

ヘイタワーについて

岡村俊民

(北大農学部)

1 ヘイタワーの有利性

ヘイタワーは本道でも最近その名が知られるようになったが、特に欧州ではその普及を見出して10年にも及ばぬが急速に普及しつつあるものである。本道では北農試の輸入機を加えて試験的に作られたものが数機あるのみで、日浅く資料も少い。従ってここではヘイタワーの解説に主力を置いて述べることにするが、本施設は乾草調製の困難さを克服する有力な武器となり得るものであると云って過言でない。欧州ではSchwartingのヘイタワーは1969年に2,000台を数えているし、オランダでも当時2,000台が普及している。また英国のランカスタ地方のある農家はこの施設が労力の節減のみならず良質の乾草が生産できるものとして、15,000ポンドの近代化計画の中に6,000ポンド(約400万円)のヘイタワーを組み込み、同じ労力で45頭の乳牛を80頭にする計画を樹てたとも云われている。

乾草作りには程度の差こそあれ、何れの国も苦勞するのは同じである。従って堆積牧草の中に風を送り込んで人工的に乾燥する所謂通風乾燥が以前から行われていた。しかしこれは多くの場合牧草を乾燥舎に積込む必要があり、乾燥終了後にまた他の場所に移動しなければならぬ為、多大の労力を要した。こうした欠点の為か乾草作りの常識になるまでの広範な普及はしなかった。ヘイタワーも本質的にはこの通風乾燥用の施設には違いなく、牧草乾燥上の諸留意事項などは何等変りはない。しかしこのヘイタワーは従来のもものと比較して次の如き利点を持っている点が高く評価されている。

- (1) ヘイタワーは乾燥機並びに自動取出装置を設置してある乾燥収納施設であると云える。従って未乾燥の材料を乾燥させた後もそのまま貯蔵し必要に応じて手軽に取出しできるし、施設を完備すれば完全な自動給飼も可能であり、乾草の取扱は極めて合理化される。従って乾草はそのまま貯蔵するのであるから、その乾燥は日数を掛けて行っても、作業上何等の支障がない。
- (2) 牧草はベラーによって梱包したものでなく予乾牧草を細断してブローでタワー内に吹込むのであるから作業体系はベラー体系でなく、むしろサイレージ体系に近い。従って次の利点をあげることができる。ベラー体系は牧草の取扱の合理化並びに収納場所の節約を目的としたものではあるが、牧草の運搬収納にはベールスロワーとかオートマチックベールワゴンの如き高価な機械を使用しない限り、まだまだ人手に頼らなくてはならない。ベラーの持つ本来の能率を100%発揮させるには、場合によっては、ベールの運搬収納に7、8人を用意しなければならない。細断牧草の場合はサイレージと同様にウインドロウにした予乾牧草をチョッパーで拾上、細断してワゴンに積むか、ピックアップワゴンで拾上と同時に細断してワゴンに積込むか何れかの方法がとられるが、何れにしても、この段階ではトラクターのオペレータのみの作業員でよい。この外ブローの処に1人の作業員を用意すればよいので極めて合理的になる。

- (3) ベールの通風乾燥はその取扱の良否により性能に大差を生ずる。すなわち梱包密度が高すぎると風の通過が困難になるから密度を適切に揃えることが大切であるが、これは云うは易く実行は極めて困難である。また堆積法が悪いとベールとベールの間を風が通り乾燥効率は低下する。その外予乾程度が揃っていないとむら乾きの原因になる。しかし細断乾草をブロワーで吹込むと材料は比較的均一つまり通風の均一性を保持し易く、技術的な困難さの点では大きな差があり良質の乾草の確保が容易となる。
- (4) 近年広く関心を集めているものにヘイクューブとかヘイウエハーがある。これらは何れかと云えば工場生産的なもので生草を急速乾燥し、圧縮成形したものであるから牧草の質は殆んど低下しないし、F・U当りの容積も極めて小さく輸送とか取扱上、好都合であるが、製造費が高くつく点は最大の欠点であり流通飼料としては極めて有利なものである。また自家消費用とするとしても大規模な共同利用体制下でなくては経済的にも成立し難いものである。これに対してヘイタワーは粗飼料生産の自己完結型の合理化を計り得る点に特徴がある。

2. 構造の概要

ヘイタワーは構造上2大別できる。その一は図-1に見られるように3本の丈夫な柱(1)によって屋根が保持されているが、その屋根は手動ウィンチ(14)によって上下に移動できる。この屋根の中央にブロワーのパイプ(2)を導いてあり、回転するデストリビュータにより材料をタワー内の全面に均一に入れるようにしてある。材料が増すに従ってウィンチで屋根を上げてゆく。屋根に近い部分は金網が周囲にめぐらしてあり、堆積される材料の形を整える役を果させている。従って出来上がった牧草のタワーは周囲が裸で雨露に曝れており、外周の牧草は変色することになる。しかし実際は100トンタワーでは直径が10mにもなるからその変色する牧草量は表面10cmとしてもそのロスは5%にもならないから大して問題にすることはない。

他の一つは屋根の固定したもので外周を鎧戸式の鉄板で覆ったシールドタイプの本格的なものである。従って雨露の侵入もなく材料の損失の恐れのないものであるが、建設費がどうなるかが問題である。その他の特徴などについては目下の処不明である。

