

출토 탄화 목재유물의 보존처리 : PEG법과 당알코올법 실험비교

이현혜

일본 원흥사문화재연구소 보존과학센터

A Study on Conservation Treatment for Excavated Carbonization Wooden Object : Comparative Experiment on the PEG Method and Sugar Alcohol Method

Hyun Hye Lee¹

Gangoji Institute for Research of Cultural Property, Ikoma-shi, 630-0257, Japan

¹Corresponding Author : urigachi75@hanmail.net, +81-743-74-6419

초 록 출토 부분탄화 목재유물은 물성이 다른 부위가 공존하는 것에 의해 박리와 변형이 일어나기 쉬운 것으로 오래전부터 보고되어 왔지만, 실험연구 등을 통한 연구성과는 많지 않았다.¹⁾ 이번 실험에서는 당알코올법과 일반적으로 널리 사용되고 있는 친수성 수지인 Polyethyleneglycol(PEG)법을 비교 대상 처리법으로 설정하였다. 중량변화율과 수축변화율, 전자현미경(SEM)관찰에 의한 목재조직의 변화양상을 검토한 결과 PEG4000법은 80%이상 농도까지 단계적 함침이 필요하며 Sugar Alcohol(S·A)법은 40%농도 함침에서부터 안정적인 양상을 보여 단기간 함침의 가능성을 나타냈다. 본 연구에 사용한 판상 부분 탄화재의 변형은 주로 미탄화부의 수축에 의한 현상으로 생각되며 PEG4000법의 경우 최종 함침농도가 20%, 40%, 60%에서, S·A법은 20%농도에 함침한 샘플에서 목재세포조직의 수축이 확인되었다.

중심어 : 부분탄화, 박리와변형, 미탄화부수축, PEG4000, Sugar Alcohol, 저농도함침

ABSTRACT It is reported that excavated carbonized wooden objects tend to have more peeling and deformation stemming from the coexisting of different types of parts of objects. However, there is little research results on this. In this experiment, the sugar alcohol method was used and then compared with the results of the PEG4000 method which widely uses. This research targets: prediction of strength by weight increase, investigation of the dimensional stabilization effects by measuring the rate of shrinkage change, condition of drug penetration and change of wood texture by using a scanning electron microscope. As the results, the PEG4000 method needs a phased approach over 80% impregnation. On the other hand, the S·A method remains steady from over 40% impregnation. The Deformation of carbonized wooden objects used in this experiment is considered as the phenomenon by shrinkage of non-carbonized parts. The PEG4000 method is verified the shrinkage in the samples treated with 20%, 40% and 60%; the S·A method is verified the shrinkage in the samples treated with 20%.

Key Word : Carbonized wooden objects, Peeling and deformation, Deformation of non-carbonized parts

1. 서론

불탄주머니나 고분, 저습지유적 등의 발굴조사에서 건축재나 농·공구로 생각되는 목재가 탄화된 상태로 출토하는 사례가 많이 보고되고 있다. 출토재 전체가 완전히 탄화된 것에서부터 부분적으로 탄화된 것까지 그 양상은 다양하다. 이러한 출토재는 고대의 건축물이나 목제품의 구조, 제작기법 등의 정보를 얻을 수 있는 귀중한 자료이지만, 대부분 형상의 보존과 보관에 있어서 곤란한 상황에 있다. 특히 출토하는 부분탄화재는 탄화부와 미탄화부가 공존하고 있기 때문에 소재(素材)에 의한 처리중 치수 변화율이 달라 박리나 만곡이 일어나기 쉽다(Figure 1).^{2,2)} 현재까지 PEG법, Alcohol-Xylene-Resin법(A·X·R법), 지방산에스테르(H·S·M)법 등 어떤 방법을 적용하여도 이러한 사례가 자주 발생하여 명쾌한 결과를 얻지 못하고 있다.

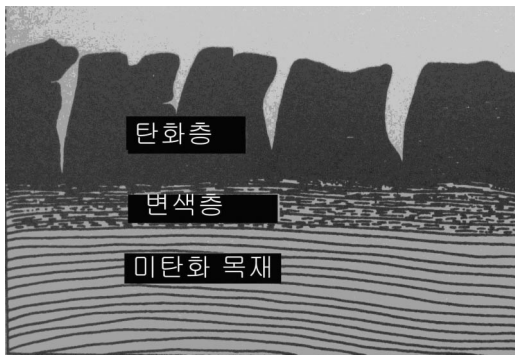


Figure 1. Schematic diagram of the coexisting of carbonized and non-carbonized parts.

따라서, 본 연구는 유적에서 출토한 부분탄화재를 대상으로, 안정적인 강화처리법의 적용을 목적으로 몇가지 보존처리법을 검토하여, 처리후 약제의 침투양상과 처리후 강도, 치수안정성 등을 비교 검토하고자 한다.

2. 재료와 방법

2.1. 실험목재편

실험에 사용한 시료는 일본 滋賀(사가)현에 있는 아카노이하마(茨野井浜)유적에서 발굴된 자연목으로, 수피쪽으로 전체적인 탄화가 있었다. 아카노이하마유적은 일본 縄文(조몬)시대 만기에서부터 彌生(야요이)시대, 평안시대(약1,100년전)에 이르는 시기의 다양한 유물이 출토되었는데, 특히 주철이 된 고분시대 방패와 彌生시대 옷칠이 된 빗 등 특수한 유물과 농기구 및 용기류, 건축부재, 배와 노 등 강이나 호수에서의 수상교통 및 어업과 관련한 유물 등 입지특성상 대량의 목제품이 출토한 것으로 유명하다.

