보존처리 기술 방법론 제언을 위한 재현 실험 연구 - 미얀마 미야제디 석주 중심으로 -

김진형¹ | 이명성
국립문화재연구소 보존과학연구실

A Study on the Representation Experiment for a Proposed Conservation Technique - Focused on Removing Surface Stains of Myazedi Quadrilingual Stone of Myanmar -

Jin Hyoung Kim¹ | Myeung Seung Lee
Conservation Science Division, National Research Institute of Cultural Heritage, Daejeon, 34122, Korea

¹Corresponding Author: jhkim7374@korea.kr, +82-42-860-9428

초 록 2015년 유네스코 세계기록유산으로 등재된 미얀마 미야제디 석주는 미얀마의 역사, 종교, 문화에 관한 중요한 문자 기록물이며, 연대가 명확하게 표기된 오래된 유물 중에 하나이다. 미야제디 석주는 역사적으로도 중요한 만큼 명문의 해석이나 연구 행위를 하기 위해 수많은 탁본 제작을 하였고, 이로 인해 표면에 흑색오염물의 침착이 심각한 상태이다. 그래서 흑색오염물에 대한 분석학적 연구와 문제된 오염물의 제거 방법에 대한 보존처리 연구를 진행하였다. 특히 보존처리의 접근방식은 레이저 클리닝 기법과 화학적인 약품을 이용하였다. 대부분의 오염물은 탁본과정 중에서 표면에 잔류한 잉크가 원인이었다. 실험의 유사 환경 조건을 위해 가오염물을 도포한 의사시료를 제작하여 보존처리 조건별로 결과를 도출하였다. 의사시료들은 레이저 클리닝에 대해서는 대부분 조건에서 효율적인 결과를 보였으나, 화학약품적용 방법에서는 선택적 양상을 나타냈고, 그중 에탄올을 활용한 물리적 마찰법에 대한 결과는 약품 활용기법 중 가장 효율적이었다. 결과적으로 효율적인 방법론을 제시한다면 레이저 클리닝 세정법이 보편타당하지만 현재의 상황 조건을 고려한다면 차선택인 화학약품을 병행한 물리적인 적용방법이 합리적이라고 판단되었다.

중심어: 미야제디 석주, 흑색오염물, 탁본, 세정방법

ABSTRACT Myazedi Quadrilingual Stone Inscription of Myanmar, inscribed to the World Heritage List in 2015, is a rare historical artifact which has an exact date of inscription. It is a written record that displays the history, religion, and culture of Myanmar. Since the surface of the Stone Inscription has been rubbed with ink many times during the process of making printed copies for interpretation and academic research, it has developed a serious stain problem. Therefore, scientific analysis of the stain and research on the treatment for its removal have been conducted. In particular, an experiment was conducted on stain removal using laser cleaning and chemical treatment. The stains are mostly ink dirt, which accumulated from previous ink-rubbing processes. In order to conduct the experiment under similar conditions, a sample with similar

stain has been reproduced, and a set of different conditions for treatment was applied to the sample to determine an effective solution. Laser cleaning was found to be effective in removing stains from most samples. However, chemical treatment showed different results. The physical friction method using ethanol provided the best result. In conclusion, laser cleaning is an effective universally-applicable technique but chemical treatment with laser cleaning can be considered an alternative method in certain situations.

Key Words: Myazedi Quadrilingual Stone Inscription, Ink stain, Ink-rubbing, Cleaning

