

關係濕度와 木材의 平衡含水量과의 關係에 對한 研究

沈 鍾 燮

〔서울대학교 農科大学 森林利用研究室 報告 ; 1 ~ 36, 1953〕

The Equilibrium Moisture Content - Relative Humidity Relationship of Tropical Woods

[Rep. of Forest Products Laboratory, Dept. of Forestry, Seoul Nat'l. Univ. ; 1 ~ 36, 1953]

Chong Supp Shim

Summary

1. Under the request of the Dept. of Navy, U.S.A. this investigation has been done as a part work of the Navy Research Project of Tropical Woods at the Wood Technology Laboratory, School of Forestry, Yale University, New Haven, Conn., U.S.A.

2. In order to determine the equilibrium moisture content and hysteresis loop of three tropical woods (*Ocotea*, *Tablebuia*, and *Hymenaea*) which have not been tested the physical properties, this investigation has made with small thin specimens (1.5" x 1.0" x 0.4") under four different controlled relative humidity conditions (that is, 21%, 53%, 60%, and 83%).

3. As the result, the equilibrium moisture content and hysteresis loop of three tropical woods have been shown in the Table and Figures 2, 3 and 4.

4. According to the results, it is concluded that there are the considerable differences in the equilibrium moisture content under the same relative humidity condition and the type of hysteresis loop between different species which have been tested.

5. Desorption of lumber with slightly oscillating humidity of each species tested, has shown on the Table 9 and it has almost the same tendency of results showing the difference between species as the small specimen.

6. Although it is hard to compare the difference of results, E.M.C., and hysteresis between tropical wood and woods from temperate zone, there are, however, still some difference between species.

7. The author wishes to acknowledge my indebtedness to Prof. Wangaard, and Prof. Dickinson for the competent guidance and good advice on this study, and also to Mr. Clanchs for the help in getting materials for the experiment.

1 緒 論

이 研究는 水分이 木材의 物理的 性質에 미치는 影響을 알기 위하여 始作된 것이다. 卽 關係濕度가 變함

에 따라 材의 平衡含水量 (Equilibrium Moisture Content) 이 어떻게 變化하느냐를 探究함에 있다.

이 關係는 木材乾燥에 가장 重要的 問題의 하나이며 이것을 앞으로써 最新 發達되어가는 木材의 人工 乾燥法을 더욱 合理化시킬 수 있다. 木材는 一般構

造用 材料中 가장 濕氣의 影響을 받기 쉬운 材料이므로 適當한 乾燥 處理는 木材使用의 使命이다.

大氣中에 있는 木材는 關係濕度가 變함에 따라 그 含水量이 變化하게 되는데 이 關係濕度가 變함에 따라 木材의 平衡含水量도 따라 變할 수 있는 두 경우를 曲線으로써 表示하여 보면 (即 木材가 完全 乾燥狀態에서 濕氣를 吸收하기 始作하여 水分으로 飽和狀態에 이를 때까지의 模樣을 (adsorption curve)로 나타낸 것과 이와 反對로 水分으로 飽和된 木材가 마르기 始作하여 完全 乾燥狀態에 이를 때까지의 模樣을 curve (desorption curve)로 나타낸 이 두개의 곡선을 보면 같은 關係濕度 밑에서 木材의 含水量은 다른 두 傾向을 發見할 수 있다. 이 두개의 다른 곡선으로써 成立되는 關係를 hysteresis loop라 말하고 이 hysteresis loop는 여러가지 나무에 따라 그 傾向이 各各 다를뿐만 아니라 溫度에 따라서도 달라진다.

木材를 말릴 때에는 어느때를 莫論하고 어떠한 方法으로든지 그때에 處理할 수 있는 關係濕도에 平衡하는 含水量 以下로 木材를 말릴 수는 없다. 따라서 木材를 要求되는 含水量까지 말리려면 이에 알맞도록 濕도와 溫度를 適當히 調節하여 그 말리는 자리에 適當한 關係濕도를 維持시켜야만 된다.

木材乾燥에 있어 이와같은 일을 실제로 하려면 먼저 各 樹種이 갖고 있는 關係濕도와 平衡含水量과의 關係에 對한 個有한 性質을 調査하여야 한다. 이 調査는 各 先進 文化國에 있어서는 그 大部分의 商業用 樹種에 對하여 調査研究가 實施되고 있으나 아직까지도 研究되지 않은 나무의 種類도 많다. 이와같이 未定된 樹種에 對하여서는 이 關係를 즉 hysteresis loop를 決定하여야만 乾燥할 木材의 適定處理를 하는데 便利할 뿐만 아니라 理想的인 乾燥를 實施할 수가 있다.

위에 말한바와 같은 目的으로 우리나라에 많이 輸入하여 오는 南方各地에서 生産되는 다음 세가지 種類에 對하여 關係濕度の 變化에 따라 變化할 수 있는 平衡含水量과 adsorption Curve와 desorption Curve로 成立되는 hysteresis loop를 決定하기로 하였다.

1. *Ocotea rubra*
2. *Tabebuia pentaphylla*
3. *Hymenaea courtaril*

研究의 歷史

이와같은 研究는 過去로부터 여러 學者들이 여러 角度로 研究하여 왔으며 그 研究의 結果를 엿보면 다음

과 같다.

Mueller氏는 1882년에 纖維質 物質의 含水量과 大氣中의 濕度와의 關係에 關한 研究를 發表하였다.

