

全乾法에 의한 木材의 含水率推定

蘇 元 澤*

Estimation of Moisture Content for Wood by Oven Dry Method

Won-Tek So*

SUMMARY

This experiment was carried out to determine the drying time from green to oven dry and estimate the moisture content of wood, such as red lauan (*Shorea Spp.*), Douglas fir (*Pseudotsuga menziesii*), Birch (*Betula platyphylla*), and oak (*Quercus aliena*), at various thickness, paralleled to fiber, of specimen for M.C. by oven dry method (100-105°C).

The results obtained are summarized as follows:

1. The drying time from green to oven dry decreases as the thickness of specimen for M.C. becomes to be thinned, and that time at 10mm thickness are 14 hrs. for birch wood and 24 hrs. for oak wood.
2. The relative formulae between thickness (X) of specimen for M.C. and drying time (Y) from 12% to oven dry are showed in Fig. 3.
3. The M.C. based on the weight of specimen for M.C. at 1% can be obtained from the formula (2), and the drying time to 1% are shorter than that time to oven dry by approximately three times.

1. 緒 言

木材의 乾燥 또는 調濕過程에서 그때 그때의 含水率變化를 測定하고자 할 때 가장 迅速한 方法은 물론 電氣抵抗式 또는 其他 水分測定計를 使用하는 것이겠으나 이 方法은 木材의 含水率이 50%程度以上の 高含水率일 때 또는 그 以下라해도 木材內에 鐵分과 같은 依導性物質이 含有되어 있는 境遇와 특히 試片이 매우 작은 境遇에는 事實上 利用이 不可能하다. 또한 正常的인 境遇라해도 水分測定計를 使用할 때는 樹種, 材種, 및 溫度等에 따라 指示含水率의 變異를 가져오므로 이에 따른 適切한 補整을 해주어야하는 不便이 있다.

따라서 正確한 含水率을 測定할 수 있는 100~105°C Oven에 의한 全乾法이 水分測定計의 開發以後에도 널리

利用되고 있지만 이 方法에 의한 含水率測定은 通常 24時間이라는 매우 긴 全乾時間을 要하게 되므로 그 동안에 이미 木材의 乾燥 또는 調濕이 繼續 進行되어 木材의 含水率이 또다시 달라지게 되는 危險이 있다.

그러므로 本 實驗에서는 全乾法을 利用한 木材의 含水率測定에 있어서 測定時間을 短縮시키기 위한 方法의 하나로 보다 얇은 두께의 含水率試片을 使用하여 乾燥速度를 促進시키고 含水率 1%의 試片을 基準으로 하는 含水率推定方法을 試圖해 보았다.

木材의 含水率測定에 관한 研究의 方面, Brown等(1952)은 木材가 恒量에 이르면 더이상 乾燥環境에 넣어둘 必要가 없으며 만약 繼續 乾燥를 시키면 그외에 木材中의 揮發性分의 損失을 가져온다고 報告하였고, 上村(1960)과 七澤(1962)은 含水率測定法으로 全乾法外에 電氣的 性質 즉 電氣抵抗, 誘電率等을 利用하였으나 7%以下 또는

* 林業試驗場 : Forest Research Institute, Seoul

纖維飽和點以上の 含水率을 測定하는 境遇는 全乾法에 의하지 않고는 正確한 값을 求할 수 없다고 報告하였다.

Resch와 Ecklund(1963)는 全乾重量을 測定하기 위해 100~105℃의 溫度를 使用하는 것은 이 溫度의 大氣中에 木材를 放置하여도 熱分解가 일어나지 않기 때문이며, 揮發成分을 가지는 樹種에서는 이 成分이 水分으로 計算되기 때문에 約 1~3% 實際含水率보다 높게 나타난다고 發表하였고, 魏煥(1977)은 最近 많이 使用되는 電氣水分測定器로서 Kett 木材水分測定器, Delmhorst moisture detector, Moisture register 등을 紹介하고, 實驗에 의하여 100~105℃의 乾燥機內에서 오랫동안 乾燥하여 더이상 무게가 減少하지 않는 恒量에 倒達했다해도 그 木片속에는 1%程度의 水分이 殘留하고 있으므로 全乾重量이란 實用上 任意的인 것이며 標準乾燥狀態를 나타내는 데 不過하다고 記述하였다.

