

論文 韓國產主要木材의 히스테리시스에 관한 研究

李 弼 宇*

A study on the Sorption Hysteresis of principal woods grown in Korea.

Phil woo Lee¹

Summary

Hysteresis Loops explaining relationship between E.M.C. and relative humidities of some commercial woods grown in Korea which have not been inspected were studied. Because of Hysteresis Loops are differently constructed among species, the loop of each species is necessary to plot in order to apply for seasoning of wood directly. Therefore relationship between E.M.C. and relative humidities, and Hysteresis Loops were inspected and compaired between species. Small sized (3x3x1.3 cm) twenty pieces of wood blocks for each species were taken from log which cut few years ago and already attained air dry condition. Five relative humidity conditions (9, 32, 58, 82 and 91%) were controlled to keep constant in the cabinet under temperature 25°C.

According to the results, it is concluded that there are considerable differences on the E.M.C. among two types of sorption, eight species and five different relative humidity conditions. Adsorption and desorption curves are showing characteristic Sigmoid Curves and desorption curves always are on the adsorption curves at all compaired species.

Average hysteresis ratio is 0.75, the

constructed loops of tested species are showing open hysteresis generally and flatter loop constructions of *Quercus acutissima* and *Robinia pseudoacacia* of hard wood species than other soft wood are considered to be established by differences of stability between hard and soft wood.

1. 總 論

木材가 大氣中에서 平衡含水量點에 到達하는 過程은 水分이 없는 全乾狀態에서 吸濕을 始作하여 平衡狀態에 到達하는 境遇와 이와 反對로 完全히 水分으로 飽和된 狀態에서 放濕을 始作하여 平衡狀態에 到達하는 두가지 境遇가 있다.

이 두 다른 狀態에서 얻어지는 各關係濕度에 따른 平衡含水量曲線은 吸濕曲線(adsorption curve)과 放濕曲線(desorption curve)의 二種으로 成立한다. 이와같이 같은 關係濕度下에서 木材의 含水量은 두개의 相異한 現象을 發見할수 있고 이 두 種의 다른 曲線으로 成立하는 關係를 木材의 "Hysteresis Loop" 또는 "Hysteresis System"이라 하며 이것은 樹種間은 勿論 溫度의 變化에 따라서도 相異한 現象을 나타낸다.

이와같은 問題는 木材의 含水量을 究明하는 根本的 課題로서 先進諸國은 이미 多角의 研究를 거듭하고 있으며 木材를 利用時 그 木材의 大氣中 平衡含水量點 以下로 乾燥使用함은 木材의 物理的 性質의 缺陷을 最大限으로 制限할수있는 最善法으로서 人工乾燥에 있어서 重要視되는 問題의 하나로 되어있다. 따라서 各樹種別 木材의 "Hysteresis Loop"를 究明하여 乾燥를 木材處理에 應用하므로써 一層科學的인 處理를 行할수 있는것이다.

2. 試驗方法

가. 試片의 準備

本試驗에서 使用된 供試材는 一般的으로 韓國產 木材中 代表樹種 8種(表 1. 參照)을 擇하여 農大演習林에서 伐採되었으며 통나무材長

* 서울大學校 農科大學

90~120Cm의 規格으로 造材되어 數年間 室內에 貯藏되어있었기 때문에 完全히 氣乾狀態에 到達한 木材를 그림 (1)과 같이 心材部에서 樹種別로 製材하였고 다음에 試片表面의 凹凸部를 砂紙(Sand paper)로써 깨끗이 밀어냈

다. 準備된 各樹種當 20個씩의 試片은 Cycling test를 施行하고자 表(2)와 같이 採取된 順序에 따라 四個의 group으로 區分하였고 樹種間의 混同을 避하기 爲해서 試片番號열에 各樹種의 頭字를 記入하여 各已 區別하였다.