両者はその他の点では同一であるので、構造について図-1で更に説明する。ブロワー(13)より送られる風はダクト(11)によって中央(10)の穴に吹込まれ、牧草の中を通った風は外周より出てゆく。中央の穴は屋根に固定されているプラグ(9)によって成形される。屋根の上るに従ってプラグも上ることは勿論である。なお(2)のパイプは堆積量が増すに従って延ばして行くようにしてある。またダクト(11)はこの図のものは地上に出ているが、地下に設ける方法もある。材料の取出しは図-2の如く回転輪型レーキの如きもので牧草を中央に集めて穴から落とし、コンベヤーで牛舎の飼槽まで送るとかワーゴンに送り込むようにしてある。

ヘイタワーの大きさは100トン(乾草)程度のもが多いが50トン程度のものから150~160トン程度のものまである。50トン程度のは直径約7m、高さは10.75mの有効高さであるが、150~160トン級のものでは直径14m、高さ10m程度となっている。中央の穴の大きさは1.8m程度である。送風量はものにより大差があり、Power Farming(Nov. 1967)の記事に間違いがないとすればフランスのGarnierのタワーは乾草1トン当り $3.3\text{ m}^3/\text{min}$ の大量の送付量となって

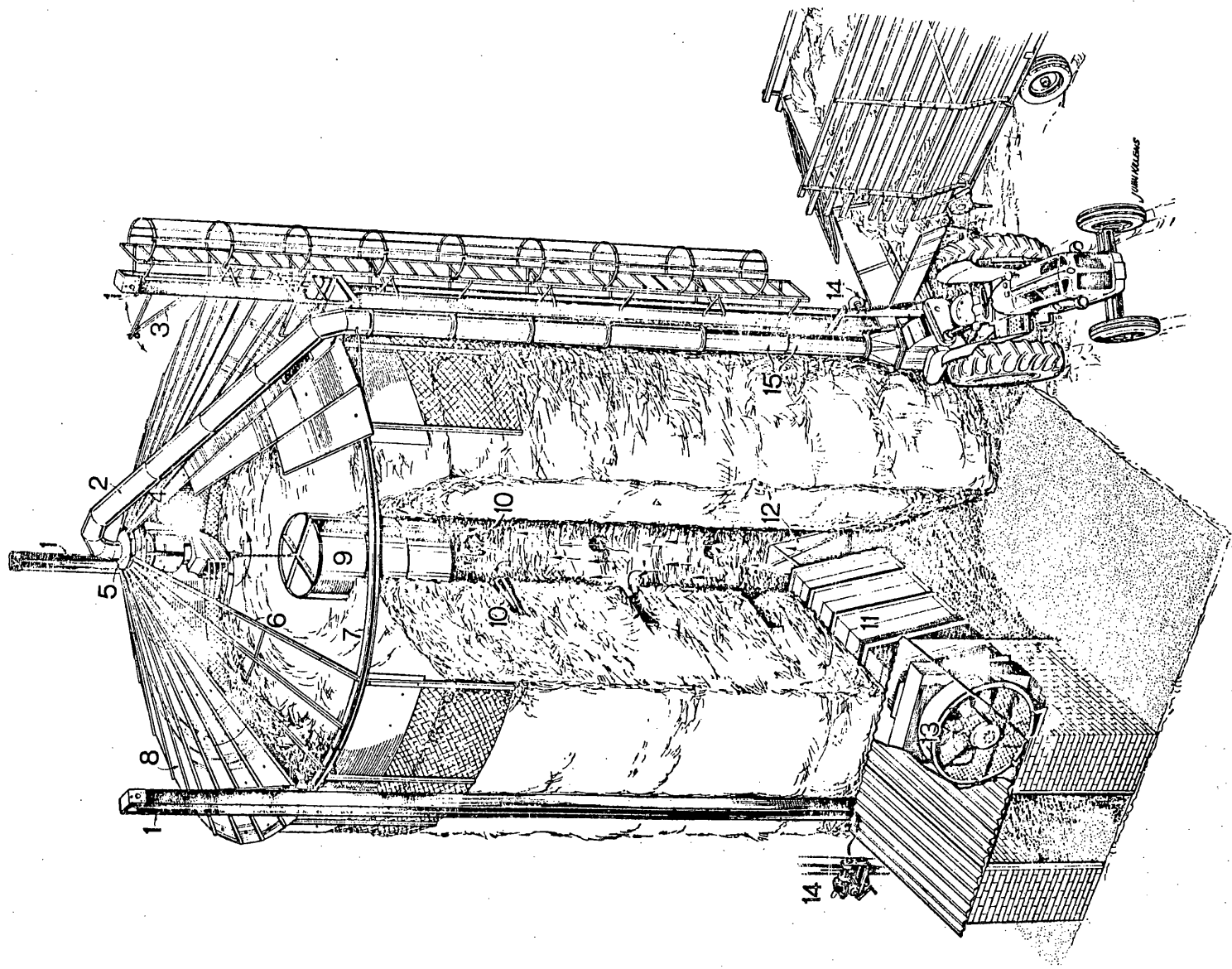


図-1 ヘイタワ-の構造

いるし、独乙の Schwarting のものは $5.5 \text{ m}^3/\text{min}$ と前者の $\frac{1}{6}$ の送付量となっている。北海道でのヘイタワーの主な導入地域は根釧、天北となるとすれば安全性より見てフランスの例ではないとしても、送風量は多めにした方がよいと考えられる。本道での例では容量 1000 トンのものでリスタードライヤーを利用しているが、この場合静圧 75 mm として $800 \text{ m}^3/\text{min}$ の風量となるから $8 \text{ m}^3/\text{min}/\text{ton}$ となっている。少くもこの程度の風量は必要ではないかと思われる。

