

(5) 本施設に対する筆者の意見	45
11. 常温通風乾燥法の普及上注意すべき事項	46
1) 湿度からみた北海道における普及可能地域	46
(1) 検討方法	46
(2) 月別の湿度分布状況	46
(3) 普及可能地域	46
(4) 湿度の日変化	46
2) 設置上の一般的注意	48
3) 乾燥施設に対する注意	49
4) 実施上の注意	49
結 論	50
参 考 文 献	52
Summary	55

緒 言

北海道におけるマメ科牧草刈り取り後の乾燥は天日乾燥法に全面的に依存している。すなわち太陽の輻射熱と自然の風を利用する方法が長い間農家の間に行なわれてきている。しかし牧草収穫期の気象条件は必ずしも乾燥に好都合とは限らず、また天日乾燥による損失すなわち葉部の変色や脱落による飼料価値の低下も少なくなく、また降雨などのため飼料価値をほとんど失なってしまうことも珍しくない、これは北海道の気象条件に由来するものではあるが、何らかの人工的乾燥法によつて乾牧草調製技術の欠点を補う必要がある。

人工乾燥法として熱風乾燥法も考えられるが、含水率 80% 程度の牧草を長期間の貯蔵に耐えうる 15～16% にまで水分を下げることは経済的に不可能な場合が多い。天日乾燥法と熱風乾燥法との中間のものが常温通風乾燥法である。

常温通風乾燥法はもともと飼料や穀物の貯蔵用に利用されるもので、貯蔵中の発熱によつておきる種々の障害を除くために大量の空気を送ると、空気が農産物中の水分を取り去るので発熱を防止し、含水率を減少させ長期間の貯蔵に耐えうるようになる。ただ常温の空気であるため乾燥速度が遅く、大量の材料を短期間に処理するためには大

容量の施設が必要である。この方法はアメリカ合衆国においてはかなり実施され、ドイツ・イギリスなど欧州においても、これに関する試験研究が行なわれているが、本道はそれらの国と気象条件が異なるので、その試験成績をそのまま利用することはできない。

たとえば常温通風開始前の材料の処理法(牧草の予乾細断あるいは茎葉の圧碎など)または乾燥機の操作法(通風量や材料の堆積量など)乾燥容器の形状と乾燥効果などについての研究が必要となる。わが国ではこれらに関する研究はきわめて少なく、牧草類を取り扱つたものとしては池内¹⁾・渡辺²⁾などの研究がわずかに見られる程度にすぎない。しかもマメ科牧草についてはほとんど皆無といつてよい状態である。

また最近では高蛋白質牧草の重要性が認識され、その作付面積が本道において急激に増加しつつある。しかしその乾牧草調製法は前述のように、適切な乾燥法が究明され確立されていないため、天日乾燥法に依存し、減収をきたしているばかりでなく品質劣悪な乾牧草を生産している状態である。

以上の点から北海道の営農に適合したマメ科乾牧草(赤クロバー・ルーサン)調製法について研究の必要を認め 1953 年から調査実験を開始した。

牧草の乾燥には大容量の施設が必要であり、欧米の例によつても畜舎の 2 階に乾燥機を設置する

のが普通である。

したがってこの調査実験は、農家が実際に利用しうる規模の乾燥機について実施すべきである。しかしこのような大きな施設を利用しては、前記のような基礎的な調査実験はきわめて困難である。

以上の理由から筆者はまず小型の常温通風乾燥機を利用して調査実験を行ない、その成績から実用的に実施する場合の合理的乾燥法を見出そうとした。その結果実用段階における効果的乾燥法に関し、ある程度の結論を得たので報告する。

この報告のⅠにおいて通風乾燥の意義と各種乾燥機の概要についてのべた。

Ⅱにおいては乾燥効果に及ぼす各種の条件（材料の予乾・細断・圧砕や通風量・堆積量など）・牧草中の空気静圧とその分布など乾燥操作に関し検討するための乾燥実験の成績についてのべた。

Ⅲにおいては、まず乾燥経費の問題を取り扱い、次に常温通風乾燥機の利用状況調査の結果を報告し、最後に北海道においてこの方法の普及をはかる場合の注意事項についてのべた。

この調査実験は1953年から1960年まで行なつたが、最初の3年間は農林省から試験費の交付を受け実施したものであり、記して感謝の意を表する。北海道大学教授常松栄博士には常に御指導、御鞭撻と貴重な御教示を賜わり、また本文の校閲をわずらわした。関東東山農業試験場渡辺鉄四郎技官、北海道農業試験場横山健和夫技官、前北海道立農業試験場副場長市村三郎技師、同副場長上田伏光技師、北海道大学農学部池内義則博士、北海道農務部農業改良課河野敬三郎専門技術員の各氏より御懇切な御指導をいただいた。実験実施に当たっては北海道農業試験場農業物理部、畜産部、北海道立農業試験場岡部勇技師、同教習部の各位から多大の御協力と援助をいただいた。本調査実験の実施と成績の整理には北海道立農業試験場農機具試験室藤田昭三技師、有我文子技師の協力を得た。本文に入るに先立ち各位に対し衷心から感謝の意を表する。

I 通風乾燥の意義と乾燥機

1. 乾燥法および乾燥機

1) 乾燥の意義と乾燥法

乾燥とは物質から水分を取り除く操作であつて、空気中に水分を蒸気の形で追い出すことをいう。その方法としては輻射熱で物体を直接加熱する方法、加熱空気を送る方法、常温空気を送る方法などがある。いずれも物体表面の蒸気圧と空気中のそれとの差によつて水分を蒸発させ、その水分を流動する空気によつて運び去る機構は同一である。

物質を乾燥させる最大の利益は、水分を14～15%程度以下にしておけば特別の事情がない限り、長期間貯蔵できることである。

2) 含水率

全重量に対する水分の百分率を、湿量基準含水率といい、乾物重に対する水分の百分率を乾量基準含水率という。いずれも%であらわすが、普通単に含水率または水分率あるいは水分含量といえは、前者の湿量基準含水率を示すのである。湿量基準含水率では、基準となる全重量が乾燥の進行にともない減少するが、乾量基準含水率では基準となる乾物重は変化しないものと考えられるので計算には便利である。

いま

G_0 = 材料の乾物重

G_1 = 乾燥前の材料の全重量

G_2 = 乾燥後の材料の全重量

W = 全蒸発水分量

a_1 = 乾燥前の材料の湿量基準含水率 (%)

a_2 = 乾燥後の材料の湿量基準含水率 (%)

w_1 = 乾燥前の材料の乾量基準含水率 (%)

w_2 = 乾燥後の材料の乾量基準含水率 (%)

とすれば

湿量基準含水率は $a_1 = \frac{G_1 - G_0}{G_1}$ または

$a_2 = \frac{G_2 - G_0}{G_2}$ であらわされる。

乾量基準含水率は $w_1 = \frac{G_1 - G_0}{G_0}$ または

$$w_2 = \frac{G_2 - G_0}{G_0} \text{ であらわされる。}$$

乾燥前後の蒸発状態の関係は次の式であらわされる。

$$a_1 = \frac{G_1 - G_0}{G_1} \text{ から } G_1 = \frac{G_0}{1 - a_1} \dots\dots\dots (1)$$

が得られる。

$$w_1 = \frac{G_1 - G_0}{G_0} \text{ から } G_1 = G_0 (1 + w_1) \dots\dots\dots (2)$$

が得られる。

(1) 式と (2) 式から

$$\frac{G_0}{1 - a_1} = G_0 (1 + w_1) \text{ したがって } a_1 = \frac{w_1}{1 + w_1},$$

$$w_1 = \frac{a_1}{1 - a_1} \text{ が得られる。}$$

同様にして

$$a_2 = \frac{w_2}{1 + w_2}, \quad w_2 = \frac{a_2}{1 - a_2} \text{ が得られる。}$$

$W = G_1 - G_2$ であるから (1) 式から

$$W = \frac{G_0}{1 - a_1} - \frac{G_0}{1 - a_2} \\ = G_0 \left(\frac{1}{1 - a_1} - \frac{1}{1 - a_2} \right) \text{ が得られる。}$$

また $W = G_1 - G_2$ に (2) 式を代入すると

$$W = G_0 (1 + w_1) - G_0 (1 + w_2) = G_0 (w_1 - w_2) \text{ が得られる。}$$

したがって

$$W = G_1 - G_2 = G_0 \left(\frac{1}{1 - a_1} - \frac{1}{1 - a_2} \right) \\ = G_0 (w_1 - w_2) \text{ となる。}$$

3) 平衡水分

物体は一定の温度および湿度の大気中に長く放置すると、一定の水分を含み平衡状態となる。また完全に乾燥させても大気中に放置しておくと、その時の大気中の水分に平衡するだけの水分を再び吸収する。平衡水分は常温通風乾燥法で乾燥しうる限界となるものであり、また貯蔵と重大な関係がある。

牧草について平衡水分を研究した成績は渡辺¹⁰⁾によると、茎と葉の平衡水分を比較すると茎の方が若干(1%程度)高くなっている。平衡水分は組成ばかりでなく、組織や表面の状態などによっても左右されるようである。レンゲの平衡水分を示すと第1図のとおりである。

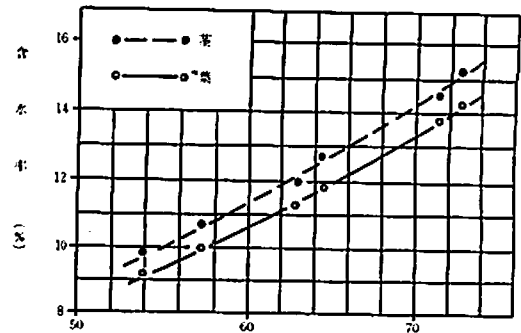


図 1 レンゲの平衡水分

4) 乾燥操作に必要な水分

実際の乾燥において取り除くべき水分量は材料中に含まれている水分量と、製品として許容しうる水分量との関係およびその処理量から求めることができる。この水分量は次の式から求められる。

$$W = \frac{a - b}{100 - b}$$

W = 材料 1 kg 当りの蒸発すべき水分量 (kg)

a = 材料中の水分 (%)

b = 製品としての許容水分 (%)

マメ科牧草の場合、貯蔵に耐えうる含水率は15~16%、多くとも20%程度以下とされている。生牧草の含水率は80%内外であるから、60~65%程度の水分を取り除かなければならない。例えば含水率80%の生牧草1kgを含水率15%にするためには

$$W = \frac{80 - 15}{100 - 15} = 0.765$$

すなわち0.765kgの水分を取り除かなければならない。

次に仕上り製品1kgをうるためには生の材料が何kg必要であるかを計算するためには、次の式によつて行なうことができる。

$$W = G_0 \left(\frac{1}{1 - a_1} - \frac{1}{1 - a_2} \right)$$

式中 W = 仕上り材料 1 kg 当りの蒸発すべき水分量 (kg)

G_0 = 材料の乾物量 (kg)

a_1 = 乾燥前の材料の含水率 (%)

a_2 = 製品としての許容含水率 (%)

5) 乾燥機の種類

乾燥機の種類はきわめて多く、これを加熱方法（直接および間接乾燥機）、操作方法（連続および不連続機）などから分類することもできるが、南川¹⁹⁾は乾燥機の形状から次のように11に分類している。

1. 箱型乾燥機 (chamber dryer)

密閉された箱内に原料を収容した多数の棚を設け、送風機からの熱風を送り乾燥を行なう。

2. トンネル乾燥機 (tunnel dryer)

トンネル型の容器の中に熱風を送り、原料を台車にのせてトンネル内を移動させつつ乾燥を行なう。

3. 堅型乾燥機 (vertical dryer)

垂直式のトンネル乾燥機のようなもので、原料が台車にのせられて堅型の乾燥室内を上部から下部へ移動する。

4. バンド乾燥機 (band dryer)

トンネル型の乾燥室の中を移動するバンド（コンベアー）の上に原料がのせられて連続的に乾燥される。

5. 円盤乾燥機 (disc dryer)

乾燥室内に多数の円盤が垂直に重ねられ、上部から原料が投入され、円盤上を転り回転して、最下段の円盤に至るまでに乾燥される。乾燥が均一になる。

6. 回転乾燥機 (rotary dryer)

ゆるく傾斜した円筒が横軸上を回転し、原料を高い方の端から投入して回転により自然に低い方の端に送りながら熱風により連続的に乾燥させる。

7. 円筒乾燥機 (drum dryer)

表面を滑らかに研磨した金属性円筒を中空軸によって支持し、円筒を蒸気や電熱で加熱し、円筒を回転させながらその表面に原料を直接接触させて乾燥する。

8. 溝型攪拌乾燥機 (agitator trough dryer)

溝型乾燥容器の中に、加熱管を装備した攪拌装置つきの回転体が回転して、原料を乾燥させる。

9. 気流乾燥機 (pneumatic dryer)

原料と空気との直接接触によつて水分の蒸発乾燥を行なうもので、乾燥筒の下部に送り込まれた原料は下部からくる熱風と混合して上部に押し上げられて乾燥され、次にサイクロンに送られて分別される。

10. 噴霧乾燥機 (spray dryer)

液状原料から直ちに粉末製品をうる場合に利用されるもので、原液を霧化しそこへ熱風を送つて乾燥させる。

11. 捏和乾燥機 (agitator dryer)

原料が粘結性である場合に利用されるもので、円筒中を攪拌器により攪拌されつつ送り出されるところへ熱風を送り乾燥させる。

現在の牧草乾燥機は南川の分類による箱型乾燥機、バンド乾燥機あるいは回転乾燥機のいずれかあるいはその変型に属するものである。筆者は加熱の有無により熱風乾燥機、常温通風乾燥機および熱源付通風乾燥機の3種類に分類した。これらについては3)でのべることにする。

2. 天日乾燥法

1) 北海道における天日乾燥法

この方法は晴天が続いて短期間に、乾牧草に仕上がる場合は、良質の乾牧草が低廉に得られる。しかし雨天の場合は連続的に作業ができず、俄雨の場合は不時の人員と品質、収量の損失をきたす。本道で行なわれているのは、地上乾燥法と架上乾燥法であるが、前者の方法が広く行なわれている。

(1) 地上乾燥法

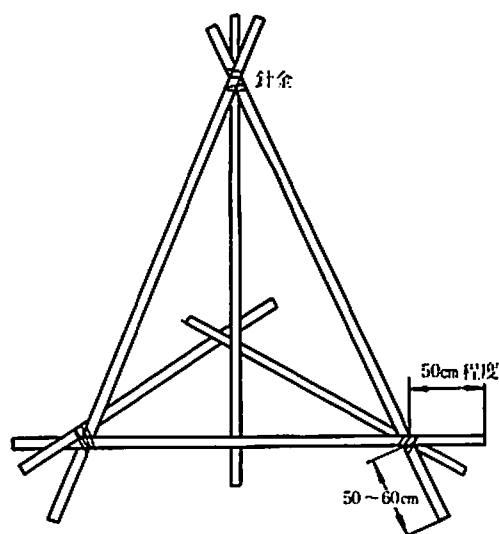
刈り取り後、夕方までに1～2回反転させ、夕方に集めて直径1.5～2.0 m、高さ0.6～1.5 mの小堆積とし、雨露を防ぐため藁やビニールなどで覆う。翌朝露が乾いた9時ころこの小山をヘーフォークによりくずし、1～2回反転しよく乾かす（雨天の場合は小堆積に覆いを掛けたまま、暗れた日を待つ）夕方再び小堆積にし覆いをかける。こうして気象条件が良ければ4～5日間で乾牧草に仕上がるが、曇天の場合には、1週間あるいは、10日間以上かかるのが普通である。

この方法は、ヘーフォークなどを使用した機械

的操作を繰り返すので葉の損耗が甚だしく、その損失量は少なくとも10%に及ぶといわれている。(高野²⁶⁾)

(2) 架上乾燥法²⁶⁾³⁷⁾

地上に架台を設けそれに牧草を堆積する方法で、三角架法、スイス三角架法、シームガウエル法、スタイナツハ法、スイス直棒法などがあるが、三角架法が普通である。(第2図参照)



寸法、長さ
縦棒、横棒共に長さ2.5~3.0m.
太さ(直径) 4~5cm
第2図 三角架法

三角架は3本の棒を組んで3脚とし、それに横棒を取り付けて、その上に1~2日間地上乾燥を行なつた牧草を堆積する。堆積の方法はまず三角架の縦棒、横棒の交差点に一抱えの牧草を乗せ、次に横棒の中間に一抱え乗せ、次に順次中間に乗せて横棒に堆積する。最下段の積み上げが終わつたならば、この要領で順次積みあげる。堆積した牧草の外面はヘーフォークでかきならして水切りをよくし、形を整えて、頂部には藁のヘーキャップをかけ、風に飛ばないように押さえ繩をしヘーネットを掛ける。

