

밤나무와 오동나무 響板用材의 屋外와 屋內 天然乾燥 速度의 比較*¹

鄭希錫² · 俞泰慶²

Comparisons of Rates of Air Drying and Shed Drying for Chestnut and Paulownia Soundboards*¹

Hee-Suk Jung² and Tae-Kyung Yoo²

요 약

우리 전통 악기용 밤나무와 오동나무 향판용재를 여름 초순부터 잔적하여 70일간 옥외 천연건조와 150일간 옥내 천연건조하여 함수율, 건조속도 및 건조시간을 비교하였다. 밤나무 판재의 평균 최종함수율과 건조속도는 옥외천연건조의 경우 각각 20.6%와 0.78%/日이었고, 옥내 천연건조의 경우 각각 16.6%와 0.44%/日이었다. 오동나무 판재의 평균 최종함수율과 건조속도는 옥외 천연건조의 경우 각각 16.7%와 1.53%/日이었고, 옥내 천연건조의 경우 각각 13.5%와 0.77%/日이었다. 이들 수종의 옥외 평균 천연건조속도는 옥내 경우보다 2배 정도 더 컸었는데 섬유포화점(30%) 이상에서 매우 컸었으며 감율건조하다가, 섬유포화점 이하에서는 불규칙하게 감소하였다. 그러나 옥내 천연건조속도는 밤나무의 경우 함수율 55% 이상, 그리고 오동나무의 경우는 함수율 80% 이상에서 컸었으며 감율건조하다가, 이들 함수율 이하부터 불규칙하게 감소하였다.

ABSTRACT

Chestnut and paulownia boards for the traditional musical instruments were air dried to compare moisture contents(MC), drying rates and drying times between the air drying for 70 days in a yard and the shed drying for 150 days in a closed shed when piled in early June. An average final MC and the drying rate of chestnut boards were 20.6 percent and 0.78%/day for the air drying, and 16.6 percent and 0.44%/day for the shed drying. An average final MC and the drying rate of paulownia boards were 16.7 percent and 1.53%/day for the air drying, and 13.5 percent and 0.77%/day for the shed drying. Drying rates of air-dried boards were nearly twice as high as those of shed-dried boards for both species. Air drying rates of chestnut and paulownia boards were very high and exhibited falling drying rate above the fiber saturation point(30%), and then decreased irregularly. However, shed drying rates of chestnut and paulownia boards were high and exhibited falling drying rate above 55 percent MC for chestnut boards and above 80 percent MC for paulownia boards, and then decreased irregularly.

Key words : chestnut, paulownia, musical instrument, drying rate, drying time, final MC, air-dried board, shed-dried board

¹ 接受 1998年 8月 5日 Received on August 5, 1998.

² 서울대학교 농업생명과학대학 College of Agriculture and Life Science, Seoul National University, Suwon 441-744, Korea.

* 본 연구는 1997년도 한국과학재단 핵심전문연구과제(과제번호 971-0607-055-2)의 연구비 지원에 의한 연구결과물의 일부임.

서 론

목재 천연건조의 소요시간, 건조도와 건조결함의 발생정도 등은 재종, 건조장 및 잔적 조건 뿐만 아니라 기후조건에 크게 좌우된다. 천연건조는 대부분 옥외천연건조를 실시하나, 건조곤란 목재라든가 귀중재의 건조 등 필요성에 따라 옥내건조를 실시하는 경우도 있다. 우리나라에서 전통약기용 밤나무와 오동나무 등의 향판용재는 관행적으로 인공건조를 하지 않고 옥외 또는 옥내 천연건조를 실시하고 있는데, 향판의 품질을 유지하는 측면에서 보면 옥내 천연건조가 더 유리할 것으로 믿어지나 옥외와 옥내 천연 건조성의 차이에 대하여 전혀 보고되어 있지 않다.