アンローダは Schwarting の例では 4PS 程度のモータで駆動されており、 8 rpm の回転数のものから 13 rpm のものまでである。荷下し能力は一例では毎時 4 ton との報告もあるが $2 \sim 4$ トンと考えればよいかと思う。

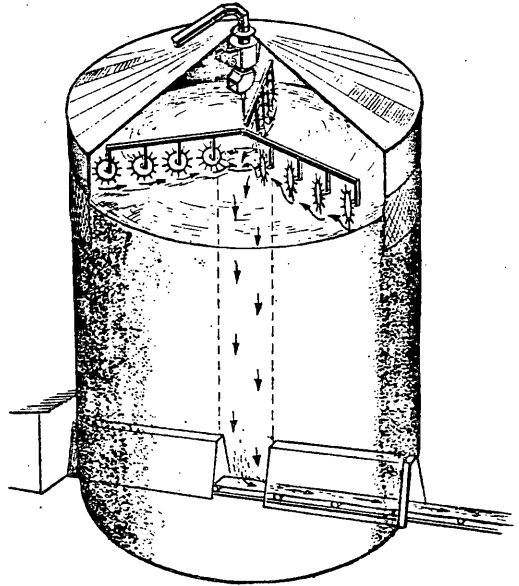


図-2 材料の取出法

3 利用上の主要点

本道におけるヘイタワーは昭和 47 年に試作機が道東に建てられ、以来これらについて、粗飼料生産施設研究会（北海道の試験研究機関、指導機関、業界等のメンバーよりなる）で試験調査を行い、その性能、利用技術の確立を急いでいるから、この研究会の報告書の資料によりながら私見を加えて利用上の主要事項をのべることにする。

(1) 原料草の処理

原料草は圃場で水分 $40 \sim 50\%$ 以下に予乾し、細断したものでなくてはならない。従って、ここで機械化体系が重要なものとして浮び上がってくるが、基本的作業として刈取、予乾、集草、拾上げ運搬、詰込みの外、何れかの段階で細断作業を必要とする。

先づ刈取作業であるが、モーア（チョップ、フレールモーア、モーアコンディショナ）等が考えられる。圃場で牧草を均一にしかも速かに乾燥するにはモーア以外の機械が有利である。チョップを利用する場合は切断長をできるだけ長くしないと集草、拾上げ段階での損失を招く原因になる。ヘイタワーから見ての理想的切断長は $15 \sim 10 \text{ cm}$ と云われているから、この程度に切断したものを圃場乾燥すれば理想的である。乾燥速度についての我々の試験では図-3の如くモーア区に対してチョップ区は極めてよい成績を示している。またこの時の切断長は図-4であるが拾上げ損失は殆んど見られなかった。

テディング並びに集草はジャイロレッタなどを利用すればよい。反草性能からは回転輪型レーキは余り賛成し難い。拾上げ運搬作業はピックアップワーゴンを利用すると合理的である。ただワーゴンの切断刃間隔は 20 cm のものが普通であるが適切なる切断長と云う点よりして 12 cm 間隔の狭いものが望ましい。なお運搬車にファームワーゴン、トラック等を利用する場合はヘイレージ体系

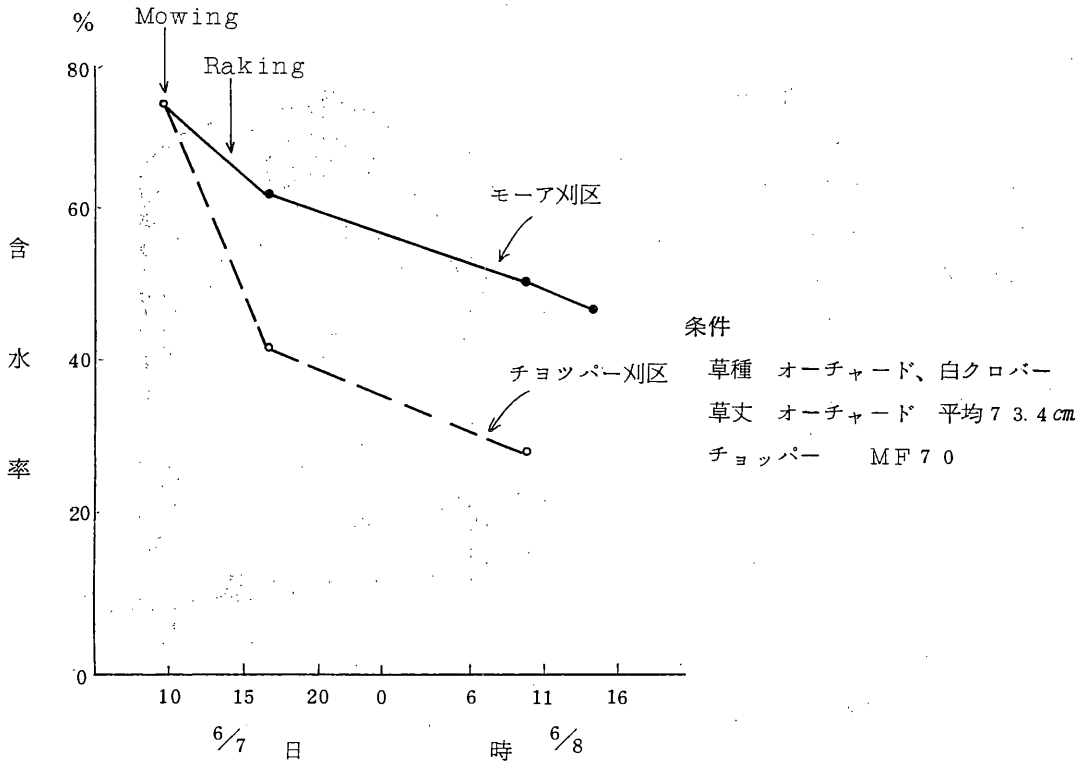


図-3 チョッパーによる刈取の圃場乾燥効果(北大)

