MODEL 2 が 3 つの方法のうち最適な正常卵数の発生方法であった。VIL-

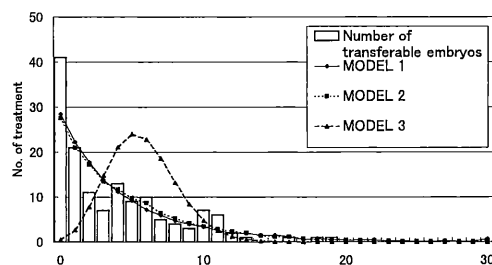


Figure 7 Comparison of the field data with the three models.

LANUEVA *et al.* (1995) によると各モデルのパラメータは、MODEL 1 では $\sigma^2=0.4$, $\mu=1.46$, MODEL 2 では $\alpha=1.0$, $\beta=1.61$, MODEL 3 では $\lambda=5$ となっており、いずれの MODEL についても本研究の最適パラメータの方が大きな値となった。これは調査記録が少ないため、正常卵数が 2 個と 3 個の部分が多く、4 個、5 個、6 個、10 個及び 11 個の部分が多い (図 6) など、調査記録のグラフがスムーズに低下していないことが原因の一つとして考えられる。また、VIL-LANUEVA *et al.* (1995) が用いた記録と、本研究で用いた調査記録の分布に差があることも考えられる。いずれにせよ、実情にあったシミュレーションを可能にするためには、土台となる供卵牛に関するより多くの調査記録が求められる。

文 献

- 家畜改良研究会 (1985) 家畜改良増殖と新しい技術。1 版。190-191。地球社。東京。
- KELLER, D. S. and G. TEEPKE (1990) Effect of variability in response to superovulation on donor cow selection differentials in nucleus breeding schemes. *J. Dairy Sci*, **73**: 549-554
- LEITCH, H. W., C. SMITH, E. B. BERNISIDE and M. QUINTON (1995) Effects of female reproductive rate and mating design on genetic response and inbreeding in closed nucleus dairy herds. *Animal Sci*, **60**: 389-400
- LOHUIS, M. M., C. SMITH, and J. C. M. DEKKERS (1993) MOET results from a dispersed hybrid nucleus programme in dairy cattle. *Anim. Prod.*, **57**: 369-378
- NICHOLAS, F. W. and C. SMITH (1983) Increased rates of genetic change in dairy cattle by embryo transfer and splitting. *Anim. Prod.*, **36**: 341-353
- RUANE, J (1988) Review of the use of embryo transfer in the genetic improvement of dairy cattle. *Anim. Bre. Abst.*, **56**: 437-446
- RUANE, J (1991A) The important of family sizes in adult multiple ovulation and embryo transfer (MOET) nucleus breeding schemes in dairy cattle.

- Anim. Prod., **52**: 33-47
- RUANE, J (1991B) The effect of alternative mating designs and selection strategies on adult multiple ovulation and embryo transfer (MOET) nucleus breeding schemes in dairy cattle. Genet. Sel. Evol., **23**: 47-65
- TEEPKER, G. and C. SMITH (1990) Efficiency of MOET nucleus breeding schemes in selecting for traits with low heritability in dairy cattle. Anim. Prod., **50**: 213-219
- VILLANUEVA, B., J.A. WOOLLIAMS, and G. SIMM (1995) The effect of improved reproductive performance on genetic gain and inbreeding in MOET breeding schemes for beef cattle. Genet. Sel. Evol., **27**: 347-363
- WOOLLIAMS, J. A. (1989) Modifications to MOET nucleus breeding schemes to improve rates of genetic progress and decrease rates of inbreeding in dairy cattle. Anim. Prod., **49**: 1-14
- WOOLLIAMS, J. A., Z. W. LUO, B. VILLANUEVA, D. WADDINGTON, P. J. BROADBENT, W. A. C. MCKELVEY, and J. J. ROBINSON (1995) Analysis of factors affecting superovulatory responses in ruminants. J. of Agric. Sci., **124**: 61-70

原 著

オーストリッチの北海道における飼養実態

宝寄山裕直・大原 睦生

北海道立滝川畜産試験場, 滝川市 073-0026

Current State of Ostrich Management and Feeding in Hokkaido

Hironao HOUKIYAMA and Mutsuo OHARA

Takikawa Animal Husbandry Experiment Station of Hokkaido, Takikawa-shi 073-0026

キーワード: オーストリッチ, 北海道, 調査, 血統登録

Key words: ostrich, Hokkaido, investigation, pedigree registry

Abstract

Current state of ostrich management and feeding in Hokkaido was investigated. Number of ostriches raised in Hokkaido is growing annually from the time starting its rearing. There were 443 ostriches in Hokkaido at the time of this investigation, and the ostriches for breeding were about 80 percent of them. It is expected that number of the ostriches will grow moreover because of increasing production of its chicks. And it seems that the production of the ostriches for finising has already grown and the supply of its meat will grow.

One of the most limiting factors in the expansion of the ostrich industry is the low rate of reproduction. Fertility and hatchability of eggs and livability of chicks were extremely variable. Progression of feeding and management technique, especially about the fertility, the hatchability and the livability, and improvement of genetic performance of ostriches are needed to improve the reproductivity. Early practice of the pedigree registry is needed to improve genetic performance and to avoid inbreeding depression.

要 約

北海道におけるオーストリッチの飼養実態を調査した。1995年にオーストリッチが道内に導入されてから、飼養羽数は増加の一途をたどり、1999年3月の調査時点で443羽であった。そのうち、約8割を繁殖用個体が占めていた。今後、道内での雛生産が増加し、飼養羽数は、さらに増加すると推測された。また、肥育用個体の生産が本格化し、食肉の生産が拡大すると考えられた。

現在のオーストリッチ産業の拡大を制限している最も重要な要因は、低い繁殖性であり、受精率や孵化率および雛の生存率に大きな差異が存在した。繁殖性を向上させるためには、オーストリッチの能力の遺伝的改良と各農場の飼養管理技術、特に、孵卵技術や育成技術の向上が必要であると考えられた。能力を遺伝的

に改良し、近交退化を防ぐためには、血統登録制度の早期実施が必要である。

緒 言

オーストリッチは、低カロリー、低コレステロールの赤肉や高品質の革を効率よく生産する家畜 (SHANAWANY, 1996) として、その有利性が注目されている。1990年代に入ると南アフリカをはじめとしてアメリカ合衆国、オランダ、ドイツなど、世界的規模でオーストリッチ産業が展開されるようになった。日本では、1991年に沖縄県今帰仁村に最初に導入され、その後、全国各地で飼養が展開されている。1999年7月現在、国内の飼養羽数は5,373羽に達している (大原, 1999)。また、北海道では、1995年に東藻琴村に導入されたのをはじめとして、室蘭市、千歳市、恵庭市、壮瞥町、美深町、門別町、平取町などで飼養が開始され (大原, 1997)、地域振興策の一つとして期待されている。

しかし、日本では、オーストリッチについての統計

資料や法的環境が未整備である。また、飼養技術も鶏と異なることが多く、基本的な情報は、極めて不足しているのが現状である。特に、各地域で繁殖用個体の導入が独自に行われている現状では、個体の家系情報の不足が繁殖集団の維持において、近親交配による近交退化などの深刻な問題を引き起こす危険性がある(REINER, 1995)。そのため、オーストリッチの遺伝的特性を把握し、家系データや能力記録などを共有し、利用しあう体制作りが急務である。

本調査は、道内におけるオーストリッチの飼養実態を把握し、今後、オーストリッチの生産を円滑に進めていくための基礎情報を得ることを目的とした。

材料および方法

調査は、道内のオーストリッチ農場を対象として郵送によるアンケート調査および現地調査により実施した。調査項目は、農場経営状況(専業割合、営農目的など)、土地および施設の利用状況(用地面積、畜舎、孵卵育雛施設など)、現在の飼養管理状況(個体識別、記録、衛生管理など)、飼養目的別羽数(繁殖用、肥育用、その他)、導入時の状況(導入形態、数、導入元など)、経営者の今後の意向(飼養羽数の増減、登録実施の必要性など)など約40項目とした。

結果および考察

(1) 調査の実施結果

アンケート調査は、1999年3月に実施した。アンケートは発送49件、回答25件で、回収率は51%であった。また、現地調査は、1998年5～8月に8件について実施した。

(2) 道内におけるオーストリッチの飼養状況

オーストリッチ飼養羽数の年次推移を図1に示した。道内におけるオーストリッチの飼養は、1995年に始まり、以後、1996年の6羽から1999年3月の443羽まで年々増加し、その伸び率も大きくなっていた。さらに、1999年の5月以降に320羽の導入が計画されており、1999年末では、800羽に達するものと推測される。また、「今後飼養羽数を増やしたい」と回答した経営者の割合が83%であり、経営規模の拡大を考えている経営者が多いことから、今後も飼養羽数が増加すると推測された。

1999年3月現在、繁殖を目的とした飼養羽数は、347羽であり、全体の78%を占めていた。繁殖用個体の雄と雌の比率(性不明分を除く)は、1:1.6であった。これは、ペア(雄1羽、雌1羽)あるいはトリオ(雄1羽、雌2羽)の形態で繁殖が行われているためと考えられる。一方、肥育用個体の飼養羽数は、85羽であり、雄と雌の比率(性不明分を除く)は、ほぼ1:1であった。その他の飼養目的としては、観光牧場などの展示用、鑑賞用というものであった。

道内で飼養が開始されてから2年間は繁殖用個体のみが飼養されていたが、1997年以降は、肥育用個体の飼養も開始されていた。肥育用個体の飼養羽数は、繁殖用に比べてその伸び率は小さいが、年々増加している。

オーストリッチの支庁別飼養戸数および飼養羽数を表1に示した。道内の飼養戸数は31戸であった。支庁別では胆振および日高が6戸で最も多く、ついで石狩の4戸であった。

一方、飼養羽数は、石狩113羽、胆振89羽、十勝65羽、網走63羽であった。この内、繁殖用個体の飼養羽数は、石狩、胆振および網走の3支庁で合計245羽に

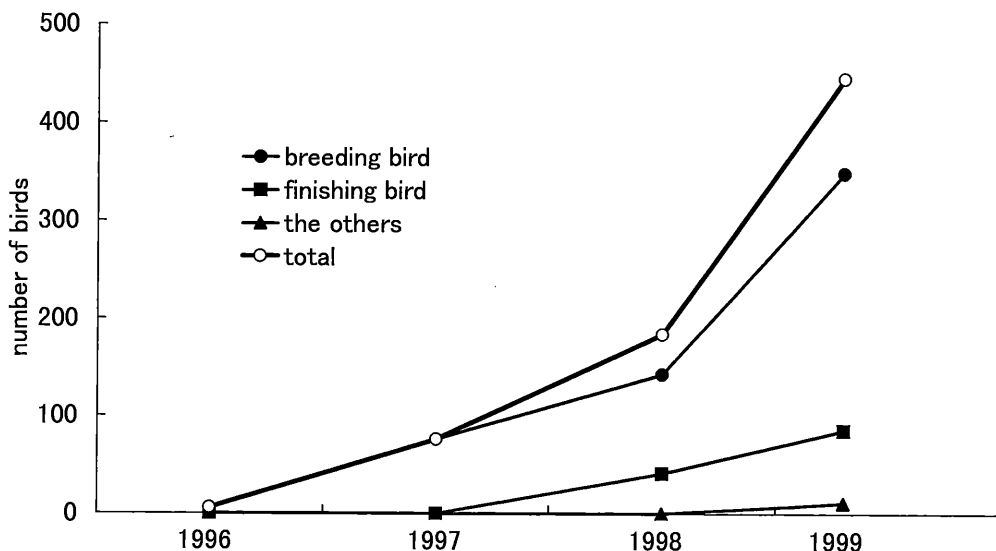


Fig. 1 Rise in the number of ostriches raised in Hokkaido (data from 1996 to 1998 were referred by The Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries of Japan)

Table 1 Number of ostriches and its farms according to sub governmental region of Hokkaido

region	No. of farms	aim of raising (birds)			total
		breeding	finishing	the others	
Oshima	2	23	0	0	23
Shiribeshi	1	36	0	0	36
Iburi	6	69	20	0	89
Hidaka	6	20	2	3	25
Ishikari	4	113	0	0	113
Sorachi	3	9	0	5	14
Kamikawa	2	6	3	3	12
Abashiri	3	63	0	0	63
Nemuro	1	3	0	0	3
Tokachi	3	5	60	0	65
total	31	347	85	11	443

as of Mar. 1999

達し、繁殖用全個体数の71%を占めていた。この3支庁内の農場における、これまでのオーストリッチの販売実績は、生体で140羽であり、道内での生体販売のほとんどを占めていた。今後も、この3支庁が道内におけるオーストリッチの生産拠点になっていくものと考えられる。

(3) 道内におけるオーストリッチの飼養管理の実態

オーストリッチ農場の経営開始年では、最も割合が高かったのが1997年の44%であり、次いで1998年の24%、1996年の20%であった。道内のオーストリッチ農場は、約7割が1997年までに経営を開始していた。

オーストリッチ農場の経営者における将来の営農目的を図2に示した。最も多かったのは、肥育用個体生産の79%で、ついで成体販売の50%であった。以下、雛販売33%、種卵販売25%、孵卵請負17%、およびその他13%の順であった。したがって、肥育用個体の飼養が、今後増加していくものと考えられた。また、道内の農場のうち孵卵施設を保有している割合は68%、育雛施設は56%、両方の保有は56%であった。すなわ

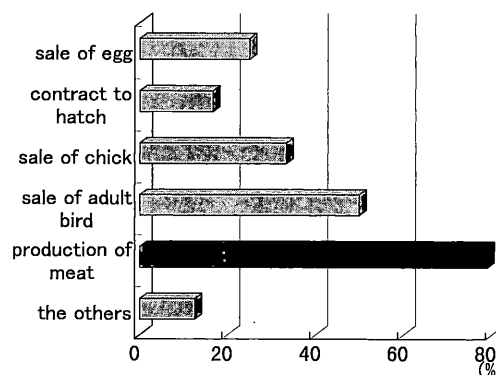


Fig. 2 Percentage of the aim answered by ostrich farm managers in Hokkaido

ち、孵卵・育雛施設を保有しており、自場での雛の生産が可能な農場が半数以上に達していた。

オーストリッチの個体識別管理を実施している農場は70%であり、一部の個体のみの実施は13%であった。一方、個体識別管理を実施していない農場は17%であった。一部でも個体の識別管理を実施している農場は、全体の83%と高く、今後、血統登録を推進する上で、好都合であると考えられた。また、「個体識別管理は必要」と回答した経営者割合が91%であり、経営者自ら個体識別管理の重要性を認識していることがうかがえた。オーストリッチの血統登録制度については、経営者の86%が「必要」と回答しており、血統登録の実施に向けた具体的な取り組みが急がれる。

(4) 道内に導入されたオーストリッチ集団の実態

オーストリッチの導入元を図3に示した。種卵での主な導入元は、カナダが60%と最も多く、次いで、南アフリカの20%であった。一方、生体での導入元は、国内が44%で最も多く、ついで南アフリカの22%、カナダの19%であった。その他、アメリカ、ドイツ、イギリス、ニュージーランドから導入した農場もあった。

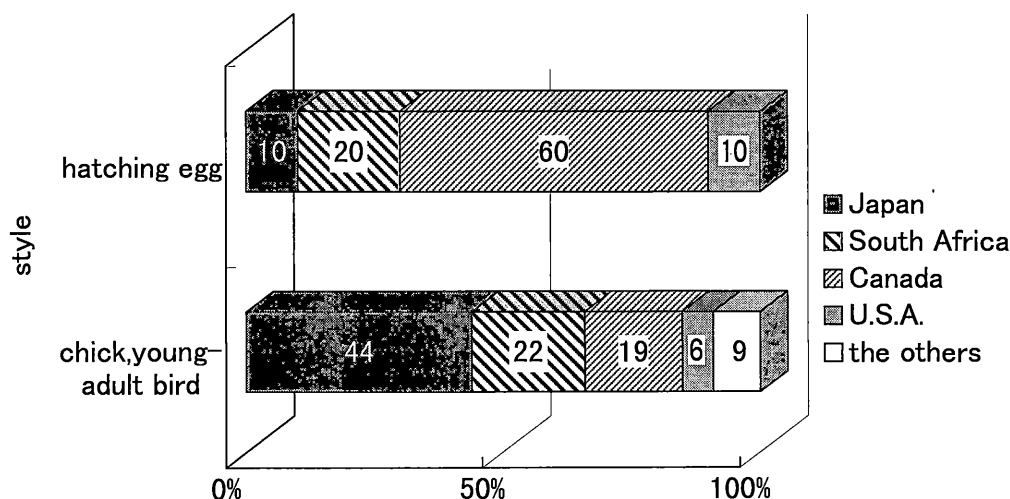


Fig. 3 Percentage of the source of ostriches introduced into Hokkaido

今年度には、カナダと南アフリカから多数の輸入が計画されており、導入元の割合も一時的には、カナダや南アフリカのシェアが増加すると考えられるが、道内での繁殖個体数の増加(図1)に伴い、結果的に国内産のシェアが高まってくると考えられる。

オーストリッチ農場が経営開始時に導入したオーストリッチの成長ステージでは、若鳥が54%で最も高く、次いで、雛の21%、成鳥の18%の順であった。雌の性成熟は2~2.5年で、雄の性成熟は2.5~3年(奥村, 1995)であり、経営開始年度を考慮した場合、道内飼養羽数の7割を超える成鳥および若鳥は、すでに性成熟に到達していると予測される。

種卵導入時の農場毎の対入卵孵化率(孵化率)および育成率を図4に示した。孵化率の平均は46%であり、最高は76%、最低は31%であった。孵化した雛の育成率の平均は52%で、その範囲は25%~82%と農場間での差が顕著であった。宝寄山ら(1999a)は、今回と同様の調査を全国で実施し、孵化率の平均は54%、育成率の平均は65%であり、農場間の差異が道内と同様に大きかったことを報告した。また、DEEMING and AR (1999)は、世界各地のコマーシャル農場での受精率および孵化率をまとめ、受精率は30.0~86.7%、孵化率は3.3~80%で、農場間に大きな差異があったことを報告した。農場間での大きな差は、孵化および育成技術が十分に確立していないことを示唆している。

オーストリッチが道内に導入されてから約5年が経過しようとしており、その間の飼養羽数は、増加の一途をたどってきた。唐沢(1997)は、オーストリッチ生産の現在の状況は、ちょうど1920年代にアメリカで七面鳥産業が発展し始めた頃に類似していると指摘している。すなわち、七面鳥の個体数が少ないため、繁殖用の種鳥が高価で取引されていた頃である。道内におけるオーストリッチの飼養羽数の増加において、繁殖用個体の増加が顕著であったことや、現在の飼養羽数の約8割を繁殖用個体が占めていたことから、当時の七面鳥産業と同様の状況にあると考えられる。

今後のオーストリッチの飼養羽数については、飼養羽数の増加を考えている経営者が多いことから、七面鳥産業と同様に増加していくものと推測される。道内

では、経営開始から2年以上経過しているオーストリッチ農場が多く、導入時の個体の发育ステージが比較的進んでいるため、導入されたオーストリッチの多くは既に繁殖可能になっているものと考えられる。さらに、道内の農場は、孵卵・育雛施設の保有割合が高く、自場での雛生産が可能で状況にあることから、今後の飼養羽数の増加は、道内における雛生産の増加が主要因になると推測される。また、肥育用個体生産を営農目的にしている農場の割合が最も高かったことから、雛の生産は、繁殖用に加え、肥育用が本格化し、食肉の生産が拡大すると考えられた。

現在のところオーストリッチは、畜産に関わる法律の対象動物となっていないので(大原, 1997)、早期に法整備がなされ、流通体制や衛生対策などについても取り組んでいくことが必要である。また、オーストリッチを新しい産業として定着させるためには、積極的に生産性を向上させる事が重要である。HORBANCZUK and SALES (1999)は、現在のオーストリッチ産業の拡大を制限している最も重要な要因は、低い繁殖性であると言及し、DEEMING and ANGEL (1996)は、利益を最大にするため、受精率や孵化率および雛の生存率を向上させることが必要であると指摘している。そのためには、オーストリッチの能力の遺伝的改良と各農場の飼養管理技術、特に、孵卵技術および育成技術の向上が必要である。

受精率の向上と能力の高い雄を有効に利用するための繁殖技術として人工授精の導入が望まれている。しかし、HUCHZERMAYER (1994)は、オーストリッチの人工授精において、技術的には開発されているが実用化段階に至っていないと報告している。また、孵卵中の環境制御や雛の育成技術の向上など、道内の環境に適した飼養管理技術の開発とその普及が必要である。

能力の遺伝的改良において、REINER (1995)は、最初に近交退化を避ける必要性を指摘している。今後、道内産個体の増加が予想されるので、交配にあたっては、個体識別および家系情報を利用して近親交配を回避しなければならない。そのためには、個体の血統登録制度の早期実施が必要である。この点に関して、宝寄山(1998)は、わが国におけるオーストリッチの血統登録のあり方について提案した。血統登録制度を推進することにより、個体識別、各個体データの記録、家系情報などに基づく選抜が可能となり、能力の遺伝的改良が積み重ねられていくと考えられる。

オーストリッチは、産業として大きな可能性をもっているが、投機的な参入や病気の発生などの危険性も同時にはらんでいる(宝寄山, 1999b)。また、オーストリッチ肉のマーケットを創造する努力も重要である。したがって、今後も諸問題の解決に向けた地道な取り組みの積み重ねが重要と思われる。

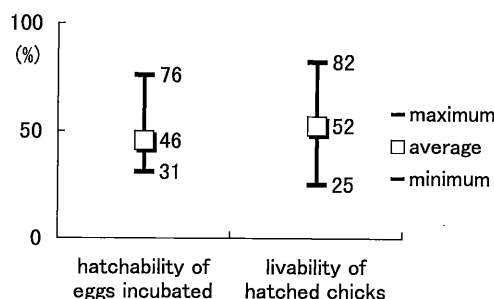


Fig. 4 Percentage of hatchability and livability of ostriches introduced into Hokkaido

謝 辞

アンケート発送リストの作成にあたり，ご協力いただいた日本オーストリッチ協議会北海道支部の関係各位に感謝の意を表す。

文 献

- DEEMING, D. C. and C. R. ANGEL (1996) Introduction to the ratites and farming operations around the world in improving our understanding of ratites in a farming environment. (DEEMING, D. C., eds.) 1-4. Ratite Conference. Oxfordshire.
- DEEMING, D. C. and A. AR (1999) Factors affecting the success of commercial incubation in the ostrich biology, Production and Health. (DEEMING, D. C., eds.) 159-160. CABI Publishing. Oxfordshire.
- HORBANCZUK, J. O. and J. SALES (1999) Reproduction is a crucial problem in ostrich breeding. World Poultry, **15**: 28-30.
- 宝寄山裕直(1998)オーストリッチの血統登録. JOC J., **4**: 12-15.

- 宝寄山裕直・大原睦生・豊原弘晶. (1999 a) オーストリッチの国内における飼養実態，日本家禽学会誌，**36** 秋季大会号，23.
- 宝寄山裕直(1999 b) オーストリッチの現状と課題. 農家の友，**9**: 74-76.
- HUCHZERMAYER, F. W. (1994) Ostrich diseases. 70. ARC LNR. Onderstepoort.
- 唐澤豊(1997) 産業としてのダチョウの飼育(1). 畜産の研究，**51**: 673-677.
- 大原睦生(1997) オーストリッチ産業の現状(1). 鶏卵肉情報，**1069**: 46-47.
- 大原睦生(1999) 平成 11 年のオーストリッチの飼養状況. 鶏卵肉情報，**1123**: 78-79.
- 奥村純市(1995) オーストリッチの飼育(1). 畜産の研究，**49**: 1079-1083.
- REINER, G (1995) Breeding and genetics in ostrich farm management (KREIBICH, A. and M. SOMMER, eds.) 71-76. Landwirtschaftsverlag GmbH. Munster-Hiltrup.
- SHANAWANY, M. M. (1996) Ostrich farming is an ancient business. World Poultry, **12**: 59-63.

原 著

ホルスタイン種における線形形質スコアのクラス分けが 遺伝的パラメータの推定に及ぼす影響

萩谷 功一¹⁾・鈴木 三義²⁾・ファン アントニオ ペレイラ¹⁾・河原 孝吉³⁾

¹⁾岩手大学大学院連合農学研究科, 盛岡市 020-8550

²⁾帯広畜産大学, 帯広市 080-8555

³⁾社団法人北海道酪農検定検査協会, 札幌市中央区 060-0003

Effects of readjusting the scale of linear type scores on the genetic parameters of conformational traits in Holstein cows

Kouichi HAGIYA¹⁾・Mitsuyoshi SUZUKI²⁾・J. ANTONIO Pereira¹⁾・Takayoshi KAWAHARA³⁾

¹⁾Iwate University, The United Graduate School of Agricultural Sciences, Morioka-shi 020-8550

²⁾Obihiro University of Agriculture and Veterinary Medicine, Obihiro-shi 080-8555

³⁾Hokkaido Dairy Cattle Milk Recording and Testing Association, Chuo-ku Sapporo-shi 060-0003

キーワード: 体型審査形質, 線形式体型形質, 遺伝的パラメータ

Key words: Conformational traits, Linear type traits, Genetic parameter

Abstract

A readjustment of the scale of linear type traits scores used in Holstein cows was performed. Then, the effects of the readjusted scale on the estimated genetic parameters of conformational traits were investigated. The analysis utilized data sets of two years (1997 and 1998) accumulated by The Holstein Cattle Association of Japan. The records were composite and linear type traits for 32,487 heifers. Only the linear type scores (classified from 1 to 50 scale) were readjusted to 25, 9 and 5 classes of scores. For estimation of the genetic parameters of conformational traits, fixed effects in the multiple animal model were herd-classification, classification month, age at calving and stage of lactation. Linear type scores readjusted in 9 classes were able to remove undesirable distributions. The heritabilities of linear type traits were lower from 0.01 to 0.04 in case of readjusted in 9 classes excepted for side view of rear legs and foot angle than original scale. Composite traits heritabilities were equal in both scales of linear type scores.

要 約

ホルスタイン種の線形式体型形質スコアの頻度分布を滑らかな正規分布に近似させるため, 線形審査スコアのクラス分けについて検討した。また, 線形審査スコアを再区分した場合の遺伝的パラメータを推定し, クラス分けが遺伝的パラメータの推定に与える影響について検討した。データは, (株)日本ホルスタイン登録協会に集積された国内のホルスタイン種の血統記録, および1997年から1998年の間に体型審査が行われた雌牛からの32,487の初産における体型審査記録である。遺伝的パラメータの推定には, 母数効果として牛

群・審査日, 審査月, 分娩月齢および泌乳ステージを考慮した多形質アニマルモデルを採用した。線形審査スコアを9クラスに再区分したとき, 特定のクラスへの頻度の極端な集中が緩和され, 頻度分布は滑らかな正規分布に近似した。線形式体型形質を9クラスに再区分した場合, 遺伝率は, 肢蹄に関する形質である後肢側望および蹄の角度を除いて, 0.01から0.04の範囲で低い値が推定された。また, クラスの再区分は, 他の決定得点および体型部位についての遺伝的パラメータの推定に対して影響を与えなかった。

緒 言

1984年から, (株)日本ホルスタイン登録協会は, ホルスタイン種について審査員の目視による体型審査記録

を収集している。審査形質は、経済的に重要な体型形質を数値的に表わすため、3度改正されたが、1997年以降の審査は、決定得点、体型部位5形質および16の線形式体型形質（以下、線形形質と略す）について実施されている。体型部位は、体型の好ましさを50から99までの連続した数値で表わし、決定得点は、体型部位である外貌、肢蹄、乳用牛の特質、体積および乳器の審査得点に、15、15、20、10、40の重み付けした総合点である。線形形質は、1から50までの50段階の数値によって体型的特徴を表わす線形審査スコア（以下、線形スコアと略す）を用いて表わされている。河原の総説（1998）によると、産乳能力検定が実施される以前は、これらの体型形質を用いて、産乳能力の間接選抜を行った時期があったが、最近では、体型と産乳能力の間に間接選抜が有効となるような遺伝相関が認められないとする報告が多く、産乳能力に対する体型の間接選抜の意義が少なくなったとされる。また、体型の改良について経済的価値を見いだす農家は、共進会に出品し、付加価値を得て個体販売を行っている一部の農家に限られている。したがって、現在では、体型形質そのものを改良するよりもむしろ、経済的に価値付けされた他の形質を間接的に改良するために用いられる方向にあり、体型形質と長命性との関連を論じる報告が多い（BOLDMAN, 1992; SHORT *et al.*, 1992; 河原ら, 1996; 鈴木ら, 1996; 河原, 1998; WEIGEL *et al.*, 1998; ROGERS *et al.*, 1999; RUPP *et al.*, 1999; SCHNEIDER *et al.*, 1999）。これらの分析に用いられている体型形質の記録は、いずれも、目視によりスコア化されたものであるが、線形スコアの頻度分布についての検討は行われていない。本研究では、乳牛の線形スコアの頻度分布を滑らかな正規分布に近似させるクラス分けについて検討し、再区分されたクラスを用いた遺伝的パラメータを推定し、クラス分けが遺伝的パラメータの推定に与える影響について検討することを目的とした。

材料および方法

分析に用いたデータは、(株)日本ホルスタイン登録協会に集積された日本国内のホルスタイン種の血統記録、および1997年から1998年の間に実施された体型審査記録のうち、決定得点とそれを構成する体型部位5形質および16の線形形質について初産次のスコアをもつ32,487頭の雌牛からの欠測値を含まない体型審査記録である。

線形スコアのクラス分けの影響を検討するため、1から50区分の線形スコアを表1のように25クラス、9クラスおよび5クラスに再区分した。なお、決定得点と体型5部位は、50から99の得点を使用しているが、本分析において、線形形質と同様の再区分は行わなかった。

体型形質に対して大きな変動を与える環境的要因は、分娩月齢（または審査月齢）および泌乳ステージである(河原ら, 1996)。それ故、本研究において、体型審査形質の遺伝的パラメータの推定には、母数効果として牛群・審査日、審査月、分娩月齢および泌乳ス

Table 1. Original score and readjusted class of linear type traits.

Original score	Number of readjusted classes		
	25	9	5
1	1	1	1
2			
3	2		
4			
5	3		
6			
7	4		
8		2	
9	5		
10			
11	6		2
12			
13	7	3	
14			
15	8		
16			
17	9		
18		4	
19	10		
20			
21	11		3
22			
23	12	5	
24			
25	13		
26			
27	14		
28		6	
29	15		
30			
31	16		4
32			
33	17	7	
34			
35	18		
36			
37	19		
38		8	
39	20		
40			
41	21		5
42			
43	22	9	
44			
45	23		
46			
47	24		
48			
49	25		
50			

テージを考慮し、変量として個体の効果を含めた。ただし、泌乳ステージは、分娩年月日から体型審査年月日までの間隔を月数で表示した。モデルは以下に示した。

$$y_{t,ijklm} = HD_{t,i} + M_{t,j} + A_{t,k} + L_{t,l} + u_{t,m} + e_{t,ijklm}$$

ここで、

$y_{t,ijklm}$; 体型形質 t (21 形質) の観測値,
 $HD_{t,i}$; 形質 t に関する牛群・審査日 i の母数効果,
 $M_{t,j}$; 形質 t に関する審査月 j の母数効果,
 $A_{t,k}$; 形質 t に関する分娩月齢 k の母数効果,
 $L_{t,l}$; 形質 t に関する泌乳ステージ l の母数効果,
 $u_{t,m}$; 形質 t に関する個体 m の育種価の変量効果,
 $e_{t,ijklm}$; 残差の変量効果である。

個体の父牛または母牛が不明の場合、不明の両親の平均育種価を仮定した遺伝グループに割り当て、血縁行列に含めた (QUAAS, 1988)。各効果ごとの水準数および個体数は、表 2 に示した。また、決定得点については、5 つの体型部位を合成した関数になっているため分析から除外し、体型部位 5 形質および 16 の線形形質の合計 21 形質を分析に含めた。分析後、得られた遺伝分散および表型分散に対して、5 つの体型部位の重み付けを乗じて決定得点の分散成分を再構成した。分散成分は、正準変換によって多形質を考慮し、EM-REML にもとづいて推定した (MISZTAL, 1990)。収束基準は、 10^{-8} 以下とした。

結果および考察

河原ら (1996) によって表形分散が比較的大きく推定された高さ、中程度と推定された蹄の角度および小さいと推定された乳房の深さについて、50 段階での線

Table 2. Structure of data sets for analysis.

	Number
Herd-day at classification	3,991
Month at classification	12
Age at calving	22
Stage of lactation	13
Cows with first lactation record	32,487
Animals with only pedigree information ^a	66,383

^a Include in sires and dams.

形スコアの頻度分布を図 1 に示した。この図より、50 段階に区分しても、25 または 30 のような特定のスコアに集中し、その前後のスコアの頻度が極端に減少する傾向が認められた。他の形質でも同様の傾向が認められ、それ故、1 から 50 のクラスを使用した体型審査では、線形スコアのすべてのクラスを有効に利用していないことを示唆した。高さ、蹄の角度および乳房の深さについて、線形スコアを 25 クラス、9 クラスおよび 5 クラスに再区分した場合のスコアの頻度分布を、それぞれ、図 2 から図 4 に示した。25 クラスに再区分した場合でも、特定のクラスに極端に高い頻度が認められたことから、スコアの集中が解消されていないことが推察された。9 クラスあるいは 5 クラスに再区分した場合、特定のクラスへの頻度の極端な集中が緩和された。他の形質でも同様に特定のクラスへの頻度の極端な集中が緩和された。これらにより、他の区分との比較において、線形スコアを 9 クラスあるいは 5 クラスに再区分した場合に、スコアの集中が解消されたと判断し、遺伝的パラメータの推定には、従来の 50 段階、9 クラスおよび 5 クラスに再区分した審査得点を使用した。

線形形質を 50 段階、9 クラスおよび 5 クラスに区分

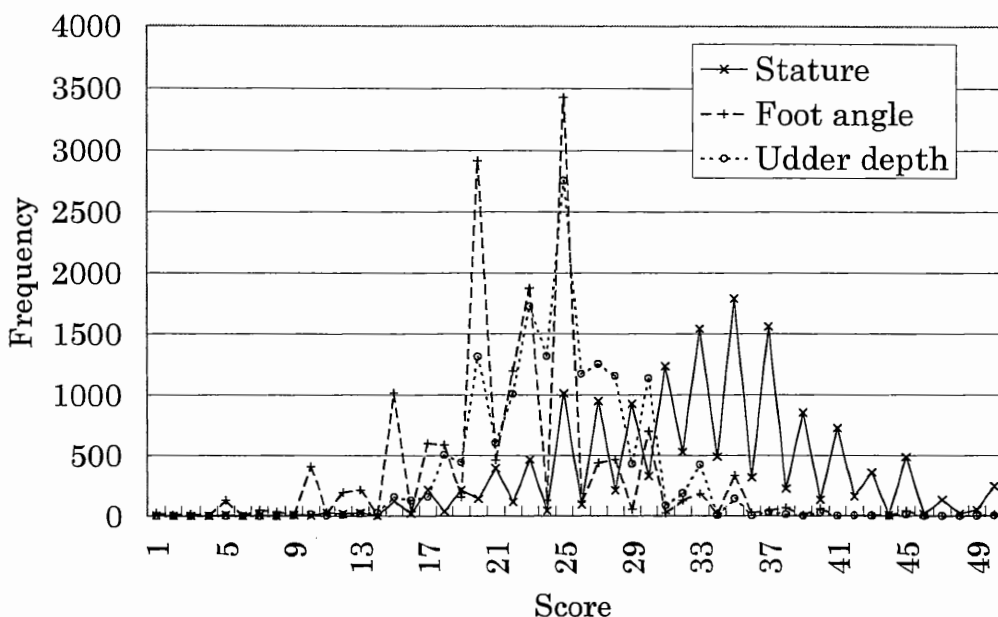


Figure 1. Frequency of linear type scores for stature, foot angle and udder depth.

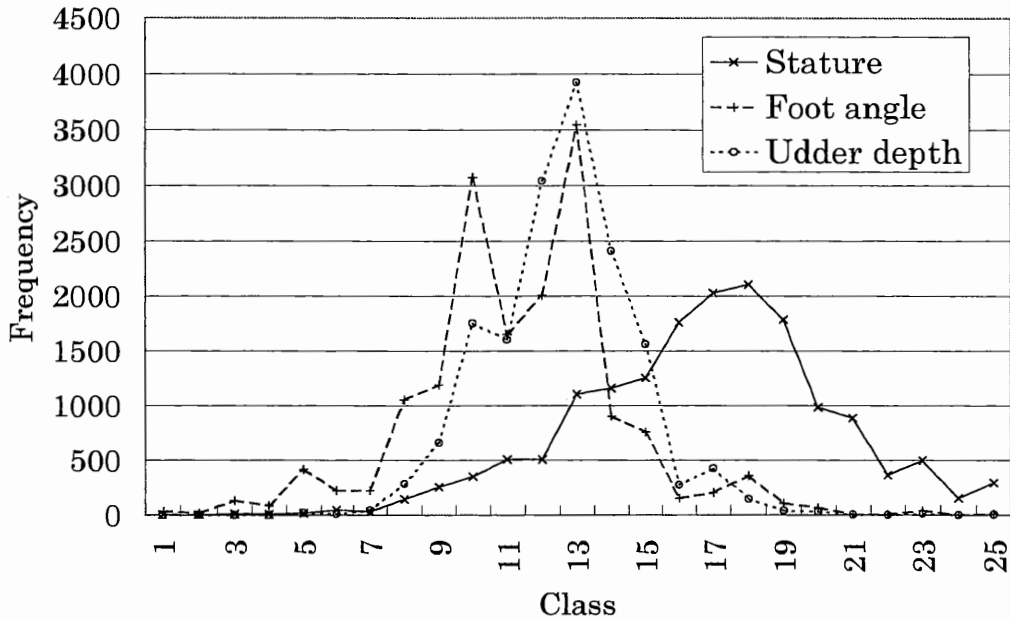


Figure 2. Frequency of linear type traits in 25 class for stature, foot angle and udder depth.

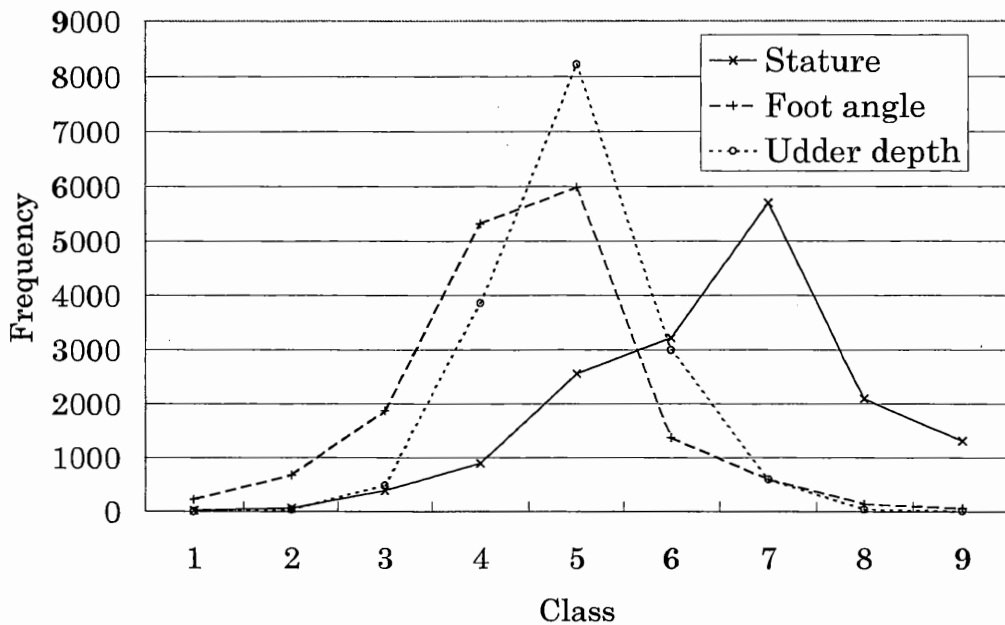


Figure 3. Frequency of linear type traits in 9 class for stature, foot angle and udder depth.

した場合の体型形質の遺伝率、遺伝分散および表形分散の推定値を表3に示した。50段階の線形スコアから推定された遺伝率は、低から中程度であり、(株)日本ホルスタイン登録協会から得られた体型記録を用いて推定した河原ら(1996)、鈴木ら(1996b)および和田ら(1996)による値と近似した。9クラスに再区分した場合の遺伝率は、従来の50段階のスコアからの推定値と比較して、決定得点と体型部位5形質について、推定値に変化が認められなかった。そのときの線形スコアの遺伝率は、肢蹄に関する形質である後肢側望および蹄の角度について一致したが、他の形質について0.01から0.04の範囲でわずかに低い値が推定された。9ク

ラスに再区分した場合、その区分がおおよそ5刻みであることを考慮すると、線形スコアの分散は、50段階のスコアの4%($1/5^2$)程度になることが期待される。遺伝率が低下した形質について、多くの形質の遺伝分散が50段階のスコアに対して4%未満であったのに対し、表形分散が4.0から4.8%と一様に高い比率を示した。遺伝率低下の傾向は、表形分散の小さな形質において顕著であった。表形分散が比較的小さな値である乳房の深さにおいても、同様に遺伝率の低下が認められたが、遺伝分散が期待値より大きな値(4.3%)であったことを考慮すると、遺伝率の低下は、遺伝分散の低下よりもむしろ、表形分散を構成する環境分散

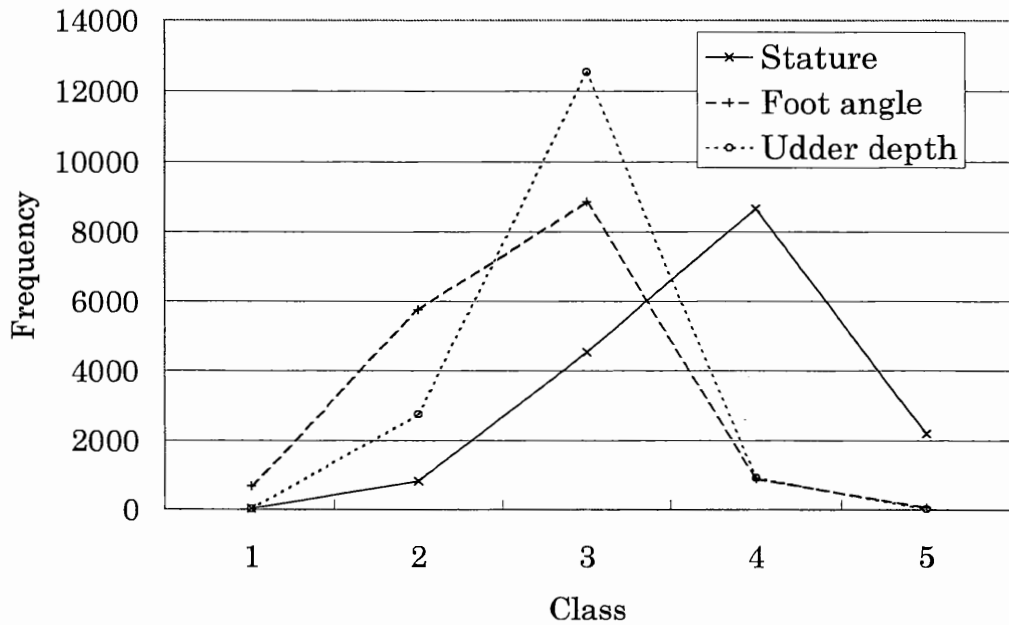


Figure 4. Frequency of linear type traits in 5 class for stature, foot angle and udder depth.