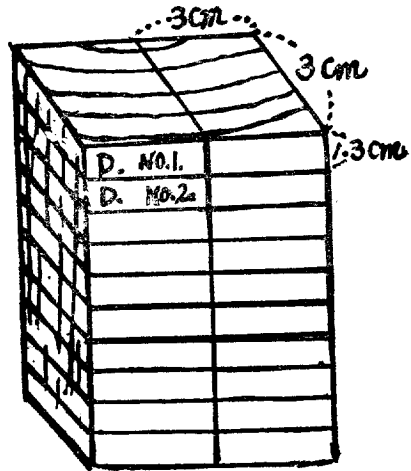
表(1). 採取된 供試原木

俗名	學名	丸太長	丸太直徑	平均年輪密度
잣나무	<i>Pinus koraiensis</i> S. et. Z.	90cm	13.5cm	2.7
소나무	<i>Pinus densiflora</i> S. et. Z.	" "	16.5 "	3.0
잎갈나무	<i>Larix olgensis</i> var. <i>koreana</i> Nakai.	100 "	18.0 "	2.3
젓나무	<i>Abies holophylla</i> Max.	90 "	" "	2.0
독일가문비나무	<i>Picea excelsa</i> Link.	" "	19.0 "	3.0
아카시아나무	<i>Robinia pseudoacacia</i> L.	120 "	" "	1.1
상수리나무	<i>Quercus acutissima</i> Carr.	90 "	17.0 "	1.7
가래나무	<i>Juglans mandshurica</i> Max.	" "	13.5 "	2.7

表(2) Group別 試片

Group	Sample No.					計
1	1	5	9	13	17	5
2	2	6	10	14	18	5
3	3	7	11	15	19	5
4	4	8	12	16	20	5
樹種別試片合計						20

그림 (1)



나. 恒濕裝置와 Hysteresis Loop의 決定

恒濕裝置는 Desiccator內에서 一定量의 金屬鹽類와 蒸溜水를 混合하여 注入시켜두면 結晶水가 分解하게되고 一定한 蒸氣壓을 生하게 된다⑦. 따라서 本試驗에서는 이와같은 原理를 應用하여 溫度 25°C에서 關係濕度 10, 35,

50, 75, 및 90%의 恒濕槽를 設기爲하여 濃硫酸을 가지고 調節하였든바 表(3)과 같은 結果를 얻을수 있었다.

表(3) 調節된 關係濕度(溫度 25°C에서)

濃硫酸濃度 (%)	64.8	50.9	43.4	30.4	18.5
豫定關係濕度 (%)	10.0	35.0	50.0	75.0	90.0
調節된關係濕度 (%)	9.0	32.0	58.0	82.0	91.0

다음에 160個의 全試片은 纖維飽和點以上の 含水率狀態로 處理되었고 高恒濕槽에서부터

各關係濕度에 따르는 恒量을 얻기 爲하여 各樹種의 Group別 試片40個씩을 移轉測定하였

다. 이 때의 測定器는 $\frac{1}{1000}$ -gr까지 測定할수 있는 Fa'ante를 利用하였으며 이와같이하여 放濕에依한 各關係濕度의 group別 恒量을 얻은다음에 100~105°C의 溫度를 維持하는 乾燥器를 利用하여 Group別로 亦是 全乾時의 恒量을 測定하고 放濕時와는 反對로 吸濕時의 恒量을 얻기 爲하여 低位恒濕槽로부터 各關係濕度의 Group別 恒量을 測定했다.

이상과 같이하여 얻어진 恒量을 다음公式에 依하여 平衡含水量을 計算하였다①.

$$E.M.C = \frac{RW - OW}{OW}$$

表(4) 樹種別 平均平衡含水量值(四反覆平均)

Sp.	R. H.	Adsorption					Desorption				
		9	32	58	82	91	9	32	58	82	91
P. koraiensis.		2.00	4.55	7.13	12.93	17.05	2.34	5.94	9.97	17.09	21.64
P. densiflora.		1.82	4.19	6.55	11.85	15.63	2.33	5.88	9.38	15.25	19.51
L. olgensis.		1.93	4.00	6.88	12.27	16.61	3.65	5.97	9.96	16.07	21.04
Pi. excelsa		2.25	3.88	7.23	12.63	16.44	3.05	5.38	9.26	15.81	19.15
A. holophylla.		2.27	5.03	6.60	11.92	15.71	2.57	6.22	8.85	16.05	19.85
R. pseudacacia.		1.54	3.34	5.57	11.07	14.99	2.43	5.18	8.20	14.96	18.53
Q. acutissima.		1.46	3.22	5.90	11.33	14.20	2.21	4.03	8.43	15.53	17.92
J. mandshurica.		1.67	3.20	6.12	11.52	15.42	2.13	4.34	8.19	15.83	19.79

