몽골 숨 톨고이 출토 지류 유물의 과학적 분석 및 보존처리

Scientific Analysis and Conservation Treatment on the Buddhist Scriptures of Paper Relics Excavated from Sum Tolgoi, Mongolia

배수빈¹, 양민정¹, 권윤미², 유지현², 정희원^{1,*}

¹국립문화재연구소 문화재보존과학센터, ²국립문화재연구소 보존과학연구실

Su Bin Bae¹, Min Jeong Yang¹, Yun Mi Kwon², Ji Hyun Yoo², Hee Won Jeong^{1,*}

¹Cultural Heritage Conservation Science Center, National Research Institute of Cultural Heritage, Daejeon 34122, Korea

²Conservation Science Division, National Research Institute of Cultural Heritage, Daejeon 34122, Korea

Received September 24, 2021

Revised November 18, 2021

Accepted November 23, 2021

*Corresponding author

E-mail: mir806@korea.kr

Phone: +82-42-860-9379

Journal of Conservation Science
2021;37(6):723-737

<https://doi.org/10.12654/JCS.2021.37.6.11>

plSSN: 1225-5459, eISSN: 2287-9781

© The Korean Society of
Conservation Science for Cultural
Heritage

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

초 록 본 연구에서는 17세기 ‘숨 톨고이(Sum tolgoi)’ 건축 유적지에서 출토된 지류 경전을 대상으로 재질의 성분 및 구조에 대해 분석하고 이를 바탕으로 보존처리를 진행하였다. 경전은 흙먼지와 이물질이 많고 형태를 알 수 없을 정도로 뭉쳐 있는 상태로 훼손, 결실, 변색 등이 확인되었다. 티베트어로 쓰인 경전은 UV-Vis 분석 결과 쪽과 먹의 종이 바탕에 사용한 것으로, 고대 몽골어 경전은 흑색의 필사 재료가 먹으로 추정되었다. SEM-EDS와 Micro-XRF 분석 결과를 통해 연단(Pb₃O₄)과 진사(HgS) 혼합 또는 진사(HgS)로 적색 외곽선을 긋고 은니로 경전의 내용을 적었음이 확인되었다. 글씨의 은니는 칼슘과 함께 염화은(AgCl)이 확인되었으며, 황색 선에서는 칼슘(Ca)과 석황(As₂S₃)이 확인되었다. 고대 몽골어 경전의 종이는 초본류 섬유와 인 피섬유가 혼합된 특징을, 티베트어 경전은 인피섬유의 특징을 나타냈다. 방사성 탄소동위원소 연대측정 결과, 경전의 바탕으로 사용된 종이가 15-17세기에 제작된 것으로 분석되었다. 경전의 보존처리는 출토된 종이의 형태 변형과 취약함으로 인한 2차 손상을 예방하기 위해 보강지(Pre-coated paper) 제작 및 보강 방법에 대한 실험을 바탕으로 진행하였으며, 처리 후 경전의 보관 및 앞·뒤로 기록된 경전 내용을 확인할 수 있도록 마운팅하고 중성지로 상자를 제작하였다. 이번 보존처리는 보존처리 가역성의 원칙에 따른 새로운 보존처리 재료와 방법을 적용한 연구 결과이다.

중심어 몽골 경전, 출토 지류 유물, 미소부 X-선 형광분석, 자외-가시광 분광분석, 연대측정, 보강지(Pre-coated paper)

ABSTRACT This study analyzed the composition and structure of materials with Buddhist paper scriptures excavated from architectural sites in ‘Sum Tolgoi’ of the 17th century and carried out conservation treatment base on the result of the analysis. The scriptures were covered in dust and foreign substances, and were so crumpled that it was impossible to identify the form. The damage, loss, and discoloration have been identified. Buddhist scriptures written in Tibetan used indigo and ink sticks on paper as a result of UV-Vis analysis, and ink sticks as black character materials from scriptures written ancient Mongolian. SEM-EDS and Micro-XRF analyses revealed that the outlines were drawn with red lines using a mix of Minium (Pb₃O₄) and Cinnabar (HgS), or Cinnabar (HgS) alone, and the contents of the scriptures were written with silver paint. Silver chloride (AgCl) and Calcium (Ca) were identified in the silver paint component of the characters, while Calcium and Orpiment (As₂S₃) were identified in the yellow lines. Concerning the paper ground, Buddhist scriptures written in ancient Mongolian were characterized by herbal plant fiber and bast fiber, and those written in Tibetan, by bast fiber. Radiocarbon dating indicates that the paper for the scriptures was produced between the 15th and 17th centuries. Conservation treatment of the scriptures was carried out based on the experiment on the production of pre-coated paper and how to coat that to prevent the second damage due to the deformation and fragility of the excavated paper. The scriptures were preserved and mounted, and a neutral box was made to identify the contents of the scriptures recorded on both sides after the treatment. This conservation treatment is the result of a study that applied new conservation treatment materials and methods according to the principle of conservation treatment reversibility.

Key Words Buddhist scriptures in Mongolia, Excavated paper relics, Micro X-ray Fluorescence Analyzer, UV/Visible Spectrophotometer, Standard AMS dating analysis, Pre-coated paper

1. 서론

종이 경전은 몽골과학아카데미 역사·고고학연구소의 2018-2019년 ‘17세기의 몽골 도시들’을 주제로 한 발굴 조사에서 수도 울란바토르 서쪽에 자리한 자브항(Zavkhan)주 테스(Tes) 지역의 ‘숨 톨고이(Sum tolgoi)’ 건축 유적지에서 발견된 경전이다(Figure 1). 숨 톨고이(Sum tolgoi)는 몽골어로 “사원이 있는 언덕”을 뜻하며 17세기 유명한 호탁트¹⁾가 건설한 티베트 양식의 건축물이다(National Research Institute of Cultural Heritage, 2021). 이곳에서 고대 몽골어와 티베트어가 쓰인 종이 경전 및 백화수피(白樺樹皮)²⁾ 등이 출토되었다. 유물이 고고학자에 의해 발굴되기 전의 상태는 둘러싸고 있는 환경 인자에 의해 화학적, 물리학적, 생물학적인 작용이 계속되고 있으므로 대부분이 파손, 열화(劣化)된 상태로 존재한다(Lim and Park, 2003). 종이 경전 또한 표면에 발굴 지역의 토양과 이물질이 고착되고, 오랜 시간 매장되어 있었던 탓에 형태를 알 수 없을 만큼 구겨져 있었으며, 악취를 풍기는 상태였다. 본 연구에서는 출토된 종이 유물의 안정적인 보존처리를 위해 유물의 재질 구조 등을 분석하고, 이를 바탕으로 유물로서의 가치가 있는 경전의 양면에 기록되어 있는 글자를 최대한 살리고 오랜 고착으로 손상된 유물을 분리하여 더는 유물의 형태가 훼손되지 않도록 최소한의 보존처리를 진행하는 것에 중점을 두었다.

