

乾燥装置の温湿度と風速 に関する研究 (第1報)

- 高温乾燥装置の温湿度と風速 -

伊藤 洋一 中畠 厚

Studies on the Temperature, Humidity and Air Velocity of Dry Kiln ()

- Temperature, Humidity and Air Velocity of High Temperature Dry Kiln -

Youichi ITO

Atsushi NAKAJIMA

Key words : high temperature drying, square lumber, check, moisture distribution, airflow
高温乾燥, 正角材, 割れ, 水分傾斜, 風速

1. はじめに

針葉樹の構造用製材に関しては、「住宅の品質確保の促進等に関する法律」の制定・施行以来, JASをクリアすることはもちろん, より厳しい自社基準を定め, 合格させることも重要になってきている。

乾燥材を供給する企業の立場としては, できるだけ高品質でかつ均質な材料に仕上げることが目標となる。加えて, 乾燥装置に入れる本数を少しでも増やしたいという要望は当然のことであるが, 収容材積は装置により限界があるので, ポイントとなる事項, 例えば積み時の材料と材料との間隔, 積み高さ, 重錘量, 風速等を見きわめておく必要がある。これらを適正に定めることによって, 割れなどの損傷や含水率のバラツキをある程度まで抑えることが可能である¹⁾。

そこで今回は, 芦別市の新住宅システム開発協同組合に協力していただき, 実用的生産に使用されている乾燥装置を使用し, 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。

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協同組合が所有しているアサヒ動熱(株)製人工乾燥装置AHX-85S(平成11年1月設置, 収容材積24m³(約85石), 幅2×高さ2.5×奥行9m)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去り材である。積み段数は19段で, うち正角材は9段分計180本, 平角材は10段分計160本である。

2.3 乾燥スケジュールと運転条件

第2表に今回採用した乾燥スケジュールを示す^{2,3)}。仕上がり含水率は, 15%以下になるように設定した。使用した蒸気ボイラーは荏原ボイラ(株)製ST1000Kで換算蒸発量は1,000kg/h, ボイラー設定圧力は0.78MPa(8kgf/cm²)である。使用燃料はA重油で, 今回の運転での消費量は約1,700lであった。

装置内ファンの運転間隔は, 正転で2時間動作の後, 2分停止し, 逆転で2時間動作の後, 2分停止す

第1表 トドマツ試験材の寸法と積積み方法

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

材種 Kinds of sawn type	試験材寸法 (cm) Size of specimens (幅×厚×長) (W×T×L)	積積み時の間隔 Spacing (cm)	1段あたりの本数 Pieces of lumber/a course (本)	総本数 Total (本)
正角材 Squares	10.5×10.5×365	6	10	180
平角材 Flat squares	10.5×15×365	5	8	160

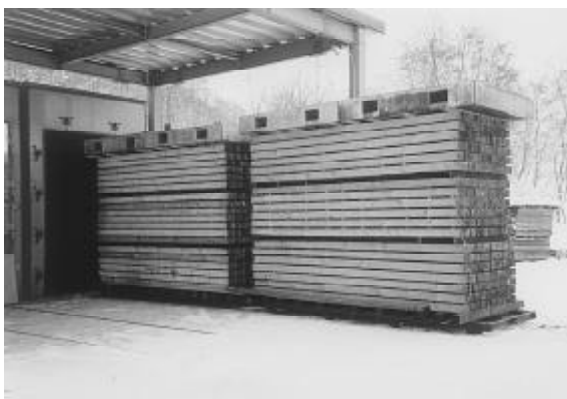
注：積積み幅：160cm，積積み段数：19段，重錘量：約2t，積木厚：2.3cm

Note：Packing width：160cm；Total stacking courses：19；Total stacking weight：about 2t；Sticker thickness：2.3cm

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 Dry bulb temp. ()	湿球温度 Wet bulb temp. ()	設定時間 Time (h)	工程 Process
1	100	100	2	初期蒸煮 Pre-steaming
2	96	96	15	蒸煮 Steaming
3	130	96	4	昇温・乾燥 Rising temp. & Drying
4	120	96	4	乾燥 Drying
5	110	96	32	乾燥 Drying
6	90	96	2	降温第1段階 First dropping temp.
7	90	84	48	イコライジング Equalizing
8	80	77	8	降温第2段階 Second dropping temp.
9	80	76	24	コンディショニング Conditioning
10	-	-	72	冷却 Cooling



第1図 試験材の積積み

Fig. 1. The package piling of specimens.

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、第3図に示す計15か所である。各温湿度センサー(第4図)は、乾燥室外部のデータロガーに接続して測定した⁴⁾。測定間隔は10分おきである。

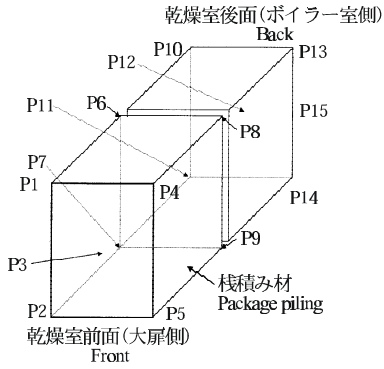
2.5 風速測定

風速測定は、第5図、第6図に示すように

積積みを19段にしたとき(測定点P1～P15の15点)

積積みを16段にしたとき(測定点W1, P2, P3, W4, P5, W6, P7, W8, P9, W10, P11, P12, W13, P14, P15の15点)

の2つの方法で行った。



第2図 温湿度センサーの取り付け場所
 注：P15は乾燥室側壁の乾燥装置制御用温湿度センサーに取り付けた。
 Fig. 2. The place of temperature and humidity sensors.
 Note: P15 was attached to the temperature and humidity sensor of dry-kiln.



