도자기 보존을 위한 복원제의 특성 연구

– 色度 · 氣孔率 · 沈澱率 · 黃變度를 중심으로 –

李 海 順†

國立中央博物館 保存科學室

Study on the Mixed Materials and Epoxy Materials for Restoration of Ceramics

- chromaticity · porosity · sedimentary rate -

Haesoon Lee†

Conservation Science Lab., The National Musem of Korea

요 약 도자기 복원재로서 사용되는 에폭시수지 3종(Epo-Tek 301, Araldite 103, Araldite 106)과 안료 3종(분채, 파스텔, 콘테)을 실험재료로 선택하고, 이 재료들을 다양한 비율로 혼합한 시편들에서 색도변화율과 기공률, 그리고 침전률을 관찰하였다. 또한 저점도의 맑고 투명한 특징을 가진 Epo-tek 301에 4종의 백색안료와 6종의 충진제를 혼합한 시편들을 만들고 200시간동안 자외선을 조사하여 에폭시 수지의 산화를 관찰하였다. 그 결과, 파스텔은 Epo-tek 301과 혼합하면 화학적 변화가 심하였다. 분채와 콘테는 안료 발색력이 높았지만 다른 첨가물이 혼합되면 콘테의 발색력이 낮아졌다. Epo-tek 301은 소량의 첨가물에서는 몰림 현상이 나타났고 다량의 첨가물에는 포화상태가 되면서 끓어 넘쳤으며, AW 106은 점도가 높기 때문에 소량안료에는 발색이 잘 안되었지만 첨가물이 많을 때 오히려 발색이 잘되었다. AY 103은 첨가물의 양에 상관없이 규칙적이면서도 급격하지 않은 색도 변화를 나타내었다. 기공률은 〔파스텔〉 분채≒ 콘테〕, 〔Epo-tek 301〈 AY 103〈 AW 106〕순서로, 침전률은 〔분채〉 콘테〉 파스텔〕, 〔Epo-tek 301〉 AY 103〉 AW 106〕순서로 나타났다. 황변도 측정에서 티타늄, 파스텔, 실리콘디옥사이드와 카올린은 황변이 잘되었고 분채, 콘테, 규조토와 수산화칼슘은 황변에 강했다.

Abstract Three types of epoxy resins (Epo-Tek 301, Araldite 103, and Araldite 106) and three types of pigments (*bunche*, *pastel*, and *conté*), which are materials for porcelain restoration, were selected as examination materials. The tone change, porosity, and sedimental resulting from the mixtures of varying ratios of these three materials were observed. Samples were also made from the mixture of Epo-teck 301, four kinds of white pigments, and six types of fillers and subjected to ultraviolet ray penetration for 200 hours to observe the oxidation of the epoxy resins.

The result showed that the chemical composition of *pastel* drastically changed when mixed with Epo-tek 301. Although *bunche* and *conté* displayed clear colors, those of *conté* were less clear when it was mixed with other substances. Adding a small amount of Epo-tek 301 tended to be driven into the corner, whereas mixing a large amount caused saturation and boiling. On the other hand, AW 106 did not display clear colors owing to its high viscosity; when mixed in large amounts, however, the clarity of colors improved. For AY 103, a similar standard of color clarity was maintained regardless of the mixture ratio. The following was ranked according to the level of porosity: 〔*Pastel*>*bunche*≒*conté*〕. In terms of sedimentary, however, 〔*bunche*>*conté*>*Pastel*〕, 〔Epo-tek 301> AY 103> AW 106〕. The result of measuring the degree of yellowing revealed that titanium, *pastel*, silicon dioxide, and kaolin tended to turn yellow, whereas *bunche*, *conté*, diatomaceous earth, and calcium hydroxide tended to resist yellowing.

† Corresponding author : Conservation Science Lab., The National Museum of Korea
Tel : 02) 2077-9437 | Fax : 02) 2077-9449 | E-mail : potcup@hanmail.net

https://doi.org/10.22790/conservation.2005.6.0055

Ⅰ. 서론

도자기를 복원할 때는 에폭시 수지에 안료와 충진제를 혼합하여 사용하는 것이 일반적이다. 이때 안료는 복원제의 색감을 원래 도자기의 색감과 비슷하게 하고, 충진제 혼합은 에폭시를 성형하기 쉬운 강도로 낮춰주며 색맞춤에 용이한 기공률과 질감을 갖게 한다. 또한 황변에 강한 충진제를 선정함으로 에폭시의 변색 속도를 늦출 수 있다.

최근까지 복원제에 관한 문헌이나 연구기록의 도움 없이 처리자의 경험에만 의존하여 복원제를 제조하였기 때문에 복원재료의 특성뿐만 아니라 안료 · 충진제 혼합과정과 변화에 대한 특별한 연구방법이 제시되지 못했다. 그러므로 본 논문에서는 도자기 보존처리에 많이 사용되는 에폭시수지 3종 (Epo-Tek 301, Araldite 103, Araldite 106)과 안료 3종 (분채, 파스텔, 콘테)을 실험재료로 선택하고 다양한 비율로 혼합한 시편을 만들어 복원재료의 특성을 연구하였다. 또한 저점도의 맑고 투명한 특징을 가진 Epo-tek 301에 백색안료와 충진제를 혼합한 시편을 이용하여 산화에 의한 황변현상을 관찰하였다.

Ⅱ. 조사방법

1. 재료

1.1 에폭시수지

Epo-tek 301[1]은 이액형 구성으로 실온경화 되며, 배합 후 저점도의 맑고 투명한 특징을 가진 Epoxy 수지다. 굴절률 1.638~1.540, 혼합후의 점도는 100~200 cPs (23℃)이다. 중량비로 주제와 경화제 비율 4:1로 배합하며, 버팀 강도 81, 최종 유리화 온도 65 ℃이다. 팽창계수는 5.50x10^{-5}㎝/㎝/C 이며 투과율 97 % 이다.

