



ISSN : 0077-488X
CODEN : CSKKAQ

**Bulletin of
National Institute of Animal Industry**

No.58
December 1997

畜産試験場研究報告

第58号

平成9年12月

農林水産省
畜産試験場
茨城県茨崎町

National Institute of Animal Industry
(Ministry of Agriculture, Forestry & Fisheries)
Ibaraki, Japan

場	長	山	下	良	弘
企	畫	調	整	部	長
三	上	仁	志		
育	種	部	長	大	石
大	石	孝	雄		
繁	殖	部	長	假	屋
假	屋	堯	由		
生	理	部	長	小	原
小	原	嘉	昭		
榮	養	部	長	阿	部
阿	部		亮		
加	工	部	長	中	井
中	井	博	康		
飼	養	環	境	部	長
竹	下		潔		

Yoshihiro **YAMASHITA**
Director-General, National Institute of Animal Industry

Hitoshi **MIKAMI**
Director, Department of Research Planning and Coordination

Takao **OISHI**
Director, Department of Animal Breeding and Genetics

Takayoshi **KARIYA**
Director, Department of Animal Reproduction

Yoshiaki **OBARA**
Director, Department of Animal Physiology

Akira **ABE**
Director, Department of Animal Nutrition

Hiroyasu **NAKAI**
Director, Department of Animal Products

Kiyoshi **TAKESHITA**
Director, Department of Feeding and the Environment

畜産試験場研究報告

第58号（平成9年12月）

目次

[繁殖]

ウシ黄体期GnRH投与後の黄体形成ホルモン並びに卵胞刺激ホルモンの尿中濃度の
変化……………野口純子・高橋 透・橋爪一善 ……1

[栄養]

全粒トウモロコシおよび全粒大麦の蒸煮圧片処理が乳牛における飼料価値に及ぼす影響
……………石田 武・栗原光規・荒田直樹・西田武弘・Agung PURNOMOADI
青木 稔・田中義春・河野良輝・阿部 亮 ……9

全粒および蒸煮圧片処理したトウモロコシまたは大麦の給与が乳牛の第一胃内容液の
化学性状および微生物相に及ぼす影響
……………荒田直樹・栗原光規・石田 武・西田武弘・Agung PURNOMOADI
青木 稔・田中義春・河野良輝・阿部 亮 ……19

経産牛と未経産牛の分娩前後におけるNaとKの栄養状態に及ぼす制限給与と
暑熱ストレスの影響（英文）……………Toto TOHARMAT・久米新一 ……31

産卵前期における粗タンパク質、アミノ酸および油脂含量が卵重増加に及ぼす影響
……………山崎 信・安藤幹男・山崎昌良・村上 齊・武政正明 ……39

サフォーク種雌めん羊の育成におけるエネルギー要求量の推定
……………宮重俊一・阿部啓之・栗原光規・西田武弘・小林 剛・尾台昌治 ……47

**BULLETIN OF
NATIONAL INSTITUTE OF ANIMAL INDUSTRY
No.58(1997.12)
CONTENTS**

[Animal Reproduction]

- Junko NOGUCHI, Toru TAKAHASHI and Kazuyoshi HASHIZUME : Comparison of Profiles of Urinary and Serum Levels of Gonadotropins after Administration of GnRH in Cows during the Mid-luteal Phase1

[Animal Nutrition]

- Takeshi ISHIDA, Mitsunori KURIHARA, Naoki ARATA, Takehiro NISHIDA, Agung PURNOMOADI, Minoru AOKI, Yoshiharu TANAKA, Yoshiteru KOHNO and Akira ABE : Comparative Feeding Values of Whole-Shelled or Whole Steam-Rolled Corn and Whole-Shelled or Whole Steam-Rolled Barley for Dairy Cattle9
- Naoki ARATA, Mitsunori KURIHARA, Takeshi ISHIDA, Takehiro NISHIDA, Agung PURNOMOADI, Minoru AOKI, Yoshiharu TANAKA, Yoshiteru KOHNO and Akira ABE : Effects of Whole-Shelled or Whole Steam-Rolled Corn and Whole-Shelled or Whole Steam-Rolled Barley on Rumen Fermentation and Rumen Degradation Properties of Feed for Dairy Cattle19
- Toto TOHARMAT and Shin-ichi KUME : Effects of Restricted Feed Intake and Heat Stress on Na and K Status of Periparturient Cows and Heifers31
- Makoto YAMAZAKI, Mikio ANDO, Masayoshi YAMAZAKI, Hitoshi MURAKAMI and Masaaki TAKEMASA : Effect of Dietary Crude Protein, Amino Acids and Fat Contents on Egg Weight Increase in Early Laying Hens39
- Toshikazu MIYASHIGE, Hiroyuki ABE, Mitsunori KURIHARA, Takehiro NISHIDA, Takeru KOBAYASHI and Masaharu ODAI : Net Energy Requirements for Growing Suffolk Ewe Lambs47

