

針葉樹製材品の天然乾燥試験 (第2報)

- 乾燥日数の推定 -

野呂田 隆史 千葉宗昭

Air Drying of Softwood Lumber ()

- Estimation of air drying time -

Takafumi NOROTA Muneaki CHIBA

During 1980 and 1981, air-drying experiments were conducted on the softwood lumber which had been piled at five different periods to determine the number of days required to bring its initial moisture content of 50% down to 20%. The estimation was based on vapor pressure difference, $P_w - P_o$, which can be determined by temperature and relative humidity. The ratio of the observed values to the estimated ones or softwood lumber (10.5cm × 10.5cm) drying time was 0.96, with a C.V. of 12.5%. The estimation was performed in Asahikawa, Sapporo, Obihiro and Hakodate to know the effect of a place upon the relation between the piling period and the required drying time.

旭川において、1980年から1981年にかけて、積積時期別に5回の針葉樹製材品の天然乾燥試験を行い、含水率50%から20%までの乾燥日数を求めた。

乾燥日数の推定条件として、温度と相対湿度で決まる蒸気圧差 ($P_w - P_o$) を基本とした。

正角の場合、実測値と推定値の比を求めると平均で0.96であった(変動係数: 12.5%)。

推定値による積積時期と乾燥日数の関係を、旭川、札幌、帯広、函館について求めた。

1. はじめに

木材を利用する場合、加工後の製品の狂いや割れを防止するため、天然乾燥や人工乾燥によって、人材を使用する場所の平衡含水率まで低下させることが必要である。しかし、建築材の場合、十分に乾燥の認識が普及しているとは言い難い。

一般的に、天然乾燥は人工乾燥前の予備乾燥として実施しているのが現状であるが、使用目的によっては天然乾燥により、含水率20%を割る程度でも十分である。

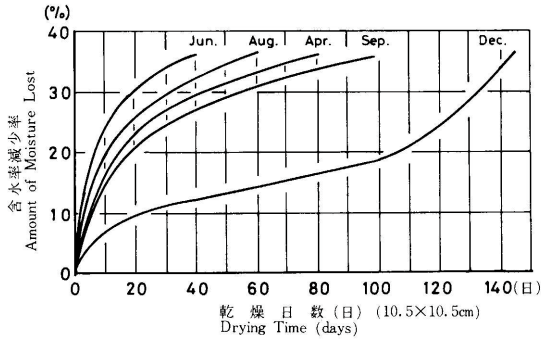
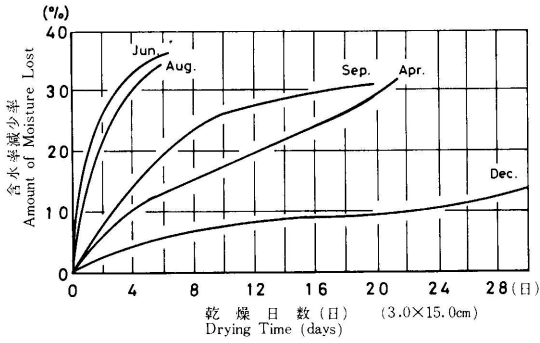
第1報¹⁾では、建築材に乾燥材を普及させる目的で、季節ごとに含水率がどのように変化し、何日で目的の

含水率である20%まで低下するかと、天然乾燥による損傷の発生状態を報告した。

今回は旭川における5回の実測値を基に、旭川と他の3地域(札幌、帯広、函館)の過去30年間(1941~1970)の平均気象値²⁾を対比させ、含水率50%から20%までのトドマツ・エゾマツ正角の積積時期別の天然乾燥日数を推定した。

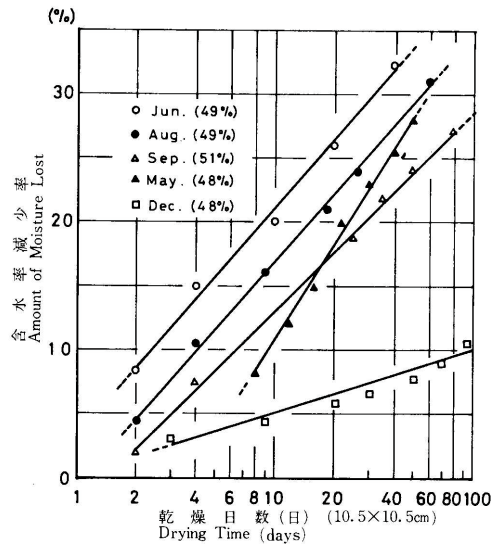
2. 乾燥経過 (1980~1981, 旭川)