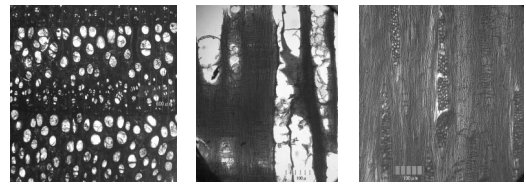


Figure 2. *Morus bombycis*(Left: Cross section, Middle:Radial section, Right:Tangential section).

Table 1. List of chemicals investigated.

Chemicals	Empirical formula	Molecular Weight	Maximum solubility
PEG#4000	$H(OCH_2CH_2)_nOH$	AV 3350	100%/55°C
Lactidol	$C_{12}H_{24}O_4$	344	85%(at 70°C)
Trehalose	$C_{12}H_{22}O_{11}$	342	79%(at 80°C)

1) 목재의 탄화는 목재구성성분인 cellulose, hemicellulose, lignin 등 여러 유기화합물이 열분해되어 다른물질로 변화하는 화학적반응이다. 180~300°C에서 hemicellulose가 급속도로 분해하고, 240~400°C에서는 cellulose, 280~550°C에서는 lignin가 분해된다. 탄화목의 원소조성은 수중에 관계없이 탄화온도의 증가와함께 탄소비율이 증가하는 반면 수소와 산소의 비율이 감소한다. 탄화온도에 따라 물리·화학적인 성분이 다르며, 보존처리제의 흡착성도 달라 탄화목의 이화학적 분석이 보존처리의 기초자료로 활용가능하다.

2) 탄화부와 미탄화부에서는 목재의 기계적 강도가 현저하게 다르며 탄화부는 다공성으로 細孔이 많기 때문에 표면적이 크고 흡착성과 透水性이 뛰어나며 반응성이 좋다.

수종은 활엽수 환공재인 산뽕나무(*Morus bombycis*)³⁾ 이었으며 샘플은 50mm(L)×30mm(T)×15mm(R)의 크기로 접선면의 한쪽면은 탄화부가, 나머지 한면은 미탄화부가 되도록 했다(Figure 2).

2.2. 실험약제

사용한 약제약품은, 일반적으로 출토되는 판상부분탄화재가 주로 중형(中型)크기 이상으로 다량의 유기용제 사용에 한계가 있는 점, 조직 열화가 심하지 않은 점⁴⁾ 등을 들어 친수성인 S·A법과 PEG4000법을 적용하기로 하고 실험 결과를 비교·검토하였다.

3. 실험방법

3.1. 실험목재편의 열화도

3.1.1. 물리적 특성

샘플의 열화도를 측정하기 위하여 미탄화부를 5cm(L)×1cm(T)×1cm(R) 크기로 제작하고, 105±2°C에서 건조시켜 최대함수율(maximum moisture content), 진비중(Wood substance), 실밀도(bulk density)를 구하여,

동일수종 현생재의 최대함수율과 비교하였다.³⁾ 최대함수율은 출토 목재 열화상태의 표준척도로 사용되고 있다.

$$\text{최대함수율(Maximum Moisture Content)} \\ = (M_0 - M_D) \div M_D \times 100 \text{ ----- (식1)}$$

$$M_0 : \text{포수중량(g)} \quad M_D : \text{건건중량(g)}$$

$$\text{진비중(Specific gravity of wood substance)} \\ (\rho) = M_D \div V \text{ ----- (식2)}$$

$$V : \text{목재실질의 체적 (cm}^3\text{)}$$

$$\text{목재실질의 체적 (V)} = (M_D - M_w) \div \rho_w$$

$$M_w : \text{수중중량(g)}$$

$$\text{실밀도(Bulk density)} \\ (D_c) = M_D \div V_0 \text{ ----- (식3)}$$

$$V_0 : \text{포수상태의 체적 (cm}^3\text{)}$$

$$\text{포수재(최대팽창)체적 (V}_0\text{)} = M_0 - M_w \text{ ----- (식4)}$$

3.1.2. 전자현미경 관찰

일반적으로 출토목재의 열화상태를 측정하기 위해 최대함수율이 하나의 지표로 사용되고 있지만, 동일 수종간에는 유용하다 하더라도 이수종(異樹種)간에는 정확한 지표가 되지 않은 점과 실제로 목재의 수축은 포화함수율보다 세포벽 열화의 진행상태에 의해 영향을 받을 가능성이 높다는 연구결과가 있었다.⁴⁾ 이에 따라 탄화부·미탄화부

Table 2. Experiment process.

	Pre treatment process		aftertreatment process	
	final concentration (%)	impregnation time(days)	drying method	
PEG Method	20	3	Natural drying	
	40			
	60			
	80			
	100			
Sugar Alcohol Method	Lactid 20	3	Heated-air drying (50°C)	
	Lactid 40	7		
	Lactid(9) : Trehalose(1) 60	12		
	Lactid(9) : Trehalose(1) 80			

3) 산뽕나무는 높이 12m, 직경 60cm까지 달하며, 일본지역에 야생하고 한반도, 중국, 베트남, 미얀마, 히말라야, 인도까지 분포하고 있다. 심재는 황갈색, 변재는 담황백색으로 황갈색과 담황백색의 조화가 뛰어나고, 재료가 단단하고 튼튼하여 마루청 등 건축재와 가구, 액자를 약기의 동체부, 조각 등 세공에도 사용된다. 출토유물 중에서는 주로 기둥 등 건축재가 많으며, 도구의 손잡이, 용기 등으로도 사용되었다.

4) 현재까지 이루어진 S·A법 연구결과와 목재유물처리 경험상, S·A법은 함수율1000%를 넘는 즉, 열화가 심한 활엽수의 경우, 치수안정화 효과를 얻기 어렵고, 수축·변형을 일으키는 예가 많은 것으로 보고되고 있다.