Table 3. Heritability ($\hat{h}^2$), genetic ($\hat{\sigma}_G^2$) and phenotypic ($\hat{\sigma}_P^2$) variances (and ratios on original scales) for type traits on original and readjusted score.

Trait	Original score			Readjusted in 9 classes			Readjusted in 5 classes		
	$\hat{h}^2$	$\hat{\sigma}_G^2$	$\hat{\sigma}_P^2$	$\hat{h}^2$	$\hat{\sigma}_G^2(\%)$	$\hat{\sigma}_P^2(\%)$	$\hat{h}^2$	$\hat{\sigma}_G^2(\%)$	$\hat{\sigma}_P^2(\%)$
Appearance	.16	.47	2.97	.16	.48(102.1)	2.98(100.3)	.16	.48(102.1)	2.98(100.3)
Feet and legs	.08	.39	4.83	.08	.38(97.4)	4.83(100.0)	.08	.39(100.0)	4.83(100.0)
Dairy character	.21	.43	2.05	.21	.43(100.0)	2.05(100.0)	.20	.41(95.3)	2.05(100.0)
Body capacity	.29	1.05	3.67	.29	1.07(101.9)	3.66(99.7)	.28	1.03(98.1)	3.65(99.5)
Mammary system	.08	.27	3.49	.08	.26(96.3)	3.48(99.7)	.07	.26(96.3)	3.49(100.0)
Final score	.15	.26	1.67	.15	.26(100.0)	1.67(100.0)	.15	.25(96.2)	1.67(100.0)
Stature	.36	14.32	39.33	.35	.56(3.9)	1.58(4.0)	.32	.14(1.0)	.45(1.1)
Strength	.22	3.38	15.48	.19	.13(3.8)	.68(4.4)	.13	.03(0.9)	.22(1.4)
Body depth	.30	5.08	17.04	.26	.19(3.7)	.74(4.3)	.21	.05(1.0)	.26(1.5)
Angularity	.16	1.69	10.57	.12	.06(3.6)	.51(4.8)	.09	.01(0.6)	.17(1.6)
Rump angle	.30	9.98	33.48	.27	.37(3.7)	1.35(4.0)	.24	.10(1.0)	.41(1.2)
Rump width	.26	4.93	18.91	.23	.19(3.9)	.83(4.4)	.20	.05(1.0)	.26(1.4)
Rear legs, side view	.13	3.24	24.36	.12	.13(4.0)	1.04(4.3)	.10	.03(0.9)	.30(1.2)
Rear legs, rear view	.07	3.63	49.44	.07	.14(3.9)	2.00(4.0)	.06	.04(1.1)	.57(1.2)
Foot angle	.06	1.59	24.62	.06	.06(3.8)	1.03(4.2)	.05	.02(1.3)	.34(1.4)
Fore udder attachment	.13	2.88	22.27	.12	.11(3.8)	.93(4.2)	.10	.03(1.0)	.31(1.4)
Rear udder height	.19	4.97	25.71	.17	.18(3.6)	1.04(4.0)	.15	.05(1.0)	.31(1.2)
Rear udder width	.15	2.49	16.61	.14	.10(4.0)	.74(4.5)	.09	.02(0.8)	.24(1.4)
Udder support	.17	4.71	28.25	.15	.18(3.8)	1.15(4.1)	.13	.05(1.1)	.36(1.3)
Udder depth	.28	3.05	11.06	.25	.13(4.3)	.52(4.7)	.17	.03(1.0)	.17(1.5)
Teat placement	.30	11.10	36.75	.29	.43(3.9)	1.49(4.1)	.24	.11(1.0)	.45(1.2)
Teat length	.29	10.70	37.10	.27	.41(3.8)	1.51(4.1)	.23	.11(1.0)	.47(1.3)

が期待値より大きかったことに起因していると推察された。同様に5クラスに再区分した場合の遺伝率は、従来の50段階のスコアからの推定値と比較して、決定得点と体型部位5形質について、推定値に大きな変化が認められなかったが、線形スコアについて、0.01から0.11の範囲で一貫して低い遺伝率が推定された。5クラスに再区分した場合、その区分が10刻みであるこ

とを考慮すると、線形スコアの分散は、50段階のスコアの1%(1/10²)になることが期待される。5クラスに再区分された形質の線形スコアについて、遺伝分散の著しい低下は認められなかったが、表形分散は、50段階のスコアに対して1.1から1.6%であり、期待値に対して一様に高い比率を示した。本研究においてクラス分けしなかった決定得点および体型部位に関する

Table 4. Genetic (above diagonal) and phenotypic (below diagonal) correlations among composite and linear type traits.

Trait	Composite trait						Linear type trait															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
1 Appearance		.53	.75	.80	.53	.88	.80	.69	.76	.51	.20	.47	-.31	.20	.22	.23	.22	.35	.03	.24	.06	.09
2 Feet and legs	.35		.36	.40	.46	.66	.50	.29	.30	.15	-.02	.15	-.55	.39	.43	.25	.15	.11	.18	.25	-.06	.10
3 Dairy character	.56	.27		.63	.48	.80	.64	.46	.64	.92	-.06	.29	.00	.15	.07	.05	.37	.35	.09	.09	.04	.01
4 Body capacity	.58	.29	.50		.39	.76	.80	.95	.98	.32	-.07	.75	-.22	.11	.32	.17	.00	.45	.06	.06	.01	.24
5 Mammary system	.30	.26	.35	.27		.81	.38	.33	.33	.34	.04	.15	-.08	.29	.09	.68	.52	.56	.12	.40	.30	-.15
6 Final score	.67	.58	.68	.61	.82		.44	.41	.47	.41	.02	.32	-.10	.19	.18	.33	.31	.45	.21	.12	.14	.03
7 Stature	.50	.25	.41	.62	.17	.75		.74	.74	.37	.19	.63	-.32	.06	.33	.18	.12	.24	-.01	.34	.05	.21
8 Strength	.43	.21	.31	.69	.17	.64	.55		.94	.15	.02	.77	-.16	.05	.28	.15	-.09	.44	.08	.01	.01	.33
9 Body depth	.46	.21	.44	.80	.19	.72	.59	.76		.36	-.07	.72	-.15	.10	.27	.09	-.02	.45	.07	-.05	.02	.26
10 Angularity	.33	.12	.70	.25	.21	.58	.25	.15	.29		-.10	.04	.21	.08	-.06	-.10	.41	.26	.04	-.03	.00	-.10
11 Rump angle	.13	-.01	.01	.03	-.02	.02	.17	.03	.03	.00		-.12	-.19	-.14	.01	-.11	.02	-.08	-.01	.05	-.05	-.01
12 Rump width	.31	.16	.23	.58	.14	.41	.46	.55	.56	.09	-.05		-.11	-.04	.29	.14	-.13	.25	.03	.08	.07	.22
13 Rear legs, side view	-.11	-.20	.03	-.07	-.05	-.25	-.12	-.06	-.04	.09	-.08	-.03		-.21	-.37	-.13	-.09	.02	.06	-.18	.07	-.05
14 Rear legs, rear view	.10	.34	.08	.07	.10	.30	.06	.06	.06	.03	-.04	.03	-.14		.04	.24	.07	.01	-.02	.16	.07	.01
15 Foot angle	.11	.27	.06	.15	.09	.25	.14	.12	.13	.00	-.01	.13	-.07	.11		-.05	.00	.14	.08	-.03	-.04	.15
16 Fore udder attachment	.12	.14	.08	.08	.41	.42	.08	.05	.04	.03	-.06	.06	-.06	.09	.06		.22	.13	-.12	.70	.24	-.05
17 Rear udder height	.12	.12	.23	.04	.35	.38	.09	-.02	.01	.21	.02	-.03	-.03	.07	.02	.20		.38	.10	.30	.02	.01
18 Rear udder width	.24	.20	.28	.35	.40	.50	.18	.31	.33	.18	-.01	.27	-.04	.11	.09	.10	.25		.01	-.26	.17	.11
19 Udder support	.04	.06	.11	.05	.26	.13	.01	.03	.04	.08	-.03	.03	.01	.03	.03	.07	.14	.11		-.03	.01	.16
20 Udder depth	.05	.05	-.02	-.06	.19	.30	.19	-.05	-.12	-.04	-.01	-.01	-.05	.08	.01	.32	.18	-.20	.08		.14	-.03
21 Teat placement	.02	.02	.04	.01	.20	.14	.02	.01	.00	.03	-.04	-.01	.02	.02	-.01	.15	.08	.06	.10	.14		-.15
22 Teat length	.06	.04	.03	.13	-.03	.02	.11	.13	.13	-.01	.00	.11	-.03	.02	.04	-.01	.03	.10	.06	-.05	-.07	

遺伝的パラメータについて、これらの形質と線形形質との間に高い遺伝相関が存在するにも関わらず、遺伝率および遺伝分散の大きな変動は認められなかった。このことから、線形スコアのクラス分けは、決定得点および体型5部位における遺伝的パラメータに対して影響を与えないことが推察された。一方で、線形スコアのクラス分けは、特に表形分散の値が比較的小さな形質について、線形スコアの表形分散および環境分散の比率を高め、その結果、遺伝率の低下をもたらした。このことは、5クラスに再区分した場合に顕著であった。遺伝率が改良速度と強く関連することを考慮すると、体型形質を利用した遺伝的改良を行う場合において、5クラスへの再区分は避けるべきだろう。しかしながら、9クラスに再区分した場合、遺伝率の低下がわずかであったことから、このときのクラス分けの影響は小さいと推察された。

線形形質を50段階のスコアで表わした場合の各形質間の遺伝相関および表形相関を表4に示した。同様に、9クラスに再区分した場合について表5に示した。表4および表5の比較から、遺伝および表形相関は、若干の変動にとどまり、一貫した傾向が認められなかった。このことから、9クラスへの再区分は、遺伝および表形相関に対して大きな影響を与えないことが推察された。

本研究では、50段階で表わされた線形スコアを9クラスに区分したが、実際の体型審査において、9段階のスコアが導入されたならば、審査員の負担軽減による体型審査の効率化が見込まれる。その場合、スコア

5を中心に正規分布に近い分布となるように幅広く評価することで遺伝率の低下を抑制することができだろう。また、ドイツおよびカナダなどの多くの国において、9段階の線形スコアによる体型審査が実施されている (BÜNGER *et al.*, 1999; SCHNEIDER *et al.*, 1999) ことから、9段階の線形スコアの導入は、線形形質に関する遺伝評価値の国際間比較を行う場合、その精度の向上に貢献することが期待される。これらのことを考慮すると、従来の50段階のクラスによる線形スコアと比較して、体型審査における9段階の線形スコアの導入は、遺伝情報の利用においてより多くの利益をもたらすだろう。

文 献

- BOLDMAN, K. G., A. E. FREEMAN, B. L. HARRIS and A. L. KUCK (1992) Prediction of sire transmitting abilities for herd life from transmitting abilities for linear type traits. *J. Dairy Sci.*, **75**: 552-563.
- BÜNGER, A. and H. H. SWALVE (1999) Analysis of survival in dairy cows using supplementary data on type scores and housing system. *Proc.* **21**: 104-110 in INTERBULLMtg. Int. Bull. Eval. Serv., Uppsala, Sweden.
- 河原孝吉・鈴木三義・池内豊 (1996) ホルスタイン種牛集団における産乳と体型形質および長命性の遺伝的パラメータ. *日畜会報*, **67**: 463-475.
- 河原孝吉 (1998) 乳牛の育種における体型審査形質お

Table 5. Genetic (above diagonal) and phenotypic (below diagonal) correlations among composite and linear type traits from readjusted scale^a.

Trait	Composite trait						Linear type trait															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
1 Appearance		.53	.77	.81	.54	.89	.81	.72	.76	.55	.22	.47	-.31	.20	.23	.21	.27	.34	.07	.26	.07	.11
2 Feet and legs	.35		.37	.41	.45	.65	.50	.31	.31	.17	-.03	.14	-.57	.36	.46	.21	.19	.08	.19	.27	-.06	.12
3 Dairy character	.56	.27		.65	.49	.81	.66	.50	.65	.93	-.04	.29	.00	.14	.06	.05	.39	.37	.08	.12	.06	.02
4 Body capacity	.59	.29	.50		.41	.78	.81	.96	.98	.38	-.05	.74	-.21	.12	.36	.15	.06	.45	.10	.08	.01	.25
5 Mammary system	.30	.26	.35	.27		.81	.39	.36	.36	.37	.07	.14	-.07	.28	.07	.67	.53	.55	.14	.41	.28	-.16
6 Final score	.67	.58	.68	.61	.82		.43	.39	.45	.38	.02	.31	-.10	.19	.17	.32	.31	.42	.21	.10	.14	.03
7 Stature	.49	.24	.40	.61	.17	.75		.76	.74	.41	.21	.61	-.30	.06	.37	.14	.14	.21	.02	.35	.07	.22
8 Strength	.41	.20	.30	.66	.16	.68	.51		.96	.24	.05	.76	-.16	.06	.35	.13	-.04	.43	.12	.03	-.01	.32
9 Body depth	.44	.20	.41	.75	.18	.73	.55	.68		.41	-.04	.70	-.15	.13	.32	.07	.03	.48	.09	-.04	.02	.26
10 Angularity	.31	.11	.64	.24	.20	.62	.23	.15	.26		-.05	.08	.22	.06	-.12	-.07	.42	.33	.01	.00	.01	-.04
11 Rump angle	.13	-.01	.01	.03	-.02	.05	.16	.03	.03	.01		-.11	-.19	-.15	-.02	-.12	.00	-.08	.00	.08	-.05	.00
12 Rump width	.30	.15	.22	.55	.14	.41	.42	.50	.50	.08	-.05		-.08	-.03	.34	.10	-.11	.23	.04	.08	-.06	.23
13 Rear legs, side view	-.10	-.19	.03	-.07	-.04	-.24	-.11	-.06	-.03	.08	-.07	-.03		-.23	-.42	-.10	-.13	.03	.06	-.17	.07	-.03
14 Rear legs, rear view	.10	.34	.08	.07	.10	.28	.06	.06	.06	.03	-.04	.03	-.13		.01	.25	.10	-.02	-.04	.19	.04	.03
15 Foot angle	.11	.26	.05	.15	.09	.25	.14	.12	.12	.00	-.01	.13	-.07	.10		-.08	.02	.16	.07	.00	-.06	.21
16 Fore udder attachment	.12	.14	.08	.08	.41	.39	.07	.05	.04	.03	-.05	.06	-.06	.08	.06		.22	.08	-.12	.70	.24	-.08
17 Rear udder height	.12	.11	.23	.04	.34	.42	.09	-.01	.02	.20	.02	-.02	-.03	.06	.03	.19		.38	.07	.29	.02	.00
18 Rear udder width	.23	.19	.27	.33	.38	.49	.17	.28	.31	.17	-.02	.25	-.03	.10	.09	.09	.23		.02	-.31	.17	.08
19 Udder support	.05	.06	.11	.05	.26	.14	.01	.03	.04	.07	-.03	.03	.01	.03	.03	.08	.14	.11		-.03	.00	.15
20 Udder depth	.05	.04	-.02	-.06	.16	.31	.17	-.05	-.10	-.04	-.01	-.01	-.04	.07	.01	.28	.16	-.19	.06		.15	-.04
21 Teat placement	.02	.02	.04	.01	.20	.13	.02	.01	.01	.03	-.03	.00	.02	.02	.00	.14	.07	.06	.09	.12		-.18
22 Teat length	.06	.05	.03	.13	-.03	.03	.10	.12	.12	.00	.00	.10	-.03	.02	.04	-.01	.03	.09	.06	-.05	-.07	

^a Readjust linear type scores in 9 classes.

よび長命性の利用. 北畜会報, 40: 1-8.

MISZTAL, I. (1990) Restricted maximum likelihood estimation of variance components in animal model using sparse matrix inversion and a super-computer. J. Dairy Sci., 73: 163-172.

QUAAS, L. R. (1988) Additive genetic model with groups and relationships. J. Dairy Sci., 71: 1338-1345.

ROGERS, G. W., G. BANOS and U. SANDER-NIELSEN (1999) Genetic correlations among protein yield, productive life, and type traits from the United States and diseases other than mastitis from Denmark and Sweden. J. Dairy Sci., 82: 1331-1338.

RUPP, R. and D. BOICHARD (1999) Genetic parameters for clinical mastitis, somatic cell score, production, udder type traits, and milking ease in first lactation holsteins J. Dairy Sci., 82: 2198-2204.

SCHNEIDER, M. DEL P., H. G. MONARDES and R. I. CUE (1999) Effects of type traits on functional herd life in Holstein cows. Proc. 21: 111-116 in INTERBULLMtg. Int. Bull Eval. Serv., Upp-

sala, Sweden.

SHORT, T. H. and T. J. LAWLOR (1992) Genetic parameter of conformation traits, milk yield, and herd life in Holsteins. J. Dairy Sci., 75: 1987-1998.

鈴木三義・井上嘉明・河原孝吉・池内豊 (1996 a) ホルスタインにおける線形審査の主成分スコアと生産期間, 泌乳形質および体型得点の関連. 日畜会報, 67: 727-731.

SUZUKI, M., T. KAWAHARA and Y. IKEUCHI (1996b) Genetic parameters of production and type traits, and productive life in Japanese Holstein. The 8th AAAP Anim. Sci. Congr. Proc. Vol.2, 400-401.

和田康彦・池内豊・松本成生・小畑太郎 (1996) アニマルモデルを用いたわが国のホルスタイン種の体型審査形質の遺伝的パラメータの推定. 畜産試験場研究報告, 57: 1-6.

WEIGEL, K. A., T. J. LAWLOR, Jr., P. M. VANRADEN and G. R. WIGGANS (1998). Use of linear type and production data to supplement early predicted transmitting abilities for productive life. J. Dairy Sci., 81: 2040-2044.

原 著

乾草給与時における北海道和種馬とサラブレッド系馬の 自由採食量および採食行動の比較

新宮 裕子・稲葉 弘之・秦 寛・近藤 誠司・大久保正彦

北海道大学農学研究科, 札幌市北区 060-8589

Voluntary intake and eating behaviour for hay in Hokkaido native horses and light half-bred horses

Yuko SHINGU, Hiroyuki INABA, Hiroshi HATA, Seiji KONDO, Masahiko OKUBO

Graduate School of Agriculture, Hokkaido University, Kita-ku Sapporo-shi 060-8589

キーワード: 自由採食量, 採食時間, 北海道和種馬, サラブレッド系馬, 乾草

Key words: Voluntary intake, Eating time, Hokkaido native horses, Light half-bred horses, Hay

ABSTRACT

To obtain a basic knowledge of feeding ability of Hokkaido native horses, 3 mature Hokkaido native horses and 3 mature light half-bred horses were fed timothy hay ad lib and were compared their voluntary intake and feeding behaviour. The voluntary intake per body weight of Hokkaido native horses tended to be larger than that of light half-bred horses (2.3 vs 2.0%) and body weight changes of both breed horses were similar during this study. A time budget of eating behaviour in 24 hr of Hokkaido native horses was shorter than that of light half-bred horses (654 vs 814 min, $P < 0.01$) and Hokkaido native horses tended to eat more frequently than light half-bred horses. Mean eating duration of Hokkaido native horses was shorter than that of light half-bred horses (18.3 vs 34.2 min, $P < 0.01$). Because eating rate per metabolic body weight in Hokkaido native horses was faster than light half-bred horses, Hokkaido native horses could spend relative short time to eat for maintenance of their body.

要 約

北海道和種馬の採食能力について基礎的知見を得るために、北海道和種成雌馬およびサラブレッド系成雌馬各3頭にチモシー主体一番刈り乾草を *ad lib* 給与し、自由採食量および採食行動を比較した。北海道和種馬の体重当たりの自由採食量はサラブレッド系馬よりも多い傾向にあったが(2.3 vs 2.0%)、試験期間中の体重変化量はほぼ同程度であった。北海道和種馬の1日の延べ採食時間はサラブレッド系馬よりも短かく(654 vs 814分, $P < 0.01$)、1日当たりの採食回数は多い傾向にあった。一方、北海道和種馬の平均採食持続時間はサラブレッド系馬よりも短かった(18.3 vs 34.2分, $P < 0.01$)。北海道和種馬の代謝体重当たりの採食速度はサラブレッド系馬よりも速く、短時間の採食で維持量に達することから採食能力が高いことが示唆された。

緒 言

北海道では、ササ類を利用した北海道和種馬の林間放牧が伝統的に行われてきた。林間放牧地は、人為的な管理がほとんど行われず、地形は複雑で、主な飼料であるササ類は均一に分布していないことが多い。またササ類を始めとし森林内の植物は牧草に比べるとやや低質なものが多く、このような粗放な環境下で周年的に放牧が可能であったのは、北海道和種馬の採食能力が高かったためと考えられている。しかし、本品種の採食能力について、実際に実験を行った報告は少ない。

MICOL and MARTIN-ROSSET (1995) は、採食能力 (feeding ability) を採食行動、飼料選択、採食量および消化などによって評価できると述べている。そこで本試験では、屋外ベンにおいて乾草を給与した時の北海道和種馬の自由採食量および採食時間を取り上げ、北海道和種馬と同一群として周年屋外飼育されてきたサラブレッド系馬と比較し、北海道和種馬の採食能力

に関する基礎的知見を得ることを目的とした。

材料および方法

本試験には、北海道大学農学部附属牧場で周年屋外飼育されている北海道和種成雌馬 3 頭(試験開始時平均体重 394 kg 以下和種馬)およびサラブレッド系成雌馬 3 頭(試験開始時平均体重 548 kg 以下サラ系馬)を供試し、それぞれ 3.6×3.3 m および 3.6×4.0 m の屋外ペンで個別に飼養した。給与飼料はチモシー主体一番刈り無細切乾草を用い、予備期間中に測定した平均採食量の約 110% を 9:00 および 16:30 の 1 日 2 回等量に分けて給与し、自由採食させた。水およびミネラルブロックは自由摂取とした。

試験期間は予備期 7 日間、本期 4 日間とした。自由採食量測定は給与量から前日の残食量を差し引いて行った。本期間中は、ビデオカメラを用いて各供試馬の行動を 24 時間撮影した後、行動形を採食、休息およびその他に分けて 10 分間隔で記録し、それぞれの記録から 1 日の採食および休息時間を算出した。さらに本期 2 および 4 日目に同様の方法で分類した行動形について 1 分間隔で記録を行い、採食行動パターンおよび採食持続時間を求めた。体重は試験開始時および終了時に測定した。

給与飼料は 60℃ で 72 時間以上通風乾燥後、1 mm の篩いを用いて粉碎し一般分析に供した。乾物(DM)、有機物(OM)、粗タンパク質(CP)、粗脂肪(EE)含量測定は AOAC (1980) に従い、中性デタージェント繊維(NDF)、酸性デタージェント繊維(ADF)含量の測定はデタージェント法(VAN SOEST, 1967)に従い行った。総エネルギー(GE)含量は熱研式ボンブカロリーメーター(CA-3 型、島津製作所製)を用いて測定した。

得られた結果の平均値の差は *t* 検定により、頻度分布の差については Kolmogorov-Smirnov test により統計処理を行った。

結果および考察

給与飼料の化学成分およびエネルギー含量を表 1 に、自由採食量および試験期間中の体重変化量を表 2 に示した。給与乾草は CP 7.4%, NDF 71.6% とやや低品質であった。乾物自由採食量は和種馬、サラ系馬で

Table 1 Chemical composition of hay

	(%)	
DM	(%)	86.2
C.ash	(%DM)	6.3
OM	(%DM)	93.7
CP	(%DM)	7.4
EE	(%DM)	2.0
NDF	(%DM)	71.6
ADF	(%DM)	40.6
GE	(Mcal/kgDM)	4.4

Table 2 Dry matter intake and body weight change in Hokkaido native horses (HH) and light half-bred horses (LH)

		HH	LH
DM intake	(kgDM/d)	8.9 ^b ± 0.6	10.9 ^a ± 0.0
	(% of BW/d)	2.3 ± 0.1	2.0 ± 0.1
Body weight change	(kg/d)	-0.9 ± 2.1	-1.2 ± 0.2

^{ab}P < 0.05. Mean ± SD.

それぞれ 8.9 および 10.9 kg/日であったが、体重あたりでは 2.3% および 2.0% であり、和種馬の体重当たりの採食量はサラ系馬よりも多い傾向にあった。試験期間中の体重変化量は、両品種ともに約 -1 kg/日であり、ほぼ同程度であった。ただし、サラ系馬の体重変化量についてはほとんど個体差が見られなかったが、和種馬については個体差が大きく体重が増加した個体も見られた。

KAWAI *et al.*, (1995) は、本試験とほぼ同程度の質の乾草を給与すると和種馬の自由採食量は体重当たり 2.1% であったことを報告しており、本試験の結果よりやや少なかった。また、本試験の値は冬季林間放牧地において Double indicator 法を用いて求めた和種馬のミヤコザサ採食量よりも高い値であった(河合ら, 1997)。

1 日の採食時間および採食速度を表 3 に示した。1 日の採食時間は和種馬、サラ系馬でそれぞれ 654 分、814 分であり、和種馬が短かった(P < 0.01)。1 日の採食量を採食時間で除した採食速度は、両品種間ともほぼ同程度であり、約 13 gDM/分であった。

採食速度を代謝体重(MBW)当たりに換算すると和種馬は 155.2 mgDM/MBW/分であり、サラ系馬の 120.2 mgDM/MBW/分よりも有意に速かった(P < 0.05)。VERNET *et al.*, (1995) は、乾牧草を給与したスポーツホースの採食速度が 148 mgDM/MBW/分であるとしており、この値は本試験で得られた和種馬の値と近いものであった。また、彼らは同じ飼料を給与した場合、小格であるポニーの代謝体重あたりの採食速度は体重 600 kg 程度の馬よりも遅く、その理由とし

Table 3 Eating behaviour in Hokkaido native horses (HH) and light half-bred horses (LH) in 24 hour

		HH	LH
eating time	(min)	654.2 ^B	814.2 ^A
eating rate	(gDM/min)	13.5	13.4
	(mgDM/MBW/min)	155.2 ^a	120.2 ^b
frequency of eating		35.3	25.2
mean eating duration	(min)	18.3 ^B	34.2 ^A
frequency of non-eating		36.3 ^a	26.0 ^b
mean non-eating duration	(min)	23.0	24.8

^{AB}P < 0.01. ^{ab}P < 0.05.

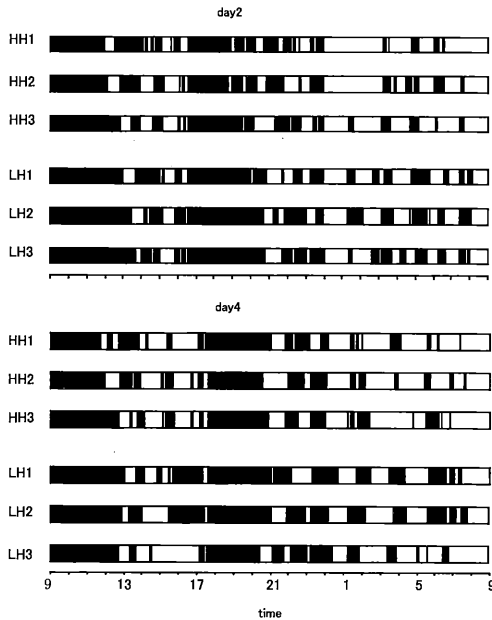


Figure 1 Daily eating pattern of Hokkaido native horses (HH 1~3) and light half-bred horses (LH 1~3) fed hay
 ■ eating □ other

てポニーは咀嚼に使う臼歯の面積が小さいことに起因していると考察した。一般に北海道和種馬は体格に対し頭部が大きいとされている(松本, 1948)。すなわち、和種馬は小格馬であるが臼歯および咀嚼筋は、相対的によく発達していると推測され、咀嚼回数が多く、代謝体重当たりに換算した採食速度が速いと考えられた。

観察 2 および 4 日目の採食行動パターンを図 1 に示した。両品種ともに 9:00 および 16:30 の飼料給与直後に長時間の採食を行う傾向があった。深夜から次の給与時刻までの間は短時間の採食が高い頻度で行われ、採食以外の行動の割合が増加する傾向にあった。MAYES and DUNCAN (1985) は、free-range における馬の採食行動は夜明け後および夕暮れ前に集中すると報告したが、本試験においては飼料給与により採食行動が影響される結果となった。

採食以外の行動が発現した時点で採食が中断したと仮定し、採食が持続した期間を 1 回の採食、採食以外の行動が持続した期間を非採食と定義して、1 日の採食、非採食回数と 1 回の平均採食および平均非採食持続時間を表 3 に示した。和種馬の採食回数はサラ系馬よりも多い傾向にあったが、平均採食持続時間は和種馬、サラ系馬でそれぞれ 18 分、34 分であり、和種馬が短かった ($P < 0.01$)。非採食回数は、和種馬が 36 回でありサラ系馬の 26 回よりも多かった ($P < 0.05$) が、平均非採食持続時間は両品種ともに同程度であった。

採食持続時間の分布を図 2 に示した。この分布でも和種馬は短時間の採食行動が高い頻度で出現し、サラ

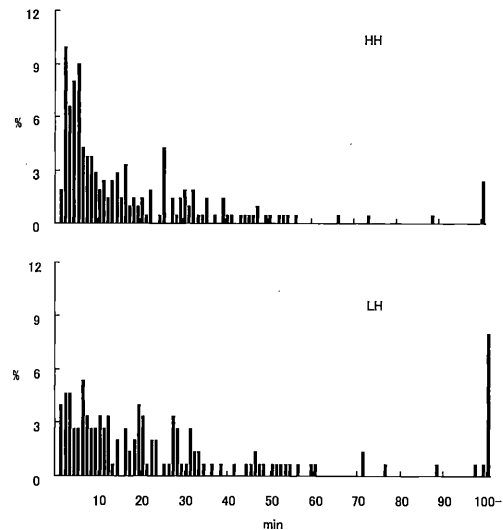


Figure 2 Distribution of eating-duration time of 3 Hokkaido native horses (HH) and 3 light half-bred horses (LH) in total of 2 days (day2 & 4), expressed as percentage

系馬は 100 分以上の長時間の採食行動が高い頻度で観察された。両品種間の分布には有意な差が見られた ($P < 0.01$)。

RALSTON (1984) は舎飼時における馬の meal パターンが Free-range における馬のものとほぼ同様の傾向を示すとしており、本試験で得られた舎飼時での和種馬の 1 日の採食回数および平均採食持続時間は、林間放牧地においても大きな変化はないものと推測される。一方、本試験の結果から採食行動パターンは和種馬およびサラ系馬ともにほぼ同様であり、放牧した場合、両品種の行動パターンはおそらく放牧中のカマルグ馬が示す行動型 (MAYES and DUNCAN, 1985) と類似して、夜明け後および夕暮れ前に採食行動が集中するものと思われる。しかし、採食回数や持続時間で組み立てられる meal パターンは本試験の結果と同様に両品種で異なっていると予想される。

以上の結果から、和種馬の体重当たりの採食速度はサラ系馬よりも速く、維持量に達するまでの採食時間は和種馬が短いことが示唆された。結果的に、1 日のうちで採食以外の時間が長い和種馬は、放牧地において飼料選択や飼料探しの為に長時間を費やすことが可能になり、放牧地においても高い採食能力を有している可能性が示された。

文 献

- A.O.A.C. (1980) Official methods of analysis. 13th ed., Association of Official Agricultural Chemists, Washington, D.C.
- KAWAI, M., K. JUNI, T. YASUE, K. OGAWA, H. HATA, S. KONDO, M. OKUBO and Y. ASAHIDA (1995) Intake, digestibility and nutritive value of *Sasa nipponica* in Hokkaido native horses. J. Equine Sci., **6**: 121-125.
- 河合正人・近藤誠司・秦寛・大久保正彦 (1997) 冬期林間放牧地における北海道和種成雌馬のミヤコザサ (*Sasa nipponica*) 採食量および採食時間. 北畜会報, **39**: 21-24.
- 松本久喜 (1948) 北海道和種馬. 在来馬. 62-84. 北方出版社. 札幌.
- MAYES, E. and P. DUNCAN (1985) Temporal patterns of feeding behaviour in free-ranging horses. Behaviour, **77**: 105-129.
- MICOL, D., and W. MARTIN-ROSSET (1995) Feeding system for horses on high forage diets in the temperate zone. Proceedings of the IVth international symposium on the nutrition of herbivores, 569-584. INRA editions, Paris.
- RALSTON, S. L. (1984) Control of feeding in horses. J. Anim. Sci., **59**: 1354-1361.
- VAN SOEST, P. L. (1963) The use of detergents in the analysis of fibrous feeds. J. Assn. Official Agr. Chem., **46**: 825-828.
- VERNET, J., M. VERMOREL and W. MARTIN-ROSSET (1995) Energy cost of eating long hay, straw and pelleted food in sport horses. J. Anim. Sci., **61**, 581-588.

原 著

ドナー核に極性化割球および非極性化割球を用いたウシの核移植

川田 訓¹・小山 久一²・鈴木 裕之³

¹農林水産省家畜改良センター新冠牧場, 静岡町 056-0141

²酪農学園大学, 江別市 069-8501

³弘前大学, 弘前市 036-8560

Polarized or non-polarized blastomeres as donor nuclei in the production of bovine nuclear transfer embryos

Satoshi KAWATA¹, Hisaichi KOYAMA², Hiroyuki SUZUKI³

¹National Livestock Breeding Center Niikappu station, Shizunai-cho 056-0141

²Rakuno Gakuen University, Ebetsu-shi 069-8501

³Hirosaki University, Hirosaki-shi 036-8560

キーワード : 核移植, ウシ受精卵, 極性化割球, 非極性化割球, FITC-Concanavalin A 染色法

Key words : Nuclear transfer, Bovine embryos, Polarized blastomere, Non-polarized blastomere, FITC-Concanavalin A staining

ABSTRACT

The mammalian embryos became polarized, appeared polarized and non-polarized cells in developing to blastocyst stage. Polarized cells were thought to form trophectoderm, whereas non-polarized cells were thought to form inner cell mass in blastocyst. The polarization recognized distribution of microvillus on blastomere. It was possible to classify between polarized blastomere and non-polarized blastomere by difference for microvillous distribution. We investigated the efficiency of FITC-Concanavalin A staining that to classify polarized or non-polarized blastomere of bovine embryos and the relationship between polarization of blastomere that classified with FITC-Concanavalin A staining and developmental potential of reconstituted embryos by nuclear transfer with polarized or non-polarized cells. Nuclear donor cells, which 16-32 cell stage, were produced by IVM-IVF-IVC of oocytes. Blastomere isolated bovine embryos were stained with FITC-Concanavalin A. Transfer of no stained donor cell resulted in significantly higher rate of fused than use of donor cells stained with FITC-Concanavalin A (64.9 versus 39.0). There were no differences that, however, developments rate to 2-cell, 8-cell, morulae and blastocyst stage of reconstituted embryos that transferred stained or non-stained blastomere. Those findings were thought that FITC-Concanavalin A staining influenced fusion of donor cell and recipient oocyte. Isolated blastomere stained with FITC-Concanavalin A were observed by fluorescent microscope, classified polarized cells and non-polarized cells and transferred to recipient oocytes. Transfer of non-polarized cells resulted in significantly higher rate of development to morulae and blastocyst stage than transfer of polarized cells (34.3% versus 9.1%). Those were no difference that, however, fusion and development to 2- and 8-cell stage of reconstituted embryos that transferred polarized or non-polarized cells.

Those findings were thought that non-polarized blastomere maintained more development capacity than polarized blastomere. In the case of nuclear transfer with embryo cells, also, it was suggested that efficiency production of reconstituted embryos was possible by transfer of non-polarized blastomere.

要 約

受精卵は胚盤胞への発生の過程で極性化が生じ、極性化割球は栄養膜細胞層を形成し、非極性化割球は内細胞塊を形成する。この極性化は、微絨毛の分布の違いにより確認することができ、極性化割球と非極性化割球に分類することが可能である。そこで本研究では、受精卵割球の微絨毛の分布を観察するために用いる FITC-Concanavalin A 染色法が核移植後の再構築胚の発生に及ぼす影響ならびに FITC-Concanavalin A 染色法で選別した割球の極性化の有無と再構築胚の発生との関係を追及した。体外成熟-受精-発生培養により作出した 16-32 細胞期胚の割球を供試した。個々に分離した割球は FITC-Concanavalin A 染色を施した。FITC-Concanavalin A 染色割球および無染色割球をドナー核とし、レシピエント卵子へ移植したとき、融合率 (39.0%および 64.9%) は無染色割球において有意に高かったが、8 細胞期および桑実胚および胚盤胞への発生率においては両者の間に差は認められなかった。このことから、FITC-Concanavalin A 染色法は、融合には影響を及ぼすが、それ以後の胚の発生には影響を及ぼさないと考えられた。分離割球を FITC-Concanavalin A 染色後、蛍光観察を行い、極性化または非極性化に分類し、それぞれの割球をレシピエント卵子へ移植した。非極性化割球をドナー核として核移植したとき、融合率、2 細胞期および 8 細胞期への発生は認められなかったが、桑実胚および胚盤胞への発生は極性化割球を核移植したときと比較して有意に高かった (34.3%および 9.1%)。

これらの結果から、非極性化割球は極性化割球よりも高い発生能を持つことが考えられた。また、受精卵割球をドナー核とする核移植においては、非極性化割球を用いた再構築胚の効率的生産が可能と考えられた。

緒 言

受精卵は卵割を繰り返すことにより細胞数を増やし桑実胚、胚盤胞に達するが、その過程において極性化が生じる。マウス胚では後期 8 細胞期であることが知られており、16 細胞期において極性化割球と非極性化割球が存在し (ZIOMEK *et al.*, 1982)、割球表面の微絨毛の分布の違いによって極性化を判断することができると報告されている (DUCIBELLA *et al.*, 1977; HAN-DYSIDE 1980; JOHNSON and ZIOMEK 1981; JOHNSON *et al.*, 1986)。極性化割球は栄養膜細胞層を形成し、非極性化割球は内細胞塊を形成すると考えられている (WILEY 1988)。また、この微絨毛の分布の変化は、ウシにおいても同様に発現すると報告されている (川田ら 1997; KOYAMA *et al.*, 1994)。従って、予め非極性化割球を確認した受精卵割球による核移植を行うこ

とが、効率よく再構築胚を作出できる方法の 1 つと考えられる。しかし、極性化の有無を確認した後の受精卵割球によるウシの核移植に関する報告は極めて少ない (NAVARA *et al.*, 1994)。

そこで本研究では、ウシ核移植において、割球の微絨毛の分布により極性化を判定するために用いる FITC-Concanavalin A 染色法が核移植後の再構築胚の発生に及ぼす影響 (実験 1) と FITC-Concanavalin A 染色法で選別した割球の極性化の有無と再構築胚の発生との関係 (実験 2) を追究した。

材料と方法

レシピエント卵子

レシピエント卵子には、食肉処理場由来のウシ卵巢の小卵胞 (直径 2-8 mm) から吸引採取した卵胞内卵子に体外成熟培養を施し、得られた第一極体放出後の成熟卵母細胞から除核したものをを用いた。体外成熟培養は、8%ウシ胎子血清 (FCS; GIBCO) および 0.02 AU FSH (デンカ製薬) を添加した TCM199 (GIBCO) を用い、5%CO₂、95%空気、飽和湿度、38.5℃の気相条件下で 20-24 時間行った。除核は、0.2%ヒアルロニターゼ (SIGMA) 溶液中で卵母細胞を裸化し、サイトカラシン B (C.B, 5 μg/ml; SIGMA)、8%FCS 添加 TCM199 に 15 分間浸漬した後、マイクロピペットによって行った。除核の確認は 0.001%アクリジンオレンジ (和光純薬) 染色によって行った。なお、以下の培養における気相条件は体外成熟培養と同じである。

レシピエント卵子の活性化処理

活性化処理は、体外成熟培養 24-26 時間目に行った。まず、0.1%ポリビニールアルコール (SIGMA)、0.05 mM CaCl₂ および 0.1 mM MgSO₄ 添加 0.3 M マンニトール (和光純薬) 溶液で 15 分間平衡後、白金線電極の間にレシピエント卵子を置き、細胞融合装置 (BTX, ECM 200) を用いて直流パルス (75 V/mm, 50 μsec) を 2 回与えた。活性化後のレシピエント卵子は直ちに 1%シクロヘキシミド (SIGMA) および 8%FCS 添加 TCM199 で 6 時間培養した後、ドナー核を移植するまで 8%FCS 添加 TCM199 中で培養しながら保存した。

ドナー核

ドナー核の受精卵割球には、レシピエント卵子と同様に体外成熟培養を行った成熟卵母細胞に体外受精および体外発生培養を施して得られた 16-32 細胞期胚の割球を用いた。体外受精はホルスタイン種雄牛の凍結精液を用い、2%カフェイン (SIGMA) およびヘパリン (2.6 U/ml; 小玉) 添加 BO 液で精子浮遊液 (精子濃度 1.0×10⁷/ml) を作製し、6 時間の媒精を行った。体外発生培養は 8%FCS 添加 TCM199 で行い、体外

発生培養開始3日目(媒精日=0日目)に、8細胞以上に発生した胚のみを単層形成させた卵管上皮細胞との共培養し、さらに発生培養を行った。

発生培養4-6日目の胚の透明帯を酸性D-PBS (pH2.5) とプロナーゼ (SIGMA) 溶液で除去した後、 Mg^{++} および Ca^{++} 欠D-PBS (GIBCO) 中でピペッティングにより個々の割球に分離した。分離後の割球は核移植または FITC-Concanavalin A 染色に供するまで、8%FCS 添加 TCM199 で培養しながら保存した。

FITC-Concanavalin A 染色法

FITC-Concanavalin A 染色法は Ziomek *et al.* (1981) の方法に準じて行った。すなわち、0.01% FITC-Concanavalin A (SIGMA) および 0.4% BSA 添加D-PBS に 0.02% アジ化ナトリウム (SIGMA) を添加した染色液に分離した割球を 15 分間浸漬して染色した。染色後、蛍光顕微鏡 (励起光 495 nm; NIKON) で極性化割球および非極性化割球に分類した。蛍光顕微鏡による観察は、1 回の紫外線照射を 1 秒以内とし、10 回以内の照射に留めた。

核移植および融合

核移植は、マイクロマニピュレーター (NARISIGE) に装着したマイクロピペットに吸引したドナー核をレシピエント卵子の囲卵腔におき、レシピエント卵子に活性化刺激を与えてから 9 時間目にマニトール液に 15 分間浸漬したのち、白金線電極の間にレシピエント卵子とドナー核の接触面が平行となるように静置し、活性化刺激と同じ条件の直流パルス を 2 回与えた。融合後、完全に融合した卵子のみを選び、8%FCS 添加 TCM199 中で卵管上皮細胞との共培養を 10 日間継続した。

本実験を行うにあたって、ドナー核とする 1 胚に含まれる割球数よりもレシピエント卵子数が少ない場合が多々生じた。その場合は、割球を無作為に移植し、残った割球は廃棄した。

実験1 FITC-Concanavalin A 染色法が核移植後の再構築胚の発生に及ぼす影響

Concanavalin A の細胞毒性を検討するため、FITC-Concanavalin A 染色割球および無染色割球をドナー核として用いて核移植を行い、その成績を比較検討した。

なお、無染色割球は染色操作および紫外線照射は行わなかった。

実験2 ドナー核に極性化割球および非極性化割球を用いた核移植

FITC-Concanavalin A 染色法によって選別した極性化および非極性化割球をドナー核として核移植を行い、再構築胚の発生に及ぼす影響を検討した。

統計処理

統計処理は、実験1および実験2における2細胞、8細胞および桑実胚および胚盤胞への発生の比較を χ^2 検定にて行った。

結 果

Table 1 にドナー核を分離した胚の構成割球数を示した。Table 2 に実験1の結果を示した。FITC-Concanavalin A 染色割球および無染色割球をドナー核としたときの融合率は、染色割球において有意に低下することが認められた (39.0% および 64.9%; $P < 0.01$)。2細胞期胚、8細胞期胚および桑実胚および胚盤胞への発生率においては無染色割球と染色割球の間で差は認められなかった。

実験2の結果は、Table 3 に示した。非極性化割球をドナー核として核移植したとき、融合率、2細胞期お

Table 1 Mean number of blastomere in embryos isolated donor cells

Donor cell treated	No. of embryo used	No. of blastomere (range)	No. of blastomere (mean±SEM)
Non stained	11	10-42	21.3±10.6
Stained	15	19-39	26.8± 6.5

Table 2 Development of nuclear transfer embryos with FITC-Concanavalin A stained donor cells.