2. 材料 및 方法

2.1 材料

2.1.1 供試樹種

레드라왕 (*Shorea spp.*), 미송 (*Pseudotsuga menjiesii*), 자작나무 (*Betula platyphylla*), 갈참나무 (*Quercus aliena*)

2.1.2 供試機器

調濕處理는 恒溫恒濕器(YKK-50型, Constant Temp. & Humid. Chamber), 浸漬處理는 恒溫水槽(Max. Temp. 60℃), 全乾處理는 電氣乾燥機(Oven, Max. Temp.

150℃), 및 무게稱量은 直示天秤(Lu-T 110型 Balance, 1 Div. 0.01g)을 使用하였다.

2.2 方法

2.2.1 調濕處理

含水率測定用 氣乾試片은 溫度 20℃, 關係濕度 65%를 維持하는 恒溫恒濕器에서 含水率 12%로 調濕處理하여 使用하였다.

2.2.2 浸漬處理

含水率測定用 生材試片은 25℃ 清水에 5日以上 浸漬하여 充分히 飽水시킨 후 使用하였다.

2.2.3 全乾處理

含水率測定用 供試片을 100~105℃를 維持하는 Oven內에서 恒量에 이를 때까지 乾燥시키고 이 때의 含水率減少經過를 調査하였다.

2.2.4 含水率測定

含水率은 全乾重量을 基準으로 韓式(1)에 의해 算出하였다.

$$\text{含水率}(\%) = \frac{W_u - W_o}{W_o} \times 100 \dots\dots\dots(1)$$

W_u : 乾燥前 重量(g)

W_o : 全乾重量(g)

3. 結果 및 考察

3.1 氣乾材의 含水率推定

레드라왕 및 미송의 100~105℃ Oven에 의한 무게(纖維方向)별 含水率減少曲線은 그림 1, 2와 같고 乾燥所要時間은 表 1과 같다.

表 1. 레드라왕 및 미송의 乾燥所要時間

Table 1. Drying time of red lauan and Douglas fir by oven dry method.

樹 種 Species	全乾比重 S.G. in oven dry	乾燥前含水率 (%) Initial M.C.	纖維方向試片두께 (mm) Axial thickness of sample	乾燥所要時間 (時間) Drying time (hr.)	
				含水率 1% To 1% M.C.	全 乾 To oven dry
레드라왕 <i>Shorea spp.</i>	0.50	12	20	4.2	22
			10	3.4	14
			5	2.6	7
			1	> 2.2	> 3
미 송 <i>Pseudotsuga menjiesii</i>	0.49	12	20	3.4	18
			10	2.8	10
			5	2.4	5
			1	> 2.2	3

