

# 成形乾草の飼料価値について

吉田 則人

(帯広畜産大学)

## 1 はじめに

酪農経営の安定化は粗飼料の確保が先決であり、最近その一形態として開発された圧縮成形乾草は、わが国において流通粗飼料として都市近郊酪農の経営規模の拡大、あるいは地域酪農経営の分業化などの面から極めて有望視されてきつつある。

成形乾草が従来の梱包乾草と比較した場合、利点として挙げられるのは①調製過程の省力化と、天候条件に支配されない。②調製、貯蔵過程での養分損失が少ない。③形状から流通化が容易であり、給餌の自動化が可能。④完全飼料の調製が可能などである。しかし、現時点において問題点として考えられることは①生産価格。②原料草の利用期間の分散と製品の均質化。③原料草の受入れ貯溜施設。④家畜に対する嗜好性並びに飼料価値と等級査定などが挙げられよう。

飼料の評価は経営・経済、つまり生産価格、流通、輸送、貯蔵性などとの関連性も重要であるが、しかし、家畜と対比した評価すなわち嗜好性、飼料価値が第一義となるのであり、ここでは圧縮成形乾草の飼料価値に関する各種要因について述べることにする。

## 2 北海道産乾草と流通乾草の品質と飼料成分

現在、北海道内において生産されている乾草は約50～60万トンと推定され、このうち道外に流通粗飼料として輸送されているのは約3万トンといわれている。この流通粗飼料の主産地は道東地域が50%、ついで道央、日高地域である。これら乾草の品質と飼料成分を示すと表1の如くである。

表-1 北海道産乾草と流通乾草の品質と飼料成分

区分	品 質									飼料成分(%, mg%)				
	葉部 割合	緑度	刈取 ステージ	マメ 科率	水分	触感	香气	夾雑 物	得点 合計	水分	粗蛋 白質	粗纖 維	粗灰 分	加チ ン
流通乾草Ⅰ	10.0	12.5	7.0	1.0	10.0	5.0	8.0	5.0	58.5	11.5	10.5	29.4	8.5	3.2
流通乾草Ⅱ	9.0	11.0	8.0	0	10.0	5.0	8.0	5.0	56.0	10.9	9.8	31.2	6.9	2.8
1 番 草	11.5	11.0	8.0	0	10.0	6.0	7.0	5.0	58.5	11.0	9.0	29.0	8.0	2.7
2 番 草	16.0	14.0	12.0	2.0	10.0	7.0	8.0	5.0	74.0	11.5	12.3	25.0	7.7	3.1
3 番 草	18.0	15.0	12.0	2.0	9.0	8.0	7.0	5.0	76.0	12.5	15.8	23.2	7.8	3.9

通常乾草の1番草は刈取時期の遅延したものが多く、品質・飼料成分ともに低い。流通乾草は一般的に圧縮梱包され、その重量は約30kgで草種はチモンシ、オーチャードグラス、レッドトップ、

ケンタッキーブルグラスなどのイネ科草に、アカクロバ、ラジノクロバなどのマメ科草が僅かに混入している状態であるが、しかし、その品質・飼料価値は必ずしも良好とはいえない。

### 3 成形乾草調製時の乾物回収率

粗飼料調製時における乾物損失は、圃場での損失、調製過程での損失と保存・貯蔵過程での損失に分けることができる。乾草調製において刈取りから梱包までの損失は約10%であり、サイレージ調製において刈取からサイロまでの刈取り、運搬時の損失は約2%という結果をわれわれは得ているが、勿論、この数値は草地の立地条件、作業機種、運転者の能力などによっても異なる。

一方、成形乾草調製工程は、乾燥機・成形機・冷却機よりなっているが、チモシー及びアルファルファの2草種によって、乾燥機通過及び全工程通過時の乾物回収率を調査した。この結果は表2の如くである。

表-2 成形乾草調製時の乾物回収率

区 分	チ モ シ ー				アルファルファ	
	1	2	3	乾燥機	成形機	乾燥機
原料草 (kg)	1560.7	6936.5	2818.6	14756.4	5293.4	5625.0
乾物 (%)	18.9	18.9	18.9	14.4	9.3	9.3
原料中乾物 (kg)	295.0	1311.0	532.7	2124.8	492.3	523.1
製品 (kg)	337.5	1500.0	618.0	2700.0	555.0	675.0
乾物 (%)	85.1	85.1	85.0	77.2	86.7	77.0
製品中乾物 (kg)	287.2	1276.5	525.3	2084.4	481.1	520.0
回収率 (%)	97.3	97.4	98.6	98.1	97.7	99.4