この方法は地上乾燥法に比較すると、葉部の機械的損失は少ないが、堆積外部が変色し、堆積法が悪いと腐敗するおそれがある。

10a 当り収量3,000kg 程度の牧草畑には三角架

が7~8個必要で、1個堆積するのに3~4人で10分間ほど必要とされている。したがつて10a 当り3~4人で1時間半ほどの労力が必要である。

2) 調製中における乾牧草の栄養分の変化と損失

牧草の乾燥経過中には内部的にまた機械的に各種の変化がおきる。すなわち水分の減少はもちろんのこと、組成の変化・機械的損失・ビタミンの損失などがおきる。

(1) 組成の変化²⁸⁾³⁷⁾

植物は含水率が40%以下になるまでは原形質は生活しているといわれている²⁸⁾³⁷⁾。したがつて牧草は刈り取り後もしばらくは生活作用を営んでいるから、含有養分は消費される。したがつて40%以下になるまではなるべく早く乾燥させる必要がある。普通の方法で早く乾燥させた場合でも、この損失量は5~9%に及ぶといわれている²⁸⁾³⁷⁾。

乾草調製中に最も注意すべきことは、雨にあてないことである。雨にあてると養分が流失するとともに醗酵して養分が分解される。斎藤²⁸⁾によると雨にあてたために収量が75%に減少し粗蛋白質は80%となり粗繊維が33%増加したといわれる。また同氏によると雨にあてなかつたルーサン乾牧草の消化率が67%であつたものが、雨にあてたために50%に減少した成績がある。また露にあたると化学的ならびに機械的に養分が流失するばかりでなく、細菌のため固形物が分解され腐敗をおこし、時として乾草中の固形物が20~30%分解されるといわれている。

(2) 機械的損失

マメ科牧草は乾燥中に葉が脱落しやすいので、圃場で激しく乾燥させると収納のときに茎ばかりになつてしまうことがある。

(3) ビタミンの損失

牧草は日光にさらされて黄変するとカロチンを著しく失う。高杉³⁷⁾によれば GORDON および HURST は天日乾燥法によるルーサンは人工乾燥法によるものに比較し、カロチン含有量は約1/2であるといつている。特にカロチンの80%が刈り取り後、最初の24時間中に失なわれるといわれている。

3) 天日乾燥法による乾牧草の品質変化についての調査

刈り取り適期に達した1番牧草をヘーモアで刈り取り、日中1回反転させ夕方方は小堆積とし、翌朝これを地上に拡げ、この操作を毎日繰り返し乾

牧草に調製した。実験当時の気象条件にもよるが含水率75~85%のものが4~7日間ほど(悪条件ならば10日間ほど)で含水率20%程度の乾牧草に仕上がった。この乾牧草の飼料成分の変化を調査した結果は第1表のようであつて、多少の例外はあ

第1表 天日乾燥法による乾牧草の成分

番号	供試材料	実験期日 年月日 ~月日	区別	外 観 在 定		飼 料 成 分 (無水物中%)					カロチン (mg)
				葉部割合	緑 度	粗蛋白質	粗脂肪	可 溶 性 無窒素物	粗 纖 維	粗灰分	
A	赤クロバ	1954. 6.29~ 7.7	天日乾燥	—	—	17.5(91)	2.3(56)	49.3(112)	23.8(96)	7.1(93)	—
			生牧草	—	—	19.3	4.0	44.2	24.8	7.7	—
B	赤クロバ	1954. 7.9~ 7.13	天日乾燥	—	—	18.0(102)	2.0(70)	49.1(96)	22.4(117)	7.5(89)	—
			生牧草	—	—	17.7	2.8	51.2	19.9	8.4	—
C	ルーサン	1958. 7.14~ 7.21	天日乾燥	11.0(43)	45.0(53)	13.2(60)	1.8(55)	40.4(109)	39.6(125)	5.0(88)	6,538(8)
			生牧草	25.5	85.0	22.0	3.3	37.2	31.8	5.7	6,905
D	赤クロバ%	59, 1957. 7.12~ 7.22	天日乾燥	11.7(53)	—	10.1(75)	3.3(85)	44.5(96)	36.7(128)	5.4(71)	1,504(21)
	ナモシ-34 その他7		生牧草	21.9	—	13.4	3.9	46.2	28.7	7.8	7,058

備考 () 内数字は生牧草を100とした割合

るが、生牧草に比較して粗蛋白質・粗脂肪・粗灰分は減少し、可溶性無窒素物は増減まちまちであり、粗繊維は増加している。葉部割合は生牧草の約半分、カロチン含量ははなはだ少なかった。

上記の調査期間の気象状況はいずれも比較的順調であつたが、悪条件特に降雨にあつた場合は、2)でのべたように、収量品質に大きな損害を及ぼすことは明らかであり、堆肥に利用されるにすぎない場合さえある。高杉³⁷⁾によると F. LEISCHMANN は天日乾燥による栄養分の損失を最少限度にとどめる要領として12項目を掲げているが、その第1として刈り取つたその日のうちに乾燥が完了することが最も望ましいといつてゐる。しかし前述のように1日間での乾燥完了は不可能なので、何らかの人工乾燥が必要となる。

北海道における赤クロバ作付面積は、混播を除き1958年に約28,400haに及んでいる。この約50%が乾牧草に調製されると推定して、その乾燥は天日乾燥法とくに地上乾燥法に全面的に依存している場合それによる損失量を10%とすれば約

1,400ha、20%とすれば約2,800haの損失に相当する。

これにともなつて栄養分の損失も莫大なものとなるはずである。

また根釧地方では気象条件により、収穫適期における乾牧草調製の困難から、刈り取り期をおくらせ、すなわち栄養分の低下した時期に収穫しているのが現状であるから、この損失はますます大きくなる。

こう考えると天日乾燥法による収量栄養分の損失は全作付面積の約10~15%すなわち3,000~4,000haていどの牧草畑を失なつたものに相当するものと推定される。

最近が高蛋白質牧草の作付けが増加の傾向にあるので、天日乾燥法をこのまま放置するときはその損失額はますます増大し、ひいては畜産振興上にも大きな影響を及ぼすものと考えられる。この点からも乾燥法に関する試験研究が1日も早く完成し、合理的乾燥法が確立され、すみやかに普及することが望まれるのである。

3. 人工乾燥法と乾燥機

人工乾燥法には熱風乾燥法・常温通風乾燥法および熱源付き通風乾燥法がある。

1) 熱風乾燥法と乾燥機

煉炭・コークス・石炭・薪あるいは石油系燃料などを燃焼させて、その燃焼熱による熱風を直接に被乾燥材料に送り込んだり（直接加熱式 direct heating）、燃焼による熱により新たな空気を加熱させてその熱風を材料に送り込んだり（間接加熱式 indirect heating）するものである。これには穀物用と牧草用とがあるが、わが国ではたんに乾燥機といえは米麦の乾燥に使用するものを意味するのが現状である。

穀物用乾燥機にひきかえ牧草用乾燥機は現在あまり使用されていないが、その2〜3についてのべると次のとおりである。

A 棚式牧草用乾燥機

乾燥室内に棚を設けこれに熱風を送って乾燥させる方法できわめて原始的なものであつて、棚はレールによつて出し入れされ、熱風の温度は炉の焚き具合や燃料の種類などによつて調節することができる。

B コンベアー式牧草用乾燥機 (conveyer dryer)

移動するベルトコンベアーの上に牧草をのせ乾燥空気を送って、ベルトコンベアーが移動するにしたがつて牧草は乾燥されて外部に排出される。熱風の温度は120°~180°C程度であり、乾燥所要時間は15~60分間ほどである。

C 回転円筒式牧草用乾燥機 (rotary-drum dryer)

わずかに傾斜した回転円筒の中を牧草が攪拌されながら移動する間に熱風によつて乾燥される。540°~950°Cの熱風が牧草の移動方向と反対方向に送られる。この場合牧草は2.5cmの長さに切断しておく。乾燥所要時間は1~3分間ほどであり、排気の温度は107°Cくらいであつて、仕上り乾牧草の含水率は10%程度になる。

2) 常温通風乾燥法と乾燥機

設備費・運搬費を安く、乾燥労力を少なくし、火災に対する安全性を考えて、常温の空気を通風

させ、乾燥材料を移動させずに乾燥させる方法である。通風する空気の温度、湿度における平衡水分以下に材料の含水率を低下させることはできない。したがつて乾燥初めの含水率が比較的高く、仕上がり品の含水率が20%程度でも差しつかえない牧草類の乾燥には有効である。

わが国で利用されているものは(1)送風機(2)被乾燥材料を堆積する容器(3)送風機と容器とをつなぐ風路（これがない場合もある）の3部分からできている。材料を堆積する部分の底は「すのこ」になつている。「すのこ」の周囲の壁は木製の板を利用してもよく、また既設の納屋の壁を利用してもよい。この方法は欧米においては相当以前から利用されていたが、わが国においては1950年ころから研究されはじめ、最近では通風乾燥機製作業者も急激に増加し、現在では少なくとも100社以上にのぼるものと推定される。

これらの製品の大部分は通風乾燥機用送風機であつて、材料を入れる容器まで製作しているものはわずかである。また米麦の乾燥を主とするため送風機は風圧型が多い。

このように多種多様の送風機が出現してきたので、農家はその購入にあたつて選択に困難を感じているのが現状である。それで農林省は1960年に通風乾燥機用送風機の国営検査を実施した。検査成績のあらましを示すと次のようであつて、現在国内で製作されている通風乾燥機用送風機の構造と性能の大体がわかる。

すなわち機体の大きさは580mm×470mm内外、重量は24kg程度であり、回転翼は6~10枚（平均9枚）固定翼（整流板）は8~20枚（平均18枚）取り付けである。回転翼・固定翼の材質は大部分がプレス加工の鋼板製である。送風機の所要馬力は0.9~1.1PSでいど、風量は全開で、2.1m³/sec、 $\frac{1}{2}$ 開で1.5m³/sec、 $\frac{1}{4}$ 開で0.6m³/sec程度である。

牧草用の常温通風乾燥装置として利用されているものは

スラット床型 (slatted floor system)

Aフレーム型 (A frame system)

送風筒型 $\left\{ \begin{array}{l} \text{側方主送風筒型} \\ \text{(side main duct system)} \\ \text{中央主送風筒型} \\ \text{(central main duct system)} \end{array} \right.$

の3種である。

A スラット庄型

常温通風乾燥機としてわが国で市販されているものはほとんどこの型であり、また本報告において詳細にのべるのであるが、スラット床の面積 10m^2 、容器の高さ 1.8m 、送風機は 750W の電動機で駆動され、送風量が $2.5\text{m}^3/\text{sec}$ 程度のものである、含水率 $40\sim 50\%$ の牧草を 750kg ほど堆積でき、気象条件が良ければ $5\sim 6$ 日間、条件が悪ければ $11\sim 12$ 日間で乾牧草に仕上がる。

B Aフレーム型

1例を示すと、山型のフレームの一端に送風機が取り付けられている。山型の部分には 4.6m 幅のスキが 18.2cm 間隔で取り付けられている。空気は送風機を通り、山型のフレームの中に入り、スキの間隙をとおり抜けて、上方に出る。山型フレームの上部と納屋の床上に材料を堆積する。フレームの高さ 1.12m 、長さ 5.45m であり、材料を堆積する部分の大きさは $4.5\text{m} \times 5.5\text{m}$ 程度である。この程度のもので 700kg ほどの材料を堆積することができ、 10 日間くらいで乾牧草に仕上がる。

C 側方主送風筒型

納屋の床上に送風機・送風筒を設けるものであつて、送風機からの空気は主送風筒(main duct)に入り、さらにラテラル(lateral)に抜ける。ラテラルの上部と納屋床上に乾燥材料を堆積するが、堆積する部分の広さは $10\text{m} \times 12\text{m}$ 程度であつて、含水率 $50\%\sim 60\%$ 程度の牧草を $1,800\text{kg}$ くらい堆積できる。送風機は 7.5KW の電動機で運転されるシロッコファンであつて、風量は $6\text{m}^3/\text{sec}$ 程度である。条件が良ければ 5 日間ほど、悪条件の場合ならば 12 日間ほどで乾牧草が仕上がる。

D 中央主送風筒型

側方主送風型とはほぼ同様であるが、異なる点の主なものは、中央に主送風筒が設けられていること、主送風筒の上部にも空気の出口があることである。

3) 熱源付き通風乾燥法と乾燥機

常温通風乾燥法において、材料の含水率が吸気の温度、湿度に対する平衡水分に近づいたときは、乾燥は非常に困難になる。このような場合には、吸気の湿度を低下させるか、または吸気の温度を上昇させて乾燥能力を増加させる必要がある。吸気の湿度を低下させるために吸湿剤あるいは乾燥剤などの利用も考えられるが、実施は困難である。

キャリアの線図²⁾でわかるとおり、空気の温度を 1°C 上昇させると、関係湿度は約 3% ほど低下する。この方法なら比較的簡単に実行できるので、この理論を常温通風乾燥法に応用したのが熱源付き通風乾燥法である。この方法は常温通風乾燥機の送風機の吸気側あるいは風路の途中に取りはずし自在の簡単な火炉や石油バーナーを置いて吸気の温度を上げて、通風乾燥を行なう。

A 簡単な火炉を持つ乾燥機

小型の常温通風乾燥機には、薪・煉炭・コークス等を燃料とした簡単な火炉を利用する方法が採用されている。

B 液体燃料バーナーを持つ乾燥機

温度の調節が容易で燃料供給が自動的にでき、装置全体も小型にできているため、外国においてはこの方法が広く用いられている。燃料としては軽油を使用するものが多く、燃焼ガスを直接送風する直接加熱方式と、空気を間接に加熱して送風する間接加熱方式とがある。

前者は熱の損失は少ないが、材料中に火が入つて火災をおこしたり、材料に燃焼ガスの臭がついたりして家畜の嗜好を害する欠点がある。後者は火災の危険がなく、材料に悪臭を残すことがないが、熱の損失が大きい。

II マメ科牧草の常温通風乾燥に関する実験

4. 実験方法

1) 実験方法

この実験は1953年から1959年まで北海道立農業試験場本場ならびに北海道農業試験場畜産部に

において、赤クロバーおよびルーサンを供して行なつた。

農家が実際に利用しうる規模の乾燥施設を利用して実験を行なうべきであるが、このような施設は大容量の乾燥機となる。均質牧草を大量に供することの困難性、均一に堆積することの困難性、調査測定施設の関係などから、小型のスラット床型常温通風乾燥機を使用して実験を行ない、この実験成績から大量の乾燥を実施する場合の、各種の問題を解決しようとした。

この実験においては、次の事項に関する問題点を解明するため、乾燥実験を行ない、牧草含水率の推移、空気の温度および湿度、通風量、電力消費量、牧草中の空気静圧を測定した。

a 乾燥予措と乾燥効果との関係

圃場予乾、材料の細断、材料の圧砕の有無とその程度と乾燥効果との関係。

b 乾燥操作と乾燥効果との関係

通風量、材料の堆積量と乾燥効果との関係。

c 堆積牧草中の空気静圧の変化とその分布。

2) 実験材料とその処理法

供試作物は赤クロバー (*Trifolium pratense* L.) とルーサン (*Medicago sativa* L.) であり、いずれも普通の生育状態のものを供した。なお実験の都合によりオーチャードグラス (*Dactylis glomerata* L.) チモシー (*Phleum pratense* L.) 白クロバー (*Trifolium repens* L.) を混合させたものについても行なつた。常温通風乾燥を開始する前の材料の処理法には次の4方法がある。

a ヘーモアで刈りとり、長い生草のまま供する場合。

b ヘーモアで刈りとり直後に、エンシレージカッターで3~4cmの長さに切断してから供する場合。

細断したのは材料の表面積を大きくして、空気との接触面を広くし、乾燥速度を早めようとしたためである。

c 刈り取り後に1~2日間圃場で天日で予乾を行ない、材料の含水率を50%程度に下げてから、エンシレージカッターをもつて3~4cmの長さに切断し供する場合。圃場で予乾させたの

は水分の大部分を取り除こうとしたためである。

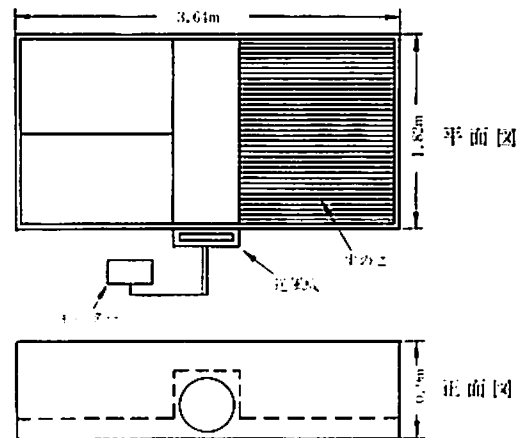
d 刈り取り直後にヘーコンディショナーによつて牧草を圧砕し、1~2日間圃場で予乾してから供する場合。茎葉を圧砕して、茎葉の内部と空気との接触を容易にし、あわせて材料の表面積を広くしようとしたからである。使用したヘーコンディショナーはクリンパー型であつた。

3) 乾燥施設

スラット床型に属する平床2分割型および傾斜床型乾燥の2種を使用して、乾燥実験を行なつたがその構造は次のとおりである。

(1) 平床2分割型乾燥機

赤クロバーの乾燥実験に使用したものであつて、その構造は第3図、その概要は次のとおりである。



第3図 平床2分割型乾燥機

a スラット床の大きさ (間口×奥行×高さ)

3.62m × 1.80m × 0.9m

b 堆積床の面積 6.5m²

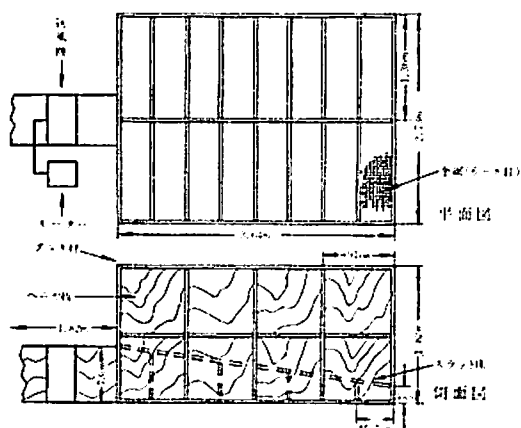
c 送風機富士式プロペラファン、直径 600mm、
毎分回転数 1,400

d 送風量 0.98 m³/sec

e 使用動力 750W 3相交流電動機 1,450 r.p.m.

