

나무재료가 金屬腐蝕에 미치는 影響

- Oddy test -

李承恩[†] · 盧睨淑 · 李容喜

國立中央博物館 保存科學室

Effects of Wood Materials on Metal Corrosion

- Oddy test -

Sungeun Lee[†], Hyunsook Roh and Yonghee Yi

Conservation Science Lab., The National Museum of Korea

요약 본 실험은 현재 박물관에서 사용하고 있거나 사용 검토 중이던 목재수종 6종(물푸레나무, 삼나무, 흑호두나무, 솔송나무, 오동나무, 단풍나무)을 대상으로 금속부식 영향을 조사한 것이다. 부식 테스트의 방법으로는 실험하고자 하는 재료와 test 시편(금속시편)을 일정 온습도에서 장시간 노출시키면서 재료가 시편에 미치는 영향을 관찰하는 Oddy test를 사용하였다. 6종의 나무 재료를 대상으로 실시한 Oddy test 결과 수종에 따라 금속부식의 형태가 조금씩 다르게 나타났으며, blank를 제외한 대부분의 철(Fe)과 납(Pb)시편에서는 표면전체에 부식이 발생하였다. 또한 구리(Cu)시편에서도 정도는 다르지만 모든 시편에서 조금씩 변색이 된 것을 관찰할 수 있었다.

Abstract The purpose of this experiment was to check the effects on metal corrosion of the 6 types of tree (Ash tree, Japanese cedar, black walnut, western hemlock, paulownia coreana and maple) which are currently being used, or the use of which is under study, by the Museum. As a method of test, an Oddy Test was conducted where the materials to be tested and the metal test piece are exposed to a specified temperature and humidity for a long period of time and the effects of materials on the test piece are observed. The results of the Oddy Test conducted on all 6 types of tree showed slight difference in the form of metal corrosion, and except for the blank, corrosion occurred on the entire surface of most iron (Fe) and lead (Pb) test pieces. Minor level of discoloration was noted in all test pieces of copper (Cu) even though different levels.

[†] Corresponding author : Conservation Science Lab., The National museum of Korea
Tel : 02) 2077-9432 | Fax : 02) 2077-9449 | E-mail : sungeun@museum.go.kr

I. 서론

박물관 및 미술관 소장문화재의 열화 원인은 매우 다양하여 어느 한 가지가 분명한 원인이라고 지적하기 어렵다. 문화재 주변의 온습도, 조도, 유해가스나 분진, 유물의 포장재, 주변의 자재 등이 모두 상호 복합적으로 작용하여 열화를 초래하기 때문이다. 외국의 경우 박물관 및 미술관에서는 전시실 및 수장고의 공기질에 대한 지속적인 모니터링을 하고 있으며, 이와 함께 유물의 열화에 영향이 적은 전시 및 수장 재료에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다. 본 실험은 현재 박물관에서 사용하거나 사용 검토 중이던 목재수종을 대상으로 금속 부식의 영향을 조사한 것이다.

II. 실험

부식 테스트의 방법으로 사용한 Oddy test는 1976년 British Museum의 W. A. Oddy에 의해 제안된 방법으로, 실험하고자 하는 재료와 test 시편(금속시편)을 일정 온습도에서 장시간 노출시키면서 재료가 시편에 끼치는 영향을 관찰하는 것이다.

1. 실험재료

부식상태를 측정하기 위한 금속시편은 Sigma aldlich사의 은(Silver, 0.1mm thick 99.9%), 구리(Copper, 0.1mm thick, 99.98%), 철(Iron, 0.1mm thick, 99.9%), 납(Lead, 0.127mm thick, 99.99%)을 사용하였으며 나무시편은 다음과 같이 6종을 선정하였다.

1) 물푸레나무 *Fraxinus rhynchophylla* Hance

(물푸레나무과 *Oleaceae*)

용담목 물푸레나무과의 낙엽교목. 연륜이 매우 뚜렷하고, 재색은 담황갈색 또는 담녹황갈색으로 심변재의 구분이 뚜렷하지 않다. 기건비중은 0.75, 수축성은 작으며, 흡수성은 보통이다. 나무껍질은 약용으로, 연소한 숯은 염료용으로 쓰인다.

