

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 $\frac{1}{4}$ ~ $\frac{1}{2}$ 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 $\frac{1}{4}$ ~ $\frac{1}{2}$ 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。

5. 乾燥経費

固定費・金利・変動費から乾牧草1kg当たりの乾燥経費とその割合を示したのが第28表である。

実験第1と第3は圃場予乾を行なわなかつたのでこの2つを除き、乾燥経費を天日乾燥法による場合と比較すると(天日乾燥法は労力費のみ)2.6～11倍平均5倍ほどになっていた。

第28表 赤クロバーの乾燥経費とその費目別割合

実験番号	1	2	3	4	5	6	
乾燥経費(円)	1,474	238	1,043	1,204	857	1,432	
乾牧草1kg当り乾燥経費(円)	12.74	5.94	19.39	10.79	7.33	12.11	
経費の割合(%)	固定費	32	31	38	35	33	36
	金利	14	14	16	15	15	16
	労力費	9	12	6	11	15	10
	電力費	31	20	24	24	23	23
	修理費	14	13	16	15	14	15

(2) 乾燥経費の費目別割合と乾燥実施上の注意

固定費、すなわち機械施設の償却費は乾燥所要経費の31～38%を占めていたが、この割合の小さなものは乾牧草1kg当たり経費が安く、大きなものは経費が高くなる傾向があつた。

施設費に対する金利は14～16%、労力費は6～15%、送風機運転のための電力費は20～31%、維持費は13～16%を占めていた。

電力費を引き下げるためには、空気が多湿(関係湿度85%程度以上)の場合は乾燥機の運転を中止すべきである(被乾燥物がむれない限り)。

固定費を低下させるためには1回に乾燥させるべき材料の投入量を増すとともに年間使用回数を多くすべきである。

(3) 乾燥経費に対する考察

常温通風乾燥法は天日乾燥法に比較し約5倍の経費を要したが、仕上がり乾牧草の栄養分、家畜の嗜好性と生産性を考慮すると経済的に有利であることがわかつた。

すなわち本法による場合は、粗蛋白質、粗脂

肪、可溶性無窒素物、粗灰分、カロチンの含有量が多く葉部割合緑度が高い乾牧草を生産することができた。その品質は U. S. grade No. 1 または No. 2 に相当する良質のものであつた。これは刈り取り後、圃場に放置される期間が短いため、その間における栄養分の損失が天日乾燥法による場合に比し少なかつたためである。また生乾きの材料を取り扱うので、その間の機械的損失(葉部の脱落)が少なかつたためである。

乳牛および綿羊を供試した家畜飼養実験の結果、採食量、採食速度、飽食量、体重増加量が大きく、家畜(乳牛・綿羊)の嗜好に適していることがわかつた。

飼料単位と飼料標準を用いて飼料計算を行なつた結果では、飼料単位ならびに可消化純蛋白質の量が多く、したがって牛乳生産量の増加を期待しうる。

天日乾燥法による場合に比較し1回の乾燥につき700円程度の利益になることがわかつた。

なお、今回の通風施設は送風機の性能が劣り乾燥容器の製作費が比較的高価であつたこと(必要以上に堅牢でしかも手の込んだ工作を行なつた)などが原因して乾燥経費がかさんだが、これらの点を改善するならば、より安価に乾牧草に仕上がるはずである。

2) ルーサンの乾燥経費

赤クロバーの場合と同様の方法により乾燥経費を計算すると第29表のようになる。

この場合は電動機の価格を17,600円、電気工事費3,500円、送風機12,000円、通風施設9,580円、として計算した。

乾牧草1kg当たりの経費が赤クロバーの場合に比較し安価になつていたのは、通風施設の性能が向上されたこと、乾燥操作に習熟していたことなどが理由と考えられる。

乾燥経費のうち減価償却費は31～42%、金利は14～18%、電力料は17～37%、維持費は14～18%を占めており、赤クロバーの場合と似たような傾向であつた。

この方法により調製した乾牧草は天日乾燥法によるそれに比較し栄養分の含量が高く、家畜(綿

羊)の嗜好にも適していた。

経済的に利用しうるものであることがわかった。

飼料計算の結果によつても、常温通風乾燥法が

第 29 表 ルーサンの乾燥経費とその費目別割合

実験番号	7-1	7-2	7-3	8-1	8-2	8-3	9-1	9-2	9-3	10-1	10-2	10-3
乾燥経費(円)	1,042	1,042	1,042	1,153	532	532	385	391	398	565	660	749
乾牧草 1kg当り 乾燥経費 (円)	10.64	5.29	3.69	4.00	1.97	2.11	1.74	1.23	1.12	3.01	3.50	3.98
経費の割合 (%)	固定費	36	35	37	38	32	32	36	34	35	42	35
	金利	16	16	16	17	14	14	15	15	15	18	16
	労力費	3	3	3	3	6	6	8	8	8	5	5
	電力費	29	30	28	25	34	34	27	28	26	17	28
	修理費	16	16	16	17	14	14	16	15	16	18	14

10. 常温通風乾燥機の利用実態調査

1) 調査の目的と検討事項

道内に普及している常温通風乾燥機は、1961年1月末に451台に及ぶ。岩見沢市付近に247台、旭川市付近に95台、札幌市付近に54台、北見市付近に32台普及しているが、その大部分は初の乾燥を目的とした床面積3.3~6.6m²のスラット床型である。

牧草乾燥を目的とした乾燥施設は筆者の見聞する限りでは、江別市町村牧場など2~3にすぎない。しかし農家の中には、良質乾牧草の生産、ひいては常温通風乾燥法に関する関心が高まりつつある。

上記の各農場におけるマメ科牧草の乾燥法を調査しその長所を見出し、欠点を指摘することは、乾燥法の改善上、あるいは普及上きわめて重要と考え、利用実態調査を行なった。

利用実態調査は、乾燥機の構造・乾燥法・通風量・仕上がり乾牧草の品質などについて行なった。調査にあつては、小型の乾燥機を供して行なつた実験から得られた結論、すなわち次の事項をもととして批評を加えた。

- 材料は予乾によりその含水率を50%以下、40%程度にまで低下させること。
- 材料は、ヘーコンディショナーにより圧砕することが望ましい。

c 吸気の湿度は75%程度以下が好都合であり、85%程度以上は不適当である。

なお、本道農家の経営規模も考慮し、経営的な立場からもその普及性につき検討を加えた。すなわち本道における農家の平均乳牛飼養頭数は1戸当たり2.5頭であるが、農家の経営改善・合理化をはかりうる乳牛飼養頭数の限界は5頭程度(牧草畑2ha内外)と推定される。

この経営を標準農家とし、牧草の1番草は生牧草のまま、あるいは、草サイレージなどとして家畜に給与し、2番草および3番草を常温通風乾燥法により乾牧草に調製するものと仮定した。

2) 町村牧場における調査 (I)

(1) 乾燥施設に関する調査

乾燥機は畜舎2階に設けたスラット床型で、その概要は、第20図ならびに次のとおりであつた。

a 乾燥機の型 スラット床型 (中央に主送風筒設置)

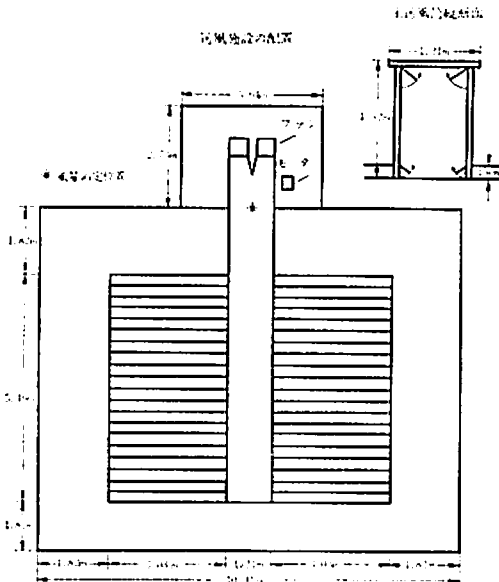
スラット床の面積・大きさ
16.54m² (3.03m × 5.46m) 2個

牧草堆積部の面積・大きさ
99.17m² (9.09m × 10.91m)

主送風筒の断面積・大きさ
1.84m² (1.21m × 1.52m)

長さ 9.09m

b 送風機 Charge fan (Air conditioning and Air Handling Equipment 製) 2台



第20図 町村牧場通風乾燥施設の概要

540 r.p.m.

