

플라스틱 작품의 기초조사 및 보존처리 재료 연구: 이인희 ‘앨리스의 가방 - 눈 없는 물고기’를 중심으로

한예빈 | 김정흠 | 범대건¹
국립현대미술관 작품보존미술은행관리과

Study on the Basic Survey and Materials Properties for Conservation of Plastic Artifacts: ‘A Bag of Alice - a Fish without Eyes’

Ye Bin Han | Jung Heum Kim | Dae Geon Beom¹
Department of Conservation and Art Bank, National Museum of Modern and
Contemporary Art, Seoul, 03062, Korea

¹Corresponding Author: tigerdk@korea.kr, +82-2-3701-9660

초록 본 연구는 열화된 플라스틱 작품의 보존처리를 위해 작품의 상태조사 및 재질분석을 실시하였으며, 보존처리에 주로 사용되는 접착제 5종(EVA계, PVAc계, Cyanoacrylate계)의 물성 및 접합특성을 평가하여 작품에 적합한 접착제를 선정하고자 하였다. 작품은 현재 열화로 인해 표면의 균열, 들뜸, 형태적 변형이 발생하였으며, FT-IR을 통한 재질분석 결과, 작품에 사용된 합성수지는 EVA계로 추정되었다. 접착제의 물성평가를 위해 산성도 및 경도 측정을 실시한 결과, 산성도는 접착제 종류에 따라 다르게 나타났으며, 경도는 EVA계 보다 PVAc계 접착제가 더 높게 측정되었다. 의사서편을 제작하여 인공열화 후 접합특성을 비교한 결과, PVAc, Cyanoacrylate계 접착제는 색차 및 경도가 크게 증가하는 모습을 보인 반면 EVA계 접착제는 변화가 적어 가장 안정하였다. 작품의 보존처리 재료로써 EVA계 접착제가 가장 적합한 것으로 나타났다. 본 연구는 실제 작품을 대상으로 실시한 처리재료 연구로써 현재 플라스틱 작품의 보존처리에 대한 국내 연구가 부족한 상황에서 기초 자료로 활용 가능할 것으로 기대된다.

중심어: 플라스틱 작품, 합성수지, 접착제, EVA, 보존처리

ABSTRACT This study examined the condition of degraded plastic artifacts and conducted materials assessments for conservation treatment. The properties and bond characteristics of five types of adhesives(EVA, PVAc, Cyanoacrylate) were evaluated to select the adhesive most suitable for conservation treatment. The degradation of plastic artifacts caused cracks, peelings, and surface warping. According to the FT-IR analysis, the synthetic resin used in the artifact was estimated to EVA type. The properties of the adhesives were evaluated through acidity, and hardness measurements. The results showed that acidity varies with the type of adhesive, and that the hardness of PVAc was higher than those of EVA. On comparing the bond characteristics of the samples after artificial degradation, it was found that PVAc and Cyanoacrylate increased the chromaticity and hardness of the samples, while EVA was the most stable with relatively little change. Thus, EVA was confirmed to be the most suitable materials for conservation treatment of degraded plastic artifacts. In this study,

as the experiment of treatment materials based on actual artifact, it is expected that it could be used a basis research for conservation treatment of plastic artifacts.

Key Words: Plastic artifacts, Synthetic resins, Adhesive, EVA, Conservation treatment

