

# 乾燥装置の温湿度と風速 に関する研究(第2報)

- 棧積み方法と風速 -

伊藤 洋一      中畠 厚  
中川 伸一      幡多 輝昭

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

- Relationships between air velocity and stacking method -

Youichi ITO                      Atsushi NAKAJIMA  
Shin'ichi NAKAGAWA          Teruaki HATA

*Key words* : high temperature drying, humidity, air velocity, airflow, check  
高温乾燥, 湿度, 風速, 割れ

### 1. はじめに

前報<sup>1)</sup>では, 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おこない, 高温乾燥中の装置内温湿度特性を評価した。その結果, 乾燥室内の温湿度ムラや風速のバラツキについて把握することができた。今回は, それらの結果を踏まえ, 棧積み時の材料間隔に対する材間風速や製材の品質(割れ・水分傾斜)への影響を確認することを目的として, 実大の乾燥装置を用い, 試験した。

### 2. 試験方法

#### 2.1 乾燥装置

試験に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製 AHX-85S(平成11年1月設置, 収容材積24m<sup>3</sup>(約85石),

幅2×高さ2.5×奥行9m)である<sup>1)</sup>。

#### 2.2 試験材

測定した材料は, 第1表に示すトドマツ心去り材である。水食い材, 非水食い材各2本から得られた。初期含水率は, それぞれ76.0%, 30.4%であった。

#### 2.3 乾燥スケジュールと運転条件

第2表に今回採用した乾燥スケジュールを示す<sup>2,3)</sup>。仕上がり含水率は, 15%以下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1,456l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1図に示す計15か所である<sup>1)</sup>。第2図に, 温湿度センサー取り付け

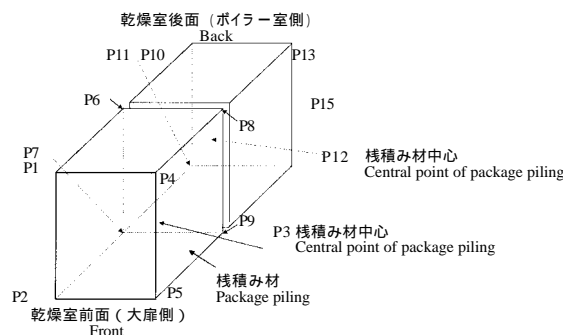
第1表 トドマツ試験材の寸法と積み方法  
Table 1. Size and stacking-method of Todomatsu (*Abies sachalinensis* Masters) specimens.

| 材種<br>Kinds of sawn type | 試験材寸法<br>Size of specimens<br>(cm)<br>(幅×厚×長)<br>(W×T×L) | 積み時の列間隔<br>Spacing<br>(cm) | 1段あたりの本数<br>Pieces of lumber /Course<br>(本) | 総本数<br>Total<br>(本) |
|--------------------------|--|----------------------------|---|---------------------|
| 正角材<br>Squares           | 10.5 × 10.5 × 365  | 10                         | 10  | 380                 |

注：積み幅：200cm, 積み段数：19段, 重錘量：約2t, 積木厚：2.3cm  
Note : Packing width : 200cm, Total stacking course : 19, Total stacking weights:2t, Sticker thickness : 2.3 cm

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<br>Step      | 乾球温度<br>Dry bulb temperature<br>( ) | 湿球温度<br>Wet bulb temperature<br>( ) | 設定時間<br>Time<br>(h) | 工程<br>Process                   |
|-----------------|-------------------------------------|-------------------------------------|---------------------|---------------------------------|
| 段階1<br>Step 1   | 100                                 | 100                                 | 2                   | 初期蒸煮<br>Pre-steaming            |
| 段階2<br>Step 2   | 96                                  | 96                                  | 14                  | 蒸煮<br>Steaming                  |
| 段階3<br>Step 3   | 130                                 | 96                                  | 4                   | 昇温・乾燥<br>Rising temp. & Drying  |
| 段階4<br>Step 4   | 120                                 | 96                                  | 4                   | 乾燥<br>Drying                    |
| 段階5<br>Step 5   | 110                                 | 96                                  | 24                  | 乾燥<br>Drying                    |
| 段階6<br>Step 6   | 96                                  | 96                                  | 2                   | 降温第1段階<br>First dropping temp.  |
| 段階7<br>Step 7   | 90                                  | 84                                  | 36                  | イコライジング<br>Equalizing           |
| 段階8<br>Step 8   | 80                                  | 77                                  | 8                   | 降温第2段階<br>Second dropping temp. |
| 段階9<br>Step 9   | 80                                  | 76                                  | 24                  | コンディショニング<br>Conditioning       |
| 段階10<br>Step 10 | -                                   | -                                   | 72                  | 冷却<br>Cooling                   |



第1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. 1. The place of temperature and humidity sensors.