全粒トウモロコシおよび全粒大麦の蒸煮圧片処理が 乳牛における飼料価値に及ぼす影響

石田 武*・栗原光規・荒田直樹*・西田武弘**
Agung PURNOMOADI***・青木 稔****
田中義春*****・河野良輝*****・阿部 亮
(畜産試験場栄養部)

要約

ホルスタイン種乾乳牛4頭を用いて、全粒トウモロコシおよび全粒大麦の蒸煮圧片(以下、圧片)処理がその飼料価値に及ぼす影響を検討した。試験は、イタリアンライグラス2番乾草ウェハーのみを給与する区、乾物重量で60%のイタリアンライグラス2番乾草ウェハーに、乾物重量で40%の全粒トウモロコシ、圧片トウモロコシ、全粒大麦または皮付圧片大麦を加えた区を設け、各区2週間ずつ維持量を給与し、消化率、栄養価、窒素出納およびエネルギー出納を測定した。その結果、以下のような知見を得た。1) トウモロコシと大麦における全粒と圧片処理の比較では、有機物、可溶無窒素物、非繊維性炭水化物およびデンプンの消化率は圧片処理により有意に高まった。2) トウモロコシおよび大麦の乾物消化率は、全粒ではそれぞれ69および49%であり、圧片ではそれぞれ83および83%であった。また、デンプンの消化率は、全粒ではそれぞれ73および48%であり、圧片ではともに100%の値を示した。3) トウモロコシおよび大麦を圧片処理して給与することにより、窒素蓄積量は増加する傾向を示した。4) トウモロコシおよび大麦を圧片処理して給与することにより、エネルギーの尿およびメ

タンとしての損失量、ならびに熱発生量は増加傾向を示したが、糞中への損失量が大きく減少し、エネルギー蓄積量は増加した。5) エネルギーの消化率および代謝率は、全粒のトウモロコシおよび大麦を圧片処理することにより著しく高まり、また、その程度は大麦の方が大きかった。6) トウモロコシのTDN、可消化エネルギー(DE)、代謝エネルギー(ME)および維持における正味エネルギー(NEm)の含量は、全粒ではそれぞれ71%、13.3 MJ/kgDM、10.5MJ/kgDM および6.0MJ/kgDMであり、圧片ではそれぞれ85%、15.3MJ/kgDM、14.0MJ/kgDM および9.0MJ/kgDMであった。また、大麦の全粒では、それぞれ47%、8.6 MJ/kgDM、6.8MJ/kgDM および3.5MJ/kgDMであり、圧片ではそれぞれ83%、15.2MJ/kgDM、12.6MJ/kgDM および7.1MJ/kgDMであった。

以上の結果から、全粒のトウモロコシおよび大麦は圧片処理することによりその消化率が高まり、窒素およびエネルギーの利用性が向上することが示された。

緒言

トウモロコシおよび大麦は、乳・肉用牛の濃厚飼料の主要な配合原料として使用されている。また、国内では畜産振興のために両穀粒に対して免税措置がとられてきたが、食用への横流れ防止策として加熱圧片加工および圧片加工が義務づけられてきた。一方、近年の厳しい畜産経営環境下において、今後とも国内の畜産業を維持・発展させるためには、畜産物生産費のうち大きな部分を占める流通飼料費低減を図り、畜産物の生産費を低減することが重要な課題となっている。これに対応して、農林水産省畜産局では両穀粒に対する関

1996年9月13日受付

- * 全国酪農業協同組合連合会酪農技術研究所
- ** 現 草地試験場
- *** 東京農業大学、現 生物系特定産業研究推進機構
- **** 神奈川県畜産研究所
- ***** 北海道根釧農業試験場
- ***** 愛媛県畜産試験場

税制度を拡充し、全粒トウモロコシおよび全粒大麦が単体飼料として畜産農家へ供給できる措置をそれぞれ1995年4月および11月から講じた。

全粒トウモロコシおよび全粒大麦を飼料原料として、畜産農家が有効に利用するためには、その飼料価値が正確に把握されている必要がある。現在までに、トウモロコシおよび大麦の圧片、ひき割、粉碎など加工形態がその飼料価値に及ぼす影響に関する研究は数多く^{1)~3)}実施されてきたが、乳牛を用いた全粒トウモロコシおよび全粒大麦の飼料価値を蒸煮圧片処理⁴⁾(以下、圧片処理)したものと総合的に比較した報告は少ない。

そこで本研究では、乾乳牛に全粒あるいは圧片処理したトウモロコシまたは大麦を給与して、圧片処理が化学成分の消化率および栄養価ならびに窒素出納およびエネルギー出納に及ぼす影響を検討した。

