

調製方法の違いが牧草の飼料価値に及ぼす影響

—第1報 羊による消化率, 窒素出納—

岡本 明治¹

(受理: 1988年11月30日)

The Effect of Processing on Feeding value of Conserved Forages
— 1. Digestibility and Nitrogen Balance measured with Sheep —

Meiji Okamoto¹

摘 要

粗飼料の品質, 栄養価に及ぼす加工処理の影響について検討した。すなわち, オーチャードグラス (*Dactylis glomerata* L.) 主体2番刈草を用いて5種類の加工処理を行い, 飼料価値, 窒素の形態, 羊による消化率, 採食量を調べた。

結果は次のとおりである。1)原料草の栄養価をより多く保持する処理は, 冷蔵または低温人工乾燥であった。2)加熱処理は窒素の溶解性を減少させる。栄養的に好ましい状態に保つには低温度での処理が効果的である。3)羊による消化性は, 冷蔵生草が高く, 次いで人工乾草, ウェファー, 天日乾草, サイレージの順であった。4)羊による採食性は, 人工乾草が多く, ウェファーが少なかった。

キーワード: 粗飼料の加工処理, 消化率, 窒素出納, 採食量。

緒 言

最近, 乳牛の飼養において粗飼料の重要性が強く指摘されている。多量の穀類給与によって成り立っている高生産乳牛の飼養は, 一見粗飼料の軽視につながるようであるが事実はそのようでなく, むしろ従来以上に粗飼料の役割が増してきた。しかし, それは従来の粗飼料に対する評価とは異なり, 粗飼料の機能として, より高消化性, 高採食性を持ちながらルーメンの恒常性を維持することが求められているからである。このよ

うな中で, 良質の材料を収穫し, 生草の状態では保有する栄養分の損失を最小限にとどめることが重要なかぎになる。本試験はオーチャードグラス (*Dactylis glomerata* L.) 主体牧草を材料として5種類の加工処理を行った飼料について, 処理方法と, 飼料価値の関係を羊による消化率と窒素出納により検討した。

材 料 と 方 法

供試飼料の原料草はオーチャードグラス主体, チモシー, 赤クローバ, ラジノクローバ混播の2番刈り牧草を用いた。この原料草を加工処理して以下の各供

¹ 帯広畜産大学草地区域学草地利学研究室

¹ Laboratory of Grassland Utilization, Department of Grassland Science, Obihiro University of Agriculture and Veterinary Medicine, Obihiro Hokkaido, 080, JAPAN

試飼料を調製した。

① 天日乾草

通常の方法で圃場乾燥し、途中に一度軽い降雨があったので、仕上がりにまで5日間を要した。

② 人工乾草

フォーレージハーベスタ(切断長30-40 mm)で収穫後定置式ドラム乾燥機で乾燥した。この際の投入時温度は約200℃排気温度は約60℃であった。

③ ウェフアー

②と同様に収穫、粗粉碎後 ATLAS GT 25型で成形加工した。仕上がりに製品の状態は直径70mm、厚さ30-60 mm、密度0.68g/cm³であった。乾燥の際のドラムの入口温度は400-600℃排気温度70-80℃であった。

④ サイレージ

②と同様に収穫後300kg容量の小型 FRP 製サイロにて調製し、40日後に供試した。

⑤ 冷蔵生草

小型のモアで収穫後、袋詰めし、0-4℃の冷蔵庫に貯蔵した。

調査項目

① 飼料成分と窒素分画

② 羊による消化率および窒素出納

③ 乾物摂取量

天日乾草、人工乾草、ウェフアーの消化率と窒素出納を1群2頭ずつ3群のコーリデール種去勢綿羊(年令3才、体重54-69kg)を用いて3×3のラテン方格法²⁾で測定した。冷蔵生草、サイレージについては別の1群3頭を用いて測定した。