다음에 樹種間, Sorption間 및 關係濕度間 含水量差의 有意性을 檢定하기 爲하여 分散分析을 하여본 結果 表(5)에 나타난 바와같이 主作用 및 第一次의 相互作用에 있어서 樹種과 Sorption의 相互作用을 除外하고는 모두 1%以上の 高度의 有意性을 表示하고 있는데 이것은 樹種間, Sorption間 及 關係濕度間의

表(5) 關係濕度 Sorption 及 樹種間 含水量值에 관한 分散分析表

source of variation.	D.F.	S.S.	M.S.	F.Ratio
main effects;				
Between Humidities. (H)	4	10659.30	2664.82	2049.62***
Between Sorptions. (S)	1	494.66	494.66	3805.08***
Between Species (Sp)	7	93.81	13.40	103.08***

E.M.C : 平衡含水量
 OW : 試片의 全乾重量
 RW : 各關係濕度下의 試片重量

公式에 依하여 5個의 關係濕度에서 放濕과 吸濕時의 平衡含水量이 計算되면 縱軸에 含水量 橫軸에 關係濕度를 表示하여 各關係濕度下에서 나타난 平衡含水量點을 Sorption別로 連結하면 放濕曲線과 吸濕曲線으로 構成되는 "Hysteresis Loop"를 求할수있다.

3. 結果 及 討議

以上 方法과 計算에 依하여 四反覆試驗의 平均平衡含水量值를 樹種別로 綜合하면 表(4)와 같다.

平衡含水量이 有意差가 있다는 傾向을 보여주는 것이다. 特히 關係濕度와 Sorption으로 인한 有意差는 過去 여러 學者의 研究에서 밝혀진바 있으며 樹種間의 有意差는 Higgins②에 依하여 밝혀진바 있다. 本試驗에서도 表(5)에서 樹種間에 有意差가 있음을 알수있다.

First order interaction;				
H×S.	4	145.00	36.25	278.85**
H×Sp.	23	40.12	1.43	11.00**
S×Sp.	7	3.91	0.55	4.227 *
Second order interaction;				
H×S×Sp.	28	1.37	0.0183	
Sub total.				
	79	11438.17		
Experimental error.				
	240	31.03	0.13	
Total				
	319	11469.25		** 1%水準의 有意差 * 5 "

表(6)은 試驗樹種 8種의 各關係濕度別 平均 平衡含水量值를 表示한 것인데 放濕時의 含水量이 吸濕時와 比較해서 많은 值를 나타내고 있으며 大體로 關係濕度가 上昇함에 따라서 吸濕時나 放濕時 모두 含水量值가 上昇됨을 알수있다. 그러나 本試驗에서 얻은 平均平衡含水量值는 試驗된 供試材가 이미 氣乾狀態에 到達한 材料를 使用한 것이므로 生材를 試材로하여 얻은 含水量值와는 顯著한 差異가 있다.

表(6) 各關係濕度別 平均含水量(%)

R. H.	adsorption.	desorption.
9	1.87	2.51
32	3.93	5.37
58	6.54	9.03
82	11.94	15.88
91	15.76	19.68

Seborg^⑤는 Hysteresis의 性質을 研究하

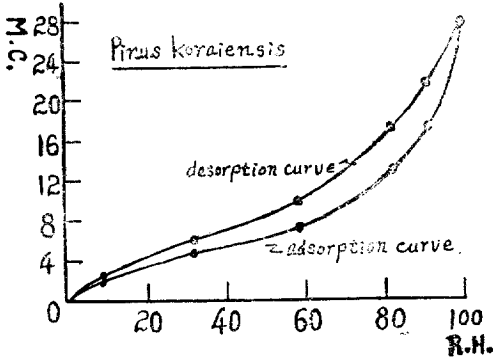
여 發表하기를 Hysteresis Ratio는 木材뿐만 아니라 모든 纖維質物質을 通해서 別로 큰 差異가 없다고 말하였는데 本試驗에 있어서도 表(7)에 表示된바와 같이 全樹種을 通해서 甚한 差異가 없음을 알수있었다. 먼저 關係濕度에 따른 Ratio는 9%의 低濕度狀態를 除外하고는 大體로 濕度가 增大함에 따라서 Ratio가 增大하는 傾向이 나타나 있고 樹種間에는 最低 0.71 最高 0.79으로서 많은 差異가 없으며 全樹種을 通해서 平均 0.75의 值를 表示하고 있다. Higgins^②는 15種의 樹種에서 平均 Ratio 0.84의 值를 얻었고 低位濕度를 除外하고는 濕度가 增大함에 따라서 Ratio도 增大되는 結果를 얻었으며 Schniewind^④는 平均 Ratio의 算出에서 0.71의 值를 얻었고 濕度가 增大함에 따라서 亦是 Ratio가 增大된 結果를 얻었다. 따라서 本試驗의 結果와도 거의 一致하고 있음을 認定할수 있다.

