

주요 국산 침엽수종의 평형함수율¹

이원희^{†2} · 박병수³ · 변희섭⁴ · 강호양⁵ · 정성호⁶

Equilibrium Moisture Contents of Major Korean Coniferous Species¹

Won-Hee Lee^{†2} · Byung-Soo Park³ · Hee-Seop Byeon⁴ · Ho-Yang Kang⁵ · Sung-Ho Chong⁶

ABSTRACT

A series of the studies on the applied physical properties of main domestic species have been conducted last three years. Equilibrium moisture content(EMC) of *Pinus koraiensis*, *Larix kaemferi*, *Pinus koraiensis* were investigated. The experiments for sorption property were conducted with 20- and 80-mesh wood powder and resulted in their EMC's at various sorption conditions. Amount of moisture sorption and sorption speed of *Larix kaemferi* were shown the most large values and very fast among three Korean main coniferous wood.

Keywords: *Pinus koraiensis*, *Larix kaemferi*, *Pinus koraiensis*, EMC, sorption isotherm.

1. 서론

본 연구에서는 제재과정을 거쳐 배출되는 대표적인 국산 주요 침엽수종인 소나무재, 낙엽송재, 잣나무재의 목분을 이용하여 다양한 상대습도 조건하에서 수분흡착실험을 실시하였다. 이 흡착실험 결과를 가지고 BET법에 의거하여 국산 주요 침엽수재의 수분흡착속도, 비표면적 변이 및 흡착등온선을 검토, 고찰하였다.

1. 논문접수 : 2007. 12. 05.

2. 경북대학교 농업생명과학대학, College of Agriculture and Life Science, Kyungpook National University, Daegu702-701, Korea.

3. 국립산림과학원 임산공학부 Forest Products Division, Korea Forestry Research Institute, Seoul 130-012, Korea.

4. 경상대학교 농업생명과학대학, 농업생명과학연구원 College of Agriculture and Life Science, IALS, Gyeongsang National University, Jinju 660-701, Korea.

5. 충남대학교 농업생명과학대학, College of Agriculture, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea.

6. 국립산림과학원 임산공학부 Forest Products Division, Korea Forestry Research Institute, Seoul 130-012, Korea.

† 교신저자(Corresponding author): 이원희(E-mail: leewh@knu.ac.kr).

목재재료는 온도와 상대수증기압에 의해 수분흡착량이 결정된다. 물은 상대수습도가 0부터 100%까지 쉽게 변하며 극성이 크기 때문에 흡착량의 변화가 크다고 잘 알려져 있다. 따라서 목재의 흡착속도 및 수분흡착량은 각 수종별 구성성분의 성질이나 목재내에 있어서의 화학성분의 존재상태와 관련한 물리량이고, 흡착메커니즘도 깊은 관련을 가지고 있기 때문에 수종별 흡습량 측정은 그 의의가 크다고 할 수 있다. 일반적으로 활엽수와 침엽수재의 흡착 평형함수율에는 평균치나 표준편차에 차이가 없으며 변재와 심재에 있어서는 극히 조금 차이가 있어 보이지만 수종간의 편차는 없는 것으로 알려져 있다. 또한 침엽수재는 활엽수재에 비하여 변재부의 함수율이 심재부보다 현저하게 높아서 변심재 이행재가 불명확한 경우에는 함수율 측정에 의해 구분하기도 한다. 목재는 셀룰로스 등의 친수성기가 흡습량과 관계하며, 흡습량은 친수성기의 수에 의존하지만 수종간에 친수성기의 수에는 차이가 없다고 알려져 있다(伏谷賢美, 1985). 그러나 친수성기의 숫자가 일정하더라도 수종간 흡착에 대한 활성도는 일정하다고 할 수 없으므로 수종간 흡착량의 경과를 면밀하게 살펴볼 필요가 있다. 다공질체인 목재는 기능성면에서 최근 바이오 신소재로서의 기능이 부각되고 있고 복합재료의 신소재로서 연구가 활발하게 진행되고 있다. 다공질체의 기초물성 중 중요한 비표면적은 일반적으로 BET법(Brunauer, Emmett, Teller, 1939. Brunauer 1945)에 의한 흡착등온선의 해석으로 얻어지는데, 최근까지 흡착법의 해석방법에 대한 검토가 나노 스페이스의 골격구조와 관련시켜 다양하게 전개되어 왔다(盛岡 et al., 1990.鈴木, 1995. Chirkova et. al., 2006).