Donor cell type	No. of attempted	fusionNo. (%) ²⁾ of oocyte fused	No. (%) ³⁾ of embryos developed to		
			2-cell	8-cell	Molurae and Blastocyst
Non stained	151	98 ^a (64.9)	70(71.4)	35(35.7)	33(33.7)
Stained	118	46 ^b (39.0)	39(84.8)	24(52.2)	14(30.4)

Volues in parentheses are percentages

1): Volues in parentheses are average number of blastomeres in embryos

2): No. of oocyte fused/No. of attempted fusions

3): No. of embryos developed to/No. of oocyte fuseda vs. b : Volues within columus with difference superscripts differ, $p < 0.01$

Table 3 Development of nuclear transfer embryos with polarized or non-polarized donor cells selected by FITC-Concanavalin A stain method.

Blastomeres type	No. of attempted fusion	No. (%) ¹⁾ of oocyte fused	No. (%) ²⁾ of embryos developed to		
			2-cell	8-cell	Molurae and Blastocyst
Polarized	38	11(28.9)	8(72.2)	6(54.5)	1 ^a (9.1)
Non-polarized	80	35(43.8)	31(88.6)	18(51.4)	12 ^b (34.3)

Values in parentheses are percentages

1): No. of oocyte fused/No. of attempted fusions

2): No. of embryos developed to/No. of oocyte fused

a vs. b : Values within column with difference superscripts differ, $p < 0.05$

よび8細胞期への発生に差は認められなかったが、桑実胚および胚盤胞への発生は極性化割球を核移植したときと比較して有意に高かった (34.3%および9.1%, $P < 0.05$).

考 察

本実験で割球の極性化を識別するのに用いた FITC-Concanavalin A 染色法は蛍光反応が明瞭で、割球の微絨毛の観察が容易にできる利点がある。しかし、FITC-Concanavalin A は細胞毒性を有することが知られており (千田ら 1994; GUNTHER *et al.*, 1973), 染色後の割球を核移植に用いると、再構築胚の発生率に影響を及ぼすことが考えられる。このことに関して、FITC-Concanavalin A 染色の影響を検討した本実験 (実験 1) の結果は、染色割球で 2 細胞期への発生率は差がないものの、融合率が低くなることを

示し、FITC-Concanavalin A 染色液による影響が示めされた。FITC-Concanavalin A がどのようなメカニズムで割球に影響したかは不明であるが、実験 1 の核移植過程で染色割球をマイクロピペットに吸引したとき細胞膜が崩壊してしまうものが多数観察された。このことは染色割球の細胞膜が変質して脆弱化していることを示唆しており、融合率低下との関連が考えられた。KEFFER *et al.*, (1994) は卵母細胞を Hoechst 33342 で染色し、10 秒以内の観察ならば卵母細胞に対する影響はないと報告している。本実験では蛍光顕微鏡下の紫外線照射は 1 回 1 秒以内とし、合計 10 回の照射を限度として観察を行ったが蛍光観察中もしくは観察後の染色割球に形態的变化はなんら認められなかったので、紫外線の影響はなかったものと考えられる。

ドナー核に用いた割球の極性化の有無と再構築胚の

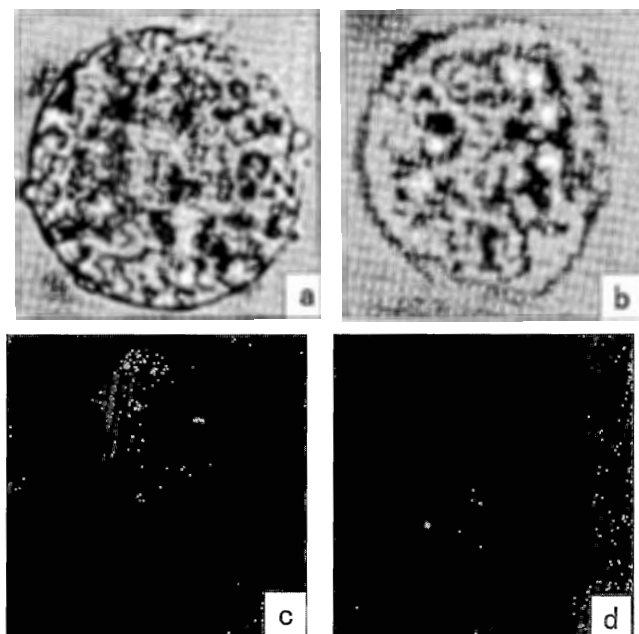


Figure 1. Phase-contrast (a, b) and fluorescence photomicrographs (c, d) of blastomere of 32-cell stage embryo with FITC-Concanavalin A staining. ($\times 200$)

(a, c) Polarized blastomere. (c) The polarized labelling observed with upside surface of blastomere. (b, d) Non-polarized blastomere. (d) The uniform surface labelling.

発生能との関係については, NAVARA *et al.*, (1994) が FITC-Concanavalin A よりも毒性の少ない Succinyl-Concanavalin A を用いた染色法で極性化割球と非極性化割球を選別して核移植を行なったところ, 極性化割球による再構築胚の発生率が有意に低下することを報告している。本実験(実験2)においても, 非極性化割球による再構築胚の桑実胚および胚盤胞の発生率では有意の差が得られた。これらのことから受精卵割球をドナー核とする核移植においては, 非極性化割球を用いることで再構築胚の効率的な生産が可能と考えられた。また, 極性化割球を用いたときも桑実胚は得られた。ZIOMEK *et al.*, (1982) は, マウス胚において極性化割球の再集合胚を子宮内に移植したとき, 正常胚と同様の発生を観察したことを報告している。これは極性化割球の中にも全能性を有するものが存在していることを示唆するものであり, 割球の極性化と全能性との関係を検討する必要があると考えられた。

ZAKHARTCHENKO *et al.*, (1995) は, 桑実胚割球をドナー核として核移植を行ったところ, 小さい割球をドナー核としたほうが, 大きい割球を用いるよりも多くの胚盤胞が得られたことを報告している。著者らは, 桑実胚(32-74細胞)において, 非極性化割球の直径が極性化割球よりも小さい傾向にあることを観察している(未発表データ)。このことから, 非極性化割球をドナー核として用いたとき, 桑実胚および胚盤胞への発生率が有意に高かったのは, 極性化割球と比較して非極性化割球に全能性を維持している割球が多かったものと推察された。

謝 辞

実験を行うにあたり, ご協力いただいた酪農学園大学酪農学部家畜繁殖学の方々に感謝の意を表します。

供試材料のウシ卵巣の提供に便宜をいただきました, 北海道早来食肉衛生検査所および十勝畜産公社の方々に深謝いたします。

文 献

千田 智・鈴木雅洲・L.METTLER (1994) 細胞間接着物質-Concanavalin A がマウス受精卵の発育に与える影響。日不妊会誌, **39**: 156-160。
DUCIBELLA, T., T. UKENA, M. KARNOVSKY and E. ANDERSON (1977) Changes in cell surface and cortical cytoplasmic organization during early embryogenesis in the preimplantation mouse

embryo. J. Cell Biol., **74**: 153-167.

GUNTHER, G.R., J.L. WANG, I. YAHARA, B.A. CUNNINGHAM and G.M. EDELMAN (1973) Canavalin A derivatives with altered biological activities. Proc. Natl. Acad. Sci. USA, **70**: 1012-1016.

HANDYSIDE, A.H., (1980) Distribution of antibody- and lectin-binding sites on dissociated blastomeres from mouse morulae: evidence for polarization at compaction. J. Embryol. exp. Morph., **60**: 99-116.

JOHNSON, M.H. and C.A. ZIOMEK, (1981) Induction of polarity in mouse 8-cell blastomeres: Specificity, geometry, and stability. J. Cell Biol., **91**: 303-308.

JOHNSON, M.H., B. MARO and M. TAKEICHI, (1986) The role of cell adhesion in the synchronization and orientation of polarization in 8-cell mouse blastomeres. J. Embryol. exp. Morph., **93**: 239-255.

川田 訓・小山久一・平尾和義・香川マスミ・鈴木裕之, (1997) ウシおよびウサギ胚割球における極性化に関する研究。日本胚移植学会誌, **19**: 70.

KEFFER, C.L., S.L. STICE and D. L. MATTHEWS, (1994) Bovine inner cell mass cells as donor nuclei in the production of nuclear transfer embryos and calves. Biol. Reprod., **50**: 935-939.

KOYAMA, H., H. SUZUKI, X. YANG, S. JIANG and R.H. FOOTE, (1994) Analysis of polarity of bovine and rabbit embryos by scanning electron microscopy. Biol. Reprod., **50**: 163-170.

NAVARA, C.S., M.M. SIMS and N. L. FIRST, (1992) Timing of polarization in bovine embryos and developmental potential of polarized blastomeres. Biol. Reprod. (supple), **46**: 71 (abstract).

WILEY, L.M. (1988) Trophectoderm: The first epithelium to develop in the mammalian embryo. Scanning Microscopy, **2**: 417-426.

ZAKHARTCHENKO, V., E. WOLF, G.A. PALMA and G. BREM (1995) Effect of donor embryo cell number and cell size on the efficiency of bovine embryo cloning. Mol. Reprod. Dev., **42**: 53-57.

ZIOMEK, C.A. and M.H. JOHNSON (1981) Properties of polar and apolar cells from the 16-cell mouse morula. Wilhelm Roux's Archives, **190**: 287-296.

ZIOMEK, C.A., M.H. JOHNSON, and A.H. HANDYSIDE (1982) The developmental potential of mouse 16-cell blastomeres. J. Exp. Zool., **221**: 345-355.

研究ノート

ホイップクリームの性状に関する研究 — 温度と保存日数の影響 —

山口 和美・中村 邦男・斎藤 善一・石下 真人・鮫島 邦彦
酪農学園大学酪農学部, 江別市 069-8501

Studies on the Some Properties of Whipping Cream — The Effects of Temperature and Storage —

Kazumi YAMAGUCHI, Kunio NAKAMURA, Zenichi SAITO, Makoto ISHIOGOSHI, Kunihiko SAMEJIMA

Faculty of Dairy Science, Rakuno Gakuen University, Ebetsu-shi 069-8501

キーワード：ホイッピングクリーム, 動的粘弾性, レオロジー

Key words : whipping cream, dynamic viscoelasticity, rheology

要 約

ホイップクリームの品質に及ぼす攪拌と保存の影響を調べる目的で本実験を行った。実験項目は顕微鏡観察, 色調及び動的粘弾性の測定を行い, 乳脂肪クリーム及び植物性クリームを比較した。ホイップクリームの動的粘弾性は温度依存性があり, 乳脂肪クリームが植物性クリームよりも大きかった。ホイップクリームは気泡の周りに脂肪球が連続して分散している様子が顕微鏡観察により観察された。温度上昇に伴うホイップクリームの物性変化は脂肪や気泡の変化に対応していることが推察された。

緒 言

ホイップクリームを種々の食品に利用・調理する場合, それぞれの用途に応じた固さが要求される。一般にホイップクリームの固さは攪拌の度合いやクリームの品質によって決定される。クリームは攪拌すると微細な気泡が混入して固化し, この泡立ったままの状態をホイッピングクリームといっている (以後, ホイップクリームと記す)。ホイップクリームなどの食用固体脂は O/W 型や W/O 型エマルジョンという物理状態で水や乳化剤, 糖, タン白質, 気泡などと相互作用しながら複雑な挙動を示している (上野ら, 1998)。クリームの種類には, 乳脂肪クリーム, 乳脂肪に安定剤や抗酸化剤などの添加物が入ったもの, 乳脂肪に植物性油脂を混合したもの, 植物性油脂クリームなど 4 種類があり, 例えばポタージュのように温かいスープ料理に

は乳脂肪クリームを用いることが多く, ババロアなどの冷菓には植物性クリームを泡立てて用いることが多い。その理由としては風味上あるいはレオロジー的嗜好によるものと考えられるが, これらの報告は少なく, 例えば全脂濃縮乳の流動特性 (川越ら, 1999), スプレッドの動的粘弾性 (田尻ら, 1998) を測定して報告しているにすぎない。クリームの適性はホイップの安定性が重視される傾向にあり, 本研究ではホイップクリームの物性について調製する際の攪拌による影響を調べる目的で光学顕微鏡観察及び動的粘弾性の測定を行った。さらに乳脂肪及び植物性クリームの比較を行い, 保存日数に対する色調の変化について調査した。

実験材料および実験方法

1. 試料の調製

試料原料は市販の乳脂肪クリーム (乳脂肪分 47.0%) 及び植物性クリーム (無脂乳固形分 3.5%, 植物性脂肪 40.0%) を用いた。ホイップクリームの調製方法は, 乳脂肪及び植物性クリームを 5℃ 冷蔵庫内で電動ミキサー (愛工舎製ケンミックスシェフ KM-201) を用いて泡立てた。クリーム温度と起泡性の関連について, 5℃ クリームの起泡性が優れており, 5~10℃ は脂肪球が凝集しやすい (山崎ら, 1995) と考えられる為, 本研究ではクリーム温度を 5℃ に設定した。泡立て方はホイップ時間を 1 分~5 分まで時間を変えて固さの調節を行い, オーバーランの測定を行った。オーバーランは直径 3.0 cm×高さ 3.9 cm (水 25 ml 容) のプラスチック容器にクリームをホイップ前後で計量し, 算出した。便宜上クリームの比重は 1.0 とし, 1 ml 容積当りの重量を 1 g に換算した。オーバー

ランは次式によって求められた。

オーバーラン OR(%) = $((A-B)/B) \times 100$ (A=ホイップ前の試料重量, B=ホイップ後の試料重量)

オーバーラン 100~120%で絞り袋で絞り出した時、尖端が明確になる状態(つのが立つ固さ)の試料をオーバーラン大の試料とした。本実験条件下ではホイップ時間 4~5 分で得られた。一方、オーバーラン 50~70%で絞り出した時、その状態を維持できない軟らかい試料をオーバーラン小とし、ホイップ時間 1~2 分で得られた。

2. 実験方法

1) 顕微鏡観察

クリーム及びホイップクリームの組織構造は、光学顕微鏡 (Nikon 社製 Eclipse E800 型) を用い、ズダン黒 B で染色後、倍率 400 倍により観察した。

2) 色調の測定

ホイップクリームの明度、色度及び色差を測色色差計 (東京電色工業製 Color and color difference meter model Tc-8600) を用い、 $L^*a^*b^*$ 表色系で示した (L^* は明度, a^*b^* は色度を現す)。

3) 動的粘弾性の測定

(1) 貯蔵弾性率及び損失弾性率

動的粘弾性は東洋精機製作所の Reolo-graph-sol を用い、昇温速度 $2^\circ\text{C}/\text{min}$ で $5\sim 40^\circ\text{C}$ までの加熱中の測定を行った。貯蔵弾性率は弾性要素、損失弾性率は粘性要素を示す。

(2) 損失正接

試料に正弦的なひずみを与えると試料内の粘性的要素の働き (内部摩擦) により、応力がひずみと同一位相で振動せず、位相のずれ δ をおこす。この時 δ は損失角を意味し、損失正接 $\tan \delta$ は次式 $\tan \delta = G''/G'$ によって求められる。

結果および考察

1) 顕微鏡像

光学顕微鏡観察を図 1 に示した。図 1-a はホイップ前の乳脂肪クリームを撮影したものであり、緻密で間隙がほとんどみられなく、密度が高いことが観察される。図 1-b はオーバーラン大のホイップ直後のクリームであり、気泡の周りを球状物質が連続して配置している様子が観察される。この球状物質の直径は平均 $3.18 \pm 0.70 \mu\text{m}$ であることから、脂肪球であると推察される。一方、図 1-c はホイップ後 6 日保存したクリームであり、気泡の減少と脂肪球も崩壊して不明瞭になっている。ホイップクリームは、攪拌によって抱き込まれた気泡の周りに、タン白質皮膜ができ、脂肪粒子が液層/空気界面または液層中に凝集することによって構造がしっかりしてくる (上野ら, 1998) とい

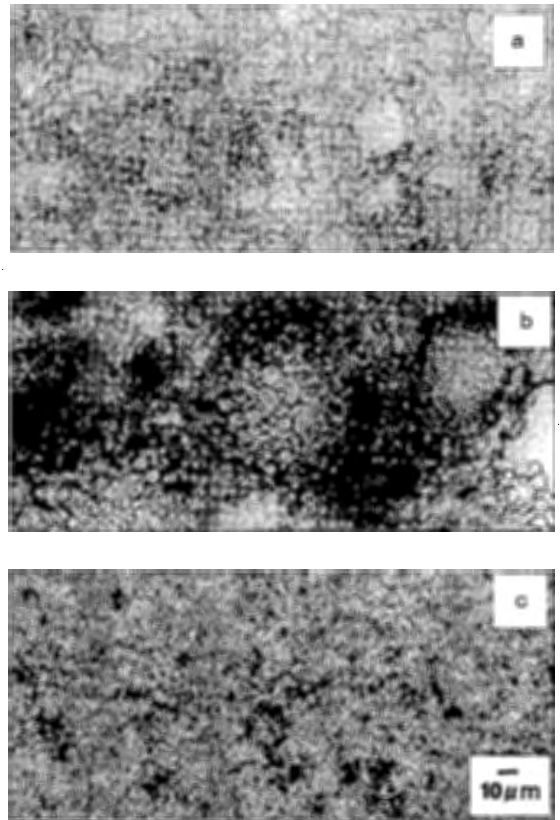


図 1 クリーム及びホイップクリームの光学顕微鏡写真

図 1-a; ホイップ前, b; ホイップ直後, c; ホイップ後 6 日保存した乳脂肪クリームを示したものである。光学顕微鏡 ($\times 400$)。

われており、実験結果から同様のことが推察される。

2) 色調

ホイップクリームの色調に及ぼす保存日数の影響を表 1 に示した。ホイップクリームの品質評価基準には「クリーム色」という色調があり、クリーム色に影響する要因としてリポフラビン、カゼインミセル、 β カロテン、キサントフィルの関与がある。クリームの色調のうち、黄緑色は乳清のリポフラビンに由来し、白色はカゼインミセル等、黄色味は脂溶性色素である β カロテンやキサントフィルに由来している (斎藤ら, 1990)。一方、 $L^*a^*b^*$ 表色系による L^* は明度 (lightness) を現し、同じ条件で照明された白に見える面で基準化さ

表 1 ホイップクリームの保存日数による色調の変化

		1 日目	3 日目	6 日目
乳脂肪クリーム	L^*	74.96 ± 0.06	74.57 ± 0.06	74.34 ± 0.14
	a^*	-1.91 ± 0.13	-1.83 ± 0.10	-1.78 ± 0.03
	b^*	6.83 ± 0.09	7.58 ± 0.07	7.74 ± 0.05
植物性クリーム	L^*	73.55 ± 0.14	72.84 ± 0.63	72.33 ± 0.24
	a^*	-1.74 ± 0.09	-1.93 ± 0.26	-2.18 ± 0.09
	b^*	4.36 ± 0.05	5.02 ± 0.12	5.30 ± 0.04

L^* : 明度

a^*b^* : 色度

れた明るさを意味している。a*b* は色度を現し、-a* は緑方向、b* は黄方向を示している。表 1 における乳脂肪及び植物性クリームの L* 値（明るさ）や -a* 値（緑方向）は保存日数によって変化が小さいが、b* 値（黄方向）は増加を示し、乳脂肪クリームが植物性のそれよりも大きかった。生乳の色彩値に関する報告（北海道立根釧農業試験場研究部，1998）では、生産月別にみた生乳 b* 値と牛乳中 β カロテン含量には相関があり、生乳中の黄色味にはキサントフィルなど牧草由来の色素の関与を示唆している。従って本研究においても、乳脂肪クリームの b* 値が大きかった理由は、 β カロテン含量、キサントフィル含量及びそれらの酸化などによる影響と考えられた。

3) 動的粘弾性

(1) 貯蔵弾性率及び損失弾性率

図 2～3 に貯蔵弾性率 G' 及び損失弾性率 G'' の温度による変化を片対数グラフ上に示した。動的粘弾性特性の $G'G''$ 値の変化は、貯蔵弾性率 G' が損失弾性率 G'' よりも大きく、それぞれ温度上昇に伴って減少する。これは温度上昇に伴って脂肪が融解し、泡立てた気泡を減少させていく過程と対応しているものと考察する。図 2 は乳脂肪クリームの $G'G''$ 値の変化を示しており、最大弾性率 ($G'_{\max}$) は 5℃ 付近に存在し、30～36℃ におけるヒトの口中温度では、 G' が 10^3 (Pa) のオーダーにまで著しく減少している。一方、図 3 は植物性クリームを示しており、 $G'G''$ 値は乳脂肪クリームよりも小さかったが、5～30℃ 付近において比較的安定していることが観察された。この理由はスプレッ

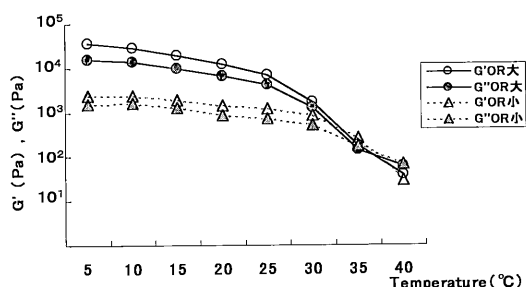


図 2 ホイップクリームの動的粘弾性に及ぼす温度の影響（乳脂肪クリーム）

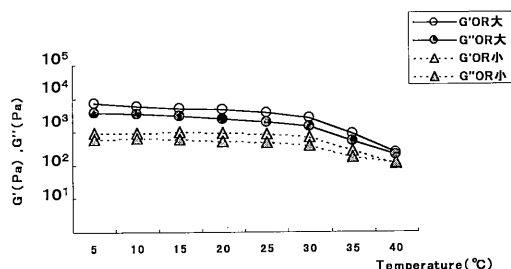


図 3 ホイップクリームの動的粘弾性に及ぼす温度の影響（植物性クリーム）

ドのレオロジー的性質に影響を与える因子に脂肪含有量、乳化剤の影響が挙げられており（田尻ら，1998）、脂肪含有量が高い程レオロジー的性質は水相より油相に依存することや乳化剤の添加は離水を防ぐことを示し、本研究においても同様の理由が挙げられる。植物性油脂を原料としたイミテーション・クリームでは配合組成にカゼインナトリウム 1%，脱脂粉乳 4%，親油性乳化剤 1～1.5%が含まれ、親油性乳化剤の種類にはレシチン、モノグリセリド、ソルビタンエステル等が挙げられている。即ち、植物性クリームは乳脂肪クリームに比較し、水相中に含まれる親油性乳化剤による効果を推察できる。

次に、オーバーランによる違いの比較を行った。オーバーランとは空气の混入割合を示す指標であり、オーバーランが増加すると食感に影響する（小久保，1999）。図 2～3 におけるオーバーランの違いは、いずれのクリームもオーバーラン小の $G'G''$ 値が小さかった。これは、オーバーラン小のクリームはレオロジー的性質が水相に依存するため、保形性が小さいことと対応していると推察する。

さらに、ホイップクリームの組織構造と物性の間の関連性を検討した。オーバーラン大にホイップした乳脂肪クリーム（図 1-b）は図 2 の動的粘弾性に対応している。ホイップ前の乳脂肪クリーム（図 1-a）及び 6 日間保存したホイップクリーム（図 1-c）についても同様に動的粘弾性の測定を行ったが、測定値が極めて低く、かつ一定しなかった。この理由は図 1-a（ホイップ前の乳脂肪クリーム）の粘度が測定可能最小値（1 Pa）よりも低値である為である。図 1-c（6 日間保存した乳脂肪ホイップクリーム）については測定中に試料が油相と水相に分離してしまったことが挙げられる。未発表のデータであるが、乳脂肪クリームをホイップ後 6 日間保存すると新鮮なものに比べて離水量が約 20% 増加することを確認している。これらの結果は、ホイップクリームの動的粘弾性には起泡性に関与していることを示している。

(2) 損失正接

図 4 にオーバーランが大きい乳脂肪及び植物性ホイップクリームの温度による損失正接 ($\tan \delta$) の変化を示した。損失正接は弾性要素と粘性要素の割合を示す値であり、試料が弾性体に近いものであるとひずみと応力の位相のずれがほとんどなく、 $\tan \delta$ は 0 に近

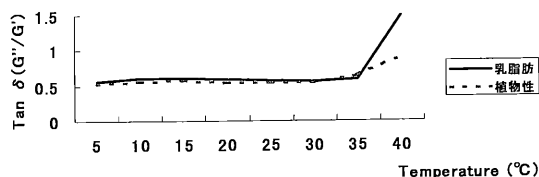


図 4 ホイップクリームの損失正接に及ぼす温度の影響

い値となる。一方、粘性体に近いと損失角は $\pi/2$, 即ち直角に近い値となり, $\tan \delta$ は ∞ に近づく (赤羽ら, 1980)。図 4 では乳脂肪及び植物性クリームとも損失正接は 5 ~ 30℃ 付近では 0.5 付近に位置しており, 1 よりも小さい値であることから, 弾性的要素が大きいことを示している。しかし, 乳脂肪クリームは 35℃ 付近で $\tan \delta$ が 1 よりも大きい値を示し, この 35℃ 付近が弾性的要素から粘性的要素への変化点であると判断する。一方, 植物性クリームは安定性があり, 一定の値を示しているが, 温度上昇に従ってゆるやかに粘性的要素が多くなっている。

以上から, ホイップクリームは光学顕微鏡では気泡の周りに脂肪球が連続して分散している様子が観察され, 乳脂肪クリームは温度依存性が大きく, 35℃ 付近では脂肪の融点による変化と気泡の影響がホイップの性状に関連すると考察できる。しかし, 脂肪球の大きさやクリームの性質は乳牛の種類や季節, 給与飼料などによっても異なる為, 本研究では一般的によく用いられる市販クリーム (乳脂肪及び植物性) を用いた場合の温度依存性として比較した。一方, 植物性クリームは, 脂肪の質及び水相中に含まれる安定剤の影響を受け, 温度依存性が小さかった。従って, ポタージュのように温かい料理には液体のままクリームを用いる為, 乳脂肪クリームの方が溶解しやすく, 風味上好ましいと考えられ, また, ババロアのようにホイップしたクリームを冷やし固めて常温で食べる料理には植物性クリームが安定性を持ち, 適していると考えられる。このようにクリームの利用には, 風味上の理由の他にホイップクリームの動的粘弾性などのレオロジー的性

質が関与していると推察する。また, ホイップクリームを保存すると脂肪球の崩壊と離水が起こり, 粘弾性の著しい低下を招くことが明らかになった。さらに, 今後の研究では, 乳脂肪クリーム及び植物クリームの混合系におけるレオロジー的性質の解明を行いたいと思う。

参考文献

- 赤羽ひろ・佐藤洋子・品川弘子・中浜信子 (1980) マヨネーズの流動特性の温度依存性. 家政誌, **31** (9): 637-642.
- 北海道立根釧農業試験場研究部 (1998) チモシー基幹草地の集約放牧技術と牛乳の栄養成分. 北海道立根釧農業試験場, 48-65.
- 川越幸紀・林 弘通 (1999) 全脂濃縮乳のレオロジー特性について. ミルクサイエンス, **48** (1): 15-20.
- 小久保貞之 (1999) アイスクリームの脂肪球凝集と製品特性について. ミルクサイエンス, **48** (1): 4-8.
- 斎藤善一・西川 勲・三浦弘之・大橋登美男・山中良忠・細野明義・菅野長右エ門・中澤勇二・工藤 力 (1990) 畜産食品加工学. 8-13. 川島書店. 東京.
- 田尻明日香・木村 修・椎木靖彦 (1998) スプレッドのレオロジー的性質. 調理科学, **31** (4): 274-280.
- 上野 聡・矢野淳子・佐藤清隆 (1998) 食用固体脂の物性—その分子構造とカイネティックス—. 日食科工, **45** (10): 579-588.
- 山崎清子・島田キミエ (1995) 調理と理論. **97**, 352. 同文書院. 東京.

研究ノート

ニワトリ骨格筋ミオシンの加熱ゲル形成能における 2 価金属の影響

金 辰保・前田 尚之・石下 真人・鮫島 邦彦

酪農学園大学酪農学部, 江別市 069-8501

Effect of heat-induced gelation of chicken muscle myosin by divalent metals

Jin-bo KIM, Naoyuki MAEDA, Makoto ISHIOBORO, Kunihiro SAMEJIMA

Faculty of Dairy Science, Rakuno Gakuen University, Ebetsu-shi 069-8501

キーワード: ミオシン, 加熱ゲル化, 2 価金属, 架橋

Key words: myosin, heat-induced gelation, divalent metals, cross-linking

要 約

ニワトリ胸筋と脚筋ミオシンの加熱ゲル形成能に及ぼす 2 価金属の影響を調べ, さらにこれら 2 価金属で起こる分子間相互作用の違いを 1-Ethyl-3-(3-dimethylaminopropyl)-carbodiimide (EDC) による架橋で検討した。ミオシンのゲル強度はいずれの 2 価金属を添加しても上昇したが, その程度ならびに最大の強度を与える 2 価金属濃度はそれぞれ異なっていた。またゲル強度の上昇は脚筋よりも胸筋ミオシンで大きかった。ミオシンはモノマーの状態 (0.5 M NaCl) では EDC の濃度に比例して架橋され, フィラメントを形成する塩濃度 (0.2 M) では, EDC の添加とともに架橋は急激に進行した。胸筋と脚筋でミオシンの架橋に差は認められなかった。塩化カルシウムは架橋に影響せず, 塩化鉄と塩化亜鉛では, 添加濃度の上昇とともに架橋形成が進行した。2 価金属によりミオシン分子に構造変化が生じ, ミオシン分子間の相互作用が強められ, その結果ゲル強度が上昇したと考えられる。しかし, 金属の種類による影響の程度は異なっていることが示唆された。

結 言

食肉の加工特性の一つに結着性がある。結着性は, 特にソーセージのようなエマルジョンタイプの食肉製品において品質を左右する重要な因子である。ミオシンの加熱ゲル形成能はこの結着性の発現に主要な役割を果たしており, ミオシンの加熱ゲルに関しては多くの研究が行われている。ミオシンの加熱ゲル強度は

pH や塩濃度によって変化するが, 筋肉の部位 (種類) によって著しく異なることが報告されている (MORITA, 1987; SAMEJIMA, 1989)。これはミオシン異性体のゲル化能の違いによるものと考えられるが, 詳細は明らかではない。

一般にタンパク質のゲル化は, 分子間の凝集反応による三次元網目構造の形成によって起こる。ゲル化において 2 価金属の存在は, 豆腐におけるカルシウムのように直接ゲル化を引き起こしたり, ホエータンパク質 (KUHN, 1991) において報告されているような, ゲル強度を高める作用を有している。食肉タンパク質においても, 筋原線維の加熱ゲル強度 (XIONG, 1991) やソーセージの物性 (ISHIOBORO, 1994) が 2 価金属の添加により高められることが報告されている。2 価金属がミオシンの加熱ゲル強度をどのようにして高めるかが判明すれば, 食肉製品の物性改善に大いに役立つと考えられるが, その機構は明らかではない。

本研究は食肉製品の物性の改善を目的として, ニワトリの胸筋と脚筋ミオシンの加熱ゲル形成能が 2 価金属の添加によってどのような影響を受けるのか, さらにゼロ長架橋剤 (EDC) を使用して加熱に伴う分子間凝集反応を検知し, これに対する 2 価金属の影響について調査した。

実験材料および方法

実験材料

ニワトリは酪農学園大学の実験鶏舎で飼育された白色レグホン種を使用し, 胸筋および脚筋からそれぞれミオシンを調製した。EDC は NACALAI 社より, PIPES と DTT は SIGMA 社より購入した。その他の試薬は特級品または電気泳動用を使用した。

ミオシンとミオシンサブフラグメントの調製

ミオシンとミオシンサブフラグメントは鶏胸筋および脚筋から PERRY *et al.* (1955) および WEEDS and POPE (1977) の方法によりそれぞれ調製した。

ゲル強度の測定

ミオシンの加熱ゲル強度は、YASUI *et al.* (1979) の帯型粘度計を用いて測定した。測定条件はタンパク質濃度 5.0 mg/ml, 0.2 M または 0.5 M NaCl, 20 mM PIPES (pH 6.0) および所定の濃度の 2 価金属 (CaCl_2 , FeCl_2 および ZnCl_2) とし, 65°C で 20 分間加熱後, ゲル強度を測定した。

ミオシンの架橋

ミオシンの架橋の条件は, タンパク質の濃度を 0.5 mg/ml とした以外は, 吉田ら (1999) の方法に従って行い, SDS-PAGE ゲルから BIO-RAD GS-700 デンシトメーターによりタンパク質バンドを測定し, 架橋されたミオシンの相対量を算出した。

結果および考察

ニワトリ胸筋および脚筋ミオシンの加熱ゲル強度に及ぼす 2 価金属の影響を図 1 から 3 に示した。ミオシンのゲル強度はいずれの 2 価金属を添加しても上昇したが, 効果の程度ならびに最大強度における 2 価金属濃度はそれぞれ異なっていた。ゲル強度の上昇は FeCl_2 添加で最も大きく, ZnCl_2 は非常に低い濃度で効果を示した。また, 一般にゲル強度の上昇は脚筋よりも胸筋ミオシンで大きかった。MORITA *et al.*

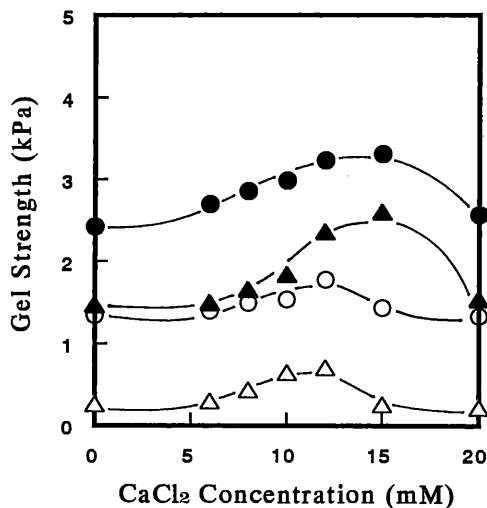


図 1 ニワトリ骨格筋ミオシンの加熱ゲル強度に及ぼす CaCl_2 の影響

所定の濃度の CaCl_2 を含むミオシン溶液 (5.0 mg/ml, 0.5 または 0.2 M KCl, pH 6.0) を 65°C 20 分間加熱後, ゲル強度を測定した。

(○); 胸筋 (0.5 M KCl), (●); 胸筋 (0.2 M KCl), (△); 脚筋 (0.5 M KCl), (▲); 脚筋 (0.2 M KCl)

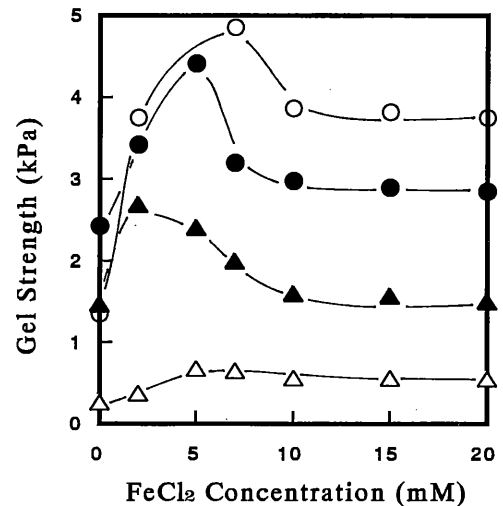


図 2 ニワトリ骨格筋ミオシンの加熱ゲル強度に及ぼす FeCl_2 の影響

所定の濃度の FeCl_2 を含むミオシン溶液 (5.0 mg/ml, 0.5 または 0.2 M KCl, pH 6.0) を 65°C 20 分間加熱後, ゲル強度を測定した。

(○); 胸筋 (0.5 M KCl), (●); 胸筋 (0.2 M KCl), (△); 脚筋 (0.5 M KCl), (▲); 脚筋 (0.2 M KCl)

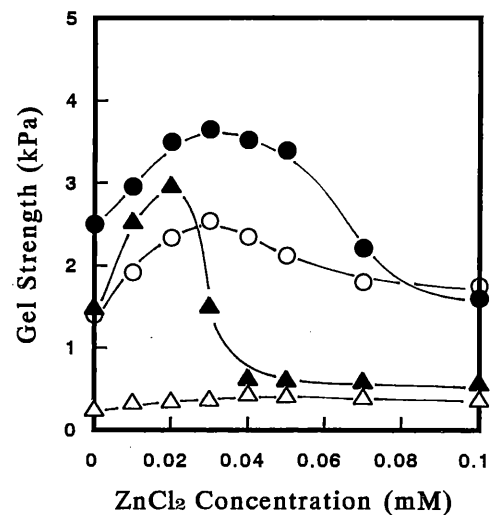


図 3 ニワトリ骨格筋ミオシンの加熱ゲル強度に及ぼす ZnCl_2 の影響

所定の濃度の ZnCl_2 を含むミオシン溶液 (5.0 mg/ml, 0.5 または 0.2 M KCl, pH 6.0) を 65°C 20 分間加熱後, ゲル強度を測定した。

(○); 胸筋 (0.5 M KCl), (●); 胸筋 (0.2 M KCl), (△); 脚筋 (0.5 M KCl), (▲); 脚筋 (0.2 M KCl)

(1989) の報告によれば, ニワトリ胸筋と脚筋ミオシンの加熱ゲル形成の性質はかなり異なっており, 胸筋の加熱ゲル強度は脚筋よりも高いが, アクチンのゲル強度を高める効果は脚筋のみで認められる。このような違いはミオシン異性体由来のもと考えられ, ミオシン異性体の生化学的な特性の違いがゲル形成能にも反映されているのであろう。

タンパク質の加熱ゲル強度が塩化カルシウムの添加

によって高められることはホエータンパク質で報告されている (KUHN and FOEGEDING, 1991). これに関して JEYARAJAH and ALLEN (1994) は, ホエータンパク質の成分である β -ラクトグロブリンがカルシウムと結合し, その結果として疎水性領域に構造変化が生じて, 蛍光スペクトルが変化することを報告している. ISHIOBOROSHI and SAMEJIMA (1994) もカルシウムによる同様の变化をウサギの骨格筋ミオシンで観察したと述べている. 筋肉タンパク質の加熱ゲル化に関して, XIONG and BREKKE (1991) はニワトリ筋原線維の加熱ゲル強度が塩化カルシウムおよび塩化マグネシウムの添加で上昇すると報告している. 彼らはこの原因としてタンパク質-タンパク質相互作用とタンパク質の抽出性の変化を挙げている. 本実験では精製したミオシンを使用しているので, タンパク質抽出性の変化が加熱ゲル強度の上昇と関係しているとは考えられない. カルシウムがミオシンに結合するという証拠は今のところないが, 2価金属でミオシン分子の疎水性領域に構造変化が生じ, ミオシン分子間の相互作用が生じて, その結果ゲル強度が上昇したと考えるのが妥当であろう.

胸筋と脚筋ミオシンの加熱ゲル形成能の違いとそれに及ぼす2価金属の影響について, EDC を使った分子間の架橋形成量を調べた. 図4は加熱前のミオシンを種々の濃度の EDC で処理し, SDS-PAGE で分析した

結果である. EDC はタンパク質分子間の接触した部位にあるアミノ基とカルボキシル基との間にアミド結合を形成して, タンパク質を架橋する. アミノ基とカルボキシル基は静電的に相互作用していると考えられ, これらを直接共有結合で結び, それ自身は架橋の中に残らないため, EDC の分子量は SDS-PAGE パターンに影響を与えない (MORNET, 1981; 山田, 1991). 図4から明らかなように EDC の濃度が上昇するとともに, ミオシン重鎖のバンドが薄くなっている. これはミオシンが架橋によって凝集し, ゲルの上段に認められたり, ゲルに入らなくなったことを示す. この電気泳動図から, デンシトメーターによりミオシン重鎖の量を測定し, 架橋されたミオシンの相対値を算出して, それぞれの EDC 濃度に対してプロットした (図5). 架橋のパターンは NaCl 濃度の違いで大きく異なっていた. すなわち, ミオシン分子がモノマーの状態 (0.5 M NaCl) では EDC の濃度に比例してミオシンは架橋され, フィラメントを形成する塩濃度 (0.2 M) では, EDC の添加とともに架橋は急激に進行した. ミオシン分子の状態 (モノマーとフィラメント) に静電的相互作用が大きく関与していることがわかる. ミオシンのサブフラグメント (S-1 と Rod) で同様の実験を 0.5 M NaCl で行ったところ, S-1 は全く架橋されず, Rod のみが架橋された. また, S-1 と Rod を混合すると Rod のバンドだけが減少し, S-1 は変化しなかった (図6).