Araldite 103, Araldite 106은 문화재보존용 접합 · 복원재료로 활용되는 Epoxy 수지 종류로서 여러 가지 충진제를 임의의 비율로 혼합 사용할 수 있으며 경화도중 체적 변화는 없다. 내충격성, 내진동성이 우수하며 양호한 기계적 성질을 가지므로 온도변화에도 안정하다. Araldite 103의 혼합 후 점도는 850~1400 cPs(25 ℃), 비중은 1.2, 인화점은 210 ℃이며, 중량비 100:18로 배합하여 사용한다. Araldite 106의 점도는 30~45, 비중은 1.05, 중량비 100:80으로 배합하여 사용한다.[2]

1.2 안료와 충진제

색을 표현할 수 있는 물질은 안료와 염료가 있다. 안료는 일반적으로 무기 · 유기안료로 나뉘는데 물이나 기름, 용제 등의 매체(媒體)에 녹지 않는 화합물로서 분말상태이다. 염료(染料)는 유기물에서 추출한 색소로서 용액상태의 발색 물질이며 대부분 복잡한 유기성 화학물질이다. 그러므로 염료는 수지에 염착(染着)하여 투명한 색감을 증가시키지만 이 투명감은 빛에 노출된다는 뜻으로 색이 쉽게 바래며, 안료와 비교하여 착색력은 우수하지만 내광성, 내열성, 내변색성 등의 화학적 성질이 열등하다. 반면에 안료는 전색제의 도움으로 물체에 고착되거나 분산되어 착색되므로 발색이 불선명하지만 은폐력이 크고 열과 빛, 용제의 영향을 덜 받는다. (Table 1). 특히 유기안료보다는 무기안료가 화학적으로 비활성(다른 성분과 쉽게 결

Table 1. The properties of mineral pigments, organic pigments and dyes

분류	색조	농도	내광성	내열성	내변색	내용제	은폐력	비중	흡유량	색수
유기안료	선명	대(大)	열(劣)	열(劣)	대(大)	열(劣)	소(小)	소(小)	대(大)	대(大)
무기안료	불선명	소(小)	대(大)	대(大)	소(小)	대(大)	대(大)	대(大)	소(小)	소(小)

분류	색조	착색력	내광성	내열성	색이행	내용제	내변색	은폐력	분산성과 용해성
유기안료	열(劣)	열(劣)	우(優)	우(優)	우(優)	우(優)	우(優)	우(優)	분 산
염 료	선명	대(大)	열(劣)	열(劣)	열(劣)	열(劣)	열(劣)	열(劣)	용 해

1) Epoxy Technology에서 제공되는 참고자료

2) Ciba Specialty Chemicals Korea Ltd.에서 제공하는 Araldite 103 과 Araldite 106의 참고자료

bunche ×40

pastel ×40

conté ×40

Photo 1. Products and the micrograph of *bunche, pastel* and *conté*

합하지 않는 것)이며 산과 알카리, 그리고 열에 영향을 덜 받으므로 빛과 공기, 습기에 안정하다. 또한 색의 황변, 흑변을 유도하고 다른 안료들의 색감까지 변화시키는 직사광선과 습기, 이산화황, 황화수소와 같은 오염물질에도 잘 견딘다. 그러므로 무기안료 중에서 무색 · 백색인 것의 대부분이 에폭시에 혼합하는 충진제로 쓰일 수 있다. 도자기 복원에서 충진제는 주로 에폭시 수지의 기계적 강도를 낮추기 위해 사용되며 점성을 증가 시킬 뿐만 아니라 불투명성을 유도하여 광선투과를 막는 역할을 한다.

1.3 물감

물감의 사전적 의미는 "물건에 빛깔을 물들이는 물질"이지만 실제로는 안료나 염료를 가공하여 미술 활동에 사용하기 편리하게 만든 고체 · 반고체의 제품안료를 말한

다. 물감은 넓은 의미에서 염료를 포함하기도 하지만, 보통은 흙이나 광물에서 채취하거나 인공적으로 만든 유·무기 안료를 전색제(접착제)[3]에 개어서 굳힌 것을 말한다. 전색제의 종류는 물, 아교, 고무질, 기름, 수지, 초, 합성수지 등이 있는데, 색료를 굳힐 때 사용하는 전색제의 종류에 따라 물감의 종류가 수채물감, 유화물감, 동양화물감 등과 같이 분류된다.

분채, 파스텔, 콘테는 모두 미술용 물감으로 제작된 것이므로 그림을 그리는데 편리하도록 각기 다른 첨가물을 넣고, 다른 제조공정을 거쳐 만들어 졌다. 이들은 모두 무기안료가 주성분이며 순도조절용 안료, 체질안료[4], 불활성 안료 등을 소량 첨가하여 가공하였으므로 광물안료와 같이 급격하고 예측불가능한 색변화가 없는 것이 장점이다. 물론 이 세 가지 안료는 사용목적이 다르고 특성도 틀리다. 그러나 선명도와 색조(tone)의 깊이, 맑음의 정도인 채도를 우선시 하면서 농축도와 순도, 내구성과 내광성을 고려한 공정을 거쳤고, 색조가 다양하므로 광물안료를 그대로 사용하는 것보다 편리하다.

분채는 정제된 그대로의 가루물감으로 전색제가 없고 증량제로 약간의 체질분말과 다른 것들을 함유하고 있다. 때문에 서양화에 쓰이는 드라이 피그먼트(Dry Pigment)와 유사하다. 파스텔은 가루 안료를 길쭉하게 굳힌 것으로 예로부터 석고 또는 백점토 원료를 첨가해 왔으나 지금은 탈산석회를 쓴다. 입자가 곱고 불투명한 것이 특색이며 소량의 점착제가 가해져 있다. 콘테는 프랑스의 화학자이며 화가이기도 했던 창안자 콩테(Nicola-Jacques Conté)의 이름을 딴 것으로 안료분에 납과 기름을 혼합해서 다졌기 때문에 목탄보다 고착성이 있다(Photo 1).