1. 서 론

현대 미술에서 조각작품은 기존에 사용된 금속, 석재, 목재뿐 아니라 합성수지, 페인트, 신소재 등 다양한 재질이 사용되고 있다. 특히 플라스틱은 합성수지의 종류에 따라 다양한 형태로 제작이 가능하고 여러 재질을 혼합하여 사용할 수 있는 장점으로 작품의 수가 지속적으로 증가하는 추세이다. 플라스틱 작품은 지난 100여 년 동안 문화유산 및 예술 작품에 많은 부분을 차지해왔으나 1990년대 이후부터 보존에 대한 중요성이 강조되기 시작하였다. 영국, 프랑스 등 국외 박물관을 중심으로 플라스틱 보존에 대한 연구가 실시되었으며(Lavedrine *et al.*, 2012), 플라스틱의 과학적 동정방법, 열화 원인 표명 및 평가, 보존환경, 보존처리 등 플라스틱의 보존에 관한 연구가 광범위하게 진행되었다. 국내에서는 2010년 이후부터 플라스틱의 동정방법 적용(Yu, 2013), 열화특성 연구(Yu *et al.*, 2015)와 같은 기초 연구 뿐만 아니라 플라스틱의 세척 방법 및 접착제 평가(Chung *et al.*, 2013), 아외 플라스틱 작품의 보존을 위한 코팅제 연구(Han, 2017) 등 작품 보존을 위한 응용 연구가 시도되었다. 그러나 전 세계적으로 대부분의 연구가 예방적인 방법에 집중되어 있어 보다 적극적인 보존 방법에 대한 연구의 필요성이 대두되고 있다(Winther *et al.*, 2015). 실제 플라스틱은 한번 열화되면 돌이킬 수 없다는 특성이 있어 손상을 최소화하는 것이 우선이지만 재료적 열화는 막을 수 없는 부분이므로 보존처리 방법에 대한 연구는 더욱 중요하다 할 수 있다. 플라스틱 작품의 보존처리 관련 연구는 주로 재료의 열화특성, 클리닝 방법에 대해 진행되었으며, 최근에는 오브제나 사진의 스크래치 발생 시 충전제로 합성수지를 사용하는 등(Lagana *et al.*, 2017) 보존처리 재료에 대한 연구도 발표되고 있다. 실제 플라스틱 작품의 보존을 위해서는 적합한 처리재료의 선정, 보존처리 방법 등 보다 실질적으로 작품에 적용할 수 있는 연구가 요구되고 있다.

본 연구에서는 이인희 ‘앨리스의 가방-눈 없는 물고기’(2006) 작품을 대상으로 작품의 재료적 특성을 분석하고 보존처리에 적합한 재료선정을 위한 연구를 실시하였

다. 대상작품은 물고기 형태의 표면에 생선비늘을 붙이고 합성수지를 도포하여 제작된 작품으로 현재 합성수지의 열화로 인해 작품 표면에 다수의 균열 및 부분적으로 형태가 변형되어 보존처리가 필요한 상태였다. 보존처리에 앞서 작품에 대한 기초조사 및 재질분석을 진행하였으며, 보존처리에 적합한 재료를 선정하기 위해 시판되는 접착제 중 일부를 선별하여 적합성 평가를 실시하였다. 또한 작품 분석을 통해 추정된 합성수지와 시판 접착제를 사용한 의사시편을 제작하여 물성변화를 측정하였으며, 이를 통해 작품에 적합한 보존처리 재료를 선별하였다.

2. 연구방법

2.1. 작품 상태조사 및 재질분석

육안 및 현미경(Shuttle pix, Nikon, JP) 관찰을 실시하여 작품 표면의 열화 정도를 확인하였다. 재질분석은 적외선 분광분석(Nicolet 8700, Thermo, USA)을 통해 작용기의 특성을 확인하였으며, 분석결과는 보존처리의 기초자료로 활용하였다. 또한 분석 스펙트럼은 시판중인 접착제와 비교하여 작품에 사용된 물질의 종류를 추정하는데 활용하였다.

2.2. 접착제 물성 및 접합특성 평가

2.2.1. 연구재료

보존처리 접착제 선정을 위해 에틸렌 비닐아세테이트(Ethylene Vinyl Acetate, EVA)계 접착제 2종, 폴리 비닐아세테이트(Polyvinyl Acetate, PVAc)계 접착제 2종, 시아노아크릴레이트(Cyanoacrylate)계 접착제 1종으로 총 5종의 접착제를 비교하였다(Table 1). 접합특성 평가를 위한 시편은 작품과 유사한 성분을 보이며 물성평가에서 상대적으로 우수한 결과를 보인 접착제를 피착재로 하였으며, 각각의 접착제를 사용하여 의사시편을 제작하였다. 모든 시편은 동일한 크기(150 × 30 × 5 mm)로 각각 5배수씩 제작하여 실험에 사용하였다.