表(7) 樹種別關係濕度別 Hysteresis Ratio

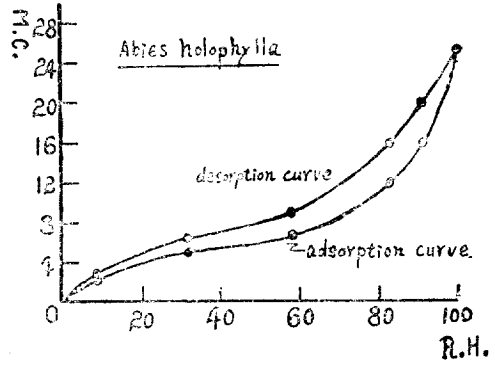
Sp	R. H.					Ratio/Sp
	7	32	58	82	91	
Pinus koraiensis.	.85	.76	.72	.76	.79	.78
Pinus densiflora.	.78	.71	.70	.75	.80	.75
Larix olgensis.	.63	.67	.69	.76	.79	.71
Picea excelsa.	.74	.72	.78	.80	.86	.78
Abies holophylla.	.88	.81	.75	.74	.79	.79
Robinia pseudoacacia.	.63	.64	.72	.74	.81	.71

Quercus acutissima.	.66	.80	.70	.73	.79	.74
Juglans mandshurica.	.78	.74	.75	.73	.78	.76
Ratio/R. H.	0.74	0.73	0.73	0.75	0.80	0.75

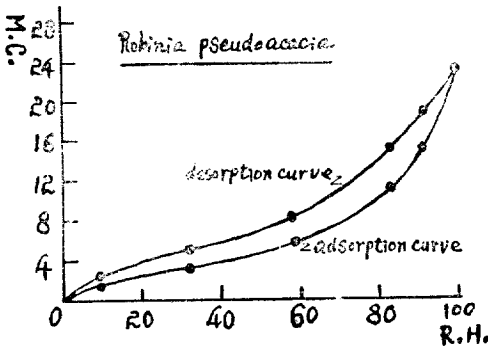
그림(2) 樹種別 Hysteresis Loop



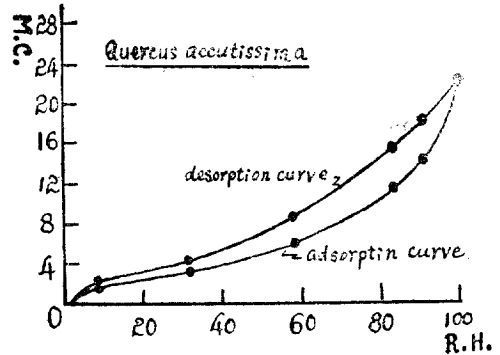
참나무의 히스테레시스 루프



참나무의 히스테레시스 루프



아카시아나무의 히스테레시스 루프



상수리나무의 히스테레시스 루프

그림(2)는 表(4)의 平均含水量值로써 代表的 樹種의 "Hysteresis Loop"를 plot 한것이다.

Urquhart와 Eckersall⁽⁶⁾에 依하면 吸濕에 앞서 放濕을하여 얻은 Loop는 "Open Loop"가 된다고 하였으며 이와 反對의境遇는 "Closed Loop"가 된다고 하였다. 따라서 本試驗은 放濕에서부터 如作된 試驗이므로 一般적으로 "Open Loop"가 되어있고 高位濕度로 移行하여 감에따라 Hysteresis의 效果가 크게 나타나 있다. 또 過去의 여러學者가 證明하여온 바와같이 放濕曲線이 吸濕曲線의 上位에 全般的으로 存在함은 本試驗과 別差異가 없었다.

