

# 永同 寧國寺 大雄殿 出土 炭化木材의 保存處理<sup>1)</sup>

손병화 | 윤두형\* | 김요정\* | 박원규\*

국립창원문화재연구소 보존과학실  
\*충북대학교 농업과학기술연구소 연륜연구센터

## Conservation Treatment of Charred-Woods Excavated under Daewoongjeon Hall of Youngguksa Temple

Son Byung-Hwa | Yoon Doo-Hyung\* | Kim Yo-jung\* | Park Won-Kyu\*

Changwon National Research Institute of Cultural Heritage, Changwon 641-729, Korea

\*Tree-ring Research Center, Agricultural Science & Technology Institute, Chungbuk National University, Cheongju 361-763, Korea

**초 록** 충북 영동 영국사 대웅전 하부 토양층에서 출토된 탄화 목재의 현장 보존처리 방법을 개발하고자 하고자, 6가지 처리법을 실험한 결과 PEG#400 10%를 4일간 1일 1회씩 점적(dropping)한 후 PEG#4000 10%에서 40%까지 단계적으로 점적하는 방법이 좋은 치수안정성을 나타냈으며, 육안적으로 관찰했을 때도 갈라짐이 발생하지 않고 견고하였다. 이 방법을 건물 하부에서 출토된 주두로 보이는 탄화 건축부재 2점에 대해 현장에서 경화처리를 실시하였다. 현장에서의 시간 제약상 PEG#400 10%로 점적한 후 바로 PEG#4000 80%를 85℃로 가열하여 다시 점적하였다. 경화 처리된 주두는 실험실로 운반하여 PEG#4000 80%(85℃)로 재처리한 결과 우수한 치수안정성을 보여주었다.

중심어 : 탄화목, 건축부재, 보존처리, PEG, 강화처리, 출토목재

**ABSTRACT** The conservation methods for the charred-woods excavated under the Daewoongjeon Hall of Youngguksa Temple, Youngdong, Chungbuk, Korea were investigated. The tests revealed that PEG#400 10% for four days followed by gradual application of PEG#4000 10% to 40% showed the most stable and robust results, showing no cracks in macroscopic examination. This treatment method was applied to the two charred elements, which appeared to be the capitals at the excavated site. After the treatment, the consolidated capitals were transported to the laboratory, where they were retreated with PEG#4000 80% at 85°C.... Charred capitals showed also an excellent level of stability.

*Key word : charred woods, temple building element, conservation, PEG, consolidation, excavated wood*

### 1. 서론

충북 영동군 영국사(寧國寺) 대웅전을 해체 수리하는 과정에서 출토된 탄화부재의 연대와 보존처리가 중요한

문제로 대두되었다. 저습지 또는 토탄층에서 출토되는 목재유물의 중요성과 보존처리 방법은 날로 발전하고 있지만 탄화목의 보존처리에 대한 연구는 미흡하여 본 연구를 시작하게 되었다.

1) 본 연구는 한국과학재단 국가지정연구소재은행사업(R21-2005-000-10034-0)의 지원으로 수행되었음.

목재의 탄화는 목재를 구성하고 있는 여러 가지 유기 화합물이 열분해되어 다른 물질로 변화하는 화학적 변화이다. 열분해과정을 보면 100℃ 정도의 가열에서는 습윤성의 흡착수가 증발되지만, 100℃가 넘으면 구조적인 흡착수가 방출되면서 열분해가 서서히 시작되고, 150℃에서는 분해속도가 빨라지며, 180~300℃에서는 hemicellulose가 급속도로 분해된다. 240~400℃에서는 cellulose, 그리고 280~550℃에서는 lignin이 분해된다. 500~1000℃에서는 3가지 주요 성분의 탄화물질로부터 수소가 분리되어 목탄이 되는 것이다.<sup>1</sup>

탄화목에 대한 보존처리 연구는 드물다. 포괄적인 연구는 Caple & Murray(1994)에 의해 이루어졌다.<sup>2</sup> 이들은 PEG, Epoxy Resin, Pararoid B-72(acrylic copolymer)등으로 20여 가지 조건에서 실험하였다. 실험 결과 PEG#400 10%로 5일간 처리한 후, PEG#4000 10%~40%로 추가로 처리하여, 상대습도 90%, 75%, 60%, 35%에서 단계적으로 건조시킨 방법이 찌그러짐도 없고, 할렬도 일어나지 않았으며, 외관상의 상태도 아주 견고하여 가장 좋은 처리방법이었다고 하였다. 그러나 이 연구는 치수변동 등 실험결과가 구체적으로 제시되어 있지 않다. Jover(1994)는 스페인 Abric Romani의 구석기 유적(45,000년前)에서 출토된 목탄유물을 현장에서 곧바로 PEG#4000 80% 수용액을 100℃로 가열하여 점적하여 처리하였다.<sup>3</sup> 그 결과 우수한 치수 안정성을 나타냈으며, 현재는 박물관에 전시·보관 중에 있다.

탄화온도에 따른 셀룰로오스 결정성의 변화는 X선 회절분석으로 나타낼 수 있다. 250℃까지는 목재의 셀룰로오스 결정구조가 변화하지 않은 상태로 남아 있으나 300℃이상에서는 셀룰로오스 회절강도가 배향성을 잃으며 붕괴되었다. 또한 340℃ 이상에서 제조된 목탄은 거의 비결정형으로 변화되었다. 540℃까지는 다소간의 셀룰로오스 결정형을 갖고 있지만 740℃에서는 완전히 비결정화 되었다.<sup>4</sup>

탄화온도별 목탄의 원소조성은 수중에 관계없이 탄화온도의 증가와 함께 탄소비율이 증가하는 반면 수소와 산소의 비율은 감소한다. 탄소함량은 낙엽송은 탄화온도 600℃까지, 상수리나무는 700℃까지 약 85%까지 빠르게 증가하지만 그 이상의 온도에서는 큰 차이가 없었다.<sup>6</sup>

이처럼 탄화온도에 따라 물리·화학적 성분은 다르

므로 X선 회절분석, 원소조성비 등을 조사하여 유물로 출토되는 탄화목에 대해서 셀룰로오스의 결정성을 파악할 수 있으며, 어느 정도의 온도에서 탄화되었는지를 추정할 수 있다. 이러한 탄화목의 이화학적 분석은 보존처리의 기초자료로 활용될 수 있다.

