

木材の人工乾燥試験(第一回報告)

林業試験場 囑託 泉 岩 太
東京營林局

目 次

	頁
緒 言	171
供 試 材	172
試 験 方 法	172
試 験 成 績	176
摘 要	193

緒 言

木材の人工乾燥は、最近拾餘年前より造船工場、車輛製作工場、製材工場、或は家具指物工場は勿論一般木材使用者の間に普及するに及びて、各種の乾燥装置を設備するもの漸く現はれ、人工乾燥材の使用盛になりつゝありと雖、木材の乾燥の容易ならざることを覺知せず、單に熱を與へて乾燥日數の短縮のみを考ふるが爲に、木材に缺點を生じて廢材を多量に生ずるものありて、乾燥結果を著しく不良ならしむるもの多し。之が原因は人工乾燥作業に經驗少なきに因るものなれども、又樹種及材種に依りての乾燥溫度並關係濕度或は板材の積入方法等に就きての標準となるべきもの少なきに依るものなり。勿論北米合衆國林産試験場に於て發表したる人工乾燥溫度並濕度の標準ありと雖、木材は樹種により材種により或は産地等に依りて之等の關係を異にするものなれば、之を以て直ちに本邦産の木材に適用することは誤りを生ずる虞あるを以て、我國の木材に就きては更に之に關する研究を必要とするものなり。

我國に於ける木材の人工乾燥溫度並濕度等の關係に就ては既に一二發表したるものあるも、之等は理論を主としたるものなれば實地作業に應用し難き點あり。其多くは水分の減少のみを重視して、木材乾燥作業上經濟關係最も大なる廢材の多少即ち狂との關係に就きて述べたるものなく、從て當事者が之を標準として作業するには不充分なるものなり。故に筆者は木材の人工乾燥上に最も必要なる溫度並濕度と乾燥との關係及板材の積方と乾燥との關係に就き試験をなし、各樹種又は材種に適當なる乾燥標準溫度並濕度表を作製すると同時に、乾燥作業上に必要なる事項を記述せんとするものなり。

木材の人工乾燥試験には多量の材料と長時日を要し、加も正確なる結果を得ることは甚だ容易ならざるを以て、短期間に試験を終了し得ざる關係上、本試験は長期に亙るが故に現在迄に

得たる結果を第一回報告として發表せんとす。

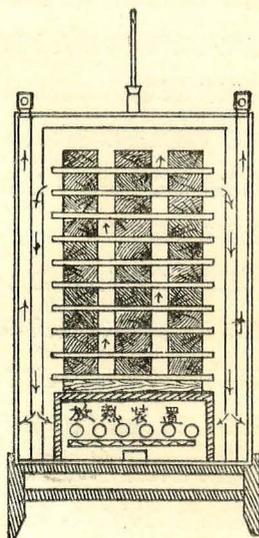
試 験 材

1. 試験に供したる樹種はヒノキ、スギ、アカマツ、ナラ、ブナ、カバ、トネリコ、カツラの八種にして、林業試験場に於ける供試材は東京營林局管内浪江營林署より送附を受けたるもの、後閑營林署法師簡易製材所に於ける供試材はブナ材のみにて後閑營林署管内にて伐採せるものなり。
2. 供試材の大きさは林業試験場に於いて試験したるものは長さ 65 cm. 幅 12—25 cm. 厚さ 2.3 cm. 又法師製材所に於ける試験材は長さ 200 及 300 cm. 幅 10 cm. 厚さ 2 cm. の床板材にして、兩試験材共丸太材より前者にありては主として板目に、後者にありては柁目板に木取りたるものなり。
3. 供試材は製材後 2—5 日間以内に乾燥室又は試験乾燥器内に平積となし、直ちに乾燥を開始し、又半乾材即ち含水率が 30—40% 程度のもは製板後積積として室外に 10—20 日間放置したる後に前同様に乾燥したるものなり。

試 験 の 方 法

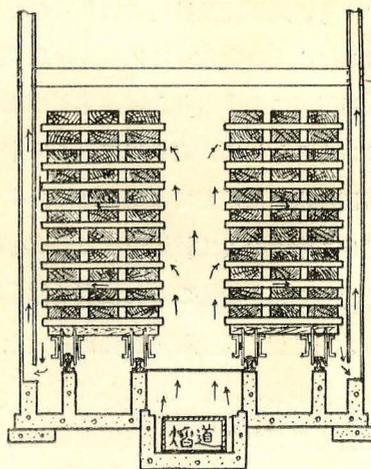
1. 本試験に供用したる乾燥装置は、第一圖の小型乾燥試験器と第 2 圖の焔道式換氣乾燥室の二種にして、前者は林業試験場に設備しあり。

第 1 圖 (Fig. 1)



小型乾燥試験器断面圖

第 2 圖 (Fig. 2)



焔道式換氣乾燥室断面圖

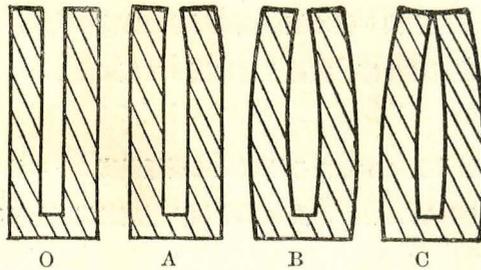
乾燥器の大きさは幅 67 cm. 奥行 76 cm. 高さ 106 cm. の箱形にて、加熱方法は箱の下方に設けたる電熱及蒸氣放熱管の何れをも使用し得られ、湿度は蒸氣罐より蒸氣を送り込む装置にし

て、溫度及濕氣共自動的に調節し得るゝものなり。而して濕潤熱氣は箱の兩側に設けたる排氣孔より排除するものにて、排氣量は排氣孔の開閉によりて之を調節するものなり。又焔道式換氣乾燥室は法師簡易製材所に設備しありて、室の大きさが間口 364 cm. 奥行 591 cm. 高さ 303 cm. にて、室の中央に室の奥行と並行に焔道を設け、此焔道中を通過する焔の量を「ダンパー」に依り加減して室内の溫度を調節す。又濕度の補給は乾燥室に隣接して設けたる堅型蒸氣罐より蒸氣管を以て室内に導き之より蒸氣を噴出せしめて濕氣を與ふる装置なるも、乾燥期間中は小型乾燥試験器の場合と同様、木材の表面より蒸發せる水分の排除を室の兩壁に沿ひて設けたる排氣孔の開閉によりて加減し、適度の濕氣を保たしめるものなり。

2. 試験材は何れも 2.5 cm. 角の杉の棧を以て平棧積となし、乾燥開始の際は加熱すると同時に蒸氣管より蒸氣を噴出せしめて室内の關係濕度を飽和状態に保つこと 3~5 時間後に、一定の溫度並濕度を保たしめたるものなり。而して溫度は試験番號に依り異ならしめ、最低華氏 110 度最高 122 度より乾燥を開始し、板材が乾燥するに伴れて次第に上昇せしめ、乾燥終了前を最高として 150~160 度となし、又關係濕度は乾燥開始當時に 95~85% として、板材が乾燥するに伴れて低下せしめ、乾燥終了前に最低即ち 50~35% とし、又乾燥中に於ける溫度並關係濕度の變化は急激にしたるものと徐々にしたるものとに區別したるものなり。

3. 小型乾燥試験器を用ひたる場合の試験材は、一樹種を 10 枚宛入れ、其の半數は二日置に其重量及乾燥に伴ふ收縮を測定し、乾燥終了後に板材全體の狂の状態を調べ、更に楯目形試験材を採りて表面硬化の有無を調べると同時に、含水率を測定したるものなり。又法師製材所に於ける試験材は、一山積に 7 枚並 42 段積として山積の數箇所に試験材を置き、毎日試験材の重量を検し、乾燥終了後に試験材の含水率を測定し、更に全山積材に付き不良材の程度を検したるものなり。

第 3 圖 (Fig. 3)



表面硬化を生じたる程度を示す

4. 表面硬化を生じたる場合には蒸氣を噴出せしめて之が除去に要する時間を測定せり。

5. 楯目形試験材は第三圖の如く表面硬化を生じたる程度即ち内曲りの程度によりて O. A. B. C の四種に區別して之が比較に便なる様なせり。即ち O は表面硬化を起さざる

もの、A は僅かに之を生じたるもの、B は表面硬化を稍強く生じたるもの、C は最も強く生じたるものなり。又板材全體の狂及割れの程度は之を A. B. C に區別し、A は缺點殆んど無きもの、B は稍多きもの、C は其程度著しきものの、三種に分け、No. 1~13 迄の試験を終了したる後に、各樹種の平均を求めたるものなり。

第一表 林業試験場に於て乾燥試験に用ひたる乾燥温度及湿度

Table 1

乾燥日數 Days in kiln	試 験											
	No. 1		No. 2		No. 3		No. 4		No. 5		No. 6	
	温度	關係湿度										
1	T. 110	R.H. 84	T. 112	R.H. 90	T. 120	R.H. 88	T. 116	R.H. 94	T. 115	R.H. 97	T. 122	R.H. 94
2	110	71	115	85	124	83	126	88	115	97	128	91
3	120	70	115	82	128	78	126	83	120	94	140	66
4	118	53	116	82	138	75	130	76	122	88	150	53
5	119	56	116	76	146	63	134	72	124	80	154	47
6	120	49	116	71	148	49	138	68	128	76	156	46
7	122	43	118	62	155	39	138	62	132	69	165	36
8	129	41	116	59	165	34	158	43	150	56		
9	125	36	116	57			160	43	145	55		
10	130	35	116	59					154	50		
11	130	35	116	55								
12	134	33	116	50								
13	150	30	114	56								
14			114	50								
15			114	50								

6. 小型乾燥器に依りて試験したる結果の中、狂として示したるものの中には板材に生じたる曲り、反り、及拗れを含み、又法師製材所に於ける乾燥試験に依りて生じたる不良材は、之を曲り材、波曲り材、及節疵材の三種に區別せり。此中曲り材は板が幅及厚さの方向に曲りたるもの、波曲り材は表面が波状を呈せるもの、節疵材は生節、抜節及之に因りて板に曲りを生じたるものを意味するものなり。

7. 小型乾燥試験器を用ひて試験したる回数は第1表に示したる温度並に關係湿度の下に於て試験番號 1~13迄の 13回、法師製材所に於けるものは第2表に示す如く温度並湿度を調節して試験番號 14~17迄の 4回試験を行ひたるものなり。

8. 木材の乾燥程度は普通含水率 10~14% を適度とするが故に、本試験にては 10% 迄の乾燥を標準としたるものなり。

9. 此試験の乾燥温度並關係湿度は下の第1及第2表に依りたるものなり、

番 號 No. of test													
No. 7		No. 8		No. 9		No. 10		No. 11		No. 12		No. 13	
溫度	關係濕度	溫度	關係濕度	溫度	關係濕度	溫度	關係濕度	溫度	關係濕度	溫度	關係濕度	溫度	關係濕度
T.	R.H.	T.	R.H.	T.	R.H.	T.	R.H.	T.	R.H.	T.	R.H.	T.	R.H.
110	92	113	81	122	94	122	94	120	91	110	75	114	87
112	90	113	81	125	88	125	88	104	95	110	81	114	87
114	88	117	82	126	86	126	86	115	85	110	84	160	62
116	85	117	79	125	82	125	82	116	88	126	55	120	77
120	77	120	80	132	74	132	74	118	77	134	53	118	80
128	68	118	79	138	60	138	60	125	78	126	64	120	77
124	68	128	68	158	57	158	57	127	73	134	53	122	70
126	68	128	68	152	47	152	47	134	69	134	57	123	70
124	73	130	64					134	61	144	42	165	51
126	66	130	58					134	61			130	56
128	66	128	66					132	60			125	66
134	53	130	54					132	55			141	49
		140	54					135	59			166	66
								138	49			148	40

