

乾燥スケジュールの関数化による改良方法の開発

○齋藤周逸(森林総研), 信田聡(東大院農)

要旨：構造用建築部材の乾燥材の普及拡大は、国産材利用のために重要と考えられる。木材を効率よく乾燥処理する技術として乾燥スケジュールの開発がある。基本となる乾燥スケジュールは実験的に作成されるが、樹種や材種等によって改良する必要があるため、簡易に改良する方法が求められている。温度と湿度がコンピュータ制御によって連続的に変化できる今日では、乾燥スケジュールを温度と湿度の関数等として表すことができ、基本スケジュールを統計的解析して改良する方法の提案が可能と思われる。ここでは当所で実験的に蓄積してきた良好な乾燥スケジュールを解析して改良方法の開発を試みた。

キーワード：人工乾燥, 乾燥スケジュール, 絶対湿度

I はじめに

木材の人工乾燥スケジュールは、従来から含水率減少または経過時間に対する乾球温度と乾湿球温度差等を段階的に読み取るように形成されてきている(4~8)

近年では、制御技術が発展したので、温度と湿度は自動的に制御可能である。ただし、乾燥スケジュールは実験的な試行錯誤によって作成される。実際の生産現場では公開されているスケジュール(1)等を材質や材種によって改良しなければならない場合がある。このとき木材乾燥技術の理論に通じた経験豊かな技術者であれば対処方法(2)に対応できるが、一般的には容易なことではない。

ここでは、一般の製材乾燥工場が乾燥スケジュールを平易に改良できる方法について検討した。

II 方法

乾燥スケジュールの改良は、乾燥時間や乾燥材の仕上がり状態によって乾燥速度を変化させることである。

乾燥速度の制御は、乾燥温度と湿度によって制御されるため、乾燥温度(°C)に対する相対湿度(%), 平衡含水率(%)そして絶対湿度(g/m³)が変数である。ここでは、これらの中から、乾燥温度(°C)に対して乾燥速度の変化が数値的に読み取りやすい変数を検討した。

また、乾燥スケジュールの改良法を開発するために、乾燥温度に対する湿度が読み取れる近似式を作成し、その方法を検討した。

III 結果と考察

乾燥スケジュールは、文献等に掲載されている建築用針葉樹のタイムスケジュールを基本にした。表-1は文献(1)に掲載されているスギ板材の乾燥スケジュールである。乾球温度に対する湿度条件は、相対湿度(%), 平衡含水率(%)そして絶対湿度(g/m³)である。また、乾燥速度指標(3)は各温度の飽和水蒸気量から絶対湿度を差し引いた数値である。絶対湿度指標の値は大きい値ほど乾燥速度が速いと考えられ、従来の平衡含水率や相対湿度よりも乾燥速度の比較が行いやすいと思われた。

図-1は乾燥温度に対する各温度差を乾燥速度指標の関係で表した。相対湿度(%)や平衡含水率(%)に比べて、図のように直線的に表すことができ、各数値の比較が行いやすいと考えられた。また、乾燥速度指標は絶対湿度を基にしているため物理化学的な方法で算出が可能であった。したがって、乾燥スケジュールの改良方法を開発するためには、乾燥温度に対する乾燥速度指標の関数が適当と考えられた。

図-2は、文献(3)の近似式(1)を参考にして作成した。

$$Z = \frac{a + bx + cx^2 + d \ln y^3}{1 + ex + f \ln y + g(\ln y)^2} \dots (1)$$

ここに、X軸は乾球温度(範囲: 50~100°C), Y軸は乾湿球温度差(範囲: 2~30°C), Z軸は

The development of the improvement method by a function of a drying schedule
Shuetsu Saito (For. and Forest Prod. Res. Inst., Ibaraki 305-8687)
Satoshi Shida (The University of Tokyo Bunkyo-ku Tokyo 113-8657)

乾燥速度指標 (g/m^3) である。ただし、 $a=1.21$, $b=-1.88\text{e-}1$, $c=4.90\text{e-}3$, $d=2.01$, $e=-8.40\text{e-}4$, $f=4.67\text{e-}1$, $g=6.63\text{e-}2$, 常圧 (1 気圧) の条件を満たすことを必要条件とする。

一般的な人工乾燥スケジュールはこの曲面上で曲線として存在していると考えられる。この曲面の傾きが乾燥速度に比例すると仮定すると、この曲面に値する関数を偏微分し、乾球温度に対する乾湿球温度差と乾燥速度指標の微分係数から求められる全微分値は乾燥速度に値すると考えられる。したがって、乾燥初期温度が定まれば、この曲面の関係を応用することで乾燥スケジュールの改良が可能と思われる。

