

江原道産 참나무科 4樹種의 推定乾燥스케줄(제2보)

박종수¹⁾ · 김수창²⁾

The Estimated Drying Schedule of Fagaceae Four Species Grown in Kangwon-Do (II)

Jong-Su Park¹⁾ and Su-Chang Kim²⁾

要 約

江原道産 참나무科 4樹種의 乾燥特性을 파악코져 100℃에서 急速乾燥를 실시하여 乾燥中 含水率과 乾燥經過, 初期割裂(木口割裂과 表面割裂), 찌그리짐, 内部割裂 등의 乾燥缺陷을 조사하여 推定乾燥스케줄을 작성한 結果는 다음과 같다.

乾燥時間別 乾燥中 含水率은 初期含水率이 높은 판재일수록 急速한 曲線의 減少를 나타내었고 乾燥所要時間은 두께가 두꺼울수록, 初期含水率이 높을수록, 乾燥中 含水率 變化가 느린 樹種일수록 길었다. 또한, 두께가 두꺼울수록 割裂의 發生量이 증가하므로 乾燥初期의 條件을 완화하게 해야 함을 알 수 있었다.

ABSTRACT

This study was carried out to estimate drying schedule of Fagaceae four species grown in Kangwon-Do by oven-drying at 100°C which aimed to elucidate the characteristics such as current moisture content, drying process, initial check, collapse and internal check during drying following each board thickness (1.5cm, 2.5cm, 3.5cm, 4.5cm).

The results were as follows:

Current moisture content of each board showed a rapid drying curve with the high initial moisture content of board. With the high initial moisture content, the increase of board thickness and the slowness of changing rate of moisture content, species took long to do drying. Also, the initial conditions of drying had to be mild condition with the increase of board thickness.

Key words : Drying schedule, initial check, collapse, internal check, initial moisture content

1) 강원대학교 대학원 임산가공학과 : Dept. Wood Science and Technology, Graduate school, Kangwon National University

2) 강원대학교 임과대학 임산가공학과 : Dept. Wood Science and Technology, College of Forestry, Kangwon National University

I. 緒 論

木材는 임목시 수종, 임목조건, 기후, 수목 부위, 환경등에 따라 서로 성질이 다르게 나타난다. 木材는 생재시 30~200%까지의 含水率을 가지고 있으며, 利用시 목재의 物理的, 機械的 및 加工的 성질은 含水率의 차이에 의해 크게 달라진다. 生材는 乾燥가 진행됨에 따라서 목재 이용상 큰 缺陷중의 하나인 收縮이 발생하며 이들의 收縮量은 木理方向에 따라 다르므로 미리 사용할 장소에 적응할 수 있는 含水率로 조정해 두지 않으면 목재에 缺陷이 발생한다. 따라서 목재를 사용할 때에는 收縮, 비틀림 및 활렬 등을 防止하기 위해서 생재를 적정함수율로 乾燥하여야 한다.

또한, 木材는 樹種에 따라서 乾燥하기 쉬운材, 건조하기 어려운材, 割裂이 발생하기 쉬운材, 휨이 일어나기 쉬운材 등 각각의 特性을 지니고 있으므로 樹種 및 두께에 따라 人工乾燥시 適當한 乾燥스케줄을 選定하여야 한다.

본 研究의 供試 樹種인 참나무材는 비중이 크고 건조시 缺陷이 많이 발생되므로 건조하기 어려운 樹種이지만 나무결이 아름답고 強度와 耐久性이 좋아 유럽등 木材 工業의 선진국에서는 高級家具材와 내장재, 마루재 및 건축재 등에 다양하게 이용하고 있지만 건조 기술이 발전도상에 있는 우리나라에서는 그렇지 못한 실정이다. 참나무材는 전 국토에 걸쳐 분포되어 있고, 그 축적량은 3천8백만 m^3 로, 전 임목축적량의 32.5%를 차지하고 있다. 그런데도 人工保育을 하지않아 形質이 대단히 不良하고 공급 체계가 확립되어 있지 못하므로써 용도개발이 안되어 中·小徑材는 표고자목, 신탄재 등으로, 大徑材는 창고, 깔판, 신탄재, 펄프용재 등 附加價値가 대단히 낮은 용도재료만 이용되고 있다. 따라서, 본 研究에서는 高溫(100℃)에서 急速乾燥法으로 참나무材의 두께별 乾燥特性을 조사하여 개략적인 推定乾燥 스케줄을 작성해 봄으로써 適定乾燥스케줄 작성에 필요한 기초 자료를 얻고자 실시하였다.