試 験 成 績

以上の方法に據りて木材の人工乾燥試験を行ひたるに、木材は乾燥を急激にしたるもの程割れ又は狂を生ずること多く、徐々に乾燥したるものは之に反して割れ及狂を生ずる割合少なく又乾燥を徐々にしたる場合にありても、乾燥の初期に高温度或は低温度に過ぎたる場合には然らざる場合よりも木材に狂を生ずる割合多き結果を得たり。即ち木材の乾燥は其組織内を移動する水分の速度に並行して、木材の表面より水分を蒸發せしめ木材組織内にある水分の分布状態を出來得るだけ均等ならしむるときは板材に缺點を生ずること少なきものなれば、樹種により、又材種によりて下記試験成績の如く水分の減少率を異にするが故に、樹種、材種或は含水率に依りて乾燥温度並濕度を適度に調節して水分の蒸發量を加減し、徐々に乾燥せしむるときは木材組織中に於ける水分の分布は均等となり、従て乾燥に伴なふ木材の収縮も一樣となるが爲に、狂等に依る缺點を生ずること少なきものなり。而して之等の關係に就きては第3表の1~8

及第4表に掲げたる水分の減少率と表面硬化の有無及狂の多少を看れば直ちに之を知り得るものなり。

第二表 法師製材所に於ける乾燥試験に用ひたる温度及關係湿度

Table 2

乾燥日數 Days in kiln	試 驗 番 號 No. of test							
	No. 14		No. 15		No. 16		No. 17	
	温 度	關係湿度	温 度	關係湿度	温 度	關係湿度	温 度	關係湿度
1	T.	R.H.	T. 107.0	R.H. 61.5	T.	R.H.	T. 102.0	R.H. 93.0
2	99.3	59.7	118.5	54.2	107.6	65.0	91.0	88.6
3	109.0	64.0	115.5	62.0	100.5	70.2	97.0	77.6
4	115.5	59.1	111.5	77.0	98.0	86.2	106.5	78.1
5	111.0	60.6	119.2	59.7	102.0	74.7	114.1	67.1
6	114.0	60.3	114.2	64.5	107.2	63.0	113.6	61.8
7	115.0	62.0	110.0	66.1	113.8	66.7	117.5	58.8
8	119.0	54.5	127.5	53.5	117.8	64.0	118.0	53.0
9	123.0	48.6	132.0	56.2	121.1	61.3	123.3	42.3
10	129.0	47.1	128.6	51.0	123.0	54.3	127.4	38.8
11			131.3	54.1	128.6	51.4	130.0	31.5
12			132.1	47.0	133.8	56.5		
13			136.5	33.5	138.3	41.5		
14			141.0	30.2	142.5	26.2		

第3表の1 ヒノキ材の乾燥試験成績

Table 3 Hinoki

乾燥日數 Days in kiln	試 驗 番 號 No. of test												
	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6	No. 7	No. 8	No. 9	No. 10	No. 11	No. 12	No. 13
	合 水 率 %						Moisture contents						
生 材 Green	29.5			29.0	52.7	29.3	57.0	58.3	29.9	42.4	42.5	41.1	60.4
1	24.8			29.7	44.4	21.9	43.2	50.2	28.4	43.2	32.4	33.7	51.4

乾燥日数 Days in kiln	試験番號 No. of test												
	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6	No. 7	No. 8	No. 9	No. 10	No. 11	No. 12	No. 13
	含水率 %						Moisture contents						
2	20.4			17.4	38.4	15.5	22.1	46.1	22.9	35.8	28.2	21.1	46.3
3	12.9			17.2	24.8	12.4	18.3	39.3	18.1	27.8	24.7	17.7	33.9
4	8.4			13.8	12.8	9.4	16.9	34.4	15.3	23.6	20.2	15.5	32.2
5	7.5			14.4	10.5	7.6	12.7	28.0	12.8	18.6	19.0	11.7	26.5
6	6.6			11.4	8.0	6.3	11.5	20.6	10.1	13.3	12.4	11.6	24.6
7	6.3			10.9	6.5	5.5	10.3	15.8	7.8	9.5	10.6	7.5	24.5
8	3.4			7.6	6.3		9.7	12.8	6.3	8.5	9.1	6.0	21.3
9	2.8			6.2	5.1		9.4	11.2			8.7		14.5
10	1.6				4.7		8.4	9.9			8.2		12.7
11	1.7						7.3	8.4			7.2		10.1
12	0.8						6.4	5.1			6.2		7.2
13											6.0		5.9
14											5.5		
表面硬化 Case hardening	O及A			O	A	B	O	O	A	A	O	O	O

第3表の2 スギ材の乾燥成績

Table 3 Sugi

乾燥日数 Days in kiln	試験番號 No. of test												
	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6	No. 7	No. 8	No. 9	No. 10	No. 11	No. 12	No. 13
	含水率 %						Moisture contents						
生 Green	80.5	52.3	57.0	32.9	144.4	130.9	142.7	134.4	45.6	95.8	142.0	70.4	155.3
1	67.3	45.6	43.8	22.4	118.0	96.4	117.3	123.2	41.4	97.7	133.4	65.8	155.0
2	47.4	44.8	36.2	20.9	100.4	38.7	90.9	115.0	31.5	81.4	118.7	47.4	135.0
3	19.8	33.4	26.0	11.3	69.9	19.4	63.2	105.8	24.7	60.8	99.5	32.9	101.8
4	10.1	29.5	16.5	11.3	31.2	11.3	39.2	93.7	19.9	45.8	76.7	18.5	95.8
5	7.0	25.2	12.6	8.1	18.7	9.0	25.9	77.6	14.2	30.7	58.7	11.0	74.4
6	5.9	18.4	11.0	10.0	11.7	7.7	13.7	56.0	11.0	20.6	37.7	10.2	62.4
7	4.3	15.0	9.6	6.7	9.0	7.1	11.1	32.5	7.6	10.2	25.4	6.3	48.0
8	3.1	11.3	8.3	5.9	8.9		10.1	16.9	7.0	8.7	21.8	4.9	35.9
9	2.8	10.8		5.1	8.0		10.4	11.1			12.4		19.4
10	1.3	10.7			7.6		9.5	8.8			9.4		12.6

乾燥日數 Days in kiln	試驗番號 No. of test													
	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6	No. 7	No. 8	No. 9	No. 10	No. 11	No. 12	No. 13	
	含水率 %						Moisture contents							
11	1.4	10.0						8.3	7.1			7.3		10.5
12	0.6	9.5						7.6	4.3			6.2		8.1
13		9.1										5.6		6.3
14		8.2										5.3		
表面硬化 Case hardening	A	O	O	O	A	A及B	O	O及A	B	B	O	A	O及B	

第3表の3 アカマツ材の乾燥成績

Table 3 Akamatsu

乾燥日數 Days in kiln	試驗番號 No. of test													
	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6	No. 7	No. 8	No. 9	No. 10	No. 11	No. 12	No. 13	
	含水率 %						Moisture contents							
生	75.6	101.0	41.2	48.6	94.2	83.2	113.3	100.7	31.3	51.4	63.2	114.8	97.9	
Green	76.0	97.8	36.9	30.2	89.9	60.0	98.4	88.9	31.4	52.6	52.2	105.6	97.7	
1	71.9	94.6	28.0	25.7	68.4	36.1	47.2	75.6	27.4	47.0	41.4	68.2	92.9	
2	63.1	83.7	23.7	16.3	34.9	14.3	23.9	68.9	23.0	37.8	32.2	39.4	84.1	
3	44.8	65.1	16.3	13.8	13.4	8.6	17.2	52.6	21.0	31.2	24.6	19.3	81.1	
4	29.3	53.2	13.2	12.6	10.3	6.2	12.5	26.0	15.4	21.9	18.2	12.0	65.2	
5	11.6	28.7	10.4	11.0	7.9	5.3	9.3	19.5	11.1	14.4	12.9	11.1	57.6	
6	8.9	20.3	8.8	8.9	6.1	4.6	9.1	13.2	9.0	9.7	11.3	6.8	40.9	
7	5.4	13.6	7.4	7.3	5.9		8.8	9.9	7.8	8.3	9.8	5.4	30.0	
8	3.4	11.9		7.0	4.6		8.3	8.7			9.0		15.3	
9	2.2	11.4			4.4		7.3	8.4			7.9		11.3	
10	1.0	10.3					6.8	6.3			6.9		8.7	
11	0.5	9.4					6.1	4.5			6.1		6.2	
12	0	8.8									5.9		4.3	
13		7.9									5.5			
14		7.7												
15														
表面硬化 Case hardening	A	B		O及B	A及B	B	O	O	B	B	O	O及A	O及A	

第3表の4 ナラ材の乾燥成績

Table 3 Nara

乾燥日数 Days in kiln	試験番號 No. of test												
	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6	No. 7	No. 8	No. 9	No. 10	No. 11	No. 12	No. 13
	含水率 %						Moisture contents						
生 Green	66.1	59.7	49.5	38.0	65.9	52.6	78.1	64.7	43.5	56.9	59.3	54.3	76.8
1	56.0	58.8	46.9	36.9	62.9	45.3	74.6	58.1	38.3	57.1	54.5	47.1	71.6
2	50.8	56.6	40.8	34.0	49.8	34.8	67.8	52.8	30.9	54.3	42.0	34.0	57.1
3	41.9	51.1	34.0	26.1	38.6	28.2	59.1	46.4	25.6	49.5	36.4	27.1	42.5
4	35.1	47.2	23.6	23.7	32.8	23.5	51.2	38.0	22.9	45.5	31.6	20.2	39.2
5	29.3	41.6	18.9	19.1	25.0	18.8	41.9	29.4	18.6	38.5	26.2	15.1	33.2
6	25.0	35.6	13.4	16.8	19.9	15.7	34.9	25.9	14.2	31.8	21.2	13.3	29.8
7	20.7	30.8	9.9	12.5	14.4	12.1	30.0	21.6	9.9	25.6	17.8	9.4	27.2
8	17.1	24.9	6.7	10.4	11.9		26.5	17.9	8.2	21.6	15.0	7.9	23.8
9	14.2	21.5		8.3	10.0		23.9	15.3			12.4		17.8
10	11.6	18.9			8.1		20.5	13.8			9.8		14.7
11	9.6	16.3					17.4	10.6			7.3		12.5
12	7.7	14.1					14.5	7.1			5.7		9.6
13	5.5	12.6									4.6		7.6
14		10.7									3.7		
15		9.9											
表面硬化 Case hardening	C	B		B	C	C	B	C	C	C	B	C	C

第3表の5、ブナ材の乾燥成績

Table 3 Buna

乾燥日数 Days in kiln	試験番號 No. of test												
	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6	No. 7	No. 8	No. 9	No. 10	No. 11	No. 12	No. 13
	含水率 %						Moisture contents						
生 Green	81.6	60.1	44.4	30.7	65.3	58.4	95.2	77.2	35.9	51.0	52.8		73.2
1	72.4	53.4	41.6	28.3	60.3	49.4	77.3	71.1	34.1	50.3	38.9		65.4
2	55.7	51.7	36.7	21.5	54.9	26.3	61.9	62.9	26.3	45.1	30.1		51.0
3	31.4	46.3	31.4	16.8	34.4	18.4	51.3	53.2	21.6	37.8	23.3		41.4
4	20.6	39.6	20.9	12.8	26.3	13.7	34.4	41.9	17.9	31.8	18.1		35.4
5	14.7	34.5	15.0	12.1	19.8	10.1	23.4	26.9	13.3	23.2	12.8		29.5