영국사 출토 탄화목의 함유율은 215%~235%로 수분을 많이 함유하고 있었으며, 원소조성비 분석결과 약 500℃에서 탄화되었고, X선 회절분석 결과 셀룰로오스 결정성이 붕괴된 숲으로 조사되어 매우 취약한 상태이었다.<sup>7</sup> 본 연구에서는 충북 영동 영국사 대웅전의 하부 토양층에서 발견된 탄화 목부재의 현장 보존처리방법을 개발하고자 하였다.

## 2. 연구대상 및 범위

영국사 대웅전은 충북 영동군 양산면 누교리 1397번지 천태산에 위치해 있으며 시도 지정문화재 제 61호로 지정되어 있다. 이 사찰은 신라 문무왕 8년(668)에 창건하였다고 하나 정확한 연대를 알 수 없다. 고려 문종(재위 1046~1083) 때 대각국사가 절 이름을 국청사로 하였다고 전해진다. 그 후 공민왕(재위 1351~1374) 때 흥건적의 침략을 피하여 이곳에서 나라의 안정과 국민의 평안을 기원하여 이름을 영국사로 고쳤다.<sup>8</sup>

영동군에서는 2004년 11월부터 대웅전 해체보수공사를 실시하여 대웅전을 완전히 해체하고, 주초석 하부의 강회다짐을 위해 터파기 공사를 실시하였다. 이 과정에서 대웅전 하부에 유존하고 있는 초석으로 추정되는 석재와 목재의 원형을 상당부분 간직한 목탄이 확인되었으며, 파도문기와, 백자편, 각종 철제류 및 2구의 청동제 불상편이 녹은 상태로 출토되어 이전 건물지의 폐기원인은 화재로 인한 것으로 밝혀졌다.<sup>8</sup>

따라서 대웅전의 하부에서 출토된 탄화 목재는 영국사 대웅전의 역사를 규명하는데 중요한 자료이므로 발굴 현장에서의 응급보존처리가 시급하였다. 본 연구는 여러 실험을 통해 습기를 머금고 있는 취약한 탄화목(숯)을 현장에서 즉시 보존처리 할 수 있는 방법을 6가지의 처리약제를 사용하여 치수안정성을 비교하였다.



Figure 1. A view of Daewoongjeon Hall at Youngguksa Temple.

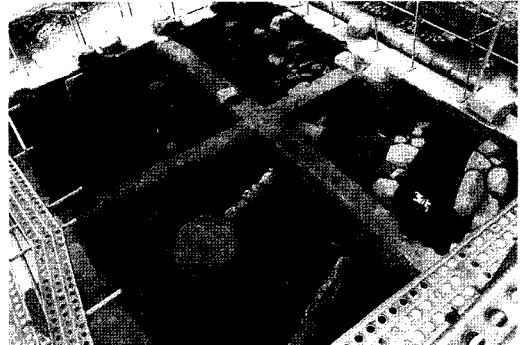


Figure 2. A view of excavation site at the Daewoongjeon Hall.



Figure 3. Exposed charred wood elements.



Figure 4. Charred wood at the time of excavating. This sample was used for conservation processing experiment.

### 3. 재료 및 방법

#### 3.1 탄화목의 보존처리

##### 1) 연구재료

본 실험에 사용된 시료는 영국사 대웅전 하부에서 출토된 탄화목(숯) 중 보존 대상이 아닌 것을 선택하였다(Figure 4). 수종은 소나무(*Pinus densiflora* Sieb. et Zucc.)이었다. 탄화 목부재는 크기를 일정하게 자를 수가 없었지만 보통 3cm×3cm×5cm가 되도록 횡단면의 나이트 패턴에 맞추어 14개의 시료를 제작하였다.

##### 2) 보존처리실험

###### ① 중량변화율

모든 시편은 처리 전의 중량을 측정하였으며, 보존처리 후 약제의 침투, 확산 정도를 측정하기 위해 24시간마다 전자저울로 0.001g 단위까지 측정하여 다음 식으

로 중량변화율을 계산하였다.

#### 중량변화율(Weight change rate)

$$(\%) = \frac{W_a - W_b}{W_b} \times 100$$

$W_a$ : 처리 후 시료 중량(g)

$W_b$ : 처리 전 시료 중량(g)

###### ② 치수변화율

시편의 치수안정화 효과를 비교하기 위해 처리 전 모든 시료에 섬유방향, 방사방향, 접선방향별로 측정용 핀을 꽂았다(Figure 5). 핀과 핀 사이의 거리를 측정하기 위하여 핀 머리에 X표시(홈집)를 한 다음 연륜폭측정기로 측정하였다. 약제 처리 전과 건조 후의 치수변화율은 다음 식으로 계산하였다.

치수변화율(Dimensional change rate)

$$(\%) = \frac{l_t - l_b}{l_b} \times 100$$

$l_b$  : 약제 처리 전 길이(mm)

$l_t$  : 약제 처리 후 길이(mm)

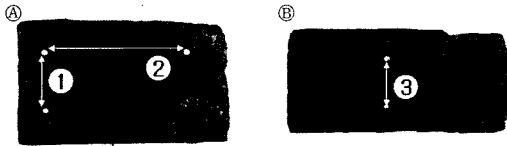


Figure 5. Fixing measurement pin to the direction of charred wood. (A): ① marks represent the radial direction. ② marks represent the longitudinal direction. (B): ③ marks represent the tangential direction.

③ 처리약제와 처리법

영국사 하부에서 출토된 탄화목재를 14개의 시편으로 절단해 PEG#400, PEG#4000, Paraloid B-72, Sucrose, Caparol-binder를 이용하여 Table 1과 같이

6가지 처리법으로 실험하였다.

A처리에서는 PEG#4000 80%를 85℃로 가열하여 스포이드로 점적시켰다. PEG#4000이 건조되어 시료표면에 응고되어 있으면 드라이기를 이용하여 용해시켜 종이와이퍼로 닦아내었다(Figure 6-8).

B처리에서는 PEG#400 10%로 실온에서 점적하고 5일 후, PEG#4000 80%를 85℃로 가열하여 점적시킨 후 자연건조 시켰다.

C처리에서는 PEG#400 10%를 실온에서 4일 동안 24시간마다 점적시키고, PEG#4000 10%에서 40%까지 각 농도별 2일씩 점적시키면서 10%씩 농도를 상승시켜 자연건조 하였다.