第4図 乾湿球温度センサー
 Fig. 4. Temperature and humidity sensor.

向が変わる。第2図,第5図に示すように,乾燥室の大扉(正面)に向かって時計回りに風が送られる方向が正転,その逆が逆転である。

風速測定に使用した機器は,日本科学工業(株)製アネモマスター MODEL24-6111である。

2.6 水分傾斜

高温乾燥後の正角材・平角材それぞれについて,水食い有りと無しの2種類の材各1本(元口より長さ3m×計4本)の水分傾斜を測定した。木取り方法は,第7図のとおり。水分傾斜の評価は,第8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。

2.7 割れ測定

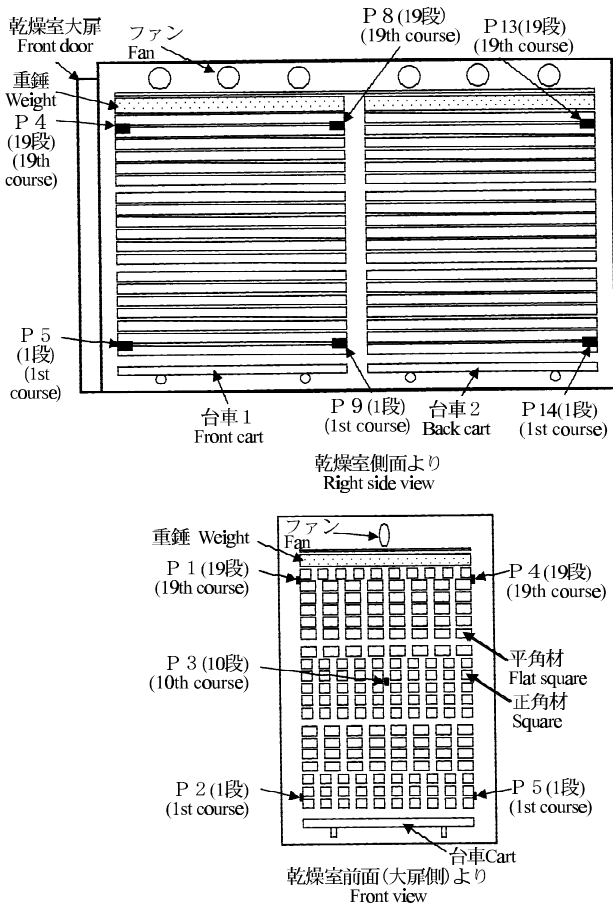
高温乾燥後の正角材について,割れの測定を行った。測定した材は,栈積み時の1,10,19段目の正角材(2台車分)計60本である(第9図)。割れは,50mm未滿のものを除き,すべての割れ長さと最大幅をmm単位で測定した。なお,集計の際に用いた割れ面積は,1本の割れについて「長さ×最大幅/2」で欠損面積を求め,試験材1本当たりの合計面積を算出した。

3. 結果と考察

3.1 湿度の評価

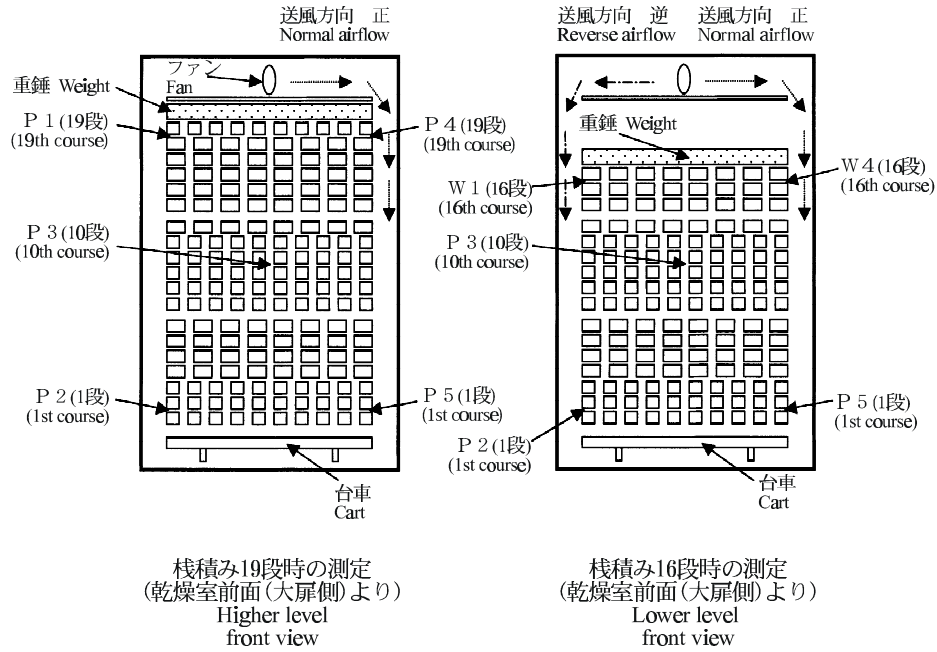
第1図,第2図に示す測定点において,乾燥スケジュール段階3(第2表)の設定時間4時間を10分おきに測定した。

