

トドマツ人工林材の乾燥試験 (第10報)

- 板材の経済的高温乾燥スケジュール及び
含水率むらと調湿時間の検討 -

信田 聡 千葉 宗昭
千葉 洋市 奈良 直哉

Drying Tests of Plantation - Grown Todomatsu (*Abies sachalinensis* Mast.) Wood ()

- Determination of equalizing time to minimize the variance of
the moisture content and of an economic schedule for drying
Todomatsu lumber in high temperatures -

Satoshi SHIDA Muneaki CHIBA
Yoichi CHIBA Naoya NARA

The moisture content distribution in each piece of lumber containing wet wood was examined so as to determine the equalizing time most suitable for minimizing the final moisture content in the lumber. Drying tests under three different schedules were also performed to find out which schedule was best suited for decreasing defects caused by drying and minimizing steam consumption in the high-temperature drying. The results are summarized as follows:

(1) The moisture content of green lumber, or the initial moisture content, ranged from 33.3% to 168.3%, its average being 71.7%. The histogram of the initial moisture content did not have a symmetrical shape like that of a normal distribution curve, but it showed a non-symmetrical curve which had a peak on the left side of the histogram at a moisture content of 50%. The initial moisture content of the wet wood was not necessarily higher than that of sap wood, with most of its values ranging from 90% to 120%.

(2) In drying the Todomatsu lumber, the following schedule was found to be most effective for minimizing the drying-caused defects and the steam consumption, i.e. the dry bulb temperature was kept at 100, and after the temperature of the lumber rose at the first stage of the drying, the wet bulb was shut and its temperature was left uncontrolled, and the dumper in the ducts was kept closed.

(3) Equalizing was indispensable to reducing the variance of the final moisture content. Assuming that the total time spent in the high temperature drying amounts to two full days, then at least one full day will be needed for the equalizing. Drying in this manner will help reduce considerably the variance of the final moisture content, even with the lumber containing wet wood in the high temperature drying.

(4) Three-hour conditioning was found to be slightly insufficient to eliminate drying-caused stresses from the lumber.

トドマツ板材 (27mm) の高温乾燥における乾燥経過中の水食い材の含水率と含水率むらの関係及び含水率むらを少なくするためのイコライジング時間, また損傷軽減と省エネ (蒸気消費量の節約) を考慮した場合のふさわしい高温スケジュールについて3つの異なる高温スケジュールによる乾燥試験を行い検討した。得られた知見を示すと以下のようになる。

1) トドマツ生材 (板) の生材含水率 (初期含水率) の平均値は71.7%で, その範囲は33.3~168.3%に広く分布していた。そのヒストグラムは正規分布のような左右対称にはならず, 低い含水率 (50%前後) にピークを持つ左傾形の非対称な分布を示す。水食い材は必ずしも辺材よりも含水率は高くなく, 含水率90~120%の範囲に多く分布した。

2) 高温乾燥の条件として, 割れ及び省エネを考慮すると, 乾球温度100, 湿球温度は乾燥初期の材温上昇後に制御を止め, 湿球バルブを閉じ, 吸排気筒のダンパーを閉じた条件で乾燥するスケジュールが適用できる。

3) イコライジング時間は, 仕上がり含水率むらを少なくするためには不可欠であり, 今回の高温乾燥における全乾燥時間を2日とすれば, その1/2は必要である。この条件で乾燥すれば水食い材を含む場合でも仕上がり含水率むらを小さくすることができる。

4) コンディショニング時間は3時間程度であったが, 乾燥応力の除去には少し短かった。

1. はじめに

既報¹⁾において, トドマツ板材の高温乾燥を行ったところ水食い材を除いては良好な結果を得た。しかし, 割れの心配から湿度を高く保って乾燥したため, 消費蒸気量が一般的な中温乾燥の場合よりも多くなった。そこで, 今回は蒸気消費量を節約するために湿球温度の制御を止め, 吸排気筒のダンパーを閉じた状態での高温乾燥を試み, 材の割れ, 狂いを調べ乾燥条件を検討した。

またトドマツは水食いが含まれていることが多く仕上がり含水率むらが大きくなるが, 高温乾燥において仕上がり含水率むらを小さくするための調湿 (イコライジング) 時間についても検討した。



写真1 供試丸太

第1表 供試丸太の区分

試験	丸太径級 (cm)						合計
	20	22	24	26	28	30	
I	3	2	1	2	1	1	10
II	2	2	2	2	1	1	10
III	2	2	2	1	2	1	10
合計	7	6	5	5	4	3	30

注) 試験番号 , , は乾燥スケジュール番号と対応

2. 実験方法

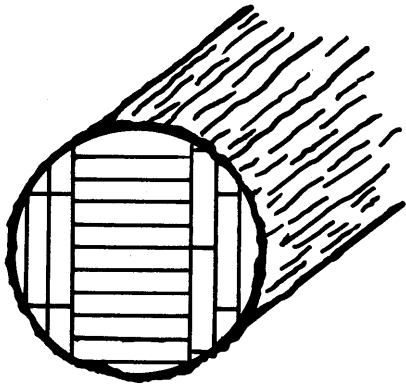
2.1 供試丸太

試験に使用したトドマツ丸太は, 道有林, 名寄林務署管内の人工林から間伐した40年生の丸太で, 末口径級が20~30cm, 長さ3.65mに玉切りしたものを30本使用した (写真1)。これらを3回の高温乾燥試験用に第1表に示すように3つのグループに分けて使用した。