材料および方法

試験には、第一胃フィステルを装着した非妊娠ホルスタイン種乾乳牛4頭を供試した。給与飼料としては、畜産試験場で生産、調製した2番刈りイタリアンライグラス乾草ウエハー⁵⁾(以下、IRG)、全粒および蒸煮圧片トウモロコシ⁶⁾(米国産イエローデント種、以下、圧片トウモロコシ、厚さ2.8~3.0mm)、全粒および皮付蒸煮圧片大麦(米国産、以下、圧片大麦、厚さ1.3~1.5mm)を用い、以下の順序で給与した。1期ではIRGを100%、2、3、4および5期ではIRGと全粒トウモロコシ、圧片トウモロコシ、全粒大麦または圧片大麦をそれぞれ乾物で6:4の比率で給与し、それぞれをIRG区、全粒トウモロコシ(WC)区、圧片トウモロコシ(RC)区、全粒大麦(WB)区、圧片大麦(RB)区とした。各区における供試牛への給与量は、TDNで日本飼養標準⁷⁾・乳牛⁸⁾のほぼ維持要求量とした。飼料は、10時と16時に半量ずつ給与し、水および固形塩は全期間を通じて自由に摂取できるようにした。

試験は、供試牛4頭を2頭ずつに分けて、別々の時期に実施した。試験期間は、飼養環境への馴致期間14日間の後に各期14日間とし、全頭について各期の後半の4日間に飼料摂取量、糞および尿の秤量ならびに分析試料採取を行い、また、2頭についてはその内の2~3日間に開放型呼吸試

験装置⁹⁾を用いた呼吸試験を併せて実施した。飼料および糞の一般成分ならびに尿中の窒素含量については常法¹⁰⁾により、また、酸性デタージェント繊維(ADF)および中性デタージェント繊維(NDF)についてはデタージェント分析法¹¹⁾により、さらに、デンプンについてはグルコースオキシダーゼ比色法¹²⁾により測定した。試料の熱量は、飼料および糞については常法により乾燥した試料を、また、尿については伊藤と田野の方法¹³⁾に準じて凍結乾燥した試料を、燃研式熱量計(島津CA-3型)により測定した。また、糞中への穀粒の排泄量については、新鮮糞から湿式ふるいを用いて測定した。

統計解析は、SAS[®]のGLMプロシジャーにより試験実施時期と給与飼料を要因として分散分析を行った。その後、有意差の認められた測定項目については、Tukeyの方法により給与飼料間の有意差検定を行った。

結果および考察

1. 供試飼料の化学組成

供試飼料の化学組成を表1に示した。全粒トウモロコシと圧片トウモロコシおよび全粒大麦と圧片大麦は、同一ロットのトウモロコシおよび大麦から調製したものではなかったことから、全粒と圧片との間に若干の差を認めたが、本実験の結果に影響するような大きな差とは考えられない。デンプン含量は、全粒および圧片トウモロコシではそれぞれ58.7%および61.1%であり、全粒および圧片の大麦では50%前後であった。本実験に用いた圧片トウモロコシのデンプン含量は、阿部らが北海道地方で栽培されているフリント種のトウモロコシで報告¹⁴⁾した乾物当たり64.3%とほぼ同じであった。一方、イタリアンライグラス2番乾草ウエハーにはデンプンは含まれていなかった。

2. 飼料の消化率および可消化養分総量(TDN)

各給与区における化学成分の消化率およびTDN含量を表2に示した。WB区の消化率は、IRG区よりデンプン以外のほとんどの化学成分で低く、TDN含量も低かった。しかし、WC区の消化率は、IRG区と比べて粗蛋白質および粗脂肪以外の化学成分では高い傾向を示した。これらのことから、全粒大麦の飼料価値は全粒トウモロコシのみならず粗飼料のIRGよりも低いものと考えら

Table 1. Chemical composition of feeds and whole ration

Feed and group	DM ¹⁾ %	OM	CP	EE	NFE	CF	ADF	NDF	NFC	Starch	GE MJ/KgDM
	%DM										
Italian ryegrass hay (IRG)	88.8	88.4	12.3	2.7	40.7	32.7	38.0	61.4	12.0	0.0	18.18
Whole-shelled corn (WC)	88.4	98.6	9.4	4.0	83.4	1.8	2.8	14.1	71.1	58.7	18.79
Whole steam-rolled corn (RC)	88.5	98.8	9.3	3.2	84.6	1.7	2.7	9.8	76.5	62.6	19.00
Whole-shelled barley (WB)	89.0	96.9	13.4	2.0	76.7	4.8	5.9	20.9	60.6	51.2	18.46
Whole steam-rolled barley (RB)	89.6	97.0	13.5	2.3	76.6	4.6	7.6	22.6	58.6	49.6	18.66
WC group ²⁾	88.6	92.5	11.1	3.2	57.8	20.4	23.9	42.5	35.6	23.5	18.43
RC group	88.6	92.6	11.1	2.9	58.3	20.3	23.9	40.8	37.8	25.0	18.51
WB group	88.9	91.8	12.7	2.4	55.2	21.5	25.1	45.2	31.4	20.5	18.29
RB group	89.1	91.8	12.8	2.5	55.0	21.5	25.8	45.9	30.6	19.8	18.37

¹⁾ Each abbreviation denotes as follows : DM, dry matter ; OM, organic matter ; CP, crude protein ; EE, ether extract ; NFE, nitrogen free extract ; CF, crude fiber ; ADF, acid detergent fiber ; NDF, neutral detergent fiber ; NFC, non-structural carbohydrate (NFC=OM-(CP+EE+NDF)) ; GE, gross energy.