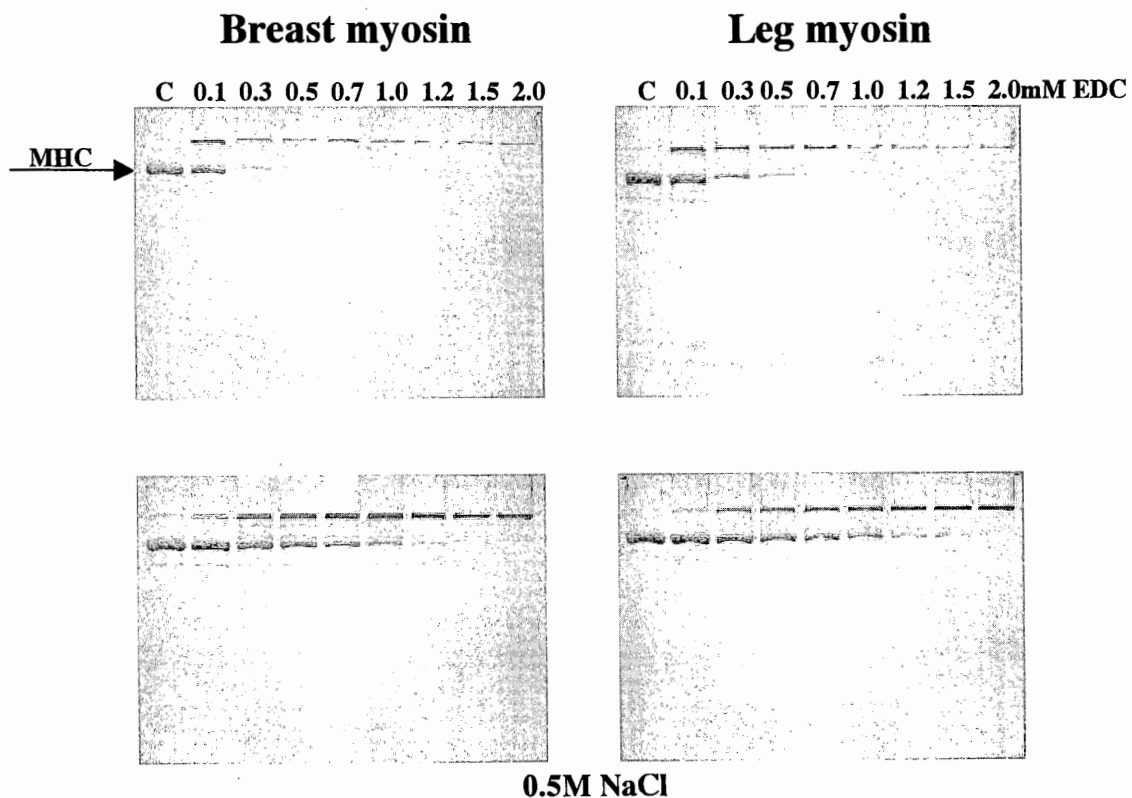


図4 EDCにより架橋したニワトリ骨格筋ミオシンの SDS-PAGE 図
ゲルの上の数字は EDC の濃度を示す.

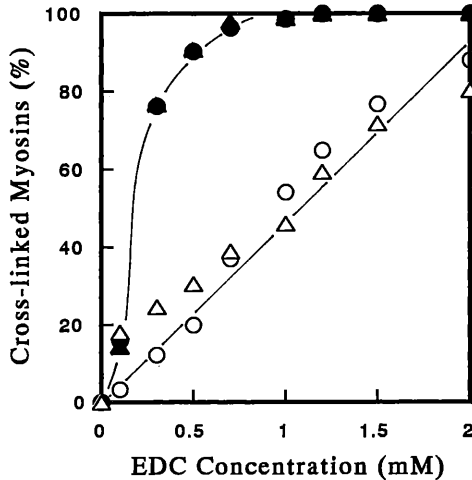


図5 ニワトリ骨格筋ミオシンの架橋に及ぼすEDC濃度の影響

図4のSDS-PAGE図よりミオシン重鎖バンドの量を測定し、架橋されたミオシンの量を算出した。

(○)；胸筋(0.5 M KCl)，(●)；胸筋(0.2 M KCl)，(△)；脚筋(0.5 M KCl)，(▲)；脚筋(0.2 M KCl)

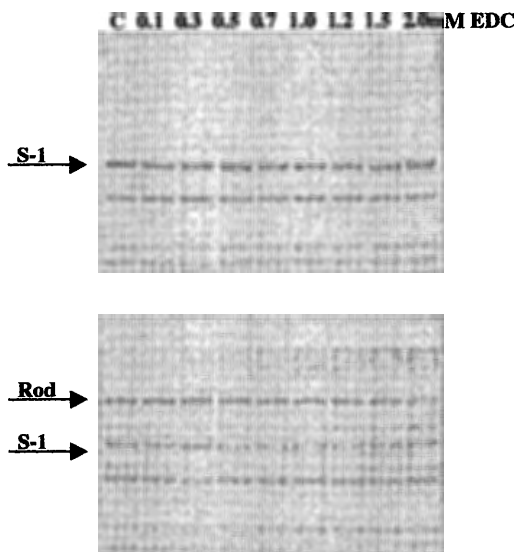


図6 EDCにより架橋した胸筋ミオシンサブフラグメントのSDS-PAGE図

S-1 (上図) および S-1 と Rod を 1:1 (重量比) で混合し(上図)，架橋は 0.5 M NaCl で行った。ゲルの上の数字は EDC の濃度を示す。

0.2 M NaCl でも S-1 は架橋されなかった。これらの結果は、ミオシンの架橋は尾部間でのみ起こっており、頭部間はもちろん頭部と尾部間の間にも架橋は起こらないことを示す。しかも、胸筋と脚筋ではこれらのミオシンの架橋形成能に差は認められなかった。したがって、胸筋と脚筋ミオシンの加熱ゲル形成能の違いは静電的相互作用が関係していないと考えられる。

次いで、0.3 mM EDC 存在下、2 価金属を添加してミオシン (0.5 M NaCl) の架橋形成に及ぼす金属の違い

による影響を調べた。図には示さなかったが、塩化カルシウムは架橋に影響せず、カルシウム濃度が上昇してもミオシン重鎖のバンドは全く減少しなかった。塩化鉄と亜鉛では、添加濃度の上昇とともに架橋は進行した(図7)。したがって、これらの2価金属はミオシンの静電的相互作用に影響していることが予想され、ゲル強度を高める効果がカルシウムとは異なる機構で生じていると考えられる。また鉄と亜鉛でもそれぞれの濃度と架橋の程度にはかなりの違いがある。この原因を明らかにする手懸りは今のところないが、一つの可能性としてこれら金属のイオン半径の違いが考えられる。本実験で使用した金属の中でFeのイオン半径は最も短く (0.5~0.6 Å)，次いでZn (0.7~0.8 Å)，Ca (1.3 Å) の順である。2価金属は先に述べたタンパク質の構造変化とともに、イオン半径の違いがミオシンの加熱ゲル強度に対する効果やEDCによる架橋に影響しているかもしれない。このようにカルシウムと他の2価金属あるいは3者間で、ミオシン分子の構造に対する影響は異なり、それが架橋やゲル強度の上昇効果に関係していることが示唆された。

ミオシンのゲル化には疎水性相互作用の関与が示唆されていたが、EDCの利用により静電的相互作用を検出できることが判明した。今後は、加熱によりこの相互作用がどのように変化するか、胸筋および脚筋ミオシンで違いがあるのか、さらにこれに2価金属がどのように影響するのかについて調べ、筋肉部位によるミオシンの加熱ゲル形成能の違いや2価金属の効果の原因を追求したい。

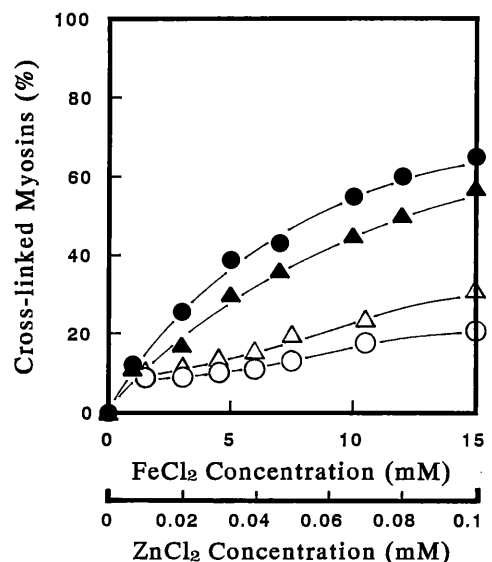


図7 ミオシンの架橋に及ぼす2価金属の影響

ミオシン (0.5 M KCl) は 0.3 mM EDC で架橋した。

(○)；胸筋(ZnCl₂)，(●)；胸筋(FeCl₂)，(△)；脚筋(ZnCl₂)，(▲)；脚筋(FeCl₂)

文 献

- ISHIOROSHI, M. and K. SAMEJIMA (1994) Reduction of sodium salt in sausages by divalent metal salts and egg shell powder. *Anim. Sci. Technol.*, **65**: 716-719.
- JEYARAJAH, S. and J. C. ALLEN (1994) Calcium binding and salt-induced structural changes of native and preheated β -lactoglobulin. *J. Agric. Chem.*, **42**: 80-85.
- KUHN, P. R. and E. A. FOEGEDING (1991) Mineral salt effects on whey protein gelation. *J. Agric. Food Chem.*, **39**: 1013-1016.
- MORITA, J., I-S. CHOE, K. YAMAMOTO, K. SAMEJIMA and T. YASUI (1987) Heat-induced gelation of myosin leg and breast muscles of chicken. *Agric. Biol. Chem.*, **51**: 2895-2900.
- MORNET, D., R. BERTRAND, P. PANTEL, E. AUDEMAED and P. KASSAB (1981) Structure of the actin-myosin interface. *Nature*, **292**: 301-306.
- PERRY, S. V. (1955) In "Methods in Enzymology," ed. Colowick, S. P. and Kaplan, N. O. Vol. 3, p. 582. Academic Press, New York.
- SAMEJIMA, K., K. KUWAYAMA, K. YAMAMOTO, A. ASGHAR and T. YASUI (1989) Influence of reconstituted dark and light chicken muscle myosin filaments on the morphology and strength of heat-induced gels. *J. Food Sci.*, **54**: 1158-1162.
- WEEDS, A. G and POPE, B (1977) Studies on the chymotryptic digestion of myosin. Effect of divalent cations on proteolytic susceptibility. *J. Mol Bio.*, **111**: 129-157.
- YASUI, T. M., M. ISHIOROSHI, H. NAKANO and K. SAMEJIMA (1979) Changes in shear modulus, ultrastructure and spin-spin relaxation times of water associated with heat-induced gelation of myosin. *J. Food Sci.*, **44**: 1201-1211.
- XIONG, Y. L and C. J. BREKKE (1991) Gelation properties of chicken myofibrills treated with calcium and magnesium chlorides. *J. Muscle Foods*, **2**: 21-36.
- 山田秀徳, 井元泰治 (1991) 新生化学実験講座 1. タンパク質Ⅳ. 第1版, 215-218. 東京化学同人. 東京.
- 吉田育子, 石下真人, 鮫島邦彦 (1999) ニワトリ砂嚢筋の加熱ゲル形成能. *日畜会報*, **70**: J 198-J 204.

研究ノート

マメ科牧草サイレーシ貯蔵中における構造的炭水化物の分解

驚巢 紋子・河合 正人・高橋 潤一・松岡 栄

帯広畜産大学, 帯広市 080-8555

Breakdown of Structural Carbohydrates during the Ensiling Process of Legumes

Ayako WASHIZU, Masahito KAWAI, Junichi TAKAHASHI and Sakae MATSUOKA

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

キーワード マメ科牧草, サイレージ, 貯蔵, 構造的炭水化物, 分解

Key words: legumes, silage, ensiling process, structural carbohydrates, breakdown

要 約

アカクローバーとアルファルファを材料として, 植物体地上部全体, 葉部のみ, 茎部のみのサイレーシを調製し(以下全体, 葉部, 茎部と呼ぶ), 発酵品質および35日間貯蔵中における乾物, 可溶性炭水化物(WSC)消失率およびヘミセルロース, セルロース分解率を測定した。WSCはサイレーシ発酵によってアカクローバー, アルファルファでそれぞれ72.8, 85.9%消失した。部位別でのWSC消失率はアカクローバーでは葉部より茎部で低く, アルファルファでは逆に葉部より茎部で高かった。ヘミセルロース分解率はアカクローバー, アルファルファ全体とともに25%程度であった。部位別のヘミセルロース分解率は, 両草種とも葉部より茎部で高く, アカクローバーでは42.0, アルファルファでは35.9%であった。セルロース分解率はヘミセルロース分解率に比べて小さく, 5%以下であった。

緒 言

サイレーシ発酵は, 非構造的炭水化物である可溶性炭水化物を主な基質としておこる(大山, 1971)。一方, ヘミセルロース, セルロース, リグニン, ペクチン等から構成される構造的炭水化物, この中でもヘミセルロースはサイレーシ貯蔵中にかなりの程度で分解され, 最終的に発酵基質として利用できるという報告もされている(McDONALD *et al.*, 1960; McDONALD *et al.*, 1962)。

サイレーシ貯蔵中におけるヘミセルロース分解の要

因として①牧草中のヘミセルロース分解酵素の働き, ②細菌のヘミセルロース分解酵素の働き, ③発酵中に生成した有機酸による加水分解が指摘されている(DEWAR *et al.*, 1963)。McDONALD *et al.* (1962)はイタリアンライグラスを111日間貯蔵したとき, およびオーチャードグラスを84日間貯蔵したときのヘミセルロース分解率はともに30%程度, セルロース分解率はそれぞれ4, 5%であったと報告している。また, イネ科牧草に硫酸や蟻酸などの酸や(MORRISON, 1979), 酵素製剤(松岡ら, 1997)を添加するとヘミセルロース, セルロース分解率が高くなるという報告もある。

サイレーシの貯蔵中の構造的炭水化物の分解に関しては, これまでイネ科牧草についての報告が多く, マメ科牧草についての報告は少ない。イネ科牧草とマメ科牧草とでは化学成分, 緩衝能などが異なる(McDONALD *et al.*, 1991)ためサイレーシ発酵も異なり, ひいては貯蔵中の構造的炭水化物の分解様相も異なるものと考えられる。そこで本実験では, 北海道で広く栽培されているアカクローバーとアルファルファを用いて, サイレージ貯蔵中の構造的炭水化物の分解について検討した。また, マメ科牧草は葉部と茎部で化学成分が大きく異なる(ALBRECHT *et al.*, 1987)ので部位による違いについても検討した。

材料および方法

サイレーシの調製

本学附属農場で1998年6月17日, 22日に刈り取った開花初期～開花期のアカクローバーおよび, 開花前～開花初期のアルファルファを供試した。この供試材料を植物体地上部全体, 葉部のみ, 茎部のみに分け水

Table 1. Chemical composition of the grasses

	Red Clover			Alfalfa		
	All	Leaf	Stem	All	Leaf	Stem
DM,%	20.6	22.3	26.7	24.0	24.0	23.5
	% Dry matter					
CP	14.5	21.9	7.8	20.6	32.2	11.1
WSC	10.3	9.8	12.3	6.2	3.0	8.0
NDF	38.8	29.3	45.1	41.1	21.3	60.7
ADF	27.4	15.8	34.9	32.7	16.0	50.7
ADL	5.2	3.0	6.4	7.4	3.3	11.8
Hemicellulose	11.4	13.5	10.2	8.4	5.3	10.0
Celulose	22.2	12.8	28.5	25.3	12.7	38.9

DM: Dry matter, CP: Crude protein,
WSC: Water-soluble carbohydrate,
NDF: Neutral-detergent fiber,
ADF: Acid-detergent fiber,
ADL: Acid-detergent lignin

分含量が同じになるように予乾した(以下全体、葉部、茎部と呼ぶ)。原料草の化学成分を Table 1 に示した。なお、本実験で用いたアカクロバーの葉部と茎部の重量割合は、原物ではほぼ 3:1 であり、アルファルファでは 1:3 であった。これらの原料草を各処理につき 3 個の 500 ml 容ガラス瓶に乾物で約 80 g ずつ圧搾しながら詰め込み、35 日間 28℃ の恒温器内で貯蔵した。

分析方法

原料草およびサイレージの化学成分は以下の方法にしたがって分析した。水分含量は凍結乾燥法、可溶性炭水化物 (WSC) はアンスロン試薬による比色法(桎木, 1971)、全窒素は KJELDARL 法(倉田ら, 1971)により測定した。中性デタージェント繊維(NDF)、酸性デタージェント繊維(ADF)、酸性デタージェントリグニン (ADL) は VAN SOEST *et al.* (1963; 1967) の方法により測定した。ヘミセルロースは、NDF から ADF、セルロースは、ADF から ADL を差し引いた計算値とした。

サイレージの発酵品質について、pH はガラス電極 pH メーター(堀場株式会社; F-13)を、VFA はガスクロマトグラフィー(島津製作所; GC-14A)を用いて測定した。乳酸は BARKER and SUMMERSON (1961) の方法、アンモニアは CONWAY & O'MALLEY (1942) の微量拡散法を用いて測定した。

サイレージ貯蔵中の化学成分消失率および構造化炭水化物の分解率は以下のように算出した。すなわち、詰め込み時における原料草の詰め込み量と成分含量から詰め込んだ成分量(A)を、35 日貯蔵後のサイレージ取り出し量と成分含量から取り出した成分量(B)を求めて、次式により算出した。

$$\text{消失率または分解率} = (A - B) / A \times 100$$

得られたデータはスチューデントの t 検定により統計処理した。

Table 2. Chemical composition of Red Clover and Alfalfa silage

	Red Clover			Alfalfa		
	All	Leaf	Stem	All	Leaf	Stem
DM,%	20.7	22.7	25.6	23.8	22.3	22.6
	% Dry matter					
WSC	3.4	2.1	4.9	0.9	1.6	1.0
NDF	35.1	26.1	42.6	40.9	22.1	59.1
ADF	26.8	16.0	38.4	34.5	18.1	51.6
Hemicellulose	8.3	10.1	6.2	6.4	4.0	7.5
Cellulose	21.6	13.0	32.0	27.1	14.8	39.8

結果および考察

サイレージの化学成分を Table 2 に示した。WSC 含量は、両草種ともに全体、葉部、茎部において、原料草よりも著しい減少がみられた。また、ヘミセルロース含量も WSC 含量ほどではなかったが、かなりの減少がみられた。しかし、セルロース含量については、原料草との間に大きな差はみられなかった。

全体サイレージの発酵品質を Table 3 に、部位別の発酵品質を Table 4 に示した。

全体サイレージについてみると、アカクロバー、アルファルファの乳酸含量は乾物あたりそれぞれ 7.8、7.4% であり、これを原物あたりに換算すると両草種ともに 1.5~2.5% の範囲内にあった。また、全窒素に対するアンモニア態窒素の割合は 10% 以下であった。これらの成分含量から判断(安宅, 1984)す

Table 3. Fermentation quality of Red Clover and Alfalfa silage

	Red Clover	Alfalfa
pH	4.25 ^b	4.72 ^a
Lactic acid, % DM	7.8	7.4
Ammonia-N, % total N	4.3 ^b	7.8 ^a
Total VFA, % DM	0.96 ^b	1.68 ^a
Acetic acid, % DM	0.86 ^b	1.59 ^a
Propionic acid, % DM	0.10	0.04
Butyric acid, % DM	—	0.05

^{a,b}: Means on the same line with different superscripts are significantly different ($P < 0.05$)

Table 4. Fermentation quality of Leaf and Stem of Red Clover and Alfalfa silage

	Red Clover		Alfalfa	
	Leaf	Stem	Leaf	Stem
pH	4.02	4.01	4.14 ^y	4.74 ^x
Lactic acid, % DM	9.2 ^a	4.8 ^b	9.1 ^x	7.4 ^y
Ammonia-N, % total N	4.1 ^b	6.3 ^a	14.8 ^x	6.7 ^y
Total VFA, % DM	1.50 ^a	0.83 ^b	3.46 ^x	1.11 ^y
Acetic acid, % DM	1.38 ^a	0.73 ^b	2.49 ^x	0.95 ^y
Propionic acid, % DM	0.12	0.10	0.22	0.16
Butyric acid, % DM	—	—	0.75	—

^{a,b; x,y}: Means on the same line with different superscripts are significantly different ($P < 0.05$)

ると、両草種とも良質なサイレージであったと評価できる。ちなみに、フリーク評点を試算してみると、それぞれ 100, 98 点であった。

部位別についてみると、原料草中の WSC 含量は両牧草ともに茎部より葉部で低かったが、サイレージの乳酸および総 VFA 含量は茎部より葉部で高く ($P < 0.05$)、特にアルファルファ葉部の総 VFA で顕著であった。マメ科牧草にはリンゴ酸、クエン酸、キナ酸、マロン酸、グリセリン酸など多くの有機酸が存在し、リンゴ酸やクエン酸などはサイレージ発酵時に乳酸菌や酢酸菌に利用され、乳酸または酢酸となる (McDONALD *et al.*, 1991)。また、これらの有機酸は葉部により多く存在する (McDONALD *et al.*, 1991)。これらのことから、本実験では葉部においてより多くの有機酸が発酵基質として利用されたことが推定される。さらに、大山 (1971) は、品質の悪いサイレージにおいて、多量の揮発性塩基態窒素が存在するような場合には酪酸のみならずさらに高級な VFA がかなりの量生成されていることを認め、このことから蛋白質の分解によってできたアミノ酸が脱アミノ作用を受けてサイレージ発酵の基質となり、VFA に変化することを推察している。アルファルファ葉部サイレージではアンモニア態窒素含量が多かったことから、このサイレージでは上述のようなアミノ酸からの VFA 生成も起こっていたものと考えられる。

サイレージ貯蔵中における乾物、WSC 消失率およびヘミセルロース、セルロース分解率を Table 5 に、部位別での消失率および分解率を Table 6 に示した。アカクロバー、アルファルファ全体の乾物消失率はそれぞれ 3.0, 2.1% であった。McDONALD *et al.*

(1991) は、良好に調製されたサイレージの場合、発酵によって生じる乾物損失率は 2 ~ 4 % であると報告しており、本実験での乾物消失率もこの範囲にあった。

WSC の消失率はアカクロバー全体で 72.8% と、アルファルファ全体の 85.9% よりも低かった ($P < 0.05$)。これは、アルファルファ全体の総 VFA 含量がアカクロバー全体よりも高く ($P < 0.05$)、アルファルファでサイレージ発酵がより活発であったことを反映している。部位別にみると、アカクロバーでは葉部より茎部のほうが WSC 消失率が高く ($P < 0.05$)、葉部と全体の消失率が同程度であった。一方、アルファルファでは逆に、葉部より茎部の消失率が低く ($P < 0.05$)、茎部と全体の消失率が同程度であった。本実験で用いたアカクロバーの葉部と茎部の原物重量比は約 3 : 1 であり、全体の中で葉の占める割合が多かったため全体の WSC 消失率も葉の影響を受けたものと考えられる。同様に、アルファルファの葉部と茎部の原物重量比は約 1 : 3 であり、茎の占める割合が多かったため全体の WSC 消失率は茎の影響を受けたものと考えられる。

全体サイレージのヘミセルロース分解率についてみると、両草種ともに約 25% であった。McDONALD *et al.* (1962) は、111 日間貯蔵したイタリアンライグラスと 84 日間貯蔵したオーチャードグラスのヘミセルロース分解率はともに 30% 程度であったと報告している。この分解率に比べると、本実験の値は低いものであった。これには、本実験の貯蔵期間が 35 日間と短かったことが一部関係しているものと思われる。また、DEWAR *et al.* (1963) は、イネ科牧草のヘミセルロースの主要な成分はアラビノキシランであり、アラビノースの側鎖は主骨格であるキシランより容易に加水分解されやすいことを報告しており、このことは、アラビノースが多いほどヘミセルロースは分解されやすいことを示唆するものである。さらに、McDONALD *et al.* (1991) は、イネ科牧草はマメ科牧草よりも多くのアラビノースを含んでいると報告している。これらのことから、ヘミセルロースを構成する単糖の組成の違いも、本実験のヘミセルロースの分解率が低かったことに関係しているものと考えられる。

松岡ら (1997) は、35 日間貯蔵したアルファルファでのヘミセルロース分解率が 38.3% であったと報告しており、本実験の結果よりも高い値を示している。この報告ではサイレージの pH が高く (6.93)、アンモニア態窒素含量と酪酸が異常に多く (全窒素あたり 20.3%, 乾物あたり 6.2%), 乳酸含量が少ない (乾物あたり 0.6%) 劣質なサイレージであった。ヘミセルロースの分解には発酵品質も関係していることが考えられるが、この点を検討するためには、さらにデータを集積する必要がある。

部位別でのヘミセルロース分解率は、葉部に比べて

Table5. Losses of DM, WSC, hemicellulose and cellulose contents during ensiling

	Red Clover	Alfalfa
DM, %	3.0	2.1
WSC, %	72.8 ^b	85.9 ^a
Hemicellulose, %	25.5	24.1
Cellulose, %	5.1 ^a	-0.3 ^b

^{a,b}: Means on the same line with different superscripts are significantly different ($P < 0.05$)

Table6. Losses of DM, WSC, hemicellulose and cellulose contents of Leaf and Stem during ensiling

	Red Clover		Alfalfa	
	Leaf	Stem	Leaf	Stem
DM, %	2.9 ^b	4.7 ^a	8.2 ^x	4.9 ^y
WSC, %	78.8 ^a	54.6 ^b	51.7 ^y	88.0 ^x
Hemicellulose, %	24.4 ^b	42.0 ^a	20.7 ^y	35.9 ^x
Cellulose, %	1.2 ^b	3.6 ^a	-2.9 ^y	3.4 ^x

^{a,b,x,y}: Means on the same line with different superscripts are significantly different ($P < 0.05$)

茎部で高く ($P < 0.05$), アカクローバーでは 42.0%, アルファルファでも 35.9%であった。ALBRECHT *et al.* (1987)は, アルファルファの葉と茎の細胞壁構成成分を調べ, 葉部よりも茎部でアラビノースが少なかったと報告している。したがって, 部位別でのヘミセルロース分解率の相違はヘミセルロース構成単糖の違いだけからでは明らかにできなかった。また, 本実験のデータからだけではヘミセルロース分解率と発酵品質との間には明確な関係は得られなかった。

セルロースの分解率はヘミセルロースに比べて小さく, 分解率が最も高かったアカクローバー全体でも 5%であった。McDONALD *et al.* (1962)は, セルロースの分解率をオーチャードグラスは 4%, イタリアンライグラスでは 5%と報告している。また, ブランダら (1996)は, アルファルファとチモシー混播サイレージでセルロース分解率が 2%であったと報告しており, 本実験でのセルロース分解率もこれらの報告と同程度であった。また, セルロースは部位別でも全体と同じく大きな分解はみられなかった。

以上, 本実験においてはアカクローバーおよびアルファルファの貯蔵中のヘミセルロース分解率は同程度で, おおよそ 25%であった。また, 部位別の比較では両草種とも葉部より茎部で高かった。セルロース分解率は全体, 各部位ともに 5%以下と大きなものではなかった。

文 献

- ALBRECHT K. A., W. F. WEDIN and D. R. BUXTON (1987) Cell-Wall composition and digestibility of alfalfa stems and leaves. *Crop Sci.*, **27**: 735-741.
- 安宅一夫 (1984) サイレージの理論と実際。第 7 章サイレージ品質の見分け方の項執筆 (高野信雄・安宅一夫監修), 131-139, 酪農学園短期大学酪農学校, 江別。
- BARKER, S. B. and W. H. SUMMERSON (1961) The colorimetric determination of lactic acid in biological material. *J. Biol. Chem.*, **138**: 535-554.
- ブランダ ロールデス ノエミ・藤田裕・松岡栄 (1996) 牧草のサイレージ化にともなう構造的炭水化物の分解と消化率の変化およびそれに与える添加剤の影響。北畜会報, **38**: 50-54.
- CONWAY, E. J. and E. O'MALLEY (1942) Microdiffusion methods: ammonia and urea using buffered absorbents (revised method for ranges greater than 10%. N). *Biochem. J.*, **38**: 655-611.
- DEWAR W. A., P. McDONALD and R. WHITTENBURY (1963) The hydrolysis of grass hemicelluloses during ensilage. *J. Sci. Food and Agric.*, **14**: 411-417.
- 菊地正則 (1986) サイレージバイブル。第 2 章サイレージ発酵と微生物の項執筆 (高野信雄・安宅一夫監修), 23-44, 酪農学園出版部, 江別。
- 倉田陽平・林弥太郎 (1971) 動物栄養試験法。ケルダール法の項執筆 (森本宏監修), 第 1 版, 286-291, 養賢堂, 東京。
- 柁木茂彦 (1971) 動物栄養試験法。材料 (牧草) 中の可溶性炭水化物の定量の項執筆 (森本宏監修), 第 1 版, 422-424, 養賢堂, 東京。
- 松岡栄・L. N. BRANDA・藤田裕 (1997) 乳酸菌, セルラーゼ添加牧草サイレージの貯蔵中における構造的炭水化物の分解とその *in vitro* 消化率に及ぼす影響。日畜会報, **68**: 661-667.
- McDONALD P., A. C. STERING, A. R. HENDERSON, W. A. DEWAR, G. H. STARK, DAVIE, H. T. MACPHERSON, A. M. REID and J. SLATER (1960) Studies on ensilage. *Edin. Sci. Agric. Tech. Bull.*, **24**: 1-83.
- McDONALD P., A. C. STERING, A. R. HENDERSON and R. WHITTENBURY (1962) Fermentation studies on wet herbage. *J. Sci. Fd Agric.*, **13**: 581-590.
- McDONALD P., A. R. HENDERSON and S. J. E. HERON (1991) The biochemistry of silage. 2nd ed. 19-57. 58-94. 95-177. 196-278. 279-294. Chalcombe Publications. Marlow.
- MORRISON I. M. (1979) Changes in the cell wall components of laboratory silages and the effect of various additives on these changes. *J. agric. Sci., Cambridge*, **93**: 581-586.
- 大山嘉信 (1971) サイレージ発酵に関連する諸問題。日畜会報, **42**: 301-317.
- VAN SOEST P. J. (1963) Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. II. A rapid method for the determination of fiber and lignin. *J. ASS. Off. Analytical Chemists.*, **46**: 829-835.
- VAN SOEST P. J. (1967) Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. IV. Determination of plant cell wall constituents. *J. ASS. Off. Analytical Chemists.*, **50**: 50-55.

研究ノート

貯蔵日数の経過にともなうオーチャードグラス (*Dactylis glomerate* L.)
サイレージの構造的炭水化物の分解および栄養価の変化

木村 文香・原井 純弥・河合 正人・松岡 栄

帯広畜産大学, 帯広市 080-8555

The breakdown of structural carbohydrates of orchardgrass (*Dactylis glomerate* L.)
and change in nutritive value of silage during ensiling

Ayaka KIMURA, Junya HARAI, Masahito KAWAI and Sakae MATSUOKA

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

キーワード：オーチャードグラス, 貯蔵日数, 構造的炭水化物の分解, 栄養価

Key words : orchardgrass, length of ensiling, breakdown of structural carbohydrates, nutritive value

要 約

オーチャードグラスを原料草として用い, 5, 21, 56 日と異なる貯蔵日数でサイレージを調製し, 貯蔵中における構造的炭水化物の分解の程度を測定した。また, この分解を含め貯蔵中の化学成分の変化がサイレージの栄養価に及ぼす影響を検討するため, めん羊を用いて消化試験および窒素出納試験を行った。サイレージ貯蔵中の可溶性炭水化物の消失率は貯蔵日数 5 日で 50%, 56 日で 88% であった。ヘミセルロースの分解率は 5, 21, 56 日でそれぞれ 6.3, 14.8, 17.2% であり, セルロースは貯蔵期間を通して 2.5% 以下であった。ヘミセルロースの消化率は 56 日で 76.4% と原料草の 80.5% より低い傾向にあったが, セルロースの消化率は原料草, 各サイレージ間で差がなかった。56 日の可消化エネルギー含量は原料草よりも低い傾向にあった。窒素蓄積率は貯蔵日数の経過にともない低くなる傾向にあり, 特に 56 日サイレージ給与時で原料草給与時よりも有意に低かった ($P < 0.05$)。

緒 言

一般にサイレージ発酵において発酵基質として用いられるのは可溶性炭水化物 (WSC) を中心とする非構造的炭水化物であるとされている (大山, 1971)。一方で基質となりにくいとされてきたヘミセルロース, セルロースなどの構造的炭水化物もサイレージ貯蔵中にかなりの程度で分解され, McDonald *et al.* (1962) はイネ科牧草を 90 日間貯蔵した時, ヘミセルロース,

セルロースの分解率はそれぞれ 30 および 5% 程度であったと報告している。また, ブランダら (1996) はアルファルファとチモシーの混播草を 35 日間貯蔵したとき, ヘミセルロースの分解率は 18% であったと報告している。

サイレージの発酵過程は大きく分けると 3 つに分かれる (ENSMINGER *et al.*, 1990)。第 1 段階は植物細胞による呼吸作用と好気性菌の活動が継続し, それにともないサイロ内の酸素が減少している段階, 第 2 段階は乳酸菌を中心とした嫌気性菌の活動により, 乳酸, 揮発性脂肪酸 (VFA) などの有機酸が生成される段階, そして第 3 段階は, 生成された有機酸により pH が低下し, 嫌気性菌の活動が抑制され, それにともない詰め込み材料の化学変化も微弱となり, サイロ内が安定した状態となっている段階である。一般に, 第 1 段階および第 2 段階が終了する時期は詰め込み後それぞれ 3 日後, 2~3 週間後とされている。これまで, サイレージ貯蔵中の構造的炭水化物の分解についての報告は, 通常貯蔵期間の終了時点での分解についてのものが多く, 発酵段階との関係について検討した報告は少ない。

そこで本実験では, 異なる貯蔵日数 (5, 21, 56 日) でサイレージを調製し, 発酵段階における構造的炭水化物の分解の様相について検討した。また, 構造的炭水化物が分解された場合, 家畜に対する栄養価も変化するものと考えられるのでめん羊を用いて消化試験, 窒素出納試験を行い, 構造的炭水化物の分解にともなう栄養価の変化についても検討した。

材料および方法

本学附属農場で6月2日に刈り取ったオーチャードグラス一番草を一日予乾し、原料草とした。原料草は分析用サンプルを採取した後、ビニール袋に小分けし消化試験に供するまで-15℃で冷凍保存した。また、120 l 容ポリ容器9個にそれぞれ約60 kgの原料草をよく踏圧しながら詰め込み、ビニールで密封後、45 kgの重りで加重し貯蔵した。詰め込み後5, 21, 56日にポリ容器を3個ずつ開封し、分析用サンプルを採取した。その後3個の容器のサイレージを混ぜ合わせ、ビニール袋に小分けして冷凍保存した。

サイレージ貯蔵中の乾物(DM), WSC, および粗エネルギー(GE)の消失率と構造化炭水化物の分解率は、詰め込み時の原料草と開封時におけるサイレージの重量および成分含量を用いて下記の通り算出した。

$$\frac{(A-B)}{A} \times 100$$

A: 詰め込み時における原料草の重量×化学成分(もしくはエネルギー) 含量

B: 開封時におけるサイレージの重量×化学成分(もしくはエネルギー) 含量

原料草と貯蔵日数の異なる3つのサイレージについて、去勢成めん羊4頭(平均体重: 64.4 kg)を用い、4×4のラテン方格法により消化試験および窒素出納試験を行った。試験は全糞全尿採取法により行い、予備期7日間、糞尿採取期5日間とした。飼料給与量は代謝体重当り乾物で50 g/日とし、朝夕2回、1日分の半量づつを給与した。水およびミネラルブロックは自由摂取とした。

原料草およびサイレージの化学成分およびエネルギー含量は以下の方法により分析した。水分含量は凍結乾燥法、粗蛋白質(CP)含量はKJELDAHL法(倉田ら, 1971)、WSC含量はアンスロン試薬による比色法(桎木, 1971)により測定した。粗脂肪(EE)および粗灰分含量の測定は常法に従った(A. O. A. C., 1996)。中性デタージェント繊維(NDF)、酸性デタージェント繊維(ADF)および酸性デタージェントリグニン(ADL)含量はVAN SOEST *et al.* (1963; 1967)の方法に従って測定し、ヘミセルロース含量はNDF含量からADF含量を、セルロース含量はADF含量からADL含量を差し引いて算出した。GE含量は熱研式ボンブカロリーメーター(島津製作所; CA-4P型)を用いて測定した。サイレージの発酵品質において、pHはガラス電極メーター(堀場株式会社; F13型)、VFAはガスクロマトグラフィー(島津製作所; GC-14A型)を用いて測定した。乳酸はBARKER and SUMMERSON (1961)の方法で、アンモニア態窒素についてはCONWAY and O'MALLEY (1942)の微量拡散法により測定した。

貯蔵中の化学成分の分解率または消失率およびサイレージの発酵品質のデータについては、一元配置分散分析法により、また、原料草とサイレージの消化率、養分含量および給与時の窒素出納のデータについては、ラテン方格法により解析を行った。処理間の有意差検定は、前者においてはFISHERの方法、後者においてはTUKEYの方法により行った(吉田, 1975)。

結果および考察

原料草とサイレージの化学成分およびエネルギー含量を表1に示した。水分含量は原料草、サイレージともに約70%であった。WSC含量は原料草で約10%と、サイレージ発酵に十分な量であり(安宅, 1986)、貯蔵日数の経過にともなって、4.4, 1.7, 1.2%と減少した。構造化炭水化物のうち、ヘミセルロース含量は貯蔵日数の経過に伴って低くなり、原料草、56日でそれぞれ23.8, 20.5%であった。セルロース含量は原料草とサイレージで約30%と同程度であった。

サイレージの発酵品質を表2に示した。貯蔵日数の経過にともないpHは低下した(P<0.05)。また、乳酸含量は貯蔵日数の経過に伴い増加し(P<0.05)、21, 56日でそれぞれ4.4, 5.3%であった。VFAでは、酢酸、酪酸が貯蔵日数の経過に伴い増加した(P<0.05)が、プロピオン酸はどの貯蔵日数においても検出されなかった。一般に、サイレージの発酵品質は、pHや乳酸含量、酪酸含量によって評価される(安宅・野, 1986)。本実験で用いた56日サイレージの品質は乳酸含量が高いとはいえなかったが、pHによる品質評価では「良」、酪酸含量では「普通」と評価され、総合的にみると一般的な品質のものであった。

Table 1 Chemical composition of grass and silages (%)

	Length of ensiling			
	0day	5day	21day	56day
DM	31.4	31.0	30.6	30.5
OM	88.7	89.5	89.4	89.3
CP	10.9	11.0	11.1	10.9
EE	2.9	3.7	3.9	4.0
WSC	9.5	4.4	1.7	1.2
NDF	55.8	55.3	53.4	53.6
ADF	32.1	32.5	32.4	33.1
ADL	2.6	2.7	2.7	2.6
Hemicellulose	23.8	22.8	21.0	20.5
Cellulose	29.5	29.9	29.8	30.5
GE (Mcal/kg)	4.37	4.24	4.21	4.23

Moisture is expressed in fresh matter, other values in dry matter basis.

DM: Dry Matter, OM: Organic Matter,

CP: Crude Protein, EE: Ether Extract,

WSC: Water Soluble Carbohydrates,

NDF: Neutral Detergent Fiber,

ADF: Acid Detergent Fiber,

ADL: Acid Detergent Lignin, GE: Gross Energy.

Hemicellulose = NDF - ADF,

Cellulose = ADF - ADL.

