

# ビッグ・ラウンド・ベアラを利用した 乾草の収穫利用技術

平野 保、瀬川 洋

## 目 次

1. 緒論
2. 牧草天日乾燥進捗の定量化
3. ベアラの作業性能とロール乾草の運搬収納法
4. ロール乾草の貯蔵法および給与法
5. ロール半乾草のアンモニア添加処理
6. 摘要

## 1. 緒 論

岩手県の大家畜頭数は、昭和56年12月実績で乳用牛89,000頭（1戸当たり8.9頭）、肉用牛114,300頭（1戸当たり4.0頭）で堅実に増加している。これに対応して飼料自給率の高い畜産経営を進めるため、昭和35年以来、22,000haの草地造成を行ってきた。しかし、このうち公共草地は45%に達しており、その立地は地域的に偏在化し、かつ奥山化の傾向にある。そして、このような公共草地からいかにして粗飼料を効率的に安価に生産し、個別の畜産農家へ流通供給するかが重要なかぎとなっている。

現在、畜産農家が生産利用する粗飼料はサイレージが主体である。しかし、公共草地で生産する流通粗飼料は、取扱い性からして乾草が主流である。乾草生産方式は天候の影響を大きく受けるための基本的なむずかしさがある。さらに、概して公共草地は遠隔地であって作業員の臨時的雇用がむずかしく、高海拔山地にあるための狭い作物生育期間や低い作業能率など制限因子を持っている。つまり、公共草地での乾草生産に当たっては過大な投資を避け、しかも少人数で作業が完結できる方式の開発が望まれている。この解決のためには、ビッグ・ラウンド・

ベアラの活用で、省力的に安価な乾草を収穫する技術を体系化しようとする。

## 2. 牧草天日乾燥進捗の定量化

### 1) 目 的

日本の気象は変り易く湿潤であることから、概して天日乾草調製がむずかしい。しかし、高い晴天率と大きい日射量を持つ5月下旬から6月上旬や梅雨明けの時期は、比較的到天日乾草も良く作れる。少ない日射量でも低い湿度の10月ころも同様であることを経験している。材料牧草は量が少ない方が乾燥が早く、乾きにくいのは茎の部分であるが、フレイル型のモーアで刈るとか圧砕処理をして、茎に傷を付けることで乾燥促進できる。

乾燥に関与する気象要因では、日射量や気温、湿度、風速が考えられ、日射量が主要因になると考えられる。天日乾燥と気象条件との研究は、岡村<sup>1)</sup>らが蒸発量との関連で、藤岡<sup>2)</sup>らは飽差との関連で、さらに鈴木<sup>3)</sup>らは日射量に力点をおいた解析を行なっている。

我々は、材料牧草の性状や日射量などの気象要因、さらにモーアの種類別に、乾燥経過を定量的に解析することで、より早い乾燥法の確認と、乾草仕上りの予測法を導びくことを検討した。

### 2) 試験方法

#### (1) 期日、材料草、刈取法

1981年の採草シーズンに、表1に示す内容で行なった。使用農機の詳細は、

- ① フレイル・モーア：ハワード（ヘイタイマ）、6フィート、24刃
- ② レシプロ・モーア：ランサムTM 1021A

6 フィート

みの使用)

- ③ フレイル・ハーベスタ：NH 33(クロック  
プチョッパ)、(低速回転でフレイル刃の  
であった。

表1 刈取月日、材料草、刈取法の条件

番号	月・日	番草	ステージ	含水率	刈取機	圧碎機
1	5.26	I	出穂始期	81.8%	フレイル・モーア	なし
2	"	"	"	81.1	レシプロ・モーア	なし
3	"	"	"	80.9	レシプロ・モーア	フレイル・ハーベスタ
4	6.3	I	出穂期	78.9	フレイル・モーア	なし
5	"	"	"	80.6	レシプロ・モーア	フレイル・ハーベスタ
6	6.16	I	開花始期	82.5	フレイル・モーア	なし
7	9.7	II	再生	73.2	フレイル・モーア	なし
8	9.16	II	再生	76.2	フレイル・モーア	なし

注) 材料草種は、いずれもオーチャードグラス主体牧草

(2) 乾草方法

牧草刈跡に、1 m<sup>2</sup>の底面積の金網かご(アル  
ミアングルで枠を組み、深さ10 cm)を並べ、  
3,500 g、2,500 g、1,500 g (2番草では  
3,000 g、2,000 g、1,000 g)を入れて乾燥

した。反転を日当たり4回行なった。

(3) 気象条件

概況を表2に示した。開始3日目には雨に会  
うことが多かった。試験日の日射量の経時変化  
は、ロビッチ型自記日射計で計測した。

表2 実験日の環境条件

月・日	気 温 (C°)			湿 度 (%)		風 速 (m/S)		降 水 量 (mm)
	最 大	最 小	平 均	最 小	平 均	最 大	平 均	
5.26	18.9	7.3	13.1	36	63	14.8	6.7	—
5.27	21.7	3.3	12.5	32	69	12.0	3.7	—
5.28	15.2	9.7	12.5	86	96	6.5	3.7	15.1
6.3	19.3	3.5	11.4	35	67	9.2	2.5	—
6.4	21.7	7.1	14.4	35	77	7.2	2.5	—
6.5	20.9	8.3	14.6	51	83	10.7	3.5	1.9
6.16	24.5	12.8	18.7	50	73	10.6	4.5	—
6.17	18.1	14.0	16.1	80	92	6.7	2.9	24.1
6.19	17.4	15.5	16.5	83	92	12.2	5.3	9.6
9.7	23.1	7.9	15.8	36	69			—
9.8	22.5	7.2	14.9	42	75	欠	欠	—
9.9	18.3	12.5	15.4	90	96			9.2
9.16	21.1	5.7	13.4	43	83			—
9.17	21.9	7.5	14.7	35	82	欠	欠	—
9.18	22.3	6.9	14.6	55	78			—

### 3) 結果と考察

#### (1) 乾燥の時間的变化

5回に渡る試験結果から、乾燥経過を図1①-⑧に示した。試験は、晴天日の継続を予想して開始したが、概して第3日目には降雨となり、計測を中止することが多かった。

各回とも10時前後の刈取で開始したが、16時ころまで急な含水率低下がみられた。草量が少ないほど含水率低下が早く、フレイル・モーア刈のものが、レシプロ・モーア刈、あるいは、さらにフレイル・ハーベスタで圧砕（コンディショニング）したものより早いことが明らかであった。5月26日の場合、図1の①~③で明らかのように、2日目18時まで約990 ly（ラング

レー：cal/cmと同じ）の日射量を受けて、フレイル・モーア刈で含水率25~32%（草量程度1,500~3,500 kg/10a）に、レシプロ・モーア刈で含水率40~49%に低下した。レシプロ・モーア刈の後でフレイル・ハーベスタでコンディショニングしたものは、含水率40~45%で前二者の中間値であった。フレイル・ハーベスタは、フレイル・ナイフとフライホイール装着ナイフを持つダブル・カットのものであるが、低速回転でフレイル・ナイフだけによる処理を行った。しかし、ナイフは形状がL字形のものであることもあって、草が短かく切られる傾向は大きかったが、圧砕程度は小さく、コンディショニング効果が小さかった。

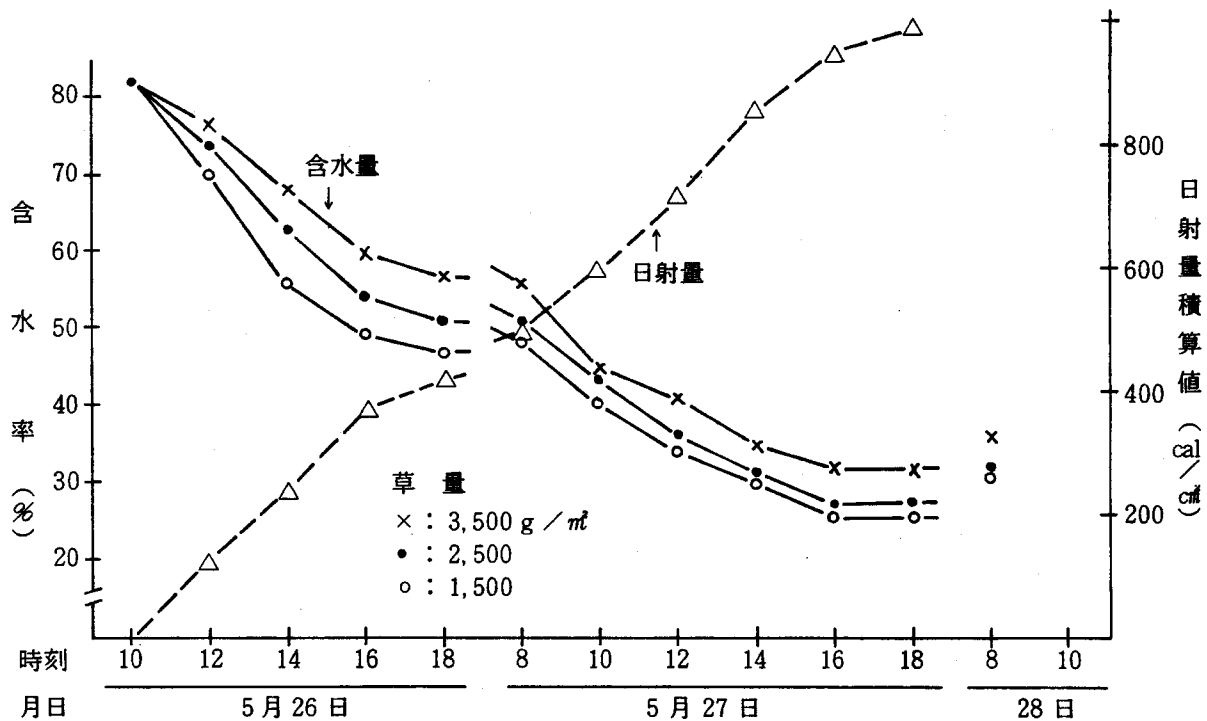


図1-① 乾燥経過 (5月26日フレイル・モーア刈)

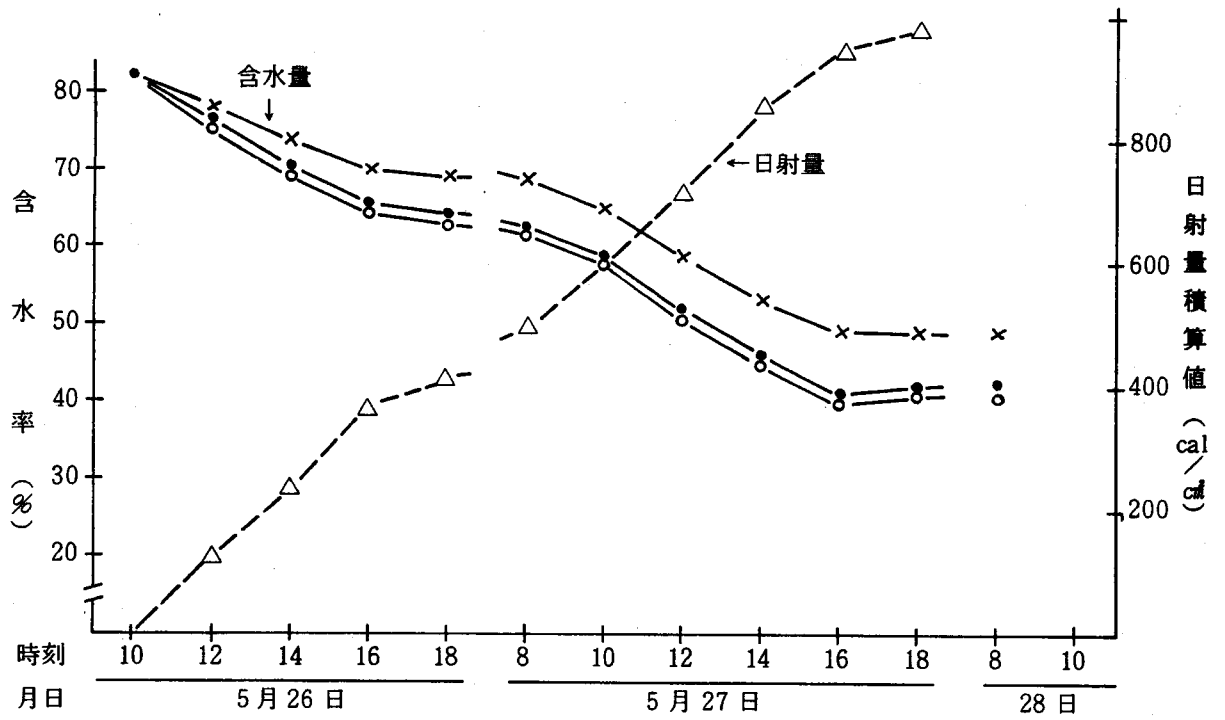


図1-② 乾燥経過 (5月26日レシプロ・モーア刈)

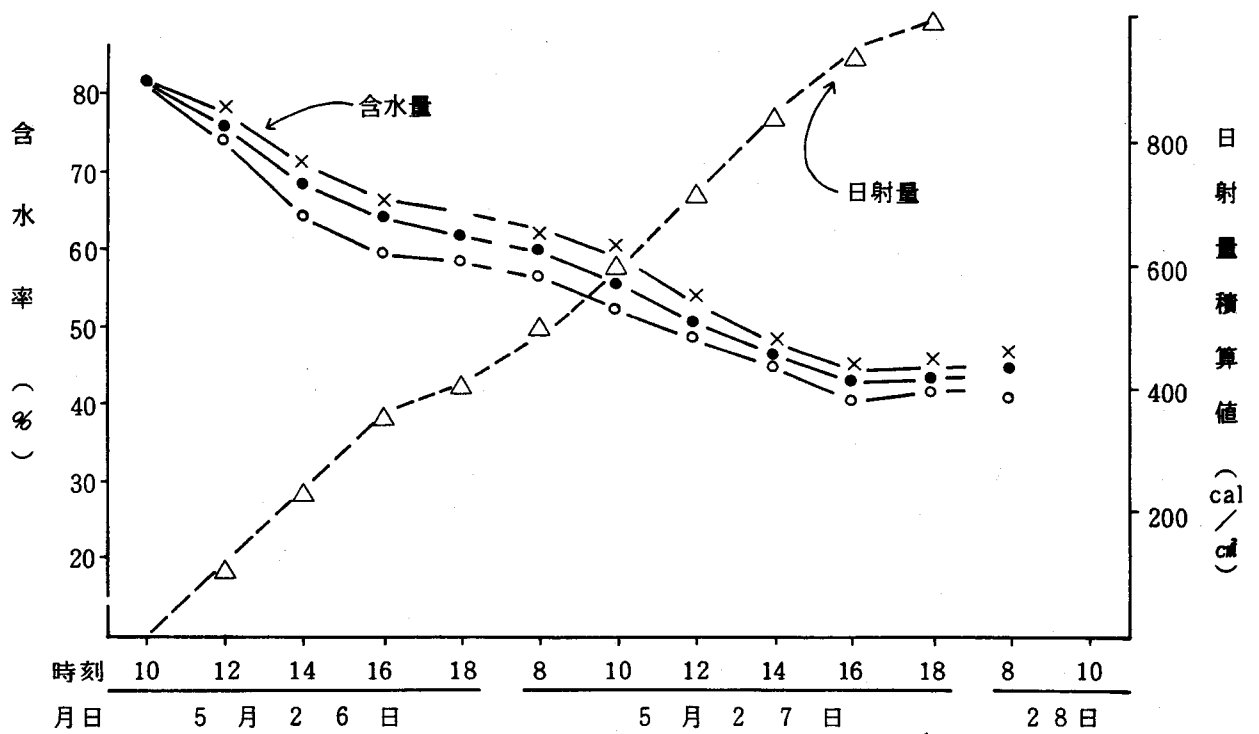


図1-③ 乾燥経過 (5月26日レシプロ・モーア刈、フレッシュ・ハーベスタ圧碎)

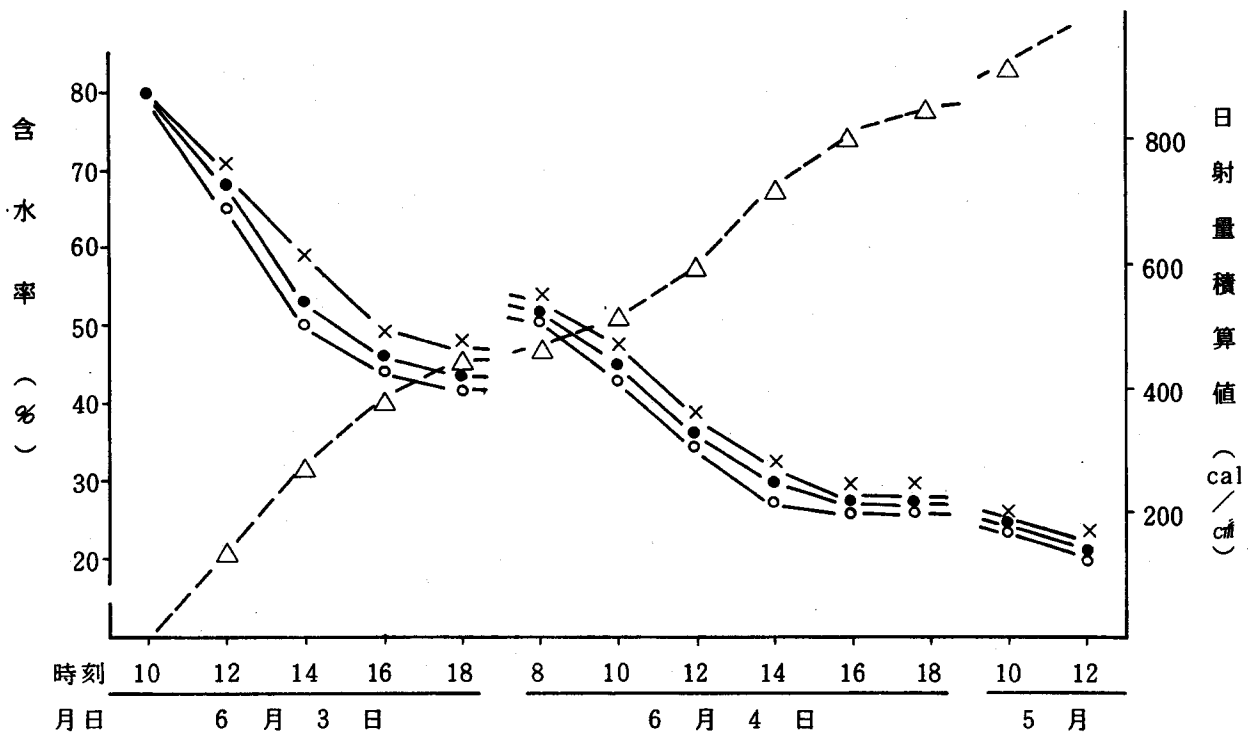


図1-④ 乾燥経過 (6月3日フレイル・モーア刈)

