

저산소 농도 살충처리가 직물, 염색 직물, 종이, 염색지 및 채색편의 색상 및 기계적 성질에 미치는 영향

오준석¹ | 최정은 | 노수정 | 염상욱
국립민속박물관 보존과학실

The Effects of Anoxic Treatments on Color and Mechanical Property in Fabrics, Natural Dyed Fabrics, Papers, Natural Dyed Papers and Paints

Joon Suk Oh¹ | Jung Eun Choi | Soo Jung Noh | Sang Wook Eum
Conservation Laboratory, The National Folk Museum of Korea, Seoul, 110-820, Korea

¹Corresponding Author : kcommune@yahoo.co.kr, +82-2-3704-3276

초록 박물관에서 소장품의 저산소 농도 살충처리를 위해, 직물, 염색 직물, 종이, 염색지 및 채색편의 색상 및 기계적 성질에 미치는 영향을 평가하였다. 저산소 농도 살충 조건은 질소 및 아르곤을 사용하여 조성한 산소 농도 0.01%, 온도(20°C, 25°C, 30°C), 습도 50%, 살충 시간 30일이었다. 직물은 생견 직물, 자외선 열화 생견 직물, 정련 견직물, 자외선 열화 정련 견직물, 광목 및 자외선 열화 광목을 평가 대상으로 하였다. 천연염색 견직물과 면직물은 생쪽, 쪽, 홍화, 자초, 쪽두서니, 소목, 황벽, 울금, 치자, 황련, 괴화, 코치닐, 자광, 오리나무, 오배자, 밤피 및 쪽과 홍화 복염, 쪽과 황벽 복염, 쪽과 괴화 복염, 쪽과 소목 복염 등 천연염색 직물 각 20종이었다. 평가 대상 종이는 한지(닥지, 닥과 벗짚 혼합지), 화지(안피지), 면지, 린넨지, 면, 아마 및 마닐라삼 혼합지, 복사지, 신문지, 반수 닥지 등 9종이었다. 염색지는 한지에 쪽, 소목, 쪽두서니, 홍화, 치자, 황벽, 괴화로 천연염색한 것을 평가하였다. 채색편은 반수 한지와 반수 화견에 석청, 석록, 주사, 주, 석자황, 등황, 연단, 대자, 석간주, 니람, 연지(자광, 코치닐, 홍화, 쪽두서니), 뇌록, 스몰트, 울트라마린블루, 라피스라즈리, 프리시안블루, 백토, 연백, 호분(굴껍질 호분, 대합껍질 호분) 등 23종의 안료 분말을 아교물에 개어 도포한 것이었다. 평가 대상 재료에 대해 저산소 농도 살충처리 전후의 색차를 평가한 결과, 색차 ΔE^* 는 1.5 이하이거나 대조군보다 낮았으며, 직물 및 염색 직물의 살충처리 전후의 인장강도 변동률은 기준치 이하였다. 그리고 가스(질소와 아르곤)와 살충 온도에 따른 색차 및 인장강도 변동률에 대한 영향도 없었다.

중심어: 저산소 농도 살충처리, 직물, 염색 직물, 종이, 염색지, 채색편, 색차, 인장강도 변동률

ABSTRACT Fabrics, natural dyed fabrics, papers, natural dyed papers and paints were examined effects of colors and mechanical properties for materials of museum collections under anoxic treatment. Anoxic conditions using nitrogen and argon were oxygen concentration 0.01%, temperature(20°C, 25°C, 30°C), 50% RH and exposure time 30 days. Examined fabrics were raw silk fabric, UV irradiated raw silk fabric, degummed silk fabric, UV irradiated degummed silk fabric, cotton fabric, and UV irradiated cotton fabric. Natural dyed silk and cotton fabrics were dyed with fresh indigo,

indigo, safflower, gromwell, madder sappanwood, amur cork tree, turmeric, gardenia, barberry root, pagoda tree flower, cochineal, lac, alnus japonica, gallnut, chestnut shell, and combination(indigo and safflower, indigo and amur cork tree, indigo and pagoda tree flower, indigo and sappanwood). Papers were Korean papers(mulberry paper, mulberry(70%) and rice straw(30%) mixed paper), Japanese paper(gampi paper), cotton paper, refined linen paper, cotton, linen & manila mixed fibre furnish, copy paper, news print, and alum sized mulberry paper. Natural dyed papers were dyed with indigo, sappanwood, madder, safflower, gardenia, amur cork tree, and pagoda tree flower. Paints were painted on alum-sized papers and silk fabrics using glue and pigments(azurite, malachite, cinnabar, vermilion, orpiment, gamboge, red lead, haematite, iron oxide red, indigo(lake), lac, cochineal, safflower, madder root lake, celadonite, smalt, ultramarine blue, lapis lazuli, prussian blue, kaolin, lead white, oyster-shell white, and clam-shell white). The color differences(ΔE^*) of all examined materials were below 1.5 or lowered than control samples after anoxic treatment. The variations of tenacity of yarns of fabrics and natural dyed fabrics after anoxic treatment were within that of standard silk and cotton fabrics. Gases(nitrogen and argon) and temperatures of anoxic treatment did not also affected color differences and variations of tenacity of materials.

Key Words: Anoxic treatment, Silk fabric, Cotton fabric, Natural dyed fabric, Paints, Paper, Natural dyed paper, Color difference, Variations of tenacity

1. 서론

유해생물로부터 문화재의 보존을 위해 그동안 널리 사용되어온 독성이 강한 화학 살충제나 훈증제의 사용을 줄이고 환경에 친화적인 방법의 도입을 위해, 미연에 생물피해를 줄이기 위한 예방법으로써 종합유해생물관리(IPM, Integrated Pest Management)라는 새로운 개념이 도입되었다. 이와 함께 1980년대부터 화학약제를 사용하지 않는 새로운 생물 방제법에 대한 요구와 오존층 파괴물질인 메틸브로마이드가 1997년 몬트리올의정서에서 최종 전폐 일 정 결정으로 현재 선진국에서는 다양한 생물 방제법(저산소법, 이산화탄소법, 고온법, 저온법)이 연구개발되어 운용되고 있다. 저산소 농도 살충법은 질소나 아르곤을 사용하여 전세계의 박물관에서는 널리 운용되고 있지만 아직 국내에서는 장비 개발 및 운용 기술이 개발 단계이다(Oh *et al.*, 2012).