II. 木材의 研究史

乾燥스케줄은 미국 임산물연구소 Torgeson 이 제창한 含水率 변화에 따르는 건조스케줄과 독일의 Keywerth의 수분경사에 따르는 건조스케줄 등이 주류를 이루고 있으나 전자가 널리 사용되고 있는 실정이다.

乾燥스케줄 작성에 관한 연구로는 Torgeson 이 乾燥가 어려운 참나무류를 熱氣乾燥時 乾燥缺陷을 최소화하는 溫度와 濕도에 관해 보고한 바 있으며, Rasmussen은 미국 임산물연구소의 연구결과와 다른 학자의 연구 결과를 종합하여 미국산 주요수종의 두께별 乾燥스케줄을 보고하였다. 최근에 McMillen은 미국 동부산 闊葉樹材의 乾燥스케줄을 보고하였다. 건조스케줄의 난점을 타개코자 寺澤은 일본산 목재인 크기가 일정한 試驗材를 100℃의 전건용 건조기에 넣어 건조하는 急速乾燥法과, 건조초기에 割裂의 難易를 판단코자 조각칼로 纖維와 直角方向으로 절삭하여 切削片의 곡률반경의 크기에 따라 건조의 초기조건을 부여하는 목재 건조스케줄의 簡易決定法에 대해 보고한 바 있다. 寺澤은 알몬(almon)材의 수축을 측정용의 試驗片(3×3×0.5cm)으로 細胞의 찌그러짐 발생정도를 측정하였으며, 또한 2cm두께의 板目生材를 100℃의 건조기에서 하루동안 건조하고 중앙부를 절단하여 內部割裂과 단면의 Collapse의 정도를 종래 실험된 목재와 비교 검토하여 개략의 찌그러짐의 特性을 파악할 수 있다고 하였다.

우리나라에서는 朴, 丁이 참나무등의 闊葉樹材, 金, 朴이 闊葉樹材인 참나무와 針葉樹材인 낙엽송과 잣나무에 대하여 100℃의 急速乾燥法을 적용하여 割裂의 정도와 乾燥時間을 측정하여 개략적인 研究特性을 보고한 바 있다.

III. 材料 및 方法

1. 供試樹種

본 연구를 실시하기 위하여 採取된 供試樹種은 본 대학교 연습림(강원도 춘천시 동산면 봉명 2리 2林班 나小班)에서 生育 상태가 良好한 떡갈나무(*Quercus dentata*), 신갈나무(*Quercus mongolia*), 굴참나무(*Quercus variabilis*), 갈참나무(*Quercus aliena*)를 1주씩 選定하여 採取하였으며 林地의 地形은 약 60° 급경사를 이루고 있으며 海拔은 400m정도이다. 供試樹種의 개요는 Table 1과 같다.

2. 供試片 製作

각 수종별로 흉고직경 25cm(떡갈), 13.8cm(신갈), 19.3cm(굴참), 20.0cm(갈참), 材長 1m 인 통직한 原木을 推定乾燥스케줄의 연구를 위한 供試片 가로(20cm)×세로(10cm)×두께(1.5, 2.5, 3.5, 4.5cm)로 10개씩 제작하였다. 推定乾燥스케줄 시편의 모양과 규격은 Fig. 1과 같다.

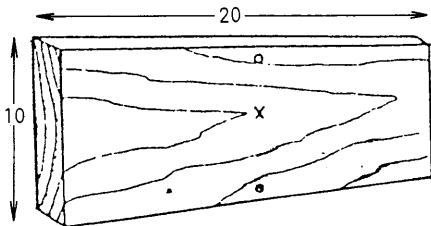


Fig.1. The shape and size of tested specimen.

3. 實驗 方法

3.1 推定乾燥스케줄

20cm×10cm×1.5cm(2.5, 3.5, 4.5cm)의 판목시험재를 제작한 후, 표면을 깨끗이 마무리한 다음 1주일간 침적시켰다.

