

赤クロバーの常温通風乾燥に関する研究

— 乾燥操作について —

高橋 俊行[†] 藤田 昭三[†] 有我 文子[†]

I 緒 言

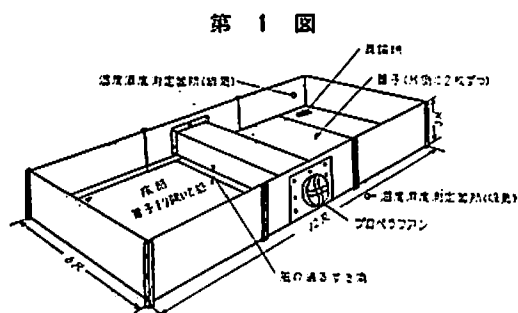
穀物や飼料等の農産物を乾燥させる方法には、加熱または常温空気を送る方法・輻射熱で直接物体を加熱させ水分を蒸発させる方法などがある。いずれも物体表面の蒸気圧と空気中のそれとの差によつて水分を蒸発させ、その水分を空気によつて運び去るのである。方法を異にするにしたがい仕上り品の品質・設備費・運転経費が異なる。農家が実施する場合、いかに良質の乾草を得る方法とはいえ、設備や運転費が多額を要する方法は利用できない。その意味から太陽の輻射熱と自然の風を利用する天日乾燥がもつとも経済的ともいえる。しかし天候はいつも乾燥に好都合とは限らずまた天日乾燥による損失も少なくない、さりとて熱風乾燥も含水率の高い飼料のようなものを15~16%の水分（長期の貯蔵に耐え得る限度）にまで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が常温通風乾燥法である^{1,2,3,4}。

この乾燥法はもともと飼料や穀物の貯蔵用に利用するもので、貯蔵中の発熱によつて起きる種々の障害を除くために空気を流通させると、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るようになる。ただ常温空気のため乾燥速度がおそく、大量を短時間に処理するためには大面積または大容量の施設が必要である。

この方法はアメリカなどでは相当普及しているようであるが、日本ではあまり知られていない。最近是有畜農業が盛んにさげばれて乳牛の導入などは熱心に行われているが、その基礎となる飼料についてはほとんど無関心である。そこで良質低廉な乾草（赤クロバー）を得る方法の一助として常温通風乾燥に関する試験を昭和28年以來実施して来た。

II 試験方法

関東東山農試式乾燥機を使用した（第1図参照）送風機は直径60cmのプロペラファンを使用し、中央に風路を設け赤クロバーは左右に分けて入れる。空気は風路から「すのこ」の下部に入り「すのこ」の隙間をとお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。壁の板は隙間ができないようにつぎ合せ外部から目張りをして、壁と床との隙間には粘土をつめて空気の洩れるのを防いだ^{1,3,4}。



第1表 製作に要した材料及び費用

品名	寸法	数量	価格
5分板	18寸×12尺	14	2,844円
〃	1尺×12尺	2	516
クルキ	2寸角	2	400
〃	1.5寸角	3	469
ボルト	3分	60	540
〃	4分	8	88
ワッシャー		72	144
平鋼板その他		32.2kg	2,604
真鍮網			4,800
ボールベアリング		2	1,600
プロペラファン		1	6,500
小計			20,505
工賃	1日 300円	6	1,800
合計			22,305

乾燥機製作に要した費用は第1表のように2万2千円程度であつたが（電動機を含めると4万円

[†] 農機具試験室

内外)手持ちの電動機を利用すればほとんど木製であるから農家自身で製作できるので、工賃と木材費をある程度省けるから2万円程度でできるであろう。

赤クロバーを刈取後1日間圃場で天日乾燥を行なった後(その日の天候によつて異なるが含水率80%内外の生草が50%内外の含水率になる)²⁾ エンシレージカッターで3~4cmの長さで切断してから乾燥機に入れ直ちに送風を開始した。材料を細断したのは空気との接触面を大きくしようとしたからであるが、細断せずに試験したこともあった(結果はあまり良好ではなかつたが)。送風は最初二年目は昼夜連続行つたが、その成績により空気の関係湿度が85~90%以上になると送風を継続しても電力を消費するばかりで乾燥はほとんど進まないことを知つたので、2年目以降は夜間や降雨などの天候により空気の湿度の高い場合は通風を中止した。