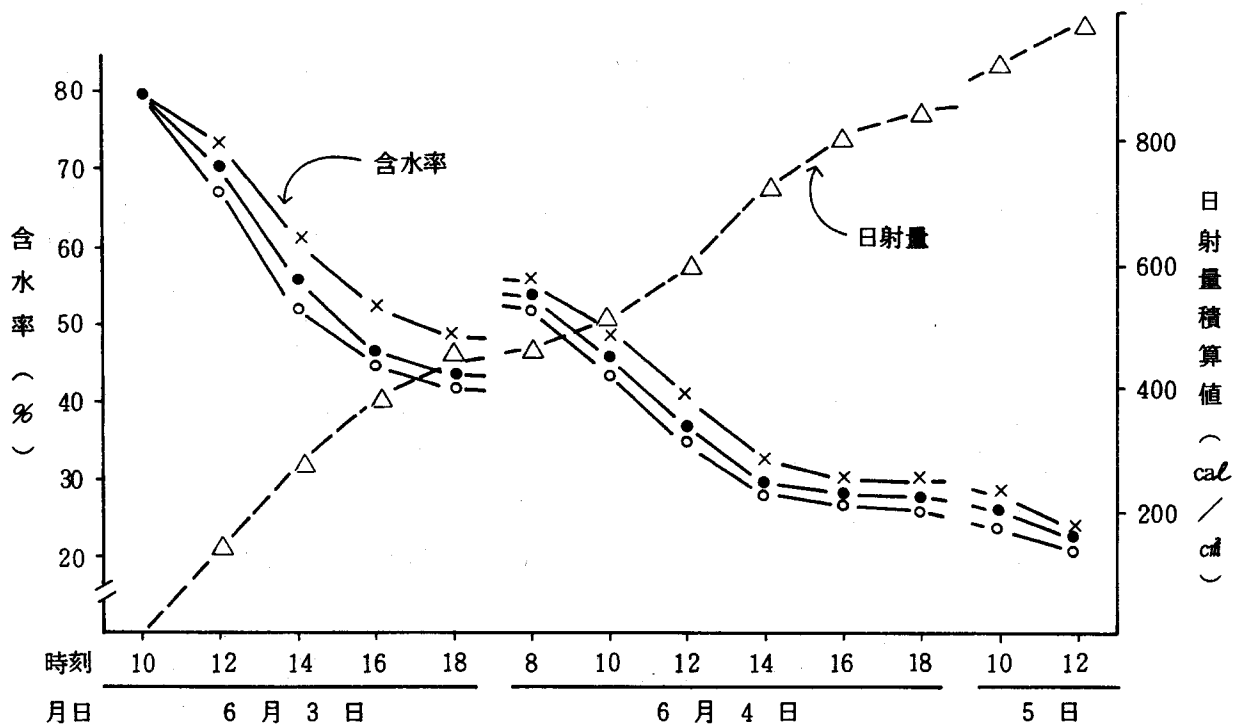


図1-⑤ 乾燥経過 (6月3日レシプロ・モーア刈、フレイル・ハーベスタ圧砕)

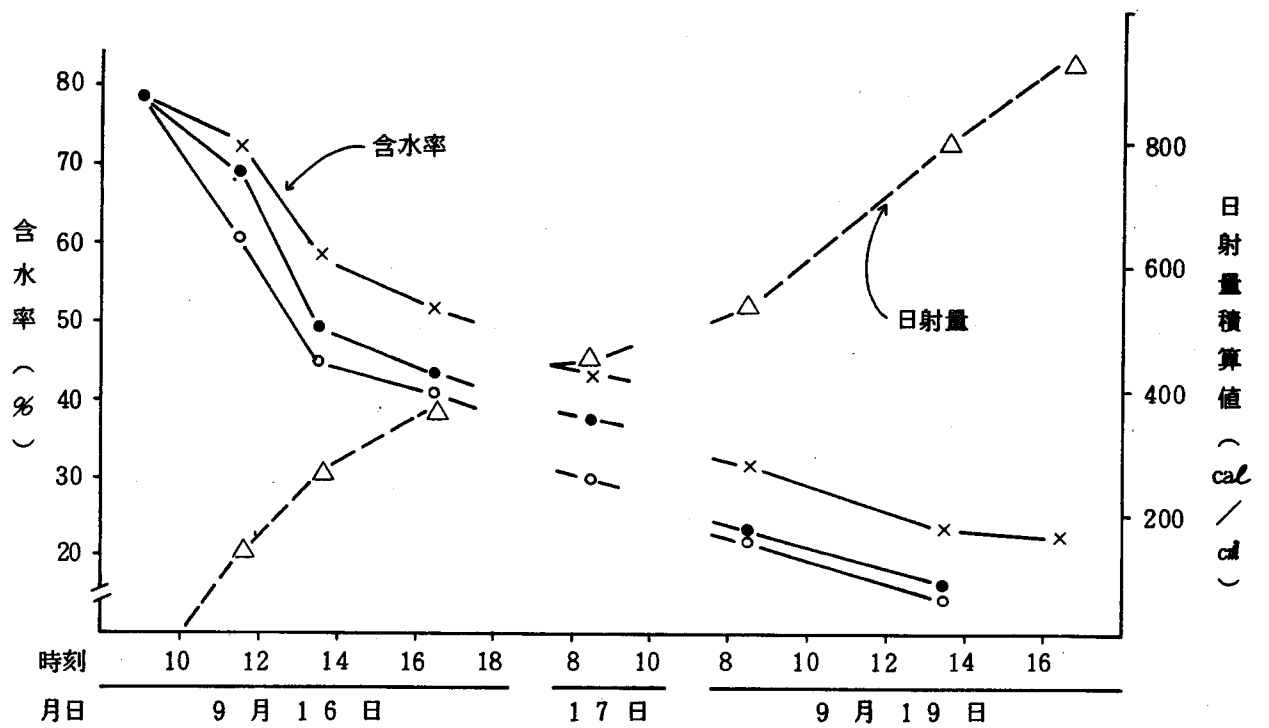


図1-⑥ 乾燥経過 (6月16日フレイル・モーア刈)

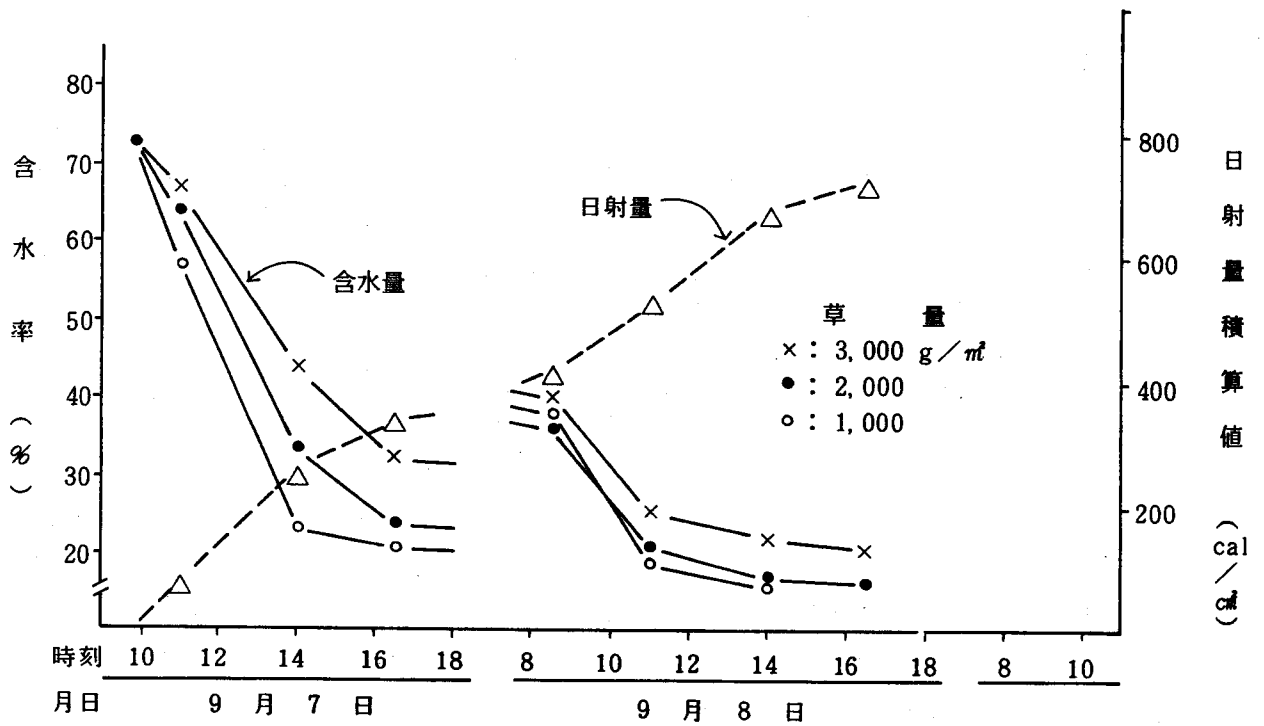


図1-⑦ 乾燥経過 (9月7日フレイル・モーア刈)

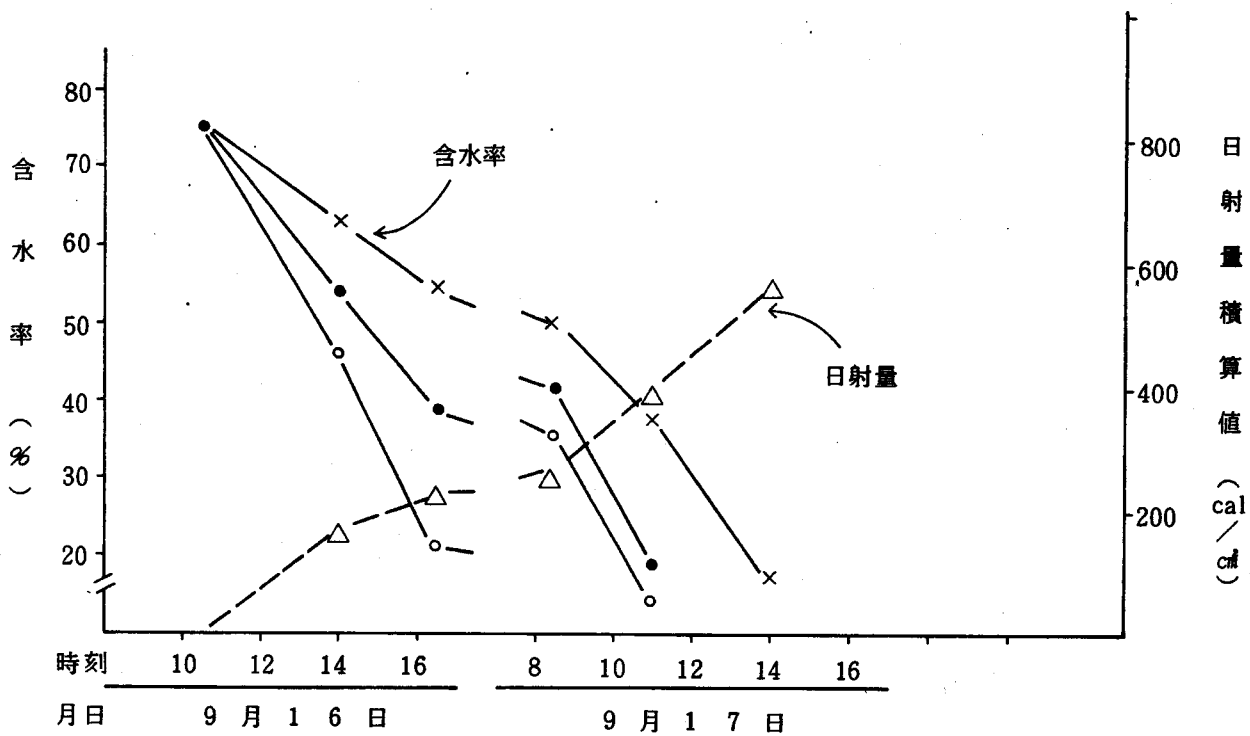


図1-10 乾燥経過 (9月16日フレイル・モーア刈)

各時期を通してみると、初日より2日目で含水率低下のカーブが緩やかになること、16時以降は変化が小さいことがみられた。また、1番草でも時期が遅くなって生育ステージが進めば、2日目終了時で30%以下、あるいは20%以下まで含水率が低下した。さらに、2番草ではより少ない日射量での含水率低下がみられた。

以上の結果から、実用的作業法につなげて考察してみよう。晴天日が3日と連続し難いことから、乾草仕向けの材料牧草は開花期以降のものが望ましく考えられる。刈取はフレイル・モーアを使用することで、乾燥促進がかなり期待できる。フレイル・モーアの使用では、機械的収穫損失や雨を受けた際の溶脱損失を大きくするとか、刈取草地の再生が遅れることが言われているが、乾燥促進効果は最も高い。乾燥促進を目的とした各種のモーア・コンディショナが販売されているが、フレイル・モーアに勝るも

のはみられない。

2日目終了時で牧草含水率は30%前後にできるが、それから乾草として収納できる含水率までは長時間を要する。しかしながら、3日目以降の晴天確率が小さいことから、30%程度の含水率で収納できる技術の開発が望まれる。梱包サイレージ法が確立され、普及しているが、二次発酵を抑制できる技術が伴うなら、より有効な技術となるであろう。

#### (2) 蒸発に必要な日射量

図1に示した乾燥の経過を追った数値から、材料牧草の各含水率における蒸発に必要な日射量について、多少の補正でグラフ化したものが図2である。

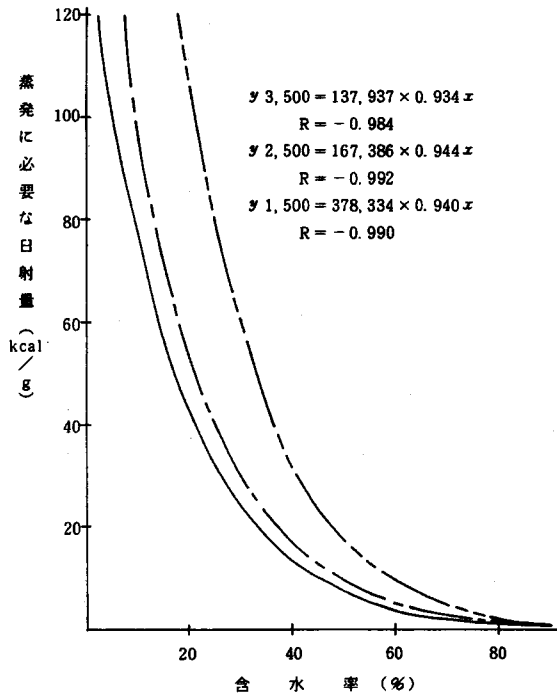


図2-① 乾燥と日射量  
(5月26日フレイル・モーア刈)

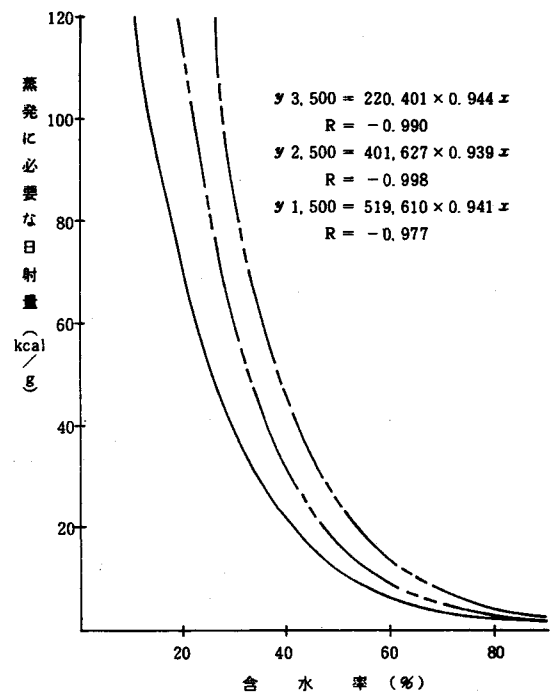


図2-② 乾燥と日射量  
(5月26日レシプロ・モーア刈)

刈取直後の含水率80%程度では、蒸発に必要な日射量は1~4 Kcal/gと小さく、草量の多少による差も小さいようにみえる。しかし、乾燥が進行して含水率が低くなると必要日射量は極端に大きくなり、草量の多少による差も大きく開いてくる。図2-①と図2-②の比較では、レシプロ・モーア刈が乾きにくく、より大

きい日射量を要していることがわかる。

水分の蒸発に直接必要な熱量は25℃の場合で583 cal/gといわれている。しかし、実際の場面ではそれより多くの熱量を要して効率が低い。各条件における牧草乾燥の際の太陽熱量の利用効率をグラフ化して図3の①~③に示した。

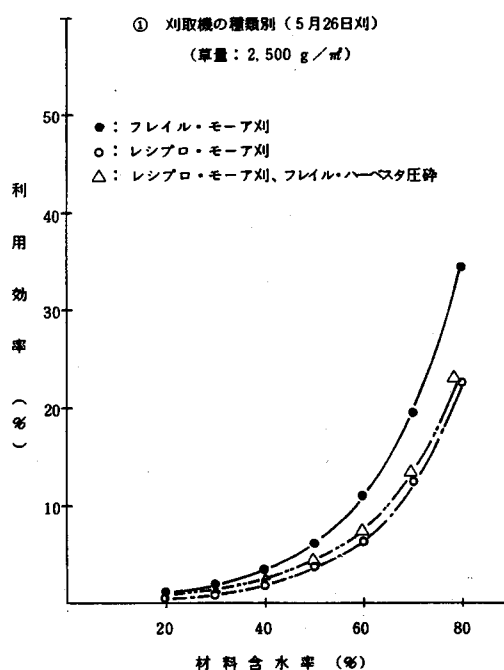
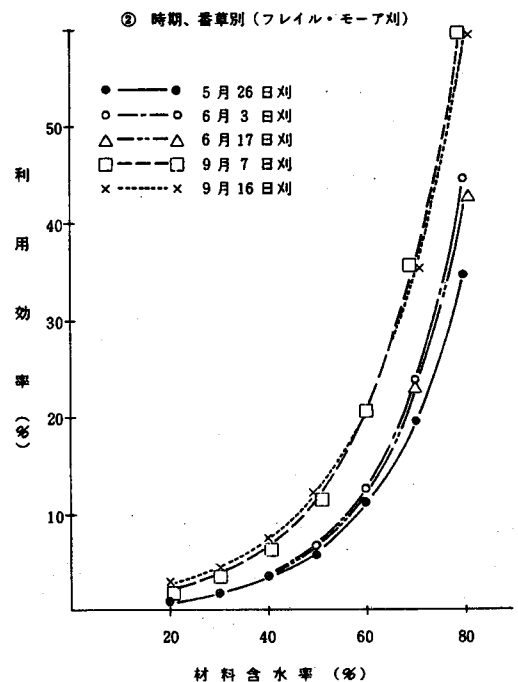
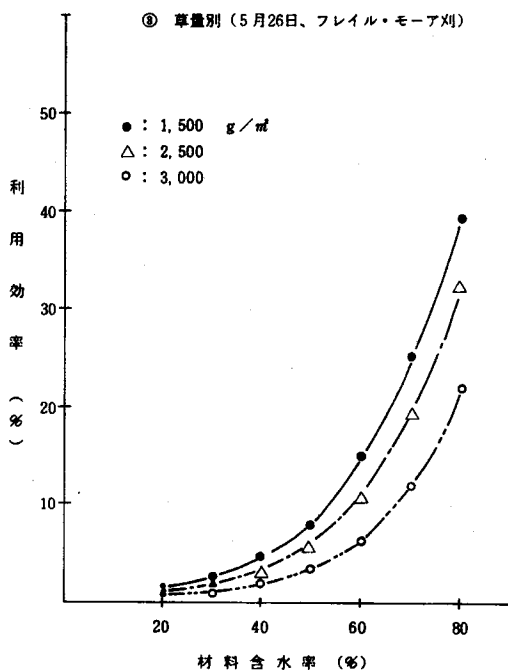


図3 太陽日射量の乾燥利用効率







刈取直後の含水率80%程度の乾燥初期では、必要日射量という見方では各条件間の差が小さくみえたが、利用効率では、刈取機や時期、草量別とも差が大きく開き、乾燥が進むにつれて効率は極端に低下して、条件間の差がみられなかった。つまり、各条件間の乾燥進度の差は、乾燥初期に大きく、この差の開きが乾燥終了まで影響して続くことの結果であった。

次に、どれだけの積算日射量でどれだけ乾燥できるのか、含水率の減少と積算日射量の関係を図4-①から図4-⑧に示し、解析を試みた。

1番草の場合、フレイル・モーア刈で、ゆるやかな曲線を示したが、かなりの範囲で2本の直線で近似できることが知られた。図4-①の場合では、含水率45~50%までの減少は急で、草量によって積算日射量には開きがあって350~550 lyを要していた。後半の乾燥進行は緩やかで、各草量別の関係直線は差がなく平行的な推移がみられた。最終的に含水率20%までの必要積算日射量は、草量別に1,100~1,300 lyで200 lyの差がみられたが、この差は前半の差がそのままであった。このような特徴は、1番草でフレイルモーア刈とレシプロ・モーア刈でフレイル・ハーベスタ圧碎の条件下では、共通し