가구재나 내장재로서 고유의 국산 침엽수종을 보다 부가가치가 높은 고급 가구소재로서 활용한다면, 실내기후에 적절하게 응답할 수 있는 양의 목재사용은 거주공간내의 사람들의 건강관리에도 매우 좋을 것으로 평가된다고 하겠다.

2. 재료 및 방법

2.1 공시재료

실험에 제공된 공시재료는 국립 산림과학원으로부터 제공받은 소나무재(*Pinus densiflora*), 낙엽송재(*Larix kaemferi*), 잣나무재(*Pinus koraiensis*) 3수종의 80메쉬 목분을 사용하였다. 또 목분 제조시의 조건에 따라 흡습량에 차이가 생길 것으로 판단되어 80메쉬 기건상태 목분과는 별도로 전건상태에서 200mesh의 크기로 선별한 불밀목분 두 가지 종류로 나누어 시료로 이용하였으며 각 처리 조건에 따라 5개씩의 시험편을 제작하여 흡습실험에 사용하였다.

2.2 실험방법

흡습실험을 위해 건조상태인 함수율 0%를 기점으로 하기 위하여 2종류의 분말상 목분시료를 각각 약 50mg씩 칭량하여 소형의 칭량병에 넣고, 건조한 실리카겔이 들어있는 데시케이터 속에 넣어 2주간 자연 건조시킨 후 흡습실험용 시료로 사용하였다. 흡습성 실험을 위한 실험실내 온도는 정밀항온기내에서 $25 \pm 0.3^\circ\text{C}$ 를 유지하도록 하였다. 데시케이터내에서의 조습시간은 평형상태에 이르는 시간 등의 예비실험으로부터 각 시료 모두 일주일간으로 결정하였다.

포화흡수용액에 의한 조습조건하에서 상대습도조건은 11%부터서 95%에 이르기까지 9조건의 상대습도 조건하에서 순차적으로 실시하였고, 각각의 상대습도 조건에서 흡습량을 측정하였다. 흡습량은 0.1mg 정밀도의 전자저울로 측정하여 함수율을 계산하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 주요 국산 침엽수재의 수분 흡습곡선

그림1에는 소나무재, 그림2에는 낙엽송재, 그림3에는 잣나무재의 흡습곡선을 200메쉬 목분과 80메쉬 목분의 각각에 대해 나타내었다. 일반적으로 목재는 수분 평형 상태에서 평형흡수율은 공기 중의 온도와 습도조건에 의하여 결정되며, 수종특성은 없는 것으로 알려져 있다. 본 연구결과를 보면, 실험제공 전체 침엽수재에서 각 그림좌측의 200mesh 목분의 수종별 평형흡수율이 대조구로 사용한 우측의 80mesh 목분의 수종별 평형흡수율보다 상대적으로 낮게 나타나는 경향을 보였다. 이와 같은 현상들은 200mesh 목분의 재료 생성 당시 불밀작업시 고온의 열이 발생하여 흡습을 저해하는 인자인 헤미셀룰로오스의 분해 및 변질이 생각될 수 있으며, 고온에 의해 보다 미세하게 분리된 세포벽 간층의 노출 및 세포간층에서 분리된 리그닌이 비교적 수분과 결합력이 높은 헤미셀룰로오스와 셀룰로오스를 피막으로 둘러싸고 있기 때문으로 추정되었다 (Tanahashi 1989b).