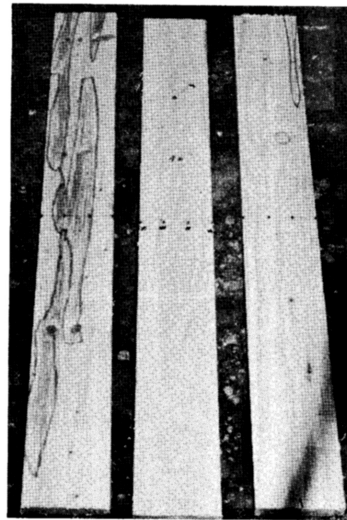
2.2 供試材

各試験には, 上記丸太より厚さ2.7cm, 幅12.0cm, 長さ365cmの板を, おおむね第1図のような木取りで

製材し供試した。1回の乾燥試験に使用した板の枚数は, 100枚前後である。これらの板をあらかじめ水食い材と非水食い材に分けた。すなわち, 水食い材を2つに分け, 水食いの多いもの (A) 水食いの少ないもの (B) とし, まったく水食いの無いものを非水食い材とした。水食い材の判定は, 今までと同じく材面観察により, 水食いの範囲をマークして供試材内におけ



第1図 板材の木取り方
(1本の丸太より10枚前後採材)



水食い材 心材 辺材

写真2 コントロール材

る水食いの多少の相対的な比較により分別した。

2.3 コントロール材

乾燥経過のモニター用のコントロール材は、1回の乾燥試験について3枚を使用した。すなわち、1回分の供試材の中から非常に含水率の高い辺材を多く含む板(辺材)、水食いの多い板(水食い材)及び、比較的含水率の低い心材を多く含む板(心材)の3枚とした。いずれも長さ1mに調製し、両木口からの乾燥を少なくするために塗料を塗布したものをコントロール材とした(写真2)。

2.4 乾燥装置

試験に使用した乾燥装置は蒸気式IF型(ヒルデブランド社製, 74/型)で、収容材積2.2m³のタイプである。

2.5 高温乾燥スケジュール

第2表に使用したスケジュールを示す。すなわち、3つの異なる高温スケジュールを使用した。は既報¹⁾にて使用したもので乾球温度110、湿球温度100である。は乾球温度はと同じであるが、蒸気消費量を節約するため湿球温度は材温が上昇した後制御を停止し、湿球バルブを閉

第2表 高温乾燥スケジュール

スケジュール No.	乾球温度 (°C)	湿球温度 (°C)	備考
I	100 ↓ 110	100	乾球温度は材温がついた後110°C一定とする。湿球温度は終始100°Cを保つ。
II	100 ↓ 110	100 ↓ (86)	乾球温度は材温がついた後110°C一定とする。湿球温度は材温がついた後制御を停止(湿球バルブ閉, 吸排気ダンパー閉)。
III	100	100 ↓ (80)	乾球温度は終始100°C。湿球温度は材温がついた後制御を停止(湿球バルブ閉, 吸排気ダンパー閉)。

注) ()の温度は成り行きに任せた場合の最終温度。調湿処理としてイコーライジング100、14度差、コンディショニング100、6度差を行った。スケジュールの調湿時間は、に比べて短い。

じ、またなるべく湿度を高く保つために吸排気筒のダンパーを閉じて乾燥したものである。は乾球温度を100一定として、湿球温度はと同様に材温上昇後制御を停止して湿球バルブ、吸排気筒のダンパーともと同様に閉じて乾燥した。

なお、乾燥仕上がり含水率は8%とし、いずれのスケジュールの場合も乾燥末期にイコーライジング、コンディショニングを加えた。基本的には、イコーライジングとしては、コントロール材の内、最も速く乾燥の進んだ材(心材)が含水率6%になった時点で乾球

温度100℃, 乾湿球温度差14℃の条件にて開始し, コントロール材の内, 最も乾燥の遅れた材(辺材または水食い材)が含水率8%になるまで行った。その後, 乾球温度100℃, 乾湿球温度差6℃にてコンディショニングに入り3時間程度で終了とした。ただし, スケジュールの場合はイコーライジングを他の2つよりもかなり短くした。

3. 結果と考察

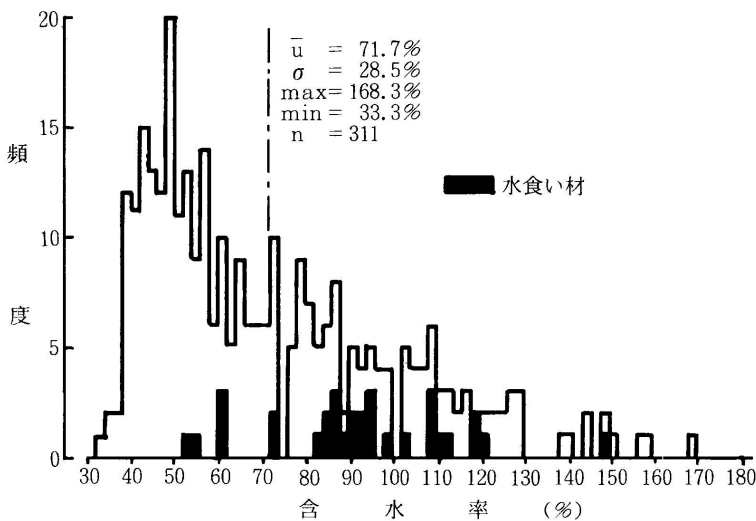
3.1 初期含水率の分布

第2図に3回の高湿乾燥に供試した板の初期含水率のヒストグラムを示す。合計30本の丸太(長さ3.65mの玉切り材)から製材した厚さ27mmの板の全数311枚について集計した。これらは伐採から製材までの期間が30~40日で, 製材までの間は土場にて散水貯木しておいた丸太から得たものである。

板の初期含水率の測定方法は, 全乾法によった。すなわち, 製材直後の板の重量を測定し, さらに各乾燥試験を終了した板を積積みして再度乾燥室に入れ温度110℃の設定で4日間乾燥しこれを全乾とみなし, 重