D처리에서는 시편을 실온에서 Acetone으로 치환시킨 후 Paraloid B-72 10%를 점적하고, 24시간 후 Paraloid B-72 20%를 점적하여 자연건조 시켰다. E처리에서는 실온에서 Sucrose 40% 수용액으로 점적하여 자연건조 시켰다. F처리에서는 실온에서 Caparol-binder 5%로 처리한 후, 다시 10%로 재처리하여 자연건조 시켰다.

Table 1. Conservation treatment methods for charred woods.

		Treatment procedures	Samples
Control		No treatment, air dry	2, 5
Treatment	A	PEG#4000 80% solution (85℃) ⇒ Air dry	7, 9
	B	PEG#400 10% sol. ⇒ After 5 day air dry, PEG#4000 80% sol. (85℃) ⇒ air dry	6, 8
	C	PEG#400 10% sol. four days ⇒ PEG#4000 10%-40% sol. gradual rise to each two days ⇒ air dry	3, 4
	D	Dehydration using Acetone ⇒ Paraloid B-72 10% ⇒ Paraloid B-72 20% ⇒ air dry	10, 11
	E	Sucrose 40% sol. ⇒ air dry	12, 13
	F	Caparol-binder 5% sol. ⇒ Caparol-binder 10% sol. ⇒ air dry	14, 15

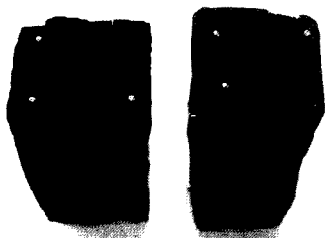


Figure 6. Samples before treatment.

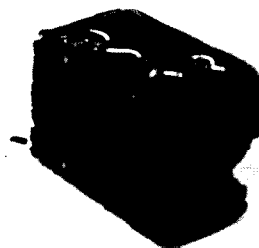


Figure 7. Dropping PEG #4000 solution.

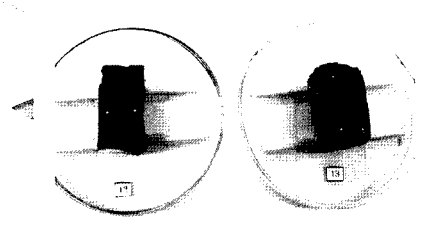


Figure 8. Air drying

## 4. 결과 및 고찰

### 4.1 보존처리법 비교시험

#### 1) 중량변화율

중량변화율은 각 처리방법별로 큰 차이를 나타냈다 (Figure 9).

무처리제는 2일째에 약 20%까지 급격하게 중량이 감소하였고, 이후부터의 무게변화는 아주 적었다. 따라서 발굴되는 탄화목은 2일 안에 신속히 처리에 들어가거나 처리를 할 수 없는 상황에서는 수분을 계속 공급해주어야 한다.

A처리에서는 PEG#4000 80% 처리 후 중량이 90~110% 까지 증가하였다가 건조과정에서 70%까지 서서히 감소되었다.

B처리에서는 PEG#400 10%처리 후 약 120%까지 중량이 증가하였고 이후 5일의 건조기간 동안 약 80%까지 감소하였다. 다시 PEG#4000 80% 재처리 후 약 150%까지 증가하였다가 120%까지 서서히 감소되었다.

C처리에서는 첫째 날 PEG#400 10%처리 후 약 100%까지 중량이 증가하지만 둘째 날부터 PEG#400 10%처리 이후에 중량변화율이 90%, 80%, 70%까지 약 10%씩 감소되었다. 이는 처음 약제 침투시 시료의 내부까지 PEG#400이 침투되었고 점차 침투 정도가 떨어지는 것으로 생각된다. 이 후 PEG#4000 10% 처리 후에 다시 약 110%까지 중량이 증가하였고 이튿날 PEG#4000 10%를 재처리 했을 때 이보다 약 20%줄어들었다. 이후부터 PEG#4000 20%, 30%, 40%로 처리 함에 따라 약제농도의 상승과 함께 중량변화율도 약 5%

정도씩 상승하였다.

D처리에서는 Paraloid B-72 20%까지 점적 후 약 20%의 중량증가율을 나타냈다. 이는 PEG를 처리한 방법보다 훨씬 적은 중량증가율을 보여 Paraloid B-72가 탄화목의 내부까지의 침투율이 떨어지는 것으로 보인다.

E처리에서는 90~150%의 중량증가율을 나타내었다가 이후 30~70%까지 급격하게 감소하였다. 이후의 무게변화는 거의 일정하였다.

F처리에서는 30~50%의 비교적 낮은 중량증가율을 나타내었다가 이후 건조과정에서 약 10%정도 감소하였다.

#### 2) 치수변화율

치수안정성을 평가하기위해 탄화목의 3방향에 측정용 핀을 꽂아 치수변화율을 측정하였다. 여섯 가지 방법에 의해 처리된 탄화목은 Figure 10~12와 같은 치수변화율을 나타내었다.

무처리제 2·5번은 방사방향의 길이수축율이 6~10%까지 나타나 가장 큰 수축을 보여주었다. 시료 2번의 섬유방향 치수변화율은 15일째까지는 일정하지 않게 수축이 되었으며, 그 후 2% 정도로 안정화되었다. 시료 5번의 섬유방향 치수변화율은 6%정도에서 안정화 되었다. 접선방향의 치수변화율은 2~6% 사이에서 수축·팽창을 반복하였다.

A처리에서 접선방향의 치수변화율은 두 시료(7번, 9번) 모두에서 0~3%의 수축을 나타냈다. 방사방향의 치수변화율은 0~2% 사이에서 조금의 변동이 있었지만 시간이 지날수록 0% 정도로 안정되게 나타났다. 섬유방향 치수변화율은 시료 7번에서는 거의 변화가 없었지만

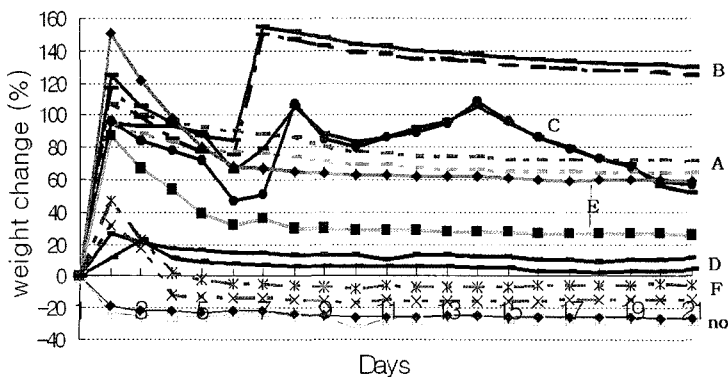


Figure 9. Weight change for treatment method.