의 처리전 열화상태를 파악하기 위해 주사형전자현미경(日立製-1010/E-1020形)으로 조직 관찰을 하였다. 시료를 한번 5mm정도의 블록으로 절취하여 진공동결 건조 하였다. 건조후 Au-Pd 합금을 2-15nm 두께로 코팅하여 횡, 접선, 방사단면의 3방향의 세포조직상태를 관찰 하였다.

3.2. 실험과정

실험과정은 최초 함침액농도는 20%로 하고 단계적으로 농도를 올려 최종적으로는 PEG4000 100%, S·A 80%까지 함침한다. Sample의 함침기간은 3일·7일·12일의 3가지 조건으로 설정하고, 20%, 40%, 60%, 80%, 100%로 한단계씩 농도를 올릴때 마다 Sample을 세개씩 함침중료한다. 단, S·A법은 60%농도부터 Lactitol에 Trehalose를 10% 혼합한다. 기존의 Lactitol만 사용하던 방법에서 개량된 방법인데 Trehalose는 분자량, 경제성, 습도에 대한 안정성, 열안정성 등을 고려하여 선택된 Lactitol과 같은 2당류로, Trehalose를 첨가하는 것에 의해 실온 함침 농도가 65%이상까지 가능하며 무엇보다 건조시 목재조직내 균열의 원인인 3수화물(Trihydrate)의 생성을 억제하고 건조과잉에 의해 표면이 가루화되는 현상을 방지하는 효과가 있는 것으로 알려져 있다.⁵

PEG법, S·A법 모두 60%농도부터 가열함침하였다. PEG법은 함침중료 후, 실내에서 건조하고 항량에 달하면 Ethyl alcohol 59% 수용액으로 표면처리를 하고⁶ 한번 더 상온에서 건조 시킨 후 차수를 측정하였다. S·A법은 함침액에서 꺼낸 Sample을 온수로 가볍게 씻어 낸 다음, Lactitol의 분말을 뿌려 3수화물의 형성을 방지하기 위해 50°C에서 건조시킨다. 항량에 달하면 한번 더 온수로 씻어내고 같은 방법으로 가온 또는 상온건조 시킨다.

3.2.1. 중량변화율

PEG와 S·A의 침투·확산정도를 측정하기 위해 24시간마다 0.01g단위까지 중량변화를 측정하였다.

$$\text{중량변화율(\%)} = (W_a - W_b) \div W_a \times 100 \text{ --- (식5)}$$

W_a: 함침 후 중량(g) W_b: 함침 전 중량(g)

3.2.2. 수축률

PEG법과 S·A법을 이용하여 처리한 샘플의 치수안정화 효과를 비교하기 위해 수축률을 측정한다. 탄화부를 중심으로 이치상의 변형이 예상되었으므로 샘플의 3방향 즉, 축·접선·방사방향에 측정용 stainless 핀을, 미탄화부에 50mm(L)×30mm(T)×15mm(R)의 간격으로 박아 처리 전후의 차수를 vernier calipers (Mitutoyo CD-20C)로 측정한다. 함침중은 24시간마다 차수를 측정하고, 건조중은 표면처리를 실시하기 직전과 처리가 끝난 시점에서 측정한다.

$$\text{접선 } (\beta \tan) \cdot \text{방사 } (\beta \text{ rad}) \text{ 방향수축률(\%)} \\ = (L_b - L_a) \div L_b \times 100 \text{ ----- (식6)}$$

L_b: 함침 전 치수(mm) L_a: 함침 후 치수(mm)

$$\text{횡단면 수축률 } (\beta \text{ cs}) \\ = \{1 - (1 - \beta \tan) \times (1 - \beta \text{ rad})\} \times 100 \text{ ---- (식7)}$$

3.3. 목재조직 관찰 및 약제침투 양상

함침농도와 처리시간에 따른 탄화부와 미탄화부와의 약제침투 양상과 그에 따른 세포조직의 변화를 비교 검토해 보았다. 처리후 목재조직의 형태를 관찰하고, 함침약제의 분포상태를 파악하기 위해 주사형전자현미경(SEM; Hitachi E-1010, /E-1020)을 사용하였다. 처리후 샘플은 약제의 침투가 가장 어려운 것으로 생각되는 중앙부 횡단면을 관찰하였다.

4. 결 과

4.1. 물리적 특성

시료의 최대흡수율을 구한 결과, 탄화부는 196%, 미탄화부는 363-618%로, 미탄화부의 흡수율이 탄화부의 3배 이상에 달하는 것을 알 수 있었다. 현생재의 산뿔나무의 경우 최대흡수율이 160% 전후인 것에 비하면 건조재의 약 2~4배에 달하는 흡수율이다.

다음으로, 실험밀도는 0.187~0.232g/cm³으로, 산뿔나무의 밀도가 0.55-0.63-0.71의 범위인 것을 생각하면, 이 값은 현생재 목재밀도의 1/3~1/4에 불과한 것으

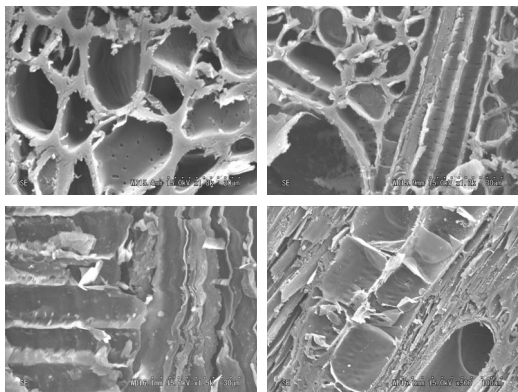


Figure 3. Scanning electron micrographs of the cross section(upper) and The radial section(lower) of freeze-dried Morus bombycis wood

로, 부후의 정도를 알 수 있었다.