Figure 1. Historic site of Sum tolgoi, Mongolia.

2. 연구 방법

2.1. 연구대상

몽골 숨 톨고이 유적에서 출토된 종이 경전 중에서 본 연구의 대상은 총 5점으로 고대 몽골어 경전 1점(CT19-21)과 티베트어 경전 4점(CT19-19, CT19-20, CT19-22, CT19-23)이다. 유물에서 탈락한 조각 일부를 사용하여 전처리 과정을 거치지 않는 비파괴 조사법으로 분석하였으며, 유물명은 유물 수습 현장에서 부여된 임시번호를 적용하였다(Figure 2).

2.2. 분석 방법

종이 경전의 구조 및 제작 방법을 확인하기 위하여 몽골어 경전(CT19-21)과 티베트어 경전(CT19-22, CT19-23)의 단면을 에폭시 수지로 고정해 시편을 제작하고 표면을 연마하여 3차원현미경(DVM6, Leica, GER)을 이용하여 관찰하고, 휴대용현미경(DG-3, Scalar, JPN)으로 촬영한 표면과 교차 비교하였다.

경전의 종이 바탕 위에 칠해진 바탕색과 글자에 사용된 재료의 성분을 파악하고자 주사전자현미경(JSM-IT300, Jeol, JPN)과 에너지 분산형 분광 분석(X-MAXN, Oxford, GBR)을 사용하였으며, 모든 시료는 백금 코팅(platinum coating)한 뒤 가압 전압 15 kV, 작업 거리 10.0 mm로 분석하였다. 또한, 미소부 X-선 형광분석기(Micro X-ray Fluorescence Analyzer, Eagle III-XXL, EDAX, USA)를 이용하여 전압 40 kV, 전류 800 μ A, 측정영역은 지름 300 μ m의 원으로 경전의 손상을 방지하기 위해 대기압 조건에서 Fundamental Parameter 방법으로 정성 분석하였다. 이러한 미소부 X-선 형광분석기(Micro-XRF)로 검출되지 않는 유기염료는 자외-가시광 분광분석기(UV/Visible Spectrophotometer, Ocean optics, USA)를 활용하여 분석하였으며, 경전 표면에 사용된 흑색과 청색의 반

Figure 2. Subject to conservation treatment (A: CT19-19, B: CT19-20, C: CT19-21, D: CT19-22, E: CT19-23).

1) Khutagt, 몽골인들이 활불(活佛) 및 고승을 일컫는 말.
2) 자작나무 껍질.

사 스펙트럼을 통해 색 재료의 종류를 알기 위한 목적으로 광원은 HL-2000-FHSA를 사용, 백색 교정하여 200-850 nm 영역을 5회 측정 후 분석하였다.

종이의 원료 섬유는 종류에 따라 물리·화학적 성질이 다르므로 염색 처리를 하면 특유의 색으로 발색되고, 이때 발생하는 색의 차이를 이용하여 섬유 식별이 가능하다(Cheon, 2014). 또한, 지류 유물의 바탕 재료에 대한 해부학적 특성을 알아보기 위하여 섬유를 식별할 경우, 섬유의 길이와 폭이 매우 중요한 식별 요소가 된다(Lee, 2006). 형태적 특성 관찰을 위해 종이 경전의 섬유를 Safranin 염색하여 광학현미경(Eclipse NI-E, Nikon, JPN)으로 관찰하고, Graff-C 염색법(KS M ISO 9184-4)과 Herzberg 염색법(KS M ISO 9184-3)으로 정색반응을 확인하였다. 탈락한 종이 경전 조각 일부를 찢어 비커에 넣고 NaOH 용액(0.05 mol)을 더하여 가열한 후, 페트리 접시에 섬유를 올려 Safranin을 1-2방울 떨어뜨려 염색시킨다. 염색된 섬유를 증류수로 2회 세척하여 슬라이드 글라스 위에 놓고, 섬유를 균일하게 분산시킨 후 커버글라스로 덮어 광학현미경으로 섬유를 관찰하며 길이와 폭을 측정하였다(Browning, 1977).

유물의 제작연대를 추정하기 위하여 가속기 질량분석기(Accelerator Mass Spectrometry, AMS)에 의한 방사성탄소연대측정법을 적용하였다. 이 연대측정법은 유기물에 포함된 방사성 동위원소(^{14}C)와 안정 동위원소(^{12}C)의 비율($^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$)로부터 유기물의 생물 연대를 계산하는 방법으로 종이를 비롯한 토양, 목탄, 나무, 조개류 등 탄소화합물로 이루어진 다양한 시료로부터 그 연대를 측정할 수 있다(National Research Institute of Cultural Heritage Conservation Science Center, 2018; KIST, 2018). 몽골 출토 지류 유물 중, 필사 재료와 염료 및 안료로 추정되는 재료가 없는 순수한 종이 부분의 시료 채취가 가능한 몽골어 경전(CT19-21)과 티베트어 경전(CT19-23)에서 10 mg을 채취하여 분석 대상으로 삼았다.

2.3. 보존처리 방법

몽골 솜 톨고이 출토 지류 경전의 보존처리 과정은 다음과 같다(Figure 3).

