

蒸気式乾燥装置内の温湿度 および風速分布の適正化 (第1報)

- 平角材の棧積み条件 -

伊藤 洋一 中嶋 厚
中川 伸一 幡多 輝昭

Optimization of the Temperature, Humidity and Air Velocity Distribution in the Steam Dry Kiln (I)

- Packing condition for flat squares -

Youichi ITO Atsushi NAKAJIMA
Shin'ichi NAKAGAWA Teruaki HATA

Flat squares, 110(T) × 160(W) × 3,650(L)mm, of todomatsu (*Abies sachalinensis* Masters) wood were dried in a kiln using high-temperature drying schedules. Temperature, humidity and air velocity in the steam dry kiln were measured to evaluate temperature and humidity characteristics in kiln-drying. The following results were obtained :

1) Longitudinal direction in the steam dry kiln: In the rear of the drying room, in the normal and reverse airflows, the dry bulb temperature became high and the relative humidity became low.

2) Vertical direction in the steam dry kiln: In the 1st and 9th courses of the drying room, in the normal and reverse airflows, the dry bulb temperature became higher than in the 16th and the relative humidity became low.

3) Tangential direction in the steam dry kiln: In the normal and reverse airflows, the dry bulb temperature in the windward direction became high and the relative humidity became low. The decrease of dry bulb temperature from windward to the middle became larger than from the middle to leeward.

4) Air velocity: To make the tangential distribution constant, the stickers must be thick.

5) Moisture distribution: Even for flat squares in which the extent of wetwood was slight, the moisture content of the core was about 30%. Therefore, the moisture distribution of kiln-dried flat squares was comparatively high.

6) Check area: the extent of wetwood had more influence than air velocity.

Key words : high-temperature drying, humidity, airflow, check, wetwood
高温乾燥, 湿度, 風速, 割れ, 水食い

トドマツ平角材(厚さ110×幅160×長さ3,650mm)を用いて、蒸気式乾燥装置内の温湿度および風速の測定を行い、高温乾燥中の装置内温湿度特性を評価した。得られた知見は、以下のとおりである。

- 1) 乾燥室の奥行方向においては、ファンの正転時、逆転時とも、乾燥室後部の方が乾球温度は高くなり、また相対湿度は低くなっている。
- 2) 乾燥室の高さ方向においては、ファンの正転時、逆転時とも、上段に比べて中・下段の測定点の乾球温度が高くなっている。これにより、風上側の中・下段測定点の相対湿度は比較的低くなっている。
- 3) 乾燥室の幅方向においては、ファンの正転時、逆転時とも風上にあたる点の乾球温度が高くなり、相対湿度は低くなる。また、風上側～中央間での温度低下は、中央～風下側間の温度低下より大きくなっている。
- 4) 風速に関しては、幅方向の風速分布を一定にするために、栈木厚さを厚くする必要があると考えられる。
- 5) 水分傾斜に関しては、水食いの程度が「わずかに」である試験材についても、中心部の含水率は30%前後と高く、水分傾斜は比較的高いものと思われた。
- 6) 割れ面積に関しては、風速よりも水食いの程度の影響が大きいと考えられる。

1. はじめに

針葉樹材における高温乾燥については、1960年代より検討が始められている¹⁻¹¹⁾。その報告のほとんどは、乾燥後の強度的諸性質に関わるものである。実大材の乾燥スケジュールについて検討されたものは少なく、最高温度も110℃であった¹²⁻¹⁴⁾。近年では、乾燥装置の性能向上とともに、最高温度120～140℃の乾燥スケジュールが検討されるようになってきている¹⁵⁻²⁰⁾。

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^{21,22)}。その結果、トドマツ心去り正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た。

仕上がり含水率に関しては、水食い材において含水率の平均値が40%を越えるケースは無かった²¹⁾。非水食い材においては、おおむね設定した含水率値に仕上がっていた²²⁾。

割れ面積に関しては、風速よりも水食い率の影響が大きいとされた²²⁾。

本報では、以上の結果を踏まえ、より断面の大きな平角材の乾燥について述べることにした。また、試験材における水食いの程度が乾燥後の含水率や品質(割れ・水分傾斜)に与える影響を実大の乾燥装置を用い、検討した。

2. 試験方法

2.1 乾燥装置

使用した人工乾燥装置は、新住宅システム開発

第1表 トドマツ試験材の寸法と栈積み方法

Table 1. Size and stacking-method of todomatsu (*Abies sachalinensis* Masters) specimens.

