

인공수침 칠기를 이용한 고대칠기의 보존연구

김수철

국립중앙박물관 보존과학팀

Conservation of Excavated Lacquer-wares for using artificially water-soaked Lacquer-wares

Kim Soo-chul

Conservation Science Team, National Museum of Korea, Seoul 140-026. Korea

Corresponding Author: oldforest@museum.go.kr

초 록 고대칠기 보존처리를 모의시험하기 위하여 현생 칠기를 대상으로 다양한 보존처리법을 적용한 결과 PEG#3350 40%(수용액)처리가 수축률이 낮아 치수안정화 처리효과가 우수한 것으로 나타났다. Sucrose 19%+Glycerin 1%(t-butanol 5% in water)처리의 경우 지속적으로 중량이 증가되었다. 반면 Sucrose의 함침처리과정에서 시험편내부와 처리용액의 농도평형을 이루지 못하여 농도 차가 발생되므로 내부의 수분이 시험편 밖으로 나오는 탈수현상에 의해 중량이 감소하였다. 따라서 보다 긴 함침기간이 요구되는 것으로 판단되며 이는 장기간 함침처리로 탈수 현상을 방지할 수 있다. 또한 고분자량(PEG #3,350)의 처리제와 저분자량의 처리제 모두 칠기 내부로의 침투가 확인되어 진공 동결건조법뿐 아니라 각 처리제를 고농도로 함침 처리 한 후 자연건조, 조습건조처리도 가능함을 보여주고 있다.

중심어 : 현생 칠기, 폴리에틸렌글리콜#3,350, 설탕, 텍스트린, 진공동결건조

ABSTRACT Among the treatment results of test samples of the antique lacquer-ware, the treatment with PEG#3,350 40% solution displayed excellent effect with low shrinkage ratio; in weight gain, the treatment with Sucrose 19%+Glycerin 1%(t-butanol 5% in water) solution showed consistent increase. However during the impregnation process of Sucrose, the weight of the testing samples decreased by dehydration because the inner part of the test samples and the treatment solution showed concentration gradient. Therefore, we concluded longer impregnation period should be necessary to prevent dehydration. Since both higher and lower molecular weight treatment chemicals could penetrate into the wood of the lacquer-ware, air drying and conditioning after impregnation treatment with high concentration chemicals would be possible, as well as vacuum freeze-drying.

Key words : Antique lacquer-ware, PEG#3,350, Sucrose, Dextrin, Vacuum freeze-drying

1. 서론

현재 우리나라 최초 고대 철기는 기원전 3세기의 유적으로 추정되는 충남 아산 남성리 석관묘 유적에서 출토된 철편으로 낙랑철기와 다른 성분으로 밝혀져 국내의 철 기법이 독자적인 기법임을 확인시켜 주고 있다. 초기 철기 시대(BC2세기 후반~기원 전후)의 철기는 전남 광주 신창동 유적²과 원삼국 시대 초기의 경남 창원 다호리유적³에서 다량의 철기유물이 출토되었다. 이러한 고대 철기의 경우 고분과 저습지에서 출토된 것으로 매장환경의 조건에 의해 잔존여부가 결정된다. 원형을 갖고 출토되는 철기의 경우 물로 완전 포화된 상태로 목질부는 오랜 매장기간 동안 미생물 등에 의해 열화 되지만 철도막은 거의 열화 되지 않은 상태로 출토되는 경우가 많다. 이러한 철기는 목질부와 철의 물리적 특성이 상이하므로 보존처리 중 약품에 의한 철도막의 변형과 건조 과정에서 목재의 수축과 변형에 따라 철이 갈라지거나 박리될 우려가 높다. 이에 고대 출토 철기의 보다 안전하고 항구적인 보존처리를 위하여 보존처리 방법 연구가 요구 된다.

현재 수침 철기의 보존처리는 수침 고목재의 보존처리 방법을 응용하여 처리가 진행되고 있다. 이러한 처리방법으로 수용성 PEG 함침법^{5,6}, Sucrose 처리법⁷, PEG 동결 건조법⁸ 등이 적용되고 있다. 철기의 보존처리에 적용되고 있는 동결건조법은 건조과정 중 과도한 건조에 의해 표면 건조결합이 쉽게 발생하는 단점이 있다. 동결 건조 중 발생하는 건조결합은 동결 중 목재내 수분의 동결 팽창과 건조 중 목재세포의 붕괴는 수축에 주로 기인 한다⁹. 동결 건조법의 이러한 단점을 보완하기 위하여 동결 건조 전에 세포내강에 PEG를 충전시킴으로써 세포의 붕괴를 방지하는 'PEG前처리-後진공동결 건조(PEG-VFD)법'이 적용되고 있다¹⁰⁻¹². 그러나 효과적인 PEG-VFD 처리를 위해서는 PEG 전처리 시 어떠한 용매를 사용해야 하는가와 PEG 농도를 얼마로 유지하느냐가 중요하다³. 과도한 PEG는 오히려 흡습성을 증가시켜 건조결합을 초래하기 때문이다. 또한 현재 국내 철기 보존처리 연구로는 수침 철기의 보존에 관한 연구⁴와 초기 철기시대의 광주 신창동 출토 철기의 보존처리로 낮은 농도의 PEG#4000 40% 수용액(水溶液)에 함침처리 후 동결 건조하는 방법에 대한 연구⁵가 있을 뿐 극히 부족한 실정이다. 이러한 이유는 고대출토 철기가 희귀하여 문화재적 중요성 때문

에 유물에서 시료를 직접 취하여 시험에 활용될 수 없기 때문이다.