보존처리 전, 훈증을 통하여 유물에 존재하는 곤충과

미생물을 제거하고, 향후 영향을 미칠 수 있는 생물피해를 방지하였다. 훈증제는 Hygen-A (Ethylene oxide 15% + HFC_{134a} 85%)를 사용하여 24시간 동안 밀폐훈증법으로 훈증하였다. 또한, 각각 10 cm 이상 크기의 유물을 선정하여 크기, 두께 측정기(ID-C1012XBS, Mitutoyo, JPN)를 이용한 두께(KS M ISO 534), 무게를 측정하였다. 또한 면적(Image J)을 구하여 밀도와 평량을 측정하고 손상상태 지도를 작성하여 유물의 상태를 파악하였다.

경전을 안정적인 상태에서 분리하기 위해 미세가습을 이용한 챔버를 만들어 유물에 알맞은 환경을 조성하고, 분리된 유물은 건식 클리닝을 통해 표면의 이물질을 제거하고 미세가습 펜슬(Preservation Pencil 805-0011, Pel, GBR)을 이용하여 펠짐 작업을 진행하였다. 사전에 번짐 테스트로 유물의 상태를 확인 후, 정제수를 이용한 습식 클리닝을 실시하였다. 또한, 보존처리 전후 유물의 색상 비교를 위해 색도를 측정하였다. 색도계(CM-700D, Konica Minolta, JPN)를 이용하며 CIE LAB 표색계 및 표준 광원 D65(주광, 색온도 6500K), 10° 조건에서 측정하였다. 각 유물에서 3 point를 지정하여 측정 지점마다 5회 측정한 평균값을 사용하였다. 또한, 습식 클리닝 전후의 변화를 표면 pH 측정을 통하여 살펴보았다. pH 측정은 평판 유리전극이 부착된 pH 측정기(F-72/6261, Horiba, JPN)를 이용하여 색도 측정 지점과 동일하게 조사하였으며 경전 보존처리 전후 산성도를 평가하였다(Figure 4).

두꺼운 고서의 표지를 보강하는 경우, 표지 앞면과 배 접지를 갈라서 분리한 후, 유물의 두께와 비슷한 보강지

Figure 4. Chromaticity and pH measurement points.

Figure 3. Conservation process.

로 결실부와 약해진 부분을 보강처리 한다(Ahn *et al.*, 2015). 그러나 경전은 양면에 글씨가 적혀 있고 전체적으로 찢어지고 불규칙한 결실부가 많은 상태로 특히 가장자리 부분이 취약하였다. 따라서 위의 보강 방법은 약한 지질 부분에 영향을 주어 펼침 상태의 원형 형태가 훼손될 수 있다고 판단되었다. 결실부 보강 작업이 양면 경전의 글자를 확인하는 데 방해되지 않고, 티베트 경전의 청색 바탕 면이 고려된 이질감을 주지 않는 보강지 제작이 필요하였다. 양지 보존처리 방법 중 손상된 지류에 Pre-coated paper를 이용하여 보강하는 방법은 거의 30년 동안 유용하게 사용하던 보존 기법이다. Klucel G와 같은 접착제를 이용한 Pre-coated paper는 최소한의 노출로 글씨를 가리지 않고 부식으로 인해 지질이 약해진 부분을 보강하는 데 이상적이다(Christopher, 2018). 보강지로는 닥 섬유로 제작된 평량 2 g/m² 종이(KM-09 Tenguchō 2 g Haini, Hiromi, Japan)를 사용하였으며 접착제로는 Hydroxypropyl cellulose (Klucel®G)를 사용하였다. Pre-coated paper를 제작하기 전, 염색을 진행하였다. 미색 바탕의 몽골어 경전 보강지로는 오리나무 열매를, 청색과 흑색을 띠는 티베트어 경전 보강지에는 보체에 사용되는 붕채 안료 외에 근접한 색을 낼 수 있는 분채, 쪽 염료, 먹을 이용하였다. 침지법, 분무법으로 염색한 뒤, 비교하여 유물 바탕색에 근접한 색을 낼 수 있는 안정적인 재료를 사용하였다. 염색된 보강지에 접착제를 이용하는 Pre-coated paper 제작을 통해 보강지 제작을 완성하였다. 찢어지거나 충해 등에 의해 결손된 유물을 그대로 두고 계속 사용할 경우, 그 결손 부분과 유물의 경계 부분에서 지속적으로 손상이 진행된다(Cheon *et al.*, 2001). 보강지로 결실부 보강 전 경전에서 분리된 작은 조각은 제자리를 찾아 레이온지로 임시 고정하고, 종이가 충상으로 분리되는 부분은 소맥 전분풀을 이용하여 처리하였다. 제자리를 찾을 수 있는 조각 외에 위치를 찾을 수 없는 조각들은 따로 보강 처리하거나 시료 봉투에 수집하였다. 보존처리는 경전의 양면을 제작된 보강지를 이용하여 처리하였으며 재단하여 마무리하였다.

3. 연구 결과

3.1. 종이 경전의 구조

종이 경전의 단면과 표면 관찰 결과, 몽골어 경전(CT19-21)은 두 겹의 종이를 합지(合紙)하고, 양면에 흑색의 필사 재료로 경전을 기록한 것이 확인되었다. 티베트어 경전(CT19-22, CT19-23)은 종이 바탕 위에 청색을 칠

하고 그 위에 흑색을 칠한 뒤, 적색으로 외곽선을 그리고 은니(銀泥)³⁾로 경전을 적은 것으로 확인되었다(Table 1).

3.2. 안료 및 염료 분석

3.2.1. 주사전자현미경(SEM) 분석

주사전자현미경(SEM)과 에너지 분산형 분광분석기(EDS)를 통해 육안상 적색이 확인되었던 티베트 경전(CT19-19)은 납(Pb), 수은(Hg), 황(S)이 주성분으로 확인되었으며(Figure 5A), 은니로 추정되었던 티베트 경전(CT19-22)에서는 은(Ag)과 염소(Cl)가 주성분으로 확인되었다(Figure 5B). 더불어 두 시료 모두 칼슘(Ca)이 소량 확인되었다.