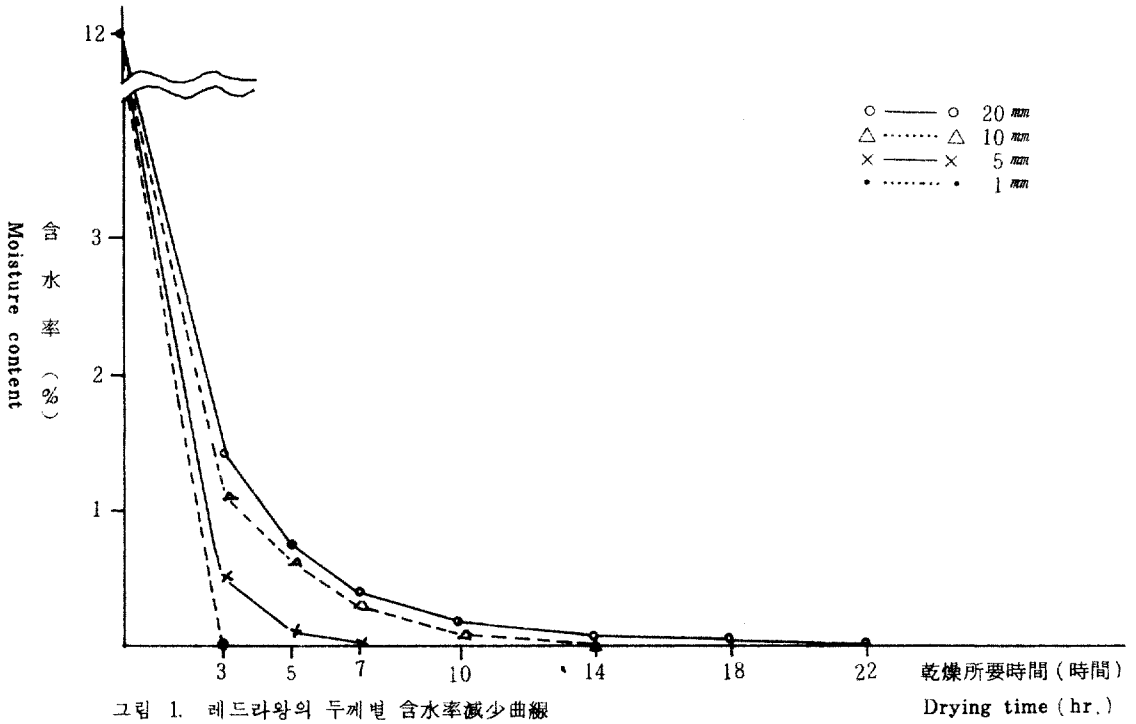


그림 1. 레드라왕의 두께별含水率減少曲線

Fig. 1. Drying curve of red lauan (*Shorea spp.*) by oven dry method.

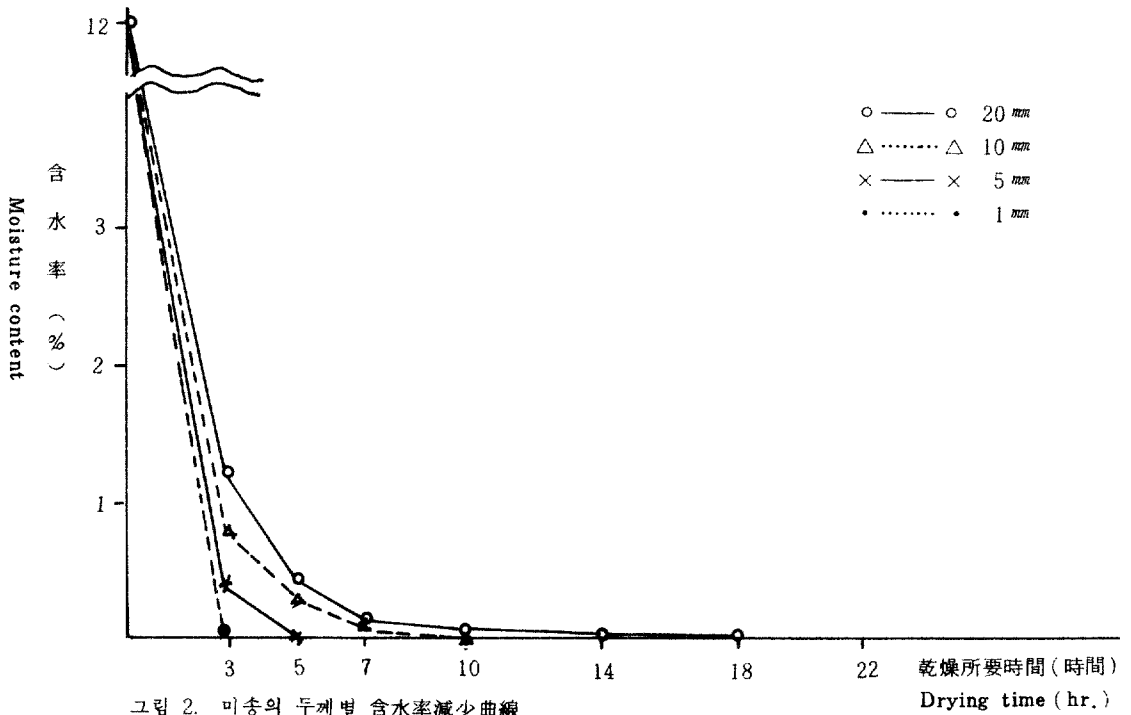


그림 2. 미송의 두께별含水率減少曲線

Fig. 2. Drying curve of Douglas fir (*Pseudotsuga menjiesii*) by oven dry method.