2. 측정방법

2.1 색도 측정

먼저 색도측정을 위한 기준점을 정하기 위해 색도가 일치하는 분채, 파스텔, 콘테의 시편을 만들었다. 각각의 안료분말 100 %를 압축하여 시편을 만들기로 하고 안료들을 분쇄기 (Mixer/ Mill, 모델명: 8000M-115)에 넣고 균일한 분말로 만들었다. 그러나 시중에 판매되고 있는 이 세 가지 안료는 같은 명칭의 색이라도 제조사에 따라 색도차가 있었으므로 여러 가지 단색을 혼색하여 기준시료를 만들었으며 여러 번 혼색을 거듭하여 L, a, b값 차이가 ±1.0을 넘지 않도록 하였다. 여러 가지 단색 분말을 조금씩 더해가며 혼합하였으며 작업 도중에도 자주 색도측정을 함으로써 동일한 색도에 근접시켰다. 이렇게 만들어진 세 가지 시편 각각의 L, a, b값을 기록하고 다시 평균을 낸 한 가지 값을 기준값으로 정하였다(Photo 2).

Photo 2. The standard sample

1차~3차 실험을 위한 시편은 각각 매질로 Epo-tek 301, AY 103, AW 106을 선택하였고 여기에 혼합할 안료는 분채, 파스텔, 콘테를 사용하였다. 각각의 매질에 안료 또는 충진제의 비율을 달리하면서 혼합하여 지름 3㎝, 높이 2.3㎝의 시편을 만들었다. 27개의 시편을 각각 기준색도값(안료분말 100 %)에 대한 변화율로 비교하였다.

색도계 (Minolta CR-200, Japan)를 사용하여 Hunter 표색계의 색차(⊿E)로 표시하였다. Hunter의

3) 접착제는 화면(畵面)에서 어떤 기능을 하느냐에 따라 바인더(binder)가 되기도 하고 미디엄(medium, 전색제)나 바니시(vanish)가 되기도 한다. 바인더는 회화의 지지체와 채색층의 사이를 묶어주는 물질을 말하고, 미디엄 채색층 안에서 안료와 안료사이를 엮어주는 것이며, 바니쉬는 마지막에 채색층 위를 덮어주는 보호막을 말한다. 물감이란 가루상태의 안료와 전색제가 섞여 있는 것을 말하는 것이므로, 안료를 고착시켜주는 전색제의 종류에 따라 유화물감, 수채화물감, 수묵화물감 등으로 물감의 종류가 결정된다.

4) 체질안료는 그 자체의 굴절률(屈折率)이 낮아 투명하고, 은폐성에는 관계가 없지만 전색제에 증량제(增量劑)로 가해져 유동성, 강도, 광학적 성질의 개선을 위하여 사용되는 무색안료를 말한다.

표색법은 명도를 종축으로 하여 흑, 백(0, 100)으로 하고, 직교좌표 a, b 에 의하여 색상과 명도를 나타내는 방법이다. a가 +이면 적색, -이면 녹색에 가까운 색을 나타내며, b가 +이면 노란색, -일때 청색에 가까운 색을 나타낸다. 평균색도변화율은 각시편의 L, a, b 값을 기준값에 대한 다음 식으로 계산하여 나타내었다.

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2}$$

2.2 기공률과 침전률 관찰

시편의 앞면을 SIC Paper #300~#2400의 샌드페이퍼로 연마한 후 에폭시 수지의 발열반응에 의해 생긴 기공들을 관찰 하였다. 또한 기공의 크기와 분포를 육안으로 관찰하기 쉽도록 기공 속에 석고를 침투시켰다. 한편 시편의 뒷면에서는 에폭시 종류에 따른 점도 차와 안료의 비중 차에 의해 각기 다른 양의 첨가물이 침전되는 것을 관찰할 수 있었고 이것을 접사 촬영하였다.

2.3 황변도 측정

충진제와 백색안료의 황변도를 알아보기 위하여, 황변 관찰에 용이하도록 Epo-teck 301을 매질로 선택하였다. 충진제는 활석, 규조토, 카올린, 실리콘디옥사이드, 석고, 수산화칼슘을 선택하였고, 백색안료는 실험에서 사용한 티타늄화이트, 분채의 백색, 파스텔의 백색, 콘테의 백색을 선택하였다. 모두 10종으로 각각 Epo-tek 301과 충진제를 10:1로 혼합하고 2.8㎝×4.8㎝의 유리판위에 두께 0.3㎝의 판형으로 굳혔다. 2.8㎝×4.8㎝×0.3㎝의 크기로 경화된 각각의 판에 1/2지점을 표시하고 한쪽을 검은 테이프로 막아서 자외선에 노출되는 면과 노출이 차단된 면으로 구분을 지었다. 이것을 넓은 유리판 위에 배열하고 지면에서 떨어지게 받침대를 세운다음 자외선 조사기에 넣고 200시간을 노출시켰다. 이때 사용한 기기는 Ultraviolet Fluorescence Analysis Cabinet (Moldel CC-80)이며, 자외선 파장은 254㎚와 356㎚ 이다. 자외선에 노출시키기 전과 노출후의 조사면과 차단면을 측정 · 비교한 색상변화율(ΔL, Δa, Δb)로 황변으로 인한 변 · 퇴색 여부를 판정하였다(Photo 6).