Rietz와 Page(1971)는 강수량이 많은 지역에서 귀중재와 건조곤란 목재 등은 옥내건조를 실시함으로써 강수에 의한 흡습, 표면할렬, 변색 및 노화(weathering)를 예방할 수 있다고 보고하였고, Pratt(1974)는 서부 스코틀랜드 지역에서 10월부터 1년간 천연건조 기간 중 두께 5cm의 시트카 스프루스 제재목의 옥외와 옥내 천연건조의 비교에서 옥내 천연건조속도가 더 컸음을 보고하였으며, McMillen과 Wengert(1978)는 강수량이 많은 지역에서 옥내 천연건조는 건조목의 재흡습(rewetting)을 막을 수 있기 때문에 천연건조의 표준건조기간보다 소요시간이 절반 정도 단축되거나, 또는 인공건조에서 증발시켜야 할 수분량을 크게 줄일 수 있다고 보고하였다. Tsoumis와 Voulgaridis(1980)는 그리스에서 12월~3월 소나무와 잣나무 등 두께 2.5cm 판재의 옥외와 옥내 천연건조의 비교에서 옥내건조가 느렸음을 보고하였으며, Denig와 Wengert(1982)는 red oak와 yellow poplar 제재목의 건조속도를 초기함수율, 일일 평균 기온 및 상대습도의 상관관계를 이용하여 천연건조 함수율 감소를 추정하였다. 정희석 등(1997)은 낙엽송류와 라디아타 소나무 판재류와 각재류의 4계절별 천연건조속도의 비교에서 계절별 기건 함수율 수준까지 소요되는 건조일수는 춘기, 하기 및 추기 건조간에는 거의 유사하였으나 동기건조에서는 2배 이상 소요됨을 보고하였고, 정희석 등(1986)은 소나무와 리기다 소나무의 제재의 천연건조중 함수율과 기상 자료간의 상관관계식을 보고하였다. 이상과 같이 외국에서는 옥외와 옥내 천연건조의 비교 연구가 보

고되고 있으나, 국내에는 주로 계절 또는 기상조건과 천연건조의 관계 등에 대해서만 보고되었을 뿐, 옥내 천연건조에 관해서는 보고되지 않고 있다.

따라서 본 연구에서는 우리나라 전통약기에 쓰이고 있는 밤나무와 오동나무 향판용재의 옥외와 옥내 천연건조간의 건조곡선, 건조속도 및 최종 함수율의 차이를 알고저 실시하였다.

재료 및 방법

1. 공시 원목

공시수종은 우리나라 전통약기에 관용적으로 사용되고 있는 수종으로서 현악기의 뒷판에 쓰이고 있는 국산 밤나무(*Castanea crenata* S. et Z.)와 타악기에 쓰이고 있는 오동나무(*Paulownia Fortunei* S. et Z.)를 공시하였다.

시험에 사용한 밤나무와 오동나무 원목의 수량은 각각 5본과 4본이며, 이들 원목의 지름과 길이는 밤나무 원목의 경우 각각 26~42cm와 1.2~1.8m이고, 오동나무 원목의 경우 각각 30~36cm와 1.5~1.8m 범위인 원목을 공시하였다.

2. 공시판재

모든 공시원목은 수를 중심으로 2개의 프리치(flitch)로 배할하여 각각 옥외 천연건조용과 옥내 천연건조(실내유건)용으로 사용하였다. 모든 프리치는 공시판재의 두께를 2.5cm로 정하고, 판재의 최소폭이 20cm가 될 때까지 활제재법(live sawing)으로 제재하였고, 수종별 판재폭은 밤나무의 경우 20~42cm범위이고 오동나무의 경우 20~36cm범위이었다. 수종별 옥외와 옥내 천연건조용 판재 수량은 밤나무의 경우 각각 25본과 29본이고, 오동나무의 경우 각각 19본과 22본이었다. 시험재(sample board)는 각 프리치에서 수를 중심으로 하여 짝을 지워 동수가 되도록 프리치의 수쪽에 인접하여 제제한 판재 2~3본을 선정하였다. 수종별 옥외와 옥내 천연건조용 시험재의 수량, 초기함수율 및 기건비중은 Table 1의 내용과 같다.

