

蒸気式乾燥装置内の温湿度および風速分布の適正化(第3報)

— 心持ち平角材の棧積み条件 —

伊藤 洋一 中 篤 厚 大崎 久司
上野 英治 長澤 岳志

Optimization of the Temperature, Humidity and Air Velocity Distribution in the Steam Dry Kiln (III) -Stacking-method for flat squares with pith-

Youichi ITO Atsushi NAKAJIMA Hisashi OHSAKI
Eiji UENO Takeshi NAGASAWA

Flat squares with pith, 114(T)×255(W)×3,650(L)mm, of Todomatsu (*Abies sachalinensis* Masters) wood were dried in a kiln using high temperature drying schedules. The air velocity in the kiln, temperature and humidity of the drying kiln were measured. So uneven drying was evaluated, the effects of uneven drying and wetwood on characteristics of the flat squares were investigated. The following results were obtained:

- 1) Coefficient of variation(C.V.) of air velocity: There was a marked change under 0.10 with constant blowing in the kiln.
- 2) Temperature decline to the setting: With the airflow on normal and reverse, the temperature decline of the upper leeward side was increased. Improving the stacking method was required for homogenized distribution.
- 3) Surface check area and internal check area: Compared with sawn squares, regardless of the extent of wetwood, it is likely that the surface check and internal check were large. Large check areas of the flat squares showed the need for improving kiln-drying schedules.

Key words: high-temperature drying, wetwood, moisture distribution, airflow, check
高温乾燥, 水食い材, 水分傾斜, 風速, 割れ

トドマツ心持ち平角材(厚さ114×幅255×長さ3,650mm)を用いて, 高温乾燥試験を行った。高温乾燥の開始前には蒸気式乾燥装置内の風速測定を行った。高温乾燥中には乾燥室内の温湿度を測定して温湿度むらの評価を行った。また, 温湿度むらや試験材の水食いの程度が, 高温乾燥を行った平角材の品質に及ぼす影響について検討した。得られた知見は, 以下のとおりである。

- 1) 風速値に関しては, 変動係数が0.10を越える変動幅の大きな測定点がなく, 安定した風回りが実現されている。
- 2) ファンの正転時および逆転時ともに, 風下側では上段へ行くほど設定乾球温度に対する温度低下が大きいので, 棧積み条件を改善する必要がある。
- 3) 表面割れや内部割れについては, 正角材の試験と比較すると, 水食いの程度にかかわらず割れ面積は大きいと考えられるため, 乾燥スケジュールの改善が必要である。

1. はじめに

著者らはこれまで、実大材を対象とした試験を行い、高温乾燥スケジュールの改善と高温乾燥装置内における温湿度と風速の適正条件を検討してきた¹⁻⁵⁾。その結果、棧積み時における条件として「棧木厚さ」、「列間隔」、「棧積み側面から乾燥室壁面までの距離」が挙げられることがわかった。

特に、前報⁴⁾では、トドマツ心去り平角材の高温乾燥について、主として以下のことが明らかとなっている。

①適正な棧積み条件の下では、風速値の変動係数が0.20を越える変動幅の大きな測定点はほとんどなく、全体的に安定した風回りが実現されていた。

②仕上がり含水率は、初期含水率および水食い程度の影響を強く受けていた。

③表面割れ面積については、水食いの程度が同じであれば、棧積み位置にかかわらず、ほぼ同等と

なった。また、水食いの程度が「わずか」あるいは「なし」の場合には、表面割れ面積は十分に小さい値であった。

本報では、以上の結果を踏まえ、乾燥室内の風速および温湿度むらやトドマツの水食い程度が高温乾燥を行った心持ち平角材の品質に及ぼす影響について述べることにした。

2. 試験方法

2.1 乾燥装置

使用した人工乾燥装置は、アサヒ動熱製人工乾燥装置 AHX-20S（平成8年設置、収容材積5.6m³（約20石）、幅1.6×高さ2.0×奥行4.5m）である。

2.2 試験材

測定した材料は、第1表および第1図に示すトドマツ心持ち平角材である。乾燥前の含水率分布は第2図のとおりである。水食いの程度については、

第1表 トドマツ試験材の寸法と棧積み方法

Table 1. Size and stacking-method for Todomatsu (*Abies sachalinensis* Masters) specimens.

試験材寸法 Size of specimens (厚×幅×長) (T×W×L) (mm)	棧積み時の列間隔 Spacing (cm)	1段あたりの本数 Pieces of lumber /Course (本)	総本数 Total (本)
114×255×3,650	7	3	24

注) 棧積み幅: 90.5cm, 棧積み段数: 8段, 重錘量: 約5.2トン, 棧木厚: 3.0cm, 棧積み側面から乾燥室壁面までの距離: 58.8cm
Note) Packing width: 90.5cm; Total stacking course: 8; Total stacking weights: 5.2 t; Sticker thickness: 3.0 cm; Distance from package piling to sidewall of drying room: 58.8cm