저산소 농도 환경에서 해충의 살충을 위해서는 질소나 아르곤을 사용하여 제어된 공기(controlled atmosphere) 환경을 조성한다(Selwitz and Maekawa, 1998). 대부분의 유기질 재질은 산화반응에 의해 열화가 일어나기 때문에 저산소 환경에서는 산소 부족으로 분해가 느려진다는 것을 의미한다. 질소나 아르곤은 독성이 없고 비가연성 물질이며 불활성 가스로 문화재의 재질과 반응을 일으키지 않기 때문에 문화재 해충의 살충뿐만 아니라 미국 독립선언문 보존(Koestler, 2004)이나 이집트의 미라와 같은 전시

중인 문화재의 보존에도 사용되고 있다(Maekawa, 1998). 질소나 아르곤의 저산소 환경에서의 전시와 살충작업을 할 때 재질의 영향에 대한 연구는 염색 직물, 안료 그리고 단백질(근육, 견직물) 등을 대상으로 이루어져 왔다. Russell 등은 공기나 수분이 없는 진공상태에서 태양광에 노출시킨 수채화 안료의 퇴색 연구에서 일부 안료를 제외하고는 뚜렷한 퇴색이 없다고 보고하였다(Brommelle, 1964). 질소와 탈산소제로 조성한 저산소 환경에서 150일간 노출시킨 프러시안 블루(prussian blue) 등 11종의 안료로 그린 유화들은 색상이나 광택에서 변화가 없었으며(Koestler *et al.*, 1993), 염색지를 저산소 환경에서 보관했을 때에도 퇴색이 줄어들었다고 보고되었다(Daniel, 1993). 그리고 Kigawa 등은 탈산소제로 조성한 저산소 환경에 노출시킨 일본화 안료 분말과 유리 살레 채색편은 밀타승, 연단을 제외하고는 색상변화가 없다고 보고하였으며(Kigawa *et al.*, 1998), 질소 저산소 환경에서 일본화 안료 분말, 유리 살레에 칠한 채색편 및 금속편에 대한 시험에서 육안상으로 색상변화가 없다고 보고하였다(Kigawa *et al.*, 1999). Buss 등은 저산소 환경(질소, 탈산소제)에서 합성염료, 매염염료, 형광염료 직물은 빛이 없을 때 형광 염료를 제외하고는 공기 중 보관 염료에 비해 퇴색에 안정적이었고, 모두 빛에 노출된 염료에 비해 퇴색이 적었으며(Buss and Crews, 2000), Korenberg는 수채화 안료를 탈산소제로 조성한 저산소 환경과 공기 중에 노출하여 형광램프를 조사하였을 때 저산소 환경에서 석자황(orpiment), 옹황(realgar)

Table 1. Fabrics and UV irradiated fabrics.

Fabrics	Density(thread/5cm)		Thickness (mm)	UV irradiating time(hours)
	Warp	Weft		
Raw silk	121	118	0.18	- 120
Degummed silk	105	79	0.19	- 120
Cotton	79	58	0.35	- 264

및 알리자린 크림슨(alizarin crimson)은 크롬 딥(chrome deep)과 프리시안 블루와는 달리 퇴색이 적었다고 보고하였다(Korenberg, 2008). 프리시안 블루는 저산소 환경에서 변색이 일어나지 않거나(Koestler *et al.*, 1993) 심한 것으로 보고(Korenberg, 2008)되어 일관된 연구 결과를 보이지 않았으나, 이와 같은 불일치는 저산소 환경에서의 프리시안 블루의 환원 때문으로 알려졌다. Rowe는 저산소 환경 노출 직후에는 변색이 되었으나 이를 다시 공기 중에 2주간 재 노출시켰을 때 변색된 색상이 산화에 의해 복원되었다고 보고하였다(Rowe, 2004). 그리고 메틸브로마이드와 같은 훈증제를 사용하였을 때 자연사 자료에서 단백질의 DNA 분자에 변화가 일어나지만, 저산소 환경에서는 근육 단백질에서 DNA 분자에 영향을 미치지 않았으며, 단백질 재질의 아교나 견섬유도 변화가 일어나지 않는 것으로 밝혀졌다(Kigawa, *et al.*, 2011).

본 연구는 질소와 아르곤을 사용한 저산소 농도 살충에 따른 문화재의 재질에 대한 영향을 평가하기 위하여, 국립민속박물관에 도입된 시험용 저산소 농도 살충 챔버 시스템(Oh *et al.*, 2012)을 활용하여 한국의 문화재에 사용되어 온 견·면직물, 염색 견·면직물, 종이, 염색지 및 채색편의 저산소 농도 살충처리 전후 색상과 인장강도에 미치는 영향을 분석하였다.

2. 실험 조건

2.1. 시험편

2.1.1. 직물

시판 생견직물과 마르세이유 비누 농도 5%, 액비 50:1, 온도 95℃ 에서 1시간 30분 동안 생견 직물을 정련한 견직물을 평가에 사용하였다. 면직물은 표백하지 않은 광목(밀도 경사 79개/5 cm, 위사 59개/5 cm, 두께 0.3 5mm)을 α -amylase(Sigma)로 호발(糊拔)한 후 사용하였다. 호발 조

Table 2. Dyed silk and cotton fabrics

Dyed fabric	Dyeing
Fresh indigo	
Indigo	
Indigo+Safflower	Combination dyeing
Indigo+Amur cork tree	Combination dyeing
Indigo+Pagoda tree flower	Combination dyeing
Indigo+Sappanwood	Combination dyeing
Safflower	
Gromwell	
Madder	Alum pre mordanting
Sappanwood	Alum pre mordanting
Amur cork tree	Alum pre mordanting
Turmeric	
Gardenia	Alum pre mordanting
Barberry root	
Pagoda tree flower	
Cochineal	Alum pre mordanting
Lac	Alum pre mordanting
Alnus japonica	
Gallnut	
Chestnut shell	

건은 37℃, pH 6.9, 농도 0.005% w/v, 액비 20:1, 호발시간 2시간이다(Bott, 1990). 자외선 열화 직물은 자외선 램프(Philips, TL 60W/10R)로 생견직물과 정련 견직물을 120시간 조사한 것이며, 광목은 264시간 조사한 것을 평가에 사용하였다.

직물들은 저산소 농도 살충 시험 전까지 상온에서 아트소브(Fuji Silysia Chemical, 상대습도 50%)로 습도를 조절한 데시케이터에 넣고 빛을 차단하여 보관하였다. 상세 시료 내역은 Table 1과 같다.

2.1.2. 염색 직물

염색 견직물(밀도 경사 80개/5 cm, 위사 39개/5 cm, 두께 0.20 mm)은 정련 견직물을, 생쪽, 쪽, 홍화, 자초, 꼭두

Table 3. Papers.

Paper	Remark
Mulberry paper	Sin Hyunse, Korean paper, Unbleached
Mulberry(70%) and Rice straw(30%) mixed paper	Sin Hyunse, Korean paper, Unbleached
Gampi paper	Tokusima, Japanese paper, Unbleached
Cotton paper	Rives Lightweight
Refined linen paper	Ruscombe Mill Chateau Vellum
Cotton, Linen & Manila mixed fibre furnish	Moulin du Verger
Copy paper	Paper & People
News print	
Alum sized mulberry paper	Sin Hyunse, Korean paper, Unbleached

Table 4. Dyed Korean papers.

