

세척제에 의한 상아류 유물의 안정성 평가 연구

강대일¹ | 이병주 | 이희정
한국전통문화대학교 보존과학과

Stability Assessment of Ivory Materials by Cleaning Agents

Dai Ill Kang¹ | Byeong Ju Lee | Hee jung Lee

The National University of Cultural Heritage, Buyeo-gun, 323-812, Korea

¹Corresponding Author: Conserva@nuch.ac.kr, +82-41-830-7361

초록 본 연구에서는 상아 시편에 습식 세척과 약산을 통한 색상 회복 처리를 실시하고, 이에 대한 안정성 평가를 실시하였다. 사용된 상아 시편은 블랙라이트와 능형무늬 분석을 통해 진위여부를 확인하였다. 습식 세척제로는 상아 및 골각류 유물 처리에 주로 사용되는 증류수, 에틸알코올, 아세톤으로 처리하였으며, 세척 결과 표면관찰, 중량 측정, 색도 측정에서 특별한 변화가 관찰되지 않았다. 약산을 통한 색상 회복 실험에서는 UV-A, UV-B, UV-C 세 가지 파장 하에서 1주일간 인공 열화 시킨 시편을 대상으로 약산 용액인 2%와 5%로 희석된 아세트산 용액과 레몬즙을 이용해서 처리하였다. 처리 결과, 모든 시편에서 표면에 균열과 공극이 관찰되었으며, 레몬즙을 사용한 경우 시편의 색이 붉게 변색되어 유물에 적용이 불가능하다고 판단된다.

중심어: 상아, 자외선, 습식 세척, 약산, 안정성 평가

ABSTRACT This research was to evaluate conservational stability of cleaning treatment and color recovery by weak acid treatment on ivory. Before this experiment, had an ivory identification such as black light and schreger angle to find whether it is authentic or not. In wet cleaning treatment on ivory, used polar solvents such as distilled water, acetone, ethyl alcohol and acetic acid which usually used for cleaning ivory and bones. After cleaning took a experiment to evaluate conservational stability in surface observation, calculate weight and color difference. Following these results, these polar solvents were stable on the ivory samples. On the other hand, in weak acid treatment, used samples that were exposed by UV-A, UV-B, UV-C for 1 weeks, to restore its color from changed to original color. After treatment, found tiny cracks and exfoliation on the surface. Moreover, the color changed when it is treated by lemon juice, so, it is impossible to adapt.

Key Words: Ivory, UV, Wet cleaning, Weak acid, Stability assesment

1. 서론

상아¹의 사전적 정의는 ‘코끼리 위턱의 송곳니가 어금니 모양으로 길게 자란 것’이다. 상아는 치수강, 상아질, 백악질, 가장 단단한 에나멜질 구조로 이루어지며, 상아질 부분

을 가공하여 조각이나 장신구 등이 만들어진다. 서양에서는 바다코끼리, 일각 돌고래, 하마 등의 어금니도 코끼리의 송곳니와 화학적 구조 및 기원이 동일하므로 상아의 범주에 포함한다².

상아는 희소성이 있으며, 특유의 문양과 색깔로 귀족의

Table 1. Data of sample using experiment.

| Sample | Size | Note |
|------------|----------------------------|-------------------------------|
| Ivory | diameter, height 2.5~3cm | Scroll handle made from ivory |
| Fake Ivory | diameter 1cm, height 4~5cm | Fake ivory stamp |
| Cow horn | 3×3cm | Hwa-gak materials |
| Cow bone | 2×3cm | |

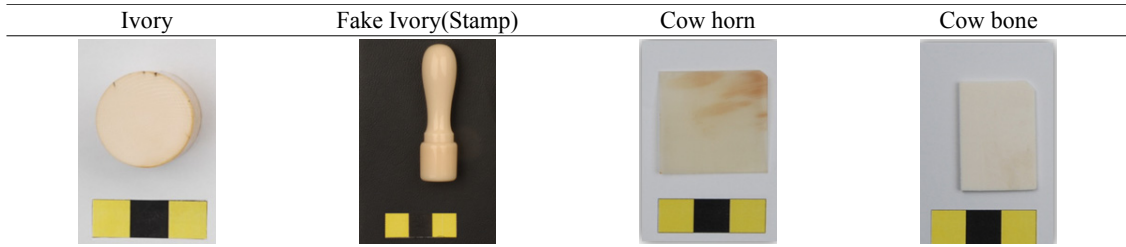


Figure 1. Picture of sample using experiment.