てみられた。(図4の①と③、④、⑤、⑥)。

レシプロ・モーアで刈取して圧碎しない場合(図4-②)、含水率減少と積算日射量の関係は1本の直線に近似でき、傾斜は緩やかであった。

再生草のフレイル・モーア刈の場合、9月7日刈では2段階の直線を示したが、前半(1次)から後半(2次)への移行は含水率30%以下の線で、かなり低い範囲であった(図4-⑦)。刈遅れとも言える9月16日刈の場合では、1次から2次への変化がみられなくて、1本の直線で示された。(図4-⑧)

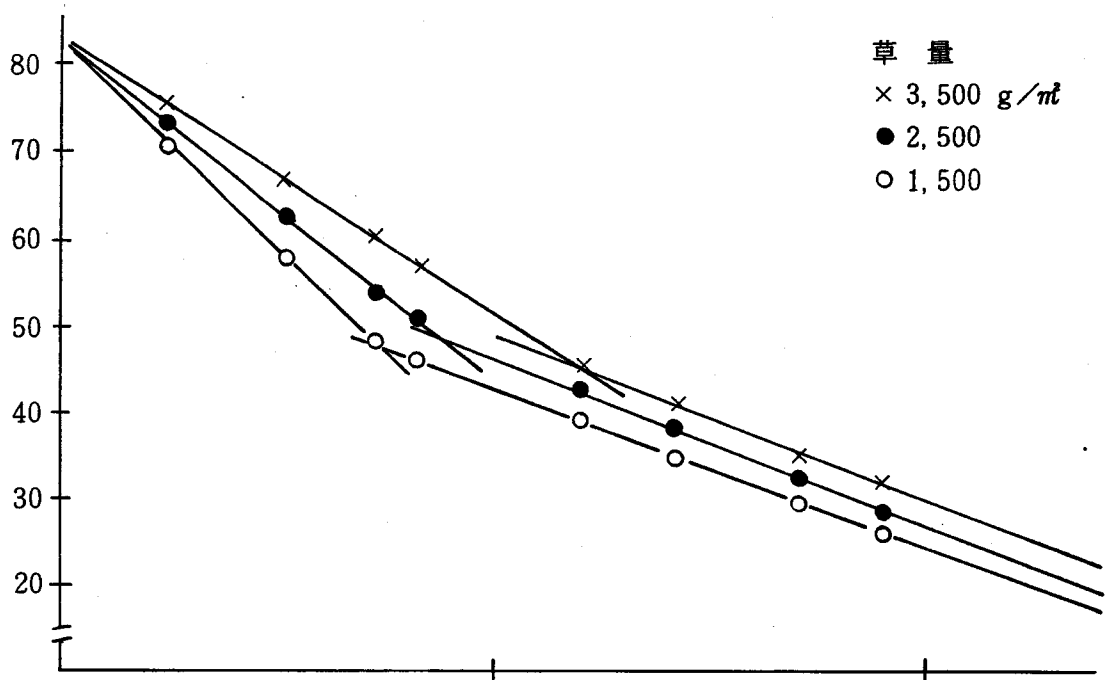


図 4-① 含水率減少と日射量 (5月26日フレィル・モーア刈)

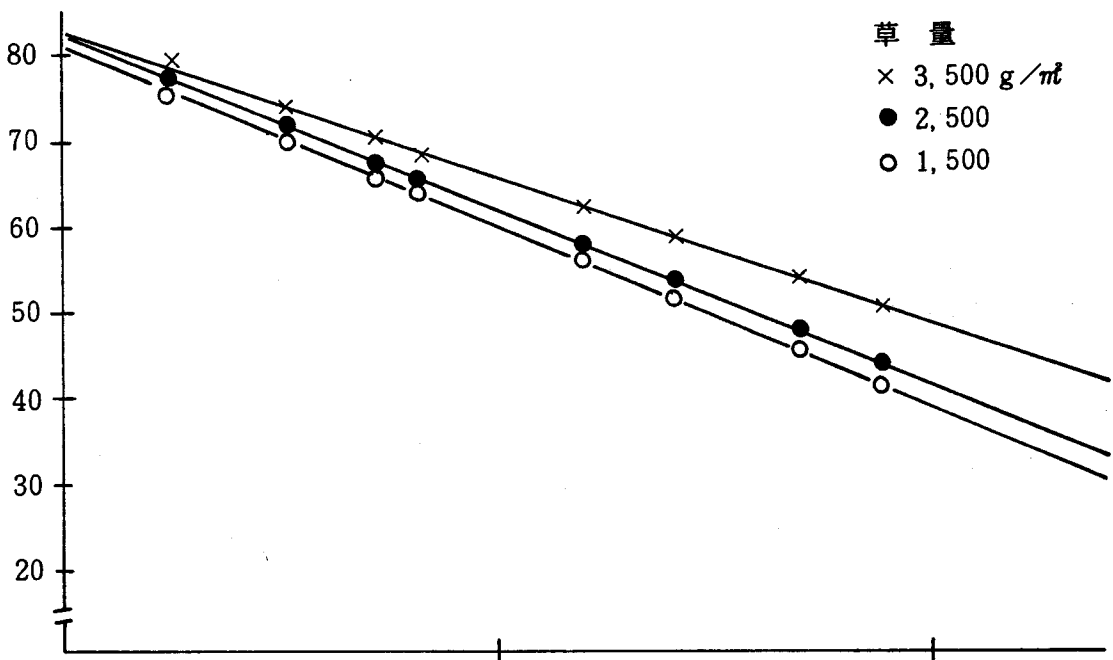


図 4-② 含水率減少と日射量 (5月26日レシプロ・モーア刈)

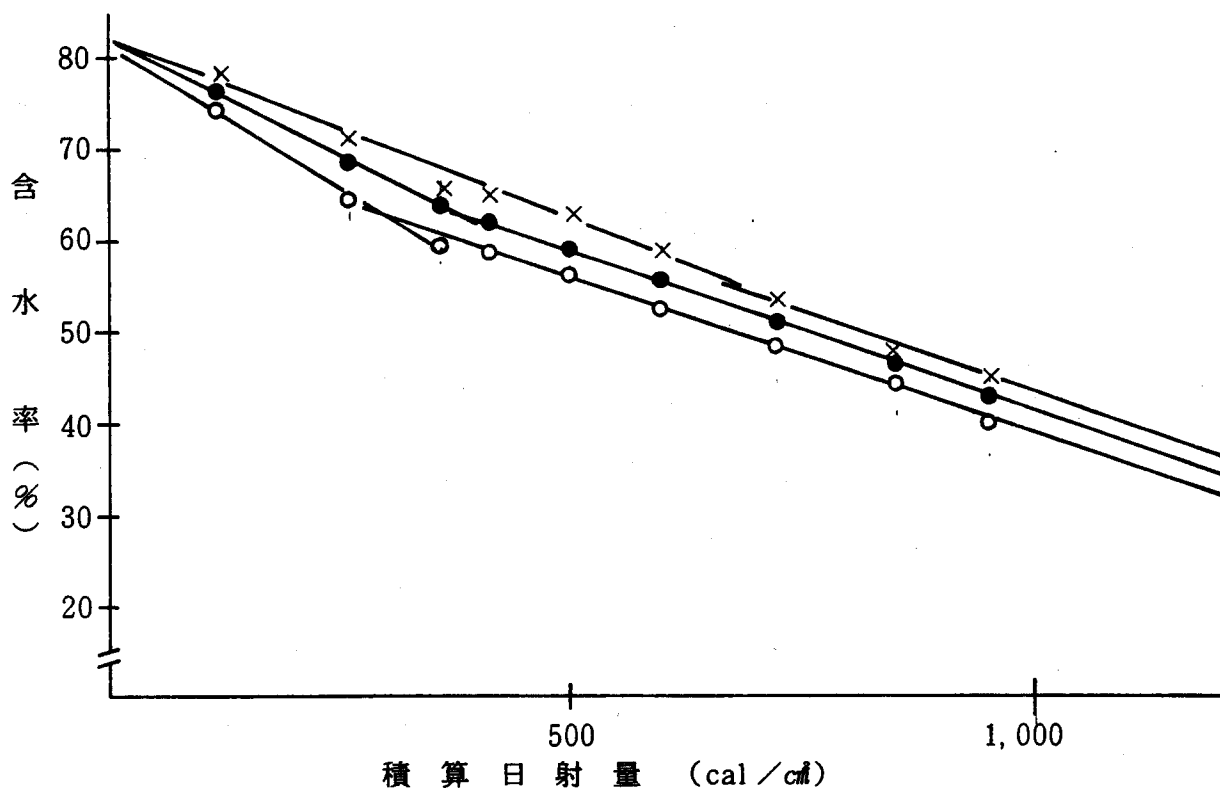


図4-③ 含水率減少と日射量 (5月26日レシプロ・モーア刈、フレイル・バベスタ圧碎)

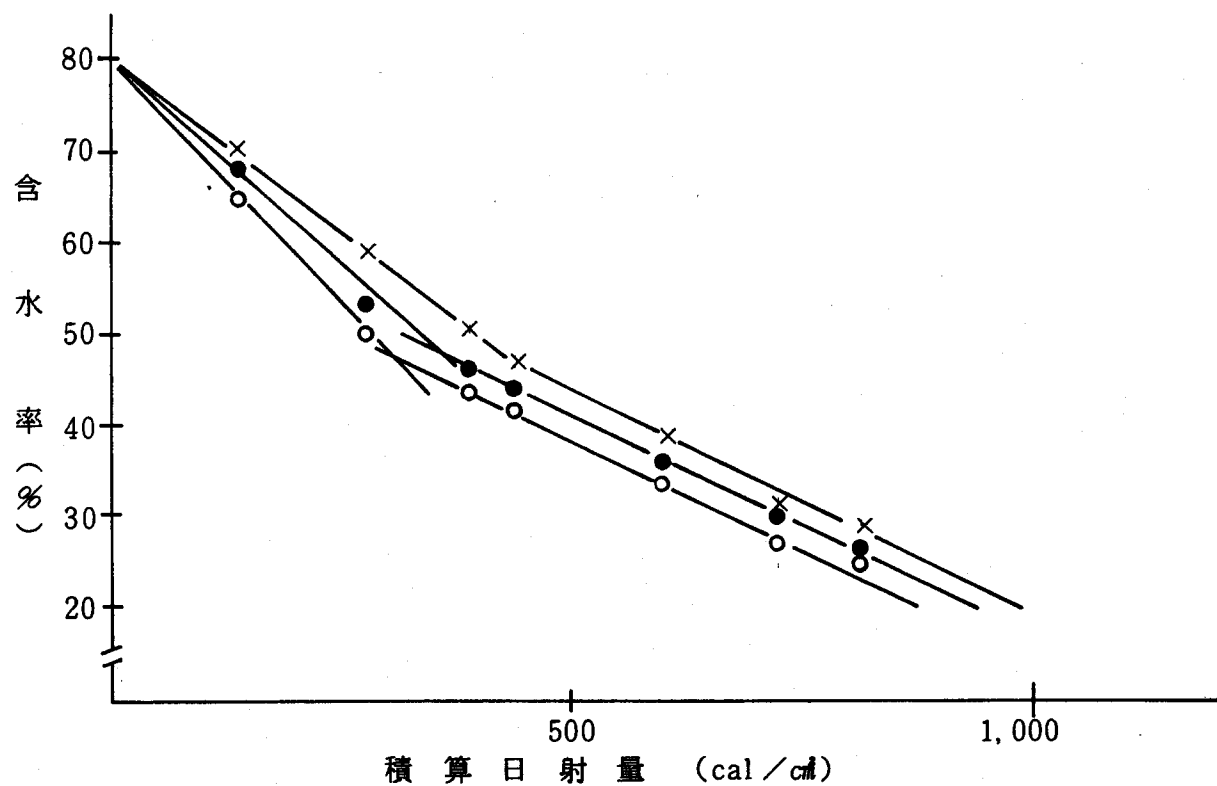


図4-④ 含水率減少と日射量 (6月3日フレイル・モーア刈)

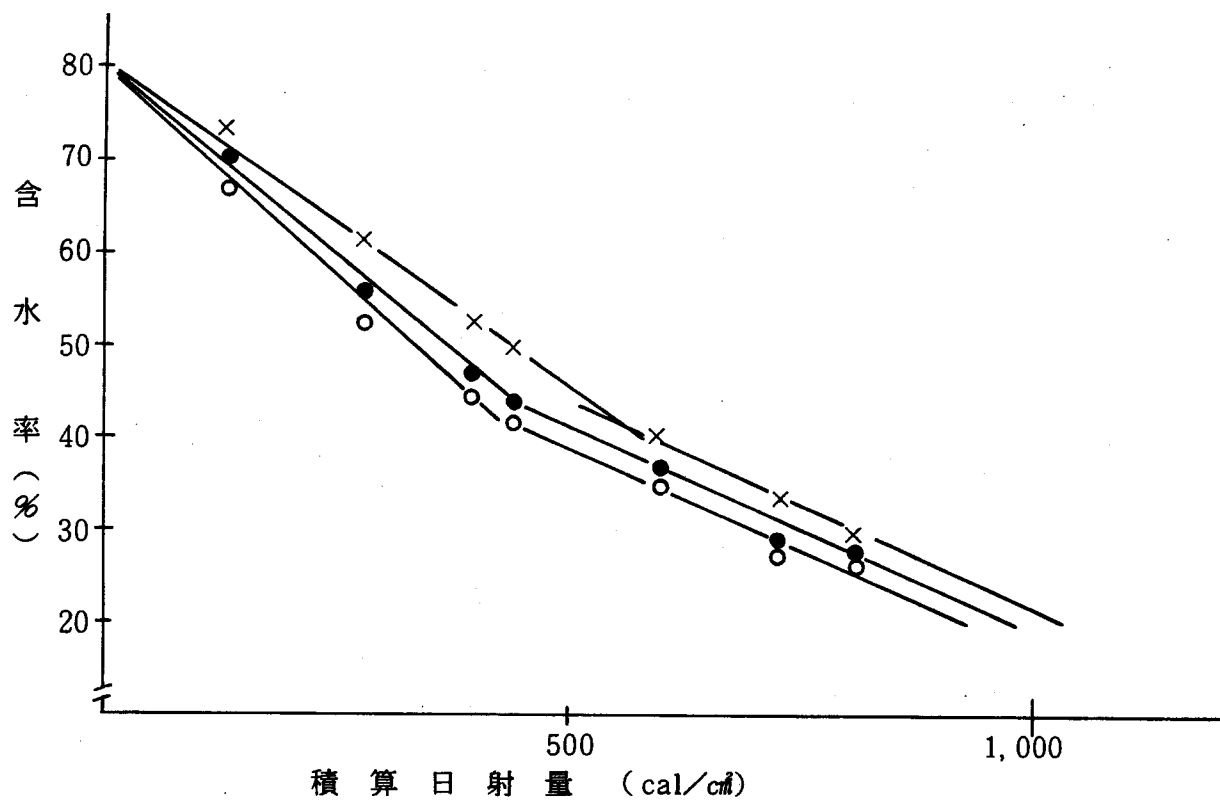


図4-⑤ 含水率減少と日射量 (6月3日レシプロ・モーア刈、フレイル・ハーベスタ圧碎)

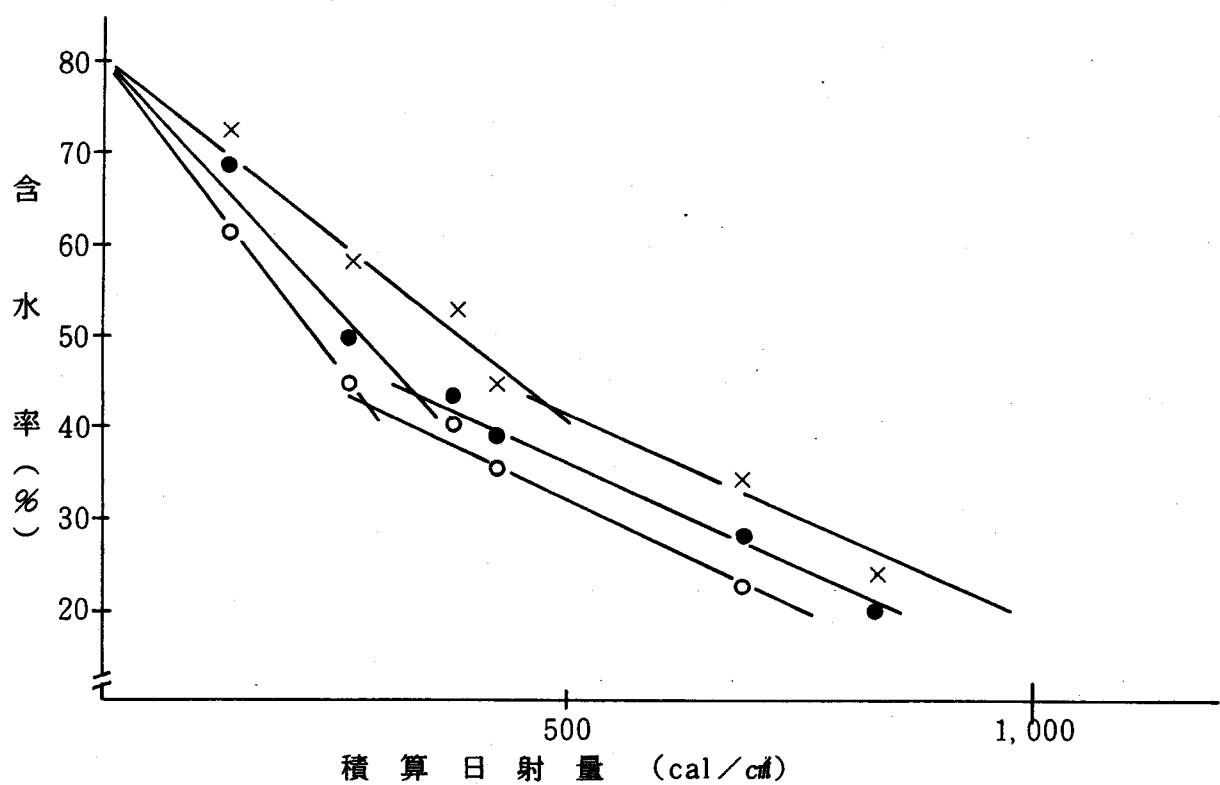


図4-⑥ 含水率減少と日射量 (6月16日フレイル・モーア刈)