Table 2 Fermentation characteristics of silages

		Length of ensiling				SEM
		0day	5day	21day	56day	
pH		5.35	4.72 ^a	4.34 ^b	4.19 ^c	±0.08
Lactic acid	(%DM)	—	2.5 ^c	4.4 ^b	5.3 ^a	±0.42
VFA	(%DM)					
Acetic acid		—	0.5 ^c	0.7 ^b	1.0 ^a	±0.08
Propionic acid		—	—	—	—	—
Butyric acid		—	0.1 ^b	0.2 ^b	0.4 ^a	±0.04
Ammonia N	(% Total-N)	—	4.8 ^c	6.6 ^b	8.0 ^a	±0.47

Means on the same line with different superscripts are significantly different ($P < 0.05$)

SEM: Standard error

サイレージ貯蔵中の化学成分およびエネルギー消失率と構造的炭水化物の分解率を表3に示した。乾物(DM)の消失率は2～4%の範囲にあった。WSCの消失率は貯蔵日数5日で55.3%と、発酵初期段階で50%を上回り、56日で88.0%に達した。サイロ詰め込み直後の発酵初期段階では、植物は糖を利用し呼吸作用を継続している(菊地, 1986)。このため、WSCが発酵基質としてだけでなく、植物の呼吸作用にもかなりの量が利用されていたため、5日までの発酵初期段階に大きく分解が進んだと考えられる。

構造的炭水化物のうち、ヘミセルロースの分解率は5日で6.3%、21日で14.8%と5～21日にかけて大きく分解が進んだ。また、その後も緩やかな分解が見られ、56日では17.2%であった。ここで、原料草乾物100g当たりのWSCとヘミセルロースの消失および分解量を算出すると、56日でWSCは約8.4g、ヘミセルロースは約4.1gとなる。従ってヘミセルロースの分解率はWSCの消失率より低いものであったが、分解量としては約半分と比較的大きいものであり、サイレージの品質、栄養価に影響を及ぼし得ると考えられる。

また、ヘミセルロースの分解量を発酵段階ごとにみると、5日までで1.5g、5～21日にかけては2g、21～56日にかけては0.6g分解されたことになり、WSCは貯蔵後5日までで約半分が消失したのに対し、ヘミセルロースでは5～21日にかけて全体の約半

Table 3 Losses of DM, WSC, structural carbohydrates and disappearance rate of GE (%)

	Length of ensiling				SEM
	5day	21day	56day		
DM	2.2	3.4	3.9		±0.48
WSC	55.3 ^c	82.6 ^b	88.0 ^a		±5.08
Hemicellulose	6.3 ^b	14.8 ^a	17.2 ^a		±1.77
Cellulose	0.9 ^b	2.5 ^a	0.5 ^b		±0.39
GE	5.1 ^b	7.1 ^a	7.0 ^a		±0.37

Means on the same line with different superscripts are significantly different ($P < 0.05$)

SEM: Standard error

分が分解された。ヘミセルロースを分解する要因として、DEWAR *et al.* (1963) は①牧草中のヘミセルロース分解酵素の働き、②嫌気性菌のヘミセルロース分解酵素の働き、③発酵中に生成された有機酸による加水分解を挙げている。これらの分解が起きる時期をサイレージの発酵段階と関連付けてみると、それぞれ、原料草詰め込み後の植物細胞による呼吸作用が行われている段階、嫌気性菌の活動により乳酸発酵がおこっている段階、生成された有機酸により、サイロ内が安定している段階に対応するものと考えられる。本実験ではヘミセルロースの分解は貯蔵後6～21日までの期間で最も大きかった。このことはDEWAR *et al.* (1963) が示す要因のうちで②の要因が最も大きく働いたことを示すものである。

一方、セルロースの分解率は2.5%以下とどの貯蔵日数においても非常に低かった。セルロースは、ヘミセルロースと比較して一般に分解率が低く、McDONALD *et al.* (1962) は5%程度と報告している。本実験においても、セルロースはほとんど分解されず、ヘミセルロースの分解率に比べ非常に低いものであった。

原料草および各サイレージの消化率を表4に示した。粗脂肪の消化率は各サイレージ間に差はなかったが、原料草よりも高かった($P < 0.05$)。サイレージ発酵によって乳酸やVFAといった有機酸が生成されるがこれらはエーテルに可溶なため粗脂肪として検出される。粗脂肪の消化率が原料草よりもサイレージで高くなったのは、サイレージに含まれるこれらの有機酸が反芻胃内に入ると急速に吸収されるためだと考えられる。

ヘミセルロースの消化率は原料草に比べサイレージで低い傾向にあり、貯蔵日数56日では特に低い傾向がみられた。DAUGHTRY *et al.* (1978) はイネ科牧草のヘミセルロースの消化率を、その構成成分ごとに検討し、主鎖の成分であるキシロースの消化率は48～53%、側鎖成分のアラビノースは68～78%、その他の側鎖成分では54～93%であったと報告している。

Table 4 Digestibility of grass and silages (%)

	Length of ensiling				SEM
	0day	5day	21day	56day	
DM	67.5	67.9	68.9	66.9	±0.67
OM	69.6	70.1	71.0	69.2	±0.61
CP	60.5	61.7	62.8	59.5	±1.41
EE	44.6 ^b	59.2 ^a	61.0 ^a	59.9 ^a	±1.57
NDF	75.5	74.3	74.9	73.2	±0.73
ADF	71.8	72.5	73.4	71.0	±0.71
Hemicellulose	80.5	77.0	77.1	76.4	±0.84
Cellulose	79.1	79.2	80.1	78.7	±0.66
GE	65.5	65.1	65.8	63.7	±0.74

Means on the same line with different superscripts are significantly different ($P < 0.05$)

SEM: Standard error

この報告はヘミセルロースの中にも、消化されやすい部分と消化されにくい部分があることを示している。また、McDONALD *et al.* (1960) はイネ科牧草をサイレージ化すると、ヘミセルロースの分解率は31.1%であり、その構成成分のうち、キシランが24.8%、アラバンが52.7%であったと報告している。従ってヘミセルロースのうち、消化されやすい部分がサイレージ貯蔵中に分解され、消化されにくい部分は分解されずにそのまま残るため消化率が低下したと考えられる。

一方、セルロースの消化率は原料草およびサイレージの間で差はなかった。サイレージ貯蔵中にヘミセルロースが分解されたのに対し、セルロースはほとんど分解が行われてなかった。従って原料草およびサイレージ中のセルロース含量とその構成成分にもほとんど変化がないと思われ、消化率にも差がなかったと考えられる。

原料草およびサイレージの養分含量を表5に示した。DCP 含量は原料草、サイレージで差がなかったが、DE 含量は原料草よりもサイレージで低い傾向にあり、特に貯蔵日数56日で最も低かった。本試験では貯蔵日数56日でヘミセルロースは17.2%分解され、その消化率は低下した。このヘミセルロース消化率の低下がDE 含量の低下に反映していると考えられる。

原料草およびサイレージ給与時の窒素出納を表6に示した。窒素蓄積率は貯蔵日数の経過にともない低下し、特に56日サイレージ給与時は、原料草給与時よりも有意に低かった ($P<0.05$)。サイレージ発酵によって牧草中の植物酵素の作用による蛋白質分解が起こり (HERON, 1986)、このときの分解産物は主に非蛋白態

窒素化合物 (NPN) である (McDONALD, 1976)。OH-SHIMA and McDONALD (1978) は、牧草中の蛋白態窒素は、全窒素中75~90%存在しており、サイレージ貯蔵によって、その割合は30~45%に減少し、NPN、特にアミノ酸の増加割合が大きいと報告している。また和泉(1975)は、チモシー主体牧草を調製したサイレージと乾草を乳牛に給与したときに、サイレージ給与時のほうがルーメン内アンモニア濃度が著しく高いのは、乾草よりもサイレージで可溶性窒素含量が高いためであると報告している。一般に、ルーメン内で生成されたアンモニアはルーメン内微生物によって菌体蛋白質に合成されるが、一部はルーメン壁から血中へ吸収され、尿素として尿中に排泄される。従って貯蔵日数の経過にともないサイレージ中のNPNもしくは可溶性窒素含量が高くなり、ルーメン内のアンモニア濃度が高くなった結果、菌体蛋白質合成が間に合わず、尿中窒素排泄量が増加したため窒素蓄積率が低下したと考えられる。

以上より、サイレージ貯蔵中のヘミセルロースの分解は嫌氣的発酵が最も活発に行われている貯蔵日数5日から21日にかけて大きく進んだ。また、ヘミセルロースの分解が進むとその消化率も低下し、このことがサイレージのDE 含量にも反映することが示唆された。一方、セルロースの貯蔵中の分解は非常に小さいものであった。

文 献

- A. O. A. C. (1996) Official Methods of Analysis of AOAC International. Volume I.
- 安宅一夫 (1986) サイレージバイブル. 第3章サイレージ発酵の制御技術の項執筆 (高野信雄・安宅一夫監修), 47-51, 酪農学園出版部, 江別.
- 安宅一夫・野 英二 (1986) サイレージバイブル. 第8章サイレージの品質の見分け方の項執筆 (高野信雄・安宅一夫監修), 93-97, 酪農学園出版部, 江別.
- BARKER, S. B. and W. H. SUMMERSON (1961) The colorimetric determination of lactic acid in biological material. *J. Biol. Chem.*, **138**: 535-554.
- ブラング ロールデス ノエミ・藤田 裕・松岡 栄 (1996) 牧草のサイレージ化にともなう構造的炭水化物の分解と消化率およびそれに与える添加剤の影響. *北畜会報*, **38**: 50-54.
- CONWAY, E. J. and E. O'MALLEY (1942) Microdiffusion methods: ammonia and urea using buffered absorbents (revised method for ranges greater than $10\mu\text{g}$. N). *Biochem. J.*, **38**: 655-611.
- DAUGHTRY, C. S. T., D. A. HOLT and V. L. LECHTENBERG (1978) Concentration, composition, and in vitro disappearance of tall fescue and orchardgrass. *Agro. J.*, **70**: 550-554.

Table 5 Nutritive value of grass and silages (DM basis)

		Length of ensiling				SEM
		0day	5day	21day	56day	
DE	(Mcal/kg)	2.86	2.76	2.77	2.69	± 0.04
DCP	(%)	6.6	6.8	7.0	6.5	± 0.16

DE: Digestible energy,
DCP: Digestible crude sprtein

Table 6 Nitrogen (N) balance while feeding grass and silages

		Length of ensiling				SEM
		0day	5day	21day	56day	
N intake	(g/kgBW ^{0.75/day})	0.87	0.88	0.87	0.84	± 0.21
Fecal N	(g/kgBW ^{0.75/day})	0.34	0.34	0.32	0.33	± 0.01
Urinary N	(g/kgBW ^{0.75/day})	0.42	0.51	0.51	0.57	± 0.03
Digestible N	(g/kgBW ^{0.75/day})	0.53	0.54	0.54	0.51	± 0.02
Retained N	(g/kgBW ^{0.75/day})	0.11	0.03	0.03	-0.06	± 0.03
Retained/intake	(%)	12.9 ^a	4.0 ^{ab}	3.2 ^{ab}	-6.6 ^a	± 3.2
Retained/digestible	(%)	21.3 ^a	6.5 ^{ab}	4.8 ^{ab}	-11.2 ^a	± 5.1

Means on the same line with different superscripts are significantly different ($P<0.05$)

SE: Standard error

- DEWAR, W. A., P. McDONALD and R. WHITTENBURY (1963) The hydrolysis of grass hemicelluloses during ensilages. *J. Sci. Food and Agric.*, **14**: 411-417.
- HERON, S. J. E., R. A. EDWARDS., P. McDONALD. (1986) Changes in nitrogenous components of gamma-irradiated and inoculated ensiled rygrass. *J. Sci. Fd. Agric.*, **37**: 979-985.
- 和泉康史 (1975) 窒素施用水準および刈り取り時期を異にする乾草及びサイレージの給与がウシ第一胃内揮発性脂肪酸の産生に及ぼす影響. *日畜会報*, **46**: 24-28.
- 菊地正則 (1986) サイレージバイブル. 第2章サイレージ発酵と微生物の項執筆 (高野信雄・安宅一夫監修), 23-44, 酪農学園出版部, 江別.
- 倉田洋平・林弥太郎 (1971) 動物栄養試験法. ケルダール法の項執筆 (森本 宏監修), 第1版, 286-291, 養賢堂, 東京.
- 柁木茂彦 (1971) 動物栄養試験法. 材料 (牧草) 中の可溶性炭水化物の定量の項執筆 (森本 宏監修), 第1版, 養賢堂, 東京.
- 松岡 栄・L. N. BRANDA・藤田 裕 (1997) 乳酸菌, セルラーゼ添加牧草サイレージ貯蔵中における構造性炭水化物の分解とその *in vitro* 消化率に及ぼす影響. *日畜会報*, **68**: 661-667.
- McDONALD, P., A. C. STERING, A. R. HENDERSON, W. A. DEWAR, G. H. STARK, DAVIE, H. T. MACPHERSON, A. M. REID, and J. ALATER (1960) Studies on ensilage. *Edin. Sci. Agric. Tech. Bull.*, **24**: 1-83.
- McDONALD, P., A. C. STERING, A. R. HENDERSON and R. WHITTENBURY (1962) Fermentation studies on wet herbage. *J. Sci. Fd. Agric.*, **13**: 581-590.
- McDONALD, P., R. A. EDWARDS (1976) The influence of conservation methods on digestion and utilization of forages by ruminants. *Proc. Nutr. Soc.* **35**: 201-211.
- MORRISON, I. M. (1979) Changes in the cell wall components of laboratory silages and the effect of various additives on these changes. *J. Agric. Sci., Cambridge.*, **93**: 581-586.
- OHSHIMA, M. and P. McDONALD (1978) A Review of the Changes in nitrogen as compounds of herbage during ensilage. *J. Sci. Fd. Agric.* **29**: 497-505.
- 大山嘉信 (1971) サイレージ発酵に関する諸問題. *日畜会報*, **42**: 301-317.
- VAN SOEST P. J. (1963) Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. II. A rapid method for the determination of fiber and lignin. *J. ASS. Off. Analytical Chemists.*, **46**: 829-835.
- VAN SOEST P. J. (1967) Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. IV. Determination of plant cell wall constituents *J. ASS. Off. Analytical Chemists.*, **50**: 50-55.
- 吉田 実 (1975) 畜産を中心とする実験計画法. 第1版, 69-86, 101-115, 養賢堂, 東京.

研究ノート

理化学処理した稲わら、小麦稈の理化学性状、*in vitro* 消化率とめん羊の自由摂取量、乾物消化率との関係

阿部 英則・山川 政明*

北海道立滝川畜産試験場, 滝川市 073-0026

*北海道立根釧農業試験場, 中標津町 086-1153

Relationship between voluntary intake, dry matter digestibility in sheep fed physico-chemical treated straws and physico-chemical characteristics, *in vitro* digestibility of straws

Hidenori ABE, Masaaki YAMAKAWA

Hokkaido Takikawa Animal Husbandry Experiment Station, Takikawa-shi 073-0026

*Hokkaido Konsen Agricultural Experiment Station, Nakashibetsu-cho 086-1153

キーワード: 乾物消化率, 自由摂取量, 理化学処理, わら類

Key words: Dry matter digestibility, Voluntary intake, Physico-chemical treatment, Straws

要 約

理化学処理（アンモニア、蒸煮およびこれらの複合処理）した稲わら6点、小麦稈7点の理化学性状、*in vitro* 消化率（Ce-DMD）とめん羊における自由摂取量、乾物消化率との間の関係について回帰分析を行った。稲わら、小麦稈の自由摂取量と中性デタージェント繊維含量間に有意な負の相関がみられた。稲わらの自由摂取量、乾物消化率と遊星ボールミルにおける粉碎速度とは有意な正の相関、遊星ボールミルにおける滞留時間とは有意な負の相関が得られたが、小麦稈では有意な相関が認められなかった。みかけのCe-DMDは小麦稈の乾物消化率を除いては有意な正の相関がみられた。真のCe-DMDについてはいずれとの間にも有意な正の相関が得られ、処理わらの自由摂取量、乾物消化率の推定に有望な指標となることが示された。乾物消化率については稲わら、小麦稈を併せて、乾物消化率 $=1.162 \times \text{真のCe-DMD} + 29.950$ が得られた。

緒 言

粗飼料の輸入量は1975年の10万トンに対し、1989年では169万トンと顕著な伸びを示し（高野と大森, 1991）、粗飼料、とくに乾草の絶対量が不足していることを示している。本道においても草地基盤の脆弱な田畑地帯で肉用牛経営にアンモニア処理わらが利用されている。アンモニア処理でわら類の栄養価が改善されることはよく知られている。また、稲わら（阿部ら、

1999）あるいは小麦稈（阿部ら, 1997）を蒸煮処理すると、めん羊における自由摂取量や消化率は改善されることが知られている。

理化学処理を行って栄養価を高めたわら類の利用が今後一層増すものと予想される。飼料設計に際しては予めこれら理化学処理わら類の自由摂取量と消化率の把握が必要となるが、これらの推定に関しては報告が少ない（下條と五斗, 1990）。そこで、理化学処理した稲わらおよび小麦稈についてめん羊を用い、自由摂取量、乾物消化率と理化学性状、*in vitro* 消化率との関連について検討し、自由摂取量および乾物消化率の推定式の作成を試みた。

材料および方法

供試材料は稲わらは無処理2、蒸煮処理1、アンモニア処理と蒸煮処理を併用した複合処理3の計6点で、小麦稈は無処理2、蒸煮処理2、アンモニア処理1、複合処理2の計7点であり、その内容は表1に示す通りである。

消化試験はそれぞれの材料につき4頭のサフォーク去勢羊を用い、いずれも約10%の残飼がでるように自由摂取させた。稲わらは単一給与したが、小麦稈は消化率既知の大豆粕を体重kg当たり4g併給した。7日間の予備期ののち、本期7日間の自由摂取乾物量（VDI）を求め、また全糞を採取して乾物消化率（DMD）を測定した。小麦稈についてはDMDを算出した。

化学性状として中性デタージェント繊維（NDF）、酸性デタージェント繊維（ADF）、酸性デタージェントリグニン（ADL）をデタージェント法（阿部, 1988）で

Table 1 Physico-chemical treatment of straws

	Abbreviation
Rice straw	
Untreated	Untreated
Steam pressured at 8kg/cm ² for 5min.	8kg · 5min.
Ammoniated with 2% anhydrous ammonia in dry weight of straw	
after steam pressured at 8kg/cm ² for 10min.	8kg · 10min. → 2%NH ₃
8kg · 10min. after 2%NH ₃	2%NH ₃ → 8kg · 10min.
3%NH ₃ after 8kg · 10min.	8kg · 10min. → 3%NH ₃
Wheat straw	
Untreated	Untreated
Ammoniated with 3% anhydrous ammonia in dry weight of straw	3%NH ₃
Steam pressured at 12kg/cm ² for 5min.	12kg · 5min.
Steam pressured at 12kg/cm ² for 10min.	12kg · 10min.
3%NH ₃ after 12kg · 5min.	12kg · 5min. → 3%NH ₃
3%NH ₃ after 12kg · 10min.	12kg · 10min. → 3%NH ₃

測定した。物理性状として遊星ボールミルにおける粉碎率 (BMV)、滞留時間 (BMT) を Bond の仕事指数 (同志社大学粉体工学研究室, 1976) 測定により算出した。この方法は遊星ボールミルで試料の投入、粉碎を繰り返し、1 mm 以下の粒度ができる速度がほぼ一定となるまで行うもので、このほぼ一定な速度の平均を BMV とし、要した試料量を BMV で除して BMT とした。in vitro 消化率はセルラーゼによる乾物分解率 (Ce-DMD) を測定した。みかけの Ce-DMD は試料 0.5 g に 0.5% セルラーゼ (ONOUKA FA: ヤクルト) を含む酢酸緩衝液 40 ml を加え、浸漬培養器中で 40℃ に保ちながら 24 時間後の乾物量の減少率を求めた。このみかけの Ce-DMD から酢酸緩衝液の溶解率を差し引いて真の Ce-DMD とした。

VDI, DMD と理化学性状, Ce-DMD との間の相関を求め、また回帰分析した (吉田, 1978)。

結 果

稲わら、小麦稈の VDI, DMD と理化学性状, Ce-DMD を表 2 に示した。

稲わら、小麦稈とも理化学処理することで、VDI, DMD, BMV および Ce-DMD は高まり、BMT と NDF 含量は低下した。また、稲わらでは処理により ADL 含量が増した。

稲わら、小麦稈の VDI, DMD と理化学性状, Ce-DMD との相関を表 3 に示した。稲わらでは VDI は DMD と有意な正の相関が、NDF 含量とは有意な負の相関がみられた。BMV は VDI, DMD と有意な正の、BMT は VDI, DMD と有意な負の相関が得られた。また、みかけの Ce-DMD と真の Ce-DMD は VDI, DMD と有意な正の相関があった。

小麦稈では VDI と DMD の間に有意な相関はみら

Table 2 VDI, DMD and physico-chemical characteristics, Ce-DMD of straws

	VDI	DMD	NDF	ADF	ADL	BMV	BMT	Ce-DMD(%)	
		(%)	(% of DM)				(hrs)	Apparent	True
Rice straw									
Untreated	11.9	44.7	69.6	41.5	5.8	4.60	0.97	24.6	10.2
8kg · 5min.	16.2	46.1	68.3	45.6	9.0	9.40	0.52	30.7	15.3
Untreated	5.6	36.4	73.7	46.7	5.7	5.30	1.15	21.6	7.6
8kg · 10min. → 2%NH ₃	15.9	55.3	70.7	50.9	9.0	9.17	0.45	37.3	22.5
2%NH ₃ → 8kg · 10min.	16.2	55.0	71.0	51.3	9.6	11.10	0.40	37.0	22.1
8kg · 10min → 3%NH ₃	18.2	56.6	69.3	50.0	8.6	11.98	0.36	39.9	23.9
Wheat straw									
Untreated	14.5	41.9	80.1	53.1	9.9	3.64	1.85	18.5	12.3
12kg · 5min. → 3%NH ₃	19.9	52.4	70.1	55.7	10.4	12.45	0.58	32.9	17.1
12kg · 10min. → 3%NH ₃	21.0	45.5	63.0	54.2	10.3	13.95	0.54	37.3	15.6
Untreated	13.5	41.8	84.8	54.8	9.2	2.28	2.98	15.8	9.0
3%NH ₃	15.5	54.6	83.7	58.0	10.0	2.54	2.31	25.5	17.2
12kg · 5min.	21.1	51.6	76.6	55.0	10.5	4.05	1.51	30.2	18.2
12kg · 10min.	25.3	51.0	69.4	56.8	10.9	6.46	0.91	35.0	18.6

VDI(g/kgBW/day): Voluntary dry matter intake

BMV(g/sec×10⁻³): Grinding velocity with planet ball mill

Ce-DMD: Dry matter degradability with cellulase

DMD: Dry matter digestibility

BMT: Retention time with planet ball mill

Table 3 Correlation coefficients between VDI, DMD and physico-chemical characteristics, Ce-DMD

	Rice straw		Wheat straw	
	VDI	DMD	VDI	DMD
VDI	1	0.901**	1	0.478
DMD	0.901**	1	0.478	1
NDF	-0.774*	-0.466	-0.793**	-0.148
ADF	0.462	0.688	0.245	0.816**
ADL	0.854**	0.809*	0.925***	0.622
BMV	0.845**	0.836**	0.522	0.107
BMT	-0.953***	-0.921***	-0.798**	-0.325
Apparent Ce-DMD	0.896**	0.970***	0.892***	0.555
True Ce-DMD	0.877**	0.974***	0.778**	0.872**

***,**: significant at 10, 5, 1% level, respectively

れなかった。NDF 含量は VDI と有意な負の相関がみられた。みかけの Ce-DMD は VDI と有意な正の相関があったが、稲わらと異なり DMD とは有意な相関はみられなかった。真の Ce-DMD は VDI, DMD と有意な正の相関がみられた。

以上より、稲わら、小麦稈の VDI, DMD いずれについても有意な相関が得られたのは真の Ce-DMD のみであった。

真の Ce-DMD を説明変数とし、VDI, DMD を従属変数とする直線回帰式を表 4 に示した。稲わら、小麦稈の VDI, DMD とともに回帰式に有意性 ($P < 0.05$) が認められた。DMD については稲わら、小麦稈の回帰直線の傾き、高さに違いがみられないことより、両者を併せた回帰式、 $DMD = 1.162 \times \text{真の Ce-DMD} + 29.950$ が得られた。

考 察

稲わら、小麦稈の VDI と NDF 含量との間に有意な負の相関がみられた。NDF は総繊維を表し、NDF が多いほど、反芻胃内でかさばって粗飼料の摂取を抑制するものと考えられる。乾草の VDI と NDF 含量に負の相関がみられることはいくつかの報告 (甘利ら, 1989, 出口ら, 1996) があり、理化学処理したわらについても同様の結果が得られたといえる。

稲わらでは DMD は VDI, みかけの Ce-DMD および真の Ce-DMD との間に有意な正の相関がみられることから、VDI とみかけの Ce-DMD および真の Ce-DMD との間に有意な正の相関がみられることは容易に類推できる。これに反し、小麦稈では DMD と VDI, みかけの Ce-DMD 間に有意な相関はみられず、稲わらとは異なる挙動を示した。真の Ce-DMD は DMD, VDI と有意な正の相関があるが、VDI についてはみかけの Ce-DMD ほど高い相関を示さなかった。また、VDI と酢酸緩衝液の溶解率との間には有意 ($P < 0.05$) な正の相関が認められた。これらのことは以下のように説明されよう。小麦稈は稲わらよりも処理により微

Table 4 Relation between VDI, DMD and true Ce-DMD

	VDI	DMD
Rice straw	$Y = 0.581X + 4.166$	$Y = 1.120X + 30.050$
Wheat straw	$Y = 0.947X + 4.068$	$Y = 1.297X + 28.386$
Total		$Y = 1.162X + 29.950$

X: true Ce-DMD

細化され易くなって、酢酸緩衝液の溶解率、ひいては VDI を増加させる一方で、微細化粒子は反芻胃をすみやかに通過するため消化されにくく、DMD と VDI およびみかけの Ce-DMD との間に有意な相関がなかったものと考えられる。

稲わらは小麦稈と比べて、ADL 含量に大きな違いはないが、ケイ酸含量は高い (阿部と藤田, 1985)。リグニンとともにケイ酸は消化を阻害する要因として知られており (SMITH *et al.*, 1971)、稲わらは小麦稈よりも物理的破碎に対して抵抗性が高いものと推測される。稲わらは小麦稈よりも理化学処理によって微細化されにくいために、VDI, DMD と BMV, BMT の物理性状間の有意な相関が示されたものと考えられる。しかし、小麦稈では VDI, DMD と BMV, BMT との間には明らかな相関性は認められなかった。

稲わらおよび小麦稈について、VDI, DMD と真の Ce-DMD 間に有意な相関が得られたことから、真の Ce-DMD は処理わらの VDI および DMD 推定の簡易な指標になるものと考えられた。VDI については小麦稈の回帰直線の高さが稲わらのそれよりも有意 ($P < 0.05$) に高かったことから、回帰式を 1 つにして表示することができなかった。この理由として、小麦稈では大豆粕併給の影響が考えられ、大豆粕が VDI が増加の原因となった可能性が考えられる。

謝 辞

遊星ボールミルにおける粉碎速度、滞留時間の測定にご協力いただいた道立林産試験場 遠藤 展氏に感

謝します。

文 献

- 阿部 亮 (1988) 炭水化物成分を中心とした飼料分析法とその飼料栄養価評価法への応用. 畜産試験場研究資料, 2: 16-29.
- 阿部英則・藤田 保 (1985) アンモニア処理による稲わら, 小麦稈, スイートバーナルグラスの細胞壁物質の変化について. 滝畜研報, 22: 1-8.
- 阿部英則・山川政明・遠藤 展 (1997) 蒸煮処理した小麦稈のめん羊における全消化管内充満度および滞留時間. 北草研報, 31: 71.
- 阿部英則・山川政明・岡本全弘 (1999) 蒸煮, アンモニア処理およびこれらを複合処理した稲わらの自由摂取量と消化率. 日草誌, 44: 378-380.
- 甘利雅弘・森 登・新宮博行・榎木茂彦・阿部 亮 (1989) 近赤外分析法による粗飼料の成分分析と栄養価の推定法. 日草誌, 44: 248-254.
- 出口健三郎・佐藤尚親・澤田嘉昭 (1996) チモシーおよびマメ科牧草の成分含量とめん羊による自由採食量の関係. 日草誌, 42 別号: 310-311.
- 同志社大学粉体工学研究室 (1976) Bond の粉碎仕事指数の測定. 粉体と工業, 8: 49-63.
- 下條雅敬・五斗一郎 (1990) 暖地型イネ科牧草の物理・化学処理による栄養価値改善 1. 蒸煮処理が化学成分及び乾物消化率に及ぼす影響. 日草誌, 36: 184-190.
- SMITH, G.S., A.B. NELSON and E.J.A. BOGGINO (1972) Digestibility of forages *in vitro* as affected by content silica. J. Anim. Sci., 33: 466-471.
- 高野信雄・大森昭一郎 (1991) 輸入粗飼料のすべて. 2. 酪農総合研究所. 札幌.
- 吉田 実 (1978) 畜産を中心とする実験計画法. 163-185. 養賢堂. 東京.

研究ノート

理化学処理した小麦稈の物理性状とめん羊の自由摂取量との関係

阿部 英則・山川 政明*

北海道立滝川畜産試験場, 滝川市 073-0026

*北海道立根釧農業試験場, 中標津町 086-1153

The relationship between voluntary intake in sheep fed physico-chemical treated wheat straws and physical characteristics of straws

Hidegori ABE, Masaaki YAMAKAWA

Hokkaido Takikawa Animal Husbandry Experiment Station, Takikawa-shi 073-0026

*Hokkaido Konsen Agricultural Experiment Station, Nakashibetsu-cho 086-1153

キーワード: 小麦稈, 自由摂取量, 物理性状, 理化学処理

Key words: Wheat straw, Voluntary intake, Physical characteristics, Physico-chemical treatment

要 約

理化学処理（アンモニア、蒸煮およびこれらの複合処理）した小麦稈9点の物理性状（疎充填、密充填かさ密度および遊星ボールミル、カッティングミルによる粉碎率）とめん羊における自由摂取量との関係を検討した。自由摂取量と有意な相関が認められたのは密充填かさ密度とカッティングミルによる粉碎率であり、これらを説明変数とし、自由摂取量を従属変数とした重回帰式の決定係数は0.957という極めて高い値であった。また、密充填かさ密度は反芻胃における飼料片の充満度と、カッティングミルによる粉碎率は飼料片の粒度低下の指標と想定した場合、本成績は粗飼料の自由摂取量が反芻胃におけるこれら2つの要因によって規制されていることを支持するものと考えられた。

緒 言

アンモニア処理や蒸煮処理によって、わら類の牛やめん羊における自由摂取乾物量（VDI）は改善される（HORTONE, 1978, 阿部ら, 1999 A）。植物体の強度を保ち、繊維の消化を阻害するリグニンは構造的な多糖とエステル結合やエーテル結合で結びついている（川村, 1995）。アンモニア処理はこのエステル結合（KONDO *et al.*, 1992）を、また蒸煮処理はエーテル結合（須藤, 1987）を解裂するとされている。理化学処理によって、植物体の粗剛性が低下し微細化され易くなって、飼料

片は反芻胃に密に充填される一方、発酵速度が高まり、そしてVDIの増加につながったものと推測される（阿部と山川, 1999 B, 阿部と山川, 2000 A）。

粗飼料のVDIは反芻胃における飼料片の充満度と粒度低下により規制をうけるとされている（左, 1979）。そこで、理化学処理した小麦稈を取り上げ、飼料片の充満度および粒度低下に関係すると考えられる指標として、それぞれかさ密度（疎充填、密充填かさ密度）および遊星ボールミルとカッティングミルによる粉碎率を測定し、VDIとの関連を調べた。さらに、理化学処理わらのVDIを真のセルラーゼによる乾物分解率（真のCe-DMD）で推定する式が提示（阿部と山川, 2000 B）されていることから、VDI推定に対する物理性状と真のCe-DMDの精度を比べた。

材料および方法

供試小麦稈は無処理3、蒸煮処理4、アンモニア処理1、アンモニアと蒸煮処理を併用した複合処理1の計9点であり、その内容は表1に示す通りである。処理に際して小麦稈は梱包した。アンモニア処理は水分含量が約30%となるように加水しビニールシートで覆い、乾物重当たり3%の液化アンモニアを注入するスタック方式で行った。約1カ月後に開封し、過剰のアンモニアを揮散させてから供試した。蒸煮処理は大型の蒸煮釜を用いて行った。

採食試験はそれぞれの材料につき4頭のサフォーク去勢羊を用い、いずれも約10%の残飼がでるように自由摂取させたが、大豆粕を体重kg当たり4g併給した。供試羊の体重は55.8~81.6 kgである。7日間の予

Table 1 Physico-chemical treatment of wheat straw

	n	Abbreviation
Untreated	3	Untreated
Ammoniated with 3% anhydrous ammonia in dry weight of straw	1	3%NH ₃
Steam pressured at 12kg/cm ² for 5min.	2	12kg・5min.
Steam pressured at 12kg/cm ² for 10min.	2	12kg・10min.
3%NH ₃ after 12kg・5min.	1	12kg・5min.→3%NH ₃

備期ののち、本期7日間における小麦稈のVDIを求めた。

物理性状として疎充填、密充填かさ密度および遊星ボールミルとカッティングミルによる粉碎率（それぞれGRBM, GRCM）を測定した。供試試料は全て風乾して測定した。かさ密度の測定に際しては飼料を2mmの目皿を用いたウィレー粉碎器で粉碎した。疎充填かさ密度は一定容積(210 ml)の筒状容器を用い、飼料をとくに力を加えずに詰め、その重量から求めた。密充填かさ密度は密充填かさ密度測定器（筒井理化学器械VBD-80）を用い、5分間振動後の容積と重量から求めた。GRBMの測定は3cmの切断長で細切した試料10gを遊星ボールミル（Retsch S1000）で1分間粉碎し、反芻胃からの飼料片流出の境界値とされる（POPPI *et al.*, 1980）1.18 mmの篩を通った量の全量に占める割合とした。GRCMの測定は試料10gをカッティングミル（Retsch SM2000）で30秒間粉碎し、1mmの目皿を通った量の全量に占める割合とした。測定は全て2反復した。

Ce-DMDの測定は試料0.5gに0.5%セルラーゼ（ONOZUKA FA：ヤクルト）を含む酢酸緩衝液40mlを加え、浸漬培養器中で40℃に保ちながら24時間後の乾物量の減少率を求めた。このみかけのCe-DMDから酢酸緩衝液の溶解率を差し引いて真のCe-DMDとした。

結果および考察

小麦稈のVDIと物理性状、真のCe-DMDを表2に示した。無処理の小麦稈は産出年が異なり、これを用いるかたちで理化学処理した場合のVDI、物理性状、真のCe-DMDも異なっていたが、処理によって、VDI、疎充填かさ密度を除く物理性状、真のCe-DMDは高まった。

小麦稈のVDIと物理性状、真のCe-DMDとの相関を表3に示した。小麦稈のVDIと密充填かさ密度、GRCMおよび真のCe-DMD間に有意な正の相関がみられた。密充填かさ密度は飼料のかさばりの程度を現わすものであり、かさ密度が高いと、反芻胃に密に

Table 2 VDI and physical characteristics, true Ce-DMD of wheat straw

	Year ¹⁾	VDI (g/kgBW/day)	Bulk density(g/ml×10 ⁻¹)		GRBM (%)	GRCM (%)	True Ce-DMD(%)
			Sparse	Dense			
12kg・5min.→3%NH ₃	'91	19.9	1.59	2.04	26.1	56	17.1
Untreated	'92	13.5	1.71	2.06	14.1	39	9.0
3%NH ₃	'92	15.5	1.66	2.01	17.5	40	17.2
12kg・5min.	'92	21.1	1.69	2.17	20.3	49	18.2
12kg・10min.	'92	25.3	1.75	2.24	24.5	56	18.6
Untreated	'93	15.3	1.57	1.89	22.6	46	10.9
12kg・5min.	'93	16.2	1.55	1.92	24.6	53	18.6
12kg・10min.	'93	22.1	1.41	1.95	40.4	66	19.0
Untreated	'95	10.4	1.41	1.67	18.0	45	11.1

VDI: Voluntary dry matter intake

GRBM: Grinding ratio of planet ball mill

GRCM: Grinding ratio of cutting mill

Ce-DMD: Dry matter degradability with cellulase

¹⁾: Year of which straw was produced.

Table 3 Correlation coefficients between VDI of physico-chemical treated wheat straw and those physical characteristics, true Ce-DMD

Sparse stuffed bulk density	Dense stuffed bulk density	GRBM	GRCM	True Ce-DMD
0.329	0.764*	0.596	0.722*	0.697*

*: significant at 5% level

詰め込まれて VDI の多さにつながるものと考えられる。VDI と GRM 間に有意な正の相関がみられたが、GRBM との間にはみられなかった。なお、密充填かさ密度と GRM との間には有意な相関は認められていない ($r=0.156$)。泊ら (1995) は乾草の乾式かさ密度や遊星ボールミル、カッティングミルに対する抵抗性と VDI との関連を検討し、乾式かさ密度やカッティングミル抵抗性と相関が高いとしている。本結果はこの報告を裏付けるものであろう。

VDI との間に最も相関が高かったのは密充填かさ密度であったが、決定係数は 0.584 であり、次いで相関が高かった GRM の決定係数は 0.521 であった。真の Ce-DMD のそれは 0.486 であった。このように、測定した物理性状の決定係数は真の Ce-DMD を上回ったものの、物理性状は単独では VDI の変動を 52~58% しか説明できない。しかし、密充填かさ密度と GRM を説明変数とすると、重回帰式 $VDI = 18.90 \times \text{密充填かさ密度} + 0.336 \times \text{GRM} - 36.79$ が得られ、その決定係数は 0.957 と極めて高くなった。このことから、密充填かさ密度と GRM とを組み合わせることにより、無処理を含む理化学処理小麦稈の VDI を精度よく推定することが可能と思われた。

以上より、理化学処理した小麦稈の VDI の推定精度が高まるとともに、粗飼料の VDI は反芻胃における飼料片の充満度と粒度低下により規制されていることを支持する結果が得られたと考えられる。

文 献

阿部英則・山川政明・岡本全弘 (1999 A) 蒸煮、アンモニア処理およびこれらを複合処理した稲わらの自由摂取量と消化率。日草誌, **44**: 378-380。
阿部英則・山川政明 (1999 B) アンモニア処理した稲

わらおよびスイートバーナルグラス (*Anthoxanthum odoratum* L.) 乾草の反芻胃内滞留時間と全消化管内充満度。日草誌, **44**: 381-383。

阿部英則・山川政明 (2000 A) 蒸煮処理した小麦稈の自由摂取量、消化率および反芻胃内滞留時間、全消化管内充満度。日草誌, 投稿中

阿部英則・山川政明 (2000 B) 理化学処理した稲わら、小麦稈の理化学性状, *in vitro* 消化率とめん羊の自由摂取量、乾物消化率との関係。北畜会報, **42**: 86-89。

左 久 (1979) 反芻動物の採食行動と第一胃内容物の動態。日畜会報, **50**: 835-844。

HORTONE G.M.J. (1978) The intake and digestibility of ammoniated cereal straws by cattle. Can. J. Anim. Sci., **58**: 471-478。

川村 修 (1995) 牧草のルーメン内消化に影響を及ぼす植物細胞壁の性状について。ルーメン研究会報, **6**: 7-18。

KONDO T, T.OHSHITA, T. KYUMA (1992) Comparison of characteristics of soluble lignins from untreated and ammonia-treated wheat straw. Anim. Feed Sci. and Technol., **39**: 253-263。

POPPI D.P., B.W.NORTON, D.J.MINSON, R.E.HENDRICKSEN (1980) The validity of the critical theory for particle leaving the rumen. J. Agric. Sci., Camb., **94**: 275-280。

須藤賢一 (1987) 蒸煮・爆砕リグニンの性状。バイオマス変換計画研究報告, **4**: 68-79。

泊 徹・H.E.M. カメル・金 海・大浦良三・関根純二郎 (1995) 乾草の粗蛋白質、中性デタージェント繊維、かさ密度および破碎抵抗特性がめん羊の飼料摂取量に及ぼす影響。日緬研会誌, **32**: 7-13。

会員からの声

北海道酪農の現状と問題点

清家 昇
酪農総合研究所

【北海道酪農の現状】

平成 10 年度の北海道農業粗生産額は 1,100,048 百万円（前年比 102.2%）、その内畜産部門の生産額が 458,765 百万円で 41.7%を占めている。主要農産物別では、生乳がトップで 266,276 百万円(24.2%)となっている。生乳は全国の生乳生産量 855 万トンの 43% (363 万トン) のシェアを誇り、肉用牛においても 413 千頭 (14.6%) を飼養し、全国トップの座を確保している。北海道における酪農・畜産の重要性が端的に現れている数値だと思われる。しかしながら、酪農経営収支動向を見ると平成 10 年度農業所得は 10,050 千円（農業所得率 23.4%）で 3 年連続のマイナスである。乳価、個体販売価格の低迷が大きく影響している。離農率も年率約 3%（約 300 戸）で推移し、平成 11 年 2 月時点で 9,543 戸となってしまった。離農の主な理由は高齢化・後継者問題（35.2%）、経営不振・将来不安（22.0%）であるとされている。一方、日本経済は低成長に喘ぎ、リストラの嵐が吹き荒れている。このような経済状況のなかにあって、北海道酪農を考えるにあたり、以下のような問題点を上げる事が出来よう。

【問 題 点】

①「立場を越えた論議を！」

酪農問題を論議するとき、その立場（生産者側、消費者側、研究者・指導助言者側、メーカー側等）の相違により、問題の取り扱い方は大きく異なると思われる。しかしながら現在、はっきりと言えることは、消費者や国民的理解を得られなければ、酪農の持続的発展は困難であるということである。酪農に対する補助金（税金）は毎年莫大なものである（850 億円以上）。また、WTO 交渉に見られるようにグローバル的（世界的）視野で物事を見なければならぬことであろう。そういう中であって、日本の国内的対立を行っている場合ではない。新農業基本法下で、市場原理の導入が叫ばれ、酪農の国際競争力の強化が一層求められている。北海道や府県の枠に拘る事なく、また市町村別、農協別、乳業メーカー別といった狭義的視野は排除されるべきではなかろうか？ 全ての組織の統合・再編、行政のスリム化、国家的見知からの乳製品工場の在り方などが検討される時代ではないかと思われる。

②「信頼できる技術普及を！」

評論家であるあなた、指導・助言者であるあなた、そして毎日酪農家と接触しているあなたは、あなたの発言内容に責任と自信がもてますか？ 私を含め「YES」と回答できる人は殆どいないのではなかろうか？ 今や、酪農技術は非常に高度化・専門化しており、最先端の技術習得に迫りつくのは至難の技である。まして、一人の指導者が全分野を網羅する事は無理な程技術は進んでいる。かつて、昭和 48 年から開始した根室地域での新酪農村建設事業の目玉として、スチールサイロが補助事業として組み込まれ、新酪事業のシンボリックな存在であった。広大な原野に乱立するスチールサイロは何処か西洋風で見事な景観を醸し出していた。1 基数千万円もの多大な投資をしたこのサイロも、その後数年の内に殆ど使われなくなり、その固定資産税の徴収が農家負担となり、現在ではかなり撤去されてしまった。今また、ふん尿処理施設やロボット搾乳など大きな設備投資を必要とする時代が到来しているが、この二の舞を踏まないようにランニングコストを含めた慎重な導入が必要であろう。最新技術の導入に当たって、その責任を誰が取るべきか？ 一律的な補助事業の組み込みに、強く危険性を感じずにはいられない。技術普及に当たっては、公害をまき散らすことなく、個々の農場に見合った信頼できる技術普及をしたいものである。

③「技術普及の原点は何か！」

技術普及の原点は酪農家の経済性であり、各生産性指標はその為の手段でしかない。例えば 1 頭あたり乳量や 1 戸当たり生産乳量は経済性からみて意味のある指標とは必ずしも思われない。高泌乳農家や高生産乳量農家の経営が収益の向上につながっていない場合も多い。これらの農家は購入飼料に依存し、乳飼費が高く、農業所得率の低下が見られる。また、疾病の多発や供用年数の短縮等も危惧される。良質な粗飼料の給与や飼養管理技術の基本の見直しが必要であろう。また、繁殖管理の指標においても、分娩後任意空胎期間（VWP）後の「妊娠率」（受胎率×発情発見率）が重要であり、従来用いられた「受胎率」は人工授精した牛のみの受胎率であり、人工授精されなかった牛は考慮されていない。従って、経済的意味あいはいさ少なく、農家にとっては、「妊娠率」こそ重要であり、これを指標

にすべきと考える。

④「今、酪農家に求められるものは？」

経営者感覚や企業者感覚の醸成が必要という声をよく耳にする。当たり前のことと思われるが、酪農家を指導する人たちにその感覚が備わっているのだろうか？ 自分も含め反省すべき点は多いのではないか？ この厳しい酪農情勢の中で、生き残りをかけた戦いが繰り広げられていることは確かである。

酪農家の方々は、自分の経営を見つめ直し、基本に

立ちかえって、できることから手をつけて、少しでも前進しなければ時代に取り残されるであろう。酪農経営の戦略は農家個々により違って当然であり、ある人はスケールメリットを追求して規模拡大やロボット導入による省力化を目指し、またある人は集約放牧による飼料費の節約に努力し、またある人は和牛の受精卵移植を用いた乳肉複合経営に進むであろう。筆者も酪農総合研究所に籍を置き、「酪農の未来を開く、お手伝い」を標語に微力を尽くす所存である。

会員からの声

今何故『だちょう』なのか

小久保 謙

農業生産法人(有) オーステックジャパン

1. だちょうとの出会い

動物園で見ることはなかった『だちょう』（オーストリッチ）が私の目に畜産物として映り出したのは、今から6年前のことです。ドイツで開催された施設園芸に関する大きな展示会があり、その見学旅行の際に、ヨーロッパでだちょうが注目されつつあるとの情報から、旅程にだちょう農場の見学や、だちょうを専門に診ている獣医師のミニセミナーを組んだのが始まりです。5戸程訪ねた農場の中で、1戸は私と同じ酪農家でした。この農場で、乳牛と全く同じように放牧場で牧草を食べるだちょうを見て、私が今後の日本における畜産に抱えた課題と重なり合い、強く心に響くものがありました。

2. 低公害のだちょう

農場主の話は、ドイツでの畜産公害の関わる問題から始まりました。ドイツでは牧草地に投入される糞尿の量について厳しい基準があり、所有面積に見合った分の乳牛しか飼養できないとの事。しかしそれでは十分な所得が得られないので、乳製品の加工や民宿をやったりしているのですが、だちょうの畜産物としての価値がその解決策になっていると云うのです。その大きな利点の1つが、つまり、乳牛と比べて採食量、体重当たりの糞尿の量が非常に少ない事です。同じ面積で乳牛を飼養するよりだちょうを放した方が、最終所得が多くなるとの事でした。