Table 1. List of synthetic resin adhesives

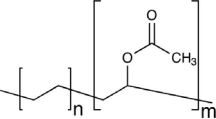
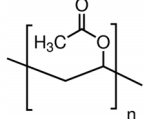
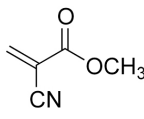
Adhesive type	EVA		PVAc		Cyanoacrylate
Sample name	EA	EB	PA	PB	CA
Product name	OKONG 100	JADE R	OKONG 301	NEUTRAL PH	LOCTITE 401
Chemical structure					



Figure 1. The materials and methods of experiment [(left): image of samples, (middle): samples of pH measurement, (right) image of hardness measurement)].



Figure 2. Detailed image of artifact.

2.2.2. 평가방법

각 접착제 별 물성평가는 적외선 분광분석(Niolet 8700, Thermo, USA), 산성도 평가(LAQUA, Horiba, JP)를 실시하였으며, 경도 측정을 통해 유연성이 확인되는 작품의 지느러미 및 꼬리 부분 보존처리에 적합한 접착제를 평가하였다. 산성도는 상온에서 경화시킨 접착제 0.2 g을 증류수 10 ml에 넣어 72시간 동안 추출하여 측정하였으며, 경도는 경도계(Durometer hardness A type, Asker, JP)를 사용하여 시편의 단단함 및 탄성회복력을 비교하였다(Figure 1).

또한 작품분석을 통해 추정된 합성수지와 시판 접착제를 사용한 의사시편을 제작하여 접합특성을 평가하였다. 뚜렷한 변화양상을 확인하고자 인공열화를 실시한 후 접합부의 단면관찰(Shuttle pix, Nikon, JP), 색도(CM-700d, Minolta, JP) 및 경도 변화를 비교하였다. 인공열화는 내후성시험기

(Xe-3, Q-LAB, USA)를 사용하여 자외선 조건(UVA-340, 0.45 W/m², 50℃)에서 5시간, 암실 조건에서 1시간, 총 6시간을 한 주기로 설정하여 총 336시간 열화를 진행하였다. 대조군으로는 실내환경(23℃, RH 50±5%)에서 보관한 의사시편을 사용하였다. 모든 평가는 3회 반복 측정 후 평균값을 사용하였다.

3. 연구결과

3.1. 작품 상태조사 및 재질분석

3.1.1. 육안 및 현미경 관찰

작품은 전반적으로 열화되어 표면에서 다수의 균열이 관찰되었으며, 균열부 주위로 합성수지가 들뜨거나 휘어지

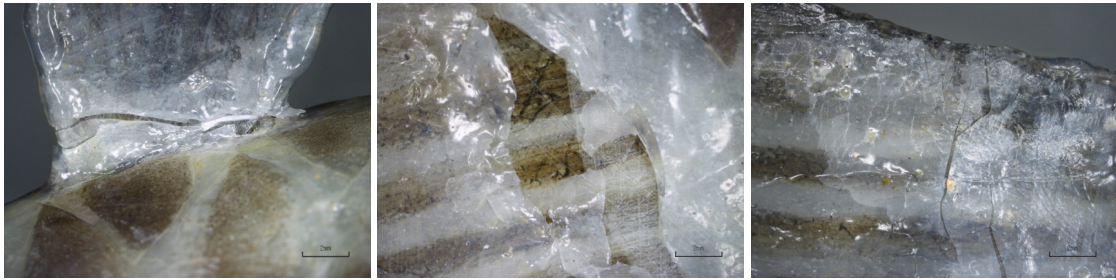


Figure 3. Microscope observation of degradation parts on artifact.