 $10.27\text{m}^3/\text{sec}$

c 電動機 7.5KWモーター

d 施設費

乾燥機	木材費 100,000円	}	計 417,500円
	工賃 50,000円		
送風機	182,500円	}	
電動機	85,000円		

(2) ルーサンを供した乾燥実験

主送風筒内における風速と風量、仕上がり乾牧草の品質について調査した。なお、比較のため三角架乾燥法による乾燥を実施した。

a 材料の準備

供試ルーサンは開花期の3番草であつた。刈り取りは2回に分け1回目は1958年9月21日4時30分～7時の間に行ない、2回目は9月22日5時～7時の間に行なつた。通風は24日15時から開始したので圃場予乾は3～4日間となり、平均含水率は35.72%であつた。なお、刈り取り後の牧草はヘーテッダーを1回かけ、夕方小堆積にし、翌朝ひろげた。

供試量は22,000kg(22ha分)であつた。

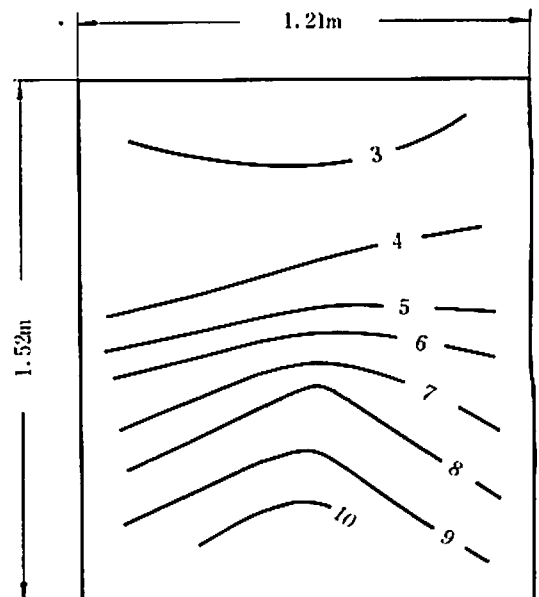
b 主送風筒内における風速・風量の分布

ピラムの微風速計により主送風筒内(送風機からの出口)の風速を測定した結果は第21図のとおりである。中央下部が最も高速であり、中央上部が低速であつた。全般的にみて下半部が高速であり、上半部は低速で平均風速は6.18m/secであつた。風速から算出し風量は $10.27\text{m}^3/\text{sec}$ であつた。なお、平均静圧は13.9mmであつた。

c 主送風筒内空気導入蓋部における風速・風量の分布、主送風筒からスラットへ通ずる下部の空気導入蓋部(空気導入蓋は上下2個ある)における風速を測定した。

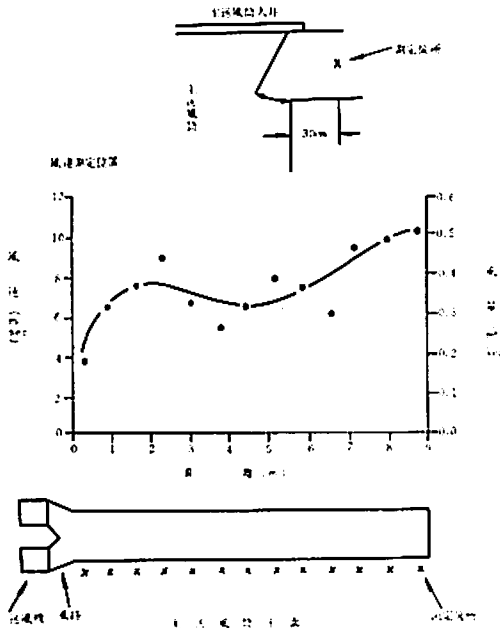
測定位置は主送風筒入口から0.7m間隔に13カ所とした。

主送風筒入口部の風速は最も小さく3.7m/secで、奥に進むにしたがい高速となり入口より3.5m付近から若干低速となり5m付近から再び高速となり最深部が最も高速で10m/secであつた。



第21図 主送風筒内の風速分布図

図中の数字は風速 m/sec



第22図 主送風筒内空気導入蓋部における
風速測定個所と風速風量

d 乾燥の経過

通風は9月24日から10月11日まで17日間、ほとんど昼夜連続行なつた。この間における牧草の含水率の推移を示すと次のとおりである。

調査月日	通風乾燥区 (%)	三角架乾燥区 (%)
9月24日	35.72	35.72
27日	41.55	—
30日	25.37	—
10月11日	19.44	31.12

また気象状況は第30表のとおりで、圃場予乾の期間においては順調に経過し、牧草の含水率は36%に低下した。しかし通風開始後2～5日目は降雨があり、湿度も高く、牧草は一時吸湿した。8日目および10日目は降雨があり湿度が高かつたが、その後は順調に経過した。

e 仕上がり乾牧草の飼料成分

17日間の常温通風乾燥の結果、含水率19.44%の乾牧草が得られた。仕上がり乾牧草の飼料成分

第30表 乾燥期間中の気象状況

月日	9時気温 (°C)	9時湿度 (%)	降水量 (mm)	天気
9.21	18.4	64	—	☉
22	19.0	60	—	☉
23	19.0	71	0.1	①
24	15.6	72	1.1	☉
25	16.0	86	0.0	☉
26	16.0	81	15.7	☉
27	11.4	92	35.5	☉
28	13.4	99	0.9	☉
29	18.9	67	—	☉
30	16.0	77	—	☉
10.1	12.4	72	43.0	☉
2	16.3	100	11.7	☉
3	14.9	54	1.5	①
4	13.1	66	—	☉
5	15.7	51	0.0	○
6	15.0	56	—	①
7	11.8	77	—	○
8	15.5	77	—	○
9	14.0	76	—	○
10	16.3	71	—	○
11	15.0	59	—	☉

第31表 乾牧草の飼料成分

乾燥法	含水率 (%)	一般組成 (無水物中 %)					カ ロ ン mg
		粗蛋白質	粗脂肪	可溶性 無窒素 物	粗繊維	粗灰分	
常温通風乾燥法	19.44	21.3	3.4	35.9	29.6	9.8	3.390
三角架乾燥法	31.12	20.9 (98)	2.7 (80)	40.0 (111)	27.1 (92)	9.3 (95)	3.529 (104)

備考 () 内数字は常温通風乾燥法を100とした数。

は次のとおりであつた。

三角架乾燥法による乾牧草の含水率は31.12%であつたが、これでは長期間の貯蔵に耐えない。これから常温通風乾燥法の有利性が認められる。

三角架乾燥法によるものにくらべ、粗脂肪の含有量は非常に多かつたが、粗蛋白質、粗灰分はやや多く、可溶性無窒素物、カロチン含有量は少なく、粗繊維量は多かつた。緑色をおび、U. S. grade No. 2 あるいは3程度の乾牧草が得られた。

(3) 本施設に対する筆者の意見

a 乾燥施設の大きさ

今回の供試量は22 ton (面積2.2ha)であつたが施設の容量からみて約2倍の40ton程度(約4ha)の収容力があるものと思われる。したがつてこの施設は標準農家が単独あるいは2戸で共同利用しうるものと考えられる。また作付牧草の草種が異なり、したがつて収穫期が異なるものとすれば2~4戸程度まで(乳牛10~20頭程度)利用しうる可能性がある。

b 施設費

牧草堆積部の床をフローリング張りとしたが、ベニヤ板張りで充分と考えられる。スラット床の製作も非常に入念であつたが、これも簡単な工作で充分である。木材と工賃で15万円を要していたが、半額以下で済むものと考えられる。

c 送風機の設置位置

送風機の空気取り入れ口は畜舎と畜舎との中間にあつたが、畜舎南側に設け温暖な空気を通風させるように心掛けるべきである。

d 主送風筒の形状

主送風筒の空気導入蓋部における風量は送風機からの距離により著しく異なり、奥の方は送風機出口付近にくらべ約3倍になつていた。主送風筒の断面を次第に小さくするとか、空気導入蓋板の大きさ・傾斜などに改善を加えることなどにより、スラット床各部に平均に風が送り込まれるように改善すべきである。しかしこの具体的方法については研究を要する。

e 通風法

昼夜連続の通風であつたが、大気の湿度が高い場合、とくに夜間などは牧草が醗酵しない限り通風を中止すべきである。

3) 町村牧場における調査(II)

当牧場においては前節にのべた常温通風乾燥施設によりあまり人手をかけずに良質の乾牧草を調

製し得て、牧場運営上益するところが多い。しかし前記の施設は当牧場の経営面積からみて小さきに失するので、牧草堆積部の面積が前記のもの約2倍の施設を増設した。当牧場において常温通風乾燥法により調製した乾牧草の品質が優秀なことは前の調査で充分確認し得たので、今回は主として主送風筒の形状と送風量について調査を実施した。

(1) 乾燥施設に関する調査

前記の施設と異なる主な点は、牧草堆積部の面積を大きくしたほか、主送風筒の形状寸法を変えたこと、垂直通気孔を採用したことである。

前記施設では主送風筒上部に堆積された牧草の乾燥が不良であつたので、今回の施設では主送風筒天井部にも空気取入口を設けた。また主風筒の断面積は7%増としたが、幅を狭く、高さを高くした。

また、堆積牧草中の通風を良好とするために垂直通気孔を10個使用した。これは断面積 0.09 m^2 長さ 1.21 m の木製筒で(上部は密閉され、下端は開放している)主送風筒から遠い部分の堆積牧草中に垂直に挿入して、空気の流通をはかろうとするものである。スラット床の両端部に片側5個ずつ使用し、牧草を堆積して通風を行ない、ある程度乾燥されたならば、あらたに牧草を追加する。この場合に垂直通気孔を少々上へ引き上げる。このようなことを繰り返して乾牧草に仕上げる。