침적후 시편을 꺼내어 시편들의 중량을 측정하고, 미리 온도를 100~105°C로 조절한 乾燥器에 試驗材의 판목면이 측면으로 되도록 세워서 넣은 후 약 1시간 간격으로 重量과 割裂을 측정하였다. 일정시간 경과 후 발생한 割裂이 좁아지기 시작할때 2, 4, 8, 16, 24시간 간격으로 적당히 시간을 연장하여 含水率 약 8%까지 重量만 측정하였다.

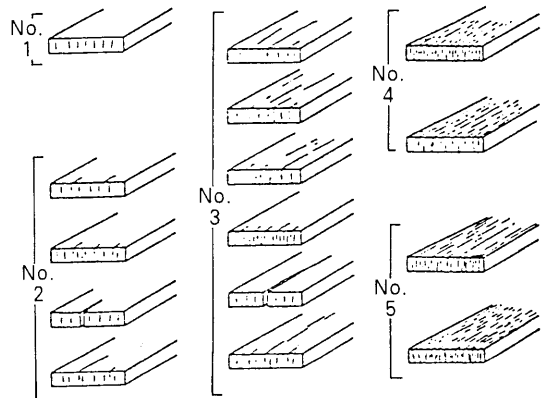


Fig. 2. The steps of initial check.

Table 1. Characteristics of examined materials

Scientific name	D.B.H(cm)	Tree age	Locality
<i>Quercus dentata</i>	25.0	33	Bongmyung, Chuncheon, Kangweon-Do
<i>Quercus mongolia</i>	13.8	35	
<i>Quercus variabilis</i>	19.3	33	
<i>Quercus aliena</i>	20.0	36	

다음에 試驗材를 길이방향의 중앙에서 切斷하고 Fig. 3에 나타난 것과 같이 절단면에 판단면의 각의 두께가 A각에서 1cm정도 들어간 판재의 두께 감소가 가장 큰 곳의 두께 B를 측정, Table 2에 의하여 단면의 collapse(찌그러짐)단계를 결정하였다.

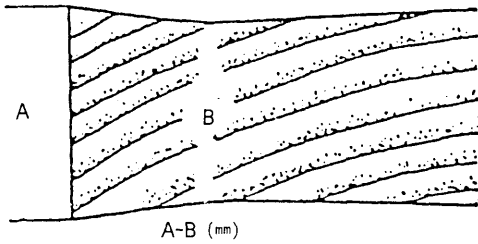


Fig.3. The measurement of collapse for section.

다음에 절단면에 있어서 内部割裂을 Fig. 4와 비교하여 内部割裂의 단계를 결정하였다.

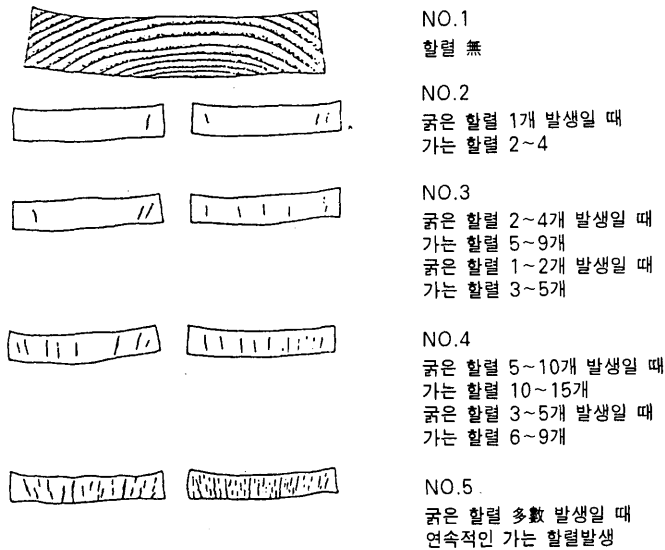


Fig. 4. The steps of internal check.

Table 2. The steps of collapse

Step of collapse	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5
A ~ B(mm)	0 ~ 0.4	0.5 ~ 0.9	1.0 ~ 1.9	2.0 ~ 3.4	3.5 ~

IV. 結果 및 考察

본 실험결과에서 얻어진 4樹種의 初期含水率, 比重 및 平均年輪幅은 Table 3과 같다.