3. 잔적

천연 건조장소는 수원시 서둔동 소재의 옥외 건조장과 콘서트 건물인 밀폐된 옥내 건조장(closed shed)을 이용하였다. 시험재는 잔적층의

Table 1. Number, initial MC, and specific gravity based on air dried volume of sample board.

Drying methods	Species	No. of sample board (pcs)	Initial MC(%)	Air-dry specific gravity
Air drying	Chestnut	14	75.0(13.9)*	0.55(0.02)
	Paulownia	12	123.9(24.6)	0.27(0.01)
Shed drying	Chestnut	14	82.8(14.2)	0.59(0.03)
	Paulownia	12	128.5(22.8)	0.29(0.03)

* Values in round brackets indicate standard deviation.

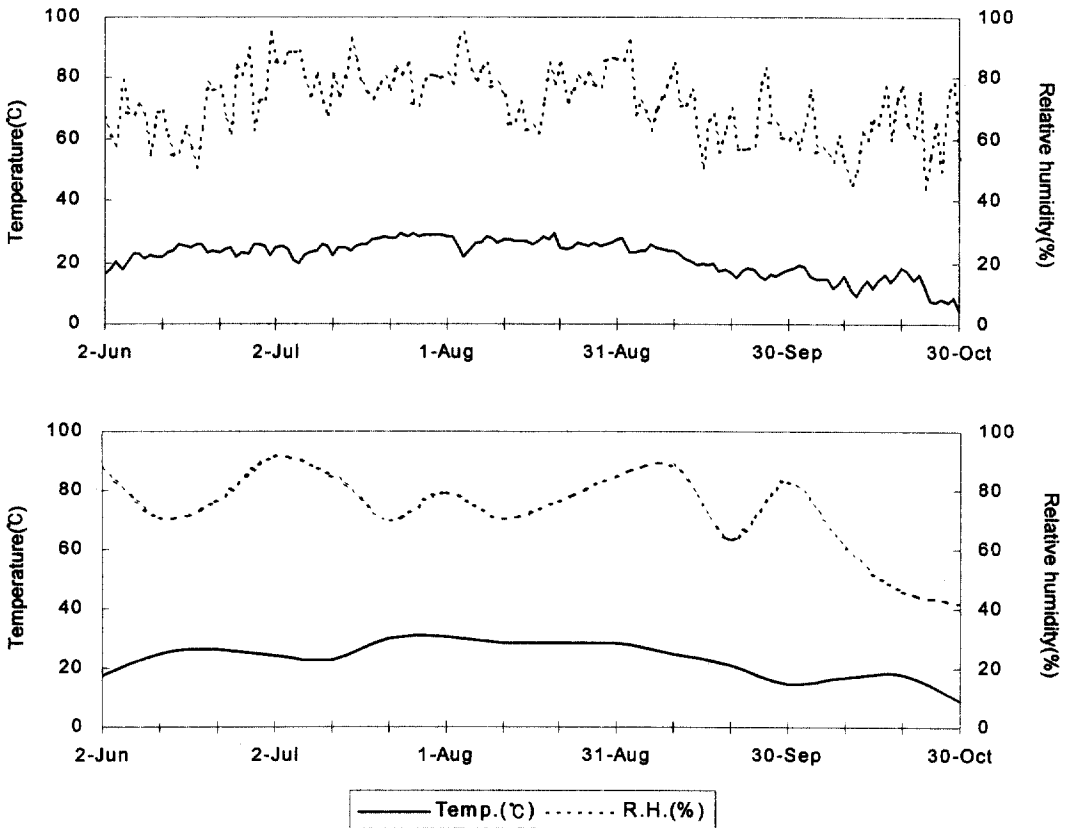


Fig. 1. Temperature and relative humidity in yard and shed during the air drying test. (Top) : Yard. (Bottom) : Shed.

