야외 페인팅 조각의 보존처리를 위한 기초조사 - 니키 드 생팔 '검은 나나'를 중심으로 -

권희홍¹ | 김정흠 | 한예빈*
국립현대미술관 작품보존미술은행관리과
*국립현대미술관 전시기획 1팀

A Study on Conservation of Outdoor Painted Sculptures: Niki de Saint Phalle's 'Black Nana'

Hee Hong Kwon¹ | Jung Hum Kim | Ye Bin Han*
Department of Conservation and Art Bank, National Museum of Modern and Contemporary Art,
Gwacheon, 13829, Korea
*Exhibition Team 1, National Museum of Modern and Contemporary Art, Seoul, 03062, Korea

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

초 록 현대 미술품 중 페인팅 된 야외 조각품의 수량이 증가함에 따라 보존처리에 대한 연구가 진행되고 있으나 아직은 초기단계이다. 국립현대미술관 과천관 야외조각공원에 전시되었던 니키 드 생팔(Niki de Saint Phalle)의 '검은 나나(Black Nana, 1964년)'는 야외전시로 인하여 작품 표면 페인트층의 박락 및 열화가 진행되었으며, 이로 인해 보존처리가 요구되었다. 보존처리를 시행하기에 앞서 '검은 나나'에 사용된 페인트의 성분 및 종류를 알아보기 위하여 단면관찰, FT-IR, Raman, Py-GC/Mass 분석을 실시하였으며, 해외 선행연구 결과와 비교하였다. 그 결과, '검은 나나'에 사용된 페인트 종류 및 색상은 해외 선행연구 결과와 일치하였으며, 손상 유형 역시 유사함을 확인하였다. 본 연구결과는 '검은 나나' 보존처리에 필요한 재료선정 및 보존처리 방법에 있어서 기초자료로 활용될 것으로 기대된다. 또한, 보존처리 시 작가의 재단 및 어시스턴트 등과의 협력을 통해 작가의 제작의도를 정확하게 파악하여 작품의 원본성을 존중한 보존처리가 진행될 것으로 기대된다.

중심어: 니키 드 생팔, 검은 나나, 페인트, 야외 조각

ABSTRACT A study on conservation of outdoor painted sculptures has begun to receive attention as increasing numbers of the sculptures, but it is still in an early stage in South Korea. In the case of a painted outdoor object which has been exhibited in National Museum of Modern and Contemporary Art (MMCA), 'Black nana' produced by Niki de Saint Phalle in 1964, deterioration was observed, such as flaking and discolouration of paint layers due to ultraviolet light and a sudden temperature change during an outdoor exhibition. For this reason, prior to treatment of the sculpture, to find out the painting techniques and materials applied, cross section, FT-IR, Raman and Py-GC/Mass were conducted. As a result, the type and colour of the paint agree with results of the other studies as well as deterioration pattern. It is expected that the results of this study will be utilized for treatment proposal and conservation material selection of 'Black nana'. In addition, to determine the artist's intention of the artist, cooperation with the foundation of Niki de Saint Phalle and artist's assistants will be carried out.

Key Words: Niki de Saint Phalle, Black Nana, Paint, Outdoor sculpture

1. 서론

최근 현대 조각 작품은 기존에 사용되었던 석재, 금속, 목재뿐만 아니라 합성수지에 이르기까지 다양한 재료가 활용되고 있다. 합성수지의 경우 가공 및 성형이 용이하여 현대 조각 작품의 재료로 널리 이용되고 있으며, 그 중에서도 폴리우레탄(Polyurethane), FRP(Fiber Reinforced Plastic) 등이 활발하게 사용되고 있다. 합성수지로 제작된 대형 조각 작품은 야외에 설치·전시하는 경우가 많으며, 주로 작품 표면에 페인트를 도장(Painting)하는 방법이 사용되고 있다. 야외 작품의 경우 온·습도 및 자외선 등 환경적인 열화 요인에 직접적으로 노출되어 재료의 내구성에 영향을 받는다. 특히 작품의 표면을 구성하는 페인트는 환경에 대한 노출, 바탕층과의 호환성, 다른 층과의 응집력, 도포방법, 착색제의 종류, 광택 정도 등 여러 요인에 의해 변형된다. 이러한 페인트는 열화되면서 주로 변색, 박락, 균열 등이 발생하며, 부적절한 보존처리 방법에 의해 오히려 도장된 표면의 상태가 취약해 질 수 있다(Considine *et al.*, 2010).