Dyed paper	Remark
Indigo	
Sappanwood	Alum pre mordanting
Madder	Alum pre mordanting
Safflower	
Gardenia	Alum pre mordanting
Amur cork tree	Alum pre mordanting
Pagoda tree flower	

서니, 소목, 황벽, 울금, 치자, 황련, 괴화, 코치닐, 자광(紫鑑, lac), 오리나무, 오배자, 밤피 및 쪽과 홍화 복염, 쪽과 황벽 복염, 쪽과 괴화 복염, 쪽과 소목 복염 등 천연염료로 염색한 20종이다. 이때 매염제로 명반(황산알루미늄갈륨, $AlK(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$, 純正化學, 특급)을 사용하였다. 염색 면직물(밀도 경사 61개/5 cm, 위사 60개/5 cm, 두께 0.10 mm)은 호발한 광목을 염색 견직물과 같은 염료로 염색한 20종이다. 염색 견직물과 염색 면직물은 시험 전까지 직물과 같이 조습된 데시케이터에 보관하였다. 상세 시료 내역은 Table 2와 같다.

2.1.3. 종이

한지(닥지, 닥과 벗짚 혼합지), 화지(和紙, 안피지(雁皮紙)), 면지(棉紙), 린넨지, 면, 아마 및 마닐라삼 혼합지, 복사지, 신문지, 반수 닥지 등 9종의 종이를 시료로 사용하였으며, 시험 전까지 조습된 데시케이터에 보관하였다. 상세 시료 내역은 Table 3과 같다.

2.1.4. 염색지

염색지는 한지를 쪽, 소목, 쪽두서니, 홍화, 치자, 황벽, 괴화로 염색한 것으로, 시험 전까지 조습된 데시케이터에

보관하였다. 상세 시료 내역은 Table 4와 같다.

2.1.5. 채색편

채색편은 명반으로 만수(礬水)를 한 한지(신현세 제작)와 화견(畫絹)에, 석청(石靑), 석록(石綠), 주사(朱砂), 주(朱), 석자황(石雌黃), 등황(藤黃), 연단(鉛丹), 대자(岱赭), 석간주(石間朱), 니람(泥藍), 연지(臘脂, 자광, 코치닐, 홍화, 쪽두서니), 뇌록(靛綠), 스몰트(smalt), 울트라마린블루(ultramarine blue), 라피스라즈리(lapis lazuri), 프리시안블루, 백토(白土), 연백(鉛白), 호분(胡粉, 굴껍질 호분, 대합껍질 호분) 등 23종의 안료 분말을 아교물에 개어 도포한 것을 시료로 사용하였다. 이때 아교는 우교(牛膠, 三千本)를 사용하였다. 시험 전까지 한지 및 화견 채색편은 조습된 데시케이터에 보관하였으며, 상세 시료 내역은 Table 5와 같다.

2.2. 저산소 농도 살충처리

산소 농도 살충처리에 의한 재질 영향 평가 조건은 산소 농도 0.01%, 온도 $20 \pm 1^\circ C$, $25 \pm 1^\circ C$, $30 \pm 1^\circ C$, 습도 $50 \pm 5\%$, 살충시간 30일이다. 시험편을 저산소 농도 살충 챔버(싱크 피플)에 넣고 온도와 습도를 일정하게 유지시키면서, 질소 또는 아르곤을 주입하여 챔버 내 산소를 외부로 배출시키는 방법으로 산소 농도를 설정치 0.01%에 도달시킨 후, 30일간 시험편을 저산소 환경에서 노출시켰다(Figure 1). 이때 챔버 내 산소 농도가 설정치보다 0.01% 이상 높아질 때 마다 가스를 공급하여 산소 농도를 설정치로 유지시켰다. 30일 후 챔버에서 재료를 꺼내어 조습된 데시케이터에 넣고 살충처리 전후 색차 및 인장강도를 측정·비교하였다. 저산소 농도 살충처리 중 산소 농도, 온도, 습도 거동은 Figure 2와 같다.

Table 5. Pigments applied alum-sized papers and silk fabrics

Pigment	Formula	Buyer	Remark (Korean pigmnet name)
Azurite	$2\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$	Tokuouken	석청
Malachite	$\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$	Tokuouken	석록
Cinnabar	HgS	Tokuouken	주사
Vermilion	HgS	Tokuouken	주
Orpiment	As_2S_3	Kremer Pigmente	석자황
Gamboge	Gambogic acid	Sankichi	등황
Red lead	Pb_3O_4	Tokuouken	연단
Haematite	Fe_2O_3	Kremer Pigmente	대자
Iron oxide red	Fe_2O_3	Tokuouken	석간주
Indigo, Lake	Indigotin, CaCO_3	Sankichi	니람
Lac	Laccaic acid	Ars and Crafts	자광
Cochineal	Aluminium lake of carminic acid	Sankichi	코치닐
Safflower	Carthamin	Whasoomok	홍화
Madder root lake	Alizarin	Kremer Pigmente	꼭두서니
Celadonite	$\text{K}(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+})(\text{Fe}^{3+}, \text{Al})[\text{Si}_4\text{O}_{10}](\text{OH})_2$	Noesungsan	넝록
Smalt	$\text{CoO} \cdot \text{NSiO}_2 (+\text{K}_2\text{O} + \text{Al}_2\text{O}_3)$	Sankichi	스몰트
Ultramarine blue	$3\text{Na}_2\text{O} \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2 \cdot 2\text{Na}_2\text{S}$	Kremer Pigmente	울트라마린블루
Lapis lazuli	$3\text{Na}_2\text{O} \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2 \cdot 2\text{Na}_2\text{S}$	Kremer Pigmente	라피스라즈리
Prussian blue	$\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3 \cdot 14\text{-}16\text{H}_2\text{O}$	Kremer Pigmente	프리시안블루
Kaolin	$\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{HSO}$	Kremer Pigmente	백토
Lead white	$2\text{PbCO}_3 \cdot \text{Pb}(\text{OH})_2$	Kremer Pigmente	연백
Oyster-shell white	CaCO_3	S.UEBA.&Co.	호분(굴껍질)
Clam-shell white	CaCO_3	Holbein	호분(대합껍질)

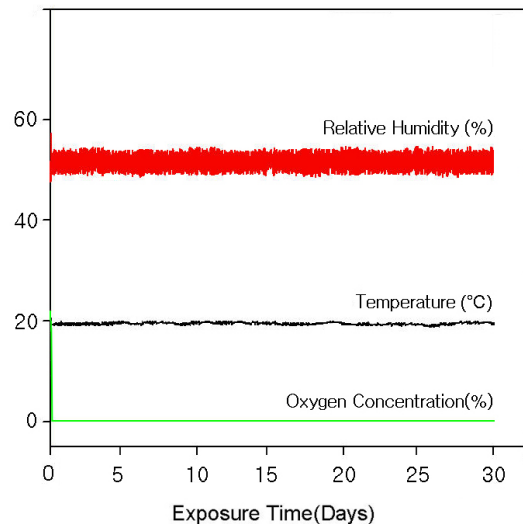
**Figure 1.** Effect test on materials in anoxic chamber system.**Figure 2.** Oxygen concentration, temperature and relative humidity in anoxic chamber for anoxic treatment.