この結果によると、乾燥機通過時の乾物回収率は98~99%で、全工程通過時の乾物回収率は97.3~98.6%であり、その損失率は1.4~2.7%であった。これらの乾物損失の原因として考えられるのは、乾燥機での加熱、成形機での摩擦熱によるもので、原料草中の水分分布状態などがこの一因として大きな影響を与えるであろう。

### 4 成形乾草の飼料成分

乾草の品質・飼料価値を左右する条件は、草種・刈取時期・調製時の天候・刈取回数・施肥・マメ科草率・茎葉割合などであるが、これらの各要因のうち、特に刈取時の生育階梯と調製時の天候条件が大きな影響を齎すものである。成形乾草の利点は圃場で細断・運搬・乾燥機・成形機という一連の工程において調製されるため、天候条件に影響されず降雨による養分損失が少ないことであるが、しかし、刈取期ということは全く成形乾草と関連性がなく、調製過程において成形化という点で難易があるが、早刈・遅刈の原料草においても調製しうるものである。それ故、成形乾草の飼料成分は原料草によって決定されるものである。表3、表4及び表5は各種の条件における成形乾草の飼料成分を示したものである。草種と調製時期によって飼料成分に差があるし、マメ科草の混入率によっても

差が認められ、表5においては原料草をチモンシのみとし、刈取期別の飼料成分値を示したものであるが、極めて差異が認められる。

表-3 各草種の成形乾草の飼料成分

(%, mg%)

草種	調製月日	粗蛋白質	可消化粗蛋白質	粗脂肪	可溶無窒素物	粗繊維	粗灰分	カロチン
チモン-混播	7/2	7.91	5.47	4.04	50.13	29.37	8.55	
	8/3	10.93	7.01	4.50	45.06	27.47	12.04	14.4
	8/31	12.15	7.70	5.26	42.30	28.84	11.45	
オーチャード混播	7/9	8.62	6.34	4.29	40.56	37.45	9.08	
	9/21	7.07	4.49	4.26	52.52	26.68	9.47	11.8
アルファルファ	7/8	19.88	14.72	5.43	42.36	17.29	15.04	20.0
	10/13	11.82	8.54	4.64	56.44	16.48	10.62	
イタリアンライ	9/23	14.72	11.46	5.65	47.47	19.63	12.53	

表-4 原料草のマメ科草率と成形乾草の飼料成分

(%)

区分	マメ科率	水分	粗蛋白質	粗脂肪	可溶無窒素物	粗繊維	粗灰分
1番草	30	12.06	10.09	4.73	44.95	18.81	9.36
	40	12.91	10.18	3.16	44.73	20.32	8.70
2番草	10	10.62	7.58	3.77	44.40	23.57	10.06
	30	8.70	9.28	4.14	44.71	22.42	10.75
	40	10.76	9.82	4.70	42.10	22.49	10.13

表-5 調製月日の異なる成形乾草の飼料成分

(%)

調製月日	粗蛋白質	可消化粗蛋白質	粗脂肪	可溶無窒素物	粗繊維	粗灰分
6/2	15.39	10.54	6.58	44.88	21.08	12.07
6/3	13.01	11.29	6.40	51.43	18.11	11.05
6/4	11.70	8.83	5.87	50.25	21.39	10.79
7/2	7.91	5.47	4.07	50.10	29.37	8.55
8/3	10.93	7.01	4.50	44.97	27.47	12.13
8/25	9.04		4.68	47.74	27.56	10.98
8/26	8.54		4.55	48.26	27.64	11.01
8/29	8.66		4.36	48.86	27.24	10.88
8/31	12.15	7.70	5.26	42.30	28.84	11.45
9/23	8.66		3.64	49.45	24.59	13.66

つぎにオーチャードグラス並びにライグラス主体の原料草を供試して、通常乾草及び成形乾草を調製しこれらの飼料成分を検討したが、この結果は表6に示す。この場合の乾草は陽乾乾草であり、降

表一6 同一原料草にて調製した乾草・成形乾草の飼料成分 (%)

区 分	飼 料 成 分						細胞膜構成物質		
	水 分	粗蛋白質	粗 脂 肪	可 溶 無 窒 素 物	粗 繊 維	粗 灰 分	CWC	ADF	ヘミセルロース
乾 草	14.7	14.2	3.2	34.9	24.7	8.3	50.9	31.8	19.1
キューブ	14.7	17.0	5.0	35.4	18.5	9.4	42.1	25.7	16.4
ウエフエー	12.9	16.3	4.3	37.4	20.3	8.8	44.1	26.9	17.2