따라서 우리나라에서 출토되는 철기의 보다 효과적인 보존처리를 위해서는 출토 고대 철기의 상태를 구현해 줄 수 있는 열화된 현생철기 시험편을 대상으로 여러 가지 처리제에 대한 치수안정성과 침투성을 비교하여 보다 효과적인 보존처리 방법을 설정하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

2. 1. 재료

본 연구에 사용된 재료는 고대출토 철기의 시료확보가 불가능하므로 옥외에 노출되어 열화 된 현생철기상판을 대상으로 하였으며 수종은 버드나무속(*Salix* spp.)으로 식별되었다. 철기상판의 크기는 지름 35cm, 두께 1.5cm로 윗면은 옷칠이 2회, 뒷면은 옷칠이 1회 되어 있다 (Figure 1). 철기 상판을 Figure 2와 같이 폭 2cm, 길이 5.5cm, 두께 1.5cm 절단하여 총 36개를 제작한 후 Figure 3과 같이 측면과 마구리면에 생칠을 2회 칠하여 현생 시험편(L)을 18개 만들고 나머지 18개는 생칠을 3회하여 현생 시료(P)를 만들어 총36개의 시험편을 사용하였다(Figure 4). 칠이 된 시험편을 인공적으로 수침상태로 만들고 완전 포수상태의 철기 시험편 최대흡수율은 200%였다. 건전한 버드나무의 포수상태 최대흡수율은 174%이다⁶.



Figure 1. Recent lacquer table.

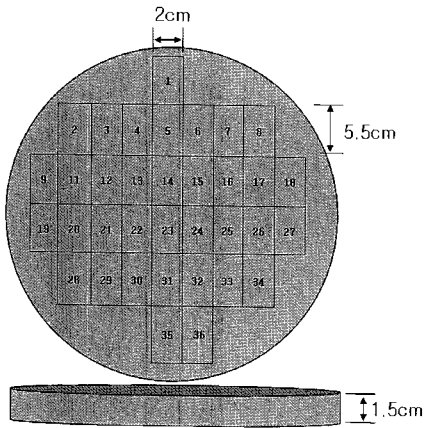


Figure 2. Cutting wood blocks for manufacturing test samples.

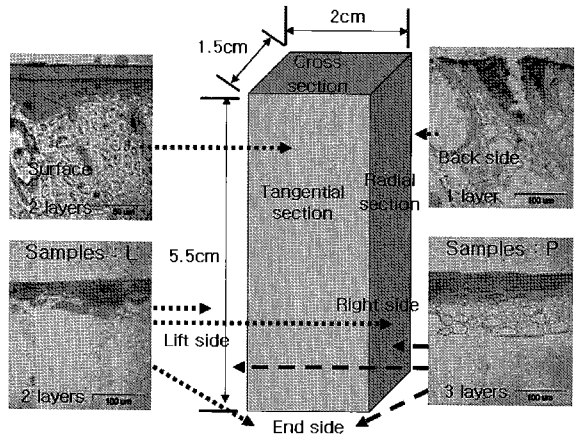


Figure 3. Schematic diagram of test sample preparation.

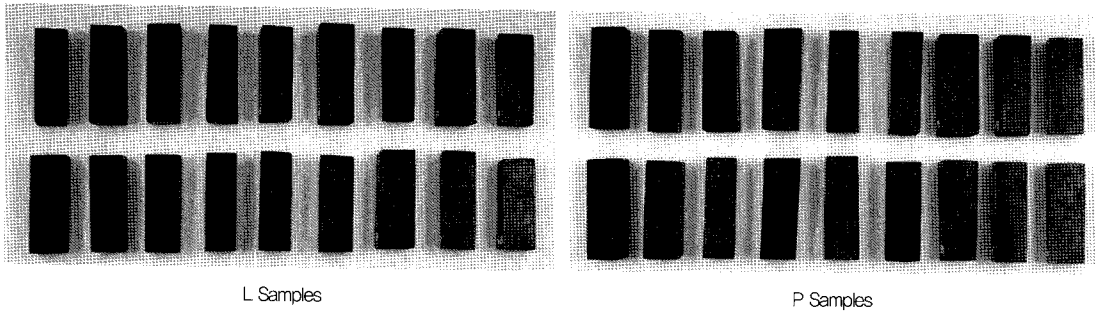


Figure 4. Photos of artificially lacquered samples before treatment ; L:2 layers P:3 layers.