²⁾ The ratio of IRG to every grain was 6 : 4 in every group.

Table 2. Digestibilities and TDN content of whole ration (on basis of dry matter)¹⁾

	IRG group	WC group	RC group	WB group	RB group	SEM ²⁾
DM	58.6 ^a	62.7 ^{ab}	68.2 ^a	54.8 ^c	68.2 ^a	1.4
OM	62.1 ^{bc}	65.0 ^{ab}	71.1 ^d	56.1 ^c	70.8 ^a	1.4
CP	58.5	52.8	55.9	50.6	57.3	2.8
EE	68.8	64.2	73.4 [†]	59.8 ^b	75.28 [†]	3.1
CF	64.0	64.7	60.0	66.0	64.3	1.8
NFE	61.3 ^c	67.5 ^b	77.7 ^d	53.3 ^d	76.3 ^a	1.4
NDF	60.9	62.3	55.6	59.9	58.7	1.9
ADF	56.1	58.3	50.8	56.7	52.7	2.5
NFC	72.4 ^b	73.0 ^b	92.2 ^a	52.5 ^c	94.8 ^a	3.9
Starch	0.0 ^d	72.9 ^b	100.0 ^a	47.9 ^c	100.0 ^a	3.5
TDN	57.2 ^{bc}	62.7 ^{ab}	68.4 ^d	53.2 ^c	67.4 ^d	1.4

¹⁾ Each abbreviation : same as in Table 1.

²⁾ SEM : standard error of means

[†] : Means in same row having different superscripts are significantly different (p<0.05).

れる。加工処理間の比較では、WC区と比べてRC区の方が、また、WB区と比べてRB区の方が可溶無窒素物、非繊維性炭水化物（以下、NFC）およびデンプンの消化率は有意に高く、TDN含量も高かったことから、圧片処理により全粒穀類の飼料価値は高まること示された。また、その程度はRC区と比べてRB区の方が大きかった。

そこで、IRG区の消化率およびTDN含量を用いて、間接法により全粒および圧片のトウモロコシおよび大麦の消化率とTDN含量を算出して、表3に示した。乾物、有機物、NFCおよびデンプンの消化率は、全粒と比べて圧片処理すること

により消化率単位としてトウモロコシでは14～27%高まり、大麦では34～52%高まった。また、圧片トウモロコシまたは圧片大麦を乾物で40%給与した成牛の糞中にはデンプンは排泄されず、デンプン消化率は100%であった。これらの結果として、圧片処理した穀類のTDN含量は、全粒と比べてTDN単位としてトウモロコシでは14%、大麦では36%高まった。したがって、圧片処理は全粒穀類の消化率と栄養価を大きく改善するものと判断された。また、本試験と同時に飼料の消化管通過速度を測定した結果³⁾では、圧片処理により反芻胃内滞留時間は短くなったが、下部消

Table 3. Digestibilities and TDN content of each grain estimated by the difference method

Item ¹⁾	n=4				SEM
	WC	RC	WB	RB	
DM	68.9 ^a	82.6 ^a	49.0 ^b	83.0 ^a	3.5
OM	68.8 ^a	83.1 ^b	47.6 ^c	82.9 ^b	2.6
CP	41.5	50.4	39.4	55.7	7.4
NFE	72.0 ^a	89.7 ^b	46.7 ^c	88.4 ^b	2.4
NFC	73.1 ^a	96.8 ^b	46.5 ^c	101.1 ^b	3.6
Starch	72.9 ^a	100.0 ^b	47.9 ^c	100.0 ^b	3.9
TDN	70.9 ^a	85.3 ^b	47.1 ^c	82.8 ^{ab}	3.1

¹⁾ Each abbreviation : same as in Table 1.

SEM, a, b, c : same as in Table 2.

化管滞留時間は変化しなかった。さらに、飼料片の反芻胃通過は、その粒度および密度ならびに牛の第二胃・第三胃口の大きさに影響され、牛では通過に対する限界粒度が3.2mmであるとの報告¹⁾もある。これらのことから、圧片処理による消化率の向上は、第一胃内において飼料が微生物発酵を受ける時間の増加によるのではなく、第一胃内での子実の粒度低下が速くなったことに関係するものと推察された。

乳牛を用いてトウモロコシの粉碎粒度とその消化率との関係を検討した阿部らの試験⁴⁾では、全粒トウモロコシの有機物、粗蛋白質およびデンプンの消化率はそれぞれ46.9、22.4および51.4%であり、本試験で用いた全粒トウモロコシの消化率はこれらの値と比べて消化率単位として20%前後高い値を示した。しかし、本試験の圧片トウモロコシの消化率は阿部らが乳牛を用いて得た粉碎トウモロコシの消化率とほぼ同じであった。したがって、全粒トウモロコシの消化率が両試験で大きく異なった要因としては、トウモロコシの品種が阿部らの試験ではフリント種であり本試験ではイエローデント種であったことから、トウモロコシ子実の殻質部の性状に差があったものと推察される。本実験で用いたトウモロコシの輸入先である米国のNRC飼養標準¹²⁾では、イエローデント種の圧片トウモロコシのTDN含量は88%である。この値は、本実験で求めた圧片トウモロコシのTDN含量85%とよく一致した。