量を測定し, これらより含水率を求めた。

初期含水率の全平均値は71.7%であった。また標準偏差は28.5%であった。非常に範囲が広く, 33.3%~168.3%のばらつきがある。低い含水率を示すのは心材を多く含む材が多く, 含水率50%付近に多く分布している。また非常に高い含水率を示すのは, 丸太の表層付近から製材した板(辺材)であり, 含水率100%以上の範囲に点々と分布している。一方, 水食い材のうち水食いを多く含む板については, 図中に黒いグラフで示した。1枚の板の中における水食いの程度がそれぞれ違うので, かなり広い含水率範囲に分布している。すなわち, 低い含水率の心材の中に水食いがある場合, 水食い部の含水率は高くても板全体としてはそれほど高い含水率とはならない。また辺材に近い部分に水食いがあれば板としては含水率が高くなる。全体的には, 水食い材の初期含水率の平均値は供試材の全平均値よりも高く, 含水率90%~120%付近に集中している。水食い材の初期含水率は, 今回の寸法の板材に類似する場合には, 決して辺材よりも高いものにはならない。製材の木取りを変え, 寸法のさらに小さい



第2図 トドマツ板材の生材時の含水率

板寸法 2.7^(D) × 12.0^(W) × 365^(L) cm, 311枚, 伐採後30~40日経過後に製材土場にて散水貯木, 丸太径級20~30cm, 10本(玉切り丸太), 40年生。

—: 平均含水率, σ : 標準偏差, max: 最大, min: 最小, n: 測定数

材を取れば, 1枚の板あるいは角材の中に含まれる水食いの割合が位置によっては大きくなり水食い材の初期含水率は高くなってくる。

製材直後のトドマツ板材ならびに針葉樹の板材の含水率分布は, おおむねこのように低い含水率側に分布のピークがあって, 高い含水率に移るにしたがって, だだらと頻度が減少するパターンとなる。すなわち, 文献によれば²⁾今回の径級のトドマツ丸太の心材率は75%程度と予想され, 辺材よりも圧倒的に心材が多く, 丸太から製材される板の中では含水率の低い心材部が

ら得られる板が、高い含水率の辺材部から得られる板よりも多くなるので、このような傾向を示す。

3.2 乾燥経過

第3図に、3回の高温乾燥経過を示す。図の中に示した各々3本のカーブはコントロール材の乾燥経過を示したもので、それぞれは辺材を多く含む含水率の高い板(辺)、水食いを多く含む水食い材(水)、及び心材を多く含む含水率の低い板(心)である。また乾

燥スケジュールも合わせて示してある。初期含水率の差が大きいので均一な仕上がりを期待するためには、調湿時間が全体の乾燥時間に占める割合が多く、

の試験では、イコーライジングとコンディショニングを合わせると全乾燥時間の約1/2を必要としている。一方、の場合には、イコーライジングが短く、他の試験の1/8程度の3時間であったが、この場合後述するように、平均の仕上がり含水率は10.2%であり目標の仕上がり含水率8%より少し高い程度であるが、個々の板の間の含水率むらが大きく残ってしまった。

水食い材の乾燥経過は、では辺材に比べ遅れる傾向が認められた。

3.3 含水率むら

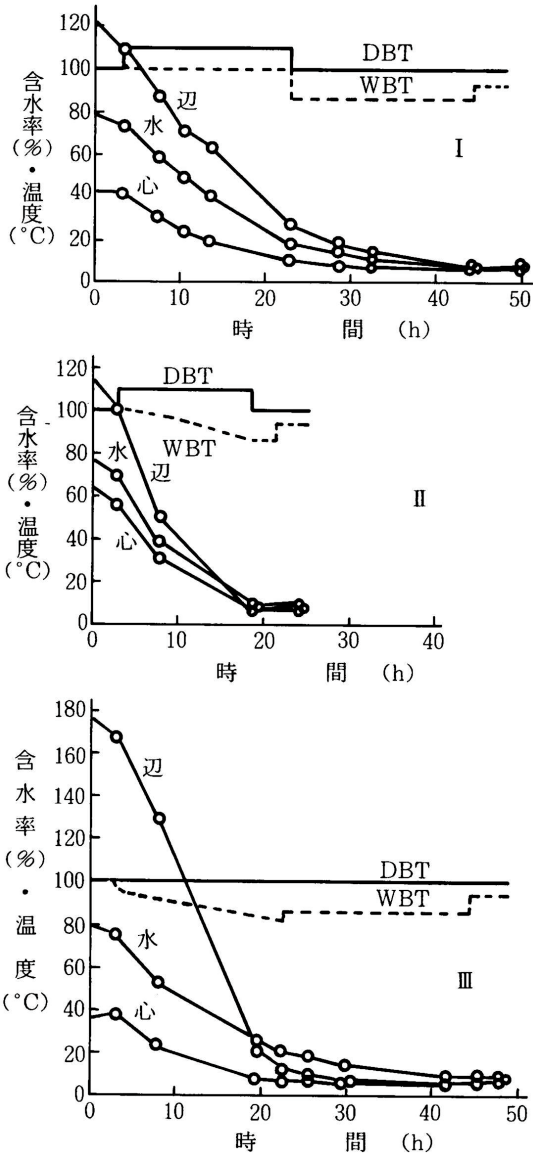
今回の3回の高温乾燥試験では、供試材の全数について、乾燥開始前、乾燥途中及び乾燥後(仕上がり時)の含水率を測定し、乾燥中の含水率のばらつきについて検討した。すなわち、均一な仕上がりを期待するための乾燥時間、調湿時間を推定すること、及び水食い材の乾燥経過を追跡すること等を調べる目的で行った。なお、含水率の測定法は、前述の3.1の初期含水率分布の項で述べたように乾燥後の板を全乾することにより求めた。