2) 삼나무 *Cryptomeria japonica* (L. fil) D.Don

(낙우송과 *Taxodiaceae*)

구과목 낙우송과의 상록교목. 목재는 변재(邊材)와 심재(心材)의 경계가 뚜렷한데, 변재는 백색, 심재는 담홍색 또는 암적갈색이다. 재질이 좋고 특유의 향기가 있으며, 가구재·건축재·장식재 등으로 사용된다. 일본 원산이며, 한국 남부지방에서 조림되고 있다.

축방항유세포에 존재하는 흑색의 수지(송진) 물질로 인해 목재가 광택을 띠게 되며 삼나무 고유의 냄새가 난다. 기건비중은 0.33~0.44, 예로부터 일본술의 담금, 저장, 운반용의 통이나 잔으로 삼나무가 이용되어 왔는데 이것은 삼나무 목재가 가공하기 쉽고 목재 성분에 의해 술맛이 부드럽게 되며 석탄산(phenol) 성분으로 인한 방부효과가 있기 때문이다.

3) 흑호두나무 *Junglans nigra* Linn.

(가래나무과 *Junlandaceae*)

가래나무목 가래나무과 낙엽큰키나무. 변재는 백색에 가깝고 심재는 밝은 갈색에서 진한 초코렛빛의 갈색을 띤다. 가끔 자줏빛을 띠는 진한 줄무늬가 있다. 기건비중은 0.55이며 목재는 무겁고 단단하며 내구성이 매우 우수하고, 충격에 강하다. 심지어 썩기 쉬운 환경에서도 잘 썩지 않는다.

4) 솔송나무(미송) *Tsuga heterophylla* Sarg.

(소나무과 *Pinaceae*)

구과목 소나무과의 상록교목. 변재는 담갈색 또는 담황갈색이고, 심재는 담황갈색으로, 심변재의 구별이 명료하지 않으며, 연륜은 뚜렷하고, 추재는 색이 진하며 좁고, 춘재는 추재보다 약간 넓고 백색이다. 가볍고 연한 침엽수로서, 기건비중이 0.46~0.47 정도이고, 건조는 약간 늦은 편이지만, 일단 건조된 것을 이용하면 안정성이 있다.

5) 오동나무 *Paulownia coreana* Ueki

(현삼과 *Scrophulariaceae*)

통화식물목 능소화과의 낙엽교목. 연륜이 매우 뚜렷하고, 재색은 담자색 또는 담홍백색으로 심변재의 구분이 뚜렷하지 않다. 기건비중 0.24, 저비중재이고, 수축성과 흡수성은 작다. 목재는 가볍고 방습·방충성분이 있어 장·상자·악기류의 제작에 쓰인다. 나무껍질은 한방에

서 약재로 쓰인다. 참나무와 같이 자라며 울릉도가 원산지
로 생각되는 한국 특산종이다.

6) 단풍나무 *Acer palmatum* Thunb. var. *coreanum*
Nak. (단풍나무과 Aceraceae)

무환자나무목 단풍나무과 쌍떡잎식물. 변재는 백색에
적색의 줄무늬가 있고, 심재는 담적갈색이며, 기건비중은
0.70, 수축률은 보통이나 강도는 강한 편이며, 내수성, 내
구성이 양호하다.

2. 실험방법

나무시편을 (Photo. 1) 과 같이 각각 정방형 입방체
(1cm × 1cm × 1cm)로 4개씩 준비하였다. 부식 실험용
금속 시편은 유물의 재질과 유사한 은(Ag), 구리(Cu), 철
(Fe), 납(Pb)을 선정하였으며 각각 10mm×13mm(가로×
세로), 0.1mm(두께)로 준비하여 아세톤으로 초음파 세척
후 실온에서 건조하였다.

건조 후 각각 시편의 중량을 측정한다. <Fig. 1>에서
보는 것과 같이 시험병 내에 증류수 바이알과 나무 시편
을 넣고, 금속시편이 부착된 시험병의 마개를 덮은 후 테
프론 테이프로 밀봉하여 60℃에서 28일간 유지하였다.
매주 금속 시편의 상태조사를 하였으며, 4주후(28일) 시
편을 꺼내어 blank와 비교하여 관찰하였다. 또한 test 전
후의 금속시편의 중량을 측정하였다.