1. 서 론

미얀마 미야제디 석주(Myazedi Quadrilingual Stone Inscription)는 2015년 유네스코 세계기록유산으로 등재된 중요 유물이다. 과거 미얀마 국립박물관과 국립문화재연구소가 공동 진행한 ‘훼손도 진단과 보존 방법’ 연구 사업의 조사 결과를 바탕으로 후속연구로 진행되고 있는 석주 표면에 발생된 물질에 대한 해결 방안을 위해 모의실험을 주제로 하였다(Cultural Heritage Administration, 2017). 국내에서 운용 중인 다양한 보존처리 행위에 관한 기술은 이미 이론을 넘어서 실제 현장에서 운용되고 있다. 특히 레이저 클리닝 기법의 경우 국내 적용사례가 국보급 문화재는 물론 흑색오염물이 발생된 석조문화재에 대한 적용 결과가 긍정적인 사례도 확인하였다(Kim, 2006). 본 연구를 통해 해외의 문화재에 대한 기술적인 접근과 국내 연구진의 경험 축적과 동시에 국내 기술의 보급·전파하고 다양한 보존 기술에 대한 제언에 목적을 둔다.

Figure 1. P-XRF data from Myazedi pagoda and Bagan museum in 2015.

2. 연구 방법

2.1. 선행 연구 조사

2015년 조사 결과, 미얀마 미야제디 석주는 관련 기록 자료와 훼손상태를 볼 때, 과거 수차례 걸쳐 탁본 등으로 흑색오염물이 침착된 상태였으며, 휴대용 X-선 형광분석기(Delta Professional, Olympus, USA) 측정 결과 Ca, Ti, Pb가 검출됨에 따라서 일반적으로 탁본 피해로 나타나는 양

Before

After

Figure 2. Two types of imitation contaminants are applied, separated by type of sample stone.

상을 보이고 있어 탁본에 의한 훼손이라 판단한 것으로 추정된다(Figure 1). 석주는 보호시설 내에 있기 때문에 급격한 훼손 진행에 대한 우려가 적은 편이었다. 그래서 장기적이고 안정적인 보존관리를 위한 최소한의 보존처리와 표면 상태변화에 대한 주기적인 모니터링이 필요할 것으로 진단하였다(Lee *et al.*, 2015). 2015년 현장 테스트에서는 화학적인 세척방법과 물리적인 세척방법에 대한 가능성만 확인하였다. 이를 기반으로 후속연구의 필요한 화학적, 물리적 세척방법에 대한 구체적인 계획과 가오염물 선정, 그리고 의사시편 선별을 하였다.

2.2. 석재 시편 제작

선행 연구결과에 의하면 바간(BAGAN)박물관 소재의 석주는 연녹색의 사암으로 구성되어 있고, 미야제디 소재의 석재는 황갈색 사암으로 구성된 것으로 조사되었다(Lee *et al.*, 2015). 의사 시편 제작은 국내 사암으로 선정하였다. 본 실험의 주안점을 둔 부분은 암석 재질의 특성과의 상관관계 보다는 오염물에 중점을 두었다. 이는 다양한 암종을

선정하여 각기 다르게 나타날 수 있는 반응이나 현상을 관찰하기 위함이다. 시편제작은 30 × 30 mm의 시편으로 대표성을 띠는 문화재 구성 암석 5종인 화강암, 석회암 그리고 사암 등으로 각각 다른 표면 상태의 암석 시료를 제작하였다(Figure 2).

2.3. 유사 오염물 선정 및 도포

석주의 표면 흑색오염물 분석결과 검출된 Ca, Ti, Pb, S, Ca 등은 과거 탁본에 의한 인위적인 훼손 결과로 추정되었다. 미얀마에서 탁본 작업을 할 때 사용되는 튜브 형태의 잉크(Figure 3)는 복사용 잉크로써 과거 국내 인쇄소에서도 상업용으로 많이 사용되었던 잉크(duplicating ink)였다. Figure 3의 FT-IR의 분석 결과를 보면 전형적인 잉크에서 나타나는 피크를 확인 할 수 있었고, 탁본에 사용된 잉크라고 검증할 수 있었다. 준비된 시편에 석주에 사용된 잉크를 시편 표면에 SGd와 같이 각각 도포하였다. 그리고 세척 방법별로 반응양상을 비교하기 위해서 국내 탁본에 흔히 사용되고 있는 일반 먹물(ink stick)을 SGs에 각각 도포하였다(Figure 4).