레드라왕 및 미송 供試片 두께가 얇을수록 乾燥所要 시간이 短縮되었으며, 全乾所要 시간은 22時間 以下로서 一般의인 24時間基準보다 짧고 특히 두께 5mm 以下の 얇은 試片을 使用했을 境遇 7時間 以內에 恒量에 達하여 매우 빠른 乾燥速度를 나타냈다.

또한 레드라왕 및 미송의 含水率 1%까지 乾燥하는데 所要되는 時間은 2.2 ~ 4.2時間으로 全乾까지의 所要時

間 3 ~ 22時間에 比하면 1.4 ~ 5.2倍以上 빠른 것을 알 수 있고 따라서 全乾重量代身 含水率 1%일 때의 重量을 基準하면 보다 빠른 含水率測定이 可能하다고 생각된다.

레드라왕 및 미송 氣乾試片의 含水率 1%까지 乾燥所要 時間을 試片두께別로 圖式化하면 그림 3과 같이 두께 20mm까지는 大体로 1次 함수關係를 나타내고 있다.

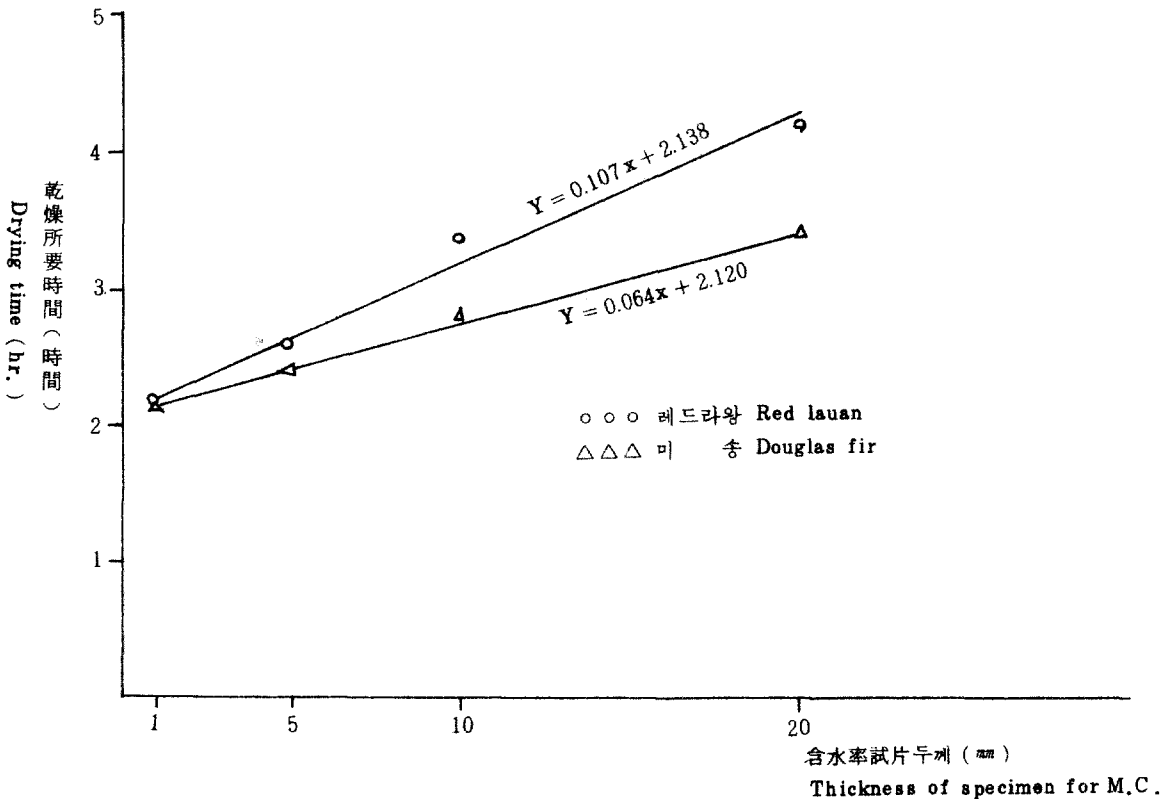


그림 3. 레드라왕 및 미송 氣乾材 (12%)의 含水率 1%까지 乾燥所要時間

Fig. 3. Drying time of red lauan and Douglas fir by oven dry method from 12% to 1% M.C.

