

# 蒸氣前處理에 의한 國內참나무材의 性質變化에 관한 研究\*1

姜 琥 陽\*2

## Presteamming Effect on Properties of Native Oak Lumber\*1

Ho-Yang Kang\*2

### ABSTRACT

The effect of presteaming on native oak specimens(*Quercus serrata*) of 2.5cm thick were investigated by measuring specific gravities, internal moisture gradients, residual extractives, and transport rates of free and bound water. The specific gravities and internal moisture gradients of the presteamed samples did not much deviate from those of the controls, but after presteaming discrepancy in moisture content between specimens lessened. The amount of residual hot-water extractives of the presteamed samples were less than those of the controls by 25%. The transport rates of bound water were determined by measuring steady-state diffusion coefficients with a vapormeter cup. After presteaming the diffusion coefficients in radial direction increased by 35%, but decreased those in the tangential direction.

**Keywords :** presteaming, internal moisture gradients, bound water, transport rates.

### 1. 緒 論

참나무재는 무늬결이 아름다울 뿐만 아니라 높은 강도와 내구성을 가지고 있어 고급가구재, 고급내장재, 마루재, 건축재 등으로 다양하게 이용되고 있으며 점차 국내시장의 수요가 증가하고 있다. 1990년 한해동안 원목 7,544m<sup>3</sup>, 단판

7,360m<sup>3</sup>의 참나무재가 수입되었으며 금액으로 환산하면 9,257千弗의 외화가 참나무재를 수입하기 위하여 지출되었다.<sup>16)</sup>

우리나라는 참나무가 잘 자랄 수 있는 환경을 가지고 있으며 실제로 천연활엽수의 약 70%를 참나무가 점유하고 있을 정도로 참나무는 국내 임업에 없어서는 안될 중요한 수종으로 인정되고 있기 때문에 육종, 번식, 이용 등에 지대한

\*1 接受 1992年 5月 14日. Received May 14, 1992

本研究는 韓國學術振興財團의 1991年度 學術研究助成費 支援에 의해 遂行되었음.

\*2 忠南大學校 農科大學 College of Agriculture, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea.

관심을 기울이고 있다.<sup>17)</sup>

참나무는 대부분 비중이 크기(생재비중 0.55 이상) 때문에 함수율에 따른 치수변화가 크게 나타나므로 건조를 통하여 함수율을 충분히 낮추지 않으면 사용중 흡습으로 인한 결함이 많이 나타난다. 참나무는 대표적으로 건조가 어려운 수종인데 그중에도 타이로시스가 많은 백참나무(white oak)가 적참나무(red oak) 보다 건조시간이 오래 걸리고 건조결함도 더 많이 나타난다. 국내참나무(신갈, 갈참, 졸참, 떡갈, 상수리, 굴참 등)의 거의 대부분수종은 타이로시스가 도관에 꽂차 있어 미국산 백참나무와 같이 건조결함이 많이 나타난다.

참나무의 건조결함을 줄이고 빠른 시간내에 건조하기 위하여 여러가지 방법이 연구발표되었다. 그중에 대표적인 것으로 건조전 표면대패<sup>14)</sup> pallet 건조<sup>17)</sup>, 蒸氣前處理 등이 있는데 본연구에서는 蒸氣前處理<sup>6,12)</sup>가 참나무 건조에 미치는 효과와 그 이유에 대하여 조사하였다.

蒸氣前處理는 건조전에 고온 고습(100°C, 100% RH)에 목재를 노출시켜 추출물을 침출시킴으로써 목재의 투과율을 높여 건조속도를 증가시키고 건조결함을 줄이는 방법으로 추출물이 많은 활엽수심재를 대상으로 연구가 진행되어 왔다. Ellwood와 Erickson<sup>4)</sup>은 추출물이 많은 1인치 두께 redwood의 건조오염을 줄이는데 蒸氣前處理가 효과 있음을 보고하였으며 Mackay<sup>9)</sup>는 호주산 활엽수 두수종을 蒸氣前處理한 결과 투과율과 확산계수는 증가하였으나 찌그러짐(collapse)발생빈도는 더 많아졌다고 발표하였다. 그러나 Holmes와 Kozlik<sup>8)</sup>은 3인치 각재의 in-cense-ceder를 蒸氣前處理 후 건조하였으나 건조속도나 찌그러짐의 발생빈도가 모두 전혀 개선되거나 증가하지 않았다고 발표하였다.