試験材寸法(mm) Size of specimens (厚×幅×長) (T×W×L)	栈積み時の列間隔 Spacing (mm)	1段あたりの本数 Pieces of lumber /Course (本)	総本数 Total (本)
110×160×3,650	74	8	128

注：栈積み幅：180cm、栈積み段数：16段、重錘量：約2トン、栈木厚：2.3cm

Note : Packing width : 180cm ; Total stacking course : 16 ; Packing width : 180cm ; Total stacking weight : 2 t ; Sticker thickness : 2.3 cm.

協同組合が所有しているアサヒ動熱製人工乾燥装置 AHX-40S(平成11年1月設置,収容材積11m³(約40石),幅2.8×高さ3.5×奥行4.5m)である。

2.2 試験材

測定に用いた材料は,第1表および第1図に示すトドマツ心去り平角材である。今回の試験材はすべて水食い材であり,水食いの激しい試験材から得られた初期含水率は142.8%,水食いがわずかであっ



第1図 試験材の栈積み
Fig. 1. The package piling of specimens.

た材では40.1%であった。

2.3 乾燥スケジュールと運転条件

第2表に,今回の試験で採用した乾燥スケジュールを示す¹⁵⁻¹⁷⁾。仕上がり含水率は15%になるように設定した。今回の運転におけるA重油消費量は729lであった。

装置内ファンの運転間隔は,正転で1時間動作の後,1分間停止し,逆転で1時間動作の後,1分間停止することの繰り返しである。

2.4 温湿度測定

温湿度センサー設置場所は,第2図に示す計15か所である。各温湿度センサーを乾燥室外部のデータロガーに接続して測定した^{21,22)}。測定間隔は10分おきである。

2.5 風速測定

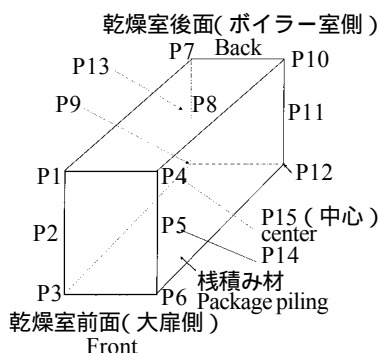
風速測定は,温湿度センサーを取り付けたP1~P15の測定点にて行った^{21,22)}。

2.6 水分傾斜

高温乾燥後の試験材について,水食いの程度²³⁾が

第2表 採用した高温乾燥スケジュール
Table 2. High temperature kiln-dry schedule.

段階 Step	乾球温度 D.B.T. (°C)	湿球温度 W.B.T. (°C)	設定時間 Time (h)	工程 Process
1	100	100	2	初期蒸煮 Pre-steaming
2	96	96	18	蒸煮 Steaming
3	120	95	24	昇温・乾燥 Rising temp. & Drying
4	105	80	45	乾燥 Drying
5	97	97	2	降温 Dropping temp.
6	80	76	48	イコライジング・ コンディショニング Equalizing & Conditioning
7	-	-	48	冷却 Cooling

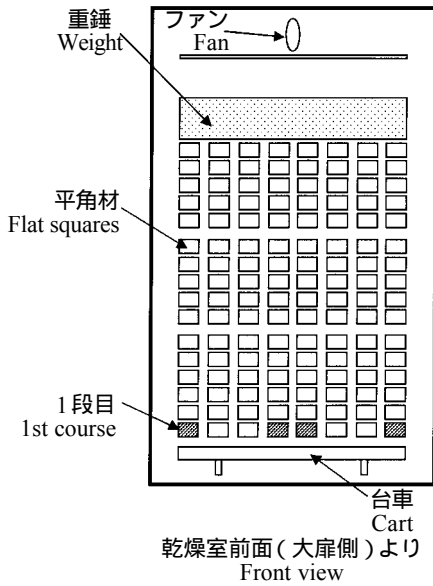


第2図 温湿度センサーの取り付け場所

注: P13は栈積み材上段中央に, P14は栈積み材下段中央に, P15は栈積み材の中心に取り付けた。

Fig. 2. The place of temperature and humidity sensors.

Note: P13 was attached to the middle of upper level in the package piling; P14 was attached to the middle of lower level in the package piling.; P15 was attached to the center of package piling.



第3図 水分傾斜試験体の位置
 凡例: : 水分傾斜試験体(計4本)
 Fig. 3. Place of the moisture distribution specimens.
 Legend: : Four specimens in moisture distribution experiment.