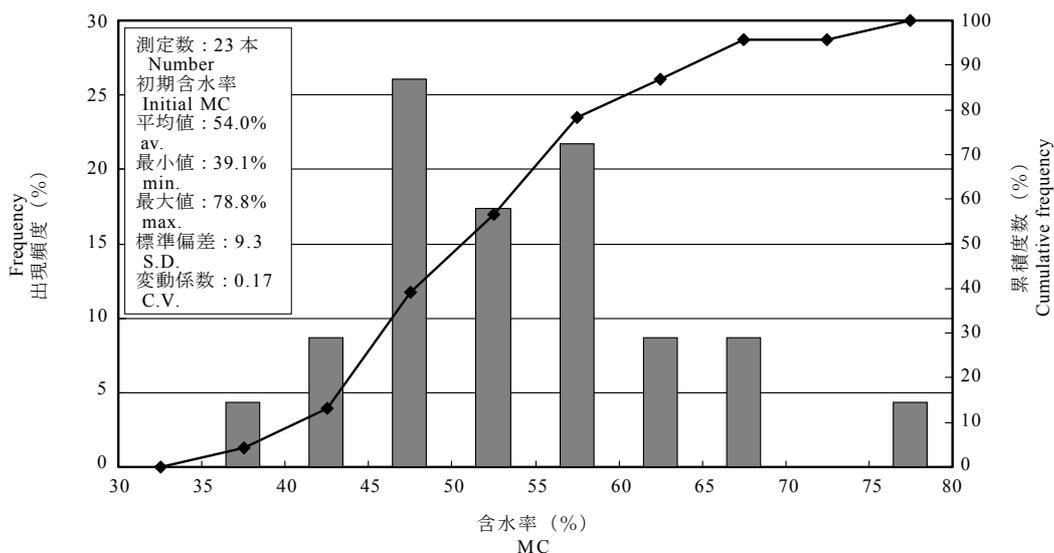
(a) 正面
Front view



(b) 側面
Side view

第1図 試験材の棧積み

Fig. 1. The package piling of specimens.



第 2 図 試験材の初期含水率分布

注) 累積度数は第 2 数値軸を使用した。

Fig. 2. Distribution of initial Moisture content (MC) in specimens.

Note) Cumulative frequency was used second vertical axis.

第 2 表 高温乾燥スケジュール

Table 2. High temperature kiln-drying schedule.

段階	乾球温度	湿球温度	設定時間	循環ファンの 回転周波数	工程
Step	D.B.T. (°C)	W.B.T. (°C)	Time (h)	Frequency of fan (Hz)	Process
1	100	100	2	40	初期蒸煮 Pre-steaming
2	96	96	20	40	蒸煮 Steaming
3	120	70	48	50	昇温・乾燥 Rising temp. & Drying
4	105	65	48	40	乾燥 Drying
5	90	86	24	40	イコーライジング・ コンディショニング Equalizing & Conditioning
6	—	—	48	—	冷却 Cooling

前報⁴⁾と同様の分類を行った。

2.3 乾燥スケジュールと運転条件

第 2 表に、既報の結果⁶⁻¹¹⁾を参考にし、今回の試験で採用した乾燥スケジュールを示す。今回は乾燥時間を短縮するために、湿球温度を既報¹⁻⁴⁾より低めに設定した。仕上がり含水率は平均で 17% になるように設定した。今回の運転における灯油消費量は 591L (運転時間は 5 日と 22 時間) であった。

乾燥室内の循環ファンの運転については、前報⁴⁾と同じである。

2.4 風速測定

風速測定は、前報⁴⁾と同様に温湿度センサーを取り付けた測定点 (15 か所) にて行った。使用し

た機器は、日本科学工業 (株) 製アネモマスター MODEL24-6111 である。

2.5 温湿度測定

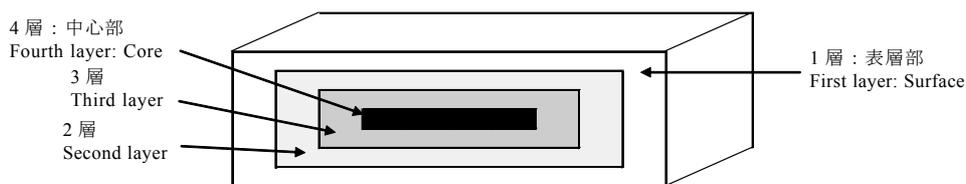
温湿度センサーは乾燥室外部のデータロガーに接続し、1 分間隔で測定した。各センサー設置場所は、前報⁴⁾と同様に計 15 か所である。

2.6 水分傾斜測定

高温乾燥後のすべての試験材について、1 本あたり 2 か所の水分傾斜を測定した。木取り方法は前報⁴⁾と同じである。水分傾斜の評価は、表層部から中心部まで 4 層に分類して行った (第 3 図)^{3-4, 12)}。

2.7 割れおよび狂いの測定

高温乾燥後の試験材について、表面割れ面積と



第3図 水分傾斜試験体の区分

Fig. 3. The division of specimens in the moisture distribution experiment.

内部割れ面積および狂い（ねじれ・縦ぞり・曲がり）の測定を行った^{3-4, 13-17}。

3. 結果と考察

3.1 乾燥室内の風速について

第3表に風速の測定結果をファンの設定周波数別に示す。全体を通して風速値の変動係数が0.10を越える変動幅の大きな測定点がなく、安定した風回りが実現されていることがわかった。

また、今回の試験では、ファンの設定周波数を40Hzに低下させた時でも、風下側において平均値が1.0m/s以下となる点はなかった。加えて、風速を上げるために周波数を増加させるとコスト増になることやファン部品の損耗が激しくなる。したがって、風速の測定結果より、今回の栈積み条件であれば、第2表の乾燥スケジュールのうち、最高温度となる段階3以外を40Hzに設定したことおよび段階3の設定周波数を50Hzとした今回の条件設定は妥当であると思われた。

3.2 乾燥室内の温湿度について

第2表における乾燥スケジュール段階3で得られた乾球温度、湿球温度、乾湿球温度差、相対湿度をファンの正転時、逆転時別に第4表および第4, 5図に示す。全体的な傾向としては、乾燥室前側（大扉側）の測定温度が前報⁴と比較して低くなったことが挙げられる。この理由は、大扉と栈積みとの間隔が32.5cmであったのに対し、乾燥室後壁と栈積みとの間隔が64cmだったことや、前報⁴の試験実施時期が5月だったのに対し、3月に実施された今回の試験では外気温の影響を受け、開口部のある大扉側の温度低下が大きくなった可能性があるものと思われた。

