

太陽熱利用による乾燥方式に関する研究

楠原信行・池田 稔・小島勝次郎・前川 弘・塚本正男

(長崎県総合農林試験場)

KUSUHARA, N., IKEDA, M., KOJIMA, K.,

MAEKAWA, H. and TSUKAMOTO, M.

Studies on the Drying Method of the Utilization of the Sun-Heat.

太陽熱は非常に大きな熱源であり、しかも無公害で、その熱源は無料、なおかつ無限に利用出来るので、これの利用は極めて有利である。したがって太陽熱利用による、簡易で効率の高い農産物の通風仕上げ乾燥法の確立を図ることが、この研究の狙いである。太陽熱の利用方法として、①日溜り利用と、②集熱利用について試験の概要を報告する。

1. 試験の方法

1) 日溜り利用試験

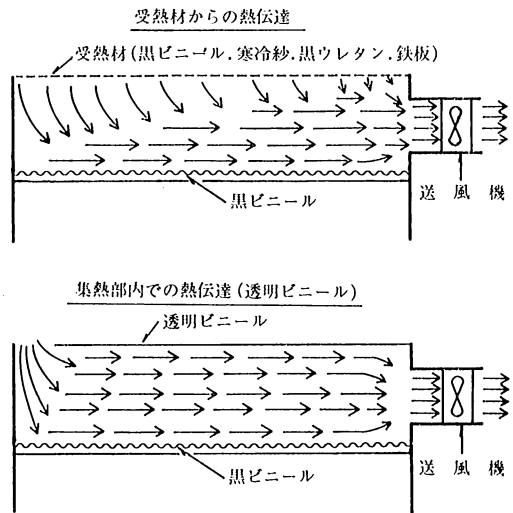
地表面に到達した太陽熱は、地温上昇(地中伝導)、地表面からの水の蒸発(潜熱伝達)、空中への放熱(顕熱伝達)に配分される。日溜り利用は建物間に防風壁を設け、風による天空への放熱を少なくして、日溜り内の空気温度を高めるようにした。日溜りの空気は、送風機で吸引して空気条件を調査した。

2) 日溜りと集熱利用試験

集熱利用は前記の日溜り場所内で実施した。集熱方法は第1図のとおりで、①受熱材からの熱伝達と、②集熱部内での熱伝達について検討した。前者は受熱材が太陽熱を吸収して空気に熱伝達するので、受熱材は完全黒体(黒度が高い)に近く、手近にあるものを使用した。後者はビニールを透過した太陽熱を集熱部内で空気に熱伝達するようにした。

2. 試験結果および考察

1) 日溜り利用試験



第1図 集熱利用の構造と空気の流れ

(1) 空気の移動状況は発煙筒を焚いて調査したその結果、日溜り利用面積は24m²(縦4m, 横6m)で、風量に比べ利用面積が予想以上に少なかった。その原因は、日溜り場所内で風(1~2m/s)の影響が大きく、日溜り面積に対して防風壁の高さが低かったものと考えられる。

日溜りの空気温度は外気温度に比べ2.9°C上昇し、エンタルピは1.4Kcal/kg増加した。しかし、仕上げ乾草含水率15%の平衡含水率を相対湿度75%にして、それまでの断熱冷却に要する熱量は、日溜りは外気と同じであった。その原因は、空気温度の上昇によってエンタルピ

第1表 試験 区 別

区 別	風 量	受熱材および集熱部内の構造	
受熱材からの熱伝達	黒ビニール	kg/m ² ・hr 136	マルチ用黒ビニール厚さ0.03mm, 艶ありを張り、通風孔(直径約1.5mm)を100cm ² に84孔開けた。
	寒 冷 紗	155	受熱部を3等分し、送風機側より寒冷紗8枚, 6枚, 4枚張りにし、通風むらを少くした。
	黒ウレタン1枚	144	白ウレタン厚さ10mmを黒く染めたものを1枚張りにした。
	黒ウレタン2枚	142	同上を2枚張りにした。
	鉄 板	157	鉄板の厚さ0.27mmに通風孔の径1.0mmを1cm ² に1孔開け、艶消し黒ラッカーを薄く吹付けた。
集熱部内での熱伝達	透明ビニール	152	透明ビニールの厚さ0.1mmを張り、送風機から最遠距離に85cm×50cmの通風孔を開けた。