4.2. 주사전자현미경에 의한 조직 관찰

주사전자현미경의 관찰 결과(Figure 3), 횡단면에서 목 섬유의 2차벽은 일부 소실되었으며 2차벽 일부와 복합 세포간층만이 남아 있는 상태라는 것을 알 수 있다. 2차 벽의 내층이 전혀 확인되지 않는 것으로 보아 세포의 열화는 내강에서부터 열화가 진행한 것으로 보인다. 특히 2차벽 중층은 세포벽의 강성을 담당하는 부분으로, 일부에서 열화흔적이 보여 붕괴에 의한 변형이 발생할 가능성이 있다. 방사단면에서도 부분적으로 찢어짐과 천공이 보이지만, 그 수가 많지 않다.

4.3. 중량변화율

PEG의 경우, 20%농도에 함침한 직후는 중량이 증가하지만 그 이후부터는 거의 평행에 가깝거나 감소하는데 이는 PEG의 침투가 충분하지 않았기 때문인 것으로 보인다(Figure 4). 이는 설정된 함침일수에 관계없이 모두 같은 양상이어서 함침기간이 길어야 할 것으로 보인다.

40%에서부터 중량감소의 경향을 보이고 있으며 60%에서는 평행에 가깝거나 증가하고 있다. 특히 12일씩 60%직후부터 현저하게 감소한 후 서서히 증가한다. 이러한 현상은 PEG 함침시 자주 보이는 현상으로, 함침기간이 짧아 삼투작용에 의한 약제의 원활한 침투확산이 이루어지지 못한 것이 한 원인이라고 생각된다.

이에 반해, S·A법은 함침일수와 관계 없이 농도가 상승함에 따라 중량이 증가하여 목재내 수분과의 치환이 평형상태임을 알 수 있었다.

처리종료후 중량변화를 농도별로 검토해 보면, PEG의 경우는, PEG 20%로 함침한 샘플은 중량변화율이 -60~-70%이고 40%로 함침한 샘플은 -25~-55%, 60%로 함침한 샘플은 -15~-40%, 80%는 -7~-20%, 100%까지 함침한 경우는 1.5~17%였다. S·A법은 20%로 함침한 샘플이 -50~-55%, 40%에서 -15~-40%, 60%에서 -3~-20%, 80%에서 2~-10%로, PEG에서 처럼 함침한 샘플일수록 중량감소율이 작은 것을 알 수 있다. 그러나 동일한 농도에서 S·A가 PEG 처리 보다 중량감소율이 낮다.

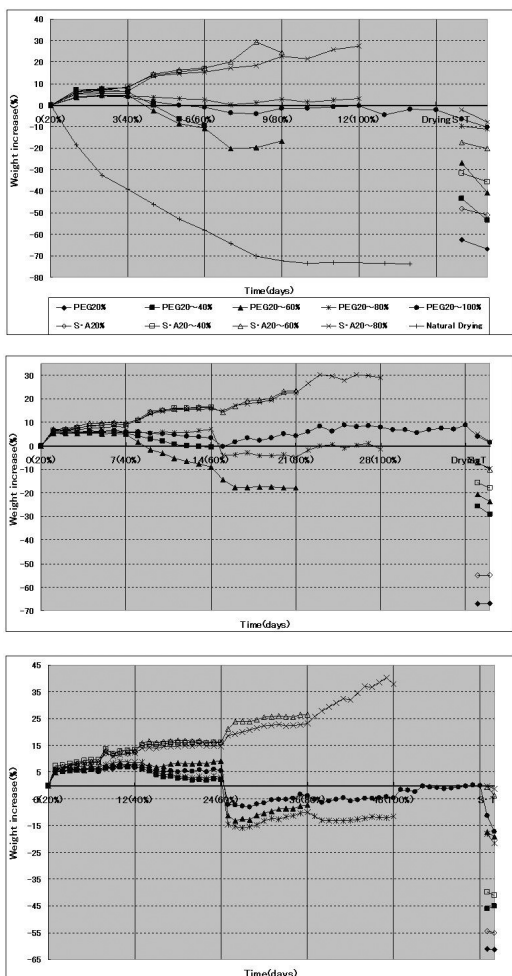


Fig 4 Weight increase(%) of Sample for Conservation Treatment (Upper: 15days, Middle:35days, Lower:60days during impregnation).

4. 4. 차수인정성

본 연구에 사용한 샘플의 수축률은 축방향 11.13%, 접선방향 42.7%, 방사방향 24.29% 였다. 신평나무 현생재의 수축률이 접선방향 최대 8%, 방사방향 4%인 것과 비교하면, 접선·방사방향에서 현생재의 5배이상에 달하는 수축률을 보여, 상응하는 세포벽의 열화를 나타내고 있다.

우선, 축방향수축률은 PEG법과 S·A법 어느쪽도 3% 미만이었다(Figure 5). PEG법은 함침기간에 관계없이

40%함침 후 부터 수축이 시작하여 60%까지 계속되고 이후부터는 서서히 평형을 이루어 중량변화율의 양상과 일치한다. 반면 S·A에 함침한 샘플도 PEG법 보다 수축률은 작지만 3일, 7일, 12일간 60%농도 함침에서 약간 수축하다가 직후에 회복한다. 현재 이러한 현상에 대한 연구결과는 거의 없지만 물의 분자량과 PEG 분자량의 차이에 따른 목재내 負壓이 하나의 원인인 것으로 생각된다.