Ⅲ. 결과 및 고찰

1~3차 실험에서는 일정한 비율에 따라 에폭시수지에 안료와 충전제를 혼합하여 각 9개의 시편을 만들었다. 시편들을 실험 순서에 따라 정리한 후 앞 · 뒷면을 촬영하고, 다시 각 시편을 확대하여 살펴보았다. 시편의 앞면을 색도계로 측정하여 그래프로 정리하였으며, 석고를 시편의 기공에 침투시켜 기공의 양과 분포상태를 관찰하였다. 한편 시편의 뒷면은 육안으로 볼 수 있을 만큼 첨가물 침전이 잘 드러났다.

3.1 색도

1차 실험은 에폭시수지에 다른 첨가물 없이 순수 안료만을 200:1로 혼합한 것으로 안료 자체의 발색력을 알아보기 위한 실험이다. 안료의 색도변화율은【분채≒콘테〉파스텔】로 나타났으며, 에폭시수지의 색도변화율는【Epo-tek 301〉 AY 103〉 AW 106 】순서로 점도와 굴절률이 낮은 Epo-tek 301이 색도변화를 가장 잘 보여준다(fig. 2).

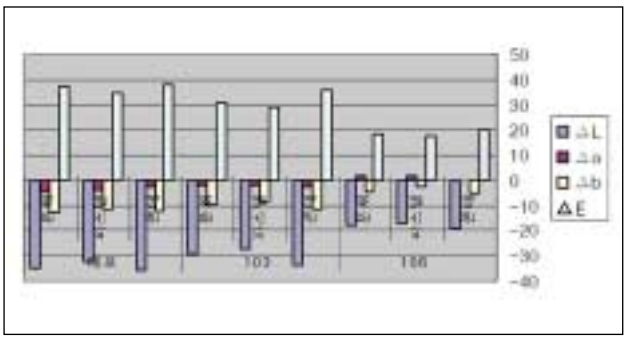


fig. 1. Variation of pigment chromaticity from first experiment (on same epoxy)

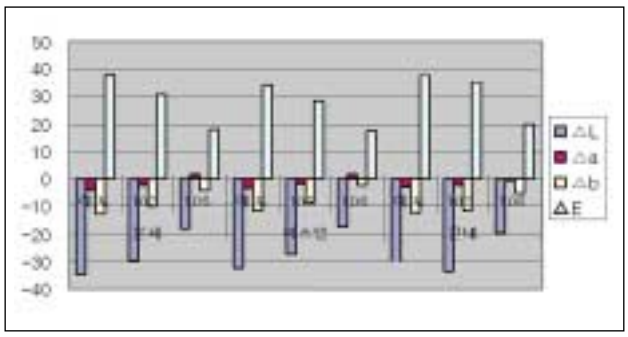
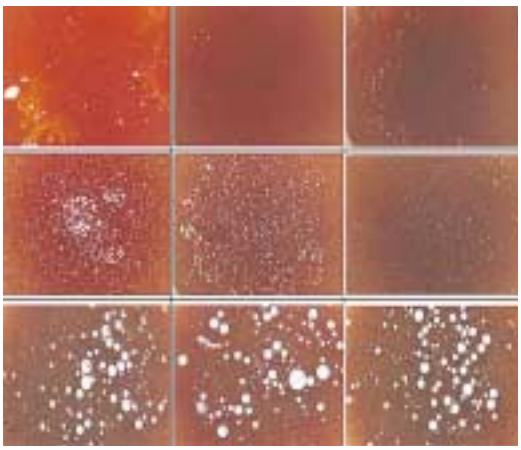


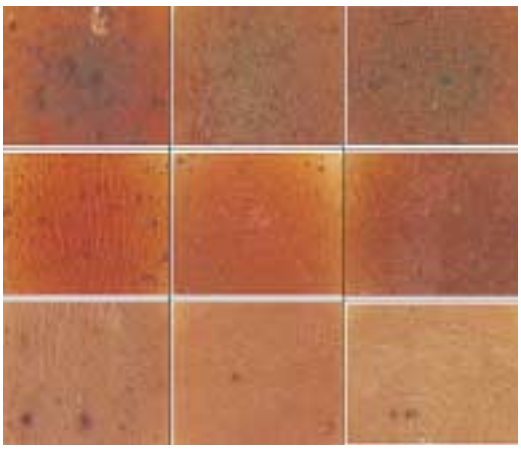
fig. 2. Variation of epoxy chromaticity from first experiment (on same pigment)

a. Front view for observe pores



a`. The enlarged view of (a)

b. Back view for observe sediment



b`. The enlarged view of (b)

Photo 3. Front and back of the first experiment samples

특히, Epo-tek 301은 점도가 매우 낮아 0.02 %의 안료가 제대로 확산되지 못하고 한쪽으로 몰린다(Photo 3).

각 안료의 색상변화율은 $\Delta L > \Delta b > \Delta a$ 값 순서로 규칙적인 변화가 일어나며, CIE L*a*b* 색의 구형좌표에서 White → Black, Red → Green, Yellow → Blue 쪽으로 이동하여 전체가 어두워지고 녹색과 푸른 색조를 띤다(fig. 1).

2차 실험은 안료뿐만 아니라 충진제를 함께 혼합한 실험으로 에폭시수지: 충진제(규조토): 백색안료(티타늄화이트): 색안료(분채, 파스텔, 콘테)의 비율이 200:10:1:1이다. 이때 안료의 평균색도변화율(ΔE) 뿐만 아니라 색상변화율(ΔL, Δa, Δb)도 불규칙하다. 이처럼 규칙적인 변화가 깨어진 것은 새로이 규조토를 첨가한 탓도 있겠지만 티타늄[5]의 발색은 아주 적은 양의 첨가

5) 대부분의 흰색 안료는 바륨이나 황산칼슘을 염기로 하여 침전시킨 것으로 바륨을 염기로 한 티타늄 화이트는 30%의 산화티탄과 70%의 황산바륨으로 이루어져있다. 은폐력이 연분의 2배 정도이며 그자체로는 열과 강산, 강알카리, 빛과 공기에 영향을 받지 않는 매우 안정된 안료이다. 그러나 광을 받으면 자외선을 흡수하고 자신을 제외한 다른 물질을 변화시키는 촉매 역할을 한다. 광을 받으면 친수성이 될 뿐만 아니라 전자, 전공대(Electron Hole)가 형성되어 강한 산화력을 가진 하이드록시 라티칼(-OH)과 슈퍼 옥사이드를 생성한다.