참나무를 대상으로한 蒸氣前處理 실험은 주로 Simpson<sup>12,13)</sup>에 의해 행해졌는데 적참나무를 이용한 실험에서 蒸氣前處理 결과 건조속도가 50% 이상 증가하였다고 보고하였다. 그러나 같은 적참나무를 공시수종으로 사용한 Harris 등<sup>6)</sup>은 건조초기에는 蒸氣前處理試片이 無處理試片보다 건조속도가 약간 빠르나 총건조기간의 1/3이 지난 후에는 두시편의 차이를 나타내지 않았다고 보고하였다.

따라서 蒸氣前處理의 효과는 연구자에 따라 약간의 차이는 있으나 어느정도 건조속도증가와 건조결함감소에 기여한다는 사실은 분명하다.

그러나 蒸氣前處理가 목재에 어떠한 변화를 일으키어 그런 효과를 나타내는지에 관해서는 확실히 밝혀진 바가 없다. 여러가지 연구결과를 종합해보면 蒸氣前處理에 의해 아래와 같은 변화가 목재내부에 발생하여 건조속도에 영향을 미치리라고 짐작할 수 있다.

- 1) 蒸氣前處理중 목재표면이 건조하게 되어 함수율이 감소하고 내부수분경사가 급해져 蒸氣前處理직후 건조속도가 증가한다.<sup>6)</sup>
- 2) 수분의 이동을 막고 있던 세포벽과 벽공의 추출물이 빠져나가 수분의 이동이 쉽게된다.<sup>4)</sup>
- 3) 헤미셀룰로오스의 분해와 리그닌의 연화로 인하여 세포벽의 팽윤이 쉽게 일어나게되어 수분이동이 쉽게 된다.<sup>5)</sup>

본연구에서는 국산참나무재를 이용하여 蒸氣前處理試片의 비중, 수분경사, 자유수와 결합수의 이동속도, 해부학적 성질, 잔존추출물양 등을 無處理試片과 비교하여 蒸氣前處理에 의해 국산참나무재의 내부에 어떤 변화가 일어났으며 이러한 변화가 건조속도에 어떠한 영향을 주는가에 대해 조사하고자 한다.

## 2. 材料 및 方法

### 2.1 원목구입 및 시편제작

본연구에서는 공시수종으로 국내에서 많이 자라고 있는 졸참나무(*Quercus serrata*)를 택하였으며 공시판재는 벌채한지 얼마되지 않은 직경 28cm 졸참나무원목(45-50년생으로 추정)을 인근재소에서 구입하여 두께 30mm로 판목재재하여 사용하였다. 공시시편은 공시판재를 폭 110mm가 되도록 rip saw를 이용하여 길이방향으로 켜고 두께 25mm로 양면대패한 후 길이 140mm씩 잘라서 만들었다. 無處理試片 1개와 蒸氣前處理試片 1개를 1쌍으로 하여 각쌍의 시편은 반드시 하나의 공시판재에서 인접하여 잘라서 비교시편간의 차이를 가능한한 줄였다. 다른 즉시 번호를 매기고 각 공시시편의 두께, 폭, 길이를 버니어캘리퍼스로 0.1mm까지 랜후 모서리 4면을 PVAc(polyvinyl acetate chloride emulsion)로 2회 도포하여 마구리 할열을 예방하고자 하였다.

