

야외 청동 조각작품의 보존과 재질특성 연구 - 김찬식 '정(情)'을 중심으로 -

권희홍¹ | 김예승* | 김범준** | 최남영*** | 박혜선 | 김정석****

국립현대미술관 작품보존미술은행관리과, *한성백제박물관 보존과학실,
경기문화재단연구원 보존과학실, *공주대학교 문화재보존과학과, ****(주)아트텍 보존 연구소

A Study on Conservation and Material Characteristics of Outdoor Bronze Sculpture : Kim Chan Shik's 'Feeling'

Hee Hong Kwon¹ | Ye Seung Kim* | Beom Jun Kim**

Nam Young Choi*** | Hye Sun Park | Jung Suk Kim****

Department of Conservation and Art Bank, National Museum of Modern and
Contemporary Art, Korea, Gwacheon, 13829, Korea

*Conservation Science Division, Seoul Baekje Museum, Seoul, 05540, Korea

**Conservation Science Division, Gyeonggi Institute of Cultural Properties, Suwon, 16488, Korea

***Department of Cultural Heritage Conservation Science, Kongju National University, Gongju, 32588, Korea

****ArtTec Conservation, Buyeo, 33114, Korea

¹Corresponding Author: entasis@korea.kr, +82-2-2188-6156

초록 공공 예술 조각품과 야외 조형물에 대한 관심과 함께 미술품 보존·관리의 중요성이 높아지고 있다. 야외 조각작품의 경우, 장기간 대기 중에 노출되어 대기오염물과 자연재해 등의 이유로 부식과 열화 등의 손상이 발생하게 되는데, 국립현대미술관 야외조각공원에 전시중인 김찬식의 '정' 역시 부식으로 인해 작품표면의 파티나층이 손상되었다. 따라서 상태조사, 표면연마, 재파티네이션, 왁스코팅 등의 보존처리를 진행하였으며, 그 결과 원형에 가까운 복원을 이룰 수 있었다. 작품의 재질특성에 대한 분석 결과, 구리, 주석, 아연, 납으로 주조된 미술 공예용 청동임을 확인하였다. 작품 표면연마 후 관찰되는 용접, 균열, 밝은 얼룩의 재질 특성 중, 용접부위는 바탕금속보다 구리를 제외한 나머지 주요원소의 함량이 비교적 적은 경향을 보였으며, 밝은 얼룩은 주석과 납의 함량이 13.0 wt%, 10.5 wt%로 바탕금속(주석: 7.0 wt%, 납: 4.4wt%)보다 높게 측정되었다. 또한 미세조직 관찰결과, 작품의 제작은 열처리를 비롯한 인위적인 가공이 가해지지 않은 주조기법이 사용된 것으로 추정되었다.

중심어: 야외조각, 청동, 파티네이션, 왁스코팅, 제작기법

ABSTRACT As interest in the public display of art and outdoor sculptures is increasing, the conservation and treatment of these sculptures is becoming increasingly crucial. Long-term exposure to the natural elements and atmospheric pollution can cause corrosion and deterioration in outdoor sculptures. In the case of Kim Chan Shik's "Feeling", which was exhibited in the outdoor sculpture park at the National Museum of Modern and Contemporary Art (MMCA), the patina of the sculpture was damaged during a long outdoor exhibition. Therefore, the treatment process was as follows: recording of condition, sanding, repatination, and wax coating. Consequently, the sculpture was restored similar to the original. Chemical analysis revealed that the sculpture was crafted from bronze and was cast from a quaternary alloy of Cu-Pb-Sn-Zn. The welding

is lower in Zn, Sn, and Pb content than the metal used in the sculpture itself. Bright strains contain about 13.0 wt% Sn and 10.5 wt% Pb. The strains are higher in Sn and Pb content than the rest of the metal in the sculpture (7.0 wt% Sn and 4.4 wt% Pb). As a result of component analysis and microstructure observation, the material is estimated to have been made by casting without artificial treatment.

Key Words: Outdoor sculpture, Bronze, Patination, Wax coating, Manufacturing techniques

1. 서 론

최근 공공 예술 조각품과 야외 조형물에 대한 관심이 높아짐에 따라 야외에 노출된 조각품의 중요성과 보존에 대한 관심도 높아지고 있다(Lee, 2013a). 특히 ‘건축물에 대한 미술작품 설치법’에 의해 공공미술품에 대한 인식 또한 변화하고 있는데 ‘건축물에 대한 미술작품 설치법’이란 문화예술진흥법 제9조로 일정 규모 이상의 건축물을 건축하려는 자는 건축 비용의 일정 비율에 해당하는 금액을 미술작품의 설치에 사용하거나 문화예술기금에 출연하도록 규정한 제도이다. 현재 문화예술진흥법 시행령 12조에서는 1만 제곱미터 이상의 건축물(공동주택 포함)은 건축비용의 0.7%를 미술작품에 사용하도록 규정하고 있다. 아직 미흡한 부분이 많이 있지만 최근에는 ‘미술작품 사후 관리’에 대한 조항도 삽입하여 공공미술품의 보존에 대한 인식을 더욱 높이고 있다(Yang, 2010). 이러한 공공 미술품 중에는 동합금 재질의 조각품이 많은 양을 차지하고 있는데 금속은 야외에 노출되면서 온습도의 변화, 대기오염, 조류에 의한 피해 등으로 인한 부식이 진행된다. 동(銅)의 부식속도는 연평균 0.5~3.0 μm 로 진행되는데 농촌($1 \mu\text{m}\cdot\text{년}^{-1}$ 이하), 도시($1\sim 2 \mu\text{m}\cdot\text{년}^{-1}$), 공업단지($2\sim 5 \mu\text{m}\cdot\text{년}^{-1}$)의 순으로 빨라진다. 그리고 실내(보래 무게의 0.9~3.4%)보다 야외(1.2~8.6%)에서 2~3배나 더 빨라진다(Kim, 2007).