中央に風路をとり牧草を入れる部分は左右に分けてある。風路の下部は「すのこ」の下部に開口して空気は風路から「すのこ」の下部にゆき「すのこ」の隙間を通り、その上の金網を通つてその上

に堆積されている牧草を通過して上部に抜ける。「すのこ」は左右2個ずつに解体して格納するのに便利になっている。乾燥機の4隅に柱を用いておのおの壁を隅々の柱でボルト締めとして分解、組み立てを可能にしてある。「すのこ」の脚や板は充分強くして人が乗って牧草の出し入れや牧草の反転などの作業を可能にする。壁の板は隙間ができないように継ぎ合わせ外部から目張りした。壁と床の間は隙間ができやすいのでその部分に粘土を詰めて空気が洩れるのを防いだ。



第4図 傾斜床型乾燥機

(2) 傾斜床型乾燥機

ルーサンの乾燥実験の場合に使用したものであつて、その構造は第4図、その概要は次のとおりである。

- a スラット床の大きさ (間口×奥行×高さ)
2.64m×3.53m×1.82m
- b 堆積床の面積 9.3m²
- c 送風機 柳井式 S3号型プロペラファン、
直径 577mm、固定翼 (整流板) 20枚、回転翼 10枚
- d 送風量 2.53 m³/sec
- e 使用動力 750W 3相交流電動機 1,450 r.p.m.

空気は風路を通り送風機から「すのこ」の下部に入り「すのこ」の隙間を通りその上に堆積されている牧草を通過して上方に抜ける。平床型2分割型にくらべて異なる主な点は牧草の堆積場所が1カ所であること。スラット床が6°の傾斜で送

風機側が高くなっていること。底部もベニヤ板で作り空気の洩れを少なくしたこと。乾燥室の奥 (スラット床の傾斜の低いところ) にドアを設けて仕上げ製品の取り出しに便利にしたことである。この実験では牧草収納室内に設置したが、建物の南西の壁に穴を設け、そこに送風機を据え付けて温暖な空気を送風するようにした。

4) 測定項目と測定方法

乾燥操作中に調査測定した事項、測定器具、測定法は次のとおりである。

a 牧草の含水率

生草、送風開始時、その後は毎日2～3回、乾燥終了時に試料を50gずつ10点採取し牧草の含水率を測定した。

b 空気の温度

1週間捲き自記温度計により吸気 (送風機の前方) と排気 (牧草の上方) の温度を測定した。

c 空気の湿度

温度測定の場合と同様に1週間捲き自記湿度計により吸気と排気の湿度を測定した。

d 電力消費量

送風機運転のための電動機の電力消費量を積算電力計により測定した。

e 送風量

平床2分割型乾燥機を使用した実験においては、送風機と乾燥室との中間においてピトー管とU字マノメーターにより風速を測定し、送風機前面の面積および風路の断面積から送風量を推定した。送風量の測定にあつては、次の式を使用した¹⁰⁾。

$$Q = A \times v = A \sqrt{\frac{2gh}{\gamma}}$$

ただし

Q = 送風量 (m³/sec)

v = 風速 (m/sec)

A = 送風機または、風路の断面積 (m²)

g = 重力の加速度 9.8m/sec

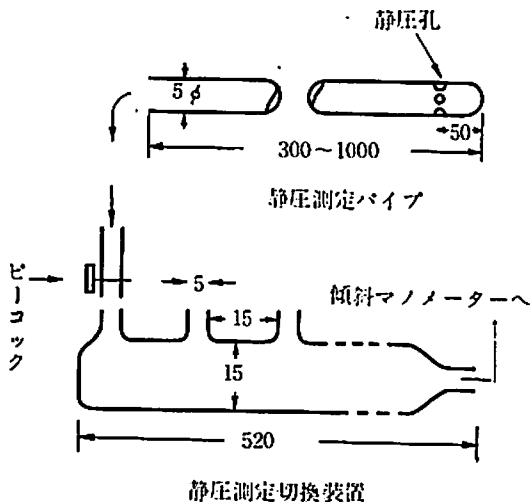
h = マノメーターにおける水柱 (mm)

γ = 流体 (アルコール) の単位体積当り重量

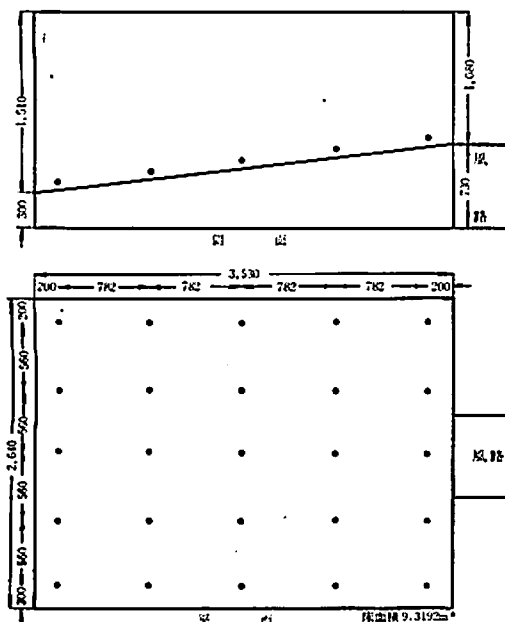
(0.79 g/cc) ピトー管の速度係数を1と見なす。

f 堆積牧草中の空気静圧

傾斜床型乾燥機を使用した実験の場合に測定したものであつて、第5図のような銅製のパイプを作り、第6図に示す位置に、堆積牧草の上部より「すのこ」に先端が到達するまで入れて「すのこ」上50mmのところの静圧を傾斜マンノメーターで測定した。



第5図 静圧測定装置



第6図 傾斜床型乾燥機における静圧測定位置

静圧測定用パイプと傾斜マンノメーターとの連結には、ゴムパイプを使用した。測定点が25カ所あり、測定の都度ゴムパイプと静圧測定用パイプを連結させる手数と時間をはぶくため切換装置を製作し使用した。これはガラス製のパイプで、その側面に静圧測定用パイプからのゴムパイプを1本ずつ取り付け、おのおのにピーコックが取り付けられている。測定しようとする静圧測定用パイプにつながるピーコックを開けば、空気は静圧測定用パイプ→ゴムパイプ→切換装置→傾斜マンノメーターを流れて、静圧を測定することができる。

g 風量水分比

堆積材料中の水分量と通風量との関係を次により求めた⁴⁵⁾。

$$\text{風量水分比} = \frac{\text{毎秒通風量 (m}^3\text{)}}{\text{材料中の水分量 (kg)}}$$

h 回転数

送風機および駆動用電動機の回転数測定のため、ハスラー回転計を使用した。

i その他

上記のほか実験用に使用した計器類は次のとおりである。牧草の含水率測定のための電熱乾燥機および化学天秤 (感量 1/1,000 gr)。牧草の重量測定のための台秤。牧草細断のためのエンシレージカッター (北農式2号型) 牧草の堆積高さ測定のための物指しなど。

送風は実験第1すなわち予乾しない赤クロバーを供した実験の場合は昼夜連続行なつた。しかしその成績により吸気の関係湿度が85~90%程度以上になると乾燥はほとんど進まないことを知つたので、実験第2以降は夜間や降雨時など大気湿度が高い場合は、発熱腐敗のおそれのない限り送風を中止した。

5. 実験

1) 赤クロバーを供した場合の予乾と乾燥効果に関する実験

予乾の有無、程度と乾燥効果について実験した。実験区は実験1および2の2区を設け、実験1は赤クロバーを刈り取り直ちにエンシレージカ

ッターで3~4cmの長さに細断したものを供した。実験2は刈り取り後1日間圃場で天日乾燥(予乾)後エンシレージカッターで細断したものを供した。

乾燥機を設置した場所は種子貯蔵庫であつて、間口2.7m、奥行4.6m、天井までの高さ2.7m、コンクリート床、壁はモルタル仕上げであつた。間口2.7mの中央に幅1.8m、高さ1.8mの出入口があつた。また北側には床から1.4mの所に高さ0.9m、幅1.8mの窓があつた。

(1) 非予乾牧草を供した乾燥実験(実験1)

1953年6月27日10時に刈り取りを開始し、直ちに細断して午後から通風を開始した。昼夜連続して通風を行なつたのであるが、最初は乾燥の進行が緩慢のように見受けられた。すなわち1日目の夜間の関係湿度は95%程度であり、2日目昼間の湿度は70~80%に低下したのであるが、牧草の含水率はわずか5~6%程度の減少にすぎなかつた。通風開始後34時間目(3日目早朝)以後は乾燥が促進されたようであつた。

3日目昼間の湿度は55~70%程度に低下し、気温も上昇して乾燥は促進された。4日目(6月30

日)は昼間の湿度が70~80%程度で気温も高かつたので乾燥が進行した。3日目および4日目2日間の含水率減少は最初の2日間にくらべ、約35%(水分175kg)に及んだ。

5日目は気温は低くなかつたが、湿度が90%程度であつたため乾燥はほとんど進行しなかつた。

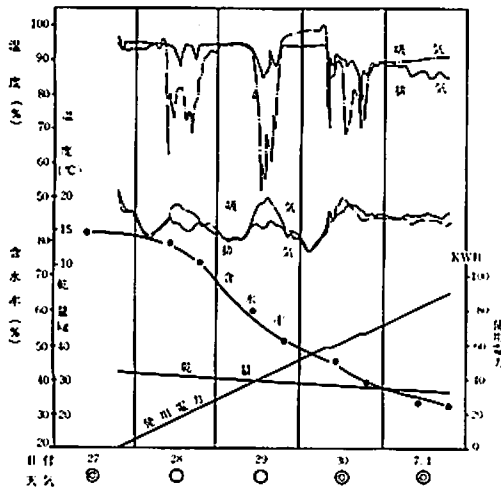
乾燥が進むにしたがい、堆積の下部は固く縮まり、空気の流通が悪くなつたので、通風開始後15時間目(2日目10時)63時間目(4日目10時)86時間目(5日目10時)に材料を完全に反転させた。

この実験を行なつて感じたことは、乾燥機の設置場所が狭いため乾燥機を通過した空気が再び送風機に循環していたように見受けられた。広大な収納舎または吹貫小屋に設置することが望ましいと考えられる。

吸気の湿度が85~90%程度以上になると、乾燥はあまり進行しないように見受けられた。今回の実験は生牧草を予乾することなしに、通風乾燥させたこと、吸気の湿度が比較的高かつたこと、排気が循環していたように見受けられたことなどの理由で、成績は良好とは認め難かつた。

第2表 非予乾赤クローバーを供した乾燥実験の経過(実験1)

測定 月日時	経過 時間	送風機 運転時間	含水率 (%)	温度(°C)		湿度(%)		気象		状況		日照時 数(h)	天気
				吸気	排気	吸気	排気	気温 (°C)	湿度 (%)	風速 m/sec	雲量	降水量 (mm)	
6.27.19	0	0	82.70	21.0	21.0	95.0	96.5	16.9	83	3.8	10	—	5.4 ◎
28.10	15.00	15.00	79.60	17.0	17.0	81.0	91.5	17.9	71	0.8	0	—	14.2 ○
19	24.00	24.00	74.10	16.0	16.2	85.0	91.0	—	—	—	—	—	—
29.10	39.00	39.00	59.16	17.0	16.0	93.0	93.0	15.8	77	1.3	0	—	12.8 ○
19	48.00	48.00	51.50	16.0	15.0	96.5	91.0	—	—	—	—	—	—
30.10	63.00	63.00	45.68	16.5	18.0	90.0	92.0	16.9	91	1.2	10	2.4	8.0 ◎
19	72.00	71.20	39.41	16.8	18.0	72.5	86.0	—	—	—	—	—	—
7.1.10	87.00	86.00	33.03	16.7	17.3	90.0	85.4	17.8	89	0.4	10	1.2	0.0 ◎
19	96.00	95.00	32.20	16.5	17.5	91.0	85.0	—	—	—	—	—	—



第7図 非予乾赤クロパーを供した乾燥
実験の経過 (実験1)

第3表 非予乾赤クロパーを供した乾燥
実験の成績概要 (実験1)

生牧草の含水率	%	82.7
始めの重量	kg	470.0
〃 含水率	%	82.7
終わりの重量	kg	115.7
〃 含水率	%	32.2
通風時間	h	95.0
電力消費量	KWH	90.7
吸気の平均温度	℃	16.5
吸気の平均湿度	%	87.7
風量水分比	m ³ /kg sec	0.0022

(2) 予乾牧草を供した乾燥実験 (実験2)

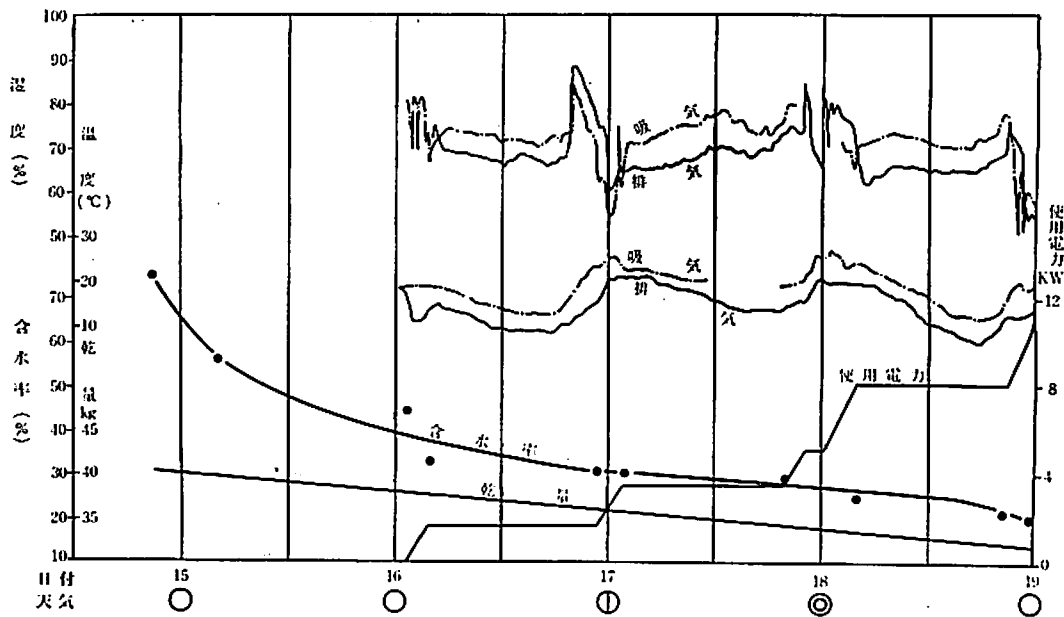
1953年9月15日10時に刈り取りを行なった。その日は圃場において予乾を行ない、翌16日の正午に3~4cmの長さで切断してから乾燥機に投入して13時から通風を開始した。今回は実験1の経験により、夜間の通風を中止し、昼間の湿度の低い場合、すなわち70%程度以下のときにのみ通風を行なった。なお毎日正午に材料を完全に反転させた。1日目の午後に2.5時間通風を行なったが、吸気湿度が低く75~80%程度であつたので、材料の含水率は急激に低下した。2日目に3時間の通風を行なったが含水率にはほとんど変化なく、

3日目6時間の通風により含水率は急激に減少し、4日目3.5時間の通風により20.4%の乾牧草に仕上がった。供試量の少ない関係もあつたが、15時間の通風にすぎなかつた。乾燥機を通過し排出された空気が再び送風機に循環していたように見受けられたにもかかわらず、比較的短期間に乾燥が終了した。

これは実験期間中の大気湿度が比較的低かつたことも原因であるが(平均69%)1日間圃場予乾を行ない材料の含水率を45%程度に下げておいたことが大きく影響したものと考えられる。

第4表 予乾赤クロパーを供した乾燥実験の経過 (実験2)