天然乾燥においても、乾燥の外周条件として、温度・相対湿度・風速の3要素が考えられる。さらに、材厚によっても、乾燥経過に及ぼす外周条件が異なると



第1図 厚板 (3.0×15.0cm) と正角 (10.5×10.5cm) の含水率減少曲線

Fig. 1 Curves showing the relative amount of moisture lost for the 5 sets plotted against time (3.0×15.0cm, 10.5×10.5cm)



第2図 乾燥日数と含水率減少率の関係
Fig. 2 The relation between amount of moisture lost and drying time (10.5×10.5cm)

思われる。第1図に、トドマツ・エゾマツ厚板と正角の含水率減少経過を示す。厚板の場合、乾燥日数が比較的短いため、気象の日変化に大きく影響され、推定は困難と思われる。しかし、正角の場合、乾燥日数が長く、第2図に示すように、含水率減少経過が積算時期によって異なった対数曲線になるので、天然乾燥期間中の平均気象条件により、ある程度乾燥日数の推定も可能と思われる。

3. 乾燥日数の推定

3.1 推定条件

高含水率から乾燥させると、最初、恒率乾燥を示すが、その期間は非常に短く、大部分は減率乾燥の経過をたどる。このことは、低温域である天然乾燥においても同様であろう。特に、材厚の厚くなる正角については、減率乾燥の割合は大きくなると思われる。減率乾燥の乾燥速度は次式³⁾を用いた。

$$-\frac{dw}{A dt} = K_p (P_w - P_o - P_r) \dots\dots\dots 1)$$

ただし、 dw/dt = 乾燥速度 (g/hr)

A = 蒸発表面積 (cm²)

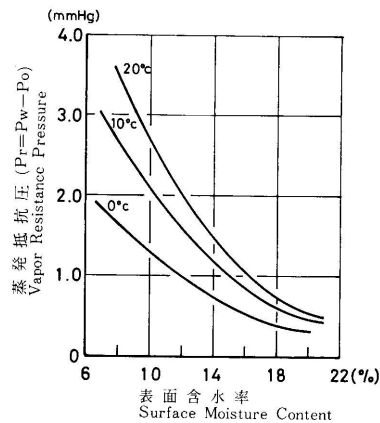
K_p = 表面蒸発係数 (g/hr · cm² · mmHg)

P_w = 表面層の蒸気圧 (mmHg)

P_o = 空気の蒸気圧 (mmHg)

P_r = 蒸発抵抗圧 (mmHg)

1) 式の中で、 P_w と P_o は温度と相対湿度によって



第3図 表面含水率と蒸発抵抗圧の関係

Fig. 3 The relation between surface moisture content and vapor resistance pressure ($P_r = P_w - P_o$)

決まり、乾燥速度は蒸気圧差 ($P_w - P_o$) に比例して大きくなる。蒸発抵抗圧である P_r は、木材を乾燥させた時、その平均含水率が、その時の平衡含水率に達したとき、乾燥速度が0になると考えると¹⁾ 1) 式より

$$P_r = P_w - P_o \quad 2)$$

となる。乾燥過程における表面含水率 U_s %のときの P_r の値は、温度と相対湿度に対する平衡含水率のときの蒸気圧差 ($P_w - P_o$) となる。低温度域の各含水率に対する蒸発抵抗圧 P_r を Kollmann の平衡含水率曲線より求め、第3図に蒸発抵抗圧 P_r と表面含水率 U_s の関係を示す。天然乾燥の場合のように、温度が低くなると P_r 値も小さくなる傾向がある。平均含水率が30%以上では表面含水率が20%以上なので、蒸発抵抗圧は小さくなる。また平均含水率30%以下の乾燥速度は、表面蒸発より水分の内部移動が主流となるため、天然乾燥の乾燥速度の基本因子として、通常気象値より求められる蒸気圧差 ($P_w - P_o$) とした。さらに、温度が低くなると、水の粘性が上昇し、水分の移動が困難になると思われる。平均含水率 30 % 以下で、平均気温 0 以下では、10 の水の粘度 η_0 (Pa·S) と 0 の水の粘度 η との比 (0.7) を蒸気圧差に掛けて乾燥速度因子とした。