雨による損失はないが、刈取りから梱包まで5日間を要したものである。キューブあるいはウエフエーの成形乾草にすることによって、乾草に比較して粗蛋白質含量が高く、細胞膜構成物質のCWC、ADF含量が低いことが認められる。さらに可溶無窒素物には大差がみられないが、可溶性炭水化合物含量において成形乾草が9~11%に対して陽乾乾草では約1/2量の5.7%であり、乾草調製時の機械的ならびに生化学的損失がかなりあるものと考えられる。

## 5 成形乾草の調製と飼料成分

成形乾草の飼料成分の調製工程ならびに貯蔵過程での推移について検討した。この結果は表7並びに表8に示す。

表一7 成形乾草の調製過程における成分の推移

草 種	区 分	蛋 白 質				カ ロ チ ン	
		含 量 (%)		指 数		含 量 mg%	指 数
		粗蛋白質	可 消 化 蛋 白 質	粗蛋白質	可 消 化 蛋 白 質		
チモシー	原 料	11.81	7.82	100	100	21.5	100
	乾 燥	11.38	7.64	96.4	97.7	14.0	65.1
	製 品	10.93	7.01	92.5	89.6	14.4	67.0
オーチャード	原 料	7.96	5.79	100	100	25.6	100
	乾 燥	7.53	5.23	94.6	90.3	20.2	79.0
	製 品	7.07	4.49	88.8	77.5	19.8	77.0
アルファアルファ	原 料	20.80	15.98	100	100	26.1	100
	乾 燥	19.45	15.05	93.5	94.2	20.3	77.7
	製 品	19.08	14.72	91.2	92.1	20.0	76.6

表一八 貯蔵過程における飼料成分の推移

(含量%)

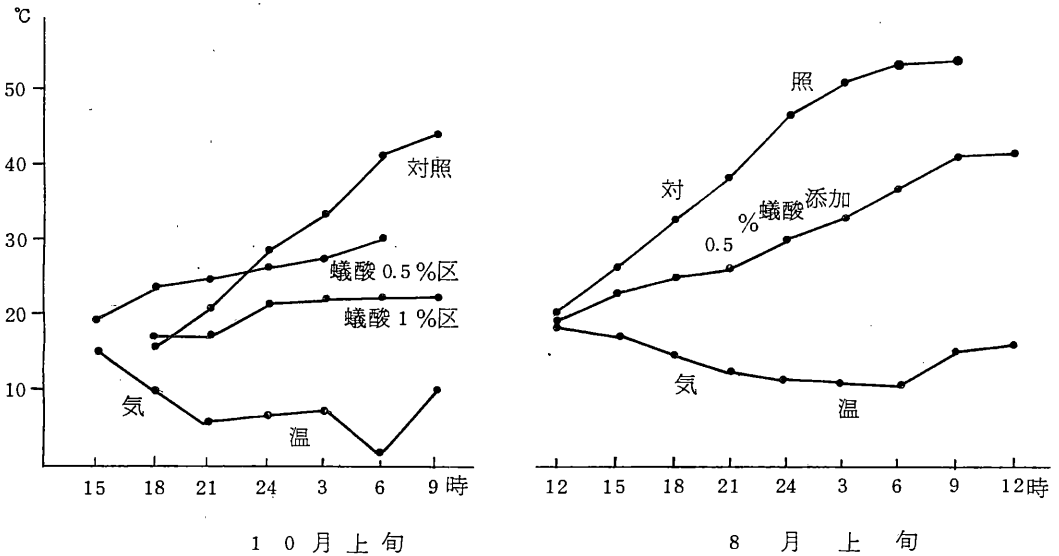
草種	期間	粗蛋白質		粗脂肪		可溶性無氮素物		粗繊維		粗灰分	
		含量	指数	含量	指数	含量	指数	含量	指数	含量	指数
チモシー	供試前	7.9	100	4.0	100	50.1	100	29.4	100	8.6	100
	1ヶ月	6.7	85	3.8	95	53.6	107	28.7	98	7.1	83
	3ヶ月	6.1	77	3.5	87	52.3	104	30.5	104	7.6	89
	6ヶ月	6.2	78	3.2	80	53.3	106	29.8	102	7.5	88
	9ヶ月	5.3	67	3.2	78	53.0	106	30.7	103	7.8	92
	12ヶ月	5.4	68	3.0	75	52.8	105	29.9	102	8.8	103
アルファルファ	供試前	19.9	100	5.4	100	42.4	100	17.3	100	15.0	100
	1ヶ月	17.5	88	5.2	96	45.4	107	18.3	106	13.7	91
	3ヶ月	16.9	85	5.0	92	45.4	107	19.5	113	13.2	89
	6ヶ月	17.2	87	4.9	90	44.3	105	19.8	114	13.8	92
	9ヶ月	16.2	81	4.3	79	46.3	109	19.8	114	13.7	91
	12ヶ月	16.1	81	4.2	77	44.3	104	20.4	118	15.1	100