2.2. 방법

2.2.1. 함침처리

Table 1과 Figure 5에서처럼 각 처리제별 함침처리는 각 농도 10%에 2주간 함침하고 용액의 온도는 모두 실온에서 처리하였으며 처리제 농도는 중량비로 계산하여 용액을 만들었다. PEG#400PEG#3,350은 저분자와 고분자

Table 1. Procedure and method of each conservation treatment

Pre-treatment	Treatment process	Final-step concentration(%)	Sample	Name
PEG#3,350 30% (in water)	10% → 20% → 30%	30%	4	L1, L2, P1, P2
PEG#3,350 40% (in water)	10% → 20% → 30% → 40%	40%	4	L3, L4, P3, P4
PEG#400 PEG#3,350 30% (in water)	10% → 20% → 30%	30%	4	L5, L6, P5, P6
PEG#400 PEG#3,350 40% (in water)	10% → 20% → 30% → 40%	40%	4	L7, L8, P7, P8
Sucrose 10% (in water)	10%	10%	4	L9, L10, P9, P10
Sucrose 20% (in water)	10% → 20%	20%	4	L11, L12, P11, P12
Sucrose 19%+Glycerin 1% (t-butanol 5% in water)	20%	20%	4	L13, L14, P13, P14
Dextrin 20% (t-butanol 5% in water)	20%	20%	4	L16, L17, P16, P17
Untreated			4	L18, L19, P18, P19
Total		36		

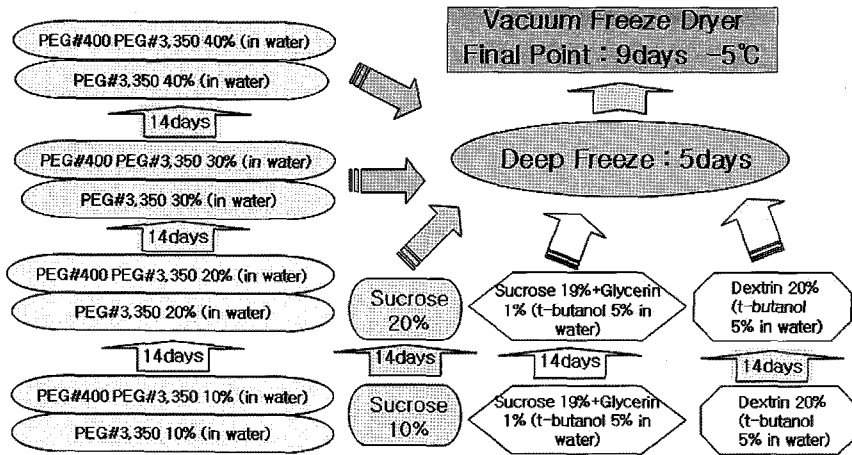


Figure 5. Method of each conservation treatment.

의 복합처리로 각 처리 농도는 PEG#400과 PEG #3,350의 중량비로 1:9의 용액을 만들어 함침처리하였다.

함침 완료 후 표면의 남은 용액을 제거하고 비닐봉투에 넣어 -40℃의 냉동고에 5일 간 보관한 후 진공 동결건조를 실시하였다. 진공 동결건조 조건은 초기 선반의 온도 -40℃, 콜드 트랩 -80℃에서 건조를 시작하였으며 3일 간격으로 선반의 온도를 10℃씩 상승시켰다. 건조기간은 총 9일동안 건조하였으며 선반 온도 -10℃, 시험편의 온도 -4℃에서 건조를 종료하였다. 건조 후 온도차에 의한 대기 중의 수분으로부터 흡습을 방지하기 위하여 밀폐 비닐봉투에 넣어 보관하였고 시험편의 온도가 실온까지 상승하게 방지하였다.

2.2.2. 중량변화를

처리제별 침투, 확산 정도를 측정하기 위하여 시험편의 함침처리 전과 함침처리 후 중량 변화를 0.001g 단위까지 전자저울(METTER TOLEDO PR503)로 측정하여 중량변화율(weight change rate)을 계산하였다.

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

W_a: 처리제 함침처리 후 시험편의 중량(g)

W_b: 처리제 함침처리 전 시험편의 중량(g)

2.2.3. 수축률

처리제별 치수안정화 효과를 비교하기 위하여 시험편의 수축률을 측정하였다. 수축률은 Figure 6에서처럼 시험편의 방사단면과 접선단면에 ×표시한 후 길이를 정밀측정기(Lintab)로 측정하여 진공 동결건조 후 각 단면별 수축률(shrinkage rate)을 다음 식을 이용하여 구하였다¹⁷.

$$\text{수축률(\%)} = \frac{L_b - L_a}{L_b} \times 100$$

L_b: 함침 후 길이(mm), L_a: 건조 후 길이(mm)

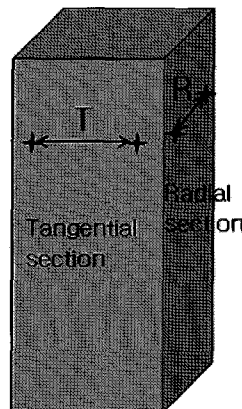


Figure 6. Schematic diagram for the shrinkage measurement of recent samples.