全粒大麦の消化率およびTDN含量は非常に低く、全粒トウモロコシと比べて消化率単位として乾物で20%、TDN単位として24%低い値となっ

た。また、本試験における全粒トウモロコシおよび全粒大麦の乾物消化率は、食道フィステルから採取した咀嚼物の第一胃内におけるそれぞれの乾物消失率69%¹³⁾および53%¹⁴⁾と比較的よく一致した。一方、本試験において、糞中に排泄された全粒およびその破砕物の摂取量に対する割合は、全粒トウモロコシでは19%、全粒大麦では33%であった。また、湿式ふるい上に残った穀粒の肉眼的観察で見かけ上全粒を保っている場合においても、全粒トウモロコシでは、外皮のみの割合が多く、全粒大麦では、外皮により胚芽が確実に保護されている割合が多かった。これらのことから、全粒大麦は、全粒トウモロコシと比べて子実が小さいために咀嚼、反芻などの物理的破砕を受けずに下部消化管に移行する割合が多くなり、下部消化管での化学的消化を受けにくく、結果として消化率が低くなったものと推察される。

大麦の加工処理法の相違が肉牛肥育用飼料としての飼料価値に及ぼす影響を和牛を用いて検討した橋爪ら¹⁵⁾の報告では、皮付き圧片大麦の消化率は有機物、粗蛋白質およびNFEでそれぞれ85.7、67.1および89.5%であり、有機物とNFEは本試験の圧片大麦の結果とほぼ一致した。また、本実験で用いた大麦の輸入先である米国のNRC標準¹²⁾では、大麦のTDN含量は84%である。この値は、本実験で求めた圧片大麦のTDN含量83%とよく一致した。

3. 窒素出納

各給与区における窒素出納試験の結果を表4に示した。窒素摂取量は、IRG区と比べてWB区およびRB区の方が少なく、さらにWC区およびRC区の方が少なかったが、WB区とRB区との間およびWC区とRC区との間には差がなかった。窒素蓄積量およびその摂取量に対する割合は、トウモロコシおよび大麦とも全粒区と比べて圧片区の方が高く、窒素の利用性は圧片処理により高まること示された。一方、糞中窒素排泄量およびその摂取量に対する割合は、トウモロコシおよび大麦とも全粒区と比べて圧片区の方が減少しており、子実中の窒素消化率が高まっていた。また、尿中排泄量およびその摂取量に対する割合には一定の傾向を認められなかった。したがって、トウモロコシおよび大麦の圧片処理による窒素利用性の改善は、おもに窒素消化率の向上によると考え

Table 4. Results of nitrogen (N) balance measurements (g/kg^{0.75}·day)

n=4

Item	IRG group ¹⁾	WC group	RC group	WB group	RB group	SEM
N intake	1.217 ^a	0.879 ^c	0.853 ^c	1.025 ^b	1.038 ^b	0.013
N loss						
Feces	0.505 ^a (41.5) ²⁾	0.415 ^{ab} (47.2)	0.377 ^b (44.1)	0.506 ^a (49.4)	0.439 ^{ab} (42.7)	0.026(2.8)
Urine	0.552 ^b (45.4)	0.401 ^b (45.5)	0.387 ^b (45.1)	0.392 ^b (38.3)	0.445 ^{ab} (42.6)	0.031(3.2)
N retention	0.160 (13.1)	0.064 (7.3)	0.090 (10.8)	0.127 (12.3)	0.155 (14.7)	0.034(3.5)

¹⁾ Each abbreviation : same as in Table 1.²⁾ Each value in parentheses was percentage of N loss or N retention to N intake. SEM, a, b, c : same as in Table 2.Table 5. Energy balance of each diet (kJ/kg^{0.75}/day)

n=2

Item	IRG group ¹⁾	WC group	RC group	WB group	RB group	SEM
GE intake	1116 ^a	898 ^b	857 ^b	906 ^b	893 ^b	12
DE intake	668 ^a	565	613	505 ^b	624	21
ME intake	574 ^a	477	519	412 ^b	516	22
Energy loss (% GE)						
Feces	40.2 ^a	37.1	28.6 ^b	44.2 ^a	30.2 ^b	1.5
Urine	2.5	2.3 ^b	2.4	3.0	3.5 ^a	0.2
Methane	5.9	7.5	8.5	7.3	8.5	0.4
Heat production	41.1 ^b	46.7	49.9 ^a	43.9	49.3 ^a	1.1
Energy retention	10.3	6.4	10.6	1.5	8.5	2.6
DE/GE (%)	59.8 ^b	62.9	71.4 ^a	55.8 ^b	69.8 ^a	1.5
ME/GE (%)	51.3	53.1	60.5 ^a	45.5 ^b	57.8 ^a	1.7

¹⁾ Each abbreviation : same as in Table 1.

GE, gross energy; DE, digestible energy; ME, metabolizable energy

SEM : same as in Table 2.