人工乾燥の場合、温度・相対湿度・風速の外周条件が一定であっても、各含水率時の乾燥速度は異なっている。その場合、各含水率が40%、30%、20%における乾燥速度の比が、およそ、2 : 1 : 0.4⁴⁾ であり、今回行った天然乾燥試験においても同程度の割合になっている。

風速の大小は高含水率ほど大きな影響があり、天然乾燥においても同様である。しかし、含水率40%以下では影響が小さくなると思われる。天然乾燥で含水率50%から20%までの乾燥日数は、ほとんどが含水率40%以下であるため、今回の乾燥日数の推定外周条件として考慮しなかった。

そこで温度と相対湿度と各含水率の正角における含水率減少速度 V_u (% / day) を次式とした。

$$V_u = (P_w - P_o) \quad 3)$$

ただし、 V_u = 1日の含水率減少速度 (% / day)

= 各含水率時の係数 (% / day · mmHg)

$$U : 50\% \sim 40\% = 2.0$$

$$U : 40\% \sim 30\% = 1.0$$

$$U : 30\% \sim 20\% = 0.4$$

3.2 地域別乾燥日数の推定

第1表に旭川における1980年4月から1981年3月までの気象条件と旭川、札幌、帯広、函館の1941年から1970年までの平均気象値を示す。

実測値である1980年4月から1981年3月までの蒸気圧差 ($P_w - P_o$) で検討してみると、9月を除いて他の月はすべて30年間の平均値より低くなっている。11月から3月にかけて、蒸気圧差が0.5 mmHg以下で、天然乾燥が期待できない時期と一致している¹⁾。

旭川の30年間の平均で、12月から2月までの温度と蒸気圧差を見ると乾燥条件は悪く、天然乾燥は期待できない。3月と11月は乾燥初期のみ乾燥が進み、乾燥末期 ($U : 30\% \sim 20\%$) では、含水率減少速度はかなり小さくなる。旭川において、含水率20%までの天然乾燥ができるのは、4月から10月までの7ヵ月間であり、特に5、6月の乾燥条件が良い。これらのことは、過去のいくつかの試験結果と一致している^{5), 6)}。

札幌は道内でも天然乾燥条件の良い地域になると思われる。4月から11月まで、天然乾燥が期待でき、3、12月についても乾燥初期は十分乾燥が進むと思われる。

帯広は4月から11月まで天然乾燥が期待できるが、札幌より乾燥条件は悪いであろう。

函館は6、7、8月が他の地域と異なり、乾燥が遅れると思われる。12月から2月までは、他の地域と同様、天然乾燥を期待することはできないだろう。

旭川における1980年から1981年にかけて試験した正角の含水率50%から20%までの乾燥日数の実測値と3)式を用いて求めた推定値を第2表に示す。8月については過去の資料⁵⁾を参照した。実測値と推定値の比の平均は0.96とほぼ一致し、変動係数も12.5%であった。過去30年間の平均気象条件で求めた旭川、札幌、帯広、函館の含水率50%から20%までの正角積積時期と乾燥日数の関係を第4図に示す。