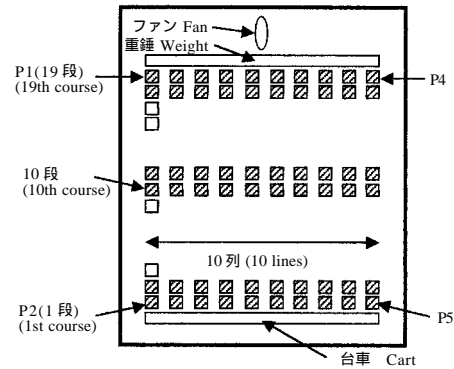
Note: P15 was attached to the temperature and humidity sensor of dry-kiln.



第2図 温湿度センサー取り付け後の積み材の様子  
Fig. 2. Package piling attached temperature and humidity sensor.



第3図 積み材の中心に取り付けた温湿度センサー  
Fig. 3. The temperature and humidity sensor attached to the central point of package piling.



第4図 割れ測定試験材の位置  
凡例: : 割れ測定試験体  
Fig. 4. Place of check examining specimens.  
Legend: : Check examining specimens

後の積み材の様子を示す。第3図に示すように、積み材の中心に取り付けた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、10分ごとに測定した<sup>4)</sup>。

### 2.5 風速測定

風速測定は、前回と同じように温湿度センサーを取り付けた P1 ~ P15 の測定点にて行った<sup>1)</sup>。

### 2.6 水分傾斜

高温乾燥後の試験材について、水食材と非水食材の材各2本(元口より長さ3m)において、1本あたり4か所の水分傾斜を測定した<sup>1)</sup>。

### 2.7 割れ測定

高温乾燥後の試験材について、割れの測定<sup>5)</sup>を行った。測定した材は、積み材時の1, 2段目(下

段), 10, 11段目(中段), 18, 19段目(上段)の正角材計120本(10列×計6段×2台車)である(第4図)。割れは、50mm未満のものを除き、すべての割れ長さと最大幅をmm単位で測定した<sup>1)</sup>。

## 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、逆転時別に示す。また、第5図、第6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、逆転時別に示す。