また、ファンの正転時および逆転時ともに、風上側での乾球温度は、栈積み上段・中段・下段にかかわらず、設定乾球温度120℃に対して、ほぼ設定どおりに推移していた。一方、風下側において、乾球温度の平均値は、上段で111.5～116.2℃、中段で112.0～117.7℃、下段で113.1～119.0℃であり、上段へ行くほど設定温度に対する温度低下がやや大きくなる傾向であった。過去の試験結果⁴と比較すると、この温度低下幅は大きいことから、栈積み条件を改善させる余地があるものと思われた。例えば、栈積みと重錘との間隔を少し開けることで、上段部に風の通り道を確保する等の対応策が考えられる。

3.3 試験材の品質と水分傾斜について

乾燥後の仕上がり含水率分布は第6図のとおりである。仕上がり含水率の平均値は11.1%で、最大値が16.5%であることから、北海道乾燥材普及協議会の推奨含水率基準（17%以下）を満たしていた。

初期含水率と仕上がり含水率の関係は第7図のとおりである。今回採用した乾燥スケジュールを用いることを前提とすれば、仕上がり含水率を17%に設定した場合は目安として初期含水率99.9%以下の製材を乾燥すればよいことになる。また、初期重量と仕上がり含水率の関係は第8図のとおりで、仕上がり含水率を17%に設定した場合は目安として初期重量65.4kg以下の製材を乾燥すればよいこととなる。

第5表に、試験材の乾燥前後の含水率と水食いの程度および乾燥材の品質測定結果について示す。これまでの試験では、水食いの程度が同じであった場合、表面割れ面積は上段の試験体の方が大き

第3表 乾燥室内風速の棧積み位置による比較

Table 3. The comparison of air velocity in the airflow on normal and reverse.

循環ファンの回転周波数=40Hz Frequency of fan = 40Hz											
測定点 Measured points		風速 (正転) (m/s) Normal airflow				変動係数 C.V.	比較対象 Subject of comparison	風速 (逆転) (m/s) Reverse airflow			
		最小値 min.	最大値 max.	平均値 av.	最小値 min.			最大値 max.	平均値 av.	変動係数 C.V.	
	主流 Main airflow		4.0	4.4	4.2	0.05	主流 Main airflow	4.1	4.4	4.3	0.04
上段	風上 Windward	P 4	3.4	3.7	3.6	0.04	P 1	3.1	3.4	3.3	0.05
		P 10	2.3	2.5	2.4	0.04	P 7	2.7	3.0	2.9	0.05
8th course	中央 Middle of 8th course	P 13	2.0	2.2	2.1	0.05	P 13	2.5	2.7	2.6	0.04
	風下 Leeward	P 1	2.4	2.6	2.5	0.04	P 4	2.5	2.7	2.6	0.04
中段	風上 Windward	P 5	3.3	3.5	3.4	0.03	P 2	3.0	3.3	3.2	0.05
		P 11	3.3	3.6	3.5	0.04	P 8	2.8	3.1	3.0	0.05
4th course	中心 Center	P 15	1.9	2.1	2.0	0.05	P 15	2.4	2.6	2.5	0.04
	風下 Leeward	P 2	3.1	3.3	3.2	0.03	P 5	2.6	2.8	2.7	0.04
下段	風上 Windward	P 8	2.3	2.5	2.4	0.04	P 11	2.3	2.5	2.4	0.04
		P 6	3.5	3.8	3.7	0.04	P 3	3.0	3.3	3.2	0.05
1st course	中央 Middle of 1st course	P 12	3.0	3.3	3.2	0.05	P 9	2.9	3.3	3.1	0.06
	風下 Leeward	P 14	1.8	2.0	1.9	0.05	P 14	2.2	2.4	2.3	0.04
		P 3	2.7	2.9	2.8	0.04	P 6	2.6	2.8	2.7	0.04
		P 9	2.3	2.5	2.4	0.04	P 12	2.3	2.5	2.4	0.04

循環ファンの回転周波数=50Hz Frequency of fan = 50Hz											
測定点 Measured points		風速 (正転) (m/s) Normal airflow				変動係数 C.V.	比較対象 Subject of comparison	風速 (逆転) (m/s) Reverse airflow			
		最小値 min.	最大値 max.	平均値 av.	最小値 min.			最大値 max.	平均値 av.	変動係数 C.V.	
	主流 Main airflow		5.3	6.4	5.9	0.09	主流 Main airflow	5.3	6.2	5.8	0.08
上段	風上 Windward	P 4	4.2	4.6	4.4	0.05	P 1	3.9	4.3	4.1	0.05
		P 10	3.0	3.3	3.2	0.05	P 7	3.8	4.1	4.0	0.04
8th course	中央 Middle of 8th course	P 13	3.2	3.4	3.3	0.03	P 13	3.8	4.2	4.0	0.05
	風下 Leeward	P 1	3.3	3.6	3.5	0.04	P 4	2.8	3.0	2.9	0.03
中段	風上 Windward	P 7	3.0	3.2	3.1	0.03	P 10	3.1	3.3	3.2	0.03
		P 5	5.0	5.3	5.2	0.03	P 2	4.0	4.4	4.2	0.05
4th course	中心 Center	P 11	4.0	4.6	4.3	0.07	P 8	3.7	4.2	4.0	0.06
	風下 Leeward	P 15	3.3	3.6	3.5	0.04	P 15	3.6	3.8	3.7	0.03
下段	風上 Windward	P 2	3.6	3.9	3.8	0.04	P 5	3.2	3.5	3.4	0.04
		P 8	3.4	3.6	3.5	0.03	P 11	2.9	3.1	3.0	0.03
1st course	中央 Middle of 1st course	P 6	4.7	5.0	4.9	0.03	P 3	4.2	4.6	4.4	0.05
	風下 Leeward	P 12	4.6	5.0	4.8	0.04	P 9	3.8	4.2	4.0	0.05
		P 14	3.4	3.6	3.5	0.03	P 14	3.7	3.9	3.8	0.03
		P 3	3.8	4.0	3.9	0.03	P 6	3.2	3.5	3.4	0.04
		P 9	2.9	3.1	3.0	0.03	P 12	3.3	3.7	3.5	0.06

注) 測定値は小数点第2位を四捨五入した。主流は、ファンから送られた風が乾燥室壁面に当たる前の風速を測定した。棧積み側面から乾燥室壁面までの距離：58.8cm、棧積み幅：90.5cm、棧積み段数：8段、1段あたりの本数：3本、棧木厚：3.0cm

Note) The measured values were rounded to two decimal places.