공시시편은 두그룹으로 나누어 한그룹은 蒸氣前處理를 실시하고 다른 그룹은 처리하지 않은 상태로 두었다. 蒸氣前處理는 전기히터, 압력계이지, 자동온도조절장치 등이 부착되어 있는

autoclave에서 다음과 같이 실시하였다. autoclave 내를 물로 깨끗이 씻고 전체 깊이의 1/5 정도 물을 채운 다음 뚜껑을 닫고 전기히타로 가열시킨다. 섭씨 100도에서 물이 끓기 시작하면 뚜껑을 열고 蒸氣前處理試片을 물에 닿지않게 autoclave 선반에 얹고 뚜껑을 닫는다. 이때 뚜껑을 꼭 조이지 않고 증기가 새도록 둌으로써 내부압력이 1기압이 넘지 못하게 한다. 이렇게 함으로써 본실험조건을 1기압이상 가압이 불가능한 상업용건조로와 같이 만들어 주었다.

蒸氣前處理를 4시간 실시한 후 蒸氣前處理試片을 모두 꺼내어 상온에서 식힌 후 無處理試片과 마찬가지로 각각의 시편을 별도 비닐주머니에 넣고 밀폐하여 섭씨 4도의 냉장고에 넣어 다음 실험때까지 보관하였다.

## 2.2 實驗方法

### 2.2.1 수분경사도 측정

蒸氣前處理를 실시하면 수중에 따라 급격한 함수율저하를 보이는 경우가 있는데 이는 蒸氣前處理가 목재내부의 수분 이동을 유발하여 외층과 내층사이의 수분 경사를 만들기 때문에 蒸氣前處理후에 건조속도의 변화를 일으킨다고 알려져 있다. 본 실험에서도 蒸氣前處理 직후 슬라이스법(slice method)으로 수분경사도를 제어 蒸氣前處理 전후의 수분경사도를 비교하여 보았다.

두쌍의 공시시편을 취하여 각 공시시편에서 두개의 슬라이스시편을 Fig. 1과 같이 자른 후 각슬라이스시편에서 두께방향으로 균등하게 4개의 슬라이스를 만들었다. 각 슬라이스는 절단 즉시 무게를 달고 오븐에서 전건시켜 함수율을 구하였다.

### 2.2.2 잔존추출물 조사

蒸氣前處理 동안의 목재내 추출물의 내부에서 외부로의 이동과 양적변화를 알기 위해 온수추

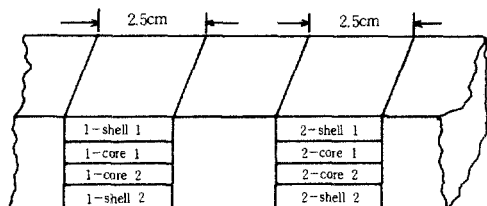


Fig. 1. Schematic diagram of slice cuttings.

출물조사를 실시하여 無處理試片과 비교하였다. 蒸氣前處理試片과 無處理試片을 각각 2개씩 골라 Fig 1과 같이 각시편에서 4개의 슬라이스를 만들어 표층과 내층의 추출물 양을 비교하였다. 시료가 적기때문에 온수추출시료는 분쇄하여 분말을 만들지 않고 면도칼로 작게 잘라 사용하였다. 때문에 추출방법은 규정을 약간 변형하여 다음과 같이 실시하였다.

시료 약 4g을 50ml 삼각플라스크에 넣고 증류수를 부어 400ml로 만든 다음 알루미늄 foil로 입구를 막고 비등수욕에서 3시간 추출하였다. glass filter(1G3)로 여과한 후 오븐에 넣어 전건시켰다.

### 2.2.3 비중측정

액체치환법을 이용하여 蒸氣前處理 시편과 무처리 시편의 생재비중을 조사하였다. 진공펌프와 진공오븐을 이용하여 상온에서 포수시편을 만든 다음 증류수 속에서의 치환된 물의 무게를 재어 생재부피를 구한 다음 오븐에서 전건시켜 전건무게를 구하였다.