測 定 月 日 時	経 時 時 分	過 間 時 分	送 風 機 運 轉 時 間 時 分	含 水 率 (%)	温 度 (℃)		湿 度 (%)		気 象 状 況						
					吸 気	排 気	吸 気	排 気	気 温 (℃)	湿 度 (%)	風 速 (m/sec)	雲 量	降 水 量 (mm)	日 照 時 数 (h)	天 気
9.16	13.30	0	0	44.1	18.5	15.5	77.0	91.5	16.2	58	0.6	1	—	8.3	○
	16	2.30	2.30	32.2	16.0	11.0	70.0	86.0	—	—	—	—	—	—	—
	17.11	21.30	2.30	30.6	19.6	18.0	60.0	75.3	19.2	72	3.4	5	—	8.3	①
	11	23.30	5.30	30.1	—	17.0	71.0	61.5	—	—	—	—	—	—	—
	18.8	39.30	5.30	29.4	19.5	18.5	80.0	75.0	19.5	77	—	—	—	5.6	◎
	16	47.30	11.30	25.1	21.8	19.5	66.0	67.0	—	—	—	—	—	—	—
	19.8	63.30	11.30	21.5	16.5	15.0	78.5	69.0	15.9	68	—	5	—	9.2	①
	12	67.30	15.00	20.4	19.5	16.6	57.0	55.5	—	—	—	—	—	—	—



第 8 図 予乾赤クロバーを供した乾燥実験の経過（実験2）

第5表 予乾赤クロバーを供した乾燥
実験の成績概要（実験2）

生牧草の含水率	%	75.2
始めの重量	kg	163.1
〃 含水率	%	44.4
終わりの重量	kg	40.0
〃 含水率	%	20.4
通風時間	h	15.0
電力消費量	KWH	9.6
吸気の平均温度	℃	18.6
〃 湿度	%	68.7
風量水分比	m/kg sec	0.0276

2) 赤クロバーを予乾後に細断して供した場合
の乾燥効果に関する実験

材料細断の有無と乾燥効果について実験した。実験区は4区設け、実験3は刈り取り後に細断せずに通風を行なった。実験4～6は刈り取り後1日間圃場で予乾を行なつてから、エンシレージカッターをもつて3～4cmの長さに細断してから通風を行なった。狭い部屋に乾燥機を設置すると、

乾燥機を通過した排気が送風機へ循環して不都合なことが実験1～2の結果わかつたので、今回は広い収納舎の中に乾燥機を設置することとした。この収納舎の大きさは30×16.5mあり東西に細長い。

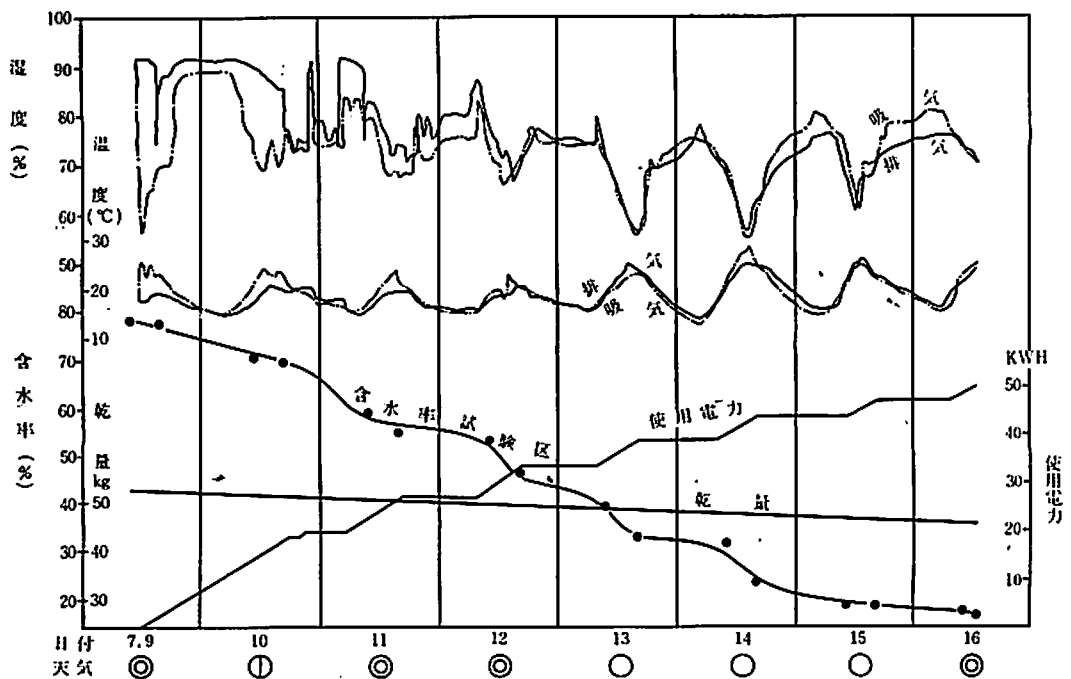
南面ならびに北面には高さ1.2m、幅30mの窓が設けてある。収納舎の南側の窓から吸気できるように送風機を据え付け、窓を開放して排気が循環しないように留意して通風を実施した。

(1) 非予乾、非細断牧草を供した乾燥実験（実験3）
1954年7月9日10時に草丈80cm、10a当り収量3,520kgの2番草を刈り取り、細断せず直ちに乾燥機に投入し通風を行なつた。吸気の湿度をみると、通風開始当時60%程度であつたが、その後急激に上昇し、夕方には90%に達し、牧草はやや発熱の傾向があつた。1日目の夜間は通風をつづけた。2～4日目の昼間は70～80%、夜間は75～90%程度になつたが、日数の経過とともにやや低下していた。5～6日目はさらに低下し、7～8日目はやや上昇していた。気温は昼夜を通じ日数の経過とともにやや上昇していた。

吸気の状態は、乾燥前期はやや不良で、後期において良好となつたが、通風の当初は昼夜連続通

第 6 表 非子乾, 非細断赤クロバーを供した乾燥実験の経過 (実験 3)

測定 月日時	含水率 (%)	温度 (°C)		湿度 (%)		気 象 状 況						
		吸 気	排 気	吸 気	排 気	気 温 (°C)	湿 度 (%)	風 速 (m/sec)	降水量 (mm)	日照時 数 (h)	雲 量	天 気
7.9.10	78.1	—	—	—	—	19.4	60	3.4	—	12.9	8	◎
16	77.5	22.5	19.5	71	97	—	—	—	—	—	—	—
10.10	71.0	19.3	17.5	79	90	19.7	70	1.0	—	10.1	7	①
16	69.5	21.8	19.2	70	86	—	—	—	—	—	—	—
11.10	59.5	17.0	16.0	79	90	14.5	75	1.5	—	2.8	10	◎
16	55.5	20.0	19.0	72	71	—	—	—	—	—	—	—
12.10	51.0	18.5	17.5	76	79	17.2	76	0.2	—	2.2	10	◎
16	47.0	21.0	21.0	68	69	—	—	—	—	—	—	—
13.10	39.0	19.0	18.5	70	74	18.0	63	2.5	—	12.5	1	○
16	31.0	23.0	23.2	54	56	—	—	—	—	—	—	—
14.10	32.5	21.0	21.0	70	73	21.5	59	0.0	—	13.2	0	○
16	23.5	28.0	25.0	61	62	—	—	—	—	—	—	—
15.10	20.0	20.2	20.2	75	65	20.7	64	0.5	—	8.9	2	○
16	19.5	21.5	22.0	70	68	—	—	—	—	—	—	—
16.10	17.2	21.2	21.5	74	71	21.4	59	1.0	—	5.9	10	◎



第 9 図 非子乾, 非細断赤クロバーを供した乾燥実験の経過 (実験 3)

第7表 非予乾、非細断赤クロバーを供した乾燥実験の成績 (実験3)

生牧草の含水率	%	78.1
始めの重量	kg	250.0
" 含水率	%	78.1
終わりの重量	kg	53.8
" 含水率	%	17.2
通風時間	h	80.0
電力消費量	KWH	49.1
吸気平均温度	°C	18.1
" 湿度	%	71.9
風量水分比	m ³ /kg sec	0.0102

風のため、乾燥の経過は全般的に順調に進んだ。しかし牧草の含水率が20%以下に低下した最終期には、湿度の関係から乾燥は緩慢に進行した。この実験の結果、吸気の湿度が70%程度以下の場合

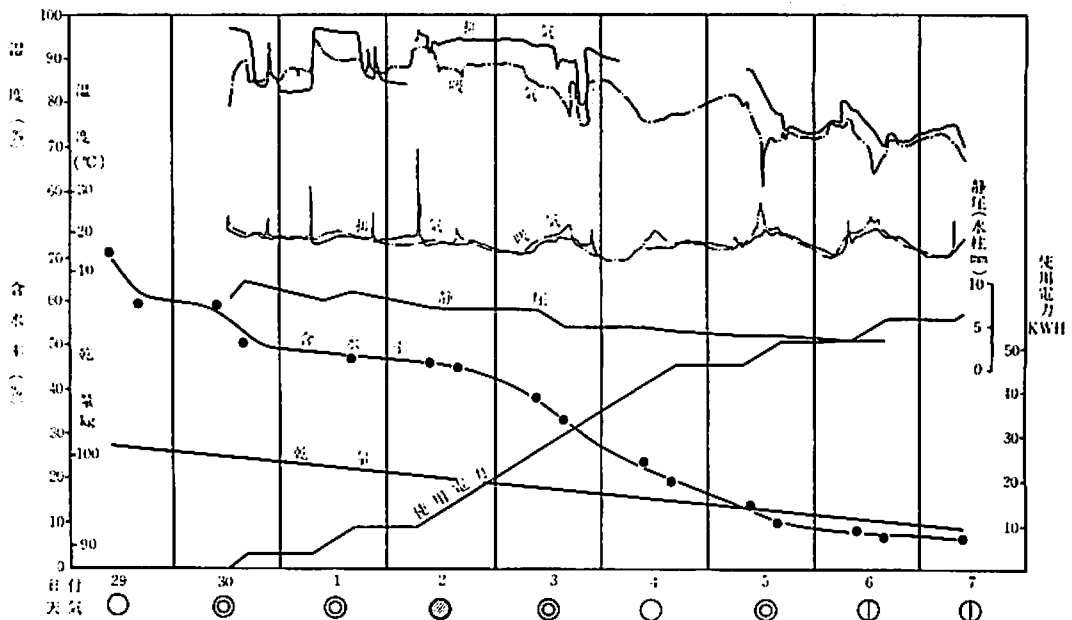
は、乾燥が促進されることがわかった。実験期間の気象状況が乾燥に好都合のように見受けられたにもかかわらず、乾燥に長期間を要したのは予乾を行なっていなかったため、材料の含水率が高かったこと(78.1%)と長い生牧草をそのまま使用したためと考えられる。この場合に予乾の効果と細断の効果のいずれが乾燥効果に大きな影響を及ぼしたかについては、なお研究の余地がある。

(2) 予乾、細断牧草を供した乾燥実験 (実験4)

草丈80cm, 10a当り収量1,470kgの1番牧草を1954年6月29日10時に刈り取り、その日は圃場で予乾し、翌30日の正午に3~4cmの長さに細断して乾燥機に投入し直ちに通風を開始した。通風開始後4日目までは曇天が多く湿った天候がつづき吸気の湿度は90%程度であり乾燥はほとんど進行しなかった。しかも材料は多少醗酵気味であつたので、3日目午後から5日目午後まで連続通風を行なつた。湿度は4日目午後に80%程度、5日目昼間は75%程度、6日目昼間70~75%と、乾燥期

第8表 予乾、細断赤クロバーを供した乾燥実験の経過 (実験4)

測定 月日時	含水率 (%)	温度 (°C)		湿度 (%)		気 象 状 況						
		吸 気	排 気	吸 気	排 気	気 温 (°C)	湿 度 (%)	風 速 (m/sec)	降水量 (mm)	日照時 数 (h)	雲 量	天 気
6. 29.10	—	—	—	—	—	21.8	57	0.0	—	12.9	1	○
30.10	69.0	—	—	—	—	23.1	61	3.0	15.0	1.8	10	◎
16	61.5	20.0	20.0	90	96	—	—	—	—	—	—	—
7.1.10	63.5	20.5	18.5	92	97	18.0	89	0.0	5.8	0.0	10	◎
16	57.0	20.5	20.0	90	96	—	—	—	—	—	—	—
2.10	56.5	19.0	18.0	93	94	16.2	98	0.1	0.1	0.2	10	◎
16	55.0	22.0	18.0	87	95	—	—	—	—	—	—	—
3.10	48.5	19.0	18.0	84	93	18.6	83	0.0	—	3.2	10	◎
16	43.0	21.5	19.5	79	90	—	—	—	—	—	—	—
4.10	33.5	18.5	18.0	76	—	17.5	76	0.5	—	5.0	10	◎
16	29.5	19.0	17.5	77	—	—	—	—	—	—	—	—
5.10	21.5	20.0	19.0	75	87	28.2	80	0.0	—	3.8	10	◎
16	20.0	22.0	21.0	71	77	—	—	—	—	—	—	—
6.10	18.0	21.0	20.0	72	77	19.9	66	0.1	—	9.6	6	①
16	17.0	20.0	21.0	70	70	—	—	—	—	—	—	—
7.10	16.0	20.0	20.0	67	70	18.1	65	0.8	—	9.7	7	②



第10図 予乾、細断赤クロバーを供した乾燥実験の経過 (実験4)

間の後半は低下していた。

乾燥の進行状況は、3～5日に昼夜連続通風を行なった関係もあり、4日目から急速に促進された。しかし7日目すなわち含水率が20%以下に低下してからは、湿度の低下、気温の上昇にもかかわらず乾燥の進行は緩慢であつた。この実験から吸気の湿度が80%程度以下、とくに75%以下であれば乾燥は促進され、材料の含水率が20%程度以下に低下した場合は乾燥の進行が緩慢になることがわかつた。

2日目および3日目の早朝の通風開始時に排気の温度が一時に急上昇したのは、材料が多少醗酵しその醗酵熱が通風開始とともに、発散したものと考えられる。通風中止後、通風再開時に排気の温度が一時的に上昇する場合は、材料が醗酵していると解釈してよく、このような場合はたとえ空気の湿度が高くても通風を実施し発熱・醗酵を防止すべきである。

(3) 予乾、細断牧草を供した乾燥実験 (実験5)

1955年6月30日10時に刈り取り、その日はそのまま圃場で予乾を行ない、翌日の14時に細断して乾燥機に投入し通風を開始した。乾燥が進むにしたがい堆積牧草の下部が固く縮まり空気の流通が

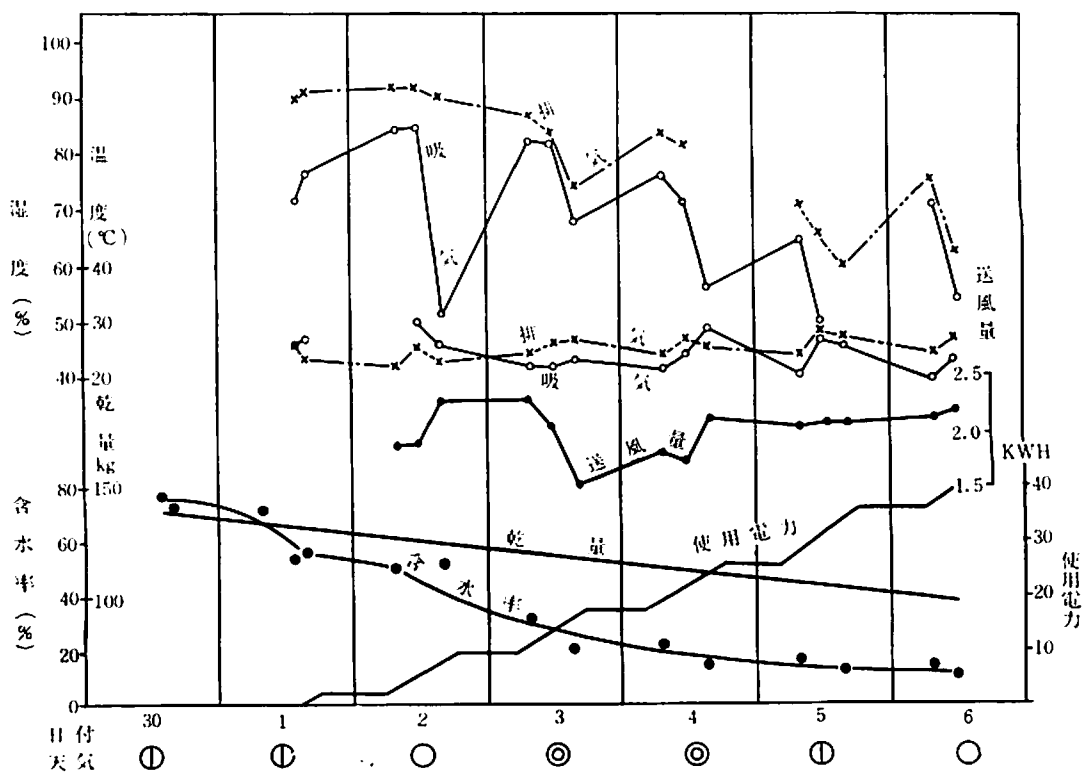
第9表 予乾、細断赤クロバーを供した乾燥実験の成績概要 (実験4)