2.2.4. 처리제 침투성

각 처리완료 된 시험편을 Figure 7에서처럼 섬유(길이) 방향으로 각 5mm 단위로 절단하여 위에서 아래로 번호를 1에서 11번으로 구분하여 총 11개 단편을 제작하였다. 섬유방향에 따른 처리제의 침투 여부를 실제현미경으로 개략적인 확인을 하고 주사전자현미경(Hitachi S-3500N)으로 도관, 목섬유, 유세포의 미세조직에 있어서의 처리제별 침투 여부를 확인하였다.

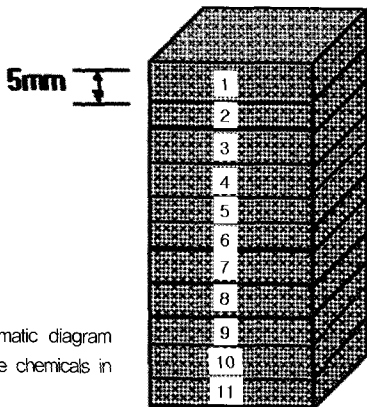


Figure 7. Schematic diagram for measuring the chemicals in artificial lacquer.

3. 결과 및 고찰

3.1. 중량변화율

Figure 8에서처럼 함침처리 중의 중량 변화는 Sucrose 10%가 중량이 -20.78%로 다른 처리에 비해 가장 많이 감소하였고 Sucrose 20% 처리는 10%일 때는 -4.86% 20%일 때는 -13%로 지속적으로 감소하였다. Sucrose 19%+Glycerin 1%(t-butanol 5% in water)은 10%일 때 중량이 1.76%, 20%일 때 3.84%로 계속 증가하였고 Dextrin 20%(t-butanol 5% in water)은 10%일 때 -0.02%의 감소를 보였으나 20%가 되면서 1.45%로 증가하였다. PEG 처리에서는 PEG#400 PEG#3,350 40%처리를 제외하고는 초기부터 20%까지는 중량이 감소하다가 30%부터 서서히 증가하였다. PEG#400 PEG#3,350 40%처리는 10%에서 감소하다가 20% 이후부터 증가하였다. 대부분의 시험편이 함침 초기에 중량이 감소되는 현상을 보였는데 이는 시험편이 옷칠 도막으로 감싸였으므로 처리제의 침투가 원활하지 않아 시험편 내부와 처리 용액 사이에 농도 차가 발생되어 목재 내부의 수분이 시험편 밖으로 나오는 탈수현상에 의한 것으로 판단되었다.

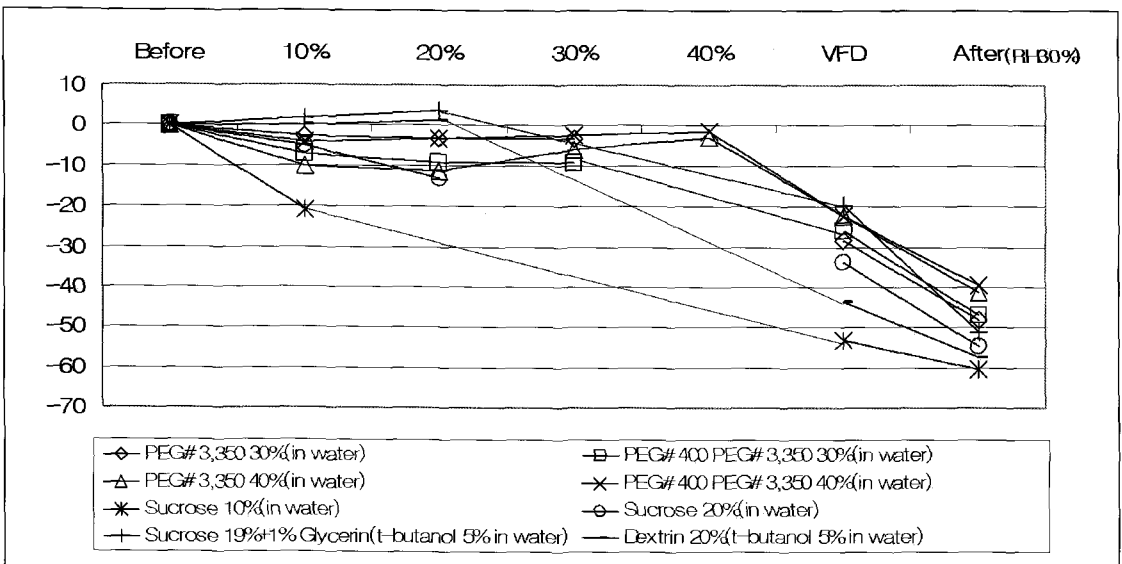


Figure 8. Weight change of treated samples; The dots represent step weight measurements.

또한 각각의 Sucrose 10%, 20% 처리 시험편을 동일한 조건에서 10% 함침처리 후 두 시험편의 중량을 측정 한 결과 Sucrose 10% 처리 시험편은 큰 감소를, Sucrose 20%처리 시험편은 작은 감소를 나타냈는데 이는 동일한 조건의 시험편이라도 동일한 시기에 처리제의 침투확산이 이루어지지 않다는 것을 증명하고 있다.