장신구로 널리 이용되어 왔다. 일본의 정창원은 삼국 시대 의자왕이 하사한 상아 재질의 바둑돌을 소장하고 있으며³, 최근에는 신라 안압지 유적에서 상아로 만든 14면체 주사위가 출토되기도 했다⁴. 또한, ‘경국대전(經國大典)’에 의하면 2품 이상인 자는 상아로 된 호패를 차고 3품 이하 및 삼의사의 의원들과 잡과에 합격한 자는 뿔로 된 호패를 차게 하였다는 기록이 있어 국내에서도 상아가 다용도로 사용되었음을 알 수 있다⁵.

상아는 재질 특성상 흡습성과 이방성을 가지고 있어 고습 환경에 쉽게 열화가 진행되어 습식 세척이 지양되며⁶ 자외선에 의해 쉽게 변색되고, 고습 환경에서 단백질 구조가 파괴되어 수축이나 균열이 발생된다⁶. 또한, 이러한 균열 사이로 먼지나 오염물이 침투하여 이차적인 손상을 유발하므로 상아류 유물은 주기적인 관리 및 세척이 필요하다. 국외에서는 습식 세척의 대안으로 건식세척이나 레이저 세척 등의 방안이 연구 중이다⁷. 그러나 실제 유물 처리에는 습식 세척이 요구되는 경우가 있어 이에 대한 안정성 평가 연구가 필요하다. 또한, 국내에서도 상아제 주사위가 발굴됨에 따라 상아 재질의 유물이 재조명되고 있으나 상아의 관리 방법에 대한 선행 연구를 제외하고는 관련 연구가 부족한 실정이다.

그러므로 본 연구에서는 상아 시편을 대상으로 세척제와 처리제의 안정성 평가를 통해 습식 세척 및 처리제의 적용 가능성을 알아보고자 한다.

2. 시편 선정

본 실험에는 상아와 대조군으로 인조 상아, 소뿔, 소뿔을 사용하였다. 상아는 1989년 이후 국제적으로 거래가 금지(국제거래에 관한 협약[CITES])되어 수입이 불가능하여 추가적인 시편의 제작이 어려우므로 기존에 사용되었던 상아 재질의 족자 손잡이 8개를 재활용하여 사용하였다. (Table 1, Figure 1)

상아 시편은 블랙라이트 감별과 능형무늬 관찰을 통해 동정 및 진위 여부를 확인하였다. 356nm 파장의 블랙라이트(VILBER LOURMAT, VI-6.LC)등을 50cm의 거리에서 상아와 인조상아에 각각 조사하였을 때, 상아에서만 청색의 형광 특성이 발견되어 진위를 확인하였다. 또한 상아의 외측 횡단면에 나타나는 능형무늬를 실체 현미경(Nikon, JP/SMZ1500, 15X Zoom)으로 관찰한 결과, 매머드 상아 1개, 아시아 코끼리 상아 5개, 아프리카 코끼리 상아 2개로 추정된다.

인조 상아는 물리적 특성 비교를 통한 상아 시편의 진위 여부 확인을 위한 비교 대상으로 사용되었으며, 시중에 판매되고 있는 4푼 천환, 4푼 장환, 5푼 천환, 5푼 장환을 사용하였다(각 1개씩 총 4개). 골각류인 소뿔과 소뿔은 상아와 구조적 특성이 비슷하여 자외선 열화로 인한 색상 회복 실험에 사용되었다. 소뿔과 소뿔 시편은 각 공예에 사용되는 원재료를 이용하였으며, 끓는 물에 가열하여 불순물을 제거한 후 속을 빼내고 압착하여 제작하였다(각 9개씩 총 18개).

Table 2. The number of samples on wave length of UV.

| UV rays | Wave lenngth | Sample | | | Note |
|---------|--------------|--------|----------|----------|-----------------------|
| | | Ivory | Cow horn | Cow bone | |
| UV-A | 315 ~ 400nm | 3 | 3 | 3 | 15W, Sankyo, F15T8 BL |
| UV-B | 280 ~ 315nm | 3 | 3 | 3 | 15W, Sankyo, G15T8 E |
| UV-C | 100 ~ 280nm | 2 | 3 | 3 | 15W, Philips, G15T8 |

3. 실험 방법

3.1. 상아의 습식 세척

상아류 유물의 습식 세척에 사용되는 극성 용매인 증류수, 에틸알콜(C₂H₅OH, SAMCHUN CHEMICAL, 95%), 아세톤(CH₃COCH₃, DAEJUNG, 99.5%) 3종을 선정하여 8개의 상아 시편에 대해 세척을 실시하고 이에 따른 안정성 평가를 실시하였다(증류수 2개, 에틸알콜 3개, 아세톤 3개). 세척 방법으로는 시편의 표면을 연마한 후, 면봉을 이용하여 2~3 회 표면을 닦아내었다. 처리 후, 20±4℃, 45±5% 환경에서 안정화 처리 후, 안정성 평가를 실시하였다.