乾燥機は畜舎2階に設けた。スラット床型で、その概要は次のとおりであつた。

a 乾燥機の型 スラット床型 (中央に主送風筒設置)

牧草堆積部の面積・大きさ
 198.24 m^2 ($10.91\text{ m} \times 18.18\text{ m}$)

垂直通気孔 断面積
 0.09 m^2 ($0.3\text{ m} \times 0.3\text{ m}$) 10個

主送風筒の断面積・大きさ
 1.97 m^2 ($1.08\text{ m} \times 1.82\text{ m}$)

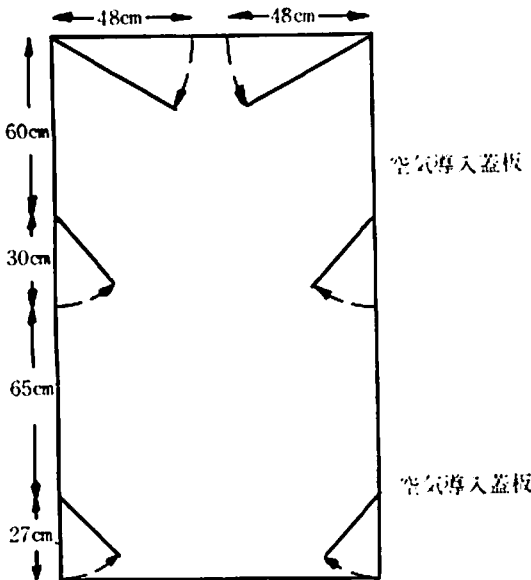
〃 長さ 13.75 m

主送風筒内部の構造 第23図のとおり内部側面中央部ならびに天井部に空気取入口を設けた。

中央部 $0.30\text{ m} \times 13.75\text{ m}$

下部 $0.27\text{ m} \times 13.75\text{ m}$

天井部 $0.48\text{ m} \times 13.75\text{ m}$



第23図 主送風筒横断面図

b 送風機 Charge fan (Charge Fan Co.製) 2台
540 r.p.m.

送風量 $14.198 \text{ m}^3/\text{sec}$

c 電動機 7.5 KWモーター

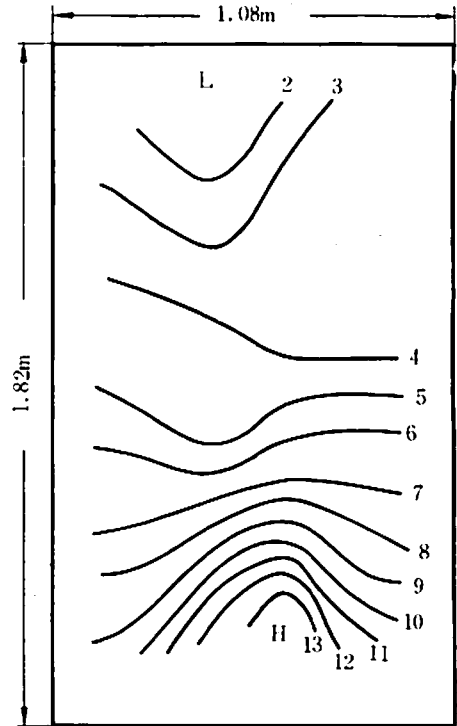
d 施設費

乾燥機	{ 木材 200,000円 工賃 100,000円 }	計 585,000円
送風機		
電動機	85,000円	

(2) 主送風筒内における風速と風量の測定

ルーサン (3番草), 赤クロバー・チモシー 混播牧草 (2番草) を供した場合の主送風筒内の風速分布を調査した。牧草の刈り取りは1959年9月15日に行ない、2日間圃場予乾後に乾燥機に堆積した。堆積の高さは1.8mとして下半部はルーサン、上半部は赤クロバー・チモシー混播牧草を堆積した。主送風筒内 (送風機からの出口) 各点における風速分布は第24図のとおりであつた。

すなわち主送風筒の下部は $8.6 \sim 13.6 \text{ m/sec}$ であり、上部は $2.0 \sim 3.3 \text{ m/sec}$ で低速であつた。平均風速は 7.2 m/sec で、風量は断面積からの計算で $14.198 \text{ m}^3/\text{sec}$ となつていた。前節でのべた乾燥施設に比較すると、送風量は約40%多い。風速は約20%大きく、送風筒内の位置による変動が大きかつた。



第24図 主送風筒内の風速分布図
図中の数字は風速 m/sec

(3) 本施設に対する筆者の意見

a 乾燥施設の大きさ

1回の乾燥量は生牧草にして250 ton (面積約10 ha) 程度であるから、標準農家5戸あるいは乳牛25頭内外の個人経営または共同飼育、共同経営に適するものと考えられる。

b 施設費

床はフローリング張りでスラット床の工作も入念であるが、もつと簡単な工作で支障ないと思う。床をベニヤ張りにしたり、目張りにしたりすれば木材費と工賃は半額程度で済むものと考えられる。

c 送風機の設置位置

空気取入口は南北に細長い畜舎の北側に設けてあつたが、南側に設けて温暖な空気を吸入しうるように改善すべきである。

d 排気孔

畜舎2階には窓が少なく ($1.5 \text{ m} \times 1.5 \text{ m}$ の窓が6個, $2 \text{ m} \times 2 \text{ m}$ 1個) 堆積牧草を通過し空気の排出が不充分のように考えられる。

4) 倶知安農業高等学校における調査

(1) 常温通風乾燥機設置の動機

当校実習農場生産の赤クロバー乾牧草は、天日乾燥法により調製していたが、収穫期の天候の関係で乾燥に長期間を要し、葉部の脱落がはなはだしく、黴の発生も著しく品質劣悪で、家畜の飼料として利用できず、収穫期の天候不良のため乾燥不十分で品質保持上はなはだ不適当であつた。

このため人工乾燥法の必要を感じ1957年8月に常温通風乾燥機を設置したものである。

(2) 乾燥施設に関する調査

乾燥機は作業舎(10.9m×7.3m)の北東隅に設けてあり、その概要は第25図ならびに次のとおりであつた。

a 乾燥機の型と大きさ スラット床(傾斜床型)
床面積 7.45m² (2.73m×2.73m)

床は手前が低く材料の取り出しに便利にしてある。

b 送風機 柳井式 プロペラファン

外径 631mm, 内径576mm, 幅 458mm

回転数 1,377 r.p.m.

風 量 2.5706m³/sec

送風機から円形ビニール筒によりスラット床下へ送風

c 電動機 0.75KWモーター

1,413 r.p.m.

d 施設費

送風機 15,000円

電動機 15,000円

木材費, 電気工

事費 20,000円

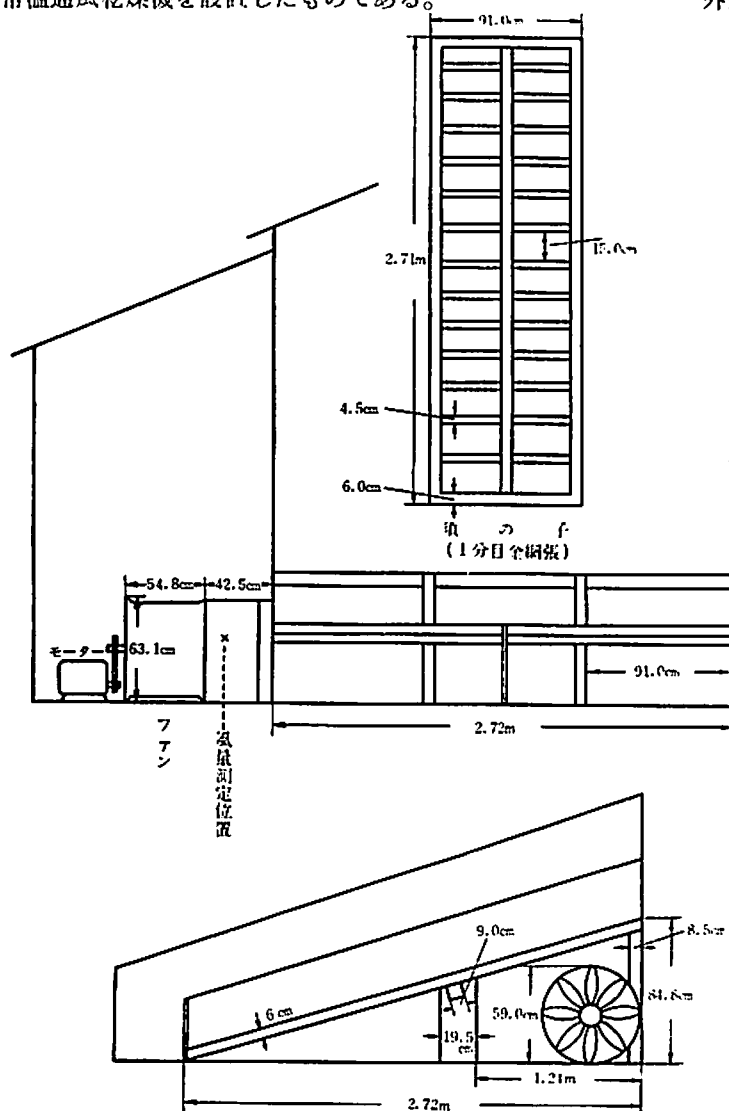
計50,000円

(3) 赤クロバーを供した乾燥実験

通風量, 電力消費量, 仕上がり乾牧草の品質について調査した。

第32表 乾燥期間中の気象状況

月日	気 温 (°C)	湿 度 (%)	降水量 (mm)	天 気
6.26	21.7	64	—	○
27	22.5	56	0.2	◎
28	19.5	72	—	◎
29	21.7	74	14.0	◎
30	21.5	80	0.5	①
7. 1	17.5	94	0.1	⊙
2	17.3	85	2.8	◎