일반적으로 진공 동결건조는 목재 내부를 함수율 5% 이하까지 건조하여 거의 건조상태와 동일하게 건조된다. 따라서 열화 된 목재는 과도한 건조에 의해 섬유의 절단으로 균열 또는 터짐이 발생되고 또한 거의 수분을 함유하고 있지 않은 건조상태의 목재가 대기 중에 노출되면 급격한 수분 흡수로 인해 세포벽 내의 고형화된 처리제가 세포벽으로 달라붙게 되어 목재에 수축 변형이 발생될 수 있다.

따라서 시험편의 온도를 실온 상태까지 상승하여 건조할 경우 시험편 내부의 수분은 완전 건조되므로 약 -4°C 에서 건조를 종료하고 온도 차이에 의한 공기 중의 수분 흡착을 방지하기 위하여 밀폐비닐에 넣어 시험편 내부의 수분이 평형을 유지하도록 방지하였다. 일정 방지 기간이 지나면 시험편 내부는 대기 중의 기건 함수율 정도의 수분을 유지하게 된다. 즉, 약 상대습도 60%의 실내에 방치하여 시험편이 평형을 유지하는 상태의 함수율이다. 이러한 시험편을 상대습도 30%, 온도 20°C 의 항온항습 조건에서 7일간 방치한 후 중량변화를 측정하였다. 측정 결과 방치 후 중량 감소가 가장 작은 시험편은 Sucrose 10%처리로 8%의 중량 감소를 하였으며 가장 큰 중량 감소를 나타낸 것은 PEG#400PEG#3,350 40% 처리로 약 30%의 중량감소를 나타내었다. 이는 저분자량의 PEG#400이 진공 동결 과정에서 어느점이 낮아 수분이 승화되지 않고 목재 세포 내에 잔존하며 일부는 열화된 목재의 셀룰로오스 비결정 영역에서 OH기 결합으로 남아있기도 하기 때문이다. 이는 고분자량의 PEG#3,350 40%로 처리한 시험편이 상대적으로 낮은 중량 감소를 나타낸 사실로 유추해 낼 수가 있다.

3.2. 수축률

Figure 9에서처럼 접선방향과 방사방향에 따른 수축률 측정 결과 접선방향 수축 5.3 ~ 7.7% 그리고 방사방향 수축 0 ~ 3.8%로 모든 처리에서 접선방향이 많이 수축을

하였다. 또한 가장 낮은 수축률의 경우 접선방향은 PEG#3,350 40%처리에 의한 것으로 5.3%, 방사방향은 PEG#400PEG#3,350 40%처리에 의한 것이 0%로 가장 치수변화가 작게 나타났다. 반면 가장 큰 수축률의 경우 접선방향은 Sucrose 10%처리에 의한 것으로 7.7%, 방사방향은 PEG#400PEG#3,350 30%처리에 의한 것이 3.8%로 치수변화가 크게 나타났다.

처리제별 수축률은 PEG#3,350 40%처리가 접선방향 5.3%, 방사방향 -0.1% 로 치수변화가 가장 작아 치수안정화 효과가 우수한 것으로 판단되었다. 그러나 PEG#400PEG#3,350 30%처리의 경우 접선방향 5.8%, 방사방향 3.8%로 수축률이 높아 치수안정화 효과가 낮은 것으로 나타났다.

이 수축률을 중량 증가 결과와 비교 판단해 보면 수축률이 가장 적은 PEG#3,350 40%의 처리는 칠 도막으로 완전히 둘러싸여 있는 시험편 내부로 고분자인 PEG#3,350의 용액이 초기에는 중량 감소와 더불어 탈수 현상을 유도하였으나 점점 농도가 증가하므로 썬 함침 시간에 비례하여 PEG가 내부까지 침투된 것으로 판단되었다. 또한 수축률이 가장 작게 나타난 것은 동결건조과정에서 변화가 없었던 것으로 생각된다.

접선방향 수축률이 가장 큰 Sucrose 10% 처리의 경우에는 함침처리 중 가장 큰 중량감소를 나타내었다. 이는 목재 내부로 Sucrose가 침투되지 않고 일정 함침기간동안 농도 차에 의해 탈수되는 현상만이 일어난 것으로 판단되었다. 이러한 탈수는 목재 내부에 처리제가 원활하게 침투되지 않아 -40°C 의 예비동결과정 중 동결에 의한 팽창을 방지하지 못해 목재 조직과 칠 도막을 파손함으로써 동결건조 후 큰 치수변화를 일으킨 것으로 생각된다. 따라서 저분자량의 처리제에 발생하는 탈수현상은 일정기간 (2주) 이상의 충분한 함침기간이 요구된다.

각 처리제에 따른 현상 칠기 시험편의 수축률 측정 결과 PEG#3,350 40% 함침처리 후 진공 동결건조가 가장 작은 치수변화를 나타내므로 진공 동결건조를 이용한 출토 칠기 유물의 보존처리 가장 적합한 처리법으로 여겨졌다.