횡단면수축률 또한(Figure 6) 중량변화율, 축방향수축률과 비슷한 양상이며 처리후 결과, PEG법은 100%까지 3일, 7일간씩 함침한 경우가 횡단면수축률 9.21%,

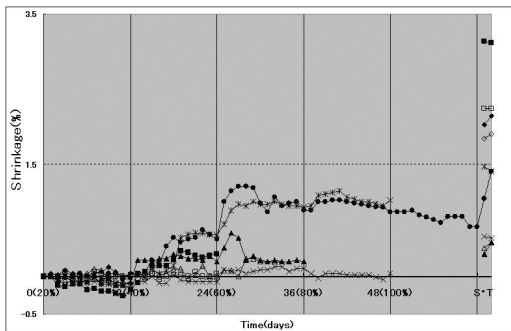
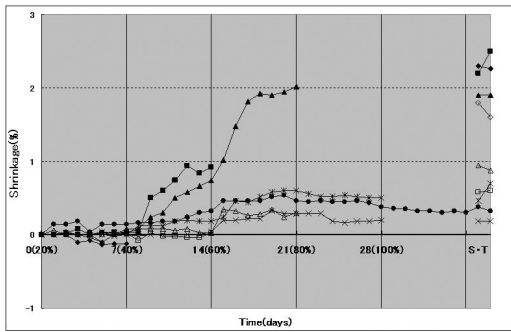
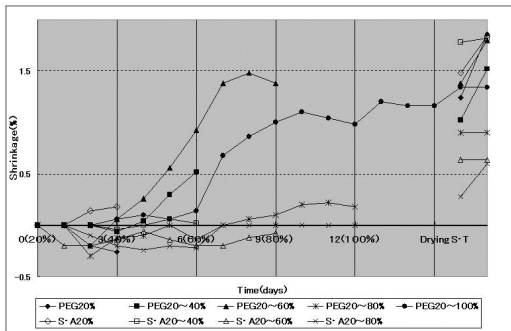


Figure 5. Longitudinal direction Shrinkage(%) of Sample for Conservation Treatment (Upper: 15days, Middle: 35days, Lower: 60days during impregnation).

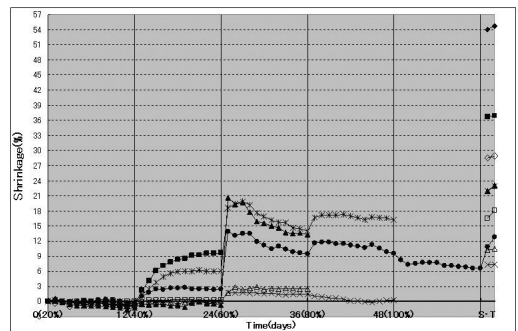
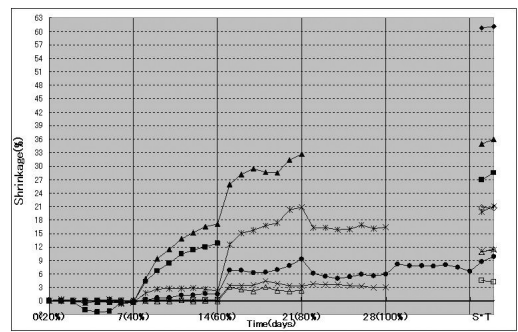
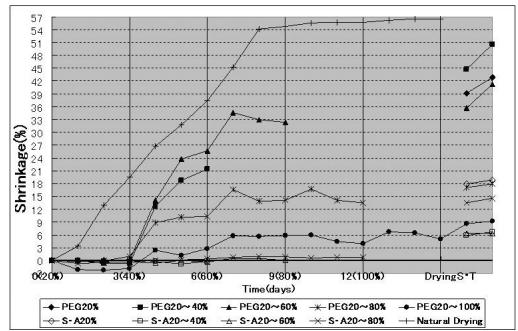


Figure 6. Cross Section Shrinkage(%) of Samples for Conservation Treatment (Upper: 15days, Middle: 35days, Lower: 60days during impregnation).

9.88%로 가장 낮은 수치를 나타냈다. S·A법은 40%농도까지 3일간, 7일간씩 함침한 샘플이 수축률 4.5%로 가장 낮은 수치를 나타냈고 다음이 60%농도(수축률 6% 내외)까지 함침한 샘플이었으며 80%농도(수축률 7.3%)까지 12일간씩 함침한 샘플순이었다. PEG법은 고농도(100%)의 함침이 필요하며 S·A법은 40%, 60%의 저농도함침으로도 치수안정성이 확보되었다.

4. 5. 약제 침투 양상

출토목재의 처리법으로서 PEG법과 S·A법은 두 방법 모두 세포의 붕괴가 발생하지 않도록 자유수를 제거하는 것과 함께 세포벽의 강화처리를 목적으로 한다. 즉, 세포 내강에 수지를 침투시켜서 세포벽 붕괴의 원인인 자유수를 탈수시킴과 동시에 세포벽을 강화하는 것이 탄화부와