含水率 t %일 때의 重量을 基準으로 하여 計算한 供試片의 含水率을 M_t 이라 할때 從來의 全乾重量을 基準으로 計算한 含水率 M 과의 關係는 다음 式이 成立된다.

$$M - M_t = \left(\frac{W_u - W_o}{W_o} \times 100 \right) - \left(\frac{W_u - W_t}{W_t} \times 100 \right)$$

$$= \frac{t \times W_u}{W_t}$$

$$M(\%) = M_t + \frac{t \times W_u}{W_t} \dots \dots \dots (2)$$

W_u : 乾燥前 重量 (g)
 W_t : 含水率 t %일 때의 重量 (g)
 W_o : 全乾重量 (%)

따라서 本實驗에 使用한 레드라왕 및 미송의 境遇 含水率 試片 두께가 20mm 以下라면 乾燥時間 約 4時間 以前에 含水率 1%의 重量을 求한 后 式(2)에 의해 正確한 含水率을 計算할 수 있으며, 보다 빨리 含水率을 얻고자 할때는 含水率 2%以上일 때의 重量을 測定하여 式(2)에 의해 乾燥前 含水率을 求할 수도 있으나, 含水率 t %일 때의 乾燥所要時間을 알기 위해서는 樹種 및 두께別로 그

림 1, 2 와 같은 含水率減少曲線 또는 그림 3 과 같은 基準式이 먼저 準備되어 있어야하는 不便이 따른다 하겠다.

따라서 레드라왕이나 미송 등과 같이 中比重材以下의 樹種에 대해 正確한 含水率減少曲線을 알 수 없을 때 表 1 을 適用한다면, 두께 10 mm 試片의 乾燥所要時間 約 3 時間에서 測定한 重量을 含水率 1%로 推定하여 式(2)에 의해 乾燥前含水率을 計算했을 境遇 이때의 實際含水率을 t %라고 하면 $\frac{t \times W_u}{W_t} - \frac{1 \times W_u}{W_1}$ 만큼의 含水率誤差(Me)를 가지오게 될 것이다. 여기에서

$$Me = \left| \frac{t \times W_u}{W_t} - \frac{1 \times W_u}{W_1} \right|$$

$$= \left| \frac{t(100 + u)}{100 + t} - \frac{100 + u}{100 + 1} \right|$$

$$= \left| 0.99 \times \frac{(t-1)(100 + u)}{100 + t} \right|$$

이므로 $t = 1 \pm 1\%$, $u < 30\%$ 이면 $Me \approx 1\%$ 이다.

즉 含水率試片의 乾燥前含水率(u)이 30% 程度以下 라면, 그 試片을 乾燥하여 大略 1%以下로 含水率이 떨어졌다고 생각되는 時點에서 稱量한 試片重量을 含水率

1%重量으로 推定하여 式(2)에 의해 計算된 含水率値는 稱量時의 含水率이 實際로는 正確히 1%가 아니었다 해도 大略 0~2% ($t = 1 \pm 1\%$) 內에만 包含된다면 含水率誤差(Me) 約 1% 内外의 乾燥前含水率로 認定할 수 있으며 두께 10 mm 以下의 얇은 試片을 使用할 境遇 含水率 2% ($t = 1 \pm 1\%$) 內의 乾燥所要時間은 樹種에 거의 相關없이 3~4 時間程度면 充分한 것으로 생각된다.