設定乾球温度130 に対して、風上にあたる測定

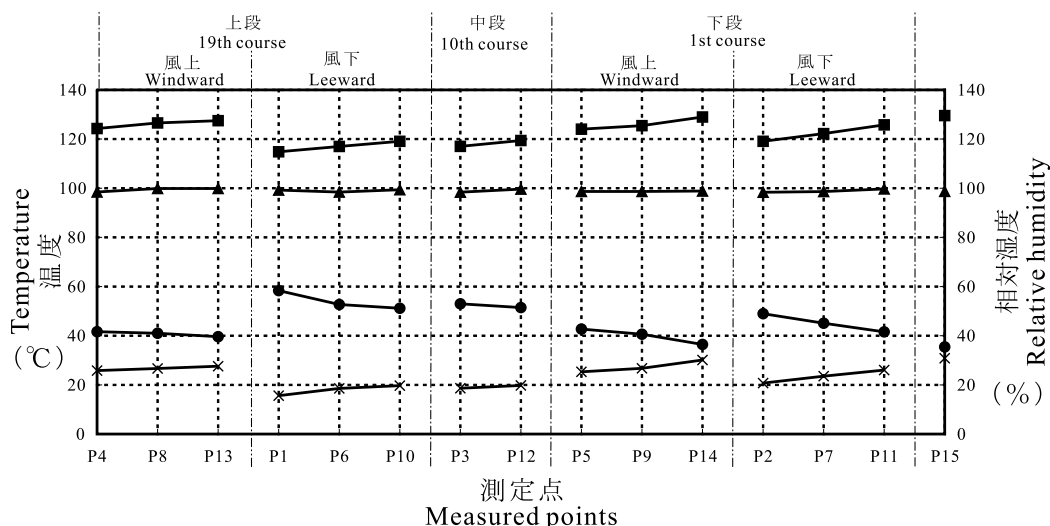
第3表 乾燥室内の温湿度

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

| 測定点<br>Measured<br>points | 乾球130 正転<br>D.B.T.130 Normal |               |            | 標準<br>偏差<br>S.D. | 変動<br>係数<br>C.V. | 乾球130 逆転<br>D.B.T.130 Reverse |             |            | 標準<br>偏差<br>S.D. | 変動<br>係数<br>C.V. |      |      |
|---------------------------|------------------------------|---------------|------------|------------------|------------------|-------------------------------|-------------|------------|------------------|------------------|------|------|
|                           | 最小値<br>min.                  | 最大値<br>max.   | 平均値<br>av. |                  |                  | 最小値<br>min.                   | 最大値<br>max. | 平均値<br>av. |                  |                  |      |      |
| P1                        | 乾球                           | D.B.T.        | 112.7      | 116.9            | 114.8            | 1.2                           | 0.01        | 120.3      | 129.2            | 125.3            | 3.0  | 0.02 |
|                           | 湿球                           | W.B.T.        | 98.5       | 100.0            | 99.2             | 0.5                           | 0.00        | 98.4       | 100.0            | 99.1             | 0.5  | 0.01 |
|                           | 温度差                          | D.B.T.-W.B.T. | 14.2       | 17.4             | 15.6             | 1.0                           | 0.06        | 21.5       | 30.1             | 26.2             | 2.7  | 0.10 |
|                           | 相对湿度                         | RH %          | 55.3       | 61.3             | 58.4             | 2.1                           | 0.04        | 36.5       | 48.5             | 41.5             | 3.9  | 0.09 |
| P2                        | 乾球                           | D.B.T.        | 117.4      | 121.1            | 119.1            | 1.1                           | 0.01        | 122.1      | 129.8            | 126.0            | 2.7  | 0.02 |
|                           | 湿球                           | W.B.T.        | 98.0       | 98.8             | 98.4             | 0.2                           | 0.00        | 98.0       | 98.9             | 98.4             | 0.3  | 0.00 |
|                           | 温度差                          | D.B.T.-W.B.T. | 19.3       | 22.5             | 20.7             | 1.0                           | 0.05        | 23.5       | 31.5             | 27.6             | 2.7  | 0.10 |
|                           | 相对湿度                         | RH %          | 46.8       | 51.8             | 48.9             | 1.7                           | 0.03        | 34.1       | 45.5             | 39.7             | 3.6  | 0.09 |
| P3                        | 乾球                           | D.B.T.        | 112.1      | 120.2            | 117.0            | 2.3                           | 0.02        | 109.4      | 121.8            | 116.8            | 4.7  | 0.04 |
|                           | 湿球                           | W.B.T.        | 98.2       | 98.6             | 98.4             | 0.1                           | 0.00        | 98.1       | 98.4             | 98.3             | 0.1  | 0.00 |
|                           | 温度差                          | D.B.T.-W.B.T. | 13.7       | 21.8             | 18.6             | 2.3                           | 0.13        | 11.2       | 23.6             | 18.5             | 4.7  | 0.25 |
|                           | 相对湿度                         | RH %          | 48.3       | 63.2             | 53.0             | 4.3                           | 0.08        | 43.9       | 67.5             | 53.5             | 8.3  | 0.15 |
| P4                        | 乾球                           | D.B.T.        | 121.4      | 126.8            | 124.3            | 1.5                           | 0.01        | 109.8      | 123.6            | 117.5            | 5.5  | 0.05 |
|                           | 湿球                           | W.B.T.        | 98.1       | 98.8             | 98.5             | 0.2                           | 0.00        | 98.0       | 100.0            | 99.0             | 0.9  | 0.01 |
|                           | 温度差                          | D.B.T.-W.B.T. | 23.3       | 28.1             | 25.8             | 1.4                           | 0.05        | 11.6       | 23.6             | 18.5             | 4.7  | 0.25 |
|                           | 相对湿度                         | RH %          | 38.9       | 45.3             | 41.6             | 1.7                           | 0.04        | 44.3       | 65.3             | 53.2             | 8.1  | 0.15 |
| P5                        | 乾球                           | D.B.T.        | 121.3      | 126.8            | 124.0            | 1.5                           | 0.01        | 116.9      | 126.9            | 122.8            | 3.6  | 0.03 |
|                           | 湿球                           | W.B.T.        | 98.2       | 99.8             | 98.7             | 0.5                           | 0.00        | 98.1       | 100.0            | 99.1             | 0.9  | 0.01 |
|                           | 温度差                          | D.B.T.-W.B.T. | 23.1       | 27.0             | 25.3             | 1.1                           | 0.04        | 18.7       | 26.9             | 23.8             | 2.8  | 0.12 |
|                           | 相对湿度                         | RH %          | 40.3       | 45.3             | 42.7             | 1.3                           | 0.03        | 40.3       | 51.6             | 44.5             | 3.6  | 0.08 |
| P6                        | 乾球                           | D.B.T.        | 115.0      | 119.1            | 117.0            | 1.2                           | 0.01        | 116.5      | 128.3            | 123.3            | 4.3  | 0.03 |
|                           | 湿球                           | W.B.T.        | 98.1       | 98.9             | 98.4             | 0.2                           | 0.00        | 98.1       | 100.0            | 99.1             | 0.9  | 0.01 |
|                           | 温度差                          | D.B.T.-W.B.T. | 16.6       | 20.8             | 18.6             | 1.3                           | 0.07        | 18.4       | 28.3             | 24.2             | 3.5  | 0.14 |
|                           | 相对湿度                         | RH %          | 48.3       | 57.2             | 52.7             | 2.6                           | 0.05        | 39.1       | 51.6             | 43.5             | 4.5  | 0.10 |
| P7                        | 乾球                           | D.B.T.        | 120.1      | 124.1            | 122.2            | 1.1                           | 0.01        | 122.0      | 130.9            | 127.1            | 3.0  | 0.02 |
|                           | 湿球                           | W.B.T.        | 98.4       | 99.2             | 98.7             | 0.3                           | 0.00        | 98.3       | 100.0            | 98.9             | 0.6  | 0.01 |
|                           | 温度差                          | D.B.T.-W.B.T. | 21.7       | 24.9             | 23.6             | 0.9                           | 0.04        | 23.6       | 31.9             | 28.2             | 2.6  | 0.09 |
|                           | 相对湿度                         | RH %          | 42.7       | 48.5             | 45.1             | 1.6                           | 0.04        | 34.4       | 45.5             | 38.8             | 3.6  | 0.09 |