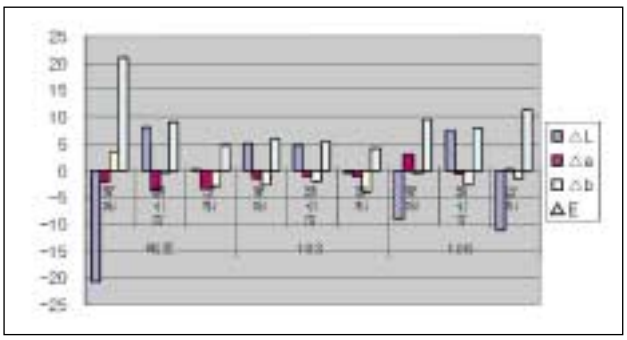


fig. 3. Variation of chromaticity from second experiment (on same epoxy)

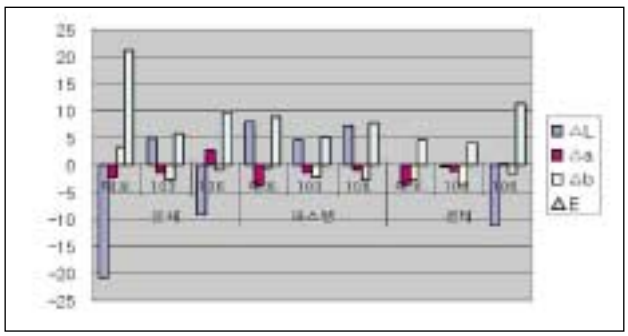
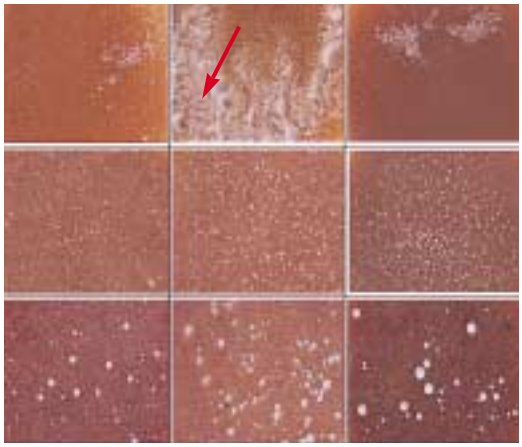
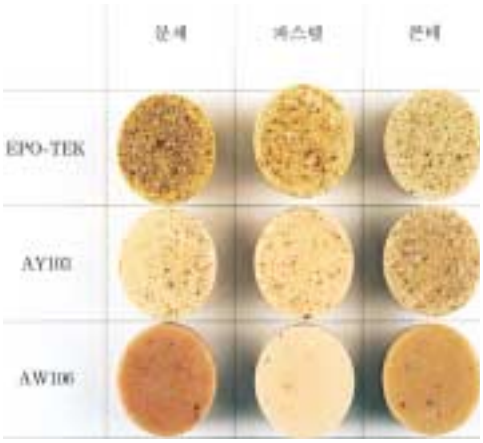


fig.4. Variation of epoxy chromaticity from second experiment (on same pigment)

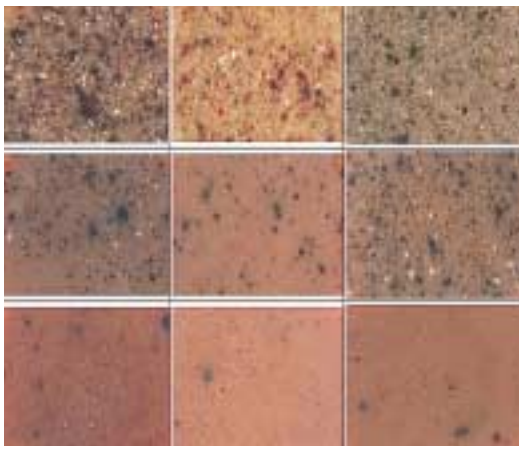
a. Front view for observe pores



a`. The enlarged view of (a)



b. Back view for observe sediment



b`. The enlarged view of (b)

Photo 4. Front and back of the second experiment samples

에도 급격한 명도변화를 일으키는 것이 지배적인 이유이다(fig. 3,4).

1차 실험과 마찬가지로 Epo-tek 301에 첨가된 안료와 충진제는 제대로 가교결합하지 못하고 끓어올랐거나 끓어오르기 직전의 몰림 현상이 있다. 충진제와 안료의 양이 늘어나 과포화 상태를 이룬 것으로 보이며 파스텔과 혼합될 때는 더욱 심하다(Photo 4 →→).