Figure 3. Analyze and sample the duplicating ink used in the Myazedi Quadrilingual Stone Inscription.

Figure 4. PT coating on sample for surface observation and analysis, then duplicating ink and stick ink are applied.

2.4. 의사 시료에 대한 세척적용 실험

먼저 물리적인 세척방법은 Nd-YAG(neodymium-yttrium aluminum garnet) laser를 소스로 하는 레이저클리닝 장비인 Dual wavelength laser cleaning system(LPCL Series, Laser & Physics co., Ltd., Korea)를 적용하였다. 출력파장(output wavelength) 1064 nm을 사용하였으며, 출력에너지(energy per pulse)는 900 mj @ 1064 nm출력으로 적용점(spot)에 회수별로 각각 1회, 2회, 10회, 20회로 4곳에 방사시켰다. 그리고 적용 이후 관찰은 주사전자현미경(JSM-5910L, Jeol, Japan)과 실체 현미경(Axiotach, Stemi 2000-C, Carl Zeiss, Germany)을 이용하여 표면양상을 관찰하였다(Kim, 2003). 그리고 화학적인 세척 실험은 보편적으로 도색 안료 제품

의 제거 용도로 사용되어 지고 있는 약품 위주로 선별하였다 (Table 1). 디클로로메탄[Dichloronethane; 메틸렌클로라이드 (Methylene chloride, CH₂Cl₂)], 톨루엔[Toluene; 메틸벤젠 (Methyl Benzene, C₇H₈)], 부탄온[Butanone; 메틸 에틸 케톤 (Methyl ethyl ketone, C₄H₈O)], 에탄올[Ethanol; 에틸알코올 (Ethylalcohol, C₂H₆O)] 총 4종의 약품들은 문화재현장에서 이물질제거나 그와 관련된 용도로 적용 이력이 있는 약품들이다. 이 성분들을 각각 기본으로 약품을 잔류성과 흡착도를 높이기 위해 메틸셀룰로오즈(Methyl cellulose)와 혼합하는 형태인 습포법으로 적용해서 가오염물 표면에 흡착하여 반응 유도를 24시간 동안 유지하였다(Lee *et al.*, 2009; Kim *et al.*, 2010).

Table 1. List of selected treatment agents for testing reactions with imitation contaminants

Chemical name	Dichloronethane	Toluene	Butanone	Ethanol
Synonyms	Methylene chloride	Methyl benzene	Methyl ethyl ketone/MEK	Ethylalcohol
Chemical formula	CH ₂ Cl ₂	C ₇ H ₈	C ₄ H ₈ O	C ₂ H ₆ O

Number of times

Shot point

10

2

1

10

2

1

K-1

K-2

K-3

K-4

K-5

Figure 5. Reaction rate by number of laser cleaning after duplicating ink and stick ink application.

Figure 6. SEM-EDS analysis of carbon distribution after removal of imitation contaminants from K-1 sample.

3. 연구 결과

3.1. 물리적인 세척결과(Laser cleaning system)

3.1.1. SEM-EDS 분석 결과

Figure 5는 대상시료 5종에 각각 3등분하여 좌측과 우측으로 구분하여 좌측부분은 복사잉크(duplicating ink)와 우측부분은 먹물(stick ink)를 도포하였다. 그리고 도포된 K-1부터 K-5 까지 각각의 부분에 1064 nm/900 mj의 레이저 광을 이용하여 1회 방사, 2회 방사, 그리고 10회 방사까지 실시하였다.