| P8                        | 乾球                           | D.B.T.        | 121.2      | 129.3            | 126.6            | 2.2                           | 0.02        | 109.4      | 123.4            | 116.9            | 5.9  | 0.05 |
|                           | 湿球                           | W.B.T.        | 98.8       | 100.0            | 99.9             | 0.3                           | 0.00        | 98.8       | 100.0            | 99.6             | 0.4  | 0.00 |
|                           | 温度差                          | D.B.T.-W.B.T. | 22.4       | 29.3             | 26.7             | 1.9                           | 0.07        | 10.2       | 23.4             | 17.4             | 5.5  | 0.32 |
|                           | 相对湿度                         | RH %          | 37.9       | 47.0             | 41.0             | 2.6                           | 0.06        | 45.7       | 70.1             | 55.8             | 10.0 | 0.18 |
| P9                        | 乾球                           | D.B.T.        | 122.8      | 129.0            | 125.4            | 1.5                           | 0.01        | 115.9      | 126.7            | 122.1            | 4.0  | 0.03 |
|                           | 湿球                           | W.B.T.        | 98.3       | 100.0            | 98.7             | 0.6                           | 0.01        | 98.1       | 100.0            | 99.2             | 0.9  | 0.01 |
|                           | 温度差                          | D.B.T.-W.B.T. | 24.4       | 29.0             | 26.7             | 1.1                           | 0.04        | 17.6       | 26.7             | 23.0             | 3.2  | 0.14 |
|                           | 相对湿度                         | RH %          | 37.9       | 44.1             | 40.6             | 1.4                           | 0.04        | 40.3       | 53.3             | 45.7             | 4.4  | 0.10 |
| P10                       | 乾球                           | D.B.T.        | 117.1      | 120.8            | 119.1            | 1.0                           | 0.01        | 128.9      | 136.0            | 132.9            | 2.1  | 0.02 |
|                           | 湿球                           | W.B.T.        | 98.9       | 100.0            | 99.4             | 0.4                           | 0.00        | 98.9       | 100.0            | 99.4             | 0.4  | 0.00 |
|                           | 温度差                          | D.B.T.-W.B.T. | 18.2       | 21.3             | 19.7             | 1.0                           | 0.05        | 29.5       | 36.0             | 33.6             | 2.0  | 0.06 |
|                           | 相对湿度                         | RH %          | 48.8       | 53.7             | 51.2             | 1.5                           | 0.03        | 28.8       | 37.9             | 31.9             | 2.8  | 0.09 |
| P11                       | 乾球                           | D.B.T.        | 123.7      | 127.8            | 125.8            | 1.0                           | 0.01        | 123.2      | 132.2            | 128.4            | 3.1  | 0.02 |
|                           | 湿球                           | W.B.T.        | 99.2       | 101.8            | 99.7             | 0.7                           | 0.01        | 98.1       | 100.0            | 99.4             | 0.7  | 0.01 |
|                           | 温度差                          | D.B.T.-W.B.T. | 24.4       | 27.8             | 26.0             | 1.0                           | 0.04        | 24.9       | 32.2             | 29.0             | 2.5  | 0.09 |
|                           | 相对湿度                         | RH %          | 39.1       | 42.9             | 41.6             | 1.1                           | 0.03        | 34.6       | 42.7             | 37.8             | 2.8  | 0.07 |
| P12                       | 乾球                           | D.B.T.        | 113.8      | 123.2            | 119.4            | 2.6                           | 0.02        | 109.2      | 122.2            | 116.7            | 5.0  | 0.04 |
|                           | 湿球                           | W.B.T.        | 99.4       | 100.0            | 99.6             | 0.2                           | 0.00        | 98.7       | 99.9             | 99.3             | 0.3  | 0.00 |
|                           | 温度差                          | D.B.T.-W.B.T. | 14.4       | 23.2             | 19.8             | 2.5                           | 0.13        | 10.1       | 22.6             | 17.4             | 4.8  | 0.27 |
|                           | 相对湿度                         | RH %          | 45.7       | 61.3             | 51.5             | 4.4                           | 0.09        | 47.0       | 70.1             | 55.8             | 8.5  | 0.15 |
| P13                       | 乾球                           | D.B.T.        | 125.6      | 129.8            | 127.5            | 1.2                           | 0.01        | 111.3      | 126.0            | 119.9            | 5.9  | 0.05 |
|                           | 湿球                           | W.B.T.        | 99.4       | 100.0            | 99.9             | 0.2                           | 0.00        | 98.2       | 100.0            | 99.5             | 0.7  | 0.01 |
|                           | 温度差                          | D.B.T.-W.B.T. | 25.8       | 29.8             | 27.6             | 1.1                           | 0.04        | 12.0       | 26.0             | 20.4             | 5.4  | 0.26 |
|                           | 相对湿度                         | RH %          | 36.8       | 41.6             | 39.6             | 1.5                           | 0.04        | 41.6       | 65.5             | 50.6             | 9.0  | 0.18 |
| P14                       | 乾球                           | D.B.T.        | 126.8      | 130.6            | 129.0            | 1.0                           | 0.01        | 114.4      | 126.0            | 121.2            | 4.3  | 0.04 |
|                           | 湿球                           | W.B.T.        | 98.4       | 99.3             | 98.8             | 0.3                           | 0.00        | 98.1       | 100.0            | 99.1             | 0.8  | 0.01 |
|                           | 温度差                          | D.B.T.-W.B.T. | 28.4       | 31.6             | 30.1             | 0.9                           | 0.03        | 15.9       | 26.0             | 22.1             | 3.7  | 0.17 |
|                           | 相对湿度                         | RH %          | 34.4       | 38.9             | 36.5             | 1.1                           | 0.03        | 41.6       | 59.1             | 47.5             | 6.0  | 0.13 |
| P15                       | 乾球                           | D.B.T.        | 127.6      | 131.2            | 129.6            | 1.0                           | 0.01        | 118.1      | 129.2            | 124.7            | 4.0  | 0.03 |
|                           | 湿球                           | W.B.T.        | 98.0       | 100.0            | 98.7             | 0.9                           | 0.01        | 98.0       | 100.0            | 99.1             | 0.9  | 0.01 |
|                           | 温度差                          | D.B.T.-W.B.T. | 28.6       | 32.8             | 30.8             | 1.1                           | 0.04        | 19.9       | 29.2             | 25.5             | 3.2  | 0.13 |
|                           | 相对湿度                         | RH %          | 33.1       | 37.9             | 35.5             | 1.5                           | 0.04        | 37.9       | 49.9             | 42.5             | 4.2  | 0.10 |