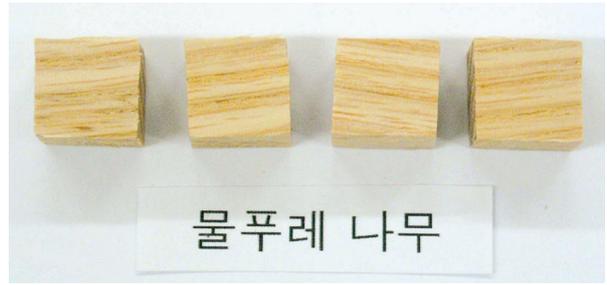


Photo 1. Wood sample

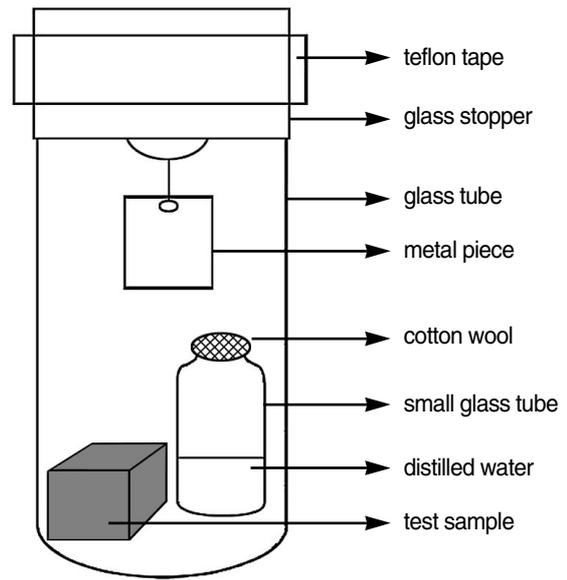


Fig. 1. Oddy test set

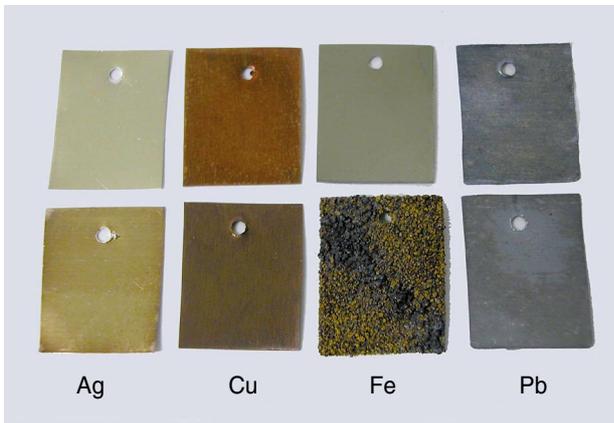


Photo 3. Oddy test result for test samples exposed to Ash (*Fraxinus rhynchophylla* Hance)

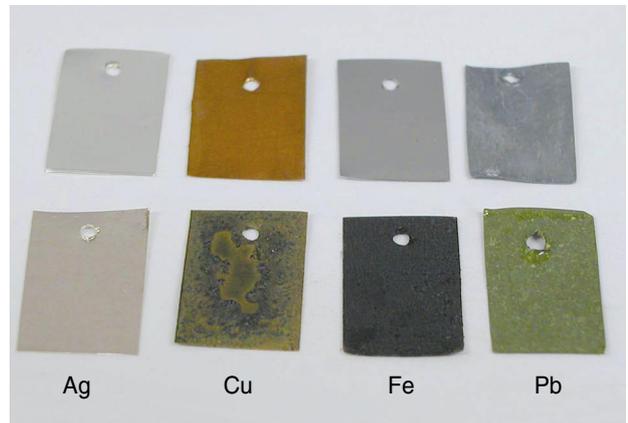


Photo 4. Oddy test result for test sample exposed to Japanese cedar (*Cryptomeria japonica* (L. fil) D.Don)