乾燥日數 Days in kiln	試 驗 番 號 No. of test												
	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6	No. 7	No. 8	No. 9	No. 10	No. 11	No. 12	No. 13
	含 水 率 %						Moisture contents						
6	11.0	26.8	10.8	10.2	13.9	8.9	15.4	22.6	10.0	15.1	9.1		25.0
7	7.8	21.8	8.9	8.7	9.3	7.0	12.7	16.7	7.0	9.2	8.1		22.0
8	5.0	15.9	6.9	6.7	7.7		10.6	12.4	5.9	6.8	6.9		18.6
9	3.6	13.3		5.2	6.8		10.5	10.3			6.1		11.9
10	2.2	12.2			5.8		9.2	9.6			4.9		10.6
11	1.6	10.8					7.6	7.3			4.4		8.5
12	0.7	9.6					6.7	5.3			3.8		6.2
13	0	8.8									3.4		4.6
14		7.8									3.3		
15		7.4											
表面硬化 Case hardening	C	A		A	O	B	A	B	B	C	B		B

第3表の6 カバ材の乾燥成績

Table 3 Kaba

乾燥日數 Days in kiln	試 驗 番 號 No. of test												
	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6	No. 7	No. 8	No. 9	No. 10	No. 11	No. 12	No. 13
	含 水 率 %						Moisture contents						
生 Green	43.1	39.1		29.3	45.9	46.4	77.5	45.8	31.2	33.6	48.2		
1	42.2	38.5		28.7	43.3	36.9	65.4	44.8	27.3	35.0	33.3		
2	33.9	38.0		26.8	36.4	29.5	40.6	39.9	21.3	32.7	27.8		
3	30.8	34.5		18.6	27.9	21.9	33.5	35.2	17.5	29.7	23.7		
4	25.1	30.9		15.4	23.9	15.6	24.8	27.2	15.2	27.1	19.9		
5	19.8	28.7		12.8	18.1	12.1	19.3	18.9	11.7	21.6	16.0		
6	13.4	24.5		11.5	13.5	10.1	14.6	16.8	9.1	20.6	12.9		
7	11.2	20.7		9.8	11.1	8.7	12.4	12.8	6.3	11.7	11.5		
8	7.9	16.5		7.9	9.8		10.9	9.8	5.8	8.5	10.1		
9	5.5	13.9		6.5	9.0		10.4	8.5			9.1		
10	4.1	12.7			8.2		8.9	7.9			7.8		
11	2.9	11.2					7.9	6.1			7.1		
12	1.9	10.1					6.9	4.2			6.9		
13	1.3	9.0									5.9		
14		8.4									5.5		
15		8.0											
表面硬化 Case, hardening	C	A		B	O及A	B及C	B	A及B	B	C	B		

第 3 表 の 7 トネリコ材の乾燥成績

Table 3 Toneriko

乾 燥 日 數 Days in kiln	試 験 番 號 No. of test												
	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6	No. 7	No. 8	No. 9	No. 10	No. 11	No. 12	No. 13
	含 水 率 %						Moisture contents						
生 Green	38.9			37.0	53.9	60.5		69.3	26.6	36.5		40.3	70.7
1	36.1			36.2	41.0	34.5		66.5	18.7	37.5		31.5	69.1
2	30.5			23.5	32.3	25.5		60.0	12.5	35.4		21.4	60.8
3	23.1			25.5	21.9	18.8		51.2	9.4	31.8		16.2	50.1
4	17.4			16.6	18.8	13.9		39.9	8.6	27.8		13.2	48.5
5	13.8			16.3	14.7	10.7		28.4	6.9	20.7		9.8	40.8
6	11.5			11.8	11.0	8.9		22.4	5.8	14.9		9.2	34.6
7	9.2			10.9	8.8	7.9		17.2	4.5	9.2		6.4	29.9
8	7.1			7.3	7.9			13.6	3.8	8.0		5.2	25.7
9	5.8			5.6	6.9			11.4					17.8
10	4.5				6.2			10.3					14.7
11	4.0							8.0					12.4
12	3.2							5.7					9.6
13	2.3												7.9
14													
表面硬化 Case hardening	B			A	A及B	A		A	A	C		A及B	B

第 3 表 の 8 カツラ材の乾燥成績

Table 3 Katsura

乾 燥 日 數 Days in kiln	試 験 番 號 No. of test												
	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6	No. 7	No. 8	No. 9	No. 10	No. 11	No. 12	No. 13
	含 水 率 %						Moisture contents						
生 Green	91.8	57.9	36.8	43.4	57.8	68.5	64.3	49.8	34.7	67.0	79.2	47.3	144.3
1	71.7	47.1	35.8	43.3	48.5	59.3	57.3	45.2	36.0	65.4	70.5	37.6	139.6
2	54.2	48.4	29.5	22.7	39.6	37.0	46.5	42.3	33.1	57.5	55.4	25.8	127.3
3	28.2	42.8	22.0	21.6	27.6	22.9	34.4	39.3	28.3	48.6	39.9	20.0	92.7
4	15.4	36.2	15.3	13.2	21.4	13.6	24.9	35.3	23.7	37.9	28.5	15.1	80.1
5	10.5	31.9	11.6	12.7	15.9	9.8	18.8	26.7	17.8	25.3	22.1	11.1	47.6
6	7.0	24.9	9.1	9.4	11.6	7.6	14.5	22.2	12.1	15.0	15.6	9.9	39.4

乾燥日数 Days in kiln	試験番 號 No. of test												
	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6	No. 7	No. 8	No. 9	No. 10	No. 11	No. 12	No. 13
	合 水 率 %						Moisture contents						
7	4.8	19.8	7.7	8.5	8.4	6.5		17.1	7.6	8.8	12.9	6.7	30.1
8	3.2	15.5	6.2	5.7	7.2		12.0	13.3	6.1	7.2	11.1	5.4	24.3
9	2.3	12.8		4.5	6.4		10.2	10.6			8.6		13.7
10	1.2	11.9			5.8		9.4	9.0			8.4		10.9
11	1.3	10.4					8.1	6.8			6.5		7.9
12	0.8	9.2					7.2	4.2			5.4		5.0
13		8.5					6.0				5.1		4.3
14		7.8									4.5		
15		7.3											
表面硬化 Case hardening	C	A		A	A及B	B	A	A及B	B	C	A	B	A及B

次に以上の乾燥試験によりて板材に生じたる狂の程度を示せば次の如し。

第 4 表 Table 4 乾燥に依りて板材に生じたる狂の程度

樹 種 Species of lumber	ヒノキ Hinoki	スギ Sugi	アカマツ Akamatsu	ナラ Nara	ブナ Buna	カバ Kaba	トネリコ Toneriko	カツラ Katsura
板 材 に 生 じ た 狂 の 程 度 Grade of defects	A	A	B	C	C	B	B	A

以上の試験結果により先づ水分の蒸発状態を見るに、試験番 號 No. 2, No. 7 及 No. 8 の如く、比較的低温高湿度を以て、加も温度の上昇及湿度の低下を徐々にしたるものは、水分の蒸発緩慢となり、試験番 號 No. 3, No. 4, No. 6, No. 9 及 No. 10 の如く乾燥開始當時より高湿度にしたるものは、例へば湿度を高く保ちたる場合と雖、水分の蒸発は急激に行はるるものなり。其一例をカバ材に求むれば前者に屬するもの、中試験番 號 No. 2, No. 7 及 No. 8 の如く乾燥開始温度を華氏 110~114 度關係湿度を 85~90% として、温度の上昇を一回に 5 度以内とし、關係湿度の低下も乾燥開始後數日間は 5% 以内として乾燥したる板材は試験番 號 No. 1 にありては、含水率 39.1% より 10.1% 迄乾燥せしむるに 12 日間を要し、試験番 號 No. 7 の含水率 77.5% より 10.4% 迄に乾燥せしむるには 9 日間を、又試験番 號 No. 8 の含水率 45.8% より 9.8% に乾燥せしむるに 8 日間を要したり。然るに後者に屬する試験番 號 No. 3, No. 4, No. 6, No. 9, No. 10 の如く乾燥開始温度を華氏 116~120 度とし、關係湿度を 88~94% にして、温度の上昇及湿度の低下を急激にしたるものの中、No. 4 にありては含水率 29.3% より 9.8% 迄に水分を減ずるに 7 日間を、No. 6 の含水率 46.4% より 10.1% 迄に乾燥せしむるに 6 日間を、又 No. 10 の含水率 33.6% より約 10% 迄乾燥せしむるに

7.5 日間を要し前者と後者との平均乾燥處用日数を比較するときは前者の 9.6 日に對し後者が 6.8 日間にて前者よりも、2.8 日間乾燥處用日數少なきものなり。

此の如く木材の乾燥に要する期間は乾燥溫度並に關係濕度の高低によりて支配し得るものにして、乾燥溫度を上昇せしむるに伴ひ、又關係濕度を低下せしむるに伴ひて、乾燥日數は短縮せられ、之と反對に乾燥溫度を低くするか又は關係濕度を高くするに伴ひて乾燥日數は延長せらるゝものなり。

次に上記の試験成績によりて更に樹種と乾燥との關係を見る爲一例として試験番號 No. 5 に於ける各樹種に就き之を比較すれば下の如き數を示すものなり。即ち溫度 115 度、關係濕度 97% より乾燥を初め最高溫度 154 度、最低關係濕度 50% として第 1 表の如く乾燥せしめたるに、ヒノキ材は含水率 52.7% より 10.5% 迄に乾燥するに 5 日間、スギ材は含水率 144.4% より約 10% 迄乾燥するに 6.5 日間、アカマツ材は含水率 94.2% より 10.3% 迄乾燥するに 5 日間、ナラ材は含水率 65.9% より 10.0% 迄に乾燥するに 9 日間、ブナ材は含水率 65.3% より 9.3% 迄乾燥するに 7 日間、カバ材は含水率 45.9% より 9.8% に乾燥するに 8 日間、トネリコ材は含水率 53.9% より 11.0% 迄乾燥するに 6 日間、カツラ材は含水率 57.8% より約 10.0% 迄に乾燥するに 6.5 日間を要したり。而して上記板材の乾燥前に於ける含水率は著しく不同あるが故に之を直ちに比較すること不可能なるを以て、之の比較に便せんが爲め上記各樹種の含水率に對する乾燥處要日數を、水分の蒸發が含水率の如何を問はず同一程度に行はるゝものと假定して、含水率 60.0% より 10.0% 迄乾燥せしむるに要する日數を換算するとき、ヒノキ材は 9.2 日、スギ材は 4.4 日、マツ材は 5.1 日、ナラ材は 9.7 日、ブナ材は 7.1 日、カバ材は 10.6 日、トネリコ材は 8.5 日、カツラ材は 6.7 日間を要する割合にあり。勿論上記の數字は含水率の多少によりて乾燥速度を異にする木材には直ちに應用し得ずと雖、大略の乾燥日數を比較するには差支へなきものと認むるものなり。而して之等の乾燥處用日數即ち水分の蒸發速度は、スギ材最も早く、マツ材之に次ぎ、更にカツラ材、ブナ材、トネリコ材、ヒノキ材、ナラ材及カバ材の順序にあり。概して針葉樹材は闊葉樹材よりも乾燥早きものなり。尙本試験成績にありてはカバ材がナラ材よりも乾燥遅きが如き數字を示したるも、カバ材は試験材の都合上試験番號 No. 3, No. 12 及 No. 13 を除去しある爲、他よりも日數を多く要するが如き結果となりしものにて、事實上はナラ材に比し乾燥遙かに速かなるものなり。