중간높이 부위에 위치시켰다. 옥외와 옥내 천연 건조 잔적의 기초 높이는 각각 지상고 45cm와 7cm이고, 옥외 잔적의 지붕은 잔적의 넓이보다 사방으로 20cm정도 크게 하였다. 잔목 두께는 1.3cm이고, 재간간격은 2.5cm 정도 되게 잔적하였다. 옥외와 옥내 천연건조는 같은 날 1997년 6월 2일에 잔적한 후, 시험재가 기건상태에 거의 도달되어진 기간으로서 옥외 천연건조는 동년 8월 11일까지 70일간이었고, 옥내 천연건조는 동

년 10월 30일까지 150일간 잔적하였다.

4. 함수율과 건조속도

수종별 옥외와 옥내 천연건조용 시험재는 잔적 직전에 무게를 측정후 건조가 종료될 때까지 10일 간격으로 무게를 측정하였다. 최종함수율은 천연건조 종료시에 시험재의 재장 중간 부위에서 최종함수율 시험편을 채취하여 건건법에 의거 측정하고, 이 최종함수율에 의거하여 시험재의 전

건무계를 계산한 후 건조중합수율을 구하여 건조 곡선을 작성하였다. 그리고 천연건조 10일 간격으로 증발 수분량을 구하여 일일당 건조속도를 계산하여 수종별로 옥외와 옥내 천연건조 속도를 비교하였다.

5. 온도와 상대습도 등 공기 조건

옥외 천연건조에 영향하는 온도, 상대습도, 풍속과 강수량은 천연건조장과 인접한 수원 기상대에서 측정된 기상자료를 활용하였으며, 천연건조 기간 중 온도와 상대습도의 일일 평균치와 표준

편차는 각각 $24.8 \pm 2.9^\circ\text{C}$ 와 $75.6 \pm 10.2\%$ 이고 (Fig. 1), 측정기간별 평균 풍속과 강수량은 Table 2의 내용과 같다.

옥내천연건조장의 온도와 상대습도는 10일 간격으로 오전 11시에 측정하였으며, 건조기간 중 온도와 상대습도의 변화는 Fig. 1과 같고, 온도와 상대습도의 일일 평균치와 표준편차는 각각 $22.8 \pm 6.2^\circ\text{C}$ 와 $73.5 \pm 14.5\%$ 이었다. 그리고 옥내의 풍속은 밀폐된 공간이므로 거의 무풍상태이었다.

결과 및 고찰

1. 건조곡선

밤나무의 옥외와 옥내 천연건조곡선은 Fig. 2와 같다. 옥외 천연건조의 경우 평균 초기함수율과 표준편차가 $75.0 \pm 13.9\%$ 으로부터 전건조기간(70일)의 평균 최종함수율과 표준편차는 $20.6 \pm 1.2\%$ 까지 감소하였고, 옥내 천연건조의 경우 평균 초기함수율과 표준편차가 $82.8 \pm 14.2\%$ 으로부터 전건조기간(150일)의 평균 최종함수율과 표준편차는 $16.6 \pm 0.6\%$ 까지 감소하였다. 옥외 천연건조의 경우 초기 건조기간 20일 동안에 함수율 33.8%까지 매우 급속하게 감소하였고, 그 이후 서서히 거의 직선적으로 감소하였다. 그러나 옥내 천연건조의 경우 초기 건조기간 10일 동안에 함수율 66.7%까지 매우 급속하게 감소하였고, 그 이후 건조기간 100일 동안에 함수율 20.8%까지 비교적 급속하게 감소되었으며, 그 이후 건조기간 40일 동안에 함수율 16.6%까지 매우 완만하게 감소하였다. 옥내 천연건조를 옥외 천연건조와 동일한 건조기간(70일)에서 함수율을 비교

Table 2. Average wind speed and total precipitation during the air drying.