1. 含水率과 乾燥經過

떡갈나무의 3樹種의 初期含水率이 最終含水率 약 8%에 이르는데 요하는 乾燥時間과 건조시간에 따른 두께별 含水率 變化는 Fig. 5와 같다. 본 실험 결과, 각 樹種의 두께별 初期平均含水率은 약간의 차이를 나타내고 있으며, 모든 판재의 初期平均含水率은 떡갈나무 63%, 신갈나무 58%, 굴참나무 58%, 갈참나무 66%로 수종별로 약간의 차이를 나타내고 있다. 건조중 함수율은 건조시간 경과에 따라 급속히 감소하였고, 특히 판재의 두께가 얇을수록 함수율의 減少는 보다 급속히 변화하였다.

Table 3. Initial moisture content, specific gravity and mean annual ring width of all species

Species	Moisture content(%)			Specific gravity			Mesn annual ring width(cm)
	Max.	Min.	Ave.	Max.	Min.	Ave	
<i>Quercus dentata</i>	67	61	63	0.72	0.62	0.68	0.758
<i>Quercus mongolia</i>	60	55	58	0.68	0.60	0.65	0.393
<i>Quercus variabilis</i>	60	57	58	0.71	0.63	0.68	0.583
<i>Quercus aliena</i>	69	60	66	0.71	0.60	0.65	0.556

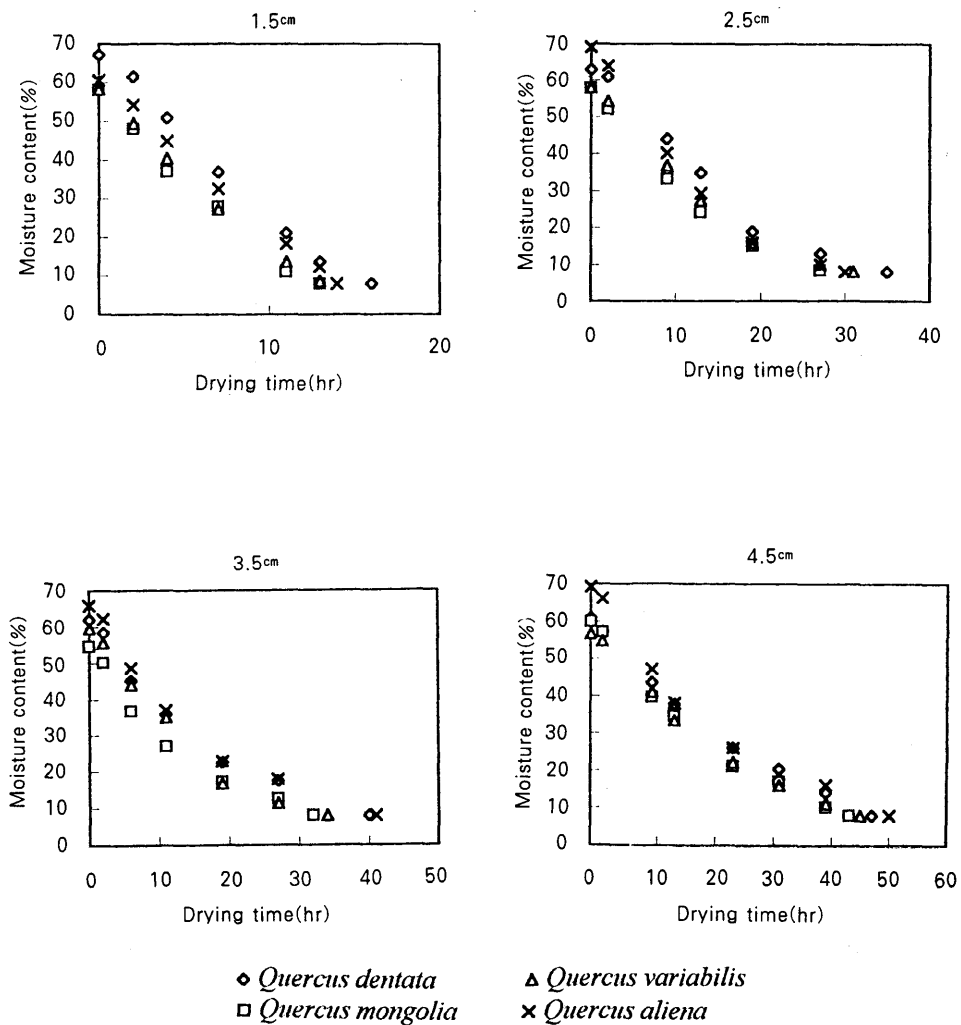


Fig. 5. Drying curve by 100°C oven-dry.