「中程度」と「わずかに」である2種類の材各2本(第3図)において, 1本あたり4か所の水分傾斜を測定した。木取り方法は, 第4図のとおりである。水分傾斜の評価は, 第5図に示すように表層部から中心部まで4層に分類して行った^{21,22)}。

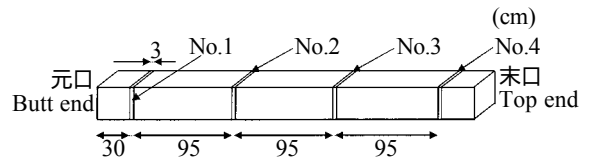
2.7 割れ測定

高温乾燥後の試験材について, 表面割れと内部割れの測定を行った²⁴⁾。割れは, 長さ50mm未満のものを除き, すべての割れ長さをmm単位で, 最大幅を0.1mm単位で測定した^{21,22)}。なお, 集計の際に用いた割れ面積は, 1本の割れについて「長さ×最大幅/2」で欠損面積を求め, 試験材1本当たりの合計面積を算出した。

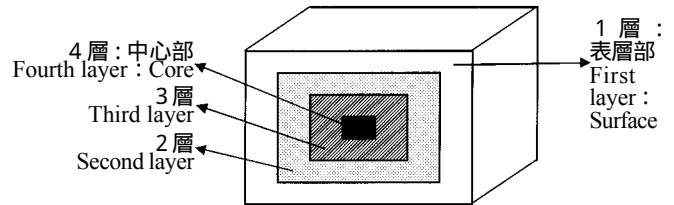
3. 結果と考察

3.1 温湿度の評価

第3表に乾燥スケジュール段階3(第2表)で得られた乾球温度, 湿球温度, 温度差, 相対湿度に関する数値の一覧をファンの正転時, 逆転時に示す。また, 第6図, 第7図に段階3での乾球温度, 湿球温度, 温度差, 相対湿度の測定結果の平均値をファンの正転時, 逆転時に示す。なお, 位置P7の温湿度センサーについては, センサーから送られてくる信号に対する信頼性が損なわれたため, データ



第4図 水分傾斜測定のための試験材木取り
 Fig. 4. Specimens of moisture distribution experiment.



第5図 水分傾斜試験体の区分
 Fig. 5. The division of specimens in moisture distribution experiment.

を記載しなかった。

設定乾球温度120 に対して, 風上にあたる測定点では, 中段と下段の平均乾球温度は正転時で117.0 ~ 118.9 , 逆転時で118.7 ~ 120.2 であり, 少しのずれはあるがほぼ設定どおりに推移していることがわかる。設定湿球温度95 に対する実際の湿球温度は, 上・中・下段ともほぼ一定で, 正転時で98.5 ~ 99.6 , 逆転時で98.9 ~ 99.8 と高めに推移していたことがわかった。また, 棧積み材の中心にあたる測定点P15の平均乾球温度は正転時で109.3 , 逆転時で112.2 になり, 設定温度より7.8 ~ 10.7 低くなっている。したがって, 乾湿球温度差が小さくなることにより, 相対湿度は正転時で69.9%, 逆転時で64.8%になり, 中・下段の風下測定点と同じくらい高くなっている。

乾燥室の奥行方向においては, ファンの正転時, 逆転時とも, 乾燥室後部の方が乾球温度は高くなる傾向にある。したがって, 乾湿球温度差は大きくなるので, 相対湿度は乾燥室後部の方が低くなっている。

乾燥室の高さ方向においては, ファンの正転時, 逆転時とも, 風上または風下の測定点間で比較すると, 上段に比べて中・下段の測定点の乾球温度が高くなっている。したがって, 高さ方向の温度分布はアンバランスになっていると言える。この影響を受け, 風上側の中・下段測定点の相対湿度は比較的低くなっている。

乾燥室の幅方向については, ファンの正転時, 逆

第3表 乾燥室内の温湿度

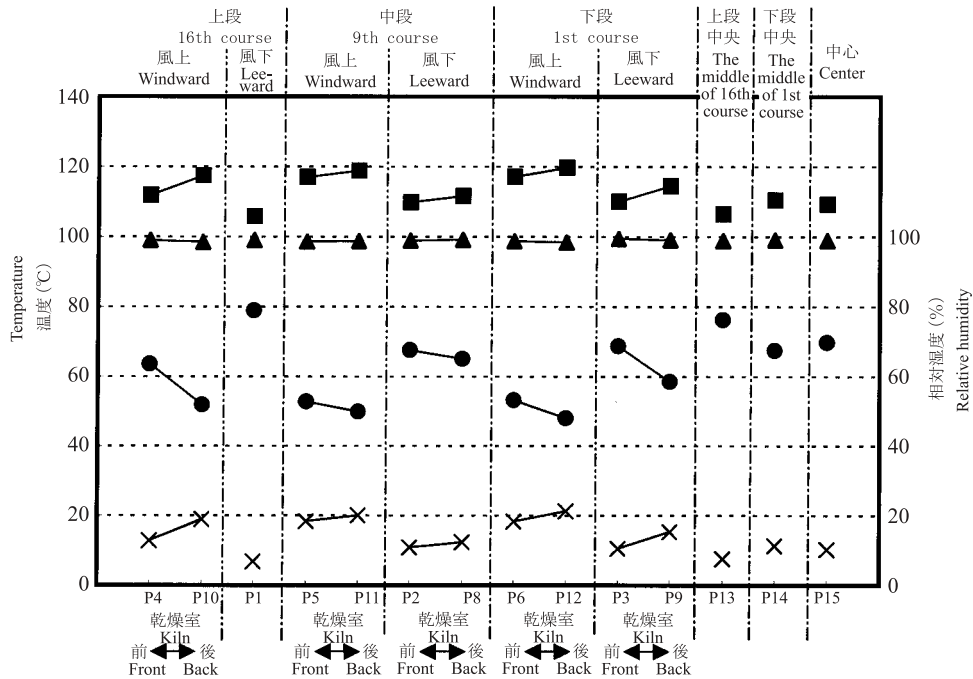
Table 3. The statistics among temperature and humidity in both normal and reverse airflow.