3. 高飼料効率

だちょうの消化管は、鶏が胃の外部に砂嚢を持つものに対して、胃が2つに分かれ砂嚢部と従来の胃の部とが存在する。親だちょうでは、1～1.5 cm 位の石を両手の平に一杯になるくらい蓄え、粗飼料の破碎を行います。牛が4胃を持つものに対して2胃を持つような構造です。又、大きな盲腸を2つ持ち、さらに鳥類では考えられないくらい長い小腸と大腸を備えています。口から飼料が入り排泄されるまで、鶏では7～8時間と聞きますが、だちょうは32～35時間かけてゆっくり、完璧に消化します。草食動物である乳牛をはるかに凌ぐ、繊維の消化率を持っています。だちょうの成鳥の糞にハエが殆ど寄らないのは、こんな消化率の高

さの結果なのかと想像しています。

しかし、乾牧草はだちょうの長い首と採食方法から給与が難しく、1～2 cm に細断するか、または、海外でテストの始まっているフォーレージハーベスターで収穫したサイレージでの給与が、家畜化された時にはより便利だと思います。私たちの農場でも今冬には、デントコーンサイレージの給与テストを行いたいと考えています。

もちろん、全飼料は全育成段階で100%粗飼料が可能なわけではなく、特に、経済動物としての発育や繁殖能力を求めると穀類の給与も必要ですが、全飼料中の粗飼料率は、最低の時期で50%程度給与でき、しかも牛のように反芻を要するわけではないので、物理的な形状は粉末でも構わない点で、粗飼料といっても繊維を含む多くの副産物の利用も可能であると思われる。

4. 高い繁殖性

ドイツ訪問の際、だちょうを専門に診ている獣医師に4時間余りのセミナーを行ってもらい、だちょうの全体像について学びました。その中で、繁殖性やその管理について、同行メンバーの中で私一人が酪農家でしたが、とても合点の行く管理方法がありました。それは乳牛でいう乾乳期を設定し、10年近くにわたって繁殖を行う管理サイクルについてです。つまり、乳牛において、分娩、泌乳、妊娠、乾乳のサイクルの中で継続的に生産を数年にわたって行い、また、乾乳期の存在が、またその量や値が、泌乳期の生産性に大きく影響することは酪農家なら誰でも知っていることで、実はだちょうも全く同様のサイクルを繰り返して生産を続けるのです。本来だちょうは、野生では50年近くの寿命を持つと言われていますが、経済動物としての寿命は10～15年と言われています。人工授精が未だ開発されていないだちょうにおいては、まず雄と雌との交配が必要になります。小規模な群においては、雄1×雌2～3羽でのつがいを1グループとして行うのが普通です。年間の管理は、地域差や個体能力差にもよりますが、約8～9カ月の産卵期と3～4カ月の産卵休止期に分かれます。雌は約2歳で産卵を開始しますが、その後この産卵—休止のサイクルを繰り返すことになります。そして乳牛の場合と同様に、この産卵休止期

の管理が、産卵数や卵の品質に大きな影響を与える重要なものになります。だちょうにおける経営は、一環経営の場合、繁殖用の親鳥を持ち卵を生産させ、それを孵化育成して肥育用もしくは後継繁殖用へと育成することになります。その中で、有精卵率と孵化率は卵の品質に起因する要素が大きく、したがって、産卵休止期の栄養管理が重要になります。また、産卵休止期の設定時期は、栄養コントロールと雌雄の分離などでかなり人為的に設定できます。つまり、だちょうの繁殖には適さない本州の梅雨や台風の時期を産卵休止期に設定することも出来るのです。また、産卵期のボディーコンデションや産卵数に合わせて、休止期の時間を長くする必要も生じるでしょう。こうした管理上の技術が、だちょうの生産能力を左右することになります。

5. 食材として

ここで、畜産動物として最も大切な生産物の価値について触れておきたいと思います。まず羽毛ですが、だちょうの家畜化の歴史の中で最初の利用はこの羽毛です。今でも南アフリカ共和国の主産地のアウトホーン地区に行くと、フェザーバロン（羽男爵）と呼ばれた、羽毛で大資産を築いた農場主の大豪邸が存在します。現在では芸能、ファッション界で雄の白い大きな翼の羽が利用され、その他の部位は、静電気を起こさないことから、グスターや夜具、衣料品に利用されています。次に皮革ですが、オーストリッチの名で高級皮革製品に利用され、近代オーストリッチ産業 200 年の歴史の中で、未だに一番大きな部分を占めている生産物です。日本は世界最大のオーストリッチ皮革の輸入国であり、すでに安定した需要が存在します。そして近年急速にその需要が高まっているのは食肉としての価値です。だちょうはとうもろこし換算で飼料効率が豚の 10 倍と言われ、しかも粗飼料を主食とする為、現在海外からの飼料穀物に依存し、又その供給に将来

の不安を抱える日本の畜産にとって、食肉の国内自給率を高め、又余った輸入穀物が他国へ移動することで、不足している国々に間接的に貢献できると思われます。可食部の栄養価については、別表のような成分になっています。低カロリー、高蛋白質、高ミネラルの近代型の食肉として申し分のない栄養価を持ち、しかも誰にでも食べられる全く癖のない美味しい食肉として、今後一定の需要が期待できます。国内での飼育技術が安定すれば、高い飼料効率と繁殖性に支えられ、一般家庭でのテーブルミートとして価格面でも受け入れられるでしょう。

現在ヨーロッパ全域で年間約 3000 t の消費があり、年々増加しています。ヨーロッパ域内からの供給では不足しており、チルド輸送で南アフリカから輸入している状況にあります。私も早く日本でも一般的に普及できればと全国の仲間達と活動を行っています。

6. ま と め

畜産動物として最低限必要な要件である生産性、環境適応能力、飼い易さ、食材としての価値、さらに今後の畜産動物として必須の要件と考えられる低畜産公害や飼料が人と競合しない点などを考えると、だちょうには大きな可能性があると考えています。しかし動物園の動物が畜産動物へ変身するには、法的な整備、屠畜処理場、飼育技術、育種改良、消費者への PR など、まだまだ多くの障害が立ちまわっています。

現在だちょう産業の全国組織として日本オーストリッチ協議会が組織され、産業基盤確立の為に、政府や関係官庁への働きかけ、マーケットの掘り起こしのための活動、そして大切な生産現場での技術情報の提供や関連業者との連携等、活発に活動を行っています。私もその一員としてだちょうの可能性を信じ、北海道東藻琴村から仲間達と共に頑張っていきたいと思っています。

海外報告

自転車とカレーライスの日々 —— スウェーデンでの研究、生活、そして社会 ——

鈴木 啓太

北海道大学農学部附属農場

はじめに

1998年3月から11月の間、北欧のスウェーデン(王国)(漢字では瑞典と書くそうである)で在外研究を行った。出発時点での当初予定は6ヶ月間であったところを、3ヶ月間延長し、結局9ヶ月間の滞在となった。関係する方々には、不在中の業務について多大なるご迷惑をお懸けし、この場をお借りしてお詫びを申し上げるとともに、せめてもの罪滅ぼしに、本報告を書きたいと思う。すでに彼の国から戻り、早や1年が経過してしまった。日本での日々が過ぎていくにつれて、当時の記憶が少しずつ薄れつつあり、自分としても記憶が無くなる前にこのような機会を頂いたことに感謝したい。また、できれば研究に限らず、おそらく他の人々があまり触れないであろう具体的な点についても述べ、特に、始めて長期に海外で滞在する方々の参考になれば、と思う。無論、ストックホルムのxxは面白かった、○○には日本にはないこんなものがあった、云々、を紹介できればよいのだろうが、現実にはほとんどが研究室とアパートの往復の日々だったので、大して面白いお話を紹介することはできない。しかし、その辺は、各種観光ガイド等を参照していただくとして話を進めたい。さらに、ここで述べることは、全くの私の個人的な意見、感想および印象であり、また、私の置かれていた状況ではたまたまそうだったかもしれない。また、事実とは少々食い違っている点もあろうかと思うが、その点はどうかお許し頂きたい。

きっかけから出発まで

本当に偶然なきっかけであった。以前、農林水産省東北農業試験場に研究出張で滞在する機会があり、その際にお世話になっていた永井博士から、「こんな話があるんやが」と、切り出されたのがきっかけである。先方がブタの体外受精のできる人間を求めているとのこと。さらに幸いなことに、資金的なこと(滞在費、旅費等)も先方で面倒を見てくれるということだった。永井博士は非常に広い人脈をお持ちであり、海外にもお知り合いが非常に多いのである。そのような方と知り合いであったことが一つの偶然であり、また、そこ

から話を頂いたことも、もう一つの偶然である。このことから、本人の才能とは全く関係がなく、話が進んでいったと断言することができる。

恥ずかしながら、私は、地理、歴史といったものが不得手であり、正直いってスウェーデンはどこにあるのか(北欧の国程度の知識しか持ち合わせていなかった)、どんな所なのか、ほとんど知識がなかった。強いて挙げるならば、北欧美人のいる国、性教育の進んだ国、福祉の国、税金の高い国、ボルボやサーブといった自動車メーカーのある国、といった程度だった。歴史に至っては、ヴァイキングが近隣の海を荒し回った程度のことしか知らなかった。そこで、まず、地図帳を開くところから準備は始まった。なるほど、北欧諸国の中央に位置しているのだな、ノルウェーのフィヨルドというのは、確か中学の社会科で習ったことがあるぞ、確かにノルウェーは海に面して、西からノルウェー、スウェーデン、フィンランドとなっている。さらに、スウェーデン語を少しは読めるように、話せるようにと、まず、大学の生協に行き辞書を探した。当然のごとく生協には置いておらず、注文しようとしたが、6ヶ月かかると言われたので諦めざるを得なかった(現在、スウェーデン語-日本語辞書はなく、スウェーデン語-英語辞書を入手する以外にはない)。比較的マイナーな言語を学ぶためには、辞書すらも入手が困難なのだなあと、意外に思った。仕方がないので、簡単な入門書とテープを購入し、早速勉強を始めた。元来、語学力の無さを自覚している私は、毎日のようにそれらに目を通し、テープで繰り返し聞いたにも関わらず、上達の兆しはほとんど感じられなかった。それと並行して、日に日にスウェーデンはどんな国なのかについて興味を持ち始め、幾つかの本を読み、スウェーデンに関するある程度の基礎知識を得ることができた。

また、学生であれば当然関係はないのだろうが、職を持っていると、どうしても不在にする間の業務をどうするか、という大きな問題が出てくる。特に私は、大学農場という現場を抱えた所にいるため、その苦悩は大きかった。その辺りをどうにかこうにか(強引に)クリアした、までは良かったが、今度は滞在ビザの取得で大使館とのやり取りに不備があり、結局1週間

ほど当初予定より出発が遅れてしまった。さらに、可能な限り減らした積もりだったが、膨大な荷物を前にして、つくづく自分は旅行慣れしていないなあ、と実感してしまった。今となっては何にそんなに時間がかかったのか、なぜそんなに荷物が必要だったのか不思議なくらいだが、出発直前などは本当に準備が終わるだろうか、と危惧感を持ったものである。結局、ほとんどトランクに入り用のものを「突っ込む」ようにして準備を終え、足りないものがあるのではないかと不安になり、あれもこれも準備しておけばよかった、などと思いながら、飛行機に乗り込んでようやくほっとした次第であった。

コペンハーゲン経由でアーランダ(ストックホルム)空港行きの小さめの飛行機から見ると、窓の下に荒涼とした原野が広がる。既に夕刻であり、あっという間に闇に包まれる。これから果たして大丈夫だろうか、実験を何とか進めていくことができるだろうか、という不安な思いがふっと頭をよぎる。空港では、これからお世話になる H. Rodriguez-Martinez 教授自身が迎えてくれ、一応スウェーデン語で自己紹介をした(積もりである)。教授の運転する車でウプサラの街へと向かう。気温はかなり低いにも関わらず、積雪はほとんどなく、札幌とは風景が違っていた。これが、寂寥感を起こさせる原因なのだろう。寒々とした街でこれからはしばらく滞在することになるアパートに到着し、ほっと一息つく。生きていく限り、まず食事をしなければならぬ。近くのスーパーで当面の食料と必要な物を買込み、ハムとパンで、一人寂しく食事をする。この食事と言う点で、後々いろいろな面白い発見があるのだが……。こうして、スウェーデン初日の夜は更けていった。

研究と研究室

私が滞在したのは、スウェーデンの首都、ストックホルムから北に 5,60 km ほどに位置する都市、ウプサラにある(写真 1, 2)、スウェーデン農科(業?)大学(Sveriges Lantbruksuniversitet (SLU), Swedish University of Agricultural Sciences)、獣医学部繁殖



写真 2 Uppsala Slottet (ウプサラスロッセッ
ト：ウプサラ城)

研究室(Faculty of Veterinary Medicine, Department of Obstetrics and Gynaecology)であった(写真 3)。現在までに、日本人研究者を長期で受け入れるのは始めてだということだった。ウプサラには、他にウプサラ大学という有名な大学があり、街は大学の街という印象を受けた。そのせいもあってか、いろいろな人種の人々がいた。そのため、東アジアの人間がいても、特に違和感はなかった(と思う)。スウェーデン人の学生(大学院生)は、一度職に就いていた人々が大学院に入ることが多く、事実、私などは、それらの学生と比較しても若いほうだった。また、海外からの留学生が多く、研究室では、リトアニア、イタリア、ウルグアイ、タイ、中国、スペイン、ザンビア、カナダ、チリ、等々、主に Ph. D Students として在籍していた。比較的、スペイン語を母国語とする留学生が多かった印象がある。研究室の役割分担がはっきりしている点も興味深かった。たとえば、自動車の整備等を担当している人は、個人的な自転車の修理なども行ってくれ、ネットワークを管理している人は、問題が解決するまでどこまでも対応してくれる。さらに、研究室内の細かな入り用なもの(紙、文具類等)をチェックし、補充してくれる人、そしてやはり重要なのが実験の補助あるいは一部実験を行うテクニシャン。もちろんこれらのことは、学生や先生方の担当ではない。スウェーデンでさえこうなのだから、アメリカなどで



写真 1 Domkyrkan (ドムシュルカン：大聖堂)



写真 3 獣医学部入口。極めて平面的な造り

はもっと専門分化が進んでいるのだろうなあ、などと思った。このような環境にいる人々と対等に渡り合うことなど可能なのだろうか、と日本の現実を考えて少々悲観的になったりもした。

研究室は、体内 (in vivo) の種々の実験を得意としており、近年ブタの繁殖に関わる研究を精力的に進めている。そこで、今回、ブタ体外 (in vitro) 実験系を新規に開始するにあたり、ブタの体外受精系の導入、改善を私が行うことになったわけである。実際には、研究室から自転車で30分程度のところにある屠畜場へ週3回程度行き、卵巣を回収し、そこから卵子を採取、体外成熟培養させ、体外受精をする、ということが基本となった。ブタの体外受精では、いまだに多精子が卵子に侵入してしまう問題があり、効率的な体外受精卵の作出が難しい (ただし、多前核卵が胚盤胞期まで発生すること、着床すること、などの報告が出てきている。Theriogenology, 49, 284, 1998; Biology of Reproduction, 58, suppl. 1, 394, 1998)。このため、まず、実験系の立ち上げから始まった。話には聞いていたが、細かな方法で、我々の方法と異なる点がいろいろあり、面白い。通常、我々はガラスピペットを火炎上で引き、アンプルカッターで傷を付けてカットし、その後、先端を軽く火炎上であぶることで卵子を取り扱うピペットを作成するのだが、こちらでは、専用のピペットを購入し (かなり高価)、それを洗浄、滅菌して使用していた。また、我々はマウスピースに接続してピペットを使用するが、彼らはスポイトに接続して使用していた。幸い、あらかじめそのようなことは聞いており、アンプルカッターを持参していたので重宝した。テクニシャンの方にピペット作成方法を伝授すべく (我々の方法の方が簡便かつ衛生的だと考えたので)、かなりしつこく教えていたが、結局彼女はなかなか上手く出来ず、あきらめてしまった。というより、わざわざ今のやり方を変える必要はないといった感じだった。そんなこんなで、多精子受精を抑えるべく、日々、屠畜場の往復から始まり、実験室で格闘していたような感じであった。

実験に必要な動物を購入し、実験終了とともに廃棄する、というまあ獣医関係の研究者では当然のことなのだろうが、文部省の会計法に縛られ、そのようなことが難しい (不可能ではないが) 国立大学の農場にいる私には非常にうらやましく思ったものだ。動物舎は非常に作りが使いやすくなっており、実験室と動物舎が廊下一本で隔たれているだけで、行き来が非常にしやすい構造になっていた (写真4, 5, 6)。

タイ人留学生との共同実験の一環として、体内から卵管液を採取する必要がある、卵管内にチューブを入れる手術を行い、卵管液を回収することになった。おそらく痛みと痒さのためだろう、チューブに接続した卵管液回収用の試験管を交換しようとする怒り狂



写真4 研究室と動物飼育舎を分けている通路 (右側が動物飼育舎)



写真5 豚舎内部



写真6 排卵の有無を超音波で検査しているタイからの留学生。彼とはよく下らない話で盛り上がった

い、こちらに敵意をあらわにしてくる。実験に用いたブタは経産で、比較的大きく、動きまわり、歯向かってくる雌ブタを相手に12時間おきに採取する役割を担うことになった。体外受精実験の合間を縫っての採取はかなりしんどかった。本当にこの教授は人使いが荒いなあ、とその時思った (写真7)。

そのような研究室の生活の中で、いくつか大変なことがあった。精子に関する興味深い研究をされている Dr. Suarez が、はるばるアメリカからセミナーのために来国し、それを聞く機会があったことは本当に幸運であり、大変参考になった。セミナー後に



写真7 H. Rodríguez-Martínez 教授が手術のため麻酔をブタに施したところ。この時には、過酷なサンプル採取の役割を仰せ付かるとは夢にも思っていなかった

彼女と話をする機会を得られたことも非常に貴重な経験だった。その中で、ブタ精子の研究はしないのか、と質問したところ、予算的なこともあり、現在考えていない、ということだった。さらに、それまでの結果をまとめ、イタリア・ベニスで開催された European Embryo Transfer Society（ヨーロッパ受精卵移植学会）で結果を発表する機会（ポスターだが）を得ることも出来た。

実験の合間に、様々な人といろいろな他愛もない話しをした。特に、タイの人々とはアジア人ということで共通するものがあるのか、色々な話題で盛り上がり、また、彼らには生活面での色々な情報を教えていただき大変感謝している。元来、スウェーデンとタイは歴史的に種々の面で協力関係にあり（例えば、タイ航空のパイロットはスウェーデン人が多かった、等々）、実際タイ人はウブサラにもかなりの数の人々が住んでいるとのこと。時々彼らとパーティーを行い、タイ料理を食べさせてもらったりもした。それ以外にも、リトアニアからの留学生の話を聞いて実感したことの一つに、ソ連の崩壊がある。もちろん情報としては知っていた。しかし、実際に旧ソ連だったリトアニア人から、「以前は、（リトアニア語が彼らの母語であるにも関わらず）ロシア語で学校教育が行われていた」、という話を聞くと現実味を帯びて自分に迫ってくる。（ソ連崩壊を）現実の問題として実感したのは、彼の話聞いてからである。そのような経験をいくつもできたことは非常に貴重なことだと思っている。

カレーライスの日々（日常生活）

住居は先方で留学生専用のアパートを確保していただき、非常に（日本での住まいよりずっと）快適な住環境だった（写真8）。海外だからといって、特に変わっているところがあるわけでもなく、文明国であれば、当たり前のことだが、生活する上での問題はほとんどない。必要なものはお金さえ出せば入手することが出来るのだから、せいぜい言葉が通じないことぐらいだ



写真8 アパート外観。一階部分は2店分のスーパーのスペースになっている

ろうか（もっとも、それが一番の問題であったりするのではあるが）。ただし、日本にあるようなコンビニエンスストアはもちろんない。アパートには皿などは準備されてはいたのだが、いかにせん足りない。研究室の仲間に聞いた安い店を探し、自転車で一時間程のいわゆるホームマックのような安売り店で鍋、包丁、皿等の一式を揃えた。食料品はなるべく変わったものを選んで食べるように心がけた。といってもそれほど変わったものはなかったが、リンゴは日本で売っているものよりひとまわり小さく、皆皮を剥かずにボリボリ食べる。チーズは大きな塊。チーズカッター（正式名称は不明）で削り取って食べる。牛乳は基本的に3種類の脂肪率のものがあり、最高のものでも3%だった。ヨーグルトも牛乳と同じ種類のパックに入っていた。ちなみにテトラパックはスウェーデンで発明されたものだそうだ。肉は塊で売っている。細かく切ったものはほとんど置かれていない。魚は色々な種類がある。よく、エビの塩漬けを食べていた。ただ残念だったのは、ザリガニが有名ということで、そのシーズンに生のものを購入、調理して食べようと思っていたが、結局、入手することができず、いまだに悔やまれる。食生活で、特に問題はなかったが、日本では簡単に購入できるマヨネーズがなく、非常に欲しくなった。もちろん、ドレッシング類は豊富にあるのだが、なにせ味が違う。また、街に一件ある中国人が経営している Asian shop に行くと、アジア人向けの食材が購入できる。よく、日本製のカレールーを買いに行ったものだ。味噌こそ購入しなかったが、近くのスーパーでも醤油、のりなど、結構いろいろな日本食が手に入る。普段はあまり時間を取ることができないので、日曜日に一週間分の食事を大量鍋いっぱいに作り（カレー、肉ジャガ、茹で肉のケチャップ酢漬などのパターン）、ライスを鍋で炊く。朝、昼（弁当）、晩と、ほぼ自炊をしていた。何といっても、外食は高く、学食などでも結構高い印象があったためである。昼は弁当（と言えるほどの代物ではないが）を持参し、研究室の Coffee Room のレンジで加熱して食べる。皆もほとんどが思い思い

の昼食を持参していた。

ほぼ毎日が研究室とアパートの往復(自転車で30分の距離)で時間が過ぎていった。そんなわけで、ほとんどウプサラ以外の街を知らない。唯一、夏休みの間に、ストックホルム、フィンランドに足を伸ばす機会があった程度である。しかしながら、自転車、ジョギング、散歩をするには専用道路が延々と整備されており(写真9)、非常に快適であるため、日曜日には、街の中心から10km程度の場所にあるガムラウプサラという古墳群のあるところなどまで、ジョギング、サイクリングをしていた(写真10)。日本の情報をどのように得ていたかといえ、CNN ニュースはテレビでやっていたが、日本のことは、ほとんど出てこなかった。が、なぜか大相撲放送が流れていた。幸いにも、ノートパソコンを持参していたので、ネットワーク経由で日本のホームページにアクセスすることができ、新聞記事の一部も読むことができた。それらに目を通すことは、毎日の日課であり、その意味では日本との距離を意識することはあまりなかった。世の中便利になったものである。一方で、日本は真に最果ての国で



写真9 自転車、歩行者専用道が延々と続く



写真10 Gamla Uppsala (ガムラ (旧) ウプサラ、日本でいう古墳のようなもの)

あることを実感することもあった。あまり日本の事は知られておらず、特にヨーロッパから来ている留学生はその傾向が顕著で、スペインから来ていた女性はスシすら知らなかった。そんなものかと思った。しかし、過労死のことは知られていた。生活をしていくからには、避けて通ることが出来ないことがいくつもある。床屋に行ったり、スーパーに行ったり、バスに乗ったり、自転車に乗ったり(自転車は右側を通行)、自転車が壊れれば自転車屋に行く必要がある。日本にいるときは意識しないが、外国では、これら一つ一つを行うこと、慣れることに時間がかかる。まあ、それもいいもんだと思ってしまうえば、なかなか楽しいものである。生活をしていく中で、当たり前のことなのだが、外国に行くと、外国人であることを意識せざるを得なかった。

スウェーデンの社会、人々そして生活

200年近く戦争をしていないにも関わらず、大学にもアパートにも、本当に(核)シェルターがあった。原子力発電所に頼らない電力供給方法を探求し、つい先ごろ、一つの原子力発電所のスイッチが切られたとか。それだけでも多くの人々の興味の対象になるのだろうが、さらに高福祉国家、平和国家となればなおさらだろう。街ですれ違う人々は、全く穏やかであり、全く焦らず、全く安心して暮らしている印象を受けた。もちろん、一側面からの見方かもしれないが、本当に満ち足りた生活をしている気がした。スウェーデンに住む人々は、皆、予想していたよりずっと質素である印象を持った。そして、多民族国家である。5年間滞在すると国籍を取得できる。イスラム諸国を含め政治亡命者を多く受け入れている。反面、物価が高い。日本よりも高いのではないだろうか。税金も高く、消費税(付加価値税、Moms)でさえ25%である。また、人口が少なく、首都のストックホルムでさえ、札幌の人口よりも少ない。一方で、国土面積は日本よりやや広く、人口は10分の1である。福祉の国といわれているが、特にそれを実感する機会はとりたててなかった。歩道の段差もしっかりとあった。おそらく、自分が病気等になった場合でなければ、あまり実感できないのかもしれない。彼らは、夏休みを6週間も取り(取らなければいけないと、テクニシャンの方は言っていた)、産休は12ヶ月(取らなければいけない!)、これもさらに延長されそうな気配である。また、(日本の)新聞報道によれば、働く女性ほど、出産する子供の数も多いそうである。つまり、働く女性が育児をする環境が整っていると言えるのかもしれない。また、年を召された方々以外、ほとんどが英語を使用することができる。以前は、英語を話すことができる人は少なかったそうだが、教育によって改善されたと聞いている。スーパーのレジ打ちの人々でも全く問題なく通じるの

だった。これも、母語の関係もあるのだろうが、教育効果という点で日本も参考にすべきではないかと思う。過去には、貧しい農業国家であった国が、先進工業国、高福祉国家へと脱皮したことは非常に興味深く、機会を見つけてそれらについて今後勉強していきたいと考えている。平和で安全かつ穏やかなスウェーデン人の生活が継続されればと願うばかりである。現在、すでに辛くも重税に耐え兼ねた企業の国外流出が危ぶまれているそうである（企業の負担が著しく重い）。

帰国後、何が変わったか？

帰国後、いや、帰国以前から我が国では様々な社会問題が吹き出てきており、日本は異常なのだろうか、と思ったりもした。スウェーデンの人々は、なんと精神的に豊かな暮らしをしているのだろうか、と日本とのあまりの差に驚くばかりである。うまく言い表すことができないのが残念だが、スウェーデンは日本とは何かが違っていた。生きやすい、とでも表現できようか。特に帰国後に感じたことは、「……してはいけない」「……ではだめだ」「……しなくてはならない」云々、の言葉がとても頻繁に飛び交っており、耳につき、つい「なぜ？」と思うことがよくあった（ある）。また、本当に日本は（このような言い方は良くないかも知れない。少なくとも私の周辺、あるいは私の見聞きする各種報道を見る限り）ストレスの蓄積されやすい環境なのだなあ、と実感することがしばしばである。生活すること自体に非常に息苦しさを感じるようになっていく。既に日本は年間の自殺者が3万人を越え、交通事故死の実に3倍という状態、あるいは過労死の問題、さらには奇怪な事件の多発……日本は大丈夫なのか、と思わずにはいられない。具体的に何とは分からないが、何かが間違っているのではないだろうか？

個人的なことで変化したことはといえば、1) 余計なものはいらない、と考えるようになったこと。帰国後、部屋の中の大物をかなり処分してしまった。これ

は、直接スウェーデンに行ったことと関係があるかどうかは分からないが、何かに固執しなくなったことは確かなようだ。本当に必要なものは何なのだろうか、と今でも考え続けている。さらに2) 経験は重要なことだと考えるようになった。また、3) 日本人である自分が、如何に日本の事を知らないかを思い知らされた。4) (ほとんど頓挫しているが) スウェーデン語をもう少し勉強しようという気持ちを持った。というのも、結局スウェーデン語はちっとも上達しなかったからである。なぜなら、こちらが一生懸命スウェーデン語(と思っていた)で話しかけても理解してもらえず、英語で返されてしまうのだ。大学に関係することと言えば、日本の大学(北大を含め)は、もっともっと他国からの留学生を受け入れ、さらにその敷居を低くすることが必要なのではないか、また、国としても実際に彼らが日本で生活する事が困難なくできるシステムを作っていく必要があるのではないか、と痛切に感じるようになった。

今、思い返してみると、まるで夢のようだった。何だか遠い、遠い昔のことのような気さえしている。日々の生活は単調かつハードであり、それを乗り越えた自信というものとは当然ある。一方で、現実の日本の社会に戻ったときのギャップはあまりにも大きかったことも付け加える必要がありそうである。スウェーデン国旗はブルー地に黄色の十字ラインが引かれているものである。夏、散歩をしている時によく見かけた、非常に美しい鮮やかな黄色の花と青い葉との「はっ」とするようなコントラストが強く目に焼き付いている。国旗とその印象が深く心に染みついて離れない。

最後になるが、今回の在外研究は、STINT (The Swedish Foundation for International Cooperation in Research and Higher Education) programme によるサポートで行われた。また、M. Heriberto-Rodriguez 教授およびSLUのメンバーには本当にお世話になった。この場をお借りして感謝したい。

海外報告

イリノイ大学の研究体制から北海道の畜産研究について思うこと

大坂 郁夫

北海道立新得畜産試験場 家畜部酪農科

平成 10 年度北海道長期海外研修員として、平成 10 年 7 月 2 日から平成 11 年 3 月 19 日までの約 9 カ月間アメリカ合衆国イリノイ州イリノイ大学において研究を行いました。そこでは同大学畜産学部泌乳生物学教室において栄養・内分泌と乳腺の発達およびその評価法についての研究を行うとともに方法学 (methodology) についても学んできました。主な研究の概要については「平成 10 年度海外研修報告」に、またその一部を大学の研究成果に関する冊子等 (1999 Illinois Dairy Report, 1999 Illinois Swine Report, Journal of Animal Science vol. 77) で報告しました。そこで、本稿では主にイリノイ大学の概要、研究体制について私が経験した初めてのアメリカ合衆国の生活と併せてご報告いたします。また、これらを基に北海道の畜産研究について私が思うところを述べてみます。

イリノイ大学の研究環境

研究室

私が今回研究をおこなった畜産学部泌乳生物学教室の教授は Dr. Hurley で生化学を専門分野としています。しかし、この教室ではその名のとおり泌乳を多方面の方向から研究をおこなっています。例えば試験に供用する家畜も乳牛はもちろんのこと、豚、マウスなど……分野においても遺伝子工学(トランスジェニック)、衛生学(乳房炎)、生化学(乳房のアミノ酸の取り込みとその利用)、栄養・生理学(栄養と泌乳あるいは内分泌と乳腺発達)というような具合です。ですから、籍をこの教室にしている学生や院生でもその内容によっては他の教室の教官が指導したりそこで実験をおこなったりしています。しかし、その進捗状況や今後の研究の進め方については籍を置いている教官と逐一相談し必要であればその教官をとおしてまた別の教室で実験をするという具合です。私も乳腺発達の評価法の技術習得、ホルモンと乳腺発達の関連についての試験は籍を置いている教室でおこないましたが、実際家畜を使った栄養と乳腺発達の試験については別の教室でおこないました。家畜を使う試験については、乳腺の発達を知るのに屠殺という方法が今段階では一番良い方法で、残念ながら育成牛を確保する予算がなかったため供試家畜は安価な豚を用いた試験でした。

図書館

図書館は大学の三大図書館のひとつだそうで 9 階建ての建物の中にありとあらゆる分野(歴史、文学、各国語その他いろいろ)のものがある他、各社新聞のマикроフィルムも所蔵されていました。この図書館を利用する学生の多くは文学系(経済、文学、言語等)であり、理系の学生が多く利用するのは各学部にある図書室です。Journal 誌は発刊当日、早いところでは数時間後に入るので情報収集の即時性という意味で充実していました。さらに図書室にはかなりのコンピュータがあり検索できるようなシステムになっていました。私は主に Animal Science, Biology, Chemistry, Veterinary の図書室を、また飼料関係の文献を調べるのに Crop Science の図書室も何度か利用したことがあります。その他の分野(土木、電気など)においてもそれぞれの図書室があり充実していました。各家畜舎(牛、豚、羊、鶏、馬)も全て整っており正確な飼養数は定かではありませんが牛は泌乳牛で 250-300 頭、その他の家畜においても試験をするには十分な数がいました。分析も自分のところで労力的、時間的に無理であれば分析センターで分析可能です。どれだけ家畜数が使えるか、またどれだけ分析依頼できるかはお金次第で各研究室の予算がどれだけあるかによります。キャンパスも非常に広くかつ緑が豊富で、商店街、銀行、パブ、レストラン、本屋等々あるのでたいいてのことはキャンパス内で用が足ります。ただひとつ難点といえば、構内の移動や畜舎の行き来には自動車が必要なのですが駐車場所が少ないことです。場所が限られていてかつ常時満車状態となっているのが実状です。路上駐車していて運悪く巡回してくる大学警察に発見されたものならレッカー移動に加え高額な罰金を科せられてしまいます。その点を除けば研究をするには申し分ない環境でした。

私が知る限りにおいての大学機構図

スタッフには assistant researcher, researcher, assistant professor, associate professor, professor がいます。assistant researcher はスタッフと言っているかどうか分かりませんが、ドクターコースの学生が名のっていることが多いようです。主に undergraduate の学生実験を担当する実験助手といったところです。

researcher も同様なことをしていますが主にポストドクが担当していて教える範囲も広く給料をもらっています。assistant researcher, researcher と professor から教室の予算の中で給料やアルバイト料を得ています。professor がつく職になると大学が雇うスタッフとなり格が違います。日本では、教授の下に助教授、助手と続きますがこちらでは一人ひとりが独立しています。以下は学生から聞いた話なので真偽のほどは定かではありませんが、基本的に研究実績や知名度などが昇進する要因だそうです。また、畜産学部には2大派閥がありイリノイ大学出身者とケンタッキー大学出身者だそうです。アメリカでも学閥があることに驚きました。

学部長の Easter 教授によれば、教授の任務として研究、教育、普及の3つがあり、全ての教授が同じ割合でこの3つを担うのではなく、毎年の会議でその割合を決めるのだそうです。たとえば、ある教授は研究7割、教育2割、普及1割と言った具合です。よく日本(特に北海道)に訪れて畜産関係者や酪農家に講義しているイリノイ大学の教授がいますが、彼の場合は9割以上が普及の仕事で講義は新生入生に対して一、二回で研究は皆無に近いということです。

余談ですが、畜産学部に来てしばらくしてから気がついたのは、白人の数が圧倒的に多いことです。感覚的に9割以上は白人であり若干のアジア人(日本人は私一人でした)がいるという状態で、私が会った黒人の学生は数人でした。これには、次のような歴史的背景が影響していると言うことです。第一に、黒人割合が多いのは南部でイリノイ州がある中西部は昔から黒人が少ない土地であること、第二に、黒人は土地を持っている人が非常に少ないので牧場を営んでいる人はほとんどいないことが理由だということです。このことを反映してか全米の畜産にかかわる大学教官はその大多数が白人で後は数人のアジア人(日本、韓国、中国)、黒人にいたっては皆無だそうです(平成10年度現在)。確かに、米国でデンバーの国際学会と米国中西部の支部会に出席しましたが、いずれにおいても黒人はほとんどと言っていいほど見かけませんでした。特に、IOWA 州でおこなわれた中西部支部会では、黒人は南アフリカからイリノイ大学に客員教授としてきていた Chase 氏ただ一人でした。

授業料

学生が大学に納める年間のお金は大学によって異なりますが、イリノイ大学では平均で約\$10,000程度だそうです。この額は親がイリノイ州に住んでいると安くなるようで必然的にイリノイ大学はイリノイ州出身が多くなります。他の州でも同じ理由により出身州の大学に行くことが多いようです。しかし、大学院のマスターおよびドクターコースとなると出身地がいろい

ろ異なってきます。大学に納める金額は日本と比較して決して安いとはいえませんが授業料だけを見るとかなり低い額なのだそうで、その大部分は福利厚生に当てられているようです。例えば、病気の治療代(予防接種なども含む)、スポーツジム・プール等の施設利用さらに学内はもちろんのこと市内全線のバス料金など全て無料です。

アメリカでの免許取得

イリノイ州では、国際免許は3カ月間のみ有効でそれ以上長く滞在する場合はアメリカの免許を取得しなければなりません。州によって免許を取得するのに若干の違い(例えばいつから免許を取得できるか等)があるようです。イリノイ州に限って言いますと、まず免許を交付する事務所に行き事務手続き(所定の様式に住所等の記入、身分証明書およびパスポートの提示等)をおこないます。このとき一緒に\$10を経費として支払います。次に目の検査およびいくつかの質疑応答(麻薬の経験の有無、事故で死んだ場合にドナーとして臓器を提供する意志があるかどうか等)をおこないます。その後、学科試験を行ない(時間無制限)、パスすれば実技試験をおこない、それにもパスすれば免許交付となります。全てスムーズに行けば半日で免許が交付されることになります。日本のように自動車学校に通うことなく一発試験です。自動車も自分(家族)のを持っていくな、ない場合は借りていくな、とにかくそこまで保険の入った自動車を持っていくなが必要があります。学科試験については交通ルールに関する小冊子が無料で配布しているのでそれをもって覚え、実技試験は免許取得した人が同乗していれば道路を運転することができます。私も当然のごとく免許を取得しました。というのも、免許は言い換えれば国が発行する身分証明書なので何となく都合がよいのです。特に、ビールなどのアルコールを飲むのに身分証明書の提示が必要になる場合がありますが、パスポートなどよりこれを提示の方がスムーズに買うことができるからです。

畜産研究関連機関について

イリノイ大学の研究体制を垣間見ながら、北海道の試験場の研究体制について考えたとき、参考にすべきことが多かったように思いました。

なかでも、先に述べたように教授によって研究、教育、普及の割合が違います。このような考え方を日本の大学でも取り入れたり、国や道立の研究機関では個人別とはいかないまでも、せめて分野ごとに研究と普及の割合にバリエーションを持たせてもよいのではないのでしょうか。私が所属する新得畜産試験場も含めた道立農畜試は基本的に道民に実用的な研究成果を返す試験を行なうという性格上すぐに成果を求められ

るのは当然でありますし、そうしなければいけません。しかしながら、一般農家の人たちがすぐ使える技術だけでなく間接的な技術も必要です。わかりやすい例をあげると、クローン牛はすぐ市場に出回るには種々の問題をクリアしなければいけません。遺伝的に全くおなじ牛を使うことで飼養基準を設定するための試験などに用いる場合、試験処理がよりクリアに結果に反映されて試験精度が高まります。この例でクローン牛を安定的に作り出す技術を基礎研究、それを用いて飼養基準を設定する試験を応用あるいは普及研究とするならどちらも重要でありそれを評価する場合、特に前者の場合は大学や国立試験機関を含めて会議をおこなってもよいのではと考えます。

おわりに

北海道には畜産に関して研究する大学が4つ(北大、帯畜大、酪農学園大、東京農大)、国立機関が1つ(北農試)、そして道立では4つ(新得畜試、滝川畜試、根釧農試、天北農試)あります。畜産研究状況が厳しい中、これらの研究機関がそれぞれの利点を生かして研究や普及それに伴う研究費についてなど、もっと自由活発に論じたり交流する機会が増えればなぁと考えている今日この頃です。

最後になりましたが、今回の派遣に当たって多くの北海道農畜試関係者に大変お世話になりました。各位に感謝いたします。

シンポジウム報告

第9回国際反芻動物生理学シンポジウムに参加して

岡本 全弘

酪農学園大学

5年毎に開催される、標記のシンポジウム (IX ISRP) は南アフリカ共和国の首都、プレトリアにあるプレトリア大学において10月17日から22日までのほぼ一週間開催された。33カ国から258名が出席する盛況であった。日本からは25名、北海道からは北農試の山田豊、北大の鈴木知之、酪農大の泉賢一の諸氏と岡本全弘が参加した。日本勢は参加者の約10%を占め、開催国南アフリカの51名、アメリカ合衆国の37名に次ぐ大勢力であり、英国の22名、オーストラリアの18名より多かった。なお、以上の数字は概算である。

シンポジウムは以下の9つのセッションに分れ、活発に討論された。すなわち、採食量の調節、ルーメンの微生物学、繁殖と妊娠、組織の代謝や貯蔵物質の利用と内分泌による調節、栄養素の吸収と内臓の代謝、泌乳、組織の成長、抗病性、反芻動物生理学の将来方向の9つである。それぞれ、2～3題の講演があり、関連するポスターの掲示があって講演とポスターについて総合討論をするという運営であった。ポスターによる発表は179題であった。

第一セッションでは、まず、リード大学のフォーブスによる「飼料の選択と採食量についての学説に学習と代謝信号を導入すること」について、次いで、エジンバラ大学のイリウスによって「採食と代謝の数学モデル」について、さらに、ゲルフ大学のグローブムによる「羊の脳による採食と唾液分泌の調節」についての講演があった。

このセッションは小生にとって最も興味がある分野であったのでやや詳しく述べる。フォーブス氏はオランダのトーカンブらのフリーラジカル酸素の発生を最小にするよう採食量が調節されるとの学説を猛烈に批判し、学習や代謝上の快適さなど複数の要因によって調節されるとの説を力説された。快適さを最大にすることは不快感を最小にすることだそうで、飲み過ぎた明くる日に食欲がないことと同質だそうである。単一の要因で説明できないことは同意するが、学習と代謝上の快適さなどという包括的概念の導入は「うまく説明できない」ことの言い訳のような気もした。もっともこれも小生の語学力不足による偏見であろう。

イリウス氏の講演では、「ブラックボックスであった分野にメスを入れようとしてブラックホールに迷い込んだ」との述懐が身にしみて苦笑させられた。グロー

ブム氏の講演は脳に電極を挿入し、調節中枢を捜そうというものだが、フォーブス氏が著書の中で「トランジスタラジオに5寸釘を打ち込んで、どこが故障するか見るようなものだ」と書いていたことを思い出して論争を期待したが、両者とも大人であった。

微生物学のセッションでは、イリノイ大学のマッキーによる微生物生態系における分子生態学、ゲルフ大学のフォースバーグによる微生物の付着調節と酵素による加水分解、ネブラスカ大学のモリソンによるルーメン内窒素代謝と微生物生態学の講演があった。妊娠のセッションでは母親と胎児の間の栄養素の利用区分についてコーネル大学のベルが、胎児の体温調節について南アのウィットウオタースランド大学のラバーンが講演した。胎盤での栄養素の受け渡し時の代謝や母親の体温変化にともなう胎児の対応など興味深かった。ホルモン関係はハナ研究所のバーノン、オークランド大学のブリーア、INRAのシリアルルの講演があったが、レプチン一色であった。なぜレプチンがヒトに作用しないか論争があったがよく分からないようであった。