3차 실험은 2차 실험과 동일하게 안료와 충진제를 함께

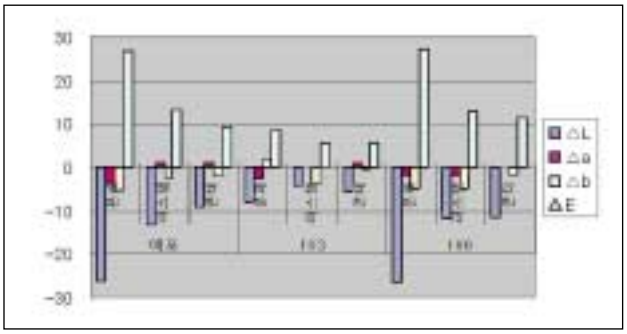


fig. 5. Variation of chromaticity from third experiment (on same epoxy)

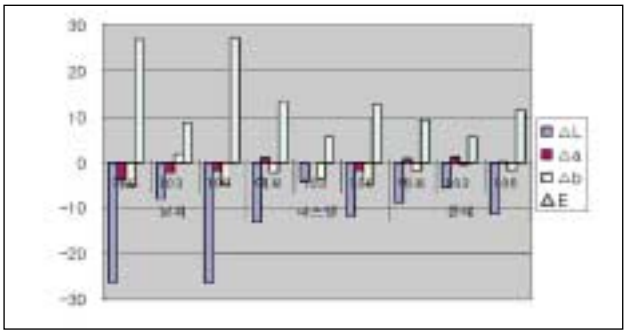
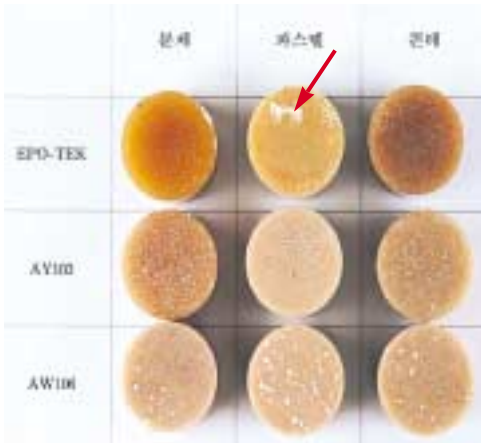
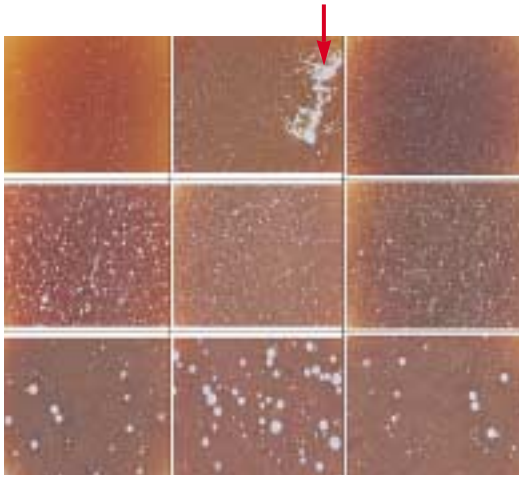


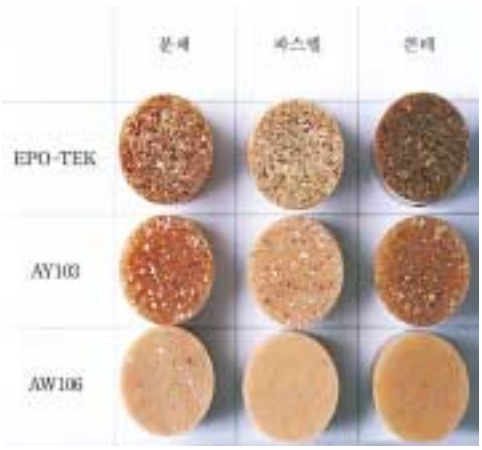
fig. 6. Variation of epoxy chromaticity from third experiment (on same pigment)



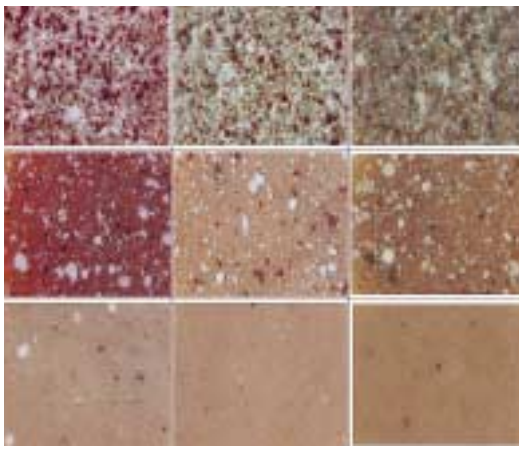
a. Front view for observe pores



a`. The enlarged view of (a)



b. Back view for observe sediment



b`. The enlarged view of (b)

Photo 5. Front and back of the third experiment samples

혼합하였다. 그러나 문제가 되었던 티타늄대신 각 안료의 백색을 사용하였고, 좀더 다양한 충진제를 경험하기 위하여 규조토대신 활석[6]으로 교체하였다. 에폭시수지: 충진제: 각 안료의 백색: 색안료의 비율은 200:10:1:1로 2차 실험과 동일하다. 이러한 배합은 실제 도자기 복원과정에서 혼합하는 과정을 실례로 사용하고 있는 것이므로 가장 현실과 가까운 실험이다. 3차 실험에서 에폭시의 색도변화율은 【Epo-tek301≒AW 106〉AY 103】순서이고, 안료

Photo 6. The samples of before ultraviolet exposure

색도변화율은【분채〉 파스텔 〉콘테】 순서로 규칙적이다. 색상변화율 또한 ⊿L 〉⊿b 〉 ⊿a 값 순서로 급격하지 않으면서도 규칙적인 패턴으로 변화한다(fig. 5,6). Epo-tek 301에 첨가물이 과포화 되었을 때 끓어오르는 현상은 1 · 2차 실험과 동일하게 나타난다(Photo 5 →→).