작품의 색상과 질감을 표현하기 위하여 작품 표면을 도장한 야외 페인팅 조각(Outdoor painted sculpture)은 1960~1970년대에 등장하기 시작하여 현재 국외에서는 유럽과 미국을 중심으로 야외 페인팅 조각의 보존처리에 대한 논의가 활발히 진행되고 있다.

2012년 GCI(Getty Conservation Institute) 주관으로 20세기 야외 페인팅 조각의 보존을 위한 토론회가 개최되었으며, 토론회는 윤리적·철학적인 관점(Ethical/philosophical issue), 재료와 기술(Material/technical issue), 법률적 사안(Legal issue), 관리방안(Management issue), 정보교환(Communication and information exchange issue) 등 총 다섯 가지의 주제로 진행되었다. 그 중 윤리적·철학적인 관점에서 작품의 페인트를 어떻게 보존 할 것인가가 중요하게 언급되었으며, 페인트의 보존처리 시점 및 범위, 처리방법 등은 끊임없이 고민해야 할 부분으로 언급되었다(Learner and Rivenc, 2012).

현재 국내에서 야외 페인팅 조각의 보존관련 연구는 Huh(2009)의 알렉산더 칼더의 ‘무제-스위스 치즈’작품에 사용된 페인트의 종류 및 도장 기법에 대한 분석, Kim *et al.*(2012)의 등록문화재 전차의 페인트 분석과 같이 주로 페인트에 대한 연구가 진행되었으며, Yang(2014)의 국내 야외 페인팅 조각의 보존현황 및 복원 사례 분석에 대한 연구도 수행되었으나 국내 연구는 초기 단계에 불과하다.

국립현대미술관 과천관 내 야외조각공원에 전시되었던

니키 드 생팔(Niki de Saint Phalle)의 ‘검은 나나(Black Nana)’는 장기간(약 3년)의 야외전시로 인한 열화가 진행되어 보존처리가 요구되었다. 야외 페인팅 작품에 대한 국내의 선행 연구가 부족한 상황에서 ‘검은 나나’의 페인트 분석과 해외에서 진행된 니키 드 생팔 작품의 보존처리 및 분석 사례와의 비교를 통해 ‘검은 나나’의 보존처리를 위한 기초자료로 활용하고자 한다.

2. 니키 드 생팔 작품의 보존처리 및 분석 사례

니키 드 생팔(Niki de Saint Phalle: 1930-2002)은 여러 여성의 이미지들인 신부, 어머니, 임산부, 매춘부, 마녀 등을 하나의 여성상 안에서 합류시켜 ‘나나(Nana)’라는 이름의 거대한 여성 조형물 제작하였다. 현재 ‘나나’를 비롯한 니키 드 생팔의 작품은 여러 국가에 소장되어 있으며, 해외에서 선행연구 된 보존처리 및 분석사례는 다음과 같다(Table 1, 2).

독일 뒤스부르크(Duisburg) 분수대에 설치(1993년)된 ‘Lifesaver fountain(765×500×320 cm)’은 페인트 박락, 변색 등의 이유로 보존처리(2009년~2010년)가 이루어졌다. 작품 분석을 통해 페인트 종류 및 색상을 파악하였으며, 표면세척, 강화처리, 복원 그리고 색맞춤 순서로 보존처리가 이루어졌다. 표면세척은 1차 세척(water in citric acid 20 wt.%)을 통해 칼슘 침전물을 제거하고, 2차 세척(only water)으로 마무리 하였다. 페인트의 강화처리는 폴리우레탄(polyurethane)을 적용하였으며, 결실부에는 아크릴 충전제를 사용하였다. 복원부분에 한하여 아크릴 물감과 안료를 혼합하여 색맞춤을 실시하였으며, 폴리우레탄 클리어 코트로 마무리 하였다(Breder, 2012).