Table 6. Sensual expression of color difference

ΔE^*	Sensual expression
0~0.5	Trace
0.5~1.5	Slight
1.5~3.0	Noticeable
3.0~6.0	Appreciable
6.0~12.0	Much
12.0~	Very much

2.3. 분석

2.3.1. 색차

색차계(Minolta, CR-400)를 이용한 저산소 농도 살충 처리 전후의 색차 분석을 통해 저산소 농도 살충에 따른 영향을 평가하였다. 직물, 자외선 열화 직물, 염색 견·면직물, 채색편, 종이 및 염색지 각 시료에 대해 저산소 농도 살충 처리 전후 3지점의 L^* , a^* , b^* 를 측정하고 다음 식을 이용하여 색차 ΔE^* 를 계산하였다. 30일간 저산소 농도 살충처리한 시료의 ΔE^* 와 상온에서 습도 50%를 유지한 데시케이터에서 30일간 보관한 대조군의 ΔE^* 를 비교하여, 저산소 농도 살충처리에 따른 색상 변화를 평가하였다.

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

색차(ΔE^*)에 대해 감각적으로 표현을 하면 Table 6와 같다. 색차가 1.5 이상에서는 일반인도 색상 차이를 감지할 수 있는 정도이며, ΔE^* 가 2-3 이상에서는 색상이 다르다고 평가된다.

2.3.2. 인장강도 변동률

인장강도(引張強度) 변동률은 저산소 농도 살충처리 전후의 직물, 자외선 열화 직물 및 염색 견·면직물 시료에서 채취한 경사의 인장강도 비교로 평가하였다. 인장시험기(Shimadzu, AG-10kNI)를 사용하여 파지거리 100 mm, 크로스헤드 속도 100 mm/min의 조건에서, 저산소 농도 살충 처리 전후 시료에서 채취한 실을 5회씩 측정하였다. 측정 시 습도는 50±5%, 온도는 20±2℃로 유지하였다. 30일간 저산소 농도 살충처리한 시료의 강도 변동률과 상온에서 습도 50%를 유지한 데시케이터에서 30일간 보관한 대조군의 강도 변동률을 비교하여, 저산소 농도 살충처리에 따른 기계적 성질의 영향을 평가하였다.

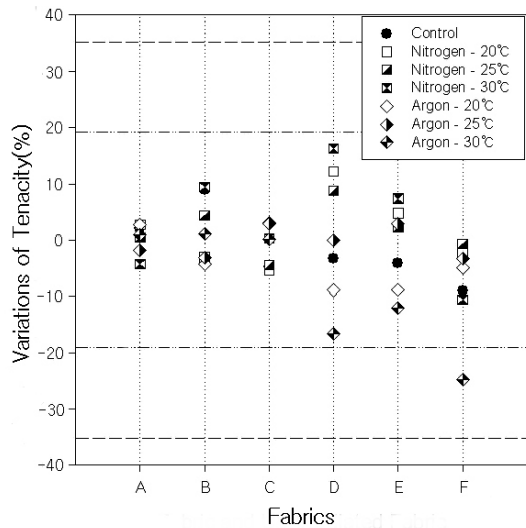


Figure 3. Variations of tensile strength of fabrics after nitrogen and argon anoxic treatment for 30 days(Horizontal dash-dot line: standard tensile strength variations of degummed silk fabric; Horizontal dash line: standard tensile strength variations of cotton fabric).

그리고 정련 견직물 및 광목에서 채취한 50회의 측정 강도로부터 강도 변동률의 기준치를 얻었다. 정련 견직물의 50회 강도 변동률은 ±19.1%이며, 광목의 50회 강도 변동률은 ±35.4%였다. 이 기준치 내에 들면 저산소 농도 살충 처리에 따른 직물의 기계적 성질이 영향을 받지 않는다고 판단하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 직물

생견 직물, 자외선 열화 생견 직물, 정련 견직물, 자외선 열화 정련 견직물, 광목 및 자외선 열화 광목을 20℃, 25℃, 30℃에서 각각 30일 동안 저산소 농도 살충 처리한 후 색차는 Table 7과 같다. 시간적으로 감지할 수 있을 정도의 색차(ΔE^* 1.5 이상)는 질소나 아르곤 저산소 농도 살충처리에서는 나타나지 않았으며, 온도를 20℃에서 30℃까지 올렸을 때에도 색상 변화가 없어, 저산소 농도 살충처리에 따른 영향이 나타나지 않았다.

저산소 농도 살충 처리 후 인장강도 변동률은 Figure 3과 같다. 직물 및 자외선 열화 직물 모두 강도 변동률의 기준치(견직물 ±19.1%, 면직물 ±35.4%) 내에 들었으며, 질

소나 아르곤, 살충처리 온도에 따른 차이는 보이지 않았다. 가 됨에 따라 저산소 농도 살충처리 후 강도 변동률은 약간
그리고 생견 직물, 정련 견직물 및 광목은 자외선으로 열화 증가하는 경향을 보였다.

Table 7. Color differences of sample fabrics after nitrogen and argon anoxic treatment for 30 days.

Code	Fabric	Temperature(°C)	ΔE^*	
			Nitrogen	Argon
A	Raw silk fabric	Control		0.18
		20	0.12	0.05
		25	0.04	0.24
		30	0.10	0.18
B	UV irradiated raw silk fabric	Control		0.30
		20	0.09	0.26
		25	0.13	0.10
		30	0.25	0.21
C	Degummed silk fabric	Control		0.31
		20	0.13	0.13
		25	0.08	0.21
		30	0.10	0.21
D	UV irradiated degummed silk fabric	Control		0.47
		20	0.12	0.13
		25	0.18	0.10
		30	0.24	0.11
E	Cotton fabric	Control		0.57
		20	0.27	0.25
		25	0.03	0.08
		30	0.04	0.11
F	UV irradiated cotton fabric	Control		0.70
		20	0.17	0.72
		25	0.39	0.09
		30	0.11	0.33

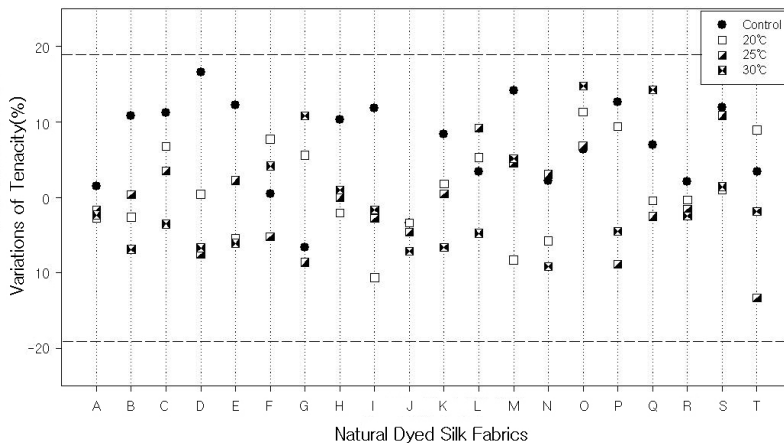


Figure 4. Variations of tenacity of natural dyed silk fabrics after nitrogen anoxic treatment for 30 days(Horizontal dash line: Standard tenacity variations of degummed silk fabric).