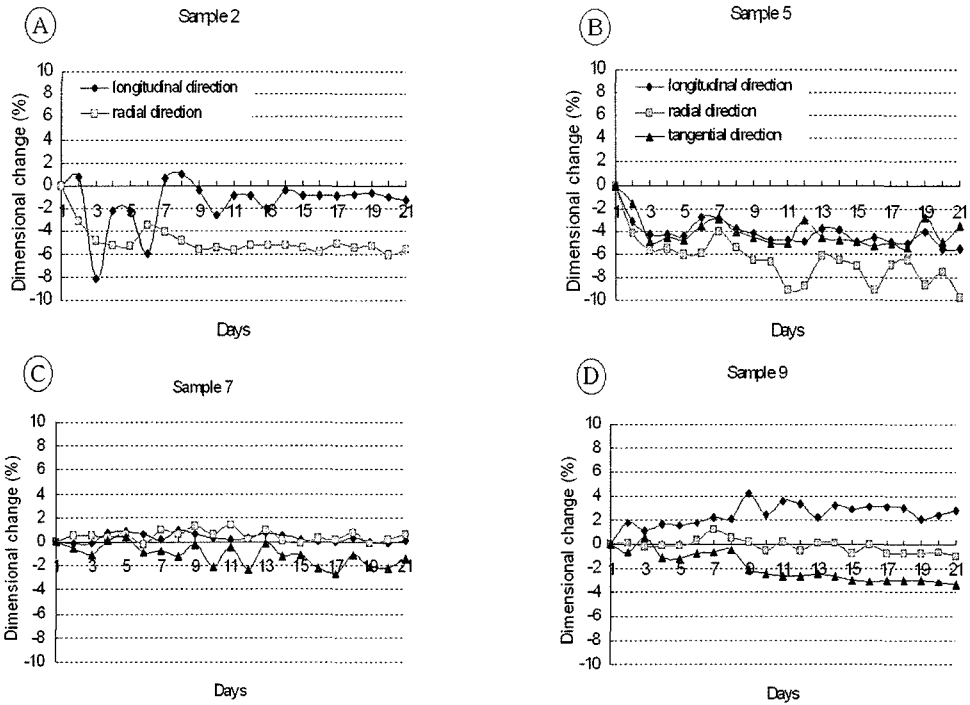


Figure 10. Dimensional change rate. ○, ⊙: Untreated, ⊙, ⊙: Treatment A.

시료 9번은 약 3%정도 팽윤되었다. 즉 A처리는 방향별로 수축과 팽윤이 모두 나타남에 따라 시료에 많은 할렬이 발생한 것으로 사료되며 실제로 외관상 할렬을 관찰한 결과 갈라짐이 발견되었다.

B처리에 의한 실험에서는 큰 폭의 변화를 보였다. 시료 6번은 3방향 모두 일관성 없는 수축·팽윤을 반복하였다. 시료 8번은 PEG#400 10%처리 후 건조과정에서 큰 팽윤을 나타냈지만 PEG#4000 80%로 처리된 이후에는 안정된 모습을 보였다. 시료 8번은 접선방향 6%, 방사방향 14%, 섬유방향 18%의 팽윤을 나타내고 있지만 이는 실질적인 팽윤이 아니라 PEG#400 10% 처리 후 5일 동안의 건조과정에서 시료의 갈라짐과 뒤틀림에 의한 치수변화로 생각된다.

C처리에서는 두 처리재 모두 0~3% 정도의 팽윤을 나타냈지만 아주 안정적인 모습을 보여주고 있다. PEG#400 10%로 4일 동안 매일 점적했을 때 3방향 모두 1% 내외의 팽윤을 보여주었고, 이후 PEG 4000 10%~40%처리 될 때까지 접선방향이 3%까지 조금 더 팽윤되었다.

D처리에서는 Paraloid B-72를 점적한 후 4~8%의

수축을 나타내다가 건조과정에서 약 4%정도의 수축상태를 유지하였다.

E처리에서는 Sucrose 40% 수용액을 점적한 후, 시료 12번에서 섬유방향으로 약 4%의 팽윤이 일어났으나 방사방향과 접선방향의 변화는 거의 없었으며 건조과정에서 서서히 수축하는 경향을 나타냈다. 시료 13번은 3방향에서 약 1%의 안정된 치수변화율과 달리 육안적 관찰에서는 큰 할렬은 관찰되지 않았지만 미세한 균열이 여러 곳에서 나타났다.

F처리에서는 처리 후 약 2%까지 팽윤되었다가 이후의 건조과정에서 4%정도의 수축을 나타냈다.

위에서 언급한 바와 같이 치수변화율에서 안정되게 잘 처리되었다하더라도 육안적인 관찰이 꼭 필요하며, 두 요소를 복합적으로 평가하여 처리방법을 결정하여야 할 것이다.

치수변화율을 좀 더 간단히 살펴보기 위하여 각각의 처리방법에 의한 평균치수변화율을 Figure 13에 나타내었다. 평균치수변화율 DC(%)는 3방향 치수변화율에 수축과 팽윤이 모두 유물 보존에 해가 되는 것이므로 모두 절대 값을 취하여 합한 후 평균을 다음과 같은 식으로