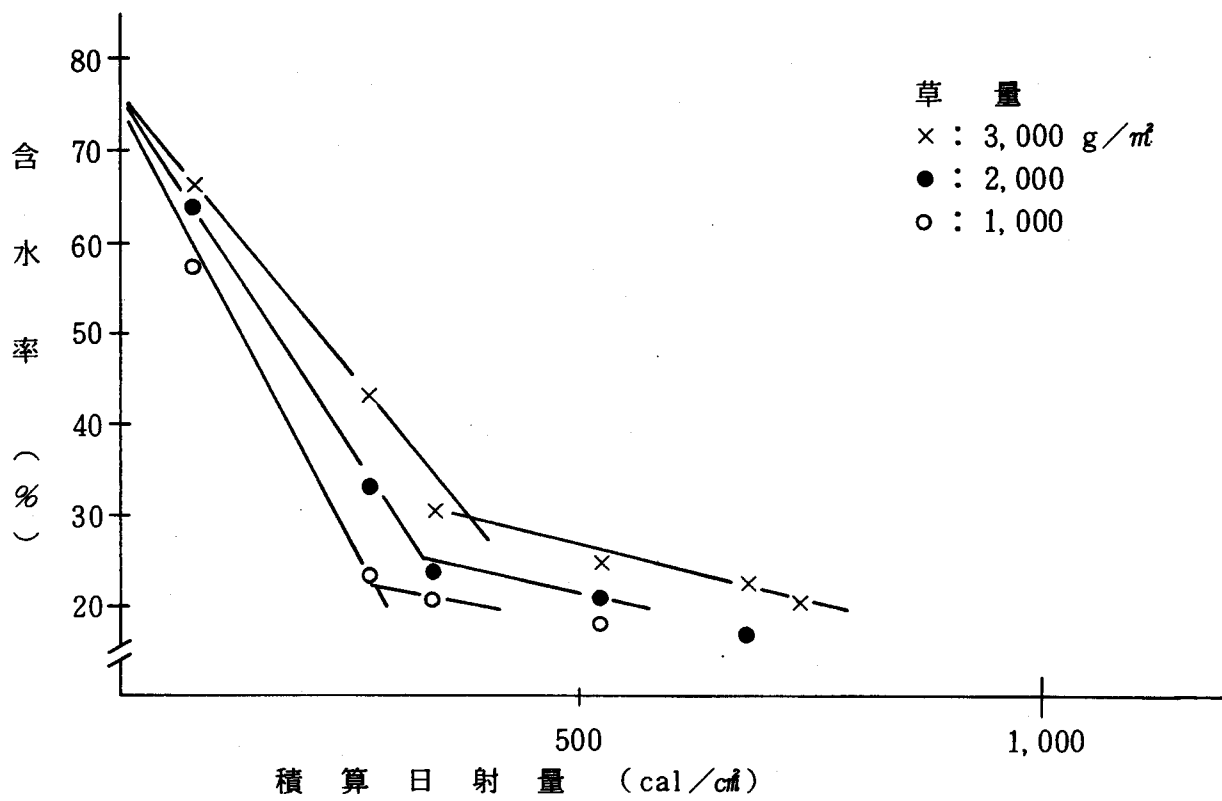


図 4-⑦ 含水率減少と日射量 (9月7日フレイル・モーア刈)

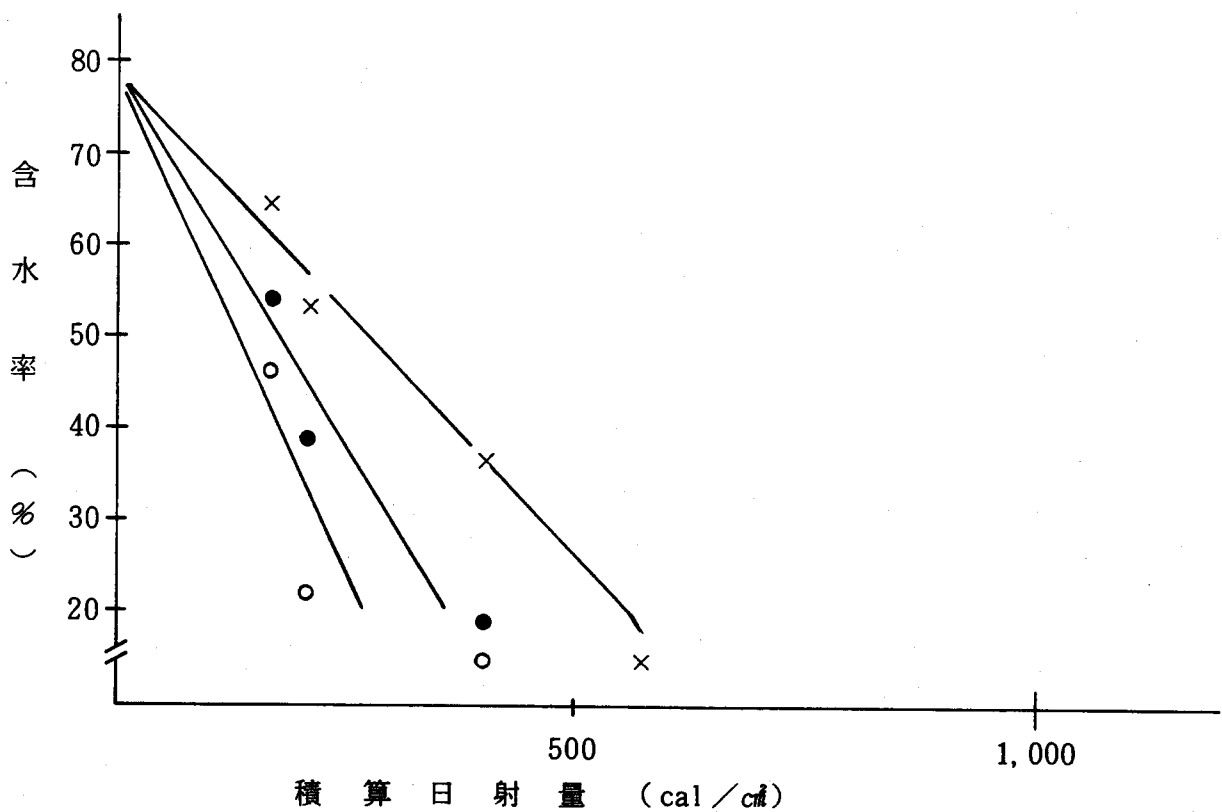


図 4-⑧ 含水率減少と日射量 (9月16日フレイル・セーア刈)

含水率20%までの必要な積算日射量は、前項で記したように、各番草とも生育日数が遅くなって生育ステージの進んだ材料草ほど、小さくなる傾向が明らかであった。

図4に示された近似線について

$$Y = A \cdot x + B$$

ただし、Yは牧草含水率

xは積算日射量

として求めて表3に一括して示した。これは全てフレイル・モーア刈によるものであり、前半(1次)と後半(2次)に区分されたものは2段階で示し、Aで表わされる減少係数について

は、含水率20%までの全体を通したものも示した。

乾草を良く貯蔵しておくためには、含水率を15%程度まで乾燥させることが肝要であるが、この試験では一応20%を目安とした。含水率が20%に達して乾燥が終了するまでに必要な積算日射量は、草量の多少や刈取機の違いだけでなく、時期の差も明らかであった。そして、その差は乾燥経過の前半の第1次段階の直線で示される範囲で生じることが明らかであった。

表3 日射量ベースによる含水率20%までの減少係数

調査月日	平均飽差 (m b)	草量 (kg/m <sup>2</sup> )	第1次		第2次			20% 減少係数 (%/Q1y)	
			A (%/Q1y)	B (%)	成立範囲 (Q1y)	A (%/Q1y)	B (%)		成立範囲 (Q1y)
56年 5月26日 から	10.3	1,500	-0.084	79.9	0~390	-0.036	61.5	390~1,150	-0.052
		2,500	-0.076	82.2	0~440	-0.037	65.4	440~1,230	-0.051
		3,500	-0.062	82.7	0~630	-0.036	66.5	630~1,300	-0.048
6月3日 から	10.5	1,500	-0.102	78.9	0~310	-0.042	60.4	310~970	-0.061
		2,500	-0.094	79.5	0~320	-0.043	63.6	320~1,000	-0.059
		3,500	-0.076	79.6	0~450	-0.042	64.6	450~1,070	-0.056
6月16日 から	7.6	1,500	-0.139	81.5	0~280	-0.049	56.4	280~750	-0.083
		2,500	-0.123	83.4	0~300	-0.054	63.0	300~800	-0.080
		3,500	-0.088	83.2	0~470	-0.044	62.5	470~950	-0.066
9月7日 から	11.0	1,000	-0.184	73.0	0~280	-0.019	28.3	280~400	-0.134
		2,000	-0.149	74.5	0~330	-0.021	31.2	330~570	-0.095
		3,000	-0.121	74.9	0~380	-0.027	40.4	380~780	-0.073
9月16日 から	9.8	1,000	-0.156	70.4	0~270				156
		2,000	-0.146	75.5	0~360				146
		3,000	-0.106	78.3	0~560				106

注) 6月16日までは1番草、9月7日からは2番草。刈取はフレイル・モーアによる。

3)

鈴木らは、初期蒸発量・日射量比が気温差と強い関係にあるとしている。我々の数値では、図5に示すように、1番草だけに限って示すと相関が示されたが、再生草を含めると説明できなくなった。

さらに鈴木らは、乾燥進度の予測という点から、牧草の乾草経過は日射量に1次的に規制され、飽差によって2次的に規制されること、つまり、乾燥進度の予測は積算日射量により確立されるが、季節的な変化は飽差で補正すること

でより正確性を増すものと説明している。これについても我々の数値では、図6に示すとおりで関係を説明できなかった。このことについては、鈴木らの試験地の熊本と岩手の地域の違い

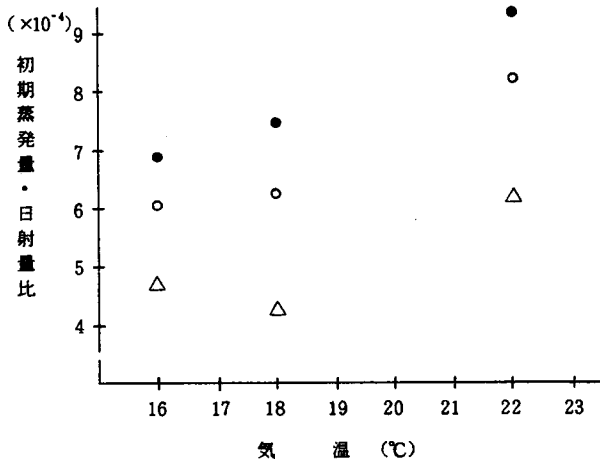


図5 初期蒸発量・日射量比と気温の関係

注) ①刈取直後2時間のデータによる。  
② 5月26日の気温16°C、6月3日が18°C、6月16日が22°C

我々は、季節あるいは時期的に差を生ずる要因は、牧草の生育ステージ別の形態的な変化によるものであろうと推察した。このことは旧来から経験的に言われていることであるが、今回それを定量的に説明できるまでには至らなかった。

乾燥進度の予測を行なうものとして、関係図を作成して図7と図8に示した。つまり、1番

であり、岩手では飽差の季節的な変化の明らかな傾向のみられないことによる違いとも考えられた。

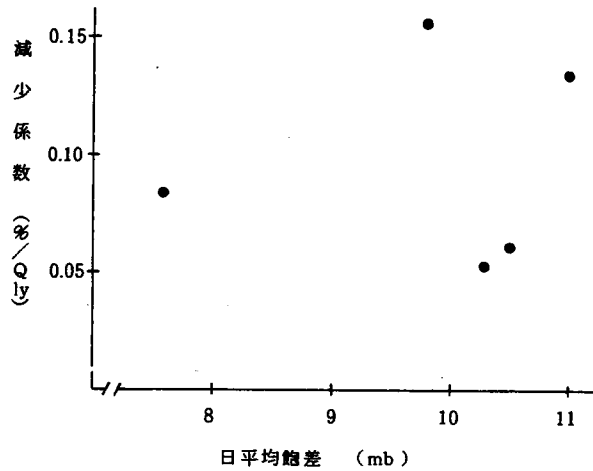


図6 減少係数と飽差の関係

草と再生草別に、フレイル・モーア刈の条件下で、草量の多少と時期別に、積算日射量に規定されて変化する含水率低下の関係図を画いた。この結果と時期的な日当日射量(表4は滝沢の例)を用い、天気予報などを勘案すれば、乾燥進度の予測はかなりう。

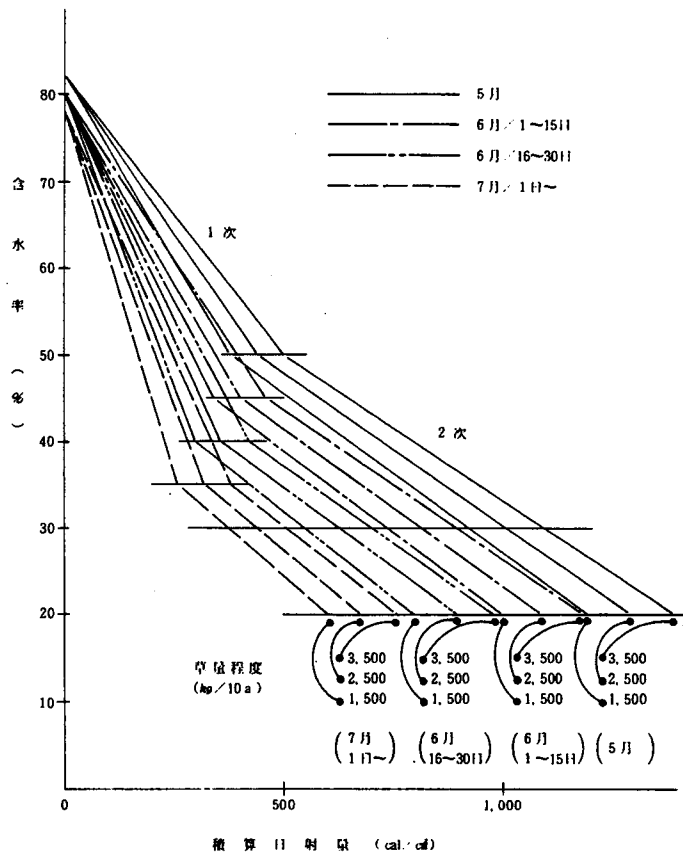


図7 1番草の日射量と乾燥進行 (フレイル・モーア刈)

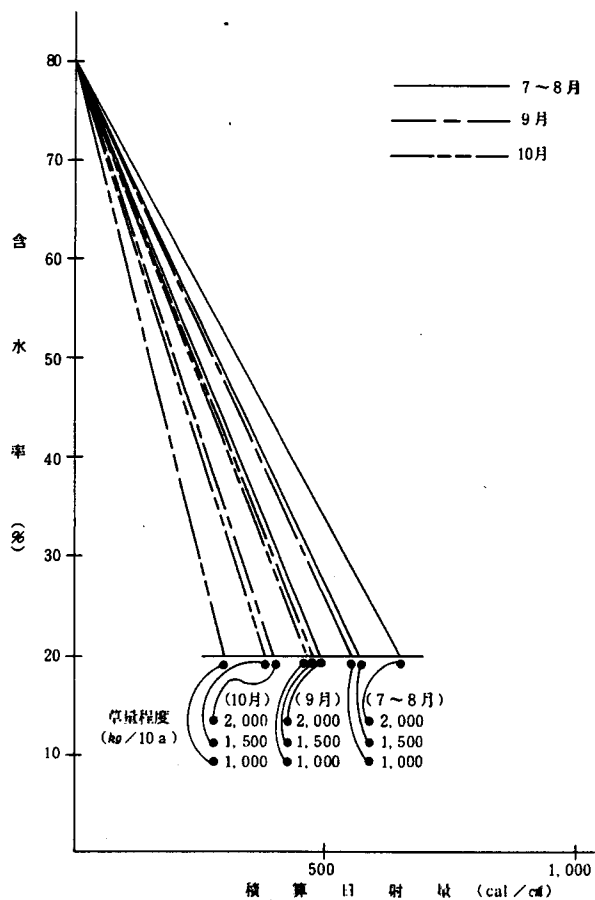


図8 再生草の日射量と乾燥進行 (フレイル・モーア刈)



表 4 - ① 旬別天気出現確率 (滝沢 : 45 ~ 56 年)

		は		れ		く		も		り	
		平	均	標	準	偏	差	平	均	標	準
4 月	上旬	5.18		1.60		2.09		1.14			
	中旬	5.82		1.66		1.64		1.36			
	下旬	5.73		1.90		1.18		0.98			
5 月	上旬	5.00		1.41		2.08		1.08			
	中旬	5.58		1.38		1.17		1.03			
	下旬	5.53		1.74		2.57		1.78			
6 月	上旬	5.33		1.67		2.58		1.73			
	中旬	3.17		1.64		3.75		2.14			
	下旬	3.75		1.76		3.83		1.85			
7 月	上旬	3.00		2.04		3.58		2.43			
	中旬	3.50		1.57		3.00		1.60			
	下旬	4.84		2.48		2.86		1.64			
8 月	上旬	4.50		1.98		2.42		1.24			
	中旬	4.58		1.88		2.67		1.61			
	下旬	4.38		2.27		2.40		1.40			
9 月	上旬	4.00		2.22		2.08		1.56			
	中旬	3.83		1.75		2.58		1.68			
	下旬	4.08		1.93		2.75		2.38			
10 月	上旬	5.66		1.56		2.00		1.13			
	中旬	5.42		2.02		2.83		1.64			
	下旬	3.85		1.26		2.70		1.21			
11 月	上旬	5.83		1.64		1.83		1.27			
	中旬	4.25		1.91		2.08		1.31			
	下旬	3.50		1.83		3.58		2.27			

表4-② 旬別日射量 (滝沢：51～55年)

		は		れ		く		も		り	
		平	均	標	準	偏	差	平	均	標	準
4	上旬	412.38		57.47		217.87		66.97			
	中旬	440.10		36.46		225.00		49.00			
	下旬	468.98		52.01		275.00		149.39			
5	上旬	527.86		63.61		271.25		112.14			
	中旬	538.74		84.96		252.33		89.50			
	下旬	561.46		32.75		336.36		94.50			
6	上旬	557.20		70.22		335.40		142.70			
	中旬	526.00		106.00		355.52		130.51			
	下旬	558.48		77.09		308.50		79.27			
7	上旬	562.58		69.78		358.86		140.82			
	中旬	532.50		115.86		395.36		117.21			
	下旬	529.22		40.55		342.48		120.42			
8	上旬	512.78		96.82		252.46		67.63			
	中旬	508.02		63.33		353.04		115.41			
	下旬	461.98		49.92		308.76		79.26			
9	上旬	434.20		49.38		262.08		76.70			
	中旬	418.68		77.06		253.06		94.66			
	下旬	371.02		60.79		247.83		25.87			
10	上旬	354.72		45.66		167.30		28.88			
	中旬	312.14		26.15		178.30		51.23			
	下旬	276.52		48.63		164.72		42.85			
11	上旬	231.60		38.59		197.12		121.29			
	中旬	196.24		42.95		135.70		30.09			
	下旬	195.83		28.12		135.38		23.01			

### 3. ベーラの作業性能とロール乾草の運搬 収納法

#### 1) 目的

ビッグ・ラウンド・ベーラの作業体系の特徴は、収穫から収納まで一貫して機械力で行なうワンマン・オペレーションができること、梱包作業と搬出・格納作業を分離し、作業計画を都合よく組めることであるとされている。このような特性を活用することで、労力の効率活用のできる少人数による流通乾草の生産技術体系確立を試みる。さらに、概して公共草地は山地傾斜地にあるため、ベーラの傾斜草地への適合性を明らかにして安定作業法を探り、傾斜草地での利用拡大をねらう。

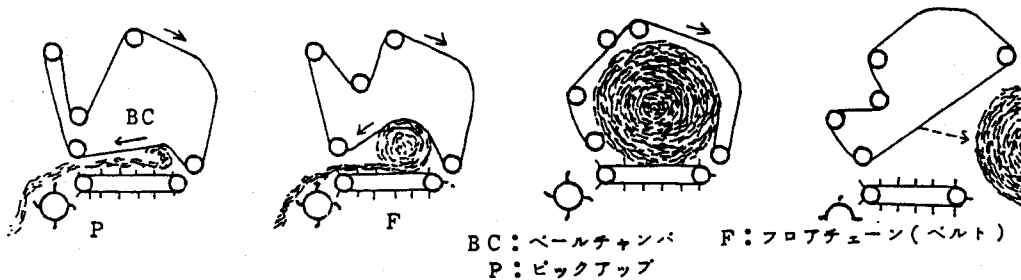
#### 2) 試験方法

##### (1) 供試機械

① 梱包機(ベーラ)：NH851型ビッグ・ラウンド・ベーラ、② 梱包取扱機：MF185型トラクタおよびヘイ・フォーク付フロント・ローダ、あるいはNHベールハンドラー90、③ 運搬機：2軸4輪3t用牽引トレーラ ④ ベーラ用トラクタ：FORD 6,600、およびMF1104-4WD(傾斜地対応)