られた。しかし、窒素利用性の向上はトウモロコシと大麦で同様ではなく、圧片処理により低下した糞中窒素排泄量がトウモロコシでは窒素蓄積量の増加となったが、大麦では窒素蓄積量と尿中窒素排泄量の増加となった。

4. エネルギー出納

各給与区におけるエネルギー出納試験の結果を表5に示した。メタボリックボディサイズ(体重の0.75乗)当たりの総エネルギー(GE)摂取量は、IRG区と比べてWC区、RC区、WB区およびRB区の方が有意に少なかったが、WC区とRC区との間およびWB区とRB区との間には差は認められなかった。可消化エネルギー(DE)および代謝エネルギー(ME)の摂取量ならびにエネルギー蓄積量はWC区およびWB区と比べてそれぞれRC区およびRB区の方が多かった。一方、WC区およびWB区と比べてそれぞれRC区およびRB区の方が、GE摂取量に対する糞中へのエネルギー

ー損失量の割合は低下し、尿およびメタンとしてのエネルギー損失割合は増加した。このことから、RC区およびRB区においてDEおよびME摂取量が増加した主な要因は糞中へのエネルギー損失量の減少と言える。また、GE摂取量に対する熱発生量(HP)の割合は、WC区およびWB区と比べてそれぞれRC区およびRB区の方が多かった。しかし、ME摂取量に対するHPの割合は、WC区、RC区、WB区およびRB区においてそれぞれ88、82、97および85%であり、WC区およびWB区と比べてそれぞれRC区およびRB区の方が少なかった。これらのことから、RC区およびRB区の方がエネルギー蓄積量が増加したのは、ME摂取量の増加とME摂取量に対するHPの割合が低下したことによるものと考えられる。

5. 飼料のエネルギー価

各給与区の成績を基に間接法により算出したトウモロコシおよび大麦の乾物1kg当たりのDE、

Table 6. Gross energy (GE), digestible energy (DE), metabolizable energy (ME) and net energy for maintenance (NEm) contents (MJ/kgDM) of each grain estimated by the difference method

Item	WC ¹⁾	RC	WB	RB
GE ²⁾	18.79	19.00	18.46	18.66
DE ³⁾	13.29	15.31	8.62	15.15
ME ⁴⁾	10.46	14.00	6.77	12.59
NEm ⁵⁾⁶⁾	6.04	8.99	3.47	7.05
Estimated ME ²⁾⁵⁾	11.35	13.29	6.88	13.13
Estimated NEm ²⁾⁶⁾	7.49	9.10	3.39	8.97
DE/GE(%)	70.70	80.50	46.70	81.20
ME/GE(%)	60.40	69.90	37.30	70.40

¹⁾ Each abbreviation: same as in Table 1.

²⁾ n=4, ³⁾ n=2. ⁴⁾ NEm=82.1×BW^{0.75}+Retention Energy

⁵⁾ NE requirement:82.1kcal/kg^{0.75}·day (Kurihara *et al.*⁷⁾).

⁶⁾ ME=-0.33+0.958×DE (Terada *et al.*⁸⁾) ⁷⁾ NEm=-1.12+1.37ME-0.138ME²+0.0105ME³ (NRC, 1989⁹⁾)

MEおよび維持における正味エネルギー（NEm）の含量を、GE含量とともに全粒と圧片の加工形態別に表6に示した。なお、NEm含量は、「乾乳牛のNEm摂取量=乾乳牛のNEm要求量+エネルギー蓄積量」として算出し、NEm摂取量を乾物摂取量で除して求めた。また、乾乳牛のNEm要求量は1日、メタボリックボディサイズ当たり82.1 kcal⁷⁾として算出した。GE含量は、トウモロコシおよび大麦において全粒と圧片でほぼ同じであったが、DE、MEおよびNEmの含量は全粒と比べ圧片で大きく増加した。全粒に対する圧片のDE、MEおよびNEm含量の割合は、トウモロコシでそれぞれ115、134および149%であり、大麦では176、186および203%であった。このことから、DE、MEおよびNEm含量の圧片処理による向上は、トウモロコシよりも大麦の方が大きく、また、エネルギー含量の上昇程度はエネルギー評価単位で様ではなく、NEm含量の上昇が最も大きいことが示された。さらに、エネルギーの消化率（DE/GE）および代謝率（ME/GE）も圧片処理により著しく高まり、その程度は全粒大麦の方が大きかった。これらの結果から、トウモロコシおよび大麦の飼料価値は圧片処理により著しく高まり、その程度は大麦の方が大きいことが明らかとなった。