栄養素の吸収と代謝ではバージニア大学のウェーブがペプチドの吸収を、ニュウキャッスルアポンタイン大学のシールが肝臓への基質供給を、ローエット研究所のロブリーが肝臓の窒素代謝における役割について講演した。このセッションの総合討論では広島大学の谷口氏のポスター発表が特に取り上げられた。澱粉の摂取量が多くなるとルーメンにおける消化率は低下するが、腸管における消化率が上昇し、全体として高い消化率を維持するというもので、「ルーメンバイパス澱粉」として注目を集めた。泌乳のセッションではコーネル大学のボーマン、ペンシルバニア大学のバウムラッカー、ワシントン大学のマクナマラが栄養素の分配とIGFなどとの関係や遺伝的な改良が生化学的にどのような変化をもたらしたかなどが話された。

セッション7の組織の成長の時は鳥取大学の関根、広島大学の谷口両先生とチータセンターにミニサファリに出掛けたので欠席した。セッション8は動物の免疫と抗病性について、CSIROのマックリュアーとコールディッツおよびスエーデン農科大学のパーソンウオーラーの講演があった。セッション9は遺伝子工学でCSIROのワード、ローエット研究所のフリント、ブ

レトリア大学のクロンジェによって様々な可能性が論議された。クロンジェ氏は栄養の供給が制約されない場合には飼料によって供給される栄養水準が問題となり、これが飼料の評価につながるが、南アのように飼料供給自体が制約される場合には最も適した遺伝型すなわち家畜種と品種が問題となり、事実、南アでは目的毎に異なる家畜品種が存在するとの迫力ある話をされた。この話はシンポ終了後国立公園への道程で見た南アの放牧地と家畜の様子からも納得できるものであった。

プレトリアは紫色のジャカランダの花が満開でとても美しい街であった。でも、散歩はできなかった。南アは隔障物の国である。都市では裕福な人は車から降りない。歩いたら強盗に襲われる。参加者のうちの何人かも被害にあったそうである。したがって、我々もホテルと会場との間を事務局で用意してくれたバスで往復しただけであった。今シンポほど毎日の参加者数の安定した学会はないように思った。ホテルと会場の往復しかないのだから当然の結果であろう。タクシーも学会で呼んでもらう。ナンバーと運転手の名前を知らされ、確認して乗るようアドバイスされた。運転手も我々の名前を確認するまで乗せてくれない。レストランのトイレに行くにもいちいちメイドさんと一緒にガードマンの事務所に行って鍵をもらい、ガードマン

の机の後ろを通過してトイレのドアの前に立ち、メイドさんにトイレの鍵を開けてもらって用を足すありさまであった。人種の隔離という感じはなかったが、金持ちが自らを隔離しているようで、これも貧富の差が大きすぎるのが原因のようであった。

農村風景は一面の大平原(標高 1700 m もある)に途切れることなく牧場が続く。まったく牧場の国である。牧場以外に建造物がほとんどなく、ところどころに露天掘りの炭坑と巨大な発電所や金鉱などがある。その近辺には労働者のごく粗末な小屋並みがバラまかれていた。一枚の放牧地や圃場が数千 ha はありそうだが、乾季の終わり頃らしく、水不足が顕著であった。とにかく乾燥していた。

国立公園ではまた車が隔障物である。一步降りれば命の保証はない。なにしろライオンなどの猛獣が道ばたの草むらににいるのだから。ゾウ、キリン、バッファロー、ライオン、シマウマなどをすぐ側で見ることができた。わずかに厳重な電気牧場で囲まれた休憩所で降車が許され、トイレや昼食をとる。もちろんライフルを持ったレンジャーの庇護の下で。最初の降雨ギリギリでまだハマダラ蚊はいなかった。国立公園からはヨハネスブルグ空港へ直行。ヨハネスブルグがどんな街か全く知らずに帰ってきた。アフリカを旅行するという北大の鈴木君の生還を祈りながら。

書 評

「家畜糞尿処理・利用の手引き 1999」

企画・編集：北海道立農業・畜産試験場

発行：1999年3月31日

酪農学園大学 干場 信司

「北海道と本州で基本的に大きく異なる」ということが、農業や畜産ではよく見られることであるが、家畜ふん尿の管理もこの例に漏れない。

例えば、「家畜排泄物法」が昨年11月に施行され、野積み・素掘りが禁止となったが、この法律は本州向けの規制であると見ることができる。なぜなら家畜ふん尿の排出・還元に関しての量的規制は行わずに、処理施設のみを要求しているからである。北海道では野積み・素掘りが許されてよいと言う意味ではないが、還元する自己所有地を持たない本州の畜産経営の実態を反映した法律であると言えよう。

国の中央で作られる家畜ふん尿の管理に関する資料には、往々にして、自分のところで生産したふん尿を自分で利用するという概念が欠如したものが多い。家畜ふん尿の『処理』はあるが、自分のところでの『利用』はないのである。そのため、それらの資料に従って家畜ふん尿管理を考えると、自己所有地でふん尿を利用するのであれば必要のない処理施設が、いつのまにか導入されてしまうことがある。これは、北海道の酪農経営自体が本州のそれと似てきているための結果でもあるのであるが、その傾向を見直すという意味からも、どうしても本州とは異なる北海道の実態にあった処理・利用のための普及書が必要であった。

このような情勢の中で、北海道立の農業および畜産関連の試験場の面々が叡知を集積して出版した「家畜糞尿処理・利用の手引き 1999」は、極めてタイミングの良い、そして内容的にも北海道の実情に即した価値の高い普及書である。

本書は、北海道立の試験場が平成6年度から10年度にかけて実施した研究プロジェクト(通称「ふんプロ」)の成果と、既往の成果をも合わせて体系化し、手引き書としてまとめたものである。

本書は、基礎編、実用編および事例編の3つの部分から構成されている。第1の基礎編では、関連法規や環境容量、経営的視点を含めた家畜ふん尿の処理・利用に関する基本的な考え方がまず述べられている。次に基礎的な知識として、堆肥化の過程や還元に関する基本事項等が、また、処理機械・施設に関する基本的知識として、ふん尿の性状に合わせた処理方式や貯留施設・固液分離機等に関する考え方の整理が示されている。さらに、放牧との関連についても触れられている。

第2の実用編では、まず飼養管理方式別のふん尿処理方法について、ふん尿の性状に合わせた具体的な処理方法が述べられている。次に、ふん尿の施用・還元に関する具体的方法が掲載されているが、本書の中ではこの章に最も多くのページが用いられている。これは前述したように、自己所有地にふん尿を還元している北海道ならではの重要な部分である。実用編の最後には、発酵床方式によるふん尿処理が示されている。このトピックもこれまではなかった特徴である。

第3の事例編では、畜舎の種類・規模別に、また家畜やふん尿の管理方式別に9つの事例が紹介されている。それぞれの事例には、経営の概況やふん尿処理方式の特徴が述べられているが、それだけではなく、問題点や今後の改善計画も示されており、現場サイドでは参考になるものと思われる。

全体を通して、図表がふんだんに用いられ、またカラーも有効に使われており、とても見やすい普及書に仕上がっている。

本書を作るに当たっては、数多くの議論と調整の機会を必要としたものと想像する。関連諸氏の努力に敬意を表するとともに、次のバージョンアップを期待するものである。

第 55 回 北海道畜産学会大会 一般講演一覧
(A : A 会場, B : B 会場)

飼養・飼料 (8 月 26 日)

- A-01 反芻時において咀嚼される食塊の性状と微細化との関連
○鈴木知之・潘 軍・上田宏一郎・田中桂一・大久保正彦 (北大農)
- A-02 人工乳の給与水準と子牛の反芻行動の発達
○岡本全弘・山下成美 (酪農大)
- A-03 貯蔵日数の経過にともなうオーチャードグラスサイレーズの構造的炭水化物の分解および栄養価の変化
○木村文香・原井純弥・河合正人・松岡 栄 (帯畜大)
- A-04 マメ科サイレーズ貯蔵中における構造的炭水化物の分解
○鷺巣紋子・河合正人・松岡 栄 (帯畜大)

栄 養

- A-05 粗飼料主体飼養における初産牛の乳量別乾物摂取量, 体重および養分要求量に対する充足割合の比較
○大坂郁夫¹・山内和律¹・原 悟志²・伊藤めぐみ¹・出岡謙太郎¹・小倉紀美¹ (新得畜試¹, 根釧農試²)
- A-06 TMR 飽食牛の摂取飼料成分と乳量, 乳成分との関係
○押尾秀一¹・安藤 貞²・石田元彦²・押部明徳³ (北農試¹, 草地試², JICA³)
- A-07 パン酵母が乳牛の免疫力に及ぼす影響 第 1 報 体細胞数と血清 IgG に対する作用
○中井朋一¹・佐藤 忠¹・佐渡谷裕朗¹・田中勝三郎¹・岡本明治²・花田正明² (日本甜菜製糖¹, 帯畜大²)
- A-08 育成期における粗飼料制限がホルスタイン種去勢牛の発育および枝肉成績に及ぼす影響
川本 哲・○八代田千鶴・杉本昌仁・平井綱雄・小原潤子・松井義貴・及川 学・佐藤幸信・宮崎 元・草刈直仁 (新得畜試)
- A-09 濃厚飼料中の CP 含量が黒毛和種去勢育成牛の発育および飼料摂取量に及ぼす影響
○杉本昌仁・佐藤幸信・八代田千鶴・宮崎 元・寒河江洋一郎 (新得畜試)
- A-10 黒毛和種去勢牛に対する濃厚飼料の増給パターンが産肉性に及ぼす影響
○佐藤幸信・杉本昌仁・宮崎 元・寒河江洋一郎・川崎 勉 (新得畜試)

育 種

- B-01 1 回の採卵で回収できる移植可能な受精卵数に対する分布の当てはめ
○浅田洋平・寺脇良悟 (酪農大)
- B-02 移植可能な受精卵数の発生方法が異なる場合の遺伝的改良量
○寺脇良悟・浅田洋平 (酪農大)
- B-03 鶏の閉鎖集団を用いた近交係数上昇の抑制方策の検討
○中村 淳¹・清水 弘²・富樫研治³ (北大農・現北農試¹, 北大農², 北農試³)
- B-04 根釧農試における乳成分率, ミネラルおよび体細胞数の遺伝的パラメータ
○西村和行・高橋雅信 (根釧農試)
- B-05 ホルスタイン種の体型審査における遺伝的パラメータに対する線形形質スコアのクラス分けの影響
○萩谷功一¹・鈴木三義¹・ペレイラ ファン アントニオ¹・後藤裕作¹・河原孝吉² (帯畜大¹, 北酪検²)
- B-06 Estimation of 305 days milk production of dairy cows from early records using an empirical Bayes Approach
○Pereira J. Antonio, Suzuki Mitsuyoshi, Hagiya Kouichi (帯畜大)
- B-07 ばんえい競走馬の馬体重に関する遺伝的パラメータの推定
○後藤裕作・鈴木三義・柏村文郎 (帯畜大)
- B-08 北海道におけるオーストリッチ集団の実態
○宝寄山裕直・大原睦生 (滝川畜試)
- B-09 培養上清からのマウス由来抗体の分離精製

- 渡邊竜也・森屋聡子・横濱道成（東京農大）
 B-10 韓国在来ヤギの系統造成 —血液蛋白質の遺伝子構成—
 ○小林 毅・横濱道成・丸本さゆり・NYAMSAMBA, D.・野村こう・天野 卓（東京農大）

草 地（8月27日）

- A-11 アルカンによるめん羊の牧草採食量の推定
 ○上原有恒・花田正明・岡本明治（帯畜大）
 A-12 泌乳牛集約放牧下の放牧地における窒素フロー
 ○中辻浩喜・高橋 誠・谷川珠子・西道由紀子・八代田真人・近藤誠司・大久保正彦（北大農）
 A-13 草地型酪農地域における牛乳生産システムの土地利用方式からみた解析
 ○八代田真人・藤芳雅人・上田宏一郎・中辻浩喜・近藤誠司・大久保正彦（北大農）
 A-14 美幌峠牧場におけるエゾシカの出没個体数の変化および牧草食害量の測定
 ○檜山知弘・増子孝義・石島芳郎（東京農大）

管 理

- A-15 割当飼槽数の減少と去勢牛の採食行動
 ○森田 茂・杉田慎二・吉岡友恵・干場信司（酪農大）
 A-16 乾草給与時における北海道和種馬の自由採食量および採食行動
 ○新宮裕子・稲葉弘之・秦 寛・近藤誠司・大久保正彦（北大農）
 A-17 通年屋外飼育乗用馬における生理指標及び行動に及ぼす季節の影響
 ○吉田拓洋・古村圭子・柏村文郎・日高 智（帯畜大）
 A-18 生物活性水と通常水の嗜好性
 ○干場信司・森田 茂・牧野和幸（酪農大）

繁 殖

- A-19 ホルスタイン種経産牛の受胎成績のマイナス要因に関する検討
 —飼料 DM 中の TDN/CP および NSC/DIP 濃度，ならびに乳汁中尿素態窒素—
 ○坂本斉¹・松山廣志¹・田中博巳¹・吉田正則¹・安原弘幸¹・森脇 功¹・岩佐昇司²
 （北見地区農業共済¹，全農飼料畜産中央研究所 ET センター²）
 A-20 ドナー核に極性化割球および非極性化割球を用いたウシの核移植
 ○川田訓¹・小山久一²（農水省家畜改良センター新冠牧場¹，酪農大²）
 A-21 融解条件が凍結ウシ卵子の透明帯の破損に与える影響
 ○藤澤泰之・田辺康衣・武田知仁・家田祥子・堂地 修・小山久一（酪農大）

生 理

- B-11 飼育下におけるエゾシカ雄の血液性状について
 ○竹岡 亮・亀山祐一・石島芳郎（東京農大）
 B-12 乳牛に対する陰イオン塩製剤の給与が尿へのカルシウム排泄に及ぼす影響
 ○松井義貴・小倉紀美・草刈直仁（新得畜試）
 B-13 北海道和種馬前肢管部結合組織の加齢に伴う変化
 ○中村富美男・後藤 麗・田中浩子・中城敏明・秦 寛・福永重治（北大農）

畜産物利用

- B-14 モンゴル族の発酵乳製品に関する研究
 ○石井智美¹・石下真人²・鮫島邦彦²（光塩短大¹，酪農大²）
 B-15 泡立て方の違いによるホイップクリームの性状
 ○山口和美・中村邦男・石下真人・鮫島邦彦（酪農大）
 B-16 生乳中のラクトフェリン濃度の動態と変動要因
 ○高橋雅信¹・糟谷広高¹・八田忠雄¹・芹川 慎¹・山岸 章²・佐々木栄²（根釧農試¹，JA 浜中酪農技術センター²）
 B-17 骨格筋ミオシンの加熱ゲル形成能に及ぼすアクチンの影響
 ○前田尚之・石下真人・鮫島邦彦（酪農大）
 B-18 鶏骨格筋ミオシンの加熱ゲル化と ECD による架橋に及ぼす 2 価金属の影響

○金 辰保・石下真人・鯨島邦彦（酪農大）

B-19 エゾシカ肉の熟成に伴う筋原線維の変化について

○島田謙一郎¹・関川三男¹・三上正幸¹・若松純一²（帯畜大¹，伊藤ハム中央研究所²）

第 55 回北海道畜産学会大会報告

飼養・飼料

農水省北海道農業試験場 押 尾 秀 一

A-01 反芻時の咀嚼により反芻胃内飼料片がどのように微細化されるかを検討した報告である。反芻時における飼料の微細化は採食時に比べ方法的な困難さもあり報告例が少ない。反芻胃内発酵を受けた飼料片が反芻時の咀嚼によりどのように微細化されていくかは、反芻動物の消化管での飼料の動態を把握する上で重要な問題である。演者らは食道と第一胃にフィステルを装着した去勢牛に一日一回乾草を給与し、反芻胃内発酵を受けた飼料片が給飼後の時間とともに反芻時の咀嚼によりどのように微細化されるかを調べている。その結果、給飼後の時間経過とともに反芻される飼料片の粒度は反芻胃内の粒度を反映し、 $2360\mu\text{m}$ 以上の大飼料片割合が減少し、 $300-47\mu\text{m}$ の範囲の飼料片割合が増加している。そのため、吐き戻し食塊に占める $2360\mu\text{m}$ 以上の大飼料片割合及びその絶対量は給飼後の時間の経過とともに減少し、微細化される大飼料片割合は給飼後の時間の経過とともに増加するとしている。このため大飼料片の脆弱性の指標となる specific fragility (微細化した大飼料片割合/咀嚼回数) は給飼後前半より後半の時間帯に大きくなるとしている。しかしながら、吐き戻し食塊に占める大飼料片割合は給飼後の時間とともに減少していることと吐き戻し一回当たりの咀嚼回数は余り変化しないことから考えると、給飼後の後半では大飼料片が咀嚼を受ける機会が多くなることも十分考えられ、発酵による脆弱性の数量化についてはさらに詳細な検討が望まれる。

A-02 人工乳の給与水準による仔牛の反芻行動の発現の違いを検討したものである。ホルスタイン種の雄仔牛 4 頭を 2 頭づつに分け、生後 8 日目から異なる水準の人工乳を給与し、62 日齢までの反芻行動の変化を観察したものである。反芻行動は 13-17 日齢で認められるようになるが、個体差が大きいことを報告している。結論としては、乾草の摂取量と反芻の発達は直接的な関係にあり、人工乳を制限し、乾草を多く摂取させると反芻の発達が速やかで、反芻胃がある程度発達した離乳後の増体が優れているとしている。粗飼料の摂取と反芻胃の発達との関係については従来から知られたことであるが、その発達の時間的な経過については未だ明瞭ではない部分がある。本実験では使用頭

数が 4 頭と限られていることと個体間差も大きいことから、人工乳の給与量ならびに粗飼料摂取量と反芻行動の発達過程についてはまだ定量的に把握できるまでには至っておらず、さらにデーターの蓄積が望まれる。

A-03 サイレージ発酵の際の主要発酵基質は可溶性炭水化物 (WSC) であるが、本実験では構造的炭水化物が発酵にどの程度寄与しているかをオーチャードグラスを用いて、消化試験結果を踏まえて検討したものである。WSC はサイレージ発酵が進んだ段階では 88%が発酵をうけており、発酵基質の主役であることには変わりないが、構造的炭水化物の部分でもヘミセルロースは 17%が分解を受けており、ヘミセルロース画分もある程度サイレージ発酵に寄与していることが示された。しかし、セルロース画分はせいぜい 2.5%程度しか分解されておらず、この画分は発酵にほとんど関与していないことが明らかにされた。また、サイレージ発酵を受けた後のヘミセルロース画分の消化率は原料草よりも低く、ヘミセルロースの中でも消化を受けやすい画分がサイレージ発酵を受けていることが窺われた。添加物を加えない状態でも構造的炭水化物の一部はサイレージ発酵を受けていると言う点では有益な情報を提供するものである。今後は、さらにどのような機作で分解を受けているのか、また水分、保存方法等の発酵条件との関係についても検討されることを期待したい。

A-04 前課題と引き続き、マメ科牧草での構造的炭水化物のサイレージ発酵による分解を赤クローバーとアルファルファを用い、部位別の違いも含めて比較検討したものである。両牧草ともヘミセルロース画分の分解率は 25%程度であり、葉部より茎部の方が高いことを示していた。また、セルロースは赤クローバーが 5.1%分解されたのに対し、アルファルファはほとんど分解されていないことが示された。しかしながら、本実験は両牧草とも一品種、一生育ステージでの結果であるので、今回得られた両牧草での結果が同じように、様々な生育ステージ、刈り取り時期に当てはめられるかについてはさらに検討されることが望まれる。

栄 養

北海道大学農学部 中 辻 浩 喜
帯広畜産大学 日 高 智

第 55 回大会の栄養の分野の発表は 6 題あり、A-05~A-07 の 3 題は中辻(北大)が座長を担当し、A-

08～A-10の3題は日高(帯畜大)が担当した。以下に、各演題について報告する。

A-05 大坂ら(新得畜試ほか)は、近年高泌乳化が顕著な初産牛の飼養法改善を目的に、トウモロコシサイレージ・牧草サイレージ(2:1, 乾物)主体飼料を自由摂取させて一乳期飼養した初産牛のべ85頭を対象に、泌乳パターンおよび養分要求量に対する充足割合などを乳量水準別に比較した。その結果、1乳期乳量が高かった牛ほど最高泌乳量(泌乳6週)が高かった。一方、TDN摂取量は、1乳期FCM量が7000 kg未満の牛では泌乳10週で要求量を満たしたのに対して、7000 kg以上ではそれよりも6～8週遅れて充足した。これらのことから、7000 kg以上の牛の飼養方法改善の必要性が示唆された。具体的改善策については、質疑の中で、トウモロコシサイレージの給与割合を増やすことにより摂取飼料中のTDN含有率を高めることなどが紹介され、今後の検討結果が期待される。

A-06 泌乳牛の乳生産と給与飼料の関連について、可消化成分を実測して検討した例は少ない。そこで、押尾ら(北農試ほか)は、TMR飽食条件下の泌乳牛115頭で消化試験を行い、乳量、乳成分と摂取飼料各成分との関係を検討した。その結果、乳脂肪生産量は、可消化乾物摂取量が多く、また、第一胃内プロピオン酸割合が少ないほど高くなる推定式が得られた。また、FCM、乳蛋白質、乳糖、全固形分、無脂乳固形分の各生産量は、いずれも乾物摂取量が多く、泌乳ステージが早いほど高くなる推定式が得られた。乾物摂取量およびTDN摂取量は、いずれも乳蛋白質生産量と最も高い相関が得られ、従来の体重とFCM乳量を用いた場合より精度の高い関係式が得られた。本報告での乳量および各乳成分生産量(乳脂肪生産量を除く)の推定式には、必ずしも可消化成分含量や摂取量が反映されてはならず、推定における可消化成分の必要性については、再度検討する必要がある。

A-07 中井ら(日本甜菜製糖ほか)は、これまで、パン酵母給与が乳牛のルーメン消化機能に及ぼす影響について一連の研究を行ってきたが、今回はその給与が乳牛の免疫力に及ぼす影響について検討した。パン酵母給与区では、ビール酵母給与および無給与区にくらべ、臨床型乳房炎の発生率および体細胞数が低い結果となった。さらに、体細胞数と血清IgG濃度間には、パン酵母給与区のみ正の相関が認められた。これらのことから、パン酵母の給与により、乳腺組織の細菌感染に対する血清IgGの免疫応答反応が高まり、このことが乳房炎に対する予防効果を持たせたと結論した。しかし、本報告では、パン酵母が免疫応答反応を高めるに至った具体的なメカニズムは明らかではなく、今後の研究の進展を期待したい。

A-08 育成期の濃厚飼料多給・粗飼料制限がホルスタイン種去勢牛の発育および枝肉成績に及ぼす影響

が報告された。育成期に粗飼料を無給与とした試験区と自由採食の対照区に3頭ずつ配置し、20カ月齢まで肥育した結果、平均乾物摂取量、TDN摂取量は育成期では試験区が対照区より多かったが、肥育期間では両区に差がなく、育成期で日増体量は試験区が対照区より大きく、肥育期間では両区に差はなく、肥育終了時体重は試験区が対照区より大きかった。枝肉成績ではバラ厚、ロース芯面積は対照区が試験区より優れる傾向であった。以上のことから育成期の極端な濃厚飼料多給は、肥育成績に正の効果が認められないとした。供試牛の疾病、格付成績、枝肉単価および総濃厚飼料摂取量の違いについての質疑があり、具体的な数値は示されなかったが、両区で疾病には差がなく、格付成績では対照区がやや良かったこと、脂肪交雑では両区に差がなく、濃厚飼料摂取量は試験区が対照区より多かったことが説明された。今後、さらに経済性や肉性を考慮した育成期から肥育期終了時までの適正な濃厚飼料給与レベルの検討が望まれる。

A-09 濃厚飼料中のCP含量の違いが黒毛和種去勢育成牛の発育と飼料摂取量に及ぼす影響について報告された。3～9カ月齢で試験を行い、濃厚飼料中のCP含量を15(LP)、20(MP)、25(HP)%に設定して50 gDM/MBSで給与したところ、終了時体重、体高はHPが大きい傾向がみられ、胸囲では各処理で差はなかった。乾草および乾物摂取量は、LPからHPへCP給与量の増加に伴い有意に増加した。血液成分の比較では、血糖値では差がなく、遊離脂肪酸(NEFA)はHPが低く、尿素体窒素(UN)はHPが高かった。以上のことから、育成用配合飼料のCP含量を高めると、粗飼料の採食量が増加して乾物摂取量が増し、日増体量が高くなる傾向がみられるとした。飼養標準のCP給与レベルが低いのか、CP給与量の増加でなぜ粗飼料摂取量が増加するのかとの質疑があり、粗濃比が5:5付近ではCP給与増加でDM摂取量の増加と増体成績の改善がみられること、CP給与量の増加で第一胃内微生物の利用可能窒素量が増加するため、DM摂取量の増加がおけるとされた。今後、さらに育成期の濃厚飼料からの効率的なCP給与量についての検討が望まれる。

A-10 黒毛和種去勢牛に対する濃厚飼料の増給パターンが産肉性に及ぼす影響について報告された。1日当たりの濃厚飼料給与量を12カ月齢5 kgから15カ月齢9 kg(P1)に5頭、12カ月齢5 kgから16カ月齢9 kg(P2)に4頭、12カ月齢4 kgから17カ月齢9 kg(P3)に4頭を供試して18カ月間肥育した。増体成績は肥育前期(12～15カ月齢)でP1>P2>P3、中期(16～22カ月齢)でP2>P1>P3、後期(23カ月齢～出荷)ではP2がP1、P3より大きく、全期間でP2が最も大きかった。解体成績は、枝肉重量、ロース芯面積、バラ厚、BMSともP2>P1>P3で

あった。肉質等級4以上の成績はP1が2頭(40%), P2が3頭(75%), P3が2頭(50%)で、ロース芯の粗脂肪含量はそれぞれ28.1%, 29.2%, 23.9%であった。以上から、P2の濃厚飼料増給パターンが産肉性に優れていたとした。質疑では、P3でとりもどしの増体がなかったこと、ロース芯粗脂肪含量ではP1とP2はほとんど差はないがP1で大ザシが多く、P2より格付成績が低かったことが説明された。今後育成期を含んだ濃厚飼料の給与パターンの検討が望まれる。

草 地

根釧農試 原 悟 志

A-11 放牧家畜の採食量を正確に測定することは難しく、研究上重要な課題である。現在広く用いられている酸化クロム法では、放牧草消化率のわずかな推定誤差が、大きく採食量の推定に影響を及ぼすこと、また、酸化クロムを投与するため安全性や環境上に問題がある。本報告は植物体のワックスに含まれているアルカンを指示物質として利用する方法を検討したものである。本方法では草の消化率測定が不要であるとともに、アルカンの分析も容易である。本報告では、チモシー乾草、アルファルファ乾草等の4種の乾草をめん羊に給与し、採食量の実測値と推定値を比較した。その結果、いずれの草種においても実測値よりも過大に推定され、本方法利用するためには解決すべき問題があることが示された。今後さらに、本方法の問題点および実施上の留意事項等を明らかにして実用化がはかれるように研究が進められることを期待する。

A-12 演者らは、泌乳牛の集約放牧の生産特性について一連の研究を実施しており、単位土地面積あたりのエネルギー利用の面から放牧の優位性を示してきた。今報告は集約放牧の窒素利用の観点から、泌乳牛集約放牧下の放牧地における窒素収支を検討したものである。食草による窒素持出し量は平均278 kg/ha、糞尿による窒素投入量は69 kg/haであり、放牧草の窒素固定量を100 kg/haと仮定した場合、80 kgおよび40 kg 窒素/ha 施肥区で、窒素収支はそれぞれ-30 kg/ha、-70 kg/haであったと報告している。北海道酪農においても環境問題はさけることができない事項である。今後も、採草利用との比較等により放牧飼養体系の特性、優位性を明らかにしていただきたい。

A-13 本研究は、草地型酪農地帯の平均的規模(畜産用地面積: 約60 ha)の酪農家を調査し、土地利用形態の違いをもとに牛乳生産システムの特徴を検討したものである。飼養頭数、出荷乳量、土地利用法別面積、および購入飼料給与量を用いてクラスター分析した結果、①採草依存型、②購入飼料依存型、③個体重視型、④土地利用重視型、⑤粗放型、⑥放牧依存型の6グループに分類され、これらの分類ごとに出荷乳量および単

位面積あたりの乳量は異なるものであったと報告している。牛乳の生産システムを評価するためには収益性ととともに、労働時間も重要な要素と考えられる。今後は労働時間も研究対象として取り入れ、調査地域の経営目標を示唆できるような研究に発展することを期待したい。

A-14 本報告は、道東の牧場を調査対象として、一年間エゾシカの出没状況、および牧草の食害状況を調査したものである。この調査の結果、牧草地に出没する個体数は、春と秋に牧草の利用が活発になっていること、主に雌成獣を中心とした母子が利用していることを明らかにした。ケージを用いた食害調査では、1番草収量はケージ内が38%多かったとしている。質疑としては、出没個体数の変動要因としてエゾシカの栄養要求量の変化が指摘された。エゾシカの食害量の調査方法は現在確立されていない。今後は、エゾシカの行動様式とともに、ケージの設置個数、場所、期間等、食害調査手法確立のための研究が期待される。

管 理

北海道農業試験場 矢 用 健 一

A-15 畜舎の省スペース化につながる飼槽数の制限が、群飼養子牛の採食行動に及ぼす影響を検討した発表である。去勢子牛11頭を飼槽争奪順位により、上位・中位・下位に分け、11の飼槽中3つ(飼槽列の中央あるいは両端)の制限が採食行動に及ぼす影響を調べた結果、本研究程度の飼槽数制限では採食量に影響がないことを示した。一方、両端から制限した場合には、1日あたりの採食時間および回数が最も多く、採食継続時間が最も短いことから、飼槽の配置によって採食行動への影響が異なることを示唆した。また、社会的順位によっても、割り当て飼槽数減少の採食パターンに及ぼす影響が異なることが示された。実際には、採食行動だけではなく、反芻、休息等にも影響が出ていることが予測され、特に、最も行動パターンの変容を起こしていると考えられる下位牛への影響の詳細な調査が望まれる。

A-16 粗食に耐えると言われている北海道和種馬の採食量および採食行動に関する一連の研究の続報である。乾草の定量給与では北海道和種馬の採食効率がサラブレッド系を上回ったという結果を受けて、乾草飽食条件での自由採食量および採食時間を検討したものである。和種馬は、サラ系馬に比べて採食時間は短く、代謝体重あたりの採食量は多い傾向にあり、採食速度は両品種でほぼ同程度であった。これらの結果は、再び和種馬の粗飼料に対する採食能力の高さを示唆するものであるが、乾草消化率についてはほぼ同程度という結果が得られていることから、今後、消化管通過速度など未検討の他の要因についても解明が望まれ

る。

A-17 寒冷地における各種乗用馬の生理指標および行動の季節変動を調査した研究である。生理指標では、呼吸数が12月に他の月より低値を示す傾向があり、心拍数は7月に低くなる傾向があった。体温は9月が高く5および12月が低くなる両下りの傾向を認めた。皮膚厚は秋季に最も厚くなった。屋内馬と屋外馬の比較では、屋外馬が、呼吸数、体温、心拍数ともに低く、皮膚厚が厚くなる傾向があった。これらの結果を冬季は -30°C にもなる十勝地方の寒冷に対する生理的な適応として直接に結びつけることはできないが、これを基にした寒冷適応に関する基礎的研究の展開が期待される。特に、北海道和種馬は換毛時の下毛の分布および被毛の重量、長さが多いという特徴を示し、北海道の自然環境への適応をうかがわせる結果であった。

A-18 いわゆる土壌菌を用いた生物活性水と通常水に対する子牛の嗜好性を報告したものである。生後約2週齢から3カ月半、両者の一方を給与した後、7日間双方を給与するという試験条件で、両区ともに、3カ月半給与されていたものとは異なる飲用水に対して嗜好を示したことから、生物活性水の嗜好性が通常水に比べて劣っていないと判断した。両区ともに異種を多く選択したことは、興味深い知見である。嗜好性形成の過渡期の可能性もあり、長期間の追跡調査が望まれる。

繁殖

新得畜産試験場 南 橋 昭

A-19 演者らは、人工授精を実施した日の乳中尿素窒素(MUN)、給与飼料の乾物中のTDN/CP、受胎率を調べ、MUNとTDN/CPには負の相関があること、MUNが高いと受胎率が低いことから、飼料中のエネルギー不足と蛋白質の過剰によりMUNが上昇し、受胎率が低下すると述べている。本試験では飼料摂取量および要求量などを調べておらず、MUN上昇の原因がエネルギー不足によるのか蛋白質過剰によるのかは不明であるなど、不十分な点はある。しかし、本試験は人工授精師としての日常業務の実績をまとめた労作であり、一般に言われているMUN、給与飼料の乾物中のTDN/CPおよび受胎率の関係を現場のデータを用いて実証したことは、評価に値すると思われる。今後の発展を期待したい。

A-20 本実験は、割球の全能性と微絨毛の局在化の関連を核移植技術を用いて明らかにしようとするものである。ウシ核移植のドナー細胞として極性化割球および非極性化割球を用いて、その分割率や発生率を比較し、非極性化割球で桑胚への発生率がやや高かったことから、全能性を有する割球は、非極性化割

球で多くなる可能性が示唆されたと述べている。染色剤のFITC-ConcanavalinAに細胞毒性があること、ドナー胚の発育ステージを考慮していないこと、全体的に融合率や発生率が低いことなど実験方法にやや難しい点があるが、考え方はおもしろいと思う。今後、実験方法を工夫し、割球の全能性と微絨毛の局在化の関連を明らかにし、核移植胚の効率的な生産方法の確立に結びつけてほしい。

A-21 ウシ凍結胚の融解では、液体窒素から取り出したストローを一定時間空气中に保持した後、 30°C の湯に投入する。本実験では、ウシ凍結胚を用い、ストローを空气中に保持する時間を0, 5, 10および30秒間とし、そのときの透明帯の破損率を調べている。透明帯の破損率は、空气中に保持する時間が0秒のとき16.4%, 5秒のとき3.9%, 10および30秒のとき0%であると述べている。ウシ凍結胚の融解では、空气中に保持する時間は10秒間がよいことは一般に知られている。しかし、本実験で空气中での保持時間5秒において透明帯の破損を明らかにしたことは、正確に10秒を測定して融解することの重要性を示しており、実用上有用である。今後、耐凍剤の種類、外気温、ストローの影響などをウシ凍結胚を用いて明らかにしてほしい。

育 種

帯広畜産大学	鈴木 三 義
酪農学園大学	寺 脇 良 悟
北海道大学農学部	上 田 純 治

第55回大会の育種の分野の発表は10題あり、B-01~B-03の3題は鈴木(帯畜大)が座長を担当し、B-04からB-07の4題は寺脇(酪農大)が、B-08からB-10の3題は上田(北大農)がそれぞれ担当した。以下に、各演題について報告する。

B-01 は酪農学園の浅田と寺脇により乳牛のMOET育種計画において影響の大きいとされる移植可能受精卵の回収数をより現実の値に近づける目的で実行されたものである。本研究では現場で実施された過排卵処置(調査記録)に対する回収正常卵の分布に適合するモデルを探索するための3つのモデルを検討した。3つのモデルはいずれも最終的にはポアソン分布による正常卵数の乱数発生であるが、モデル1は正規分布→ガンマ分布→ポアソン分布という3段階、モデル2はガンマ分布→ポアソン分布の2段階、モデル3は直接ポアソン分布のみを用いるという設定であった。モデルの適合度は χ^2 値を用い、これを最小にするパラメータの組み合わせにより検討した。これらの中ではモデル2が最小の χ^2 値を与えた。現実の回収正常卵の分布に適合するモデルを検討し、より現実に即したシミュレーション結果を得るといえる試みであるが、

用いるパラメータの数やモデルの適合度を χ^2 値で計ることの是非などは今後の検討が望まれる。

B-02 は寺脇と浅田がB-01の結果を受けて、仮定した3つのモデルでシミュレーションにより、遺伝的改良量に対する影響をみたものである。改良量の予測はモンテカルロ・シミュレーションで行なった。発表では仮定した分布についての質問や閉鎖集団でない場合ない場合についてなど現場の応用を強く意識したものであった。若齢MOETを仮定しているが現実には選抜精度の問題から成牛MOETや後代検定との組み合わせた手法が最も効果的とされており、また従来からの後代検定を含めたハイブリット計画なども検討が必要であり、北海道の乳牛改良における現場に則した研究の発展が期待される。

B-03 は中村らにより現実の集団として鶏の閉鎖集団を仮定した近交係数上昇の抑制方策を机上選抜実験で検討した結果の報告である。2つの抑制方策にはBrisbaneとGibsonの手法と筆者らが提案するファジィ理論に基づいた選抜基準(FMC)として使う方法を比較し、鶏の交配は階層型を仮定して行った。実際に得られた産卵数の遺伝率は0.32と中程度であった。これらの前提でのシミュレーションではFMCによる近交抑制効果はBG法より高いことが期待されるという報告であった。鶏の産卵数だけに限らず遺伝率の異なる形質の扱いや計算上のメリットおよびFMC基準で選抜交配を行った場合の近交抑制のメカニズムの解明などさらに発展が期待される。

B-04 根釧農試で収集した乳中成分率、ミネラルそして体細胞数の泌乳ステージ、分娩季節、産次による変動を調査している。さらに、形質間の遺伝相関係数と遺伝率の報告があった。乳中ミネラルに関しては、Ca、PおよびMgにおいて産次間で有意な差が認められている。乳期成績の遺伝率はミネラル濃度で0.64~0.79と高い推定値が得られ、遺伝的改良の可能性が十分に考えられる。測定日成績においても、乳中ミネラル濃度は0.41~0.82と高い推定値が得られている。分析に用いられた記録数と方程式の数との関係から、推定値の安定性に関する意見と質問が出された。乳中のミネラルは栄養利用の面から、今後ますます注目されると予想される形質である。継続的な記録の集積と分析が望まれる。

B-05 現在1~50までの50段階で評価されている線形審査法で、特定の値に評価が集中する傾向にある。人の習性として、“きりのいい”値に評価される現象が起こっている。この状況を改善する方法として、評価を9段階に縮小する方法を報告している。分析記録は、50段階で評価したものと、この評価記録を9段階に変換圧縮したものである。遺伝率推定値は、両記録で等しい形質があるものの、9段階記録の方が若干低くなっている。しかし、個体の遺伝的評価を推定す

るための分析に十分利用できると報告している。50段階から9段階に縮小することで評価値の分布が変化し、推定精度に悪影響を及ぼす恐れがないかとの質問があった。また、今回の9段階評価は50段階評価したものを9段階に変換したものであり、最初から9段階評価した記録ではない。発表者も発言したが、実際に9段階評価した記録での詳細な分析と検討がどうしても必要である。

B-06 305日乳生産量を予測する方法として経験的Bayes法を取り上げ、従来の方法であるWood法およびTest-interval法との比較検討を行っている。従来の方法に比べ、経験的Bayes法は精度面で卓越している。特に泌乳初期の記録から予測するときの精度は従来の方法より顕著に優れていた。乳生産量を早期に予測し、遺伝評価に利用すれば、世代間隔の短縮が可能となり、最終的には年当たり遺伝的改良量の改善が期待できる。この面から、更なる精度の改善と実用化への検討が期待される。過去の記録の利用方法や範囲について質問が出された。また、欠落のない一連の記録が必要なことから、実用化への質問があった。

B-07 ばんえい競走馬に関する記録を用いて、体重に対して影響するであろう要因を分析し、遺伝率の推定を行っている。性別と誕生月が体重に対して大きく影響していることが明らかにされた。さらに、月齢については体重に周期性が認められ、約80カ月齢でピークに達していることが報告された。体重の遺伝率は0.134~0.307と推定され、その反復率は0.254~0.408であった。遺伝率推定値は年齢によって大きくばらついており、一意には決定できないとしている。競走馬が良い成績を残すために、馬の体調は人為的に調整されていると考える。この状況は、競走馬の体重記録を馬自身の体重に関する生理的能力の指標とすることに若干の不安を感じる。分析ならびに分析結果の解釈においては慎重な検討が必要と思われる。

B-08 大型の走鳥類であるオーストリッチは低脂肪の美味しい肉を生産し、また皮も利用可能な新しい家畜として注目を集めている。その飼養羽数は年々増加傾向にある。本発表は道内の飼養状況の実態調査報告である。飼養羽数は、この5年の間に急速に増加し、1千羽ほどにまで急増している。現在の所、胆振、石狩、網走の地域で主に飼育されている。約8割が繁殖を目的に飼われているが、今後、食肉利用を目的とした飼育もこの地域を中心に行われるのではないかとされている。飼養者の9割近くが繁殖に当たって個体識別管理が必要であるという意識を持ち、血統登録制度などの整備を望む意見も多く、血統登録組織の必要性を指摘した。飼養者間で孵化成績や育成率に差が存在することから、繁殖飼育管理のマニュアルや病気の予防策など、種々の技術情報を提供していくことが今後必要になるだろう。

B-09 ウシ乳蛋白質を酵素免疫学的に定量する際の定量試薬の開発に関する報告である。正確に免疫学的定量を行うには単一の抗体を得る必要がある。本発表はマウス由来の抗ウシ乳蛋白質モノクローल抗体産生細胞より得た抗体の精製方法について検討した報告である。培養液中に添加されている子ウシ血清に含まれるウシ由来の抗体を取り除き、目的の抗体のみを分取するために、4種類のアフィニティクロマトグラフィー (Protein G, A と HiTrapNHS-activated) を組み合わせ、培養液上清から抗体の精製を行った結果、最初に Protein G カラムで粗精製し、次に抗ウシ抗体をカップリングさせた HiTrapNHS-activated カラム (a-BAB) に通すことで、マウス由来抗体とウシ由来抗体の分離に成功している。収量が少ないことなどの難点はあるが、実用的な試薬の開発の目処が示された点で意義のある発表であった。

B-10 ヤギは臓器移植の実験や繁殖生理の実験動物として利用されている。すでに、実験動物化された小型のシバヤギが存在するが、特定の形質について遺伝的に固定されたものではない。また、実験動物の遺伝的背景を明らかにしておくことは実験の目的によっては重要なことである。本研究は、小型の韓国在来ヤギを実験動物化するため、外見上の標識遺伝子として毛色が白と黒のものと MHC 領域の主要組織適合遺伝子複合体 (MHC) class II *DRβ* の対立遺伝子が一致するように選抜維持された2系統について遺伝的斉一性を調べたものである。調査した血液蛋白質の27座位の遺伝子頻度から、本ヤギ集団の *Ppoly* と *H* の値はシバヤギのとはほぼ同等であり、シバヤギと同程度の遺伝的斉一性を持つ集団となっていることを示した。本ヤギはこの特質を生かした実験用動物として今後利用されるに違いない。

生 理

北海道大学農学部 服 部 昭 仁

本セッションでは、エゾシカ、乳牛および北海道和種馬の生理に関する3つの講演が行われた。

B-11 最初の講演は、東京農大の研究グループによる「飼育下におけるエゾシカ雄の血液性状について」である。エゾシカを食肉資源として利用するためには、その飼育技術を確立することが前提になるが、基礎となるべき生理学的な知見は少なく、野生のシカからの情報に依存しているのが現状である。本研究は、飼育雄エゾシカを用いて血液の一般性状をはじめとする生理学的な検査項目について1年間にわたって測定し、各項目の季節変動等の通年変化とそれらの相互作用について考察しており、エゾシカの飼育技術の確立に必要な基礎的知見を提供している。血液の一般性状に関する測定結果から、脂質代謝には季節的な変動がある