3.3. 처리제 침투성

Figure 10은 각 처리제별 시험편을 섬유방향으로 절

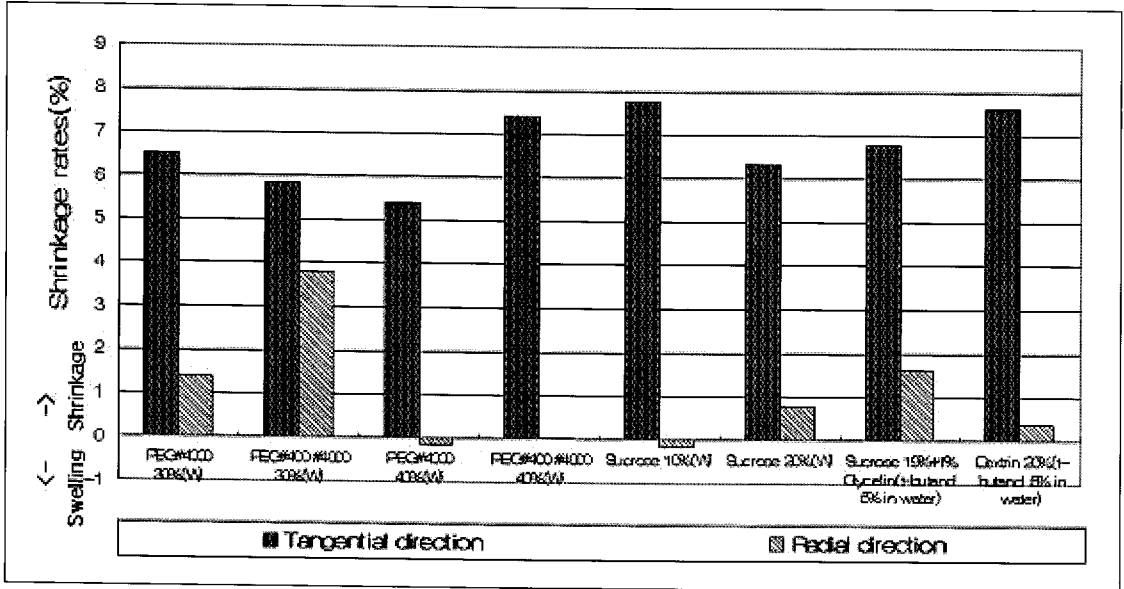


Figure 9. Weight change of treated samples. The dots represent step weight measurements.

단한 것으로 각 단면을 실체현미경 하에서 관찰한 결과 저분자량인 Sucrose와 고분자량인 Dextrin, PEG#3,350의 처리제 모두 시험편 내부로 침투되어 처리제의 분자량에 관계없이 현생칫기 시험편에 침투됨이 확인되었다. 또한 시험편의 중량 변화율과 비교하여 보면 PEG#3,350 함침처리의 경우 초기에 중량이 감소하다가 서서히 증가된 결과와 PEG#3,350 30% 및 40% 처리

후의 단면에서 보듯이 30%보다 40%인 경우 처리제가 더 많이 침투된 것이 관찰됨으로써 각 처리 농도와 함침 시간사이에는 비례관계가 성립되며 초기의 농도 차이에 의한 중량감소가 발생되었기 때문에 보다 긴 함침기간이 요구되는 것으로 여겨졌다. Sucrose 19%+Glycerin 1%(t-butanol 5% in water)처리의 경우 함침 처리 중 중량 증가율이 증가하였으며 절단면에서도 Sucrose가 전

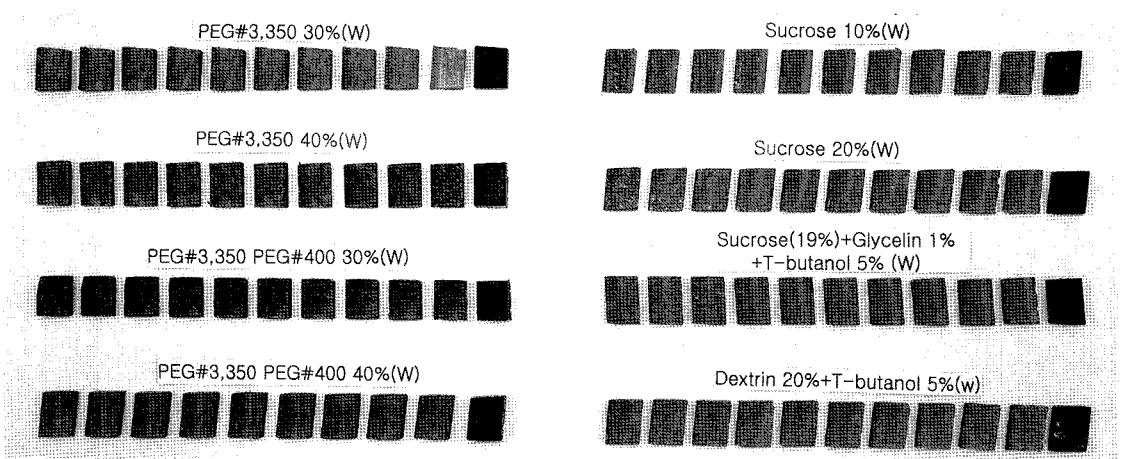


Figure 10. Penetration of chemicals after various treatments.