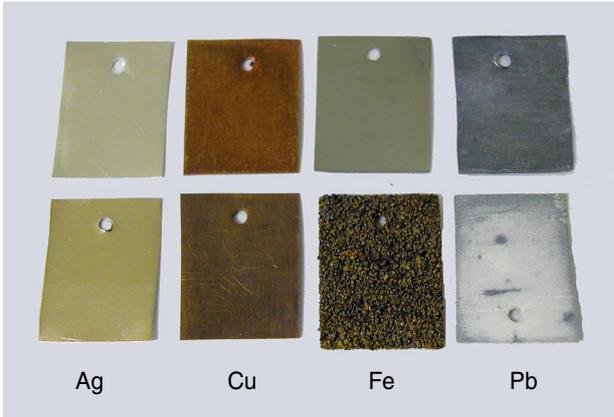


Photo 5. Oddy test result for test samples exposed to Black Walnut (*Juglans nigra* Linn.)

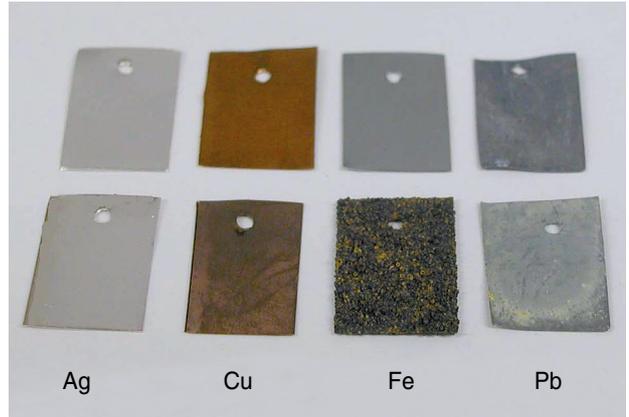


Photo 6. Oddy test result for test sample exposed to Western hemlock (*Tsuga heterophylla* Sarg.)

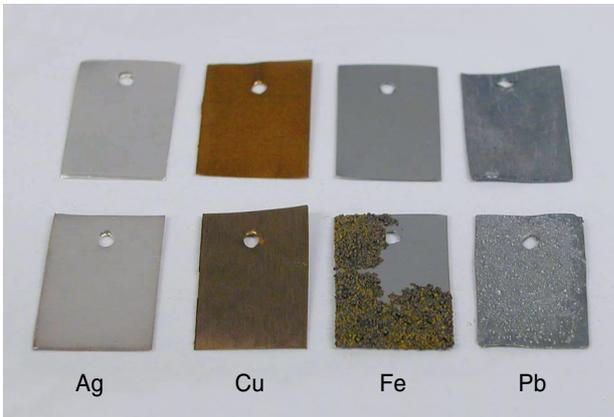


Photo 7. Oddy test result for test samples exposed to Paulownia coreana (*Paulownia coreana* Ukeki)

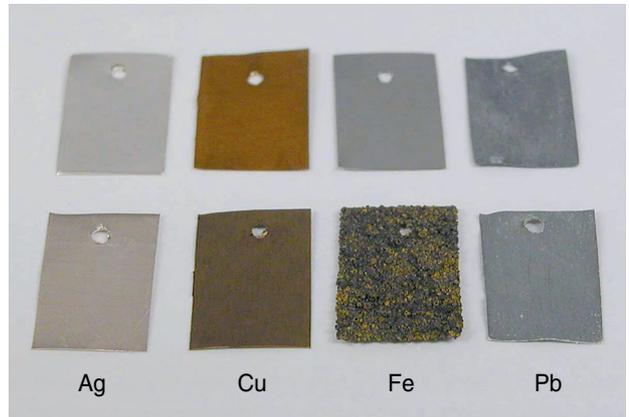


Photo 8. Oddy test result for test sample exposed to Maple (*Acer Palmatum* Thunb. var. *coreanum* Nak.)

III. 실험결과

1. 금속시편의 표면 관찰 결과

6종의 나무 자재를 대상으로 실시한 Oddy test 결과 blank를 제외한 대부분의 철(Fe)과 납(Pb)시편에서 표면전체에 부식이 발생하였으며, 구리(Cu)시편에서도 변색정도는 다르지만 모든 시편에서 조금씩 변색이 나타났다. (Photo 3~8)은 최종 실험 후 각 시편을 blank와 비교하여 촬영한 결과이며, 시편은 은, 구리, 철, 납의 순서

로 배열하였다.