No.	Drying period	Wind speed (m/s)	Precipitation (mm)
1	Jun, 2 - 12	1.8(0.5)*	7.8
2	Jun, 12 - 22	1.5(0.2)	19.3
3	Jun, 22 - Jul, 2	1.2(0.5)	262.8
4	Jul, 2 - 12	1.9(1.2)	65.5
5	Jul, 12 - 22	1.6(0.4)	74.8
6	Jul, 22 - Aug, 1	1.4(0.2)	50.0
7	Aug, 1 - 11	1.6(0.5)	273.2
8	Aug, 11 - 21	2.4(0.4)	9.2
9	Aug, 21 - 31	1.7(0.7)	15.7
10	Aug, 31 - Sep, 10	1.5(0.5)	7.7
11	Sep, 10 - 20	2.0(0.9)	2.0
12	Sep, 20 - 30	1.4(0.5)	16.4
13	Sep, 30 - Oct, 10	1.3(0.4)	5.1
14	Oct, 10 - 20	1.9(0.6)	35.2
15	Oct, 20 - 30	1.9(0.7)	12.0

* Values in round brackets indicate standard deviation.

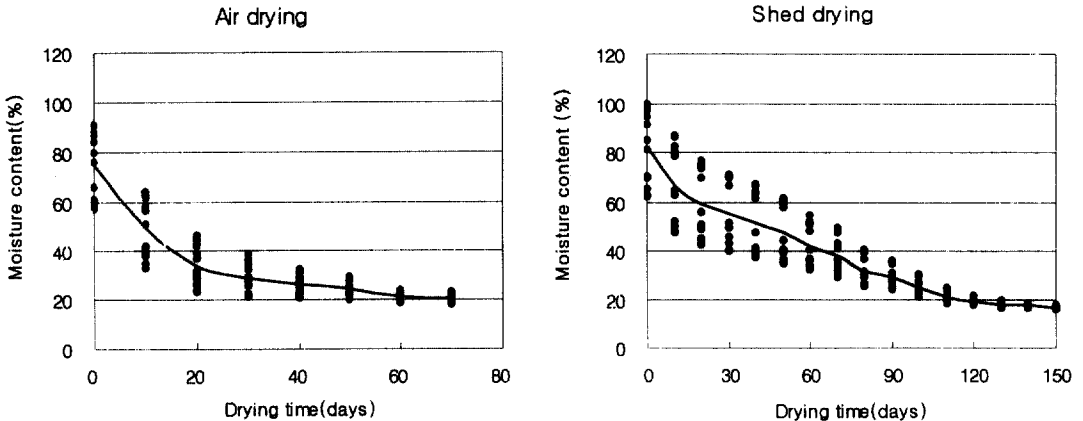


Fig. 2. Relationship between drying times and moisture contents of chestnut boards.

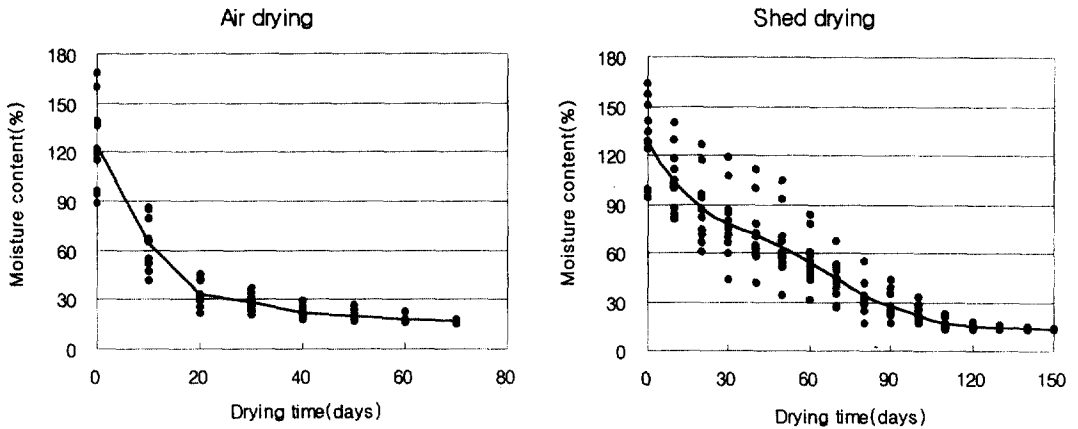


Fig. 3. Relationship between drying times and moisture contents of paulownia boards.