Figure 6의 K-1 시편의 레이저 광 적용 후 SEM-EDS 결

과를 보면, 10회 방사된 부분은 복사잉크와 먹물 모두 반응 부분에 'C'값이 없는 것으로 보아 탄소가 주성분인 잉크와 먹물이 완전 제거가 된 것으로 관찰되었다. 그러나 유백색의 K-1 시편의 경우, 레이저 광이 도포물질과 반응 이후 시편 표면에 에너지가 흡수되는 과정에서 물리적인 손상이 된 이미지가 관찰되며, 먹물을 도포 부분은 파열된 형상을 나타내고 있어서 레이저 광에 대한 반응과정이 상당히 높았음을 관찰할 수 있었다. 1회 방사된 잉크 도포 부분은 일부만 남긴 상태로 제거되었고, 먹물에 1회 방사된 부분은 EDS 이미지 상에는 일부 잔류된 형태를 나타내지만, 탄소 값이 관찰되지 않아서 레이저광 반응 이후의 잔존물로 예상되었다.

Figure 7. SEM-EDS analysis of carbon distribution after removal of imitation contaminants from K-2 sample.

Figure 8. SEM-EDS analysis of carbon distribution after removal of imitation contaminants from K-3 sample.

Figure 7에서는 탄소 값이 거의 나타나지 않아 반응도가 높은 것으로 확인된다. 그리고 먹물 시편의 1회 방사 부분은 이미지 상으로는 광반응을 확인 할 수 있지만, 탄소 값은 그대로 인 것을 확인 할 수 있다. 이런 현상은 레이저 광에 대한 횡수별 순차적 반응도를 보여주는 것이다.

K-3, K-4, 그리고 K-5 시편은 유사한 반응 양상을 나타내는데, 레이저 광의 횡수가 누적될수록 순차적이고 단계적으로 가오염물의 제거가 진행되는 것을 확인할 수 있었다 (Figure 8~10).

3.1.2. 실체현미경 관찰 결과

반응 대상물인 도포물질과 레이저 광과의 순수한 일대

일 반응도를 관찰하기 위해 레이저광의 투과 특성을 활용해서 투명 슬라이드 글라스에 잉크와 먹물을 도포하였다. 도포 과정에서 흡착이 잘 되도록 슬라이드 글라스에 표면에 요철을 만들어서 마치 암석 시편에 도포된 것과 같은 유사한 환경을 조성하기 위함이다. Figure 11의 슬라이드 글라스 모식도에 각각 레이저 광의 적용위치와 횡수를 기록하였다. *SGd* 시편군은 오일 성분의 점성 때문에 흡착과 건조가 용이하지 않아서 임의적으로 200℃에서 4시간 동안 건조하여 도포된 오염물 형태로 만들었다. 그리고 *SGs* 시편군은 먹물이 실온건조가 가능하여 실온에서 완전 건조하여 오염물과 유사한 형태로 제작하였다.

Figure 12에서는 잉크 시편군에서 *SGd-1* 과 *SGd-2* 시편

Figure 9. SEM-EDS analysis of carbon distribution after removal of imitation contaminants from K-4 sample.

Figure 10. SEM-EDS analysis of carbon distribution after removal of imitation contaminants from K-5 sample.

Figure 11. Response of laser cleaning to duplicating ink and stick ink applied to slide glass.

Figure 12. Magnification optical microscope image of the reaction part for the duplicating ink sample($\times 25$).

Figure 13. Magnification optical microscope image of the reaction part for the stick ink sample(×25).

CCs-1,CCs-2,CCs-3(duplicating ink), CCs-4(stick ink)

Group A: Dichloronethane, Group B: Toluene, Group C: Butanone, Group D: Ethanol

Figure 14. Location and layout of the self-made reaction tool applied with the treatment agent.

의 1회 방사와 2회 방사에서만 산발적인 다른 양상을 나타내는데, 이는 시편의 미미한 도포 두께의 차이로 인해 나타나는 현상이라고 판단된다. 대체적으로 3회 방사 이후에는 쉽게 반응, 제거되는 것을 관찰할 수 있었다. 그리고 Figure 13의 먹물 시편군은 SGs-2의 1회 방사에서는 미묘한 차이를 보이고 있는데 이는 잉크 시편의 SGd-2와 유사하게 먹물의 도포된 두께 차이에 의해서 발생된 편차라고 판단되며 그 외의 다른 시편에서는 잉크 시편들과 유사한 양상의 반응을 나타냈다.