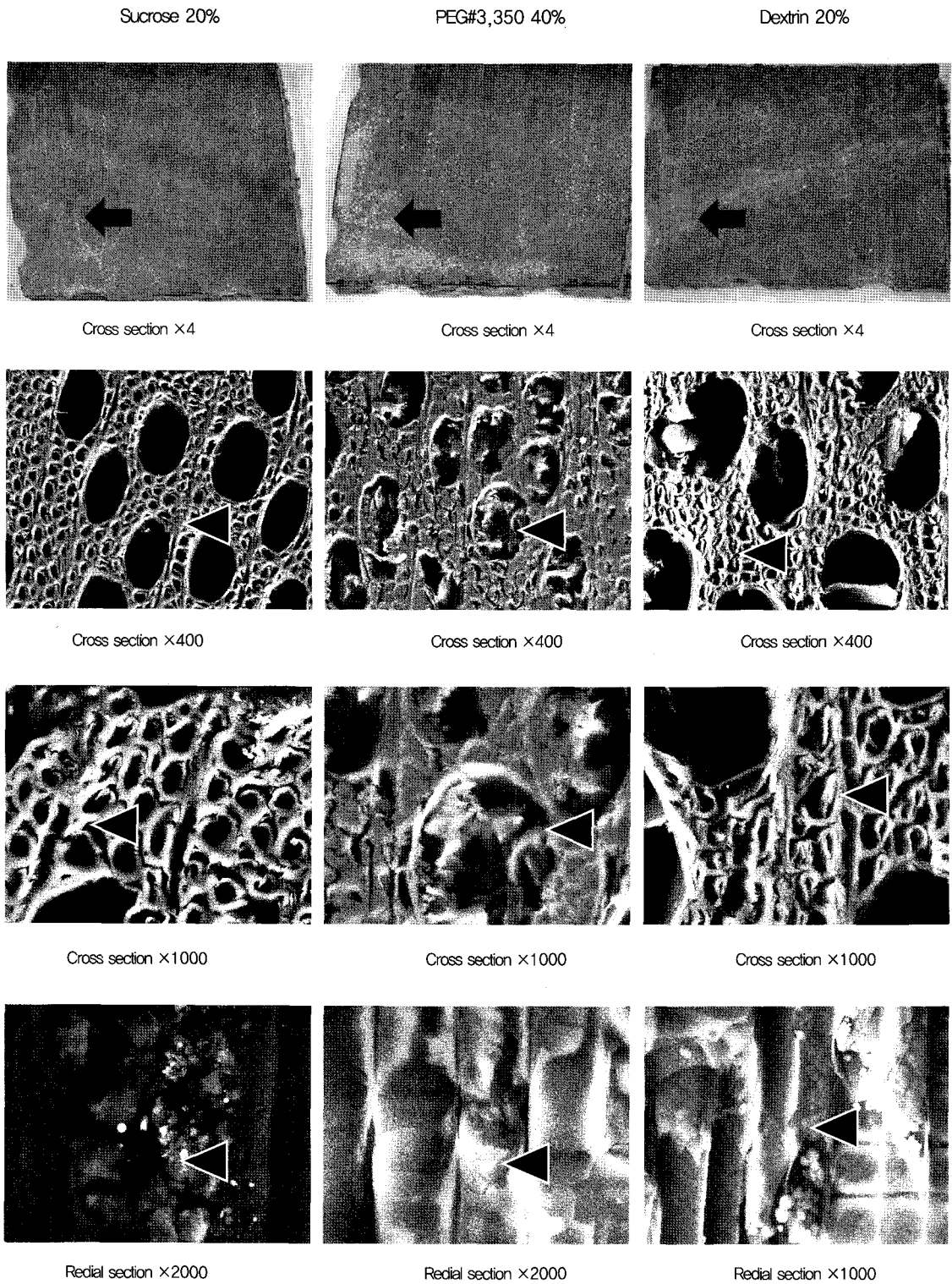


Figure 11. The tissues of wood samples after freeze-drying by stereomicroscopy and Scanning electron microscopy(◀ Sucrose, PEG#3,350, Dextrin in cells and fiber).

체적으로 침투 분포되어 있었다. Dextrin 20%(t-butanol 5% in water)처리의 경우 중량 증가율과 관련하여 보면 초기에 중량이 감소하다 나중에 증가하였으며 건조 후 전체 단면에서 처리제가 고르게 분포하는 것을 확인할 수 있었다. 또한 전체 단면에 고르게 분포하므로 열화 된 칠의 균열 부를 통한 침투뿐만 아니라 측면 면에서도 고르게 처리제의 침투확산이 이루어진 것을 확인할 수 있었다.

Figure 11은 처리된 목재 조직을 주사전자현미경으로 관찰한 결과이다. PEG#3,350 40% 함침 처리한 현생 시험편의 경우 단면에서 PEG의 결정이 쉽게 확인되었는데 주로 도관 및 목섬유 내강에 충전되어 있었으며, Sucrose 20%의 경우 목섬유와 유세포의 세포벽내부와 도관내강의 표면에 결정이 관찰되었고 도관내강은 충전되지 않았다. Dextrin의 경우 목섬유와 도관의 세포벽에 분포하고 목섬유의 내강에 충전 되어 있었다.