브라질 상파울로(São Paulo) 광장에 설치(1998년)된 ‘Four nana fountain(1974년)’는 페인트의 균열 및 박락 그리고 백화현상 등이 확인되었다. 이 작품은 백색, 적색, 황색, 녹색, 청색 등 ‘검은 나나’와 유사한 색상의 페인트를 사용하여 제작하였는데 XRF, FT-IR, Raman 분석으로 페인트 종류를 동정하였다. 성분 분석결과, 백색은 Zinc white(ZnO)와 Titanium white(TiO₂), 적색은 Chrome red(PbCrO₄ · PbO), 황색은 Chrome yellow(PbCrO₄), 녹색은 Phthalocyanine green, 청색은 Ultramarine blue 또는 Cobalt(Co)를 주성분으로 하는 페인트가 사용된 것으로 추정하였다. 분석결과를 바탕으로 클리닝, 접합·복원, 색맞춤 순서로 보존처리가 이루어졌다. 먼저 작품 표면의 기포와 박락부분은 연마하였으며, 폴리우레탄계 Sherwin

Table 1. Case studies of conservation treatment of sculptures by Niki de Saint Phalle.

Work	Conservation Treatment			
	Cleaning	Filler	Coloring	Coating
Life saver fountain (1993)	Citric acid 20 wt.%(in water), Water	Acrylic	Acrylic paint, Pigment	Polyurethane
Four nana fountain (1974)	Polishing	Polyurethane (Sherwin Williams®), Epoxy(Milliput®),	Inorganic pigment (Maimeri®)	Polyurethane (PU 4100 Wanda Tech®, 3093 Akzo Nobel®)
Nana (1970's)	Internal : corrosion inhibitor & reinforcement with stainless steel, Filler : FRP(Fiber reinforced plastic)			

Table 2. Case studies of analysis of sculptures by Niki de Saint Phalle.

Work	Analysis
Four nana fountain (1974)	Zinc white, Titanium white, Chrome red, Chrome yellow, Phthalocyanine green, Ultramarine blue, Cobalt paint
Shooting picture (1961)	Toluidine red, Hansa red, Monoazo yellow, Phthalocyanine green, Ultramarine blue, Phthalocyanine blue

Williams®, 에폭시계 Milliput®으로 접합·복원하였다. 색맞춤은 유화 작품 복원 시 사용되는 무기안료(Maimeri®)로 처리하였으며, 폴리우레탄 클리어 코트(PU 4100 Wanda Tech®, 3093 Akzo Nobel®)로 마무리하였다(Mariano *et al.*, 2015).

독일 하노버(Hannover)에 설치(1970's)된 'Nana'는 작품 내부의 철제 지지대를 방청처리하고 스테인리스강으로 내부를 보강하였다. 작품의 부식 원인이 되는 콘크리트는 제거하였으며, FRP로 복원 후 색맞춤하였다(Hahlbrock, 2016).

영국 테이트 브리튼 갤러리(Tate Britain) 소장의 'Shooting picture(1961년)'는 총을 이용하여 페인트를 캔버스에 쏘거나 흘리는 표현기법으로 페인팅 조각과는 차이가 있지만 니키 드 생팔이 사용한 페인트 종류를 알 수 있다. 본 연구는 SEM-EDS, FT-IR, GC-Mass, DEMS 분석을 실시하여 바인더 및 안료의 종류를 확인하였다. 분석결과, 페인트는 PVAc계통의 바인더가 사용되었으며, 적색은 Toluidine red 또는 Hansa red, 녹색은 Monoazo yellow와 Ultramarine blue의 혼합, 또는 Phthalocyanine green이 사용되었으며, 청색은 Phthalocyanine blue가 확인되었다(Smithen *et al.*, 2011).

3. 연구 방법

3.1. 상태조사

페인트의 균열 및 박락이 진행된 '검은 나나'의 정확한 상

태조사를 위하여 육안관찰, 색도측정을 실시하였다. 작품의 손상도는 2012년~2015년 동안 기록한 사진자료 및 상태조사 카드를 비교하였다. 색도측정(CM-700d, Minolta, Japan)은 표준광원 D65, 시야각 2°, 분석 면적 5 mm의 조건으로 설정하였으며, 작품 페인트의 변·퇴색을 확인하기 위해 2013년과 2014년에 각각 1회씩 측정하여 비교·분석하였다. 변·퇴색 정도는 $\Delta E = \sqrt{(L_2 - L_1)^2 + (a_2 - a_1)^2 + (b_2 - b_1)^2}$ 값을 활용하여 그 수치가 높을수록 변·퇴색이 심한 것으로 진단하였다(Kim, 2015).