旭川では4、5、6、7月の積積材が40日以内で含水率50

第1表 気象条件
Table-1 Condition of atmospheric phenomena

測定月 Date		4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
		Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.
1980 ~ 1981	温度 (°C) Temp.	1.6	10.5	16.6	17.6	16.7	13.6	6.7	0.9	-5.1	-11.0	-8.2	-4.3
	相対湿度 (%) R. H.	81	73	77	82	80	78	83	83	87	87	85	81
	平衡含水率 (%) E. M. C.	17.6	14.9	16.2	17.1	16.7	16.5	17.9	18.5	19.9	20.0	19.0	17.0
	蒸気圧差 (mmHg) Pw- P _o	0.59	1.20	1.07	0.83	0.97	1.07	0.63	0.35	0.26	0.22	0.28	0.42
旭川 ASAHIKAWA	温度 (°C) Temp.	4.5	11.4	16.1	20.4	20.9	15.3	8.5	1.3	-4.9	-8.5	-7.7	-2.9
	a) 相対湿度 (%) R. H.	71	70	75	79	82	82	81	82	83	82	80	76
	平衡含水率 (%) E. M. C.	13.8	13.3	14.6	15.9	17.6	17.2	17.4	17.5	18.0	17.7	16.4	15.3
	蒸気圧差 (mmHg) Pw- P _o	1.00	1.36	1.32	1.27	1.08	0.92	0.77	0.52	0.34	0.32	0.37	0.54
札幌 SAPPORO	温度 (°C) Temp.	6.1	11.8	15.7	20.2	21.7	16.9	10.4	3.7	-2.3	-5.1	-4.4	-0.6
	a) 相対湿度 (%) R. H.	68	69	77	80	81	77	74	72	74	75	73	72
	平衡含水率 (%) E. M. C.	13.0	13.2	15.3	16.0	16.6	15.4	14.5	14.0	14.7	14.9	14.4	14.5
	蒸気圧差 (mmHg) Pw- P _o	1.30	1.45	1.23	1.17	1.23	1.26	1.16	0.92	0.77	0.53	0.57	0.74
帯広 OBIHIRO	温度 (°C) Temp.	5.0	10.7	14.3	18.5	20.0	15.6	8.9	1.9	-5.2	-9.0	-7.8	-2.4
	a) 相対湿度 (%) R. H.	69	72	81	84	85	81	77	72	73	74	73	72
	平衡含水率 (%) E. M. C.	13.1	13.9	16.7	18.1	18.5	16.7	15.5	14.0	14.6	14.6	14.3	14.0
	蒸気圧差 (mmHg) Pw- P _o	1.16	1.26	0.90	0.94	0.87	0.99	0.92	0.87	0.56	0.43	0.50	0.66
函館 HAKODATE	温度 (°C) Temp.	6.2	11.2	14.9	19.3	21.5	17.2	11.2	4.8	-1.1	-3.9	-3.5	0.1
	a) 相対湿度 (%) R. H.	74	77	84	88	86	82	77	75	77	78	77	75
	平衡含水率 (%) E. M. C.	14.5	15.3	18.1	19.9	18.9	17.1	15.3	14.9	15.5	15.7	15.5	14.9
	蒸気圧差 (mmHg) Pw- P _o	0.93	1.05	0.79	0.70	0.89	0.97	1.05	0.88	0.57	0.48	0.51	0.69

注) a) 理科年表により1941年から1970年の平均 Value from climate table (monthly mean for 1941~1970)