색도 실험에서 나타난 결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 에폭시 수지에 충진제와 불투명제, 체질안료 등의 첨가물이 많을수록 안료자체의 발색능력이 낮아진다. 둘째, 가공을 거치지 않은 광물안료를 그대로 사용하면 급격하고 불규칙적인 색도 변화가 일어나기 쉽다. 셋째, Epo-tek 301은 소량의 첨가물에서 몰림 현상이 나타나고, 다량의 첨가물에는 포화상태가 되면서 끓어 넘친다. 넷째, AW 106은 점도가 높기 때문에 소량안료에는 발색이 잘 안되지만 첨가물이 많아지면 오히려 발색이 잘된다. 다섯째, AY 103은 첨가물의 양에 상관없이 규칙적이면서도 급격하지 않은 색도 변화를 나타낸다. 여섯째, 파스텔은 에폭시 수지와 혼합하면 화학적 변화가 일어나며 특히, Epo-tek 301에는 더욱 심하게 반응한다. 또한 분채와 콘테 모두 안료 발색력은 높지만 다량의 첨가물이 혼합될 때는 콘테의 발색력이 낮아진다.

3.2 기공률과 침전률

1차 실험의 결과 기공률은【파스텔〉 분채≒ 콘테】, 【Epo-tek 301〈 AY 103〈 AW 106】순서가 된다. 이것으로 파스텔이 에폭시 수지와 화학반응을 일으킨다는 것을 알 수 있고, 수지가 안료와 가교결합 하면서 열이 발생하여 기포가 생성되는 것을 알 수 있다.

침전률은 수지의 투명도와 비례하며, 점도와 반비례하여【Epo-tek 301〉 AY 103〉 AW 106】순서로 나타났다. 안료 침전률은【분채〉 콘테〉 파스텔】로 파스텔의 침전률이 상대적으로 적다. 이것은 파스텔이 수지 내에 골고루 확산된다는 의미이며, 입자가 작고 비중이 작아서 일어나는 현상으로 추정된다(Photo 3). 실체 현미경으로 40배로 확대한 사진에서 파스텔 분말이 상대적으로 고르게 확산됨을 알 수 있다(Photo 1).

2 · 3차 실험에서도 기공률과 침전률은 같은 현상을 보여 충진제를 첨가 하더라도 결과는 같다(Photo 4, 5). AW 106은 기공이 많지만 점도가 높아 침전률이 낮고, AY 103은 기공의 크기와 분포가 균일한 기공을 가지며, 침전률은 Epo-tek 301과 AW 106와 비교하여 중간정도임을 알 수 있다. 또한 Epo-tek 301은 기공이 거의 발생하지 않고, 점도가 낮아 침전이 심하므로 시편의 윗면은 투명성을 띤다.

3.3 황변도

4종의 백색안료에 Epo-tek 301을 혼합한 시편의 황변도는【티타늄〉 파스텔 〉분채〉 콘테】순서로 티타늄과 파스텔의 황변이 심했으며 콘테가 가장 황변에 강하다(fig. 8, Photo 8).

6종의 충진제에 Epo-tek 301을 혼합한 시편의 황변도는【실리콘디옥사이드〉 카올린〉 활석〉석고〉규조토〉 수산화칼슘】순서이므로 실리콘디옥사이드가 가장 황변이 심하고 규조토와 수산화칼슘이 황변에 강하다(fig. 7, Photo 7).

이 실험으로 에폭시에 혼합하는 첨가제에 따라 에폭시의 산화 정도가 다르다는 것을 알 수 있었다. 산화는 에폭시수지 황변의 직접적인 원인이기도 한데, 백색안료 중에서는 티타늄, 파스텔이 황변이 잘되고, 충진제 중에서는 실리콘디옥사이드와 카올린이 황변이 잘되므로 사용을 자제해야 할 것이며, 특히 티타늄의 광촉매적인 성질이

6) 활석(Talc)는 경도 1이며 결정은 소수성을 띠는 판상구조를 하고 있다. 화학적으로는 내화학성, 내약품성, 풍화 저항성이 있기 때문에 내산성 및 유성도료, 외장도료에 많이 사용된다. 도료에 적용시 flatting agent의 역할, 도료의 도막 건조특성의 조절, 불투명도를 증대, 크랙현상 및 백화현상의 제어역할을 한다.

Table 2. Variation of chroma values(before and after ultraviolet exposure)

			L	a	b
Before ultraviolet exposure		Epo+Talc	69.93	-2.15	3.46
		Epo+Diatomite	69.94	-2.27	4.36
		Epo+Kaolin	77.37	-1.51	3.72
		Epo+Silicon	79.03	-1.49	3.94
		Epo+Gypsum	76.76	-1.18	5.00
		Epo+Calcium Hydroxide	78.80	-1.18	5.37
After ultraviolet exposure	The exposed side	Epo+Talc	67.58	-2.93	14.19
		Epo+Diatomite	78.34	-2.59	12.24
		Epo+Kaolin	69.04	-3.23	15.15
		Epo+Silicon	77.54	-2.98	15.57
		Epo+Gypsum	77.12	-2.07	12.33
		Epo+Calcium Hydroxide	78.81	-2.03	11.19
	The covered side	Epo+Talc	70.27	-1.78	5.50
		Epo+Diatomite	76.70	-1.25	5.06
		Epo+Kaolin	69.81	-1.40	4.71
		Epo+Silicon	81.64	-1.07	4.67
		Epo+Gypsum	80.82	-1.00	5.93
		Epo+Calcium Hydroxide	77.99	-1.10	6.05

		△L	△a	△b	| △L+△a+△b |
Chromaticity	Epo+Talc	-2.69	-1.15	8.69	12.53
	Epo+Diatomite	1.64	-1.34	7.18	10.16
	Epo+Kaolin	-0.76	-1.83	10.44	13.03
	Epo+Silicon	-4.10	-1.91	10.90	16.91
	Epo+Gypsum	-3.70	-1.07	6.39	11.16
	Epo+Calcium Hydroxide	0.83	-0.93	5.14	6.9