測定点 Measured points			乾球120 正転			標準 偏差 S.D.	変動 係数 C.V.	乾球120 逆転			標準 偏差 S.D.	変動 係数 C.V.
			D.B.T.120 Normal		平均 値 av.			D.B.T.120 Reverse		平均 値 av.		
			最小 値 min.	最大 値 max.				最小 値 min.	最大 値 max.			
P1	乾球温度	D.B.T.	102.0	108.9	105.9	2.2	0.02	112.2	116.3	114.3	1.3	0.01
	湿球温度	W.B.T.	97.5	99.9	99.1	0.7	0.01	99.2	100.0	99.5	0.2	0.00
	温度差	D.B.T.-W.B.T.	4.4	9.4	6.8	1.6	0.24	12.8	16.8	14.8	1.2	0.08
	相对湿度	R.H. %	72.6	86.4	79.0	4.5	0.06	55.3	65.6	59.4	2.6	0.04
P2	乾球温度	D.B.T.	107.2	112.9	109.9	1.8	0.02	116.7	121.0	118.8	1.3	0.01
	湿球温度	W.B.T.	97.8	100.0	99.0	0.5	0.01	99.1	100.0	99.3	0.2	0.00
	温度差	D.B.T.-W.B.T.	9.1	13.7	10.9	1.4	0.13	17.4	21.7	19.5	1.3	0.07
	相对湿度	R.H. %	61.2	72.6	67.6	3.7	0.05	47.0	53.6	50.5	1.9	0.04
P3	乾球温度	D.B.T.	108.3	112.2	110.1	1.2	0.01	117.0	120.4	118.7	1.2	0.01
	湿球温度	W.B.T.	98.4	100.0	99.6	0.5	0.00	99.5	100.0	99.8	0.2	0.00
	温度差	D.B.T.-W.B.T.	9.6	12.2	10.6	0.8	0.08	17.0	20.4	18.9	1.2	0.06
	相对湿度	R.H. %	65.6	72.5	68.8	1.8	0.03	50.3	55.5	52.5	2.1	0.04
P4	乾球温度	D.B.T.	109.5	114.8	111.9	1.7	0.02	106.5	110.6	108.2	1.2	0.01
	湿球温度	W.B.T.	98.2	99.9	99.1	0.5	0.00	99.1	99.8	99.4	0.2	0.00
	温度差	D.B.T.-W.B.T.	11.2	15.5	12.8	1.4	0.11	7.4	11.3	8.8	1.1	0.13
	相对湿度	R.H. %	57.2	67.9	63.6	3.4	0.05	65.5	77.9	72.9	3.1	0.04
P5	乾球温度	D.B.T.	115.1	120.6	117.0	1.5	0.01	109.3	113.5	110.5	1.1	0.01
	湿球温度	W.B.T.	96.1	99.5	98.7	1.0	0.01	98.8	99.7	99.2	0.2	0.00
	温度差	D.B.T.-W.B.T.	15.9	21.3	18.4	1.7	0.09	10.2	14.2	11.3	1.0	0.09
	相对湿度	R.H. %	47.0	59.3	52.8	3.4	0.07	59.2	70.1	66.7	2.6	0.04
P6	乾球温度	D.B.T.	114.7	121.0	117.1	1.9	0.02	110.3	114.3	111.8	1.0	0.01
	湿球温度	W.B.T.	96.4	99.8	98.8	1.1	0.01	99.0	99.9	99.4	0.2	0.00
	温度差	D.B.T.-W.B.T.	16.2	21.3	18.3	1.4	0.08	11.2	14.8	12.4	0.9	0.07
	相对湿度	R.H. %	48.6	57.4	53.2	2.7	0.05	61.2	67.9	65.0	2.0	0.03
P8	乾球温度	D.B.T.	108.4	114.9	111.6	2.1	0.02	117.7	121.3	119.5	1.2	0.01
	湿球温度	W.B.T.	98.0	99.8	99.2	0.5	0.01	99.4	99.9	99.6	0.1	0.00