第 25 図 倶知安農業高等学校通風乾燥施設の概要

a 材料の準備

供試赤クロバーは、開花摘期にある1番草で草丈は45~50cm、10a当たり収量は2,400kgであつた。牧草は1959年6月26日10時に刈り取り、そのまま圃場に放置し13時から乾燥機の通風を開始した。したがって予乾は3時間であつた。牧草は600kg堆積し(堆積の高さ2m)通風を行なつた。

b 乾燥の実施

送風機の出口(ビニール筒の部分)において測定した風速は9.46m/sec、したがって風量は2.5706m³/secであつた。26日13時から通風を開始し、6昼夜連続通風を行なつたので、144時間の通風であり電力消費量は、70KWHとなつた。仕上がり

乾牧草は129kgであつたから1kg当たり0.5426KWHの電力消費量となつた。乾燥期間中の気象状況は第32表のとおりで、3日目ころまでは比較的良好であつたが、4日目以降は降雨もあり、湿度が高く良好な条件とはいへなかつた。

c 仕上がり乾牧草の品質

常温通風乾燥法による乾牧草の外観査定ならびに飼料成分を天日乾燥法により調製したものに比較すると第33表のとおりであつた。

葉部割合、緑度が高く、粗蛋白質、粗脂肪、粗灰分の含有量が多く、飼料として、優れた乾牧草が得られた。

第33表 クロバー乾牧草の品質

乾燥法	外 観 査 定		含 水 率 (%)	飼 料 成 分 (無 水 物 中 %)				
	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
常 温 通 風 乾 燥 法	32	60	18.3	16.8	2.5	41.2	30.6	8.9
天日乾燥法	21 (66)	30 (50)	19.7	15.2 (92)	1.8 (72)	42.2 (102)	33.6 (110)	7.2 (81)

備考 () 内数字は常温通風乾燥法区を100とした数。

(4) 乾燥施設の利用状況

施設は1957年8月に設置したのであるが、設置当初は雨でぬれた赤クロバー2番草を用いたのであまり良い結果は得られなかつた。しかし穀類や雑穀類などの乾燥には効果が認められた。1958年には燕麦725俵、大豆、小豆、菜豆20俵の乾燥に利用して効果をおさめた。

実習農場の牧草畑は、1.3haあるが、常温通風乾燥機により乾燥を実施するものは2.5aである。

(5) 本施設に対する筆者の意見

a 乾燥施設の大きさ

1回に乾燥させる牧草量は生牧草で約600kg、面積にして2.5a程度であつたが、1回の乾燥に6日間程度を要するとすれば3回くらいの使用は可能であるが、それ以上の利用は収穫期の関係から不可能であろう。

この規模の施設では7~8a程度しか利用できないことになるので、本校の実習農場用としては小さすぎることはもちろんである。また本道の南部

・中央部における畜産農家の経済的乳牛飼養頭数の限界は5頭程度(牧草畑2ha内外)とされているので、この規模では農家の実用に適さない。

b 空気の入入口

倉庫内の作業の都合で、倉庫の北東隅に設け空気取入口は倉庫の北外側に設けてある。倉庫内の作業機の配置換えなどにより、空気取入口を倉庫の南面とし温暖な空気を取り入れるようにする必要がある。

c 予乾時間

圃場予乾の効果に対する認識が不足で、わずかに3時間の予乾にすぎなかつたが、少なくとも1日間ほどの予乾が必要である。

d 通風法

仕上がり乾牧草1kg当たり電力消費量は0.54KWHであつたが、筆者がIIにおいて実施した場合に比較し2~3倍量に及んでいた。このような結果になつた理由として考えられることは、空気取入口が乾燥施設を収容した建物の北側に位置

し、低温の空気を吸入していたこと、予乾時間の不足の関係もあるが通風法にも関係する。

この学校においては昼夜連続通風していたが、夜間などの温度の高い場合は、醗酵のおそれがない限り通風を中止すべきである。

11. 常温通風乾燥法の普及上 注意すべき事項

1) 湿度からみた北海道における普及可能地域

常温通風乾燥法の成否には各種の条件が関係するが、気象条件が大いに関係する。このなかでも大気の関係湿度が最も大きな要素と考えられるので湿度から常温通風乾燥法の北海道内における普及可能地域を検討することとした。

(1) 検討方法

前述のように大気湿度が85%程度以上になると乾燥はほとんど進行せず、被乾燥物の含水率が30%程度以下(特に20%以下)の場合は湿度80%程度の空気を送ると逆に吸湿の傾向さえ見られ、乾燥期間を通じて吸気湿度が75%以下であることが好ましいことがわかった。

そこで北海道内26カ所の測候所・気象観測所の数値を用いて牧草を乾燥せしめる6月より10月までの5ヵ月間の月別等湿度線図を描き、普及可能の地域を定めた。各観測所の毎日6時・14時・22時の3回観測値の平均をもつて1日の平均湿度とし、日平均湿度から月平均湿度を算出し、この数値により月別に等湿度線図を描いた(第26図参照)。

(2) 月別の湿度分布状況

6月の等湿度線：

湿度80%の地域は函館・森など渡島の東半島部と後志北部・石狩・空知・上川中央部・留萌の南部に見られる。これらの地域は乾燥機の使用にはやや都合が良い。90%の地域は胆振の東部沿岸から日高・十勝・釧路の各沿岸および根室の大部分であつて、乾燥機の使用には不適當である。

7月の等湿度線：

80%の地域は後志の日本海沿岸にわずかに見られる。90%の地域は6月と同様に太平洋沿岸

である。ところが14時の観測値についてみると75%のところは森・伊達・室蘭などの噴火湾の沿岸と石狩・空知・上川であつて、これらの地域は乾燥に好都合である。80%の地域は後志・桧山・渡島の日本海沿岸と留萌・宗谷・網走の沿海部である。

8月の等湿度線：

80%の地域は石狩・空知の一部であり、十勝・釧路の沿海部は90%であり、その他の地域は80~90%になつている。

9月の等湿度線：

80%の地域は石狩・後志・胆振の西部・桧山・渡島など本道の半島部と宗谷北部である。85%の線は日高・十勝の沿岸、釧路・根室の大部分である。

10月の等湿度線：

10月に赤クロバーの乾燥を行なう地帯は少ないが、一応解説すると、75%の地域は渡島東部・胆振の噴火湾側と宗谷北部に見られる。75~80%は石狩・空知・上川中央部・留萌南部である。日高・十勝・根釧などの太平洋沿岸は80%以上になつている。14時の湿度では渡島半島の東部と石狩・空知・上川中央部・留萌南部が60%で最も低い。ついで胆振の北部・後志の中央部が65%になつている。十勝・釧路・根室の太平洋側が70%になつている。