Higgins⁽²⁾는 木材容積의 安定度가 良好할수록 나타나는 Loop가 Flat하게 構成되며

Nearn⁽³⁾은 木材內에서 水溶性 物質을 除去하면 平衡含水量이 相當히 上昇된다고 하였는데 結局 木材內에 化學物質을 多量 含有하면 木材의 安定度(Wood stability)가 커지므로 나타나는 Loop가 Flat하게 形成된다고 하였다. 本試驗에서도 참나무와 아카시아나무의 Loop가 他樹種에 比하여 Flat하게 나타난것은 材內含有物質인 填充細胞 其他 化學物質을 多量 含有하므로 이루어졌다고 生覺된다.

4. 結 論

本試驗의 結果로써 韓國產 主要木材의 大氣中 濕度와 木材含水量間의 關係가 처음으로 밝혀졌으며 人工乾燥를 施行할때는 적어도 그

地方의 平均關係濕도에 到達한 含水量值까지 乾燥處理를 하여야 할것이다.

大體로 各關係濕度下에서 나타나는 Hysteresis의 效果는 顯著하고 放濕曲線은 언제나 吸濕曲線의 上位에 存在하며 獨特한 Sigmoid Curve를 形成한다. 平均 Hysteresis Ratio는 0.75이고 나타난 Loop는 放濕에서부터 始作된 試驗이므로 Open Hysteresis Loop를 이루고 있다. 特히 아까시아나무와 참나무는 材內含有物質이 其他樹種에 比하여 많으므로 나타난 Loop가 Flat하게 構成되어 있음을 알수있다.

5. 引用文獻

- ① Brown, H. P., Panshin, A. J., and Forsyth, C. C.; Textbook of wood technology Vol.1, P.60~61. (1952)
- ② Higgins, N. C.; The equilibrium moisture content relative humidity relationships of selected native and foreign woods. For. Prod. J. 7, P. 371~377. (1957)
- ③ Nearn, W. T.; Effect of water soluble extractives on the volumetric shrinkage and Equilibrium Moisture Content of eleven tropical and domestic woods. Penn. Sta. Univ. Agr. Sta. Bull. No. 598, P.1~38 (1955)
- ④ Schniewind, A. P.; Sorption hysteresis in relation to wood thickness. For. Prod. J. 6, P. 225~229. (1953)
- ⑤ Seborg, C. O.; Hysteresis in water sorption by papermaking materials. Ind. Eng. Chem., 29. P. 169~172. (1937)
- ⑥ Urquhart, A. R., and Eckersall, N.; The moisture relation of cotton. V II—A study of hysteresis. J. Textile Inst., 21, T. 499 ~T.510. (1930)
- ⑦ 北原健一; 東京大學 農學部 林産學室編. 木材理學及加工實驗書 P. 64 (1956).

日本の治山治水十個年計畫

1959年8月14日の 颱風第7號와 9月26日の 颱風第15號는 日本本州中部의 山岳地帶에 甚한 洪水를 招來하였으며 特히 颱風第15號는 伊勢灣에 記錄의인海溢을 招來하여 近6,000名의 死亡者와 名古屋市の 工業地帶 및 田畠을 破壞하였다. 이 第15號颱風後에 日本政府는 學者 技術者 및 政治家들의 意見을 綜合하여 洪水發生의 頻度가 海溢보다 頻繁함을 認識하고 土壞浸蝕과 洪水防止에 큰 比重을 두고 治山治

水十個年計畫을 樹立하여 1960年度부터 着手하고있는바 이十個年計畫은 海溢防止工事も包含하고있으며 이計畫所要資金은 1兆500萬億圓으로 推算하고 있으며 이額數는 日本의 1960年度 總豫算의 67%에 該當된다고한다. 이額數는 圓貨로 換算하면 約4兆2千億圓으로 大韓民國의 昨年度總豫算 6千億圓의 7倍에該當된다. 十個年計畫施行中 每年事業量과 資金이 均等히配當된다면 年間使用資金은 4,200億圓으로 昨年度 韓國總豫算의 70%, 再昨年度山林事業豫算額(36億9千萬圓)의 約 114倍에 該當는것아니 이計畫의 規模의 巨大함을 짐작할 수있다. (農林部山林局提供)