3.2. 페인트 분석

'검은 나나'는 백색, 적색, 황색, 밝은 녹색, 청색, 밝은 청색, 흑색 등 총 7가지 색상이 사용되었다. 야외 전시로 인해 표면의 페인트는 변색, 박락, 바스러짐 등 열화현상이 발생하였으며, 일부 색상에서는 코팅층과 안료층이 분리되는 현상이 관찰되었다. 작품 표면에서 균열 및 박락된 페인트 파편은 수습하여 분석 시료로 사용하였으며, 총 7가지 색상의 시료를 채취하였다.

페인트의 도장 방법 및 순서 등을 확인하기 위하여 시료를 단면절단 후 광학현미경(Eclipse LV100, Nikon, Japan)으로 페인트 층위 및 두께를 측정하였다. 적색과 흑색을 제외한 나머지 색상은 시료의 열화 상태가 심하여 정확한 단면 관찰이 어려웠으며, 이에 작품 하단 치마부분에서 수습

한 적색과 흑색 시료만을 대상으로 단면 관찰을 진행하였다.

작품에 사용된 페인트의 성분분석을 위해 적외선(FT-IR) 및 라만(Raman) 분광분석, 열분해 가스 크로마토그래피/질량분석(Py-GC/Mass)을 실시하였다. 선행연구에 따르면 페인트는 합성수지와 안료, 건조제 등을 혼합한 것으로 페인트 분석 시 적외선 분광분석의 스펙트럼에는 많은 흡수 영역이 존재하나 고분자 수지와 관련된 피크만 뚜렷하게 확인될 뿐 안료나 다른 성분의 흡수는 약한 것으로 나타난다. 라만 분광분석의 경우 스펙트럼에 고분자 수지의 영역은 거의 검출되지 않으나 무기 안료 계열의 성분이 확인된다고 알려져 있다(Zieba-Palus and Borusiewicz, 2006). 대상 시료는 여러 페인트층으로 구성되어 있기 때문에 표면의 코팅층과 안료층을 물리적으로 분리한 뒤 증류수에 세척

하여 분석하였다.

FT-IR은 적외선 분광분석기(Nicolet 8700, Thermo, USA)의 ATR(Attenuated total reflection)모드로 분석하였으며, 분석조건은 sample scans 64, resolution 8 cm^{-1} 으로 설정하여 $4000\sim400\text{ cm}^{-1}$ 파수 범위에서 측정하였다. 3개 이상의 층상 구조일 경우 ATR 방식은 각 층의 스펙트럼을 얻기가 힘들지만(Huh, 2009), 본 연구에서는 안료층과 코팅층이 명확하게 구분되었기에 각 층위별로 정확한 결과를 확인할 수 있었다.

Raman(Inspector Raman, Deltanu, USA) 분석조건은 wavenumber $2000\sim200\text{ cm}^{-1}$, resolution 8 cm^{-1} , 광원 785 nm의 파장을 가진 60 mV의 diode laser로 하였다. 또한 색상별로 관찰되는 Raman 스펙트럼은 레퍼런스와 비교를

Figure 1. Full photographs of 'Black Nana' taken in 2012(left) and 2014(right).

Figure 2. Detailed photographs of the deteriorated paint on 'Black Nana' taken in 2012 and 2014.

통해 페인트의 종류를 동정하였다(IBE A(Ikerkuntza eta Berrikuntza Analitiko), 2016; KIK/IRPA(Royal Institute for Cultural Heritage), 2016).

Gas Chromatography-Mass(7890B-5977A, Agilent, USA)는 Pyrolyzer(PY-3030S, Frontier Lab, USA)가 부착된 장비를 사용하였다. GC/MS 분석조건은 column HP-5ms(30 m×0.25 mm×0.25 μm), gas flow 1 mL/min, oven temp. 50-300℃(10℃/min), split ratio 50:1, mass range 50-500로 설정하였으며, Pyrolyzer는 single-shot 방식으로 sample weight 1 mg, Furnace 700℃, interface 320℃의 조건으로 분석하였다.

4. 연구 결과

4.1. 상태조사

2012년 관찰결과에서는 전체적으로 페인트층의 색상이 선명하고 양호한 상태였으나 3년 경과 후 페인트의 균열

Figure 3. Color differences depending on paint samples(2013, 2014).

및 박락이 심화되어 부분적으로 백색의 프라이머층이 관찰되었다. 특히 동·서·남쪽 면은 페인트의 박락 및 균열이 심각한 상태인 반면 북쪽은 상대적으로 안정하였다. 페인트의 열화 정도는 색상에 따라 차이가 있었으며, 검은색의 경우 투명한 필름막으로 분리되는 현상이 관찰되었다(Figure 1, 2).

