알칼리 수용액을 이용한 출토 철지금은장관정의 탈염처리 적용성 평가

A Study on the Stability of Using Alkali Solution Desalination on Gilt Plated Silver-Iron Artifacts

박준현¹, 배고운², 정광웅^{2,*}

¹한국전통문화대학교 문화유산전문대학원 문화재수리기술학과, ²한국전통문화대학교 보존과학연구소

Jun Hyeon Park¹, Go Woon Bae², Kwang Yong Chung^{2,*}

¹Department of Heritage Conservation and Restoration, Graduate School of Cultural Heritage, Korea National University of Cultural Heritage, Buyeo 33115, Korea

²Institute of Conservation Science, Korea National University of Cultural Heritage, Buyeo 33115, Korea

Received March 22, 2021

Revised April 7, 2021

Accepted April 13, 2021

*Corresponding author

E-mail: kychung@nuch.ac.kr

Phone: +82-41-830-7362

초록 부여 능산리 서고분군에서 출토된 철지금은장관정을 대상으로 도금된 철제유물의 탈염 가능성 및 안정한 탈염방법을 연구하였다. 철지금은장관정은 철을 소지금속으로 하여 은관을 열로 접합시킨 후 그 위에 아말감도금으로 제작한 유물이다. 본 유물은 균열 및 박락된 부위 틈 사이로 철 부식화합물이 다른 재질의 금속(Au, Ag) 표면에 고착되어 있어 탈염이 필요하다고 판단했다. 따라서 금은장부 잔존 상태별로 A·B·C등급으로 분류하고 60°C에서 0.1M 알칼리 용액법인 NaOH법과 S.S.C법으로 탈염을 진행하였다. Cl⁻ 용출량과 탈염기간은 A등급을 제외하고 NaOH법이 S.S.C법보다 더 많은 양을 용출하였고 기간도 더 소요되었다. 탈염 전·후 금은장부의 Fe 성분을 비교하면 B등급을 제외하고 NaOH법이 S.S.C법에 비해 증가폭이 작았으나 NaOH법으로 탈염한 관정 4점의 금은장부가 일부 파손되어 유물의 안정성을 고려했을 때, S.S.C법으로 탈염하는 것이 안정할 것으로 판단된다.

중심어 철지금은장관정, NaOH법, Sodium Sesquicarbonate법, 탈염처리, 알칼리 수용액

ABSTRACT In this study, the research objects are gilt plated silver-iron nails excavated from the west of the tombs in Neungsan-ri, Buyeo. A gilt plated silver-iron nail was fabricated by combining silver and iron via heating and then gilding amalgam on top of this combination, demonstrating that this ancient artifact that can be replicated using current technology. Since the metal (Au, Ag) surface of these gilt plated artifacts are covered with iron oxide, which slips into the cracks and scratches of the artifacts as well, desalination is essential. Based on the results of the preliminary experiment, the research objects were classified into grades A, B, and C, according to the degree of corrosion and then desalinated using an alkali solution (NaOH, Sodium Sesquicarbonate of 0.1 M) at 60°C. The results demonstrate that the more serious is the degree of corrosion, the more is the amount of Cl⁻ detected. Further, more Cl⁻ was released when NaOH was used than when sodium sesquicarbonate was used, for all grades except Grade A. Furthermore, the more serious is the degree of corrosion, the longer is the desalination period and the reaction with NaOH for all grades except Grade A. A comparison of the Fe composition of the surface before and after desalination shows that Fe composition is the use of NaOH resulted in a smaller increase compared with the use of sodium sesquicarbonate, for all grades except Grade B. However, four of the nails were damaged owing to NaOH (Grade B 3ea, Grade C 1ea) during desalination. Thus, Cl⁻ ions are more stably released when sodium sesquicarbonate is used than when NaOH is used.

Key Words Gilt plated silver-iron nails, NaOH, Sodium Sesquicarbonate, Desalination

Journal of Conservation Science
2021;37(2):179-189

<https://doi.org/10.12654/JCS.2021.37.2.09>

pISSN: 1225-5459, eISSN: 2287-9781

© The Korean Society of
Conservation Science

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.