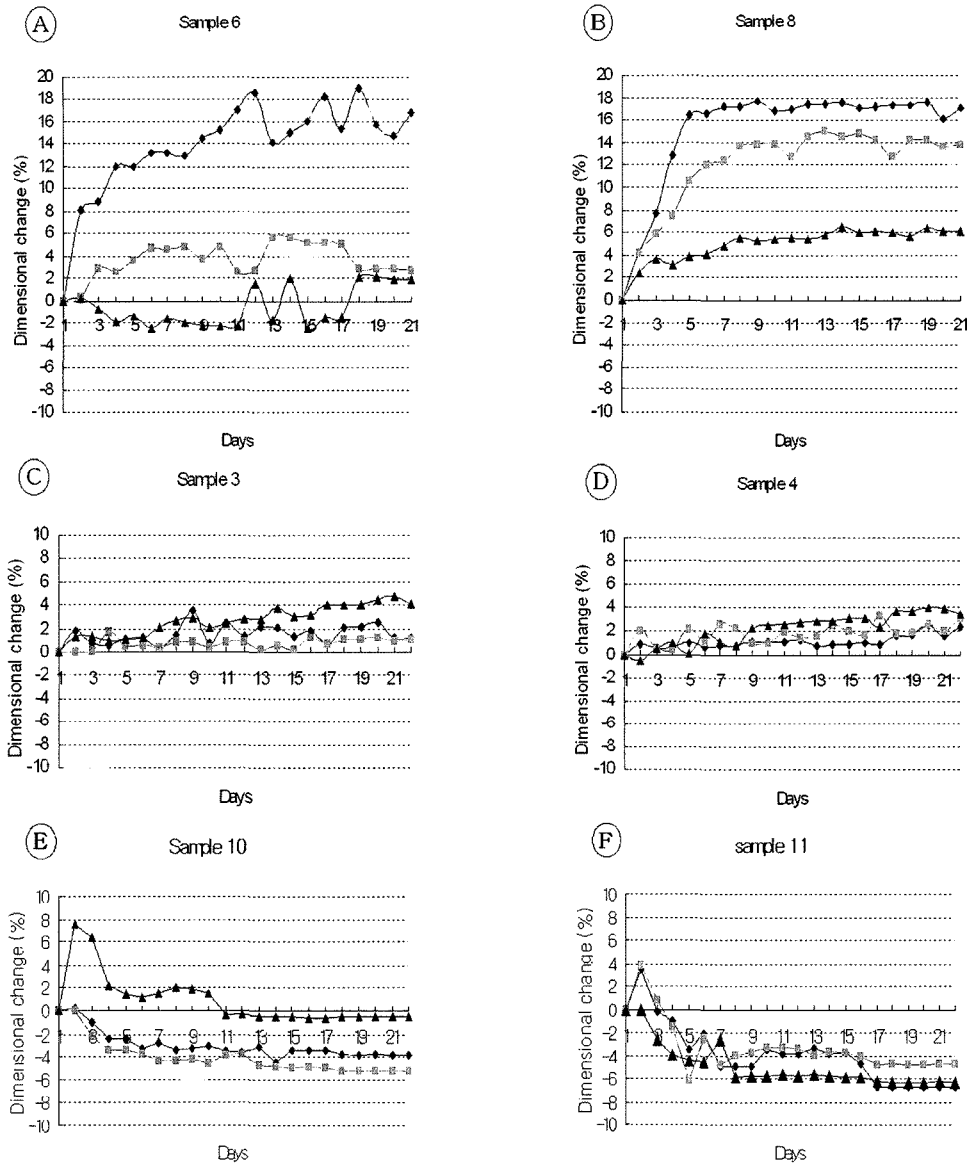


Figure 11. Dimensional change rate. ㉠ · ㉡: Treatment B, ㉢ · ㉣: Treatment C ㉤ · ㉥: Treatment D. A

계산하였다.

$$DC(\%) = \frac{\sum_{k=1}^n \left| \frac{l_t - l_b}{l_b} \right| \times 100}{n}$$

$l_b$ : 약제 처리 전 치수(mm)

$l_t$ : 약제 처리 후 치수(mm)

평균치수변화율은 A처리, E처리방법이 1.2%, C처리는 1.7%의 치수변화율을 나타내고 있어 우수한 치수안

정성을 보여주었다. 반면 B처리는 무처리제보다 높은 8.9%의 치수변화율을 보여 가장 불량한 결과를 나타내었다.

### 3) 처리 후 형태 변화 관찰

6가지 방법에 의해 보존처리 된 시료들의 각 단면별 외부 형태를 육안적으로 관찰하여 갈라짐(할렬)을 4단계로 분류하였다(Table 2, Figure 14-17).

갈라짐의 I 단계로 분류된 시료는 C처리방법에 의해

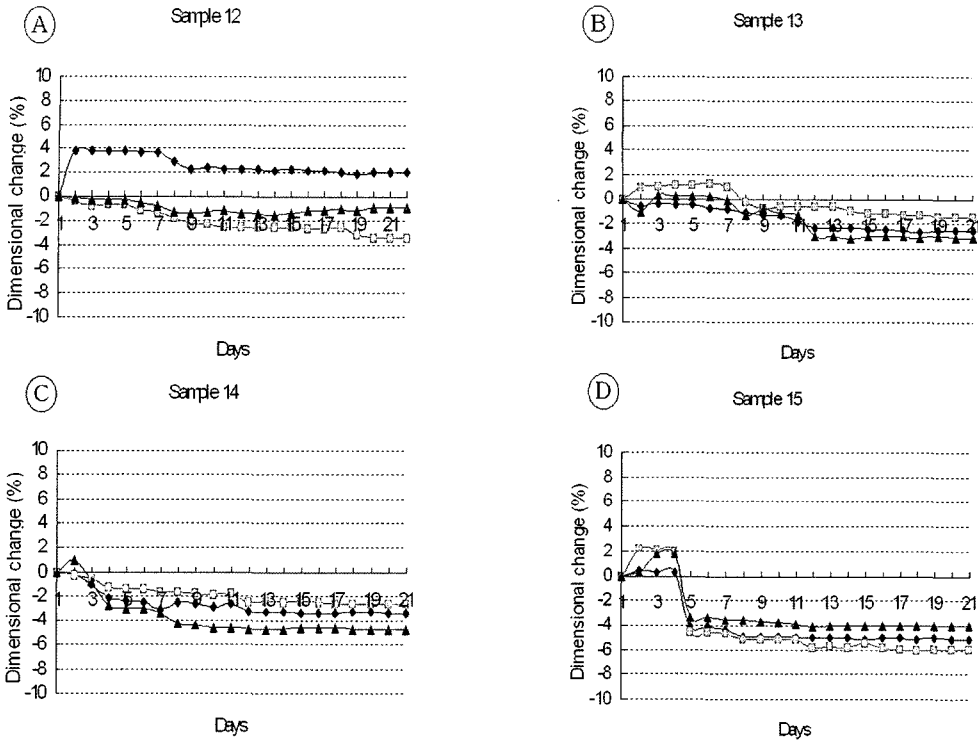


Figure 12. Dimensional change rate. ㉔ · ㉕: Treatment E, ㉖ · ㉗: Treatment F.