뒤를 이어 Schloesing氏는 1893년에 Cotton이 大氣中에서 濕氣를 吸收하는 模樣을 研究하여 그 結果를 發表한 일이 있다. Masson氏와 Richards氏는 1906년에 솜이 濕氣를 吸收하는 모양을 研究한 結果 비로소 솜의 含水量과 大氣中의 濕氣量과의 關係를 表示할 수 있는 獨特한 sigmoid curve를 發見하였다. 其後 日本의 學者 鯨井, 小林, 그리고 酉山等 三氏는 1923년에 여러가지 다른 纖維質 物質을 가지고 그의 含水量과 關係濕度와의 關係를 研究한 結果 各 fibrous materials는 뚜렷한 hysteresis의 sorption curve를 나타냈으며 desorption 때는 adsorption때 보다도 같은 關係濕도에 있어서 많은 含水量을 갖고 있다는 것을 發見하였다. 또한 Urquhart氏와 Williams氏는 1924년에 솜에 對한 sorption Curve를 研究한 結果 위에 말한 結果와 같은 sorption hysteresis loop를 發見하였다. (즉 0%로 부터 100%의 濕도에 이르기까지의 adsorption curve와 desorption curve와의 傾向을 研究하였다.)

1930년에는 Pidgson, Masse, 그리고 Campbell 등 三氏는 cotton과 목재를 갖고 이 關係를 研究한 結果 이것들에서도 또한 一般 sorption curve와 hysteresis의 principle를 發見할 수 있었다.

Seborg, Stamm 등 兩氏는 1931년에 목재와 wo pulp를 가지고 同一한 研究를 거듭한 結果 white spruce에 對한 typical sorption curve와 hysteresis loop를 發見하였다.

이와같은 모든 研究를 통하여 纖維質 物質의 sorption curve와 hysteresis의 現象은 cellulose로 構成된 材料가 關係濕度中에서 나타내는 特有한 性質이라는 것이 確實해졌으며 別다른 外部的 影響이 아니라는 結論을 내리게 되었다.

다음에 여러 사람들은 hysteresis의 原因에 對하여 研究한 結果 다음과 같은 結論들을 내렸다. 즉 Zsigmondy氏는 1912년에 hysteresis에 對한 研究를 거듭한 後 desorption curve와 adsorption curve의 差異는 목재中에서 볼 수 있는 capillary saece에서 나타나는 liquid의 menisci가 다르기 때문에 hysteresis loop가 생긴다고 말하였고 뒤를 이어 Urquhart氏와 William氏等 兩氏는 hysteresis가 이러한 原因을 研究한 후 목재의 Chemical 構成主成分인 glucose bond에 있어 hydroxyl group

와 結合되어 있는 물이 變動함에 따라 일어난다는 一層 理論的인 面을 打開하였다. 다시 Urquhart 氏와 Eckersat 氏는 1930년에 hysteresis 의 完全한 Cycle 을 研究하고 그것이 갖고 있는 意義를 說明시켰다.

Kmigat 氏와 Praff 氏는 1935년에 hysteresis 에 對한 研究를 發表하였는데 그 發表에 따르면 hysteresis 의 original curve는 境遇에 따라 若干의 deviation 을 볼 수 있다는 點을 發見하였다. 이에 關聯하여 Stamm 氏와 Loughborough 氏는 1934년에 木재를 갖고 試片의 差異 卽 큰 testpiece를 썼을때와 작은 test Piece 를 使用하였을 때에 나타나는 hysteresis 에 미치는 影響의 範圍를 研究 發表하였다. 이어 1937년에 Sebery 氏는 完全한 hysteresis 의 性質을 研究하여 發表한 바 있는데 hysteresis 를 構成하는 desorption curve와 adsorption curve와의 같은 relative humidity condition에서의 比를 보면 大部分의 cellulose material 을 通하여 그間に 別 差異를 發見치 못하였고 하였다. 다시 말하면 大體로 같은 比를 갖고 있다는 點을 알게 되었다.

그밖에 hysteresis 가 境遇에 따라 달라진다는 例로는 다음과 같은 研究結果로써 明確하다. 즉 Urquhart 氏와 William 氏는 1924년에 溫度가 adsorption 에 미치는 影響을 研究하여 그 結果에 對한 發表를 하였다. 그後 1934년에 Stamm, Loughborough 등 兩 氏는 Stika sprae 를 가지고 온도가 hysteresis 에 미치는 影響을 研究한 結果 온도가 높아지면 높아질수록 equilibrium moisture content 는 減少되었다는 結論을 얻었다.

Wiegerin 氏는 1940년에 여러 가지 纖維質 材料를 가지고 溫度(30~35°C)의 差異로써 adsorption 과 desorption 이 어떻게 變化하느냐에 對하여 研究한 結果 모두 溫度가 增加함에 따라 吸收力이 減退되었다는 結論을 얻었다. 그전에 Hautz 氏와 Melean 氏等은 1939년에 또한 linen rag paper 와 kraft paper 를 가지고 온도(100~150°C)의 差異로 나타나는 hysteresis 의 變動에 對한 研究를 하여 結論을 냈다. 그리고 試驗前에 熱處理를 할 때에는 確實히 그後에 일어나는 adsorption 과 desorption 에 큰 影響을 미친다는 結果를 보았다. 그 前에 Stamm 氏와 Hausen 氏等은 1937년에 위와 同一한 結果를 發表하였다.