	温度差	D.B.T.-W.B.T.	10.1	15.3	12.4	1.7	0.14	18.0	21.7	19.9	1.2	0.06
	相对湿度	R.H. %	59.2	70.1	65.1	3.6	0.06	48.5	53.8	50.9	2.0	0.04
P9	乾球温度	D.B.T.	112.8	116.7	114.6	1.2	0.01	118.2	122.1	120.2	1.2	0.01
	湿球温度	W.B.T.	98.5	99.8	99.2	0.3	0.00	99.2	100.0	99.4	0.2	0.00
	温度差	D.B.T.-W.B.T.	14.2	17.4	15.3	1.0	0.07	18.7	22.6	20.8	1.2	0.06
	相对湿度	R.H. %	53.6	61.3	58.5	2.5	0.04	47.0	53.7	49.0	2.1	0.04
P10	乾球温度	D.B.T.	115.1	121.1	117.5	1.6	0.01	105.4	110.9	107.1	1.4	0.01
	湿球温度	W.B.T.	97.0	99.3	98.6	0.7	0.01	98.7	99.4	98.9	0.2	0.00
	温度差	D.B.T.-W.B.T.	16.3	21.9	18.9	1.7	0.09	6.7	11.9	8.1	1.3	0.16
	相对湿度	R.H. %	47.0	57.2	51.9	2.8	0.05	65.5	80.6	74.9	3.8	0.05
P11	乾球温度	D.B.T.	116.7	123.1	118.9	2.0	0.02	110.4	116.1	112.4	1.5	0.01
	湿球温度	W.B.T.	96.3	100.0	98.8	1.2	0.01	98.9	99.8	99.4	0.3	0.00
	温度差	D.B.T.-W.B.T.	17.6	23.3	20.1	1.5	0.08	11.5	16.5	13.0	1.3	0.10
	相对湿度	R.H. %	45.7	53.8	49.9	2.4	0.05	57.4	67.7	63.7	2.7	0.04
P12	乾球温度	D.B.T.	117.5	123.5	119.7	1.7	0.01	114.1	118.6	116.1	1.2	0.01
	湿球温度	W.B.T.	96.8	99.3	98.5	0.8	0.01	98.4	99.4	98.9	0.2	0.00
	温度差	D.B.T.-W.B.T.	18.9	24.2	21.2	1.5	0.07	15.5	19.6	17.2	1.1	0.06
	相对湿度	R.H. %	42.7	51.8	48.0	2.6	0.05	50.2	59.1	54.9	2.0	0.04
P13	乾球温度	D.B.T.	104.0	108.5	106.6	1.4	0.01	106.0	109.1	107.8	0.9	0.01
	湿球温度	W.B.T.	97.6	99.9	99.0	0.6	0.01	99.1	100.0	99.4	0.2	0.00
	温度差	D.B.T.-W.B.T.	6.3	9.5	7.6	1.0	0.13	6.8	9.6	8.4	0.8	0.09
	相对湿度	R.H. %	70.1	80.6	76.3	3.2	0.04	70.1	77.8	74.0	1.8	0.02
P14	乾球温度	D.B.T.	108.7	112.5	110.5	1.3	0.01	113.3	116.6	114.9	1.0	0.01
	湿球温度	W.B.T.	98.0	99.8	99.2	0.5	0.01	99.2	100.0	99.5	0.2	0.00
	温度差	D.B.T.-W.B.T.	10.3	12.9	11.4	0.8	0.07	14.1	17.0	15.4	0.9	0.06
	相对湿度	R.H. %	63.3	70.1	67.5	2.0	0.03	55.5	61.3	58.5	1.9	0.03
P15	乾球温度	D.B.T.	106.4	112.0	109.3	1.9	0.02	110.2	113.9	112.2	1.1	0.01
	湿球温度	W.B.T.	97.5	99.8	99.0	0.6	0.01	99.3	99.9	99.6	0.2	0.00
	温度差	D.B.T.-W.B.T.	8.6	12.7	10.3	1.4	0.14	10.6	14.6	12.6	1.1	0.08
	相对湿度	R.H. %	63.3	75.1	69.9	3.4	0.05	59.2	70.2	64.8	2.8	0.04