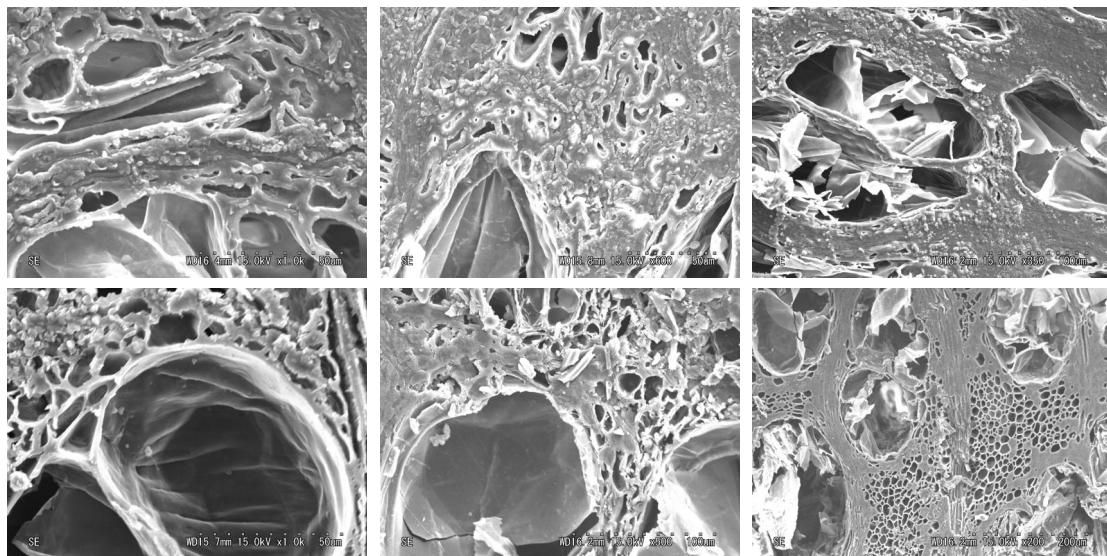


Figure 7. Scanning electron micrographs of Samples Treated with PEG (Upper: Non-Carbonized, Lower: Carbonized, Left: 20%(3days), Middle: 20%(3days) → 40%(3days), Right: 20%(3days) → 40%(3days) → 60%(3days).

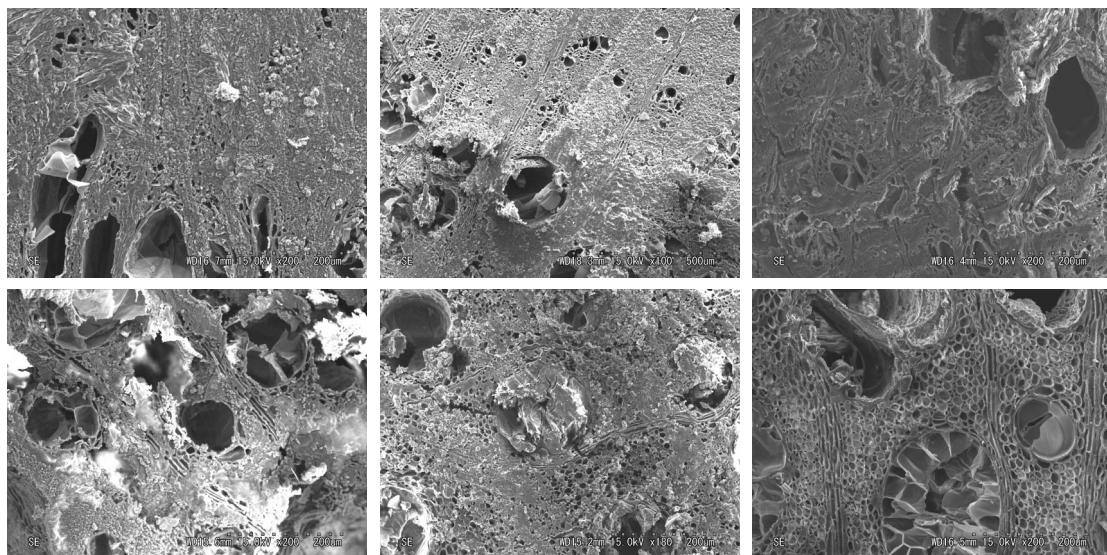


Figure 8. Scanning electron micrographs of Samples Treated with S·A (Upper: Non-Carbonized, Lower: Carbonized, Left: 20%(3days), Middle: 20%(3days) → 40%(3days), Right: 20%(7days).

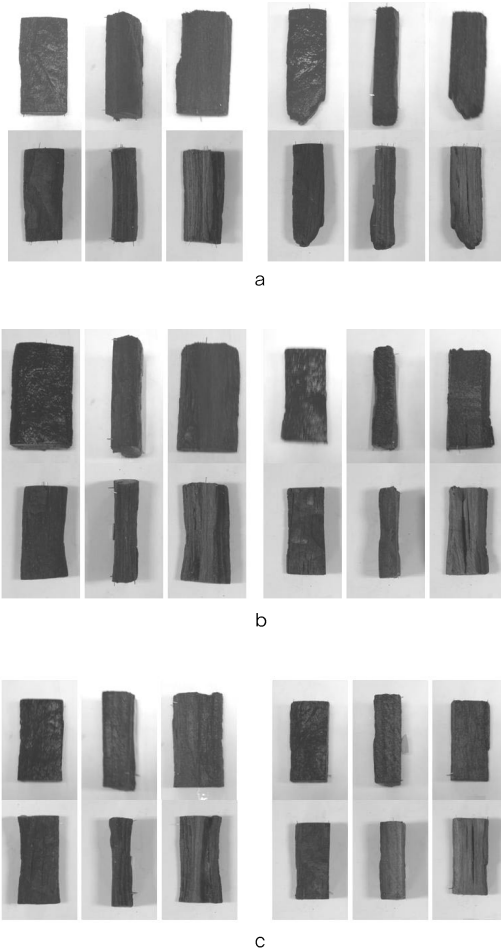


Figure 9. Samples after Treatment (Upper:Before Treatment, Lower:After Treatment, Left:PEG, Right:S·A) Note: a: 20%(3days), b 20%(3days) → 40%(3days), c: 20%(3days) → 40%(3days) → 60%(3days).

미탄화부의 물과의 치환과정에서 미시적으로 세포조직이 변화하는 양상과 이에 따른 거시적 수축 거동을 관찰하였다.