試験は、予備期7日間、本期7日間、給与量は体重当たり乾物で1.3-1.6%の範囲に制限した。

1日当たりの乾物自由採食量をカフェテリア法³⁾により羊4頭を用いて測定した。

飼料と糞の一般成分は常法⁴⁾により、NDF、ADF、AD-リグニンはデタージェント法⁵⁾により定量した。

蛋白態窒素はトリクロル酢酸法⁶⁾、AD不溶性窒素、ペブシン溶性窒素は、Van Soest^{7,8)}の方法によった。

可溶性炭水化物はアンスロン法⁹⁾により、アンモニア態窒素は微量拡散法¹⁰⁾により定量した。

人工乾草とウェフアーの粒径分布はA.S.A.E.法¹⁾に準じて求めた。すなわち試料100gを1ℓのビーカー中で熱水により完全にほぐし、濾過した後メチルアルコールに4時間浸し、乾燥、ふるい分けして測定した。これより Modulus of Uniformity¹¹⁾(以後MUと略す)と、Modulus of Fineness¹²⁾(以後MFと略す)を求めた。

Table 1. Chemical composition of different types of feed.

	Raw material	Chilled material	Silage	Field cured hay	Artificially dried hay	Wafer
Dry matter (%)	23.3	23.4	20.1	87.6	87.9	90.2
Oregnic matter	88.4	87.6	88.0	88.9	89.2	88.2
Crude protein	16.3	13.6	16.3	14.4	15.8	15.0
Crude fat	4.5	3.8	5.5	4.2	4.3	5.3
N F E	36.0	40.7	34.4	36.2	38.0	37.9
Crude fiber (%DM)	31.6	29.5	31.8	34.1	31.1	30.0
Water Sol. Carb. ¹⁾	4.8	7.4	3.8	4.5	5.0	4.9
N D F	65.0	65.8	55.7	68.6	65.1	65.6
A D F	42.8	39.7	38.8	45.4	41.2	40.6
Cellulose	37.6	35.9	33.8	40.0	36.5	34.5
Hemicellulose	22.2	26.1	16.9	23.2	23.9	25.0
Lignin	5.2	3.8	5.0	5.4	4.7	6.1
M F ²⁾					2.00	1.71
M U ³⁾					2:7:1	0:3:7

1)Water soluble carbohydrates

2)Modulus of finess

3)Modukus of uniformity

Table 2. Nitrogen content of different types of feed.

	Raw	Chilled	Silage	Field	Artificially	Wafer
	material	material		cured hay	dried hay	
	— % DM —					
Total	2.61	2.18	2.61	2.30	2.52	2.40
Protein	1.90 (72.8)	1.73 (79.4)	1.56 (59.8)	1.47 (63.9)	2.00 (79.4)	1.94 (80.8)
Non-protein	0.71	0.45	1.05	0.85	0.52	0.46
Water soluble	0.72 (27.6)	0.49 (22.5)	1.03 (39.5)	0.88 (37.0)	0.59 (23.4)	0.42 (17.5)
AD-insoluble	0.27 (10.3)	0.22 (10.1)	0.26 (10.0)	0.24 (10.5)	0.26 (10.3)	0.29 (12.1)
Pepsin soluble	1.58 (60.5)	1.28 (58.7)	1.65 (63.2)	1.35 (58.8)	1.54 (61.1)	1.34 (55.8)

() ; % of total nitrogen.

1); Acid detergent insoluble nitrogen.

結 果

表1に、原料草および供試飼料の化学組成を示した。粗蛋白質含量は、原料草とサイレージがほぼ等しい値を示し、次いで人工乾草、ウエファー、天日乾草の順序で低下し、冷蔵生草の減少率が大きかった。

粗脂肪は、ウエファーとサイレージが原料草の含量に比して17-22%増加した。天日乾草と人工乾草の粗脂肪含量はほぼ等しかった。冷蔵生草は最も少なかった。

可溶無窒素物含量は原料草と比較して天日乾草、人工乾草、ウエファーにおいてほとんど変化なく、冷蔵生草で約4%程度増加したが、サイレージでは減少した。同様の傾向は水溶性炭水化物にも認められた。

NDF含量は原料草、人工乾草、ウエファーともほぼ類似した値であった。天日乾草は若干高い値を示したが、サイレージは低い値であった。

ADFおよびセルロース含量は天日乾草が高く、サイレージが低い値を示し、他の飼料は原料草のそれとほぼ等しい含量であった。

AD-リグニン含量は、ウエファーが高い値を示した。

ウエファーの粒度分布はMFが1.71, MUが0.3:7と人工乾草に比べ微細部が多かった¹⁸⁾。

表2に供試飼料に含まれる各形態の窒素量を示した。

人工乾草、ウエファーへの加工処理により蛋白態窒素含量が増加し、非蛋白態窒素含量、水溶性窒素含量が減少する傾向にあった。反対にサイレージ調製は、蛋白態窒素含量の減少と、水溶性窒素含量の増加につながった。また、ウエファーへの加工処理はAD不溶性窒素の割合を高めるようである。