침투 결과에서처럼 옷칠이 되어 있는 현생칠기 시험편의 함침처리에 있어서 고분자량의 PEG#3,350가 침투되기 때문에 낮은 농도에서 함침 처리한 다음 진공 동결 건조해 주는 방법뿐 만 아니라 고분자량의 PEG#3,350을 고농도로 함침 처리 한 후 자연건조, 조습건조 처리가 가능함을 보여주고 있다. 또한 저분자량의 함침처리 후 동결건조 된 시험편은 함침 농도와 침투량이 비례하므로 진공 동결건조를 위하여 동결 과정에서 얼음의 팽창으로 인한 목재 조직의 파손을 방지하기 위해서는 저 농도인 20%보다 높은 함침 농도의 처리가 요구됨을 확인할 수 있었다.

4. 결론

발굴되는 중요한 칠기 유물의 안전하고 효과적인 보존 처리를 위하여 인공수침 칠기 현생 시험편을 대상으로 다양한 처리방법을 적용하는 모의실험을 통하여 치수안정화 효과, 중량 변화율, 침투성 등으로 보존처리 효과를 비교한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

① 현생 칠기 시험편을 대상으로 처리한 결과 PEG#3,350 40% 처리에 의한 것이 수축률이 낮아 처리 효과가 우수한 것으로 나타났으며 중량은 Sucrose 19%+Glycerin 1%(t-butanol 5% in water)의 경우 지

속적으로 증가하였다.

② 함침처리 과정에서 시험편 내부와 처리 용액사이의 농도 차가 발생되므로 내부의 수분이 시험편 밖으로 나오는 탈수 현상에 의해 중량이 감소하였다. 따라서 보다 긴 함침기간이 요구되는 것으로 판단되며 장기간 처리로 탈수 현상을 방지할 수 있을 것으로 사료된다.

③ 고분자량(PEG#3,350)의 처리제와 저분자량의 처리제 모두 칠기 내부로 침투한 것이 확인되었기 때문에 진공 동결건조법뿐 아니라 각 처리제를 고농도로 함침 처리 한 후 자연건조, 조습건조 처리가 가능함을 보여주고 있다.

④ 본 처리 결과를 기초로 출토 칠기 유물을 PEG#3,350 40% 함침 처리 한 다음 진공 동결건조 해 주는 방법이 가장 적합한 처리법임을 제시할 수 있다.

참고문헌

1. 한병삼, 이진무, *남성리석관묘*, 국립박물관고적조사보고 10, (1977).
2. 조현중, 신상호, 선재명, 신경숙, *광주 신창동 저습지 유적(IV)*. 국립광주박물관, (2002).
3. 이진무, 이영훈, 윤광진, 신대곤, *창원 다호리유적 발굴조사보고*, 한국고고미술연구소, (1989).
4. 이용희, "저습지 출토 목재유물의 보존과 현황" *보존과학회지*, 6(2), p126-140, (1997).
5. 최광남, "신안침몰선체의 구조적 특징과 과학적인 보존처리" *보존과학연구*, 5, p140-145, (1986).
6. 김익주, *진도벽파리 통나무배 발굴조사 보고서*, 목포해양유물보존처리소, (1993).
7. 강애경, 박상진, "수침출토목재의 PEG4000과 Sucrose처리에 따른 변화" *보존과학회지* 5(2), p3-14, (1996).
8. 김수철, 박원규, 이용희, "고함수를 수침고목재의 동결건조를 위한 PEG전처리 농도 및 용매 설정" *보존과학회지*, 9, p40-47, (2000).
9. Ambrose, W. R., "Application of freeze-drying to archaeological wood" *The American Chemical Society*, p.235-262, (1990).
10. Kirsten Jespersen, *International Symposium*

- on the conservation of Large Objects of waterlogged Wood*. Netherlands National Commission for UNESCO, Amsterdam, p.69-76, (1979).
11. Saeterhaug, R., *Investigations concerning the freeze-drying of waterlogged wood conducted at the University of Trondheim*, In Proceedings of the Second ICOM Waterlogged Working Group Conference. Grenoble, p.195-206, (1984).
 12. Watson, J., *Research into aspects of freeze-drying hardwoods between 1982 and 1984*, In Proceedings of the Second ICOM Waterlogged Working Group Conference. Grenoble, p.213-218, (1984).
 13. Cook, C. and Grattan, D. W., *A practical comparative study of treatments for waterlogged wood - Part III-Pretreatment solutions for freeze-drying*. In Proceedings of the Second ICOM Waterlogged Working Group Conference. Grenoble, p.219-239, (1984).
 14. 이용희, 김창석, 정광용, 한성희, “수침칠기의 보존” *보존과학연구*, 14, (1993).
 15. 김수철, 박영만, “괘주 신창동 저습지 유적 목재 및 칠기의 보존” *박물관보존과학*, 7, p43-51.(2006).
 16. 이필우, 박상진, 이화형, 이원용, 김수창, 정희양, 홍병화, 김종만, 홍정인, 정대성, *목재공학*, 향문사, 서울, (1989).
 17. 박상진, 이종윤, 조남석, 조병목, *목재과학 실험서*, 광일문화사, 서울, (1993).
-