第3表に段階3での乾球温度,湿球温度,温度差,相対湿度に関する基本統計をファンの正転時,逆転時別に示す。また,第10図,第11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

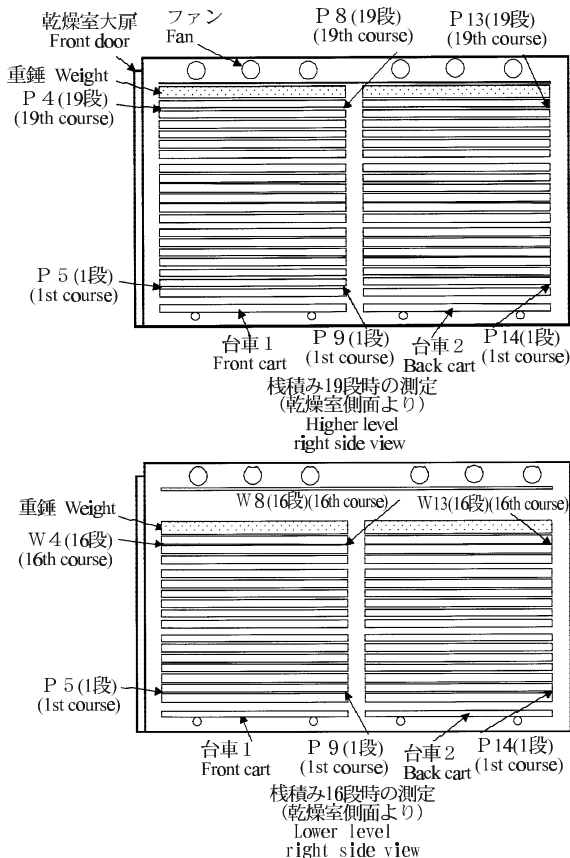


第3図 温湿度センサーの取り付け場所
 Fig. 3. The place of temperature and humidity sensors.

送風のためのファンは,今回使用した装置の乾燥室では上部中央に配置されている(第5図,第6図)。台数は6基で,奥行き方向に一直りに並んでいる。風向きは,一方向送風による乾燥室内の温湿度むらを防ぐため,2.3で述べたように約2時間ごとにその方

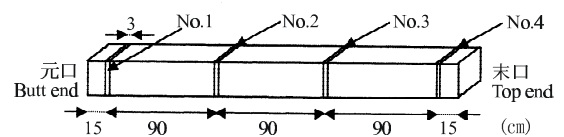


第5図 風速測定場所
Fig. 5. Measured points of air velocity.

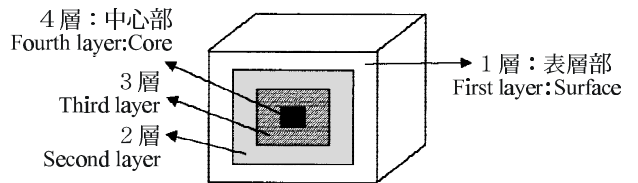


第6図 風速測定場所
Fig. 6. Measured points of air velocity.

の平均値をファンの正転時、逆転時別に示す。
乾燥室全体としては、設定乾球温度 130 に対し
て、各点の平均温度は 103.7 ~ 129.2 であり、実際



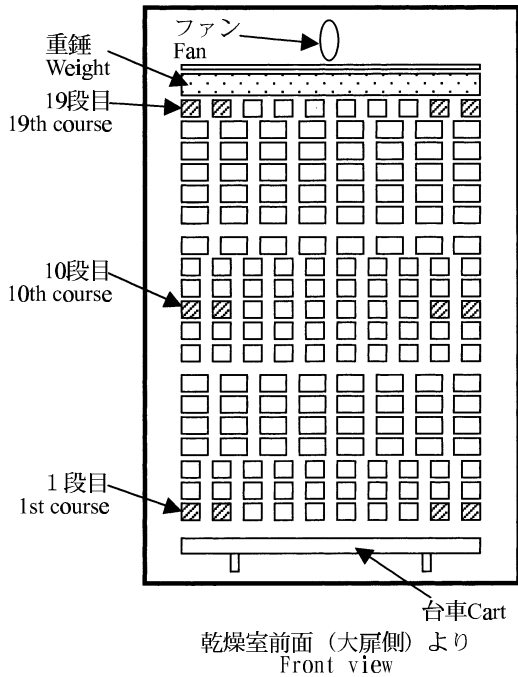
第7図 水分傾斜測定のための試験材木取り
Fig. 7. Specimens of moisture distribution experiment.



第8図 水分傾斜試験体の区分
Fig. 8. The division of specimens in moisture distribution experiment.