관찰결과, 탄화부는 저농도의 단기간함침종료의 경우도 수축이나 세포의 붕괴가 보이지 않았고 약제의 침투 양상에는 관계가 없었다. 이에 반해 미탄화부분은 침투가 어려웠던 부분에서는 세포의 수축과 붕괴가 일어나는 등의 현상이 보였다. 즉, 고농도까지 함침한 샘플이 조직관찰상 수축이나 붕괴가 적고 샘플의 완곡이 일어나기 어렵다는 것을 알았다.

PEG법을 보면(Figure 7), 미탄화부는 3일, 7일씩 함

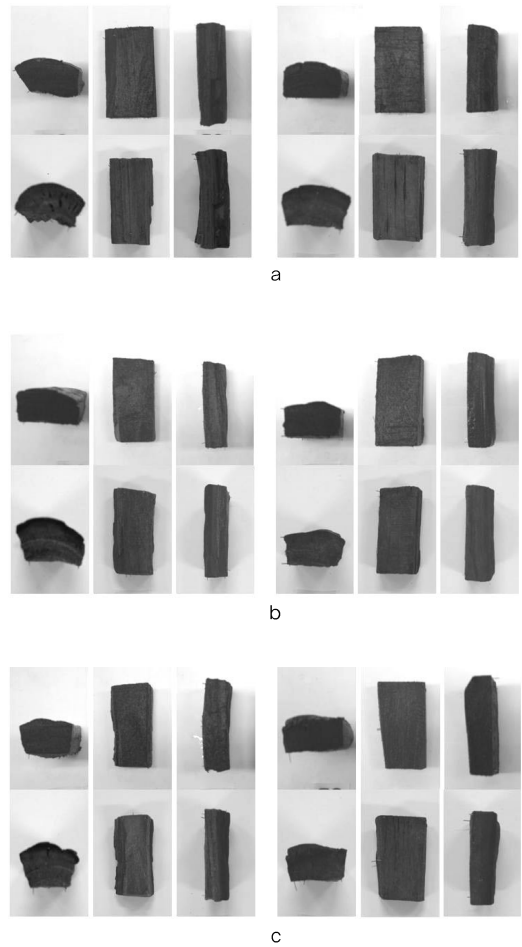


Figure 10. Samples after Treatment (Upper:Before Treatment, Lower:After Treatment, Left:PEG, Right:S·A) Note: a: 20%(7days), b 20%(7days) → 40%(7days), c: 20%(7days) → 40%(7days) → 60%(7days).

침한 경우, 60%농도까지는 충분한 치환이 이루어지지 않아 도관의 수축이 보이지만 80% 이상에서는 세포의 수축과 붕괴가 보이지 않고, S·A법은 함침기간에 관계 없이 40%이상의 농도에서 세포의 수축을 보이지 않았다(Figure 8).

육안관찰에서도, PEG법은(Figure 9,10,11), 20%, 40%, 60%까지의 농도함침에서 충분한 치수안정 효과를 얻을 수 없었고, 접선방향과 축방향의 수축이나 휨이 심하게 나타났지만, 80%, 100%농도까지 함침한 샘플에서는 큰 변화는 보이지 않았다. S·A법은 40%, 60%에서 3일씩 함침한 샘플의 접선면에서 일부 균열이 보일 뿐 육

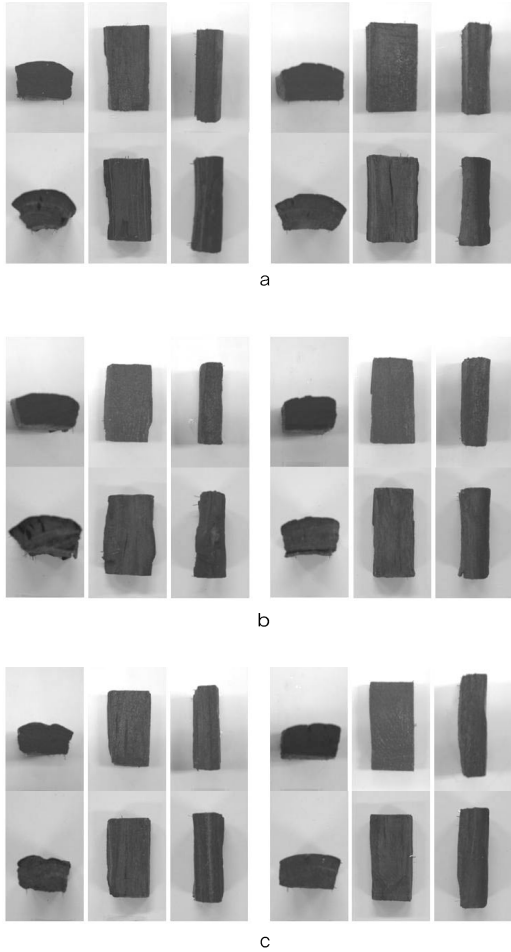


Figure 11. Samples after Treatment (Upper: Before Treatment, Lower: After Treatment, Left: PEG, Right: S·A) Note: a: 20%(12days), b: 20%(12days) → 40%(12days), c: 20%(12days) → 40%(12days) → 60%(12days).

안적으로 큰 변화가 보이지 않았다.

탄화부의 조직은 전혀 변화가 보이지 않았고, 약제 침속도의 차이만 보였으므로 본 연구에 사용한 판상 부분 탄화목재의 변형과 수축에 관계하는 것은 미탄화부의 수축양상에 따른 것으로 해석된다.

5. 결론

본 연구에서 사용한 샘플의 최대함수율은 탄화부 19.6%, 미탄화부 61.8%로 중간정도의 함수율인 활엽수

(산뽕나무; *Morus bombycis*)재 이다. 접선단면의 한쪽면은 탄화면, 나머지 한면이 미탄화면으로, 물리적인 특성과 주사형전자현미경에 의한 관찰 결과, 2차벽 일부와 1차벽, 세포긴층만이 남아 있는 상태이고 특히 세포벽의 2차벽 중층은 세포벽의 강도를 담당하는 부분으로 일부에서 열화흔적이 보여 보존처리가 충분히 이루어지지 않을 경우 세포의 붕괴에 의한 변형이 발생할 가능성이 있음을 알 수 있었다.