### 2.2.4 섬유포화점이상에서의 건조속도측정

섬유포화점이상에서의 자유수이동속도는 U. S. D. A의 4/4인치 white oak(upland) 건조 스케줄(Teble 1)을 이용하여 humidity chamber에서 시편을 건조하여 구하였다.

Table 1. A drying schedule used for this study. This is a USDA drying schedule for 4/4 upland white oak.

MC(%)	Dry bulb(°C)	Wet bulb(°C)
above 40	43.3	41.1
40	43.3	40.5
35	43.3	38.9
30	48.9	41.1
25	54.4	37.8
20	60.0	32.2
15	71.1	43.3

### 2.2.5. conditioning 처리

섬유포화점이하의 건조속도는 정상상태의 확산계수를 측정하여 비교하였는데 생재상태의 시편들을 섬유포화점이하로 만들기 위하여 상온에서 실리카이트가 들어있는 데시케이터에 넣고 장시간 보관하였다.

### 2.2.6. vapormeter cup 제작 및 정상상태 확산계수 측정

정상상태의 확산계수는 Fig. 2와 같은 vapormeter cup을 만들어 정상상태에서의 수분이동양을 재어서 계산하였다. vapormeter cup은 4mm 두께의 투명 플라스틱판으로 10cm×10cm×10cm의 정육면체로 만들어 윗면(10cm×10cm)으로 수분이동이 일어나도록 하였다. 수분이동통로 이외에는 실리콘실런트로 완전히 밀폐시켜 수분이 시편의 모서리등으로 새지 못하도록 하였으며 내부는 증류수로 높이의 2/3까지 채웠다.

정상상태의 확산은 vapormeter cup을 40°C, 5% EMC(평균함수율)의 humidity chamber에 넣고 정상상태에 도달할 때까지 둔 후에 단위시간당 무게변화를 재어 아래 식[1]을 이용하여 확산계수를 구하였다. humidity chamber 내의 풍속은 45m/min 였다.

$$D = \frac{W/(t \times A)}{\Delta c/L} \dots\dots\dots [1]$$

$$\Delta c = \frac{\Delta M \times G \times \rho^W}{100}$$

D : 정상상태 확산계수(cm<sup>2</sup>/sec)  
 W : 시간 t 동안 이동한 수분의 질량(g).

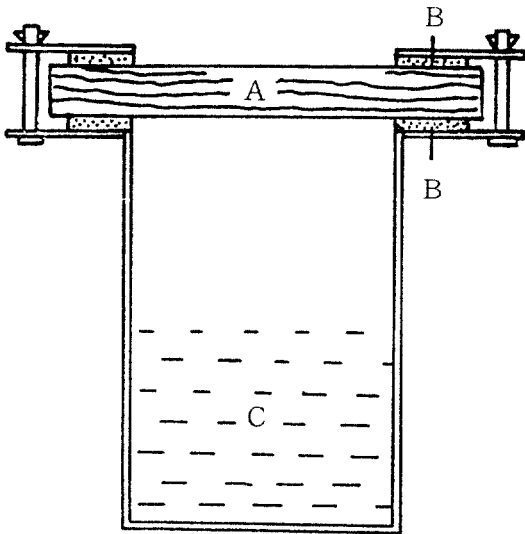


Fig. 2. Vapormeter cup. A : wood specimen ; B : silicon sealant ; C : distilled water

A : 수분이 통과하는 면의 면적(mm<sup>2</sup>)  
 $\Delta c$  : vapormeter cup의 내부와 외부의 농도차(g/cm<sup>3</sup>)  
 L : 시편의 두께(cm)  
 $\Delta M$  : vapormeter cup의 내부와 외부의 함수율차(MC).  
 G : 함수율 M% 일때의 목재의 비중(무단위)  
 $\rho^W$  : 물의 밀도(약 1g/cm<sup>3</sup>)