Sheppard 氏와 Newsome 氏等은 1929년에 纖維質 材料를 化學的 또는 機械的 處理를 할 때에 hysteresis 에 미치는 effect 에 對하여 研究한 結果이

러한 處理는 吸收力을 若干 減少시키는 傾向이 나타났다고 發表하였다. 그러나 Urquhart 氏와 Basick 氏等 1882년에 同一한 研究를 한 結果 이와같은 處理는 結局 물의 浸入할 수 있는 틈새가 커지는 結果를 나타냈다고 發表하였다.

Neale, Sheppard, 그리고 Newsome 氏等은 1934년에 酸의 處理가 그 處理를 받은 材料의 Viscosity 에는 若干의 效果를 가지고 있으나 吸濕에 對하여서는 오히려 增加의 傾向을 보게 되었다는 結論을 내렸다. Campbell 氏 그리고 Pidgcom 氏等은 그전에 즉 1930년에 製紙에 있어서 實行하는 機械的 叩解는 吸收力에 若干의 效果가 있다고 發表하였다. Sebery 氏와 Simmonds 氏 그리고 Bairds 氏는 1936년에 다시 mechanical beating 의 效果를 研究하였는데 그 結果 adsorption moisture content 가 增加되었다는 結論을 發表하였다.

以上 여러 學者의 關係濕度와 材木 또는 그밖에 纖維質의 平衡含水量과의 關係에 對한 研究結果와 이關係에 미치는 影響因子에 對한 研究結果를 通하여 過去의 이에 對한 研究 傾向을 알 수가 있다.

2. 實驗材料

2.1 材料

2.1.1. 材木

材木은 既往의 여러 가지 機械的 性質을 調査하기 위하여 美海軍技術部로부터 委託하여온 南方各地에서 生産되는 나무로 伐木後 製材 및 氣乾 乾燥까지 完了하여 實驗室 倉庫에 貯藏이던 材木을 다음과 같은 尺數로 잘려 要求되는 積은 實驗片을 만들 準備를 하였다.

- (a) *Ocotea rubra* (No 221. 試材番號)
길이 11" 가로 9.5" 두께 0.95"
- (b) *Hymenaea courbaril* (No 434. 試材番號)
길이 28" 가로 5.5" 두께 2.5"
- (c) *Tabebuia pentaphylla* (No 49.)
길이 84" 가로 10.5" 두께 0.9"

2.1.2. 化學藥品

實驗上 要求되는 一定한 關係濕度を 維持하기 위하여 다음과 같은 化學藥品이 使用되었다.

- (a) Potassium acetate
- (b) Sodium dichromate
- (c) Sodium nitrile (97.2%)
- (d) Potassium bromide

3. 實驗方法

3. 1. 一定한 關係濕度를 維持할 수 있는 裝置의 準備

먼저 說明한 네가지 化學藥品은 一定한 溫度 밑에서 물에 넣어 포화된 후 그 잔여부분이 남아 있을때에는 Table 1에 表示되는 relative humidity를 制限된 空間안에서 繼續 維持할 수 있으므로 이 特性을 利用하여 이 實驗에 要求되는 네개의 다른 關係濕度 狀態를 調節하기로 하였다.

Table 1. Relative humidity obtained with the used chemicals

Solid phase	Temp. C	Humidity, %
K C ₂ H ₃ O ₂	20 C	20 %
Na ₂ Cr ₂ O ₇	"	58 %
Na NO ₂	"	60 %
K Br	"	86 %

1. 먼저 直徑 10"의 큰 desiccator가 4個 準備되었고 이 desiccator에는 그 안의 공기를 저어서 언제나 飽和狀態를 維持할 수 있도록 内部에propeller 裝置를 하였다.

2. 다음에 먼저 말한 네가지 다른 化學藥品을 800 cc의 물에 各各 넣어가며 飽和된 溶液을 沸騰까지 化學약품을 加한 後 이 完全히 飽和된 液을 準備된 desiccator 안에 옮겼다.

3. 다음에 이 desiccator를 옮겨 그 자리에 準備되었던 motor에 連結시켜 desiccator 안에 準備된 propeller를 돌리게 하였다.

4. 다음에 電氣를 通하여 motor를 돌게하고 따라propeller가 돌아감으로써 desiccator 안의 공기를 계속 휘저어서 一定한 습도를 維持하도록 한 後 繼續 3日間을 시험하여 보았다. 3日後 모든 狀態가 定着된 것을 보고 다음에 準備된 試片을 各各 定한 desiccator 안에 옮겼다.

3. 2. 試片의 準備

準備되었던 試驗用 板子를 Planer에 넣어서 그 결 鬚을 깨끗이 닦은後 다음과 같은 크기와 順序로 시험이 製作되었다.

1. 먼저 원 시험 판자를 다음 그림과 같은 순서로 크기로 band saw와 table saw를 利用하여 잘라냈다.

