

# 太陽熱を利用した予備乾燥装置の問題点

- トドマツ・カラマツ心持ち正角材について -

大崎 久司

## はじめに

太陽熱を利用した乾燥装置は、省エネによるコストの低減と、二酸化炭素を削減するという観点から、これまでいろいろと研究され、導入が検討されています。林産試験場においても、太陽熱を利用した乾燥装置をソーラー乾燥装置と名付けて試作、実験が行われており<sup>1)</sup>、その後、装置は製材工場等で実用化されました(写真1)。このソーラー乾燥装置ではエゾマツ・トドマツ材心去り正角材について、夏期には1か月以内に含水率20%以下まで乾燥することができ、冬期であっても30%程度までは下げることができます。また、心持ち正角材についても検討されていますが、こちらについては割れ、狂いが大きいと報告されています<sup>1)</sup>。

ソーラー乾燥装置は簡便でエネルギーコストが低い長所を持っていますが、湿度を任意に設定できないことが大きな欠点です。このため、心持ち材のような乾燥が難しい材料については、通常は、蒸気式乾燥装置等を使い人工乾燥を行います。しかし、人工乾燥を行う前の含水率の均一化、乾燥コストの低減を目的とした予備乾燥装置として使うことで、ソーラー乾燥装置の特性を生かすことができるものと考えられます。

予備乾燥とは、本格的に人工乾燥を行なう前に木材の含水率のバラツキを抑えることを主な目的として施される簡易な乾燥方法です。バラツキを抑えるのが目的ですので、含水率は場合によっては20%以上と高いままです。含水率のバラツキを抑えることで1回の人工乾燥で仕上がる乾燥材の品質が安定することが期待されます。林産試験場で調べたところ、多い場合は3割もの材料が十分乾燥されていないという結果も出ていますので、含水率のバラツキは見過ごすことができません。予備乾燥は広葉樹製材では広く行われており、一般に天然乾燥が用いられます。広葉樹の天然乾燥(予備乾燥)は短くても3か月、長ければ1年以上と時間をかけるのが通常ですが、針葉樹製材にこのような方式の予備乾燥は材の価値と乾燥歩留まりを考え



写真1 ソーラー乾燥装置の外観

ると不向きです。針葉樹製材については、はるかに短い期間で効果のある予備乾燥が求められています。

今回、北海道乾燥材普及協議会から「平成9年度に国(林野庁)が策定した乾燥材安定供給体制整備促進事業の適用を受け、乾燥材の安定供給体制整備のための指針づくりを行っており、予備乾燥装置としてのソーラー乾燥装置の性能を試験して欲しい」と依頼を受けました。そこで、トドマツの心持ち正角材と、民間からの要望が多いカラマツの心持ち正角材の乾燥を行い、適用性を検討したので紹介します。

## 試験の概要

トドマツ・カラマツの小・中径材より断面115×115mm、長さ3.65mの心持ち正角材を48本(トドマツ24本、カラマツ24本)製材し、重量および中央部の2方向の幅寸法を測定した後、台車に横8列×縦6段に積み上げてソーラー乾燥装置の中に入れ、4週間乾燥を行いました。装置は北海道旭川市東旭川町にある有限会社丸長木製品のソーラー乾燥装置を使用しました。このソーラー乾燥装置には冬期の凍結を防ぎ、乾燥を促進させる目的でヒーターが付設されています。

このとき、乾燥装置内で積みの側面両側の12か所

(床から40, 90, 120cmの高さで2か所ずつ)と、前後方向の中央部2か所の合計14か所の温度および乾燥装置外の気温を測定しました。また、乾燥装置内の湿度を、狂い・割れの測定日にあわせて1週間ごとに測定しました。

実験期間は、平成10年2月19日～3月19日の4週間でした。乾燥を開始して1週間ごとに、半数の試験体について重量と中央部の幅寸法の変化を測定しました。さらに2週間目以降の測定からは、発生した狂い・割れも測定しました。狂いについては、曲がりとねじれを測定し、曲がりには中央の矢高を隣接する二つの材面について測定し、ねじれも同じく両小口の角度差を隣接する2材面について測定し、両者とも大きい方の値で評価しました。