表3に各供試飼料の羊による乾物摂取量、消化率、可消化養分総量を示した。天日乾草、人工乾草、ウエファー等の乾燥処理による飼料（以下乾燥調製飼料と略す）と冷蔵生草およびサイレージを詳細に比較することは、試験の組たてや家畜頭数が異なるために困難であるが、冷蔵生草の粗脂肪を除いた成分の消化率は乾燥調製飼料と比較して全般的に高い値を示した。特に、乾物、有機物において7-10%高い値であった。一方、サイレージの消化率は全体的に低い値を示した。

乾燥調製飼料間で比較すると、乾物、有機物、粗蛋白質の消化率は、天日乾草、ウエファーで近似しており、人工乾草はそれよりも高い値を示した。しかし有意差は認められなかった。

可溶無窒素物の消化率は、人工乾草、ウエファーが天日乾草よりも有意に高い値を示した ($P < 0.01$)。サイレージや冷蔵生草を含めた比較では、サイレージが最も低く (42.5%)、冷蔵生草が最も高い値 (63.8%) を示した。

繊維成分のNDF, ADF, ヘミセルロース消化率に

Table 3. Digestibility and nutrient contents of different types of feed.

	Chilled	Silage	Field	Artificially	Wafer
	material		cured hay	dried hay	
	— Av. for 3 sheep —		— Av. for 6 sheep —		
(Dry matter intake)					
% of Live weight kg	1.28	1.47	1.42	1.54	1.59
(Digestibility)					
Dry matter	61.7	47.5	50.9	54.5	51.5
Organic matter	63.2	49.6	52.5	56.0	53.2
Crude protein	61.5	56.9	57.1	60.1	56.0
Crude fat	40.6	50.0	49.4	50.5	56.8
N F E	63.8	42.5	46.3 ^b	54.9 ^a	52.4 ^a
Crude fiber (%)	62.7	53.2	57.3	56.2	52.1
N D F	61.4	41.0	52.4 ^d	56.7 ^c	51.9 ^d
A D F	55.9	39.6	48.6 ^{b-c}	51.5 ^a	45.6 ^{b-d}
Cellulose	72.5	55.5	61.2 ^d	63.7 ^c	57.5 ^d
Hemicellulose	71.5	45.7	59.2 ^{d-e}	66.1 ^c	61.8 ^{d-f}
Total digestible nutrients (% DM)	56.3	47.0	49.2	52.8	50.7

a and b ($P < 0.01$), c and f ($P < 0.05$); differ significantly, respectively.

Table 4. Nitrogen balance for different types of feed fed sheep.

	Chilled	Silage	Field	Artificially	Wafer
	material		cured hay	dried hay	
N intake	25.3	24.7	19.7	24.0	24.0
Fecal N	8.3	10.7	8.3	9.6	10.5
Urinary N (g/day)	10.9	11.9	9.8	11.4 ^a	9.3 ^b
Digested N	17.0	14.0	11.4	14.4	13.5
Retained N	6.1	2.1	1.6	3.0	4.2
% of Retained N					
/ N intake	24.1	8.5	8.1	12.5	17.5
% of Retained N					
/ digested N	35.9	15.0	14.0	20.8	31.1

a and b; differ significantly at the 5% level.

において人工乾草とウェファー間に有意な差が認められ、人工乾草が優れていた (NDF, ヘミセルロース, ($P < 0.05$) ADF ($P < 0.01$)). また、セルロース消化率については人工乾草が、ウェファーはもとより天日乾草よりも有意、($P < 0.05$) に高い値を示した。冷蔵生草は、乾燥調製飼料よりも繊維成分において高い消化率を示したが、サイレージはいずれの分画についても低い消化率であった。

可消化養分総量 (TDN) は、冷蔵生草が53.3%と最も高い値を示し、次いで人工乾草、天日乾草及びウェファー、サイレージの順であった。

窒素出納の結果を表4に示した。

摂取窒素量において、乾草給与時の窒素量が若干他の飼料給与時より少ないが、有意差はなかった。冷蔵生草の摂取窒素量に対する糞中および尿中窒素量の割合は、他の飼料に比べて小さく、従って、その蓄積窒

Table 5. Daily dry matter intake of various hay fed four sheep by the cafeteria method.