3.2. 변색된 상아 시편 색상 회복

전통 공예에서는 가공이나 외부 환경에 노출되어 원재료가 오염된 경우, 희석시킨 아세트산 용액에 침적시켜 세척을 실시하며⁸, 가정에서는 레몬즙을 이용하여 처리하기도 한다⁹.

본 실험에서는 인공 열화를 위해 상아 및 골각류 시편에 세 종류의 자외선을 각 파장 당 1주일간(KS M5131) 노출시켰다(Table 2). 열화 후에 변색된 시편의 색상 회복을 위해 2%와 5%의 농도로 희석시킨 아세트산(CH₃COOH, SAMCHUN CHEMICAL)과 레몬즙 용액을 선정하였으며, 각 용액의 pH 농도는 Acetic acid 의 경우 4, 레몬즙은 3.5 이다. 처리 방법으로는 20mm×20mm의 크기인 탈지면을 이용하여 표면에 부착하고, 용액을 탈지면에 도포하여 처리하였다. 처리 후, 색상 회복력과 표면 열화 정도를 안정성 평가 기준을 이용하여 확인하였다.

3.3. 안정성 평가 방법

안정성 평가 방법으로는 사진촬영 및 영상현미경(Olympus, JP/8X50F-3)을 이용하여 열화 전·후의 표면 변화를 관찰

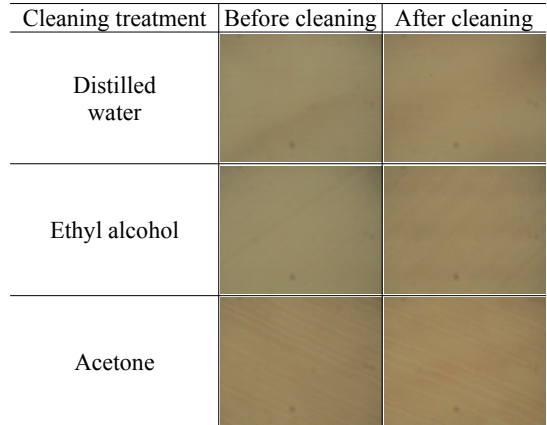


Figure 2. Ivory surface observation on the cleaning (×100).

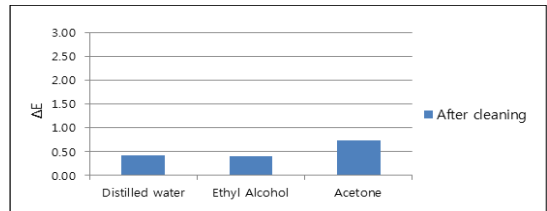


Figure 3. Color changed by wet cleaning (ΔE).

하였으며, 전자저울(SARTORIUS, DE/CP-2245)을 이용하여 처리 전·후의 중량을 각각 세 번씩 측정하여 평균값을 비교하였다. 또한, 시편 색상의 변화를 알아보기 위해 KS A0063 규정에 의거하여 색차계(BYK, US/A-6800)로 Lab 색차를 이용해 색의 변화 정도를 확인하였다.

4. 실험 결과

4.1. 습식 세척에 따른 안정성 평가

극성 용매를 이용한 상아의 습식 세척에서는 시편의 표면 관찰에서 특별한 변화가 관찰되지 않았으며(Figure 2), 처리 전후의 중량도 거의 변하지 않았다. 또한, 색도 측정

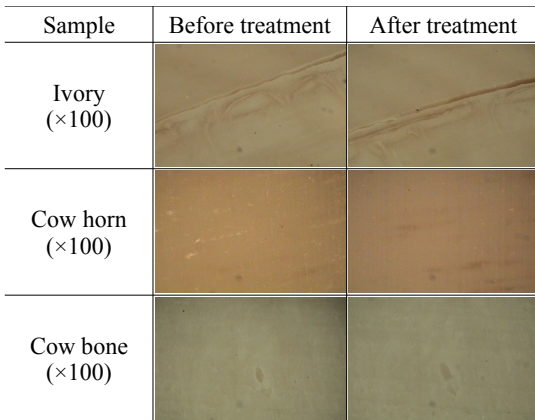


Figure 4. Surface observation on the treatment with acetic acid 2% (×100).