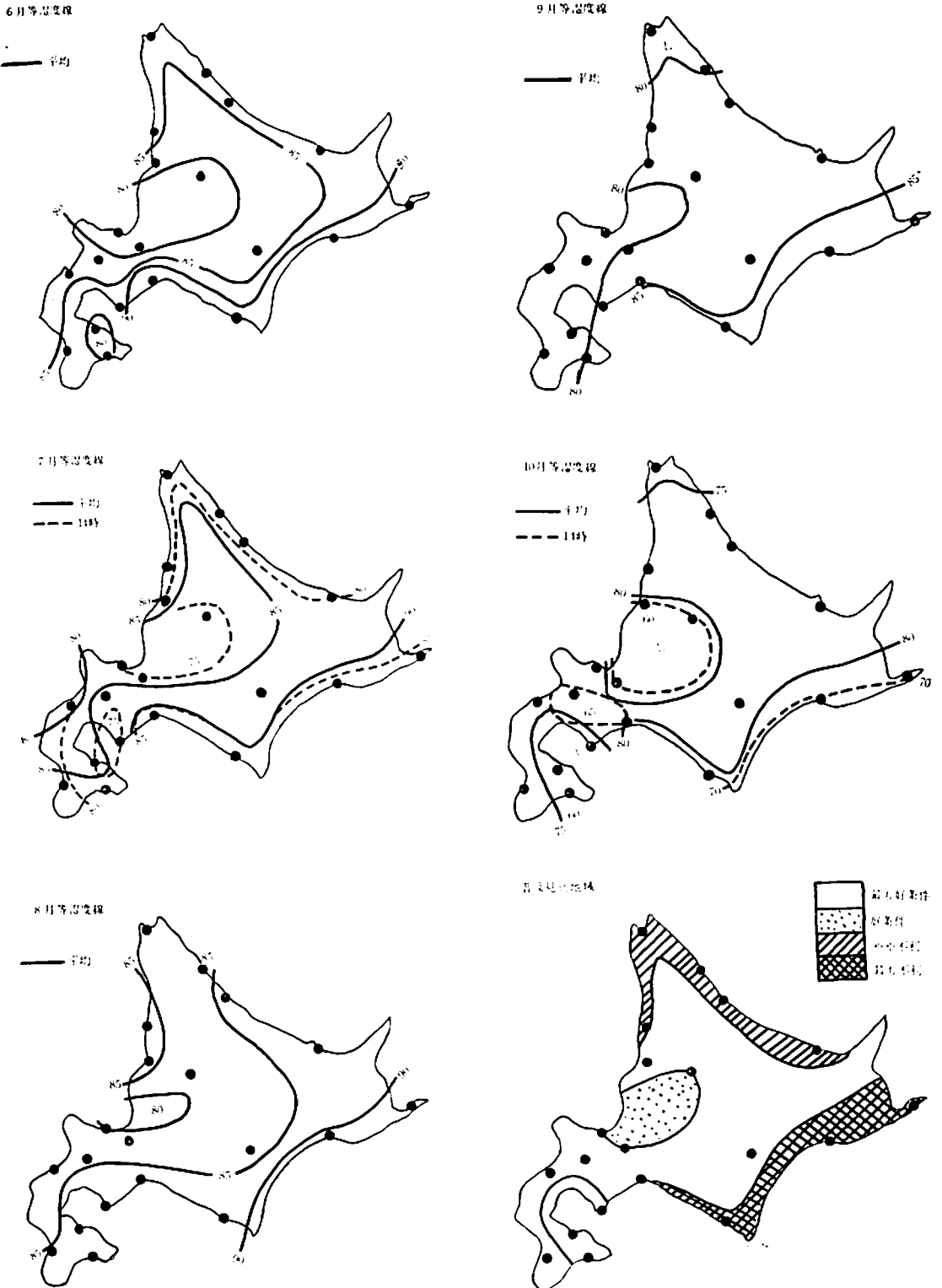
以上は月別にみたのであるが、これを概括すると、全般的に7月が最も多湿であり、8→10月になるにしたがい低湿になる。

(3) 普及可能地域

渡島半島東部から噴火湾沿岸にかけての地域が最も低湿であつて、高温と相まつて最も条件が良い。次は石狩・空知・上川中央部・留萌南部である。留萌・宗谷・網走の沿岸部は特に悪いというほどでもない。特に宗谷北部は秋(9・10月)には低湿である。日高・十勝の沿海部と釧路・根室は条件が悪い。特に根釧は低温と相まつて最も条件の悪い地域である。

(4) 湿度の日変化

月平均の湿度についてのべたが、湿度は日毎の変化が大きいばかりでなく、日変化もかなり大き

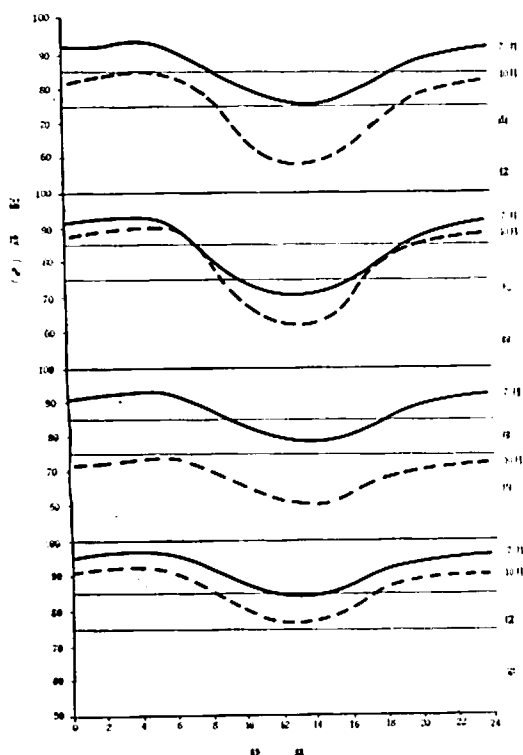


第 26 図 月別等湿度線図と普及可能地域

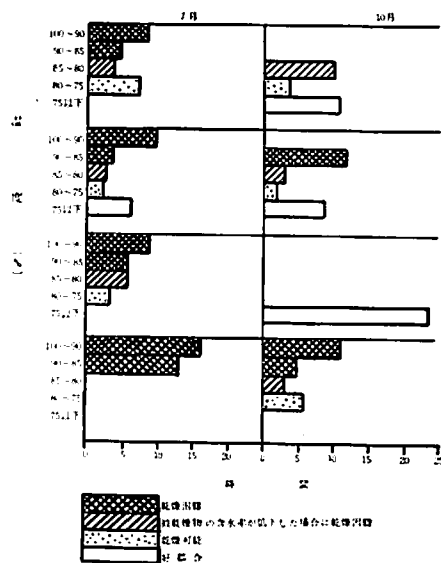
い。その状態の1例を示すと第27図のとおりである。函館や札幌のような暖地では振幅が大きく、稚内、根室では小さい。また根室の7月と10月とを比較するとその差は4～8%の差であつてほとんど差異がないといつてよいほどである。湿度の最低は7月には13～14時に現われ、10月は12～13時に現われている。

第27図から乾燥に適する時間を求めると第28図のようになる。7月の状態をみると、根室は条件が非常に悪く、その他の地では日平均湿度は高くても乾燥に適する時間が数時間（9～15時ころ）ある。10月は稚内が最も好都合であり、最も条件の悪い根室でさえ乾燥可能な時間が数時間ある。函館・札幌は好条件にあるといえる。

このように月平均湿度は高くても、日変化をみると乾燥に適する時間が数時間あるから、その間を利用して乾燥させることも可能である。



第27図 湿度の日変化



第28図 湿度別時間数

2) 設置上の一般的注意

1. 常温通風乾燥施設を設置する場所は、乾牧草の貯蔵や家畜への給与の便などを考慮して、畜舎の2階などに設置することが望ましい。
2. 乾燥施設の大きさは設置場所の広さによつて決まるが、牧草の種類とその量・送風機・原動機その他の事項も考慮する必要がある。
3. 乾燥材料の量が同一の場合は、小さい面積に厚く積み込むよりも、広い面積に薄く積む方が送風機駆動用原動機の馬力が小さくて済み、しかも早く乾燥できるから、乾燥室（容器）はなるべく広くする方が有利である。
4. 堆積材料から出てくる湿った空気が、再び送風機に入つて循環しないように、送風機はできうれば乾燥室外に取り付けることが望ましい。乾燥容器を畜舎2階あるいは納屋内に設ける場合は、畜舎2階・納屋の広さは、乾燥容器床面積の20倍程度以上とし、しかも建物の戸窓を開放する必要がある。あるいはまた、乾燥室と送風機との間はベニヤ板やビニールなどで遮断する方が好都合である。
5. 送風機は建物の北側よりも、南側あるいは西側に取り付ける方がよい。すなわち温暖な空気が吸入されるからである。また乾いた空気を乾

乾燥室に供給するためには、前方に河や池のある所はできるだけ避ける方がよい。

6. 乾燥室に送り込んだ空気は必ず乾燥材料の中を通過するようにする必要がある。そのためには乾燥室の床・送風筒などから空気が洩れないように、目張りなどする必要がある。
7. 大気が湿っている場合、あるいは関係湿度の高い地域では、熱源付き通風乾燥機あるいは火炉付き常温通風乾燥機の設置も考慮する必要がある。

3) 乾燥施設に対する注意

1. 送風機

プロペラ型とシロッコ型の2種あるが、一般にプロペラ型が安価であり好都合である。また風圧型と風量型とがあるが、風圧型は穀類の乾燥に適している。牧草類は穀類に比較し堆積密度が小さく、しかも最初の含水率が高いので大量の空気を送り込む必要がある。したがって牧草類の通風乾燥の場合は風量型送風機を使用すべきである。送風量は材料中に含まれる水分1kg当たり $0.005 \sim 0.019 \text{ m}^3/\text{kg sec}$ 程度がよい。風量水分比を変えるためには送風機の回転数を調節するのが一般的である。

2. 原動機

取り扱いの難易などの点から電動機が最もよい。内燃機関を使用する場合は、水冷式はホッパーからの水蒸気が乾燥室に吸入されるおそれがあるから、空冷式を利用すべきである。

3. 容器 (乾燥室)