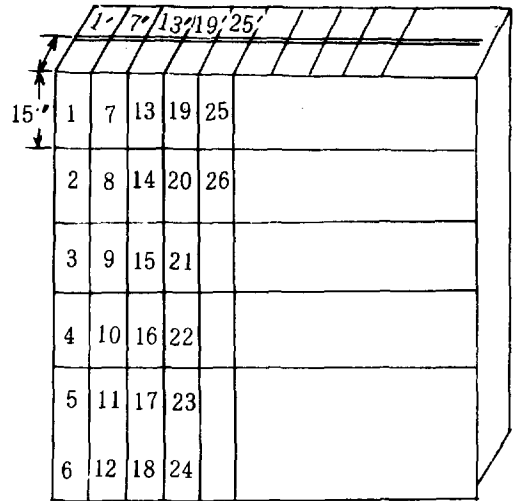


Fig.1. Specimen cutting system.

Fig. 1에서 볼 수 있는것과 같이 表面에서 나온 시험편은 그 번호를 1, 2, 3, 4, ... 등으로 記入하고 그와 正反對面인 裏面에서 나온 시험편은 그 번호를 1', 2', 3', ... 등으로 記入하여 比較 試驗할 試驗片을 各各 區別하도록 하였다.

2. 잘라낸 시험편 중에서 흠집 있는 것은 除外하고 完全한 것을 갖고 다음 Table 2와 같이 시험편을 結合을 하였다.

Table 2. Specimen arrangement for the test

E.M.C(%)	Specimen for drying	Specimen for wet
4	0-4-1에서 5	W-4-1'에서 5'
8	0-8-6에서 10	W-8-6'에서 10'
12	0-12-11에서 15	W-12-11'에서 15'
18	0-18-15에서 20	W-18-16'에서 20'

※ EMC는 equilibrium moisture condition을 말하며 4% EMC는 20% RHC (Relative Humidity Condition)에서, 8% EMC는 52% RHC, 12% EMC는 60% RHC에서, 그리고 18% EMC는 84% RHC에서 各各 볼 수 있다.

위 表에서 說明하는 O는 完全 乾燥狀態에서 試驗이 始作될 試驗片을 意味하고 W는 反對로 完全히 적신 即 水分으로써 纖維飽和點 (fiber saturation point)를 넘은 狀態에서 試驗이 始作될 試驗片을 意味한다. 다음에 EMC 4, 8, 12, 18이라는 것은 各 試驗片이 네개의 調節된 關係 습도 상태에서 各

各 量에 到達하였을 때에 가질 수 있는 平衡含水量을 意味한다. 다음에 1에서 20까지 1'에서 20'까지의 試驗片의 順序 番號를 意味한다.

이와같이 하여 1個의 desiccator 안에 다른 試片 5, 젖은 試片 5, 合計 10이 準備되었다. 따라서 네 다른 關係湿度狀態를 위하여 40개의 試驗片이 準備되었다.

3. 試驗片을 잘라 結合이 끝난 것은 各各 겉면에 表를 한後 모(角)와 면(面)에 나타난 거친 거시력을 깨끗이 연마지로 닦아 버렸다.

4. 다음에 다른 試片(即 完全乾燥狀態에서 試驗이 始作될 試驗片)은 定溫器에 넣고 溫度 100~105°C에서 말리기 始作하고 젖은 試片은(即 纖維飽和點 以上の 물기를 가진 狀態에서 試驗이 始作될 試驗片) 20°C가량 되는 찬 물속에 10日間 담겨 두었다.

3. 3. 무게 測定과 그後의 處理

이 試驗을 實行하는 동안 무게의 測定은 가장 重要한 일의 하나이므로 다음과 같은 順序를 따라 適當한 때에 그 무게를 迅速 正確히 測定하고 그後의 處理를 適切히 하였다.

1. 試驗片의 前處理가 끝난後 desiccator에 집어 넣기前에 試驗片의 무게를 測定하였다. 이것은 試驗直前의 含水量을 알기 위하여 實行된 것이다.

2. 다음에 무게 測定이 끝난 試驗片을 各各 所定의 desiccator 안에 나누어 넣는다. 다음에 24時間 또는 48時間만에 한번씩 各試驗片의 무게를 測定하고 이 試驗片이 한 desiccator 안에서 各各 量무게에 到達한 後 다음 다른 關係湿度狀態의 desiccator 안으로 옮겨 이 desiccator에서도 같은 順序를 되풀이하여 第一 처음에는 EMC 18%에서 始作하여 12%, 8%, 4%의 順序로 最後에는 다시 全 試驗片을 定溫器에 넣어서 絶乾狀態가 되게한 後 그때의 무게 測定을 하였다.

3. 무게를 測定할 때에는 desiccator 안에 있는 試驗片을 밖으로 내어다가 室內에 있는 저울 위에서 그 무게를 測定하게 되므로 이 동안에 일어날 試驗片에 對한 影響을 念慮하여 미리 試驗편과 같은 desiccator 안에 한번에 約 5個의 試驗편에 들어갈만한 작은 유리병을 같이 넣다가 무게를 測定할때마다 1병 안에 試驗편을 넣어 大氣中의 影響을 될 수 있는대로 避하여 무게 測定의 精密을 期하였다.

3. 4. 平衡含水量의 計算과 adsorption 및 desorption curve의 決定

1. 繼續 測定하여 얻은 무게의 자료를 가지고 各各 다른 關係湿度에서 가질 수 있는 平衡含水量을 計算하였다.