The main airflow was measured for the air velocity before the airflow blew against the sidewall of the drying room.

Distance from package piling to sidewall of drying room: 58.8cm; Packing width: 90.5cm; Total stacking course: 8; Pieces of lumber/Course: 3; Sticker thickness: 3.0 cm

第4表 乾燥室内の温湿度

Table 4. The statistics for temperature and humidity in both normal and reverse airflows.

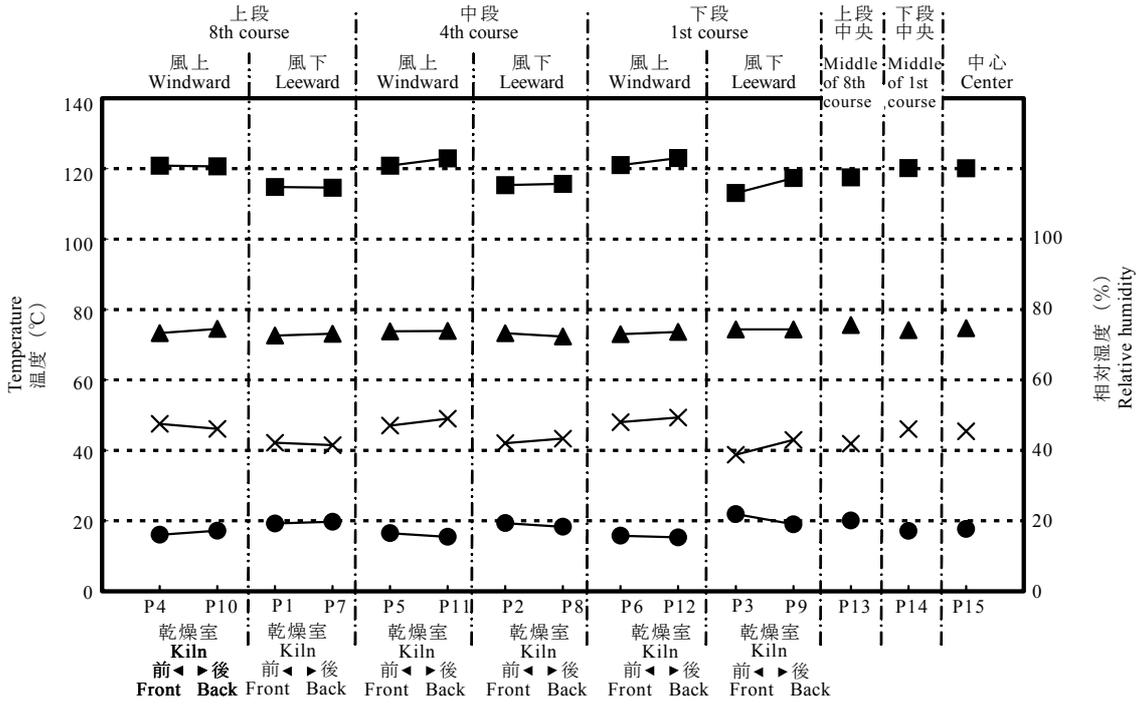
測定点 Measured points	乾球120℃正転 D.B.T.120℃ Normal			標準 偏差	変動 係数	乾球120℃逆転 D.B.T.120℃ Reverse			標準 偏差	変動 係数	
	最小値	最大値	平均値			最小値	最大値	平均値			
	min.	max.	av.			min.	max.	av.			
P 1	乾球温度 D.B.T. °C	112.1	117.2	114.8	1.6	0.01	117.7	120.5	119.3	0.7	0.01
	湿球温度 W.B.T. °C	71.8	73.4	72.6	0.3	>0.01	71.8	73.8	72.5	0.4	0.01
	温度差 D.B.T.-W.B.T. °C	39.5	45.2	42.2	1.8	0.04	45.3	48.4	46.7	0.7	0.02
	相对湿度 R.H. %	17.2	21.4	19.2	1.3	0.07	15.0	17.4	16.3	0.5	0.03
P 2	乾球温度 D.B.T. °C	112.5	118.2	115.3	1.6	0.01	115.5	118.4	116.8	0.8	0.01
	湿球温度 W.B.T. °C	72.7	73.8	73.3	0.3	>0.01	72.5	74.5	73.0	0.4	0.01
	温度差 D.B.T.-W.B.T. °C	39.1	45.2	42.0	1.8	0.04	42.4	45.3	43.8	0.6	0.01
	相对湿度 R.H. %	17.4	21.7	19.4	1.3	0.07	17.4	19.1	18.2	0.5	0.03
P 3	乾球温度 D.B.T. °C	110.7	116.5	113.1	1.5	0.01	117.4	120.9	119.8	0.6	0.01
	湿球温度 W.B.T. °C	73.9	74.9	74.3	0.2	>0.01	73.6	75.3	74.2	0.3	0.00
	温度差 D.B.T.-W.B.T. °C	36.5	42.4	38.8	1.4	0.04	42.7	46.6	45.5	0.6	0.01
	相对湿度 R.H. %	18.9	24.4	21.9	1.2	0.05	16.5	19.8	17.4	0.6	0.03
P 4	乾球温度 D.B.T. °C	119.5	123.0	120.8	0.9	0.01	110.3	116.4	111.5	0.8	0.01
	湿球温度 W.B.T. °C	72.3	74.1	73.3	0.3	>0.01	72.2	75.2	72.9	0.5	0.01
	温度差 D.B.T.-W.B.T. °C	45.9	50.2	47.5	1.0	0.02	37.4	41.9	38.6	0.8	0.02
	相对湿度 R.H. %	14.0	17.1	16.0	0.7	0.04	19.8	23.3	21.7	0.6	0.03
P 5	乾球温度 D.B.T. °C	119.4	122.6	120.8	0.8	0.01	110.8	115.6	112.0	0.7	0.01
	湿球温度 W.B.T. °C	73.2	74.4	73.8	0.3	>0.01	72.3	75.8	72.9	0.6	0.01
	温度差 D.B.T.-W.B.T. °C	45.6	49.0	47.0	1.0	0.02	37.4	40.1	39.0	0.5	0.01
	相对湿度 R.H. %	15.2	17.6	16.5	0.5	0.03	20.4	23.8	21.5	0.5	0.02
P 6	乾球温度 D.B.T. °C	119.5	123.1	121.0	0.9	0.01	113.3	117.3	114.3	0.6	0.01
	湿球温度 W.B.T. °C	72.2	73.5	73.0	0.3	>0.01	72.1	74.2	72.6	0.4	0.01
	温度差 D.B.T.-W.B.T. °C	46.4	50.3	48.0	1.0	0.02	40.8	43.6	41.8	0.6	0.01
	相对湿度 R.H. %	14.5	17.0	15.8	0.5	0.03	18.4	20.7	19.4	0.6	0.03
P 7	乾球温度 D.B.T. °C	113.0	116.1	114.6	0.7	0.01	117.5	122.1	119.9	0.9	0.01
	湿球温度 W.B.T. °C	71.6	74.4	73.1	0.7	0.01	71.8	74.7	73.4	0.7	0.01