の測定温度はやや低めとなった。設定湿球温度 96 に対しては、各点の平均温度は 95.2 ~ 99.7 であり、ほぼ設定どおりに推移している。また、乾燥室前面、後面それぞれの中央部にあたる測定点 P3, P12 の乾球温度は低くなっている。これらの点では乾湿球温度差が小さくなっているため、相対湿度は高くなっている。

乾燥室内の奥行・高さ・幅の各方向別の考察では、前述のように乾燥室前面、後面の中央部にあたる測定点 P3, P12 の乾球温度は低いため、これらの点は全体の傾向から外して考える。



第9図 割れ測定試験材の位置
凡例：▣：各段両外側の試験体 (4本)
Fig. 9. Place of check examining specimens.
Legend : ▣ : Four specimens on two outer edges of each course

乾燥室の奥行方向においては、ファンの正転時には、乾燥室後部に行くほど乾球温度は高くなっている。したがって、乾湿球温度差が大きくなるので、相対湿度は後部に行くほど低くなる。一方、逆転時には、このような傾向は読みとれない。したがって、ファンの正転時と逆転時で奥行方向の温湿度分布は異なっていることになる。

乾燥室の高さ方向においては、ファンの正転時、逆転時とも風上側でかつ低い場所にある測定点の乾球温度が高くなっている。一方、高所の測定点では、風上側であっても測定温度は比較的lowく、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、風上側の低所測定点での相対湿度は全体より低くなっている。

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、相対湿度は全体より低くなっている。

3.2 乾燥室内の風速について

3.2.1 風速における特徴

栈積み高さ19段・16段に共通して、乾燥室後部(ボ

イラー室側)でかつ乾燥装置制御用温湿度センサーがある側の測定点P13, W13, P14の値が比較的lowく、この部分の風回りに問題が生じていることがわかる。

3.2.2 平均値の比較

第4表に、ファンの正転時および逆転時の風速について示す。栈積み高さ19段の風速は、栈積み上段と下段の比較では、概ね上段の値が小さい。したがって、栈積み上部の材料にうまく送風されていないことがわかる。栈積み高さ16段のときは、19段に比べて、上段の値は比較的大きくなっている。したがって、栈積み高さを低くしたことによって、風回りが良くなり、材間風速が上昇したことがわかった。

3.2.3 変動係数の比較

栈積み高さが19段のときは、正転時と逆転時の比較において、正転の変動係数が大きい値をとるか、またはわずかに下回る程度であった。したがって、正転時の風回りが円滑でなく、材間風速にバラツキが生じていると判断される。この点については、栈積み高さを16段にすると多少の改善がみられることから、栈積み高さを低くしたことによって、風速が安定化したと考えている。

3.3 水分傾斜について

第5表に、試験材の水分傾斜について示す。水食い材については、今回の試験では平角材よりむしろ断面の小さな正角材の方で、含水率の高い場合があった。今回は特に試験材重量が高いものを選定したためである。

水食いの無い試験材については、概ね設定した仕上がり含水率値であった。実用的に使用する上で、正角材の場合は、中心部の含水率を15%程度まで低下させ、水分傾斜を抑えたい⁵⁾。平角材の場合は、中心部の含水率を20%、No.1~4の平均を15%程度まで低下させておくのが望ましいと考える。

3.4 割れについて

第12図に、正角材の割れ面積について示す。温湿度の評価で述べたように、乾燥室の高さ方向においては、風上側でかつ低い場所にある測定点の温度が高く、また高所の測定点では、風上側であっても予想されるほどの温度上昇は無い。この影響が割れ面積に反映していると思われる。すなわち、大扉側、ボイラー室側とも上段(19段目)の割れ面積は大きく、