斯の如く木材は樹種に依り又材種、乾燥溫度並濕度の相違等によりて乾燥速度が著しく異なるものなれども、乾燥狀態即ち水分の蒸發狀態を曲線を以て表すときは何れも

$$A = ae^{bt} \text{ 又は } \log A = \log a + (b \log e) t$$

但し $A =$ 含水率、 $a =$ 實驗値、 $e^b =$ 定數、 $t =$ 乾燥日數

なる指數曲線式を以て示し得るものなり。而して之が數學的關係に就きては本報告に於ては省

略せんとす。

以上の如く木材は種々なる條件の相違によりて乾燥状態が異なるものなれば、之等を同一に取扱ふ時は、或種の木材には乾燥急激となりて材に缺點を生じ、又他の材種には緩漫に過ぐるが爲に缺點を生ぜざるも乾燥に長き時日を要し經濟上不得策となるものなり。故に最も經濟的に木材を乾燥せしめんには、木材に狂ひ等の缺點を生ぜざる範囲内に於て最も短時間に水分を除去すべきものにして、之が限度を求むることが本試験の目的なれば、上記試験の乾燥温度並關係湿度により木材の乾燥に要したる日數と、木材の狂ひ即ち缺點との關係を比較するときは、之に依りて適當なる乾燥温度並關係湿度を知り得るものなり。

而して木材の乾燥によりて起る缺點は、表面硬化、内割れ、不定形の收縮等種々あり。之等は何れも木材組織中にある水分の分布状態を異にする爲、收縮の相違に基く内壓力の關係により起るものにして、就中表面硬化は他の缺點に先ち容易に起るものなれば、本試験にありては表面硬化の有無と其程度を検し、之が上記の乾燥温度、關係湿度及處要日數との關係に基き下の如く乾燥處要日數を定めたるものなり。

即ち上記の試験結果の中厚さ 2.3cm. のヒノキ材に就き之を看るに、試験番號 No. 1, No. 4, No. 7, No. 8, No. 11 及 No. 12 は何れも表面硬化を生ぜず、No. 2, No. 5, No. 9, No. 10, No. 13 は表面硬化を僅かに生じ、No. 6 のみ幾分強く生じたるものなれば、之によりて温度及關係湿度等の關係を考察するに表面硬化を生ぜざりし No. 1 及 No. 4 は何れも乾燥開始當時の含水率が 30% 以下にて、乾燥温度は 110 度及 112 度、關係湿度は 84 及 90% にて、含水率 10% 迄に乾燥するに、No. 1 は 3.5 日、No. 4 は 7 日間を要し、又 No. 7, No. 8 及 No. 12 の何れも乾燥温度は 110~113 にして關係湿度は 75~94% として、No. 11 のみは最初 1 日間だけ乾燥温度を 120 度に保ちしも、第 2 日目より 104 度に低下せしめ、其後は他と同様順次に温度及湿度を變化せしめたるに、乾燥處要日數は No. 7 は含水率 57% より 10.3% 迄に乾燥せしむるに 7 日間を、No. 8 は含水率 58.3% より 9.9% 迄に乾燥せしむるに 10 日間を、No. 11 は含水率 42.5% より 10.6% 迄に乾燥せしむるに 7 日間を要し、No. 12 は含水率 60.4% より 10.1% 迄に乾燥するに 11 日間を要したり。

次に表面硬化を僅かに生じたる試験番號 No. 5 は、含水率 52.7% より 10.5% 迄乾燥するに 5 日間を、No. 9 は含水率 29.9% より 10.1% 迄乾燥するに 6 日間を、No. 10 は含水率 42.4% より 9.5% 迄に乾燥するに 7 日間を要したり。之等は何れも前記の表面硬化を生ぜざる物の場合に比し、乾燥温度を最初より高くしたるものか、或は最初に温度低きも乾燥期間中に急激に温度を上昇せしめたるもののみなり。又表面硬化の程度最も強き No. 6 は乾燥開始温度を 122 度となし、加も其後に於ける温度の上昇を急激ならしめ、含水率 29.3% の板材を 9.4% 迄に乾燥せしむるに僅かに 4 日間を以てしたるものにて、之等の成績を比較するとき、乾燥を急激にしたるもの程表面硬化を生ずる割合多きことを證明するものなり。従て之

等の中表面硬化を生ぜざりし、試験番號 No. 1, No. 4, No. 7, No. 8, No. 11 及 No. 12 の乾燥溫度並關係濕度と乾燥日數に基き、厚さ 2.3 cm. のヒノキ生材の乾燥には、乾燥開始溫度を華氏 115 度以下關係濕度を 80% 以上として、乾燥溫度の上昇は一日に 7 度以内關係濕度の低下は一日に 7% 以下とし、乾燥最高溫度を 160 度前後となし、最低關係濕度は 30% とし、乾燥日數は最低 8 日間となすを適當とし、又半乾燥材即ち含有水分 30% 以内の板材にありては、試験番號 No. 10 及 11 に於けるが如く、乾燥溫度を生材の場合よりも高く 120 度以下とし、關係濕度を 75% 以上とし、6 日間を適當とすと謂ひ得るものなり。

次にスギ材に就きての關係を見るに、之に用ひたる試験材はヒノキ材に比して乾燥前の含水率著しく多く、試験數の約半數は何れも 100% 以上の含水率を示したり、從て乾燥前の含水率少なきものに比して乾燥容易ならざること勿論にて、其結果の如きも不良なるを普通とするものなれば之等の中より乾燥前の含水率 60% 以下なりし試験番號 No. 3 の成績を採れば溫度を 120 度、關係濕度を 88% より乾燥を開始し、含水率 57% より 9.6% 迄に乾燥せしむるに 7 日間を要し、又 No. 4 にありては 32.9% より 10% 迄乾燥するに 6 日間を要したり。次に乾燥前の含水率多き試験番號 No. 7 及 No. 11 にありては、乾燥開始當時の溫度を前者は 110 度後者は 120 度にて、關係濕度を 90% 附近として乾燥したるに、乾燥前の含水率兩者共 130% 以上より 10% 附近迄乾燥するに要せし日數は、前者よりも長く 8 日及 9 日間を要し、表面硬化を惹起せざりしものなり。又試験番號 No. 1 にありては、溫度を 110 度關係濕度を 84% より乾燥を始めて含水率 80.5% のものが僅か 4 日間にして 10.1% に減少し、加も表面硬化を僅かに生じたる程度なり。故に之を前記のヒノキ材に比較するときは前者よりも乾燥容易なること明かなり。されど表面硬化を生じたる割合はヒノキ材に比し試験番號 No. 6, No. 9 及 No. 10 の如く稍多きも、之が割合の多き原因は、スギの場合にありては乾燥前の含水率著しく多きものを 122 度より乾燥を開始し、其上急激に溫度を上昇せしめ、關係濕度を急激に降下せしめたるが爲なり。從て厚さ 2.3 cm. のスギ材の乾燥はヒノキ材よりも幾分早く、表面硬化を生ずる程度はスギ材よりも多からずと稱し得られ、含水率 70% 以下の場合には乾燥開始溫度もヒノキ材よりも高く、120 度以下含水率 80% 以上のものは 115 度以下とし、關係濕度は 80% 以上より始めて、最後の最高溫度を 160 度、關係濕度を 30% として乾燥日數は前記の場合には 7 日間、後者の場合には 8 日間を適當とし、更に含水率 30% 以下のものにありては、溫度を 125 度以下、濕度を 75% 以上として 5 日間を以て足るものなり、而して溫度及關係濕度の變化はヒノキ材の場合に於けると同様急激に變化せしめざるを可とす。

次にアカマツ材は 115 度以下の溫度より乾燥を開始したるものに表面硬化を生じたるもの少なく、120 度以上の溫度より乾燥を始めたものに表面硬化を生じたる板材多き事實より見ればスギ材に比し幾分乾燥困難なることを知り得るものなり。依りて上記の試験成績の中乾燥成績良好なる試験番號 No. 1, No. 4, No. 7, No. 8, No. 11 及 No. 12 を基礎として考ふると

きは厚さ2.3 cm.のアカマツ生材の乾燥には、溫度を 115 度以下、關係濕度を 80%以上より乾燥を始め最後の最高溫度を 160 度、關係濕度を 30% として 7 日間の乾燥日數を適當とし、又含水率 30% 以下の場合にありては前記スギの場合と同様に取扱ひ得るものなり。

次にナラ材に就きての試験結果を見るに、上記の乾燥溫度及關係濕度の下にありては、何れの試験材も表面硬化を生じたるものゝみにて完全なるものは一つとして見出し得ず、之が原因は不適當なる溫度又は關係濕度の下に於て乾燥せしめたるに依るものなりと雖も、又 H. D. Tiemann 氏の發表せる如く、ナラ材は生木の儘直ちに乾燥せしむること甚だ困難なることをも意味するものなり。

而して上記の試験の中、表面硬化の程度比較的輕きものは何れも、溫度 112 度以下、關係濕度 90% 以上より乾燥を始めて、溫度並濕度の變化を徐々にし、乾燥終了前に於ける溫度低く、關係濕度高きもの、又は製材後天然乾燥をしたるものゝみなり、例へば製材後約二十日間天然乾燥を施したる試験番號 No. 4 は乾燥日數僅かに 8 日間にして、含水率 38% より 10.4% に乾燥して、加も表面硬化の程度少なきに反し、他の多くは 10~15 日間の乾燥日數を要したる上に、其結果も良好ならざりしものなり、故にナラ材の乾燥には之以上長き期間を要するものにて他の潤葉樹材に於ける成績より考ふるときは下の如く謂ひ得るものなり、即ち厚さ 2.3 cm. のナラ生材にありては最低 16 日間を必要とし、含水率 30% 附近迄に水分を失へる板材には 12 日間を適度とするものなり。而して之が乾燥開始當時の溫度を生材にありては 105 度、含水率 30% 附近のものには 110 度、關係濕度は生材にありては 90%、含水率 30% 附近のものには 85% 以上として、溫度の上昇及濕度の低下は出來得るだけ徐々にし、乾燥最終溫度を 145 度以下、關係濕度を 40% 以上となすを可とするものなり。尙ほナラの生材の乾燥は前記の如く容易ならざるが故に缺點を少くせんには含水率 30~40% 附近迄天然乾燥をしたる後、人工乾燥をなすを得策とするものなり。

次にブナ材はナラ材と同様、狂を生ずる割合相等多きも、表面硬化を生ずる割合少なく、乾燥又容易なり、即ち上記の結果に據れば、表面硬化を全く生ぜざるものは試験番號 No. 5 のみにて No. 2, No. 4, No. 7 は僅かに生ぜし程度にありて最も表面硬化の程度著しきものは僅かに No. 1 及 No. 10 の 2 種に過ぎず、水分の減少率にありても、ナラ材に比し遙かに速かなり、例へば試験番號 No. 5 に於ける乾燥前の含水率は兩者共 65.0% なりしものを、同状態の下に乾燥せしめて、ナラ材は 10% 迄乾燥するに 9 日間を要し、ブナ材は 7 日間を以て足りし結果より看るも、ブナ材はナラ材よりも乾燥容易なることを證明するものなり。而してブナ材の表面硬化を生ぜざりしもの及輕微なるものは、何れも乾燥開始溫度低く、且つ關係濕度を高くして徐々に乾燥せしめたるもの、或は乾燥前に天然乾燥をなしたるものにして、他の急激に乾燥したるものは何れも其結果不良なりしものなり。故に乾燥結果良好なりし試験番號 No. 2, No. 4 及 No. 7 に於ける乾燥溫度並關係濕度を基として考ふるときは、下の如く謂ひ得るもの