結果を第4、5図に示す。第4図はスケジュールの場合で乾燥時間は24.5時間、第5図はスケジュールの場合で乾燥時間は48時間である。イコーライジング時間は、では3時間、では23時間となっている。

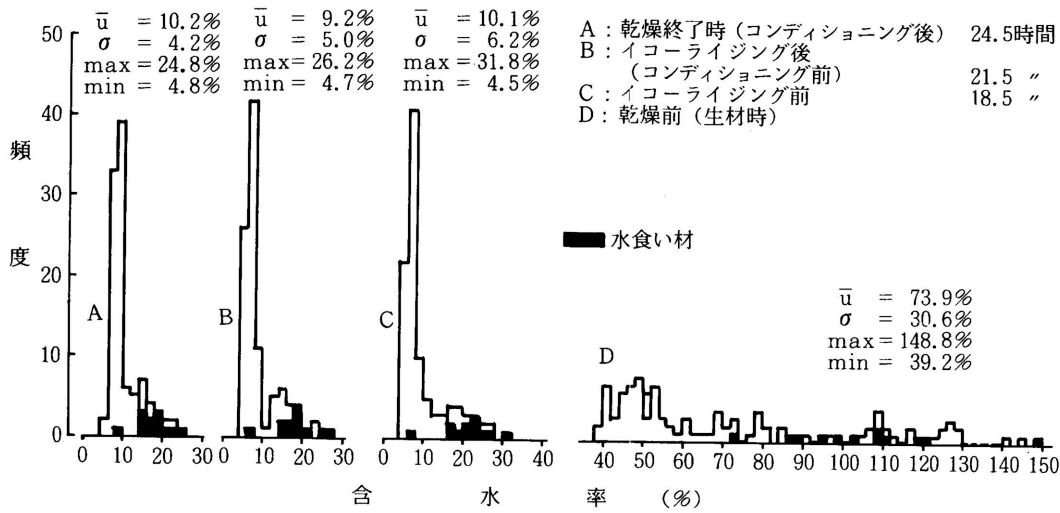
乾燥前の含水率(D)を見ると、平均値はが73.9%。が80.1%で後者は少し高いが、範囲はほぼ等しい。また図の中の水食い材の含水率は2つの図とも、非常に含水率の高い辺材と含水率の低い心材の間にあることが分かる。

この状態から乾燥が進み、イコーライジングにはいる前の含水率(C)を見ると、では平均が10.1%、

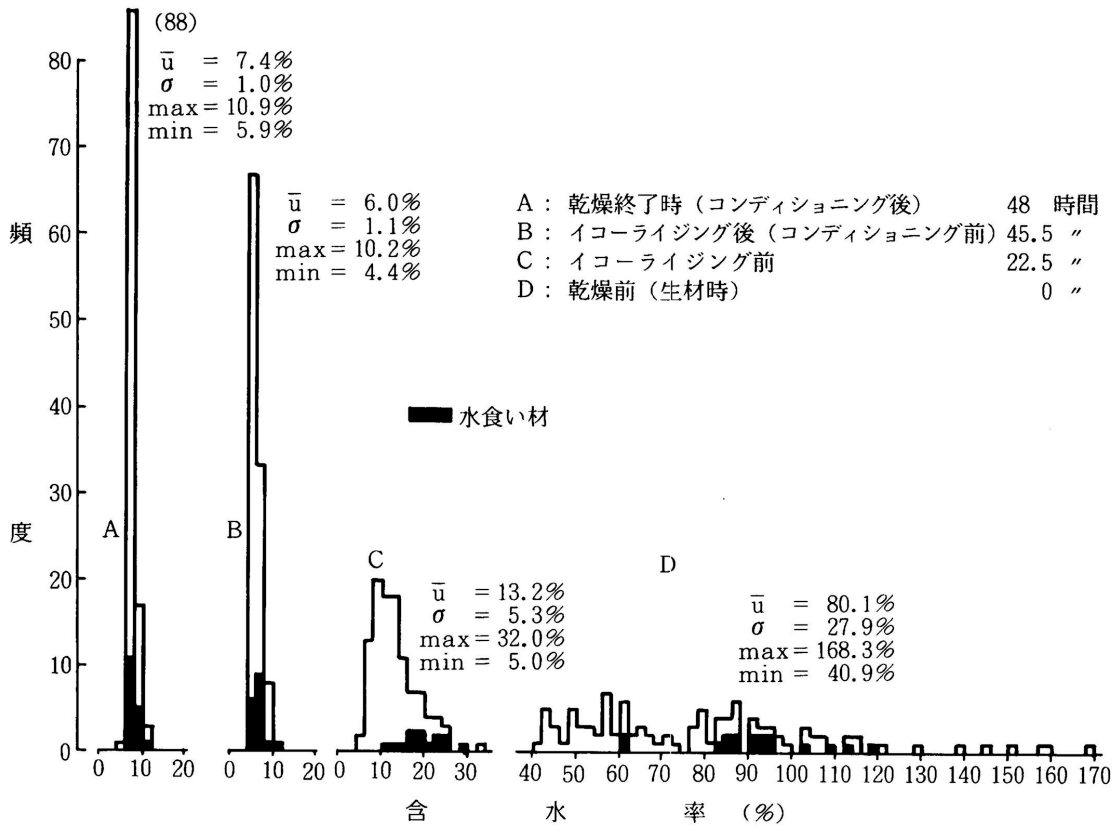
では13.2%になったが、この状態での個々の板の含水率の範囲は、それぞれ4.5~31.8%、及び5.0~32.0%であった。いずれの試験でも含水率30%を超える板が残っている。そして、水食い材の含水率は高い