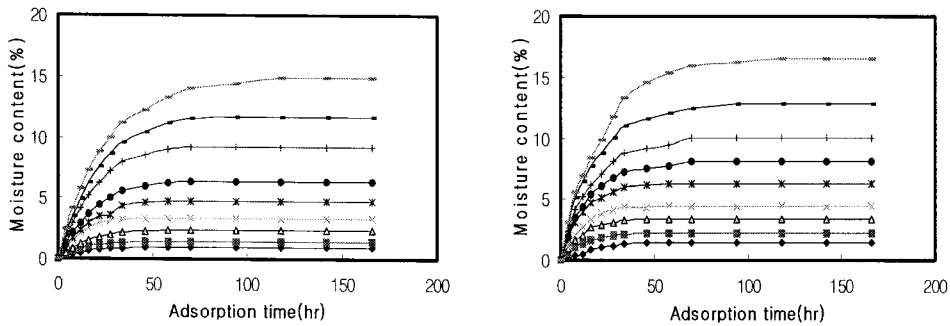


Fig. 1. Moisture vapor sorption curves at various relative humidity conditions(*Pinus densiflora*). 200mesh(left), 80mesh(right).

Legend : ◆ 11%, ■ 22%, ▲ 33%, × 43%, * 54%, ● 66%, | 75%, -85%, —95%

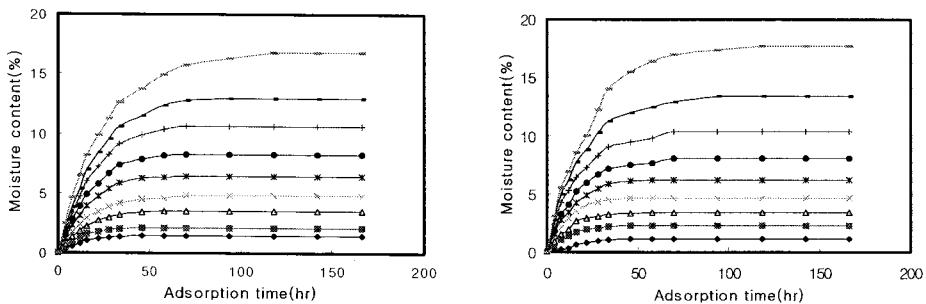


Fig. 2. Moisture vapor sorption curves at various relative humidity conditions(*Larix kaemferi*). 200mesh(left), 80mesh(right).

Legend : ◆ 11%, ■ 22%, ▲ 33%, × 43%, * 54%, ● 66%, | 75%, -85%, —95%

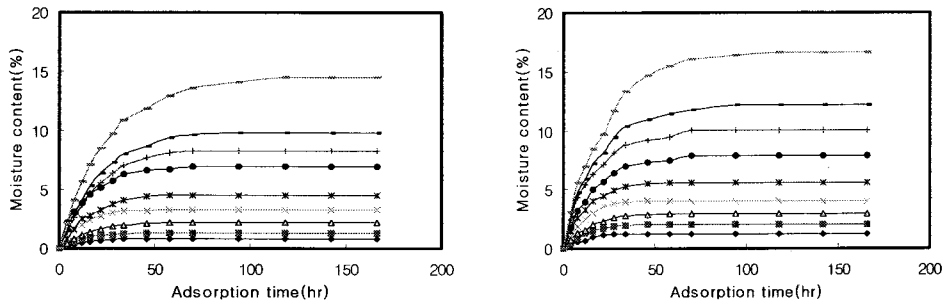


Fig. 3. Moisture vapor sorption curves at various relative humidity conditions(*Pinus koraiensis*). 200mesh(left), 80mesh(right).