현재 야외 청동 조각작품의 보존에 관한 국외 연구는 일찍이 많은 연구가 진행된 반면, 국내에서는 1990년대 후반 이후 본격적으로 진행되었다. 야외 청동조각품의 보존 현황(Park, 2016), 보존처리(Kim, 1998; Kim, 2014), 코팅제(Kim, 1998; Kim and Lee, 2000; Song *et al.*, 2009; Oh and Wi, 2017) 연구가 활발히 진행되고 있다. 그리고 파티네이션에 관한 국외 연구는 파티네이션의 처리방법과 약품 레시피(recipe)를 정리한 ‘The Colouring, Bronzing and Patination of Metals(Hughes and Rowe, 1991)’, ‘Patinas for bronze sculpture: Step-by-step guide to beautiful patinas(Coryat, 2012)’ 등이 있으며, 영국 최대 조각 주조 공방인

‘Pangolin Editions’이 20여 년간 개발한 주조 및 파티네이션 기법 등을 공개한 ‘Bronze Sculpture Casting & Patination: Mud, Fire, Metal(Hurst, 2005)’ 등이 있다. 국내에서는 Kim(2009), Shin(2012)이 국내의 파티네이션의 현황과 사례 등을 연구하였다.

본 연구의 김찬식 ‘정(情: 1986년작)’은 국립현대미술관 과천관 이전(1987년)과 함께 야외조각공원이 조성되면서 제작 설치되었다. ‘정’은 오랜 기간 야외에 전시되어 산성비, 대기오염에 의해 청동 파티나층이 변색되었으며, 곤충에 의한 피해와 빗물자국 등에 의해 손상되었다. 본 연구는 야외에 전시된 김찬식 ‘정’의 과학적 분석을 통해 청동 재질 특성과 제작방법을 알아보았으며, 보존처리를 수행하였다.

2. 분석 방법

김찬식 ‘정’은 야외 전시로 인한 외부환경 오염물이 작품 표면에 고착되거나 파티나층에 덮여있어 작품 재질을 분석하기가 어려운 상황이었으나, 보존처리 시 재파티네이션을 위한 연마과정에서 작품 바탕 금속이 표출되었다. 바탕 금속을 확인한 결과, 일부 색상이 다른 부분이 관찰되었으며, 제작 시 용접에 의한 접합선과 주조상의 표면결함이 드러났다. 따라서 합금비율의 차이가 있을 것으로 추정되므로 XRF(X-Ray Fluorescence), SEM-EDS(Scanning Electron Microscope-Energy Dispersive Spectrometer) 분석을 통한 재질특성과 제작방법을 알아보았다.

재질분석을 위하여 이동식 X-선 형광분석기(α -4000, Innov-X system, USA)를 사용하였다. 분석조건은 전압 45 keV, 측정시간 30 s, 측정직경 2 mm로 원자번호 15번(P)이상의 원소에 대해서 분석을 실시하였다. 분석 위치는 육안 관찰로 확인되는 바탕금속, 용접, 밝은 얼룩, 균열로 확인되는 부분을 중심으로 선정하였으며, 분석결과의 재현성을 위해 3회 측정된 평균값을 적용하였다(Figure 1).

미세조직을 관찰하기 위해 작품 내부에서 소량의 시료를 채취하여 에폭시 수지에 마운팅하였다. 마운팅한 시료

를 220 mesh에서 4,000 mesh까지 순서대로 거친 연마를 실시한 뒤, 3 μm와 1 μm(DP-suspension, Struers, Denmark)로 미세연마를 실시하였다. 연마가 완료된 시편은 부식액(FeCl₃+HCl+Ethyl alcohol)을 이용하여 시편을 에칭시켰다. 에칭된 시편은 금속현미경(DM2500M, Leica, Germany)을 사용하여 미세조직을 관찰하였다. 주사전자현미경(MIRA3, TESCAN, Czech)으로 미세조직과 개재물을 관찰하고, 개재물의 성분은 에너지 분산형 X-선 분석기(QUANTA300, BRUKER, Germany)를 이용하여 분석하였다.

3. 분석 결과

3.1. 용접 결함

재파티네이션을 위한 연마과정에서 바탕 금속이 표출되었는데 김찬식의 '정'은 4개의 청동 주형을 용접해서 제작되었음을 확인할 수 있었다.

Figure 2A, 2B는 용접부 주변으로 기공(Porosity)이 형성되었음이 확인되었다. 기공의 형성은 고온에서 응고 시 기체의 고용도가 떨어지면서 용접금속으로부터 방출된 기체(수소, 질소 등)가 모여서 형성된다. 기공의 생성은 용접부에 녹이나 기름 등과 같은 이물질을 함유하고 있을 때 가장 많이 발생하므로 용접부 주변의 청결과 용접봉의 충분한 건조, 저

수소계 용접봉의 사용이 필요하다. 또한 용접조건으로는 용접봉의 종류·크기, 가스의 유량부족·불순물 혼입, 용접순서, 용접자세, 용접의 전류·전압·속도, 주변환경(밀폐도, 날씨) 등이 영향을 미칠 수 있다(Yoon, 1998; Lee, 2013b).

Figure 2C에서 확인되는 것과 같이 용접부 주변으로 균열(Crack)이 발생하였다. 일반적으로 용접부는 국부적으로 매우 높은 온도까지 급 가열된 후 다시 냉각되므로 이로 인해 재료의 변화, 변형 및 잔류응력을 유발하는 동시에 각종 균열을 동반하는 경우가 많이 나타난다(Yoon, 1994).

용접 과정에서 나타나는 기공, 균열의 발생은 틈 부식(Crevice corrosion)에 의한 손상 등을 야기하므로 보존처리 시 보다 주의를 기울여야 한다. 먼저, 토치나 열풍기 등을 이용하여 기공과 균열부를 완전히 건조시키며, 내부까지 왁스가 충분히 침투할 수 있도록 왁스의 양을 순차적으로 늘리면서 코팅처리를 실시한다. 상황에 따라 Cyanoacrylate계 접착제를 이용할 수 있다.

3.2. XRF

김찬식 '정'의 XRF 분석결과(Table 1, 2), 바탕금속은 구리가 주요원소로 주석, 납, 아연 등이 검출되었으며, 미술 공예용 청동(Kwon *et al.*, 2008)에서 확인되는 합금 비율과 비슷한 결과를 나타내었다. Cu-Sn-Zn계 합금은 기계적

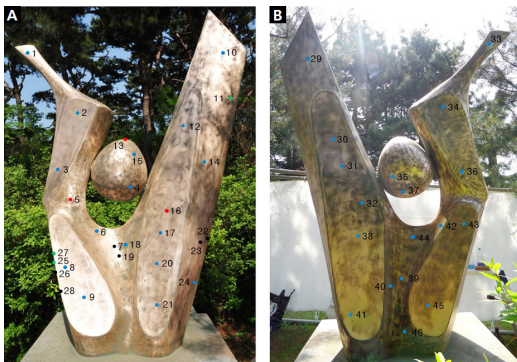


Figure 1. Analytical point of P-XRF for 'Feeling' by Kim Chan Shik.