1. 서론

철제유물은 자연에서 산화되어 안정된 상태의 광석을 채련과 정련, 열처리 등의 과정을 거쳐 환원시킨 재료를 사용하여 제작한다. 그러므로 언제든지 안정된 산화 상태로 되돌아가려는 ‘부식’이 발생한다(National Research Institute of Cultural Heritage, 2009). 이러한 부식을 방지하기 위한 방법 중의 하나인 도금은 내식성을 향상시켜줄 뿐만 아니라 아름답게 외형을 장식하는 심미적인 역할도 하므로 과거부터 현재까지 이어져 사용하고 있다. 그러나 장시간 매장 환경에 노출된 유물의 경우, 도금된 유물이라 할지라도 표면에 발생한 균열이나 박리·박락 부위를 통해 내부 소지 금속의 부식화합물이 도금층 위에 존재하는 경우가 발생한다.

따라서 부식을 방지하기 위해 부식을 일으키는 수용성 Cl⁻를 용출하는 과정인 탈염이 가장 중요하며, 보존처리를 하는 국·공·사립기관에서 알칼리 수용액으로 탈염을 가장 많이 실시하고 있다(Ahn *et al.*, 2006). 알칼리 수용액법은 유물이 탈염 용액에 침적되었을 때, 부식층의 기포나 틈 안에 존재하는 높은 농도의 Cl⁻가 낮은 농도의 Cl⁻ 수용액으로 확산되는 원리이다(Lee, 2010). 약품으로는 NaOH와 Sodium Sesquicarbonate(이하 S.S.C)를 가장 많이 사용하고 있으며, NaOH가 S.S.C보다 강알칼리성(Lee, 2009)을 띠고 있어 탈염 기간이 S.S.C보다 다소 짧은 것이 특징이다. 이에 보존처리자가 유물의 상태에 맞게 약품을 선정하여 탈염을 진행하고 있다.

본 연구 대상인 부여 능산리 서고분에서 출토된 철지금은장관정은 철제 관정의 머리 부분에 은판을 올려 열을 가하고 접은 다음 아말감 도금으로(Nam, 2018) 마무리하여 제작한 고대의 높은 기술력을 보여주는 유물 중 하나이다.

그러나 본 유물은 내·외부적 요인에 의해 훼손된 상태였고 특히, 금은장부의 균열 사이로 내부 소지 금속인 철의 부식화합물이 도금층 위에 고착되어 존재하는 관정이 다수 확인되었다. 따라서 출토 후, 유물의 상태가 불안정하기 때문에 철지금은장관정의 탈염처리는 반드시 필요하다고 판단하였다.

그러나 철지금은장 유물은 출토된 바가 매우 적고 제작 기법에 초점이 맞춰진 연구가 다수(Lim *et al.*, 1993; Gongju National Museum, 2006; Nam, 2018)이며, 탈염용액이 철(Fe) 이외의 재질(Au, Ag)에 미치는 영향에 관한 연구가 미비하여 탈염하지 않고 강화처리만 실시(National Research Institute of Cultural Heritage, 2009)하여 보존처리를 마무리하고 있는 실정이다. 특히, 도금된 유물은 재질별로 열팽창 계수(Fe 1.2, Au 1.43, Ag 1.97)가 다르기 때문에 탈염 시, 설정 온도에 따라 영향을 받을 것으로 예상되나 이에 대한 기초연구자료가 미비하기 때문에 본 연구가 더욱 필요할 것으로 판단된다.

따라서 본 연구는 철지금은장 유물의 도금층을 보호하며, 안정하게 탈염할 수 있는 방법에 대해 연구하고자 하며, 복합금속으로 제작된 유물에 대한 탈염 기초 자료를 확보하고자 실험을 진행하였다.

2. 연구대상 및 방법

2.1. 철지금은장관정(鐵地金銀裝棺釘)

본 연구 대상 유물은 충청남도 부여군 부여읍 능산리 산 15-1, 15-5번지 일대인 부여 능산리 서고분군 5, 6차 발굴조사의 백제시대의 석실분 1기(4호분)에서 출토(Institute of Archaeology in Korea National University of Cultural

Figure 1. The area excavated from Gilt Plated Silver-Iron nails.

Heritage, 2019)된 철지금은장관정 86점을 대상으로 선정하였다(Figure 1).