4週間経過後の乾燥終了時には、全数の試験体の含水率、および半数の試験体の水分傾斜を全乾法で測定しました。

## 試験の結果

### 乾燥装置の温度

乾燥装置内および外気温の変化を図1に示します。太陽熱を利用しているため、日射量および外気温の変化によって、乾燥装置内の温度は上下を繰り返します。湿度についても同じように変化していたと考えられます。乾燥装置内の温度は平均で29.8℃、湿度の平均は41.3%、外気の4週間の平均気温は-2.8℃でした。

### 含水率変化

図2に試験体の含水率の変化を示します。トドマツは平均初期含水率が51.2%でしたが、1週間経過後は平均28.1%、2週間後で18.8%、3週間後で15.8%、4週間後11.8%でした。一方、カラマツは初期含水率の平均が40.4%、乾燥開始1週間後で24.7%、2週間経過時で17.5%、3週間後で16.5%、4週間後の実験終了時には14.0%でした。乾燥開始後1週間で、繊維飽和点である30%を下回ったのはトドマツでは25本中19本、カラマツで全数となり、この時点ですでに大部分の材料に割れが発生していました。

### 狂い

乾燥開始2週間後に発生していたねじれの平均値はトドマツで5.4°、カラマツで4.4°でした。4週間後

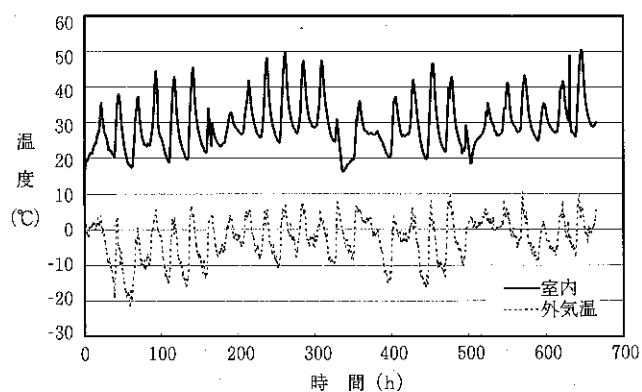


図1 乾燥装置の温度経過

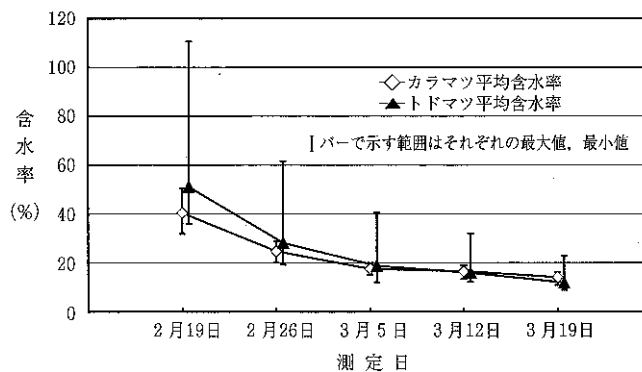


図2 含水率経過

では、トドマツ8.3°、カラマツ7.6°と非常に大きな値になり、このままでは実用にさしかえがあると考えられます。

曲がりは2週間後でトドマツで平均5.5mm、カラマツで平均6.7mmでした。なおJASの構造用製材甲種1級の基準である、(材長に対して)0.2%以下を満たさないものは、2週間後において、トドマツで3本、カラマツは5本でした。その後4週間経過したときは、トドマツは変化がなく、カラマツで7本と変化しました。

### 割れ

乾燥を始めて1週間目には、ほとんどの割れが発生しており、乾燥が進むにつれて、割れの長さ・幅が変化して、割れの面積が変化していました。

乾燥後2週間の測定で認められた割れの数は、トドマツ心持ち材1本当たりでは24本で、割れ面積の合計の平均は166cm<sup>2</sup>でした。同様に、カラマツでは、1本当たり平均57本で面積の合計が128cm<sup>2</sup>でした。4週間後にはトドマツで1本当たりの割れ面積が176cm<sup>2</sup>に増