Figure 2. After polishing the surface defects. (A), (B) Welding blowholes, (C) Welding crack, (D) Light stain(Segregation).

Table 1. The average composition analysis by location(wt%)

Positions	Cu	Sn	Pb	Zn	Ni	Fe	Sb
Base	86.3	7	4.4	2	0.1	0.1	0.1
Welding	88.5	5.7	4	1.6	0.2	0.1	0.1
Bright stain	74.8	13	10.5	1.2	0.1	-	0.3
Crack	87.6	8	3.4	0.9	0.1	0.1	0.1

Table 2. P-XRF analytical results of Kim Chan Shik's 'Feeling'(wt%)

Samples		Elements(wt%)						
No.	Cu	Sn	Pb	Zn	Ni	Fe	Sb	
Base	1	84.74	8.16	5.01	1.83	0.10	-	0.16
	2	87.14	6.89	3.76	1.86	0.15	-	0.2
	3	86.87	6.58	4.17	2.12	0.13	-	0.13
	4	87.13	7.01	4.04	1.55	0.16	-	0.11
	6	85.98	6.53	5.30	1.95	0.14	-	0.11
	8	87.14	6.89	3.76	1.86	0.15	-	0.2
	9	87.81	6.15	4.05	1.73	0.15	-	0.11
	10	87.63	6.89	3.80	1.38	0.12	-	0.18
	12	86.24	6.96	4.25	2.13	0.15	0.05	0.23
	14	85.82	6.97	5.04	1.97	0.08	-	0.12
	15	87.24	6.58	4.39	1.55	0.14	-	0.10
	17	86.44	7.42	4.32	1.57	0.12	-	0.13
	18	85.36	6.79	5.43	2.09	0.17	-	0.16
	20	88.64	5.77	3.47	1.84	0.14	-	0.13
	21	88.13	6.27	3.61	1.71	0.15	-	0.13
	24	86.62	6.59	5.19	1.28	0.16	-	0.15
	26	86.19	6.91	4.81	1.83	0.16	-	0.09
	28	86.36	6.66	4.58	2.09	0.17	-	0.14
	29	87.63	6.72	3.80	1.57	0.13	-	0.15
	30	86.63	7.33	3.86	1.96	0.11	-	0.11
	31	87.31	6.68	3.95	1.76	0.18	-	0.11
	32	87.25	6.25	4.12	2.07	0.16	0.05	0.09
	33	85.30	7.75	4.76	1.89	0.15	-	0.15
	34	84.59	7.98	5.18	1.91	0.13	-	0.21
	35	85.33	6.14	3.29	4.86	0.17	0.13	0.08
	36	84.67	7.86	5.28	1.94	0.12	-	0.13
	37	86.27	4.66	3.24	5.38	0.19	0.15	0.09
	38	89.48	5.23	3.16	1.91	0.15	-	0.07
	39	84.53	8.43	5.24	1.6	0.08	-	0.12
	40	83.84	8.44	5.81	1.59	0.12	-	0.19
41	86.98	6.41	4.31	2.07	0.13	-	0.11	
42	84.48	8.83	4.93	1.47	0.11	-	0.17	
43	83.70	8.57	5.73	1.71	0.15	-	0.15	
44	85.46	7.37	5.26	1.64	0.12	-	0.14	
45	86.16	7.16	4.41	1.99	0.14	-	0.15	
46	86.77	6.56	4.51	1.82	0.14	-	0.19	
Welding	5	88.46	5.33	4.63	1.35	0.13	-	0.11
	13	88.4	5.39	3.86	1.98	0.21	0.05	0.12
	16	88.55	6.27	3.55	1.37	0.11	-	0.14
Bright stain	7	74.89	11.9	11	1.82	0.1	-	0.29
	19	71.52	15.33	11.22	1.43	0.13	-	0.37
	22	77.93	12.34	8.44	0.81	0.12	-	0.35
23	74.78	12.62	11.32	0.84	0.11	-	0.33	
Crack	11	82.82	7.52	7.37	1.97	0.07	0.14	0.10
	25	89.56	8.38	1.79	0.20	-	-	0.06
	27	90.45	8.14	1.03	0.38	-	-	-

성질이 좋고 내해수성, 내마멸성이 우수하여 'Gun metal' 이라고도 불린다. 아연의 첨가는 주석의 산화를 억제하고 유동성을 높이는 효과가 있다. Cu-Sn-Pb-Zn계 합금은 아연의 양을 늘려 내압성을 높이며, 납의 양에 따라 인장강도, 연신을 충격값, 고온 강도 등이 결정되는 것으로 산화물이나 가스가 적은, 좋은 주물을 얻는 것으로 알려져 있다 (Choi, 1990).

용접부위는 바탕금속보다 구리를 제외한 나머지 주요원소의 함량이 비교적 적은 경향을 보였으며, 일부 바탕금속보다 얼룩처럼 밝게 분포(Figure 2D)되어 있는 부분의 분석결과, 주석과 납의 함량이 평균 13.0 wt%, 10.5 wt%로 각각 검출되어 바탕금속(주석: 7.0 wt%, 납: 4.4 wt%) 보다 높게 측정되었다.

3.3. SEM-EDS

작품 내부에서 채취한 시료의 미세조직을 금속현미경으로 관찰한 결과(Figure 3A), 전체적으로 수지상과 수지상간 영역으로 구분되고, 어둡게 보이는 배경조직에 비하여 다소 밝게 나타난다. 이들은 주석함량이 비교적 낮은 조직

으로 이를 α상으로 부른다. 조직 관찰 결과, 열처리를 비롯한 인위적인 가공이 가해지지 않은 주조조직으로 판단된다 (Scott, 1991).