生牧草の含水率	%	81.3
始めの重量	kg	600.0
" 含水率	%	61.5
終わりの重量	kg	111.5
" 含水率	%	16.8
通風時間	h	85.0
電力消費量	KWH	58.3
吸気平均温度	°C	18.5
" 湿度	%	80.2
風量水分比	m ³ /kg sec	0.006

悪くなつたので、通風開始後14時間目(2日目)および39時間目(4日目)に牧草を完全に反転しほぐした。通風開始後3日目は湿度が高く(早朝80%程度、昼間70%程度)気象状況は不良であつたが、その他の日は、湿度も50～60%で、気象状況はおおむね良好であつた。このような関係で乾燥の進行状況は2日目、3日目がやや緩慢であつたほかは、順調に進行し、最初の含水率54.9%であつたものが、58時間の通風により12%まで低下した。

第 10 表 子乾細断赤クロバーを供した乾燥実験の経過 (実験5)

測定 月日時	含水率 (%)	温度 (°C)		湿度 (%)		気 象		状 況		天気
		吸 気	排 気	吸 気	排 気	気 温 (°C)	湿 度 (%)	風 速 (m/sec)	降水量 (mm)	
6. 30.10	—	—	—	—	—	21.2	70	2.6	—	7 ①
7.1.15	51.9	26.0	26.0	72	90	21.0	68	1.1	0.3	7 ①
2. 8	51.4	—	22.3	85	93	22.5	61	1.0	27.0	1 〇
16	53.2	26.0	23.4	52	90	—	—	—	—	—
3. 8	33.4	22.0	24.0	82	87	22.5	64	5.0	—	10 ㊟
16	20.7	23.0	27.0	69	75	—	—	—	—	—
4. 8	22.3	21.0	24.5	76	84	22.7	81	—	—	8 ㊟
16	16.4	29.0	26.5	56	—	—	—	—	—	—
5. 8	16.8	20.0	21.0	65	71	19.8	65	1.0	—	11.7 ①
16	14.0	26.5	27.2	—	60	—	—	—	—	—
6. 8	15.1	19.5	24.7	71	75	20.5	67	1.9	—	12.7 〇
12	12.0	23.0	27.0	54	65	—	—	—	—	—



第11表 予乾、細断赤クロバーを供した
乾燥実験の成績概要 (実験5)

生牧草の含水率	%	77.4
始めの重量	kg	624.0
" 含水率	%	51.9
終わりの重量	kg	117.0
" 含水率	%	12.0
通風時間	h	58.0
電力消費量	KWH	40.0
吸気平均温度	°C	21.0
" 湿度	%	68.6
風量水分比	m ³ /kg sec	0.0117

(4) 予乾、細断牧草を供した乾燥実験 (実験6)

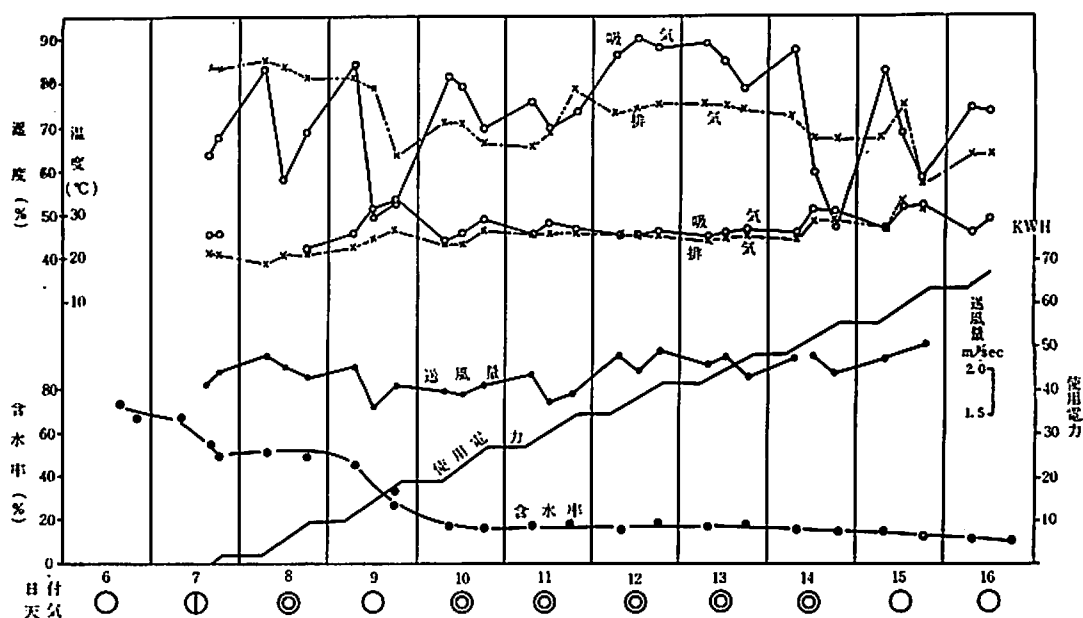
1955年7月6日10時に刈り取りその日は圃場に

おいて予乾を行ない、翌7日の14時に細断し通風を開始した。通風は昼間のみとし、堆留下部のかたまりをほぐすため毎日正午に牧草を反転させた。乾燥の進行状況をみると、1日目、2日目は昼間の湿度は70~80%であつたが、気温が低く乾燥の進行はきわめて緩慢であつた。3日目(9日)は気温の上昇、湿度の低下にともない乾燥は急激に進行した。4日目も前日に引きつづき高温低湿のため乾燥は進行した。5~7日目(11~13日)は、気温がやや低下したこと、降雨のため湿度が上昇したこと、材料の含水率が20%以下に低下していたことなどの理由で乾燥はほとんど進行しなかつた。

8日目(14日)以降は気温の上昇、湿度の低下にともない乾燥は緩慢ではあつたが幾分すすんだ。

第12表 予乾、細断赤クロバーを供した乾燥実験の経過 (実験6)

測定 月日時	含水率 (%)	温度 (°C)		湿度 (%)		気 象		状 況		日 時	照 数	雲 量	天 気
		吸 気	排 気	吸 気	排 気	気 温 (°C)	湿 度 (%)	風 速 (m/sec)	降 水 量 (mm)				
7.6.10	—	—	—	—	—	20.5	67	1.9	—	12.7	—	2	○
7.15	53.7	26.5	21.5	61	84	11.7	68	2.9	—	11.8	—	7	①
8. 8	52.7	—	19.0	81	86	18.8	74	0.0	—	4.0	—	8	◎
16	50.7	22.5	21.0	70	82	—	—	—	—	—	—	—	—
9. 8	16.7	26.0	22.5	85	82	21.8	64	1.6	—	12.4	—	2	○
16	27.6	31.0	27.0	51	64	—	—	—	—	—	—	—	—
10. 8	18.3	24.5	23.5	83	72	21.4	86	0.5	1.8	3.7	—	10	◎
16	17.7	29.0	27.0	70	67	—	—	—	—	—	—	—	—
11. 8	18.7	26.2	26.2	77	67	23.8	78	1.6	3.0	—	—	10	◎
16	19.3	27.5	27.0	74	79	—	—	—	—	—	—	—	—
12. 8	16.6	25.5	25.5	88	74	23.6	74	0.8	2.8	—	—	10	◎
16	19.6	27.0	26.0	89	76	—	—	—	—	—	—	—	—
13. 8	18.9	25.9	24.9	90	76	23.0	83	0.5	0.3	—	—	10	◎
16	19.4	27.5	25.5	79	74	—	—	—	—	—	—	—	—
14. 8	17.7	26.7	25.0	88	74	25.5	72	—	—	—	—	8	◎
16	15.7	31.5	29.5	48	69	—	—	—	—	—	—	—	—
15. 8	15.7	27.0	27.2	85	70	25.5	67	1.8	—	—	—	0	○
16	13.1	33.0	31.5	60	58	—	—	—	—	—	—	—	—
16. 8	11.3	27.0	—	76	65	25.5	68	1.0	—	—	—	0	○
10	12.3	30.0	—	75	65	—	—	—	—	—	—	—	—



第12図 予乾、細断赤クロバを供した乾燥実験の経過 (実験6)

第13表 予乾、細断赤クロバを供した
乾燥実験の成績概要 (実験6)

生牧草の含水率	%	75.0
始めの重量	kg	691.0
含水率	%	53.7
終わりの重量	kg	118.3
含水率	%	12.3
通風時間	h	104.0
電力消費量	KWH	66.8
吸気平均温度	°C	26.0
湿度	%	77.4
風量水分比	m³/kg sec	0.01

3) 堆積量を異にしたルーサンの乾燥実験 (実験7)

同一の乾燥施設を3台同時に使用し牧草の含水率、堆積密度を同一にし堆積量を3種に変えた。すなわち1号乾燥機には150kg、2号乾燥機には300kg、3号には430kg堆積した。供試ルーサンの生育状況は1番草の開花始期であり、草丈97cm 10a当り2,100kgの収量であった。1959年6月18

日10時に刈り取り19日午前サイドレーキ、午後10時にヘーテッダーを各1回掛け、20日10時30分から乾燥機へ入れた。したがって圃場予乾は2日間であったが、細断は行なわなかった。生牧草の含水率は79.12%であったが通風開始時には47.5%に低下していた。実験期間の気象状況と成績の概要とは第15、16表のとおりであるが、乾燥の進行にともなう含水率、温度、湿度の変化状況は次のとおりであった。通風は毎日8時～17時までの9時間内外行なった。吸気の湿度は通風開始後2日目に61%、7日目に70%を示したほかは、79～80%程度であった。吸気温度、湿度からみて、2日目、7日目、10日目以降が、好条件であった。堆積量の少ない1号乾燥機の乾燥進行状況をみると、4日目ころから、急激に含水率が減少し全体として順調な経過を示した。堆積量の最も多い3号乾燥機では最初は水分の吸湿現象がみられ含水率は一時的に増加した。最初の4日間の水分減少は緩慢であったが、5日目ころからは顕著に減少しはじめ、とくに11日目からは急速に減少したが、最後に激減した理由は不明である。

堆積牧草が酸酵をとまなう場合、通風することは堆積牧草内の温度を下降させる効果がある。今

第 14 表 ルーサンの堆積量を異にした乾燥実験の経過 (実験 7)

月日	送風時間 (時刻)	消費電力量(KWH)			牧草含水率 (%)								
		1号	2号	3号	1号			2号			3号		
					A	B	平均	A	B	平均	A	B	平均
6.20	5.05(12.15~17.20)	3.75	3.90	3.15	—	—	47.5	—	—	47.5	—	—	47.5
21	7.45(9.15~17.00)	5.75	6.05	5.15	36.8	44.1	40.5	—	—	—	51.5	48.1	49.8
22	6.45(8.15~17.00)	6.70	6.90	6.70	44.6	40.1	42.4	41.6	41.0	41.3	52.0	41.6	46.8
23	9.00(8.00~17.00)	6.78	7.02	5.81	31.9	37.0	34.5	38.0	34.9	36.5	49.5	35.6	42.6
24	9.00(8.00~17.00)	6.67	7.13	6.89	32.4	30.0	31.2	38.0	36.0	37.1	34.0	33.3	33.2
25	9.15(8.00~17.15)	7.04	7.10	6.30	29.0	34.1	31.6	34.8	30.0	32.4	34.0	35.0	34.5
26	9.15(8.00~17.15)	6.62	6.86	6.12	24.0	29.2	26.6	28.0	33.4	30.7	36.0	36.2	36.1
27	9.15(8.00~17.15)	6.75	7.02	6.18	22.0	22.8	22.4	27.0	23.8	25.4	28.6	32.0	30.3
29	8.20(8.00~16.20)	5.86	5.88	5.48	23.2	26.0	24.6	22.4	32.4	27.4	36.0	28.8	32.4
30	1.35(13.35~15.10)	1.13	1.17	0.92	20.0	24.0	22.0	21.6	20.9	21.3	21.2	22.4	21.8
7. 1	6.00(10.00~16.00)	4.20	4.49	4.00	20.0	19.2	19.6	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
計	83.15	61.25	63.52	56.70	—	—	—	—	—	—	—	—	—

備考 1. 水分検定 午前8時に試料採取後直ちに検定

2. 水分検定用試料採取箇所 A……フアン側乾草堆積表層下30cm

B……ドアー側 ”

第 15 表 ルーサンの堆積量を異にした乾燥実験の実験期間中の気象状況 (実験 7)

月 日	気 温 (°C)	湿 度 (%)	風 速 (m/s)	降 水 量 (mm)	日照時間 (h)	雲 量	天 気	吸気の平均	
								温度 (°C)	湿度 (%)
6. 20	15.6	59	3.2	0.2	6.1	6	①時々◎	17.5	83.6
21	16.7	63	2.0	—	10.3	4	○	21.1	61.3
22	15.2	58	5.1	—	10.6	1	①	18.0	80.4
23	16.5	60	3.4	0.5	10.1	3	①	19.1	78.7
24	15.7	73	4.6	—	6.7	10	◎	16.7	86.8
25	18.1	66	2.6	—	5.9	8	◎後①	18.6	83.7
26	17.8	64	0.5	—	10.4	1	①	22.5	70.4
27	17.8	56	2.1	0.2	4.6	9	①16時30分より●	19.8	84.3
28	19.7	72	0.4	—	1.7	10	◎	—	—
29	19.2	74	—	14.0	6.1	9	◎	24.3	78.0
30	20.3	80	0.4	0.5	7.8	7	①15時より◎	25.5	78.5
7. 1	17.3	94	1.3	0.1	—	10	◎時々①	23.4	83.1

回は昼間のみ通風し夜間の通風を中止していたためか夜間における堆積牧草内の温度上昇が認められた。翌朝通風開始と同時に堆積牧草内の温度は下降した。温度下降に要した時間は最初は2～3時間であつたが、乾燥が進むにともない、きわめて短時間となつた。

堆積牧草中の湿度は通風開始に伴い急激に増加したが、この傾向は、通風開始後4～5日間はとくにいちぢるしかつた。

要するに同じ通風時間で、ほとんど同じ程度の含水率(19.6～20.0%)の乾牧草が得られた。しかも多量に堆積したもの(3号乾燥機)が少量の電力

消費量ですんだ。すなわち多量に堆積したものは仕上がり乾牧草1kg当り0.20KWHであつたが、少量堆積したものでは0.63KWHになつていた。

多量区の静圧はほかの区に比し高かつたが、これは牧草中への通風に抵抗を要したためと考えられる。したがつて通風量はほかの区よりも6～7%少なく、電力消費量も少なかつたものと考えられる。また風量水分比からみるならば、この実験の範囲内では通風開始時に0.0116m³/kgsec程度の場合に電力消費量が少なく実用上有利と考えられる。

第16表 ルーサンの堆積量を異にした乾燥実験の成績概要(実験7)

	乾燥機 番 号	通 風 量 (m ³ /sec)	静 圧 (mm)	含 水 率 (%)	全 重 量 (kg)	風量水分比 (m ³ /kgsec)	電力消費量 (KWH)
通風開始時	1 号	2.37	1.06	47.5	150.00	0.0333	—
	2 号	2.36	2.04	47.5	300.00	0.0165	—
	3 号	2.20	2.12	47.5	430.00	0.0116	—
通風終了時	1 号	2.48	0.83	19.6	97.95	0.1240	61.25
	2 号	2.42	1.40	20.0	196.88	0.0615	63.25
	3 号	2.30	2.38	20.0	282.19	0.0408	56.70

吸気の平均温度 20.6°C

通風時間 83.25 h

吸気の平均温度 79.0%

最初の堆積密度 71.85 kg/m³

4) 含水率を異にするルーサンを用いた乾燥実験(実験8)

乾燥開始時の牧草の含水率の多少と乾燥効果との関係を見出すために同一乾燥機を3台同時に使用して実験を行なつた。供試ルーサンは2番草であつて開花始期であり、草丈85cm、10a当り収量1,470kgであつた。含水率の異なつた牧草を供するために、通風開始期を同一として、牧草の刈り取り期を変化させることとした。1号乾燥機は多含水率区として、1959年7月16日9時半に刈り取りを行ない、翌17日午後から乾燥機に投入した。2号乾燥機は、標準含水率区として、16日9時半に刈り取り、2日間予乾後18日午後に乾燥機に投入した。3号乾燥機は少含水率区として、14日に

刈り取り、圃場予乾後18日に乾燥機に投入した。したがつて18日の通風開始時の含水率は、1号63.5%、2号44.6%、3号35.2%であつた。堆積の高さを同一としたため、含水率の関係で堆積重量と密度が異なつていた。通風はその日の気象状況により異なるが、8時ころから15～17時ころまでの7～9時間程度行なつた。実験期間の吸気の湿度は5日目64%、11日目67%であつた。ほかは71～77%であつた。全般的にみて、5日目が最も好条件のように見受けられた。

牧草の含水率の推移をみると次のようである。すなわち、含水率の高い1号乾燥機では30%台の含水率に達するのには4日間を要し、次第に水分を減少しているが、2号あるいは3号乾燥機に比