第3図 トドマツ板材の高温乾燥経過とスケジュール
DBT: 乾球温度, WBT: 湿球温度, 辺: 辺材,
水: 水食い材, 心: 心材



第4図 高温乾燥中のトドマツ板材の含水率分布 (スケジュール の場合)
測定枚数104枚, \bar{u} : 平均含水率, σ : 標準偏差, max: 最大含水率, min: 最小含水率



第5図 高温乾燥中のトドマツ板材の含水率分布 (スケジュール の場合)
測定枚数109枚, \bar{u} : 平均含水率, σ : 標準偏差, max: 最大含水率, min: 最小含水率

方に偏っているのが分かる。すなわち、この含水率レベルでは水食い材の乾燥が遅れ、これが含水率むらの

大きい原因になっていることが分かる。一方、はじめは水食い材よりも含水率の高かった辺材は、この段階

第3表 高温乾燥におけるトドマツ板材の反りと曲がり

スケジュール No.	本 数	縦 ぞ り ^{a)}		曲 が り ^{a)}		幅 ぞ り ^{b)}	
		平 均 (mm)	範 囲 (mm)	平 均 (mm)	範 囲 (mm)	平 均 (mm)	範 囲 (mm)
I	99	6.9	0 ~ 37.5	4.6	0 ~ 21.0	1.32	0.42 ~ 2.67
II	104	5.9	0 ~ 25.0	3.8	0 ~ 23.0	1.24	0.03 ~ 7.90
III	109	9.1	0 ~ 60.0	4.3	0 ~ 26.0	1.15	0.00 ~ 2.96

注) a) スパン3.65m当たりの最大矢高。

b) スパン 10cm当たりの中央矢高。

スケジュール : 乾球温度100 110 , 湿球温度100 , スケジュール : 乾球温度100 110 ,
湿球温度100 86 , スケジュール : 乾球温度100 , 湿球温度100 80 。

でも水食い材と同じか、あるいはそれ以下にまで乾燥してきている。

次にイコーライジング後 (B) 含水率を見ると、3時間しか行わなかった では、含水率の分布の形がほとんど (C) と同じである。しかし、23時間のイコーライジングを行った では、含水率の平均が6.0%、範囲が4.4~10.2%になった。そしてこの段階では、水食い材もその他の板とほぼ等しい含水率まで乾燥されてきている。最後にコンディショニングを、とも3時間前後行い乾燥を終了した。仕上がり含水率 (A) の平均は では、10.2%、 では7.4%となり、範囲は、それぞれ4.8~24.8%、及び5.9~10.9%となった。目標の仕上がり含水率は8%であったが、仕上がり含水率の平均値を比較すると、もも8%からそれほど差がない。しかし、イコーライジング時間の違いによって、個々の板の仕上がり時のばらつきには、このようにかかなりの開きが出た。もちろん、絶対的な乾燥時間が では24.5時間、 では48時間で約2倍の差があることが仕上がり含水率むらの大小に直接影響するが、この時間差の内容はイコーライジングの長さの長短である。したがって、今回の条件に近い高温乾燥で、含水率むらを最少にする乾燥を行うと、約2日の乾燥時間が必要であり、その内の1/2はイコーライジングに当てなければならないことになる。イコーライジングを行わず単に材の平均含水率の低下を指標として乾燥程度を判断すると、乾燥時間の短縮は望めるが (スケジュール の場合)、仕上がり時の含水率むらは、前述のように、かなり大きくなる

ことを覚悟しなければならない。

3.4 狂い

第3表に狂いの結果を示す。すなわち、3回の高温乾燥後の各供試材について縦ぞり、曲がり、幅ぞりを測定した。縦ぞりと曲がりは材長3.65m当たりの最大矢高を求めた。また幅ぞりは板の幅方向10cm当りの中央矢高を求めた。表の中には平均値と範囲を示した。板の材質の面で、スケジュール の場合には多少アテが他の場合よりも多かったので縦ぞりにおいて、狂いが大きい結果となったが、全体的にはスケジュールの違いによる狂いの大きさの差はなかった。

3.5 割れ

高温乾燥後の割れについて第4表に示した。木口割れと表面割れの測定を供試材全数について行ったが、この内、割れの発生が認められた板について集計を行い、水食い材 (A)、水食い材 (B)、非水食い材に分けて、割れ発生材率、割れ1本当たりの平均長さ・幅、材1枚当たりの平均割れ本数を求めた。すなわち、1回の試験に供試した板の内の何%に割れが発生したか、また発生した割れは板1枚当たり、平均で、どれぐらいの長さ、幅のものが、平均何本発生したか、という評価を行った。

3.5.1 木 割れ

木口割れは板の両木口合わせてどれだけ発生したかを示した。割れ発生材率はスケジュール が相対的に少なく76%であったが、絶対的には他と同様である。スケジュール は乾球温度100、湿球温度は乾燥中制御を止めていたもので、成り行きに任せしたが、94~