이상의 결과, 4수종의 초기함수율에서 최종 함수율 약 8%까지의 건조소요시간은 갈참나무와 떡갈나무가 굴참나무와 신갈나무보다 오랜 시간을 요하였으며, 1.5cm에 비해 4.5cm가 3~4배 정도 더 소요되었다. 4樹種의 初期含水率에서 最終含水率 약 8%까지의 건조소요시간은 판재의 두께가 두꺼울수록, 初期含水率이 높을수록 그리고 건조중 함수율의 변화가 느린 수종일수록 오랜시간을 요하였다.

2. 乾燥缺陷

떡갈나무의 3樹種의 건조초기의 割裂, 단면의 collapse 및 内部割裂에 대한 실험결과는 Table 4와 같다.

2.1 初期割裂

4樹種의 건조시간별 초기할렬의 發生量과 最大量의 발생시기는 Fig. 6과 같이 수종별, 두께별로 차이를 나타내고 있었다. 즉, 初期割裂의 발생량과 최대발생량은 굴참나무가 그 외의 수종보다 심하게 그리고 짧은 건조시간내에 나타났으며, 두께별 시간당 초기할렬수는 1.5cm인 경우 떡갈나무는 7시간에 41개, 신갈나무는 7시간에 36개, 굴참나무는 5시간에 113개, 갈참나무는 7시간에 44개. 2.5cm인 경우에는 떡갈나무는 9시간에 53개, 신갈나무는 9시간에 83개, 굴참나무는 5시간에 172개, 갈참나무는 9시간에 95개. 3.5cm인 경

Table 4. Drying defects of examined materials

Species	Thickness		Drying defects		
	(cm)	Initial check	Collapse	Internal check	
<i>Quercus dentata</i>	1.5	No. 3	No. 1	No. 3	
<i>Quercus mongolia</i>		No. 3	No. 1	No. 1	
<i>Quercus variabilis</i>		No. 4	No. 1	No. 2	
<i>Quercus aliena</i>		No. 3	No. 1	No. 2	
<i>Quercus dentata</i>	2.5	No. 3	No. 1	No. 4	
<i>Quercus mongolia</i>		No. 4	No. 1	No. 3	
<i>Quercus variabilis</i>		No. 4	No. 1	No. 4	
<i>Quercus aliena</i>		No. 4	No. 1	No. 3	
<i>Quercus dentata</i>	3.5	No. 4	No. 1	No. 4	
<i>Quercus mongolia</i>		No. 4	No. 1	No. 3	
<i>Quercus variabilis</i>		No. 5	No. 1	No. 4	
<i>Quercus aliena</i>		No. 4	No. 1	No. 4	
<i>Quercus dentata</i>	4.5	No. 4	No. 1	No. 5	
<i>Quercus mongolia</i>		No. 4	No. 1	No. 5	
<i>Quercus variabilis</i>		No. 5	No. 1	No. 5	
<i>Quercus aliena</i>		No. 4	No. 1	No. 5	

우에는 떡갈나무는 6시간에 102개, 신갈나무는 7시간에 90개, 굴참나무는 7시간에 259개, 갈참나무는 7시간에 97개. 4.5cm인 경우에는 떡갈나무는 9시간에 213개, 신갈나무는 7시간에 103개, 굴참나무는 7시간에 273개, 갈참나무는 9시간에 118개였다. 이상의 결과에서 두께가 두꺼울수록 初期割裂의 發生量이 많음을 알 수 있었다.

2.2 Collapse

4樹種에 발생한 collapse는 Table 4와 같

이 수종별, 두께별로 모두 No.1을 나타내었다. 즉, collapse는 初期割裂 및 內部割裂에 비하여 발생정도가 매우 적음을 알 수 있었다.

2.3 內部割裂

모든 樹種의 내부할렬의 발생정도는 Table 4와 같이 수종별로는 떡갈나무와 굴참나무가 신갈나무, 갈참나무보다 더 심하게 발생하였다. 또한, 두께별로 內部割裂의 정도는 두께가 두꺼울수록 內部割裂이 심하게 발생하는 경향을 보였다.