2. 금속 시편의 중량 변화

〈Table 1〉과 〈Fig. 2〉는 Oddy test 전/후의 금속시편 중량변화율을 나타낸 것이다. 전체적으로 철(Fe)시편의 중량변화율이 가장 크게 나타났으며, 그 외의 시편에서는 미량의 중량 증감이 나타났다. 나무시편 별로 보면 오동 나무가 기타 다른 나무에 비해 철 등 금속에 대한 부식이 적게 나타났으며, 삼나무의 경우 다른 나무들과는 달리

Table 1. Weight change rate of the metal (Ag, Cu, Fe, Pb) test piece prior to and after Oddy test

Materials	Weight change rate(%)			
	Ag	Cu	Fe	Pb
Blank	-0.66	-0.76	0	-0.58
Ash	0	0.95	32.72	1.78
Japanese cedar	0	3.08	0.78	2.12
Black walnut	0	0.92	33.13	2.42
Western hemlock	-0.68	-0.87	32.44	1.07
Paulownia coreana	-0.65	1.61	20.98	1.12
Maple	-0.68	0.77	32.64	1.63

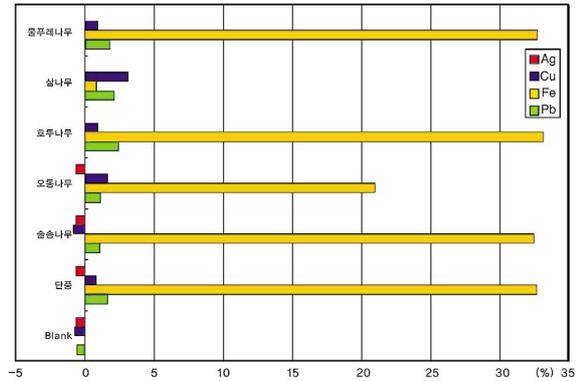


Fig 2. Weight change rate of the metal (Ag, Cu, Fe, Pb) test piece prior to and after Oddy test

납에 많은 부식이 나타났다.

3. 측정 결과

나무 자재 6종에 대한 Oddy test 결과를 다음과 같이 종합해 볼 수 있다.

1) 물푸레나무

물푸레나무의 경우 은과 구리에는 거의 변색이 없었으며, 철에서는 1주차에 3/5부식이 발생하였고, 2주차 이후 전체적으로 부식되었다. 납에서는 처음 2주간은 부식이 발견되지 않았으나, 3주차부터 조금씩 흰색의 부식물이 발견되었다.

2) 삼나무

삼나무는 은에는 거의 변화가 없었으나 구리는 다른 나무들에 비해 상당한 변색을 보였으며 철에는 조금씩 검은 피막이 발생하여 4주차에는 전체가 검은색 피막으로 덮였다. 납에서는 다른 수종에 노출시킨 경우와 달리 풀색 피막을 형성하였다

3) 흑호두나무

은에서는 거의 변색이 없었으나 구리에서 약간의 변색이 보였으며, 납에서는 1주차부터 전체적으로 흰색 부식물이 발생하였다. 또한 철에서도 1주차부터 전체적으로 부식이 발생하였다.

4) 솔송나무(미송)

솔송나무는 구리에 조금 변색을 가져왔고, 은에는 영향이 없었으나, 철의 경우는 3주째부터 전체에 녹이 발생하였으며, 납은 전체가 엷은 상아빛 부식물이 생겼다.

5) 오통나무

오통나무의 경우 은과 구리에는 거의 영향이 없었으며, 철은 1주차에 1/5, 2주차에 1/4, 3주차에 1/2 그리고 4주차에 3/4정도 부식이 발생하였다. 납은 약간의 변색과 함께 흰색 반점이 발생하였다.

6) 단풍나무

단풍나무는 1주차부터 철에 완전 부식이 발생하였다. 그 외에는 은과 납에는 거의 영향이 없었으며, 구리에 약간의 변색을 가져왔다.