第4表 高温乾燥におけるトドマツ板材の割れ^{a)}

スケジュー ル	材種	測定材 数	木口割れ			表面割れ				
			割れ発 生材率 (%)	長さ (cm)	幅 (mm)	本数 (本)	割れ発 生材率 (%)	長さ (cm)	幅 (mm)	本数 (本)
I	水食い材(A) ^{b)}	4	100 ^{d)}	4.0 (2.3~7.1) ^{c)}	0.3 (0.1~0.6)	4.8 (2~8)	100	17.2 (11.2~21.9)	0.2 (0.1~0.2)	7.8 (4~12)
	“ (B) ^{b)}	39	95	3.9 (1.0~13.0)	0.2 (0.1~0.6)	5.2 (1~17)	72	22.4 (1.8~149.5)	0.4 (0.1~1.1)	4.2 (1~19)
	非水食い材	56	86	5.5 (1.6~34.0)	0.3 (0.1~1.1)	4.7 (1~15)	70	35.0 (0.8~148.0)	0.5 (0.1~1.3)	3.5 (1~14)
	平均値	—	90	4.5 (1.0~34.0)	0.3 (0.1~1.1)	4.9 (1~17)	74	24.9 (1.8~149.5)	0.4 (0.1~1.3)	5.2 (1~19)
II	水食い材(A)	12	58	4.0 (0.7~11.7)	0.4 (0.1~1.1)	1.9 (1~2)	83	7.4 (1.8~16.2)	0.3 (0.1~0.5)	5.7 (1~25)
	“ (B)	32	91	6.7 (1.0~80.9)	0.2 (0.1~0.8)	4.2 (1~9)	77	16.7 (0.1~91.1)	0.4 (0.1~1.1)	4.1 (1~28)
	非水食い材	60	90	4.4 (1.0~61.8)	0.2 (0.1~0.6)	6.3 (1~13)	30	5.6 (1.9~10.5)	0.3 (0.1~0.8)	1.9 (1~8)
	平均値	—	87	5.0 (0.7~80.9)	0.3 (0.1~1.1)	4.1 (1~13)	64	9.9 (1.0~91.1)	0.3 (0.1~1.1)	3.9 (1~28)
III	水食い材(A)	18	56	11.1 (1.8~35.0)	0.3 (0.1~1.2)	2.2 (1~5)	94	13.6 (3.6~35.1)	0.3 (0.1~0.7)	7.3 (1~15)
	“ (B)	74	77	8.7 (1.0~100.5)	0.3 (0.1~0.2)	4.2 (1~13)	55	11.3 (1.1~95.1)	0.3 (0.1~1.0)	4.4 (1~24)
	非水食い材	17	94	3.5 (1.0~16.0)	0.3 (0.1~1.1)	3.2 (1~9)	77	8.8 (1.0~34.0)	0.2 (0.1~0.4)	2.0 (1~4)
	平均値	—	76	7.8 (1.0~100.5)	0.3 (0.1~1.2)	3.2 (1~13)	65	11.2 (1.0~95.1)	0.3 (0.1~1.0)	4.5 (1~15)

注) a) 割れの評価は測定した材数の内、割れ発生があった材について統計した。長さ、幅は割れ1本当たりの平均値、本数は材1枚当たりの平均値。

b) 水食い材(A)は(B)よりも水食いの程度が著しい。

c) ()内の数値は個々のデータの範囲を示す。

d) 割れ発生材率は、全割れ発生材数/測定材数×100(%)。

80 で乾球温度差は6~20 である。

また割れ長さは3回の高温乾燥の平均で4.5~7.8 cm、割れ幅は0.3mm、割れ本数は3.2~4.9本であった。割れの量についての差はあまりない。

既報¹⁾の高温乾燥では木口割れの発生材率は100%で、長さ、幅が今回のいずれの試験よりも小さい。しかし、本数は今回よりも多かったが、これは既報の試験の場合の材の初期含水率が今回の材の含水率(平均71.7%)よりも低く、平均44.7%であったこと、すなわち、乾燥試験までにある程度の天然乾燥が進んだため割れ長さは短いが高温乾燥以前に多数発生していたことが考えられる。木口割れを材の利用面から考えると割れ発生材率は高くても、また本数が多くても長さが短い方がよいと考えられるため、これらの結果か

ら考えると、高温乾燥を行う場合でも材の初期含水率は低い方が木口割れによる歩留まり低下を少なくできる。水食い材と非水食い材の木口割れの程度の差は認められない。

3.5.2 表面割れ

表面割れの発生材率はスケジュール , がほぼ等しく、また に比べわずかに少ない。割れ長さもスケジュール , がほぼ等しく よりも短い。この結果については、乾燥初期の温度差の違いが影響していると思われる。すなわち、スケジュール の乾燥初期の乾球温度差は10 であるが、スケジュール , では乾球温度の制御を停止したものの、実際の乾燥初期の温度差は、 では8 では6 とより小さかったことが原因として考えられる。割れ幅、本数はい

れの場合も同様な結果である。

既報の高温乾燥の結果では、割れ発生材率は67%で今回の結果とほぼ等しいが、供試材別に見ると非水食い材の割れ発生材率が0%であり水食い材についてはほぼ等しかった。この結果については、前述の木口割れの項目で言及したように初期含水率の違いに原因があるものと思われる。すなわち、今回の材の初期含水率は、既報の材よりも高く、乾燥初期の乾燥速度が大きくなり割れに対しては厳しかったといえる。