注：第3表は、第2表の段階3におけるデータ、P7のデータは、信頼性に問題があると判断したため、記載しなかった。

Note : Table 3 is the data for Step 3 in Table 2. ; The data for P7 is eliminated because of the unreliability.

蒸気式乾燥装置内の温湿度および風速分布の適正化(第1報)



第6図 ファン正転時の乾燥室内での温湿度特性

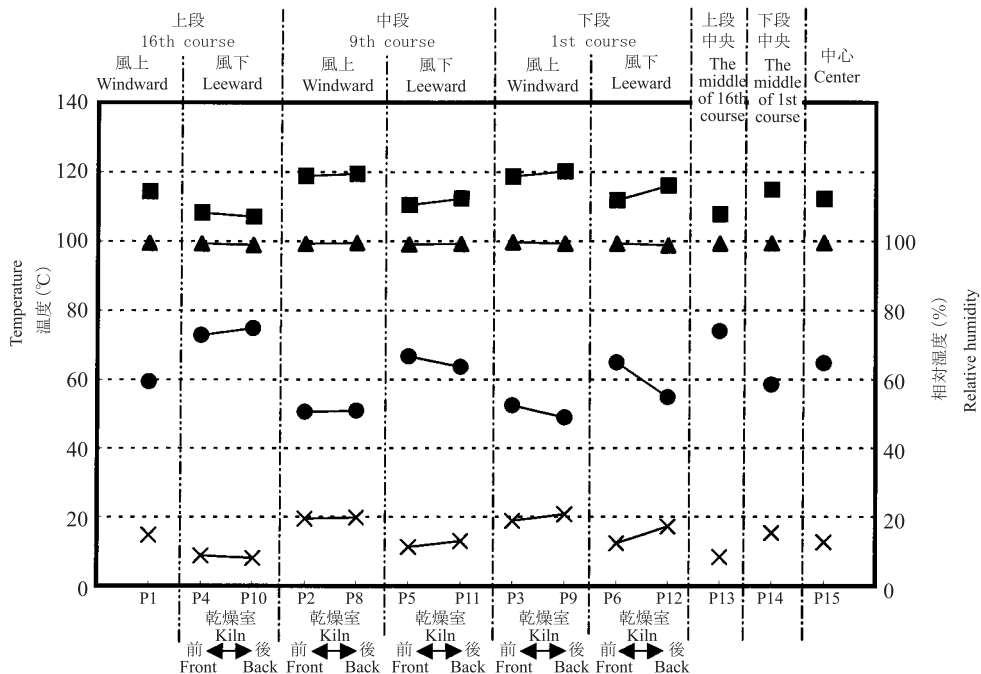
注：第2表の段階3におけるデータ

凡例：□：乾球温度，○：湿球温度，×：乾湿球温度差，△：相对湿度

Fig. 6. The characteristics of temperature and humidity in normal airflow.

Note : Fig. 6. is the data for Step 3 in Table 2.

Legend : □ : D.B.T.; ○ : W.B.T.; × : D.B.T.-W.B.T.; △ : Relative humidity



第7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，△：相对湿度

Fig. 7. The characteristics of temperature and humidity in reverse airflow.

Note : Fig. 6. is the data for Step 3 in Table 2.

Legend : □ : D.B.T.; ○ : W.B.T.; × : D.B.T.-W.B.T.; △ : Relative humidity

第4表 乾燥室内風速の棧積み位置による比較

Table 4. The comparison of air velocity in the normal and reverse airflow.

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				変動係数 C.V.
		最小値 min.	最大値 max.	平均値 av.				最小値 min.	最大値 max.	平均値 av.		
上段 16th course	風上	P4	1.7	1.9	1.8	0.06	P1	1.3	1.6	1.5	0.10	
	Windward	P10	2.4	3.4	2.9	0.17	P7	1.4	1.7	1.6	0.10	
	中央											
	The middle of 16th course	P13	1.0	1.2	1.1	0.09	P13	1.0	1.2	1.1	0.09	
	風下	P1	1.8	2.0	1.9	0.05	P4	1.2	1.4	1.3	0.08	
中段 9th course	Leeward	P7	1.0	1.4	1.2	0.17	P10	1.0	1.2	1.1	0.09	
	風上	P5	3.8	4.1	4.0	0.04	P2	2.2	2.6	2.4	0.08	
	Windward	P11	3.4	3.6	3.5	0.03	P8	2.5	2.8	2.7	0.06	
	中心											
	Center	P15	1.2	1.5	1.4	0.11	P15	1.3	1.5	1.4	0.07	
下段 1st course	風下	P2	1.0	1.2	1.1	0.09	P5	0.9	1.1	1.0	0.10	
	Leeward	P8	0.9	1.1	1.0	0.10	P11	1.2	1.4	1.3	0.08	
	風上	P6	3.7	4.0	3.9	0.04	P3	3.5	4.0	3.8	0.07	
	Windward	P12	3.7	4.0	3.9	0.04	P9	3.8	4.2	4.0	0.05	
	中央											
The middle of 1st course	P14	2.0	2.2	2.1	0.05	P14	1.8	2.0	1.9	0.05		
風下	P3	1.1	1.4	1.3	0.12	P6	1.5	1.9	1.7	0.12		
Leeward	P9	1.1	1.3	1.2	0.08	P12	1.4	1.7	1.6	0.10		