색도 측정결과, 색상별 청색>흑색>황색>적색>밝은 녹색>밝은 청색>백색 순으로 색차가 크게 나타났다(Figure 3). 청색, 흑색, 황색은 색차 12이상($\Delta E=12.0\sim(\text{very much})$)의 매우 심한 변화가 확인되었으며, 백색은 상대적으로 색도 차이는 3미만($\Delta E=1.5\sim 3.0$ (noticeable))으로 눈에 띄는 정도였다. 또한 색상의 위치에 따라서도 색변화가 나타났으며, 특히 빛이 직접적으로 조사되는 동쪽의 가슴부분부터 남·서쪽의 등부분은 육안상으로도 색차가 더욱 심한 것으로 확인된다.

작품 표면을 구성하는 페인트는 아외에 노출됨에 따라 빛, 대기 중의 산소 및 수분, 온도 등의 영향을 받게 된다. 이러한 환경적인 요인은 페인트와 같은 고분자 수지의 경우 물리적·화학적 작용을 야기한다. 특히, '검은 나나' 페인트의 표면온도는 8월 최고온도(65℃)와 1월 최저온도(-3℃)의 편차가 68℃로 나타나 온도에 영향이 큰 것으로 추정된다. 온도나 자외선은 산소 및 수분과 결합하면서 고분자 내에서 가교결합을 형성하거나 사슬을 절단하는 등 분자 간 결합을 변형시켜 고분자의 열화(열열화, 광열화 등)를 발생시키며(Ahn, 2007), 이는 페인트 열화의 주요 요인이라 할 수 있다.

Figure 4. A photograph of cross section of a red paint sample.

Figure 5. A photograph of cross section of a black paint sample.

4.2. 페인트 분석

4.2.1. 단면 관찰

페인트의 단면관찰 결과, 적색은 4개, 흑색은 3개의 층이 확인되었으며, 각 층의 두께는 22 ~ 32 μm 로 일정하였다. 적색 페인트의 경우 단면관찰을 통해 가장 아래층은 백색의 프라이머층(Primer), 두 번째 층은 얇은 적색의 서페이스(Surfacer), 세 번째 층은 적색 탑코트(Topcoat), 가장 윗층은 투명한 코팅층(Clear coat)인 것으로 확인되었다(Figure 4). 흑색은 프라이머층, 탑코트층, 코팅층 순서로 나타났다(Figure 5).

4.2.2. 적외선 분광분석

FT-IR 분석결과, 코팅층과 안료층에서 3368 cm^{-1} (N-H), 1523 cm^{-1} (N-H), 1716 cm^{-1} (urethane C=O), 1684 cm^{-1} (urea C=O)의 우레탄(Urethane) 특성 피크(Mustafe, 2005)가 확인되었다(Figure 6). 폴리우레탄 페인트(Poly urethane paint)는 주체와 경화제를 혼합하는 2액형이 많이 사용되며, 도막의 강도, 방수 기능, 신축성, 내후성, 내마모성 등이 뛰어나 외부시설에 많이 사용되는데(Park, 1996), 이러한 이유로 야외 미술품 표면의 페인트 도장재로 많이 활용되고 있다.

4.2.3. 라만 분광분석

Raman 분석결과, 코팅층은 특성 피크가 확인되지 않는다(Figure 7A).

백색은 Titanium white의 특성 피크인 443.8 cm^{-1} , 615.0 cm^{-1} 가 나타나는 것으로 보아 Titanium white가 사

용된 것으로 판단된다(Figure 7B). 적색은 Toluidine red의 특성 피크인 342.0 cm^{-1} , 987.3 cm^{-1} , 1126.2 cm^{-1} , 1188.0 cm^{-1} , 1330.0 cm^{-1} , 1397.9 cm^{-1} , 1617.2 cm^{-1} 가 확인되어 적색 페인트층은 Toluidine red가 사용된 것으로 추정된다(Figure 7C).

