



### はじめに

現在、木材乾燥の主流はI.F.型蒸気式乾燥装置による人工乾燥ですが、この方法は樹・材種特性に適したスケジュールにより短時間で損傷の少ない材を供給することができ、総合的にも評価の高い位置付けがなされています。しかし、設備費やランニングコストが高く、どうしても設備投資に慎重になり、従来どおり天然乾燥だけで済ませてしまう業者も皆無とは言いきれません。ところが近年高気密高断熱性の住宅が増える中で品質の高い材料が求められ、とりわけ含水率規制がきびしく、天然乾燥のみではその要望にこたえら

れない様な状況となりつつあります。

そこで今回は、林産試型太陽熱利用木材乾燥装置(40石タイプ)による通年の木材乾燥試験を行い、主に天然乾燥と比較しながらその特徴について述べてみます。

### 装置の概要

太陽熱利用木材乾燥装置(ソーラードライヤ)の総床面積は32m<sup>2</sup>で建築用構造材(10.5×10.5×365cm)が約11m<sup>3</sup>収容できます(図1)。構造材には乾燥木材を使用し、北面は構造用合板(厚さ9mm)と100mm厚の断熱材で保温性を良く

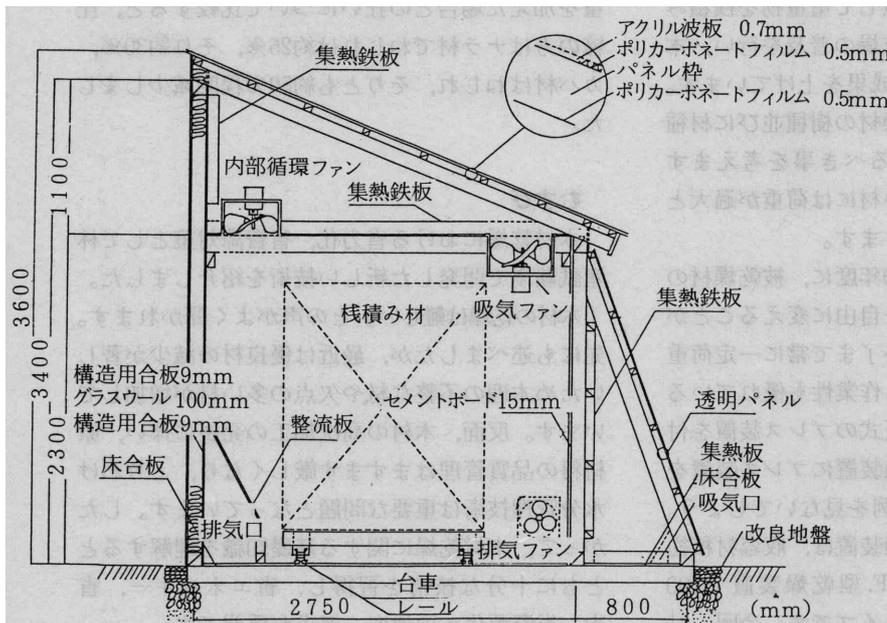


図1 林産試型ソーラードライヤ断面図

し、その他の太陽光を受ける面は0.5mm厚のポリカーボネートフィルム(透過体)を2重層にして、さらにその外面をアクリルの波板で覆い雨や雪を防いでいます。ただし、東西面はこの波板を使用していません。

熱エネルギーの流れは計10基の送風機が作りだします。すなわち、三角型集熱室や天井集熱室の熱気を乾燥室内に導入させる吸気ファン(2基)、材間風速をつくりだす内部循環ファン(6基)、そして乾燥初期の主に高

湿度条件時に稼働させる排気ファン（2基）の3種類です。

### 装置内の温湿度変化

乾燥期間中の夏季・冬季の温湿度変化をそれぞれ図2, 3に示します。ここでS.D.はソーラードライヤ内, A.D.は天然乾燥を意味します。夏季, ソーラードライヤの1日平均温度は天然乾燥条件つまり外気温度と5~17の差があり, 特に中期から末期にその差が広がっています。乾燥の初期は材温が低くエネルギーを多量に必要とし,