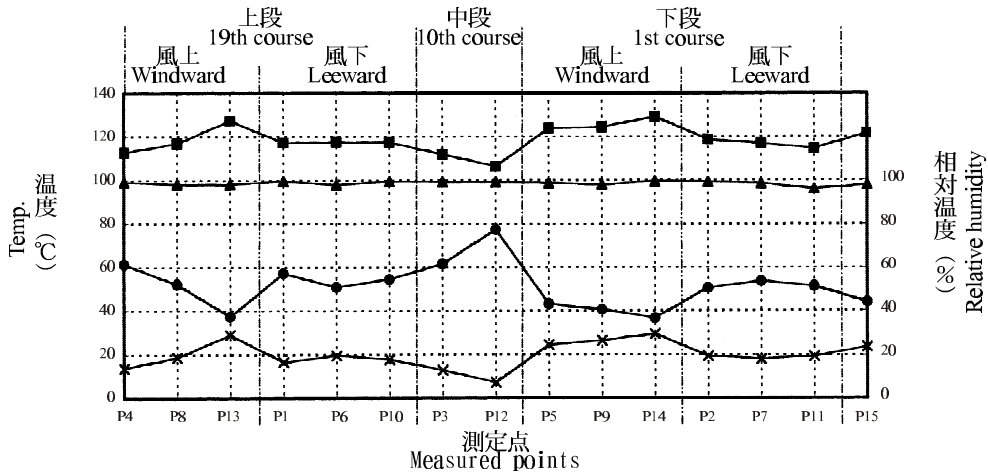
第3表 乾燥室内の温湿度に関する基本統計

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

測定点 Measured points				乾球130 正転 D.B.T.130 Normal			標準 偏差 S.D.	変動 係数 C.V.	乾球130 逆転 D.B.T.130 Reverse			標準 偏差 S.D.	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.		
P 1	乾球温度	D.B.T.	()	116.2	118.6	117.3	0.7	0.01	118.8	123.0	120.9	1.2	0.01
	湿球温度	W.B.T.	()	99.6	99.8	99.7	0.1	0.00	99.2	99.5	99.4	0.1	0.00
	温度差	D.B.T.-W.B.T.	()	16.4	16.8	16.6	0.2	0.01	19.5	23.5	21.5	1.1	0.05
	相对湿度	RH	(%)	57.3	57.4	57.3	0.1	0.00	45.5	63.0	48.4	4.8	0.10
P 2	乾球温度	D.B.T.	()	118.0	119.5	118.7	0.5	0.00	121.5	125.6	123.8	1.1	0.01
	湿球温度	W.B.T.	()	99.3	99.4	99.4	0.0	0.00	99.4	99.5	99.5	0.0	0.00
	温度差	D.B.T.-W.B.T.	()	18.6	20.1	19.3	0.5	0.02	22.0	26.1	24.4	1.1	0.04
	相对湿度	RH	(%)	48.6	51.8	50.7	1.0	0.02	41.4	47.2	43.6	1.5	0.04
P 3	乾球温度	D.B.T.	()	109.8	113.9	112.1	1.2	0.01	104.2	110.6	107.9	2.0	0.02
	湿球温度	W.B.T.	()	99.3	99.4	99.3	0.0	0.00	99.2	99.3	99.3	0.0	0.00
	温度差	D.B.T.-W.B.T.	()	10.5	14.5	12.8	1.2	0.10	4.9	11.3	8.6	2.0	0.23
	相对湿度	RH	(%)	48.3	67.8	61.6	5.1	0.08	48.6	83.5	71.3	8.8	0.12
P 4	乾球温度	D.B.T.	()	110.1	115.0	112.9	1.5	0.01	103.8	107.2	105.8	1.1	0.01
	湿球温度	W.B.T.	()	99.3	99.3	99.3	0.0	0.00	99.2	99.3	99.3	0.0	0.00
	温度差	D.B.T.-W.B.T.	()	10.8	15.7	13.6	1.5	0.11	4.5	7.9	6.6	1.1	0.16
	相对湿度	RH	(%)	57.2	67.7	61.5	3.1	0.05	75.1	83.5	78.4	3.1	0.04
P 5	乾球温度	D.B.T.	()	122.2	125.2	123.7	0.9	0.01	111.6	117.4	115.3	1.7	0.01
	湿球温度	W.B.T.	()	98.8	99.3	99.0	0.2	0.00	97.7	98.8	98.3	0.3	0.00
	温度差	D.B.T.-W.B.T.	()	23.4	25.7	24.6	0.7	0.03	13.6	18.7	17.0	1.5	0.09
	相对湿度	RH	(%)	42.7	44.1	43.4	0.7	0.02	51.6	61.0	55.1	2.8	0.05
P 6	乾球温度	D.B.T.	()	117.0	118.5	117.6	0.5	0.00	106.1	112.2	109.0	1.6	0.02
	湿球温度	W.B.T.	()	97.3	98.8	98.1	0.5	0.01	95.9	97.9	96.9	0.7	0.01
	温度差	D.B.T.-W.B.T.	()	18.8	20.8	19.6	0.6	0.03	9.6	14.3	12.1	1.4	0.11
	相对湿度	RH	(%)	48.1	51.8	51.0	1.2	0.02	60.6	72.4	65.4	3.4	0.05
P 7	乾球温度	D.B.T.	()	115.5	117.9	116.8	0.7	0.01	114.3	121.5	118.3	1.8	0.02
	湿球温度	W.B.T.	()	97.6	99.9	98.7	0.6	0.01	94.2	98.0	95.9	1.1	0.01
	温度差	D.B.T.-W.B.T.	()	16.6	18.4	17.9	0.6	0.03	19.2	23.6	22.4	1.3	0.06
	相对湿度	RH	(%)	53.3	55.6	53.7	0.7	0.01	42.9	50.9	45.6	2.1	0.05
P 8	乾球温度	D.B.T.	()	115.2	119.2	117.0	1.1	0.01	101.0	105.6	103.7	1.3	0.01
	湿球温度	W.B.T.	()	98.0	98.7	98.3	0.3	0.00	97.0	98.3	97.6	0.4	0.00
	温度差	D.B.T.-W.B.T.	()	16.6	20.9	18.7	1.3	0.07	3.6	7.6	6.1	1.1	0.18
	相对湿度	RH	(%)	48.3	57.2	52.3	2.6	0.05	75.0	89.6	80.8	3.8	0.05
P 9	乾球温度	D.B.T.	()	122.2	125.5	124.4	1.1	0.01	106.2	113.6	110.7	2.2	0.02
	湿球温度	W.B.T.	()	96.9	98.8	97.9	0.6	0.01	95.3	97.7	96.6	0.8	0.01
	温度差	D.B.T.-W.B.T.	()	25.0	27.9	26.5	0.9	0.03	10.9	16.9	14.1	1.7	0.12
	相对湿度	RH	(%)	38.4	42.5	40.7	1.3	0.03	58.6	67.4	61.9	2.8	0.05
P 10	乾球温度	D.B.T.	()	117.2	117.8	117.5	0.2	0.00	119.4	123.4	122.0	1.1	0.01
	湿球温度	W.B.T.	()	99.5	99.7	99.6	0.1	0.00	99.5	100.0	99.7	0.1	0.00
	温度差	D.B.T.-W.B.T.	()	17.6	18.3	17.9	0.2	0.01	19.4	23.8	22.3	1.2	0.06
	相对湿度	RH	(%)	53.7	55.5	54.6	0.9	0.02	44.3	52.0	46.9	2.2	0.05
P 11	乾球温度	D.B.T.	()	112.7	116.0	114.6	1.1	0.01	120.0	125.6	122.8	1.6	0.01
	湿球温度	W.B.T.	()	93.5	99.0	96.3	2.8	0.03	93.9	97.6	96.2	1.3	0.01
	温度差	D.B.T.-W.B.T.	()	15.6	22.6	19.1	3.5	0.18	23.4	30.2	26.6	2.1	0.08
	相对湿度	RH	(%)	45.8	57.2	51.5	5.7	0.11	35.3	45.3	40.1	3.4	0.08
P 12	乾球温度	D.B.T.	()	105.4	108.8	106.5	0.9	0.01	104.9	112.0	107.5	2.3	0.02
	湿球温度	W.B.T.	()	98.0	100.2	99.2	0.8	0.01	94.9	101.1	98.0	1.9	0.02
	温度差	D.B.T.-W.B.T.	()	5.6	8.3	7.3	0.9	0.12	4.9	12.9	9.5	2.3	0.24
	相对湿度	RH	(%)	75.0	83.6	77.3	2.8	0.04	65.0	83.7	71.3	5.4	0.08
P 13	乾球温度	D.B.T.	()	125.0	129.0	127.3	1.3	0.01	117.1	124.9	120.4	2.5	0.02
	湿球温度	W.B.T.	()	95.3	100.5	98.3	2.0	0.02	93.5	99.3	97.1	1.6	0.02
	温度差	D.B.T.-W.B.T.	()	25.1	31.2	29.0	1.8	0.06	20.4	26.3	23.3	1.6	0.07
	相对湿度	RH	(%)	34.7	41.6	37.4	2.2	0.06	41.4	49.9	44.9	2.5	0.06
P 14	乾球温度	D.B.T.	()	125.5	130.8	129.2	1.5	0.01	107.1	118.6	114.2	3.2	0.03
	湿球温度	W.B.T.	()	96.8	101.0	99.7	1.5	0.01	95.4	101.0	97.6	1.9	0.02
	温度差	D.B.T.-W.B.T.	()	24.5	32.6	29.5	2.2	0.07	11.7	20.9	16.6	2.2	0.13
	相对湿度	RH	(%)	32.9	43.2	36.7	2.7	0.07	48.1	67.2	55.6	4.6	0.08
P 15	乾球温度	D.B.T.	()	112.0	128.5	121.6	4.1	0.03	111.2	122.6	115.8	3.4	0.03
	湿球温度	W.B.T.	()	94.6	103.6	98.1	2.9	0.03	88.9	103.2	95.2	4.2	0.04
	温度差	D.B.T.-W.B.T.	()	16.2	26.4	23.5	3.1	0.13	11.6	24.9	20.5	3.5	0.17
	相对湿度	RH	(%)	38.0	56.5	44.1	5.2	0.12	43.6	59.5	49.1	4.3	0.09