Legend : ◆ 11%, ■ 22%, ▲ 33%, × 43%, * 54%, ● 66%, | 75%, -85%, —95%

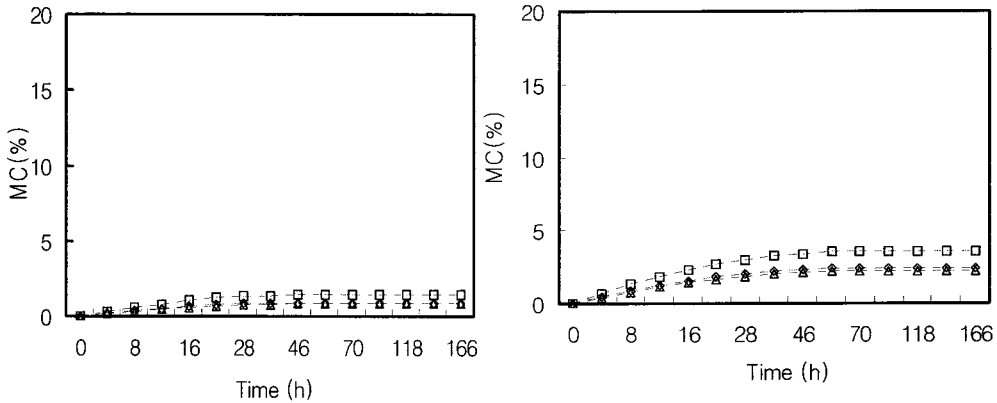


Fig. 4. Moisture vapor sorption curves at various relative humidity conditions. RH=11%(left), 33%(right).

Legend : ◇ *Pinus densiflora*, □ *Larix kaemferi*, △ *Pinus koraiensis*

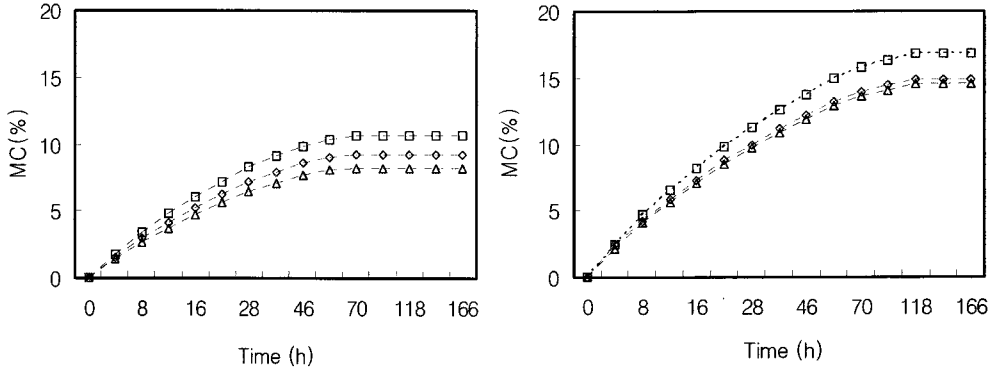


Fig. 6. Moisture vapor sorption curves at various relative humidity conditions. RH=75%(left), 95%(right).

Legend : ◇ *Pinus densiflora*, □ *Larix kaemferi*, △ *Pinus koraiensis*

그림4와 그림5에는 소나무재와 낙엽송, 잣나무재 3수종의 상대습도 11%, 33%, 75%, 95% 각 4조건에서의 수분흡착 곡선을 도시하였다. 여기서는 같은 흡착실험 조건속에서 수종간 흡습속도 및 흡습양의 차이를 알아보기 위하여 위 그림 1~3의 데이터를 발췌하여 정리한 것이다.

이들 그림으로부터 알 수 있는 것은 저 상대습도인 11%에서는 온습도에 의해 결정되는 이론치 평형흡수율보다 매우 낮은 평형치를 가지며, 고습도영역인 95%에서도 마찬가지로 결과를 나타내고 있다. 교과서적인 이론치인 평형흡수율 도표는 시트카 스프루스로서 구한 것이어서 이들 국산 침엽수 수종은 수분 흡습성에 있어서 스프루스보다 흡착 활성도가 떨어지는 이유도 있을 것이고, 화학적이거나 물리적인 재료의 특성차이에 기인하는 것일 수도 있겠다. 이런 현상은 국산 침엽수종간에서도 엄밀하게 흡습성의 차이가 존재함을 알 수 있다.