전체적으로 토양 이물질과 신부의 목질흔이 관찰되었으며, 철 부식화합물과 토양 이물질이 도금된 표면 위에 고착되어 있는 상태였다. 또한, 관정 두부의 금은장부 상태가 양호한 것도 있었으며, 은박만 존재하는 경우와 균열 또는 일부가 소실되어 내부 소지금속이 드러나 있는 경우도 관찰되었다. 그러므로 일차적으로 건식 및 습식 세척을 진행하여 표면의 고착된 이물질을 제거한 후 탈염을 실시하였다.

2.2. 실험방법

2.2.1. 탈염처리

보존처리를 수행하는 45개의 국·공·사립기관을 대상으로 탈염처리 적용방법에 대한 설문조사(Ahn *et al.*, 2006)를 실시한 결과 가장 많이 사용하는 Sodium Sesquicarbonate 법과 NaOH법 2가지로 선정하였다. 각각의 탈염 용액 농도 또한 설문조사(Ahn *et al.*, 2006) 결과를 바탕으로 가장 많이 사용하고 있는 0.1 M의 농도로 설정하였다.

탈염하기에 앞서 육안관찰 및 P-XRF 분석 결과를 바탕으로 유물을 분류하여 탈염을 실시하였다. A등급 18점, B등급 27점, C등급 41점으로 분류하였고 등급 내에서 다시 무게를 맞추어 두 그룹으로 나누어 0.1 M NaOH법(A-1, B-1, C-1)과 0.1 M S.S.C법(A-2, B-2, C-2)으로 탈염 용액을 달리 적용하여 실시하였다(Table 1).

용매는 증류수를 사용하였고 시편 중량의 10배수로 용액을 제조하였다. 온도는 60℃로 설정하였다. 탈염용액 교체 주기는 초기 용출속도를 고려하여 1~4차는 3일 간격, 4차 이후는 Cl⁻이 용액과 충분히 반응할 수 있도록 일주일 간격을 주기로 교체하였다. Cl⁻ 용출량이 10 ppm 미만으로 일정하게 검출되면 탈염을 종료하고 탈알칼리를 진행하여

탈염을 마무리 하였다. 또한, 신부의 목질부와 균열이 심한 취약부에 한하여 명주실로 묶어 충분한 강도를 가질 수 있도록 하였다.

2.3. 분석방법

2.3.1. 탈염 용액 분석

탈염 용액의 Cl⁻ 용출량 변화 및 탈알칼리 용액의 pH 변화를 측정하기 위해 용액 교체 시 샘플을 채취하여 실험실용 수질 측정기(Star A210, Thermo Science, USA)로 측정하였다. 오차를 줄이기 위해 샘플을 각각 3번씩 측정한 후 측정값의 평균으로 계산하였다.

2.3.2. 표면 관찰

탈염 전·후 철지금은장관정 두부의 금은장부 표면 상태를 육안으로 확인하기 위해 디지털카메라(D7100, Nikon, JPN)로 촬영하였고 육안으로 관찰하기 어려운 미세한 부분까지 확인하기 위해 휴대용 디지털 현미경(DG-3, Scalar, JPN)으로 ×100로 관찰하여 금은장부의 표면상태 및 열팽창 정도 차이로 인한 추가적인 손상여부를 확인하고자 하였다.

2.3.3. 금은장부 성분 분석

의사시편 및 철지금은장관정을 대상으로 탈염 전·후의 금은장부 표면의 잔존 상태를 비교하기 위해 휴대용 X-선 형광분석기(P-XRF: VANTA, Olympus, JPN)를 사용하여 분석을 실시하였다. 분석은 Alloy mode로 20초, 30초씩 2번 측정하였으며, 직경은 11 mm, 전압은 최대 40 kV, 전류는 최대 0.2 mA 조건으로 분석을 실시하였다.