3.2. 화학적인 세척결과

3.2.1. 습포법을 이용한 반응 실험

준비된 약품 4종을 도포된 잉크와 먹물에 안정적 반응 조건을 조성하기 위해서 키트를 자체 제작하였다. 이 장치

는 약품과 반응대상 물질과의 반응을 최대화하기 위해 덮개 형태의 PVC 캡을 제작하였다. 증발 약품을 최소화하고 반응시간을 연장시킴으로써 효율적인 결과를 도출하기 위함이다. 약품 용적은 제작된 시편의 크기에 따라서 0.5 ml과 1 ml 두 종류로 제작하였다.

CCs-1, CCs-2, CCs-3, 3종의 잉크 도포 후 고온에 건조한 시편군과 CCs-4의 먹물을 도포한 시편을 비교군으로 준비하였다(Figure 14). 비교 관찰의 용이성을 위해 준비된 키트 4곳의 주머니에 각기 다른 약품을 주입하여 잉크와 먹물이 도포된 시편에 접합시켜 반응을 유도하였다. 그 결과 Figure 15은 4종의 유기용제에 대한 반응도이다. 디클로로메탄과 톨루엔, 부탄온이 흡착된 면의 반응도는 그림과 같이 큰 변화가 관찰되지 않았고, 흡착 재료로 사용된 재료의 접촉 흔적만 남은 정도이다. 이러한 현상은 용제들의 특성상 유기용제가 잉크와 반응하기 이전에 약품들의 기화가

Figure 15. Results of observation of reactivity after application of reaction tools to duplicating ink and stick ink.

이루어져 나타나는 현상으로 판단된다. 그러나 에탄올 적용 시편 중 특히 CCs-2 키트 쪽의 흡착 표면에 잉크 잔류물이 관찰됨에 따라 잉크가 에탄올에 높은 반응도를 나타냄을 확인할 수 있었다. 마지막으로 CCs-4 먹물 시편의 경우에는 적용된 4종의 용제에 대한 그 어떤 변화도 없었음을 확인할 수 있었다.

Figure 16은 실제 암석표면에 적용한 결과이다. 잉크와 먹물의 암석표면에 대한 흡착력을 높이기 위해 잉크 시편은 발화되지 않을 적정 온도선에서 2시간 동안 건조를 하였고, 먹물은 자연 건조가 가능해 실온 건조하였다. 건조 이후 가벼운 접촉에는 묻어나지 않는 정도의 잉크와 먹물의 흡착도를 높였다. 시편 CC-1, CC-2, CC-3에 시편의 중앙을 기준으로 좌측에는 먹물을 도포, 우측은 잉크를 도포하였다. 자체 제작된 키트에 4종의 약품을 흡착 주머니에 각각 주입하였고, 적용된 유기용제들은 디클로로메탄, 톨루엔, 부탄온, 에탄올을 사용하였다. 이때 약품들의 높은 흡착성이나 최소의 기화를 유도하기 위해서 메틸셀룰로오스 파우더와 벤토나이트를 혼합하여 겔(gel) 형태의 반죽을 각각의 주머니에 주입해서 잉크와 먹물이 도포된 시편에 부

착하였다.

Figure 17에서는 슬라이드글라스 시편 Figure 15에서 관찰되었던 에탄올과의 반응과 같은 유사현상을 관찰하였다. 에탄올 반응 확인 시편인 CC-2의 'D'에서 키트쪽 흡착면, CC-1의 'D' 키트쪽 흡착면에서 잉크가 묻어 나온 것을 확인하였고, 부탄온 반응시편 CC-1에서의 'C' 키트쪽 흡착면에서 반응을 확인하였다. CC-2에서는 'B' 키트쪽 흡착면에서 미약한 반응 확인, 그리고 마지막으로 CC-3에서는 'B' 키트쪽 흡착면과 'D' 키트쪽 흡착면에서 반응을 확인할 수 있었다. 앞의 반응의 공통점은 잉크 도포 시편군(右)에서 약품들의 반응이 유사하게 나타난 것을 확인했다. 하지만 먹물 도포 시편군(左)의 경우에는 먹물 도포면이나 키트쪽 흡착 면에서도 반응을 전혀 관찰 할 수 없었다. 단지 약제들의 잔류물들만 확인 할 수 있었다.