하여 보면 옥내 천연건조의 함수율은 38.2%로서 높았으며 옥내 천연건조가 매우 느렸다.

오동나무의 옥외와 옥내 천연건조 기간별 건조곡선은 Fig. 3과 같다. 옥외 천연건조의 경우 평균 초기함수율과 표준편차가 $123.9 \pm 24.6\%$ 으로부터 전건조기간(70일)의 평균 최종함수율과 표준편차는 $16.7 \pm 1.0\%$ 까지 건조되었고, 옥내 천연건조의 경우 평균 초기함수율과 표준편차가 $128.5 \pm 22.8\%$ 으로부터 전건조기간(150일)의 평균 최종함수율과 표준편차는 $13.5 \pm 0.5\%$ 까지 감소되었다. 옥외 천연건조의 경우 초기 전건조기간 20일 동안에 함수율 33.6%까지 매우 급속하게 감소되었고, 그 이후 매우 완만하게 거의 직선적으로 감소되었다. 옥내 천연건조의 경우 초기 전건조기간 20일 동안에 함수율 87.9%까지 매우 급속하게 감소되었고, 그 이후 건조기간 90일 동안에 함수율 16.8%까지 급속하게 거의 직선적으로 감소되었으며, 그 이후부터는 매우 완만하게 감소하였다. 옥내 천연건조를 옥외 천연건조와 동일한 전건조기간(70일)에서 함수율을 비교하여 보면 옥내 천연건조의 함수율은 44.9%로서 매우 높았으며 옥내 천연건조가 매우 느림을 알 수 있었다.

밤나무와 오동나무는 모두 옥내 천연건조가 옥외의 경우보다 느렸는데, 이는 Pratt(1974)의 두께 5cm 스프루스 제재목의 옥내 천연건조속도가 더 컸다는 보고와는 상치되었으나, Tsoumis와 Voulgaridis(1980)의 두께 2.5cm 소나무와 잣나무 등 판재의 옥내 천연건조가 옥외의 경우보다 느렸다는 보고와 일치하였다. 이와 같이 보고자간에 옥외와 옥내 천연건조 비교의 차이는 건조

장의 기상조건 및 잔적지붕의 크기 및 설치여부와 밀접한 관계가 있게 된다. 지역에 따라 폭풍우가 심하거나 잔적지붕이 불완전하여 빗물이 잔적으로 스며들 경우에 건조중인 목재는 흡수되어지고 목재의 흡수량에 따라 옥외와 옥내의 함수율 차이가 크게 달라질 수 있다.

2. 건조속도

밤나무의 옥외와 옥내 천연건조속도는 Fig. 4와 같이, 옥외와 옥내 천연건조간에 상당한 차이가 있었다. 옥외 천연건조속도는 초기함수율(75.0%)부터 함수율 약 30% 범위까지는 매우 컸으며 대수 곡선적으로 감율건조되다가, 그 이후부터 건조종기까지 매우 느렸으며 불규칙한 감소곡선을 나타내었다. 또한 옥내 천연건조속도는 초기함수율(82.8%)부터 함수율 약 55% 범위까지는 매우 컸었고 거의 직선적으로 감율건조하다가, 그 이후부터 건조종기까지 매우 작았고 불규칙한 감소곡선을 나타내고 있었다. 밤나무의 옥외 천연건조 초기 10일동안의 건조속도는 2.57%/日이고, 전건조기간의 평균건조속도는 0.78%/日이었으나, 옥내 천연건조 초기 10일동안의 평균건조속도는 1.60%/日이고 전건조기간의 경우 0.44%/日이었다.