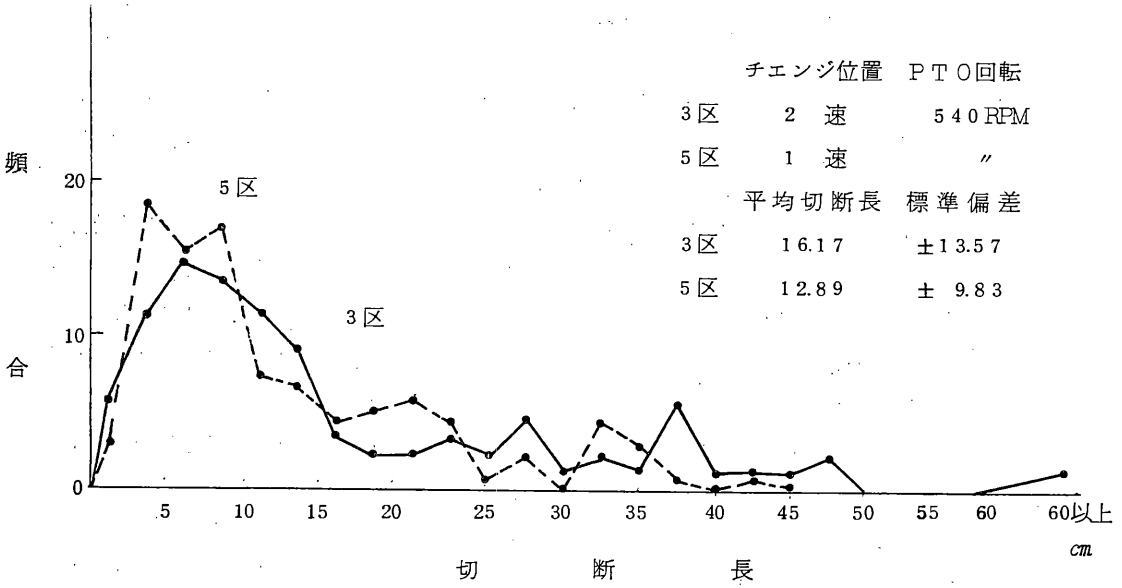


図-4 チョッパ刈取時の切断長(北大)

の如くフォレジハーベスタで拾上げ細断し積込む方法も考え得る。ピックアップワーゴンは、材料を押込むから積載量も多いし一人での作業が可能で理想的ではあるが、前部にピックアップ部分を持っているから、農道が悪い場合とか、運搬距離が遠い場合は問題もある。特に高価であるから運搬に2、3台を用意しての高効率作業を計る場合は検討を要する面もある。

なお昨年フレールモアで刈取りと同時にウィンドロウを作り予乾後ピックアップワーゴンで運搬して成功した例もあるが本道の気象条件では予乾を確実に出来るか否かに疑問が多く、一般的なものとしてはこの方法は考えない方がよい。

運搬作業に関連するもので人員並びに時間の節約に影響する要素として荷下し作業の良否がある。いかに一定速度で適量をプロワーに供給するかが重要である。ファームワーゴンは多くの場合後尾全面から荷下しするが、この場合は材料を均一にプロワーに供給するには1人か2人の人で均す必要がある。もし図-5の如きクロスコンベヤのあるものを利用すると省力的で均一荷下しが可能になる。サイレージ作業でも同様の問題があり今後クロスコンベヤ付きのワーゴン類の普及を計りたい。



図-5 クロスコンベヤによる詰込み状況

(2) 乾燥について

送風量は前に述べた通りであるが、最も問題となるのは常温通風か温風通風かの問題である。設備費の点よりもまた昨今の燃料事情からも常温で間に合えば云うことはない。しかし本道の気候条件、特に天北、根釧の如き天候不順の地帯では少くもリスター程度(5℃)の加温空気を送れるようにした方が安全であると考えている。好天で常温で間に合う時は常温を送るし、天候が不良の時は温度を加えて送風すると合理的である。関係湿度は65%程度以下の風を送りたいが温度が1℃高くなると関係湿度は約4%低下するから5℃の加熱により関係湿度は20%近くも低下することになる。関係湿度と牧草の乾燥との関係は牧草の平衡水分の関係より見ると大体図-6の如き関

係になる。すなわち4.0%の牧草水分の時は80%の関係湿度の風でも乾燥能力を持っているが、水分が3.5%にまで低下した場合には通風しても駄目である。

今、北海道の各地区の平均関係湿度を見ると表-1の通りであり、6~9月では札幌、旭川がややよいとしても全道的に殆んど85%を超えているのが実情であり平均値で見ると限り常温での乾燥は極めて困難である。ただ平均日変化を見ると図-7の通りであり、更に好天の日もあるから、上述の如く常温通風の可能な日とか時間があることは云うまでもない。

表-1 北海道各地の月別平均関係湿度 (昭32~41)

地域 \ 月	6	7	8	9	10
稚内	87.1	86.4	85.8	76.1	68.8
雄武	85.3	87.5	88.5	80.5	74.9
網走	82.8	85.2	86.6	78.4	74.0
釧路	87.7	89.3	88.1	82.7	77.0
根室	91.1	92.7	91.5	84.6	76.9
帯広	80.4	84.4	85.4	78.7	76.0
旭川	76.3	80.5	82.0	81.5	79.9
留萌	82.5	85.4	84.2	79.5	74.0
札幌	75.6	80.1	79.9	75.7	72.1
函館	83.6	87.9	86.2	80.8	75.9
浦河	88.7	91.4	90.2	81.4	74.0