##### (2) 供試圃場

##### 可変径型



##### 定径型

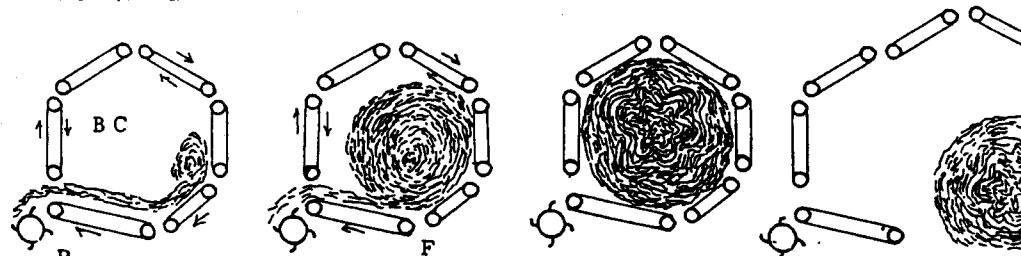


図9 可変径型ベーラと定径型ベーラおよびその機能

#### (3) 供試材料

岩手県畜試草地および同外山分場草地。いずれも造成数年後のオーチャードグラス主体混播牧草地。畜試草地は傾斜角5度程度までの平坦地で、分場草地は傾斜角8~20度までの傾斜地である。

#### (3) 供試材料

オーチャード・グラス主体の混播牧草を各生育時期で適宜用いた。収穫時の草量は生草で10a当たり1,500~2,700kgであった。刈取はフレイル・モアで、集草は集草量を調節できるサイド型レーキで行なった。反転は、ジャイロ・デッドを用いて、日当たり2~3回行なった。

#### 3) 結果と考察

##### (1) ベーラ作業

ビッグ・ラウンド・ベーラは、梱包されるロール乾草の直径を自由に変えられる可変径型と、変えられない定径型とがみられる(図9参照)輸入機種の場合、いずれもロール乾草の最大寸法は、長さと同直径はほぼ同じで150~180cm程度である。供試機としては、可変径型で寸法が160cmのものを用いた。これは半乾牧草の収穫の場合に、ロール乾草の径を小さくして、重量を調節する必要を考えたためであった。

このペーラは、乾草拾上げ、かき込み能力が大きく、これが高い梱包能率の要因であった。図10は、ウインドロウ草量と1梱当たりの梱包時間である。ウインドロウの長さ1m当り 2.5～3.0 kgの草量を用意することで、ペーラ作業はトラブルを生じることなく、1梱当たり2.7分（巡回、トワイン巻、ロール放出などを含まない）の高能率で行なわれた。このとき、ウインドロウの幅は90～120cm、高さは約30cmまでであり、これらの数値はトラブルを生じないで円滑なペーラ作業を行なうための上限と思われた。

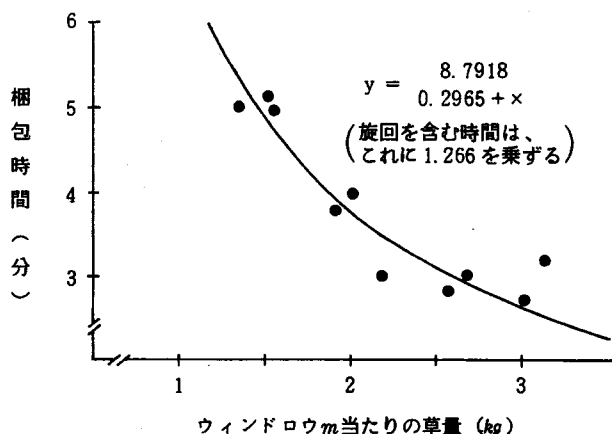


図10 ウインドロウ草量別のピック・ペーラ梱包時間

注、1梱重量は約500kg

ロール乾草の重量は表5に示すとおりであり、500kgに及ばない平均約480kgであった。より乾燥した材料草ほど梱包量が少なくなる傾向は、後々観察された。フレイル・モーアによる刈取も、梱包密度を小さくする傾向にあることが推察された。

表5 ロール乾草の重量

	1 番 草	2 番 草
平均重量	474 kg	486 kg
(標準偏差)	± 30.1	± 21.5

- 注 1. フレイル・モーア刈取オーチャードグラス  
2. 水分13.8%

表6は、巡回やロール放出を含む梱包作業の実時間である。1番草で1ロール当たり約5分、2番草で6分余りであった。この番草間の差は、ウインドロウ作りでは草量が一定になるように注意するが、実際上では草量差を生じてしまうためや、施回距離が長くなるためのものであった。時間当り能率としては、6.1t～4.9tあるいは1.6ha～1.3haであった。

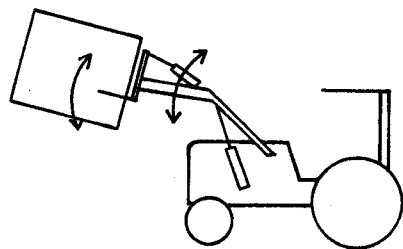
表6 1梱当たりの作業時間

	1 番 草	2 番 草
梱包(巡回含む)	3 分 02 秒 (2' 35" ~ 33' 28")	4 分 10 秒 (2' 50" ~ 4' 35")
トワイン巻き	1 分 02 秒 ( 32" ~ 1' 10")	1 分 05 秒 ( 58" ~ 1' 10")
放 出	54 秒 ( 32" ~ 1' 18")	58 秒 ( 32" ~ 1' 34")
計	4 分 58 秒 (3' 51" ~ 5' 21")	6 分 13 秒 (4' 20" ~ 6' 25")
時間当能率	6,050 kg/時 161 a/時	4,850 kg/時 129 a/時

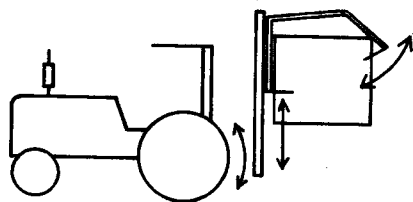
ビック・ラウンド・ベアラの作業は、材料牧草を拾上げ梱包して、満杯になった際には走行を停止して、トワインを巻いて、次にそのロール乾草を放出する。このことは、走行を停止することなく連続的に作業できるコンパクト・ベアラとは異なる点である。そして、ビック・ベアラの作業能率をおさえる要因となって、実作業能率がコンパクト・ベアラの約1.5倍程度に留まっている原因であった。梱包はできるだけ大きいものを作って、作業量に対する巡回停止の回数を少なくすることが、実作業能率の向上につながった。

## (2) ロール乾草の運び作業

ロール乾草のハンドリングは、図11に示したトラクタ前装のフロント・ローダと後装のベール・ハンドラーを用いた。後者は市販のものそのままである。前者は市販のものを一部改造した。つまり、アームの昇降とアタッチメント部分の振りに加えて、上方からロール乾草を押える機構をつけた。形状は手鎌状であり、油圧操作で上下に振るものとした。さらに、フォークは本来の9本から3本に減らしてロール乾草への刺さりを良くした。



フロント・ローダ（首振り型）



ベール・ハンドラ

図11 ロール乾草のハンドリング機械

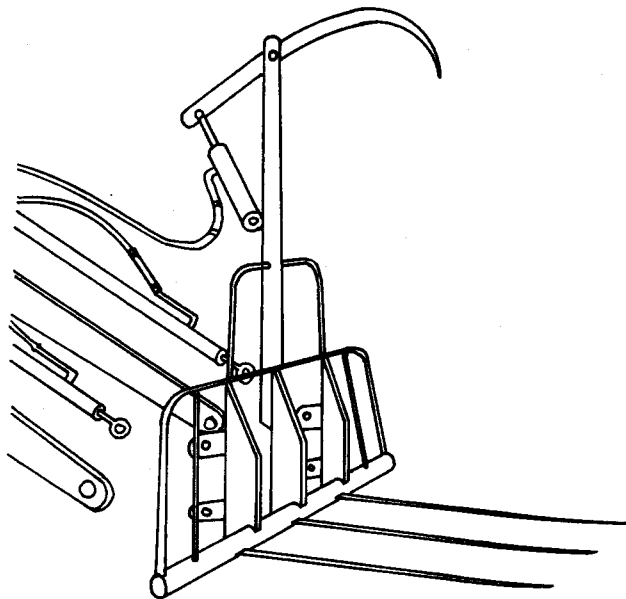


図12 ロール乾草用の改造フロント・ローダ

ロール乾草の地面への積上げは、双方の作業機とも3段まで可能であったが、フロント・ローダの方が操作が容易で能率も良かった。

ロール乾草の運搬貯蔵は2人のオペレータが担当し、ロール乾草のすくい上げや運搬車への積載、収納場での堆積の際に、フロント・ローダを操作するオペレータに対し、他のオペレータが誘導することは必須と思われた。しかし、運搬車としての2軸4輪のトレーラはトラクタとの連結・切り離しが容易であるため、1人作業も可能であった。

表7は、2人作業によって、畜舎そばの屋外にビニール・シートを敷き、下から3梱、2梱、1梱と3段に積み、長く連らねてカバー・シートをした作業の結果である。36梱の処理に358分余り、つまり約6時間を要した。1梱当たりで約10分、時間当たりで6梱3,000kgの能率であった。

表7の右側は、半乾草ロールを草地から搬出して、サイレージ化を目的としてビニール密封貯蔵した作業時間である。3梱ずつ2回、延6梱の処理に121分を要した。ロール半乾草堆積の後で、アンダー・シートとカバー・シートを

合わせて土を盛って密封する作業に、全体時間の30%近い33分余りを要した。堆積の単位を大きくするほど能率が高くなることは明らかであ

るが、二次発酵が生じ易い梱包サイレージの性質を考慮した場合、6梱あるいは9梱が適当な単位と考えられた。

表7 梱包草の運搬・貯蔵作業の能率

		乾草の運搬貯蔵		半乾草の運搬密封貯蔵	
準備		20分00秒		20分00秒	
回送		54分24秒	900m	13分36秒	1,350m
トレーラ積込		95分24秒	12回	16分50秒	2回
運搬		60分48秒	3梱ずつ	15分12秒	3梱ずつ
荷下し梱包積上		100分00秒		18分24秒	
シート敷被覆		27分50秒		5分30秒	
密封				33分27秒	土寄せ
合計		358分26秒		120分59秒	
		9分57秒/梱		20分10秒/梱	

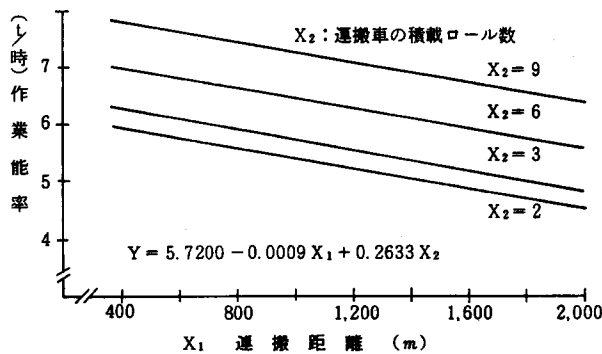


図13 ロール拾上げ、運搬、野外堆積貯蔵の作業能率

ビッグ・ベアラ方式と従来からのコンパクト・ベアラ方式による乾草の梱包から収納までの作業を、同時進行で行なって比較を試みた。(図14)。ビッグ・ベアラ方式では、オペレータは1人で他に1人の補助(女作業員)をつけた。初日は梱包作業だけを行ない、補助員は夜露を防ぐためのビニール製キャップを被せる作業を行なった。2日目は草地からロール乾草を搬出し、畜舎そばの屋外へ堆積貯蔵した。補助員はシートの準備や被覆の手伝いを行なった。初日は午後からの1日半で43ロール、19,125 kg (1梱約445 kg)の処理ができた。

1方、コンパクト・ベアラ方式では、ベアラは高能力のNH315型を用い、ベール・スローアを付けた。そして、枠付きトレーラの使用で、梱包草を自動的に運搬トレーラに積載できる方式であった。この方法での積載量が75~85梱のトレーラを3台用いて、2人のオペレータで運搬した。即時収納方式であるため、3人(男1人、女2人)で収納舎へ積み上げた。つまり、当日のうちに梱包から収納までを完了する方法で、6人の組作業で1,073ベール、12,876 kgを処理した。

ビッグ・ベアラ方式とコンパクト・ベアラ方式の作業能率を比較してみると、梱包可能日である初日だけを対象にした場合、前者はみかけ能率となるが時間当たり6,375 kg、後者3,219 kg、後者は3,219 kgであった。収納終了までの1人時間当たり能率では、前者が1,319 kgで後者は536 kgであり、前者の能率が高くて省力作業の効果の大きいことが明らかであった。

	初 日		2 日 目					能 率		
	13	15	17	9	10	12	13		15	17
ビッグベアラ → うんぱん・貯蔵 (1人)	ベール	3.0 ha							7.0 ha	梱包のみ 6,375 kg/時
補 助 (1人)		2.0					43ロール 19,125 kg		2.5	運搬・貯蔵まで 1,912 kg/時 1,319 kg/時・人
コンパクトベアラ (1人)		3.5								3,219 kg/時
う ん ぱ ん (2人)		3.5								536 kg/時・人
格 納 (3人)		3.5		1,073 ベール						12,876 kg

図 14 ビッグベアラ方式とコンパクトベアラ方式の作業内容の対比

経験的な確認として、ロール乾草を1~3日  
草地に放置しておくことは可能であった。10mm  
程度までの降雨を被った場合、雨の影響はロー  
ル乾草の上半分だけで、表面から2~5cmの位  
置で、全体重量の1~3%に過ぎなかった。こ  
の部分は「みの」の役割を果しているかのよう  
であったが、最終的にこの部分の全てが廃棄損  
失となるものでもなかった。

結局、短期間のロール乾草の草地への放置が  
可能なことは、梱包作業と収納作業を分離し、  
後者を後日に回すことを可能にした。つまり、  
材料草の乾草が充分でベアラ作業が可能な日  
にはベアラ作業に専念し、ロール乾草の搬出・収  
納を後日に回すことができた。このことは、一  
般に晴天が続かないためにベアラ作業可能日が  
少ないという条件下では、一定期間における作  
業量や作業能率の拡大につながることで、さら  
に乾草調製作業の組人員の大巾な縮小を可能に  
する利点であった。

ロール乾草の草地への放置が長くなるときは、  
ビニール製袋状のキャップを作っておいて、こ  
をロール1梱ずつに被せる方法が有効で、簡便  
に能率良く行なうことができた。しかし、放置  
が長くなると地面に接する部分が水分を受けて  
変質してくるため、放置の日数は数日~1週間

限りと思われた。

### (3) ビッグ・ラウンド・ベアラの傾斜地適 応

農家への乾草供給機能が求められている公共  
牧場は、概して奥山に立地している。つまり、  
一般に、高海拔と傾斜草地を有する条件下にあ  
ることから、そこで活用しようとするビッグ・  
ベアラの傾斜適応性の確認は重要である。

公共牧場などの大型牧場では、傾斜草地への  
対応のためあって、大型四輪駆動トラクタの  
普及が多くみられる。この調査での供試トラク  
タはMF1104を用いたが、自重3.8tで95馬  
力のものであった。

図15に、ビッグ・ベアラ作業における登坂時  
のトラクタのスリップ率を示した。乾いた草地  
で20度の傾斜度まで登坂可能であり、そのとき  
のスリップ率は約13%であった。登坂限界の傾  
斜度の確認には至らなかったが、スリップ率の  
指数曲線的な増大からみて、22~23度の傾斜度  
であるものと推察された。

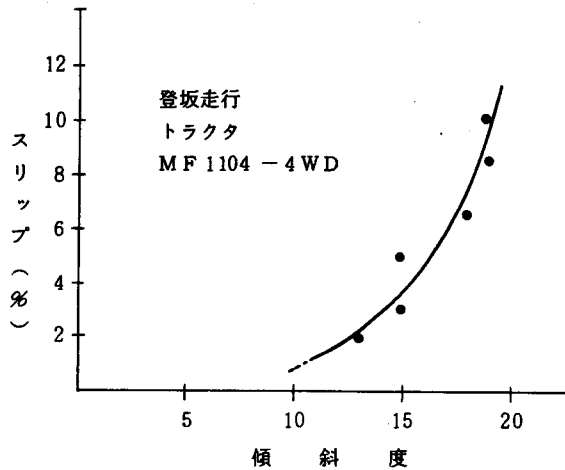


図 15 ビッグ・ペーラ作業登坂トラクタのスリップ率

実際の傾斜草地は、緩やかな斜面と急な斜面が混在して、また尾根面や谷面もあったりして一様ではないが、大部分が5～15度の傾斜で、一部が15～20度の傾斜を含む片斜面状である草地、いわゆる急傾斜草地での梱包作業能率を表8に示した。1梱当たり9分余りで、時間当たり3.2 tの能率であり、先の平坦草地の能率に対して67%に位置した。能率低下の原因は、遅い走行速度と多い旋回によるところが主であった。さらに複雑地形の草地では、能率の低下が予想されたが、20度程度までの傾斜草地での作業可能が明らかとなった。

表 8 急傾斜草地における1梱当たり梱包作業時間

	1 梱当時間 (分・秒)
梱包(旋回含む)	6 分 03 秒 (4'51"~6'48")
トワイン巻き	1 37 ( 49"~1'58")
放 出	1 33 (1'02"~1'49")
計	9 分 13 秒
時間当能率	3,255 kg/時

注) 2番草牧草

ピックアップ・ワゴンの作業を対称にした調査では<sup>7)</sup>、自重3.2 tの四駆トラクタに約1.5 tのワゴンを牽引して、18～20度の傾斜まで適応できることが知られている。農耕用特車といわれる四駆トラックが、低速走行ギアとラグ型

タイヤ・パターンの採用で、湿いた草地では20～22度の傾斜まで登坂可能なことも知られている。つまり、自重の大きい登坂性能の優れたトラクタを採用することで、ビッグ・ラウンド・ペーラ作業は他の作業と同様に20度程度の傾斜まで適応できるものと思われた。

具体的には、作業内容によっては適応がより低いものもあり、安全性も考慮した適合作業法は、表9のように整理された。

表 9 傾斜度の適合作業法

傾斜度	作 業 限 界
20° >	初期作業、登坂作業のみ可
16 >	登降坂作業が可
8 >	等降線作業、登降坂作業が可
5 ≧	作業は安全、ロール放出は可

8度未満では、傾斜のどの方向への走行も可能であったが、ロール乾草の放出では5度程度までの緩傾斜で行なう必要があり、これは作業能率も変化しない線と思われた。16度を越す傾斜では、降坂走行に危険が感じられるため、登坂走行だけにするとか、梱包が小さい初期作業に限るなどの考慮が必要と思われた。

#### 4. ロール乾草の貯蔵法および給与方法

##### 1) 目 的

ビッグ・ラウンド・ペーラを用いた乾草の梱包とフロント・ローダなどによるロール乾草のハンドリングは、省力に高能率で作業できることが明らかになった。ところで農家では、概して乾草の収納を牛舎二階に行なうことが多く、また収納スペースも不十分であるため、重量の大きいロール乾草の供給を受けても、そのハンドリングや貯蔵法、さらには給与方法についても困惑が予想される。そこで、ロール乾草そのままの野外貯蔵法や給与方法、さらには再梱包や個別別給与方法を目的としたロール乾草の解体法などが重要であるため、検討を行なった。



2) 試験方法

(1) 貯蔵法

オーチャードグラスやペレニアル・ライグラスの材料牧草を14~33%の含水率で梱包し、表

10に示すような処理の貯蔵法で比較した。また含水率25%程度以上の半乾草は、密封貯蔵でサイレージ化を図り、その品質評価は表11に示す基準で行なった。

表 10 ロール乾草の野外貯蔵の比較

無被覆雨ざらし	ア、地面に枕木または古タイヤ	イ、コンクリート面
シート被覆	上：ビニールシート 下：ア、地面に枕木または古タイヤ	イ、ビニールシート
密封（半乾草）	ア、ビニールシート（カバー、アンダー）使用	イ、素掘り土中埋蔵