오동나무의 옥외 천연건조속도는 Fig. 4와 같이, 초기함수율(123.9%)부터 약 30% 범위까지 매우 컸었고 대수 곡선적으로 감율건조하다가, 그 이후부터 건조종기까지 매우 적었고 불규칙하게 감소하였다. 옥내 천연건조속도는 초기함수율(128.5%)부터 함수율 80% 범위까지 매우 컸으며 거의 직선적으로 감율건조하다가, 그 이후

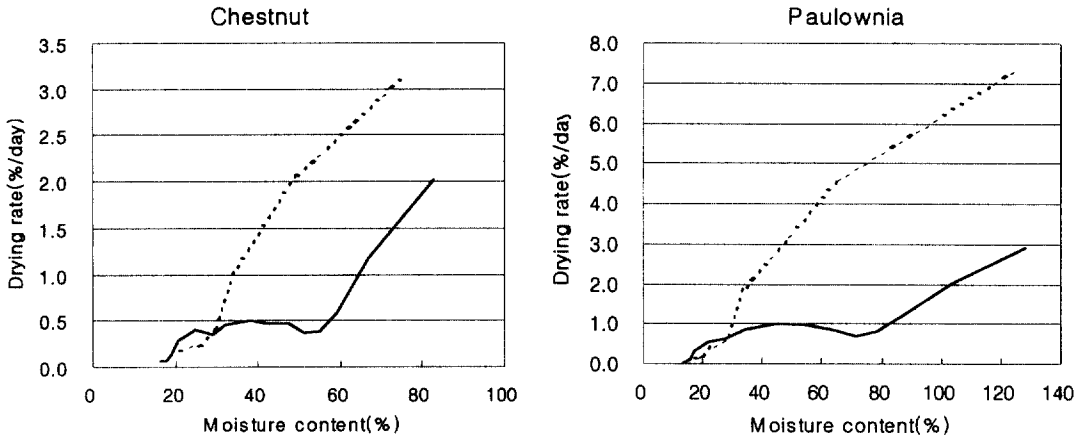


Fig. 4. Drying curves of chestnut and paulownia boards during the air drying and the shed drying. (Dashed line) : Air drying. (Solid line) : Shed drying.

건조 종기까지 불규칙하게 감소하였다. 이와 같이 건조곡선의 불규칙한 변화는 측정기간 중의 외주 공기의 온도와 상대습도의 변동 등에 기인된 것으로 생각된다. 오동나무의 건조초기 10일 동안 옥외와 옥내 천연건조속도는 각각 5.91%/日과 2.48%/日로서 매우 컸었고, 옥외와 옥내 전건조기간의 평균건조속도는 각각 1.53%/日과 0.77%/日이었다. 이와 같이 밤나무와 오동나무의 옥외 천연건조속도는 옥내의 것보다 거의 두 배정도 컸었다.

옥외의 온도와 상대습도는 옥내의 것보다 약간 높았는데 온도가 상승하면 건조가 촉진되고 상대습도가 올라가면 건조가 지연됨을 고려하면 이 정도의 온도와 상대습도의 차이가 건조속도에 미치는 영향은 미미할 것으로 여겨지나, 다만 옥외의 큰 풍속이 크게 영향을 준 것으로 생각된다. 밤나무와 오동나무의 옥외 천연건조속도는 섬유포화점 이상에서 매우 컸었으나, 섬유포화점 이하부터는 매우 적었다. 그러나 옥내 천연건조속도는 밤나무와 오동나무의 함수율이 각각 55%와 80% 수준 이상의 영역에서 거의 직선적으로 감소하였고 매우 컸었으며, 그 이하부터는 불규칙한 경향을 나타내었고 작았다. 옥외와 옥내의 천연건조 과정은 서로 다른 양상을 나타내고 있었다. 건조초기(섬유포화점 이상)의 건조속도는 수분증발속도와 밀접한 관련이 있으며 수분증발속도는 풍속, 상대습도 및 온도 등의 영향을 크게 받게 된다. 함수율 30% 정도 이하부터 천연건조속도는 감소하였으나 이들 수종의 옥내 천연건조속도가 옥외의 것보다 약간 크게 나타나고 있음