3.2.2. 미소부 X-선 형광분석기(Micro-XRF)

몽골어 경전(CT19-21)은 바탕과 글자 모두 Ca, Fe, K 등의 원소가 검출되었다. 흑색 글자의 경우 주로 흑색 아래의 바탕층 성분 이외에 별도의 성분이 검출되지 않은 것으로 보아 탄소(C)가 주 구성 성분인 먹(墨)을 사용하여 채색된 것으로 추정되었다(Lee *et al.*, 2017). 티베트어 경전(CT19-19, CT19-20, CT19-22, CT19-23)의 백색 글자에서는 은(Ag)이 다량 검출되어 은니(銀泥)로 확인되었다. 적색 글자에서는 납(Pb)과 수은(Hg)이 주로 검출되었고, 적색 외곽선에서는 수은(Hg)이 검출되어 연단[Minium, Pb₃O₄]과 진사[Cinnabar, HgS]를 혼합하거나 진사를 단독으로 사용한 것으로 판단되었다. 황색 선은 황(S)과 비소(As)가 확인되어 석황[Orpiment, As₂S₃]으로 추정되었다(Table 2, Figure 6).

3.2.3. 자외/가시광 분광(UV/Visible spectrophotometer) 분석

몽골어 경전(CT19-21)의 흑색 글자와 티베트어 경전(CT19-19)의 바탕색인 청색과 흑색을 분석하였다. 몽골어 경전(CT19-21) 흑색 글자의 반사도는 약 200 nm대에서 반사도가 증가 후 감소하며, 약 400 nm 초반 영역대 이후 일직선에 가까운 반사 스펙트럼을 보였다. 이는 먹의 반사 스펙트럼 패턴과 유사한 형태로 먹의 사용을 추정해볼 수 있었다(Figure 7). 또한, 반사도가 약 420 nm 영역대까지 반사도 증가 및 감소 형태는 바탕 재질 및 다른 물질의 영향으로 추정되었다(Lee *et al.*, 2019).

티베트어 경전(CT19-19) 또한 흑색의 반사도가 일직선을 나타냈으며, 먹의 반사 스펙트럼 패턴과 유사하여 먹이 사용된 것으로 추정해볼 수 있었다. 티베트어 경전

3) 은가루를 아교로 개어 채색 시 사용하는 것으로 은분(銀粉)이라고도 한다(Park, 2007).

Table 1. Z-direction and surface images of the excavated paper

No	Z-direction image	Surface image	
CT 19-21
	Black character (×500)	Black character (×100)	Black character (×100)
CT 19-22
	Black ground (×500)	Black ground (×100)	Black ground (×100)
CT 19-23
	Red line (×300)	Red line (×100)	Red line (×100)
CT 19-23
	Blue and black ground and red line (×500)	Blue and black ground and red line (×50)	Blue and black ground and red line (×100)

Figure 5. SEM-EDS Results of the paper (A: CT19-19 Red line, B: CT19-22 Silver paint character).

Table 2. Results of Micro-XRF analysis of pigments

Sample	Location	XRF point	Color	Major element	Pigment
CT19-19	Ground	A	Light blue	Ca	-
		B	Black	Ca	Carbon (assumed)
	Character	C	White	Ag	Silver
		D	Red	Pb, Hg, S	Cinnabar + Minium
CT19-20	Ground	E	Blue	Ca	-
		F	Black	Ca	Carbon (assumed)
	Character	G	White	Ca, Ag	Silver
		H	Red	Ca, Hg	Cinnabar
CT19-21	Ground	I	Yellow	Ca	-
	Character	J	Black	Ca	Carbon (assumed)
CT19-22	Ground	K	Blue	Ca	-
		L	Black	Ca	Carbon (assumed)
	Character	M	White	Ag	Silver
		N	Red	Hg, S	Cinnabar
CT19-23	Ground	O	Blue	Ca	-
		P	Black	Ca	Carbon (assumed)
	Line	Q	Yellow	S, As	Orpiment

Figure 6. Points of Micro-XRF analysis of pigments.

Figure 7. UV-Visible Spectrum of black character in CT19-21.

Figure 8. UV-Visible Spectrum of black character and ground in CT19-19.

Figure 9. UV-Visible Spectrum of ground in CT19-23.

(CT19-19, CT19-23) 바탕화면 청색의 반사도는 약 420 nm 영역대에서 감소하다 약 680 nm 영역대에서 증가하는 양상을 보였다(Figure 8, 9). 이는 약 400 nm 초반대와 약 700 nm 부근의 파장 영역대에서 반사도가 증가하는 특징을 가진 쪽의 스펙트럼과 거의 일치함으로, 쪽이 사용된 것으로 추정되었다(Kwon, 2019).

3.3. 종이 섬유 동정

섬유의 형태 분석 결과, 티베트어 경전(CT19-19)은 마디(cross-marking)와 왜곡(dislocation)이 관찰되며 Graff-C 염색법과 Herzberg 염색법에 따른 정색반응에서 적갈색을 나타냈다. 몽골어 경전(CT19-21)은 원료 섬유의 형태에서 섬유 측면의 마디가 확인되는 섬유와 표면이 매끄럽

고 폭이 넓은 섬유가 혼재되어 있었고 Graff-C 염색법에 따른 반응에서 청색 및 어두운 보라색의 염색 반응이 관찰되었다. 또한, Herzberg 염색법에 따른 정색반응에서는 보라색이 확인되었다.

티베트어 경전의 섬유장은 가장 긴 것이 8.00 mm로 확인되었고, 섬유폭은 11.30-26.13 μm 이었다. 몽골 경전은 짧은 섬유의 양 끝단을 확인할 수 있는 섬유가 일부 있었고, 가장 긴 섬유가 1.40 mm, 섬유 폭은 5.80-23.25 μm 로 확인되었다. 종이의 열화로 인해 섬유의 전체 길이를 확인하고 섬유장과 폭의 평균값을 구하는 데 제한적이었으나, 섬유 형태와 정색반응 결과를 종합했을 때 티베트어 경전은 인피섬유 단일 섬유임을, 몽골어 경전은 인피섬유와 초본류 섬유를 혼합하여 초지한 종이임을 확인할 수 있었다(Table 3, 4).

