

気象データによる天然乾燥期間推定法の開発 Development of an estimation method of air drying time by a weather numerical value data

齋藤周逸*¹Shuetsu SAITO*¹*¹ 森林総合研究所

For. and Forest Prod. Res. Inst., Ibaraki 305-8687

要旨：製材品の天然乾燥処理材は「製材の日本農林規格」の中で「乾燥処理（天然）」として表示可能である。その含水率基準は30%以下である。天然乾燥法は太陽熱、風等の自然のエネルギーを利用して木材を乾燥する方式であり、木材を棧積みして屋根をかけるか屋根つきの場所で管理の下、一定期間放置しておくものである。天然乾燥処理期間は、同じ樹種、材種でも天然乾燥処理中の季節や各地域の気候といった温湿度によって異なると考えられる。したがって、天然乾燥法をシステムとして管理化するためには各地域における指標が必要と考えられる。ここでは、その指標として、乾燥の解析に用いる基礎方程式の応用を試みた。その結果、対象となる製材品の体積に対する表面積の値と容積絶対湿度の値を指標として用いることが可能と考えられた。

キーワード：天然乾燥、乾燥速度、容積絶対湿度

I はじめに

製材品の天然乾燥期間の推定法は図から読み取る方法が提案されている(5)。ただし、この方法は東海地区の基準とされているため、一定の目安にはなるが、一般的な指標ではない。また、実験的に乾燥日数を提案されている例もあるが、この方法は測定地域に限定されるため汎用的ではない(4)。

ここでは、天然乾燥期間の推定法として、乾燥の解析に用いる基礎方程式を応用し、製材品の体積に対する表面積の値を蒸発面積とした値と容積絶対湿度の値を天然乾燥期間の推定指標として扱うことが可能かどうか検討した。

II 方法

1. 基礎方程式 製材品の表面からの水分蒸発は、製材品の置かれた場所における温度と湿度に依存される。式(1)は乾燥の解析に用いる基礎方程式である(1)。この式は、水分蒸発の初期段階で用いられる式であるが、天然乾燥期間を推定する方法として応用を検討した。

$$\frac{R_{loc}}{\rho_o} = a_{if} k_{evap} (\hat{v}^* - \hat{v}) \dots (1)$$

ここに、 R_{loc} ：蒸発速度 ($\text{kg/s} \cdot \text{m}^3$)、 \hat{v}^* ：飽和蒸気濃度、 \hat{v} ：水蒸気濃度、 a_{if} ：蒸発面積 (m^2/m^3)、 k_{evap} ：蒸発速度係数 (m/s)、 ρ_o ：乾き材料の密度 (kg/m^3)

この式(1)において、仮に同一樹種であれば、それ特有の密度と蒸発速度係数は一定値とみなせる。したがって、蒸発速度 $R_{loc}(\text{kg/s} \cdot \text{m}^3)$ 、すなわち木材の乾燥速度は

蒸発面積 $a_{if} (\text{m}^2/\text{m}^3)$ と飽和水蒸気濃度から水蒸気濃度を差し引いた値 $\hat{v}^* - \hat{v}$ を乗じた値に比例すると考えられる。

蒸気濃度は、単位容積に含まれる水蒸気量で表される。これは、単位容積に含まれる水蒸気量の容積絶対湿度(単位： g/m^3)に相当する。ある温度の飽和水蒸気量と水蒸気量の差は、飽和水蒸気濃度から水蒸気濃度を差し引いた値 $\hat{v}^* - \hat{v}$ (以下、容積絶対湿度差 $V (\text{g/m}^3)$ とする)に相当し、この差が大きいかほど乾燥速度は速くなる(3)。したがって、各温度の飽和水蒸気量に対する水蒸気量との差によって、各温度域の乾燥速度は比較可能と考えられる。