注：第3表は、第2表の段階3におけるデータ

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



第10図 ファン正転時の乾燥室内での温湿度特性

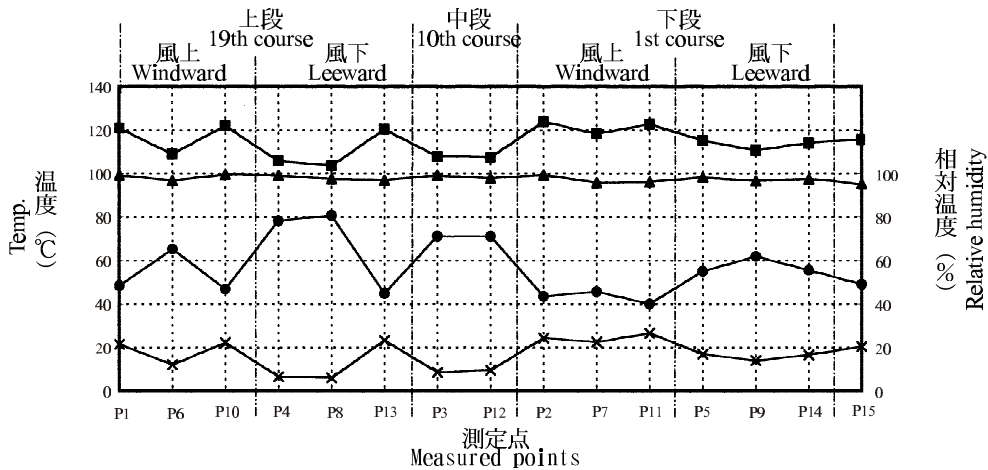
注：第2表の段階3におけるデータ

凡例：■：乾球温度，▲：湿球温度，×：乾湿球温度差，●：相対湿度

Fig. 10. The characteristics of temperature and humidity in normal airflow.

Note : Fig. 10. 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11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. 11. The characteristics of temperature and humidity in reverse airflow.

Note : Fig. 11. is the data for Step 3 in Table 2.

Legend : ■ : D.B.T. ; ▲ : W.B.T. ; × : D.B.T. - W.B.T. , ● : Relative humidity

中段(10段目)・下段(1段目)の割れは比較的小さくなっている。この結果は、棧積み時に大扉側でかつ外側(側壁側)に位置していた試験材(左右両外側の試験材計4本,第9図)の割れ面積において、傾向がより顕著に表れていると考える。

また、大扉側の割れが大きくなっている点につい

ては、乾燥室の奥行方向では、ファンの正転時に乾燥室前部にくるほど乾球温度は低くなっていること、また大扉側では設定乾球温度を20以上下回る測定点もあった(第3表、逆転時のP3, P4)ことによる影響と考えられる。

第6表は、正角材に生じた割れ面積を木取り面に

第4表 乾燥室内風速の積積み高さによる比較

Table 4. The comparison between higher level and lower level in the airflow on normal and reverse.