平衡含水量(EMC)을 計算하기 위하여 다음과 같은 公式이 使用되었다.

$$\text{平衡含水量(EMC)} = \frac{R.W - O.W}{O.W}$$

但, O.W = test piece의 oven dry weight

R.W = 各 relative humidity condition에서 測定된 weight

2. 위에 말한 公式으로 各 試驗片의 平衡含水量이

Table 3. Calculated EMC values of the tested species

Species	Condition of specimen	RH(%)	EMC (%)	Remark
<i>Ocotea rubra</i>	Dry	23	2.27	
	Wet	"	5.52	
	Dry	53	5.03	
	Wet	"	9.43	
	Dry	64	6.44	
	Wet	"	10.34	
	Dry	89	9.19	
	Wet	"	13.24	
<i>Tabebuia pentaphylla</i>	Dry	21	3.42	
	Wet	"	6.10	
	Dry	53	7.42	
	Wet	"	11.42	
	Dry	61	9.00	
	Wet	"	13.26	
	Dry	86	12.52	
	Wet	"	16.62	
<i>Hymenaea courbaril</i>	Dry	23	3.73	
	Wet	"	5.99	
	Dry	53	7.15	
	Wet	"	11.13	
	Dry	63	7.87	
	Wet	"	11.83	
	Dry	86	10.75	
	Wet	"	15.33	

※ Note : Dry condition → adsorption
Wet condition → desorption

計算된 後 實驗에서 要求되는 各 그룹의 平均 平衡含水量이 計算되었다.

3. 위에 말한 計算을 通하여 20%, 58%, 60% 그리고 86%의 關係湿度狀態에 該當하는 adsorption 時의 平衡含水量과 desorption 時의 平衡含水量을 알 수 있으므로 이 平衡含水量을 關係湿度와 平衡含水量의 關係를 表示하는 그래프에 plot 하면 adsorption 과 desorption 으로 된 hysteresis 가 나타난다.

4. 試驗 結果

試驗中에 얻은 모든 data 를 計算 總括하여 表示하면 Table 3 과 같다.

即 나무의 種類와 試料의 狀態에 따라 그리고 該當하는 平衡關係湿度에서 該할 수 있는 平衡含水量을 計算한 것이다.

以上 얻은 實驗結果를 갖고 平衡含水量(E M C) 과 關係湿度와의 graph 를 그리면(關係湿度 0%로부터 100%까지를 橫軸에 그리고 平衡含水量(E. M C)를 0%로부터 80%까지를 縱軸에 그리면) 다음 세개의 graph (Figure 2, 3, 4)에 나타난 것과 같은 關係 即 hysteresis loop 를 찾아 볼 수가 있다.

5. 考察 及 討論

材木은 다른 一般物質과 같이 空氣中에서 濕氣를 吸收도 하며 그에 反對로 材木안의 水分을 밖으로 蒸發도 시켜 材木의 含水量이 大氣中의 濕氣量과 平衡이 될때까지 吸濕 또는 蒸發을 繼續한다. 이와같이 材木의 大氣中의 濕氣와 平衡되어 있을때의 材木의 含水量을 平衡含水量이라고 한다.

材木의 平衡含水量은 여러가지 因子에 따라 變動이 생기나 萬若 溫度가 一定하다고 하면 材木의 平衡含水量은 그때 그때의 材木을 둘러싸고 있는 大氣中의 濕氣에 따라 左右된다. 또 溫度가 變動하면 關係湿度는 스스로 變하게 되며 따라 平衡含水量도 變化할 것도 事實이다.

그러나 材木이 이와같은 溫度와 濕氣의 變動에 따라 大氣中에서 平衡含水量에 到達케 되는 것은 두 境遇를 생각할 수가 있다. 即 水分으로 飽和狀態가 된 材木이 마름으로써 平衡狀態가 되는때이다. 이 두개의 다른 境遇에 있어서는 같은 關係湿度 밑에 있어서 材木이 到達할 수 있는 平衡含水量은 다르다.

hysteresis loop 라는 것은 위에 말한바와 같은

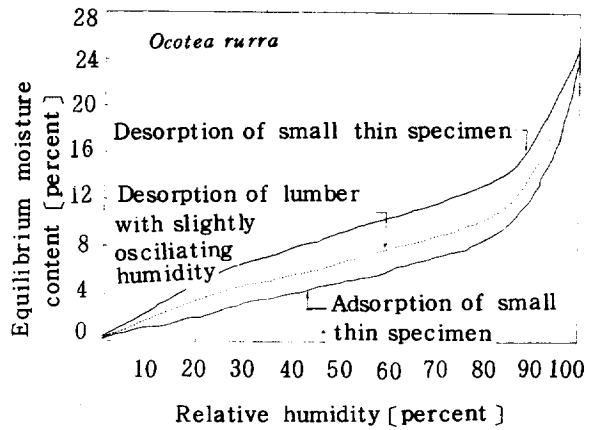


Fig 2. Relative humidity and equilibrium moisture content (*Ocotea rabra*)

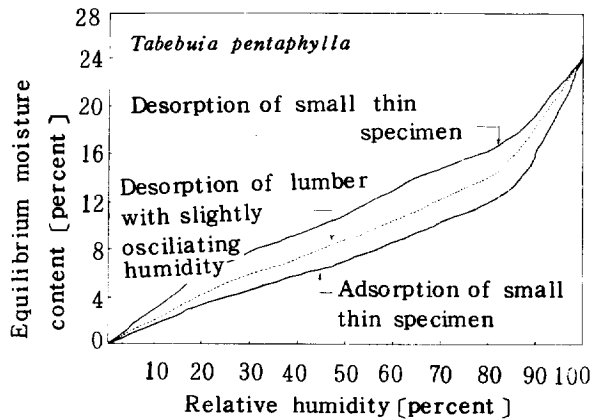


Fig 3. Relative humidity and equilibrium moisture content (*Tabebuia pentaphylla*)