### 3. 結果 및 考察

두쌍의 蒸氣前處理試片과 無處理試片의 수분경사도가 Fig. 3에 비교되어 있다. 각수분경사도는 두개의 슬라이스시편의 평균값이다. 시편1과 2 모두 증기처리후 수분경사도는 무처리에 비해 별로 뚜렷한 변화를 보이지 않았다. 다만 시편1은 증기 처리후 함수율이 감소했는데 시편2는 오히려 증가하였다. 결과적으로 蒸氣前處理 후 두시편의 함수율차이가 줄어들게 되었다. 前處理<sup>15)</sup>에 의한 함수율균일화 현상은 前報에서도 보고된 바 있다.

온수추출에 의한 잔존추출물의 양은 추출전 시료의 전건무게를 기준으로 하여 Table 2에 표기하였다. 蒸氣前處理試片의 잔존추출물이 無

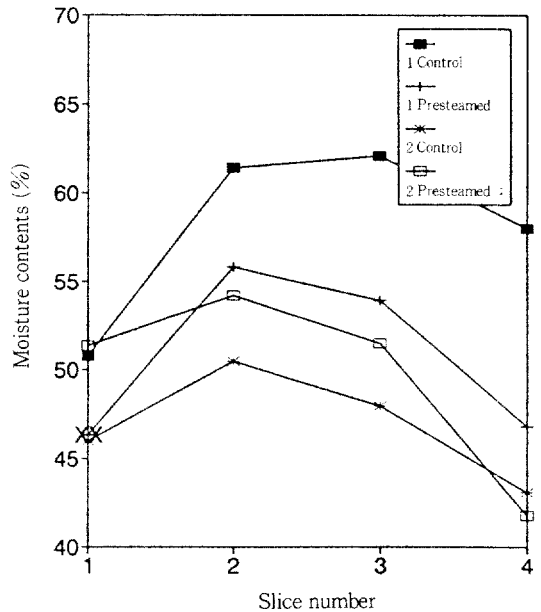


Fig. 3. Moisture gradients across thickness of control and presteamed specimens.

Table 2. Percentages of hot water extractive based on oven-dry weight.

Specimens	3 Control	3 Presteamed
Shell 1	7.5 %	4.4 %
Core 1	6.8	4.7
Core 2	7.7	4.8
Shell 2	4.9	4.5
Specimens	4 Control	4 Presteamed
Shell 1	4.3 %	3.3 %
Core 1	4.5	4.1
Core 2	5.0	3.7
Shell 2	5.0	3.4

處理試片에 비해 25% 적게 나타났다. 이 차이는 다른 연구자<sup>10)</sup>가 백참나무를 이용하여 조사한 압축증기건조시편과 無處理試片의 잔존추출물차 4.7% 보다 적게 나타났다. 한편 증기처리시편의 내층과 외층의 잔존추출물량을 비교하여 본 결과 蒸氣前處理에 의해 추출물이 내부에서 외부로 이동하여 표층과 내층의 잔존추출물 차이가 있으리라고 예상한 것은 빗나갔다. 그 이유는 섬유포화점 이상에서 잔존추출물은 자유수와 마찬가지로 목재 내외층이 압력차에 의해 도관을 통하여 이동하는데 공기 수종의 경우 도관이 타이로시스에 꽂 막혀 있어 蒸氣前處理中 도관을 통한 잔존추출물의 이동이 어려웠기 때문인 것 같다. 시편 3-2, 4-2, 모두 내층의 추출물이 외층보다 약간씩 많았으나 이 차이는 너무 적기 때문에 유의성을 인정하기 힘들었다.

세쌍의 시편을 선택하여 蒸氣前處理試片과 無處理試片의 생체비중을 비교한 결과는 Table 3에 나타난 바와 같으며 蒸氣前處理와 무처리 사이의 차이는 거의 나타나지 않았다.