表1 予備乾燥後の木材の性状(4週間後)

樹種	狂い		割れ		収縮量 (mm)	水分傾斜	
	ねじれ(°)	曲がり(mm)	本数	面積の合計(cm <sup>2</sup> )		表層(%)	中心(%)
カラマツ	7.6	10.0	57	111	2.1	11.4	20.1
トドマツ	8.3	5.7	24	176	2.2	9.4	18.1
トドマツ高温乾燥材 <sup>2)</sup>	2.4	1.7	—	48	—	14	35

加しました。カラマツでは111cm<sup>2</sup>でした。これは、乾燥によって、割れの幅が減少したために、面積が減少したと考えられます。この数字は非常に大きいもので、外観上はユーザーに敬遠されると思われます。

なお、割れ面積は、割れ一つひとつについて次の式を使って計算し、材1本ごとに合計して求めました。

$$\text{一つの割れの面積} = \text{割れの長さ} \times \text{割れの最大幅} \div 2$$

#### 寸法変化の経過

乾燥をしている間、寸法は常に減少し、4週間でトドマツは2.2mm、カラマツは2.1mm減少しました。この値は標準的な収縮量といえます。

#### 水分傾斜

4週間の乾燥が終了した後、木口より100cm離れた部分から厚さ約3cmの試片を切り出し、この試片断面を均等に4層に分割して水分傾斜を全乾法で測定しました。結果として、トドマツでは、表層9.4%、中心18.1%、カラマツでは、表層11.4%、中心20.1%であり、水分傾斜は小さく、問題のない範囲と言えます。これは、割れの発生が割れ面からの水分蒸発を促し、内部の水分が比較的減少したものと考えられます。

から までの結果を表1にまとめました。

#### まとめ

4週間にわたり太陽熱利用のソーラー乾燥装置を使って乾燥試験を行いました。その結果、含水率の均一化については、2週間目ぐらいから効果が認められました。含水率が下がる速度については、トドマツとカラマツで顕著な効果の差はありませんでした。また、カラマツについては、もともと含水率のバラツキが少なく、予備乾燥の必要はないと思われます。別の乾燥試験でもカラマツの初期含水率のバラツキは、さほど大きくありませんでした。

しかし、トドマツ、カラマツのいずれにおいても乾燥後の品質に問題があり、これを解決しないまま実用に供することはできないことが分かりました。特に、表面割れの発生が顕著に認められました。この理由としては、ソーラー乾燥装置には湿度を制御する能力がない上に、ヒーターによる加熱が加わったため、乾燥初期から低湿度雰囲気乾燥が始まったことが原因と考えられます。したがって、今回の試験で使ったソーラー乾燥装置を予備乾燥装置として利用する場合には、次のような方策が考えられます。1. 温湿度管理の徹底(例えば、加湿を行うか、あるいは、加湿ができなければ、装置内温度を低めに設定する)、2. 乾燥時間管理の徹底(割れが発生する前に予備乾燥を終了させる)。しかし、これらの方策を採った場合に、方策1については温湿度管理装置にかかるコストを検討する必要があります。また、方策2については割れの発生前に予備乾燥を終了しても、木材の残留応力を除去することなしに乾燥装置から出すので、その後割れの発生する可能性があります。また、割れの発生を避けるために、予備乾燥を早く終わらせると、乾燥後の含水率の均一化が期待できない、といった問題もあります。

これらのことから、今回の実験データからは過去に行ったエゾマツ・トドマツ心去り正角材の場合と比べ、品質的に十分な効果が得られず、中小径材から木取られる大断面材への適用は困難と考えられます。

#### 参考資料

- 1) 中島 厚, 千葉洋市, 奈良直哉: 太陽熱利用木材乾燥(第1報), 林産試月報, 第417号, 1-7 (1986) .
- 2) 中島 厚ほか5名: 木材高温乾燥の実用化技術の開発, 平成8~9年度技術開発研究費補助事業成果普及講習会用テキスト, 1998年 .

(林産試験場 乾燥科)