* Epo-tek 301을 EPO로 표기

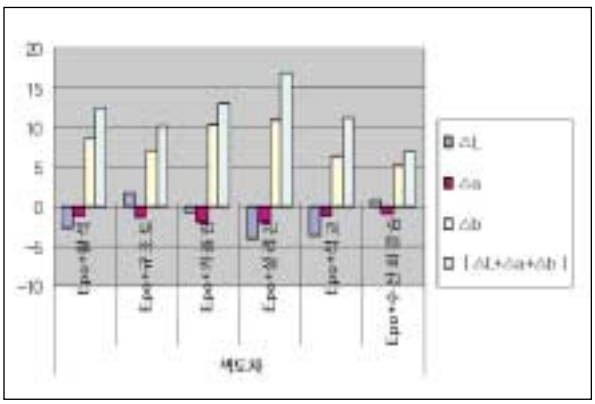


fig. 7. Yellowing of fillers

Photo 7. The samples of after ultraviolet exposure

Table 3. Variation of chroma values(before and after ultraviolet exposure)

			L	a	b
Before ultraviolet exposure		Epo+Bunche White	81.23	-1.59	3.42
		Epo+Pastel White	76.69	-2.31	1.68
		Epo+conté White	65.97	-1.75	10.02
		Epo+Titanium	87.86	-1.39	1.12
After ultraviolet exposure	The exposed side	Epo+Bunche White	82.89	-2.91	12.61
		Epo+Pastel White	76.47	-3.94	12.78
		Epo+conté White	65.88	-2.07	15.19
		Epo+Titanium	77.44	-4.13	10.51
	The covered side	Epo+Bunche White	82.41	-1.30	4.48
		Epo+Pastel White	77.93	-1.98	2.57
		Epo+conté White	69.77	-1.63	10.52
		Epo+Titanium	85.31	-1.64	2.17

		△L	△a	△b	| △L+△a+△b |
Chromaticity	Epo+Bunche White	0.48	-1.61	8.12	10.21
	Epo+Pastel White	-1.47	-1.97	10.21	13.65
	Epo+conté White	-3.89	-0.44	4.67	9.00
	Epo+Titanium	-7.87	-2.49	8.34	18.07

* Epo-tek 301을 EPO로 표기

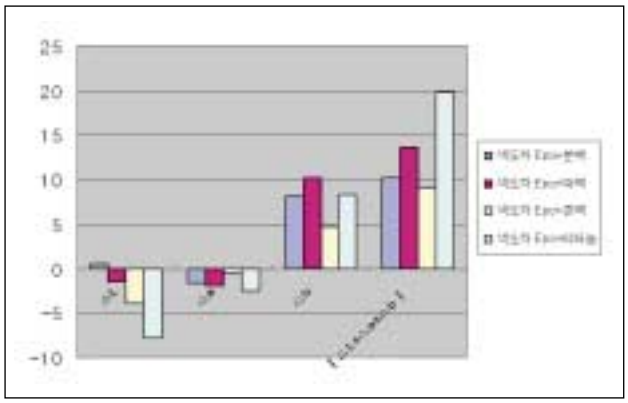


fig. 8. Yellowing of white pigments

Photo 8. The samples of after ultraviolet exposure

수지내의 화학적인 변화를 심하게 일으키므로 사용을 피해야한다.

Ⅳ. 맺음말

본 연구는 안료와 충진제가 에폭시와 혼합될 때 나타나는 특성을 연구하고 색도, 기공률과 침전률, 황변도를 조사한 것으로 복원재료들의 장 · 단점을 다음과 같이 정리하였다.

Epo-tek 301은 과포화 상태가 되면 끓어오르므로 첨가제를 소량만 사용할 수 있지만 투명성이 요구되는 작업

에서는 편리하다. AW 106은 다량의 첨가물에도 소량첨가 될 때와 변함없이 잘 발색 되므로 충진제를 많이 넣어 에폭시의 강도를 낮추어 사용하는 것이 좋으나, 크고 불균일한 기공에 주의 하여야한다. AY 103은 발색력이 Epo-tek 301, AW 106과 비교하여 다소 낮은 편이지만 에폭시에 사용하기에는 불편함이 없을 정도의 발색력이다. 또한 규칙적인 발색과 작고 균일한 분포의 기공, 심하지 않은 침전률 때문에 색도를 맞추고 복원형태를 성형하는데 편리하다.

분채는 첨가물의 양에 상관없이 잘 발색 되지만 침전이 심한 단점이 있다. 파스텔은 발색력이 복원재료로 쓰기에 편리한 정도이며 침전이 낮은 장점이 있지만 ,에폭시 혼합시 일어나는 화학변화를 예측해야하고 특히, Epo-tek 301과의 혼합은 피해야한다. 콘테는 다량의 첨가물로 인해 발색이 약간 둔해지지만, 규칙적이고 완만히 발색 하며 침전률도 심하지 않다.

그러므로 AY 103과 콘테의 혼합은 다루기 쉽고 규칙적인 색도 변화를 이끌어 낼 수 있는 복원제 제조 방법이라 할 수 있다. 물론 다른 재료들의 혼합도 보존 처리자가 필요로 하는 조건에 맞추어 장점을 살린다면 이들 재료의 단점을 극복하고 훌륭한 복원제로 만들어질 것이다.

참고문헌

1. 김 신희,『Epoxy 수지의 자외선 조화 거동에 관한 연구』, 한서대학교 석사학위 청구논문, 2005.
2. 심 상철, 『미술재료와 표현』, 미진사, 2000.
3. 이 인수 옮김, 『회화의 재료와 기법』, 아트소오스, 1995.
4. 윤 선화,『UV조사에 의한 Epoxy와 Urethane도막의 노화에 관한 연구』, 부경대학교 석사학위 청구논문, 2004.
5. 전 영탁 외,『알고 쓰는 미술재료』, 미술문화, 1996.
6. 정 종미, 『우리그림의 색과 칠』, 학고재, 2001.