Table 1. Classification of excavated gilt plated silver-iron nails in Neongsan-li

Grade	Group(EA)	Weight(g)	Desalination method	Temperature	Concentration
(A)	A-1(9)	238.6	NaOH	60℃	0.1 M
	A-2(9)	240.7	S.S.C (Na ₂ CO ₃ +NaHCO ₃)		
(B)	B-1(13)	230.9	NaOH		
	B-2(14)	233.3	S.S.C (Na ₂ CO ₃ +NaHCO ₃)		
(C)	C-1(20)	225.3	NaOH		
	C-2(21)	228.6	S.S.C (Na ₂ CO ₃ +NaHCO ₃)		

3. 연구 결과

3.1. 탈염 용액 분석

3.1.1. Cl^- 분석

Cl^- 의 총 용출량(Table 2) 먼저 비교해보면 A등급의 경우, NaOH법으로 탈염한 A-1은 총 193.6 ppm, S.S.C법으로 탈염한 A-2는 총 197.9 ppm이 용출되었다. B등급은 B-1은 총 419.6 ppm, B-2는 총 328.2 ppm이 용출되었고 C등급의 경우, NaOH법으로 탈염한 C-1은 총 508.2 ppm, S.S.C법인 C-2는 총 338.6 ppm이 용출되었다. A등급에서 S.S.C법으로 탈염한 A-2가 NaOH법으로 탈염한 A-1에 비해 4.3 ppm 더 용출되었으며, B·C등급은 NaOH법이 S.S.C법으로 탈염한 것보다 각각 91.4 ppm, 169.6 ppm씩 더 많이 용출하였다.

상태가 양호한 A등급의 경우 각 방법 간의 Cl^- 의 총 용출량 차이가 크게 나지 않지만 상태가 다소 불안정한 B·C

등급의 경우에는 탈염 방법에 따라 Cl^- 의 총 용출량 차이가 상당한 것으로 확인되었다. 이는 NaOH법이 S.S.C법보다 상대적으로 강알칼리성을 띠고 있으므로 초기 용출 속도 및 총 용출량에 영향을 끼친 것으로 판단된다.

또한, 탈염 방법별로 탈염 기간(Table 2)을 비교했을 때, A등급의 경우 A-2의 탈염 완료 시점은 A-1에 비해 일주일 더 소요되었으며, B등급은 동일하게 소요되었고 C등급의 경우 NaOH법으로 탈염한 C-1이 S.S.C법으로 탈염한 C-2보다 2주 더 소요되었다. C등급의 경우, NaOH법으로 탈염한 C-1이 더 많은 Cl^- 를 용출하는 데 있어 S.S.C법보다 다소 시간이 더 소요된 것으로 판단된다. 일반적으로 NaOH법이 S.S.C법보다 pH가 더 높아 단기간에 탈염이 가능한 것으로 알려져 있다. 하지만, 추가적인 요소가 있을 수 있으나 철지금은장관정의 금은장부 상태에 따라 등급을 나누어 탈염을 진행하는 데 있어 다소 차이가 나타난 것으로 보인다.

Table 2. The desalination results of Chlorine Ion (ppm)

Object Cycle	Grade (A)		Grade (B)		Grade (C)	
	A-1	A-2	B-1	B-2	C-1	C-2
1	130.0	130.0	260.0	220.0	270.0	230.0
2	24.0	21.0	39.0	28.0	26.0	23.0
3	14.0	12.0	29.0	15.0	37.0	14.0
4	11.0	12.0	26.0	15.0	29.0	15.0
5	10.0	12.0	35.0	19.0	39.0	20.0
6	4.8	8.3	19.0	15.0	34.0	14.0
7	0.8	4.6	9.1	11.0	22.0	10.0
8	-	3.3	3.5	7.2	19.0	5.9
9	-	-	2.8	3.6	20.0	5.0
10	-	-	-	-	10.0	3.7
11	-	-	-	-	3.2	-
12	-	-	-	-	1.9	-
Total	193.6	197.9	419.6	328.2	508.2	338.6

Table 3. The pH results of de-Alkali

Object Cycle	Grade (A)		Grade (B)		Grade (C)	
	A-1	A-2	B-1	B-2	C-1	C-2
1	11.68	9.29	12.06	9.37	10.12	8.89
2	9.85	7.34	9.76	7.02	9.38	7.06
3	8.42	-	8.69	-	8.06	-
4	7.21	-	7.38	-	7.13	-

3.1.2. pH 분석

탈알칼리 처리는 증류수를 사용하였으며, 온도는 60℃, 기간은 24시간 간격으로 증류수를 교체하였고 매 차시마다 시료를 채취하여 pH를 측정하였으며, pH가 중성이 될 때까지 실시하였다.