Table 5. Drying condition by the steps of defects (unit:℃)

Drying defects	Drying condition	Steps of defects				
		No.1	No.2	No.3	No.4	No.5
Initial check	Temp. of first Drying	70	60	55	50	45
	Wet bulb depression	7.0	5.0	3.0	2.0	2.0
	Temp. of last Drying	95	90	80	80	80
Collapse	Temp. of first Drying	70	60	55	50	45
	Wet bulb depression	7.0	5.0	4.0	3.0	2.5
	Temp. of last Drying	95	90	80	75	70
Internal check	Temp. of first Drying	70	50	50	50	45
	Wet bulb depression	7.0	5.0	4.0	3.0	2.5
	Temp. of last Drying	95	80	75	70	70

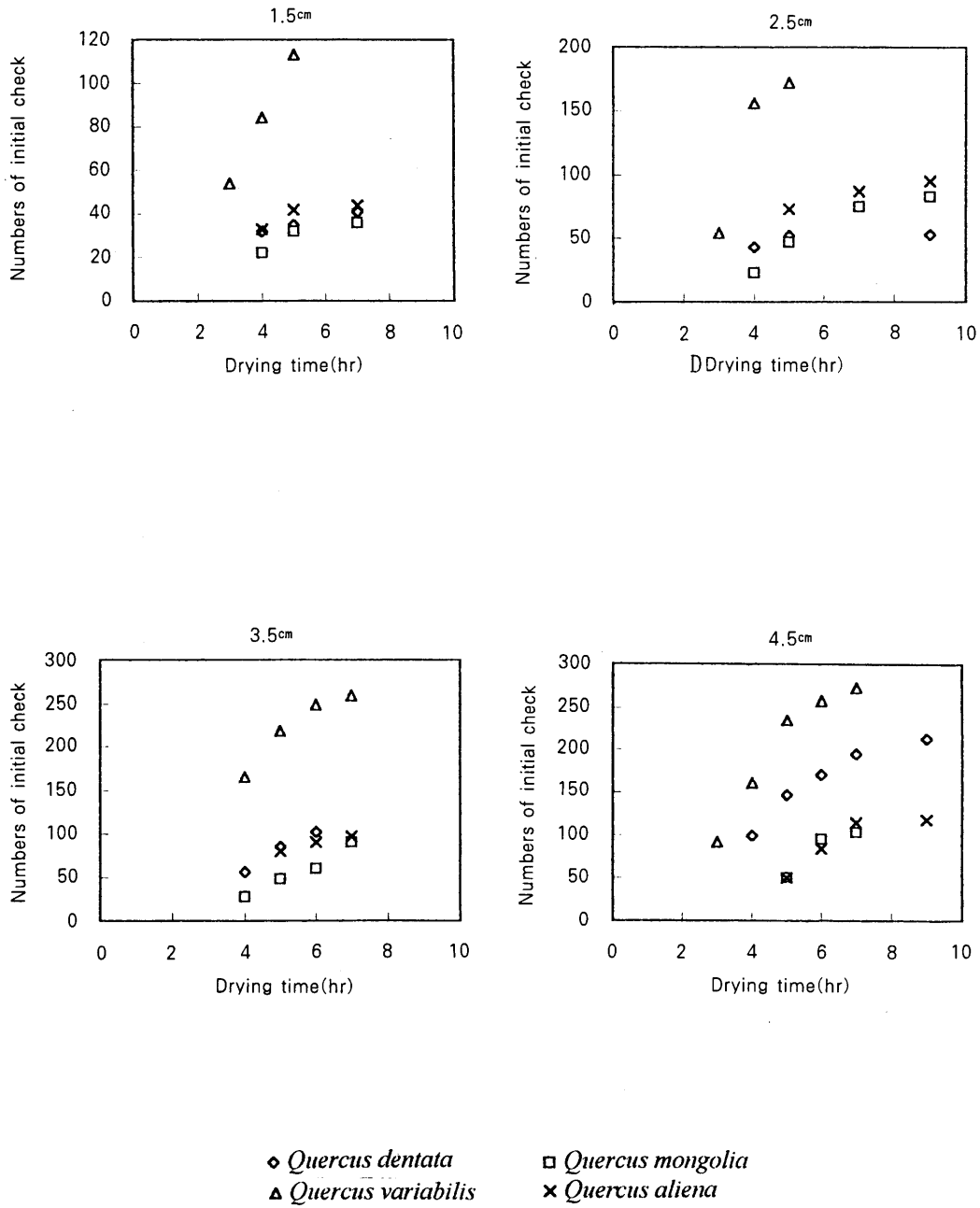


Fig.6. Numbers of initial check of each thickness at different drying time.