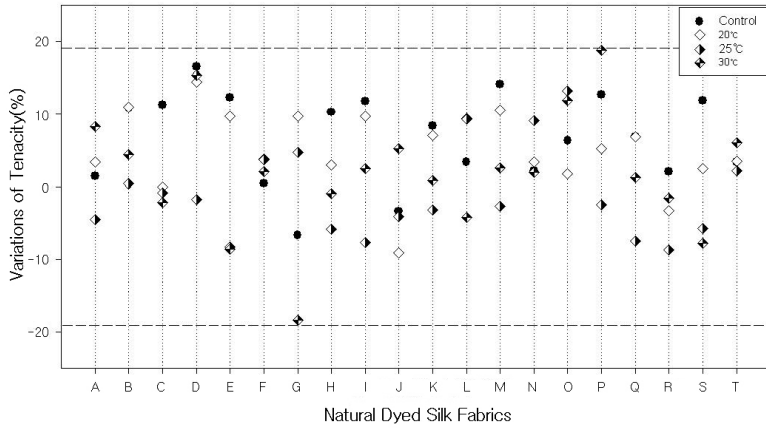


Figure 5. Variations of tenacity of natural dyed silk fabrics after argon anoxic treatment for 30 days(Horizontal dash line: Standard tenacity variations of degummed silk fabric).

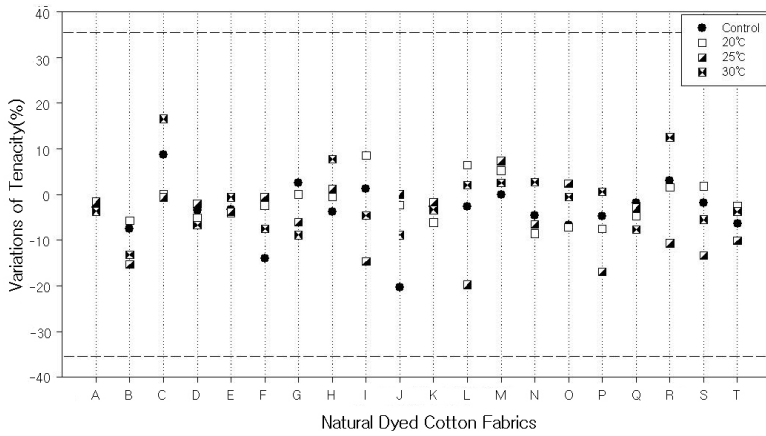


Figure 6. Variations of tenacity of natural dyed cotton fabrics after nitrogen anoxic treatment for 30 days(Horizontal dash line: Standard tenacity variations of cotton fabric).

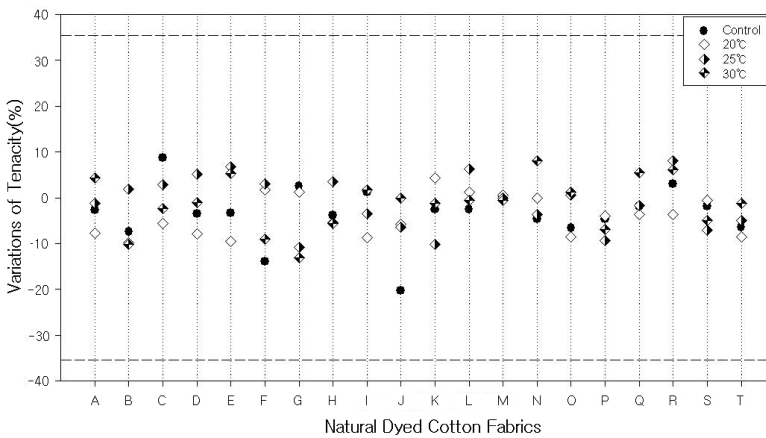


Figure 7. Variations of tenacity of natural dyed cotton fabrics after argon anoxic treatment for 30 days(Horizontal dash line: Standard tenacity variations of cotton fabric).

Table 8. Color differences of natural dyed fabrics after nitrogen and argon anoxic treatment for 30 days.

Code	Dyed fabric	Temperature (°C)	ΔE^*			
			Silk fabric		Cotton fabric	
			Nitrogen	Argon	Nitrogen	Argon
A	Fresh indigo	Control	0.28		0.75	
		20	0.15	0.07	0.21	0.59
		25	0.19	0.24	0.02	0.19
		30	0.02	0.24	0.06	0.25
B	Indigo	Control	0.03		0.00	
		20	0.08	0.05	0.00	0.41
		25	0.24	0.06	0.10	0.05
		30	0.22	0.14	0.04	0.05
C	Indigo+Safflower	Control	0.05		0.17	
		20	0.12	0.13	0.05	0.16
		25	0.11	0.16	0.12	0.47
		30	0.02	0.01	0.06	0.09
D	Indigo+Amur cork tree	Control	0.12		0.07	
		20	0.04	0.05	0.04	0.04
		25	0.10	0.14	0.02	0.10
		30	0.20	0.02	0.03	0.08
E	Indigo+Pagoda tree flower	Control	0.13		0.76	
		20	0.05	0.11	0.36	0.46
		25	0.13	0.07	0.67	0.74
		30	0.03	0.04	0.51	0.49
F	Indigo+Sappanwood	Control	0.28		0.13	
		20	0.33	0.22	0.17	0.38
		25	0.19	0.10	0.19	0.11
		30	0.17	0.15	0.12	0.04
G	Safflower	Control	0.29		0.92	
		20	0.06	0.66	0.23	0.22
		25	0.78	0.03	0.41	0.32
		30	0.28	0.11	0.48	0.38
H	Gromwell	Control	0.11		0.17	
		20	0.16	0.05	0.02	0.15
		25	0.09	0.10	0.23	0.03
		30	0.13	0.18	0.10	0.09
I	Madder	Control	0.07		0.16	
		20	0.02	0.06	0.05	0.21
		25	0.19	0.09	0.10	0.07
		30	0.06	0.10	0.01	0.15
J	Sappanwood	Control	0.19		0.11	
		20	0.12	0.11	0.22	0.21
		25	0.10	0.05	0.09	0.12
		30	0.36	0.15	0.08	0.18
K	Amur cork tree	Control	0.13		0.68	
		20	0.12	0.03	0.09	0.15
		25	0.03	0.04	0.11	0.57
		30	0.37	0.10	0.25	0.16

Table 8. Continue.