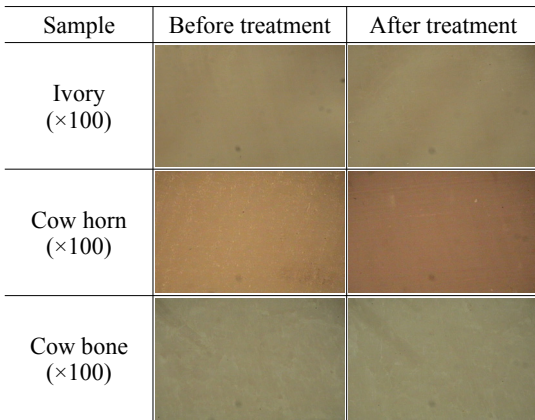


Figure 5. Surface observation on the treatment with acetic acid 5% (×100).

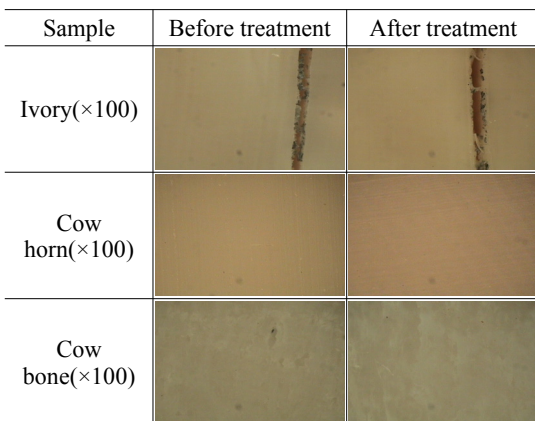


Figure 6. Surface observation on the treatment with juice of a lemon (×100).

에서는 색차값이 1.0 미만으로 나타나 대조군과 비슷한 값을 나타내었다(Figure 3).

4.2. 색상 회복을 위한 처리제 적용에 따른 안정성 평가

약산 처리를 위해 인위적으로 UV-A, UV-B, UV-C 파장을 이용하여 시편을 열화시킨 결과, UV-B 파장에 노출된 시편은 색차값이 4 전후로 나타났으며 이는 육안으로도 변색 정도를 확인할 수 있는 정도의 색차값이다. 전체적으로 UV-C 파장에서 가장 안정하였으며, UV-B 파장에서 변색 정도가 가장 크게 나타났다.

인공열화로 변색된 시편의 약산 처리 후, 모든 시편군의 표면에서 미세한 균열과 박락이 육안으로 확인되었으며, 영상 현미경 관찰에서는 균열이나 공극부를 중심으로 열화가 진행되는 것을 확인하였다(Figure 4, 5, 6). 시편의 중량은 거의 변화되지 않았다.

아세트산 2%와 5% 용액을 이용하여 처리한 결과, 열화 전후의 색차값(Before cleaning)보다 열화 전과 처리 후 시편의 색차값(After cleaning)이 감소하는 것을 확인할 수 있었다. 이로 인해 처리 후에 시편의 색상이 시편 본래의 색

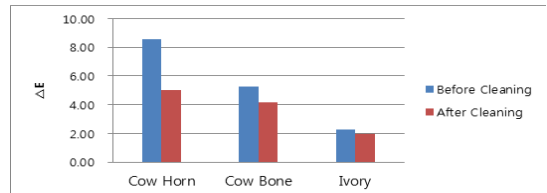


Figure 7. Color changed by treatment with acetic acid 2%.

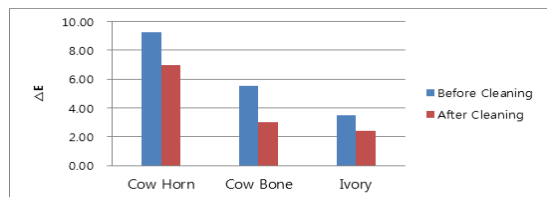


Figure 8. Color changed by treatment with acetic acid 5%.