	Field cured hay	Artificially dried hay	Wafer
Dry matter intake(g)	2120 ^a	2560 ^a	320 ^b

a and b ; differ significantly the 1% level.

素量は最も高い値を示した。乾燥調製飼料間の比較で、摂取窒素量に対する蓄積窒素量の割合は、有意差は認められなかったが、ウェファーが高く、次いで人工乾草、天日乾草の順であった。サイレージの摂取窒素量に対する蓄積窒素量の割合は、天日乾草と近似していた。

羊4頭による1日当たりの乾物自由採食量の結果を表5に示した。

乾燥調製飼料のうち人工乾草が最も採食性がよく、次いで天日乾草であった。ウェファーは、これらの飼料と比較すると、極端に劣った ($P < 0.01$)。

考 察

加工処理が粗蛋白質含量に及ぼす影響は、刈取り後の処理方法の違いによるものが大きい。すなわち、刈取り後圃場での反転、乾燥、集草等の過程で葉部の物理的損失が原因の一部となっている²⁰。また、加熱の程度によっても影響され、低温度での乾燥が蛋白質の保持にすぐれ、成形時の圧力による熱や、摩擦熱によりその低下が知られている²⁰。冷蔵生草においては、原料草と比較して著しい粗蛋白質含量の低下が見られたが、これは冷蔵庫内保管で、植物体酵素の作用が持続したことが原因と考えられた²¹。

ウェファーの粗脂肪含量増加については、成形過程の熱による酸化が原因となったものであろう。また、サイレージでの増加は、発酵過程における可溶性炭水化物の消費と、有機酸生成に伴う成分変化として知られている¹³。

高温での急速な脱水は、炭水化物の損失を伴うことが知られており²⁰、特に加熱温度に影響されるが、本試験の乾燥処理温度下では人工乾草、ウェファー両者とも大きな低下はなく、加熱温度差による違いは見いだせなかった。冷蔵生草における可溶性炭水化物含量の著しい増加は牧草保管中における成分変化であり、非構造的な一部分がインペルターゼ作用により還元糖、グルコース等に変化したことが原因と考えられ、MA

CRAEら¹³の結果とも一致する。また、サイレージにおける減少は発酵作用によるものである¹²。

粗繊維、NDF、ADF、セルロース含量において、天日乾草が常に人工乾草、ウェファーより高い値を示したことは、調製時の圃場における機械的な損失が牧草の細胞内容物に影響し、相対的に繊維質含量の増加をもたらしたと考えられる。また、サイレージにおいてNDF、ヘミセルロース含量の減少は、発酵過程にヘミセルロースの易分解部分であるペクチン、キシラン、ペントサン等が利用された結果であろう¹⁴。

リグニン含量のウェファーでの増加は乾燥、成形時の加熱が影響しており、同様の減少をSULLIVAN²⁰も報告している。

各形態の窒素含量において、人工乾草やウェファーの蛋白態窒素の割合が原料草と比較して高くなったのは、乾燥や、成形過程での加熱による蛋白質変性によるものと考えられる^{18,20}。WATSON²⁰は、粗蛋白質に対する純蛋白質の割合が生草では80-85%であるのに対し、人工乾草では約90%に増加することを見だしており、本試験でも同様の傾向を示した。

サイレージの水溶性窒素の増加は、発酵過程特に、詰込み初期の植物中プロテアーゼ作用や、微生物の活動によって起こされたものであろう¹⁴。

加熱処理した食品で、糖類とアミノ酸の科学的变化により起こるメイラード反応はよく知られている¹²。VAN SOEST は²⁵ この反応が加熱処理した牧草に多く起こり、その含窒素生成物がADF中に蓄積すると述べている¹²。他の飼料に比較して、ウェファーのAD不溶性窒素割合が高いことは、高温下での乾燥さらに成形圧縮時の熱発生によると考えられた。