第 2 表 日溜り効果と乾草の仕上げ乾燥に要する熱量

区 別		項 目	乾燥(吸湿) 前の空気	乾燥(吸湿) 後の空気	エンタルピー	相対湿度75%までの断熱冷却に要する熱量	
						空 気 1 kg当り	全 熱 量
日 溜 り	実 測 値	空気温度 (°C)	17.8	12.6	Kcal/kg 7.1	Kcal/kg 1.2	Kcal/hr (100) 39,384
		相対湿度 (%)	37	75			
		絶対湿度 (kg/kg)	0.0046	0.0068			
	絶対湿度を外気と同じにしたとき	空気温度 (°C)	20.7	12.6		1.8	(150) 59,076
		相対湿度 (%)	24	75			
		絶対湿度 (kg/kg)	0.0037	0.0068			
外 気 (百 葉 箱)		空気温度 (°C)	14.9	9.9	5.7	1.2	(100) 39,384
	相対湿度 (%)	35	75				
	絶対湿度 (kg/kg)	0.0037	0.0056				

- 注 1) 日 射 量 65cal/cm²・hr
 2) 風 量 32,820Kcal/hr
 3) 空気の密度 1.2kg/m³
 4) 仕上げ乾燥含水率15%の平衡含水率を相対湿度75%にした。

第 3 表 太 陽 熱 に よ る 空 気 温 度

区 別		項 目	日射量 (cal/ cm ² ・hr)	自然風速 (日溜り) (m/s)	通風量 (kg/m ² ・hr)	外気温度 (°C)	日溜り温度 (°C)	集熱空気の 温度 (°C)
受熱材からの熱伝達	黒ビニール	70	平均 0.8 最高 1.8 最低 0.2	136	34.0	36.6	52.6	
	寒冷紗	70		155	33.8	36.0	51.9	
	黒ウレタン1枚	64		144	33.6	36.5	49.6	
	黒ウレタン2枚	64		142	33.8	35.9	49.3	
	鉄板	64		157	33.9	36.7	51.6	
集熱部内での熱伝達	透明ビニール	70		152	34.0	37.1	47.9	

第 4 表 太 陽 熱 利 用 に よ る 空 気 温 度 の 上 昇 と 伝 達 熱 量

区 別		項 目	日射量 (Kcal/ m ² ・hr)	通風量 (kg/ m ² ・hr)	日溜りおよび集熱による 空気温度の上昇(°C)			空気伝達熱量(Kcal/kg)		
					日溜り	集 熱	合 計	日溜り	集 熱	合 計
受熱材からの熱伝達	黒ビニール	700	136	2.6	16.0	18.6	0.6	4.1	4.7	
	寒冷紗	700	155	2.3	15.9	18.2	0.6	4.1	4.7	
	黒ウレタン1枚	640	144	2.9	13.2	16.1	0.8	3.3	4.1	
	黒ウレタン2枚	640	142	2.2	13.4	15.6	0.6	3.3	3.9	
	鉄板	640	157	2.8	15.0	17.8	0.7	3.8	4.5	
集熱部内での熱伝達	透明ビニール	700	152	3.2	10.8	14.0	0.7	2.8	3.5	

が増加したにもかかわらず、絶対湿度が増加したので、乾燥能力は大きくならなかったものと考えられる。

絶対湿度の増加は、日溜り調査を降雨の翌日に行ったので、地表面からの水の蒸発によるものである。絶対湿度を外気と同じにしたときを見ると、空気温度は 5.8°C 上昇した。相対湿度75%までの断熱冷却に要する熱量は 1.8Kcal/kg になり、標準比150%になった。したがっ