Table 6. Estimated drying condition of all trees (unit : °C)

	Thickness (cm)	Temp. of first Drying				Wet bulb depression				Temp. of last Drying			
		A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
Initial check	1.5	55	55	50	55	3.0	3.0	2.0	3.0	80	80	80	80
Collapse		70	70	70	70	7.0	7.0	7.0	7.0	95	95	95	95
Internal check		50	70	55	55	4.0	7.0	5.0	5.0	75	95	80	80
Estimated drying condition		50	55	50	55	3.0	3.0	2.0	3.0	75	80	80	80
Initial check	2.5	55	50	50	50	3.0	2.0	2.0	2.0	80	80	80	80
Collapse		70	70	70	70	7.0	7.0	7.0	7.0	95	95	95	95
Internal check		50	50	50	50	3.0	4.0	3.0	4.0	70	75	70	75
Estimated drying condition		50	50	50	50	3.0	4.0	3.0	4.0	70	75	70	75
Initial check	3.5	50	50	45	50	2.0	2.0	2.0	2.0	80	80	80	80
Collapse		70	70	70	70	7.0	7.0	7.0	7.0	95	95	95	95
Internal check		50	50	50	50	3.0	4.0	3.0	3.0	70	75	70	70
Estimated drying condition		50	50	50	50	2.0	2.0	2.0	2.0	70	75	70	70
Initial check	4.5	50	50	45	50	2.0	2.0	2.0	2.0	70	75	70	70
Collapse		70	70	70	70	7.0	7.0	7.0	7.0	95	95	95	95
Internal check		45	45	45	45	2.5	2.5	2.5	2.5	70	70	70	70
Estimated drying condition		45	45	45	45	2.0	2.0	2.0	2.0	70	70	70	70

*Quercus dentata (A)
 *Quercus mongolia (B)
 *Quercus variabilis (C)
 *Quercus aliena (D)

Table 9. The estimated schedule of all species

Thickness (cm)	Moisture content(%)	Temperature (°C)				Wet-bulb depression(°C)			
		A	B	C	D	A	B	C	D
1.5	67~40	50				3.0			
	60~35				55				3.0
	58~35		55	50			3.0	2.0	
	40~35	50				4.0			
	35~30	50	55	50	55	6.0	4.0	3.0	4.0
	30~25	55	60	55	60	11	6.0	4.5	6.0
	25~20	60	65	60	65	20	11	8.0	11
	20~15	65	70	65	70	28	20	17	20
	15~末	70	80	80	80	28	28	28	28
2.5	69~40				50				2.0
	63~40	50				3.0			
	58~35		50	50			2.0	2.0	
	40~35	50			50	4.0			3.0
	35~30	50	50	50	50	6.0	3.0	3.0	4.5
	30~25	55	55	55	55	11	4.5	4.5	8.0
	25~20	60	60	60	60	20	8.0	8.0	17
	20~15	65	65	65	65	28	17	17	28
	15~末	70	70	70	70	28	28	28	28
3.5	66~40				50				2.0
	62~40			50				2.0	
	60~35	50				2.0			
	55~35		50				2.0		
	40~35			50	50			3.0	3.0
	35~30	50	50	50	50	3.0	3.0	4.5	4.5
	30~25	55	55	55	55	4.5	4.5	8.0	8.0
	25~20	60	60	60	60	8.0	8.0	17	17
	20~15	65	65	65	65	17	17	28	28
15~末	70	70	70	70	28	28	28	28	
4.5	69~40				45				2.0
	61~40	45				2.0			
	60~35		45				2.0		
	57~35			45				2.0	
	40~35	45			45	3.0			3.0
	35~30	45	45	45	45	4.5	3.0	3.0	4.5
	30~25	50	50	50	50	8.0	4.5	4.5	8.0
	25~20	55	55	55	55	17	8.0	8.0	17
	20~15	60	60	60	60	28	17	17	28
15~末	70	70	70	70	28	28	28	28	