較し日数を多く要していた。

2号および3号乾燥機では通風開始とともに、顕著な水分減少が認められたが、1号乾燥機では水分減少は緩慢に行なわれていた。通風開始時の牧草含水率は、乾燥効果と関係が深く、含水率が高いほど初期の乾燥効果が劣るばかりでなく、60

%台では所要日数も多くなっていた。20%程度の乾牧草に仕上がるまでの日数は、少含水率区および標準含水率区は7日間であつたが、多含水率区では、11日間であつた。この実験の範囲からみると、通風乾燥開始時の含水率を、45%程度まで引き下げておく必要があることがわかつた。

第 17 表 含水率を異にするルーサンを用いた乾燥実験の経過 (実験 8)

月日	送 風 時 間		消費電力量(KW・h)			収 草 含 水 率 (%)								
	1 号 時間 分	2号及3号 時間 分	1号	2号	3号	1 号			2 号			3 号		
						A	B	平均	A	B	平均	A	B	平均
7.18	4.10(12.40 ~16.50)	4.10(12.40 ~16.50)	3.20	3.30	3.00	62.0	65.1	63.5	50.0	38.6	44.6	36.8	33.6	35.2
19	8.15(8.45 ~17.00)	8.15(8.45 ~17.00)	6.00	6.20	5.40	57.5	61.7	59.6	37.4	29.3	33.4	29.9	26.9	28.4
20	8.35(8.10 ~16.45)	8.35(8.10 ~16.45)	5.90	6.24	5.50	46.7	46.6	46.7	31.0	28.3	29.7	25.0	21.9	23.5
21	9.25(8.00 ~17.25)	9.25(8.00 ~17.25)	6.04	6.91	6.10	38.8	46.0	42.4	21.6	27.2	24.4	26.0	22.0	24.0
22	9.00(8.00 ~17.00)	9.00(8.00 ~17.00)	6.00	6.26	5.48	28.0	34.6	31.3	21.6	27.0	24.3	21.4	24.6	23.0
23	6.40(8.00 ~14.40)	6.40(8.00 ~14.40)	4.60	4.79	4.22	28.8	36.0	32.4	22.0	26.0	24.0	22.0	21.4	21.7
24	7.50(8.40 ~16.30)	4.40(8.40 ~13.20)	5.70	3.50	3.10	20.8	31.2	26.0	19.8	20.0	19.9	20.0	20.4	20.2
25	8.00(8.30 ~16.30)	—	5.60	—	—	18.0	20.0	19.0	—	—	—	—	—	—
26	8.30(8.00 ~16.30)	—	5.80	—	—	18.1	22.5	20.3	—	—	—	—	—	—
27	7.30(8.30 ~16.00)	—	5.30	—	—	17.2	20.4	18.8	—	—	—	—	—	—
28	7.50(8.30 ~16.20)	—	4.60	—	—	17.2	20.8	19.0	—	—	—	—	—	—
計	85.45	50.15	58.74	37.20	32.80	—	—	—	—	—	—	—	—	—

備考 1. 水分検定 午前8時に試料採取後直ちに検定

2. 水分検定用試料採取箇所 A……ファン側乾牧草堆積表層下30cm
B……ドアー側

第 18 表 含水率を異にするルーサンを用いた乾燥実験の実験期間中の気象状況 (実験 8)

月 日	気 温 (°C)	湿 度 (%)	風 速 (m/s)	降 水 量 (mm)	日照時数 (h)	雲 量	天 気	吸気 の 平均	
								温度 (°C)	湿度 (%)
7. 18	21.1	73	3.2	—	9.9	7	①16時より㊟	24.1	77.4
19	23.6	61	2.8	—	12.3	3	①時々㊟	26.1	72.4
20	21.0	76	0.2	0.2	5.7	10	㊟後①	26.2	73.6
21	22.0	81	0.7	—	6.0	5	㊟後①	25.5	71.1
22	21.7	76	1.2	—	11.3	5	①	28.0	63.5
23	24.2	68	3.6	1.4	4.3	5	①後㊟	25.5	72.1
24	23.5	76	1.8	—	5.3	10	㊟後①	23.6	70.6
25	20.6	71	2.2	—	11.3	2	①	25.4	—
26	21.3	69	1.0	0.3	11.6	0	①	27.8	72.1
27	20.1	77	0.0	0.0	0.3	10	①	21.9	77.9
28	18.6	71	0.7	—	10.0	7	①	24.7	66.6

第 19 表 含水率を異にするルーサンを用いた乾燥実験の成績概要 (実験 8)

乾燥機 番号	項目	通風量 (m/sec)	静 圧 (mm)	含 水 率 (%)	全 重 量 (kg)	風 水 分 量 比 (m ³ /kgsec)	堆積密度 (kg/m ³)	通風時間 (h)	電 力 消 費 量 (KWH)
通風開始時	1 号	2.18	3.14	63.5	640.00	0.0054	70.07	—	—
	2 号	2.25	1.57	44.6	390.00	0.0129	44.64	—	—
	3 号	2.32	0.94	35.2	310.00	0.0212	34.33	—	—
通風終了時	1 号	2.21	2.10	19.0	288.40	0.0408	29.73	85.75	58.74
	2 号	2.27	0.93	19.9	269.74	0.0423	28.70	50.75	37.20
	3 号	2.33	0.95	20.2	251.74	0.0458	25.43	50.75	37.20

吸気の平均温度 14.7℃, 吸気の平均湿度 69.6%

5) ルーサンを供し圧砕を行なった乾燥実験 (実験 9)

ヘーコンディショナーによる茅葉の圧砕が乾燥にいかなる影響を及ぼすかを見出すため行なったのである。供試ルーサンは開花期にある 2 番草で、草丈 87cm, 10a 当り収量 1,500kg であった。実験区は次のように設定した。

乾燥機 番 号	ヘーコン ディショ ナー	予乾 日数	通風開始 時の牧草 含水率 (%)	供試量 (kg)	刈り 取 期 (1959年)
1	使 用	2	36.6	300	8月11日午前
2	使用せず	2	45.8	475	同 上
3	使 用	1	48.0	582	8月12日午前

(ヘーコンディショナーは刈り取り後直ちに使用)

通風は 8～16時まで (最終日は15時または15時で終了) 8時間内外行なった。実験期間における吸気の湿度は 1 日目 78%, 2 日目 74%, 3 日目 60%, 4 日目 54% で比較的低かった。とくに 3 日目午後には 52～55%, 4 日目午後 41～44% に低下していた。吸気温度は 26～32℃ で実験の後期ほど高温になつていた。このような関係で順調な経過を経て短期間で乾牧草に仕上がった。

生牧草の含水率は 81.16% であったが、ヘーコンディショナーを使用した場合は 1 日予乾で 56.8%, 2 日予乾で 36.8% に達した。ヘーコンディショナーを使用しない場合は 2 日間の予乾後でも

45.8% であつて、ヘーコンディショナーの使用は予乾の場合においてもその乾燥効果を高めている。

これらの牧草を用いた場合の通風の効果は 1 号乾燥機のヘーコンディショナー使用 2 日予乾の場合が最も顕著であつた。圃場予乾日数を同一とする場合、1 号乾燥機と 2 号乾燥機を比較すると、通風開始時にすでに含水率に差があつたが通風開始後においても明らかに差が認められ、1 号乾燥機の乾燥速度ははるかに大きかつた。

牧草の含水率を同じくする場合の、ヘーコンディショナー使用、不使用による通風乾燥の効果は 2 号乾燥機および 3 号乾燥機で比較できる。ヘーコンディショナーを使用した 3 号乾燥機は最終的には 15.2% の含水率で、2 号乾燥機の 18.9% にまさる低含水率の乾牧草をえた。

要するにヘーコンディショナーにより茅葉とくに茎部を圧砕することは、茎内部と空気との接触を良好にし乾燥が促進されるものと考えられる。

この成績からみると、ヘーコンディショナーの効果はきわめて大きいことがわかる。したがつて乾牧草の調製に際してはヘーコンディショナーを使用するよう努めるべきであると考ええる。

第 20 表 ルーサンを供し圧砕を行なつた乾燥実験の経過 (実験 9)

月日	送 風 時 間 (時間)			消費電力量(KWH)			乾 牧 草 含 水 率 (%)								
	1 号	2 号	3 号	1 号	2 号	3 号	1 号			2 号			3 号		
	時間 分	時間 分	時間 分				A	B	平均	A	B	平均	A	B	平均
8.14	7.45 (8.15~16.00)	7.45 (8.15~16.00)	7.00 (8.10~16.00)	5.40	5.80	5.10	23.2	29.6	26.4	42.4	40.0	41.2	38.0	40.8	39.2
15	8.15 (8.15~16.30)	8.15 (8.15~16.30)	8.15 (8.15~16.30)	5.50	6.40	5.70	22.5	21.0	21.8	28.5	29.3	28.9	30.3	35.1	32.7
16	8.00 (8.00~16.00)	8.00 (8.00~16.00)	8.00 (8.00~16.00)	6.10	6.00	5.30	15.2	16.0	15.6	30.6	24.0	27.3	24.9	29.7	27.3
17	5.25 (8.00~13.25)	5.20 (8.00~13.20)	7.05 (8.00~15.05)	3.68	3.80	4.50	12.4	15.0	13.7	19.2	18.6	18.9	13.2	17.2	15.2
計	29.25	29.20	31.10	20.68	22.00	20.60	—	—	—	—	—	—	—	—	—

備考 1. 水分検定 16時試料採取後直ちに秤量

2. 水分検定用試料採取箇所 A……ファン側乾燥草堆積表層下 30cm
B……ドアー側 //

第 21 表 ルーサンを供し圧砕を行なつた乾燥実験の実験期間中の気象状況 (実験 9)

月 日	気 温 (°C)	湿 度 (%)	風 速 (m/s)	降 水 量 (mm)	日照時数 (h)	雲 量	天 気	吸 気 の 平 均	
								温 度(°C)	湿 度(%)
8. 14	24.9	62	3.9	—	11.1	1	①後◎	26.1	77.9
15	25.4	70	1.9	0.3	9.0	3	◎時々①	27.0	73.6
16	26.9	91	1.2	—	9.5	3	①	30.0	59.9
17	26.2	50	1.6	4.2	9.5	1	○	32.4	54.6

第 22 表 ルーサンを供し圧砕を行なつた乾燥実験の成績概要 (実験 9)

	項 目 乾燥機 番号	通 風 量 (m ³ /sec)	静 圧 (mm)	含 水 率 (%)	全 重 量 (kg)	風 水 分 量 比 (m ³ /kgsec)	堆積密度 (kg/m ³)	通風時間 (h)	電 力 量 消 費 量 (KWH)
通風開始時	1 号	2.07	2.90	36.6	300.00	0.0189	40.94	—	—
	2 号	2.08	3.20	45.8	475.00	0.0096	56.63	—	—
	3 号	2.07	3.74	48.0	582.00	0.0075	68.30	—	—
通風終了時	1 号	2.33	2.83	13.7	220.39	0.0773	29.39	29.24	20.68
	2 号	2.25	2.74	18.9	317.40	0.0374	35.55	29.33	22.00
	3 号	2.16	2.80	15.2	356.60	0.0398	41.95	30.17	20.60

吸気の平均温度 28.3°C

吸気の平均湿度 69.0%

6) ルーサンを供し通風量を異にした乾燥実験 (実験 10)

この実験は通風量の相違が乾燥効果に及ぼす影響を見るために行なつた。同一乾燥機を 3 台同時

に使用し、同一牧草を同一量供試し、通風量を変化させて乾燥を実施した。

通風量の調節は送風機のブローの大きさを換えその回転数を変化させることによつて行なつ

た。すなわち1号乾燥機は少風量区とし、送風機の回転数は1,150r.p.m. したがって風量を $1.70\text{m}^3/\text{sec}$ とした。2号乾燥機は標準風量区とし、1,450 r.p.m. $2.01\text{m}^3/\text{sec}$ とした。3号乾燥機は多風量区とし1,600 r.p.m. $2.22\text{m}^3/\text{sec}$ とした。

供試ルーサンは3番草で草丈51.7cm, 10a 当り930kgの収量であつた。1959年9月9日午前に刈り取り、直ちにヘーコンディショナーにより茎葉を圧砕し、翌10日の15時30分に乾燥機に投入した。通風は11日から実施したが、通風開始当時の牧草の含水率は34.0~34.6%であり、各区250kgずつ供試した。

通風は毎日8~17時の9時間を予定したのであるが、実験期間の大気湿度が高かつたため、湿度の低下したときにのみ通風を行なつたので1日1時間中止したこともあつた。このような関係で牧草をヘーコンディショナーで圧砕しておいた割合には長期間を要した。なお吸気の日平均湿度は57~84%であつた。

乾燥の進行状況をみると、通風開始後5日目の水分減少は名区ともきわめて顕著で10%台にも達した。この日の吸気の日平均湿度は66%であつたが、14時には50%を示すほど低下していたので乾燥が急激に進行したものと思われる。6日目以後の水分減少は緩慢に行なわれた。7日目には各区の含水率が前日より増加した。最高5%に達する増加であり、吸湿によるものと考えられるがその原因については不明である。

ほとんど同じ通風時間で、同じ程度の含水率を持つ乾牧草が得られた。概していえば通風量の多い方が乾燥効果が大いだが、その差はきわめて僅少である。

通風のための電力消費量は通風量の多い場合ほど多量に消費していた。すなわち多風量区(3号乾燥機)は少風量区の約3倍の消費量であつた。この実験についていうならば通風開始時の通風量 $1.7\text{m}^3/\text{sec}$ 、風量水分比 $0.0196\text{m}^3/\text{kg sec}$ が実用上有利であることを知つた。

第23表 ルーサンを供し通風量を異にした乾燥実験の経過(実験10)

月日	送 風 時 間 (時間)			消費電力量(KWH)			乾 牧 草 含 水 率 (%)								
	1 号	2 号	3 号	1号	2号	3号	1 号			2 号			3 号		
	時間 分	時間 分	時間 分				A	B	平均	A	B	平均	A	B	平均
9.11	9.45 (8.05~17.50)	9.45 (8.05~17.50)	9.45 (8.05~17.50)	2.96	6.45	9.10	—	—	—	—	—	—	—	—	—
12	1.00 (13.00~14.00)	1.00 (13.00~14.00)	1.00 (13.00~14.00)	1.00	0.53	1.00	—	—	—	—	—	—	—	—	—
13	3.10 (8.40~11.50)	3.30 (8.20~11.50)	3.30 (8.20~11.50)	1.00	2.60	4.00	24.4	27.8	26.1	24.8	28.8	26.8	24.0	26.0	25.1
14	8.55 (8.00~16.55)	8.55 (8.00~16.55)	8.55 (8.00~16.55)	4.00	7.00	9.00	23.4	27.7	25.6	19.6	26.0	22.8	19.8	21.0	20.5
15	8.55 (8.00~16.55)	8.55 (8.00~16.55)	8.55 (8.00~16.55)	3.00	6.00	9.00	16.6	17.8	17.3	17.0	18.6	17.8	16.0	17.0	16.5
16	9.00 (8.00~17.00)	9.00 (8.00~17.00)	9.00 (8.00~17.00)	36.0	7.20	12.60	14.2	16.6	15.4	14.0	15.6	14.8	17.4	15.8	16.6
17	1.00 (8.00~9.00)	1.00 (8.00~9.00)	1.00 (8.00~9.00)	0.04	0.80	1.40	17.0	21.6	19.3	19.6	19.8	19.7	16.8	18.8	17.8
	3.50 (13.10~17.00)	3.45 (13.10~16.55)	0.10 (9.30~9.40)	1.40	2.70	0.10									
			3.45 (13.10~16.55)			2.90									
18	5.50 (8.10~14.00)	5.50 (8.10~14.00)	5.50 (8.10~14.00)	2.20	4.30	6.40	12.6	13.2	12.9	16.8	13.6	12.7	12.6	12.0	12.3
計	51.25	51.40	51.50	19.56	37.58	55.50									

備考 1. 水分検定 16時試料採取後直ちに検定

2. 水分検定用試料採取箇所 A……ファン側乾牧草堆積表層下30cm

B……ドアー側

”

第 24 表 ルーサンを供し通風量を異にした乾燥実験の実験期間中の気象状況 (実験10)

月 日	気 温 (°C)	湿 度 (%)	風 速 (m/s)	降 水 量 (mm)	日照時数 (h)	雲 量	天 気	吸 気 の 平 均	
								温度 (°C)	湿度 (%)
9. 11	17.8	78	0.4	9.0	8.0	1	○	21.5	74.2
12	18.9	97	0.0	1.0	1.4	10	☉	22.3	80.3
13	18.0	80	—	1.3	8.3	8	①後☉	21.6	83.9
14	17.5	82	—	—	11.7	1	○	22.6	72.2
15	17.4	73	0.0	—	10.7	1	①	19.8	66.0
16	17.0	72	1.0	—	10.4	0	①	21.9	68.3
17	19.0	69	1.0	11.5	8.3	9	①後☉	22.7	77.9
18	21.5	99	2.4	10.0	1.7	10	①	23.8	57.1