Table 3. Microscopy images of the excavated paper relics fiber

No.	Safranin	C-stain	Herzberg stain
CT 19-19
	($\times 400$)	($\times 400$)	($\times 400$)
CT 19-21
	($\times 400$)	($\times 200$)	($\times 200$)

Table 4. Fiber length and width of the excavated paper relics

No.	Fiber length (mm)		Fiber width (μm)	
	Range	Average	Range	Average
CT19-19	0.90 - 8.00	-	11.30 - 26.13	17.46
CT19-21	0.30 - 1.40	-	5.80 - 23.25	12.21

3.4. 연대측정(Accelerator Mass Spectrometry)

몽골 출토 지류 유물 중 몽골어 경전(CT19-21)과 티베트어 경전(CT19-23)에서 채취한 시료의 연대 눈금 맞춤(Calibrated Ages) AMS 결과에 따라 몽골어 경전(CT19-21)은 A.D. 1470-1640년의 연대 구간이 산출되었고, 티베트어 경전(CT19-23)은 A.D. 1436-1522년의 연대 구간이 산출되어 두 종류의 지류 유물은 모두 15-17세기로 확인되었다(Table 5). 따라서 몽골 출토 지류 유물과 17세기 유적지인 숨 톨고이와의 연관성을 확인할 수 있었다.

3.5. 보존처리

3.5.1. 훈증 및 보존상태 조사

훈증이 끝난 유물의 표면은 흙먼지와 각종 이물질이

많은 상태로 매우 건조하고 유물의 형태를 알 수 없을 정도로 접히고 뭉쳐진 모양이 딱딱하게 굳어 부스러지는 상태였다. 따라서 자세한 물성 및 상태조사가 불가능하다고 판단되어 분리 및 건식 클리닝 이후 관찰하였다(Table 6). 유물은 한 장으로 이루어진 경전과 여러 조각으로 분리되는 경전으로 분류되었으며, 한 겹이 아닌 2-3겹이 겹쳐져 만들어진 종이임이 확인되었다. 미색 바탕에 흑색 글씨로 적힌 몽골어 경전(CT19-21)을 제외한 티베트어 경전 4점에서는 흑색과 청색의 바탕색에 적색, 황색 선, 백색과 흑색의 글자가 확인되었고 바탕색의 변색 부분, 부분적으로 남아 있는 미세 광택이 관찰되었다. 전체적으로 가장자리 부분의 훼손과 찢어짐, 결실부가 많은 상태로 지질이 약해져 취급이 어려운 상태로, 습식 클리닝을 진행하기 전 각 대상에 대한 손상상태 지도를 작성하였다(Figure 10).

Table 5. The results of the radiocarbon dating

CT19-21				CT19-23

No.	Conventional radiocarbon age	Calibrated ages					
		95.4% probability		68.2% probability			
CT19-21	340±30 (BP)	95.4%	1470 - 1640 Cal AD (480 - 310 Cal BP)	30.7%	1557 - 1602 Cal AD (393 - 348 Cal BP)		
				23.2%	1490 - 1525 Cal AD (460 - 425 Cal BP)		
				14.3%	1610 - 1632 Cal AD (340 - 318 Cal BP)		
CT19-23	400±30 (BP)	76.3%	1436 - 1522 Cal AD (514 - 428 Cal BP)	60.8%	1444 - 1490 Cal AD (506 - 460 Cal BP)		
		19.1%	1574 - 1624 Cal AD (376 - 326 Cal BP)	7.4%	1602 - 1611 Cal AD (348 - 339 Cal BP)		

Table 6. Result of properties investigation

NO.		Size (cm)		Thickness (average/mm)	Weight (g)	Basis weight (g/m ²)	Density (g/cm ³)
		Height	Width				
CT19-19		17.50	20.50	0.68	2.73	164.31	0.02
CT19-20	①	14.50	7.20	0.33	0.60	94.13	0.02
	②	15.00	14.70	0.37	0.92	70.25	0.01
	③	14.20	7.40	0.38	0.78	128.43	0.03
CT19-21		18.70	32.30	0.34	3.93	99.53	0.02
CT19-22	①	22.50	30.00	0.45	6.93	154.72	0.03
	②	23.10	32.30	0.32	3.67	78.83	0.02
	③	10.50	17.00	0.28	0.91	108.00	0.03
CT19-23	①	22.30	70.40	0.45	15.96	130.59	0.02
	②	11.20	18.70	0.31	1.25	93.31	0.03

Figure 10. Damage map.

3.5.2. 분리 및 클리닝

3.5.2.1. 분리

출토된 유물은 급격한 변화를 피하고 충분한 시간을 주면서 온·습도에 적응시켜야 한다. 그런 뒤 분리용 도구와 최소한의 물리적인 힘을 사용하여 조심스럽게 분리한다(Lim and Park, 2003). 경전은 표면의 흙먼지와 이물질이 고착된 상태로 오랜 시간 건조한 환경에 노출되어 그 형태를 알 수 없을 정도로 부서지고 깨어지기 쉬운 상태였다. 온도 21-23℃, 습도 60-80%로 유지되는 미세 가습 챔버 안에서 2-3시간 이상 온·습도에 적응시킨 뒤, 묻혀 있는 유물 표면의 이물질질을 일차적으로 제거하는 건식 클리닝을 실시하였다(Figure 11A). 이후 미세가습 펜슬을 이용하여 분리하고자 하는 부분의 유연성을 계속 높여주며 건식 클리닝과 분리 과정을 반복하였다(Figure 11B). 분리된 유물은 순서대로 번호를 부여하여 정리하였다.