成形乾草調製時において乾燥機の原料草投入口の温度は800~1000℃であり、中央では170~200℃、出口では120~130℃であり、原料草が乾燥機内に入っている時間は、定常運転時において普通で2~3分間、乾いた原料草で30秒、水分の高い原料草で3~4分間であり、さらに成形機において摩擦熱が120℃程度の工程を経て、約6分間で冷却装置に到達するので、この間において高温による蛋白質変性が考えられ、あるいは草体中の水分分布状態によって灰化されることも予想されるので、これらによる損失を検討したのである。蛋白質の損失は草種によって差があり、イネ科草がやや大きいようであるが、全工程において粗蛋白質が8~11%、消化性蛋白質が8~22%の損失がみられた。またカロチン含量においても23~33%の損失が示された。

乾草の貯蔵は野外堆積、屋内梱包格納など種々あり、それぞれ水分含量、風雨などによって飼料成分の変化がみられ、一般的には良好な条件下においては粗蛋白質の損失率が3ヶ月間が20%、不良な条件下では50%以上に及ぶことがある。成形乾草の貯蔵時の飼料成分の推移は、包装条件、貯蔵場所、冷却状態、硬度、水分含量などによって影響されるものであるが、ここでは有色ビニール袋包装で水分13.5%の製品を屋外で貯蔵せしめ、これらの飼料成分について12ヶ月間にわたって検討した。水分含量がやゝ高いため黴の発生がみられる部分もあったが、黴の出現のない包装中の飼料成分において、イネ科草・マメ科草ともに粗蛋白質・粗脂肪が低下し、とくにイネ科草の損失は著しく、これは製品の硬度によるものと考えられた。いずれにしても成形乾草の貯蔵に対しては製品の水分含量が最も影響が大きく、1%以下で調製されることが望まれ、ついで製品の完全冷却を励行することで、品温が高い場合、包装袋の内部に水滴が附着し、これが原因して品質の劣化がみられるようになる。

成形乾草の一課題である生産価格に関連する操業時間の延長を計るため、夜間操業を実施する場合、

原料草の貯溜をしなければならない。この場合、原料草を堆積するが醗酵熱によって飼料成分の変化あるいは緑色の褪色が認められ、ひいては製品の品質低下にも直結するので、醗酵熱上昇を抑制せしめるために、現在サイレーヅ調製時に添加剤として使用されている蟻酸を応用してみた。この結果は図1に示した。



図一 原料草の堆積貯蔵中における品温の経時的変化

成形乾草調製機の毎時水分蒸発量2.5 t級のプラントでは原料草の毎時処理能力は3.2 t、中型級の蒸発量6 tでは原料草7.7 tの処理能力を有するものであり、夜間操業の場合、莫大な貯溜原料草が必要となり、このため受入エプロンの床面積が問題となるのである。これが狭いと堆積の高さを大きくせざるを得ず、従って醗酵熱による品質低下が必至となり、広いと施設費が嵩むこととなる。試験は10月上旬と8月上旬に実施したものであるが、10月上旬では堆積の高さを2.5 m、8月上旬においては1 mとした。図1に示すように10月の試験において6時間を経過すると30℃以上に到達し、12時間経過では40℃以上に達するが、蟻酸0.5%あるいは1%添加することによって、この品温の上昇を防止することができる。一方、外気温の高い8月の試験では堆積の高さを $\frac{1}{2}$ にしても、原料草の品温は6時間経過で30℃、9時間経過で約40℃に達するが、蟻酸0.5%添加によってかなり抑制することが認められる。

## 6 成形乾草の飼料価値

成形乾草の家畜に対する嗜好性は硬度も関係する。硬度を成形乾草1 cm当りの重量で表わす場合、1.2 g以上のものは採食が困難であり、0.7 g以下では成形を保持することが困難である。乳牛において適度の硬度は0.8～1.0 gであろう。成形乾草の硬度は、原料草、刈取時期、水分含量などによって差異があるが、飼料成分との関係を図2に示した。