국산 주요 침엽수종 3가지 중에서 특히 낙엽송재가 전체적으로 흡습량과 흡습속도에 있어서 소나무와 잣나무재에 비해 큰 값을 나타내었다. 달리 표현하면 국내산 낙엽송재의 수분에 대한 흡탈착 반응성이 빠르기 때문에, 소나무재나 잣나무재를 건축재료로 쓸 때보다 유명목에서 재질이 나쁘다고 알려져 있는 낙엽송재의 조습능력이 더 뛰어나다는 것을 의미한다. 이와는 달리 소나무재나 잣나무재의 흡습성에서는 특별하게 차이가 나는 점을 발견할 수 없었다.

3.2 수분 흡착속도 및 흡착등온선

그림7에 80mesh 목분의 수종별 흡착속도를 나타내었다. 흡습속도는 상대습도와 더불어 세 수종 모두 원점을 기점으로 하여 직선적으로 증가하는 경향을 나타내었다. 낙엽송이 소나무재나 잣나무재에 비해 비교적 큰 값을 나타내었으며 흡습곡선에서 설명한 바와 같은 결과를 나타내고 있다. 잣나무재와 소나무재는 큰 차이를 발견할 수가 없었으며 낙엽송재는 수분흡습에 대한 활성도가 큰 것으로 밝혀졌다.

그림8에는 200메쉬 목분의 흡착등온선을 나타내었다. 흡착등온선은 일반적으로 알려진 역 시그모이드 형이 아닌 완만하게 증가하는 포물선형상을 나타내었다. 이 그림으로부터 고습도 상태에서 모세관 응축현상은 보이지 않는 것으로 판단된다. 한편, 200mesh 목분의 흡착등온선은 대조구로 사용한 80mesh 목분에 비해 상술한 바와 같은 열적변형에 의한 이유로 약간 낮은 값을 나타내었다.

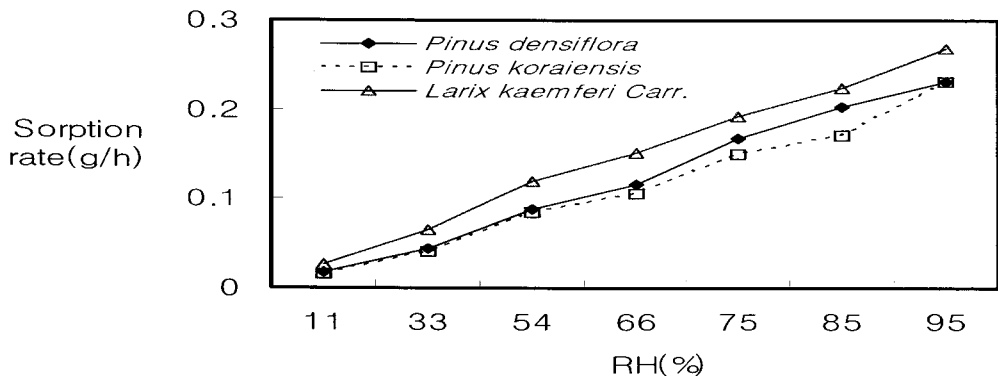


Fig. 7. Moisture vapor sorption rates at various relative humidity conditions.

200mesh목분의 흡착등온선의 경우 수종간 차이가 보이지만, 80mesh목분의 경우에는 수종간 큰 차이를 찾아볼 수 없다. 이 현상은 목재가 가열처리에 의해 물분자가 이탈하면 수산기간 수소 결합을 일으켜 친수성의 수산기(OH) 일부는 수착기능이 상실된다. 따라서 200mesh 목분의 흡습성이 줄어드는 원인은 미세하게 분쇄되어 세포벽간층이 노출되어 흡습성의 저하가 큰 원인일겠지만, 한번 건조상태로 되면 Urquhart설의 설명처럼 세포벽 내에 있는 수산기의 일부가 에테르 결합을 하여 흡습성이 감소하기 때문으로 판단되어진다. 즉, 200mesh 목분의 재료제조시 발생하는 열에 의하여 목재의 세포벽 구조체로부터 소실된 화학성분 및 열에 의한 응력이완현상 등의 복합적 인자에 의하여 흡착등온선에 일정한 성향을 나타내지 않는 것으로 생각되었다.