3.5.2.2. 건식 클리닝

분리되어 습기를 머금은 상태의 유물을 펴기 위해 우선 부드러운 붓을 이용하여 표면의 이물질질을 제거하는 건식 클리닝을 실시하였다. 경전의 글자 번짐 유무를 확인 후, 고습 환경에서 정제수를 면봉에 묻혀 안료가 묻어나지 않는 압력으로 펴주었다(Figure 11C). 또한, 지질이 약한 부분과 꺾임이 있는 부분의 2차 손상 예방 및 화면 보호를 위해 레이온지와 정제수를 이용하여 페이스(facing)하고 유물의 양면에 산모아지와 블로팅 페이퍼를 덧대주고 흡수지 사이에 넣어 눌러서 건조했다(Figure 11D).

3.5.2.3. 습식 클리닝

면봉으로 제거되지 않았던 이물질과 얼룩을 제거하기 위해 습식 클리닝을 실시하였다. 지질이 약해진 상태의 유물 세척은 부서질 수 있으므로 유물 아래에 흡습지를 깔아 증류수를 분무하는 방식으로 이물질질을 제거하였다(National Research Institute of Cultural Heritage Conservation Science Center, 2017). 흡습지 위에 유물을 놓고 정제수를 분무하여 흡습지를 여러 번 교체해주는 방법

으로 오염 정도에 따라 클리닝의 횟수와 시간을 조절하였다(Figure 11E). 습식 클리닝이 끝난 유물은 평판 작업을 시행하였으며 완전히 건조될 때까지 흡습지를 계속 교체해주어 형태 변형이 발생하지 않도록 하였다.

습식 클리닝 이후 전체적으로 유물의 L^* 값은 평균 50.55에서 51.39로 0.83 point 증가하였고, a^* 값은 0.97에서 -0.01로 0.98 point, b^* 값은 평균 0.45 point 감소하였다. 보존처리 전·후의 ΔE 변화(Figure 12)를 살펴보면 다른 유물의 차이보다 a , b point의 ΔE 값의 변화가 큰데, 이는 클리닝을 통한 표면의 이물질과 불순물이 제거되고 본래 유물의 표면 색상이 드러나면서 달라진 값이라 볼 수 있으며 L^* 값의 증가로 클리닝을 통해 유물이 밝아졌음을 알 수 있었다.

pH는 보존처리 전후 pH 측정결과, 클리닝 전 평균 7.20에서 클리닝 후 평균 6.84로 감소하였으나 세척 전후 모두 중성 기준인 7.0 부근을 유지하고 있었다(Table 7, Figure 13). pH의 변화 원인을 확인하기 위해 유물 표면에 있던 토양의 pH를 측정한 결과, 7.99-8.22로 나타났다. 약알칼리를 띄는 토양이 건식 및 습식 클리닝을 통해 유물 표면에서 떨어져 나오면서 pH가 감소한 것으로 판단된다.

3.5.3. 보강지 제작 및 결실부 보강

3.5.3.1. 보강지 염색

염색 안료는 봉채, 분채, 쪽 염료, 먹 그리고 오리나무 열매를 이용하여 침지법, 분무법으로 염색하였다. 침지법은 산모아지 사이에 보강지를 넣어 종이를 염색 용액에 침지시키고 정제수를 이용하여 종이 위에 점착되지 않은 여분의 안료를 세척하였다(Figure 14B). 분무법도 침지법과 동일한 상태로 판 위에서 미세분무 스프레이로 염색하고 정제수로 세척하여 자연 건조하였다(Figure 14A). 자연 건조 후 손에 묻어나는 정도와 안료 입자 묻힘 유무를 휴대용 현미경(DG-3, Scalar, JPN)을 통해 관찰한 결과, 분채와 쪽 염료는 손에 묻어남의 정도가 봉채에 비해 심해 보강지로 사용 시 유물에 영향을 끼칠 수 있다고 판단되었다. 또한, 침지법은 분무법에 비교하여 안료 입자의 묻힘

Figure 11. The process of separating and cleaning (A: Micro-humidification chamber, B: Dry cleaning, C: Spread the paper, D: Facing, E: Wet cleaning).

Table 7. PH and chromaticity value of before and after wet cleaning

Position of target		Before wet cleaning (Mean value of 5 times)				After wet cleaning (Mean value of 5 times)				ΔE
		pH	L*	a*	b*	pH	L*	a*	b*	
CT19-19	a	7.05	38.08	0.37	4.78	6.78	45.55	-1.74	5.49	7.79
	b	6.99	50.37	-0.06	8.19	7.01	50.57	-0.74	7.10	1.30
	c	7.24	60.12	1.92	10.67	7.21	61.00	1.96	10.59	0.88
CT19-20	d	7.35	29.08	-0.31	0.64	6.77	27.95	-1.40	-1.94	3.02
	e	6.82	31.32	0.16	1.94	6.64	29.31	0.13	1.36	2.09
	f	7.46	51.15	-3.00	4.02	6.88	51.28	-3.35	3.21	0.89
CT19-21	g	7.04	76.82	2.55	14.69	6.59	77.40	2.38	15.24	0.82
	h	7.46	74.20	11.54	11.19	7.27	75.17	1.62	11.21	9.97
	i	6.68	55.64	4.07	13.38	6.34	57.32	3.22	11.65	2.56
CT19-22	j	7.34	55.06	1.54	9.60	6.82	58.59	1.78	9.75	3.54
	k	6.94	28.56	-2.49	-6.41	6.57	27.54	-1.98	-6.03	1.20
	l	7.66	63.99	1.45	10.95	7.35	64.90	1.60	11.50	1.07
CT19-23	m	7.64	43.10	-2.18	-3.90	7.04	43.51	-2.87	-5.43	1.73
	n	7.05	40.66	-1.25	-1.85	6.42	40.17	-1.42	-3.04	1.30
	o	7.30	60.24	0.35	8.95	7.04	60.66	0.65	9.34	0.65

Figure 12. Color difference (ΔE) of before and after treatment.

Figure 13. Ph value of before and after treatment.

Figure 14. Reinforcement paper dyeing (A: Spray method, B: Immersion method, C: Microscope image of fiber dyed with spray method, D: Microscope image of fiber dyed with Immersion method).

이 관찰되었다(Figure 14C, 14D). 따라서 염색에는 봉채, 맥, 오리나무 열매를 사용하였으며 미세분무 스프레이를 이용한 분무법으로 염색하였다.