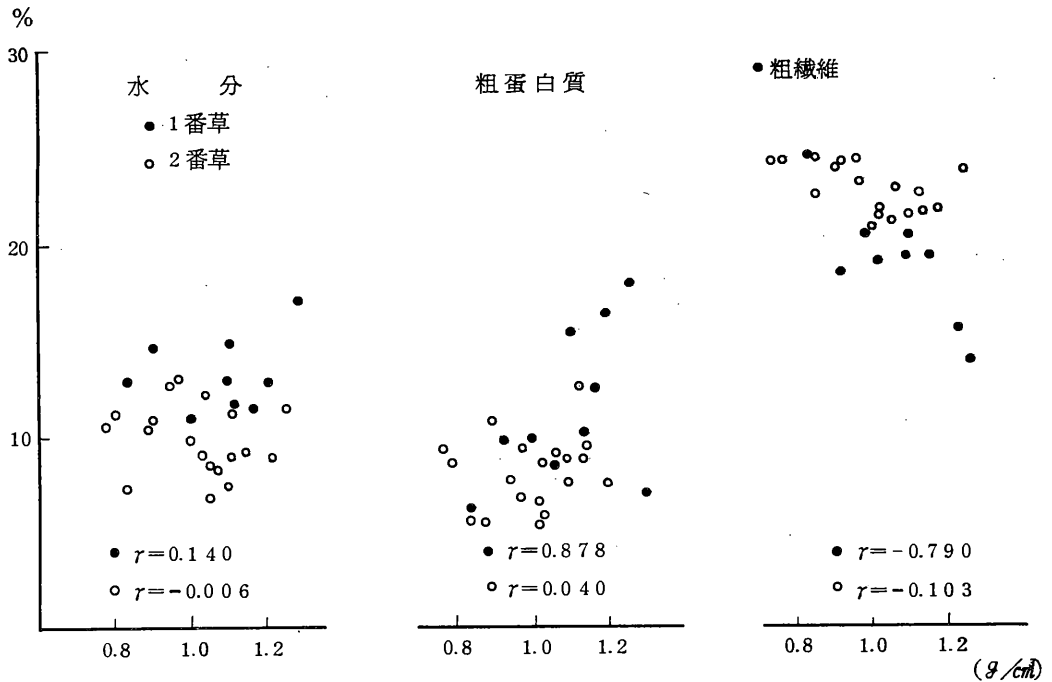


図-2 成形乾草の硬度と飼料成分

飼料成分のうち水分、粗蛋白質・粗繊維含量と硬度との関係について検討したが、水分含量と硬度は一般的に原料草を乾燥しすぎると成形が困難となり、水分が多いと成形機内において団子状になり、ダイの穴からの原料草の出方が均一を欠き成形が不整となるものである。このような極端な水分含量でなく、通常運転中の原料草水分と硬度との関係では、1・2番草ともに相関が認められない。粗蛋白質との関係は、高蛋白質原料は若刈りかあるいはマメ科率が大きいものであるが、1番草の場合には高蛋白質原料では硬度が高く、2番草においては相関が認められなかった。粗繊維との関係は蛋白質と全く逆であり、1番草の場合には高繊維原料では硬度が低くなる傾向が示された。2番草ではこの関係はほとんど認められないようである。これらのことから、成形乾草の硬度は、原料草がマメ科草率が大きくなるに従い硬くなり、また、生育階梯の若い場合においても同様なことがいえよう。つぎに成形乾草の消化率を表9に示した。

表-9 成形乾草の消化率

草種	区分	(%)					研究者
		粗蛋白質	粗脂肪	可溶無窒素物	粗繊維		
オーチャード混播	乾草	45.9	44.2	54.6	67.9	八幡	
	成形乾草	50.2	47.3	65.9	64.4		
オーチャード混播	乾草	69.4	59.5	74.4	68.2	橋瓜	
	切断乾草	61.1	47.1	66.0	63.0		
	切断人工乾草	66.4	58.5	74.8	66.5		
	成形乾草	54.0	53.4	68.4	50.1		
アルファルファ	乾草	74.3	62.4	59.4	65.9	吉田	
	成形乾草	69.5	61.2	60.2	63.5		
ライグラス混播	乾草	71.4	63.9	60.4	53.9	安宅	
	成形乾草キューブ	67.7	67.1	62.1	51.2		
	成形乾草ウエファ	66.4	65.7	67.2	56.5		