	温度差 D.B.T.-W.B.T. °C	38.6	43.6	41.5	1.0	0.02	42.8	48.7	46.6	1.3	0.03
	相对湿度 R.H. %	17.8	21.7	19.7	0.9	0.04	15.0	19.2	16.7	0.9	0.05
P 8	乾球温度 D.B.T. °C	113.1	118.2	115.7	1.4	0.01	119.2	123.2	121.2	0.8	0.01
	湿球温度 W.B.T. °C	70.2	74.2	72.3	0.7	0.01	71.0	74.5	72.8	0.7	0.01
	温度差 D.B.T.-W.B.T. °C	39.1	46.4	43.3	1.8	0.04	45.8	50.9	48.4	1.1	0.02
	相对湿度 R.H. %	15.8	21.7	18.3	1.3	0.07	14.0	17.9	15.6	0.8	0.05
P 9	乾球温度 D.B.T. °C	114.4	120.4	117.3	1.5	0.01	120.2	124.9	122.8	1.0	0.01
	湿球温度 W.B.T. °C	72.1	76.2	74.3	0.9	0.01	72.1	76.3	73.9	1.0	0.01
	温度差 D.B.T.-W.B.T. °C	39.3	48.3	43.0	2.0	0.05	46.2	52.8	48.9	1.6	0.03
	相对湿度 R.H. %	15.5	22.2	19.0	1.5	0.08	13.1	17.1	15.4	1.0	0.06
P 10	乾球温度 D.B.T. °C	118.8	123.0	120.6	1.0	0.01	114.5	118.7	116.2	1.0	0.01
	湿球温度 W.B.T. °C	72.7	76.3	74.5	0.8	0.01	72.1	76.0	73.8	0.8	0.01
	温度差 D.B.T.-W.B.T. °C	43.6	49.5	46.1	1.5	0.03	40.0	46.3	42.4	1.3	0.03
	相对湿度 R.H. %	14.7	18.8	17.2	1.0	0.06	16.1	21.5	19.2	1.0	0.05
P 11	乾球温度 D.B.T. °C	120.8	125.3	122.9	0.9	0.01	115.7	119.6	117.7	0.8	0.01
	湿球温度 W.B.T. °C	72.2	75.4	73.9	0.7	0.01	72.0	75.7	73.6	0.9	0.01
	温度差 D.B.T.-W.B.T. °C	46.2	52.4	49.0	1.4	0.03	41.6	47.4	44.1	1.4	0.03
	相对湿度 R.H. %	13.1	17.3	15.5	0.9	0.06	16.0	20.1	18.2	1.1	0.06
P 12	乾球温度 D.B.T. °C	121.2	125.8	123.0	0.9	0.01	117.4	121.6	119.0	1.0	0.01
	湿球温度 W.B.T. °C	71.6	76.1	73.7	0.8	0.01	72.2	76.3	74.3	0.9	0.01
	温度差 D.B.T.-W.B.T. °C	46.2	54.2	49.3	1.4	0.03	42.3	48.1	44.7	1.5	0.03
	相对湿度 R.H. %	12.7	17.6	15.3	0.9	0.06	15.5	20.1	17.9	1.2	0.07
P 13	乾球温度 D.B.T. °C	114.7	120.8	117.5	1.4	0.01	112.8	117.1	114.8	1.0	0.01
	湿球温度 W.B.T. °C	74.1	77.7	75.6	0.8	0.01	72.7	77.5	74.8	0.9	0.01
	温度差 D.B.T.-W.B.T. °C	37.9	46.7	41.9	1.8	0.04	37.2	44.4	40.0	1.4	0.04
	相对湿度 R.H. %	16.5	23.5	20.1	1.5	0.07	18.0	24.4	21.3	1.3	0.06
P 14	乾球温度 D.B.T. °C	117.4	123.6	120.2	1.3	0.01	117.1	121.7	119.4	0.8	0.01
	湿球温度 W.B.T. °C	72.3	75.9	74.1	0.8	0.01	72.6	75.8	74.1	0.8	0.01
	温度差 D.B.T.-W.B.T. °C	43.1	51.3	46.0	1.8	0.04	42.2	49.1	45.3	1.3	0.03
	相对湿度 R.H. %	13.6	19.2	17.1	1.1	0.07	15.2	19.8	17.5	0.9	0.05
P 15	乾球温度 D.B.T. °C	118.1	122.5	120.1	1.1	0.01	113.2	117.9	114.9	0.8	0.01
	湿球温度 W.B.T. °C	74.1	75.3	74.7	0.3	>0.01	73.2	75.6	74.1	0.4	0.01
	温度差 D.B.T.-W.B.T. °C	43.3	48.4	45.4	1.2	0.03	38.9	42.9	40.8	0.9	0.02
	相对湿度 R.H. %	15.5	19.1	17.7	0.8	0.04	18.9	22.0	20.5	0.8	0.04

注) 第4表は、第2表の段階3におけるデータ

1): 標準偏差, 2) 変動係数

Note) Table 4 shows the data for Step 3 in Table 2.