3.5.3.2. 보강지(Pre-coated paper) 제작

닥 섬유로 제작된 두께 2 g/m² 종이(KM-09 Tengucho 2g Haini, Hiromi, JPN)를 염색하여 Pre-coated paper를 제작하였다(Table 8).

제작된 Pre-coated paper로 결실부 보강 시 화면의 경전 글씨에 대한 가독성을 적외선반사사진장비(Infrared photography camera, 645D IR, PENTAX, JPN; IRRS-300, Hamamatsu, JPN) 촬영을 통해 경전 글씨를 읽는 데에 영향이 없음을 확인하였다(Figure 15D).

3.5.3.3. 결실부 보강

유물은 모두 크기가 다르고 손상 전의 원 유물의 크기를 정확히 알 수 없었기 때문에 펼침이 진행된 원형 형태 그대로를 살려 보강하였다. 유물의 바탕색에 맞게 제작된 Pre-coated paper를 이용하여 결실부와 찢김, 훼손이 심한 가장자리 부분에 보강하였다. 먼저 결손 부분에 맞추어 보강지를 대고 결손 부분을 그린다. 결손 부분을 그려줄 때는 손상 안 된 부분 쪽으로 약간 겹칠 수 있게(0.2-0.3 cm) 그려주었으며 유물의 손상을 방지하기 위해 투명 필

름을 깔고 그 위에 보강지를 올려주었다. 결손 부분을 그린 선을 따라 모양대로 자르고 핀셋을 사용하여 Mylar 필름에서 접착제가 코팅된 보강지를 떼어내어 소량의 에탄올 또는 2% Klucel-G (in ethanol)로 활성화해 보강하고자 하는 부분 위에 두고 붓을 이용하여 접착하였다. 부드러운 붓으로 보강지가 찢어지지 않게 주의하며 두드려 고착시키고, 여분의 접착제는 레이온지를 이용하여 닦아내는 방식으로 양면 모두 같은 방법으로 보강 처리하였다. 보강 시 경전의 글씨가 있는 부분은 최대한 피하고, 손상이 되지 않은 부분에 최소한으로 겹치도록 하였다(Figure 16A).

3.5.4. 재단 및 보관 상자 제작

보강처리가 끝난 경전은 지질이 약한 가장자리 부분에 보강된 여분의 보강지를 재단하였다. 유물을 필름과 필름 사이에 넣어 문진을 이용하여 고정된 뒤 0.5 cm 이내로 여유를 두고 보강 처리된 부분의 잔여 보강지를 재단해주어 완료하였다(Figure 16B). 보강처리가 완료된 유물은 안정적인 상태로 보관될 수 있도록 마운팅(mounting) 처리 후 중성 종이를 이용하여 상자를 제작하였다(Figure 16C, 16D).

Table 8. Pre-coated paper production process

Adhesives	Preparation guidelines	Reactivation method
Hydroxypropyl cellulose (Klucel-G), 1.5-2% in ethanol (100%) 1.5 g of Klucel-G powder + 100 ml of ethanol (% w/v)	<ol style="list-style-type: none"> ① Stirring until Klucel G is completely decomposed on ethanol. ② Placing an iron-free net on top of Mylar film. ③ Coating hydroxypropyl cellulose (Klucel®G) in 1.5 to 2% ethanol evenly on the net with a soft flat brush (Figure 15A). ④ Spraying ethanol (100%) to remove surface tension after removing the net. ⑤ Putting 2 g/m² thick Tengucho paper (Japan) made of dyed paper on the adhesive surface and drying it on a flat surface completely (Figure 15B). ⑥ Labeling manufacturing information on completely dried pre-coated paper (Figure 15C). 	Reactivating it with alcohol, or 2% Klucel-G in alcohol for very thin tissues to prevent the coating from being rinsed out.

Figure 15. Pre-coated paper production process (A: Evenly coated Klucel®G, B: Put down the paper on the adhesive surface, C: Labeling on pre-coated paper, D: Readability check).

Figure 16. (A) Reinforcement using pre-coated paper. (B) Cutting the reinforcement paper. (C) Fix and mounting. (D) Packing.

4. 결론 및 고찰

보존처리를 진행한 지류 경전은 5점으로 표면에 흠먼지와 이물질이 고착되고, 형태를 알 수 없을 정도로 망쳐있는 상태였다. 몽골 ‘솜 톨고이(Sum tolgoi)’ 건축 유적지에서 출토된 지류 유물의 분석과 보존처리에 관한 결과는 다음과 같다.

첫째, 3차원 현미경을 이용한 단면 관찰과 휴대용 현미경으로 조사한 표면과 교차 비교를 통해 몽골 경전(CT 19-21)의 경우 종이 위에 흑색의 필사 재료로 글자를 쓴 것을 확인하였으며, 티베트 경전(CT 19-22, CT 19-23)은 청색 바탕 위에 흑색을 칠한 후 적색으로 외곽선을 그리고 글씨는 은니(銀泥)로 쓴 것이 확인되었다.

둘째, SEM-EDS와 ED-XRF를 이용한 화학성분 분석을 통해 경전의 적색에는 진사(HgS)와 연단(Pb₃O₄)을 혼합하여 채색한 것으로 추정하였다. 은니 추정 부위는 칼슘과 함께 염화은(AgCl)이 확인되어, 염료를 칼슘 계통 안료와 함께 채색한 후에 은니를 형성한 것으로 판단되었다. X선 형광분석 결과 탄소성분이 주 구성 성분인 먹을 사용하여 채색된 것으로 추정되며 더불어 황색 부위는 칼슘(Ca)과 석황(As₂S₃)이 확인되어 바탕칠 위 석황을 이용한 황색 선을 더한 것으로 추정되었다.

셋째, UV-VIS 측정결과 흑색 바탕은 먹을 사용한 것으로 보이며, 청색 바탕은 쪽과 같은 반사 스펙트럼을 나타내어 쪽으로 추정되었다. 이와 함께 연대측정 결과 유물은 15-17세기에 제작된 경전으로 분석되어 출토지와 연관성을 확인할 수 있었다.