Code	Dyed fabric	Temperature (°C)	ΔE^*			
			Silk fabric		Cotton fabric	
			Nitrogen	Argon	Nitrogen	Argon
L	Turmeric	Control	1.16		1.48	
		20	0.35	0.39	0.24	0.60
		25	0.32	0.10	0.13	0.23
		30	0.41	0.21	0.05	0.51
M	Gardenia	Control	0.21		0.84	
		20	0.10	0.22	0.36	0.54
		25	0.33	0.12	0.49	0.60
		30	0.09	0.26	0.72	0.69
N	Barberry root	Control	0.24		0.99	
		20	0.02	0.23	0.08	0.28
		25	0.16	0.13	0.09	0.30
		30	0.10	0.15	0.27	0.19
O	Pagoda tree flower	Control	0.48		0.39	
		20	0.05	0.16	0.27	0.42
		25	0.09	0.16	0.30	0.77
		30	0.13	0.05	0.26	0.38
P	Cochineal	Control	0.13		0.54	
		20	0.06	0.07	0.08	0.10
		25	0.26	0.21	0.12	0.14
		30	0.05	0.11	0.04	0.21
Q	Lac	Control	0.08		0.17	
		20	0.10	0.15	0.38	0.59
		25	0.11	0.09	0.11	0.08
		30	0.09	0.34	0.04	0.23
R	Alnus firma	Control	0.23		0.02	
		20	0.10	0.10	0.09	0.06
		25	0.09	0.19	0.02	0.09
		30	0.16	0.16	0.06	0.13
S	Gallnut	Control	0.42		0.16	
		20	0.23	0.37	0.09	0.12
		25	0.17	0.34	0.05	0.03
		30	0.16	0.31	0.11	0.06
T	Chestnut shell	Control	0.06		0.19	
		20	0.03	0.03	0.14	0.28
		25	0.15	0.07	0.32	0.14
		30	0.10	0.11	0.09	0.18

3.2. 염색 직물

염색 견직물과 면직물을 20°C, 25°C, 30°C에서 30일 동안 질소와 아르곤 저산소 농도 살충 처리한 후 색차는 Table 8과 같다. ΔE^* 가 1.5 이상인 대조군 염색 견직물과 면직물은 없었지만, 대조군 중 울금으로 염색한 직물이 Δ

Table 9. Color differences of papers after nitrogen and argon anoxic treatment for 30 days.

Paper	Temperature (°C)	ΔE^*	
		Nitrogen	Argon
Mulberry paper	Control	0.14	
	20	0.03	0.07
	25	0.06	0.12
	30	0.16	0.11
Mulberry(70%) and rice straw(30%) mixed paper	Control	0.07	
	20	0.06	0.04
	25	0.02	0.05
	30	0.03	0.09
Gampi paper	Control	0.19	
	20	0.10	0.10
	25	0.13	0.21
	30	0.04	0.18
Cotton paper	Control	0.04	
	20	0.06	0.08
	25	0.03	0.06
	30	0.05	0.01
Refined linen paper	Control	0.12	
	20	0.06	0.15
	25	0.04	0.06
	30	0.04	0.06
Cotton, linen & manila mixed fibre furnish	Control	0.06	
	20	0.17	0.03
	25	0.05	0.05
	30	0.13	0.04
Copy paper	Control	0.06	
	20	0.03	0.10
	25	0.19	0.05
	30	0.14	0.06
News print	Control	0.41	
	20	0.14	0.19
	25	0.21	0.21
	30	0.28	0.13
Alum-sized mulberry paper	Control	0.04	
	20	0.07	0.11
	25	0.04	0.03
	30	0.10	0.10

E^* 가 가장 높아(견직물 1.16, 면직물 1.48) 염색견뢰도가 가장 낮았다. 울금은 일광견뢰도가 낮은 대표적인 염료로 알려져 있다(Buss and Crews, 2000). 질소와 아르곤 저산소 환경에 노출된 염색 견직물 및 면직물에서는 울금을 포함하여 ΔE^* 가 모두 1.5 이하로, 저산소 농도 살충 환경은 염색 직물에 영향이 없었으며, 30°C까지의 온도 상승에도 색차에는 영향이 없었다.

대조군과 저산소 농도 살충 처리 후 염색 견·직물의 강도 변동률은 Figure 4-7과 같다. 대조군의 강도 변동률과 질소 및 아르곤 저산소 농도 살충 처리 전후 염색 견·면직

Table 10. Color differences of natural dyed Korean papers after nitrogen and argon anoxic treatment for 30 days.

Dyed paper	Temperature (°C)	ΔE^*	
		Nitrogen	Argon
Indigo	Control	0.11	
	20	0.11	0.11
	25	0.09	0.09
	30	0.18	0.10
Sappanwood	Control	0.42	
	20	0.16	0.06
	25	0.19	0.13
	30	0.14	0.01
Madder	Control	0.23	
	20	0.03	0.15
	25	0.03	0.16
	30	0.19	0.15
Safflower	Control	0.43	
	20	0.08	0.20
	25	0.04	0.27
	30	0.16	0.18
Gardenia	Control	1.66	
	20	0.34	0.79
	25	0.79	0.80
	30	0.95	1.17
Amur cork tree	Control	1.00	
	20	0.23	0.16
	25	0.21	0.21
	30	0.27	0.19
Pagoda tree flower	Control	0.08	
	20	0.13	0.04
	25	0.13	0.10
	30	0.08	0.07

Table 11. Color differences of painted alum-sized papers and silk fabrics after nitrogen and argon anoxic treatment for 30 days.

Pigment	Temperature (°C)	ΔE^*			
		Alum-sized paper		Alum-sized silk fabric	
		Nitrogen	Argon	Nitrogen	Argon
Azurite	Control		0.17		0.20
	20	0.19	0.15	0.19	0.08
	25	0.08	0.08	0.17	0.09
	30	0.17	0.12	0.08	0.12
Malachite	Control		0.29		0.01
	20	0.02	0.17	0.07	0.01
	25	0.05	0.23	0.09	0.10
	30	0.05	0.06	0.07	0.03
Cinnabar	Control		0.07		0.06
	20	0.14	0.20	0.02	0.04
	25	0.04	0.06	0.06	0.05
	30	0.08	0.07	0.08	0.13
Vermilion	Control		0.15		0.66
	20	0.12	0.15	0.11	0.09
	25	0.18	0.10	0.21	0.14
	30	0.09	0.09	0.07	0.13
Orpiment	Control		0.51		0.52
	20	0.30	0.36	0.11	0.29
	25	0.49	0.28	0.14	0.19
	30	0.21	0.35	0.04	0.25
Gamboge	Control		0.56		0.83
	20	0.12	0.44	0.19	0.40
	25	0.16	0.29	0.15	0.14
	30	0.14	0.30	0.35	0.47
Red lead	Control		0.13		3.30
	20	0.31	0.25	0.88	1.05
	25	0.10	0.07	0.96	0.49
	30	0.08	0.14	0.74	0.49
Haematite	Control		0.15		0.26
	20	0.05	0.14	0.18	0.05
	25	0.10	0.09	0.18	0.12
	30	0.15	0.13	0.11	0.48
Iron oxide red	Control		0.16		0.50
	20	0.13	0.15	0.10	0.19
	25	0.08	0.01	0.07	0.16
	30	0.06	0.12	0.15	0.25
Indigo, Lake	Control		0.08		0.12
	20	0.04	0.08	0.04	0.09
	25	0.17	0.17	0.08	0.06
	30	0.08	0.10	0.07	0.23
Lac	Control		1.73		3.62
	20	1.57	0.48	0.35	0.42
	25	0.43	1.11	0.73	0.22
	30	0.45	1.55	0.47	0.99
Cochineal	Control		0.19		0.26
	20	0.16	0.13	0.14	0.09
	25	0.39	0.08	0.37	0.21
	30	0.05	0.09	0.15	0.17