転時とも風上にあたる点の乾球温度が高くなり、相対湿度は低くなる。正転時の上段における乾球温度では、風上側から中央までで5.3～10.9℃、同じく逆転時では6.5℃の温度低下が生じている。正転時、逆転時とも、中央から風下側までは1℃以内の変動であった。つまり、風上側～中央間での温度低下は、中央～風下側間の温度低下より大きくなっている。

中段および下段においても、上段とほぼ同じ傾向を示している。正転時の中段における乾球温度では、風上側から中心までで7.7～9.6℃、同じく逆転時では6.6～7.3℃の温度低下が生じている。中心から風下側までは正転時、逆転時とも、2.5℃以内の変動であった。また、正転時の下段における乾球温度では、風上側から中央までで6.6～9.2℃、同じく逆転時では3.9～5.4℃の温度低下が生じている。中央から風下側までは正転時、逆転時とも、4.1℃以内の変動であった。以上の結果より、下段に行くほど中央～風下側間の温度変動幅は大きくなっていることがわかる。この理由は、次項で述

べる風速の影響を強く受けているものと考えられる。

3.2 乾燥室内の風速について

3.2.1 平均値の比較

第4表は、乾燥室内風速の棧積み位置による比較表である。乾燥室の高さ方向の比較では、棧積み上段に行くほど風速値は小さくなる傾向にある。乾燥室の幅方向については、特に上段中央の値が低く、この位置の風回りが非常に悪くなっていると言える。この理由としては、試験材上にある重錘が影響しているものと思われる。中段および下段の中央においては、風上～風下の中間の値というよりはむしろ、風下の値に近くなっている。この傾向は前項の「3.1 温湿度の評価」でも述べたが、「風上側～中央間での温度低下は、中央～風下側間の温度低下より大きい」という結果とよく一致する。したがって、幅方向の風速分布を一定にするためには、棧木厚さを増やす必要があると思われる。

第5表 人工乾燥後の水分傾斜と割れ面積

Table 5. Moisture distribution and check area of kiln-dried sawn flat squares.

試験材 Specimen	水食いの 程度 Extent of wetwood	測定位置 Measured points	含水率(%) M.C.(%)					No.1~4の平均 Average of No.1-4	表面割れ (cm ² /本) Surface check area (cm ² /specimen)	内部割れ (cm ² /本) Honeycomb area (cm ² /specimen)
			表層部 Surface	2層 Second layer	3層 Third layer	中心部 Core	平均値 av.			
1	中程度 Middle	No.1	18.5	55.1	76.0	50.4	40.5	29.2	45.7	0.12
		No.2	15.6	32.8	41.2	43.5	26.0			
		No.3	13.9	28.4	43.3	52.9	24.2			
		No.4	13.1	29.6	51.3	81.3	26.1			
2	わずかに Slight	No.1	10.0	17.8	24.4	27.1	15.3	16.6	15.4	0.03
		No.2	9.9	19.1	29.0	32.3	16.5			
		No.3	11.9	20.9	28.9	31.3	18.0			
		No.4	10.3	19.4	28.0	30.4	16.6			
3	中程度 Middle	No.1	13.2	37.3	40.8	56.9	26.4	24.3	57.5	0.18
		No.2	15.3	37.1	62.1	70.1	31.1			
		No.3	14.4	29.8	44.2	45.8	24.9			
		No.4	10.0	16.6	23.8	32.9	14.8			
4	わずかに Slight	No.1	9.5	15.9	21.4	24.0	13.8	15.0	1.3	0.06
		No.2	10.7	18.1	25.1	29.2	15.8			
		No.3	11.0	20.7	28.5	33.1	17.5			
		No.4	8.4	14.3	21.2	24.6	12.7			

注: 水食いの程度は, 次の3段階に分類した(激しい, 中程度, わずかに)。

Note: The extent of the wetwood was divided into the following classes (Hard, Middle, Slight).

第6表 人工乾燥後の割れ面積と水食いの程度

Table 6. Check area and the extent of wetwood in kiln-dried sawn flat squares.