1): Standard deviation; 2): Coefficient of variation

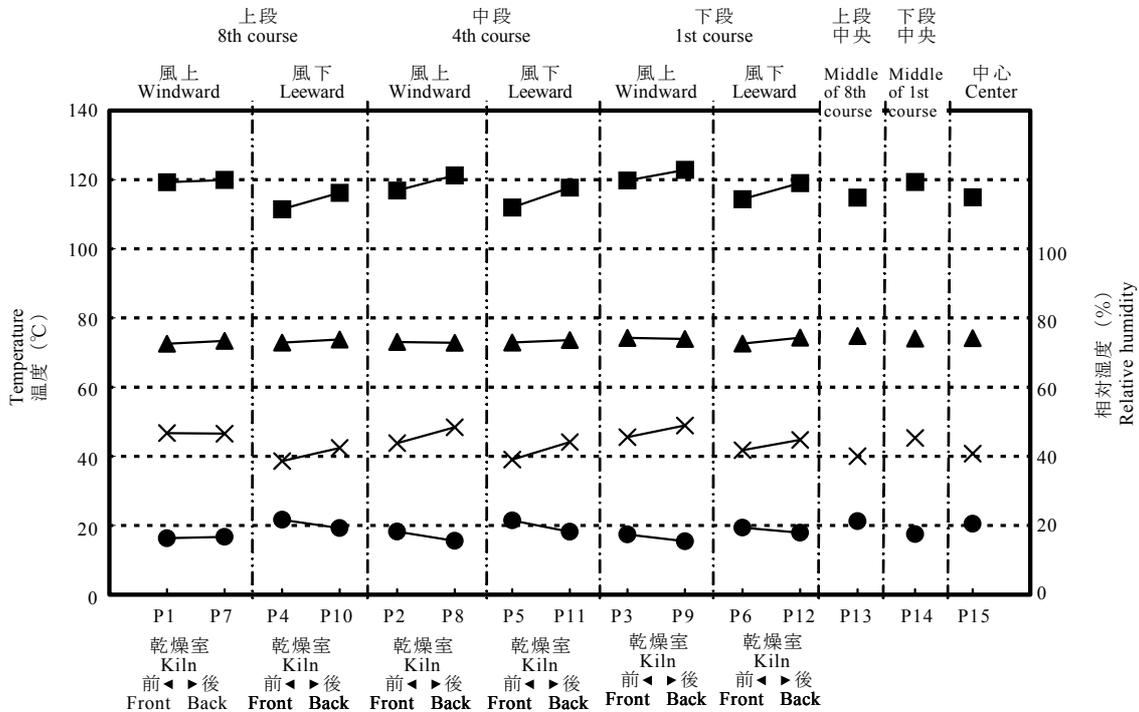


第4図 ファン正転時の乾燥室内での温湿度特性

注) 第2表の段階3におけるデータ
 凡例) ■: 乾球温度, ▲: 湿球温度, ×: 乾湿球温度差, ●: 相対湿度

Fig. 4. The characteristics of temperature and humidity in normal airflow.

Note) Fig. 4 shows the data for Step 3 in Table 2.
 Legend) ■: D.B.T.; ▲: W.B.T.; ×: D.B.T.-W.B.T.; ●: Relative humidity

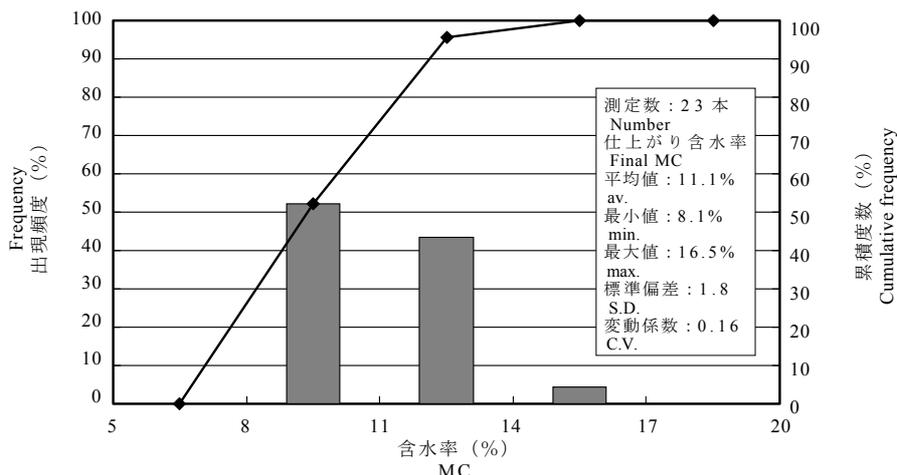


第5図 ファン逆転時の乾燥室内での温湿度特性

注) 第2表の段階3におけるデータ
 凡例) ■: 乾球温度, ▲: 湿球温度, ×: 乾湿球温度差, ●: 相対湿度

Fig. 5. The characteristics of temperature and humidity in reverse airflow.