通風乾燥法と比較のため天日乾燥区を設けた、刈取後の圃場において、農家が行うと同じように

1~2回反転させ含水率20%程度まで乾燥させた。

乾燥操作中に次の項目につき調査測定を行なつた。

1. 含水率: 含水率の変状状況を見るため、生草・送風開始時・その後は毎日2~3回、送風終了時に測定した。天日乾燥による材料についても同様に測定した。
2. 温湿度: 日記温湿度計により吸気(送風機の前方)及び排気(赤クロバーの上方)の温度ならびに湿度を測定した。
3. 送風量: 送風機前面においてピトー管及びマノメーターにより風速を測定し、風速から送風量を推定した。
4. 消費電力: プロペラファンは3相1馬力の電動機で運転したが、その消費電力を積算電力計により求めた。

III 試験成績

1. 28RC1 (28年6月19日~7月1日) 刈取

第2表 28RC1の試験成績

測月	日	定時	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	日照時数		雲量
6.	27.	19	82.70	21.0	21.0	95.0	96.5	16.9	83	3.8	—	5.4	10	◎
		28.	10	79.60	17.0	17.0	81.0	94.5	17.9	71	0.8	—	14.2	0
	19		74.10	16.0	16.2	85.0	94.0							
		29.	10	59.16	17.0	16.0	93.0	93.0	15.8	77	1.3	—	12.8	0
	19		51.50	16.0	15.0	96.5	94.0							
		30.	10	45.68	16.5	18.0	90.0	92.0	16.9	94	1.2	2.4	8.0	10
	19		39.41	16.8	18.0	72.5	86.0							
		7.	1.	10	33.03	16.7	17.3	90.0	85.0	17.8	89	0.4	1.2	0.0
	19		32.20	16.5	17.5	91.0	85.0							

気象状況は10時間観測の数値(以下の各表とも)

平均温度16.5°C, 平均湿度87.7%, 水分と風量の比0.0051m/kg·sec

直後3~4cmに切断して直ちに乾燥機に入れ通風を実施した。当初は乾燥の進行が緩慢のように見受けられたが、34時間後は比較的促進されたように見受けられた。乾燥が進むにつれて堆積の下部は固く締まり空気の流通が悪くなつたので、通風開始後15時間の時に部分的にクロバーを反転し63及び86時間目に完全に反転を行なつたので、むれることなくほぼ均一に乾燥が行われた。この場合気が付いたことは、a. 中央風路の左側が速く乾

燥する(送風機が右回りのため左側に多量に送風される)したがつて左側には少々多く投入する必要がある。b. 葉に接する部分は空気の流通が良く速く乾燥する。したがつて投入する場合は中央部を低く周囲を高く堆積するか、あるいは周囲は密に投入する必要がある。

天日乾燥区では、毎朝ひろげ正午頃反転し、夕方に堆積し吸湿を防ぐようにした。しかし乾燥終了予定時に突然の降雨のため試料を採集し得な

つた。

2. 28R C2 (28年9月15日~19日)刈取後1日天日乾燥して3~4cmに切断し通風を実施した。前回の試験結果により夜間の通風を中止して

みた関係から、毎日正午頃部分的に反転を行なつた天日乾燥区は、6~7時間程度までは急激に乾燥し、その後は徐々に乾燥が進行するように見受けられた。

第3表 28R C2の試験成績

測月	日	定時	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	曇量	天気
9.	15.	10						16.3	61	—	—	10.3	0	○
	16.	14	44.4	18.5	15.5	77.0	91.5	16.2	58	0.6	—	8.3	1	○
		16	32.2	16.0	14.0	70.0	86.0							
	17.	11	30.6	19.6	18.0	60.0	75.3	19.2	72	3.4	—	8.3	5	①
		14	31.1	—	17.0	71.0	64.5							
	18.	8	29.4	19.5	18.5	80.0	75.0	19.5	77	—	—	5.6	—	◎
		16	25.1	21.8	19.5	66.0	67.0							
	19.	8	21.5	16.5	15.0	78.5	69.0	15.9	68	—	—	9.2	5	①
		12	20.4	19.5	16.6	57.6	55.5							