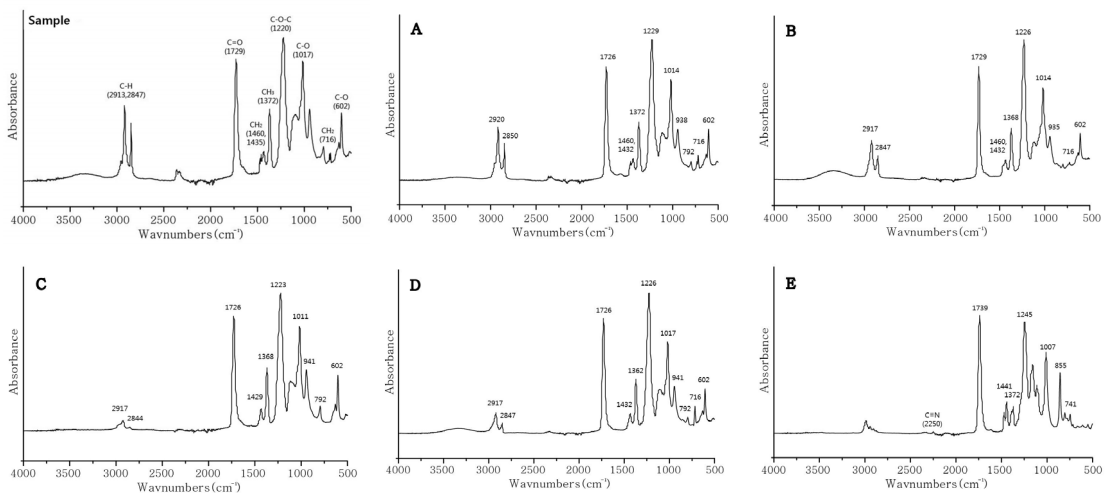


Figure 4. FT-IR spectrum of artifact and samples (A: EA B: EB, C: PA, D: PB, E: CA).

는 등 형태적 변형이 발생하였다. 특히 지느러미와 꼬리를 중심으로 열화가 심하게 발생하였으며, 일부 합성수지가 결실되어 작품의 내부가 드러난 부분도 확인되었다(Figure 2, 3).

3.1.2. 적외선 분광분석

작품에 사용된 합성수지의 적외선 분광분석 결과, 2913, 2847 cm^{-1} 의 C-H, 1729 cm^{-1} 의 C=O, 1460, 716 cm^{-1} 의 CH_2 , 1220 cm^{-1} 의 C-O-C, 1017, 602 cm^{-1} C-O 등의 작용기 특성피크가 확인되었다. 이는 시판되는 접착제 중 EVA계 접착제(EA, EB) 성분과 가장 일치하는 것으로 판단된다. PVAc계 접착제(PA, PB)는 EVA 접착제와 유사한 특성피크가 관찰되었지만 1460 cm^{-1} 의 CH_2 결합피크가 확인되지 않는 점과 2913 cm^{-1} 의 C-H 흡광도가 상대적으로 낮게 관찰되어 작품에 사용된 합성수지 스펙트럼과 일부 차이가 있는 것으로 보인다. 시아노아크릴레이트계 접착제(CA)는

2250 cm^{-1} 부근의 $\text{C}\equiv\text{N}$ 피크와 1200 cm^{-1} 이하의 지문영역에서 855, 741 cm^{-1} 등의 특성피크가 확인되어 다른 접착제와 결합구조에서 가장 큰 차이가 있는 것으로 추정된다(Figure 4).

3.2. 접착제 물성평가

3.2.1. 산성도

접착제의 산성도 측정 결과, 접착제 종류에 따라 다른 결과를 보였다. 시편 EA, PB의 경우 pH 7.48, 7.52로 중성으로 나타났으며, 시편 EB, PA는 pH 6.53, 5.53으로 산성 범위에서 확인되었다. 시편 CA의 경우 pH 4.83으로 측정되어 산성이 가장 높은 것으로 나타났다(Figure 5).