황색은 Chrome yellow의 특성 피크인 359.8 cm^{-1} , 841.1 cm^{-1} 와 Hansa yellow 65의 특성 피크인 1138.5 cm^{-1} , 1227.4 cm^{-1} , 1326.9 cm^{-1} , 1485.8 cm^{-1} , 1617.4 cm^{-1} 가 모두 확인되어 Chrome yellow와 Hansa yellow 65가 혼합된 페인트를 사용한 것으로 판단된다(Figure 7D). 밝은 녹색은 Phthalocyanine green의 특성 피크인 682.7 cm^{-1} , 740.4 cm^{-1} , 772.5 cm^{-1} , 1212.1 cm^{-1} , 1285.9 cm^{-1} , 1337.2 cm^{-1} , 1536.2 cm^{-1} 와 Titanium white의 특성 피크인 443.3 cm^{-1} , 609.4 cm^{-1} 가 확인되어 밝은 녹색을 조색하기 위해 Phthalocyanine green과 Titanium white를 혼합한 것으로 추정된다(Figure 7E). 청색은 680.0 cm^{-1} , 746.4 cm^{-1} , 1340.2 cm^{-1} , 1447.8 cm^{-1} , 1528.0 cm^{-1} 가 나타나는 것으로 보아 이는 Phthalocyanine blue의 특성 피크이므로 청색 안료는 Phthalocyanine blue가 사용된 것으로 판단된다(Figure 7F). 밝은 청색은 442.1 cm^{-1} , 608.6 cm^{-1} , 679.6 cm^{-1} , 746.9 cm^{-1} , 1339.3 cm^{-1} , 1448.4 cm^{-1} , 1528.6 cm^{-1} 가 나타나며, 이는 Phthalocyanine blue의 특성 피크인 679.6 cm^{-1} , 746.9 cm^{-1} , 1339.3 cm^{-1} , 1448.4 cm^{-1} , 1528.6 cm^{-1} 와 Titanium white의 특성 피크인 442.1 cm^{-1} , 608.6 cm^{-1} 이므로 밝은 청색은 Phthalocyanine blue와 Titanium white가 혼합된 것으로 판단된다(Figure 7G). 흑색은 특성 피크를 확인할 수 없었다.

Figure 6. FT-IR Spectra of coating and paint layers.

Figure 7. Raman Spectra of coating and paint layers.

4.2.4. 열분해 가스크로마토그래피/질량분석

Py-GC/Mass 분석결과, 모든 코팅층과 안료층에서 1,6-Hexamethylenediisocyanate(HDI)가 확인되었으며(Figure 8-11), 일부 적색과 청색 안료에서 2,4-Toluenediisocyanate

(TDI)가 추가로 검출되었다(Figure 9, 11). HDI, TDI는 폴리우레탄 페인트 제조에 사용되는 성분이므로(Zieba-Palus and Borusiewicz, 2006; Zhang *et al.*, 2009) '검은 나나'의 표면층에는 폴리우레탄 페인트가 사용된 것으로 판단된다.

Figure 8. Pyrogram of coating layer.

1: Tiglaldehyde, 2: Pentanaldehyde, 3: Toluene, 4: Styrene, 5: Benzaldehyde, 6: Heptaldehyde, 7: 1,3-Isobenzofurandione, 8: 1,6-Hexamethylenediisocyanate

Figure 9. Pyrogram of red paint layer.

1: Tiglaldehyde, 2: Pentanaldehyde, 3: Toluene, 4: Styrene, 5: Benzaldehyde, 6: Cyanatobenzene, 7: Heptaldehyde, 8: Acetophenone, 9: Naphthalene, 10: 1-Mathyl-4-Nitrobenzene, 11: 1,3-Isobenzofurandione, 12: 2,4-Toluenediisocyanate, 13: 1,6-Hexamethylenediisocyanate, 14: Dimethyl Phthalate, 15: 4-Methyl-2-Nitroaniline, 16: 2-Naphthol, 17: 1-Isocyanatonaphthalene

Figure 10. Pyrogram of yellow paint layer.

1: Tiglaldehyde, 2: Pentanaldehyde, 3: Toluene, 4: Styrene, 5: Methoxybenzene, 6: Benzaldehyde, 7: Cyanatobenzene, 8: Heptaldehyde, 9: Acetophenone, 10: Naphthalene, 11: 1-Isocyanato-2-Methoxybenzene, 12: 1,3-Isobenzofurandione, 13: 1,6-Hexamethylenediisocyanate, 14: Dimethyl Phthalate, 15: Phenyl Ketone

Figure 11. Pyrogram of blue paint layer.