表 11 ロール半乾草サイレージの品質評価基準

カビ有無	2 5 点	認められない→斑点状→面状
色	2 5	明るく、材料固有の色→発熱による褐色化→カビによる白濁色
触 感	2 5	サラサラして弾力あり→炭化によりもろくなる→カビまたは腐敗でヌルヌル
臭	2 5	やわらかいサイレージ臭→カビ臭→腐敗臭

(2) ロール乾草給与草架の試作

移動型草架：中古の1軸2輪2tトレラを用いて、アングル鋼で給柵を組み、2ロールずつ給与できるものとした。

定置型草架：2ロールずつ給与できるものを、木製で製作した。

(3) ロール乾草解体機の試作

ロールを立てて解体する回転テーブルの形で、ロールが倒れないように真上から支える機能、

回転はエンジンにより変速と正逆転できる機能などを取付けた。

3) 結果と考察

(1) ロール乾草の野外貯蔵

野外貯蔵による品質変化をまとめて表12に示した。貯蔵期間は1.5~2カ月間の範囲で、全て1ロールずつ並列して、積み重ねないで貯蔵した。変敗の具体的内容について、図16に幾つかの例を示した。

表 12 貯蔵法別、ロール乾草含水率別の品質の変化

試験番号	被 覆	下 敷	梱包月日	材 料 草	ロール初期含水率(%)	梱変敗割合(%)	変 敗 の 内 容
1	シート被覆	丸太木	6.6	1番草、Or主	14.8	0.5~1.6	接地部変敗極少
2	"	"	"	"	20.6	3.2	"、中層にカビ少
3	"	"	"	Pc主	17.6	1.1~2.8	"
4	"	"	"	"	22.1	3.6	"、中層にカビ混
5	"	古タイヤ	7.18	Or主	18.5	3.7	接地部変敗少し
6	"	"	"	"	23.8	(20.5) 4.2	中・外層にカビ多い
7	"	"	"	"	29.6	(28.8) 6.2	芯褐色、中・外層にカビ多い
8	"	"	"	"	33.8	(32.6) 5.1	"
9	"	シ ー ト	9.16	2番草 Or主	15.4	1.9	接地部変敗極少
10	"	"	"	"	17.3	3.2	"、外層にカビ少し
11	"	"	"	"	24.8	(18.3) 3.6	芯褐色、中層カビ目立つ
12	無 被 覆	丸太木	6.6	1番草、Or主	13.7	10.5~13.4	表層、上部・接地部変敗
13	"	"	"	"	25.2	(23.5) 15.6	表層変敗、中層カビ、芯褐色
14	"	コンクリート	"	"	14.8	9.9	表層変敗、芯褐色
15	"	"	"	"	24.5	(24.6) 10.5	"、中層カビ、芯褐色
16	"	古タイヤ	9.16	2番草、Or主	15.4	17.7	表層変敗、中層にカビ少し
17	"	"	"	"	19.5	21.9	"、外層にカビ
18	"	"	"	"	22.3	21.5	芯褐色、中層カビ少し

注) 変敗割合は、給与不適な腐敗部割合であるが、( ) 表示はカビ混入が多く、敷料向けにすべきものの割合。

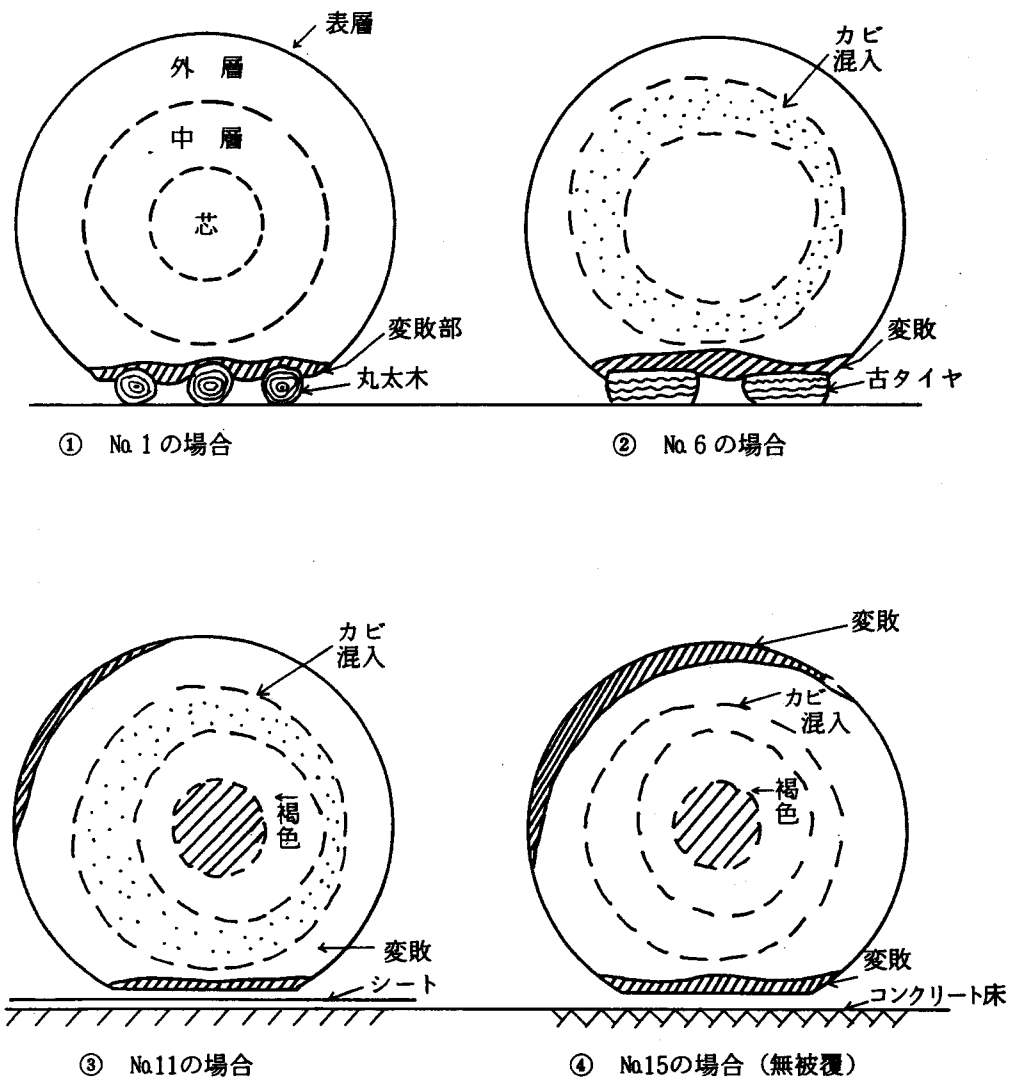


図 16 貯蔵法別、ロール乾草含水率別の変敗内容

シート・カバーした場合、主要な変質は接地面の過湿化によるカビ発生や堆肥化であった。下敷に丸太木や古タイヤを用いた場合に多くみられ、地表からの蒸散水が影響しているものと思われ、下敷にもシートを用いて蒸散水を断つ方法が有効と考えられた。

貯蔵中、ロール乾草自体からの蒸散水がみられ、カバー・シートに水滴を作り、ロールの北側表層部を漏らした。水滴はシートを伝って落ちる部分もあり、シート下敷の場合も接地面を濡らす原因となった。貯蔵初期の晴天日には、カバーを外してロール乾草から水分を放散させる操作が必要と思われた。

ロール乾草の含水率が18~23%程度の場合、中~外層部にカビの発生が認められた(図16)。

表層部付近の水分は発散するものの、内部の水分は残る結果と思われた。しかし、カビの混入は極く少なく、この乾草は給与できる程度のものであった。

含水率が23%程度を越すものでは、カビの混入程度が強くなって、乾草は給与不適で廃棄された。また中心部(芯)は発熱による乾草の暗褐色化、あるいは炭化がみられたが、これは家畜が採色するものであった。

無被覆の場合、横置きしたロール半乾草の上の変敗も加わって、損失率を大きくした。ロールの上面は表面から15~20cmも変敗し、またトウィンが腐敗して切れるため、ハンドリングの際にロールが崩れて乾草がこぼれる例も多くみられた。含水率の程度や下敷の種類にかかわ

らず、無被覆野外貯蔵は実用的方法でなかった。

多量のロール乾草の貯蔵では、図17に示すような堆積の方法で行なった。この場合、ロール乾草からの蒸散が多く目立ち、カバーを外しての放散の操作が必須であった。これが不足した場合には、北側表層部やロールとロールの接触部の濡れが目立った。透明材料でカバーした場合、堆積内の水分移動は特に大きい傾向がみられ、南側表層部は過乾となって日焼けによる脱色・変色がみられた。

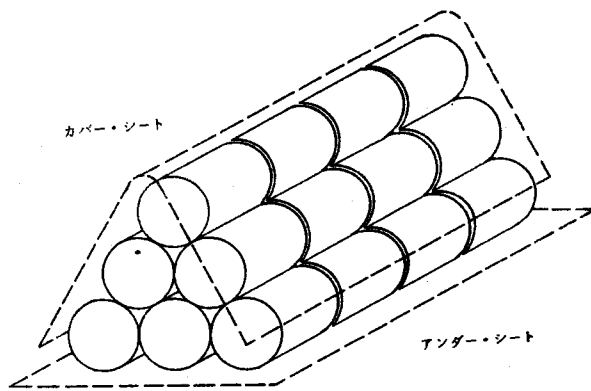


図17 ロール乾草の野外貯蔵法

図18に貯蔵法別、ロール乾草の含水率別に変敗損失量の割合をまとめて示した。被覆の場合には、含水率25%程度以上からカビによる損失も加わって大きくなるため、図のグラフのように2段の線になると思われた。含水率30%程度では表層に近い部分(外層)と芯の暗褐色の部分(ブラウン・ヘイ)だけが給与可能部分であり、損失率は対数典線的に増大するため、これ以上の含水率では嫌氣的貯蔵法などの方法で行なう必要が認められた。

表13 ロール・ヘイの飼料成分

材 料		1 番草開花期 Pe Or 主体	1 番草開花末期 Or 主体	1 番草開花末期 Or ブラウンヘイ
乾物消化率(%)		57.3	49.8	56.6
飼 料 成 分	粗蛋白質	14.8	11.4	14.6
	組 脂 肪	4.2	3.9	4.7
	N F E	41.2	43.4	40.7
乾物中 % 灰 分	粗 纖 維	31.5	32.9	30.5
		8.3	8.4	9.5

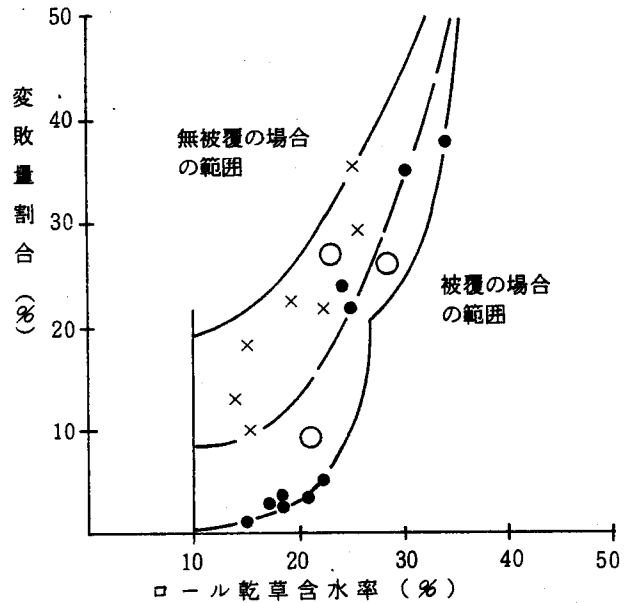


図18 貯蔵法別、ロール乾草含水率別の変敗量の割合

水分のあるロール半乾草は、梱包サイレージの考え方で図19のように2段積みし、アンダーとカバーのシートを合わせて土盛りで密封した。良品質のサイレージが得られ、またシートにピンホールなどのトラブルがあっても、カビの発生は表層の極く薄い部分に限られ、コンパクト・ベールの場合よりも損失率は極く小さかった。

シートなどを用いない土中埋蔵を試みたが、表14に示すように、特に地表近くに位置するロールにはカビが目立ち、さらに取出しでは機械力によってもロールを崩すことなどのトラブルが多くて頼雑で、実用的な方法ではなかった。

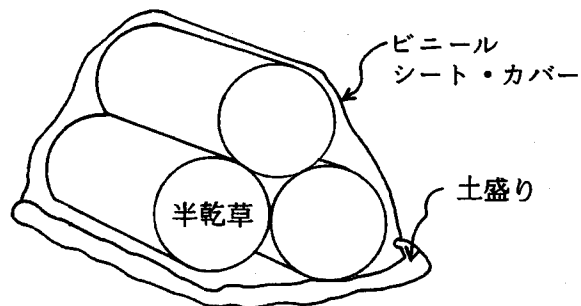


図19 ロール半乾草のサイレージ貯蔵の例

表 14 ロール半乾草サイレージの品質

月/日	材 料 草	ロ ー ル 含水率(%)	品質(官能法、25点満点)			備 考	
			カビ有無	色	触感		臭
6/6	1番草 Pe Or 主	22.6	15	20	20	15	土中埋蔵(3梱平均) 1梱ビニール密封
	" "	"	25	23	25	25	
7/18	" Or 主	27.9	25	25	20	20	3梱堆積ビニール密封、ピンホールあり
11/11	2番草 "	39.3	23	25	25	25	

(2) ロール乾草給与草架の試作

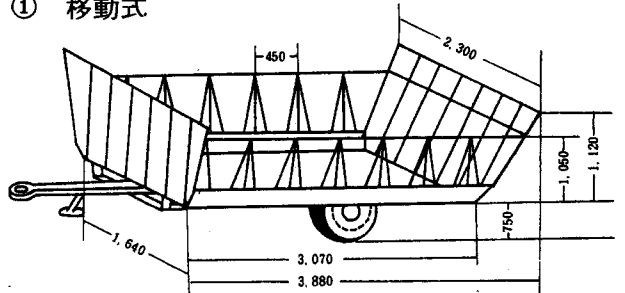
移動式と定置式の2つを試作した。移動式は1軸2輪2t用トレーラを活用して、3mm厚のC型鋼、L型鋼を用いて組立てた。1度に2ロールを並べて、草架の両側からロール乾草の側端面から採食できるように製作した。構造や寸法は図20に示すとおりであるが、トレーラの床はロール乾草を2つ並べるには幾分小さいため、前後左右とも上方に広がる寸法とした。採食(給餌)柵口は各サイドとも7つとした。

この移動式草架による実際の給餌は、乾草のこぼれ損失が少なく良好であった。ロールの側端面から採食する方法は、牛の食い付き毎の乾草の解れが多すぎず適量で、同じ草架でコンパクト・ベール乾草を給与した場合に比べても、こぼれ損失が少なく良好であった。さらに、半乾草のサイレージ化したものは、こぼれ損失が一層少なくなる傾向であった。

定置式は木製とした。同じように2つのロール乾草を並べる形とした。

移動式草架は、放牧草が不足する時期の放牧地での乾草給与のときや、ロール乾草の貯蔵場所と離れた運動場での給与の際に便利であった。いずれの草架も同時に14頭の採食が可能であったが、25~30頭の牛群に適合できると考えられた。

① 移動式



② 定置式

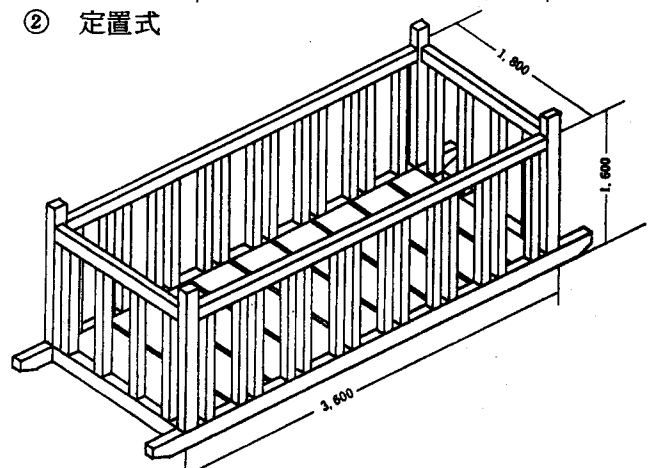


図 20 試作したロール乾草の草架

(3) ロール乾草解体機の試作

図21と表15に、試作したロール乾草解体機とその仕様を示した。通常、ロール乾草の円柱形は、堆積貯蔵の過程で、多少変形がみられる。そのため、無限軌道回転するベルトやコンベアの上にロールを横置きにして解す方式は不適当と考えて、回転板にロールを立てる方式とした。

最初の試作機は、回転速度の変速機能を持つ単なる回転テーブルであったが、試運転の後に幾つかの改良を行なった。解れが進んで細くな

ったロールの転倒を避けるために、上方からの支柱を付けた。乾草の解れ落ちる範囲を規制するために、残りの範囲の周囲にガード板を付けた。テーブルに乗せるロールの解れ方向が事前に見分けにくいいため、正逆転変更ギアを付けた。以上である。

表 15 解体機の仕様

項目	仕様
全高	2,800 mm
テーブル幅(直径)	1,820 mm
ガード幅(弧長)	1,900 mm
テーブル回転数	4 rpm
エンジン	3.5 ps
テーブル回転	正逆転機能あり
テーブル支持支柱	ボール・ローラ(14コ) 使用 上下・回転可動

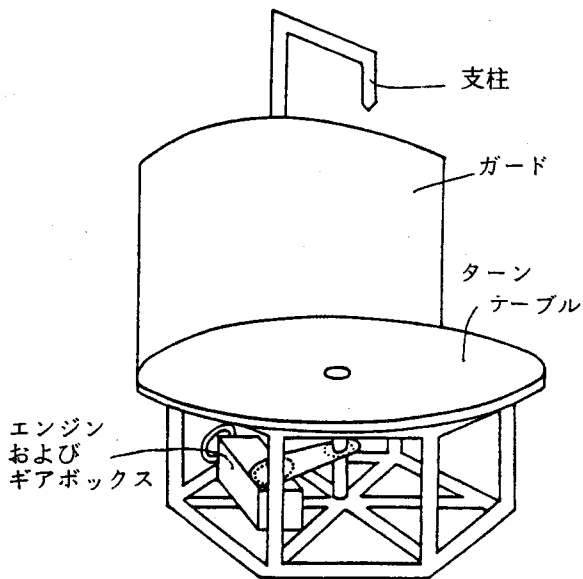


図 21 試作したロール乾草解体機

試作機を用いた実際の解体からコンパクト・ベアラを用いた作業は、図22と図23に示すような作業方式と能率で行なうことができた。第1のオペレータがフロント・ローダを用いてロール乾草を運び込み、解体機に乗せた。第2のオペレータは、解体機とコンパクト・ベアラの操作を担当した。他に2人の補助員が、解体機にロールを乗せる際の誘導やトワイン外し、解れた乾草のベアラへの供給、梱包された乾草のトレアラ上での積み重ねなどを行なった。

作業者	時間(分)								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
A オペレータ 1	(次の)ロール運び込み								
B オペレータ 2									
C 補助 1	ロール 乗せ	ひも 解き	解体～再梱包						
D 補助 2									

図 22 ロール乾草体・再梱包の作業と所要時間の構成

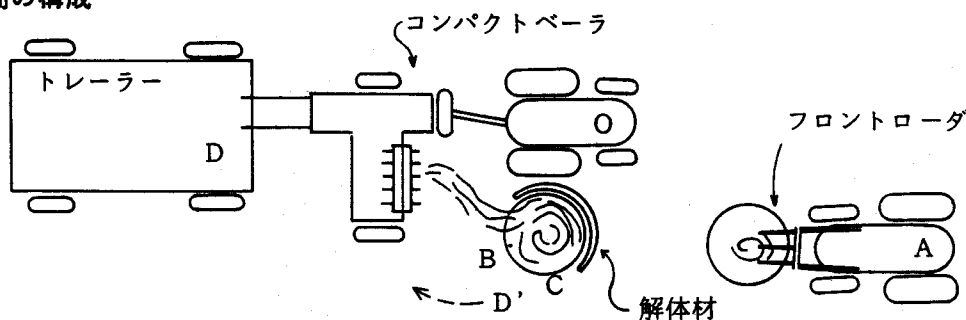


図 23 ロール乾草体・再梱包の作業配置説明図  
注) A Dは作業員

トワインを外す作業は、人力作業として省略できそうにないが、解れた乾草のコンパクト・ベアラへの自動供給の方法は公後開発が必要と思われた。作業能率は、1梱についてはほぼ10分であった。解体と再梱包の作業が約70%を占めたが、このときの解体機のテーブルの回転数は約4 rpmであり、これ以上の高速回転では、ロール乾草の自然な解れ落下に支障がみられた。