섬유포화점이상에서의 건조속도결과는 Fig 4에 시간에 따른 함수율변화 그래프로 나타냈다. 시편두쌍(4개의 시편)의 그래프가 구분되지 않을 정도로 시편간의 차이를 나타내지 않았다. 적참나무의 경우<sup>13)</sup> 蒸氣前處理에 의해 건조초기의 건조속도가 향상됨을 보였으나 본 실험에 사용된 졸참나무의 경우 변화가 거의 없었다. 섬유포화점이상에서 蒸氣前處理試片의 건조속도가 無處理試片의 건조속도 보다 빠르다는 것은 자유수의 이동통로인 도관이 蒸氣前處理에 의해 투과율이 개선되었다고 해석할 수 있다. 도관의 투과율개선은 주로 폐쇄막공이 회복에 의해 일

Table 3. Specific gravities based on green volume and oven-dry moisture content measured by water displacement method.

Specimens	Control	Presteamed
Specimen 5	0.52	0.52
Specimen 6	0.53	0.52
Specimen 7	0.55	0.55

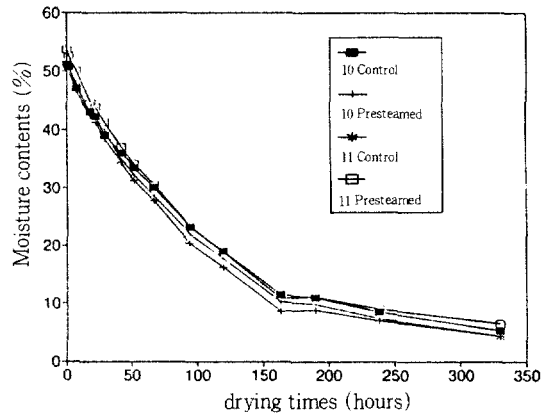


Fig. 4. Drying curves of control and presteamed specimens.

어나는데 본 실험에 사용된 졸참나무의 도관은 타이로시스로 꽂 채워져 있기 때문에 蒸氣前處理에 의한 폐쇄막공의 회복 만으로 투과율이 개선 될 수 없으리라 생각된다.

참고로 140°C, 2기압에서 건조를 실시한 백참나무재의 경우 타이로시스가 많이 손상되어 투과율이 개선되었다는 보고가 있었으나<sup>10)</sup> 2년 후 같은 실험을 반복한 결과 투과율에 전혀 변화가 없었다는 반대의견도 발표되었다.<sup>3)</sup> 본실험에서 사용된 蒸氣前處理에 의해서는 타이로시스의 파괴가 일어날 가능성이 없으며 실제로 광학현미경으로 관찰한 결과 타이로시스의 변화가 있었다는 증거를 찾을 수 없었다.

상온 실리카이트 데시케이터에서 섬유포화점까지 conditioning 처리한 시편을 40°C, 5% EMC의 humidity chamber에서 정상상태에 도달할 때까지 건조한 후 식[1]을 이용하여 계산한 정상상태의 확산계수는 Table 4와 같다. vapormeter cup 내부의 함수율은 평균섬유포화점인 30%로 가정하면 외부의 평형함수율은 5%

이므로 내부와 외부의 함수율차( $\Delta M$ )는 25%가 된다. 그밖의 값들 즉, 시간당 수분의 이동량(w/t), 수분이 통과하는 면의 면적(A), 시편의 비중(G)과 두께(L) 등은 직접 측정하였다.

Table 4에 나타난바와 같이 방사방향확산(시편8)에 있어서는 蒸氣前處理試片이 無處理試片보다 확산계수가 약 35% 더 커졌으나 집선방향확산(시편9)의 경우 蒸氣前處理試片이 無處理試片보다 확산계수가 오히려 절반정도로 줄어들었다. 후자의 원인에 대하여서는 밝혀진 바 없으나 집선방향확산계수는 방사방향확산계수 보다 훨씬 작기때문에(20% 내지 60%) 蒸氣前處理試片과 無處理試片 상호간의 확산계수 차이는 크다고 할 수 없을 것 같다.