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5図 ファン正転時の乾燥室内での温湿度特性

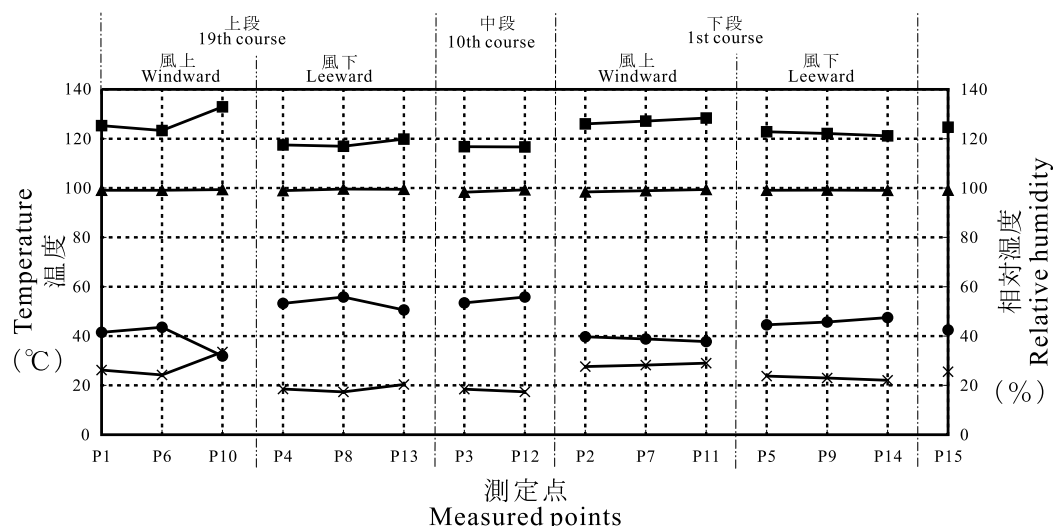
注:第2表の段階3におけるデータ

凡例:■:乾球温度,▲:湿球温度,×:乾湿球温度差,●:相対湿度

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

Note: Fig. 5. is the data for Step 3 in Table 2.

Legend: ■: Dry bulb temp.; ▲: Wet bulb temp.; ×: D.B.T. - W.B.T.; ●: Relative humidity



第6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. 6. The characteristics of temperature and humidity in reverse airflow.

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

Legend: ■: Dry bulb temp.; ▲: Wet bulb temp.; ×: D.B.T. - W.B.T.; ●: Relative humidity

点の平均乾球温度は正転時で124.0 ~ 129.0 ,逆転時で123.3 ~ 132.9 であり,多少のズレはあるがほぼ設定どおりに推移していることがわかる。同様に,設定湿球温度96 に対しては,正転時で98.5 ~ 99.9 ,逆転時で98.4 ~ 99.4 と少し高めに推移していたことがわかった。また,栈積み材の中心にあたる測定点P3, P12の乾球温度は,正転時で112.1 ~ 123.2 ,逆転時で109.2 ~ 122.2 と設

定温度より5 ~ 15 ほど低くなっている。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51.5 ~ 55.8%と高くなっている。