SEM image(Figure 3B)에서 분석지점 1은 분석대상 영역을 면분석한 결과로, Zn이 소량 포함된 Cu-Pb-Sn-Zn의 4원계 합금이다(Table 3). 분석지점 2, 3은 검은색과 회색으로 나타나며 구리와 주석의 α상 조직으로 각각 수지상 영역과 수지상간 영역이다. 수지상 영역이 수지상간 영역에 비해 주석 함량이 낮게 나타난다(Schumann and Oettel, 2004). 분석지점 4는 Pb의 함량이 92.03 wt%로 매우 높으므로 납 편석물로 판단된다. 분석지점 5는 Zn과 S의 함량이 상대적으로 높으므로 황화물 계열의 개재물임을 알 수 있다.

4. 보존처리

4.1. 김찬식

김찬식(金燦植: 1932-1997)은 평양미술학교 2학년 때 한국전쟁의 발발로 월남한 후 홍익대학교 조각과로 편입하였으며, 재학시절인 1955년부터 연 4회 국전 특선을 거

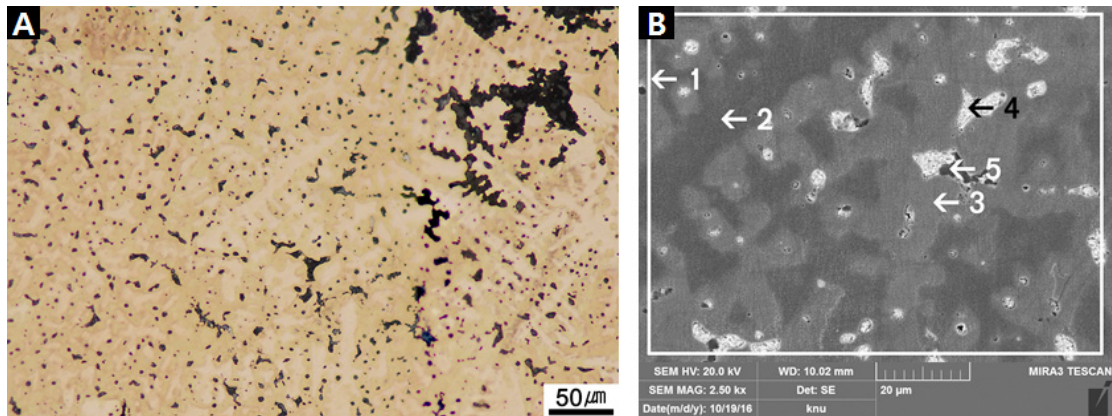


Figure 3. Microstructure of Kim Chan Shik's 'Feeling'. (A) Image of metallurgical microscope, (B) SEM image and points of EDS analysis.

Table 3. EDS analysis result of Kim Chan Shik's 'Feeling'

Analysis position	Element (wt%)					Total
	Cu	Sn	Zn	Pb	S	
1	85.13	5.70	2.27	6.90	-	100
2	100.00	-	-	-	-	100
3	91.44	8.56	-	-	-	100
4	7.97	-	-	92.03	-	100
5	11.39	-	60.30	0.34	27.97	100

쳐 1961년 추천작가 지정을 받았다. 그는 1950년대 후반 철제 용접 조각을 시도하였으며, 철제를 비롯한 청동, 목조, 석조 등 조각의 다양한 분야를 두루 섭렵하였다.

김찬식 작품의 특징은 선조적인(linear) 진행과 동시에 주제의 변모에 따른 내용과 형식의 과감한 전환을 이루고 있는 점이다. 작가는 연인을 상징하는 한 쌍의 ‘정(情)’이라는 주제로 일관되게 작품을 제작하였으며, 매끈한 표면 질감과 깔끔한 마감처리가 특징이다(Yoon, 2006).

4.2. 보존처리 전 상태

김찬식 ‘정’은 1986년 국립현대미술관 과천관 이전과 함께 야외조각공원이 조성되면서 제작·설치되었다. 현재 작품은 야외조각공원의 경사진면에 위치하고 있으며, 작품 후면으로 수목과 배수로가 있다. 작품은 110 cm 높이의 대리석 좌대로 인하여 우천 시 모래와 이물질의 접근, 습기 등으로 부터 보호되고 있는 상태이다.

전체적으로 산성비, 대기오염에 의해 청동 파티나층이 손상되었으며, 작품의 구형(球形) 부분과 좌측면에는 곤충에 의한 피해(곤충집, 거미줄)와 종방향의 부식얼룩이 확인된다. 작품의 용접부위에는 미세한 기공이 확인되며, 우측상단에는 주물에 의한 결함이 있다(Figure 4). 본 작품은 오랜 기간 야외 전시로 인하여 파티나(Patina)층이 심각하게 손상되었으나 표면 클리닝 이외의 처리는 이루어지지 않았음을 기록을 통해 확인하였다.

4.3. 파티네이션 테스트

청동 파티네이션(Patination)은 청동 표면 위에 화학용액을 반응시켜 얇은 층의 피막을 형성하는 부식착색기법이다. 이때 생성되는 인공 파티나(Artificial patina)는 투명하거나 불투명할 수 있고, 또한 많은 부식층들을 겹쳐 줌으로써 다양한 효과를 작품에 적용시킬 수 있다(Morgan, 1999; Shin, 2012). 현대 조각작품의 보존처리 시 파티네이션과 같이 색상변화에 민감한 부분은 매우 중요하다. 특히 재파티네이션 처리에 있어 가장 중요시 되는 것은 작가가 최초로 의도했던 색상에 가장 근접하게 재현하는 것이라 할 수 있다. 따라서 작가의 작업방식과 작품의 역사적 흐름을 반드시 이해하여야 한다. 예를 들어 Getty 미술관 소장의 무제(Untitled) 시리즈에서 엘스워스 켈리(Ellsworth Kelly: 1923-2015)는 매끈한 표면질감 상태의 검정·무광 표면을 지속적으로 유지하는 것을 선호한다. 반면 헨리 무어(Henry Moore: 1898-1986)의 경우에는 작품이 필연적으로 풍화되고 색상이 변해가는 것을 보여주려고 한다. 따라서 작가의 제작방법에 관해 조사할 때는 조각작품이 제작된 직후의 사진은 물론 작가와 어시스턴트, 주물 제작자, 작가재단의 인터뷰를 포함해야 한다(Considine *et al.*, 2010). 하지만 국내의 경우 작가의 작업방식과 재료, 기법, 보존처리 방향 등을 아카이브(Archive)하는 사례는 최근에 들어서야 진행되고 있으며, 작품 제작 직후의 사진·기록 등이 산재되어 있거나 남아있지 않아 보존처리의 어려움