1: Tiglaldehyde, 2: Pentanaldehyde, 3: Toluene, 4: Styrene, 5: Benzaldehyde, 6: Cyanatobenzene, 7: Heptaldehyde, 8: Acetophenone, 9: Naphthalene, 10: 1,3-Isobenzofurandione, 11: Phthalonitrile, 12: 2,4-Toluenediisocyanate, 13: 1,6-Hexamethylenediisocyanate, 14: Dimethyl Phthalate

Table 3. Comparative analysis of the paints used in artworks by Niki de Saint Phalle.

Work	Sortation	Color							
		White	Red	Yellow	Light green	Blue	Light blue	Black	
Black Nana (1964)	Layer	-	4 layer	-	-	-	-	3 layer	
	Coting layer		Poly urethane						
	Binder		Poly urethane						
	Painting layer	Pigment	Titanium white	Toludine red	Chrome yellow, Hansa yellow 65	Phthaloc yanine green, Titanium white	Phthaloc yanine blue	Phthaloc yanine blue, Titanium white	-
	Coting layer		Poly urethane						
Four nana fountain (1974)	Painting layer	Pigment	Zinc white, Titanium white	Chrome red	Chrome yellow	Phthaloc yanine green	Ultramari ne blue	-	-
Shooting picture (1961)	Binder		Poly vinyl acetate (PVAc)						
	Painting layer	Pigment	-	Toludine red, Hansa red	-	Monoazo yellow, Phthaloc yanine green	Phthaloc yanine blue	-	-

또한 색상별로 사용된 유기 안료의 종류를 확인하기 위하여 Raman 분석으로 추정된 유기 안료 물질을 Mass 스펙트럼으로 확인하였다(Russell *et al.*, 2011). 적색은 Toluidine red의 1-Methyl-4-Nitrobenzene, 4-Methyl-2-Nitroaniline, 2-Naphthol, 1-Isocyanatonaphthalen이 확인되며, 황색은 Hansa yellow 65의 Methoxy benzene, 1-Isocyanato-

2-Methoxy benzene이 측정되었다.

청색은 Phthalocyanine blue의 구성 물질인 Phthalonitrile이 나타나므로 Raman 분석결과와 일치함을 보인다. 밝은 녹색과 밝은 청색은 안료와 관련된 열분해 생성물이 확인되지 않아 Raman 데이터와의 일치여부를 확인하기 어려웠다.

5. 결 론

본 연구는 니키 드 생팔 ‘검은 나나’의 보존처리를 위한 기초 조사로서 상태조사 및 페인트 분석을 실시하였다. ‘검은 나나’의 페인트는 시간이 경과함에 따라 균열, 박락, 퇴색 등 열화 정도가 심해지고 있으며, 이는 작품이 야외 환경에 노출되어 발생한 것으로 보인다. 여러 환경 요인 중 특히 온도나 자외선은 대기 중의 산소 및 수분과 결합하면서 고분자 내의 분자 간 결합을 변형시켜 열화를 발생시키는 것으로 알려져 있어(Ahn, 2007), 페인트층이 지속적으로 열화되는 것으로 판단된다. 더불어 장기간 야외 전시의 경우 외부 환경이 반복적으로 변화함에 따라 재료의 내구성은 더욱 약화된다.

보존처리에 앞서 재료를 확인하고자 단면 관찰을 통해 페인트의 층위를 조사하고, FT-IR, Raman, Gass Chromatography-Mass 분석을 통해 페인트의 성분을 확인하였다(Table 3). ‘검은 나나’ 페인트는 총 3~4개 층의 프라이머(Primer), 서페이서(Surfacer), 탑코트(Topcoat), 코팅층(Clear coat)으로 구성되었으며, 각 층의 두께는 22~32 μm 로 일정하였다. 표면에 사용된 코팅제 및 페인트는 폴리우레탄 계열의 재료가 사용된 것을 확인할 수 있었다. 각 색상 별 페인트 종류로 백색은 Titanium white, 적색은 Toluidine red, 황색은 Chrome yellow와 Hansa yellow, 밝은 녹색은 Phthalocyanine green와 Titanium white이 혼합된 것으로 나타났다. 청색은 Phthalocyanine blue, 밝은 청색은 Phthalocyanine blue에 Titanium white가 혼합된 것으로 확인되었다.