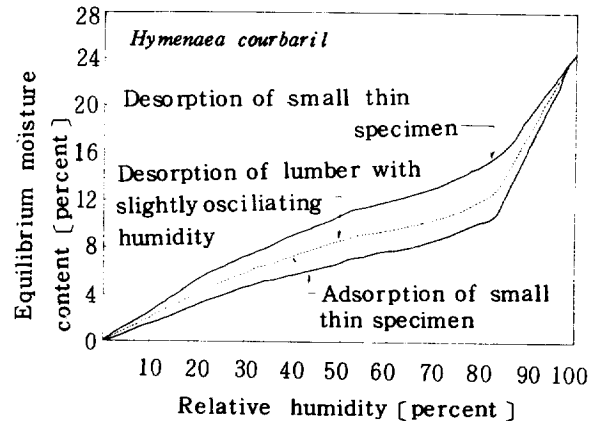


Fig 4. Relative humidity and equilibrium moisture content (*Hymenaea courbaril*)

두 다른 曲線으로 된 S型(S-shape)의 moisture content-relative humidity curve를 말하는 것이다.

이 hysteresis는 材木의 人工乾燥에 있어 또는 材木의 合理的인 加工을 하기 爲하여 重要的意義를 가지고 있으며 材木에 따라 各其 特有的 S-shape를 가지고 있으므로 必要的 境遇에는 各材木이 가질 수 있는 固有的 adsorption curve와 desorption curve를 찾아내야만 이것을 實質的으로 利用할 수가 있다.

그런데 過去 여러 學者의 研究結果를 綜合하여 보면 이 曲線들은 材木에 따라 같은 關係湿度 밑에 있어 平衡含水量에는 差異가 있으나 그 材木에 따른 特有的 S-shape가 轉向하여 變谷하는 點은 別差異가 없으므로 그 S-shape上의 變曲點에 있어서의 平衡含水量만을 材木別로 알면 다른 部分은 이 몇개의 點을 連結하므로써 S-shape의 全体를 알 수가 있다고 한다. 그리고 이것은 實驗을 通하여 即 變曲點에서 要求되는 關係湿度를 適切히 一定한 裝置안에서 調節하여 같게 하고 그 濕氣狀態 밑에 이 平衡狀態에 到達하였을 때의 含水量을 調査하여 이 變曲點에 있어서의 含水量으로 定하고 이 點들을 關係湿度와 平衡含水量과의 關係를 表示하는 graph에 plot하여 關係湿度와 含水量과의 關係圖를 만듦으로써 目的의 材木別 hysteresis loop를 찾아 낼 수 있다고 한다.

그런데 지금까지 여러가지 나무를 가지고 實驗한 모든 實驗結果를 보면 各 適當하는 같은 關係湿度狀態에 있어서 desorption curve上의 含水量은 adsorption curve上의 含水量보다도 많았다. 다시 말하면 desorption curve는 關係湿度의 兩極端 0%와 100%를 除外하고 어느點에 있어서나 adsorption curve 위에 나타난다는 結果를 보았다.

6. 結 論

이 實驗은 위에서 말한바와 같은 物理的 性質을 이 미 研究 調査하지 못한 亞熱帶와 熱帶地方에 걸쳐 分布 生産되고 있는 세 가지 나무 (Ocotea, Tabebuia 및 Hymenaea 등)에 대하여 關係湿度가 變化함에 따라 變化할 수 있는 平衡含水量과 hysteresis loop를 알기 爲하여 實施된 實驗이며 이 實驗을 通하여 다음과 같은 結論을 얻었다.

(1) 即 前述된 Fig. 2. 3. 4.에 表示된 것을 보면 이 實驗結果에 있어서도 그 前に 여러가지 나무를 가지고 實行한 다른 모든 實驗結果와 같이 adsorption

curve와 desorption curve間에 있어서 거의 같은 相關關係를 볼 수가 있었다.

勿論 같은 關係湿度狀態에 있어서 나무의 種類에 따라 適當하는 關係湿度狀態 밑에 있어 各其 特有的 平衡含水量을 볼 수 있으나 desorption curve와 adsorption curve로 成立되는 hysteresis loop가 S型을 나타냈다는 點과 desorption curve가 adsorption curve 위에 나타나 있다는 點에 있어서 지금까지의 모든 實驗結果에 比較하여 何等의 다른 點을 볼 수가 없었다.

(2) 다음에 이 實驗에서 調節된 關係湿度狀態에 따른 desorption時와 adsorption時의 平衡含水量은 이 實驗結果에 있어서도 過去의 다른 모든 實驗結果들과 같이 다르다는 것을 알게 되었다. (參照 Fig. 2. 3. 4.)

即 이 實驗을 通하여 얻은 關係湿度狀態에 따른 平衡含水量을 나무의 種類에 따라 表示하면 Table 4와 같다.