スケジュールについては、割れ及び省エネを考慮すると、今回のスケジュールの中では (または) が

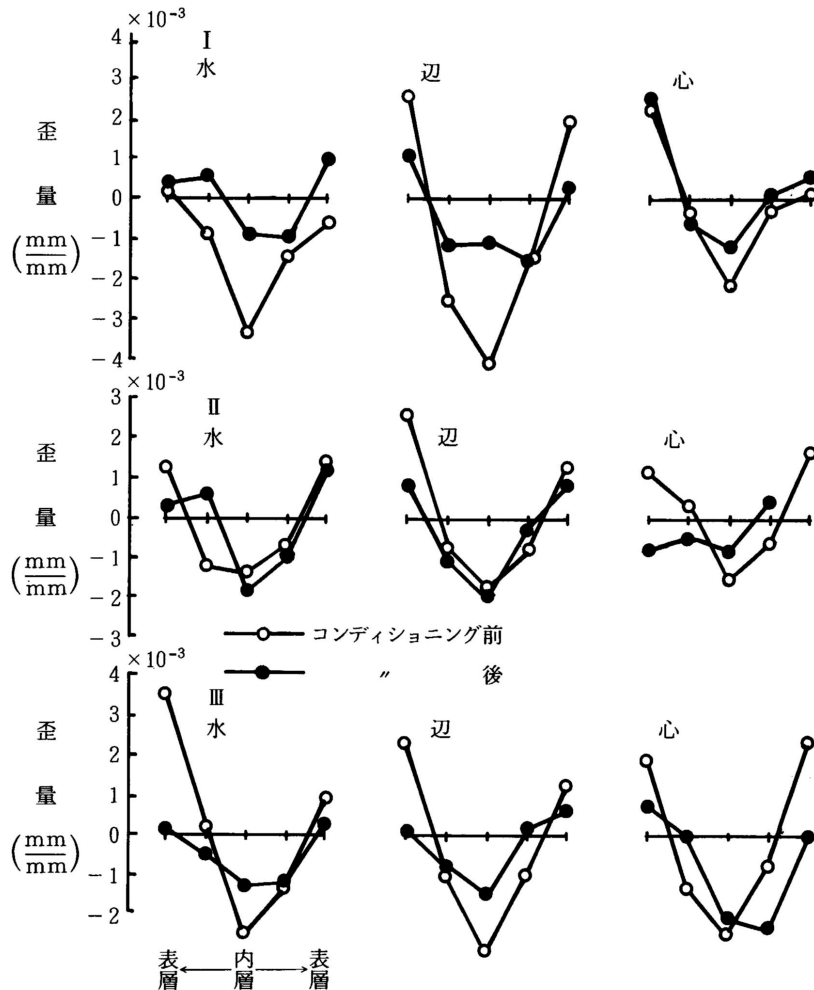
良いようである。

すなわち、乾燥初期に乾湿球温度差を小さくするために湿球温度を制御して高く保ったスケジュールと比べ、では、湿球温度を制御せず、乾燥初期から吸排気筒のダンパーを閉じ湿度については成り行きに任せたが、結果的にこの操作が、乾燥初期の乾燥室内の湿度を湿球温度を制御して高く保つ場合と同じかあるいは、それよりも高くなる条件を持たらしたといえる。また湿球バルブを閉じている分だけ使用蒸気量が節約されるため、省エネにつながる。乾燥室の気密性が更によければ、この操作を行うことによって乾燥初期には、乾湿球温度差をさらに小さくできるため、割れに対しては安全となる。しかし、幾分乾燥時間は延

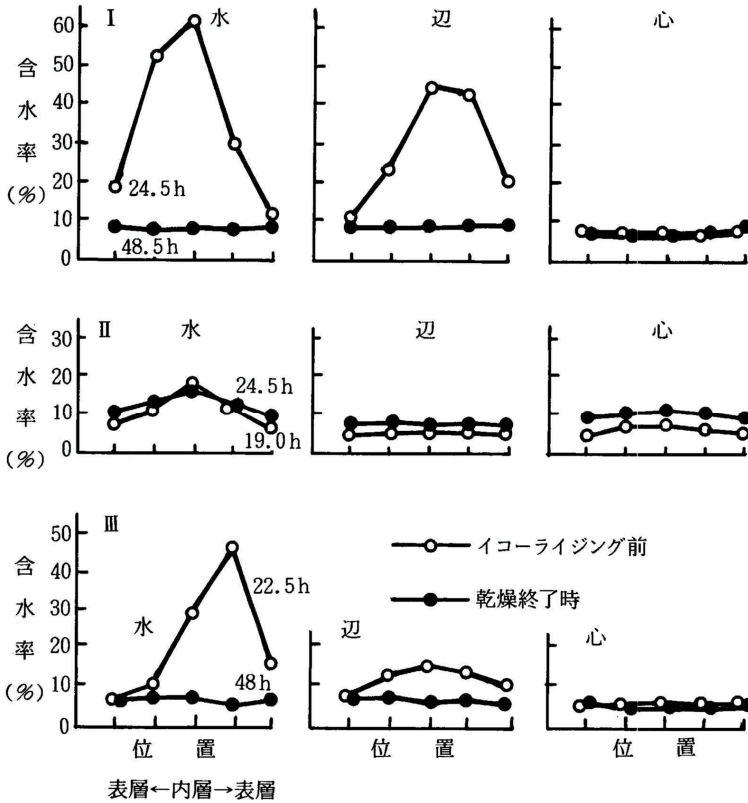
長することになる。

3.5.3 乾燥応力と水分傾斜

第6図に、調湿(コンディショニング)前後の板の乾燥応力の状態を瞬間解放ひずみの大きさで示す。また、第7図には、イコーライジング前と乾燥終了時の板の厚さ方向の水分傾斜の状態を示す。乾燥応力の除去のために3時間程度のコンディショニングを行ったが、もう少し時間が必要である。水分傾斜はイコーライジングを23時間前後実施したスケジュールでは、ほとんど無くなったが、3時間程度のスケジュールでは、水食い材の場合を見ると、水分傾斜は解消



第6図 トドマツ板材(27mm)のコンディショニング前後の乾燥応力
 , , はスケジュールの別を示す。
 水:水食い材, 辺:辺材, 心:心材



第7図 トドマツ板材(27mm厚)の水分傾斜
 , , はスケジュールの別を示す。
 水:水食材, 辺:辺材, 心:心材

じて、室内の湿度は材から蒸発してくる水蒸気によって賄われているため、湿球温度の維持に必要な蒸気の供給をしていないために少ない蒸気消費量となった。しかし、この場合、仕上がりが含水率むらが大い結果となったのでこれを除去するためのイコーライジングの時間を長く取る必要がある。それを考慮すると蒸気消費量はスケジュールの場合に近づくものと思われる。