3.2.2. 경도

경화시킨 접착제의 경도 측정 결과, 시편 EA, EB는 경도 77~78 Shore A, 시편 PA, PB는 80~90 Shore A 범위에서

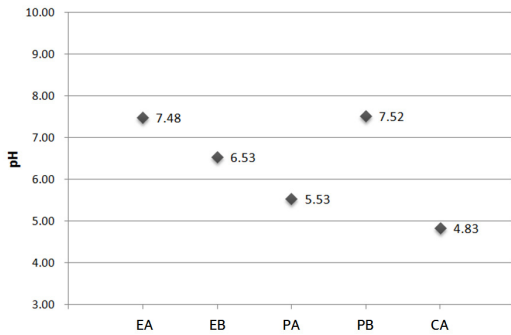


Figure 5. pH measurement of the adhesives.

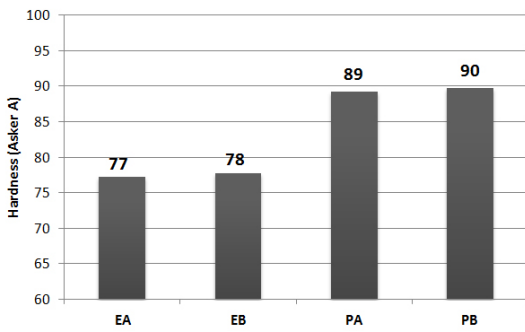


Figure 6. Hardness of the adhesives.

측정되었다. 상대적으로 시편 EA, EB가 경도가 낮아 더욱 연하며 유연성을 갖는 것으로 확인되었다. 그러나 시편 CA의 경우 경도 측정 시 시편이 부서지는 현상이 발생하여 측정이 불가능하였으며 이로 보아 CA는 유연성이 거의 없는 것으로 판단된다(Figure 6).

3.3. 접착제 접합특성 평가

3.3.1. 단면관찰

작품에 EVA계 접착제가 사용된 것으로 추정됨에 따라 이를 피착재로 하여 제작한 시편의 접합면 관찰 결과, 시편 EA, EB는 접합부의 경계가 명확하게 구분되지 않는 것으로 확인되었다. 이는 동일한 성분의 접착제를 사용하여 시편과 접착제 간 이질감이 적게 나타난 것으로 보인다. 반면 시편 PA, PB의 경우 시편 가운데 부분에서 흐릿하게 접착제 층이 관찰되었으며, 특히 시편 CA는 접착제 층의 색상 및 형태가 확연히 다른 것으로 나타났다.

자외선 열화 후 시편 EA, EB는 눈에 띄는 변화가 없었으나 시편 PA, PB, CA는 접합면의 경계가 더욱 선명하게

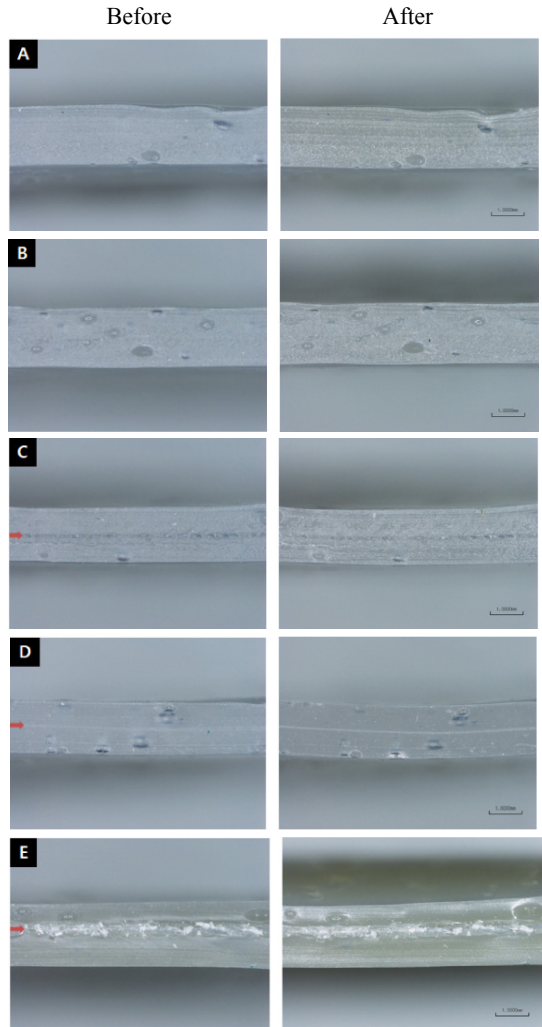


Figure 7. Cross section observation of samples of before and after degradation($\times 20$) (A: EA, B: EB, C: PA, D: PB, E: CA).