第 25 表 ルーサンを供し通風量を異にした乾燥実験の成績概要 (実験10)

	項 目 乾燥機 番号	送 風 量 (m ³ /sec)	静 圧 (mm)	含 水 率 (%)	全 重 量 (kg)	風 水 分 比 (m ³ /kgsec)	通風時間 (h)	電 力 消 費 量 (KWH)
通風開始時	1 号	1.70	1.21	34.6	250.00	0.0196	—	—
	2 号	2.01	1.93	34.2	250.00	0.0235	—	—
	3 号	2.22	3.43	34.0	250.00	0.0261	—	—
通風終了時	1 号	1.87	1.69	12.9	187.49	0.0772	51.41	19.56
	2 号	2.35	1.97	12.7	188.43	0.0817	51.67	37.58
	3 号	2.51	3.41	12.3	188.14	0.1041	51.17	55.50

吸気平均温度 21.9°C

吸気平均湿度 71.0%

通風開始時の堆積密度 41.27kg/m³

6. 乾燥予措と乾燥効果

常温通風乾燥法を行なう場合、その材料は刈り取つたものをそのまま乾燥機に投入して通風を行なつて差しつかえないのであるが、乾燥操作を容易にし、また乾燥経費を低下させるためには、乾燥機に投入する前になんらかの予措を講ずる方が有利である。予措の方法としては材料の圃場予乾・材料の圧砕などが考えられる。

1) 材料の圃場予乾と乾燥効果

圃場予乾を行なうべきかどうか、また予乾の程度と乾燥効果との関係を見るため、主として実験第1、2、4、5および6の成績から検討するこ

ととする。いずれも赤クローバーを供試しているが実験第1は圃場予乾は全然行なつていない。なお実験第3は材料の細断を行なつていないので条件が異なるから除外したが、参考のため図示しておいた。成績を一括図示すると第13図のとおりであるが、この成績から次の事項がわかつた。

- 圃場予乾を全然行なわないものや、その程度の小さなもの(含水率の高いもの)は通風所要時間が延長される。
- 当初の含水率の高いものは通風開始当初の風量が小さく、含水率の低いものは風量が大きい。
- 当初の風量水分比は含水率の高いものが小さ

い。

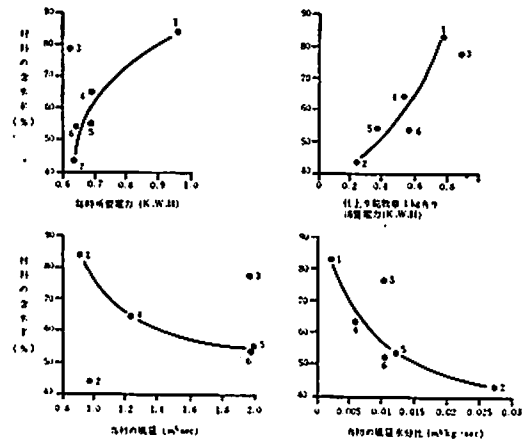
d 送風機運転のための毎時所要電力量は含水率の高いものが大きいが、予乾を行なったものの間には大差が認められない。

e 仕上がり乾牧草 1 kg あたりの電力消費量は、当初の含水率に比例して増加する傾向がある。

以上の事項は乾燥に要する通風時間を短縮させ、電力消費量を少なくするためには、材料を予乾させ、しかもその含水率をなるべく低下させておく方が有利であることを示すものである。

次に材料の圃場予乾により、含水率低下をどの程度期待できるかを検討すると第26表のとおりである。

刈り取り後の材料処理法は、1日1回反転・ヘーコンディショナーによる茎葉圧砕・無処理（そのまま放置）の3種とした。圃場予乾の効果は生牧草の生育状況と含水率・気象状況・予乾時間な



第13図 材料の圃場予乾と乾燥効果

図中の数字は実験番号

1予乾せず

3予乾粗断ともにせず

他は予乾粗断ともにせよ

第26表 圃場予乾の効果(その1)

実験 番号	材 料 の 種 類	刈り取り 年月日時刻	材 料 の 処 理 法	材料の含水率		予乾 時間 (h)	気 象 状 況						
				測 定 月 日 時刻	含水率 %		気温 (°C)	湿度 (%)	風速 (m/sec)	降水量 (mm)	日照 時数 (h)	雲量	天気
2	赤クロバ (2 番草)	1953.9. 15.10	1 日 1 回反転 "	9.15.10	75.2	27.5	16.3	61	—	—	10.3	0	○
				16.13	44.4		16.2	58	0.6	—	8.3	1	○
4	赤クロバ (1 番草)	1954.6. 29.10	1 日 1 回反転 " "	6.29.10	81.3	26.0	18.1	57	—	—	12.9	1	○
				30.10	69.0		14.7	61	3.0	15.0	1.8	10	◎
				12	64.5								
5	赤クロバ (1 番草)	1955.6. 30.10	1 日 1 回反転 "	6.30.10	77.4	29.0	21.2	70	2.6	—	8.5	7	①
				7. 1.15	54.9		21.0	68	1.1	0.3	10.3	7	①
6	赤クロバ (1 番草)	1955.7. 6.10	1 日 1 回反転 "	7. 6.10	75.0	29.0	20.5	67	1.9	—	12.7	2	○
				7.15	53.7		19.7	68	2.9	—	11.8	7	①
7	ルーサン (1 番草)	1959.6. 18.10	ヘーテッダ ーで反転	6.18.10	79.1	48.5	14.5	74	2.6	—	12.3	1	○
				19.10	—		15.4	69	2.1	—	13.8	1	○
				20.10.30	47.5		15.6	59	3.2	0.2	6.1	6	①
8—1	ルーサン (2 番草)	1959.7.16. 9.30		7.16.9.30	80.0	30.5	21.1	68	2.8	0.9	2.4	7	①
				17.16	63.5		20.1	85	0.5	—	2.9	10	◎
8—2	ルーサン (2 番草)	1959.7.16. 9.30		7.16.9.30	80.0	50.5	21.1	68	2.8	0.9	2.4	7	①
				17.17	63.5		20.1	85	0.5	—	2.9	10	◎
				18.12	44.6		21.1	73	3.2	—	9.9	7	①

第 26 表 圃場予乾の効果(その2)

実験 番号	材 料 の 種 類	刈り取り 年月日時刻	材 料 の 処 理 法	材料の含水率		予乾 時間 (h)	気 象 状 況						
				測 定 月 日 時刻	含水率 %		気温 (°C)	湿度 (%)	風速 (m/sec)	降水量 (mm)	日照 時数 (h)	雲量	天気
8-3	ルーサン (2 番草)	1959.7. 14.10		7.14.10	80.0	98.0	18.1	73	—	5.5	12.0	2	○
				15.10	—		19.6	94	1.0	4.9	0.5	10	⊙
				16.9.30	—		21.1	68	2.8	0.9	2.4	7	①
				17.16	—		20.1	85	0.5	—	2.9	10	⊙
				18.12	35.2		21.1	73	3.2	—	9.9	7	①
9-1	ルーサン (2 番草)	1959.8. 11.10	ヘーコンディ ショナーにより 圧砕	8.11.10	81.2	29.5	20.1	61	0.8	—	2.5	10	⊙
				12.15.30	36.6		20.1	65	2.1	—	12.0	1	○
9-1	ルーサン (2 番草)	1959.8. 11.10		8.11.10	81.2	29.5	20.1	61	0.8	—	2.5	10	⊙
				12.15.30	45.8		20.1	65	2.1	—	12.0	1	○
9-3	ルーサン (2 番草)	1959.8. 12.10	ヘーコンディ ショナーにより 圧砕	8.12.10	—	6.0	20.1	66	2.1	—	12.0	1	○
				16	—		—	—	—	—	—	—	—
10	ルーサン (3 番草)	1959.9. 9.30	ヘーコンディ ショナーにより 圧砕	9.9.9.30	80.6	30.0	18.7	76	1.3	—	9.4	1	○
				10.9.30	42.8		16.5	69	1.1	—	7.1	2	○
				15.30	34.3		—	—	—	—	—	—	—

どによつて異なるものと考えられるが、以上の成績からわかつた事項は次のとおりである。

- a 赤クロバーの場合は、生牧草の含水率は75%~85%程度であり、約1日間の圃場予乾により50%~60%程度に低下した。
- b ルーサンの場合は、生牧草の含水率は80%内外であり、1日間の圃場予乾で46%~64%、2日間で45%~48%、4日間では35%程度に低下した。
- c ルーサンの場合、ヘーコンディショナーにより茎葉の圧砕を行なつたものは、半日間の圃場予乾により含水率は56.8%、1日間のものは34~37%となつた。しかし圧砕を行なわなかつたものは1日間の予乾で57%を示した。

2) 材料の細断と乾燥効果

牧草を細断すると、その表面積がわずかであるが、増大し、空気との接触面が増す。たとえば茎部の直径が2.5mm、末端部の直径が1.3mm、草丈800mmの赤クロバーの茎の断面が円形と仮定すれば、その表面積は4779.03mm²となる。この茎を40mmの長さに切断すれば、4886.6mm²とな

り、表面積は2.25%の増加となる。20mmの長さに切断すれば表面積の増加は4.5%ほどになる。今回の実験では30~40mmの長さに切断したので、茎の表面積は細断しなかつたものに比較し3%ほど増加している。このように表面積の増加はわずかであるが、茎が横断されているので、水分蒸発の効果は大きいはずである。外国においても熱風乾燥の場合などは長さ25mm程度に細断したもののについて乾燥操作を加えるのが普通のものである。

細断が乾燥効果に及ぼす影響をみるため、実験第1と第3を比較すると材料を細断したものは、細断しないものに比較し

a 通風開始当初の風量は約 $\frac{1}{2}$ であつた。したがつて風量水分比は約 $\frac{1}{4}$ であつた。

b 送風機運転のための毎時所要電力量は55%ほど多かつた。通風量1m³/sec当りの毎時所要電力量は約3.5倍であつた。

この場合の堆積密度は細断したものの101.7kg/m³、細断しないもの54.1kg/m³であつたから約2倍の密度になつていた。なお補足的に行なつた

赤クロバーとオーチャードグラスの混合牧草の場合は約20%増であつた。

要するに、乾燥材料を細断することは空気に対する材料の接触面積を増大させるが、堆積の密度が増大し空気の流通が悪くなる。また乾燥の進行にともない、堆積下部が固く締め空気の流通がますます悪くなるので、2日に1回くらい良くほぐす必要がある。このようなことで通風のための電力量が増加する。

この成績からみると材料を細断することは、常温通風乾燥法のように材料が移動しない場合は堆積材料の下部が固く締め、それに伴う不便な点が多々ある。しかしコンベアー式などのように材料が移動する方式の場合は細断の効果が発揮できるであろう。アメリカにおいては材料細断後に熱風乾燥を行なうのが普通のものである⁷⁾⁹⁾。

3) 材料の圧砕と乾燥効果

材料の圃場予乾の場合に、ヘーコンディショナーにより茎葉を圧砕させると、同一乾燥期間で無処理の場合に比較しその含水率を $\frac{1}{2}$ 程度にまで低下させることは前にのべた。これは茎葉がヘーコンディショナーによつて圧砕圧折されると、茎内部が大気にさらされて乾燥が促進されるのはもちろんである。そればかりでなくヘーコンディショナーによつて牧草が地上にうず高く放置されるので、ヘーモアーで刈り倒されたままの状態のものに比較すると風通しが良好で乾燥の進行も早い。

横山⁶⁰⁾はヘーコンディショナー使用による牧草の乾燥効果に関する試験を行ない次のように報告している。ヘーコンディショナーにより処理したオーチャードグラス・赤クロバー・ルーサンは無処理のものより乾燥が早く、乾牧草仕上がりまでに要する時間は無処理のもの50~70%であつた。処理したものは乾燥時間の短縮により、大気にさらされる時間が短く、無処理のものに比較し緑度高く葉部の脱落損失も少ない。また蛋白質・脂肪などの栄養分の含有率が高く飼料価値が大きかつた。

圃場予乾の場合に、茎葉を圧砕させると、乾燥が促進されることがわかつた。ヘーコンディショ

ナーにより茎葉を圧砕した材料に対し常温通風乾燥を行なつた場合は、乾燥効果にどのような影響を及ぼすかを見るために第9の実験を行なつた。この実験成績を検討して次の事項を知つた。

- a 通風開始当初の通風量は圧砕を行なわなかつたものが多い傾向はあるが、大差は認められない。
- b 通風開始当初の風量水分比は上記の事項から当然であるが、当初の含水率の高いものがこの比が小さく、当初の含水率の低いものがこの比が大きくなつてゐる。
- c 毎時所要電力量は圧砕を行なわないものが最も大きい。
- d 仕上がり乾牧草1kg当りの電力消費量は圧砕を行なつた3号が最も少ない。ただし圧砕を行なつた1号が最も大きくなつてゐるが、これは供試量が少なかつたためと考えられる。

要するに3号は圃場予乾1日間(または2日間)で含水率が高かつたが、毎時電力消費量が少なく、仕上がり乾牧草1kg当りの消費量も少なかつた。ヘーコンディショナーによる茎葉圧砕の効果は圃場予乾の場合はもちろん、常温通風乾燥の場合にも認められた。

したがつて圃場予乾の効果をあげるためにも、また常温通風乾燥の能率向上のためにも、材料はヘーコンディショナーにより圧砕されることが望ましい。

7. 乾燥操作と乾燥効果

被乾燥物への通風量の多少および材料堆積量の多少は、乾燥所要時間に影響することはもちろん、所要電力量や乾燥所要経費にも大きな影響を与える。ここにおいては、通風量を種々に変えた場合の通風効果すなわち乾燥所要時間との関係・所要電力量との関係について考察を加えた。また堆積量を変化させた場合についても、通風効果との関係、すなわち風量・風量水分比・所要電力量との関係などにつき検討を加えた。

1) 通風量と乾燥効果

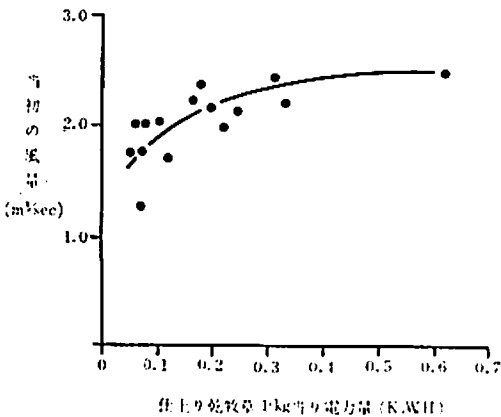
常温通風乾燥機により牧草の乾燥を行なう場合、問題になることは通風量である。風量が少な

すぎる場合は、乾燥の進行が緩慢で、乾燥に長時間を要し、その間に腐敗したりして品質を低下させることがある。しかしまた反対に風量が多すぎる場合は、乾燥は短時間で終了するが通風のための動力が急激に増大して不経済となる。

(1) 通風量と乾燥効果

この関係をみるため主として実験第10の成績につき検討して次の事項がわかった。

- a 通風量が多い場合の方が乾燥速度が大きい、その差は僅少であつた。
- b 通風開始当初の風量水分比は、当初の風量が多い場合に大きかつた。
- c 通風開始当初の風量が多い場合は毎時所要電力量は、約3倍(約1.2KWH)になつていた。また乾牧草1kg当りの電力量も約3倍(0.36KWH)を要していた。この関係を実験第10以外の実験についても示すと第14図のとおりである。

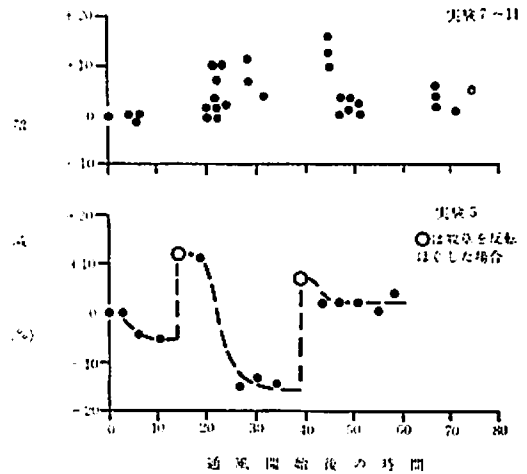


第14図 通風量と乾牧草1kg当り電力量

- d ほとんど同程度の通風時間で、ほとんど同程度の含水率を持つ乾牧草が得られた。しかも通風量が少ないものの方が少量の電力消費量で済んだ。

(2) 通風量の時間的变化

乾燥経過中における通風量の変化を示したのが第15図である。この図では最初の風量に対する増減の割合で示したが、実験第7～11の場合は、終始ほとんど変化しない場合もあつたが、直線的にあるいは曲線的に増加する場合が多く、増加率の