ことが示唆される一方、筋肉量に比例されると考えられているクレアチニンの濃度は体重と一致した変動を示さなかった。他の各測定項目については、明確な季節変動は認められなかった。本研究は、エゾシカという対象動物の特殊条件からして、個体数も限定されるので、結果に対する判断も難しい。しかし、北海道におけるエゾシカは動物性タンパク質の供給源として期待されるものであり、さらなる基礎的知見の蓄積が待たれる。

B-12 新得畜試のグループは「乳牛に対する陰イオン塩製剤の給与が尿へのカルシウム排泄に及ぼす影響」を発表した。尿中のカルシウム濃度は、生体内のカルシウムの動態を把握する上で重要であるが、低カルシウム血症の予防に利用されている陰イオン塩製剤を給与したときの尿へのカルシウム排泄については報告が少ない。本研究では、乳牛に対する塩素イオンを含む陰イオン塩製剤の給与が尿へのミネラル排泄にどのような影響を及ぼすかについて検討している。陰イオン塩製剤の給与によって、尿中カルシウム濃度、カルシウム・クレアチン比およびカルシウム排泄分画値は給与前に比べて大きく増加し、血清カルシウム濃度は低下した。一方、マグネシウムについては尿中、血清中濃度とも大きな変動はなかった。これらの結果から、乳牛に対して塩素イオンを含む陰イオン塩製剤の給与は尿へのカルシウム排泄を増大し、かつ血液中のカルシウム濃度を低下させる可能性が指摘された。このことは、陰イオン塩製剤の給与の本来の目的である低カルシウム血症の予防との関連からして重要な問題提起であり、今後の研究の発展が期待される。

B-13 北大農学部グループは「北海道和種馬前肢管部結合組織の加齢に伴う変化」について報告した。当グループは、これまで多くの種類の家畜の様々な部位の結合組織について多面的に研究進めてきたが、北海道和種馬を対象としたのは本報告が初めてであろう。北海道和種馬は日本在来種であり、林間放牧を前提とした管理に関する研究も進められているが、加齢に伴う生体各組織器官の変化については、全く調べられていない。本研究では、北大農学部附属牧場で飼育した当歳、3歳、4歳、5歳および20歳の北海道和種馬を対象にウマの運動上力学的に大きな負荷を受ける前肢管部結合組織が加齢に伴いどのように変化するかについて組織学的・生化学的に検討している。実験結果として多くの知見が得られているが、対照となるべき測定値がないため実験結果についての十分な検討が行われていないのが現状であり、この分野における基礎的データの蓄積が待たれる。

本セッションでは、「生理」分野に属する全く内容の異なる3つの演題が報告された。その結果、各講演の内容が豊富で重要な課題に取り組んでいるにもかかわらず、全体を通して討論は活発化されず、共通の課題

を見いだすこともできなかった。これは主要には座長である小生がこの分野に精通していないことに起因するが、今後、本セクションのように内容の異なる演題が集中する分野においてはプログラムを組む際に一考を要すると感じた。

畜産物利用

帯広畜産大学 三 上 正 幸
北海道大学農学部 中 村 富美男

第 55 回大会の畜産物利用の分野の発表は 6 題あり、B-14～B-16 の 3 題は三上（帯畜大）が座長を担当し、B-17 から B-19 の 3 題は中村（北大農）が担当した。以下に、各演題について報告する。なお、B-17 と B-18 は、ミオシンの加熱ゲル形成に関する報告であり、順番を入れ換えた方が、講演内容の理解が得やすいと判断されたので、B-18 を先に発表してもらった。

B-14 本発表はモンゴル国の遊牧民の間で加工されている発酵乳製品について行ったものである。製品の数 20～30 とたくさんあるが、これは用いる原料乳により異なるということである。発表では乳を攪拌してウルムというものを作り、これをもとにしてピヤスラグという脂肪率 40% の製品を作ることを報告していた。また、有名な馬乳酒はアイラグと呼ばれている発酵乳では、アルコールは数パーセント含まれており、子供も飲用しているらしい。アルコールに弱い私には少し気になる製品である。発酵乳の製造に当たっては、各家ごとに保存している微生物スターターが関与しているということであるが、これらの微生物を同定したらそれほど多くの数ではないと考えられる。菌株の発育温度は高く、酵母の乳糖発酵も高いと報告している。これらの菌株をうまく組み合わせ、日本人の口に合った乳製品を開発出来れば良いと思う。乳酸菌には抗腫瘍性の性質を持つものがあると言われているので、機能性があり、美味しい発酵乳の生産・販売を期待する次第である。

B-15 本発表は市販のクリームの泡立ち性状について行ったものである。市販クリームには動物性、植物性およびこれらの混合タイプがあるが、今回は混合していない動物性と植物性のものについての発表であった。クリームは牛乳から製造されるので動物性が本来のものであるが、この動物性の脂肪を嫌う人には植物性のものが用意されていることが分かった。これらのクリームは洋菓子のケーキの土台やデコレーションの絞り出しに用いられるという。乳等省令によるとクリームの乳脂肪含量は 18% 以上となっているが、ホイップ用のものは 40～47% で、2 倍以上の濃度である。植物性では、植物油と牛乳がおおよそ 1:1 の混合であるから、牛乳タンパク質だけで乳化されているの

か、または乳化剤を添加して製品を作るのか少し気にかかった。泡立ての時間や安定性は 5℃ の低温の方が室温よりも良いということであった。色については植物性が、低温における泡立ちは動物性が良いと、それぞれの特徴が見られた。動物性脂肪は体に良くなく、植物脂肪崇拝がこの裏にあるが、混合タイプ（混合比率は色々あると思われるが）はこれらの中間であるのか、3 種類で行うとより興味のある結果が得られたと考えられた。また、栄養・生理学的の面から見ると、いずれが良いのか興味のあるところである。

B-16 本発表は生乳中のラクトフェリンについて行ったものである。ラクトフェリンは鉄イオンを持ち分子量約 8 万の糖タンパク質で、乳汁以外では唾液、涙液などの体液や好中球に存在する。その機能は抗菌作用、鉄吸収作用などは良く知られている。今回の発表はその濃度と変動要因についての報告である。すなわち、ラクトフェリン濃度は乳中の細胞数と正の相関が認められたことは、大変興味深い。また、泌乳期により変動するが、乳腺の炎症と関係のあることが分かったことは大きな成果と考えられる。乳房炎などの判断が安価で迅速に出来れば、応用価値は高い。このようなことが可能になる背景には、以前に比べてラクトフェリンのより良い測定方法が開発されたことによる。以前から初乳にはラクトフェリンが多いと言われていたが、末期には再び多くなることも分かった。しかしながら、全体の値は以前に比べて低いということであるが、これは最近の乳質が良くなったことによる。ラクトフェリンは利用価値が高いので乳から分画・精製されるが、乳質の改善によりその量が減少するのは複雑な感じである。

B-17 食肉製品の原料として最も多く利用されている豚肉について、骨格筋ミオシンの加熱ゲル形成能に及ぼすアクチンの影響を鶏肉（B-18）と比較検討した報告であった。部位別に調査したブタ骨格筋ミオシンでは、ロース、内モモ、横隔膜、ヒレの順に加熱ゲルの強度が高く、最適 pH（6.0 付近）や塩濃度も部位によりわずかに異なることが明らかにされた。一方質疑は、動物種や部位による変異が一次構造に殆ど無いことが知られているアクチンの添加実験の結果、トリおよびブタの部位別ミオシンに由来の異なるアクチンを添加した際の加熱ゲル強度の差、に集中した。加熱ゲル形成に関わるアクチンのアイソマー的挙動の有無、およびミオシンアイソマーとの組み合わせ等、今後のタンパク質化学的解明が待たれる発表であった。両講演とも、食肉の加工に直結した実験系による報告であったが、得られた結果および考察は、筋肉タンパク質の生化学的特性にも関わるものであった。

B-18 トリの骨格筋ミオシンについて、加熱ゲル形成に及ぼす 2 価金属イオンの影響を、0 長架橋剤である EDC を用いて、タンパク質化学的に検討した報

告であった。加熱前のミオシンは、尾部間では架橋されるが頭部間や尾部—頭部間では架橋されず、架橋の程度はモノマーよりもフィラメント形成時の方が大きく、塩化鉄や塩化亜鉛の添加によっては促進されるが塩化カルシウムによっては促進されなかった。加熱処理により頭部も架橋され、加熱ゲルは塩化カルシウムによっても強度が上昇した。上記の結果から、塩化カルシウムと鉄や亜鉛とは、異なる作用によってミオシン分子間の架橋やゲル形成に関与していることが示唆され、今後、各々の作用機序が解明されることが期待された。

B-19 エゾシカに関しては、解説記事が本学会報の41巻にも掲載されるなど注目されているが、本講演

は、食肉としての利用に関する初めての報告として関心が持たれた研究であった。エゾシカ肉の熟成、特に軟化過程を、筋原線維の小片化や筋原線維タンパク質の断片化を指標として追究し、他の畜肉との比較から、エゾシカにおいても筋原線維の構造的な脆弱化が肉の軟化をもたらし、熟成には7～10日間を必要とすることが明らかにされた。食肉の硬さ（軟らかさ）の指標である剪断力価が未計測であったのは残念であったが、食肉としての有効利用に当たっては必要不可欠な基礎研究であり、構成成分や形態面からのエゾシカ肉の特徴付けを含め、今後の継続的な発展が期待された発表であった。

会務報告

1. 1999 年度第 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. 1999 年度第 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, 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) 1998 年度庶務報告

(1) 第 1 回評議員会

1998 年 5 月 9 日, KKR 札幌において会長, 副会長, 評議員 20 名, 監事 2 名および幹事 3 名が出席して開催され, 1997 年度庶務報告, 1997 年度会計報告および 1997 年度会計監査報告が行われ, 承認された。次いで, 1998 年度事業計画案および 1998 年度予算案が提案され, 承認された。また, 北海道畜産学会賞は以下の通りに決定された。

受賞者: 北海道酪農畜産協会 橋立 賢二郎氏
業績: 北海道酪農の発展に貢献した一連の普及活動

(2) 第 2 回評議員会

1998 年 8 月 29 日, 帯広畜産大学において会長, 副会長, 評議員 14 名, 監事 2 名および幹事 1 名が出席して開催され, 1999-2000 年度の役員および 1999 年度大会などについて審議された。

(3) 1998 年度総会

1998 年 8 月 30 日, 帯広畜産大学において, 松岡栄氏 (帯畜大) を議長として開催され, 1997 年度庶務報告, 会計報告および会計監査報告, 1998 年度事業計画, 1998 年度予算案, 会長および副会長の選出, 評議員の選出および交替などについて審議された。

(4) 第 54 回北海道畜産学会大会

1998 年 8 月 29 日, 30 日, 帯広畜産大学において第 54 回北海道畜産学会大会が開催され, 北海道畜産学会賞受賞講演および一般講演 38 題の発表が行われた。

(5) 講演要旨および学会報の発行

①第 54 回北海道畜産学会大会講演要旨を 1998 年 8 月に発行した。

②北海道畜産学会報第 41 巻を 1999 年 5 月に発行した。

内容は, 総説 1 編, 解説 1 編, 受賞論文 1 編, 特集 1 編, 短報 12 編, 技術レポート 1 編, 会員からの声 1 編, 海外報告 2 編, シンポジウム報告 4 編, 書評 1 編などであった。

(6) 公開講演会

1998 年 12 月 5 日, 北海道大学において日本畜産学会と北海道畜産学会主催の公開講演会「北の大地と家畜と私たち—環境と調和した畜産を考える—」が開催された。

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) 1999 年度事業計画

(1) 第 55 回北海道畜産学会大会の開催

開催月日: 1999 年 8 月 26 日 (木), 27 日 (金)

開催場所: 酪農学園大学 (江別市)

大会内容: 一般講演, シンポジウム, 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: 1999 年 8 月発行

公開講演会冊子: 1999 年 11 月発行

北海道畜産学会報: 2000 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 1999 年 5 月 22 日

第 2 回評議員会 1999 年 8 月 26 日

(4) 編集委員会の開催 年 2 ~ 3 回

5) 1999 年度予算案 (別表 2)

裏 悦次 (滝川農試)→大原益博 (滝川畜試)

片山正孝 (道農政部)→新名正勝 (道農政部)

中村英雄 (酪 総 研)→清家 昇 (酪 総 研)

6) 評議員の交替について

清水良彦 (新得畜試)→田村千秋 (新得畜試)

工藤卓二 (中央農試)→森 清一 (中央農試)

米田裕紀 (根釧農試)→裏 悦次 (根釧農試)

訃 報

名誉会員の島倉亨次郎氏は、去る 1999 年 4 月 5 日に御逝去されました。茲にお知らせし、謹んで御冥福をお祈りします。

別表 1

1998年度北海道畜産学会会計報告
(自1998年 4 月 1 日 至1999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	1,620,000	1,958,000	△338,000	正会員 1,338,000 賛助会員 620,000		
広	告	100,000	90,000	10,000			
投	稿	170,000	92,500	77,500	超過分 (41巻分)		
交	付	43,000	43,000	0	日本畜産学会より		
雑	収	10,000	50,220	△ 40,220	利子, 会報, 学術著作権協会		
繰	越	2,034,192	2,034,192	0			
合	計	3,977,192	A) 4,267,912	△290,720			

支出の部							(円)
項	目	予 算 額	決 算 額	差 異	備	考	
印	刷	2,000,000	2,072,055	△ 72,055	40巻, 40巻発送料, 41巻		
大	会	150,000	150,000	0			
通	信	300,000	170,801	129,199	41巻発送料未払い		
会	議	130,000	104,225	25,775			
旅	費	200,000	137,340	62,660	帯広での大会打合せ		
謝	金	150,000	89,000	61,000	総説等原稿依頼費, 事務補助等		
事	務	20,000	21,168	△ 1,168			
振	替	20,000	17,430	2,570			
公	開	100,000	100,000	0			
予	備	907,192	0	907,192			
合	計	3,977,192	B) 2,862,019	1,115,173			

収支 (A - B) 4,267,912 - 2,862,019 = 1,405,893 (次年度繰越)
繰越金内訳 銀行 1,403,538 振替 0 現金 2,355

特 別 会 計

収入の部							(円)
項	目	予 算 額	決 算 額	差 異	備	考	
雑	収	15,000	12,060	2,940	貸付信託利息, 銀行利子		
繰	越	2,084,821	2,084,821	0			
合	計	2,099,821	a) 2,096,881	2,940			

支出の部							(円)
項	目	予 算 額	決 算 額	差 異	備	考	
学	会	50,000	50,000	0			
雑	費	10,000	0	10,000			
次	年	2,039,821	2,046,881	△ 7,060			
合	計	2,099,821	b) 2,096,881	2,940			

収支 (a - b) 2,096,881 - 2,096,881 = 0
繰越金内訳 信託 2,000,000 普通 46,881

一 般 会 計

収入の部

(円)

項	目	予 算 額	備 考
会	費	1,558,000	正会員 3,000×316＝948,000 賛助会員 610,000 (61口分)
広 告 料		100,000	
投 稿 料		100,000	別刷代等
交 付 金		43,000	(社)日本畜産学会
雑 収 入		50,000	利子, 会報, 学術著作権協会
繰 越 し 金		1,405,893	1998年度から
合	計	3,256,893	

支出の部

(円)

項	目	予 算 額	備 考
印 刷 費		1,300,000	会報42巻, 講演要旨集, 別刷代等
大 会 費		150,000	
通 信 費		400,000	会報41巻発送代未払い約 4 万円を含む
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		150,000	総説等原稿依頼費, 事務補助費
事 務 費		50,000	事務・計算機用品, コピー代等
振 替 手 数 料		20,000	
予 備 費		856,893	公開講演会冊子印刷代
合	計	3,256,893	

特 別 会 計

収入の部

(円)

項	目	予 算 額	備 考
雑 収 入		10,000	貸付信託利息, 銀行利子
繰 越 金		2,046,881	貸付信託 2,000,000
合	計	2,056,881	

支出の部

(円)

項	目	予 算 額	備 考
学 会 賞 副 賞		50,000	50,000×1
雑 費		6,881	学会賞選考委員会, 賞状等
次 年 度 繰 越 金		2,000,000	貸付信託 (2,000,000)
合	計	2,056,881	

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
副会長

左 久(帯畜大)
岡 本 全 弘(酪農大)

評議員

大久保 正 彦(北大農)
清 水 弘(北大農)
高 橋 芳 幸(北大獣)
三 好 俊 三(帯畜大)
松 岡 栄(帯畜大)
鮫 島 邦 彦(酪農大)
宮 川 栄 一(酪農大)
小 山 久 一(酪農大)
小 松 輝 幸(東京農大)
落 合 一 彦(北農試)
森 清 一(中央農試)
所 和 暢(天北農試)
新 名 正 勝(道農政部)
荒 井 正(家畜改良事業団)
澤 口 則 昭(ホクレン)

島 崎 敬 一(北大農)
田 中 桂 一(北大農)
福 井 豊(帯畜大)
三 上 正 幸(帯畜大)
岡 本 明 治(帯畜大)
安 藤 功 一(酪農大)
干 場 信 司(酪農大)
石 島 芳 郎(東京農大)
竹 下 潔(北農試)
田 村 千 秋(新得畜試)
裏 悦 次(根釧農試)
大 原 益 博(滝川畜試)
須 藤 純 一(北海道酪農畜産協会)
鹿 島 直 彦(雪印乳業)
清 家 昇(酪総研)

監 事
幹 事

小竹森 訓 央(北大農)
河 合 正 人(帯畜大) (庶務)
口 田 圭 吾(帯畜大) (編集)

橋 立 賢二郎(北海道酪農畜産協会)
島 田 謙一郎(帯畜大) (会計)

(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)
田 中 桂 一(北大農)
松 岡 栄(帯畜大)
三 上 正 幸(帯畜大)
岡 本 全 弘(酪農大)
干 場 信 司(酪農大)
森 清 一(中央農試)

島 崎 敬 一(北大農)
福 井 豊(帯畜大)
三 好 俊 三(帯畜大)
鮫 島 邦 彦(酪農大)
宮 川 栄 一(酪農大)
竹 下 潔(北農試)

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、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. 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。

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。

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 1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。役員の任期は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、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。

第11条 会費を納めない者および会員としての名誉を毀損するようなことのあった者は、評議員会の議を経て除名する。

第12条 本会の事業年度は、毎年4月に始まり、翌年3月31日に終わる。

第13条 本会則の変更は、総会の議決による。

付 則 本会則は1992年4月1日より施行する。

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こと、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、新しい知見が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. 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。

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。
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

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付ける。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るが、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, $^{\circ}$ C, Pa, rpm, Hz, %

9. 引用した文献のリストは、次の手順により作成する。

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

例

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

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

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

例

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

FOLLEY, S.J. and F.H. MALPRESS (1948) Hormonal control of mammary growth. in The Hormones vol.I. (PINCUS, G. and K.V. 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、A 4 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 2 cm 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、A 4 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 (2000 年 3 月現在)

氏 名	郵便番号	住 所
朝日田 康 司	060-0054	札幌市中央区南四条東 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 (2000 年 3 月現在)

氏 名	勤 務 先	郵便番号	住 所
阿 島 健太郎	酪農学園大学 酪農学科	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	北海道立滝川畜産試験場	073-0026	滝川市東滝川 735
天 野 朋 子	伊藤ハム(株)中央研究所	302-0104	北相馬郡守谷町久保ヶ丘 1-2
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	宗谷南部地区農業改良普及センター	098-5800	枝幸郡枝幸町栄町 705
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 田 哲 也	農林水産省北海道農業試験場畑作研究センター	082-0071	河西郡芽室町新生
池 滝 孝	帯広畜産大学付属農場	080-8555	帯広市稲田町西 2 線の 11
石 下 真 人	酪農学園大学食品科学科	069-8501	江別市文京台緑町 582
石 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	北海道立道南農業試験場	041-1201	亀田郡大野町本町 680
石 田 直 久	帯広畜産大学	080-8555	帯広市稲田町西 2 線の 11
泉 賢 一	酪農学園大学	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	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
板 垣 康 治	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
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	080-0024	帯広市西 14 条南 6 丁目
伊 藤 憲 治	北海道立新得畜産試験場	081-0038	上川郡新得町新得西 4 線 40
伊 藤 稔	農林水産省畜産試験場	305-0901	茨城県稲敷郡荃崎町池の台 2
井 上 初 音	帯広畜産大学	080-8555	帯広市稲田町西 2 線の 11
今 村 美 生	雪印乳業(株)札幌研究所 DS グループ	065-0043	札幌市東区苗穂町 6-1-1
岩 佐 憲 二	酪農学園大学	069-8501	江別市文京台緑町 582

氏 名	勤 務 先	郵便番号	住 所
岩 瀬 俊 雄		062-0032	札幌市豊平区西岡 2 条 9 丁目 5 - 5
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	北海道大学農学部畜産科学科	060-8589	札幌市北区北 9 条西 9 丁目
上 田 純 治	北海道大学農学部	060-8589	札幌市北区北 9 条西 9 丁目
植 竹 勝 治	麻布大学動物応用科学科	229-8501	相模原市淵野辺 1 - 17 - 71
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 線の 11
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 丁目
浦 島 匡	帯広畜産大学	080-8555	帯広市稲田町西 2 線の 11
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	060-0042	札幌市中央区大通り西 7 丁目 2 酒造会館内
及 川 寛		004-0812	札幌市清田区美しが丘 2 条 5 丁目 4 番 10 号
扇 勉	北海道立根釧農業試験場	086-1153	標津郡中標津町桜ヶ丘 1 - 1
大久保 正 彦	北海道大学農学部	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	北海道立新得畜産試験場	081-0038	上川郡新得町新得西 4 線 40
大 下 友 子	農林水産省北海道農業試験場畜産部	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	北海道立滝川畜産試験場	073-0026	滝川市東滝川 735
大 原 睦 生	北海道立滝川畜産試験場	073-0026	滝川市東滝川 735
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		006-0817	札幌市手稲区前田 7 条 18 丁目 2 - 15
岡 部 靖 子	農林水産省東北農業試験場	020-0198	盛岡市厨川字赤平 4
岡 本 明 治	帯広畜産大学	080-8555	帯広市稲田町西 2 線の 11
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 倉 紀 美	北海道立新得畜産試験場	081-0038	上川郡新得町新得西 4 線 40
小 栗 紀 彦		080-8555	帯広市稲田町西 2 線の 11
小 関 忠 雄	北海道庁農政部	060-8588	札幌市中央区北 3 条西 6 丁目
落 合 一 彦	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
尾 上 貞 雄	北海道立滝川畜産試験場研究部衛生科	073-0026	滝川市東滝川 735
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	北海道立新得畜産試験場生物工学科	081-0038	上川郡新得町新得西 4 線 40
竈 田 勝 基	鳥取大学農学部	680-8553	鳥取県鳥取市湖山町南 4 丁目 101
梶 野 清 二	北海道立滝川畜産試験場	073-0026	滝川市東滝川 735
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 線の 11
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	北海道庁農政部農業改良課	060-8588	札幌市中央区北 3 条西 6 丁目
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

氏 名	勤 務 先	郵便番号	住 所
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
釜 谷 重 孝	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
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 線の 11
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	北海道立新得畜産試験場	081-0038	上川郡新得町新得西 4 線 40
河 津 邦 雄	日本ホワイトファーム	099-3118	網走市豊郷 238-1
河 原 孝 吉	北海道乳牛検定協会	060-0003	札幌市中央区北 3 条西 7 丁目 酪農センター内
川 本 哲	北海道立新得畜産試験場	081-0038	上川郡新得町新得西 4 線 40
菊 一 三 四 二	有菊一アグリサービス	089-0100	上川郡清水町第 4 線 63-20
菊 田 治 典	酪農学園大学	069-8501	江別市文京台緑町 582
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	標津郡中標津桜ヶ丘 1-1
岸 昊 司	早来食肉検査事務所	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
北 守 勉	北海道立滝川畜産試験場	073-0026	滝川市東滝川 735
木 下 康 宣	ホクレン農業総合研究所	002-8009	札幌市北区太平 9 条 5 丁目 2-6
木 村 文 香	帯広畜産大学家畜栄養学	080-8555	帯広市稲田町西 2 線 11 番地
草 刈 直 仁	北海道立新得畜産試験場	081-0038	上川郡新得町新得西 4 線 40
草 刈 泰 弘	釧路西部地区農業改良普及センター	088-0331	白糠郡白糠町東 1 条北 4
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	北海道立中央農業試験場	069-1300	夕張郡長沼町東 6 線北 15
久保田 義 正	玉川大学農学部	194-0041	町田市玉川学園 6-1-1
熊 瀬 登	帯広畜産大学別科	080-8555	帯広市稲田町西 2 線の 11
熊 野 康 隆	北海道生乳検査協会	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
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	北海道立滝川畜産試験場	073-0026	滝川市東滝川 735
小 出 修			
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	北海道大学農学部	060-8589	札幌市北区北 9 条西 9 丁目
後 藤 裕 作	帯広畜産大学	080-8555	帯広市稲田町西 2 線の 11
五ノ井 幸 男			
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 林 道 臣	美幌町役場	092-0027	網走郡美幌町稲美 82-59
小 林 泰 男	三重大学生物資源学部	514-8507	三重県津市上浜町 1515
小 原 潤 子	北海道立新得畜産試験場	081-0038	上川郡新得町新得西 4 線 40
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
近 藤 敬 治	北海道大学農学部	060-8589	札幌市北区北 9 条西 9 丁目
近 藤 誠 司	北海道大学農学部	060-8589	札幌市北区北 9 条西 9 丁目
斉 藤 善 一		064-0805	札幌市中央区南 5 条西 15 丁目 2-32
斉 藤 利 朗	北海道立滝川畜産試験場	073-0026	滝川市東滝川 735
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

氏 名	勤 務 先	郵便番号	住 所
酒 井 稔 史	北海道立新得畜産試験場	081-0038	上川郡新得町新得西 4 線 40
寒河江 洋一郎	北海道立新得畜産試験場	081-0038	上川郡新得町新得西 4 線 40
坂 田 徹 雄	ホクレン帯広支所	080-8718	帯広市西 3 条南 7 丁目 14
坂 本 齊	北見地区農業共済組合	099-0879	北見市美園 497 番地 1
佐 川 修	浜中町農業協同組合	088-1350	厚岸郡浜中町茶内市街
佐々木 修	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
佐々木 道 雪	空知中央地区農業改良普及センター	068-0818	岩見沢市並木町 22
笹 野 貢	北海道生乳検査協会	060-0003	札幌市中央区北 3 条西 7 丁目 酪農センター内
佐 藤 勝 好	(株)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 線の 11
佐 藤 正 三	酪農コンサルタント	080-2472	帯広市西 22 条南 3 丁目 12-9
佐 藤 忠	日本甜菜製糖(株)総合研究所	080-0831	帯広市稲田町南 9 線西 13
佐 藤 文 俊		080-0853	帯広市南町東 3 条 2 丁目 4
佐 藤 幸 信	北海道立新得畜産試験場	081-0038	上川郡新得町新得西 4 線 40
佐 藤 義 和	北海道農業試験場 畜産部	062-8555	札幌市豊平区羊ヶ丘 1 番地
佐 藤 隆 司	(株)アース技研	080-0048	帯広市西 18 条北 1
佐 藤 博	酪農学園大学	069-8501	江別市文京台緑町 582
佐渡谷 裕 朗	日本甜菜製糖(株)総合研究所	080-0831	帯広市稲田町南 9 線西 13
佐 野 晴 彦	釧路中部地区農業改良普及センター	084-0915	釧路市大楽毛南 3 丁目 5-43
鮫 島 邦 彦	酪農学園大学食品科学科	069-8501	江別市文京台緑町 582
澤 井 健	北海道立新得畜産試験場	081-0038	上川郡新得町新得西 4 線 40
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	北海道大学農学部	060-8589	札幌市北区北 9 条西 9 丁目
島 田 謙一郎	帯広畜産大学畜肉保蔵学教室	080-8555	帯広市稲田町西 2 線の 11
清 水 弘	北海道大学農学部	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		087-0004	根室市光洋町 3-80-2
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	北海道大学農学部	060-8589	札幌市北区北 9 条西 9 丁目
進 藤 一 典	よつ葉乳業(株)東京工場	270-1502	千葉県印旛郡栄町矢口神明 1-6-1
杉 田 慎 二	酪農学園大学 酪農学科	069-8501	江別市文京台緑町 582
宿野部 猛	オホーツク農業科学研究センター	098-1604	紋別郡興部町春日町
杉 本 亘 之	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	北海道立新得畜産試験場	081-0038	上川郡新得町新得西 4 線 40
鈴 木 知 之	北海道大学農学部	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 線の 11
鈴 木 善 和	北海道立天北農業試験場	098-5736	枝幸郡浜頓別町緑ヶ丘
須 田 孝 雄	十勝農業協同組合連合会	080-8718	帯広市西 3 条南 7 丁目
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 線の 11
関 川 三 男	帯広畜産大学	080-8555	帯広市稲田町西 2 線の 11
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 名 和 浩	北海道立滝川畜産試験場	073-0026	滝川市東滝川 735
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	留萌支庁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

氏 名	勤 務 先	郵便番号	住 所
高 橋 邦 男		061-1374	恵庭市恵み野北3丁目2-1
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線の11
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南
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	北海道大学農学部	060-8589	札幌市北区北9条西9丁目
竹 花 一 成	酪農学園大学	069-8501	江別市文京台緑町582
辰 巳 隆 一	北海道大学農学部	060-8589	札幌市北区北9条西9丁目
田 中 桂 一	北海道大学農学部	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19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	北海道立滝川畜産試験場	073-0026	滝川市東滝川735
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	北海道大学農学部畜産科学科	060-8589	札幌市北区北9条西9丁目
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	北海道立中央農業試験場	069-1300	夕張郡長沼町東6線北15
タ ン セ ン	北海道大学農学部畜産科学科	060-8589	札幌市北区北9条西9丁目
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	北海道立新得畜産試験場	081-0038	上川郡新得町新得西4線40
筒 井 静 子	酪農学園大学	069-8501	江別市文京台緑町582
堤 光 昭	北海道立新得畜産試験場	081-0038	上川郡新得町新得西4線40
堤 義 雄		005-0022	札幌市南区真駒内柏丘5-10
出 岡 謙太郎	北海道立新得畜産試験場	081-0038	上川郡新得町新得西4線40
出 口 健三郎	北海道立新得畜産試験場	081-0038	上川郡新得町新得西4線40
寺 井 明喜子	酪農学園大学	069-8501	江別市文京台緑町582
寺 見 裕	北留萌地区農業改良普及センター	098-3302	天塩郡天塩町山手裏通り11 支庁合同庁舎
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	062-0933	札幌市豊平区平岸3条18丁目3-1-321
堂 腰 顕	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
堂 地 修	酪農学園大学	069-8501	江別市文京台緑町582
戸 苅 哲 郎	北海道立滝川畜産試験場	073-0026	滝川市東滝川735
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	㈱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		098-5736	枝幸郡浜頓別町緑ヶ丘南
土 門 幸 男	㈱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㈱総合研究所	080-0831	帯広市稲田町南9線西1
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
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二丁目

氏 名	勤 務 先	郵便番号	住 所
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	北海道大学農学部	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
永 山 洋	十勝中部地区農業改良普及センター	080-0803	帯広市東 3 条南 3 丁目 1 番地 支庁合同庁舎
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	北海道立花・野菜センター	073-0026	滝川市東滝川 735
新 山 雅 美	酪農学園大学	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 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 部 慎 三		004-0846	札幌市清田区清田 6 条 1 丁目 17-20
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	北海道大学農学部	060-8589	札幌市北区北 9 条西 9 丁目
西 村 嘉 仁	(株)アース技研	080-0048	帯広市西 18 条北 1
野 英 二	酪農学園大学付属農場	069-8501	江別市文京台緑町 582
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	北東北ノーサン商事	025-0006	花巻市下似内第 17 地割 99-1
萩 谷 功 一	帯広畜産大学	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業学部	099-2493	網走市字八坂 196
橋 立 賢二郎		069-0817	江別市野幌代々木町 62-30
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	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
服 部 昭 仁	北海道大学農学部	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 線の 11
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	北海道大学農学部畜産科学科	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 酪農学科	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 線の 11
左 久	帯広畜産大学	080-8555	帯広市稲田町西 2 線の 11
平 井 綱 雄	北海道立新得畜産試験場	081-0038	上川郡新得町新得西 4 線 40
平 尾 和 義	酪農学園大学	069-8501	江別市文京台緑町 582
平 山 秀 介		002-8005	札幌市北区太平 5-1-2-20
平 山 博 樹		061-1435	恵庭市中島町 5 丁目 9-8 ルート 36 マンション 407
フォンタングロン	帯広畜産大学	080-8555	帯広市稲田町西 2 線の 11
福 井 豊	帯広畜産大学	080-8555	帯広市稲田町西 2 線の 11
福 永 和 男		080-0856	帯広市南町南 7 線 26-5
福 永 重 治	北海道大学農学部	060-8589	札幌市北区北 9 条西 9 丁目
藤 川 朗	北海道立新得畜産試験場	081-0038	上川郡新得町新得西 4 線 40
藤 澤 泰 之	酪農学園大学	069-8501	江別市文京台緑町 582
藤 田 秀 保	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

氏 名	勤 務 先	郵便番号	住 所
藤 田 真美子	北海道庁農政部	060-0003	札幌市中央区北 3 条西 6 丁目
藤 芳 雅 人		247-0006	神奈川県横浜市栄区笠間町 375 戸塚寮第一 313
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	080-8713	帯広市西 3 南 7 -14
古 村 圭 子	帯広畜産大学	080-8555	帯広市稲田町西 2 線の 11
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
宝 寄 山 裕 直	北海道立滝川畜産試験場	073-0026	滝川市東滝川 735
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	北海道立滝川畜産試験場	073-0026	滝川市東滝川 735
本 堂 勲	微生物化学研究所		
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	北海道立新得畜産試験場	081-0038	上川郡新得町新得西 4 線 40
蒔 田 秀 夫	北海道立滝川畜産試験場	073-0026	滝川市東滝川 735
牧 野 司	帯広畜産大学	080-8555	帯広市稲田町西 2 線の 11
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
松 井 義 貴	北海道立新得畜産試験場	081-0038	上川郡新得町新得西 4 線 40
松 岡 栄	帯広畜産大学	080-8555	帯広市稲田町西 2 線の 11
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 線の 11
松 本 啓 一	雪印種苗(株)道東事業部業務課	084-0905	釧路市鳥取南 5 丁目 1 番 17 号
真 鍋 就 人	十勝農業協同組合連合会	080-8718	帯広市西 3 条南 7 丁目
三 浦 俊 一	十勝中部地区農業改良普及センター	080-0803	帯広市東 3 条南 3 丁目 1 番地 支庁合同庁舎
三 浦 祐 輔	ホクレンくみあい飼料	060-8651	札幌市中央区北 4 条西 1 丁目
三 上 正 幸	帯広畜産大学	080-8555	帯広市稲田町西 2 線の 11
水 島 志 歩	帯広畜産大学	080-8555	帯広市稲田町西 2 線の 11
光 本 孝 次	北海道家畜改良事業団	080-0316	河東郡音更町緑陽台北区 21 - 4
湊 啓 子	北海道立新得畜産試験場	081-0038	上川郡新得町新得西 4 線 40
湊 彪		064-0809	札幌市中央区南 9 条西 20 丁目 1 -21
南 橋 昭	北海道立新得畜産試験場	081-0038	上川郡新得町新得西 4 線 40
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	北海道立新得畜産試験場	081-0038	上川郡新得町新得西 4 線 40
三 好 俊 三	帯広畜産大学	080-8555	帯広市稲田町西 2 線の 11
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	北海道立新得畜産試験場	081-0038	上川郡新得町新得西 4 線 40
森 匡	北海道大学農学部	060-8589	札幌市北区北 9 条西 9 丁目
森 田 茂	酪農学園大学 酪農学科	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	北留萌地区農業改良普及センター	098-3302	天塩郡天塩町山手裏通り 11 支庁合同庁舎
諸 岡 敏 生		001-0030	札幌市北区北 30 条西 9 丁目 2 -2 シティプラザナイン 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
山 内 和 律	北海道立新得畜産試験場	081-0038	上川郡新得町新得西 4 線 40 番地
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 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	北海道立滝川畜産試験場	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	北海道立滝川畜産試験場	073-0026	滝川市東滝川 735

氏 名	勤 務 先	郵便番号	住 所
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 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 みわこ	帯広畜産大学	080-8555	帯広市稲田町西 2 線の 11
山 本 裕 介	北海道立新得畜産試験場	081-0038	上川郡新得町新得西 4 線 40
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	北海道立新得畜産試験場	081-0038	上川郡新得町新得西 4 - 40
八代田 真 人	北海道大学農学部畜牧体系学講座	060-8589	札幌市北区北 9 条西 9 丁目
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	北海道立新得畜産試験場	081-0038	上川郡新得町新得西 4 線 40
吉 田 忠	釧路東部地区農業改良普及センター	088-1350	厚岸郡浜中町茶内市街
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	北海道立滝川畜産試験場	073-0107	砂川市一の沢 321- 2
リペラダヤラル	クリーン化学工業㈱	061-1433	恵庭市北柏木町 3 - 172
鷺 巢 紋 子	帯広畜産大学	080-8555	帯広市稲田町西 2 線の 11
渡 邊 竜 也	東京農業大学生物産業学部	099-2422	網走市字八坂 196
渡 部 敢	北海道立滝川畜産試験場	073-0026	滝川市東滝川 735

賛 助 会 員

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	札幌市白石区栄通 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ェ	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 ガスシステム
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	
サツラク農業協同組合	065-8639	札幌市東区苗穂 3 丁目 3 - 7	
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 4 条西 1 丁目	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，糞尿処理機械 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畜産部	060-0005	札幌市中央区北 5 条西 6 丁目 1 - 23 農地開発センター内	
北海道富士平工業株式会社	001-0027	札幌市北区北 27 条西 9 丁目 5 - 22	獣医畜産機器販売，理 化学機械販売，牛乳分 析器販売，土壌分析器 販売
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酪農事務所	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	
森永乳業株式会社札幌支社	003-0030	札幌市白石区流通センター 1 - 11 - 17	

会 員 名	郵便番号	住 所	営 業 項 目
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，配合飼料製造販売
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	

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

本年度は、夏に猛暑、冬に極寒と、年較差の大きな年となった。本巻では、乳牛に対する暑熱の影響に関する解説記事を寄稿いただき、防暑対策の重要性をわかりやすく解説していただいた。

今回、初めて編集の仕事を担当したが、各方面からの御支援と御協力により、盛りだくさんの内容となった。投稿していただいた著者各位ならびに的確なコメントをいただいたレフェリー各位に感謝申し上げたい。今年度から原著論文を掲載することになっていたが、細かい部分で徹底されていない箇所もあった。本巻から原稿送り状を掲載しているので、次巻からの投稿時に利用していただきたい。

(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、(財)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

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 下

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 (50 部まで無料) : 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。

豊かな食生活をひとりひとりのもとへ。

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 セレビシエ)を配合し
ルーメンの機能を活発にします

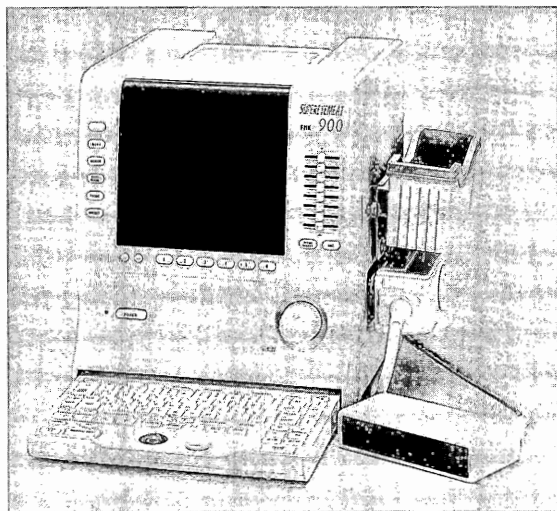


〒080-0831 帯広市稲田町南9線西13番地

日本甜菜製糖株式会社 飼料事業部

TEL 0155(48)4103 FAX0155(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；ロース芯面積の測定
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；ロース芯面積の測定
皮下脂肪厚の測定

FHK

北海道富士平工業株式会社

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。

- | | | |
|---|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> 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 | <ul style="list-style-type: none"> 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 SPDシステム | <ul style="list-style-type: none"> 在宅医療・福祉 通信販売 貿易 |
|---|---|---|

総合医療機器商社



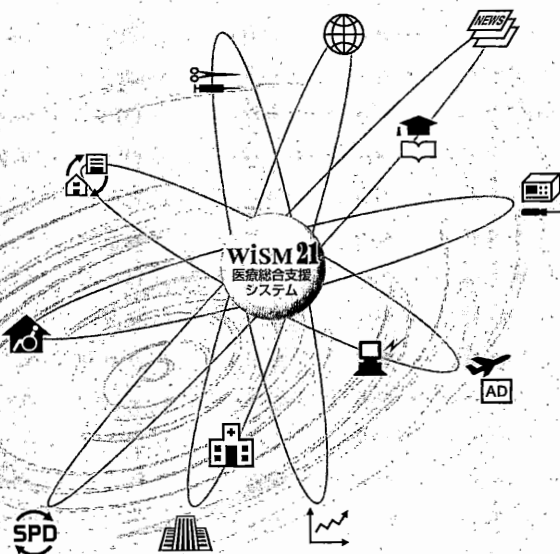
取扱品目 医療機器・理化学機器・ME機器・病院設備
放射線機器・メディカルコンピューター・貿易業務・歯科機器
福祉機器・介護用品

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・北見・遠軽・八雲・室蘭・苫小牧・白高・小樽・千歳・岩見沢・空知・名士・稚内・東京西
本郷・城南・城北・城西・仙台・秋田・日立・栃木・群馬・水戸・茨城・埼玉・埼玉東・所沢・千葉・千葉西・柏・鎌倉・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-mutoh.co.jp/>

くみあい配合飼料

供給実績が示す信頼性!

ニューリード・TDN74%シリーズ

全道の粗飼料
分析データに
基づいて
作りました

ルーメン発酵の
安定性を
考慮しています

コーン・グラス
どちらのサイレージにも
基本配合飼料として
活用できます

硫酸亜鉛
メチオニンを
添加

ビタミン
ミネラルを
強化

さらにパワーアップした!

パワーリード・TDN76%シリーズ

TDN76%に
カロリーアップ
しました

バイパス蛋白を
高めて高泌乳牛群に
対応しています

活性酵母
およびその
培養物添加により
ルーメン発酵の
安定化

保証成分値

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	18.0	2.0	10.0	10.0	0.5	0.40	16.0	74.0
ニューリード20	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

北海道畜産学会報 第42巻

2000年3月24日 印刷

2000年3月31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