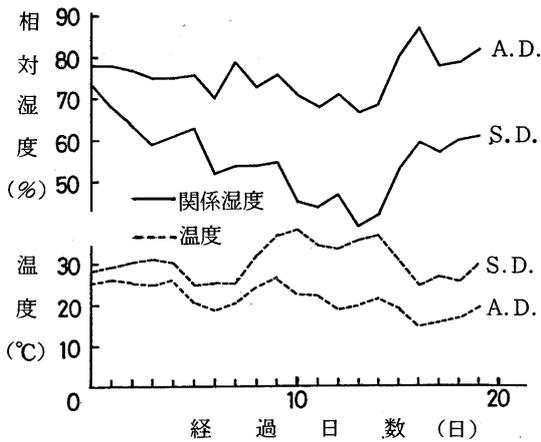


図2 温湿度経過 (夏季)

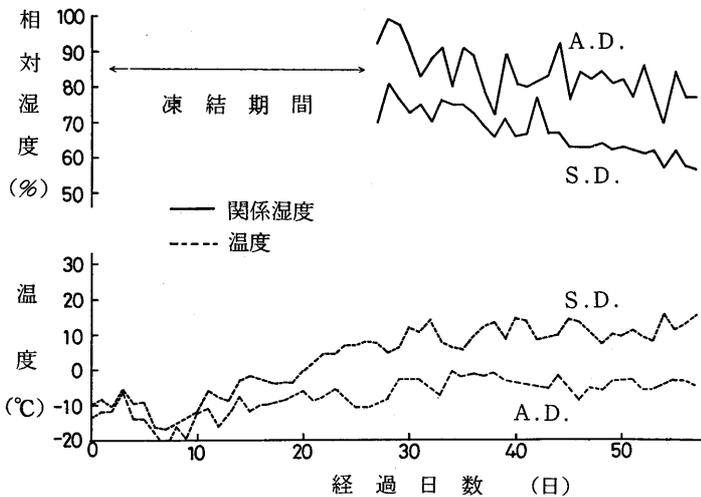


図3 温湿度経過 (冬季)

材温がある一定値に達すれば材表面付近の水分を蒸発させる熱エネルギーが増大するので, 外気温との差は大きくありません。日射量条件が良い夏季に行った試験期間中の平均温度は約31 でした。また相対湿度の経過 (夏季) をみてみますと, 多少外気の影響は受けますが, 含水率約20%までは相対湿度約40%に至る約2週間は低下傾向が認められますが, その後は外気湿度に強く影響を受け上昇しています。

次に冬季, つまり日射量の少ない時期の温度についてみてみますと, 乾燥中の平均温度は3.5 と低く, 乾燥は氷点下を脱した環境下で主に進行したと思われます。湿度も徐々に低下していき, 夏季同様冬季も乾燥中期から末期にかけ天然乾燥の促進効果が認められたと言えます。

### 四季別の乾燥日数

ソーラードライヤは日射量の多少によってその乾燥能率が左右されることは言うまでもありません。旭川地域での乾燥経過は通年で図4に示す様な結果が得られました。この図より, 冬季つまり12月1日スタートの天然乾燥は他の条件に比べ含水率低下速度が極端に小さく, 少なくとも建築用構造材に要求される含水率20%にさえこの時期では達成不可能であることが認められます。しかし,

ソーラードライヤを利用した場合約2か月程度を費やせば, ほぼこの要求を満たす事が可能です。同様に春から夏季にかけて乾燥経過においても, ソーラードライヤでの乾燥は天然乾燥の約半分の時間で進行し, その促進効果は明らかです。この図を基に旭川地域でのソーラードライヤ1基分の年間処理乾燥材積を算出した結果, 約165m<sup>3</sup> (年間15サイクル) となりました。