처리된 시료 3, 4번이었다. 두 시료는 처리 전의 형태를 그대로 유지하고 있었으며 견고하였다. 다만 시료 3번의 1/4 지점에 있던 미세할렬 속에 흙이 들어가 있어서 처리과정 중에 떨어져나갔다.

갈라짐 II 단계로 분류된 시료는 무처리제인 5번과 A 방법에 의해 처리된 7번, E처리방법에 의해 처리된 시료 12, 13번, F방법에 의해 처리된 14번이었다. 시료 5번은 무처리제임에도 불구하고 접선단면과 방사단면

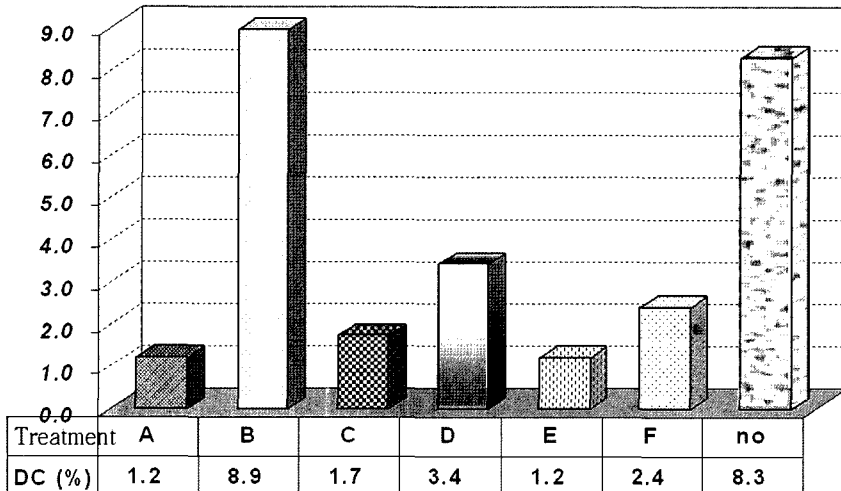


Figure 13. Average dimensional change rate for from each treatment methods.



Table 2. The degree of surface-splitting (or check) conditions (the letters in parenthesis represent treatment methods.)

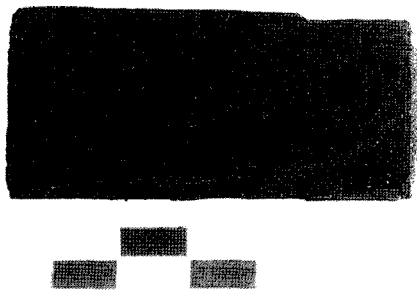
Degree of splitting	Surface condition	Sample numbers (treatment number)
I	Maintenance of form before the treatment	3·4(C)
II	Occurrence of micro-splitting that had not existed before. (splitting of less than c.a. 0.5mm)	5(untreated), 7(A), 12·13(E), 14(F)
III	Occurrence of splitting and the extent of splitting that had existed has got worse (splitting of less than 0.5mm-1mm)	2(untreated), 6(B), 10(D)
IV	Occurrence of severe crack in three dimensions (splitting of more than 1mm)	8(B), 9(A), 11(D), 15(F)

에서 약간의 갈라짐을 보였으며 전체적인 형태 변화는 없었다. 시료 7번, 13번, 14번 역시 접선단면과 방사단면에서만 미세하게 갈라짐이 나타났으며, 시료 12번은 3단면에서 갈라짐이 나타났다. II 단계로 분류된 시료들의 갈라짐은 0.5mm이하로 미세하게 2~3군데에서 나타났다.

갈라짐 III 단계로 분류된 시료는 무처리제인 2번과 A 방법에 의해 처리된 6번, D 방법에 의해 처리된 10번이었다. 시료 2번은 횡단면상에서는 원형 그대로의 모습을 유지하였으나, 방사단면과 접선단면에서는 원래 없던 갈라짐이 나타났으며 심하게 균열이 가 있었다. 시료

6번은 PEG#400 10% 처리 이후의 건조과정에서 원형이 약간 변형된 모습이지만 전체적으로 큰 균열은 일어나지 않았다. 시료 10번은 3단면에서 1~2군데 정도의 갈라짐이 나타났다. III 단계로 분류된 3시료들의 갈라짐은 0.5mm-1mm로서 3단면에서 전체적인 균열을 나타냈으며, 일부 처리 전의 형태에서 벗어나 뒤틀림이 나타났다.

갈라짐 IV 단계로 분류된 시료는 B 방법으로 처리된 시료 8번과 A 방법에 의해 처리된 시료 9번, D 방법에 의해 처리된 시료 11번, F 방법에 의해 처리된 15번이었다. 네 시료는 모두 3단면에서 1mm이상의 심한 균열이 전