정상상태의 확산계수는 함수율증가에 따라 증가하는데<sup>2)</sup> 蒸氣前處理試片과 無處理試片의 정상상태 평형함수율은 목재의 이력현상(hysteresis) 때문에 서로 다른 값을 나타낸다. 정상상태 확산계수 측정시 시편의 평형함수율은 Table 4에 나타난 바와 같이(M%) 蒸氣前處理試片이 항상 無處理試片보다 작았다. 특히 방사방향확산시편(시편8)에 있어서는 蒸氣前處理試片의 평형함수율이 무처리보다 5.3%나 작았기 때문에 만일 같은 함수율에서 확산계수를 비교한다면 차이가 지금보다 훨씬 컸으리라고 짐작할 수 있다.<sup>10)</sup>

방사방향확산계수가 집선방향확산계수보다 큰

이유는 두가지를 들 수 있는데 첫째는 방사방향으로 늘어선 참나무의 수선조직이 방사방향의 수분이동을 돕기 때문이고 둘째는 도관에 꽂혀 있는 타이로시스가 벽공을 통한 집선방향의 수분이동을 막고 있기 때문이다. 방사방향의 수선조직은 얇은 막으로 되어있어 수분이동이 쉽고 또 蒸氣前處理에 의해 수선조직내 추출물이 쉽게 빠져나가기 때문에 蒸氣前處理에 의해 방사방향의 확산계수가 증가된다고 할 수 있다.<sup>10)</sup> 이러한 추출물의 이동은 광학현미경의 관찰로 입증이 되었는데 無處理試片의 수선조직에는 추출물이 거의 꽂차 있으나 蒸氣前處理試片에는 부분적으로 추출물이 빠져나온 수선조직이 눈에 많이 띄었다.

#### 4. 結 論

원목에서 제제한 25mm 두께의 졸참나무재(*Quercus serrata*)를 100°C, 1기압에서 4시간 증기처리한 후 내부수분경사, 잔존추출물양, 생재비중, 정상상태의 확산계수, 해부학적성질 등을 조사하여 증기전처리에 의한 목재내부의 성질변화를 관찰하였다. 졸참나무는 미국산 백참나무와 마찬가지로 도관이 타이로시스로 꽂 채워져 있어 도관을 통한 자유수의 이동이 어렵기 때문에 적참나무보다 증기전처리의 효과가 적게 나타났다.

Table 4. Steady-state diffusion coefficients of lynch thick native oak specimens, obtained by drying them at 40°C, 5% EMC in a humidity chamber. specimens 8 and 9 are, respectively, flat and quarter sawn. Notations are the same as in Eq. [1]

Specimen No.	Control 8-1	Presteamed 8-2	Control 9-1	Presteamed 9-2
$\Delta M(\%)$	25.	25.	25.	25.
Oven dry weight (g)	246.82	247.19	251.14	252.92
Volume at F% (cm <sup>3</sup> )	336.3	339.0	353.9	359.4
G	0.734	0.729	0.710	0.704
$\Delta C$ (g/cm <sup>3</sup> )	0.184	0.182	0.178	0.176
w/t(g/sec)	$9.54 \times 10^{-5}$	$1.28 \times 10^{-4}$	$5.51 \times 10^{-5}$	$2.70 \times 10^{-5}$
A (cm <sup>2</sup> )	103.8	105.2	2.37	2.39
L (cm)	2.36	2.38	2.37	2.39
M (%)	22.3	17.0	24.3	22.2
D(cm <sup>2</sup> /sec)	$1.18 \times 10^{-5}$	$1.59 \times 10^{-5}$	$7.07 \times 10^{-5}$	$3.49 \times 10^{-5}$

증기전처리후 시편의 내부수분경사는 無處理試片의 내부수분경사와 같은 형태를 나타냈으나 시편간의 함수율차이는 줄어들어 함수율균일화를 보였다. 온수추출한 결과 蒸氣處理試片의 잔존추출물이 無處理試片에 비해 25% 적었으며 蒸氣前處理試片의 내층과 외층의 잔존추출물차이는 없었다.