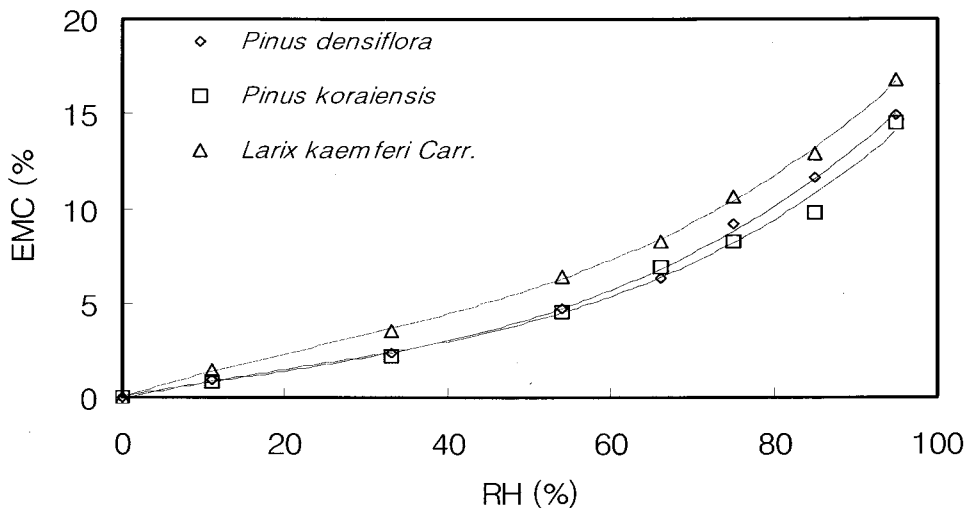


Fig. 8. Water vapor adsorption isotherm of wood species(200mesh).

◆ *Pinus densiflora*, ■ *Larix kaemferi Carr.*, △ *Pinus koraiensis*

3.3 단분자층 흡착량 및 내부표면적

표1에는 주요 침엽수종 3수종 목분의 열 인자, 단분자층 흡착량, 비표면적을 각각 나타냈다. C값은 흡착열에 관여하는 인자로서 이 값이 크면 흡착열이 많이 발생하는 것을 의미하며, 낙엽송재의 비표면적과 단분자층 흡착량이 가장 크게 나타났다. 200mesh목분의 비표면적은 80mesh목분의 비표면적보다 낮은 값을 나타내었는데, 따라서, 열적영향이 수분 흡착성능에 영향을 미치는 것을 이 사실로부터 알 수 있다. 이 사실로부터, 상술한 설명과 같이 200mesh목분은 가열처리에 의해 리그닌이 노출되어 시료내의 수분흡착량이 감소됨과 동시에, 목재의 주요 구성성분이 열에 의한 수분흡착성의 감소 및 고온에 의한 목재성분의 부분적인 결정화도의 증가 때문에 수분흡착량이 저하되는 것으로 추정되었다(高分子學會, 1972). 또한 200mesh목분과 80mesh목분의 비표면적의 차이는 200mesh목분의 원료 생성시 헤미셀룰로오스의 손실과 열에 의한 흡착능의 저하 및 결정화도의 증가(Tanahashi, 1989b)등이 그 원인인 것으로 추정되었다.

Table 1. Specific surface area(S), amounts of monomolecular vapor adsorption(V_m) of Korean main coniferous woods

Wood meal	C	V_m (g/g)	S (m ² /g)
<i>Pinus densiflora</i>	5.15	0.0300	153.0
<i>Larix kaemferi</i>	4.38	0.0352	174.3
<i>Pinus koraiensis</i>	3.01	0.0261	129.2

표1에 나타난 바와 같이 수종별 비표면적의 차이는, 목재 고유의 구조 및 화학성분의 차이 등으로부터 비표면적의 차이가 나타나며, 고열이나 다른 처리조건 등에 의해서 목질부의 열화 및 변질, 목재 실질부간의 강한 결합 또는 흡습성에 대한 활성도의 차이 때문이 아닌가 추정된다.