牧草を詰込みはじめた日から直ちに通風を開始するが、最初は天候の良否にこだわらず通風するのが原則とされている。乾燥が進んで来ると余り高い関係湿度(85%)

以上の風を入れることは避けなければならないことは図-6に示す通りである。しかし長時間通風を中止すると発熱するからたとえ天候が悪くても数時間の通風を行い温度を下げてやる必要がある。このようにして牧草の温度は40℃以上に上げないようにすることが品質を保持する上に大切であ

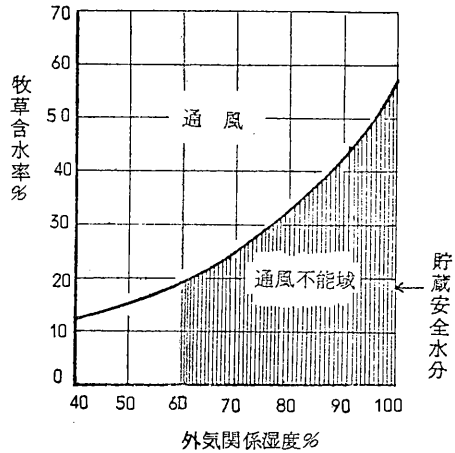


図-6 外気の関係湿度と通風との関係

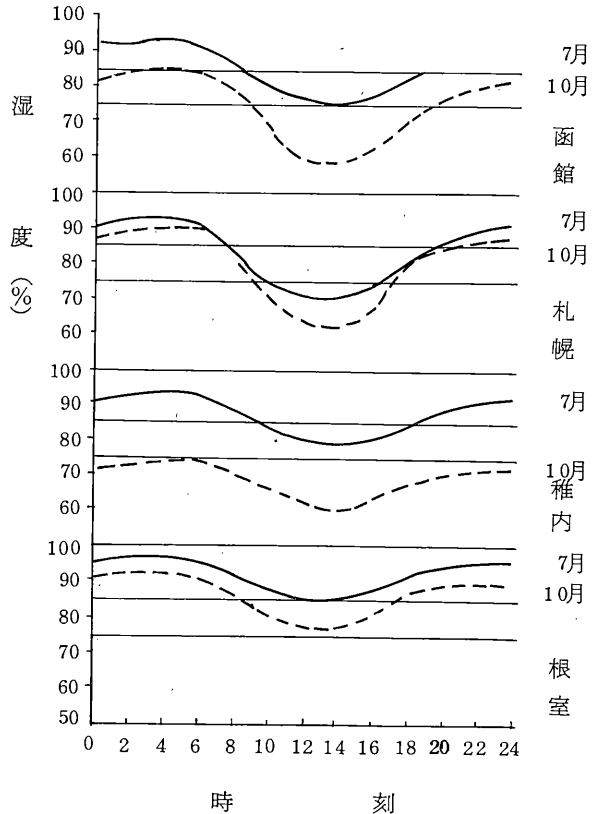


図-7 湿度の日変化 (北海道立農業試験場報告第10号)

る。なお1日に同時に詰込む量は天候、送风量など一概には云えぬが2~3mの高さではないかと云われている。

乾燥が仕上がったか否かは通風を停止した後、時々通風してみて牧草の中から熱気が出ないかどうかで判定する。

(3) 各部からの漏風防止と均一通風

メインダクトあるいはプラグと牧草の間、その他各部からの漏風はできるだけ防がなければならない。静圧だけでも数10mmも上る風であるのでこの漏風に対する慎重な注意を払う必要がある。また牧草の中を均一に風を通す必要があるが予乾の均一性、並びに切断長の揃いの良否が影響を及ぼす。また詰込密度の問題もあり、デストリビュータの機能の良否が関係してくる。軽い葉部短い茎は遠方に飛び易く重い茎部とか長い茎は中心部に落下し易い点を考慮に入れてパツフルの角度等の調節を行う必要がある。これらの予乾とか切長さの均一性を保つことはなかなか困難なもので、実例を示すと図-8、図-9、図-10の如く大差を生ずるものであるが、圃場機械の取扱技術の習得に努める必要がある。また無用に人間の足で牧草を踏み付けるのも悪影響を及ぼす。

なお牧草の堆積密度は高さの差と詰込み日数の経過によって異なるものであるが、その調査例を図-11、図-12に示す。図-11によれば平均密度は $90.19 \text{ kg DM}/\text{m}^3$ であり、図-12によれば、当初2.6mの高さであったものがその上に29.7トンを積上げると1.63mまで沈下して落着いている。この落着いた時の平均密度は $117 \text{ kg}/\text{m}^3$ （全積込高さ4.18m）であるが1.63mを境にしての上層と下層の密度を見ると前者は $101.2 \text{ kg}/\text{m}^3$ 、後者は $143.8 \text{ kg}/\text{m}^3$ となり可成りの差を示している。この上下の密度差から考えられることは、下層部に水分の高い草を入れ、乾燥が進まないまま、作業を続けて多量の草が上に積まれた場合、下層の草の乾燥は益々困難になることである。従って図-1の(10)に見られるような側管をこの乾燥困難な部分に十分に入れて置く対策なども必要ではないかと思われる。此等は今後検討を待つ問題である。