2. 蒸発面積 製材品の蒸発面積 a_{if} は、製材の「日本農林規格における標準寸法」の断面表を基に、材長を一般的な3000mmとして求めた。

3. 容積絶対湿度差 容積絶対湿度差 V は、式(2)～(5)より算出した。作成表の温度と乾湿球湿度差は、1981～1995年における「標準年 AMeDAS Weather Data」(2)を基に、日本国内で天然乾燥時にありうる各月の平均温湿度範囲とした。

$$E = 6.11 \times 10^{\left(\frac{aT}{b+T}\right)} \dots (2)$$

ここに、 E ：飽和水蒸気圧 (hPa)、 T ：温度 ($^{\circ}\text{C}$)、非凍結時の係数、 $a=7.5$ 、 $b=237.3$ (Tetensの式)

$$E_p = E_w - k \times P \times \frac{t_1 - t_2}{m} \dots (3)$$

ここに、 E_p ：水蒸気圧 (hPa)、 E_w ：湿球温度の飽和水

蒸気圧(hPa), P : 大気圧=1013.15(hPa), 乾球温度: t_1 ($^{\circ}\text{C}$), 湿球示度: t_2 ($^{\circ}\text{C}$), k : 蒸気圧定数=0.5, m : 通風係数=755 (非凍結時, 通風乾湿計(風速 2~3 m/s)) (Sprung の式)

$$RH = \frac{E_p}{E} \times 100 \dots (4)$$

ここに, RH : 相対湿度(%), E : 飽和水蒸気圧(hPa), E_p : 水蒸気圧(hPa)

$$V_h = \frac{216.7 \times E(t)}{273.15 + t} \dots (5)$$

ここに, V_h : 容積絶対湿度 (g/m^3), t : 温度($^{\circ}\text{C}$), $E(t)$: t ($^{\circ}\text{C}$)の時の飽和水蒸気圧(hPa)

III 結果と考察

表-1は, 各製材材種の蒸発面積 a_{if} (m^2/m^3) である。体積に対して表面積の割合が大きい製材品は, 値も大きくなり, 比較的高速で乾燥すると考えられた。表-1における同一の値は, 主に 120 mm 正角以上で現れた。これらは製材品として大きい断面のため, 天然乾燥処理の温湿度条件範囲では, 短辺と長辺による乾燥速度差は小さいと思われた。

表-2は, 容積絶対湿度差 V (g/m^3) の値である。この範囲において, 高温で乾湿球温度差の大きい方が比較的高速で乾燥すると考えられた。

これらことから, 同一の樹種、材種であれば, 乾燥速度は, 表-2の容積絶対湿度差 V (g/m^3) に依存すると考えられる。同一の樹種で異なる材種であれば, 表-1で基準となる材種と対象となる材種の数値を相対的に比較することで乾燥速度は推定できると考えられる。

また, 表-2の値は, 気象データ等の温度と乾湿球温度差から得られる値であり, 天然乾燥期間を各地域, 季節等で相対的に比較することを可能とすると考えられる。

IV まとめ

製材品の天然乾燥期間は, 材種と各地域における温湿度に影響される。この天然乾燥期間は, 乾燥の解析に用いる基礎方程式を応用した製材品の蒸発面積 a_{if} (m^2/m^3) と容積絶対湿度差 V (g/m^3) の値を掛け合わせた値を指標とすることで, 相対的に推定可能と考えられた。

今後は, この推定法を簡略化するため, 基準の材種や温湿度を設定し, それらを係数値に置き換えたかたちで改良する必要があると思われた。そして, その改良法を基に実際の天然乾燥データ等と比較検証して, 推定法の

有効性を確認する必要があると思われた。また, 乾燥には空気の流れ, すなわち風の影響も考慮に入れる必要があると思われた。

引用文献

- (1) 中村正秋 (2011) 初歩から学ぶ乾燥技術. 丸善出版, 東京: 55
- (2) 日本建築学会編 (2000) 拡張アメダス気象データ CD-ROM. 丸善, 東京
- (3) 齋藤周逸 (2006) 絶対湿度指標によるスギ材の人工乾燥スケジュール. 第 57 回日林関東支論: 355-356
- (4) 寺澤真 (1994) 木材乾燥のすべて. 海青社, 滋賀: 441-445
- (5) 寺澤真, 筒本卓造 (1986) 改訂版 木材の人工乾燥. 日本木材加工技術協会, 東京: 62