なり、即ちブナ材の 2.3 cm. 内外の厚さの生材には乾燥開始温度を 110 度以下、関係湿度を 85% 以上とし、乾燥終了前の最高温度を 150 度、最低関係湿度を 35% 以上とし、11 日間を必要とし、又含水率 30% 内外にあるものは、乾燥開始温度を 115 度、関係湿度を 80% とし 9 日間を適當とするものなり。

次にカバ材はナラ及ブナ材に比し、木材に狂を生ずること少なきも、表面硬化を生ずる割合はブナ材よりも大なり、即ち上記の試験成績の中表面硬化を生ぜざりしものは試験番號中 No. 5 のみにて僅かに生じたるものは、No. 2 及 No. 8 にて、他は B 及 C の程度に表面硬化を生じたるものなり、故に前記の樹種の場合に於けると同様乾燥成績を基として適度なる乾燥温度並關係湿度及乾燥處要日數を下の如く決定し得るものなり、即ち厚さ 2.3 cm. のカバ生材には乾燥開始温度を 110 度以下、關係湿度を 85% 以上として、乾燥終了前に於ける最高温度を 155 度、最低關係湿度を 35% として、乾燥日數は 13 日間を、又含水率 30% 附近のものは、乾燥開始温度を 115 度以下、關係湿度を 80% 以上として、10 日間を必要とするものなり。

次にトネリコ材の試験成績を見るに、前記のナラ及カバ材に比して乾燥早く、加も表面硬化を生ずる程度少なきものなり、即ち供試材の何れも多少の表面硬化を生じたりと雖も、大部分は其程度少なく、此の程度に屬するものは試験番號 No. 4, No. 6, No. 8, No. 9 にして No. 5 及 No. 12 は之よりも稍表面硬化を強く生じたるものなり、而して之を前記三種の潤葉樹材に比較するときは、之等の何れよりも表面硬化を生ぜし割合少なし、例へば、其一例を試験番號 No. 4 及 No. 6 に求むるときは、前者は 116 度より、後者は 122 度より、乾燥を開始して温度の上昇は著しく急激ならしめたるに拘らず、表面硬化は A の程度に生じたるものなり。之に依りて看るときはトネリコ材は乾燥割合に困難ならざるを以て、乾燥温度を高く關係湿度を低くするも差支なく、従て上記の試験成績を基礎として厚さ 2.3 cm. 程度の生トネリコ材の乾燥には乾燥開始温度を 115 度以下、關係湿度を 85% 以上として、乾燥終了前の最高温度を 155 度、最低關係湿度を 35% として 11 日間を適當とし、又含水率 30% 附近の板材には乾燥開始温度を 120 度以下、關係湿度を 80% 以上として、9 日間を適當とするものなり。

次にカツラ材は表面硬化を生じたる程度が前記の樹種に比較してトネリコ材と殆ど同一程度にあるも、板材全體の狂の程度はトネリコ材よりも少く、且乾燥處要日數稍短き結果にあり。されど、乾燥開始當時に於ける温度が 120 度以上なりしものは、トネリコ材に比して表面硬化を生じたる割合多ければ、乾燥開始當時の温度を前者よりも稍低くする必要あり。即ち厚さ 2.3 cm. のカツラ生材には温度を 115 度以下、關係湿度を 85% 以上として乾燥を開始し、乾燥終了前に於ける最高温度を 155 度、最低關係湿度を 35% として、11 日間を適當とし、又含水率 30% 附近のものにはトネリコ材に於ける場合と同様乾燥開始温度を 120 度、關係湿度を 80% とし、乾燥處要日數は 8 日間を必要とするものなり。

斯くの如く木材の乾燥は樹種に依り、乾燥温度及關係湿度を適度に調節し、出來得る限り不良材を生ぜざる様勉むべきものにして、乾燥温度及關係湿度の調節は、乾燥開始當時にありては温度を低く、木材の含水率が減少するに伴れ次第に之を上昇せしめ、又關係湿度は初に高く含水率の減少に伴れて、次第に低下せしめ、乾燥終了前に温度を最高となし、關係湿度を最低にすべきものなり。而して乾燥期間中に於ける温度及湿度の變化は之を急激に行ひたるもの程不良なる結果を招くものにして、特に乾燥の初期に變化を急激にしたるものは乾燥期間の過半数を経過したる後に急激なる變化を與へたるものに比し板材に悪影響を及ぼすこと大なることは、前記の結果に依りて明かなるが故に、乾燥温度及關係湿度の變化は乾燥開始當時にありては、出來得るだけ徐々にし、含水率が 30% 附近に減少したる後に多くすべきものなり。

次に法師製材所に於ける乾燥試験成績の中、乾燥處要日數及狂との割合を記載すれば下表の如きものなり。尙本試験成績の一部は、昭和八年九月發行、日本林學會誌第 16 卷第 9 號、第 60 頁に、「板材の堆積法と熱氣の循環」なる題目の下に既に發表したるものなり。

第 5 表 法師製材所に於ける乾燥試験成績

Table 5.

試 驗 番 號 No. of test	No. 14	No. 15	No. 16	No. 17
乾 燥 日 數 Days in kiln	含 水 率 % Moisture contents			
生 green	59.6	65.4	91.5	36.1
1	52.6	58.0	82.7	27.4
2	45.0			23.0
3	38.7			22.5
4	32.4	29.0	66.0	19.7
5	29.0	24.2	50.1	16.9
6		19.7	40.8	
7	22.0	17.2	29.6	
8	19.2	16.2	23.9	11.7
9	16.8	14.8	19.1	10.3
10	14.7	13.7	13.9	8.7
11				7.5
12		11.6	10.0	
13		10.0	7.9	
14		9.5	5.7	

更に上記の日數を以て乾燥したる板材に生じたる狂の程度を示せば第 6 表の如し。

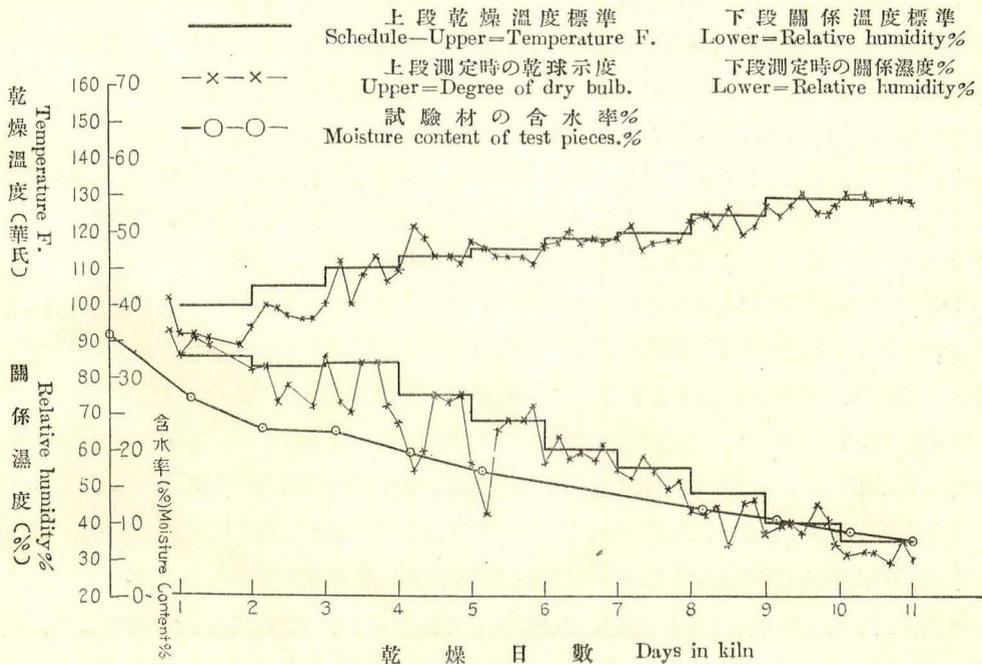
第6表 法師製材所に於ける乾燥試験成績

Table No. 6

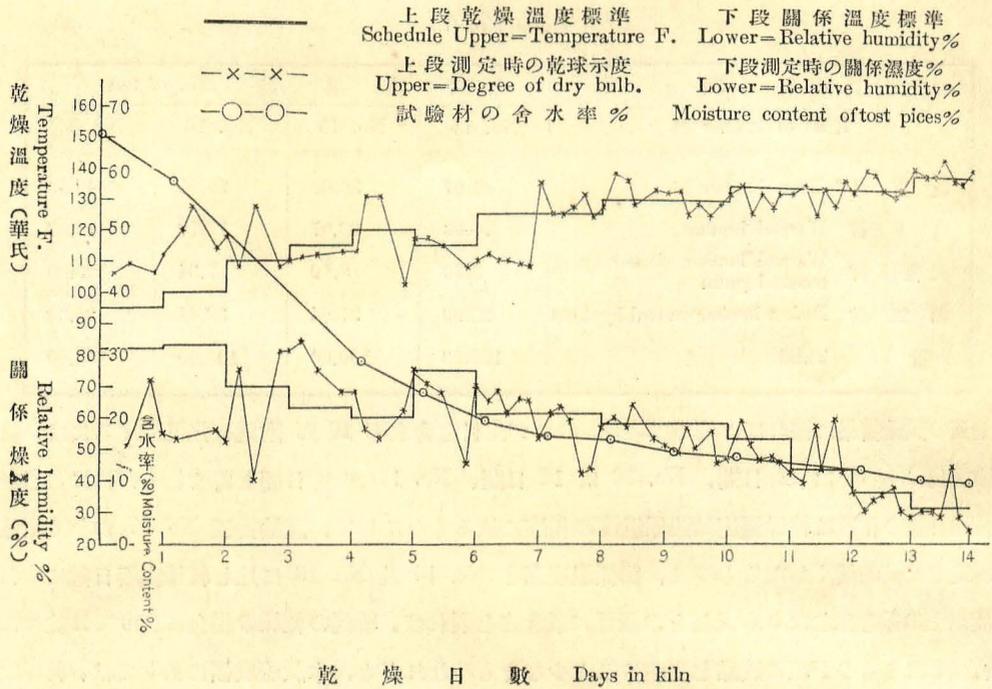
材の種別 Kind of lumber %	試験番號 No. of test			
	No. 14	No. 15	No. 16	No. 17
通直材 Clean lumber	61.67	36.09	36.55	49.53
曲り材 Warped lumber	10.93	23.97	17.70	18.53
波曲り材 Warped lumber caused by crooked grain	3.50	8.90	7.34	3.60
節疵材 Defect lumber caused by knot	23.90	31.04	38.41	28.34
計 Total	100.00	100.00	100.00	100.00

上表の試験結果に據れば、厚さ 2.3 cm. のブナ生材を含水率 10 % 附近に迄乾燥するには、試験番號 No. 15 は 13 日間、No. 16 は 12 日間、No. 17 が 9 日間を要せしものにて、之が乾燥日数の相違は乾燥温度並關係湿度の相違に依るものにして、試験番號 No. 17 の如く關係湿度を比較的低くしたるものは、關係湿度高き No. 15 及 No. 16 に比し乾燥處要日數に 3 日間以上の差を生じたり。又狂との關係に就き之を看れば、普通の乾燥の場合にありては徐々に乾燥したるものが板に缺點を生ずること少なきものなれども、本試験成績にありては、乾燥期間最も長き試験番號 No. 15 及 No. 16 が共に不良材を生ぜし率多く、兩者共に優良材は僅かに 36.5 % に過ぎず、他は曲り材、節疵材等の不良材なりしに、乾燥時間短き No. 17 にあ

第4圖 Fig. 4.