積積み19段 19stacks (Higher level)													
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.	正転と逆転の比較 ^{a)} The comparison between normal and reverse ^{a)}		
		最小値 min.	最大値 max.	平均 av.			最小値 min.	最大値 max.	平均 av.		平均値 av.	変動係数 C.V.	
上段 19th course	風上 Windward	P 4	0.9	1.2	1.05	0.14	P 1	0.9	1.3	1.10	0.18	×	×
		P 8	0.9	1.3	1.10	0.18	P 6	0.8	1.0	0.90	0.11		
		P 13	0.4	0.6	0.50	0.20	P 10	0.7	0.9	0.80	0.12	×	
	風下 Leeward	P 1	0.6	0.9	0.75	0.20	P 4	0.4	0.6	0.50	0.20		
		P 6	1.7	2.0	1.85	0.08	P 8	1.7	2.0	1.85	0.08		
		P 10	0.5	0.7	0.60	0.17	P 13	0.3	0.4	0.35	0.14		
中段 10th course	P 3	0.6	0.8	0.70	0.14	P 3	1.0	1.3	1.15	0.13	×		
	P 12	0.6	0.7	0.65	0.08	P 12	0.5	0.6	0.55	0.09		×	
下段 1st course	風上 Windward	P 5	2.5	2.8	2.65	0.06	P 2	2.4	2.6	2.50	0.04		
		P 9	2.2	2.5	2.35	0.06	P 7	3.1	3.4	3.25	0.05	×	
		P 14	0.6	0.9	0.75	0.20	P 11	2.0	2.2	2.10	0.05	×	
	風下 Leeward	P 2	0.5	0.6	0.55	0.09	P 5	0.9	1.1	1.00	0.10	×	×
		P 7	0.7	0.9	0.80	0.12	P 9	0.6	0.8	0.70	0.14		×
		P 11	1.0	1.2	1.10	0.09	P 14	1.4	1.7	1.55	0.10	×	×
P 15	1.0	0.5	1.5	1.25	P 15	1.7	2.0	1.85	0.08	×			

積積み16段 16stacks (lower level)													
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.	正転と逆転の比較 ^{a)} The comparison between normal and reverse ^{a)}		
		最小値 min.	最大値 max.	平均 av.			最小値 min.	最大値 max.	平均 av.		平均値 av.	変動係数 C.V.	
上段 16th course	風上 Windward	W 4	1.4	2.0	1.70	0.18	W 1	1.6	1.8	1.70	0.06		
		W 8	1.6	2.0	1.80	0.11	W 6	0.9	1.2	1.05	0.14		×
		W 13	0.8	1.1	0.95	0.16	W 10	0.5	0.7	0.60	0.17		×
	風下 Leeward	W 1	0.4	0.6	0.50	0.20	W 4	0.4	0.6	0.50	0.20		
		W 6	0.6	1.0	0.80	0.25	W 8	1.4	1.6	1.50	0.07	×	
		W 10	0.6	1.0	0.80	0.25	W 13	0.2	0.4	0.30	0.33		×
中段 10th course	P 3	0.8	1.4	1.10	0.27	P 3	0.7	0.9	0.80	0.12			
	P 12	0.6	0.8	0.70	0.14	P 12	0.5	0.6	0.55	0.09			
下段 1st course	風上 Windward	P 5	2.2	2.4	2.30	0.04	P 2	2.1	2.3	2.20	0.05		×
		P 9	2.2	2.8	2.50	0.12	P 7	2.6	2.8	2.70	0.04	×	
		P 14	0.9	1.3	1.10	0.18	P 11	1.8	2.2	2.00	0.10	×	
	風下 Leeward	P 2	0.9	1.1	1.00	0.10	P 5	1.1	1.3	1.20	0.08	×	
		P 7	0.9	1.0	0.95	0.05	P 9	1.2	1.4	1.30	0.08	×	×
		P 11	1.0	1.2	1.10	0.09	P 14	0.8	1.0	0.90	0.11		×
P 15	1.7	2.0	1.85	0.08	P 15	1.6	1.8	1.70	0.06				

凡例：a) : 正転 > 逆転, : 正転 = 逆転, × : 正転 < 逆転

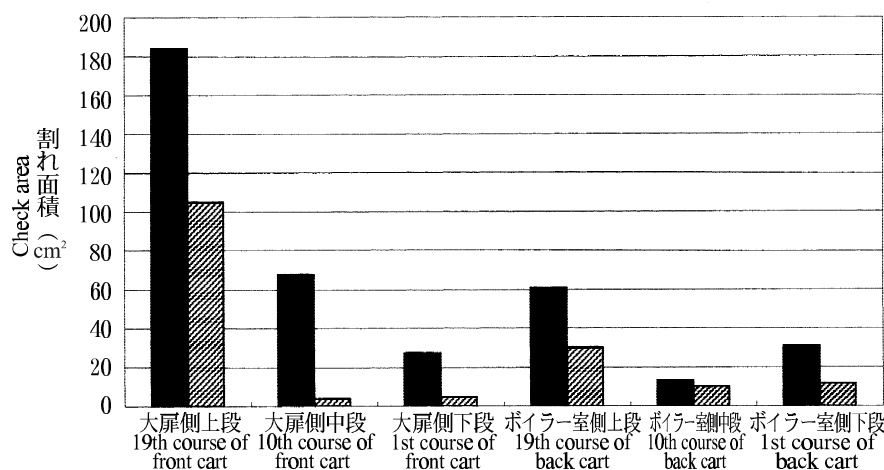
Legend : a) : Normal > Reverse; : Normal = Reverse; × : Normal < Reverse

よる比率で表したものである。割れの生じていない正角材については除外した。全4面のうち木表側に生じた割れは、56.9 ~ 82.8%と高い数値を示してい

る。さらに、木表木裏両面に生じた割れの合計についてみると89.1%以上となり、非常に高い出現率となっている。このことから、積積み時に木表または

第5表 試験材の水分傾斜
Table 5. The result of moisture distribution experiment.