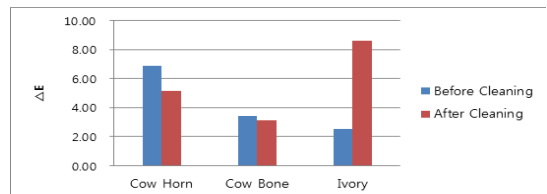


Figure 9. Color changed by treatment with juice of lemon.

으로 회복되었다고 판단된다(Figure 7, 8, 9). 상아 시편의 경우, 아세트산 5% 용액을 이용하였을 때, 색상 회복이 가장 크게 나타났다.

5. 결론

본 실험에서는 상아 시편의 습식 세척 및 약산 처리 후, 안정성 평가를 통해 습식 세척의 적용 가능성을 확인하였다. 상아 습식 세척에 사용된 증류수, 에틸알코올, 아세톤과 같은 극성용매는 용해력이 좋아 접착제나 오염물 제거에 탁월하여 철제 및 골각류 재질의 유물 세척에 주로 사용된다.

상아의 습식 세척에 대한 안정성 평가에서는 표면 관찰에서 특별한 변화가 나타나지 않았다. 이는 극성 용매의 빠른 휘발성으로 인해 세척 후 잔여물에 의한 영향이 극히 미비하기 때문으로 사료되며 따라서 상아의 습식 세척은 안정하다고 할 수 있다. 그러나 표면이 코팅제나 안료 등에 의해 채색된 경우, 유기 용제로 인한 유물의 원형이 손상될 가능성이 있어 주의가 필요하다. 또한, 선행 연구에서 상아가 고습 환경에 놓이면, 상아 표면의 상대 습도가 급격한 변화를 보이며, 이로 인해 상아 표면의 열화가 발생할 수 있다는 결과가 있으므로¹⁰ 세척 후 주기적인 모니터링이 필요하다.

약산을 이용한 상아의 색상 회복력 실험에서는 희석된 아세트산 용액의 농도가 높아질수록 시편이 자외선에 열화되기 전의 색상으로 회복하는 정도가 증가하였다. 그러나 pH의 경우, pH가 4.0 인 아세트산 2% 용액과 5% 용액에서 색상의 회복이 가장 안정적으로 나타나 이에 대한 상관관계는 확인할 수 없었다.

모든 시편군에서 2%와 5%로 희석된 아세트산 용액을 이용하여 처리하였을 때, 확인 가능한 정도의 색상 회복을 확인하였다. 이는 희석된 아세트산 용액의 산성 성분이 변색된 상아 표면의 에나멜질을 부식시켜 표백 효과가 나타나며, 동시에 탈수 현상으로 인해 표면의 균열이나 미세한 공극이 발생하는 것으로 사료된다.

반면 레몬즙을 이용하여 처리한 시편에서는 오히려 색이 붉게 변색되었으며, 이는 레몬즙의 색소가 시편 표면에 착색되었기 때문으로 사료된다. 그러므로 약산 용액의 잔여 성분으로 인해 유물에 추가적인 열화가 발생할 수 있어 실제 유물에 적용은 불가능하다고 판단된다.

사 사

본 연구는 행정안전부 국가기록원의 지원을 받아 행정박물 보존·복원 기술연구개발(R&D) 사업의 일환으로 이루어졌으며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. “두산동아대백과사전”, *두산동아*, p393-394, (2002).
2. “Identification guide for ivory and ivory substitutes”. CITES, (1991).
3. “正倉院展”. *奈良國立博物館*, p32, (2005, 2006).
4. “신라 왕경지구서 발견된 주사위”. *연합뉴스*, (2008).
5. 윤국일, “경국대전”. *신서원*, 호전, 호편, (2005).
6. 이현숙, “Stain removal on ivory using cyclododecane as a hydrophobic sealing agent”. *고문화*, p87-112, (2005).
7. Odile Maddena, Paraskevi Poulib, Meg Abrahama, Costas Fotakisb, “Removal of dye-based ink stains from ivory: evaluation of cleaning results based on wavelength dependency and laser type”. *Journal of Cultural Heritage*, 4, p98-105, (2003).
8. 광대웅, “화각장”. *화산문화*, p151, (2000).
9. Sherry Doyal, Christine Murray, Linda Shelly, “The National Trust Manual of Housekeeping”. *Elsevier*, p545-555, (2005).
10. May Cassar, Jeremy Hutchings, “Relative Humidity and Temperature Pattern Book”. *The Council for Museums, Archives and Libraries*, p20-40, (2000).