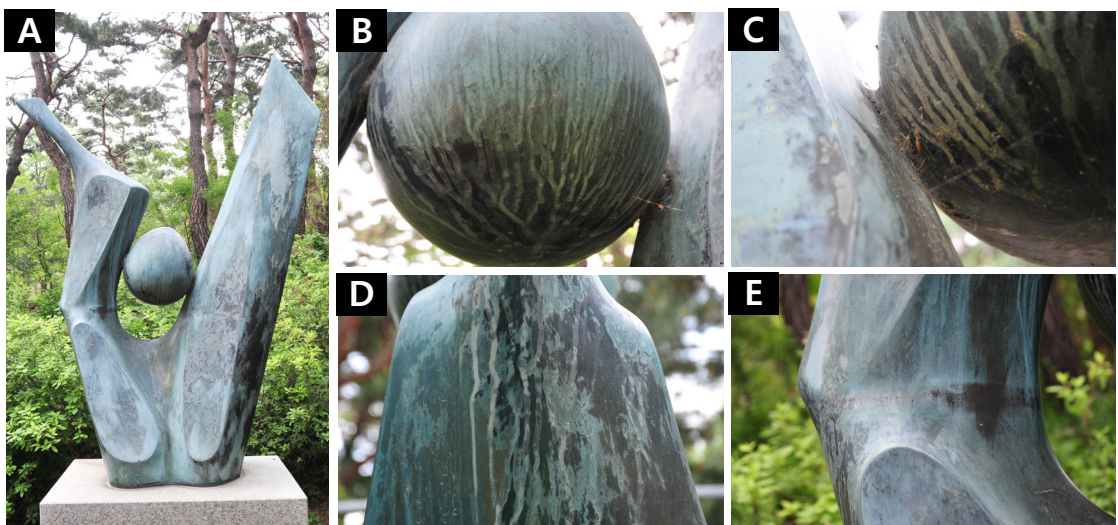


Figure 4. Before conservation treatment. Details of the 'Feeling'. (A) Front side, (B) Blowholes, (C) Insect damage, (D) Surface stain, (E) Welding.

이 있다. 따라서 재파티네이션과 같은 보존처리에 있어서 작가의 견해는 매우 중요한 역할이며, 작가 사후에는 작가 유족, 어시스턴트, 소장처 등의 의견이 많은 영향을 미친다.

김찬식의 1970년대 작품은 구상적 형태를 바탕으로 투박한 마감처리와 거친 표면 질감이 특징인 반면에 1980년대의 작품들은 인체를 연상시키는 유기적인 형태를 바탕으로 매끈한 표면 질감과 균일한 색상 마감처리 특징(Yoon, 2006)을 나타내고 있다. 현재 김찬식 '정'은 작품의 제작 직후 사진·기록 등이 남지 않아 미술관 등록대장에 남아있는 사진(1994년 촬영: Figure 5A)과 작가의 동시대 작품 사진(Mokam Museum, 2004) 등을 기준으로 오리지널과 가장 가깝다고 생각되는 파티나 부분을 확인하였다. 그 결과 Figure 5에서와 같이 흑녹색의 파티나층(1994년: Figure 5A)이 20년의 시간이 흐른 뒤에 밝은 연녹색의 파티나층(2014년: Figure 5B)으로 변색되었음을 확인하였다. 따라서 현재 작품의 파티나층은 작품 제작 초기 색상과는 많은 차이를 보이고 있으며, 얼룩진 표면상태가 원작(Original work)의 미적요소를 저해한다는 미술관의 전시,

작품관리, 보존부서의 협의 결과, 재파티네이션 처리의 필요성을 확인하였고, 미술관 등록대장에 남아있는 사진과 작가의 동시대 작품 사진 등을 기준으로 오리지널과 가장 가깝다고 생각되는 파티나 부분의 색상을 선정하였다. 또한 기존 파티나층 위의 파티네이션처리와 전체 파티나층을 물리적으로 제거 후 파티네이션처리 하는 과정의 진행 여부에 대해서도 미술관 내부뿐만 아니라 외부 보존전문가와 충분한 논의를 거쳐 진행하였다. 이러한 처리는 Getty 미술관 소장의 잭 자약(Jack Zajac: 1929-) 'Big Skull & Horn in Two Parts II', 리움미술관 소장의 헨리무어(Henry Moore: 1898-1986) 'Bronze Form', 서울시 광화문에 설치·전시되어 있는 김세중(1928-1986) '이순신 장군 동상' 등 재파티네이션 사례를 참고하였다.

테스트는 작품 후면 하단에 시행하였으며, 표면연마는 원형 진동 연마기(WU650, WORX Co., Germany / GEX 125-1 AE, BOSCH CO., Germany)와 사포 100 mesh, 150 mesh(NX Hookit Paper Disc 5 inch 6 hole, 3M Co., Canada)를 사용하였다. 약품은 황화칼륨(K₂S), 질산철 수용액(Fe(NO₃)₂·3H₂O)을 단독 또는 혼합한 용액과 시중에서 조합되어 판매되는 녹청[®]과 BC[®] 용액을 사용하였으며, 파티네이션, 왁스코팅 후의 표면색상 변화를 고려하여 테스트를 실시하였다(Figure 6). 그 결과, 녹청[®]과 BC[®] 용액을 순차적으로 적용한 파티나층을 최종 결정하였다. 녹청[®]과 BC[®] 용액의 성분을 조사해 보았지만 아쉽게도 알 수 없었다.