スラット床型・送風筒型・Aフレーム型などがあるが、このうちスラット床型が比較的安価に製作でき、堆積材量中の風の分布が比較的均一である。

4. 風路

乾燥施設の都合で風路を長くする場合は、その長さをなるべく短くし、彎曲部は直角風路を避け、彎曲の半径をなるべく大きくすること。

4) 実施上の注意

1. 圃場予乾

- (1) 刈り取り時における牧草の水分含量は大体70

～80%くらいであるが、送風乾燥法による場合でも水分の大部分は圃場で除かれる。納屋に入られるときの最適水分含量は大体40～45%とされているが、この程度の水分含量では、葉は萎れるが碎けて損耗を招くようなことがなく緑色を保っている。手でしばつて汁液が容易に茎からでる程度ならば、この乾牧草は水分が多過ぎるのであるから、さらに天日で乾燥を続ける必要がある。

- (2) 晴天に恵まれれば朝方に刈った牧草は昼過ぎには萎れ始めるから2日目の朝には反転し、午後には収納できる程度になる。

圃場乾燥の促進にはヘーコンディショナーの使用が有効で、刈り取り後、ヘーコンディショナー作業を引き続き行なうような作業計画が望ましい。

- (3) 一般に牧草の刈り取り日は天候、牧草の種類、収量、土地の乾き具合、その他の要因を考慮に決められるが、牧草が圃場で乾燥し過ぎると緑色は失われ葉は碎けて損耗し易く、水分含量が多すぎると送風によつて除かれるべき水分が多くなり、乾燥に要する時間を長引かせるばかりでなく収納量をも減少する。

2. 乾燥機への投入

- (1) 牧草はなるべく平坦になるように投入し、均一の厚さを保つようにする。積み込み時に牧草を踏圧すると、空気の透過を不良にし乾燥効果が低下する。したがって場合によつては醗酵のおそれがある。

- (2) 容器が高くて狭い場合は、堆積材料の上層を空気が通過しうるように垂直通気孔を設ける必要がある。断面積が 0.1 m^2 、長さ1.5m程度の筒状のものを数個作り、材料が満たされるに伴い引き上げる。

- (3) スラット床型の場合、壁に接する茎葉は壁に支えられて堆積密度が小さくなり、また壁が多少なりとも振動するので壁にそつて空間ができ、乾燥が早く進行するから、壁に接する部分は若干高く堆積するか、または密に堆積する必要がある。

- (4) 牧草積み込みの厚さは1～1.5mが普通であ

るが、乾燥後にはさらに積み込んでその厚さを増すこともできる。

3. 送 風

- (1) 収納時の乾牧草含水率が50%以上であれば、収納翌朝からの送風を行なう場合、夜間中に醗酵による発熱を伴う場合が多い。水分含量の高い材料を用いる場合は収納中または直後からの送風が必要である。
- (2) 送風は天候、牧草の状態を考慮して行なうが、大体5～7日は要する。雨天、夜間その他外気湿度のきわめて高い場合の送風は、乾燥効果を減ずるから、発熱の危険がない場合は、かかる気象条件下の送風はさける方が経済的である。
- (3) 送風中は随時乾牧草堆積の温度を点検することが望ましく、これにより発熱徴候の有無を調べることができる。送風は乾牧草堆積中に湿り気の部分がみあたらなくなつた時期に送風機を3～4時間停止し、その後に暖かい個所または発熱の徴候があるか否かを調べながら行なうようにする。もしも温気が堆積乾牧草の上部から上がっている場合は再び送風を開始する。このような点検は温度の上昇が止み、充分乾燥が終わるまで繰り返す必要がある。
- (4) 乾牧草堆積の温度上昇は送風により、これを冷却、上昇を防止しうる効果がある。収納直後にこの危険のある場合は、降雨時でも送風の必要がある。低含水率乾牧草の送風は、外気からの吸湿があるから注意を要する。かかる吸湿現象は、乾牧草堆積から排出された湿つた空気が、収納舎の排気状態が不良なため循環しておこることもある。
- (5) 晴天時の日中湿度は50～60%であるが、この程度の空気では12～15%くらいまで乾燥できるが、雨天時の空気湿度は80%くらいあるからこの程度では18～20%くらいまでしか乾燥できない。20%程度以下の乾牧草に80%以上の空気を送り込むと乾牧草は逆に平衡含水率近くまで吸湿し、いわゆる「戻り」の現象をおこすことがある。

一般的には外気湿度が85%以上になると、乾

燥速度はきわめて遅く、充分その効果を期待できない。

送風期間中を通じて外気湿度は75%以下が好適なようである。

結 論

北海道における赤クロバーおよびルーサン乾牧草調製法は、もつばら天日乾燥法に依存しているが、地域とその年の気象状況によつては、乾牧草調製はきわめて困難であるばかりでなく、飼料価値の少ない乾牧草を生産しているのが現状である。この現況から良質低廉な乾牧草の調製法を1日も早く確立し、その普及をはかる必要がある。以上の必要性からこの研究を行なつた。

研究はまず小型のスラット床型常温通風乾燥機を利用して基礎的実験を行ない、その成績から農家が利用しうる規模の乾燥機を利用した場合の乾燥法に関し、ある程度の結論をうることができた。次に基礎実験の成績、この適用範囲、常温通風乾燥機の利用実態調査、この方法の普及可能地域、乾燥実施上の注意事項、普及による利益、乾牧草の調製法についての要約ならびに所見をのべて、本研究の結論とする。

1. 小型乾燥機利用による基礎実験の要約

(1) 材料の予乾

乾燥に要する通風時間を短縮させ、送風機運転のための電力消費量を少なくするためには、被乾燥材料を予乾させ、その含水率を50%以下できれば40～45%程度まで低下させる必要がある。赤クロバー生牧草の含水率は75～85%程度であり、1日間の圃場予乾により、その含水率を50～60%程度に低下させることができた。ルーサン生牧草の含水率は80%内外であり、1日間の圃場予乾により45～65%に低下させることができた。

(2) 材料の細断

空気との接触面積を増大させる利点はあるが、通風のため電力量は約3.5倍を要した。堆積の下部が固く締まるのでそれをほぐす労力が必要である。したがって、実用的価値は無いものと認められる。

(3) 材料の圧砕

圃場予乾の場合にヘーコンディショナーを使用したものは、圧砕しなかつたものにくらべ同一予乾期間で、その含水率を $\frac{1}{2}$ ～ $\frac{1}{3}$ にまで低下させることができた。また通風のための電力消費量が少なく済んだ。したがってヘーコンディショナーを大いに活用すべきである。

(4) 通風量

通風量が多い場合は乾燥速度が大きい、その差は僅少であり、通風のための電力消費量は急激に増加した。したがって通風量は可能な限り少なくすべきであり、その限度は風量水分比から決定すべきである。適当な風量水分比は、 $0.005 \sim 0.019 \text{ m}^3/\text{kg sec}$ 程度と考えられる。

(5) 材料の堆積量

堆積量が多い場合ほど仕上がり乾牧草単位量当たりの電力消費量は減少した。多量に堆積する方が有利であるが、その限度は通風量の決定と同様に、風量水分比から決定すべきである。

(6) 堆積材料中の空気の流れ

乾燥容器を備えた場合、材料中の静圧は堆積部位（平面的にみて）によりかなりの変動があつた。このことから空気流通の状態に相当の変異のあることを知り、材料堆積の場合の注意を 8. にのべた。

(7) 乾燥費

乾燥容器を備えた小型常温通風乾燥機の場合、乾燥機の減価償却費とその金利は乾燥費の45～60%に及んだ。1回の処理量、年間の使用回数を増すことにより、減価償却費を低下させることができる。送風機運転のための電力料は17～37%を占めていた。

(8) 送風機の運転

吸気の関係湿度が85%程度以上の場合、乾燥の進行が緩慢であり、材料の含水率が20%程度以下の場合には逆に吸湿する。関係湿度は57%程度以下が好適である。送風機は外気の湿度によりその運転を断続すべきである。ただし材料が発熱醗酵のおそれある場合は湿度に関係なく送風を行なうべきである。乾燥の進行状況によりその回転数（したがって風量）を調節すべきである。

(9) 仕上がり乾牧草の品質

天日乾燥法により調製した乾牧草に比較し、葉部損失が少なく、飼料価値が高く、家畜の嗜好に適していた。

2. 基礎実験成績の適用範囲

小型乾燥機利用による基礎実験成績が大規模の乾燥の場合においてもそのまま適用しうる事項は次のとおりである。

(1) 圃場予乾の必要性和その程度

(2) 材料の細断（前述の理由により実用的効果は無いものと思われる）

(3) ヘーコンディショナーによる材料圧砕の効果

(4) 大気の関係湿度に関する事項（したがって送風機の運転、普及可能地域）

(5) 送風機の運転（したがって吸気の関係湿度、堆積材料の発熱醗酵との関連）

(6) 仕上がり乾牧草の品質と家畜の嗜好性

大規模の乾燥の場合、基礎実験成績の一部がそのまま適用できるか、あるいはその成績から推定することにより適用しうる事項は次のとおりである。

(1) 通風量、堆積量については、材料の堆積高さ1 m内外であるならばそのまま、それ以上の堆積高さの場合は風量水分比を考慮することにより適用しうる。（風量水分比は $0.005 \sim 0.019 \text{ m}^3/\text{kg sec}$ 程度）