관찰되었다. 시편 CA의 경우 열화 후 전체적으로 황변이 발생함을 확인하였다(Figure 7).

3.3.2. 색도

자외선 열화 후 모든 시편이 색차 2이상으로 증가하였다. 시편EA, EB는 색차 2.6, PA는 2.8, PB는 3.7, CA는 4.3의 색변화를 보였으며, 특히 PB와 CA는 색차 3이상으로 현저한 차이가 확인되었다. 동일한 시간동안 상온에서 보관된 대조군은 전반적으로 색차 2미만으로 나타났으며, 특히 EVA계 시편의 색차는 0.6, 1.1로 변화가 미미하였다. 시

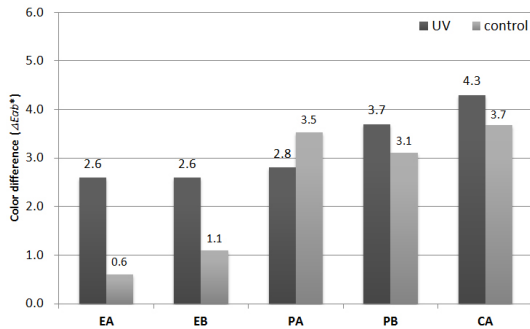


Figure 8. The results of color difference of before and after degradation.

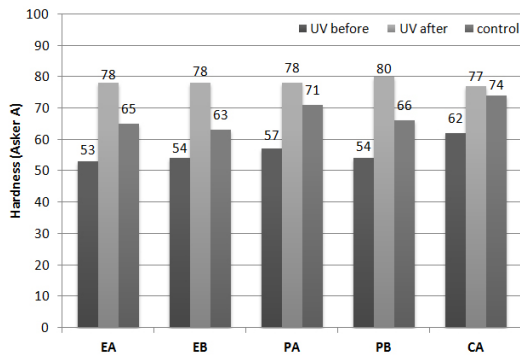


Figure 9. The results of hardness of before and after degradation.

편 PA, PB, CA 모두 색차 3이상으로 나타났으며 그중 PA는 열화시편보다 대조군에서 색차가 크게 증가하여 열화 조건에 관계없이 색 변화가 큰 것으로 나타났다(Figure 8).

3.3.3. 경도

열화 전 시편 EA, EB는 경도 53, 54 Shore A로 측정되었으며 시편 PA는 57 Shore A, PB는 55 Shore A, 시편 CA는 62 Shore A로 확인되었다. 상대적으로 시편 CA의 경도가 높게 나타났으나 시편 별 경도차는 1~9 Shore A 정도로 확실한 차이는 나타나지 않는 것으로 보아 접합 후 경도 및 유연성 차이는 크지 않은 것으로 생각된다.

자외선 열화 후 경도 측정 결과, 전반적으로 열화 전 대비 약 15~25 Shore A 증가하였으며, 대조군의 경우 9~14 Shore A정도 증가한 것으로 확인되었다. 열화 후 대부분의 시편이 유사한 변화 양상을 보였으나 시편 CA의 경우 자외선 열화시편과 대조군 시편의 경도가 3 Shore A정도 차이인 열화에 따른 경도변화는 작은 것으로 나타난다(Figure 9).

4. 고찰 및 결론

본 연구는 합성수지 작품의 보존처리를 진행하기에 앞서 작품의 기초조사 및 재질분석을 실시하였다. 이를 바탕으로 작품의 보존처리에 적합한 재료를 선정하고자 의사시편을 제작하여 재료별 물성을 평가하였다. 합성수지 작품의 현재 상태를 알아보기 위해 육안 및 현미경 관찰을 실시하여 작품의 표면균열, 들뜸, 휨 등 열화를 확인하였으며, 적외선 분광분석을 통해 작품에 사용된 합성수지는 에틸렌비닐 아세테이트계(Ethylene vinyl-acetate, EVA)임을 확인하였다.