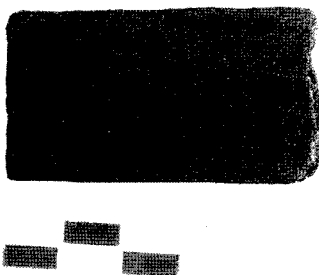


Before

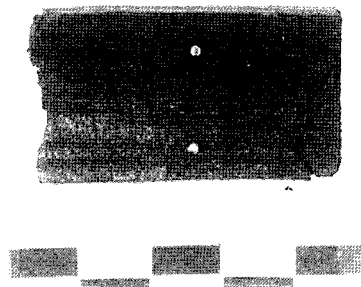


After

Figure 14. Degree of splitting - I



Before



After

Figure 15. Degree of splitting - II

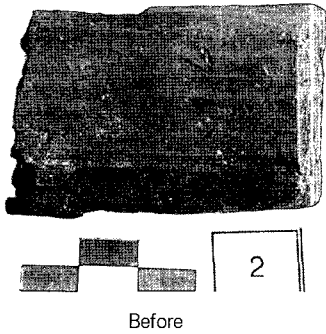


Figure 16. Degree of splitting - III

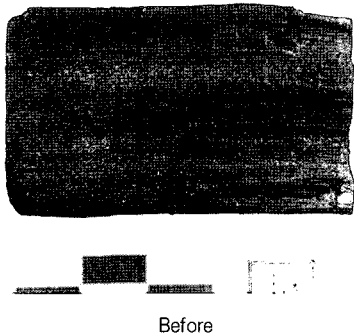
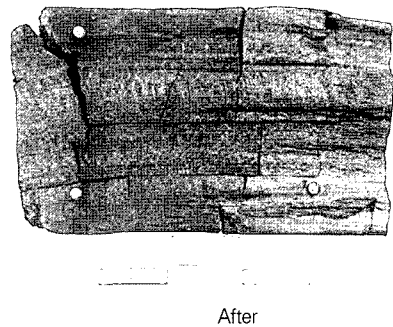
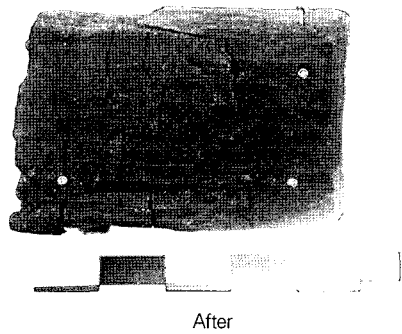


Figure 17. Degree of splitting - IV

체적으로 발생하였으며 뒤뜰럼 현상이 나타났다.

이상에서 살펴본 바와 같이 치수변화율에서도 좋은 결과를 나타낸 C처리방법에 의해 처리된 시료 3, 4번이 육안적인 관찰에서도 처리 전의 형태를 그대로 유지하고 있어 가장 좋은 처리방법이었다. 이러한 이유는 PEG#400이 탄화목의 내부에까지 침투하여 공극에 흡착되어 있고, 외부는 PEG#4000이 둘러싸고 있어 안정된 결과를 나타낸 것으로 보인다. 그러나 A처리방법에 의해 처리된 시료 7번과 9번은 치수변화율에서는 안정된 수치를 나타냈지만 육안적으로 관찰했을 때에는 갈라짐이 발생하였고, 뒤뜰럼 현상도 나타났다. B처리방법에 의해 처리된 시료 6번과 8번은 처리 전보다 약간 수축하였지만 심한 균열과 터짐이 나타났다. D처리방법에 의해 처리된 시료 10번, 11번은 아세톤 탈수과정에서부터 심한 균열이 나타났다. 유기용제인 아세톤이 휘발성이 큰 물질이기 때문에 시료에 남아있던 수분과 함께 휘발되면서 세포가 터진 것으로 보인다. 따라서 아세톤과 같이 휘발성이 큰 유기용제를 용매로 써야하는 처리방법은 피해야 할 것으로 사료된다. 또한 E·F처리방



법에 의해 처리된 시료들은 여섯 가지 처리방법 중 비교적 우수한 치수안정성을 나타낸 처리방법 중의 하나였지만, 육안적인 관찰에서 할렬이 많이 발생한 것으로 나타났다.

#### 4.2. 탄화 목재의 현장 보존처리

대응전 하부에서 출토된 주두(柱頭)로 추정되는 건축부재 2점을 현장에서 1차 보존처리하였다. 깨진 기와 파편과 흙이 탄화 건축부재(주두)의 밑 부분에 엉겨붙어 있어 표면의 상태가 좋지 않아 곧바로 PEG#400 10% 수용액과 PEG#4000 80% 수용액(85℃)으로 단계적으로 경화처리한 후, 물에 적신 천으로 주두를 감싼 다음 우레탄 폼으로 내부를 충전시켜 실험실로 운반하였다(Figure 18).

운반해 온 탄화목은 상부의 우레탄 폼을 잘라내어 형질을 제거한 후 PEG#4000 80% 수용액을 약 85℃로 가열하여 스포이드로 표면에 충분히 흡수하도록 떨어뜨렸다. 처리 후 치수변화율 실험을 위해 섬유방향, 방사방

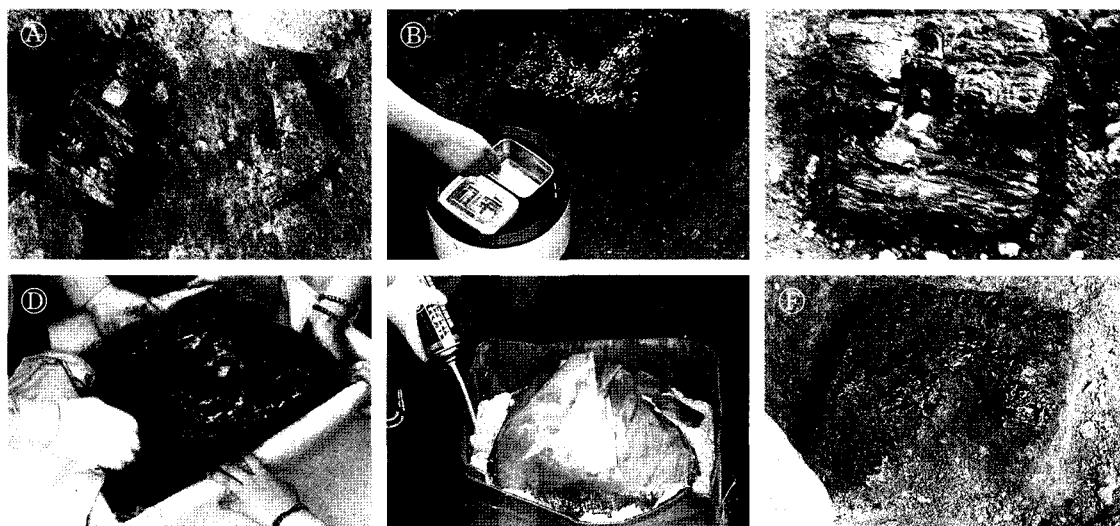


Figure 18. Conservation of field. ㉔: Two pieces of charred wood as they were excavated. ㉕: Consolidation treatment with PEG#4000(80%) at 85°C. ㉖, ㉗: After spreading with PEG#4000(80%). ㉘: Storing charred capital in a box. ㉙: Fixing with urethane foam.