此等の値よりヘイタワーの牧草密度は大体ベアラで軟かく梱包した牧草と似たものである。

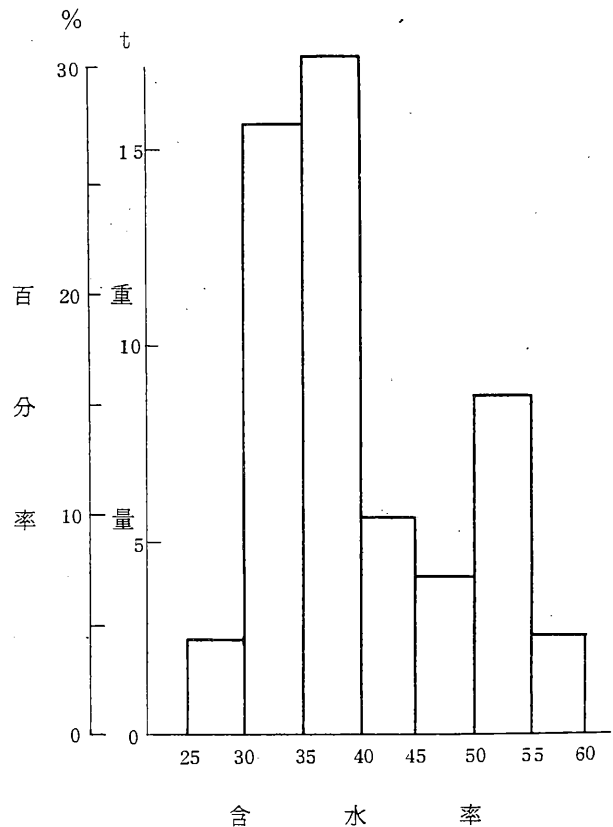
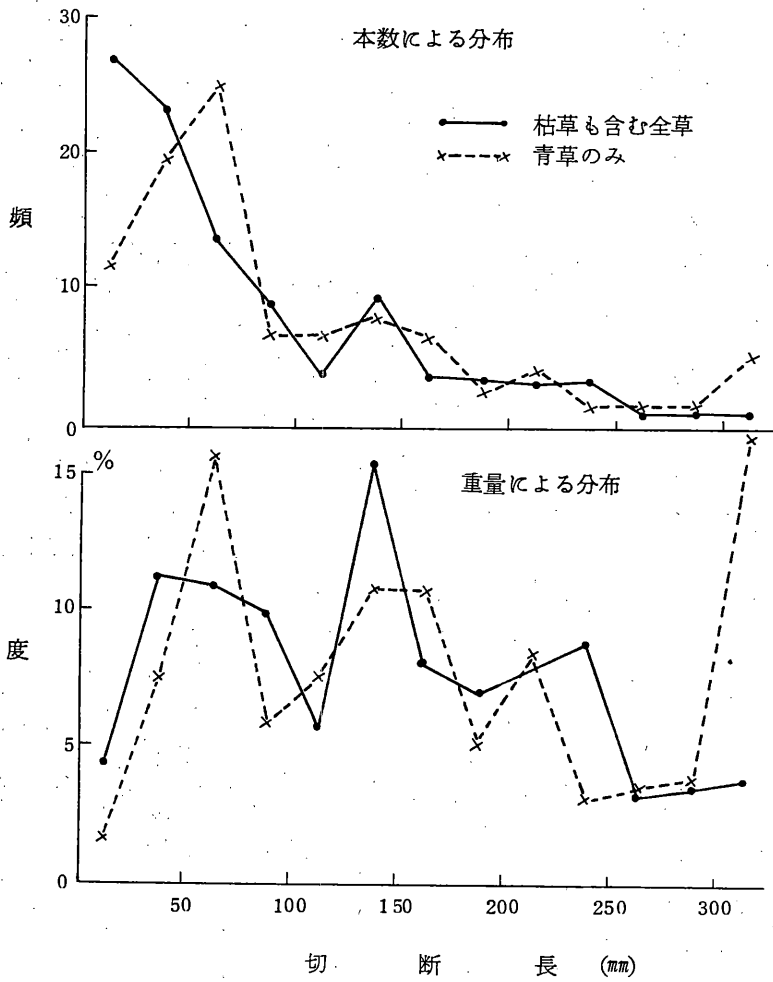
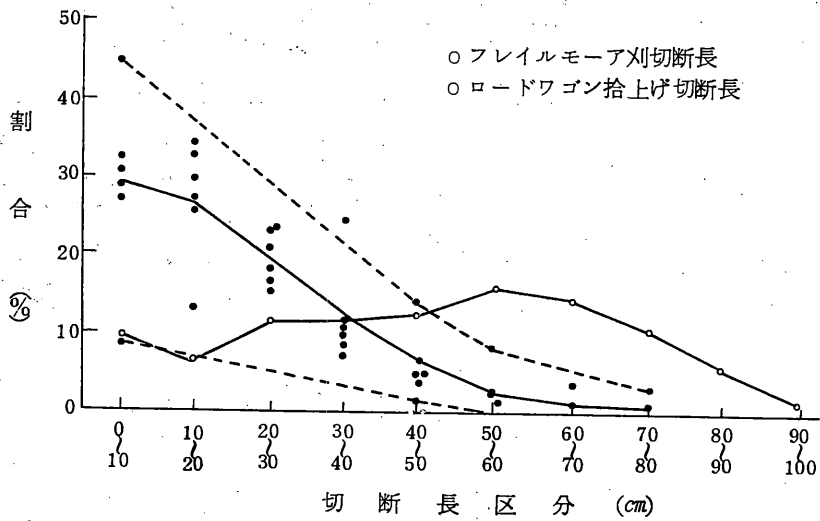