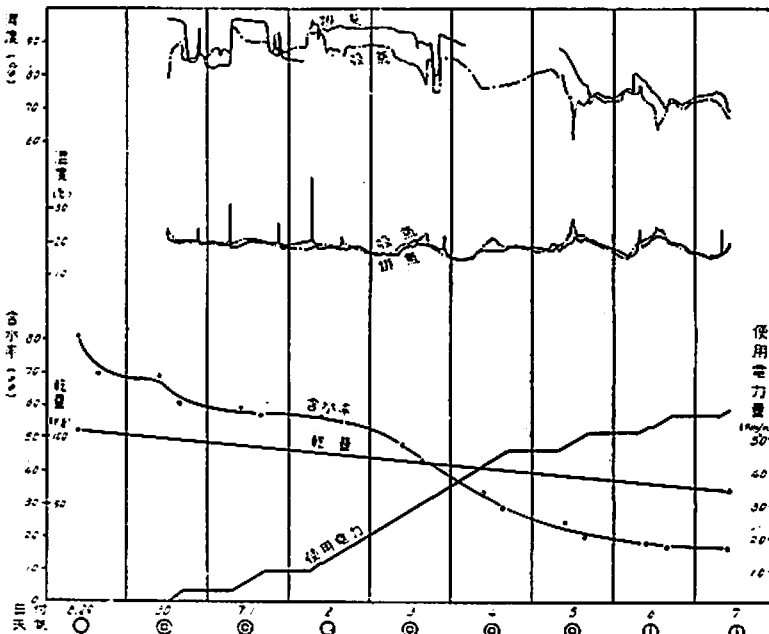
平均温度18.6°C, 平均湿度68.7%, 水分と風量の比0.0276m³/kg·sec

なお28R C1及び2の場合ともに乾燥機を設置した部屋が狭かつたためか(部屋一収納舎の戸、窓を開放しておいたのではあるが)、乾燥機を通過した湿つた空気が再び乾燥機に循環しているように見受けられた。相当広大な部屋あるいは吹抜小屋に設置することが望ましいものと考えられる。

後24時間圃場において乾燥し、その後直ちに3~4cmに切断し送風を開始した。前半は降水量多く湿つた天気が続いたので材料は少々むれた。後半は湿度が低かつたので5日目頃から急激に含水率が減少したが、前半が多湿であつたため長期間を要したが仕上り製品は比較的良好であつた。

3. 29R C1 (29年6月29日~7月7日)刈取

第2図



第 4 表 29 R C 1 の試験成績

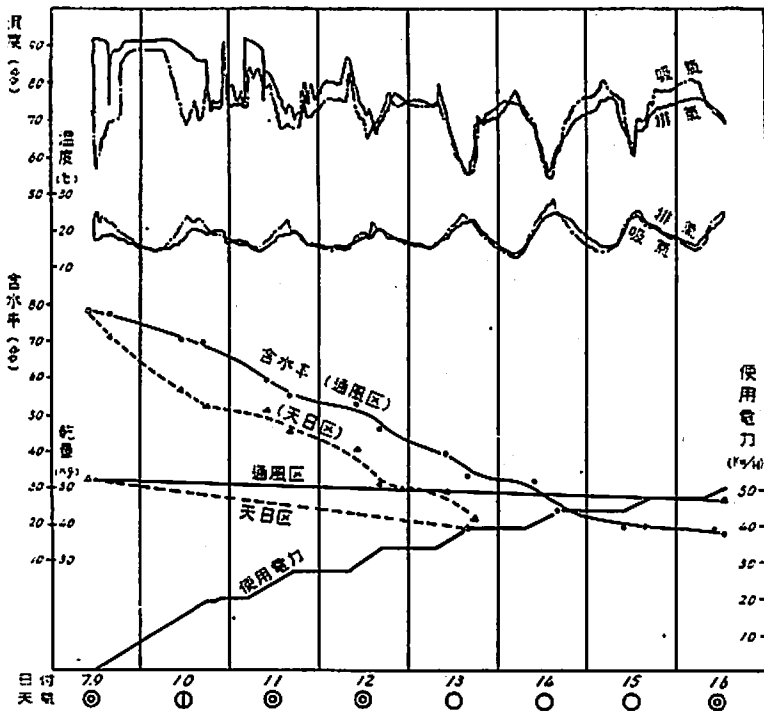
潤月	日	定時	含水率 %	温度 °C		湿度 %		気象状況					雲量	天気
				吸気	排気	吸気	排気	気温 °C	湿度 %	風速 m/sec	降水量 mm	日照時数		
6.	29.	10						24.8	57	0.0	—	12.9	1	○
	30.	10	69.0					23.1	61	3.0	15.0	1.8	10	◎
		16	64.5	20.0	20.0	90	96							
7.	1.	10	63.5	20.5	18.5	92	97	18.0	89	0.0	5.8	0.0	10	◎
		16	57.0	20.5	20.0	90	96							
	2.	10	56.5	19.0	18.0	93	94	16.2	98	0.4	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	24.5	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	⊙
		16	17.0	20.0	21.0	70	70							
	7.	10	16.0	20.0	20.0	67	70	18.4	65	0.8	—	9.7	7	⊙