羊による消化率で、冷蔵生草の消化率が他の飼料より高い傾向にあるのは冷蔵生草が原料草の成分をより多く保持していたことと、飼料給与量を制限したためであろう。冷蔵生草の嗜好性は極めて良好であったが、水分含量などから糞の性状が下痢状になったために給与量を若干制限した。

サイレージの消化率が他の飼料より低い傾向にあるのは、刈取り後予乾せずに埋草したことによる発酵不良が影響していると考えられた^{13,30)}。

乾燥調製飼料間の比較で、乾物、有機物、粗蛋白質の消化率は天日乾草、ウェファーより人工乾草で高い値を示した。このことは、天日乾草の場合圃場での調製時における養分溶脱や、ウェファー加工における加熱処理と成形過程における機械的処理による一部微細化などが影響していると予想される^{34,10)}。

人工乾草、ウェファーのNFE消化率が天日乾草よりも高い値を示したのは、加熱処理によりNFE含量がより多く保持された結果である。WAITEら²⁷⁾は、加熱処理した牧草は通常の日乾草よりもNFEの損失が少ないことを認めている。

冷蔵生草では可溶性炭水化物の増加、サイレージでは発酵作用によるその減少が、それぞれ消化率に変化をもたらしたと考えられる。

粗繊維や、その他の繊維性物質の消化率は、飼料の粉碎度の影響を受けやすく、BLAXTERら³¹⁾、橋爪ら¹²⁾は飼料の微細化が消化管内の通過速度を速め、繊維質の消化率が低下することを報告している。人工乾草のNDF、ADF、ヘミセルロース、セルロースの消化率がウェファーよりも有意に高かったことは、飼料の物理的な形状が影響していると考えられる。HAE N-LEINら⁹⁾は、粉碎粒度を変えて調製した成形乾草の試験で、細切乾草の繊維消化率が明らかに成形乾草よりも高くなることを報告している。

冷蔵生草とサイレージの繊維部分の消化率の比較では、冷蔵中に細胞壁成分になんらかの影響を受けた事により消化率が高まり²¹⁾、サイレージでは発酵過程で可溶性の部分が消費され、消化困難な部分が残された結果消化率が低下したものと予想される²⁹⁾。窒素の利用率では、天日乾草の摂取窒素量が他の飼料と比べてやや少ない外は、ほぼ等しい量であった。冷蔵生草の窒素利用率が高いことは、原料草の成分が比較的保持され、易発酵性の炭水化物が他の飼料より多く、第一胃内発酵も良好に行われた結果であろう²¹⁾。ついで利用率の高いウェファーでは糞中窒素の排泄量が多く、尿中への排泄量が少ないことにより利用性が高まったとみられる。一方、人工乾草では可消化窒素量の増加が尿中への窒素排泄量を増加させた。両者の相違は、乾燥温度、成形過程での摩擦熱による蛋白質の難溶化と粉碎程度が影響していると考えられる。これに関連

して、吉田ら³²⁾は成形化による糞中窒素が増加し、尿中窒素が減少する代償効果により窒素利用率が改善される一因は蛋白態窒素含量の増加と第一胃内通過速度が影響して、第一胃内でのアンモニア吸収が少なくなる結果であろうと推測している。

天日乾草の窒素利用率の低下は、調製時の養分損失により第一胃内に取り込まれる易発酵性炭水化物の量が少ないために、アンモニアを利用する微生物の増殖が抑制された事が影響したと考えられる。

人工乾草がウェファーや天日乾草、サイレージよりもTDN含量において高い値を示したことは、養分保持ならびに物理的要因でも優れていたことが原因であろう。BLAXTERら³¹⁾は乾草の成形化に関する研究で細切乾草がペレット化した乾草に比べてTDN含量、正味エネルギー測定値の高いことを見いだしている。さらに別の報告⁹⁾で、飼料のエネルギー利用率は、物理的要因による消化管内通過速度、採食、咀嚼、反芻等の家畜の行動、その結果としての第一胃内微生物の割合と性質によって影響されることを指摘している。しかしWAINMANら³⁶⁾は、代謝エネルギーの正味利用効率が、細切牧草よりも成形化した牧草で高いことを報告しており、各要因についてさらに詳細な検討が必要となろう。