탈알칼리 기간(Table 3)을 비교했을 때, 모든 등급에서 동일하게 NaOH법(A-1, B-1, C-1)이 S.S.C법(A-2, B-2, C-2)보다 48시간 더 소요되었다. 이는 NaOH가 상대적으로 강알칼리성을 띠고 있으므로 중화되기까지 시간이 더 걸린 것으로 판단된다.

3.2. 표면 관찰

전체적으로 탈염 전과 후의 표면(Table 4)에 고착되어 있던 철제 부식화합물이 탈염 중 자연스럽게 박락된 관정이 관찰(Table 5)되었으며, 대체적으로 철제 부식화합물 색상이 어두워지고 진하게 변한 것으로 보인다. 또한, 균열부안의 빈 공간이나 주변부에 새롭게 철제 부식화합물이 올라온 관정도 관찰된다.

특히, B·C등급(Table 6, 7)의 경우에는 현미경 관찰 결과 균열부가 탈염 전보다 후에 다소 더 벌어진 것을 확인할 수 있었다. 이는 60℃의 온도로 탈염을 진행하는 과정에서 금, 은, 철의 열팽창계수가 다르기 때문에 이로 인한 영향

Table 4. The results of digital camera

	Grade (A)		Grade (B)		Grade (C)	
	Before	After	Before	After	Before	After
NaOH (A-1, B-1, C-1)
	No.54		No.7		No.42

	No.63		No.18+37		No.60	
S.S.C (A-2, B-2, C-2)
	No.88		No.19		No.75

	No.5		No.3		No.50

	No.38		No.16		No.83

	No.45		No.32		No.107	

Table 5. The microscope results of A grade ($\times 100$)

A-1 (No.89)		A-2 (No.5)			
No.	Point	Before	After 1st desalination	After 4th desalination	End
89	#1 surface
	#2 corrosion & crack
	#3 folded part
5	#1 surface
	#2 corrosion & crack
	#3 folded part

으로 틈이 벌어진 것으로 추측된다. 동시에 탈염 전 균열 내부에 빈 공간이었으나, 탈염 중 소지 금속인 철의 부식화 합물이 생성되어 균열 내부가 채워지면서 금은장부를 밀어내어 틈이 더 벌어진 영향도 있을 것으로 판단된다.

이와 같은 영향으로 인해 No.32와 같이 철지금은장관정 금은장부 일부 파손되어 내부 소지금속이 드러나는 경우

도 관찰되었다(Table 4). 총 B-1 3점, C-1 1점, B-2 1점의 철지금은장관정이 일부 파손되었으며 특히, NaOH법(B-1, C-1)으로 탈염한 유물이 4점으로 파악되어 이는 NaOH법이 S.S.C에 비해 상대적으로 강알칼리성을 띠고 있으므로(Education Center for Traditional Culture, 2010) 파손 원인 중 이에 대한 영향도 있을 것이라고 추정된다.

Table 6. The microscope results of B grade ($\times 100$)

		B-1 (No.55)		B-2 (No.40)	
No.	Point	Before	After 1st desalination	After 4th desalination	End
55	#1 surface
	#2 corrosion & crack
	#3 folded part
40	#1 surface
	#2 corrosion & crack
	#3 folded part

Table 7. The microscope results of C grade ($\times 100$)

		C-1 (No.23)		C-2 (No.104)	
No.	Point	Before	After 1st desalination	After 4th desalination	End
23	#1 surface
	#2 corrosion & crack
	#3 folded part
104	#1 surface
	#2 corrosion & crack
	#3 folded part

3.3. 금은장부 성분 분석

3.3.1. A등급

NaOH로 탈염한 A-1은 탈염 전·후 평균적으로 Au, Ag 성분 함량이 약 2% 정도 증가하였으며, Fe 성분 함량은 약 5% 정도 감소하였다. S.S.C법으로 탈염한 A-2의 경우, Au의 함량은 약 5%, Ag의 함량은 약 2% 정도 감소하였으며, Fe의 함량은 약 7% 정도 증가하였다(Figure 2).

A-1의 경우 Fe 성분이 감소한 것은 금은장부 표면 또는

내부의 철제 부식화합물이 탈염 과정 중 자연스레 탈락되어 Fe 함량이 감소한 것으로 보이며, A-2는 Fe 성분 함량이 증가하였는데 이는 탈염 과정 중 내부의 빈 공간에 새로 생성된 철제 부식화합물의 영향으로 인해 상대적으로 Au, Ag의 함량은 감소하고 Fe의 함량은 증가한 것으로 판단된다.