이 특이한 현상으로 나타났는데 이 원인을 정확하게 알 수는 없으나, 옥내 천연건조재는 느린 건조에 의해 건조응력이 보다 경미하게 발생하여 모세관과 세포벽 등 미세구조의 변형이 옥외 천연건조재의 것보다 작아서 내부수분 이동이 보다 자연스럽게 이동할 수 있었던 것도 한 요인으로 작용한 것으로 추정된다. Tsoumis(1991)는 천연건조속도는 건조결합의 발생을 감소시킬 수 있으며 활엽수재는 침엽수재보다 더 민감하다고 보고하였다. 건조속도가 크면 수분경사가 커지고 아울러 건조응력이 증대될 수 있는 바, 본 연구에서 옥외와 옥내 천연건조재는 활렬되지 않아서 육안적 건조결합의 차이는 관찰할 수 없었으나, 다만 옥내 천연건조는 옥외의 경우보다 서서히 건조됨으로서 건조시간이 더 소요되지만 수분경사와 건조응력이 작게 발생할 수 있기 때문에 향판용재로서 재질 안정에 기여할 수 있을 것으로 사료된다.

결 론

천연건조기간동안 밤나무 옥외 건조재의 최종 함수율과 건조속도는 각각 20.6%와 0.78%/日이었고, 옥내 건조재의 경우는 각각 16.6%와 0.44%/日이었다. 오동나무 옥외 건조재의 최종 함수율과 건조속도는 각각 16.7%와 1.53%/日이었고, 옥내 건조재의 경우는 각각 13.5%와 0.77%/日이었다. 밤나무와 오동나무의 옥외 천연건조속도는 옥내 경우보다 2배 정도 더 컸었다.

옥외와 옥내의 천연건조곡선은 매우 상이하였으며, 함수율 범위별 밤나무와 오동나무의 옥외 천연건조속도는 초기함수율로부터 함수율 30% 이상의 범위에서 매우 컸었고, 감율건조를 나타내었으나, 섬유포화점 이후부터 매우 적고 불규칙하게 감소하였다. 그러나 옥내 천연건조속도는 밤나무의 경우 초기함수율부터 함수율 55% 범위, 그리고 오동나무의 경우 초기 함수율부터 함수율 80% 범위에서 컸었고 감율건조하다가, 이들 함수율 이하부터 건조종기까지는 불규칙하게 감소하였다. 옥내 천연건조는 느리기 때문에 건조응력이 경미할 수 있으므로 향판용재로서 재질 안정에 더 기여할 수 있을 것으로 생각된다.

인용문헌

1. 정희석 · 한규성 · 이남호. 1986. 기상인자와 관련한 소나무와 리기다소나무재의 천연건조 함수율 감량 추정. 목재공학. 14(6) : 7~13
2. 정희석 · 이남호 · 이준호 · 권주용. 1997. 침엽수 제재의 4계절별 천연건조 과정의 비교. 목재공학 25(1) : 28~36
3. Denig, J. and E.M. Wengert. 1982. Estimating air-drying moisture content losses for red oak and yellow poplar lumber. Forest Prod. J. 32(2) : 26~31
4. McMillen, J.M. and E.M. Wengert. 1978. Drying Eastern Hardwood Lumber. USDA Agric. Handbook No. 528, 104pp.
5. Pratt, G.H. 1974. Timber Drying Manual. Her Majesty's Stationery Office. London. 152pp.
6. Rietz R.C. and R.H. Page. 1971. Air drying of lumber : A Guide to Industry Practices. USDA Agric. Handbook No. 402. 110pp.
7. Tsoumis, G. and E. Voulgaridis. 1980. Experimental air-drying of pine, fir and beech lumber, Geotechnica 1 : 26~31.
8. Tsoumis, G. 1991. Science and Technology of Wood. Van Nostrand Reinhold. : 491pp.