4.4. 표면연마

연마는 기존 파티나의 두께 및 접착력에 따라 사용기기 및 연마사포의 거칠기를 달리 하여 적용하였다. 테스트 결과 원형 진동 연마기(Vertical polisher)와 연마사포는 100 mesh로 1차 연마 후 파티네이션 부착력이 최적이라고 판단되는 150 mesh로 최종 마무리 하였다(Figure 7A). 굴곡

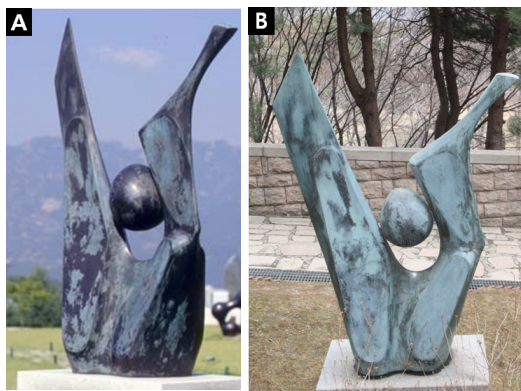


Figure 5. Photographs of Kim Chan Shik's 'Feeling' taken in 1994(A) and 2014(B).



Figure 6. Patination test. (A) After polishing the surface, (B) The patination process, (C) After the coating process.

이 심해 연마기로 처리할 경우 바탕금속의 과잉 연마의 위험성이 있는 부분은 손으로 연마처리 하였다(Figure 7B). 연마과정에서 용접에 의한 접합선과 구조상의 표면 결함이 드러났다. 접합선과 구조결합 등은 제작방법을 알 수 있는 단서이므로 주의하며 연마를 실시하였다. 표면연마 후 잔유물 및 탈지(Degreasing)를 위해 자일렌으로 작품표면을 세척하였다(Figure 7C).

4.5. 파티네이션

사전 테스트를 통해 결정된 색상정도과 약품, 방법으로 파티네이션을 실시하였다. 연마가 끝난 청동 표면을 소형 프로판, 부탄가스 토치(Propane, Butane gas torch)를 이용하여 가열한 후 BC[®] 용액을 분무하고, 가열된 표면을 서서히 냉각시키며 물을 분무하여 색상변화 정도를 조절하였다. 일정 시간이 경과한 후, 녹청[®] 용액을 분무하고 색상변화를 조절하여 마무리하였다. 파티네이션 처리 후 작품표면에 잔존해 있는 화학약품의 반응으로 인한 파티나의 변

색을 방지하기 위해 충분히 수세하였다. 일부 약품이 남아 있는 상태에서 왁스코팅 후 백색 코팅막이 생성 될 수 있는데 이 경우 소량의 테레핀 오일을 이용하여 제거한 후 왁스로 재코팅처리하여 마무리 할 수 있다.

4.6. 왁스코팅

김찬식 ‘정’은 야외 전시로 인한 계절적 영향과 대기오염 등으로 보호피막이 손상되고 부식이 진행되었다. 눈, 비, 자외선, 대기오염 등으로부터 작품을 보호하고 색상을 안정되고 아름답게 나타내기 위하여 코팅작업을 진행하였다. 야외 청동조각 코팅에는 아크릴, 천연왁스, 마이크로크리스탈린(Microcrystalline) 왁스, 부처스(Butcher's) 왁스 등이 사용된다. 코팅제 선택 시에는 코팅제의 수명, 가역성, 미적인 요소, 유지보수 등의 특성이 고려된다. 코팅제의 수명은 보존처리 방법과 환경에 따라서 차이를 나타내지만 일반적으로 마이크로크리스탈린 왁스는 2~5년(Robbiola *et al.*, 1993), 아크릴 수지(Paraloid B-72)는 빛에 장기간

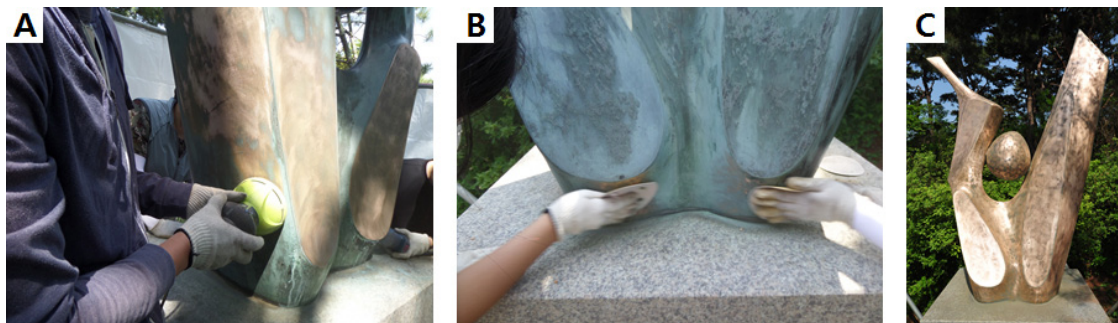


Figure 7. Process to polish surface. (A) Using a vertical polisher, (B) Polishing by hand, (C) After polishing surface.

Table 4. Physicochemical characteristics of the materials used in the MCC wax manufacture(Sciencelab.com, 2013)

	Physical state	Colour	Odour	Melting point(°C)	Boiling point(°C)	Molecular weight (g/mole)
Carnauba wax	Solid	Yellow to green	Pungent, Characteristic	84	Not available	-
Bees wax	Solid	Yellow	None to slight-characteristic	63.5	343	-
Dammar gum	Solid	Brown	None to slight-characteristic	110	Not available	-
Turpentine oil	Liquid	Colourless	Characteristic	-55	165	136
Lavender oil	Liquid	Colourless to light yellow	Lavender flowers	Not available	Not available	Not available

노출된 환경(3년 이상)에서(Down *et al.*, 1996) 열화가 진행되기 시작하는 것으로 알려져 있다.

코팅 전 여름철(7월) 최고 기온일 때 작품표면 온도가 어느 정도까지 올라가는지 파악하기 위하여 열화상카메라(T640, FLIR, Germany)로 촬영한 결과, 65°C까지 올라가는 것을 확인하였다. 따라서 코팅제는 자외선과 열에 강하고, 미술품 및 문화재 등에서 적용한 사례가 있는 MCC 왁스를 선정하였다(Kim, 1998; Kim and Lee, 2000; Song *et al.*, 2009).

MCC 왁스는 여러재료(Table 4)를 혼합 제조한 왁스로 작품의 전시환경과 작업환경에 맞게 기존왁스들이 가지고 있는 단점들을 보완 할 수 있는 장점을 가지고 있다. 계절에 따라 카노버 왁스(Carnauba wax)와 밀랍(Bees wax)의 비율을 조절하여 사용하며, 라벤더유는 왁스와 수지를 유화시키는 역할을 한다. 코팅방법으로는 가열용융법을 선택하여 표면에 인위적으로 열을 가하여 왁스가 표면 전체에 잘 스며들게 하고 고른 두께로 퍼지도록 처리하였다.