이와 같은 사실로부터 가열처리 온도에 의해 리그닌이 분해되어 시료내의 수분흡착점을 피복함과 동시에, 목재의 주요 구성성분이 열에 의한 수분흡착성의 감소 및 고온에 의한 목재성분의 부분적인 변질과 결정화도의 증가 때문에 수분흡착량이 저하되는 것으로 추정되었다. 따라서 열처리 후 목분중에 존재하는 리그닌은 수분흡착을 크게 저하시킴을 알 수 있다.

본 실험의 보다 정확한 비표면적의 측정을 위해서는 분자량이 극히 작은 가스의 흡착에 의해 산출할 수 있을 것이다. 단 이 경우에 있어서 실제 처리 약품의 분자량 크기가 문제시되기 때문에 응용면에 있어서 활용도는 낮다고 밖에 볼 수 없을 것이다. 또한, 시료조제시 건조시키는 것에 의해서 시료의 수축이 일어나기 때문에 절대적인 비교보다는 상대적인 비교만이 가능할 것이다.

비표면적은 낙엽송재가 가장 큰 것으로 나타나 저부가의 낙엽송재를 습도조절용의 내장소재로서 잘 이용한다면 가구재든 건축재든 그 용도를 넓혀 나갈 수 있을 것으로 판단된다.

4. 결 론

1. 200mesh 목분의 평형흡수율이 대조구로 사용한 80mesh 목분의 평형흡수율보다 낮게 나타났고 이는 목분 조제시 고온의 열이 그 원인으로 생각되었고 흡착관능기의 손실과 열에 의한 흡착능의 저하 및 결정화도의 증가등이 그 원인인 것으로 추정되었다.
2. 동일한 온습도 환경조건에서 낙엽송재의 흡착속도가 잣나무재나 소나무재에 비해 더 컸으며 평형흡수율의 값은 잣나무재보다 낙엽송재가 약 15%정도 더 높았으며, 차이가 나타남을 분명하게 알 수 있었다.
3. 흡착평형량은 상대습도의 증가와 더불어 서서히 점증하는 형태를 나타냈으며, 단분자층을 이룬 연후에 일정습도범위에서 안정되는 값을 나타내지 않고 지속적으로 물분자가 중첩되어 모관응축에 이르는 현상을 나타내는 것으로 밝혀졌다.
4. 소나무재와 낙엽송재, 잣나무재의 비표면적은 일반적인 값보다 약간 낮게 나타나긴 했지만, 실내공간의 습도조절능력에는 문제가 없을 것으로 판단되었다

참고문헌

강호양, 변희섭, 이원희, 박병수, 정성호, 박정환. 2008. 국산재의 응용물성연구II: 잣나무 낙엽송의 수분흡착성 및 열적·전기적·음향적 성질. 목재공학(심사중).

高分子學會(編). 1972. 高分子と水分.(고분자와 수분) 幸書房.(Japan)

鈴木孝臣, 金子克美. 1995. 非晶質固體中のナノスペースの構造解析(비결정질 고체중의 나노스페이스의 구조해석). 表面. 33(3):157-163. (Japan)

伏谷賢美. 1985. 木材の物理. 文永堂. 33-34.(Japan)

盛岡良雄. 1990. 多孔体の細孔徑分布と細孔の網目構造.-吸着法による解釋-(다공체의 세공경분포와 세공의 망목구조-흡착법에 의한 해석-). 表面. 28(8):598-607. (Japan)

Membership Admissions Fee Information

This society is managed based on the admission fee of our members. Please send us the 2008 admission fee to below address. Furniture Society Membership Admission Fee Information

President	200,000 won/ year
Vice President/ Library Member / Company President	100,000 won / year
Executive Director / General Director	50,000 won / year
Standard Member	10,000 won / year
Joining Admission Fee	10,000 won / year
Account No. 110-215-381700 (Shinhan Bank)	
Account Holder: Su Kyoung Chun (Korea Furniture Society)	