열화된 합성수지 작품의 안정한 보존처리를 위해 보존처리에 주로 사용되는 접착제 중 일부를 선별하여 재료적 특성을 비교하였다. 접착제 별 성분은 시편 CA를 제외한 나머지 네 개의 시편에서 작용기가 동일하게 확인되어 EVA, PVAc계 성분이 유사함을 확인하였다. Cyanoacrylate계 접착제인 시편 CA는 유일하게 C≡N 피크가 나타나 작품 및 다른 접착제와 차이가 있는 것으로 확인되었다. 산성도 비교 결과, 접착제 종류별로 다른 결과를 보였으며 시편 EA, PB만 중성으로 나타나 보존처리에 적합한 모습을 보였다. 나머지 시편은 산성 범위로 측정되어 실제 작품을 처리하는데 적합하지 않을 것으로 판단된다. 각 접착제의 경도 측정 결과, EVA계 접착제의 경도가 상대적으로 낮은 접착제에 비하여 더욱 연질이며 유연성을 갖는 것으로 나타났다. PVAc계 접착제는 EVA계 보다 약 10 Shore A정도 높게 측정되었으며, Cyanoacrylate계 접착제는 경도 측정 시 시편이 부서지는 것으로 보아 시편 중 경도가 가장 크고 접착제의 유연성은 적은 것으로 생각된다. 작품의 지느러미, 꼬리 부분에서 유연성이 확인됨에 따라 접착제를 경화시켰을 때 경도가 낮은 접착제가 더욱 적합할 것으로 판단된다.

각 접착제의 접합특성을 평가하고자 의사시편을 제작하여 인공열화를 실시하였다. 시편의 단면관찰 결과, EVA계 접착제는 열화 전, 후 모든 시편에서 접합면이 구분되지 않았는데 이는 동일한 성분의 접착제를 사용하여 시편과 접착제 간 이질감이 적게 나타난 것으로 보인다. PVAc계 시편의 경우 열화 전에는 접착제 층이 흐릿하게 구분되었으나 열화 후 더욱 뚜렷하게 나타났다. Cyanoacrylate계 시편은 접합 후 접착제 층의 색상 및 형태가 전혀 다르게 관찰되었으며, 특히 열화 후에는 전체적으로 황변이 발생하고 접착면이 더욱 뚜렷하게 구분되어 작품에 사용하기에 부적합한 것으로 판단된다.

색차 비교 결과, 자외선 열화 후 전반적으로 색차는 증가하였으며 특히 색차가 크게 나타난 시편 PB, CA는 육안으로도 황변을 확인하였다. 대조군의 경우 EVA계 시편은 색 변화가 미약한 반면 PVAc, Cyanoacrylate계 시편은 색차가 크게 증가하는 것으로 보아 상대적으로 열화가 빠르게 진행되는 것으로 보인다. 경도 측정 결과, 전반적으로 시간이 경과함에 따라 경도는 증가하였고 자외선 열화 시 경도의 증가 폭이 더욱 크게 나타났다. 이로 보아 접착제가 열화되면서 유연성이 감소하고 바스러지는 현상이 발생하는 것은 경도 변화와 관련된 것으로 사료된다. 특히 EVA, PVAc계 접착제는 유사한 변화 양상을 보인 반면 Cyanoacrylate계 접착제는 열화 여부에 상관없이 비슷한 정도의 경도 변화가 발생함으로써 접착제 본연의 열화 속도가 빠른 것으로 추정된다. 또한 Cyanoacrylate계 접착제의 경우 PE, PS, PU 플라스틱에서는 접착력이 우수하고 황변에 안정한 것으로 확인되었으나(Yu *et al.*, 2015) 본 연구에서는 상대적으로 경도가 높고 눈에 띄는 황변이 발생하는 등 취약한 모습을 보여 플라스틱 종류에 따라 다른 결과가 도출됨을 확인하였다.