エネルギー出納試験の結果から求めたMEおよ

びNEmの含量は2頭のみの平均値であったことから、消化試験結果により求めた4頭のDE含量から寺田が示したME推定式⁸⁾を用いてME含量を、また、そのME含量からNRC飼養標準のNEm推定式⁹⁾を用いてNEm含量を推定して、表6に示した。推定したME含量は、実測値と比べて圧片トウモロコシでは小さく、その他では大きくなる傾向を示した。また、推定したNEmは、実測値と比べて全粒大麦では小さく、その他では大きくなる傾向を示した。トウモロコシおよび大麦の輸入先である米国のNRC飼養標準(1989)⁹⁾に示されているDE、MEおよびNEmの含量は、圧片トウモロコシでそれぞれ3.88 (16.23)、3.47 (14.52)、および2.18 (9.12) Mcal/kgDM (MJ/kgDM)であり、大麦ではそれぞれ3.70 (15.48)、3.29 (13.77)および2.06 (8.62) Mcal/kg (MJ/kgDM)である。これらの値と比べると本実験の値は低かった。

以上の結果から、全粒トウモロコシおよび全粒大麦のエネルギーとしての飼料価値は、圧片処理することにより大きく上昇することが明らかとなった。その上昇程度はDE、MEおよびNEmの含量において、トウモロコシではそれぞれ15、34および50%、大麦では76、86、および103%であった。そこで、この成績を基に現状で牛に給与している圧片トウモロコシおよび圧片大麦をそれぞれ全粒トウモロコシおよび全粒大麦に置き換える場合にエネルギー摂取量が同一となる給与量を試算した。その結果、全粒トウモロコシ給与では2～3割増量、全粒大麦給与では2倍に増量する必要がある。しかし、給与飼料を設計する場合には、乳牛の乾物摂取可能量や粗蛋白質給与量など様々な制約があることから、大麦を利用する場合には圧片加工が必須の条件と考えられる。一方、トウモロコシでは、飼料単価と圧片処理に要する加工費用を考慮して加工費用が飼料単価の3割以上になる場合には利用できる場面もでてくると考えられる。また、加工費用が蒸煮圧片処理の6割程度のひき割りでも全粒と比較すると飼料価値がTDN単位としてフリント種のトウモロコシでは約20%、大麦では約30%¹⁰⁾上昇することから、デントコーン種のトウモロコシについてもひき割り処理における飼料価値の上昇程度を把握して利用の可能性を検討しておく必要がある。

謝辞

本研究の遂行にあたって、供試牛の飼養管理については畜産試験場動物第一管理室（現 業務第1科）川田榮作、久留直樹、萩津勝氏ほか各技官に、また、飼料調製については飼料生産室（現業務第1科）の諸氏にご支援頂いた。また、本報告を取りまとめるにあたっては、畜産試験場栄養

第一研究室（現 反すう家畜代謝研究室）、寺田文典博士にご校閲の労を賜った。さらに、畜産試験場において依頼研究を実施するにあたっては、全酪連酪農技術研究所長、新宅敏博氏に終始激励とご支援を賜った。

ここに、各位に対して感謝の意を表する次第である。

引用文献

- 1) LADELY, S. R., R. A. STOCK, K. GOEDENKIN and R. P. HUFFMANN : Effect of corn hybrid and grain processing method on rate of starch disappearance and performance of finishing cattle, *Journal of Animal Science*, **73**, 360-364 (1995)
- 2) MURPHY, T. A., F. L. FLUHARTY and S. C. LOERCH : Influence of intake level and corn processing on digestibility and ruminal metabolism in steers fed all-concentrate diets, *Journal of Animal Science*, **72**, 1608-1615 (1994)
- 3) OLIVEIRA, J. S., J. T. HUBER, D. BEN-GHEDALIA, R.S. SWINGLE, C.B. THEURER and M. PESSARAKLI : Influence of sorghum grain processing on performance of lactating dairy cows, *Journal of Dairy Science*, **76**, 575-581 (1993)
- 4) POORE, M. H., J. M. MOORE, T. PECK, R. S. SWINGLE and C. B. THEURER : Effect of fiber source and ruminal starch degradability on site and extent of digestion in dairy cows, *Journal of Dairy Science*, **76**, 2244-2253 (1993)
- 5) CHEN, K. H., J. T. HUBER, C. B. THEURER, R. S. SWINGLE, J. SIMES, S. C. CHAN, Z. WU and J. L. SULLIVAN : Effect of steam flaking of corn and sorghum grains on performance of lactating cows, *Journal of Dairy Science*, **77**, 1038-1043 (1994)
- 6) 阿部 亮・岩崎 薫・篠田 満：反芻家畜による消化試験—トウモロコシ子実の粉碎粒度と乳牛、綿羊による成分消化率、TDN含量との関係—, 日本畜産学会報, **55**, 755-759 (1984)
- 7) 農林水産省農林水産技術会議事務局：日本飼養標準・乳牛（1994年版）, 中央畜産会, 東京（1994）
- 8) 岩崎和雄・針生程吉・田野良衛・寺田文典・伊藤 稔・亀岡暄一：畜産試験場に新設した家畜代謝実験装置について—とくに呼吸試験装置の機能を中心として—, 畜産試験場研究報告, **39**, 41-78 (1982)
- 9) 森本 宏：動物栄養試験法, 養賢堂, 東京, 280-298 (1971)
- 10) 阿部 亮：炭水化物成分を中心とした飼料成分分析法とその飼料栄養価評価への応用, 畜産試験場研究資料, **2**, 6-29 (1988)
- 11) 伊藤 稔・田野良衛：助燃剤をかねた容器としてポリエチレンフィルムを用いた未乾燥糞および尿の熱量分析法の検討, 畜産試験場研究報告, **32**, 39-43 (1977)
- 12) Statistical Analysis System. User's guide. 6th Ed., SAS Inst., Inc., Cary, NC.(1994)
- 13) 荒田直樹・栗原光規・石田 武・西田武弘・Agung PURNOMOADI・青木 稔・田中義春・河野良輝・阿部 亮：全粒及び圧片処理したトウモロコシまたは大麦の給与が乳牛の第1胃内容液の化学性状及び微生物相に及ぼす影響, 畜産試験場報告, **58**, 19～30 (1997)
- 14) DIXON, P. M. and L. P. MILLIGAN : Removal of digesta components from the rumen of steers determined by sieving techniques and fluid, particulate and microbial markers. *British Journal of Nutrition*, **53**, 347-362 (1985)
- 15) National Research Council : Nutrient Requirements of Dairy Cattle, National Academy press, Washington.