왁스코팅 시 코팅층의 두께, 즉 왁스의 양을 어느 정도로 할 것인가 결정하는 것은 매우 중요하다. 코팅에 앞서 파티나의 두께와 거칠기, 공극율, 견고성 등을 면밀히 관찰한 후 작품의 표면 가열을 어느 정도 할 것인지, 왁스의 양을 어느 정도 할 것인지를 결정하게 된다. 왁스의 양이 너무 적으면 파티나 내부까지 침투하기 힘들어지고, 너무 많으면 왁스가 두텁게 남는 부분이 생겨 변색 되면서 작품 감상에 방해가 된다. 또한 조각의 바탕금속 두께에 따라 가열 정도를 조절해야하기 때문에 부분 테스트를 한 후 결정하였다. 코팅처리 과정은 1차 가열왁스코팅, 브러싱, 2차 비가열왁스코팅, 브러싱, 천광택 순으로 진행하였다. 먼저 코팅 전 대기환경 조건(24±3°C, RH 50±10%)과 코팅 전 작

품표면 온도(30±7°C)를 확인하였다. 소형 프로판, 부탄가스 토치를 이용하여 표면온도를 약 100°C까지 높여 작품 표면의 수분을 제거한 후 왁스 녹는점(86°C)을 고려하여 80~90°C 사이에서 왁스를 도포하였다. 그런 다음 왁스가 페이스트 상태로 응고되기 시작하는 50~60°C 사이에서 브러싱 작업을 하였다. 코팅처리 후 조각 표면에 이물질 부착을 최소화하고, 작품의 미적인 요소를 부여하기 위해 광택 처리를 하였다. 이 과정은 작품의 주변 온도, 햇빛에 따라 작품표면의 온도가 차이가 크므로 적절한 시간을 맞추는 것이 중요하다.

4.7. 마무리

작품 하단의 스크래치나 손상부분과 같이 코팅처리 후에도 표면색상이 조화롭지 못한 부분에 한하여 색왁스를 이용하여 마무리를 하였다. 해외에서는 제품으로 판매되거나 무기안료와 왁스, 용제를 혼합하여 사용하고 있다(Considine *et al.*, 2010). 본 연구에서는 후자의 방법을 이용하여 마무리 하였다(Figure 8).

보존처리 후 정기적인 모니터링을 통하여 작품의 상태를 확인하였으며, 보존처리를 실시하고 2년 후 일부 백색의 들뜬 코팅층이 확인되어 손상된 코팅층을 열을 가해 제거하고 재코팅을 실시하였다. 그리고 마른 천으로 표면의 오염물을 제거(연 4회)하고, 왁스코팅(연 1회)을 실시하고 있다.

5. 결론

공공 예술 조각품과 야외 조형물에 대한 관심과 함께 작품의 보존·관리의 중요성이 높아지고 있다. 야외에 전시 중

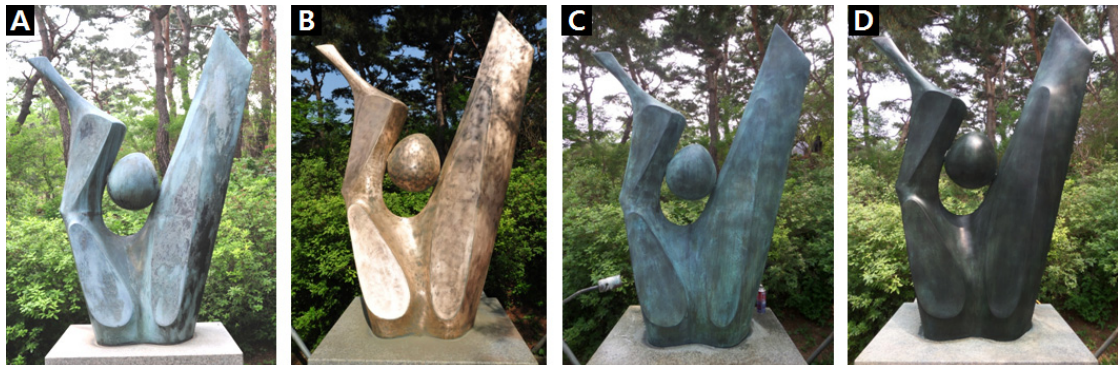


Figure 8. Compared before and after conservation treatment. (A) Before, (B) After polishing the surface, (C) After the patination process, (D) After.

인 조각작품의 경우 장기간의 야외 전시로 인해 부식과 열화 등의 손상을 야기하게 된다. 보존처리 시 원작(Original)의 색상 복원 및 재현은 중요한 부분으로 작가의 제작 의도와 작품의 의미를 반드시 이해하여야 하며 이를 바탕으로 보존처리가 이루어져야 한다.

작품의 재질특성에 대한 분석 결과, 구리, 주석, 아연, 납(Cu-Sn-Zn-Pb)으로 주조된 미술 공예용 청동임을 확인하였으며, 아연의 첨가는 주석의 산화를 억제하고 유동성을 높이기 위한 기능임을 알 수 있었다. 작품 표면연마 후 관찰되는 용접, 균열, 주조결함의 재질의 특성 중, 용접부위는 바탕금속보다 구리를 제외한 나머지 주요원소의 함량이 비교적 적은 경향을 보였다. 주조결함인 편석, 균열, 기공에서는 육안 관찰 시 일부 바탕금속보다 밝은 부분들이 얼룩처럼 분포되어 있었으며, 이에 대한 분석 결과 주석과 납의 함량이 13.0 wt%, 10.5 wt%로 바탕금속(주석: 7.0 wt%, 납: 4.4 wt%)보다 높게 측정되었다. 또한 미세조직 관찰결과를 통해 작품의 제작은 열처리를 비롯한 인위적인 가공이 가해지지 않은 주조기법이 사용된 것으로 추정되었다. 이러한 분석 결과는 재료 선정 자료와 보존처리 방법으로 활용하였다.