따라서 木材의 乾燥 또는 調濕處理過程의 中間에 含水率變化를 點檢하기위해 大略의인 含水率 또는 豫定全乾重量을 빨리 求하고자 한 目的이라면 以上과 같은 推定含水率을 利用하여 繼續的인 乾燥 또는 調濕處理의 進行에 支障이 없도록하고, 處理가 거의 完了되어 最終마무리含水率을 正確히 알기위해 할 때 비로소 従来の 全乾法을 利用하는 것도 하나의 方法이 아닐까 생각한다.

3.2. 生材의 含水率 推定

자작나무 및 갈참나무의 100~105°C Oven에 의한 두께(纖維方向)別 含水率減少曲線은 그림 4, 5 와 같고 乾燥所要時間은 表 2 와 같다.

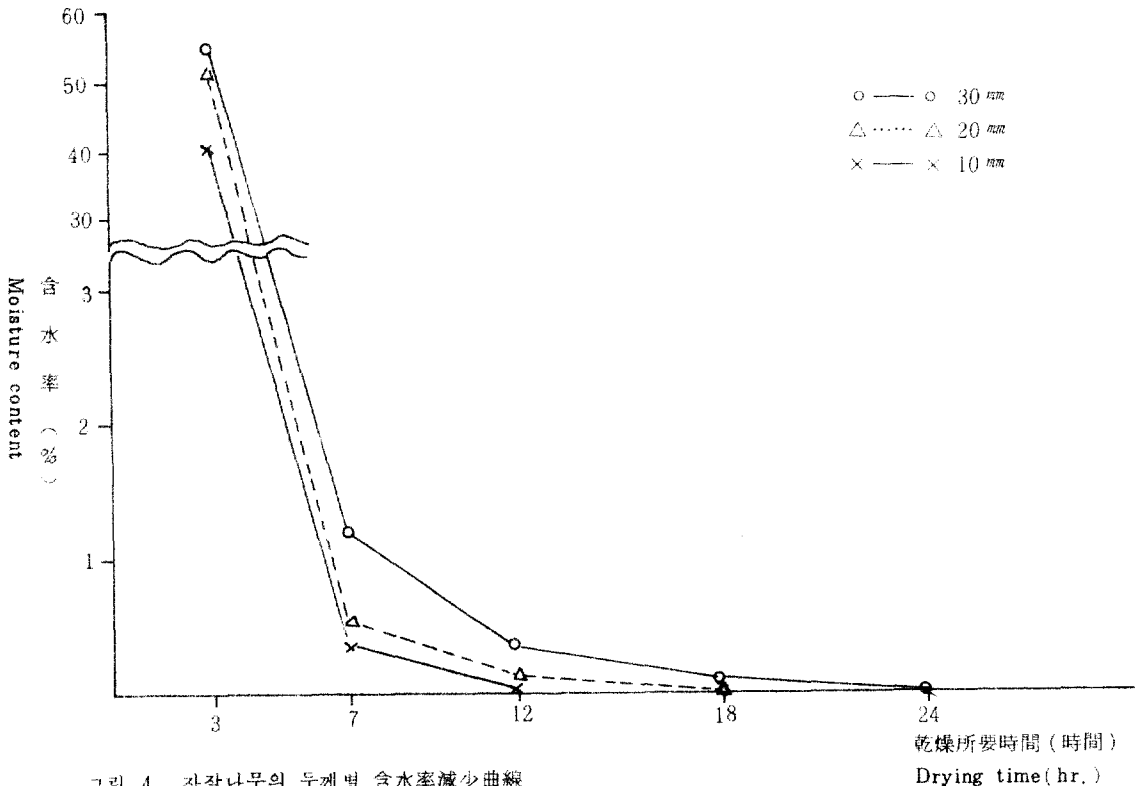


그림 4. 자작나무의 두께별 含水率減少曲線

Fig. 4. Drying curve of birch (*Betula platyphylla*) by oven dry method.