Note) Fig. 5 shows the data for Step 3 in Table 2.
 Legend) ■: D.B.T.; ▲: W.B.T.; ×: D.B.T.-W.B.T.; ●: Relative humidity

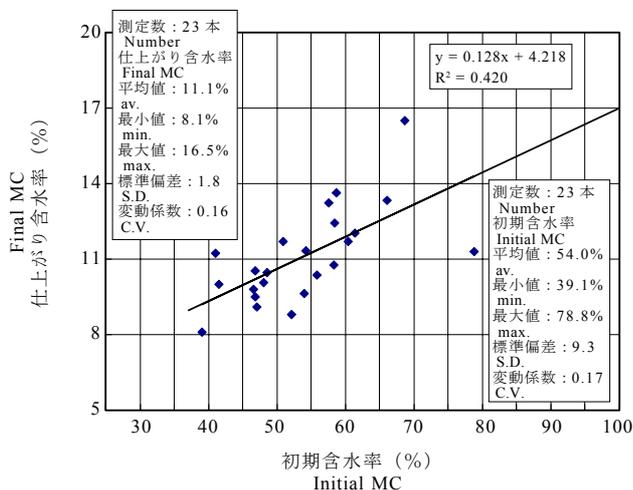


第6図 試験材の仕上がり含水率分布

注) 累積度数は第2数値軸を使用した。

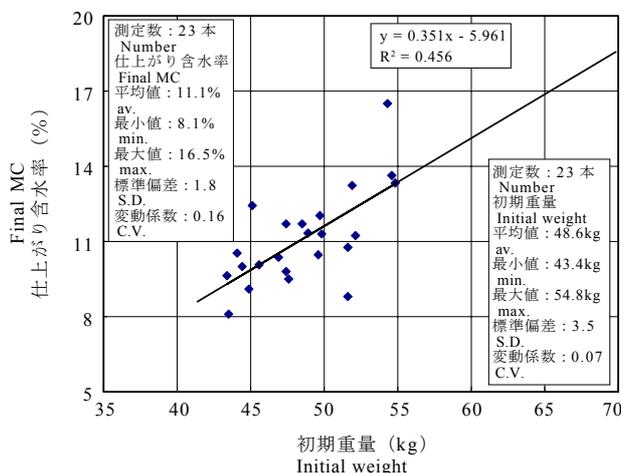
Fig. 6. Distribution of final MC in specimens.

Note) Cumulative frequency was used second vertical axis.



第7図 初期含水率と仕上がり含水率の関係

Fig. 7. Relation between initial MC and final MC.



第8図 初期重量と仕上がり含水率の関係

Fig. 8. Relation between initial weight and final MC.

くなる⁵⁾傾向にあったが、今回の試験ではこれらの傾向から逸脱した部分が生じている。例えば、1段目と8段目の比較では初期含水率がほぼ同じにもかかわらず、下段である1段目の表面割れが多い。また、3段目や4段目では水食い部がない試験材にもかかわらず、表面割れ面積が特に大きくなっている。さらに、内部割れ面積が全体的に大きくなったことを考え合わせると、今回の乾燥スケジュールは適正ではないものと判断される。

第6表に、試験材の水分傾斜と割れ面積の測定結果について示す。水分傾斜については、中心部含水率が20%を越えた試験材はわずか3本と非常に少

ない結果となり、中心部含水率を20%以下とするためには試験材の平均含水率値を18%以下に仕上げる必要があるという報告¹¹⁾のとおりであった。

内部割れについては、1.3~1.8cm²/本であり、過去の試験結果^{4-5, 18-19)}と比較すると、今回の試験では断面が大きくなったことを勘案しても小さいとは言えない。これは、設定した目標仕上がり含水率17%に比べて、実際の仕上がり含水率が11.1%と低くなり過ぎてしまったことが原因と思われる。

4. おわりに

今回設定した乾燥スケジュールや栈積み条件に

第5表 試験材の水食いの程度と乾燥材の品質

Table 5. The extent of wetwood and the quality after kiln-drying in specimens.

試験材の位置 Measured course	平均初期 含水率 av. of initial MC (%)	平均仕上 含水率 av. of final MC (%)	水食いの程度別本数 The number of specimens divided				表面割れ面積 Surface check area (cm ² /specimen)	内部割れ面積 Internal check area (cm ² /specimen)	ねじれ角度 Angle of twists		平均縦ぞり 矢高 av. of greatest deflection of bow (mm/3.65m)	平均曲がり 矢高 av. of greatest deflection of crook (mm/3.65m)			
			なし None	わずか Slight	中程度 Middle	激しい Hard			1面 2面 1st surface 2nd surface (°/3.65m)						
									1面 (°/3.65m)	2面 (°/3.65m)					
上段 Upper	8段目 8th course	64.5	14.5	0	3	0	0	42.5	1.3	1.5	2.7	3.7	0.8		
	7段目 7th course	47.2	10.2	3	0	0	0	37.9	1.6	2.3	2.6	1.2	0.5		
	6段目 6th course	50.6	10.8	3	0	0	0	39.0	1.4	2.5	2.7	0.8	0.5		
	5段目 5th course	59.1	12.0	0	3	0	0	48.9	1.3	2.0	1.1	0.3	0.3		
	4段目 4th course	50.5	9.4	2	0	0	0	78.3	1.5	1.5	1.9	2.5	1.0		
Lower	3段目 3rd course	51.1	10.8	3	0	0	0	61.3	1.8	1.8	2.1	1.0	1.0		
	2段目 2nd course	42.5	9.5	3	0	0	0	24.4	1.3	2.4	2.3	1.3	1.8		
	1段目 1st course	65.0	11.1	0	3	0	0	61.1	1.4	2.1	1.7	2.5	0.8		
	全体 The whole	平均値 av. 最小値 min. 最大値 max. 標準偏差 S.D. 変動係数 C.V.	54.0 39.1 78.8 9.3 0.17	11.1 8.1 16.5 1.8 0.16	小計(本) Subtotal 出現頻度 Frequency (%)	14 60.9	9 39.1	0 0.0	0 0.0	平均値 av. 最小値 min. 最大値 max. 標準偏差 S.D. 変動係数 C.V.	47.9 0.4 109.7 27.0 0.56	1.5 0.2 2.4 0.6 0.38	2.0 0.3 5.4 0.7 0.35	2.1 0.4 5.4 1.1 0.49	1.6 0.0 4.5 1.4 0.85

注) 水食いの程度は、次の4段階に分類した：なし、わずか、中程度、激しい。
Note) The extent of the wetwood was divided into the following classes: none, slight, middle, hard.