넷째, 섬유유의 형태 분석 결과, 티베트어 경전(CT19-19)은 마디(cross-marking)와 왜곡(dislocation)이 관찰되었으며 Graff-C 염색법과 Herzberg 염색법에 따른 정색반응에서 적갈색을 나타냈다. 몽골어 경전(CT19-21)은 원료 섬유유의 형태에서 섬유 측면의 마디가 확인되는 섬유유 표면이 매끄럽고 폭이 넓은 섬유유가 혼재되어 있었다. Graff-C 염색법에 따른 반응에서 청색 및 어두운 보라색의 염색반응이, Herzberg 염색법에 따른 정색반응에서는 보라색

이 확인되었다. 위의 결과를 종합했을 때, 티베트어 경전은 인피섬유의 단일 섬유를, 몽골어 경전은 인피섬유와 초본류를 혼합하여 초지한 종이임을 확인할 수 있었다.

다섯째, 보존처리 과정에서 전·습식 클리닝을 통해 pH는 감소하였으나 중성 기준인 7.0을 크게 벗어나지 않으며, 색차 값의 경우 L*값의 증가로 클리닝을 통해 유물이 밝아졌음을 알 수 있었다. 또한, ΔE값의 변화가 큰 부분은 출토 유물의 특성상 표면의 색상이 일정하지 않고 흠과 이물질로 인해 클리닝 후, 본 유물의 바탕 색상이 드러난 것을 고려한 색의 차이라고 판단되었다.

여섯째, 유물의 보존처리는 미세가습 챔버를 통해 유물을 분리하고 오랜 시간 구겨진 표면을 펼치는 작업과 결실부 보강 작업을 중점으로 진행하였다. 유물의 상태를 고려하여 보강지를 염색 후 pre-coated paper로 제작된 보강지를 이용하여 경전의 양면을 보강 처리하였다. 본래 유물의 크기를 정확히 알 수 없었기 때문에 펼침 원형 그대로 보존처리를 실시하였다. 보강 작업은 결실되거나 지질이 약해진 부분을 구조적으로 강화시키기 위한 목적으로 보강지가 유물과 직접 맞닿기 때문에 안정된 성분의 것을 사용하였다.

경전은 불교의 신앙과 교리를 전파하는 데 중요한 기록 유산으로 역사적, 문화적 맥락에서 매우 중요한 유물이다. 본 연구에서는 몽골 출토 지류 유물에 대한 분석결과를 바탕으로 유물에 대한 최소한의 개입과 가역적 보존처리를 위한 방법을 고안하기 위해 집중하였다. 이는 향후 출토 지류 유물의 보존 및 복원을 위한 기초 자료로 활용될 수 있을 것으로 생각된다.

사 사

이 연구는 2021년 국립문화재연구소 문화재보존과학센터의 「유기물 보존처리 및 조사」 연구과제 성과물의 일부이다.

Table 9. After conservation treatment

NO.	Front side	Back side
CT19-19
CT19-20
CT19-21
CT19-22
CT19-23

REFERENCES

- Ahn, J.Y., Shin, H.Y., Son, M.K. and Song, J.W., 2015, Scientific Investigation and Conservation of Jocheonillgi (The Dairy of Jocheon) (Treasure No.1007), Journal of Conservation Science, 31(3), 215-225.
- Browning, B.L., 1977, Analysis of Paper. Marcel Dekker, New York, 51-53. (in English)
- Cheon, J.H. and Kim, S.H., 2001, Conservation of paper cultural assets, Conservation Science in Museum, 3, 21-27.
- Cheon, J.H., 2014, The paper properties of documentation issued by king in the latter period of Joseon dynasty, Ph.D. thesis, Chungbuk National University, Cheongju, 56. (in Korean with English abstract)
- Kwon, Y.M. and Lee, E.W., 2019, Spectrum characteristics of Indigo used in large buddhist paintings using UV - VIS spectrometry. Conservation Science Studies, 41(7), 83-91. (in Korean with English abstract)
- Lim, J.H. and Park, J.S., 2003, Analysis and the conservation treatment of the paper relics of the Seonwon temple area. Journal of Conservation Science, 12(1), 71-82. (in Korean with English abstract)
- Lee, E.W., Gyeong, Y.J., Yoon, J.H., Kwon, Y.M., Song, J.W., Seo, M.S. and Lee, J.J., 2019, Scientific study of characteristics and material properties of hanging painting of Eunhaesa temple. Journal of Conservation Science, 33(6), 431-442. (in Korean with English abstract)
- Lee, J.J., Ahn, J.Y., Yoo, Y.M., Lee, K.M. and Han, M.S., 2017, Diagnosis of coloration status and scientific analysis for pigments to used large buddhist painting (Gwaebultaeng) in Tongdosa temple. Journal of Conservation Science, 33(6), 431-442. (in Korean with English abstract)
- Lee, S.H., 2006, Identification of plant fibers designated on archives as the materials of Korean traditional paper (Hanji). Master's thesis, Chungbuk National University, Cheongju, 12. (in Korean with English abstract)
- National Research Institute of Cultural Heritage Conservation Science Center, 2017, Cultural heritage handing manual, 36.
- National Research Institute of Cultural Heritage Conservation Science Center, 2018, Cultural heritage handing manual, 97.
- National Research Institute of Cultural Heritage, 2021, The completion of conservation treatment in national research institute of cultural heritage, Korea for buddhist scriptures made of bark around the 17th century by request of Mongolia. https://www.nrich.go.kr/kor/boardView.do?menuIdx=283&bbscd=33&bbs_idx=42424 (September 9, 2021)
- Park, Y.S., 2007, A dictionary of color, Yelimbook, Seoul, 138. (in Korean)
- Sokolowski, C., 2018, Mending paper with the lightest available Japanese tissue. Book & Paper Group Annual, 37, 165-167.
- The Korea Institute of Science and Technology Accelerator (KIST), 2018, Measurement of radioactive carbon content using an acceleration mass spectrometer (AMS). <https://blog.naver.com/PostList.naver?blogId=wclim1> (September 5, 2021)