3.2.2. 습포법과 병행한 마찰 제거 실험

앞의 실험은 습포법을 활용한 단편적인 반응도에 초점을 맞춰서 결과를 확인하였다면, 본 실험에서는 습포법과 함께 일정한 물리적인 마찰을 가해 일반적인 보존처리 현

CC-1, CC-2, CC-3 (Left: duplicating ink, Right: stick ink)

Figure 16. Methods and location of treatment agent for stone samples of self-manufactured response tools.

Figure 17. Results of observing the treatment agent position and reactivity of the response tool for stone samples.

CCs-1, CCs-2, CCs-3(duplicating ink), CCs-4(stick ink)
Zone A: Dichloronethane, Zone B: Toluene, Zone C: Butanone, Zone D: Ethanol, Zone E: Physical friction

Figure 18. Results of physical friction and reactivity used in combination with selected treatment.

장에서 오염물제거를 유도할 때 실시하는 조건과 유사하게 하였다. Figure 18은 습포법에서 적용한 같은 약품을 사용하였으며, Figure 16의 조건과 같은 슬라이드글라스 시편을 사용하여 점도가 있는 겔(gel) 형태의 약품을 각각 면봉을 이용하여 잉크가 도포된 표면에 원형의 회전 마찰을 실시하였다. 그 결과 Figure 19와 같이 잉크시편인 CCs-1, CCs-2, CCs-3에서 전체적으로 잉크층이 제거가 되는 것을 확인할 수 있었다. 약품 없이 물리적으로만 문질러 닦아낸 시편중앙 부분의 'E' 구역은 육안으로 보다시피 일정부분

닦여져 나왔다. 그러나 3종의 잉크시편 모두에서 나타난 'A', 'B', 'C', 'D' 구역과 같은 반응과는 확연한 차이를 확인할 수 있을 정도로 완전한 제거가 이루어졌다. 그리고 CCs-4의 먹물시편의 경우는 미세하게 닦여져 나오긴 하지만, 단순히 물리적으로 닦아낸 것과 차이가 없어서 약품 반응과는 관계가 없었다고 할 수 있다.

마지막으로 Figure 20의 석재표면에 도포된 잉크와 먹물에 대한 적용실험이다. 도포된 가오염물에 용제와 함께 면봉 이용하여 문질러 내는 방법으로 병행하면서 관찰하였

Figure 19. Detailed picture of the elimination response of imitation contaminants and detailed treatment location.

CC-1, CC-2, CC-3 (Left side: duplicating ink, Right side: stick ink)

Zone A: Dichloronethane, Zone B: Toluene, Zone C: Butanone, Zone D: Ethanol

Figure 20. The result of the reaction in parallel with the physical method and the treatment agent.

다. 그 결과 Figure 21과 같이 먹물이 도포된 각각의 시편 좌측면은 거의 변화가 없어서 약품에 대한 반응이 없음을 확인하였다. 그러나 시편 CC-1의 'D' 구역의 경우 컨트를 면과 거의 차이가 없을 정도 완전한 제거가 이루어진 것을 관찰 할 수 있었다. 그리고 시편들의 표면 거친 상태나 침투 정도에 따른 미미한 차이는 있으나 대체적으로 약품들에 대한 반응도가 높음을 확인하였다.