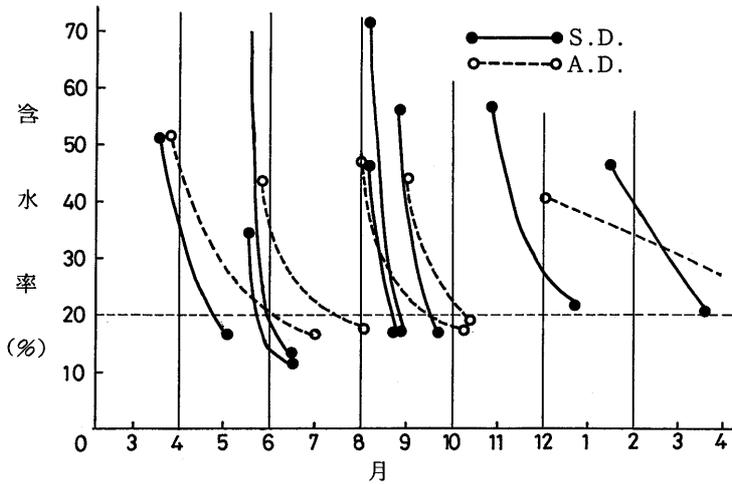


図4 乾燥経過

**ソーラードライヤで生じる損傷は？**

まず最初に、割れ長さを中心・心去り材に分けて比較したものをヒストグラムに示します(図5)。乾燥後の心持ち材はソーラードライヤの場合いずれも天然乾燥より割れが長く、ソーラードライヤはあまり良好な結果が得られませんでした。特に含水率20%以下に落とした状態の材は幅の大きいV字型の割れが出現

た。

また各時期別の乾燥例として表1を示します。やはり、平均全天日射量が2000Kcal/m<sup>2</sup>・Dを切っている10・1月開始時期の乾燥速度は非常に遅く、含水率20%程度までが限界と言えます。日射量値から乾燥日数を推定し、これを基に冬季の経済的乾燥日数を求めれば末期含水率の低下がこの時期純ることから2か月を限界日数として利用することが適切と思われます。

しています。しかし、心去り材は他の乾燥方法による割れ度合と比較して大差はなく、建築材としての利用は十分可能です。

また冬季乾燥による割れ長さは、夏季乾燥より特に心去り材に関して大きくなる傾向が見られました。さらに、材積を半分つまり5.5m<sup>3</sup>にした場合も心持ち材の木口割れを除き、11m<sup>3</sup>(夏季)にした条件とほぼ同じ割れ長さとなり、収容材積を減らすことによる割れへの影響は小さいと判断されました。

次に、乾燥によるねじれと曲がりに関しある制

表1 ソーラードライヤの乾燥例(旭川)

乾燥開始日(月/日)	初期含水率(%)	末期含水率(%)	乾燥日数(日)	平均温度(°C)	平均湿度(%)	平均蒸気圧差(mmHg)	平均全天日射量(Kcal/m <sup>2</sup> ・D)	
5/17	97.6	13.5	27	(14)	30.3	44	5145	
	34.1	11.8		(9)	(27.1)	(46)		
8/7	71.8	17.5	20	(14)	30.7	56	3951	
	45.4	16.4		(13)	(31.6)	(55)		
8/28	55.8	17.4	23	(19)	28.6(28.0)	56 (〃)	3.3 (3.2)	3338 (3328)
10/27	55.9	22.3	53		6.1	72	1.0	1175
1/17	45.4	21.6	56		3.5	68	1.0	1949
3/18	50.4	17.0	42	(33)	16.5(14.7)	58 (63)	2.3 (1.9)	3169 (3207)

注) ( )内は含水率20%に達するまでの値

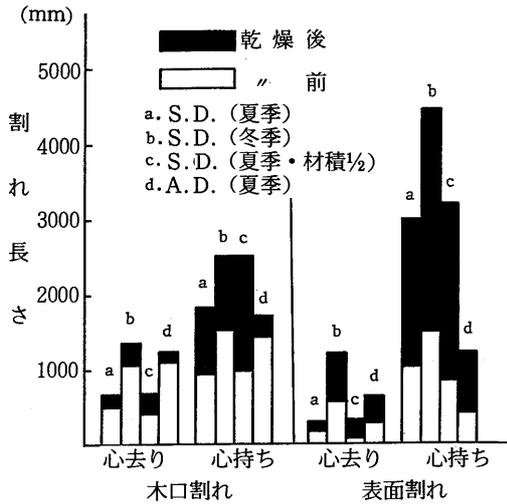


図5 割れのヒストグラム

限值を設けて品等区分を試みてみました(表2)。ねじれは材長3.6m,材幅10cmのねじれ角からねじれ量を算出し2mmと5mmを境界値とし分類を行ったものです。また曲がりについては製材の日本農林規格のひき角類の曲がりの項に準じて、曲がり率として0.2%,0.5%に分類をしました。ねじれ量5mm以下の出現率についてみると心去り材の場合は、棧積み材積 $1/2$ のソーラードライヤ

