

# 남동광석(Azurite) 원료 천연 광물 안료의 입도분포 특징

고인희 | 정혜영<sup>1</sup> | 박주현 | 정서린 | 조아현  
국립문화재연구소 복원기술연구실

## The Characteristics of Particle Size in Natural Mineral Pigment for Azurite Raw Material

In Hee Go | Hye Young Jeong<sup>1</sup> | Ju Hyeon Park | Sir Lin Jeong | A Hyeon Jo

Restoration Technology Division, National Research Institute of Cultural Heritage, 305-380, Daejeon, Korea

<sup>1</sup>Corresponding Author: elisul@korea.kr, +82-42-860-9348

**초록** 본 연구에서는 천연 안료 중 남동광(Azurite)으로 제조된 청색계열 안료 입도의 단계별 분포특성을 파악하고자 국내·외 청색계열 안료 57종을 선정, Malvern사의 Mastersizer2000을 이용하여 입도분석을 실시하였다. 실험 결과, 국내·외에서 시판되고 있는 청색 안료 일부를 제외하고는 비교적 단계별 입도 분리가 잘 되어 있으며, 안료의 입도가 작아질수록 Span 값은 증가하고 입도 분포 범위는 넓어지는 특징을 확인할 수 있었다. Friedman and Sanders가 제안한 Grain size를 기준으로 보면 대부분의 안료는 주로 모래와 실트영역에 해당하였으며 B-100은 72.2%가 점토영역에 해당되었고 A-14는 자갈에 해당하는 영역이 2.5%를 차지하였다. 나아가 동일 성분의 안료라 할지라도 입자 크기에 따라 안료의 발색특성이 다르며 흡유량, 비중, 작업성 등 중요물성에 밀접한 영향을 미친다. 이에 대한 추가적 실험이 필요하며 물리적 특성과 입도분포 특징에 대한 정보는 천연 안료의 취급을 위한 기초자료로 활용될 수 있을 것이다.

**중심어:** 입도분석, 입도분포, 전통안료, 남동광

**ABSTRACT** This study were conducted the particle-size analysis on 57 blue pigments to understand the step distribution characteristics of blue pigments made out of Azurite by using Malvern's Mastersizer 2000. As the result, most of the conventional blue pigments in Korea, Japan, and Chinese showed good granularity step separation except for few, and the smaller the particle, the more the Span value increased and the wider the granularity distribution range. On the basis of Friedman and Sanders's Grain size, most of the pigments were sand size to silt size. 72.2% of B-100 was clay size and 2.5% of A-14 was gravel size. Even the same components can differ by the grain size directly affecting the important property such as color formation, oil absorption, specific gravity, usability, etc. so the information about the granularity distribution would be used for basic data to deal with natural pigments.

**Key Words:** Particle size analysis, particle size distribution, Korean traditional Dancheong pigment, Azurite

### 1. 서론

안료는 무기안료, 유기안료, 레이크(Lake)안료 등으로

구분되며 고대로부터 회화, 건축물, 공예품, 장신구 등에 다양한 형태로 사용되었다. 그 중 무기안료는 일반적으로 유기안료에 비해 구조적으로 안정하며 색상이 비교적 변

하지 않는 것이 특징이며 천연으로 얻는 암석 광물이나 토양을 분쇄하여 만든 안료와 인공 황화수은처럼 주사와 같은 색을 내지만 인공 합성되어 가공되어지는 합성안료로 나누어진다. 자연에서 얻어지는 광물성안료와 토양을 분쇄하여 만든 안료로 대표적인 석록(石綠), 석청(石淸), 진사(辰砂), 대자(代赭), 석황(石黃), 백토, 황토 등이 있다(Lim, 2015). 광물성 안료는 광물이 갖는 투명도, 조흔색, 광택과 같은 특징을 조절하여 다양한 용도와 목적에 맞는 안료로 사용 가능하다. 전통적인 제조방법으로는 막자사발에 잘게 쪼개 암석을 넣고 막자를 활용하여 곱게 분쇄한 후 수비하여 고온입자를 얻어 내는 방법과 또는 안료에 열을 가하여 색을 변화시키는 방법이 있지만, 전자의 방법이 대표적이다. 안료는 열을 가하지 않고도 입자의 크기에 따라 발색이 달라지며 입자가 굵을수록 빛이 입자 내를 통과하는 거리가 길게 되기 때문에 흡수되는 빛의 양이 많아지며, 입자를 통과해 투과되는 빛이 적어 그에 따라 발색도 어둡게 된다(Lee, 2010). 이러한 원리를 이용하여 분쇄 후 입자크기를 구분하여 색도차이를 만든다. 현재 시판되는 천연 안료는 입도에 따라 보통 1~12단계로 나누어지며, 입도 단계에 따라 숫자를 붙여 구분하고 있다. 안료 번호가 작을수록 입자가 거칠고 번호가 클수록 곱고 미세한 특징을 보인다. 안료의 입도는 같은 성분의 안료라 할지라도 입자크기에 따라 색상, 명도, 채도 등의 발색 특성뿐만 아니라 흡수량, 비중, 작업성 등 중요 물성에도 영향을 주기 때문에 안료의 특성을 판단할 때, 입도에 대한 정보는 매우 중요하다. 현재 시판되고 있는 천연 광물성 안료는 각 제조사별로 세분화된 제작 과정을 거쳐 관리, 유통, 판매되고 있으나, 입도단계별 분포특성에 대한 자료가 없어 발색결과를 예측하기 어렵다.