図-8 積込時水分の分布(北大)



図一〇 積込牧草の切断長分布 (北大)



図一〇 詰込み牧草の切断長分布 (切断刃間隔 1.2 cm) (北農試)

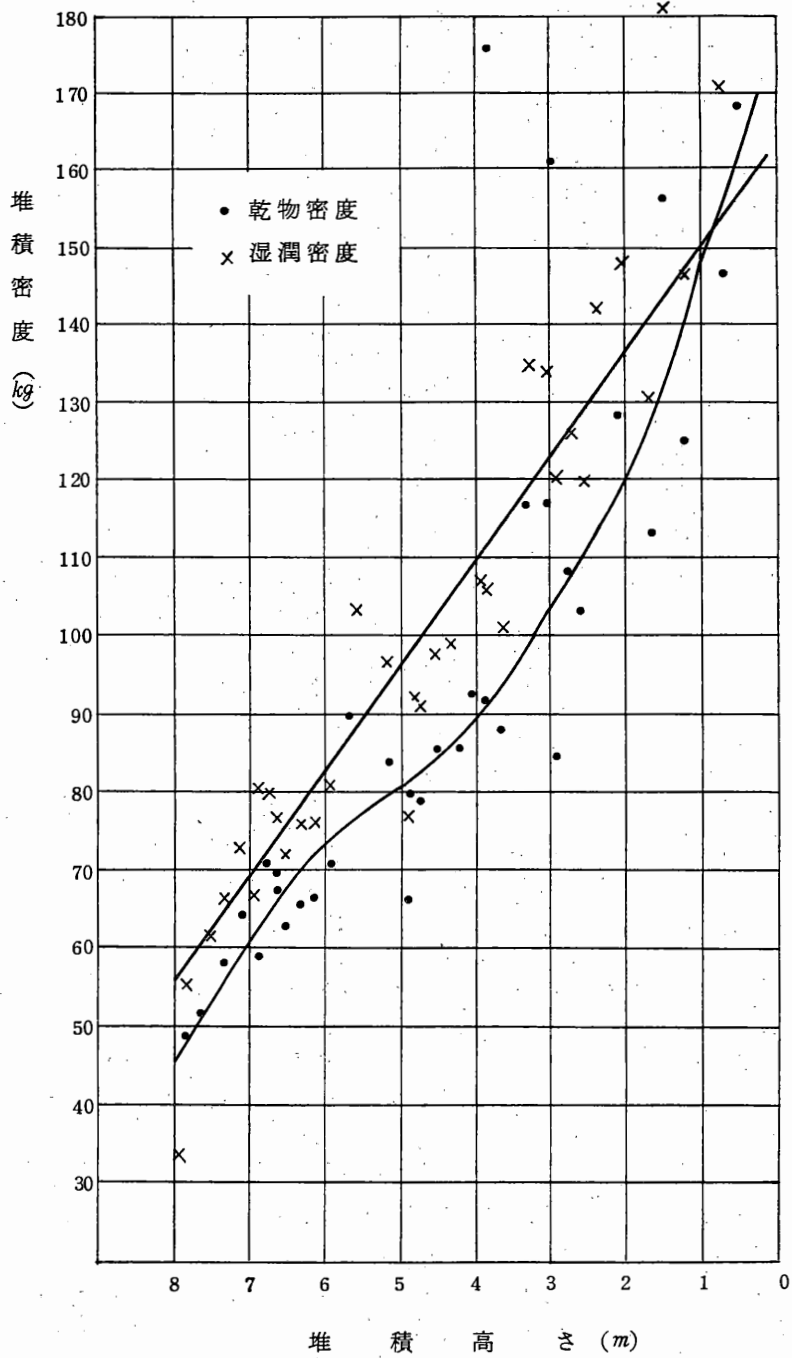


図-1.1 堆積密度分布 (1番草) (北農試)

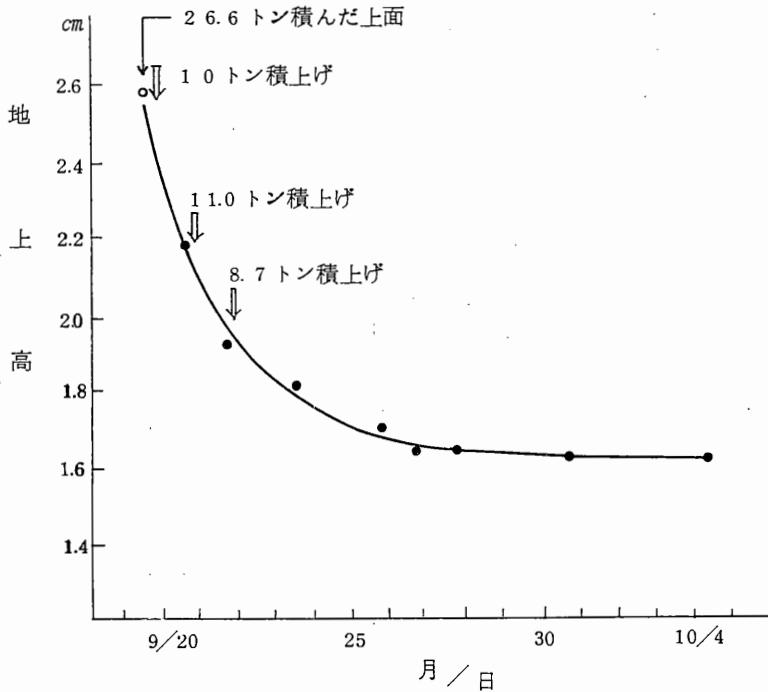


図-12 堆積牧草の沈下(北大)