Table 4. Several EMC values indicated by the species

Specics	Relative humidity (%)				
	Case	21	53	61	83
Ocotea	Adsorption	2.27	5.03	6.44	9.13
	Desorption	5.52	9.43	10.14	13.24
Tabebuia	Adsorption	3.42	7.42	9.00	12.52
	Desorption	6.10	11.42	13.26	16.62
Hymenaea	Adsorption	3.73	7.15	7.87	10.75
	Desorption	5.99	11.13	11.83	15.83

위 表에서 볼 수 있는 것과 같이 같은 關係湿度에 있어서 나무의 種類와 또 같은 나무라도 adsorption 때와 desorption 때는 平衡含水量이 各各 다르다.

(3) 이 나무 種類에 따르는 差를 數字的으로 調査하여 보면 最大含水量 4.38% (即 Ocotea rubra와 Tabebuia pentaphylla 사이에서 關係湿度가 83% 일때)이며 最小含水量은 0.31% (即 Tabebuia pentaphylla와 Hymenaea courbaris 사이에서 關係湿度가 21% 일때)였다.

(4) 그러면 溫帶地方으로부터 寒帶에 生産되며 北美의 Picea 따위의 代表的인 white spruce와 比較하여 보면 다음 Tab. 5와 같다. (即 이 實驗結果는 같은 溫度 밑에서 같은 關係湿度를 調節하여 얻은 것임)

Tab. 5에 나타난 것으로 보아 確實히 그 差를 比較할 수 있으며 關係湿度가 낮을 때에는 나무種類 사이

Table 5. Various EMC values for white spruce

Species	Relative humidity (%)				
	Case	21	53	61	83
White spruce	Adsorption	4.00	8.60	10.00	15.00
	Desorption	5.50	11.50	12.80	19.00

에 큰 差異를 볼 수 없으나 關係湿度가 높을수록 그 差異가 큰 것을 볼 수 있다.

이와같이 나무의 種類에 따라 같은 關係湿度에서 가질 수 있는 平衡含水量이 다르다는 根本的인 理由는 材木과 構造가 나무 種類에 따라 다른 것이 큰 理由라 할 것이다.

(5) 以上 말한 것은 적은 試驗片을 가지고 實驗한 結果를 나타낸 것이며 이 結果로써 큰 材木이 大氣中에서 가질 수 있는 平衡含水量을 大略 定할 수가 있는데 그것들은 다음 表와 같다. (但 이것은 材木이 大氣中에서 濕氣의 變動에 따라 가질 수 있는 desorption 時의 平衡含水量에 限한다.)

그리고 다음 Tab. 6에 나타난 數字는 먼저 그린 diagram中 desorption curve of lumber with slightly oscillating humidity에서 定한 것이다.

Table 6. Several EMC values indicated by the species

Species	Relative humidity (%)			
	21	53	61	83
<i>Ocotea</i>	4.10	6.90	7.80	11.40
<i>Tabebuia</i>	4.80	9.40	10.70	14.60
<i>Hymenaea</i>	4.55	8.80	9.75	13.40

(6) 다음에 溫帶地方에서 produce 한 lumber와 熱帶地方에서 produce 한 lumber (즉 이 test에서 쓴 species)와를 같은 關係湿度에서 어떠한 差異가 있나 比較하여 보면 아래와 같다. 但 이것은 나무 種類가 다르므로 嚴密한 意味에 있어 熱帶産이고 溫帶産 나무와를 比較할 수는 없으나 다만 나무別 差異는 볼 수 있음.)

위 表를 通하여 考察하여 보면 大氣中에 貯藏되어 있는 材木 亦是 나무의 種類에 따라 같은 湿度 밑에서 平衡含水量은 差異가 있다는 것을 如實히 알 수 있다.

그리고 나무의 種類에 따른 差異는 높은 溫度와 濕氣에서 더 큰 差異를 볼 수가 있다.

Table 7. Various EMC values indicated by the species

Species	Relative humidity (%)			
	20	50	70	90
<i>Ocotea</i>	3.9	6.7	9.0	15.0
<i>Tabebuia</i>	4.7	9.1	12.4	17.0
<i>Hymenaea</i>	4.5	8.6	10.8	15.4
American white oak	4.5	9.5	14.0	23.0
American black walnut	4.8	9.4	13.5	21.8
American yellow birch	4.2	9.2	13.7	22.8
American ash	4.3	9.7	14.6	23.8

(7) 그리고 이와같은 시험에 있어서는 크고 두터운 試驗片을 쓰는 것 보다는 이번 實驗에서 쓴 것과 같은 薄試驗片을 쓰는 것이 더욱 빠른 結果를 얻는데 效果가 있을 것으로 생각된다.

위에 말한바와 같은 結果로써 다음과 같은 結論을 말할 수 있다.

① 目的한바 熱帶地方에서 生産되는 세 種類의 나무 (*Ocotea*, *Tabebuia*, 그리고 *Hymenaea*) 의 平衡含水量과 hysteresis 를 알게 되었으며 각 나무의 平衡含水量은 Table 4 에 記錄된 것과 같고 hysteresis 에 對하여서는 Figure 2. 3. 4 에 그려진 것과 같다.

② 이 實驗結果 같은 關係湿度 밑에서 가질 수 있는 平衡含水量은 나무 種類에 따라 相當한 差異를 볼 수 있었으며 그 差異는 關係湿度가 낮을수록 적은 差異를 볼 수 있는 傾向이 있다. 따라서 hysteresis의 模樣은 나무 種類에 따라 各各 特徵을 가지고 있다.