3.3.2. B등급

탈염 전과 후 금은장부의 P-XRF 분석 결과, 평균적으로 B-1은 탈염 후 Au, Ag의 성분 함량이 3.35%, 5.71% 감소하

Figure 2. The XRF results graph of A Grade. (A) A-1 (in NaOH). (B) A-2 (in S.S.C).

Figure 3. The XRF results graph of B Grade. (A) B-1 (in NaOH). (B) B-2 (in S.S.C).

Figure 4. The XRF results graph of C Grade. (A) C-1 (in NaOH). (B) C-2 (in S.S.C).

였으며, Fe의 성분 함량은 11.62% 증가하였다. 또한, B-2의 경우 평균적으로 Au, Ag의 함량이 약 4.28%, 4.20% 감소하였으며, Fe 함량은 9.40% 증가하였다(Figure 3).

B-1, B-2 모두 Au, Ag 성분 함량은 감소, Fe 성분 함량은 증가하는 경향성이 나타났으며, 이는 탈염 중 유물 내부의 빈 공간 및 균열부 틈을 통해 발생한 철제 부식화합물로 인해 상대적으로 Au, Ag의 성분 함량은 감소하고 Fe의 함량은 높게 검출된 것으로 판단하였다.

3.3.3. C등급

C등급의 탈염 전·후 P-XRF 분석 비교 결과, C-1의 경우 Au, Ag, Fe의 성분 모두 약 1~2% 정도 증가하였으며, C-2는 Au, Ag의 성분은 약 1% 정도 감소하고 Fe 성분은 약 8% 정도 증가하였다(Figure 4).

C-1은 탈염 전과 후 금은장부 성분 함량 변화가 큰 변화가 없었으며, C-2는 Fe의 성분 함량 변화가 다소 증가하였다. 이는 A·B등급과 마찬가지로 탈염 과정 중 금은장부 내부의 빈 공간에 소지금속인 철의 부식화합물이 채워지고 균열된 틈 사이로 고착된 것으로 인해 상대적으로 탈염 후 다른 성분의 함량은 감소하고 Fe의 함량은 더 높게 검출된 것으로 추정된다.

4. 결 론

본 연구에서 도금된 철제유물의 탈염 가능성 및 안정성을 확보하고 그 결과를 바탕으로 가장 안전한 탈염 방법을 고안하기 위해 본 실험을 진행하였다. 실험을 진행한 결과는 아래와 같다.

1. 등급별로 Cl⁻ 용출량 및 탈염 기간을 비교해보면 부식정도가 심할수록 탈염 기간은 길어지고 Cl⁻ 용출량 또한 늘어났다. 탈염용액별 결과를 비교하면, NaOH법이 A등급을 제외하고 S.S.C법보다 Cl⁻ 용출량이 많았고 탈염 기간도 길었다. 이는 철지금은장관정의 금은장부 상태에 따라 유물을 분류하여 탈염을 실시함으로써 위와 같은 결과 나타난 것으로 판단된다. 따라서 NaOH법은 유물의 부식정도가 심할수록 S.S.C법보다 많은 양의 Cl⁻를 용출하며, 이에 따라 더 많은 시간이 소요된다고 추측된다.
2. 금은장부 표면 관찰 결과, 전체적으로 탈염 후 철제 부식화합물 색상이 어두워졌으며 균열부가 존재하는 관정들은 틈의 간격이 더 벌어진 것을 확인하였다. 이는 60℃ 온도 조건에서 탈염을 진행하면서 각 금속별 열팽창계수가 달라 이에 대한 영향으로 균열부에 영향을 끼친 것으로 추측된다. 동시에 균열부 내 빈 공간에 탈염 과정

중 철제 부식화합물이 생성되어 내부가 채워지면서 금은장부를 밀어내어 틈이 벌어진 것으로 판단된다.