乾燥室内の奥行・高さ・幅の各方向別の考察では,測定点P3, P12は,栈積み材の中心部を測定しているため,全体の傾向から外して考える。

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

第4表 乾燥室内風速の積み位置による比較

Table 4. The comparison of air velocity for each level in the airflow on normal and reverse.

| 測定点<br>Measured points | 風速(正転)(m/s)<br>Normal airflow |             |            | 変動係数<br>C.V. | 比較対象<br>Subject of<br>comparison | 風速(逆転)(m/s)<br>Reverse airflow |             |            | 変動係数<br>C.V. |      |      |
|------------------------|-------------------------------|-------------|------------|--------------|----------------------------------|--------------------------------|-------------|------------|--------------|------|------|
|                        | 最小値<br>min.                   | 最大値<br>max. | 平均値<br>av. |              |                                  | 最小値<br>min.                    | 最大値<br>max. | 平均値<br>av. |              |      |      |
| 上段<br>19th<br>course   | 風上<br>Windward                | P4          | 0.8        | 2.2          | 1.50                             | 0.47                           | P1          | 1.5        | 2.8          | 2.15 | 0.30 |
|                        |                               | P8          | 2.2        | 2.4          | 2.30                             | 0.04                           | P6          | 1.5        | 1.7          | 1.60 | 0.06 |
|                        |                               | P13         | 0.9        | 1.5          | 1.20                             | 0.25                           | P10         | 1.6        | 1.8          | 1.70 | 0.06 |
|                        | 風下<br>Leeward                 | P1          | 1.4        | 1.6          | 1.50                             | 0.07                           | P4          | 1.5        | 1.8          | 1.65 | 0.09 |
|                        |                               | P6          | 1.3        | 1.7          | 1.50                             | 0.13                           | P8          | 1.2        | 1.4          | 1.30 | 0.08 |
|                        |                               | P10         | 1.3        | 1.7          | 1.50                             | 0.13                           | P13         | 0.4        | 0.6          | 0.50 | 0.20 |
| 中段<br>10th<br>course   | P3                            | 0.6         | 0.7        | 0.65         | 0.08                             | P3                             | 0.7         | 1.1        | 0.90         | 0.22 |      |
|                        | P12                           | 0.9         | 1.0        | 0.95         | 0.05                             | P12                            | 1.0         | 1.1        | 1.05         | 0.05 |      |
| 下段<br>1st<br>course    | 風上<br>Windward                | P5          | 2.7        | 2.9          | 2.80                             | 0.04                           | P2          | 2.7        | 3.0          | 2.85 | 0.05 |
|                        |                               | P9          | 2.4        | 2.7          | 2.55                             | 0.06                           | P7          | 1.8        | 2.2          | 2.00 | 0.10 |
|                        |                               | P14         | 1.7        | 2.2          | 1.95                             | 0.13                           | P11         | 1.7        | 1.9          | 1.80 | 0.06 |
|                        | 風下<br>Leeward                 | P2          | 1.2        | 1.4          | 1.30                             | 0.08                           | P5          | 1.0        | 1.3          | 1.15 | 0.13 |
|                        |                               | P7          | 1.2        | 1.6          | 1.40                             | 0.14                           | P9          | 0.6        | 0.8          | 0.70 | 0.14 |
|                        |                               | P11         | 0.5        | 0.7          | 0.60                             | 0.17                           | P14         | 0.8        | 1.1          | 0.95 | 0.16 |
| P15                    | 2.7                           | 3.3         | 3.00       | 0.10         | P15                              | 2.1                            | 2.4         | 2.25       | 0.07         |      |      |

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。この結果は、前回の試験と同じであった<sup>1)</sup>。

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は、前回の結果と違い、上段と下段の温度変化はわずかで、高さ方向の温度分布はおおむね適正な値に近づいたと言える。これにより、相対湿度も上段と下段の差が少なくなった。以上より、ほぼ設定どおりの条件が実現していると考えられる。

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、相対湿度は低くなる。正転時の上段では、風上側と風下側の温度差は8.4～9.6℃、同じく下段では3.2～4.9℃、逆転時の上段では、温度差は6.4～13.1℃、同じく下段では3.2～7.2℃となっている。このように下段の温度差が小さくなるのは、次項で述べる風速の影響と思われる。