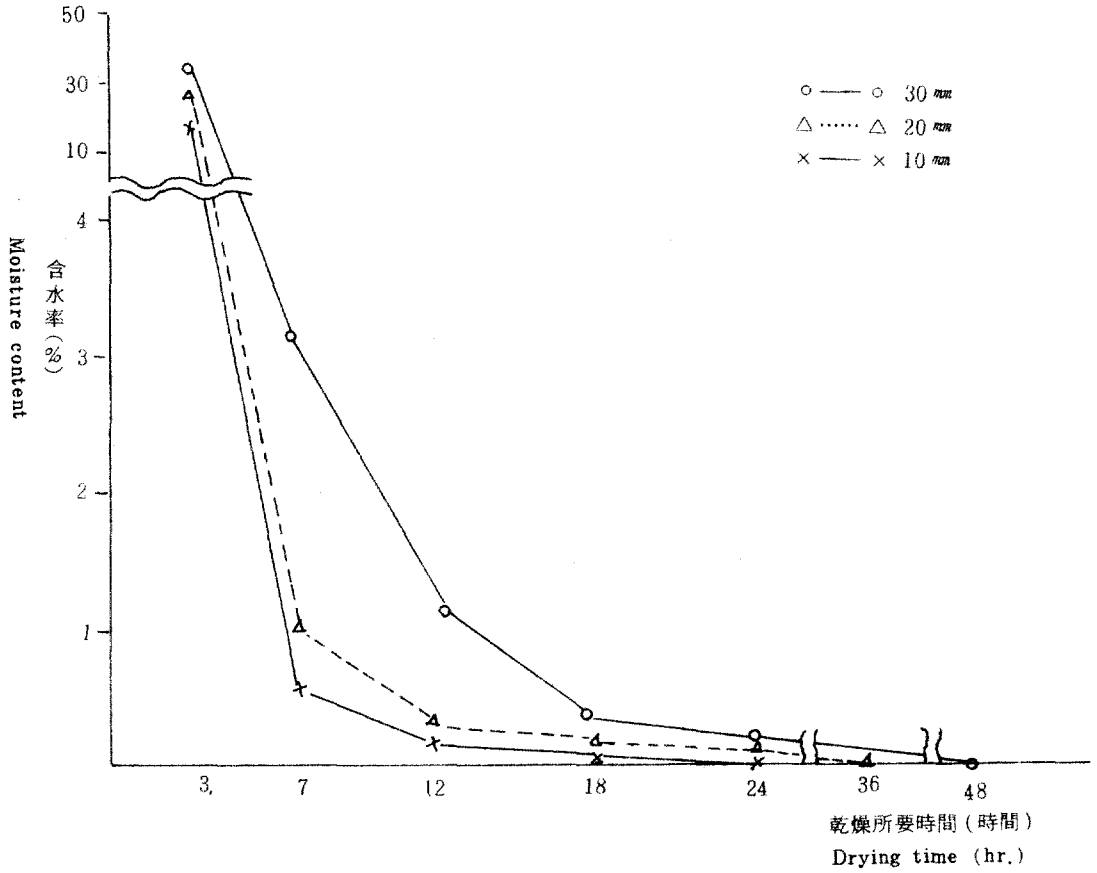


그림 5. 갈참나무의 두께별 含水率減少曲線
 Fig. 5. Drying curve of oak (*Quercus aliena*) by oven dry method.

表 2. 자작나무 및 갈참나무의 乾燥所要時間
 Table 2. Drying time of birch and oak by oven dry method.

樹 種 Species	全乾比重 S.G. in oven dry	乾燥前含水率 (%) Initial M.C.	纖維方向試片 두께 (mm) Axial thickness of sample	乾燥所要時間 (時間) Drying time (hr.)	
				含水率 1% To 1% M.C.	全 乾 To oven dry
자작 나무 <i>Betula platyphylla</i>	0.45	110	30	8.2	24
		114	20	6.5	18
		138	10	> 6.2	14
갈참 나무 <i>Quercus aliena</i>	0.78	69	30	13.4	48
		71	20	7.0	36
		78	10	> 6.5	24

表2에서 보는 바와 같이 生材의 乾燥 또한 氣乾材와 마찬가지로 含水率試片의 두께가 얇을수록 全乾所要時間이 短縮되었으며 그 程度는 두께 10mm의 境遇 30mm에 비해 자작나무 1.7 배, 갈참나무 2.0 배가량 短縮되었다.