Table 11. Continue.

Pigment	Temperature (°C)	ΔE^*			
		Alum-sized paper		Alum-sized silk fabric	
		Nitrogen	Argon	Nitrogen	Argon
Safflower	Control		0.27		0.29
	20	0.20	0.12	0.09	0.12
	25	0.24	0.35	0.10	0.07
	30	0.20	0.06	0.36	0.21
Madder root lake	Control		0.08		0.36
	20	0.03	0.08	0.25	0.27
	25	0.08	0.12	0.17	0.20
	30	0.04	0.01	0.25	0.17
Noerok	Control		0.16		0.39
	20	0.11	0.12	0.09	0.16
	25	0.11	0.15	0.20	0.20
	30	0.20	0.09	0.22	0.05
Smalt	Control		0.44		1.22
	20	0.08	0.16	0.16	0.15
	25	0.11	0.05	0.17	0.25
	30	0.07	0.08	0.10	0.30
Ultramarine blue	Control		0.03		0.76
	20	0.02	0.06	0.11	0.30
	25	0.19	0.08	0.14	0.14
	30	0.05	0.08	0.10	0.22
Lapis lazuli	Control		0.08		0.27
	20	0.11	0.26	0.15	0.15
	25	0.04	0.14	0.30	0.20
	30	0.08	0.09	0.21	0.18
Prussian blue	Control		0.80		0.85
	20	0.32	0.17	0.32	0.15
	25	0.60	0.15	0.60	0.17
	30	0.15	0.28	0.15	0.23
Kaolin	Control		0.32		0.38
	20	0.08	0.27	0.02	0.10
	25	0.11	0.24	0.05	0.07
	30	0.03	0.18	0.01	0.07
Lead white	Control		0.35		1.18
	20	0.14	0.14	0.06	0.25
	25	0.17	0.13	0.18	0.07
	30	0.03	0.18	0.15	0.03
Oyster-shell white	Control		0.46		1.95
	20	0.06	0.10	0.18	0.14
	25	0.01	0.27	0.05	0.08
	30	0.11	0.08	0.19	0.09
Clam-shell white	Control		0.31		1.53
	20	0.04	0.07	0.17	0.15
	25	0.21	0.06	0.30	0.16
	30	0.05	0.07	0.09	0.10

물의 인장강도 변동률은 모두 기준치 이내로, 저산소 농도 살충 환경에서 가스의 종류나 온도의 변화는 염료 종류와 관계없이 염색 직물의 기계적 성질에 영향을 미치지 않음을 알 수 있었다.

3.3. 종이

한지를 포함한 9종의 종이를 30일 동안 질소와 아르곤 저산소 농도 살충처리 후 색차는 Table 9와 같다. 대조군이 나 살충처리 후 종이는 모두 ΔE^* 가 1.5 이하였으며, 신문지가 가장 색차가 컸다($\Delta E^* 0.41$). 저산소 농도 살충처리 후 염색하지 않은 종이는 ΔE^* 가 1.5 이하로 저산소 농도 살충처리에 종이 영향 받지 않음을 보여주고 있다. 질소나 아르곤, 살충온도의 상승에 따른 영향도 없었다.

3.4. 염색지

한지를 쪽, 소목, 꼭두서니, 홍화, 치자, 황벽, 괴화로 염색한 염색지를 저산소 농도 살충처리 후 색차는 Table 10과 같다. 대조군 중에서는 색차가 큰 염색지는 치자($\Delta E^*=1.66$)로 염색한 것이었다. 저산소 농도 살충처리 후 염

색지는 모두 ΔE^* 가 1.5 이하였으며, 가스의 종류, 살충온도에 따른 차이를 보이지 않았다.

3.5. 채색편

대조군 및 반수 한지와 반수 화견에 채색한 채색편을 30일 동안 질소와 아르곤 저산소 농도 환경(산소 농도 0.01%, 습도 50%, 온도 20°C, 25°C, 30°C)에 노출 시킨 후 색차는 Table 11과 같다. 대조군 중 ΔE^* 가 1.5 이상인 반수 한지 채색편은 연지(자광), 화견 채색편은 연단, 연지(자광), 호분(굴껍질), 호분(대합껍질)이었다. 납을 함유한 안료들은 각종 살충제나 훈증제에 매우 불안정하여, 밀타승, 연단, 연백은 색상 변화가 심하게 일어났지만(Kigawa *et al.*, 1998, Kigawa *et al.*, 1999), 본 연구에서는 납 함유 대조군 채색편 중 화견 채색편의 연단에서만 ΔE^* 가 1.5 이상이었다. 그리고 같은 안료라고 하더라도 채색하는 반수 한지와 반수 화견에 따라 색상 변화 차이가 크게 나타났다. 대조군에서 색차가 큰 채색편 중 연지(자광)는 저산소 농도 환경에 노출된 연지(자광)에서도 ΔE^* 가 1.5 이상의 큰 색차(반수 한지 질소 20°C, 아르곤 30°C)를 보였지만 대조군의 색차보다는 작았으며, 그 외 채색편도 모두 ΔE^* 가

Table 12. Color differences of prussian blue painted alum-sized papers and silk fabrics re-exposure to air for 8 and 15 days after nitrogen and argon anoxic treatment.

Sample	Anoxic treatment	ΔE^*			
		After anoxic treatment	Re-exposure to air		
			8 days	15 days	
Alum-sized paper	Control	0.80	1.41	1.24	
	Nitrogen	20°C	0.78	0.17	0.15
		25°C	0.74	0.15	0.16
		30°C	1.02	0.28	0.20
	Argon	20°C	0.84	0.15	0.04
		25°C	0.76	0.21	0.05
30°C		0.79	0.30	0.18	
Alum-sized silk fabric	Control	0.85	1.11	1.09	
	Nitrogen	20°C	0.73	0.15	0.24
		25°C	1.18	0.17	0.16
		30°C	0.68	0.23	0.18
	Argon	20°C	0.59	0.32	0.28
		25°C	0.56	0.27	0.13
30°C		0.64	0.15	0.35	

1.5 이하를 보여, 저산소 농도 살충처리는 채색편에 영향이 없었다.