て、太陽熱の日溜り利用は、降雨直後でも地表面から水の蒸発をなくし、さらに、地中伝導と、風による天空への放熱を少なくするような工夫が必要である。

2) 日溜りと集熱利用試験

空気温度の調査は、2回反復の平均で求めた。調査時の条件は、日射量 70 Cal/cm²・hr, 64 Cal/cm²・hr, 日溜り内の自然風速 0.2~1.8m/s, 通風量 136~157kg/m²・hr,

第5表 太陽熱の利用状況

区 別	項 目	日射量 (Kcal/ m ² ・hr)	通風量 (kg/ m ² ・hr)	空気伝達熱量 (Kcal/m ² ・hr)			日射利用率(%)		
				日溜り	集熱	合計	日溜り	集熱	合計
受熱材からの熱 伝達	黒ビニール	700	136	81.5	551.0	632.5	11.7	(85.7) 78.7	90.4
	寒冷紗	700	155	85.5	635.5	721.0	12.2	(99.0) 90.9	103.1
	黒ウレタン1枚	640	144	108.0	468.0	576.0	16.4	(80.7) 74.1	90.5
	黒ウレタン2枚	640	142	78.0	469.0	547.0	12.3	(79.4) 72.9	85.2
	鉄板	640	157	102.0	589.0	691.0	16.2	(100) 91.8	108.0
集熱部内での熱 伝達	透明ビニール	700	152	106.5	418.0	524.5	15.3	(65.0) 59.7	75.0

注 1) 日射利用率 = $\frac{\text{日溜りおよび集熱で空気に伝達した熱量}}{\text{日射量}} \times 100$

2) () は標準比を示す。

外気温度33.6~34.0°Cのとき、日溜り温度35.9~37.1°C、集熱空気温度47.9~52.6°Cまで加温することが出来た。

太陽熱による空気温度の上昇と、空気伝達熱量は第4表のとおりで、日射量と通風量を区別で同一に出来なかったため、この数字をそのまま比較することは困難であるが、日溜りの空気温度は外気温度より2.2~3.2°C高く、集熱では10.8~16.0°C高くなった。日溜りと集熱を合計すると14.0~18.6°Cになり、極めて高い温度まで通風空気を加温することができた。

空気伝達熱量は、日溜りで0.6~0.8Kcal/kg、集熱で2.8~4.1Kcal/kg、合計3.5~4.7Kcal/kgになり、集熱による空気への伝達熱量は極めて大きな数字を示した。

太陽熱の利用状況は第5表のとおりで、日溜りの日射利用率は11.7~16.4%になり、風の影響が大きく、無風状態での利用率が高かった。

集熱の日射利用率は鉄板が最も大きく91.8% (標準)、

次いで寒冷紗90.9% (標準比99.0%)、黒ビニール78.7% (標準比85.7%)、黒ウレタン1枚74.1% (標準比80.7%)、黒ウレタン2枚72.9% (標準比79.4%)、透明ビニール59.7% (標準比65.0%)の順になり、透明ビニールが最も劣った。

日射利用率は、太陽熱を受熱材から直接通風空気に伝達する鉄板、寒冷紗、黒ビニール、黒ウレタンが良かった。なかでも、鉄板と寒冷紗の利用率が高いのは、受熱材の黒度が高いため、太陽熱の吸収が良く、反射と透過の損失が少なかったものと考えられる。黒ビニールと黒ウレタンは光沢があり、太陽熱の反射による損失が日射利用率の低下に起因したものと考えられる。

日射利用率の最も劣った透明ビニールは、太陽熱が透明ビニール透過後、集熱部床面の黒ビニールに吸収し、その熱を空気に伝達するもので、熱伝達の過程が複雑なために、日射利用効率が低下したものと推察される。