表-1. 各製材品の蒸発面積

短片 (mm)	長辺 (mm)																
	36	39	45	60	75	90	105	120	135	150	180	210	240	270	300	330	360
15						156	153	151									
18						134	131	128									
21						118	115	113									
24						106	103	101									
27						97	94	91									
30			112	101	94	90	86	84									
36	112	108	101	90	83	78	75	73									
39		96	85	79	74	71	69										
45			90	78	72	67	64	62									
60				78	67	61	56	53	51								
75					54	50	46	44									
90						45	42	40	38	36	34	32	31	30	30	29	28
105							39	36	35	33	31	29	28	27	26	26	25
120								34	32	31	28	27	26	25	24	23	23
135									30	29	27	25	24	23	22	22	21
150										27	25	24	22	21	21	20	20
180											23	21	20	19	18	18	17
210												20	19	18	17	16	16
240													17	16	16	15	15
270														15	15	14	14
300															14	13	13

表-2. 容積絶対湿度差

温度 ($^{\circ}\text{C}$)	乾湿球温度差 ($^{\circ}\text{C}$)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
-5	0.8	1.6	2.3	3.1						
-4	0.8	1.6	2.4	3.1						
-3	0.8	1.6	2.4	3.2						
-2	0.8	1.7	2.5	3.2						
-1	0.9	1.7	2.5	3.3	4.1					
0	0.9	1.7	2.6	3.4	4.2					
1	0.9	1.8	2.6	3.4	4.3					
2	0.9	1.8	2.7	3.5	4.3					
3	0.9	1.8	2.7	3.6	4.4	5.3				
4	1.0	1.9	2.8	3.7	4.5	5.4				
5	1.0	1.9	2.9	3.8	4.7	5.5				
6	1.0	2.0	2.9	3.9	4.8	5.6	6.5			
7	1.0	2.0	3.0	4.0	4.9	5.8	6.7			
8	1.1	2.1	3.1	4.1	5.0	5.9	6.8			
9	1.1	2.2	3.2	4.2	5.1	6.1	7.0	7.9		
10	1.1	2.2	3.3	4.3	5.3	6.3	7.2	8.1		
11	1.2	2.3	3.4	4.4	5.4	6.4	7.4	8.3		
12	1.2	2.3	3.5	4.5	5.6	6.6	7.6	8.6	9.5	
13	1.2	2.4	3.6	4.7	5.8	6.8	7.8	8.8	9.8	
14	1.3	2.5	3.7	4.8	5.9	7.0	8.0	9.1	10.0	
15	1.3	2.6	3.8	5.0	6.1	7.2	8.3	9.3	10.3	11.3
16	1.3	2.7	3.9	5.1	6.3	7.4	8.5	9.6	10.6	11.6
17	1.4	2.7	4.0	5.3	6.5	7.7	8.8	9.9	11.0	12.0
18	1.4	2.8	4.2	5.5	6.7	7.9	9.1	10.2	11.3	12.4
19	1.5	2.9	4.3	5.6	6.9	8.2	9.4	10.5	11.7	12.8
20	1.5	3.0	4.4	5.8	7.2	8.4	9.7	10.9	12.0	13.2
21	1.6	3.1	4.6	6.0	7.4	8.7	10.0	11.2	12.4	13.6
22	1.6	3.2	4.8	6.2	7.6	9.0	10.3	11.6	12.9	14.0
23	1.7	3.3	4.9	6.4	7.9	9.3	10.7	12.0	13.3	14.5
24	1.8	3.5	5.1	6.7	8.2	9.6	11.1	12.4	13.7	15.0
25	1.8	3.6	5.3	6.9	8.5	10.0	11.4	12.8	14.2	15.5
26	1.9	3.7	5.5	7.1	8.8	10.3	11.8	13.3	14.7	16.0
27	2.0	3.8	5.7	7.4	9.1	10.7	12.3	13.8	15.2	16.6
28	2.0	4.0	5.9	7.7	9.4	11.1	12.7	14.2	15.7	17.2
29	2.1	4.1	6.1	7.9	9.7	11.5	13.1	14.7	16.3	17.8
30	2.2	4.3	6.3	8.2	10.1	11.9	13.6	15.3	16.9	18.4
31	2.3	4.4	6.5	8.5	10.5	12.3	14.1	15.8	17.5	19.1
32	2.3	4.6	6.8	8.8	10.8	12.8	14.6	16.4	18.1	19.8
33	2.4	4.8	7.0	9.2	11.2	13.2	15.1	17.0	18.8	20.5
34	2.5	4.9	7.3	9.5	11.6	13.7	15.7	17.6	19.4	21.2
35	2.6	5.1	7.5	9.8	12.1	14.2	16.3	18.2	20.2	22.0