による乾燥材を除き約90%を超えますが、心持ち材は天然乾燥同様ほぼ50%以下となりました。心去り材のねじれの中で棧積み材積 $1/2$ のソーラードライヤによる乾燥材が他の条件に比較して大きかったのは、材自重による強い抑制効果(圧縮圧力)が小さかったことによるものと思われます。

曲がりは97%以上が曲がり率0.2%以下となり品質低下に及ぼす影響はないと言えます。

また収縮率と含水率との関係は、四季別あるいは天然乾燥いずれの条件も同様な傾向が見いだせました。

経済性について

最後にソーラードライヤの乾燥経費について試算してみます。表3には算出基礎と年間経費を示しました。1m<sup>2</sup>当たりの電力量は、送風機の条件を一定とした場合、当然冬季は夏季に比べ乾燥日数に比例して多くなります。しかし乾燥速度と送風量そして温度との関係から、冬季はファンの間欠運転・停止などの操作により電力量の低減化をはかることが可能との確証が得られました。したがって、通年の電力料は平均約800円/m<sup>3</sup>と算出されました。また建設費が約170万円(資材コスト)で耐用年数を8年とすれば原価償却費が

表2 ねじれ・曲がりの区分

試験条件	供試材数 (本)		ねじれ			曲がり		
			~2mm	2~5mm	5mm~	~0.2%	0.2~0.5%	0.5%~
S. D. (夏)	心去り	250	119 (47)	99 (40)	32 (13)	271	9	0
	心持ち	30	6 (20)	5 (17)	19 (63)	(97)	(3)	(0)
S. D. (冬)	心去り	216	119 (55)	83 (38)	14 (7)	247	3	0
	心持ち	34	9 (27)	11 (32)	14 (41)	(99)	(1)	(0)
S. D. (夏・材積 $1/2$ )	心去り	128	46 (36)	47 (37)	35 (27)	138	0	0
	心持ち	10	1 (10)	4 (40)	5 (50)	(100)	(0)	(0)
A. D. (夏)	心去り	90	45 (50)	36 (40)	9 (10)	174	6	0
	心持ち	90	16 (18)	18 (20)	56 (62)	(96)	(4)	(0)

注)1. ( )内は出現率(%)を示す

2. ねじれの2mm, 5mm区分は, 1材面の3点(隅)を平面に固定した場合の隅の浮き上がり量(mm/360cm)を示す

表3 コスト試算表

費用区分	年間経費 (万円)	算 出 基 礎
電力料	12.1	5,500kWh @22円/kWh 仕上がり含水率20% 年間処理材積 165m <sup>3</sup> 15サイクル
栈積み費	4.1	パート 450円/人・h 年間 90人・h
償却費	19.0	169万円×0.9÷8年 (施設建設資材費)
金利 雑費	16.9 0.5	169万円×0.1 金利を除く総計×0.02
合計	52.6	

注) 1m<sup>3</sup>当たりの乾燥経費に金利を含めないで計算した場合は357,000円/165m<sup>3</sup> 約2,200円となる

1,150円/m<sup>3</sup>, それに人件費として栈積みにパート形式の作業員給与(製材工場によっては挽き立て後の一連の作業工程とし、加味しない場合もあり、コスト試算の中では統括されていない要素である)を加算するとトータルで約2,200円/m<sup>3</sup>の乾燥コストになりました。ただし、自社における

木造の手造りを前提としているために借り受け額(金利)は考慮しておりません。

### おわりに

北海道のような高緯度地帯にとっては非常に希薄なエネルギーである太陽熱を利用した木材乾燥は、基本的には一般的方法とは言い難い面があります。すなわち日射の強い時の湿度調節、冬期間の補助熱源を考えますと手造りでも安い装置とは言えなくなる訳です。

しかし、北海道において近年、当装置の普及が活発化されてきています。これは各企業単位で、材種あるいは乾燥材の用途、生産サイクル数などを良く吟味し、当装置の適合性を把握して上手に使いこなしておられるからにほかなりません。今後は当装置の熱効率の向上、適正送風方法などについて検討し、天然乾燥の促進あるいは人工乾燥前の予備乾燥法として、より実用的な省エネルギータイプの簡易集熱式ソーラーシステムをさらに普及させたいと考えています。

(林産試験場 乾燥科)