第15図 通風量の時間的变化

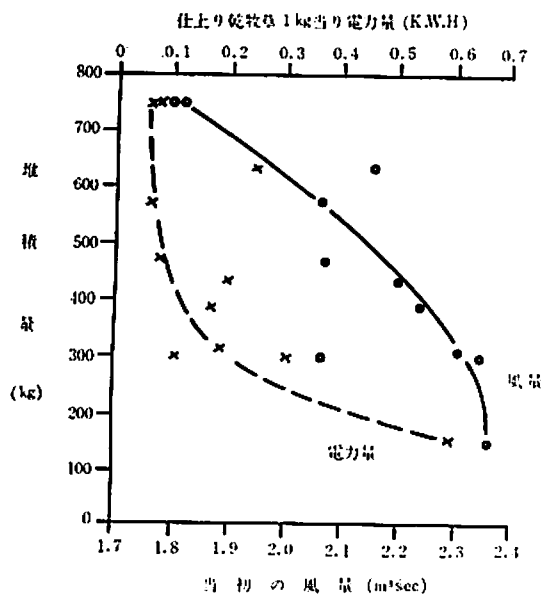
最高は15%程度に及んだ。これは材料の含水率が減少し堆積密度も低下して通風が容易になつたためと考えられる。材料を細断してから乾燥を行なつた場合は、上述の状態とは異なつてゐる。1例として実験第5の場合についてのべると、乾燥が進むにしたがい堆積牧草の下部が固く締まるため通風量は一時的に急激に増加するが、再び風量は減少した。

2) 材料の堆積量と乾燥効果

乾燥機へ投入する材料の量が多すぎると、材料中への空気の流通が悪くなり、材料が酸酵したり、黴を生じたりすることになる。しかしまた反対に堆積量が少なすぎる場合は、材料が腐敗する危険はないが、仕上がり乾牧草1kg当りの所要電力量が比較的大きくなつて経済的に不利であり、また単位量の乾燥を行なうのに乾燥機の使用回数が増加する。

この調査は堆積量を変えて行なつた実験第7の成績を主とし、補足的にほかの実験成績を加えて検討した。その結果は第16図のとおりで、これから次のことがわかつた。

- a 材料の堆積量が増加するほど通風開始当初の通風量は減少する。このことから当然であるが、通風開始当初の風量水分比は減少する。実験第7の場合は堆積量の少ない場合0.03m³/kg secに対し、多い場合は0.01m³/kg secであつた。



第16図 材料の堆積量と乾燥効果

- b 堆積量が増すほど風量が少ないので、送風機運転のための毎時所要電力量は少量で済んだ。しかもほとんど同じ程度の通風時間で乾牧草に仕上がったから、総所要電力量が少なく、したがって仕上がり乾牧草 1 kg 当りの電力量は少なかった。実験第 7 の場合約 $\frac{1}{2}$ で済んだ。
- c 堆積量は乾燥の経過とともに、吸気条件により直線的にあるいは曲線的に減少した。
- d 適当な堆積量を検討すると次のとおりである。まず通風開始当初の風量からみると、堆積量が 400 kg 程度までは風量はあまり減少しないが、450 kg 程度以上になると、毎時電力消費量の減少が大きいことがわかる。次に仕上がり乾牧草 1 kg 当りの電力消費量は 450~500 kg 程度以下になると急激に増加する。

これらの点からみると、少なくとも 450~500 kg 程度以上堆積すべきである。なお 750 kg 以上は乾燥容器に収容不能であつた。

堆積量の決定は送風量と堆積密度(したがって堆積高さと材料の含水率に関係がある)とにより決定されるべきであろう。これはまた風量水分比から決定されるであろう。また反対に送風量は堆積量から決定できるであろう。今回の実験においては材料の性状・外気条件などが異なつ

ていたが、通風開始当初の風量水分比は 0.002~0.033 m³/kg sec と相当の開きがあつた。乾燥所要時間・所要電力量など総合的にみると、0.005~0.019 m³/kg sec 程度が好都合のように見受けられた。しかし乾燥に好適な風量水分比の決定については、更に研究を要するものと認める。

この数値を常温通風乾燥法の発達しているアメリカの例に比較すると²¹⁾、アメリカでは常温通風乾燥機設計の基準として次のように定めている。

長いままの牧草に対しては、0.00049~0.00052 m³/kg sec、細断牧草の場合 0.00053~0.00054 m³/kg sec、梱包牧草に対しては、0.00078~0.00081 m³/kg sec、アメリカにおける数値が筆者の実験結果に比較しはるかに小さいのは、本道との大気状況の相違によるものと考えられる。

8. 静圧の変化とその分布

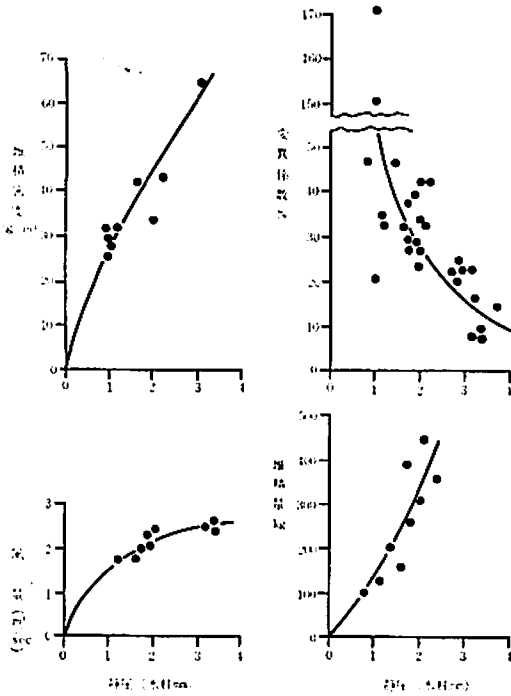
堆積された茎葉中を流れる風は部分的に異なる可能性がある。もし風量が堆積の部分により異なるとすれば、通風の良い部分は乾燥が速かに進行し、部分的に乾燥むらが出来て不都合である。材料中の風量が均一であるか否かを知るためには、材料中の各部について風速を測定する必要がある。しかしこの風速はきわめて低速で測定が困難なので、比較的簡単に測定できる静圧を測定し、その数値から空気流通の斉否を推定することにした。

測定法は 4.4) で述べたとおりで、この測定数値から静圧の大きさとその時間的变化・乾燥容器内における静圧の分布について考察を加えた。

1) 静圧とその時間的变化

実験第 7 は堆積量を、第 10 は通風量を変化させた場合、実験 8 および 9 は堆積量・含水率を変化させた場合の静圧であるが、これらの成績からわかつたことは(第 17 図参照)

- a 堆積密度・堆積量・通風量に比例して静圧が高かつた。これは堆積牧草中への送風が困難になるため、あるいは大量の空気が送り込まれているためと考えられる。



第17図 静圧の大きさ

- b 静圧は乾燥の進行にともない減少する場合が多かった。これは乾燥の進行にともない堆積密度・堆積量が減少し、空氣の流通が容易になるためと考えられる。静圧が時間の経過とともに増加した場合もあったが、この原因は不明である。
- c 乾燥容器内の位置による静圧の変動すなわち変異係数は、静圧が低い場合に大きい。乾燥が進行し堆積量・堆積密度が減少し、通風量が増加すると通風が部分的にむらになり、ますます乾燥むらを生ずるのである。この乾燥むらは材料が平衡水分に到達すると停止するはずである。

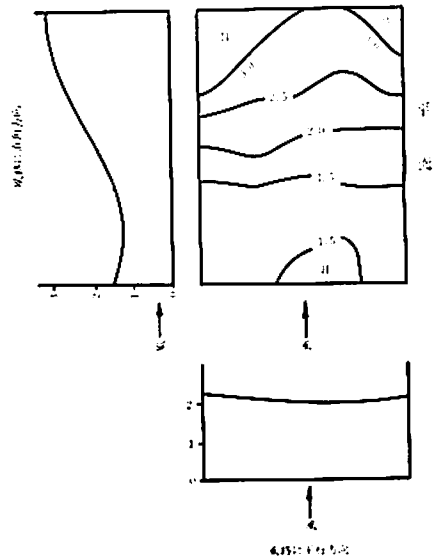
2) 乾燥容器内における静圧の分布

もし堆積牧草中の空氣静圧が堆積の部分により異なるとすれば、堆積中を通過する風速風量が異なり、したがって乾燥むらが生ずるはずである。こう考えると堆積牧草中の静圧が部分的に異なることなく均等にする方法に関する研究が必要となる。このためには送風機・風路・乾燥容器など乾燥施設の面から研究する必要がある。しかし施設

の面で解決し得ない点があるものとするならば、堆積法の面から解決することも必要となる。すなわち堆積法（密度・高さなど）によつても静圧分布が異なるものと考えられるからである。

これらの検討を進めるに先立つて、供試のスラット床型乾燥機においては静圧がどのように変化するか調査を行なつた。この場合の静圧分布の状態を知ることは乾燥機（とくに乾燥容器）の良否を判定する1つの手段でもあり、もし欠点があるとすれば改良の資料を提供することにもなり、また牧草堆積法につき研究する前提ともなるからである。

調査の方法は前述のとおりスラット床上5cmの静圧を測定したのである。等静圧線図、風路に直角方向と平行方向にみた静圧変化の状態を示すと第18図のようである。この図は平均値をあらわしている。静圧分布は個々の場合により多少異なるが、この図から次の事項がわかつた。



第18図 乾燥容器内の静圧の分布

- a 等静圧線図によると、送風機出口の地点の静圧が若干高く、風路に近い部分の隅が低く、奥の両隅が最も高い。すなわち第19図1のAの部分では風が渦流をなし、Bの部分には風が突き当たつていたものと考えられる。
- b 風路に直角方向の変化をみると、送風機の出

口付近が若干高く、中央部の手前が最も低く、中央部から後方は次第に高くなっている。これは送風機からの風が奥の壁に衝突して風圧が高まったためと考えられる。

- c 風路に平行方向にはほぼ平均されていたが、送風機の回転が左回りのためか左側が若干高い傾向があつた。

堆積の高さ・密度をスラット床各部同一にして静圧を測定した結果、スラット床の部位により静圧が相当異なることを知った。したがって乾燥むらを生じ、乾燥の遅い部分を基準に通風を行なえば、乾燥の速い部分は過乾の状態となり、通風の動力を無駄に消費することになる。反対に乾燥の速い部分を基準とすれば動力費は安価となるが、乾燥不充分的部分は醗酵をおこし品質を害する。あるいはまた乾燥を均一にするために牧草を反転攪拌するなどの労力を要することになる。

したがって今回供試の乾燥機に対し改善を加える必要があることはもちろんであるが、牧草の堆積法についても注意すべき事項がある。池内¹⁴⁾は風路系（側送風筒型）常温通風乾燥機を使用して堆積牧草中における静圧分布の状況につき研究し、牧草堆積床に建物の柱がある場合は、その柱周囲における堆積牧草中の静圧が低いことを報告している。堆積する場合は柱周囲や側壁付近はよく踏み込んでおく必要があるとのべている。さらに同氏は牧草堆積作業の都合で牧草の密度が高くなった部分は、静圧が高く発熱・醗酵の傾向さえあつたと報じている。また静圧は乾燥の進行とともに低下するはずであるが、事実は終始ほとんど変化がなかつた。これは牧草が平均に積まれていなかったため、堆積密度の小さい部分から逃げる空気損失の割合が非常に大きいためであろうとのべている。そして牧草堆積に際しては単に牧草表面の高さを均一にすることにのみ気を取られてはならないと結論している。

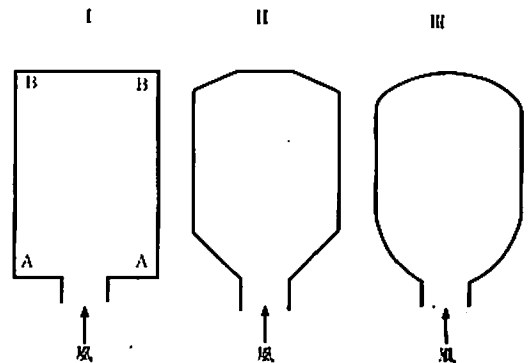
池内の研究は風路系乾燥機についてであるが、このことはスラット床型においても当然あてはまる。すなわち筆者もまたスラット床上に均一密度・均一高さに牧草を堆積した場合、乾燥容器の壁に接する部分は通風が良好で、乾燥が早いこと

を経験から知った。

堆積牧草中を通過する風が均一であるか否かを判定するため、測定器を使用することは農家にとつては困難なことである、簡易判定法を考案する必要がある。簡易法として羽毛落下法なども結構であるが、筆者は用紙による判定法を提唱したい。これは薄手の和紙（いわゆる半紙）あるいは事務用複写紙を15cm×15cmほどに切断し、堆積牧草上に置けば用紙は下からの風のため持ちあげられて空中に停滞する。牧草表面からの高さが何処も同一であるならば、風が均一に牧草中を通過していることがわかる。乾燥に適する風量（0.005～0.019m³/kg sec）の場合は、この用紙は牧草表面上6～7cm程度の高さに持ちあげられる。このばあい手で用紙を前後左右に動かすと用紙は風の弱い方へ移動する。

以上は乾燥容器が現在のままであるとして堆積法につき考察を加えたが、乾燥容器の面からも検討を加える必要があろう。例えばスラット床下にダンパーを設けるのも一方法であろう。ダンパーの形状・取り付け位置などについては今後の研究を要することであるが、もしこの方法によりスラット床各部に均一に風が送られるならば、堆積の高さ・密度は各部同一であつて差しつかえなく、またそうすべきである。

あるいは乾燥容器の形状についても考察を払う必要があろう。実験を行なつた容器は矩形であつたが、そのため第19図ⅠのA部では通風が不良であり、B部では通風が良好であつたのは前述のとおりである。



第19図 乾燥容器の形状

A部の隅をなくして風が渦流をおこすのを防止し、B部の隅も削つて風が突き当たらないようにすることも一方法であろう。これは筆者の試案であるが例えば第19図ⅡおよびⅢのような形状、あるいは卵形・扇形とするのも一方法であろう。これはあくまでも試案であつて、今後の研究を要する事項である。ただこの場合注意すべきことは単に理論・理想にのみ走ることなく、工作の便否・製作費の面にも充分考慮を払いつつ研究を進めなければならない。

III 常温通風乾燥法の利用拡張

9. 乾燥経費

1) 赤クロバーの乾燥経費

(1) 乾燥経費とその費目別割合

乾燥経費を固定費(機械施設の償却費)変動費(労力費・電力費・修理費)に分けて計算した。

1. 固定費

定額法で償却するものとし金利は年6%の単利計算とし、次の事項を基礎として計算した。

	電動機	電気工事費	送風機	通風施設
原価(円)	17,600	3,500	6,500	15,805
残存価額(円)	1,760	0	650	0
耐用年数(年)	20	20	12	12

電動機の年間使用時間は一般農事作業 176 時間、通風乾燥に 524 時間とする

減価償却費・金利は乾燥機運転時間に按分し、エンシレージカッター・ヘーファーク・建物費は省略した。

2. 労力費

乾燥を行なうための労力は次のとおりである。

細断：エンシレージカッターで材料を 3~4cm の長さで切断する。

乾燥機へ投入：細断した材料を秤量し乾燥機へ投入する。秤量の必要がなければその労力は $\frac{1}{2}$ ~ $\frac{1}{4}$ に短縮される。

反転堆積：隔日ごとに乾燥容器内の牧草を反転させ手でよくほぐす。天日乾燥の場合は毎日 2 回

ヘーファークで反転させ、小堆積とする。

収納：仕上り製品を秤量し畝に詰める。秤量の必要がなければ労力は $\frac{1}{2}$ ~ $\frac{1}{4}$ に短縮される。

乾牧草調製に要した労力を調査した結果が第27表である。常温通風乾燥法による場合は、乾牧草 1 kg 当たりの労力費は 1.08~1.31 円、天日乾燥法による場合は 1.13~2.34 円であつた。すなわち天日乾燥法による場合の方が多額の労力費を要していたのである。その原因は圃場におけるヘーファークによる牧草の反転作業と毎日の堆積作業によるものである。

第27表 乾牧草調製労力

	実験第2				実験第3			
	通風乾燥	風区	天日乾燥	日区	通風乾燥	風区	天日乾燥	日区
	人	分	人	分	人	分	人	分
細断	3	5	—	—	2	12	—	—
乾燥機へ投入	1	30	—	—	1	30	—	—
反転堆積	1	10	1	150	1	55	1	60
収納	1	15	1	20	1	60	1	60
合計		70		170		169		120
仕上り乾牧草 1 kg 当たり労力費		1.31		2.34		1.08		1.13

備考 労賃は毎時 15 円とする。

3. 電力費

送風機運転のための電力量は既設小口電力の多角的利用によるものとし、1 KWH 6 円として計算した。

4. 修理費

年間の修理費は機械施設の原価の 3% とした。すなわち

電動機の価格を 13,174.86 円

$$(17,600 \times \frac{524}{700} = 13,174.81)$$

電気工事費を 3,000 円 (工賃を除いたもの)

送風機の価格を 6,500 円

通風施設費を 14,005 円 (工賃を除いたもの)

計 36,679.86 円の 3%、すなわち 1,100.40 円として計算したが、実際は 3 カ年間の実験期間にボールベアリング 2 個 1,600 円、V ベルト 1 本 300 円を交換したので、年間の修理費は 600 円であつた。