4. 결론 및 제언

석재표면에 도포된 먹물과 잉크를 제거하기 위하여 물리적 방법과 화학적 방법을 비교시험한 결과는 다음과 같이 정리할 수 있다. 먹과 잉크오염물 제거에서 레이저 광접촉 방식의 기법은 1, 2회만으로도 효과적으로 제거가 이루어지며, 10회 이상의 광접촉은 표면에 손상이 나타날 수 있

Figure 21. Location details of imitation contaminant removal and disposal agents.

다. 레이저 클리닝 방법에 대한 제거의 효율성과 안정성에 대하여 SEM-EDS와 실체현미경으로 관찰한 결과 표면 잔류한 먹물과 잉크 성분을 확인할 수 없었으며, 표면에 손상이 거의 없다. 레이저 클리닝기법으로 먹과 잉크오염물은 제거가 용이하고 석재표면의 안정성이 높다고 판단된다.

4종의 유기용제를 습포법으로 화학적 세척을 실험한 결과, 먹물과 잉크의 제거는 화학적 세척 효과가 미약하였다. 화학적 세척의 효과를 높이기 위해서는 습포법과 물리적 제거 방법을 혼용해야 효율성을 높일 수 있다. 화학적 방법의 제거는 석재의 풍화와 관련하여 킬레이팅 현상이 나타날 수 있으므로 주의가 필요하며, 중화처리가 반드시 수반되어야 한다.

미얀마 현지에서 이용되는 탁본법은 상업용 등사잉크(duplicating ink)를 사용하는 것으로 알려져 있다. 석유계 용제를 사용하는 잉크로 탁본을 할 경우 용제와 용매는 종이를 투과하여 석재 표면에 흡착하고 기화되기 이전까지 석재에 침투하는 결과를 초래한다. 이는 석재표면에 발수 효과를 나타내기도 하지만 탄화수소계 용제는 킬레이팅 현상을 수반하며, 미관을 저해하여 제거가 필요하다.

이 실험의 결과에 근거하여 미야제디 석주 표면오염물인 등사 잉크의 제거 방식은 레이저 클리닝방법이 적합하고 효율성이 높다고 판단되며, 현지 상황에 따라서 만약 화학적 제거 방식을 적용할 경우 유기용제를 사용한 물리적 방식이 제거효과가 나타나고 중화처리를 통해 석재의 안정성을 확보해야 한다.

사 사

이 연구는 문화재청 국립문화재연구소 문화유산조사연구(R&D) 사업의 지원을 받아 수행되었으며, 연구가 원활

히 이루어질 수 있도록 도와주신 아시아권 문화재 보존과학 국제연수(ACPCS) 사업의 담당자와 미얀마 바간 국립고고학박물관 관계자분들께 감사드립니다.

REFERENCES

- Cultural Heritage Administration, 2017, Cultural heritages in statistics 2017. 57-58. (in Korean)
- Kim, J.H., 2006, Report of conservation treatment for ten Storied Pagoda of Geyongcheonsa II. National Research Institute of Cultural Heritage, 217-242. (in Korean)
- Kim, J.H., 2003, A study on elimination of contaminants used by the laser for the 10 storied-pagoda in the temple of Kyoungchunsa. Master's thesis, Gyeongju University, Gyeongju. (in Korean with English abstract)
- Kim, S.D., Lee, T.J., Kim, D.R. and Han, M.S., 2010, Analysis of surface contaminants and removal techniques on Three-story Stone Pagoda at the West of Gameunsaji site. Journal of Conservation Science, 26(2), 203-211.
- Lee, J.W., Ham, C.H., Kim, S.D. and Lee, C.H., 2009, Removal methods of paint pollutants on the stone cultural heritage using poultices. Journal of Conservation Science, 25(4), 421-430.
- Lee, M.S., Choie, M.J., Lee, T.J., Lee, J.S., Lee, B., Khin, S.W. and Baby, 2017, A Study on the deterioration diagnosis and conservation methods of Myazedi Quadrilingual Stone Inscription(UNESCO Memory of the World) in Myanmar. The Fifth Symposium of the Society for Conservation of Cultural Heritage in East Asia, Shanghai, August 24-26.