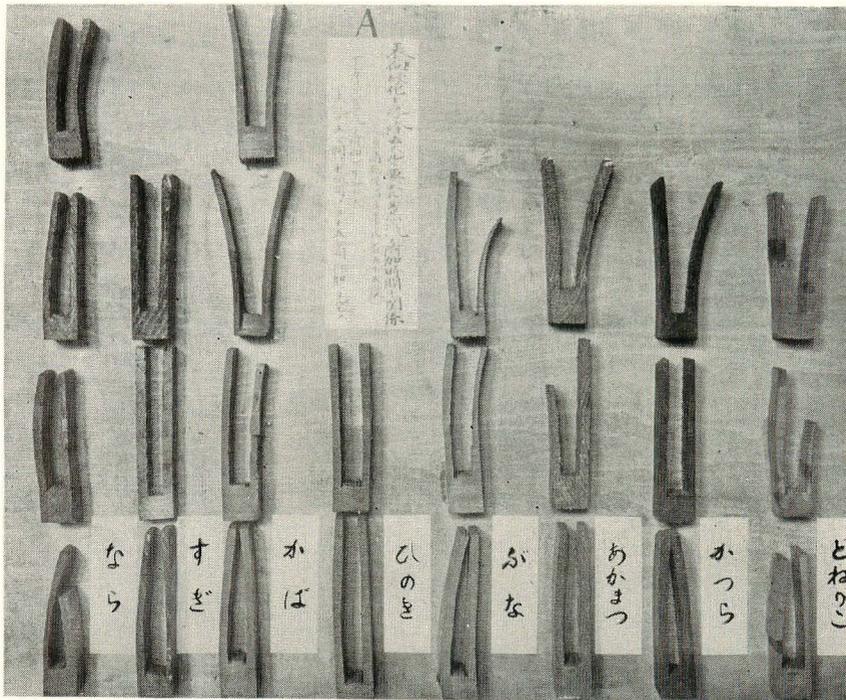
第 5 圖 Fig. 5.



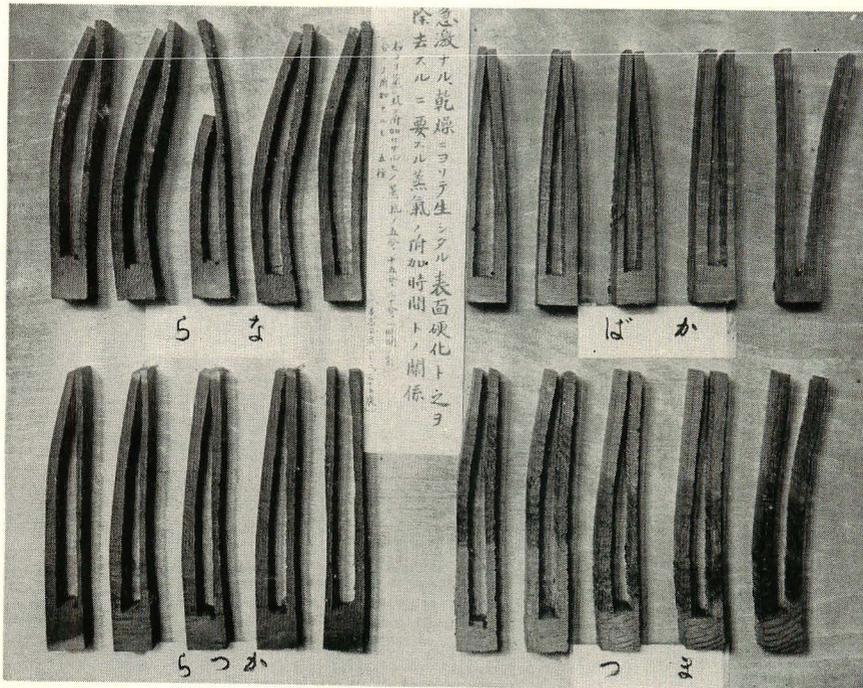
りては優良材は 50% を、又 No. 14 は 61.6% を得られたり。此の兩者の相違は第 4 及第 5 圖に示す如く、乾燥室内に於ける溫度並關係濕度の變化の多少に依るものにして、第 4 圖に示す如く乾燥溫度並關係濕度の高低を少なくして乾燥したる No. 14 及 No. 16 は共に、乾燥開始當時に於ける溫度並關係濕度の高低の差を著しく大ならしめたる No. 15 及 No. 16 の場合に比して板材の狂少く現はれたるものなり。従て乾燥初期に於ける溫度並濕度の高低大なるときは板材の狂を著しく増加せしむることを之に依りて確かめ得。

次に乾燥終了時に於ける乾燥程度、即ち含水率の多少と不良材の多少との關係に就きて之を看るに、其の關係著しきものあるを確かめたり。即ち乾燥結果比較的良好的なる、試験番號 No. 14 及 No. 17 を比較するに、前者は後者よりも不良材の割合實に 10% 以上少なく、之が兩者の相違は下の數字に基き乾燥程度の相違に依るものなりと稱し得るものなり。即ち兩者は同一條件の下に No. 14 は含水率 14.7% 迄、No. 17 は含水率 7.5% 迄乾燥せしめたるものにて、No. 17 は No. 14 に比較し含水率 7.2% 少なく、不良材の割合は No. 14 が 38.33% なるに後者は 50.47% にして、兩者の差は實に 12.14% を示せるものなり。又不良材を多量に生じたる No. 15 及 No. 16 の兩者を比較するときは、含水率を 5.7% 迄乾燥したる No. 16 は、含水率 9.5% 迄乾燥したる No. 15 と、不良材全體の割合は相違せざるも、水分の減失に伴ふ木材組織の收縮の相違に依りて起る節疵材は、乾燥を充分にしたる No. 16 が特に多き結果を示したり。斯の如く木材は乾燥程度に依りて狂の多少に影響を及ぼすものにして、乾燥を過度になすことは乾燥日数を多くするのみならず水分を減少するに伴れて不良材を多く生

第 6 圖 Fig. 6.



第 7 圖 Fig. 7.



じ、損失を大ならしむるものなれば、木材は過度に乾燥せざる様注意すべきものなり。

以上記述したる各種の成績を綜合して次の如く記述し得。即ち木材の人工乾燥に際しては、樹種、材種、或は含水率によりて、溫度竝關係濕度を適度に調節するを必要とするものにして、之が調節は、木材に缺點を生ぜざる範圍内に於て、乾燥溫度は高く、關係濕度は低くし出來得るだけ乾燥日數の短縮をはかると共に、乾燥の開始當時に於ける溫度竝關係濕度の變化を少なくし、又溫度の上昇は、水分の減少に伴ひ、針葉樹材にありては一回に7度、闊葉樹材にありては5度を限度とし、關係濕度の低下は、針葉樹材にありては一回に7%、闊葉樹材にありては5%を限度とし、乾燥程度は必要以上を越さざる様なすべきなり。而して之が適當なる乾燥溫度の最高及最低、竝關係濕度の最高及最低、乾燥日數は上記の結果により、厚さ2.3 cm.のヒノキ、スギ、アカマツ、ナラ、ブナ、カバ、トネリコ及カツラ材の場合には第7及8表の如く決定し得るものなり。

第七表 板材の乾燥に適當なる最高、最低溫度竝關係濕度

Table 7 生 材 の 場 合

樹種 Wood species	ヒノキ Hinoki	スギ Sugi	アカマツ Akamatsu	ナラ Nara	ブナ Buna	カバ Kaba	トネリコ Toneriko	カツラ Katsura
乾燥溫度 Temperature	初め initial	115°	120	115	105	110	110	115
	終り final	160°	160	160	145	150	155	155
關係濕度 Relative humidity	初め initial	80%	80	80	90	85	85	85
	終り final	30%	30	30	40	35	35	35
乾燥日數 Days in kiln	8	7	8	16	11	13	11	11

第 8 表 板材の乾燥に適當なる最高、最低溫度竝關係濕度

Table 8 含水率 30% 附近の場合

樹種 Wood species	ヒノキ Hinoki	スギ Sugi	アカマツ Akamatsu	ナラ Nara	ブナ Buna	カバ Kaba	トネリコ Toneriko	カツラ Katsura
乾燥溫度 Temperature	初め initial	120°	125	125	110	115	115	120
	終り final	160°	160	160	150	150	155	155
關係濕度 Relative humidity	初め initial	75%	75	75	85	80	80	80
	終り final	30%	30	30	35	35	35	35
乾燥日數 Days in kiln	6	5	5	12	9	10	9	8

本試験成績に依るときは上記の乾燥溫度竝關係濕度を標準として、厚さ 2.3 cm. の板材を乾燥するときには缺點を著しく生ずることなく、乾燥し得るものなりと雖、實際作業の場合にありては、同一材にありても、積方により、又産地の相違により、或は乾燥室の大小によりて、乾燥に相違を生ずるものなれば上記の關係を多少加減する必要あるものなり。

次に不適當なる乾燥によりて生ずる各種の缺點の中最も普通に起り易き表面硬化は、之を其

儘に放置するときは永久に其の状態を保つのみならず、乾燥中にありては更に他の缺點を起すものなれば、若し之を生じたる場合は、乾燥中にありては適當なる程度に濕氣を與へて之を除去したる後に再び乾燥せしめ、又乾燥終了後にありては、濕氣を與へて、之を除去すべきものなり。記者は此缺點を除去するに要する濕氣、即ち生蒸氣を與へる時間の關係に就き試験したるに第 6 及第 7 圖に示したる如く、樹種に依り又乾燥溫度並關係濕度の相違によりて、表面硬化を生ずる程度に差あるが故に、濕氣を與へる時間も、自ずから異ならしむる必要あり、即ち表面硬化の強く起りたるもの程、多量の濕氣を必要とするものにて、之が關係を第 6 圖及第 7 圖によりて説明すれば、第 6 圖は溫度を 115~155 度又關係濕度を 85~80% に調節して乾燥せしめ、乾燥終了後に表面硬化を稍強く生じたる板材より樺目形試験材を採りたるものにて、圖に示す如くアカマツ、カツラ及カバ材は何れも 5 分間、ナラ材は 15 分間の蒸氣加與により、表面硬化は除去し得られ、之以上蒸氣を與へたるものは逆表面硬化を起したり、又溫度を 115 度に一定し、濕氣のみを急減して表面硬化を著しく強度に起らしめたるものは、第 7 圖にある如く蒸氣の加與時間が 1 時間にして、カバ材は稍逆表面硬化を生じ、カツラ及マツ材は漸く之を除去し得られ、ナラ材は之を除去し得られざりしものなり。

斯の如く表面硬化の程度によりて濕氣を與ふる時間も異なるものなれば、表面硬化の程度に依りて適度に濕氣を與へ、逆表面硬化を起さざる範圍に止むべく、而して蒸氣を加與する時間は厚さ 2.3 cm. の板材には表面硬化の程度により、5 分乃至 1 時間半を適當とし、厚さの増加に伴れて、蒸氣の加與時間も増加せしむ可きものなり。