家畜の飼料摂取量は、草種、物理的性状、化学組成などの違いによって影響される。一般的に牧草中の繊維部分が少ないほど摂取量は多くなる。すなわち、粗飼料のようなエネルギー濃度の低い飼料の場合、第一胃内の充満度が摂取量と密接に関係する。それには摂取された飼料の第一胃内での分解速度や通過速度が影響している。一般的に乾燥飼料をペレット、キューブ、ウェファーに成形すると、その採食量が増加するという多くの報告^{5,6,15,33)}がある。

本試験のカフェテリア法による羊の採食量は、ウェファーで最も低く、従来の報告と異なった結果を得た。採食量に影響するといわれているNDF含量に大きな差はみられないので、この原因はウェファーの物理的性状にあると考えられた。すなわち、WEIRら²⁹⁾の指摘しているdust部分が多かったこと、天日乾草や、人工乾草に比べて容易に採食できない堅牢な形状であったこと等が採食量の低下につながったと考えられる。

以上、種々の調製方法が牧草飼料の栄養価保持に大きく影響することを含有窒素の形態や各成分の消化性から明らかになったが、低温での速やかな乾燥が養分

保持の上から重要であり、養分含量の高い材料を成形する場合を除いて、一般的な養分含量の牧草を成形することは、利益が少ないと考えられる。

謝 辞

本研究の実施にあたり、草地利用学研究室の学生諸氏および付属農場の教職員の皆様に多大なる協力を頂いた。また、北海道大学農学部朝日田康司教授には本論文の校閲を賜った。また、本研究の当初より吉田則人教授には、終始懇切な指導を賜った。記して謝意を表する。

引用文献

- 1) American Society of Agricultural Engineers : Recommendation R246
1. Method of determining modulus of uniformity and modulus of fineness of ground feed. A.S.A.E. Yearbook : 301. 1965.
- 2) BEEVER, D.E., D.J. THOMSON and S.B. CAMMELL : The digestion of frozen and dried grass by sheep. J. Agric. Sci., 86 : 443-452. 1976.
- 3) BLAXTER, K.L. and N. McC. GRAHAM : The effect of the grinding and cubing on the utilization of the energy of dried grass. J. Agric. Sci., 47 : 207-217. 1956.
- 4) BLAXTER, K.L. and N. McC. GRAHAM and F.W. WAINMAN : Some observations of the digestibility of feed by sheep, and on related problems. Br. J. Nutr., 10 : 69-91. 1956.
- 5) CAMPLING, R.C. and M. FREER : Factors affecting the voluntary intake of food by cows. 8. Experiments with ground, pelleted roughages. Br. J. Nutr., 20 : 229-234. 1966.
- 6) CAMPLING, R.C., M. FREER and C.C. BALCH : Factors affecting the voluntary intake of food by cows. 6. A preliminary experiment with ground, pelleted hay. Br. J. Nutr., 17 : 263-272. 1963.
- 7) GOERING, H.K., C.H. GORDON, R.W. HEMKEN, D. R. WALDO, P.J. VAN SOEST and L.W. SMITH : Analytical estimates of nitrogen digestibility in heatdamaged forages. J. Dairy Sci., 55 : 1275-1280. 1972.
- 8) GOERING, H.K. and P.J. VAN SOEST : Forage Fiber analysis. Agriculture Handbook US DA: No. 397. 1972.
- 9) HAENLEIN, G.F.W. and R.D. HOLDEN : Response of sheep to wafered hay having different physical characteristics. J. Anim. Sci., 24 : 810-818. 1965.
- 10) 橋爪徳三, 藤田裕, 松岡栄, 勝俣和悦, 中里仁 : ヘイキューブと乾草, サイレージの飼料価値の違い, とくに成形過程の消化率に及ぼす影響。帯大研報. 9:483-490. 1975.
- 11) 橋爪徳三, 藤田裕, 松岡栄, 加藤洋, 齊藤悟郎 : 粗飼料形態の違いが消化率, ルーメン発酵および消化管内滞留時間に及ぼす影響。帯大研報. 9:491-508. 1975.
- 12) KNIPFEL, J.E. : Nitrogen and energy availabilities in foods and feeds subjected to heating. Progress in Food and Nutrition Science. Maillard reactions in food. PERGAMON PRESS, Oxford, 188-192. 1981.
- 13) MACRAE, J.C., D.R. CAMPBELL and J. EADIE : Changes in the biochemical composition of herbage upon freezing and thawing. J. Agric. Sci., 84 : 125-131. 1975.
- 14) McDONALD, P. : The biochemistry of silage. JOHN WILEY & SONS, Chichester. 1981.
- 15) MINSON, D.J. : The effect of pelleting and wafering on the feeding value of roughage. A review. J. Br. Grassld. Soc., 18 : 39-44.
- 16) 森本宏 : 動物栄養試験法。養賢堂。東京。1971.
- 17) 日本飼養標準 : 乳牛。農林水産技術会議事務局編。中央畜産会。1987.
- 18) 岡本全弘 : 反芻家畜とその消化生理学的意義に関する研究。新得畜試報告。30 : 11-64. 1979.
- 19) 大山嘉信 : 牧草蛋白質の栄養価。日畜会報。31 : 23-35. 1960.
- 20) 大山嘉信 : 牧草蛋白質の栄養価。3. オーチャードグラスの乾燥時における窒素形態の変化。日畜会報。31 : 55-61. 1960.
- 21) 大山嘉信 : 牧草蛋白質の自己分解について。日畜会報。41 : 585-592. 1970.