平均温度18.5°C, 平均湿度80.2%, 水分と風量の比0.006m³/kg·sec

4. 29RL1(29年7月9日~16日)従来と方法を変えて刈取後に切断せず直ちに通風を開始した。晴天続きで乾燥には好都合であったが、切断しなかつたためか乾燥期間は延長された。しかし全般

的にみて乾燥は円滑に進行し良好な製品を得ることができた。天日乾燥区も順調に乾燥が行われ5日目には終了した。

第 3 図



第5表 29RL1の試験成績

潤月	日	定時	含水率 %	温度℃		湿度%		気象状況					天気	
				吸気	排気	吸気	排気	気温 ℃	湿度 %	風速 m/sec	降水量 mm	日照 時数		雲量
7.	9.	10	78.0					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	24.8	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	74							
	12.	10	54.0	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	34.0	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	18.0	21.2	21.5	74	74	21.4	59	1.0	—	5.9	10	◎

平均温度18.4℃, 平均湿度74.9%, 水分と風量の比0.0102m³/kg·sec

第6表 30RC1の試験成績

潤月	日	定時	含水率 %	温度℃		湿度%		気象状況					天気	
				吸気	排気	吸気	排気	気温 ℃	湿度 %	風速 m/sec	降水量 mm	日照 時数		雲量
6.	30.	10						21.2	70	2.6	—	8.5	7	①
7.	1.	15	54.9	26.0	26.0	72	90	21.0	68	1.1	0.3	10.3	7	①
	2.	8	51.4	—	22.3	85	93	22.5	64	1.0	27.0	12.9	1	○
		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	—	—	9.8	8	◎
		16	16.4	29.0	26.5	56	—							
	5.	8	16.8	20.0	24.0	65	71	19.8	65	1.0	—	11.7	5	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	2	○
		12	12.0	23.0	27.0	54	65							

平均温度21.0℃, 平均湿度68.6%, 水分と風量の比0.0158m³/kg·sec

5. 30RC1 (30年6月30日～7月6日) 1日
天日乾燥後3～4cmに切断し通風を行なつた。
天日乾燥区は当初は順調に乾燥されたが途中で降
雨のため品質をはなだ低下させた, しかしその
後は順調に乾燥が行われた。

6. 30RC2 (30年7月6日～16日) 刈取後24
時間圃場で乾燥し3～4cmに切断して通風を行
なつた, 当初は順調に乾燥したが, 3日目頃からは
乾燥が緩慢となり, 後半は多湿のため乾燥はほと
んど進行しなかつたため非常に長期間を要した。

天日乾燥区は度々の降雨のため乾燥させることが
できず途中で中止せざるを得なかつた。

7. 総合

上述の成績を総括すると第8表のとおりであ
る。28RC1は生草を直ちに乾燥させたこと。吸
気温度が高かつたこと。排気が循環して再び送
風機に吸入されたように見受けられたなどの理由
で成績はあまり良くなかつた。28RC2は1日間
天日乾燥させて含水率を下げたこと。乾燥期間の
温度が低かつたことなどから, 排気が循環してい

第7表 30RC2の試験成績

潤月	日	定時	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		日照 時数	
7.	6.	10						20.5	67	1.9	—	12.7	2	○
	7.	15	53.7	26.5	21.5	64	84	19.7	68	2.9	—	11.8	7	⊙
	8.	8	52.7	—	19.0	84	86	18.8	74	0.0	—	4.0	8	⊙
		16	50.7	22.5	21.0	70	82							
	9.	8	46.7	26.0	22.5	85	82	21.8	64	1.6	—	12.4	2	○
		16	27.6	34.0	27.0	54	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							

平均温度26.0°C, 平均湿度77.4%, 水分と風量の比0.0153m³/kg·sec

第8表 総合的にみた場合

試験番号	28RC1	28RC2	29RC1	29RL1	30RC1	30RC2
材料の処理法	刈取直後細断	1日間天日乾燥後細断	同左	刈取直後非細断	1日間天日乾燥後細断	同左
試験期間 年.月.日	28.6.27~7.1	28.9.16~19	29.6.29~7.7	29.7.9~16	30.6.30~7.6	30.7.6~16
試験日数	5	4	9	8	7	11
生草の含水率	82.7%	75.2	81.3	78.1	77.4	75.0
通風開始時 の含水率	82.7%	44.4	65.0	78.1	54.9	53.7
通風終了時 の含水率	32.2%	20.4	16.8	17.2	12.0	12.3
通風時間	95	15	85	80	58	104
乾草1kg当り の電力	0.784kwh	0.240	0.523	0.913	0.342	0.565
平均温度	16.5°C	18.6	18.5	18.4	21.0	26.0
平均湿度	87.7%	68.7	80.2	74.9	68.6	77.4
水分と風量の比	0.0051m ³ /kg·sec	0.0276	0.0060	0.0102	0.0158	0.0153