現在考えられる乾燥スケジュールの改良方法としては、第一に、図2の立体的な曲面を乾燥速度指標が読み取れる平面的な乾球温度と乾湿球温度差の図にする。次の段階で、その平面化した図に改良前の基本的な乾燥スケジュールを曲線で描画する。改良は、描画した曲線に対して乾燥速度や欠点発生状況に合わせて乾湿球温度差を設定していくことで可能と考えられる。

IV おわりに

従来、乾燥スケジュールの改良は木材乾燥理論に通じた乾燥技術者が行っていたものである。この改良方法を乾燥スケジュールの関数化により簡易化することは乾燥材を普及するうえで重要と考えられ、今後は解析を進めていきたい。

この研究は、「新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業」によって行った。

引用文献

- (1) 日本木材乾燥施設協会編(2009)木材乾燥ミニハンドブック, 41-53, 東京.
- (2) 日本木材加工技術協会編(2004)改訂4版木材工業ハンドブック, 316~317 丸善, 東京.
- (3) 齋藤周逸(2006) 日林関東支論, 57, 355-356
- (4) Sidney Boon(1988) Dry Kiln Schedule for Commercial Woods, USDA report GTR-57.
- (5) 日本木材加工技術協会編(2004)改訂4版木材工業ハンドブック, 308, 丸善, 東京.
- (6) 寺澤 真(1986)改訂版 木材の人工乾燥, 106pp, 日本木材加工技術協会, 東京
- (7) 寺澤 真(1994)木材乾燥のすべて, 328~340, 海青社, 滋賀.
- (8) WilliaT. Simpson(1991)Dry kiln operators Manual, 149-176, FPL of USDA

表-1. 乾燥スケジュール表

乾球温度 (°C)	湿球温度 (°C)	乾湿球 温度差 (°C)	相対湿度 (%)	平衡含水率 (%)	絶対湿度 (g/m^3)	乾燥速度指標 (飽和水蒸気量-絶対湿 (g/m^3))
70	66	4	83.0	13.3	163.7	33.5
71	66	5	79.3	11.9	162.8	42.5
73	66	7	72.4	10.0	161.0	61.4
75	66	9	66.2	8.7	159.2	81.4
77	66	11	60.6	7.8	157.5	102.6
79	66	13	55.5	7.1	155.8	125.0
80	66	14	53.1	6.7	154.9	136.7

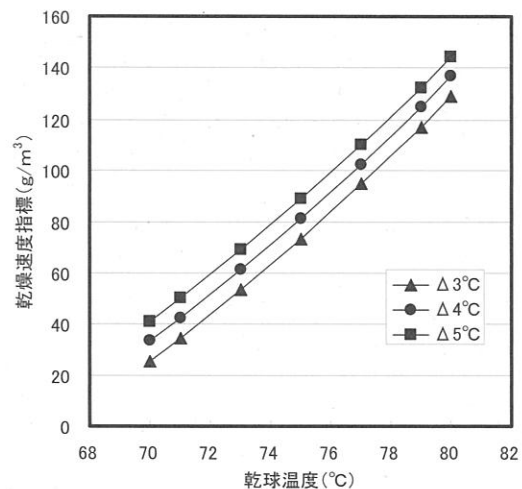


図-1. 乾球温度に対する各温度差の乾燥速度指標

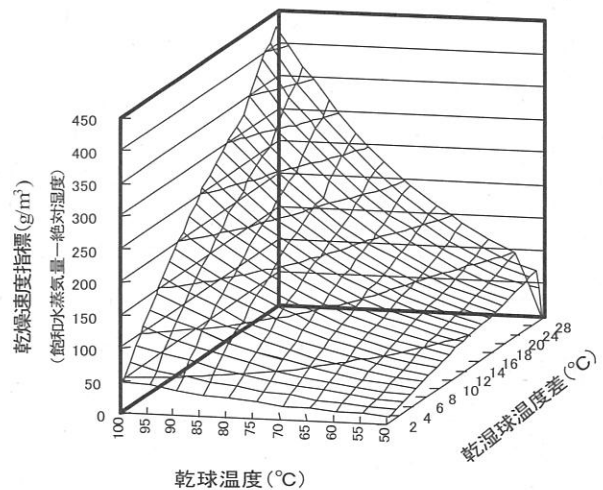


図-2. 乾球温度と乾湿球温度差から表される乾燥速度指標