スケジュールは同じように湿球温度を成り行きに任せただが、乾燥温度は100で今回のスケジュールの中では最も低い設定である。したがって、蒸気消費量は最も節約されるスケジュールである。表

されていない。23時間のイコーライジングは水分傾斜を取り除くためにも高温乾燥では効果的であることが分かる。

3.5.4 蒸気消費量

第5表に高温乾燥に消費した蒸気量の結果を示す。参考のために既報¹⁾における中温乾燥の場合のデータも合わせて示した。この表の中のスケジュールの場合、試験途中で蒸気流量計が故障したため、他の試験結果を参考にして推定した値を示した。

スケジュールは最も多い蒸気消費量を示したが、これは、湿球温度を100に保つように制御したためこれに消費された蒸気量がかさんだためである。最も少ないのはスケジュールであるが、この場合乾燥時間が他の場合の約1/2であること、また湿球温度の制御をやめ、湿球バルブを閉じ、吸排気筒のダンパーを閉

の最下段に示した中温乾燥の結果は2番目に少ない蒸気消費量であった。初期含水率が他に比べ低いので直接比較するには無理があるが、初期含水率がスケジュール、と同じ程度であれば、含水率1%当たりの蒸

第5表 高温乾燥における蒸気消費量

スケジュール No.	含水率		乾燥時間 (h)	全蒸気消費量 (kg)	含水率1%当たりの消費量 (kg/%)	1時間当たりの消費量 (kg/h)
	初期 (%)	仕上がり (%)				
I	60.4	6.4	48.5	5000	92.6	103.1
II	73.9	10.2	24.5	1410	22.1	57.6
III ^{a)}	80.1	7.4	48.0	2675	36.8	55.7
中温 ^{b)}	43.9	7.5	54.5	1728	47.5	31.7

注) a) 流量計の故障により測定できなかったため
 今までのデータから推定した値。

b) 第5報¹⁾の結果を示した。
 使用蒸気圧力は3.5kg/cm²。

気消費量が中温乾燥の方が大きいのでスケジュール
 の蒸気消費量よりも多くなることが予測される。
 したがって、既報¹⁾において高温乾燥(今回のスケ
 ジュールに相当)の全蒸気消費量は中温乾燥よりも
 大きく、2~3倍を必要としたというのは、湿度を高
 く保つための蒸気消費量が多かったためであった。し
 かし、蒸気を節約するために、湿球バルブを閉じて、
 なおかつ吸排気筒のダンパーを閉じた状態で、乾燥室
 内の湿度維持を材からの蒸発水蒸気である程度カバ
 ーする高温スケジュールを使用するならば通常の中温乾
 燥に比べ全蒸気消費量は少なくなると思われる。一般
 に高温乾燥では中温乾燥より全蒸気消費量は少ないと
 言われるが、それは、このようなスケジュールの高温
 乾燥と比較してのことであり、湿度を高く保ちながら
 高温乾燥する場合には、全蒸気消費量は大きくなる。

4 まとめ

トドマツ板材の高温乾燥を行う場合のスケジュール
 について、実際の板材の初期含水率の分布や乾燥中
 の含水率むらの状態を水食い材を含めて調べ、主に含
 水率むらを少なくするためのイコーライジングの時間、
 損傷と省エネを考慮した場合のスケジュールについて
 検討した。得られた知見は以下に示すとおりである。

(1) トドマツ生材(板)の製材直後のいわゆる生材
 含水率の平均値は71.7%でその範囲は33.3~168.3%
 に広く分布していた。そのヒストグラムの形は正規分
 布曲線のように左右対称にはならず低い含水率(50%
 付近)にピークを持つ左傾形の非対称な分布を示す。
 水食い材は必ずしも辺材よりも含水率は高くなく、含
 水率90~120%に多く分布した。

(2) 高温乾燥の条件としては、割れ、省エネを考慮
 すると乾球温度100 で、湿球温度は材温がついた時
 点で制御を止め、吸排気筒のダンパーを閉じた条件で
 乾燥するスケジュールが適用できる。ただし、乾燥室

の気密性がよいことが条件である。

(3) イコーライジング時間は仕上がり含水率むらを
 少なくするためには不可欠であり、今回の高温乾燥に
 おける全乾燥時間を2日とすれば、その1/2は必要で
 ある。この条件で乾燥すれば水食い材を含む場合でも
 仕上がり含水率むらを防ぐことができる。

(4) コンディショニング時間は3時間であったが、
 乾燥応力除去のためには少し短い。

トドマツ板材を生材から高温乾燥する場合に注意し
 なければならないのは、針葉樹の中では初期含水率
 が高いこと、ばらつきが大きいこと、乾燥性の悪い水
 食い材を含むこと等により仕上がり含水率むらが生じ
 やすいこと、割れが出やすいことである。今回求めた
 スケジュールは、これらの問題について完全に解決でき
 るものではないが、割れの軽減及び省エネ(蒸気消費
 量の節約)の両面を考慮した場合にはおおむねこのあ
 たりに着くものと考えられる。

さらに割れの軽減を求めるならば、天然乾燥などを
 行って材の初期含水率をある程度下げてから高温乾燥
 を行うことが結果的に効果がある¹⁾。

水食い材については、熱気乾燥(中温、高温乾燥の
 両方)では完全に割れの発生は防げない。

文 献

- 1) 信田 聡ほか3名: 林産試月報, 401, 10 (1985)
- 2) 矢沢亀吉: 総説「比重, 年輪, 含水率などの不均
 一性」, 材料, Vol. 12, No. 121 (1963)
- 3) 鷲見博史: 農林水産省林業試験場研究報告,
 第285号, (1975)

- 材料部 乾燥科 -
 (原稿受理 60.11.30)