乾草を収穫して農家へ供給する役割を担う公共牧場などでは、天候の規制によって野外の草地上での収穫作業は概して断続的であるため、乾草収納舎などにおいてロール乾草の解体と再梱包作業を行なうことは極く可能と思われる。そして、このことはロール乾草の利用を広げる上で有効であると考えられた。

## 5. ロール半乾草のアンモニア添加処理

### 1) 目的

ビッグ・ラウンド・ベアラを活用した乾草収穫法は、ベアラ自体の高い梱包能力や梱包と収能の作業を分離できることから、変り易い天候のために規制される限られた梱包作業可能日の中でも、仕事量を拡大できる方式であることがわかった。しかし、あくまでも天日乾燥であるために、天候の制約からは免れない。

乾燥経過が不十分うちに悪天に会い、乾草の品質が悪化したり、作業進度が遅れたりすることの回避の方法としては、乾燥途中で梱包して密封貯蔵でサイレージ化する梱包サイレージ

の方法が有効である<sup>8) 9)</sup>。ビッグ・ラウンド・ベアラの活用でもこの方法を採用することは、前節で明らかとなった。しかし、梱包サイレージには二次発酵が生じ易い欠点があり、とりわけ流通上では問題となる。

ところで、粗飼料のアンモニア処理は、カセイソーダを用いる方法と同様に粗剛なムギワラやイナワラ、刈遅れ牧草などの消化性改善効果が認められている<sup>10) 11)</sup>。さらに、アンモニア処理の副次的効果として、半乾燥物に好氣的状態で発生する発熱やカビの原因となるある種の酵母や菌類を死滅させることも知られている。そこで我々は、半乾草の利用性を広げて、流通も容易に行なうための方法として、アンモニア処理法を検討した。

### 2) 試験方法

#### (1) アンモニア添加処理の方法

アンモニアは50kg容ボンベに充填されている液化アンモニア（無水アンモニア）を用いた。調整器を付けて、ゴムホースで導びき、先端に内径10mmの注入用の鋼管を付けた。台秤にボンベを乗せて、減量を計ることで注入量を決めた。

貯蔵法は、表16に示すように、最初はカバー・シートを垂らすだけで密封しない裾開きの方法を採用した。後に、梱包サイレージと同様な密封法を採用した。

アンモニア添加の効果は、発熱の有無やカビや変質の状態、さらにセルラーゼ法による乾物消化率の測定などで検討した。

表 16 アンモニア添加ロール半乾草の貯蔵法の処理

No	処 理 法	処届日、材料種類	ロール重量	含水率(%)	
1	無 添 加	<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="font-size: 3em; margin-right: 10px;">}</div> <div style="text-align: center;">           1 梱            ず づ            貯 蔵         </div> </div>	6/6 1番草	400 kg	14.6
2	アンモニア0.5%		Pe主体+Or	380	19.6
3	1.0%		開花期	400	"
4	無 添 加		7/18 1番草	492	29.6
5	アンモニア1.0%		Or主体 結実期	520	" 3
6	無 添 加	ビニール敷	11/11 2番草	580	38.3
7	アンモニア2.0%	ビニールカバー密封	Ti主体	580	"

(2) アンモニア添加割合  
表17に示すように、外気温の異なる晩秋に、3段階の含水率の半乾草に、3段階の量のアン

モニアを添加し、約1カ月の密封貯蔵の後、開封して効果を検討した。この場合、半乾草はコンパクト・ベールで梱包したものをを用いた。

表17 コンパクト・ベール半乾草へのアンモニア添加割合

	晩秋(1回目)	夏季(2回目)
材 料 草	Or主体3番草	Or主体、1番草、開花終期
半乾草含水率	45%(高水分)、35%(低水分)、25%(低水分)	
アンモニア添加割合	乾物比1%、2%、4%	
密封貯蔵期間	10月24日~11月25日	6月28日~7月23日
開封後の状況	1梱ずつ放置	3梱ずつ堆積放置

(3) 二重被覆による太陽熱集熱加温の効果  
堆積した3梱のロール半乾草を透明ビニール・シートで一重被覆するのに対し、まず黒色シートで包んでから古タイヤを置いて間隔を作

って、さらに透明シートで包む二重被覆で、アンモニア効果の拡大を検討した。アンモニア添加量は、乾物比2%(推定)であった。

表18 一重被覆と二重被覆の方法

	一重被覆	二重被覆
材 料 草	Or主体1番草、開花終期	
材料含水率とアンモニア添加割合	32.7%、乾物比2%(推定)添加	
貯 蔵 量	各3ロール堆積	
密封貯蔵期間	7月4日~8月1日	
被 覆 法	透明ビニール・シート使用	内側：黒色ビニール・シート 外側：透明ビニール・シート 中間に古タイヤ

### 3) 結果と考察

#### (1) アンモニア添加処理方法

最初(No1~No5)、古タイヤを並べた上に1つずつロール半乾草を置き、前もって製作用意したビニール製袋状のものを被せて、それからビニールの裾を少し上げて注入管を刺し込み、アンモニアを注入した。アンモニアは直ちにガス化し、空気より比重が小さくてほぼ全体に充滿するものと思われた。この方法では、外部へのガス漏れも極く少なく、作業上で支障がなかった。

最初の試験(No1~3)では、ロールの含水

率は20%以下で極く低かったが、全区とも立てたロールの上方の側端面に水分の集中がみられた。この部分は廃棄したが、アンモニア添加区のもの、乾燥することで利用可能なものであった。

ロール内部は部位により変化がみられ、図24の①に1%添加区の例を示した。外層のDの部分は良く乾いており、主にこの部分の水分が上に登り、Aの部分に集中したものと思われた。

Bの部分は、良く乾燥して暗褐色であった。この変色は、比重の小さいガスがこの部分に集中して作用したこと、さらに添加直後のガスが

高温になる(図25)ことの結果と思われた。Cの部分は梱包時の水分が残り、半乾牧草の緑褐色も残り、さらに上方部分にはアンモニアの黄色

も加わっていた。

全区ともにカビは認められず、開封後の発熱も生じなかった。

表 19 処理貯蔵後のロール品質の概要

No	開封後含水率	品 質 状 況	変敗部割合
1	14.6%	ロール自体や土壌から蒸散した水分がロールのトップに滞留している。	2.0%
2	18.5		8.0
3	17.6		3.7
4	27.1		9.2
5	24.9		6.1
6	32.9	サラサラして軟らかさのある良質サイレージ	0
7	27.1 ~ 36.9	カビがなく、軟らかく良質(図1参照)	0.2

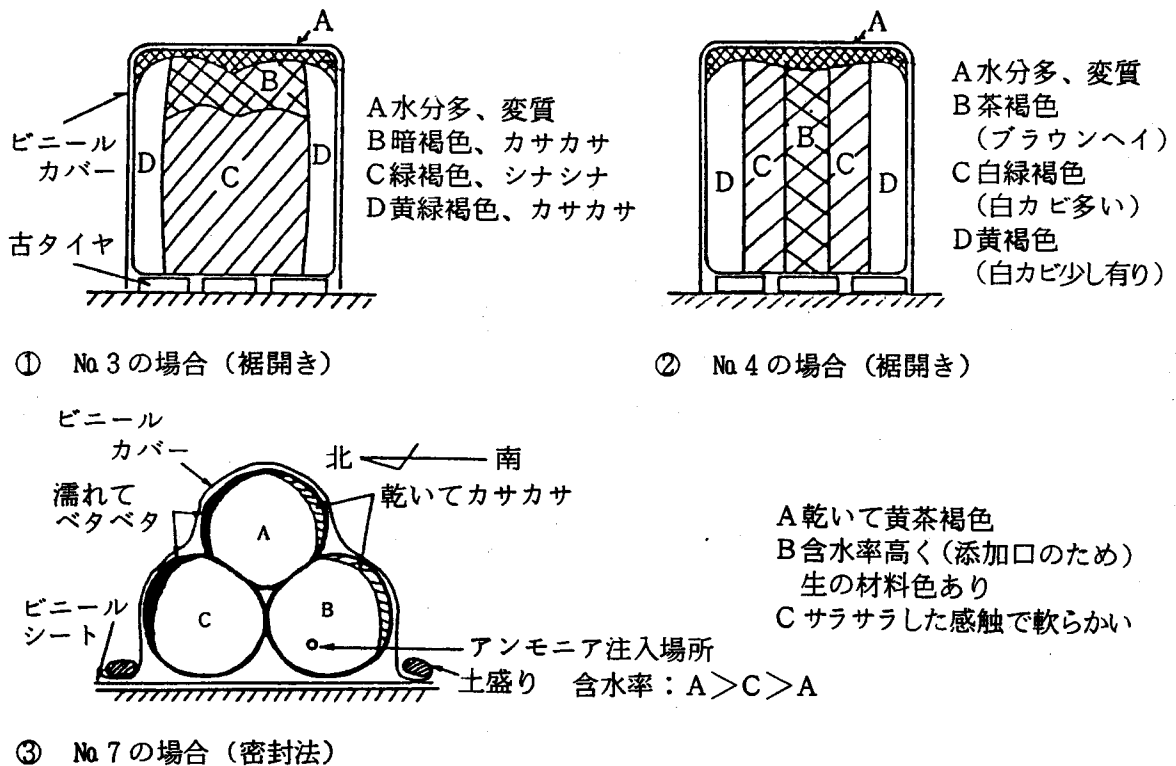


図 24 具体的な品質の内容

次のNo. 4 ~ No. 5は、含水率20%を超す材料を用いて、2%添加と無添加を比較したものである。2%添加のNo. 5の内部品質は、No. 3の場合(図24の①)とほぼ同様であったが、Cの部分の下方にカビが認められ、密封しない裾開きのために空気の入出があった結果と考えられた。

No. 4の無添加の場合の内容は図24の②に示したが、ブラウン・ヘイとなる芯の部分を除いて、カビの発生が多く、給与不適の品質であった。

No. 6 ~ 7は、密封法を採り、3ロールを横置きして堆積したものである。無添加のNo. 6は、やわらかい甘味のあるサイレージ臭の良質サイ



レージに仕上がった。No.7ではアンモニア注入を  
下段Bのロールだけから、3ロール重量乾物比  
2%相当を行なった。結果的に、Aロールは当  
初より乾いて、アンモニア色が加わっていた。  
Bロールは水分が加わり、生牧草に近い緑色が  
みられた。これはアンモニア(NH)が、ロー  
ル内あるいは被覆内のOと結合し、NとHOに  
分離してHOが残ったためと考えられた。Cロ  
ールは明らかな変化が認められなかった。

図25は、ロール半乾草の貯蔵直後からの温度  
変化である。ポンベから取り出されたアンモニ  
アは、減圧状態でガス化し、同時に高温となり、  
添加ロールは約60度を示した。4日目で常温に  
近い40度以下に降下したが、密封貯蔵でないた  
めの発熱によるものと思われる若干の温度上昇  
が7日目以降でみられた。

無添加のロール半乾草は、やはり密封貯蔵で  
ないために発熱して、夏季で日射の影響もあっ  
て、3日目には最高温度の約60度に達した。結  
果的に、カビの発生が多くて給与不適なものとな  
った。

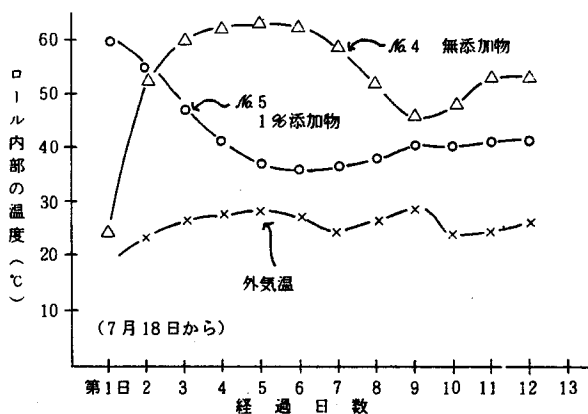


図 25 ロール半乾草の貯蔵中の温度変化

図26は、密封貯蔵したNo.6~7のロールの開  
封後の温度変化である。無添加でサイレージ化  
したNo.6は、開封後8日目ごろから発熱し、14  
日目では約60度に達した。

一方、添加したNo.7の区では、直接注入した

Bロールは12月の外気温とほぼ同じ温度で経過  
した。上段のAロールは、初期に比較的高温で  
あったが30度以下で経過し、常温近くに漸減の  
傾向であった。下段のもう1つのCロールは、  
11日目ごろから発熱がみられ、アンモニアの作  
用が十分に及ばなかったことが伺われた。ロー  
ル半乾草は単位が大きくて密であるために、外  
からのアンモニア浸透は不十分であり、多くの  
ロールは堆積貯蔵する場合には、下段のロール  
それぞれへの注入の必要が考えられた。

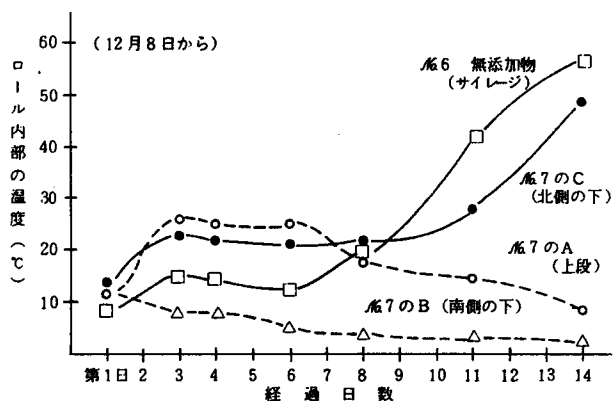


図 26 ロール半乾草の開封放置後の温度変化

No.1~No.7の処理の栄養組成と乾物消化率を  
表20に示した。アンモニア添加によって、粗蛋  
白質割合が増大するとともに、消化率の向上も  
明らかであった。とりわけ、アンモニアの集中  
するロールの上方部分で、暗褐色化している部  
分の変化は顕著であった。一方、カビ発生乾草  
の低い消化率も特徴的であった。なお、消化率  
は、セルラーゼ・オノズカP 1500を用いて判  
定した。

図 27 には、結果的に得られたアンモニア添加法を示した。ロール半乾草では、シート被覆後に裾を上げて、下段ロールのそれぞれに注入した。アンモニアが取り出される時、ボンベ内は潜熱が奪われて急激に低温になって融解が続かなくなるため、取り出し速度は遅く、時間

当たり 3 kg 程度であった。添加後は、カバー・シートとアンダー・シートを合わせて土を盛って密封した。コンパクト・ベール半乾草の場合は、ベールとベールの間隔への注入で良く、注入箇所も 100 ベール当たり 2 ヶ所程度で少なくて良かった。

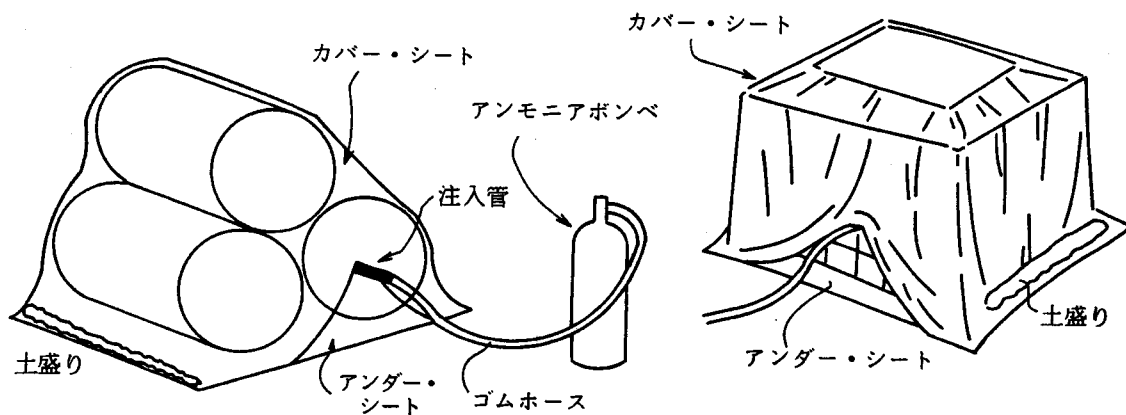


図 27 アンモニアガス注入の方法

(2) アンモニア添加割合

① 晩秋期の試験

コンパクト・ベール半乾草を用いて、材料草含水率とアンモニア添加割合とも 3 段階で処理して行ったが、具体的には表 2 1 に示す処理結果であった。

約 1 カ月の密封貯蔵後の品質を表 2 2 に示し

た。全区とも良品質であったが、含水率が高目で添加量の少ないものにはサイレージ臭があった。一方、添加割合が 4 % で多い場合、高水分材料では明るいアンモニア色の付加が認められ、低水分材料では高温化のためか、やや暗色であった。

表 2 1 アンモニア添加コンパクトベール半乾草の材料含水率と添加割合

予 定 アンモニア添加割合	高水分 (45%)		中水分 (35%)		低水分 (25%)	
	含水率 (%)	添加割合 (%)	含水率 (%)	添加割合 (%)	含水率 (%)	添加割合 (%)
1%DM	48.1	1.07	36.9	1.01	21.1	1.03
2%DM	47.2	1.95	38.0	2.06	20.7	2.04
3%DM	47.8	3.69	37.1	4.07	27.9	3.00

表 2 2 アンモニア添加コンパクトベール半乾草の開封時の品質評価

添加率	材料	高水分		中水分		低水分	
1%DM	96 点	わずかにサイレージ臭(2)	96	ややサイレージ臭(-2)	98	かさかさする (-2)	
2%DM	98	やや暗色 (-2) 上も	99	わずかに暗色 (-1)	98	同上 (-2)	
4%DM	100	色明るいアンモニア色	100	同左	98	やや暗色 (-2)	

注) 評価は、カビ有無 (25点) 色 (25点) 触感 (25点) 臭 (25点) による。

図 28 は、開封後の好気状態で放置したベール半乾草の温度化である。中・高水分材料で 1

％添加のものには、発熱がみられた。ペールは堆積しないで1梱ずつ放置したため、低い外気温に影響されて、発熱8日目ごろで停止して温度は降下したが、これらのペールにはカビが認められた。

表23と表24は、栄養成分と乾物消化率の比較結果である。中水分材料（含水率37～38％）で消化率改善効果が最も高く、全区とも添加量の多いほど消化率が高かった。箭原<sup>(11)</sup>らによると、この消化率改善は材料草の乾物量比4～5％でピークに達するとされている。

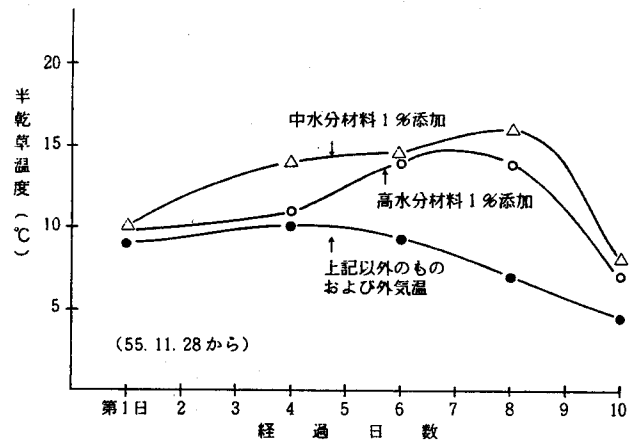


図28 アンモニア添加半乾草の開封後の温度変化

表23 アンモニア添加コンパクトペール半乾草の飼料成分

試料部		飼料成分 (乾物中%)				
		粗蛋白質	粗脂肪	NFE	粗繊維	灰分
中水分材料	アンモニア1%DM添加	15.5	3.8	40.5	30.4	9.8
"	" 2% "	19.1	3.8	38.0	29.5	9.6
"	" 4% "	17.4	4.0	38.6	30.4	9.6