(2) 堆積牧草中の空気の流れは小型のものに比較し、相違あるものと推察される。ただ乾燥器あるいは建物の内壁、板、柱などに接する部分は空気の流通が良好なはずである。また堆積作業の都合で堆積密度が高くなつた部分は空気の流通が悪くなるため材料の発熱醗酵が起る。

(3) 乾燥経費は大量乾燥を行なうほど仕上がり乾牧草単位当たりの経費が安価になるのは当然である。大量になるほど固定費が割安になるはずであるが、その程度は乾燥施設の構造、工作の程度などにより一概にはいえない。

要するに基礎実験成績の大部分が実地に応用しうるものであつて、有効適切な基礎実験を行ない得たものと信ずる。

3. 常温通風乾燥機の利用実態調査

良質の乾牧草を調製しているが、施設、乾燥操作には改善すべき点が多々あり、この点については10.に指摘した。

4. 本法の普及可能地域

北海道内各地における大気の関係湿度の分布からみて渡島半島東部から、噴火湾沿岸にかけての地域が最も好条件にある。次は石狩・空知・上川中央部・留萌南部である。留萌・宗谷・網走の沿岸部は特に悪いほどではない。日高・十勝の沿岸部と釧路・根室は条件が悪い。関係湿度は日ごとの変化が大きばかりでなく、日変化もかなり大きい。日平均湿度が相当高くても乾燥に適する時間が数時間(9~15時)あるから、その間を利用して乾燥させることが可能である。

5. 本法実施上の技術的注意

11.に設置上の一般的注意、送風機、乾燥施設に対する注意、実施上の注意についてのべた。

6. 本法普及による利益

今回の実験ならびに調査の結果特殊な地方を除いて、家畜の嗜好に適する良質の乾牧草が得られることがわかった。現在の地上乾燥法をそのまま放置することは、少なくとも3,000~4,000 haの牧草畑を放棄するに等しいことは前にのべた。最近は三角架乾燥法が普及しはじめて、地上乾燥法にくらべ良質の乾牧草を調製しうるが、常温通風乾燥法にくらべ、品質の劣ることは前述のとおりである。したがって常温通風乾燥法は今後、大いに普及奨励すべきものと考ええる。普及奨励にあたっては、乾牧草品質の優秀性、経済性を強調するのは当然であるが、無形の利点も強調すべきである。すなわち、本法を採用することにより人夫を使用することに伴う各種の問題が解消され、しかもほかの農作業も計画どおり順調に進行し農家に安心感を与えるものである。あるいは重労働より解放されて、余剰時間の利用による講習、講話会への出席、研究会の開促などによる新知識の吸収、営農技術の向上など無形の利益がかなりある。

7. 乾牧草の調製法

実験調査の結果からみて理想的乾牧草の調製法

は次のようになる。晴天を見はからい早期から刈り取りを開始し、直ちにヘーコンディショナーにより茎葉を圧碎し(30分以内に)そのまま圃場にて予乾を行ない、午後にヘーテッダーにより反転を行ない、夕方にヘーベラーをもつてルーズベールに仕上げ直ちに通風を開始する。この場合の乾燥施設としては、スラット床型常温通風乾燥機を使用すれば、堆積されたルーズベールの下方から全面的に風が吹き上げられるから、牧草が均等に乾燥されて好都合であろう。

現在の乾牧草調製作業をみると、個々の農家の貧弱な農機具と拙劣な使用、未熟な技術により品質劣悪な乾牧草を調製している。

今後は協業組織あるいは更に進んで協業経営などにより優秀な大農機具の利用と新技術の採用により、牧草の刈り取りより乾燥収納に至る一連の機械化作業体系を確立させる必要がある。

乾牧草調製作業の機械化はただだんに乾燥操作のみの機械化に止まるべきものでなく、刈り取りより運搬、乾燥、収納に至る一連の機械化が進展されて、はじめて乾牧草調製の機械化が完成されたといえる。

この一連作業のわずか一部作業の疎漏によつても優良な乾牧草を期待することはできない。高蛋白質飼料としてのマメ科牧草の作付面積が増加の傾向にあるのに鑑み、有畜農家が栄養価値大なるマメ科牧草の常温通風乾燥に対する認識を高め、合理的乾燥法の普及とその実施によつて良質の乾牧草を低廉に生産することが可能となり、良好牧草の給与による搾乳量の増加をはかり、もつて本道畜産振興に寄与されんことを願うものである。

引用文献

- 1) 厚海忠夫, 1959: スイスの農業, 北海道農務部農業改良課.
- 2) 中馬豊, 大迫貞雄, 1960: 牧草乾燥に関する基礎実験—送風静圧を左右する牧草の装入状態について, 農機学会九州支部誌, 10. 農機学会九州支部.
- 3) CLYDE, A. W. 1946: Distribution of Air in Long Hay. Agr. Eng., 27, 159-162. A. S. A. E.
- 4) DAVIS, R. B. JR and BAKER, V. H. 1951: The Resistance of Long and Chopped Hay to Air Flow.

- Agr. Eng., 32, 92-94, A. S. A. E.
- 5) DEXTER, S. T. 1947: Equilibrium Moisture of Alfalfa Hay. Agr. Eng., 28, A. S. A. E.
 - 6) 藤井甚作, 米内山昭和, 西沢憲次, 山本利策, 斎藤辰雄, 1959: ヘイコンデিশヨナー処理による乾草調製上の効果, 畜産の研究, 13, 1251-1252, 養賢堂.
 - 7) GRAY, R. B. 1948: Equipment for Making Hay. The Yearbook of Agriculture (Grass), 168-172, U. S. D. A.
 - 8) HENDRIX, A. T. 1945: Resistance of Hay to Air Flow. Agr. Eng., 26, 369-371, A. S. A. E.
 - 9) HODGSON, R. E., DAVIS, R. E., HOSTERMAN, W. H. and HENTON, T. E. 1948: Principles of Making Hay. The yearbook of Agriculture (Grass), 161-167, U. S. D. A.
 - 10) 北海道農業試験場畜産部, 北海道立農業試験場農機具試験室, 1960: 牧草送風乾燥に関する試験成績.
 - 11) 北海道農務部農業改良課, 1959: 飼料計算のテキスト, 同課.
 - 12) 北海道立農業試験場農機具試験室, 1953: 種子玉蜀黍の乾燥, 同室.
 - 13) 池内義則, 松見高俊, 1959: 通風乾燥に於ける静圧の測定装置について, 農機学会北海道支部報, 6, 69-72, 農機学会北海道支部.
 - 14) ———, ———, 1960: 風路系牧草常温通風乾燥機に関する実験並びに調査研究, 未発表.
 - 15) 伊藤安, 1952: 送風乾草調製法, 改良普及員資料, 1, 1-2, 北海道農務部農業改良課.
 - 16) 狩野三郎, 1947: 実用機械工学便覧, 共立出版社.
 - 17) 桐栄良三, 1948: 干鰯乾燥機の設計法, 農機学会誌, 10, 113-125, 農機学会.
 - 18) 桑山寛, 1956: 北海道農業事典, 檢書房.
 - 19) 南川利雄, 1950: 農産製造機械, 産業図書.
 - 20) 三股正年, 高野信雄, 宮下昭光, 渡会弘, 1956: 乾草調製技術の改善に関する研究—北海道において生産された乾草品質査定, 第2報, 北農研究抄報, 3, 75-76, 北農会.
 - 21) 村上馨, 金子幸司, 1956: 牧草の送風乾燥について, 農業電化期報, 昭和31年度上期号, 5-11, 北海道農業電化協会.
 - 22) 中島昌行, 1955: 躍進するヘイメイキング—注目すべきヘイコンデিশヨナーの威力, デーリイマン, 5, 10-11, デーリイマン社.
 - 23) 農業機械学会, 1957: 農業機械ハンドブック, コロナ社.
 - 24) 農林省振興局農産課農機具検査室, 1960: 通風乾燥機のあらましと検査成績の見かた, 機械化農業, 2497, 新農林社.
 - 25) ———, 1960: 通風乾燥機用送風機検査合格機・性能曲線について, 日本農業機械化協会.
 - 26) 小川久門, 1957: 内燃機関の理論と自動車の償却, 技報堂.
 - 27) 佐賀県立農業試験場, 1956: 常温通風乾燥機による乾燥試験, 昭和27年度業務行程, 51-52, 同場.
 - 28) 斎藤道雄, 1944: 飼料学 (上巻), 朝倉書店.
 - 29) 札幌管区気象台, 1949: 北海道気候表, 北海道産業気象協会.
 - 30) ———, 1958: 北海道の気候, 北海道産業気象協会.
 - 31) SHEDD, C. K. 1946: Resistance of Hay to Air Flow and its Resistance to Design of Barn Haycuring Equipment. Agr. Eng., 27, 169-170, A. S. A. E.
 - 32) 庄司謙次郎, 1948: 新飼料の知識, 産業図書.
 - 33) 高橋俊行, 1956: 赤クロバターの常温通風乾燥に関する研究 (予報), 農機学会北海道支部報, 3, 67-69, 農機学会北海道支部.
 - 34) ———, 1959: ——— (第2,3報) ———, 6, 29-33, 66-68, ———.
 - 35) ———, 藤田昭三, 有我文子, 1957: 赤クロバターの常温通風乾燥に関する研究—乾燥操作について, 北海道立農試集報, 1, 86-92, 北海道立農業試験場.
 - 36) 高野定郎, 1960: 牧草の乾燥調製, 農家の友, XII, 7, 19-24, 北海道農業改良普及協会.
 - 37) 高杉成道, 1958: 酪農経営と飼料作物.
 - 38) TURNER, C. N. 1945: New Development in Hay Harvesting and Curing. Agr. Eng., 26, 501-503, A. S. A. E.
 - 39) ——— and JOHNSON, 1948: Machines for the Farm, Ranch and Plantation. Mc Graw-Hill Book Co.
 - 40) 内丸最一郎, 1952: 送風機及び圧縮機, 九善出版K-K.
 - 41) 海塩義男, 1949: 家畜飼養, 共立出版.
 - 42) ——— 他, 1954: 送風乾燥による乾草について, 農技研報告, G 5, 95-110, 農業技術研究所.
 - 43) 和達清夫, 1958: 日本の気候, 東京堂.
 - 44) 鷲足文男, 1953: 飼料の常温通風乾燥に関する試験, 斎藤報恩館報, 28, 斎藤報恩館.
 - 45) 渡辺鉄四郎, 1952: 農産物及び飼料の大量乾燥, 農業機械化中央講習会資料, 4, 関東東山農業試験場.
 - 46) ———, 1956: 乾燥機, 農業機械化中央講習会資料, 1, 関東東山農業試験場.
 - 47) ———, 1960: 通風乾燥機の使用法, 日本農業機械化協会.
 - 48) ———, 小川浄寿, 福田正光, 吉永昭, 伴敏三, 1954: 常温通風乾燥法に関する研究, 関東東山農試研究報告, 4, 38-117, 関東東山農業試験場.
 - 49) ———, 清水浩, 1951: 初の人干乾燥について, 農機学会誌, 12, 11-20, 農機学会.