IV. 결론

- 1) 은의 경우는 상기 내용을 종합해본 결과 대부분의 수종에 큰 영향을 받지 않았다.
- 2) 구리는 물푸레나무 = 솔송나무 = 단풍나무 < 오통나무 < 흑호두나무 < 삼나무의 순으로 대부분 나무에서 약간의 변색이 일어났을 뿐 큰 영향은 없었다. 다만 삼나무의 경우 상당한 변색과 약간의 풀색 피막이 형성

뒀을 볼 수 있었다.

- 3) 철은 대부분의 수종에서 부식이 발생하였으며 오동나무 < 솔송나무 < 물푸레나무 < 삼나무 < 흑호두나무 = 단풍나무의 순으로 오동나무에서 가장 적게 영향을 받았으며 그 다음이 솔송나무에 적게 영향을 받는 것으로 나타났다.
- 4) 납은 원래 부식이 잘 발생하는 금속으로 전체적으로 흰색 반점 혹은 변색이 나타났으며, 단풍나무의 영향을 가장 적게 받았고, 삼나무에서 가장 많은 부식이 발생하는 것으로 나타났다.
- 5) Oddy test 결과 목재에 따라 금속부식의 형태가 다르게 나타났으며, 영향을 받는 금속도 다른 형태로 나타났다. 다만 위의 결과를 종합해 보면 금속에 가장 영향을 덜 끼치는 재료는 오동나무였으며, 삼나무, 솔송나무, 물푸레나무 순으로 안정된 모습을 보였다. 단풍나무와 흑호두나무의 경우 금속 부식, 특히 철의 부식에 상당한 영향을 주는 것으로 나타났다.

본 실험 방법은 유물에 보다 안전한 목재를 선정할 수 있으며, 목재 뿐 아니라 전시 및 수장공간에 사용되는 접착제, 마감재 등의 선정에 다양하게 응용될 수 있다. 본 실험에서는 금속유물의 재질과 유사한 금속시편 4종을 선택하여 실험하였으나 앞으로 지류, 섬유류 등 다양한 재질에 끼치는 영향도 실험되어야 할 것이다. 이러한 실험방법들의 다양한 응용결과는 유물에 보다 안전한 물질들을 사용한 전시 및 수장환경 조성에 일익을 담당할 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

1. C. Degryny and R. Le Gall, 1999, Conservation of ancient lead artifacts corroded in organic acid environments: Electrolytic stabilization/consolidation, *Studies in Conservation*, Vol. 44, 157-169.
2. Jean Tetreault, Jane Sirois and Eugenie Stamatopoulou, 1998, Studies of lead corrosion in acetic acid environment, *Studies in Conservation*, Vol. 43, 17-32.
3. G.Drakou, Ch. Zerefos, I. Ziomas and V. Ganitis, 2000, Numerical simulation of indoor air pollution levels in a church and in a museum in Greece, *Studies in Conservation*, Vol. 45, 85-94.
4. W. A. Oddy, 1973, An unsuspected danger in display, *Museums Journal* Vol.73, 27-28.
5. V.Kontozova, F. Deutsch, R. Godoi, A. F. Godoi, P. Joos and R. Van Grieken, 2002, Characterisation of air pollution in museum showcases, *ART*, 1-8.
6. Pamela B. Hatchfield, 2002, *Pollutants in the Museum Environment*, Archetype Publications, 47-49.
7. L. R. Green, D. Thickett, 1995, Testing materials for use in the storage and display of antiquities - a revised methodology, *Studies in Conservation*, Vol.40, 145-152.
8. Joseph A. Bamberger, Ellen G. Howe, George Wheeler, 1999, A variant oddy test procedure for evaluating materials used in storage and display cases, *Studies in Conservation*, Vol.44, 86-90.
9. 한국산 주요목재의 성질과 용도, 1994, 임업연구원, 임업연구원 연구자료 제95호 이필우, 1997, 한국산 목재의 성질과 용도 (I) 목재의 구조 및 성질과 용도, 서울대학교출판부.
10. 환경부, 2001, 오염물질 방출 건축자재 선정관련 연구.
11. 한국목재신문, 2004, 목재수증정보.
12. 김명남, 2004, 전시 및 수장공간 사용 목질재료의 알데히드류 방출특성과 금속부식에 미치는 영향.