③ 다음에 큰 材木(lumber)이 大氣中에서 마를 때에 이 實驗 結果에서 얻은 關係湿度와 平衡含水量을 表示하는 Figure 2. 3. 4 을 利用하여 그 平衡含水量을 大略 計算하여 보면 Table (5) 와 같다. 그리고 亦是 적은 試驗片을 가지고 試驗한 結果와 같이 나무 種類에 따른 差異를 確實히 볼 수 있다.

④ 나무 種類가 달라서 熱帶産 나무와 溫帶産 나무와는 直接 比較할 수가 없으나 다만 나무 種類別 큰 材木이 大氣中에서 가질 수 있는 平衡含水量은 Table 7 과 같다.

7. 摘 要

1. 이 實驗은 미국 Dept. of Navy의 委囑을 받아 School of Forestry, Yale University에서 實施中

인 熱帶産 材木이 物理的 機械的 性質 研究計劃의 一部로써 同大學 木材工藝研究室에서 實施하였다.

2. 이 實驗은 연구소에 裝置된 적은 實驗設備를 가지고 크기 1.5" × 1.0" × 0.4" 의 적은 試驗片을 利用하여 一定한 關係湿度(21%, 53%, 61% 그리고 83%等)를 조절하면서 各 關係湿度 밑에서 各 시험편을 가질 수 있는 平衡含水量 equilibrium moisture content 와 hysteresis loop 즉 relative humidity moisture content curve 를 決定하기 위하여 實施하였다.

3. 이 實驗을 통하여 目的한 바 열대재(即 *Ocotea*, *Tabebuia* 그리고 *Hymenaea*) 의 관계 습도에 따른 equilibrium moisture content 와 이때에 일어나는 hysteresis loop 를 알게 되었으며 各 수종의 관계 습도에 따른 equilibrium moisture content 는 Table 4 과 같으며 hysteresis loop 關係는 Fig. 2, 3, 4 와 같다.

4. 이 實驗을 통하여서도 過去 모든 實驗結果에서 보는 것과 같이 各 수종에 따라 같은 關係 습도에서 가질 수 있는 equilibrium moisture content 에 相當한 差異를 볼 수 있었으며 그 差異는 關係 습도가 높을수록 큰 傾向을 띠우고 따라서 hysteresis loop 의 shape 에도 各其 그 固有한 特徵을 볼 수 있다.

5. 大氣中에 있는 큰 材木이 가질 수 있는 平衡含水量(E M C)은 Table 6 와 같으며 이것 亦是 적은 試驗片으로 試驗하여 얻은 結果와 같이 나무 種類에 따라 差異가 있고 그 差異는 關係湿度가 높으면 높을수록 크다는 것을 알게 되었다.

6. 材木의 生産地가 다른 즉 南方 熱帶地方에서 生産하는 것과 溫帶地方에서 生産되는 나무사이에는 나무 種類가 달라서 直接 比較는 안되나 나무 種類別로 보면 亦是 이와같은 材木의 物理的 性質에 確實히 差異가 있었다는 것을 알게 되었다.(參照 Table 5)

7. 이 實驗結果를 發表함에 있어 親히 忠告 指導하여 주신 Wangaard 와 Dickinson 兩 교수님과 材料 周旋에 受苦를 아끼지 않고 全心 도와 주신 Mr R. C. Claneh 氏등에게 衷心으로 感謝의 뜻을 表하는 바이다.

Bibliograph

1. USFPL., Content of Wood at Different Humidity. Tech. Note No. F-13 USFPL. Madison Wisc.
2. Arthus Kochler, B.S. 1924. The Properties and Use of Wood. 42-46
3. Reitz, R.C. 1932. Simplified Relative Humidity and Equilibrium Moisture Content Diagram. Wood-Working Ind. (1) 26
4. U.S.F.P.L. 1935. Wood Handbook. 191
5. Wise., 1944 Wood Chemistry. 452-456
6. ANC Bulletin. 1946. Kiln Certification. War Dept., Navy Dept. & Dept of Comm. ANC 21 (4) 107-109
7. Masson, O. & Richards, E.S. 1930. Trans. Faraday Soc. 26 : 157
8. Kujirai, J., Kobayashi, I. & Toriyama, Y. 1923. Inst. Phy. Chem. Res. Tokyo Sci. Papers 1. 79
9. Urquhart, A. R., William, A. M. 1934. J. Textile Inst. 15: T138, T483
10. Pidgeon, A.R. & Mass, O.J. 1938. J. of Am. Chem. Soc. 52: 1053
11. Seborg, L.M. & Stamm A. J. 1938. Ind. Eng. Chem. 23 : 1271
12. Urquhart, A. R. J. Textile Inst. 18 T55 (1927), 20 T1-5 (1929), 21 T449 (1930)
13. Stamm, A. J. & Joughbaraygh, W.K. 1930. J. Phy. Chem. 39 : 121
14. Urquhart, A. R. & William, A. M. 1925. J. Textile Inst. 16 T155
15. Wiegerink, J. G. 1940. Textile Research Jour. 10 : 357
16. Sheppard, S. E. & Newsome, P. T. 1929. J. Phyc. Chem. 33 : 1818
17. Neale, S. M. 1929. Trans. Paraday Soc. 29: 228
18. Camp, W.B. & Pidgeon, L.M. 1851. Pulp Paper Mag. Con. 29
19. F. Kollmann. 1936. Technologie des Holzes. 59-69 ■