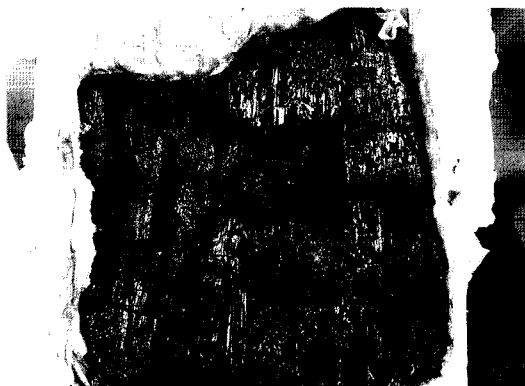


Figure 19. After PEG treatment (A).



Figure 20. After PEG treatment (B).

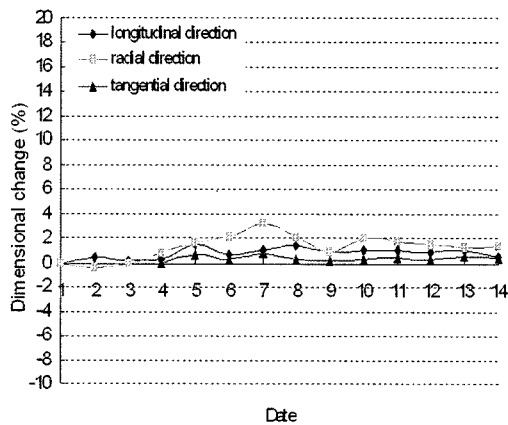
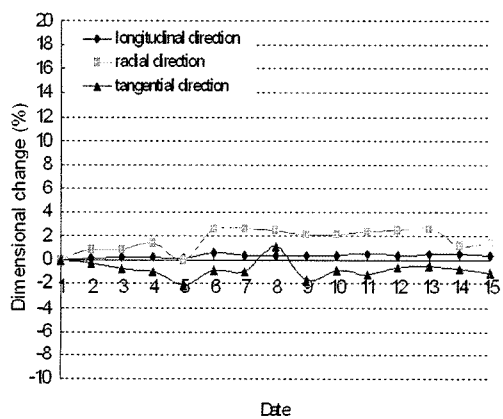


Figure 21. Dimensional change rate of charred wood element(A, B).

향, 접선방향에 측정용 핀을 꽂아 디지털 버니어캘리퍼스를 이용하여 24시간마다 측정하였다 (Figure 19-20). 치수변화율 그래프에서 나타낸 바와 같이 섬유방향의 치수변화율은 주두 1(A)에서는 약 0.2% 정도로 팽윤되었으며 이후 일정하게 유지되었다(Figure 21). 반면 주두 2(B)에서의 섬유방향 치수변화율은 건조 5일째까지 1.5%까지 팽윤되다가 시간이 지나면서 1%정도로 유지되었다. 방사방향의 치수변화는 일관성 없이 수축·팽윤을 반복하였으며 0~3% 범위였다. 접선방향 치수변화율은 주두 1(A)에서는 수축이 일어난 반면 주두 2(B)는 약 0.3% 팽윤되었다. 이 같은 치수변화율로부터 상기 보존처리가 비교적 잘 이루어졌음을 나타내주었다.

## 5. 결론

영국사 대응전 하부 토양층 출토 탄화목재의 보존처리를 실시한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 탄화목재의 보존처리 방법으로 (1) PEG#4000 80% 점적, (2) PEG#400 10%점적하고 5일 뒤 PEG#4000 80% 점적, (3) PEG#400 10%를 4일간 점적 한 후 PEG#4000 10%에서 40%까지 단계적으로 점적, (4) 아세톤 탈수 후 Paraloid B-72 10%, 20% 점적, (5) Sucrose 40% 수용액 점적, (6) Caparol-binder 5%, 10% 점적 등 6가지 처리법을 비교하였다. 그 결과 PEG#400 10%를 4일간 실온에서 점적한 후 PEG#4000 10%에서 40%까지 단계적으로 점적하는 방법이 좋은 치수안정성을 나타냈으며, 육안적으로 관찰했을 때도 갈라짐이 발생하지 않고 견고하였다. Caple & Murray(1994)의 실험과 같은 결과를 나타낸 것이다. 이러한 이유는 PEG#400이 탄화목의 내부에까지 침투하여 공극과 흡착되어 있고 외부는 PEG#4000로 고화되어 있어 안정된 결과를 나타내는 것으로 보인다. 탄화된 목재는 표면 할렬의 방지가 보존처리에 있어 가장 중요한 것으로 사료된다.
2. 대응전 하부에서 출토된 주두로 보이는 탄화 건축 부재 2점에 대해 현장에서의 보존처리를 위해

PEG#400 10% 점적 후 PEG#4000 80%를 85℃로 가열하여 점적하였다. 경화 처리된 주두는 실험실로 운반하여 PEG#4000 80% (85℃)로 재처리한 결과 우수한 치수안정성을 보여주었다. PEG#4000을 85℃ 정도 가열 후 처리하여 표면에 서 바로 응고되는 것을 방지하는 것이 중요하였다.

## 참고문헌

1. 신동소, 이화형, 임기표, 조남석, 조병목, 임산화, 향문사, pp. 344-373 (1983).
2. Caple, C. and W. Murray, "Characterization of a waterlogged charred wood and development of a conservation treatment", *Studies in Conservation* 39: 28-38 (1994).
3. Jover, A., "The application of PEG 4000 for the preservation of paleolithic wooden artifacts", *Studies in Conservation* 39: 193-198 (1994).
4. 권성민, 김남훈, "목재의 탄화기구 해석(I)", 한국목재공학회 추계학술발표논문집, pp. 195-198 (2004).
5. 권성민, 김남훈, "목재의 탄화기구 해석(III)", 한국목재공학회 학술발표논문집, pp. 272-275 (2005).
6. 조태수, 안병준, 최돈하, "탄화온도에 따른 목탄의 물성 및 흡착특성", 한국목재공학회 학술발표논문집, pp. 499-502 (2005).
7. 손병화, "영동 영국사 목부재의 수종, 연륜연대 분석 및 출토 탄화목의 보존처리", 충북대 석사학위논문 (2006).
8. 영동군, "영동 영국사 대응전 수리보고서" (2005).
9. 김수철, "수침고목재의 동결건조를 위한 PEG 전처리 농도 및 용매설정", 충북대학교 대학원 농학 석사학위논문 (2003).
10. 정광용, "보존과학기초연수교육", 국립문화재연구소, pp. 61-87 (2005)
11. 김윤수, 김규혁, 김영숙, 목재보존과학, 전남대학교 출판부, pp. 343-376 (2004)