	測定位置 (段目) Measured course (Course)	表面割れ面積 (cm ² /本) Surface check area (cm ² /specimen)	水食いの程度別本数 The number of specimens divided according to the extent of wetwood		
			わずかに Slight	中程度 Middle	激しい Hard
	16	52.6	2	2	4
	15	45.7	4	2	2
	14	58.3	3	5	0
	13	42.6	3	5	0
	12	37.3	5	3	0
	11	10.7	6	2	0
	10	31.5	4	4	0
	9	37.2	5	2	1
	8	34.8	5	0	3
	7	29.8	6	2	0
	6	26.6	6	2	0
	5	43.3	4	3	1
	4	43.0	4	4	0
	3	44.6	3	5	0
	2	34.0	3	3	2
	1	39.9	3	3	2
	平均値	av.	38.2		
全体	最小値	min.	0.2		
The	最大値	max.	120.6		
whole	標準偏差	S.D.	25.9		
	変動係数	C.V.	0.68		

注: 第5表参照

Note: See Fig. 5.

3.2.2 変動係数の比較

既報²¹⁾において、「棧積み高さを低くする(16段にする)ことによって、風速を安定化させることができる」ことがすでにわかっている。また、今回の変動係数は最大で0.17であり、既報^{21,22)}でばらつきが大きいと判断される測定点と比べて十分小さい値である。したがって、今回の試験における風速のばらつきは小さいと言える。

3.3 水分傾斜と割れについて

第5表に、人工乾燥後の試験材の水分傾斜について示す。水食いの程度が「わずかに」の場合は、試験材全体の含水率平均値(No.1~4の平均)がほぼ目標仕上がり含水率(15%)どおりとなっていた。これに対して、「中程度」の場合は含水率が高く、同時に表面割れ、内部割れも大きくなっている。

第6表に、乾燥装置内における各段別の割れ面積を示す。割れ面積に与える影響は、風速よりも水食いの程度の方が大きい²²⁾ことから、今回は各段別に水食い程度別の本数も併せて示した。

水食い程度が「わずかに」である本数が多い6, 7, 11段目では、表面割れ面積は他の段に比べて少なくなっている。したがって、今回の試験においても、割れ面積に与える影響は、風速よりも水食いの程度の方が大きいということが示唆された。

この傾向に関しては、段別に水食いの程度が一定になるよう試験材を配置し、人工乾燥を実施することで、見きわめることができると考えている。

このほか、人工乾燥後の養生期間については、水食いの程度が「わずかに」の試験材についても、中心部の含水率は30%前後と高く(第5表)、水分傾斜は比較的高いと考えられる。このことについては、数か月の養生期間が必要と思われた^{16,17)}。

謝 辞

今回の測定に関して、ご協力いただいた新住宅システム開発協同組合および(株)イノウエの皆様へ深く感謝いたします。

文 献

- 1) Salamon, M.: *For Prod. J.*, **13**, 339-342 (1963).
- 2) Salamon, M.: *For Prod. J.*, **15**, 122-126 (1965).
- 3) Cech, M.Y.; Huffman, D.R.: *For Prod. J.*, **21**(10), 55-65 (1971).
- 4) Huffman, D.R.: *For Prod. J.*, **22**(10), 21-30 (1972).
- 5) Koch, P.: *For Prod. J.*, **22**(9), 62-67 (1972).
- 6) Salamon, M.: *For Prod. J.*, **23**(3), 45-50 (1973).
- 7) 鷺見博史: 木材学会誌, **24**, 385-390 (1978).
- 8) 鷺見博史: 木材学会誌, **24**, 391-399 (1978).
- 9) 鷺見博史: 木材学会誌, **28**, 489-494 (1982).
- 10) 鷺見博史: 木材学会誌, **28**, 750-755 (1982).
- 11) 鷺見博史: 木材学会誌, **29**, 105-110 (1983).
- 12) 鷺見博史: 林業試験場研究報告, No.285, 1-28 (1976).
- 13) 信田聡 ほか3名: 林産試験場月報, No.399, 1-10(1985).
- 14) 信田聡 ほか3名: 林産試験場月報, No.411, 1-11(1986).
- 15) 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-木材高温乾燥の実用化技術の開発-”, 1-31(1997).
- 16) 北海道乾燥材普及協議会: “人工木材乾燥マニュアル”, 1-19 (1999).
- 17) 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).
- 18) 吉田孝久: 木材工業, **51**, 546-549 (1996).
- 19) 河崎弥生: 木材工業, **53**, 166-171 (1998).
- 20) 吉田孝久, 橋爪丈夫: 長野県林総セ研報, No.14, 3-18 (2000).
- 21) 伊藤洋一, 中嶌 厚: 林産試験場報, **15**(6), 8-17 (2001).
- 22) 伊藤洋一 ほか3名: 林産試験場報, **16**(3), 1-8 (2002).
- 23) 吉本昌朗, 信田聡: 東京大学農学部演習林報告, No.106, 91-139(2001).
- 24) Milota, M.R.; Boone, R.S.; Danielson, J.D.; Huber, D.W.: FPL-IMP-GTR-1, 1-50 (1991).

- 製材乾燥科 -

(原稿受理: 02.7.11)