D.C.(1989)

- 16) BEAUCHEMIN, A., T. A. MCALLISTER, Y. DONG, B. I. FARR and K. J. CHENG : Effects of Mastication on Digestion of Whole Cereal Grains by Cattle. *Journal of Animal Science*, **72**, 236-246(1994)
- 17) 橋爪徳三・針生程吉・伊藤 稔・田辺 忍：和牛の肥育における飼料の利用効率に関する研究 IV. 皮付き圧片，脱皮圧片，皮付きひき割りおよび皮付き粉碎した大麦のエネルギー利用率の比較. 畜産試験場研究報告, **21**, 19-31 (1969)
- 18) 栗原光規・久米新一・相井孝允・高橋繁男・柴田正貴・西田武弘：気候温暖化に対応した乳牛の飼養法—エネルギー代謝に基づく技術評価—. 九州農業試験場報告, **29**, 21-107 (1994)
- 19) 寺田文典・芦沢駿治・田野良衛・岩崎和雄・阿部 亮：化学成分組成あるいは可消化成分含量による牛用飼料の代謝エネルギー含量の推定式について. 日本畜産学会報, **59**, 490-495 (1988)

Comparative Feeding Values of Whole-Shelled or Whole Steam-Rolled Corn and Whole-Shelled or Whole Steam-Rolled Barley for Dairy Cattle

Takeshi ISHIDA*, Mitsunori KURIHARA, Naoki ARATA*, Takehiro NISHIDA**
Agung PURNOMOADI***, Minoru AOKI****, Yoshiharu TANAKA*****
Yoshiteru KOHNO***** and Akira ABE
(Department of Animal Nutrition)

Summary

Four Holstein dry cows were used to clarify the feeding value, nitrogen and energy utilization of whole-shelled or whole steam-rolled corn and whole-shelled or whole steam-rolled barley. All cows were fed control diet and 4 treatment diets consecutively in the order of 1) Italian ryegrass only (IRG), 2) IRG + whole-shelled corn (WC), 3) IRG + whole steam-rolled corn (RC), 4) IRG + whole-shelled barley (WB), and 5) IRG + whole steam-rolled barley (RB) for 2 weeks per treatment. They were offered to meet approximately 100% of total digestible nutrients (TDN) requirements according to Japanese Feeding Standard for dairy cattle (1994). The ratio of IRG to grain of 4 diets was 6:4. The results were as follows: 1) The nutrient digestibilities of RC and RB diets were higher than those of WC and WB diets respectively, except for crude fiber, acid detergent fiber and neutral detergent fiber. 2) The dry matter digestibilities of corn and barley estimated by the difference method were 69% and 49% in whole-shelled type compared with 83% and 83% in the other type, respectively. Similarly, the starch digestibilities of corn and barley were 73% and 48% in whole-shelled type compared with 100% and 100% in the other type, respectively. 3) The nitrogen retention in RC and RB diets tended to increase with the decrease in fecal nitrogen loss. 4) The digestibility and metabolizability of energy in corn and barley were markedly increased by steam-rolled processing. The extent of increase was greater in barley than that of corn. 5) The TDN, digestible energy (DE) and metabolizable energy (ME) contents, and net energy content for maintenance (NEm) of corn were 71%, 13.3, 10.5 and 6.0 MJ/kgDM for whole-shelled type, and 85%, 15.3, 14.0 and 9.0 MJ/kgDM for steam-rolled type, respectively. Those values of barley were 47%, 8.6, 7.8 and 3.5 MJ/kgDM for whole-shelled type, and 83%, 15.2, 12.6 and 7.1 MJ/kgDM for steam-rolled type, respectively.

* The National Federation of Dairy Cooperative Association, Dairy Related Technical Research Institute

** Present Address: National Grassland Research Institute

*** Tokyo University of Agriculture, Present Address: Bio-oriented Technology Research Advancement Institution

**** Livestock Industry Research Institute of Kanagawa Prefectural Government

***** The Hokkaido Kosen Agricultural Experiment Station

***** Ehime Prefectural Animal Husbandry Experiment Station