프러시안블루는 저산소 환경에서 노출된 후 환원상태에서 퇴색이 일어나지만, 다시 공기 중에 노출되면 재산화가 일어나 색상이 복원된다고 알려져 있다(Rowe, 2004). 본 연구에서도 같은 현상이 일어나 저산소 농도 살충처리 직후에는 ΔE^* 가 0.53~1.18이지만 공기 중 재 노출 8일 후에는 0.15~0.32, 15일 후에는 0.04~0.35로 색상이 복원되는 경향을 보여주고 있지만, 대조군의 프러시안 블루의 색상은 오히려 ΔE^* 가 약간 증가하였다(Table 12).

4. 결론

메틸브로마이드 대체 살충법으로써 질소와 아르곤을 사용한 저산소 농도 살충에 따른 문화재 재질(견·면직물, 염색 견·면직물, 종이, 염색지 및 채색 재료)에 미치는 영향을 살충 전후 색차와 인장강도의 변화를 통해 평가하였다.

1. 생견 직물, 자외선 열화 생견 직물, 정련 견직물, 자외선 열화 정련 견직물, 광목 및 자외선 열화 광목을 저산소 농도 살충처리 결과, 질소 및 아르곤 저산소 살충처리 후 색차 ΔE^* 는 1.5 이하로 색상 변화가 없었으며 인장강도 변동률도 기준치 이내로, 저산소 농도 살충처리에 따른 영향이 나타나지 않았으며 살충처리 온도에 따른 영향도 없었다.

2. 천연염색 견직물 및 면직물 각 20종은, 저산소 농도 살충처리 후 대조군 중 색차가 큰 음금을 포함하여 가스의 종류 및 온도의 변화에 따른 색상 변화는 없었으며, 인장강도도 변동률 기준치 이내로 저산소 농도 살충처리의 영향이 없었다.

3. 반수 한지와 반수 화전에 채색한 채색편을 저산소 농도 살충처리 결과, 대조군 중 ΔE^* 가 1.5 이상인 반수 한지 채색편은 연지(자광), 화견 채색편은 연단, 연지(자광), 호분(굴껍질), 호분(대합껍질)을 포함하여 대조군 보다 색차 ΔE^* 가 낮거나 1.5 이하로, 저산소 농도 환경이 채색편에 영향을 미치지 않았다. 그리고 프러시안블루 채색편은 저산소 농도 살충처리 직후에는 색차 ΔE^* 가 0.53~1.18이지만 공기 중에 재 노출 후 점차 색차가 줄어들어(15일 후 0.04~0.35) 저산소 환경에서 환원되었다가 재 산화가 일어나 색상이 복원되는 경향을 보이고 있다.

4. 한지를 포함한 9종의 종이는 저산소 농도 살충처리에 따른 색상변화가 나타나지 않았으며, 시험 대상 종이 중 신

문지가 가장 색차가 컸다.

5. 저산소 농도 살충처리한 천연염색지는 대조군 중 색차가 큰 치자를 포함하여 살충처리에 따른 색상 변화가 일어나지 않았다.

이상의 연구결과로부터, 질소 및 아르곤 저산소 농도 살충처리는 직물, 천연염색 직물, 종이, 천연염색 종이 및 채색편 등의 색상 및 기계적 성질에 영향을 미치지 않는 것이 검증되었다.

REFERENCES

- Brommelle, N.S., 1964, The Russell and Abney report on the action of light on water colours, *Studies in Conservation*, 9, 140-152.
- Bott, G., 1990, Amylase for Starch Removal from a Set of 17th Century Embroidered Panels", *The Conservator*, 14, 23-29.
- Buss, J.J.B. and Crews, P.C., 2000, Influence of Nitrogen gas and Oxygen Scavengers on Fading and Color Changes in Dyed Textiles, *Postprints of The Textile Specialty Group, The American Institute for Conservation of Historic and Artistic Works*, Washington, DC, 55-67.
- Daniel, V., 1993, Storage in low-oxygen environments, *Storage of natural history collections. Volume 1, A preventive conservation approach*, Rose, C., Hawks, C.A., Genoways, H.H. eds., *Society for the Preservation of Natural History Collections*, 147-155.
- Kigawa, R., Mitazawa, Y., Kuchitsu, N., Sano, C., Yamano, K. and Miura, S., 1998, Anoxia Treatment by Various Kinds of Oxygen Scavenger: Evaluation of Effects on Pigments, *Conservation Science*, 37, 23-33. (in Japanese with English abstract)
- Kigawa, R., Mitazawa, Y., Kuchitsu, N., Sano, K., Miura, S., Nochide, H., Kimura, H. and Tomita, B., 1999, Evaluation of the Effects of Various Pest Controlling Regents on Pigments and Metals: Effects of Pesticides, Fumigants, Carbon Dioxide and Nitrogen", *Bunkazai Hozon Shufuku Gakkaishi*, 43, 12-21. (in Japanese with English abstract)
- Kigawa, R., Strang, T., Hayakawa, N., Naoto, Y., Kimura, H., and Young, G., 2011, Investigation of Effects of

- Fumigants on Proteinaceous Components of Museum Objects (Muscle, Animal Glue and Silk) in Comparison with Other Non-chemical Pest Eradicating Measures, *Studies in Conservation*, 56, 191-215.
- Koestler, R.J., Parrerira, E., Santoro, E.D. and Noble, P., 1993, Visual Effects of Selected Biocides on Easel Painting Materials, *Studies in Conservation*, 38, 265-273.
- Koestler, R.J., Tavzes, Č., and Pohleven, F., 2004, A new approach on conservation of wooden heritage, *International Research Group on Wood Preservation, 35th Annual Meeting Stockholm*.
- Korenberg, C., 2008, The Photo-ageing behaviour of selected watercolour paints under anoxic conditions, *Technical Research Bulletin*, 2, 49-57.
- Maekawa, S., 1998, Conservation of the Royal Mummy Collection at the Egyptian Museum, Oxygen Museum Cases, Maekawa, S. ed., Getty Conservation Institute, Los Angeles, 1-5.
- Oh, J.S., Choi, J.E., and Lee, J.M., 2012, Trial Manufacture and Disinfection Evaluation of Anoxic Chamber System for Museum Insects, *Journal of Conservation Science*, 28, p377-385. (in Korean with English abstract).
- Rowe, S., 2004, The Effect of Insect Fumigation by Anoxia on Textiles Dyed with Prussian Blue, *Studies in Conservation*, 49, 259-270.
- Selwitz, C. and Maekawa, S., 1998, Anoxia as a Conservation Procedure, *Inert Gases in the Control of Museum Insect Pests*, Getty Conservation Institute, Los Angeles, 7-15.
-