생재비중과 자유수의 이동속도에 있어서도 蒸氣處理試片과 舞處理試片의 차이가 없었는데 이는 증기전처리에 의해 타이로시스에는 어떠한 변화도 일어나지 않았음을 보여준다고 할 수 있다.

방사방향확산의 경우 증기전처리에 의해 확산계수가 약 35% 증가 했으나 접선방향확산(시편 9)의 경우는 오히려 감소하였다. 후자의 원인은 밝혀지지 않았으나 방사방향확산계수의 증가는 방사방향으로 배열되어 있는 수선조직에서 추출물이 빠져나갔기 때문에 설명할 수 있다. 이는 광학현미경의 관찰에 의해 확인되었다.

### 參 考 文 獻

1. Choong, E. T. and S. S. Achmadi. 1991. Effect of extractives on moisture sorption and shrinkage in tropical woods. *Wood and fiber Sci.* 23(2) : 185-196.
2. Comstock, G. L. 1963. Moisture diffusion coefficients in wood as calculated from adsorption, desorption, and steady state data. *Forest Prod. J.* 13 : 97-103.
3. Cutter, B. E. and J. E. Phelps. 1986. High-pressure steam drying : effects on permeability. *Forest Prod. J.* 36(9) : 19-20.
4. Ellwood, E. L. and R. W. Erickson. 1962. Effect of of presteaming on seasoning stain and drying rate of redwood. *Forest Prod. J.* 12(7) : 328-332.
5. Eriksson, et al. 1991. Fiber swelling favoured by lignin softening. *Wood Sci. and Tech.* 25 : 135-144.

6. Harris, R. A., et al. 1989. Steaming of red oak prior to kiln-drying : effects on moisture movement. *Forest Prod. J.* 39 (11/12) : 70-72.
7. Hart, C. A. and R. c. Gilmore. 1985. An air-drying technique to control surface checking in refractory hard-woods. *Forest Prod. J.* 25(10) : 43-50.
8. Holmes, S. and C. J. Kozlik. 1989. Collapse and moisture distribution in pre-steamed and kiln-dried incense cedar squares. *Forest Prod. J.* 39(2) : 14-16.
9. Mackay, J. F. G. 1971. Influence of steaming on water vapor diffusion in hardwoods. *Wood Sci.* 3(3) : 156-160.
10. McGinnes, Jr, E. A. and H. N. Rosen. 1984. Macroscopic and microscopic analyses of color changes of wood pressure steam-dried above atmospheric pressure. *Wood and fiber Sci.* 16(1) : 48-56.
11. McMillen, J. M. and R. C. Baltes. 1972. New kiln schedule for presurfaced oak lumber. *Forest Prod. J.* 22(5) : 19-26.
12. Simpson, W. T. 1975. Effect of steaming on the drying rate of several species of wood. *Wood Sci.* 7(3) : 247-255.
13. Simpson, W. T. 1976. Steaming northern red oak to reduce kiln-drying time. *Forest Prod. J.* 26(10) : 35-36.
14. Wengert, E. M. and R. C. Baltes. 1971. Accelerating oak drying by presurfacing, accelerated schedules, and kiln automation. U.S.D.A. Forest Service Res. Note FPL-0214.
15. 강호양. 1991. 蒸氣前處理가 목재내부수분확산에 미치는 효과. *한국가구학회지* 2(1) : 3-10.
16. 정상기. 1991. 주요수입재의 수종별 재종별 수입추세. *가구소식* 7월호 : 49-54.
17. 산림청. 1989. 참나무자원의 종합이용개발에 관한 연구(Ⅱ).