次に板材の厚さと乾燥溫度、關係濕度及乾燥日數との關係に就きては、未だ充分なる試験成績を得ざるが故に今後の報告に發表せんとするも、單に厚さと乾燥處要日數との關係に就きては、昭和 8 年 11 月發行の林學會雜誌、第 15 卷、第 11 號に於て「板材の乾燥程度と其厚さとの關係に就て」と題し記述したる如く、全容積中にある水分の含有量と、表面積との關係によりて決定し得るものなれば、前記の處要日數を基礎として其大體を算定し得るものなり。

摘 要

上述したる試験結果を綜合して下の如く結び得るものなり。

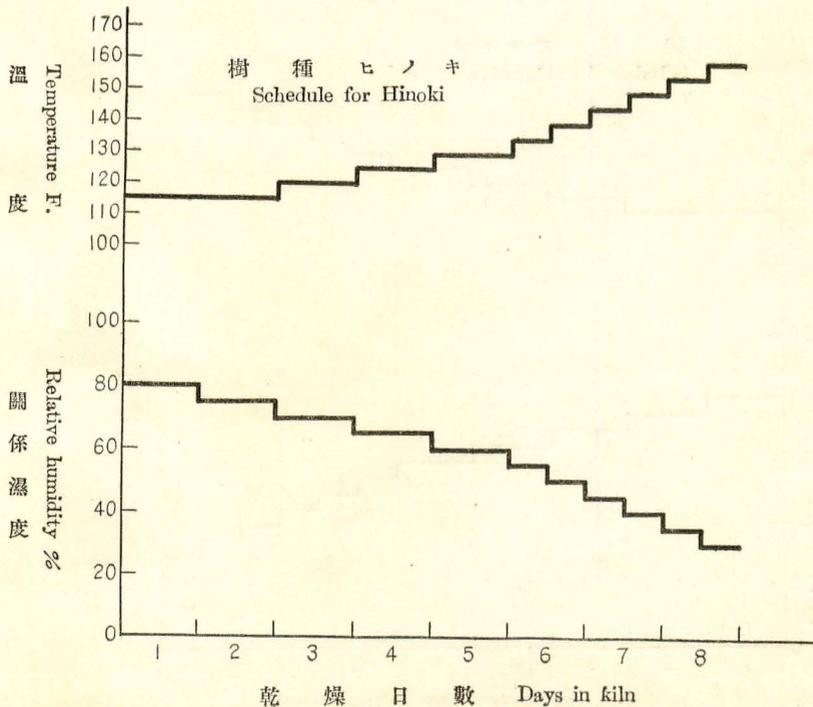
1. 針葉樹材は潤葉樹材に比し乾燥容易にして、乾燥中に生ずる板材の狂及表面硬化の程度少く、乾燥處要日數又少きものなり。
2. 針葉樹材中乾燥最も容易なるものは、スギ材にして、マツ及ヒノキ材之に次ぎ、潤葉樹材にありてはカツラ、トネリコ及ブナ材の順序にして、カバ材之に次ぎ、ナラ材は最も困難なり。
3. 乾燥速かなるものと雖も、ブナ材の如く乾燥に伴ふ板の狂多きものにありては、乾燥期間を永くし徐々に乾燥せしめたるもの結果良好なり。
4. 乾燥溫度並關係濕度の急激なる變化は、板材に狂を多く生ぜしむるを以て、出來得るだけ

變化を徐々ならしめ、針葉樹材にありては溫度を一回に7度以上上昇せしめず、關係濕度を7%以上、減少せしめず、又闊葉樹材にありては溫度を一回に5度以上上昇せしめず、關係濕度を5%以上降下せしめざるを可とす。又、溫度並關係濕度共乾燥開始後より變化を多くすることは、結果を不良ならしむるを以て、含水率が30%附近に迄乾燥したる後に變化を多くせしむ可きものなり。

5. 木材中に含有する水分の蒸發は、樹種、材種又は水分の含有率に依りて、其速度を異にするものにして、急速なる乾燥は、木材組織中に於ける水分の分布状態を不同ならしめ、收縮に相違を生ずる爲、割れ又は狂を生ずるものなれば、之等の缺點を生ぜざる範圍内に於て乾燥溫度並關係濕度を適度に調節して、乾燥日數を短縮すべきものなり。而して本試験に供したるヒノキ、スギ、アカマツ、ナラ、ブナ、カバ、トネリコ及カツラの8樹種の2.3cm厚の板材の乾燥には、第7及第8表に示したる、乾燥標準溫度並關係濕度及處要日數を略適當とするものなり。又乾燥期間中に於ける溫度並關係濕度の變化は第8圖乃至第14圖に示したる線圖の如くしたるものが適當なり。

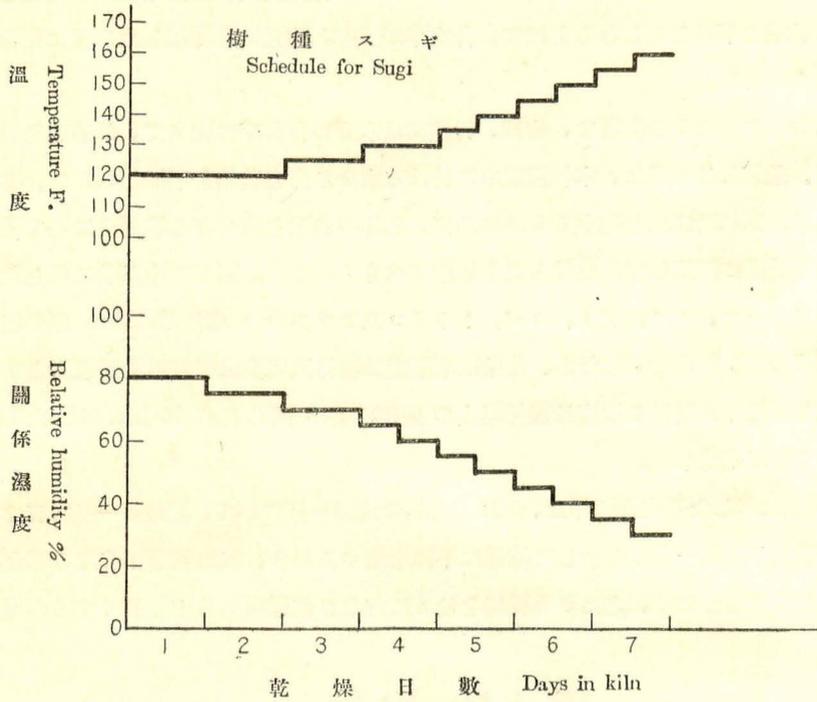
6. 第8~14圖に示したる乾燥標準は、何れも熱氣の流通一樣にして、乾燥が一樣に行はるゝ場合なれば、熱氣の流通一樣ならずして乾燥に不同を生ずる場合、又は材質不良なる場合、或は板に狂を生じ易き場合には、之よりも乾燥を徐々に行なひ乾燥處要日數を長くするの要あるものなり。

第8圖 Fig. 8.

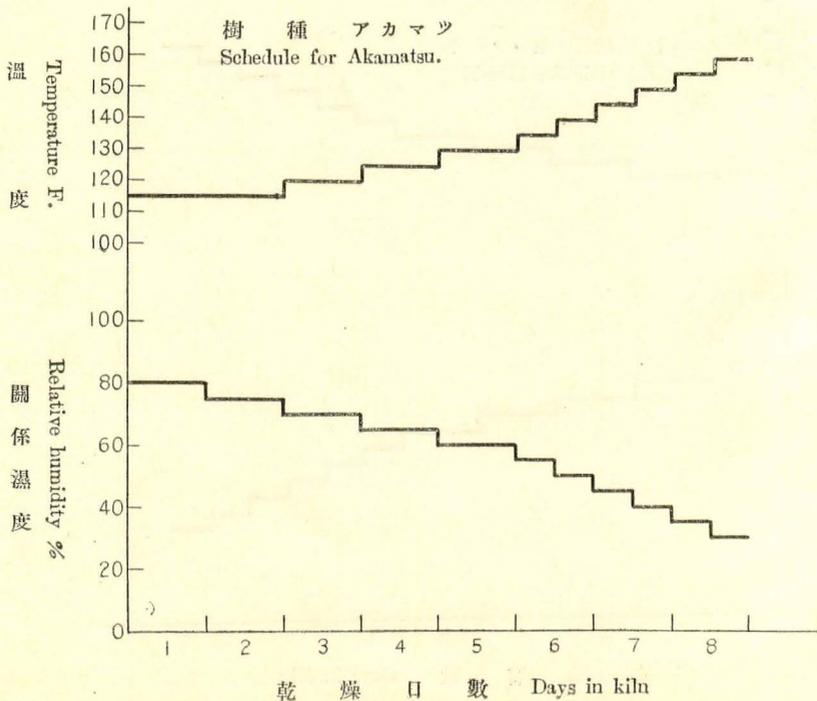


7. 板材の乾燥終了時に於ける含水率、即ち乾燥程度は、板材に生ずる狂の多少に影響あるものにして、含水率を減する程狂は増加するを以て、使用に適當なる程度以上に乾燥せしめざる

第 9 圖 Fig. 9.



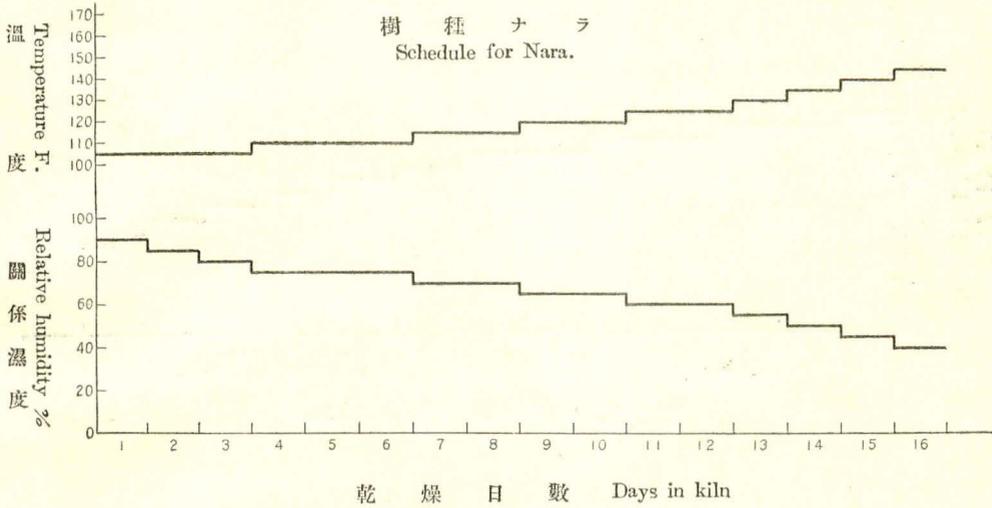
第 10 圖 Fig. 10.