탄화부 약 200%, 미탄화부 약 600% 정도의 함수율을 가지고 비슷한 물성과 열화상태 가진 활엽수부탄화재(산뽕나무)의 경우, 처리 후에 일어날 가능성이 있는 박리와 완곡을 방지하기 위해서는 S·A법으로는 40%농도 이상으로, 그리고 PEG법의 경우에는 100%농도까지 단계적으로 충분한 함침기간이 필요한 것으로 생각된다.

사사

큰 도움을 주신 경담문화재보존연구소 김의주 소장님, 나라대학西山要一 교수님, 원흥사문화재연구소 植田直虎님께 지면을 빌어 감사의 말씀을 드립니다.

참고문헌

1. 米林祥央, 炭化木製品の保存處理に關する基礎研究, 元興寺文化財研究所研究報告, (2003).
손병화, 박원규, 영국사 대웅전 출토 탄화목의 재질분석, 목재공학 35(1), (2007).
2. 森材總研究所, 木材工業ハンドブック(改定4版), (2004).
3. 김수철, 수침고목재의 동결건조를 위한 PEG전처리 농도 및 용매 설정, 충북대학교대학원 임산공학과 석사학위논문, (1999).
4. 酒井溫子, 今津節生, 横山 操, 中つど木材の乾燥に伴う收縮予測, 日本文化財科學會第14回大會研究發表要旨集, (1977).
酒井溫子, 出土材のポリエチレングリコールの含浸速度について元興寺文化財研究No34, (1990).

- 酒井 濠子, 出土木材と水の相互作用, 元興寺文化財研究No37, (1991).
- 酒井 濠子, 出土木材の劣化過程, 木材學會誌37(4), (1991).
5. 今津節生, 糖アルコールを用いた水浸出土木製品の保存 I, 考古學と自然科学28, pp77-96, (1993).
- 今津節生, 糖アルコールにおけるトラブルの回避と限界, 奈良國立文化財研究所保存科學研究集會, (2000).
6. 井上美知子, 五代雄資, PEG含浸出土木製品のエタノール水溶液による表面處理法について, 元興寺文化財研究 No42, (1992).
7. 淺野裕久夫, 木材の事典, 朝倉書店, (1982).
8. 島地 謙・伊東隆夫, 圖説木材組織, 地球社, (1982).
- 島地 謙外, 木材の構造, 文水堂, (1985).
9. 日本木材科學編 木材科學實驗書 I, 一物理編一, 中外産業調査會, (1985).
10. 澤田正昭, 考古資料保存の科學的研究(1), 研究論集 1, 奈良文化財研究所學報 (1972).
11. 澤田正昭, 文化財保存科學ノート, 近未來社, pp67-102, (1997).
12. 澤田正昭, 木製品の保存處理 -過去・現在・未來-, 奈良國立文化財研究所保存科學研究集會, (2000).
13. 中川正人, PEG含浸法その評價と將來性, 奈良國立文化財研究所保存科學研究集會, (2000).
14. 澤田正昭, 遺物の保存と調査, 獨立行政法人奈良國立文化財研究所, (2003).
15. 今津節生, マニトール・ポリエチレングリコールによる出土木材の真空凍結乾燥, 古文化財の科學33, pp52-62, (1988).
16. 今津節生 外, 水浸出土木材へのポリエチレングリコールとスクロースの擴散, 彊京考古學研究所研究成果 第1冊, (1999).
17. 今津節生, 糖類を用いた2ステップ含浸去-出土材の保存法と處理の實例-, 彊京考古學研究所研究成果 第1冊, (1999).
18. 姜愛慶・今林祐嗣・林琳珍, 水浸木材の寸法安定性に関する研究, 考古學と自然科学33, pp39-56, (1996).
19. 김경수・이용희, 수침목재의 동결 건조 실험보고, 박물관보존과학창간호, pp27-35, (1999).
20. 강애경・박상진, 수침목재의 PEG, 락티톨, 슈크로우스 처리에 의한 차수안정화효과, 보존과학회지8, no1, pp28-32, (1999).
21. 이용희・김수철・박영만・김경수, 수침고목재의 보존을 위한 PEG·Sucrose·Lactitol 처리 및 습도조건에 의한 상태변화실험, 박물관보존과학2, pp19-25, (2000).
22. 增澤文武外, 埋藏文化財のPEG含浸處理に對する實驗 I, 元興寺保存科學研究室紀要 2], (1973).
23. 增澤文武外, 埋藏文化財のPEG含浸處理に對する實驗 II, 元興寺保存科學研究室紀要 2], (1974).
24. 增澤文武外, 埋藏文化財のPEG含浸處理に對する實驗 III, 元興寺保存科學研究室紀要 2], (1975).
25. 增澤文武, 岡本 一外, 出土木材の劣化狀態を把握する一方法, 古文化財の科學25, pp19-24, (1980).
26. 石川惠美, ポリエチレングリコール含浸法の歴史と今後の課題, 元興寺創立30周年記念誌, (1997).
27. 川本耕三, 出土木製品を真空凍結乾燥法により保存處理する上での諸問題, 元興寺創立30周年記念誌, (1997).
28. 井上美知子, 出土木製品遺物の保存-脂肪酸エステル法を中心に-, 元興寺創立30周年記念誌, (1997).
29. 山田哲也, 出土クリ材の各種保存處理法による寸法安定性の検討, 元興寺創立30周年記念誌, (1997).