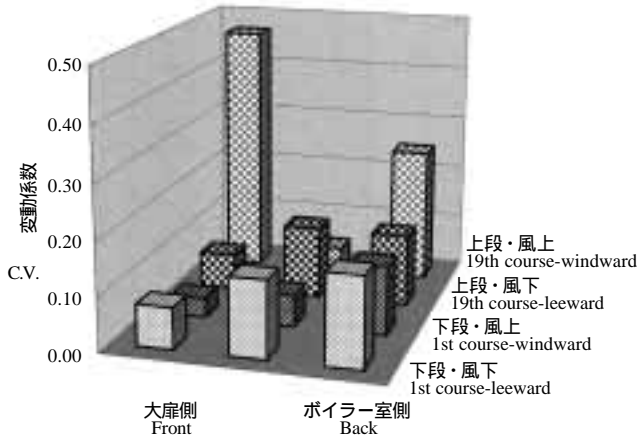
### 3.2 乾燥室内の風速について

#### 3.2.1 平均値の比較

第4表は、乾燥室内風速の積み位置による比較表である。前報<sup>1)</sup>で述べた「乾燥室後部(ボイラー室側)の測定点が風上になったときでも風速値は比較的低くなる」現象はおおむね解消された。この理由は、材料間隔を広げたために積み幅も広くなったことで、乾燥室側壁と積み材との距離が約50cmまで縮まり、この部分の風速が上昇した<sup>6-8)</sup>ためと考えられる。また、風上になった測定点の平均値は、乾燥室後部の場合、比較的小さくなっている。この理由は、乾燥室後部天井付近にある増湿管や蒸気管等の蒸気配管が円滑な風回りを阻害しているためと思われる。

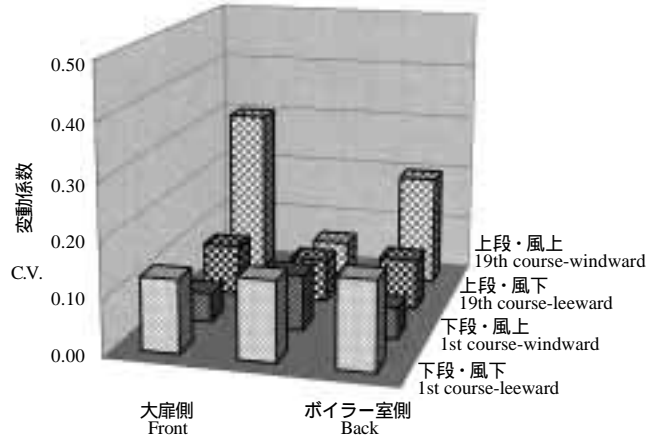
#### 3.2.2 変動係数の比較

第7図、第8図に正転時および逆転時の風速変動を示す。前報<sup>1)</sup>において、「積み高さを低くする(16段にする)ことによって、風速を安定させることができる」ことがわかった。今回は、収容材積を維持(積み高さを19段に)したまま、正転時と逆転時の風速変動を同じにすることを目指したが、結果として上段・風上のバラツキを抑えることができなかった。このことについては、整流



第7図 正転時の風速変動

Fig. 7. Variance of air velocity in normal airflow.



第8図 逆転時の風速変動

Fig. 8. Variance of air velocity in reverse airflow.

第5表 試験材の水分傾斜

Table 5. The result of moisture distribution experiment.

| 試験材<br>Specimen<br>number | 測定位置<br>Measured<br>points | 含水率(%)<br>M.C. |                    |                   |             |            | No.1~4の平均<br>average of<br>No.1-4 |
|---------------------------|----------------------------|----------------|--------------------|-------------------|-------------|------------|-----------------------------------|
|                           |                            | 表層部<br>Surface | 2層<br>Second layer | 3層<br>Third layer | 中心部<br>Core | 平均値<br>av. |                                   |
| 1<br>水食い<br>Wetwood       | No.1                       | 12.1           | 19.7               | 31.5              | 37.1        | 18.3       | 22.4                              |
|                           | No.2                       | 15.7           | 30.2               | 36.0              | 31.5        | 24.1       |                                   |
|                           | No.3                       | 15.5           | 27.7               | 38.1              | 39.5        | 23.7       |                                   |
|                           | No.4                       | 15.0           | 28.3               | 36.9              | 48.4        | 23.6       |                                   |
| 2<br>水食い<br>Wetwood       | No.1                       | 9.5            | 11.3               | 12.2              | 11.4        | 10.6       | 15.1                              |
|                           | No.2                       | 10.2           | 13.1               | 15.3              | 12.8        | 12.0       |                                   |
|                           | No.3                       | 10.6           | 14.2               | 16.4              | 15.7        | 12.8       |                                   |
|                           | No.4                       | 13.9           | 26.0               | 51.7              | 64.6        | 25.1       |                                   |
| 3<br>非水食い<br>Normal       | No.1                       | 10.6           | 12.7               | 16.1              | 17.6        | 12.3       | 15.4                              |
|                           | No.2                       | 12.4           | 18.6               | 23.7              | 26.8        | 16.5       |                                   |
|                           | No.3                       | 12.2           | 19.3               | 24.8              | 24.8        | 16.8       |                                   |
|                           | No.4                       | 12.1           | 18.3               | 23.5              | 19.4        | 16.1       |                                   |
| 4<br>非水食い<br>Normal       | No.1                       | 11.0           | 15.6               | 19.2              | 20.4        | 14.0       | 15.4                              |
|                           | No.2                       | 11.2           | 16.5               | 21.3              | 21.6        | 14.8       |                                   |
|                           | No.3                       | 11.5           | 18.3               | 23.8              | 28.1        | 16.1       |                                   |
|                           | No.4                       | 11.4           | 17.9               | 28.7              | 36.7        | 16.8       |                                   |