第6表 人工乾燥後の水分傾斜と割れ面積

Table 6. Moisture distribution and check area of kiln-dried sawn flat squares.

水食いの程度 Extent of wetwood	測定位置 Measured points	含水率 (%) MC						内部割れ面積 Internal check area (cm ² /specimen)	表面割れ面積 Surface check area (cm ² /specimen)	
		表層部 Surface	2層 Second layer	3層 Third layer	中心部 Core	平均値 av.	各段の平均 Average of each course			
										表層部 Surface
わずか slight	上段 Upper	8段目 8th course	9.3	13.2	15.8	17.7	12.3	14.0	1.3	42.5
		9.5	16.6	25.7	31.4	16.2				
		9.3	14.1	18.8	21.8	13.4				
なし none	7段目 7th course	8.9	10.9	13.6	16.2	10.9	9.9	1.6	37.9	
		8.2	9.1	9.9	10.0	8.9				
		8.6	10.0	11.4	12.6	9.8				
なし none	6段目 6th course	9.0	11.6	14.0	15.1	11.1	10.3	1.4	39.0	
		8.8	11.2	13.8	15.7	10.9				
		8.2	9.2	9.7	9.9	8.9				
わずか slight	5段目 5th course	9.6	12.9	17.0	20.3	12.7	11.7	1.3	48.9	
		8.7	10.8	13.1	13.4	10.5				
		9.4	12.6	15.0	14.7	11.8				
なし none	4段目 4th course	8.8	8.8	9.3	9.3	8.9	9.1	1.5	78.3	
		8.9	9.3	9.9	10.4	9.3				
		9.0	9.2	10.0	11.0	9.4				
なし none	3段目 3rd course	9.1	11.8	16.5	18.7	12.0	10.4	1.8	61.3	
		9.2	9.9	10.7	10.8	9.8				
		9.0	9.6	10.4	10.5	9.5				
なし none	2段目 2nd course	8.2	7.7	7.5	7.5	7.9	9.1	1.3	24.4	
		9.3	9.9	11.2	11.7	10.0				
		9.0	9.6	10.4	10.5	9.5				
わずか slight	Lower 下段	1段目 1st course	10.1	10.6	12.0	12.8	10.8	11.2	1.4	61.1
		9.7	16.0	13.8	15.4	12.8				
		9.6	9.6	10.8	11.7	10.0				

注) 水食いの程度は、次の4段階に分類した：なし、わずか、中程度、激しい。
Note) The extent of the wetwood was divided into the following classes: none, slight, middle, hard.

は、改善の余地があることが分かった。今回のような大きな断面の製材で、かつ心持ち材の乾燥は非常に難しいことが予想されるが、国産材の需要拡大のためにも粘り強く取り組んでいきたいと考えている。

今後は、適正な乾燥スケジュールの下で良い積み条件を追求することにより、乾燥室内の温湿度むらを解消して、割れの少ない乾燥材を生産することや仕上がり含水率の適正化を図ることが必要である。

文 献

- 1) 伊藤洋一, 中寫厚: 林産試験場報, **15**(6), 8-17(2001).
- 2) 伊藤洋一ほか3名: 林産試験場報, **16**(3), 1-8(2002).
- 3) 伊藤洋一ほか3名: 林産試験場報, **16**(6), 7-15(2002).
- 4) 伊藤洋一ほか4名: 林産試験場報, **17**(5), 16-26(2003).
- 5) 北海道立林産試験場, エノ産業株式会社, 有限会社ランバーシステムコンサル: “平成14年度共同研究報告書「蒸気式乾燥装置内の温湿度および風速分布の適正化」”, 1-37(2003).
- 6) 新住宅システム開発協同組合: “木材産業技術高度化促進事業報告書”, 23(2000).
- 7) 北海道立林産試験場: “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ー木材高温乾燥の実用化技術の開発ー”, 1-31(1997).
- 8) 北海道乾燥材普及協議会: “人工林材乾燥マニュアル”, 1-19(1999).
- 9) 中寫厚: 林産試だより, 12月号, 10-14(1999).
- 10) 北海道乾燥材普及協議会: “人工乾燥材生産マニュアル”, 1-21(2001).
- 11) 北海道乾燥材普及協議会: “乾燥材の生産テクニック”, 1-21(2002).
- 12) 中寫厚, 土橋英亮: 林産試験場報, **17**(2), 1-5(2003).
- 13) Milota, M.R.; Boone, R.S.; Danielson, J.D.; Huber, D.W.: FPL-IMP-GTR-1, 1-50(1991).
- 14) Milota, M.R.: *Forest Prod. J.*, **41**(9), 65-67(1991).
- 15) Milota, M.R.: *Forest Prod. J.*, **42**(2), 57-60(1992).
- 16) Simpson, W., Tschernitz, J.: *Wood Fiber Sci.*, **30**(2), 165-174(1998).
- 17) 中寫厚, 土橋英亮: 林産試験場報, **16**(6), 1-6(2002).
- 18) 日本木材学会レオロジー研究会: “2001年度日本木材学会レオロジー研究会春のシンポジウム要旨集”, 3-13(2001).
- 19) 日本木材学会木材と水研究会: “平成13年度日本木材学会レオロジー研究会・木材と水研究会共催シンポジウム要旨集”, 9-19(2001).

—技術部 製材乾燥科—
(原稿受理:04.5.11)