乳牛に対する粗飼料の効果の1つとして、胃の刺激による唾液分泌量の増大があげられるが、このことから成形乾草は通常の乾草と比較して原料草が切断され、さらに乾燥・成形過程において微細化されている。橋爪らの試験においてはキューブでは篩の径0.7~2mmを通過する割合が53%、ウエファーではやゝ破砕度が大きく1.2~2.8mmを通過する部分が44%であると報告している。このように成形乾草が普通の乾草と比較して破砕されているので、唾液分泌量が少なく且つ消化管における滞留時間が短いことが、各飼料成分の消化率を低下せしめる原因と考えられる。すなわち、表9に示すように降雨に遭遇しないで調製された普通乾草と、成形乾草では粗蛋白質では5~15%、粗脂肪1~6%、可溶無窒素物6%程度、粗繊維では2~18%の消化率の低下がみられた。また、成形乾草においてもキューブとウエファーでは後者がやゝ優る結果が得られた。

ついで成形乾草の嗜好性調査と泌乳効果を調査したが、この結果は表10並びに表11に示した。この試験は1群2頭の乳牛を供試して、普通乾草、キューブ、ウエファーを同一草地から生産した草種から調製し、粗飼料1kg、配合飼料3kg、ビートパルプ2kgを給与した。表10は採食量と採食速度を示したが、10分間における採食量は、成形乾草が普通乾草に比較して多く、約3倍以上に達し、採食量も給与量のはゞ全量を摂取したが、普通乾草では残飼が認められる。また、これらの飼養効果は、乳量では成形乾草が普通乾草に比べて優る結果を得たが、乳脂率では両者間には差が認められず、乳汁中カロチン含量においても明確な差がみられなかった。このように普通乾草給与に比較して成形乾草給与は、摂取量に差がみられるため、乳牛の乾物摂取量が多くなり、この結果飼養効果が向上するものと解せられる。しかし、これは粗飼料と濃厚飼料との給与比率にも関連をもつものであり、粗飼料の依存度が高い飼養条件下において効果的と考えられる。

表-10 採食量と採食速度

(kg・分 秒)

区分	I 期				II 期				III 期			
	飼料区分	採食量	採食速度	濃厚飼料採食	飼料区分	採食量	採食速度	濃厚飼料採食	飼料区分	採食量	採食速度	濃厚飼料採食
A群	H	8.86	0.74	11'31"	C	11.37	2.28	12'58"	W	11.98	2.18	10'45"
B群	W	12.00	2.04	15'19"	H	10.02	0.74	12'57"	C	12.00	3.41	10'51"
C群	C	12.00	3.34	19'17"	W	11.63	1.63	16'59"	H	9.83	0.82	11'20"

註：H乾草 Wウエファー Cキューブ

表-11 乳量・乳脂率・カロチン

(kg・%・r%)

区分	I 期				II 期				III 期			
	飼料区分	乳量	脂肪率	カロチン	飼料区分	乳量	脂肪率	カロチン	飼料区分	乳量	脂肪率	カロチン
A群	H	11.8	3.36	21.3	C	10.8	3.34	31.5	W	11.0	3.26	34.7
B群	W	14.6	3.73	28.0	H	11.8	3.43	28.1	C	12.2	3.60	35.1
C群	C	12.2	3.40	28.2	W	10.4	2.90	29.7	H	8.8	3.07	34.0



## 7 成形乾草の問題点

成形乾草の飼料価値は、普通乾草と比較すると調製時における気象条件を無視すると大差なく、むしろ消化性が若干劣ることが認められる。しかし、北海道的に考えると、乾草調製時の気象条件を無視することができず、とくに飼料価値に直接的影響を齎らす水溶性成分の損失を防止する全天候型といえる成形乾草調製施設の有利性は大きく、且つ形状密度よりみた貯蔵・流通化の有利性と、酪農経営の大型化を目標とする場合の粗飼料調製部門としての分業化にも有効な施設と考えられる。しかし、これらについての問題点も多く数えられる。すなわち飼料価値面からは均質な原料草を確保するための、供給草地の造成・維持管理、生産価格面からは原料草の予乾、連続運転のための作業体系・原料草の貯溜、流通粗飼料面からは品質査定・等級・格付け、家畜飼料面からは完全飼料の調製など、各種の問題が内包され、今後の研究課題として考えられるのである。