‘검은 나나’에 사용된 페인트 분석결과는 ‘Four nana fountain’, ‘Shooting picture’의 해외 선행연구 결과와 일치하였으며, 작품에서 관찰되는 페인트 박락, 변색 등은 ‘Lifesaver fountain’, ‘Four nana fountain’, ‘Nana’의 선행연구에서도 나타나는 일반적인 손상요인으로 향후 보존처리 방법과 사용재료 등을 참고할 수 있을 것으로 생각된다. 현대 미술 특히, 야외 페인팅 조각의 보존처리는 선행연구 및 재료적 분석뿐만 아니라 작가, 작가의 재단, 작가와 함께 작업한 어시스턴트등과 협력에 의해 이루어져야하며, 작가의 의도(Intention)와 작품의 원본성(Originality)을 유지하도록 노력해야 할 것이다. 본 연구는 니키 드 생팔 ‘검은 나나’에 사용된 페인트 종류를 확인하고 선행연구와의 비교·분석을 통해 보존처리의 기초 자료를 확보하였으며, 이를 바탕으로 ‘검은 나나’ 보존처리에 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

REFERENCES

- Ahn, B.D., 2007, Analysis of the surface degradation in polymer using the ATR analysis(FT-IR). Rubber Technology, 8(1), 40-41. (in Korean)
- Breder, F., 2012, Conserving outdoor painted sculpture : Preserving artistic style and authentic appearance in hand-painted outdoor sculptures. GCI, Los Angeles, 65-67.
- Considine, B., Wolfe, J., Posner, K. and Bouchard, M., 2010, Conserving outdoor sculpture: The stark collection at the getty center. Getty Publications, Los Angeles, 125-126.
- Hahlbrock, 2016, of the nana - sculptures by Niki de saint phalle, <http://www.hahlbrock.de/fvk/en/projekte/gfk-restaurierung/nanas.php/>
- Huh, W.Y., 2009, Analysis of paint on Alexander Calder's 'Untitled-Swiss Cheese'. Samsung Museum Leeum, 5, 97-98. (in Korean with English Abstracts)
- IBeA(Ikerkuntza eta Berrikuntza Analitiko), 2016, spectroscopic databases. <http://www.ehu.es/udps/database/database.html/>
- KIK/IRPA(Royal Institute for Cultural Heritage), 2016, Modern and contemporary art in the laboratory. <http://modern.kikirpa.be/>
- Kim, J.H., 2015, A scientific analysis of the external Dancheong pigments from Beopjusa Palsangjeon in Boeun Chungcheongbuk-do, Korea. Master's thesis, Kongju National University, Gongju, 15-16. (in Korean with English abstract)
- Kim, S.C., Park, M.S. and Seo, J.H., 2012, Analysis of paint used in Streetcar No. 381 of registered culture property. Journal of Conservation Science, 28(3), 277-283. (in Korean with English abstract)
- Learner, T. and Rivenc, R., 2012, Conserving outdoor painted sculpture : Outcomes from a focus meeting. GCI, Los Angeles, 13-22.
- Mariano, C.V., Souza, L.A.C. and Sehn, M.M., 2015, Niki de Saint Phalle: estudio de materiales para la conservación de la obra Fontaine aux quatre nanas. Museo Nacional Centro de Arte Reina Sofia, 16, 77-85. (in Spanish)
- Mustafe, A.M.B.M., 2005, FTIR studies on 2K polyurethane paint. Master's thesis, National University of Singapore,

- Singapore, 75-80.
- Park, J.S., 1996, Painting theory and practice. Iljinsa, Seoul, 40-42. (in Korean)
- Russell, J., Singer, B.W., Perry, J.J. and Bacon, A., 2011, The identification of synthetic organic pigments in modern paints and modern paintings using pyrolysis-gas chromatography-mass spectrometry. Anal Bioanal Chem, 400, 1473-1491.
- Smithen, P., Bernardis, S.D., Townsend, J.H., Ormsby, B. and Green, T., 2011, Shot and dropped : the conservation of a niki de saint phalle shooting picture. ICOM-CC 16th Triennial conference, ICOM, 2-3.
- Yang, S.H., 2014, Conservation and restoration of public Art : A study on contemporary outdoor painted sculpture. Master's thesis, Kookmin University, Seoul. (in Korean with English abstract)
- Zhang, Y., Xia, Z., Huang, H. and Chan, H., 2009, A degradation study of waterborne polyurethane based on TDI. Polymer Testing, 28, 264-269.
- Zieba-Palus, J. and Borusiewicz, R., 2006, Examination of multilayer paint coats by the use of infrared, Raman and XRF spectroscopy for forensic purpose. Journal of Molecular Structure, 287-288.
-