또한 갈참나무와 같이 比重이 크고 乾燥速度가 느린 樹種은 試片두께가 10mm 이상일 때 全乾所要時間이 通常의 것으로 사용되고 있는 24 時間을 超過하므로 正確한 全乾重量을 求하기 위해서는 恒量에 이르도록 充分히 乾燥시켜야 할 것이다.

含水率 1%까지의 乾燥所要時間은 6.2~13.4 時間으로 全乾所要時間 14~48 時間에 비해 約 3 배가량 빠르기 때문에 앞에서 說明한 바와 같이 이때의 重量을 基準으로 式(2)에 의해 乾燥前 含水率 또는 全乾重量을 보다 迅速하게 推定할 수 있겠다.

本 實驗을 遂行하면서 몇가지 問題點이 나타났으며 특히 試片의 重量測定時間을 보다 細分化해야 할 것이나 稱量中 試片의 溫度變化로 因하여 乾燥速度에 相當한 影響을 미치게되는 바 今後 이 部分에 대한 補完이 必要하다고 생각한다.

5. 結 論

레드라왕 외 3 樹種의 氣乾材 및 生材에 대하여 100~105°C 全乾法에 의한 含水率確定 및 全乾所要時間의 調査結果를 要約하면 다음과 같다.

(1) 全乾所要時間은 含水率 試片두께(纖維方向)가 얇을수록 短縮되었으며 두께 10mm 生材에서 자작나무 14 時間, 갈참나무 24 時間이 所要되었다.

(2) 含水率試片두께(X)와 氣乾(12%)에서 1%까지 乾燥所要時間(Y)과의 關係式은 다음과 같다.

$$\text{레드라왕: } Y = 0.107 X + 2.138$$

$$\text{미 송: } Y = 0.064 X + 2.120$$

(3) 乾燥含水率 t% 일 때의 試片重量을 基準으로 한 含水率計算式은 式(2)와 같으며, 含水率 1%까지 乾燥所要時間은 全乾所要時間에 비해 平均 3 배程度 짧았다.

參 考 文 獻

1. Dunlop, M.E. and Bell, E.R. 1949. Electrical moisture meter for wood. F.P.L. Rep., R.1660
2. 平井信二. 1949. 木材의 性質. 木材加工技術協會 Technical Note, No. 71.

3. 小倉武夫, 大沼加茂也. 1952. 電氣抵抗による 木材水分 分布의 推定에 關하여. 林試年報. 53.
4. Kollman, F.F.P. 1961. High temperature drying; research, applications, and experience in Germany. F. P. J. 11(11)
5. 北原覺一. 1968. 木材物理. 森北出版: 28-29.
6. 松本秋男. 1950. Kett 木材水分測定器による 水分測定에 關하여. 木林工業, 5. 7.
7. 中戸莞二, 梶田茂. 1954. 絶全木材의 誘電率에 關하여. 日林誌, 36. 4
8. Panshin, A. J., Brown, H. P., and Forsaith, C. C. 1970. Textbook of wood technology, Vol. II. Mac Graw-Hill Book Co., INC: 23-25
9. Resch, H. and Ecklund, B. A. 1963. F. P. J. 13, 11. 481.
10. Salamon, M. 1963. Quality and strength properties of Douglas-fir dried at high temperature. F. P. J. 13(8)
11. Skaar, C. 1972. Water in wood. Syracuse Univ. press.
12. 七沢喜男. 1962. 高周波水分計による 人工乾燥材의 含水率 測定. 木工生産, 6, 2, 21.
13. Stamm, A. J. 1930. An electrical conductivity method for determining the moisture content of wood. F. P. L. Rep., R. 1023.
14. 上村武. 1953. 海外의 木材含水率計. 木材工業. 8, 11-12.
15. 上村武. 誘電率에 による 含水率 測定. 林試研報, 119, 95-172.
16. Yavorsky, J. M. 1951. A review of electrical properties of wood. Tech. Pub. 73. N. Y. S. College of For. at Syracuse Univ.
17. 林業試驗場. 1973. 木材工業 핸드ブック. 丸善: 151-152
18. 魏煥 1977. 木材理學. 郷文社: 79