表24 アンモニア添加コンパクトペール半乾草の乾物消化率 (%)

	高水分	中水分	低水分
1%DM	45.2	41.2	41.6
2%DM	43.1	51.0	45.7
4%DM	57.7	61.0	55.4

注) 添加率の間に、1%水準で有意差あり

② 夏季の試験

同じ処理で夏季に試験を繰り返した。開封直後の品質は晩秋期の場合とほぼ同傾向であった

が、夏季の高温と日射の影響で水分の移動がみられ、図29に示すように、接地部と北側表層部が過湿であった。

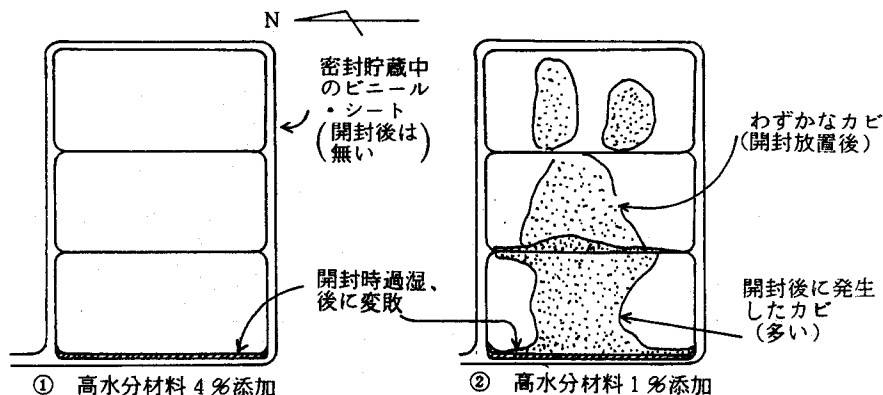


図29 密封貯蔵の状況と開封放置後の品質変化の具体例

図30に示した放置後の温度変化は、高水分1%区では急激に昇温し、高水分2%区、中水分1%区でも緩やかな発熱が認められた。

水分4%区では接地部などの過湿部が変敗しただけであったが、高水分1%区ではカビ発生が多く、好気状態での貯蔵には耐えられなかった。

具体的な品質変化は、図29に示すように、高

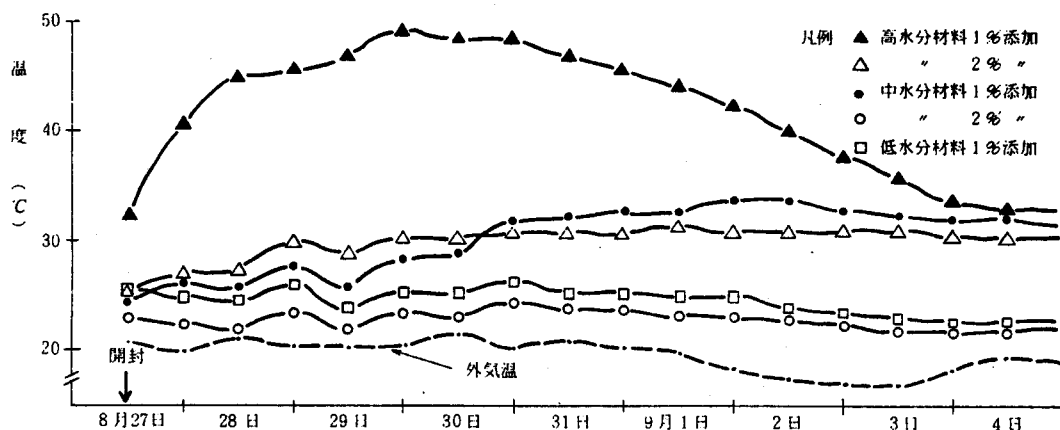


図 30 含水率別、アンモニア添加量別の開封放置後の温度変化

表 25 アンモニア添加した半乾草の飼料成分

	飼 料 成 分 (乾物中 %)				
	粗たん白質	粗 脂 肪	N F E	粗せん維	粗 灰 分
中水分材料アンモニア1%	9.1	3.0	42.0	38.4	7.5
” ” 2%	11.7	3.3	38.8	38.2	8.0
” ” 4%	15.5	3.1	35.2	39.0	7.2

以上のように、半乾草あるいは乾草へのアンモニア添加は、かなりの期間の好気状態での貯蔵を可能にし、また消化率改善の効果もあることが確認された。さらに、この半乾草に牛の嗜好にも優れていることを観察している。貯蔵性改善を目的とした場合のアンモニア添加量は、対象の半乾草の含水率25%程度までは乾物量比1%、含水率35%程度までは乾物量比2%さらに含水率45%程度までのものでは乾物量比4%を要した。消化率改善を目的とした場合は、含水率35%程度の材料に乾物量比4%程度を添加する方法が有効であった。

(3) 二重被覆による太陽熱集熱加温の効果

二重被覆の具体的方法を

図31に示した。

アンモニア添加と密封の直後のロール温度は約65度で高く、二重被覆の空気層温度もほぼ同程度であった。2日目、3日目は悪天で空気層温度は低く経過し、ロール温度はいずれも4日目朝まで徐々に低下して約30度に達した。4日目からの3日間は晴天が続き、日中の二重被覆の空気層の昇温は大きく、ロール内温度も

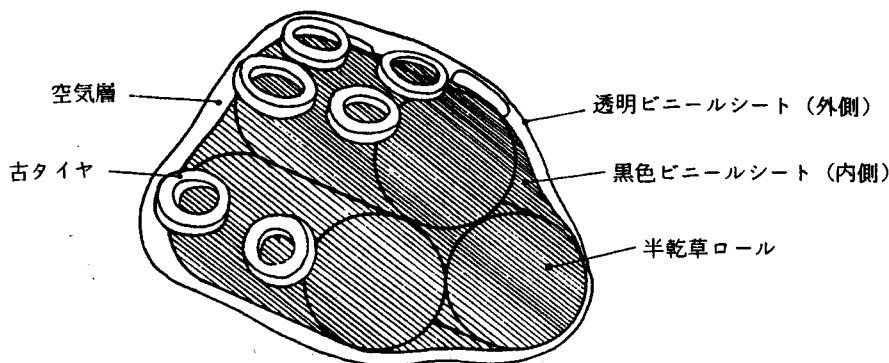


図 31 二重被覆密封で太陽熱による加温をねらった貯蔵法

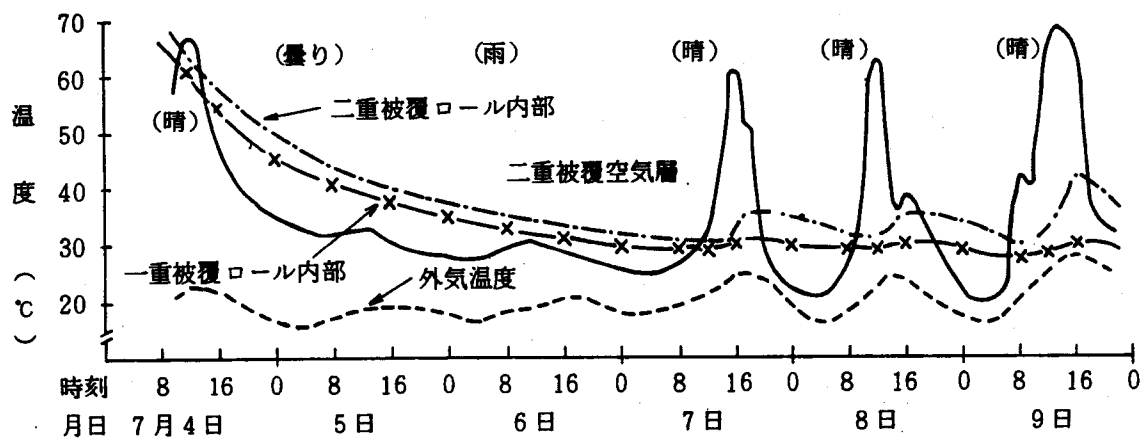


図 3 2 貯蔵中のロール内温度差の比較

昇温して、30度前後からの動きの小さい一重被覆に対する差が明らかとなり、6日目の7月4日ではその温度差が約10度であった。

に示した。内容品質では一重被覆に対する差が明らかでなかったが、乾物消化率では若干の差がみられた。

約1カ月の貯蔵の後の二重被覆の効果を表26

表 2 6 二重被覆加温の効果

	乾物消化率 (%)	開封後の品質変化
無添加サイレージ化	47.8	開封4日目から昇温 → カビ発生
一重被覆	56.5	下段接地面のみ変敗、カビ発生
二重被覆	58.3	"

注) 乾物消化率は、堆積の上段ロールからのサンプルによる。

アンモニア添加後の密封貯蔵の期間は、外気温が15度程度では4週間位を要し、25度程度では2週間位であると言われている<sup>10)</sup>。つまり、高温で貯蔵するほど短期間ですむが、黒色シートと透明シートを用いた二重被覆法は期間の短縮あるいはアンモニア添加効果の向上に有効であると思われた。

(4) アンモニア添加で付加される費用

アンモニア添加に要する資材価格は、表27に示すとおりであった。これから添加割合別の直接経費を計算した結果が表28である。つまり、2%添加では乾物kg当たり6.40円で、含水率35%材料への添加では現物kg当たりで4.16円であった。

表 2 7 アンモニア添加用資材の価格

品名	価格(円)	品名	価格(円)
液化アンモニア(50kg)	16,000	ガス用ゴムホース(10m)	5,000
吸入バルブ(1ヶ)	2,800	ステレレス管(4m、外径16%)	3,000

表 2 8 添加割合別、材料含水率別の製品現物1Kgのアンモニア費用

添加割合	材料含水率	0% (乾物)	25%	35%	45%
乾物に対し	0.5%	1.60円	1.20	1.04	0.88
"	1.0%	3.20	2.40	2.08	1.76
"	2.0%	6.40	4.80	4.16	3.52

## 6. 摘要

### 1) 牧草天日乾燥進捗の定量化

(1) 乾燥進捗を早めるには、フレイル型モータを利用するか、レシプロ型モータで刈取の後にフレイル型ハーベスタを掛けることで、茎が碎砕されて効果が大きかった。

(2) 牧草の天日乾燥は主に日射量に規制されて進むことが明らかであり、時期的に差が生じることについては、牧草の形態的な変化によるものであると説明できると思われた。積算日射量と含水率減少との関係は、前半と後半の2段の直線で示された。

(3) 牧草の乾燥進捗の予測のために、積算日射量に規制されて低下する含水率との関係図を草量の多少と時期別に画いた。

### 2) ベーラの作業性能とロール乾草の運搬収納法

(1) ビッグ・ラウンド・ベーラは、乾草拾上げとかき込み能力が高く、前作業の集草をサイド型レーキで幅90~120 cmに、長さ1 m当たりの草量を2.5~3 kgにすることで、約500 kgのロールを時間当たり10~12 梱作る高い能率が得られた。

(2) 傾斜草地では、自重3.8 t、90馬力級の四輪駆動トラクタを用いることで、登坂作業に限り20度まで、登降坂作業で16度まで、等高線作業で8度まで適応が可能であった。

(3) ロール乾草は多少の雨を被むっても影響が小さいことから、ベーラ作業とその後の収納・貯蔵作業を分離して後日に回し、ベーラ作業可能日の仕事量の拡大と期間中の稼働効率拡大が図られた。ハンドリングにはトラクタ前装型のフロント・ローダを1部改良して用いるのが便利で、ロール乾草を草地から搬出して野外貯蔵する作業は、2人組作業で1人時間当たり1,319 kgの高能率であった。

### 3) ロール乾草の貯蔵法および給与法

(1) ロール乾草の野外で損失少なく良く貯蔵するには、降水を断つカバー・シートの他に

地面からの蒸散水を断つアンダー・シートも使うことが有効であった。フロント・ローダの使用で能率良く3段積みが可能で、下段から3ロール、2ロール、1ロールと山型に積み、これを長く連ねる方法が良好であった。

(2) 日射によってロール自体からの蒸散と堆積内の水分移動が生じるため、貯蔵当初には晴天日にカバー・シートを外して水分を放散させることが、品質を良く保持する上で有効であった。

(3) 含水率が25%を越すロール半乾草は、地面に垂れるほどのカバー・シートを用いて、アンダー・シートと合わせて密封する方法で良質な低水分梱包サイレージとすることができた。この場合、ロール寸法は最大値の70~80%にして、ロール重量の軽減を図った。

(4) ロール乾草をそのまま給与できる草架を移動式と定置式で製作した。草架は2ロールが並ぶ寸法として、牛が草架の両長辺サイドからロールの側端部に食い付く形にすることで、採食が良好に行われ、乾草のこぼれ損失も極く少なくできた。

(5) 回転テーブル式のロール乾草解体機を製作した。回転動力はエンジンにより、正逆転変更ギアを付け、上からロールを支える支柱や解れ位置を規制するためのガード板などで構成した。

(6) 試作した解体機を用いてロール乾草を解体して、同時にコンパクト・ベーラを用いて再梱包する作業は、4人の組作業で行なうことができた。1ロールの解体から再梱包の時間は約10分であった。

### 4) ロール半乾草のアンモニア添加処理

(1) サイレージ化と同様の方法でロール半乾草を堆積し、被覆して、ボンベからゴムホースで導いて注入することで、アンモニアは良く添加することができた。注入されたアンモニアはガス化して堆積内に充満するが、比重が小さくて上部に偏るため、堆積の下段ロールのそれ

それに注入する必要があった。

(2) アンモニア添加量を、含水率25%程度までの半乾草に乾物量比1%、含水率35%程度までで2%、含水率45%程度までで4%として、約1カ月程度密封貯蔵することで、半乾草はその後かなりの期間の好氣的貯蔵が可能

となった。添加サイレージには栄養成分としてのNが付加され、同時に乾物消化率が向上した。

### 5) 全体の作業技術体系

ビック・ラウンド・ベアラを利用して乾草あるいは半乾草を梱包し、貯蔵から給与に至る作業方式を、図33に示すように組立てた。

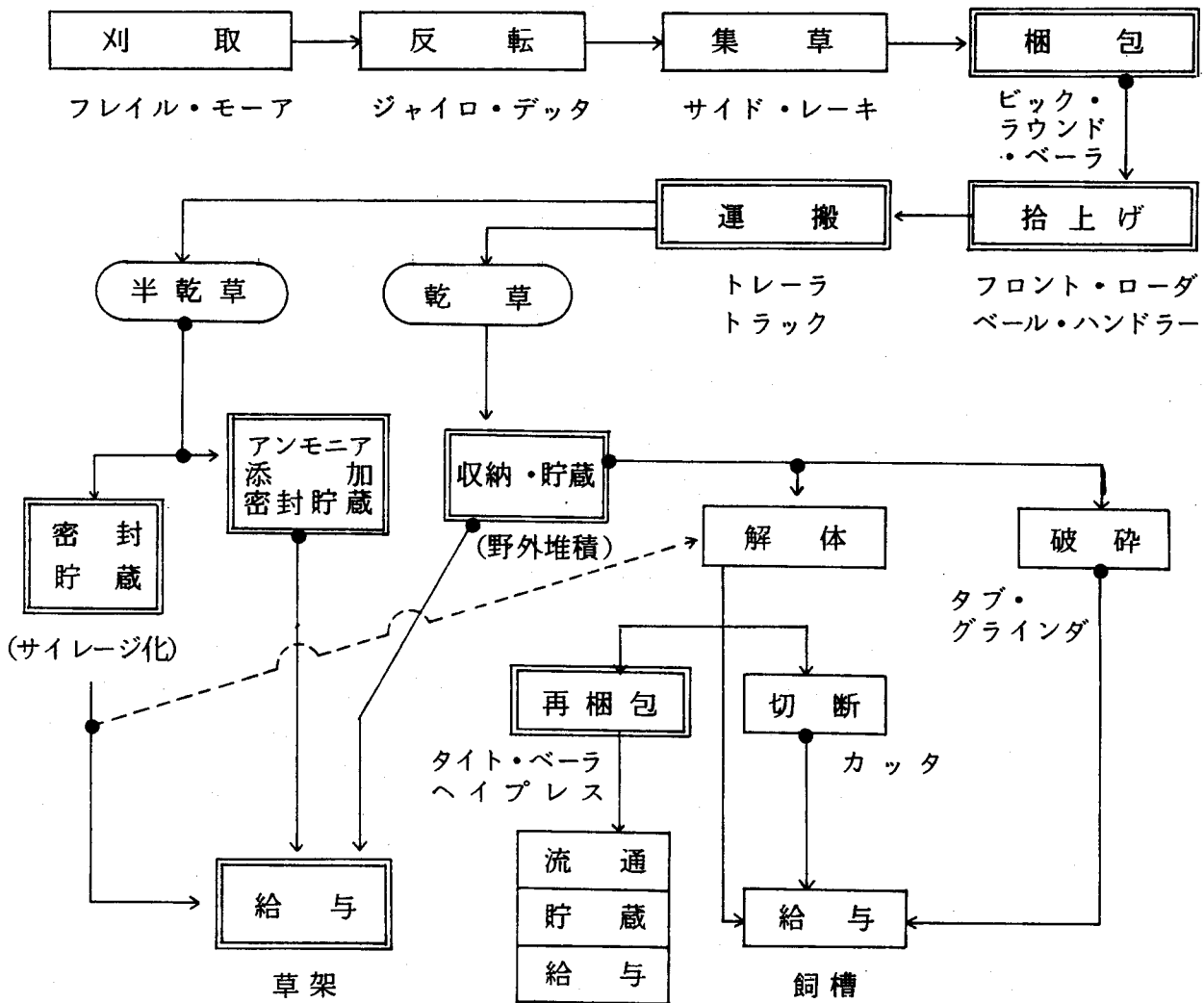


図33 ビック・ラウンド・ベアラを利用した作業技術体系

(  の部分を今回直接取り組んだ。 )

## 引用文献

- 1) 岡村俊民外 (1967) 乾草調製に関する研究 第2報 農機誌北海道支部会報 9, 48 - 51
- 2) 藤岡澄行外 (1969) 暖地水田飼料作における乾草生産に関する研究 四国農試報告 19, 1 - 101
- 3) 増田治策、鈴木義則 外 (1978) 牧草の乾草生産に関する研究 九州農試報告 20, 1 - 111
- 4) 北農試機械化第1研 (1978) ビック・ラウンド・ベアラの作業性能 1977年度試験成績 25 - 44
- 5) ————— (1979) ビック・ベアラの利用試験 1978年度試験成績 19 - 62
- 6) ————— (1980) ビック・ベアラの利用試験 1979年度試験成績 27 - 50
- 7) 農用地開発公団 (1981) 昭和55年度農畜産物濃密生産団地建設計画調査成績報告書
- 8) 淵向正四郎、平野保 外 (1974) 草地を主体とする肉用牛生産技術体系確立に関する実証研究 (牧乾草調製時の悪天対策としての梱包バキューム・サイレージの調製 岩手畜試報告 4, 92 - 97
- 9) 我々幸雄、池田弘 外 (1976) 流通化のための梱包サイレージの調製作業について 農作業研究 25, 57 - 70
- 10) SUNDSTOL, F., E. COXWORTH and D. N. MOWAT (1978) Improving the nutritive value of straw and other low-quality roughages by treatment with ammonia. World Anim. Prod. 26, 13 - 21
- 11) 箭原信男 外 (1978) アンモニア処理による半乾牧草の貯蔵および品質の改善 日畜会報 49 (9), 648 - 652