- 22) OSBOURN, D.F., D.E.BEEVER and D.J.THOMSON :
The influence of physical processing on the intake, digestion and utilization of dried herbage. *Pro.Nutr.soc.*, 35: 191-200. 1976.
- 23) PITT, R.E., R.E.MUCK and R.Y.LEIBENSBERGER :
A quantitative model of ensilage process in lactate silages. *Grass and Forage Sci.*, 40: 279-303. 1985.
- 24) SULLIVAN, J.T :
Drying and storing herbage as hay. In *Chemistry and Biochemistry of Herbage*, Volume 3. Academic Press London : 1-31. 1973.
- 25) VAN SOEST, P.J :
Use of detergents in analysis of fibrous feeds. 3. Study of effects of heating and drying on yield of fiber and lignin in forages. *J.A.O.A.C.*, 48: 785-790. 1965.
- 26) WAINMAN, F.W., K.L.BLAXTER and J.S.SMITH :
The utilization of the energy of artificially dried grass prepared in different way. *J.Agric.Sci.*, 28: 441-447. 1972.
- 27) WAITE, R., M.J.JOHNSON and D.G.ARMSTRONG :
The evaluation of artificially dried grass as a source of energy for sheep. 1. Effect of stage of maturity on the apparent digestibility of rye-grass, cocksfoot and timothy. *J.Agric.Sci.*, 62: 391-396. 1964.
- 28) WATSON, S.J. and M.J.NASH :
The conservation of grass and forage crops. Oliver and Boyd, Edinburgh, : 31-60. 1960.
- 29) WEIR, W.C., J.H.MEYER, W.N.GARRETT, G.P.LOFGREEN and N.R.ITTNER :
Chopped rations compared to similar rations fed chopped and ground for steers and lambs. *J.Anim.Sci.*, 18: 805-814. 1959.
- 30) 八幡林芳, 岩崎薫, 名久井忠, 阿部亮 :
ヘイキューブと乾草, サイレージの栄養価の比較。
日畜会報, 44: 598-604. 1973.
- 31) 吉田実 :
畜産を中心とする実験計画法。養賢堂。東京, 68-237. 1975.
- 32) 吉田則人 :
成形乾草の飼料価値について。北海道家畜管理研究会報, 9: 33-41. 1974.

Summary

The processing and conservation of forages have direct effects upon the feeding value of forages. This study was conducted to compare the feed composition, the contents of nitrogen fraction, digestibility and dry matter intake with sheep fed five treated forages ; chilled grass, silage, field-cured hay, artificially dried hay and wafers.

The results obtained are summarized as follows. 1) The treatments of chilling and artificially drying decrease nutrient losses over the other treatments. 2) The dried forages at elevated temperatures decrease the solubility of protein. At low-temperature drying, forages losses were low and a good feeding value was obtained. 3) Digestibility was highest in chilled grass, and then artificially dried hay, wafers, field-cured hay and grass silage in that order. 4) Dry matter intake of the artificially dried hay and field-cured hay measured with sheep was higher than that of the wafer.