국립현대미술관 과천관 야외조각공원에 전시중인 김찬식(Kim Chan Shik)의 '정(Feeling)'은 장기간의 야외 전시로 인해 대기오염물과 자연재해 등에 의해 부식, 흑변, 곤충에 의한 피해 등이 확인되었으며, 작품표면의 파티나층이 손상되었다. 작품 표면연마 후 잔유물 및 탈지를 위해 자일렌으로 작품표면을 세척하였으며, 원작의 색상 복원 및 재현을 고려하여 파티네이션 테스트를 걸쳐 재파티네이션, 왁스코팅 등의 보존처리를 진행하였다. 보존처리 완료 후 정기적인 클리닝(연 4회)과 왁스코팅(연 1회)으로 작품을 보존관리하고 있다. 본 연구 결과가 야외 청동조각 작품의 보존방안을 모색할 수 있는 기초 자료로 활용될 수 있기를 기대한다.

REFERENCES

- Choi, B.S., 1990, Modeling. Misool Gongron Sa, Seoul, 261, 304. (in Korean)
- Considine, B., Wolfe, J., Posner, K. and Bouchard, M., 2010, Conserving outdoor sculpture: The stark collection at the getty center. Getty Conservation Institute, Los Angeles, 99, 102, 157-158.
- Coryat, I.M.P., 2012, Patinas for bronze sculpture: Step-by-step guide to beautiful patinas. Create Space Independent Publishing Platform, North Charleston.
- Down, J.L., MacDonald, M.A., Tetreault, J. and Williams, R.S., 1996, Adhesive testing at the candian conservation institute - An evaluation of selected poly(vinyl acetate) and acrylic adhesives. *Studies in Conservation*, 41, 25-27.
- Hughes, R. and Rowe, R., 1991, The colouring, bronzing and patination of metals. Watson-Guptill Publications, New York.
- Hurst, S., 2005, Bronze sculpture casting & patination: Mud, Fire, Metal. Schiffer Publishing Ltd., Pennsylvania.
- Kim, J.H., 2007, Acid rain. Seoul National University Press. Seoul, 276-277. (in Korean)
- Kim, K., 1998, Research on the coating used on outdoor bronze sculptures: Wax coating treatment of Bourdelle's works. *Journal of Ho-Am Art Museum*, 3, 63-64. (in Korean with English abstract)
- Kim, K., 2009, Patination of bronze pieces - on interpretation and preservation of patina. *Journal of National Museum of Contemporary Art, Korea*, 1, 51-61. (in Korean with English abstract)
- Kim, K., 2014, Case studies on the conservation and restoration for artworks. Ph. D. dissertation, Hongik University, Seoul. (in Korean with English abstract)
- Kim, S.K. and Lee, O.H., 2000, Conservation of the iron banner pole on the site of Yongdusa temple(National treasure No. 41). *Journal of Ho-Am Art Museum*, 5, 35-36. (in Korean with English abstract)
- Kwon, H.C., Kim, K.Y., Kim, Y.H., Yoon, U.H., Lee, S.H., Lim, S.C., Jung, S.B., Jo, H., Choi, G.S., Han, S.J. and Hwang, I.Y., 2008, Understanding of copper and copper alloy. *Korea Metal Journal*, Seoul, 117. (in Korean)
- Lee, J.E., 2013a, An experimental application of dry-ice pellet cleaning for removing contaminants on surface of outdoor bronze artefacts. Master's thesis, Kongju University, Gongju, 1. (in Korean with English abstract)
- Lee, J.H., 2013b, Materials and welding for preparing professional engineer welding. 21C Book, Seoul, 744-745. (in Korean)
- Mokam Museum, 2004, Sculpture of Kim Chan Shik.

- Mokam Museum, Goyang. (in Korean)
- Morgan, L., 1999, The artificial patination of bronze sculpture. *V&A Conservation Journal*, 31.
- Oh, S.J. and Wi, K.C., 2017, A study on the development and application of perilla oil based compound wax agent for preserving outdoor metal sculpture: A case study on iron sculptures. *Journal of Conservation Science*, 33(2), 121-130. (in Korean with English abstract)
- Park, H.J., 2016, A case study on the conservation of outdoor sculpture in Korea. Master's thesis, Konkuk University, Chungju. (in Korean with English abstract)
- Robbiola, L., Fiaud, C. and Pennec, S., 1993, New model of outdoor bronze corrosion and its implications for conservation. ICOM Committee for Conservation tenth triennial meeting, Washington D.C., August 22-27, 801.
- Schumann, H. and Oettel, H., 2004, *Metallografie*. Wiley, Hoboken, 856-863.
- Sciencelab.com, 2013, Material safety data sheet : Carnauba wax. Sciencelab.com, Houston, 3.
- Sciencelab.com, 2013, Material safety data sheet : Beeswax. Sciencelab.com, Houston, 3.
- Sciencelab.com, 2013, Material safety data sheet : Dammar gum. Sciencelab.com, Houston, 3.
- Sciencelab.com, 2013, Material safety data sheet : Turpentine oil. Sciencelab.com, Houston, 3-4.
- Sciencelab.com, 2013, Material safety data sheet : Lavender oil. Sciencelab.com, Houston, 3.
- Scott, D.A., 1991, *Metallography and microstructure of ancient and historic metals*. Getty Conservation Institute, Los Angeles, 2-10.
- Shin, H.J., 2012, A preliminary study of reproduction techniques to artificial patinas on bronze sculpture. Master's thesis, Konkuk University, Chungju, 5. (in Korean with English abstract)
- Song, W.J., Kim, M.H., Ahn, B.C. and Jeong, H.D., 2009, A study on the testing of weather resistance of anti-corrosion wax covering agents in the locomotive at Jangdan station of Gyeongui line. *Journal of Conservation Science*, 25(4), 374-375. (in Korean with English abstract)
- Yang, H.M., 2010, A study on post management and standard ordinance plan of art building decorations. Arts Council Korea, 24. (in Korean)
- Yoon, J.K., 1998, Weld defects and its characteristics in welds. *The Korean Welding & Joining Society*, Seoul, 51. (in Korean)
- Yoon, J.K., 1994, Weld crack. *The Korean Welding & Joining Society*, Seoul, 133. (in Korean)
- Yoon, J.S., 2006, Aesthetic characteristics of the sculpture by Kim Chansik. *SCULPTURE*, Autumn, 38-43. (in Korean)