3. 총 86점의 관정 중 5점의 철지금은장관정 금은장부 일부가 파손이 발생하였다. 4점은 NaOH법, 1점은 S.S.C법으로 파손 원인은 2.의 영향으로 추측되며 또한, NaOH법이 강알칼리성을 띠고 있어 이에 대한 영향도 있을 것으로 판단된다. 유물 안정성 측면을 고려하여 부식이 심한 유물의 경우 NaOH법보다 S.S.C법으로 탈염을 실시하는 것이 보다 안정할 것으로 판단하였다.
4. 탈염 전·후 금은장부의 P-XRF 분석 결과, 대체로 Au, Ag의 함량은 감소하였고 Fe의 성분 함량은 증가하였다. Fe의 함량 변화는 탈염 과정 중에서 금은장부 내 빈 공간 및 균열부 틈 사이로 철제 부식화합물이 생성되어 상대적으로 Au, Ag의 성분 함량은 감소하고 Fe의 성분 함량은 증가한 것으로 판단된다. 다만, Au·Ag의 함량 변화가 있더라도 그 변화 정도가 허용오차범위 내이므로 철지금은장관정에 알칼리 용액을 적용하여 탈염을 진행하더라도 금은장부의 Au, Ag의 함량 변화에 안정한 것으로 판단하였다.
5. 따라서 철지금은장 유물에도 알칼리 용액 탈염법을 적용하는 것은 가능하며, 종합적인 결과를 고려했을 때, A등급은 Cl⁻ 용출량은 비슷하지만 탈염 기간이 보다 짧은 NaOH법으로 B·C등급은 Cl⁻ 용출량은 NaOH법이 효과적이지만 유물의 안정성을 고려하여 S.S.C법으로 탈염을 실시하는 것이 보다 안정적일 것으로 판단하였다.

본 연구를 통해서 철지금은장 유물에 알칼리 용액을 사용한 탈염 적용 가능성에 대한 유의미한 결과를 확인하였다. 그러나 보다 객관적인 데이터를 확보하기 위해서는 탈염 전·후의 철제 부식화합물을 분석하는 연구도 추가적으로 필요하다고 판단된다. 그리고 본 연구에서는 보존처리기관에서 가장 많이 사용하는 온도인 60℃를 기준으로 열팽창 정도를 비교하였으나, 더 정확한 열팽창 정도를 파악하기 위해 다른 온도 조건에서도 추가적인 실험이 필요하다.

또한, 철지금은장관정의 금은장부 상태를 기준으로 분류하여 탈염을 진행한 결과, 등급별로 Cl⁻ 용출량 및 탈염 기간의 차이가 상당하였다. 이에 유물의 부식정도를 기준으로 탈염한다면 재부식 발생을 낮출 수 있는 하나의 조건으로써 활용될 수 있는 가능성이 있다고 생각하며, 현시점에서 효과적인 탈염 조건에 대한 재고찰이 필요하다고 판단된다.

이와 같은 점을 고려하여 철제유물의 효과적인 탈염을 진행하는 연구를 진행한다면 향후 복합금속으로 구성된 유물에 대한 탈염 연구의 기초자료로써 활용되기를 기대한다.

REFERENCES

- Ahn, B.C., Yoo, G.S. and Jung, M.G., 2006, Iron cultural properties conservation processing present condition of our country seen through the questionnaire, the 24th conference of the Korean society of conservation science for cultural heritage, 2006. 11, 122-125.
- Education Center for Traditional Culture, 2010, Understanding the basic of conservation science, the training center for traditional culture, Buyeo, 84-88.
- Gongju National Museum, 2006, Tomb of king muryeong-excavated relics analysis Report. II, 281-285.
- Institute of Archaeology in Korea National University of Cultural Heritage, 2019, Neungsan-ri acient tombs, Buyeo, 2, 79-133.
- Lee, H.Y., 2010, A study on desalination methods for outdoor iron artifacts, Master's dissertation, Kongju National University, Gongju, 17.
- Lee, O.H., 2009, Conservation science for cultural heritage, juluesung, Seoul, 155-160.
- Lim, S.K., Kang, D.I., Kim, S.D., Park, D.K. and Kang, S.G., 1993, Study for the film coating techniquir of gilt bronze arifacts from Mir kas Temple. Conservation Science Studies, 14, 45-76. (in Korean with English abstract)
- Nam, G.H., 2018, Gilding methods of gilt-iron artifacts excavated from royal tombs in Neungsan-ri, Buyeo, Master's dissertation, Korea National University of Cultural Heritage, Buyeo, 16-17.
- National Research Institute of Cultural Heritage, 2009, Metallic artifacts conservation, 12-52.