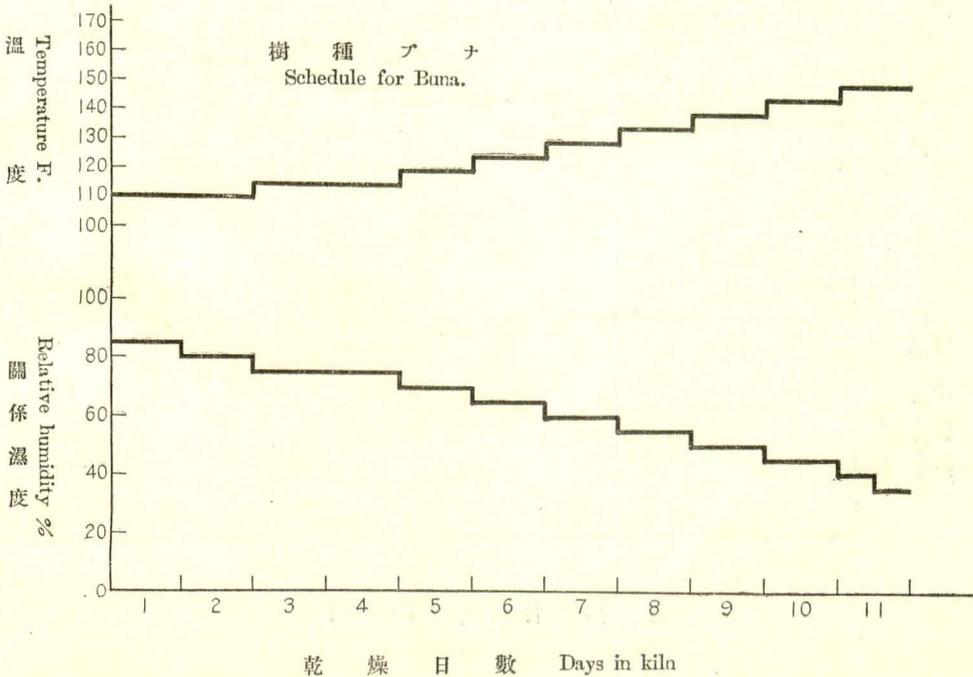
を可とす。

8. 乾燥中に表面硬化を生じた場合には蒸気を與へて之を除去すべく、之が加與の時間は樹種及表面硬化の程度に依りて一定せず、厚さ 2.3cm. の板材には最短 5 分間、最長 1 時間半を必要とするものなり。

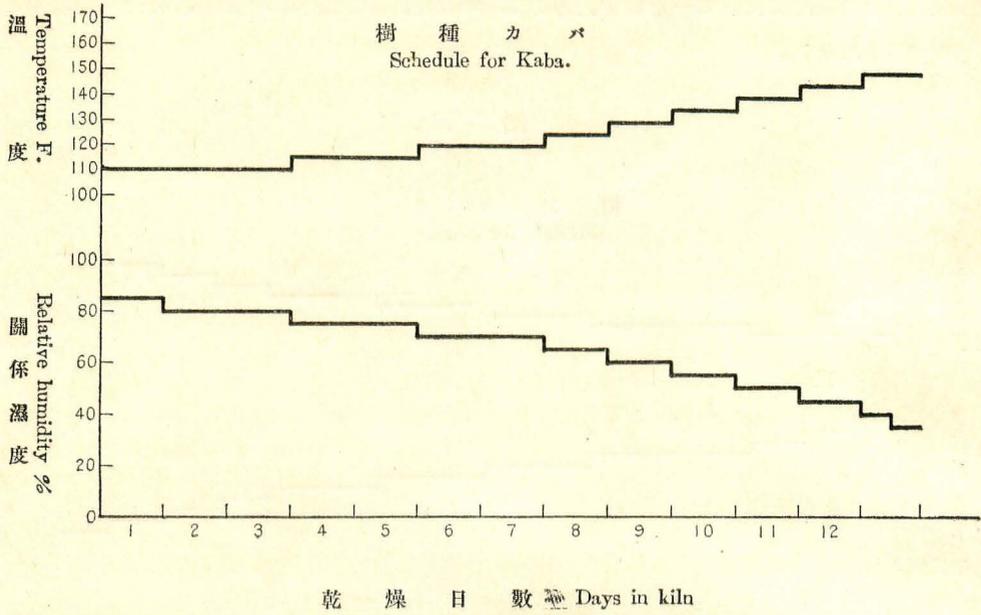
第 11 圖 Fig. 11.



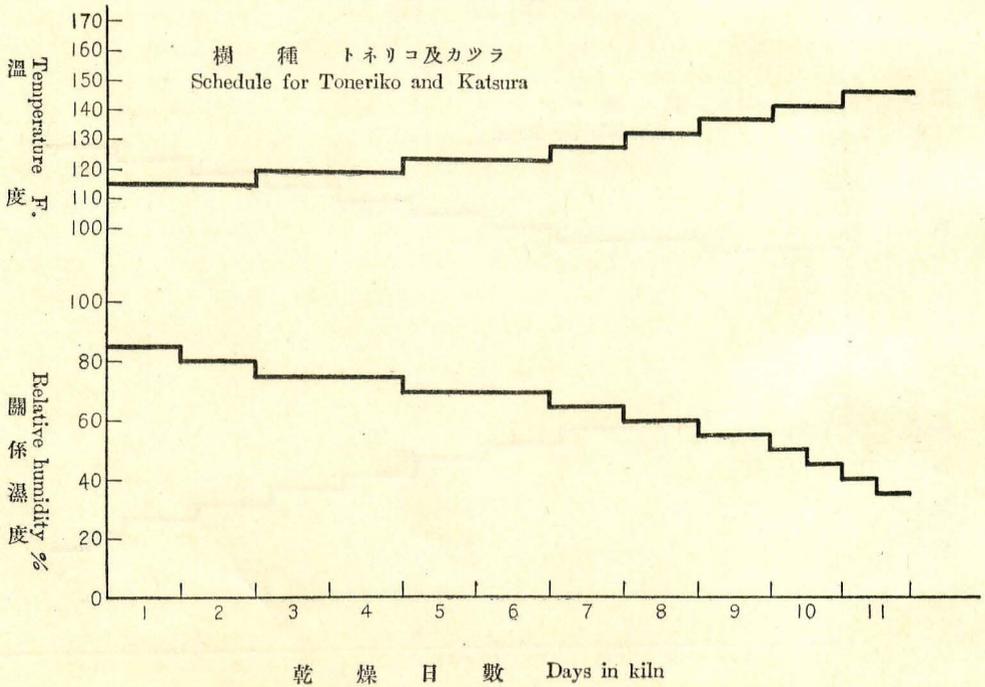
第 12 圖 Fig. 12.



第 13 圖 Fig. 13.



第 14 圖 Fig. 14.



Studies on the kiln drying of certain kind of lumber. First report (*Resume.*)

By

IWATA IZUMI.

I. Introduction.

The development of artificial seasoning of lumber has progressed for 15 years, owing to the extraordinary demand of seasoned lumber, and various type of dry kiln has been installed, in saw mills, Furniture factories, ship yards and other wood using concern.

There is very little record of practice in seasoning lumber, or of the development of artificial method of seasoning about two dacade ago. The use of hot air heated by charcoal or other fuel and smoke in the drying of wood has no doubt been practised. Yet any-thing like a scientific knowledge of the subject and its technical application seem to be of comparatively recent development.

The importance of kiln drying of lumber is known to lumbermen or wood workers, but some of them have little thought of applying scientific knowledge or experiences in kiln drying practise, owing to a few available experimental results.

The cell wall of wood shrink and harden when moisture is removed from them, and unless timber that is to be air seasoned in the right way, or conditions in the dry kilns are maintained in accordance with certain well defined physical laws, the material is likely to warp or check, or in some way to damaged seriously. Sometime as much as 30 per cent of seasoned lumber was rendered unfit for the use intended by defects which had their origin in a poor drying process, as some kiln is operate without consideration of wood species, drying temperature, relative humidity or other important subjects.

Hereafter, We could secure very few publications or printed material in the line of kiln drying of Japanese lumber, but these are not scarcely feasible for kiln operator as the most of them are described only about the theoretical relation of heat and moisture.

This publication is prepared with the experimental result of kiln drying of certain Japanese lumber, and the purpose of assisting lumbermen, wood workers and especially kiln operators in reducing their material losses, in hastening the time of seasning, by making a suitable drying schedule for a certain kinds of lumber.

II. The plan of experiments.

1. The species of lumber used for the experiments are 3 species in coniferous wood and 5 species in hard wood, as follows :—

coniferous wood—Hinoki, Sugi, Akamatsu.

hard wood—Nara, Buna, Kaba, Toneriko, Katsura.

2. Sizes of lumber are used : The smoller for drying experiments at the Ringyo Shikenjo is 12—25 cm. in width, 2.3 cm. in thickness, and 65 cm. in length : the longer used at the Hōshi lumber mill, belongs to the Gokan Eirinsho is 10 cm. in width, 2 cm. in thickness and 200—300 cm. in length:

3. The lumber is usually kiln-dried after being sawed off from log to the size above. At some after experiments, the lumber is charged in the kiln after air seasoning

of 10—20 days.

4. The equipment of artificial drying apparatus used for the experiments at the Ringyo Shikenjo is a small oven as illustrated in Fig. 1, which has an electric heater and a steam heater both of which be used separately, and equipped with steam spray nozzles. The kiln used at the Hōshi lumber mill is a natural ventilated type, heated by an iron tube through which a flame is passed as illustrated in Fig. 2, and is also equipped with steam spray nozzles.

5. Operating temperature and humidity are controlled as shown in the tables No. 1 and No. 2 illustrated in the pages of the main report. The table No. 1 used at the Ringyo Shikenjo, and the table No. 2 used at the Hōshi lumber mill.

6. Moisture contents and shrinkage are determined daily or every other day from the sample wood. Case hardening tests have also been done after kiln dried, and classified in O. A. B. C. grades as shown in the Fig. 3.

7. After kiln drying lumber is classified in A. B. C. grades according to amount of defects, A perfect, B and C with graduating defects. At the Hōshi lumber mill the damaged lumber caused by drying is classified according to the kinds of defect.

8. When tests show the presence of case hardening, the steam sprays are opened and lumber subjected to a steam bath with a relative humidity above 95 per cent until case hardening is removed.

III. Summary.

The results of author's experimental studies, which are illustrated in the table Nos. 3. 4. 5. and 6 of the main report is summarized as follows.

1. The period of kiln drying of lumber is affected not only by wood species or kind of lumber, but also the temperature, the humidity, the circulation of the air or other factors. Coniferous wood is usually easier for drying than hard wood. It does not need long period for drying, and lumber is not seriously injured by high temperature or low humidity.

2. The experiments had shown that, among coniferous wood, Sugi is easier to dry than Akamatsu, and Hinoki is harder than other two species. Among hard woods Katsura and Toneriko are the easiest to dry. In the case of Buna the evaporation of moisture is more rapid, and is likely to warp. Nara requires the longest period and the hardest one for drying, among the foregoing five species of wood.

3. Hastening the drying period with rising temperature or dropping of humidity caused defect even in species easy for drying.

4. The safe limit of temperature and humidity differ widely according to the different kind of lumber, different species, amount of moisture contents and other factors. At any rate a sudden change of drying temperature or humidity during a drying period is likely to cause defects, a higher initial temperature or lower humidity also brings about the same result. So, the drying should started at a low temperature and high humidity, and little rising and dropping of temperature and humidity respectively should be permitted until after moisture contents are reduced to about 30 per cent.

5. The rising of temperature should not be allowed more than 5 degrees at a time for hard wood and 7 degrees for coniferous wood. The dropping of humidity also should not be exceeded 5 per cent at a time for hard wood and 7 per cent for coniferous wood.

6. In accordance with the above mentioned facts, the range of drying temperature and humidity are concluded as Tables 7 and 8 in the main report.

7. The drying schedules for lumber of the size and eight species already referred to, should be done as illustrated in the Figs. 8~14 in the main report.

8. The degree of final moisture contents of kiln dried lumber must depend upon the purposes for which it may be used, but too much drying should not be needed, because reducing of the moisture contents increases the shrinkage of wood and its defects.

9. The time for steaming to remove the case hardening varies from 5 to 90 minutes depending upon the condition of internal stress.