材種 Kinds of sawn type	測定位置 Measured points	含水率(%) M.C.(%)					No.1~4の平均 av. of No.1-4	
		表層部 Surface	2層 Second layer	3層 Third layer	中心部 Core	平均値 av.		
平角材 Flat Square	水食い Wetwood	No.1	15.4	23.5	27.8	29.6	20.3	21.6
		No.2	10.7	25.4	31.4	34.2	19.4	
		No.3	16.4	25.5	31.8	34.7	22.3	
		No.4	13.2	32.5	38.9	43.8	24.3	
	非水食い Normal	No.1	14.8	18.9	21.5	22.0	17.4	18.8
		No.2	15.9	22.8	28.9	32.1	20.6	
		No.3	15.2	20.4	25.4	27.2	18.8	
		No.4	14.4	19.8	25.8	28.2	18.3	
正角材 Square	水食い Wetwood	No.1	19.0	39.3	94.8	164.9	41.0	34.1
		No.2	22.2	48.2	76.8	108.8	41.4	
		No.3	17.9	32.5	53.9	56.1	29.3	
		No.4	17.8	28.3	37.7	35.7	24.8	
	非水食い Normal	No.1	16.0	17.2	18.9	20.0	16.9	16.7
		No.2	14.6	16.4	18.3	19.3	15.9	
		No.3	15.3	18.1	20.7	22.1	17.2	
		No.4	14.7	17.7	20.3	21.4	16.7	



第12図 正角材人工乾燥後の割れ面積

凡例：■：割れ面積(10本/段)，▨：割れ面積(両外側の試験体(4本)^{a)})

注：a)：第9図を参照

Fig. 12. Check area of kiln-dried sawn squares.

Legend：■：Check Area (10 lines / stack);

▨：Check Area (Four specimens on two outer edges of each course^{a)})

Note：a)：See Fig. 9.

木裏が上面となるように積むことや、重錘量を増やすことによって、割れを抑制することが可能と思われた。

4. まとめ

今回は、実用的生産に使用されている高温乾燥装置で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。その結果は、以下の

とおりである。

設定した乾球温度に比べて、実際の測定温度はやや低めであった。

乾燥室の奥行方向においては、ファンの正転時には、乾燥室後部に行くほど乾球温度は高くなっている。

乾燥室の高さ方向においては、ファンの正転時、逆転時とも風上側でかつ低い場所にある測定点の

第6表 乾燥装置内位置別の割れ出現率
Table 6. The rate of check area in the dry kiln.

		棧積み位置 Place in the dry kiln					
		大扉側 上段	大扉側 中段	大扉側 下段	ボイラー室側 上段	ボイラー室側 中段	ボイラー室側 下段
		19th course of front cart	10th course of front cart	1st course of front cart	19th course of back cart	10th course of back cart	1st course of back cart
木表側 Bark side	平均値 av. (%)	82.8	78.6	70.3	56.9	65.8	80.2
	標準偏差 S.D.	22.5	6.7	27.2	30.9	32.2	32.4
	変動係数 C.V.	0.27	0.09	0.39	0.54	0.49	0.40
木表 + 木裏側 Bark side + Pith side	平均値 av. (%)	89.1	96.3	89.1	95.8	93.2	99.9
	標準偏差 S.D.	20.7	4.9	22.0	10.8	8.8	0.3
	変動係数 C.V.	0.23	0.05	0.25	0.11	0.09	0.00

乾球温度が高くなっている。

風速に関しては、乾燥室後部（ボイラー室側）でかつ乾燥装置制御用温湿度センサーがある側の測定点の値が比較的低くなっている。

棧積み高さを低く設定することにより、材間風速の上昇、安定化が可能である。

水食いの無い試験材については、概ね設定した含水率値に仕上がっていた。

棧積み上段の割れ面積は大きく、中段・下段の割れは比較的小さくなっている。

木表木裏両面に生じた総割れ面積は89.1%以上となり、非常に高い出現率となっている。

第2報では今回の結果を踏まえ、材間風速や製材の品質に対する棧積み時の材料間隔の影響を確認することを目的として、今回と同じ乾燥装置を用い、試験を行う予定である。

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の皆様には深く感謝いたします。

文 献

- 1) Hanhijarvi, A.: Holz Roh-Werkstoff, **56**, 373-380 (1998).
- 2) 北海道乾燥材普及協議会：“人工林材乾燥マニュアル”, **9** (1999).
- 3) 中嶋 厚：林産試だより, 12月号, 10-14(1999).
- 4) 信田 聡：第36回日本木材学会大会研究発表要旨集, 279 (1986).
- 5) 北海道乾燥材普及協議会：“人工林材乾燥マニュアル”, 16 (1999).

- 製材乾燥科 -

(原稿受理：01.3.14)