- 50) 横山偉和夫, 土居原一三, 高野信男, 北村方男, 1959:
ヘーコンディショナーによる牧草の乾燥促進効果に
関する試験, 農機学会北海道支部報, 6, 59-65, 農
機学会北海道支部。

Summary

EXPERIMENTS AND INVESTIGATIONS ON THE FORCED UNHEATED AIR VENTILATION FOR DRYING LEGUME HAY (RED CLOVER AND LUCERN)

Toshiyuki TAKAHASHI

Legume hay (red clover and lucern) is usually made by field curing in Hokkaido, Japan. However, it is not only difficult to cure the hay in the field, but also to produce a nutritious hay in the unfavourable regions and years in Hokkaido. For this reason, artificial hay drying is one of the most important problems in Hokkaido. It is necessary to find out a cheaper way of hay drying, to expect increased use of artificial hay drying. The present paper summarizes the results of experiments and investigations on the use of unheated forced air ventilation dryers, and describes fundamental drying tests and gives several data for practical and more wide spread use obtained from the investigations.

A. Results of the fundamental tests

1. Field wilting A field wilting previous to artificial drying is effective in saving time and expenses in drying. It is effective in reducing the moisture content from 75-85% in fresh red clover to 40-50%. According to the tests, clover moisture content was reduced to 50-60% by field wilting of one day. In regard to lucern, the moisture was reduced from about 80% to 45-65%.

2. Chopping Though chopped hay has some advantages in that the area of contact with air is greater than with long hay, it took a large amount of electric power to drive a blower as much as 3.5 times more than for the long hay. And also it had another disadvantage that it required a lot of labour for the mixing of materials. Therefore, chopping the grass was not effective from a practical standpoint.

3. Crushing Crushing with a hay conditioner promoted faster curing of the grass. The moisture content of grass treated with the hay conditioner was from $\frac{1}{2}$ to $\frac{1}{4}$ of that of untreated grass in the same drying period. For that reason, the hay conditioner was one of the desirable machines for pre-drying of grass.

4. Quantity of forced air Quantity of forced air should be as small as possible; however, it is determined by a rate of air movement. According to the tests, the most favourable rate of air movement was 0.005-0.019 m³/sec. per 1 kg of water content of grass.

5. Amount of Packing materials The larger the amount of packing material, the smaller the electric power per unit weight of hay became. Though it was effective to pack large amounts of grass, its limit was determined by the rate of air movement.

6. Air flow in the packed grass The rate of the air flow in the packed grass was assumed from the static pressure. Variation in air flow at various positions in the bin was evident. Several important problems were described in the body. One of them was the fact that grass should be packed more compactly near the bin wall in other positions.

7. Expense of hay drying The cost of depreciation and interest of the installation was 45-60% of the operating cost. This fact shows that a large amount of hay should be dried at a time, and the dryer should be used many times in a year, for the reduction of depreciation cost per unit

hay.

8. Operation of the blower It is impossible to obtain good results in drying grass when the relative humidity is 80% or more. Drying should be done when the relative humidity is below 75%. Therefore, the blower must be driven or stopped, according to the ambient atmospheric air humidity. And also, the quantity of air must be controlled according to the condition of the drying process. However, when the material seems to be undergoing fermentation, the blower must be continued regardless of the air humidity.

9. Quality of artificially dried hay The artificially dried hay maintained green color, and the loss of leaves was small. Not only was the nutritive content such as protein and fat, high; but also such hay suited the animal's taste more than field-cured hay.

B. Application of the fundamental data to practical use

Most data obtained from the fundamental tests could apply to practical utilization. The above mentioned items -1, 2, 3, 8 and 9- could be applied directly. Determination of the air quantity blown out from the blower, amount of packed material, air flow in the packed material and the expense of installation can be presumed from the data of the fundamental tests.

C. Actual using condition of the dryers

Two slatted type drying installations which have been installed at the MACHIMURA Farm and at the Kutchan Agricultural School were examined for understanding of the practical operation of hay dryers. The construction of the installation, the velocity and quantity of the forced air, and the quality of the dried hay, etc., were investigated for these hay-dryers. It was found that the hay produced by the dryers was of high quality compared with field-cured hay. However there were several points which should be improved for these driers. Though the air inlet was located in the north walls of the barns, it was desirable to set it on the south or west side of the barn, in order to taking in warmer air. In these farms, the blowers were operated all day long; however they should be operated according to the relative humidity of the air. There was a tendency to spend too much money for construction items which are not very important. This expense should be cut down and made as cheap as possible.

D. Suitable regions for dryers in Hokkaido

The suitable regions for forced air ventilation dryers in Hokkaido were determined from data published by the meteorological station. The most suitable regions were the eastern part of Oshima and the coast side of Funkawan as judged by the patterns of relative humidity of atmospheric air in those regions. Ishikari, Sorachi, the center of Kamikawa and the southern part of Rumoe were second most suitable regions. The third regions were the coasts of Rumoe, Soya and Abashiri. The coasts of Hidaka and Tokachi, Kushiro and Nemuro belong to the most unfavourable regions. The relative humidity of atmospheric air varies violently every day. Though the average humidity of air was relatively high, it was possible to use the dryer, because these were several hours each day (from 9 a.m. to 3 p.m.) suited to artificial drying.

E. Precautions for drying

Several points must be considered in using hay dryers, as stated in the body such as selection of the blower, locations of the equipment, and various important factors of operations.

F. Advantages of the unheated forced air dryer

It was evident that a good quality red clover and lucern hay could be produced by the unheated forced air ventilation dryer, except in special unfavourable regions in Hokkaido. Field curing has resulted in reduction of not only the nutritious matter, but also the yields. This reduction is equivalent to about 3,000-4,000 ha of red clover in Hokkaido. Therefore, this method is valuable enough to popularize and to promote. The farmers may receive both economical and invisible advantages by the introduction of the dryer, i. e., yield of good quality and low price hay, more even distribution of field work, labour and time saving, and effective utilization of time saved for absorbing new knowledge and its application to farm management.

G. Method of hay-making

The ideal method of hay-making in Hokkaido may be summarized as follows:

- a. Cut the grass by a hay mower in the early morning.
- b. Condition the cut grass as soon as possible (within 30 minutes) by a hay conditioner.
- c. Ted the hay in the after-noon.
- d. Bale loosely in the evening.
- e. And then, dry the hay with the unheated forced air ventilation dryer.

The slatted floor type dryer is most suitable for drying loosely baled hay, since the hay is ventilated under the whole floor. At the present time, farmers are making hay with poor machines and technics, and have been producing low quality hay. Hereafter it is necessary to make much progress in hay-making by the utilization of effective machines and the introduction of excellent technics.