**Quercus dentata* (A)
Quercus mongolia (B)
Quercus variabilis (C)
Quercus aliena (D)

구해진 추정건조스케줄을 보면 떡갈나무는 판재두께가 1.5cm T5-C3, 2.5cm T5-C3, 3.5cm T5-B2, 4.5cm T3-C2, 신갈나무는 1.5cm T8-B3, 2.5cm T5-B2, 3.5cm T5-B2, 4.5cm T3-B2, 굴참나무는 1.5cm T6-B2, 2.5cm T5-B2, 3.5cm T5-C2, 4.5cm T3-B2, 갈참나무는 1.5cm T8-B3, 2.5cm T5-C2, 3.5cm T5-C2, 4.5cm T3-C2 이다. 따라서 판재두께가 두꺼울수록 乾燥初期의 조건을 가장 완화하게 해야함을 알 수 있었다.

IV. 結 論

江原大學校 연습림산 참나무科 4樹種(떡갈나무, 신갈나무, 굴참나무, 갈참나무)의 乾燥特性을 파악하고자 100℃에서 急速乾燥를 실시하여 건조중 함수율과 건조경과, 초기할렬, collapse, 내부할렬 등의 乾燥缺陷을 조사하여 推定乾燥스케줄을 작성한 結果는 다음과 같다.

1. 乾燥時間別 건조중 함수율은 판재의 初期含水率이 높을수록 두께가 두꺼울수록 急速한 曲線의 減少를 나타내었다.
2. 初期含水率에서 最終含水率 약 8%까지의 건조소요시간은 두께가 두꺼울수록, 초기 함수율이 높을수록 그리고 건조중 含水率變化가 느린 樹種일수록 길었다.
3. 初期割裂의 發生量과 最大發生量은 굴참나무가 그외의 3樹種보다 심하게 그리고 짧은 건조시간 내에 나타났으며, 두께가 두꺼울수록 초기할렬의 발생량이 많음을 알 수 있었다.
4. 모든 樹種의 collapse는 初期割裂과 內部割裂에 비해 발생량이 매우 적게 나타났고, 내부할렬은 떡갈나무와 굴참나무가 신갈나무와 갈참나무보다 더 심하게 발생하였으며 두께가 두꺼울수록 심한 경향을 보였다.
5. 구해진 推定乾燥스케줄에서 보면 판재 두께가 두꺼울수록 乾燥初期의 조건을 가장

완화하게 해야함을 알 수 있었다.

參 考 文 獻

1. 김수창, 박종수. 1994. 강원대 삼림과학연보. 강원도산 참나무과 4수종의 추정건조스케줄
2. 김수창, 박종수. 1995. 강원대 삼림과학연보. 낙엽송과 잣나무재의 추정건조스케줄
3. 박상진, 이용대, 조재명, 정병재. 1975. 특용활엽수재의 인공건조 schedule(I)임업시험장연구보고. 22: 47- 58
4. 寺澤眞. 1965. 木材工業 Vol. 20(5)
5. 寺澤眞. 1979. 家具材の人工乾燥. 木材工業·Vol. 34(11)
6. 林業試驗場. 1968. 試驗研究報告書. 981-1014pp
7. 林和男, 寺澤眞. 1977. 飽水 balsa材の細胞の lapseに關する研究(4). 木材誌:23(25)
8. 정병재, 이은철, 오광인, 김종영. 1973. 수출용 목재가공품의 품질개선에 관한 연구
9. Keylwerth, R. 1951. Holz Roh-Werks toff. 9(7)
10. McMillen, J.M. and Wengert, E.M. 1978. U.S.D.A. Forest Serv. Agri. Handbook No. 528
11. McMillen, J.M. 1968. Accelerated kiln-drying of presurfaced lynch northern red oak. U.S.D.A. Forest service. Forest prod. Lab. Note 122
12. Rasmussen, E.F. 1961. Dry Kiln. U.S.D.A. Forest Serv. Agri. Handbook No.188
13. Simpson, W.T. 1976. steaming northern red oak to reduce kiln-drying time. Forest Prod. J26(10):35-36
14. Torgeson, O.W. 1951. What precaution will minimize seasoning defects in kiln drying of green oak lumber. U.S. Dept. Agr. Forest Serv. R.D. 176:9-11