접착제의 기초 물성평가, 의사시편을 이용한 접합특성 및 내구성 평가를 통해 여러 접착제 중 EVA계 접착제가 작품의 보존처리에 가장 적합한 특성을 갖는 것으로 나타났다. EVA계 접착제의 성분이 작품과 가장 유사하였으며, 접착제는 중성을 띠고 굳었을 때 적당한 유연성을 지닌 것으로 확인되었다. 또한 의사시편과의 접합 시 피착재와 접착제층이 분리되지 않고 열화에 관계없이 색도 및 경도 변화가 적어 안정적으로 나타났다. EVA 공중합체(copolymer)는 PVAc 단일중합체(homopolymer)보다 강하고 열에 안정성이 있다고 알려져 있으며(Down, 2016), PVAc 성분보다 EVA 성분의 접착제가 더욱 중성을 띠며, 중간 정도의 강도를 갖고 유연하며 황변이 적게 나타난(Down, 2015) 선행연구 결과와도 유사한 것으로 보인다. 이러한 결과를 토대로 EVA계 접착제가 작품의 보존처리에 적합한 것으로 판단된다.

본 연구에서는 합성수지 작품의 보존처리를 목적으로 실제 작품의 기초조사와 처리재료를 선정하기 위한 과학적 분석 및 물성 평가를 실시하였다. 그러나 특정 작품을 대상으로 진행하였고, 접착제를 5종으로 제한한 점에서 일부 한계도 존재하였다. 현대 미술작품에 다양한 종류의 합성수지가 사용되는 점을 고려할 때 본 실험결과를 기반으로 향후 플라스틱의 보존처리 재료에 대한 폭넓은 연구가 요구된다. 플라스틱 작품의 보존처리에 대한 국내 연구가 부

족한 단계에서 본 연구결과는 작품의 안정적인 보존처리에 도움을 줄 것으로 기대된다.

REFERENCES

- Chung, Y.J., Yu, J.A. and Kang, D.I., 2013, Preservation values and effects on cleaning and adhesive agents for plastic artifacts. *Journal of Conservation Science*, 29(2). (in Korean with English abstract)
- Down, Jane L., 2015, The evaluation of selected poly(vinyl acetate) and acrylic adhesives : A final research update. *Studies in Conservation*, 60(1), 47-52.
- Down, Jane L., 2016, The effect of modifiers on the stability of a vinyl acetate/ethylene copolymer dispersion. *Studies in Conservation*, 61(1), 26.
- Han, Y.B., 2017, UV degradation characteristics and applicability of coating agent for conservation of FRP artifacts. *Journal of Conservation Science*, 33(3). (in Korean with English abstract)
- Lagana, A., Langcnbacher, J., Rivenc, R., Caro, M., Dion, V. and Learner, T., 2017, The future of looking younger : A new face for PMMA. Research into fill materials to repair poly(methyl methacrylate) in contemporary objects and photographs. ICOM-CC 18th Triennial Conference MODERN MATERIALS AND CONTEMPORARY ART, Copenhagen, September 4-8.
- Lavedrine, B., Fournier, A. and Martin, G., 2012, Preservation of plastic artefacts in museum collections. *Comité Des Travaux Historiques Et Scientifiques*, Paris.
- Yu, J.A., 2013, Study on identification and conservation of plastic artifact. Master's thesis, Chung-ang University, Seoul. (in Korean with English abstract)
- Yu, J.A., Cho, H.J., Han, Y.B., Lee, H.J., Lee, S.J., Chung, Y.J., 2015, Study on degradation characteristic of plastic artwork for conservation. *Journal of Conservation Science*, 31(2). (in Korean with English abstract)
- Winther, T., Bannerman, J., Skogstad, H., Mats K.G. Johansson, Jacobson, K., Samuelsson, J., 2015, Adhesive for adhering polystyrene plastic and their long-term effect. *Studies in Conservation*, 60(2), 107.