板やパツフルを設ける<sup>6)</sup>等の対策が必要と考える。

### 3.3 水分傾斜について

第5表に、人工乾燥後の試験材の水分傾斜について示す。水食い材については、前報のように含水率の平均値が40%を越えるケースはなかった。最も高い値で25.1%であり、精度の高い人工乾燥と言える。

非水食い材については、前報と同様、おおむね設定した仕上がり含水率値であった。トドマツ正角材の場合、仕上がり含水率の平均が16%以下のときは、含水率20%以下の出現割合が9割以上である<sup>9)</sup>

ことから、今回の乾燥精度が高いことがわかった。理想的には、中心部の含水率を20%以下まで低下させ、水分傾斜を抑えることが望ましいと考える<sup>9)</sup>。

### 3.4 割れについて

第6表に、乾燥装置内における位置別の割れ面積を示す。今回は、材料の積積み間隔を広くとったが、水食い材と非水食い材に出現する割れの量には明らかな差が出た。特に非水食い材では、上部の割れが改善されている<sup>1)</sup>。この理由は、3.1項で述べたように、「乾燥室の高さ方向においては、ファンの

第6表 乾燥装置内位置別の割れ面積  
Table 6. Comparison of check area in the dry kiln.

|                 |               | 棧積み位置<br>Place in the dry kiln                        |   |   |   |   |   |
|-----------------|---------------|---|---|---|---|---|---|
|                 |               | 大扉側<br>上段<br>18th and 19th<br>course of<br>front cart | 大扉側<br>中段<br>10th and 11th<br>course of<br>front cart | 大扉側<br>下段<br>1st and 2nd<br>course of<br>front cart | ボイラー室側<br>上段<br>18th and 19th<br>course of<br>back cart | ボイラー室側<br>中段<br>10th and 11th<br>course of<br>back cart | ボイラー室側<br>下段<br>1st and 2nd<br>course of<br>back cart |
| 水食い材<br>Wetwood | 平均値( )<br>av. | 2.9   | 2.8   | 1.0   | 1.4   | 14.9  | 4.5   |
|                 | 標準偏差<br>S.D.  | 3.3   | 3.0   | 1.0   | 0.9   | 16.0  | 3.8   |
|                 | 変動係数<br>C.V.  | 1.15  | 1.05  | 1.06  | 0.63  | 1.08  | 0.84  |
| 非水食い材<br>Normal | 平均値( )<br>av. | 0.3   | 0.3   | 0.2   | 0.6   | 0.6   | 0.6   |
|                 | 標準偏差<br>S.D.  | 0.3   | 0.5   | 0.2   | 0.6   | 0.8   | 0.4   |
|                 | 変動係数<br>C.V.  | 1.09  | 2.02  | 0.86  | 1.00  | 1.33  | 0.58  |

正転時、逆転時とも風上側では、上段と下段の温度変化はわずかで、高さ方向の温度分布は一定になったからである。棧積み間隔を広くとったことの効果であると考えられる。

ボイラー室側中段の水食い材における割れ面積が特に多いが、これは水食いの度合いに関係するものと思われる。したがって、割れ面積に与える影響は、今回の試験では風速よりも水食いの度合いの方が大きいと考えられる。

#### 4. まとめ

今回は前報<sup>1)</sup>に引き続き、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おこない、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。

- 1) 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。
- 2) 乾燥室の高さ方向においては、ファンの正転時、逆転時とも風上側では、上段と下段の温度変化はわずかで、高さ方向の温度分布は一定になった。
- 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。

- 4) 風速に関しては、乾燥室側壁と棧積み材との距離が約50cmまで縮まったため、棧積み上段の風速が上昇し、風速分布の不均一さは前回より改善されたが、十分とは言えない状態である。
- 5) 水分傾斜に関しては、水食い材において前報のように含水率の平均値が40%を越えるケースはなかった。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。
- 6) 割れ面積に関しては、今回の試験では風速よりも水食い率の方の影響が大きいと思われる。非水食い材では棧積み高さの上中下段別の差は現れず、前回に比べて上段の割れが改善された。この理由は、乾燥室高さ方向の温度分布が一定になったからである。

#### 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へ深く感謝いたします。



文 献

- 1) 伊藤洋一, 中畠 厚: 林産試験場報, **15**(6), 8-17(2001).
- 2) 北海道乾燥材普及協議会: “人工林材乾燥マニユアル”, 9 (1999).
- 3) 中畠 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) 藤本登留, 有田秀三, 又木義博: 材料, **46**, 390-394 (1997).
- 6) 寺澤 真, 小玉牧夫, 佐藤庄一: 林業試験場研究報告, No.150 ,33-51(1963).
- 7) 寺澤 真: 木材工業, **15**, 260-264(1960).
- 8) 寺澤 真: 木材工業, **15**, 309-313(1960).
- 9) 北海道乾燥材普及協議会: “人工林材乾燥マニユアル”, 16 -17(1999).

(原稿受理: 01.8.14)

- 技術部 製材乾燥科 -