(4) 作業能率並びに牧草の品質

表-2は国立農試での調査結果であるが、予乾牧草44.76トン \times 1.387haから収穫しているが、1番草の作業能率は刈取りで0.95ha/hr、反転作業では1.4ha/hr、集草で1.39ha/hr、拾上(昼食、故障、待時間を含む)作業で0.3ha/hr、詰込みで0.79ha/hrとなっている。それぞれの時間割合は14.9%、10.1%、9.7%、47.0%、18.3%であり拾上作業に50%近い値を示している。

表-2 刈取りから詰込みまでの所要時間

	処理面積 (ha)	刈取時間 (時)	反転時間 (時)	集草時間 (時)	拾上 回数(回)	運搬時間 (時)	詰込み 時間(時)
1 番 草	13.87	14.69	9.96	9.53	43	46.34	17.97
2 "	7.58		8.24		19	20.84	3.77

- 注 (1) 1番草は11回、2番草は4回の作業の合計である。
 (2) 反転時間は各作業での反転回数は1~3回となっているがその合計時間。
 (3) 1番草の作業機はフレールモア、ジャイロテッタ、ロードワゴン、コンベヤ、ヘイブローワであるが、2番草の刈取りはドラムモアを使用。
 (4) 運搬距離は往復で1番草の場合2.13~4.72km、2番草は2.4km。

以上の結果より1日正味作業時間を5時間とすれば運搬台数7台、1台当り1.8トン(40%水分)の積載量として約12トンの作業量は可能になり、運搬距離1km以内ならピックアップワゴン1台

での詰込み作業は可能であると報告されている。

道立中央農試の調査ではデスクモアでの刈取り能率は1.2ha/hr、ジャイロレッダでの反転集草に0.6ha/hr(反転3回)、ピックアップワーゴンでの拾上に0.2ha/hr、ブロワーでの詰込みに0.8ha/hrを要しており、上例と大体似た値を示している。

ヘイタワ内での乾燥過程とか、乾燥に要する日数等について測定上の技術的困難さもある外、詰込量が十分でなかったり初期水分が高過ぎたり低くすぎたりした天候など種々の条件差の影響もあり、実用的な明確な資料を得るまでに至っていない。しかし何れの試験も実用化できることに対する見通しは明るいとの結果を得ている。乾草の品質についても好成績を収めているが、その例を表3及び4に示す。

表-3 乾牧草の品質評価(北農試)

刈取 番草	サンプル 位置	品 質 評 点								
		葉 部	緑 度	ス テ ー ジ	マ メ 科 率	水 分	触 感	カビ・ムラ 香 気	雑 草	合 計
1	堆積高 4.2m	16.2 (40.9)	15.5 (5.8)	7.0	2.0 (10.2)	10.0	6.0	8.0	5.0	69.7
	" 3.0	16.7 (43.6)	14.0 (5.5)	7.0	1.2 (6.0)	10.0	7.0	7.0	5.0	67.9
2	" 2.3	20.0 (85.6)	13.0 (5.0)	9.0	0.0 (2.0)	10.0	9.0	8.0	5.0	74.0
	" 0.8	20.0 (80.4)	9.0 (3.5)	9.0	0.0 (2.0)	10.0	7.0	5.0	5.0	66.0

注 ① 品質評点は北海道乾牧品質判定基準による。

② ()内の数字は実数である。例えば葉部は、茎葉、穂または花のうち葉身、小葉の占める割合であり、緑度は早春萌芽時の緑度を100とし、以下葉稈の色調を0として10段階に分けた色調表から判定した値である。

表-4 仕上り乾燥栄養分析および評価(採取 昭49年1月19日)

栄養分析	風乾率	Mois	C.Prot	C.Fat	C.Fib	C.Ash	NFE
タワー南側	91.0	1.13	10.67	0.86	35.92	7.39	43.03
" 北側	85.7	0.76	12.59	1.50	33.34	8.98	42.83

風 乾 率 70℃

乾草評価	葉部 割合	緑 度	生 育 ステ-ジ	マメ科 率	水 分	触 感	カビ臭	夾雑物	計
タワー南側	12	15	8	3	10	8	8	5	69
" 北側	12	15	8	3	5	5	7	5	60

昭和43年成績会議指導参考事項(道立中央農試畜産部分分析)

4 結 び

最も明確にしたいものにヘイタワーの経済性の問題があるが、機械の価格は勿論のこと資材費も燃料費も不安定である現況ではその試算は避けた方がよいと考えるのでこの点については他の機会に明かにしたい。しかし、既に述べた通りサイレージ体系と似ており、作業体系はベール体系より有利であるし、天候の影響も遙かに少くなることは明かであるから圃場作業関係の有利性は明白である。またタワーは乾草の貯蔵場所ともなるので、在来の如く別に乾草収納舎を必要としないのでタワーの建設費の増加分は大した問題にならないものと考え得る。ただ問題は熱源を持つ送風機であるが、ペーラとか何れ必要になるベール、ローダ、コンベヤ類の費用を考えるとこれに見合うものと思われる。こうした種々の条件を考え合せると共に良質の乾草の再確認する場合、余程の大規模牧場はともかくとして、乾草を50～150トン利用する農家ではペーラ体系に変る今後の乾草収穫体系と云えるものである。ただ場合によっては圃場作業は共同になり得るとしてもサイロと同様に個々の農家の持つ性格のものである。