たように思われたにもかかわらず比較的短期間に乾燥が完了し消費電力も少なくて済んだ。29RC1は天日乾燥後の含水率が高かつたこと。乾燥期間の湿度が高かつたこと(特に前半)などからかなり長期間を要した。29RL1は生草をそのままし

かも切断せずに供試したためか長期間を要した。しかし乾燥期の湿度が低かつたためか予想以上に良好な経過をたどり良質の製品が得られた。30RC1は1日間天日乾燥させたことと低温のため比較的順調に経過した。30RC2は前半は順調な経

過をたどつたが、後半不調のため長期間を要した。なお全般を通じ排気の湿度が吸気のものより低かつたことが度々あつたが、その理由については検討の余地がある。

IV 摘 要

今回の試験で知つたことは

1. 投入する被乾燥物は堆積の高さ 50cm 位、重量にして細断した生草ならば 500~600kg・非細断の生草なら 250kg・1 日天日乾燥して細断したものなら 500kg 位が好適のようである。
2. 送風機が右回りのため、中央風路の左へ多量に送風され左側が速く乾燥する。したがつて左側框には少々多く投入する方が有利である（あるいは左右同量送風されるように遮断板などを設ける）。
3. 壁に接する部分は茎葉が壁に支えられ堆積密度が小さくなり、かつ葉が多少なりとも振動するので壁に沿つて空気ができる。そのため空気抵抗が少なく、空気の流通が良くなり乾燥が速く進行するから、周囲は少々高く堆積するかまたは密に投入すると乾燥が一よりに行われる。
4. 堆積の下部は乾燥が進むにつれ固く縮まり空気の流通が悪くなる、特に生草を細断したものはこの傾向が強いから、2 日に 1 回くらい手でよくほぐすのがよい。
5. 排気は温度が低い床に沿つて流れ、再び送風機に吸い込まれる場合がある（特に狭い屋内に設置した時にそうである）。一度乾燥機を通過した空気が再び吸入されないように相当広い部屋（または納屋）に設置しなければならない。四方の窓を開放するとしても乾燥機床面積の 20 倍程度の面積が必要であらう。吹抜小屋も理想的であるが、また建物の片側から吸気し他の側へ排気させるのも一方法である。
6. 乾燥機に投入する材料は 1~2 日天日乾燥して含水率 50% 内外に下げておく方が好都合である。
7. 非細断のものよりも 3~4 cm に切断した方

が空気の接触面が増大し乾燥速度が大きくなるがしかし細断したものを堆積すると静圧が増し同一風量を送り込むのに大きな馬力が必要となる。家畜のそしやくの便を考えると今回の 1/2 位の長さ（1~2 cm 位）が好都合かも知れない。

8. 乾燥面積を増すためにヘーコンデショナー等（あるいは葉打機など簡単なローラーによる代用）を使用して圧扁させることも考えるべきであらう。
9. 吸気の関係湿度が 85% 以上になると乾燥はほとんど進まない。さらに被乾燥物の含水率が 30% 以下（特に 20% 以下）の時は関係湿度 80% 以上の空気を送ると逆に被乾燥物の含水率が高まる傾向さえみられることがあつた。この時期において送風を中止すべきか、あるいは被乾燥物がむれるのを防ぐため送風を継続すべきかは検討の余地がある。乾燥期間を通じての吸気のパ平均関係湿度が 75% 程度以下が好適のよう考えられる。
10. 吸気の湿度が高くなると送風の効果が少なくしかも経費を要するから、湿度により送風機の運転を自動的に断続させる装置も必要であらう。また乾燥が進むにしたがい送風量を減少させてもよいから、送風機の回転数を随意に調節させる方法も考えるべきであらう。

本試験は農林省から連絡試験費の交付を受けて実施したものである。今回は乾燥操作について考察を加えたが、経済性・普及性などについては次回に論議したい。

参 考 文 献

- 1) 佐賀農試 (1956) 常温通風乾燥機による乾燥試験, 昭和 27 年度業務功報 51~52.
- 2) 海垣義男他 (1954) 送風乾燥による乾草について, 農業技術研究所報告 G (畜産) No. 5, 95~110.
- 3) 渡辺鉄四郎他 (1954) 常温通風乾燥法に関する研究, 関東東山農試研究報告, No. 4, 38~117.
- 4) 渡辺鉄四郎 (1956) 乾燥機, 農業機械化中央講習会資料, No. 1, 1~8.