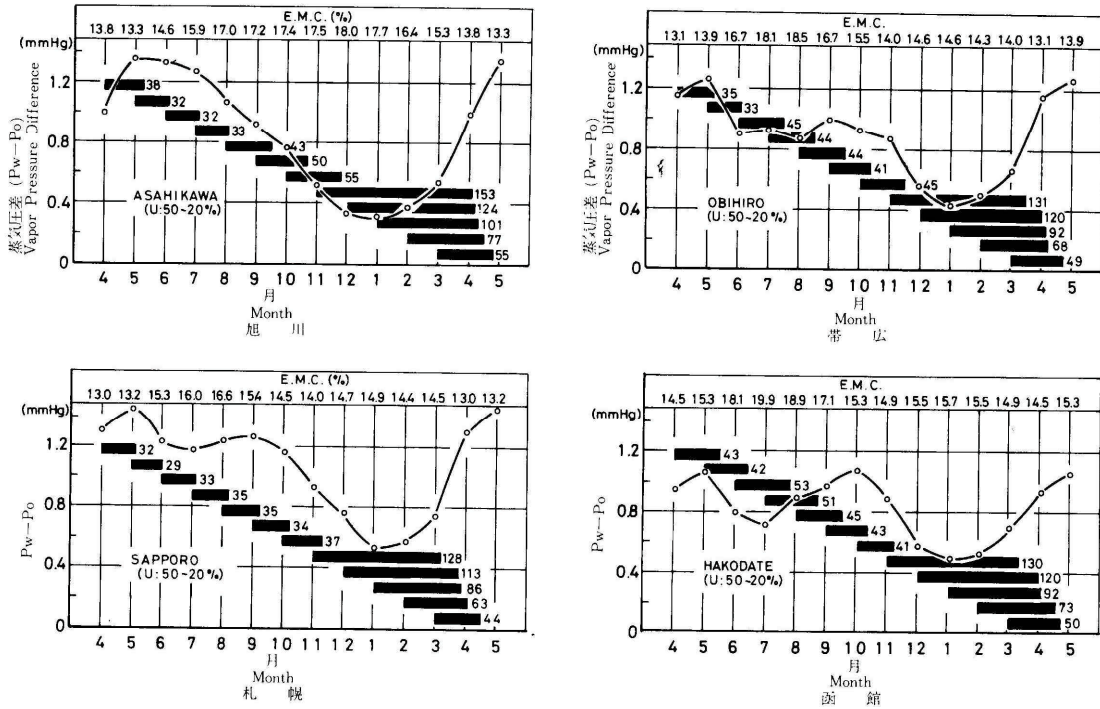
%から20%まで乾燥すると思われる。3,8,9,10月については60日以内で可能であろう。1,2,11,12月開始については4月中に含水率20%以下になるであろう。

札幌では4月から10月までの積材が40日以内で含水率20%に達するであろう。1,11,12月の積材は3月中に,2,3月が4月中に,含水率20%以下になるであろう。

帯広では4,5月の積材が40日以内で,3,6,7,8,9,10

月が50日以内で含水率20%に達し,11,12月の積材は3月中に,1,2月が4月中に含水率20%以下になるであろう。

函館では1年を通して40日以内で含水率20%まで達する時期はないと思われ,3,4,5,8,9,10月の積材が50日以内で,6,7月が60日以内で,含水率20%に達し11月の積材が3月中に,1,2,12月が4月中に含水率20%以下になるであろう。



第4図 棧積時期と乾燥日数の関係 (トドマツ, エゾマツ10.5×10.5cm)
 Fig 4 The relation between piling month and drying time (Todomatsu, Ezomatsu, 10.5×10.5cm)

第 2 表 乾燥日数の実測値と推定値
 Table- 2 Observed and estimated value of drying time

開始月 Start month	実測 (P ₁) Observed (days)	推定 (P ₂) Estimated (days)	P ₁ P ₂
4月 Apr.	60	55	1.09
6月 Jun.	32	40	0.80
7月 Jul.	50	49	1.02
8月 Aug.	48	50	0.96
9月 Sep.	38	48	0.79
12月 Dec.	140	130	1.07
平均 Mean			0.96
標準偏差 S.D.			0.12
変動係数 C.V. (%)			12.5

4. おわりに

北海道の一般的建築材であるトドマツ・エゾマツ正角の棧積時期と乾燥日数の関係を1980年から1981年の実測値から推定し、旭川、札幌、帯広、函館の正角天然乾燥カレンダーを作成した。

本稿が計画的生産する場合の資料となれば幸いであり、今後、各地域の正確な資料を収集することが必要

である。

文 献

- 1) 野呂田隆史, 他1名: 針葉樹製材品の天然乾燥試験 (第1報), 日本木材学会 北海道支部講演集, 第13号, P. 40 (1981)
- 2) 理科年表: 丸善株式会社 (1980)
- 3) 小倉武夫: 木材の乾燥機構に関する研究 (第3報) 木材水分の蒸発速度について 林業試験場研究報告, 第51号, P. 61 (1951)
- 4) 梶田 茂 編: 木材工学 (1961)
- 5) 北海道立林産試験場: 試験研究結果報告書 (1968)
- 6) 奈良直哉 他4名: カラマツ間伐材の乾燥に関する研究 (第5報), 林産試月報, 第268号, P. 1 (1974)

- 木材部 乾燥科 -

(原稿受理 昭57.3.5)