국내의 전통안료에 대한 연구는 주로 부재별 안료의 성분분석이나 조사연구가 대부분을 차지하고 있다(Nam *et al.*, 2001, Jang *et al.*, 2010, Sin, 2005, Kim *et al.*, 2012). 최근에는 조사 연구뿐만 아니라 국내에서 생산되는 녹색과 적색계열의 광물안료의 특성을 파악한 연구가 수행되었고(Lee *et al.*, 2013) 일본 석채안료에 대한 색도, 광물분석을 비롯한 주사전자현미경(Scanning Electron Microscope)의 Scaler 기능을 사용하여 입자의 크기를 측정하는 연구사례(Lee, 2014) 등 다양한 분석기기를 통해 안료의 재료 과학적 특성을 규명하거나, 문화재 복원 작업에 기초자료 제공을 위한 전통안료 특성에 관한 연구들이 보고되고 있다(Lee, 2012, Do, *et al.*, 2008). 하지만 입도 특성을 비롯한

안료의 물리적 특성에 대한 연구는 미비한 수준으로 거의 이루어지지 못한 것이 현실이다.

입도분석은 입자의 형태가 완전한 구형이 아니고 제각기 다를 경우, 1개의 입자크기를 어느 선까지 인정할 것인가 또는 입자의 분포도나 입자크기의 평균치를 구하는 방식에 따라 분석결과와 해석이 달라질 수 있으며 또한 동일한 입자형이라 하더라도 측정방법에 따라 크기가 달라질 수 있다(Lee, *et al.*, 1995). 입도분석은 방식이나 측정원리에 따라 다양하며, 체질(Sieve), 침전법(Precipitation method)의 경우 그 방식만으로 입자들의 범위는 가늠되나 정확한 평균치를 계산하기 어려우며 현미경법은 입자들의 형태를 고려하지 않는다는 단점이 있다. 또한 전통안료와 같이 입자형태가 일정하지 않은 시료의 입도분석에는 보다 분석결과와 정확성을 높일 수 있는 분석법이 요구된다. 이러한 문제를 보완하기 위하여 본 연구에서는 레이저 회절(Laser Diffraction Scattering)법을 이용한 입도분석법(PSA, particle size analysis)을 안료의 입도분석에 적용하였다. 이는 계면활성제와 일정 용매에 분산시킨 현탁액 시료에 레이저광선이 통과하여 산란되는 빛의 세기를 측정하여 입자 크기를 구하는 방식으로, 입자가 통과할 때 일어나는 회절 이외의 투과현상도 고려하여 굴절율과 흡수율을 대입함으로 입도 분석의 정확성을 높일 수 있다.

본 연구에서는 문화재 복원 및 회화 등에 사용되는 안료 중 청색계열 ‘석청(石淸, Azurite)’의 입도분포를 레이저 회절법을 이용하여 분석하였다. 입도분석을 통하여 석청 안료에 대한 평균 입도와 분포도를 정확히 파악함으로써 문화재 시공에 적합한 안료 입자 크기 선정에 활용할 수 있는 기초자료를 제시하고자 한다.

## 2. 연구방법

### 2.1. 실험재료

본 연구에 사용된 시료는 한국, 일본, 중국에서 시판되고 있는 청색계열 안료로, 주성분과 구성광물 분석 결과 Azurite [ $Cu_3(CO_3)_2(OH)_2$ ]로 확인된 안료 57종을 선정하였다(Table 1). 청색 안료의 입도 단계는 제조사에 따라 최소 3개에서 최대 12개로 나누어져 있으며 안료가 굵고 입자의 크기가 큰 것은 안료 번호가 작고, 작은 입자의 크기를 가질수록 번호가 커지며 가장 미세한 입자는 白이라는 한자로 표기된다.

**Table 1.** Sample list for experiment.

Name	Classification	Count	Country of manufacture	Element	Raw materials
A	5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15	11	Korea	Cu	Azurite Cu <sub>3</sub> (CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> (OH) <sub>2</sub>
B	5, 7, 9, 11, 13, 白	6	Japan	Cu	Azurite Cu <sub>3</sub> (CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> (OH) <sub>2</sub>
C	5, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 14, 15, 白	10	Japan	Cu	Azurite Cu <sub>3</sub> (CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> (OH) <sub>2</sub>
D	5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 白	10	Japan	Cu, Si, Fe	Azurite Cu <sub>3</sub> (CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> (OH) <sub>2</sub> Quartz SiO <sub>2</sub>
E	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12	12	China	Cu, Si, Ca, Fe	Azurite Cu <sub>3</sub> (CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> (OH) <sub>2</sub>
F	1, 2, 3, 4, 5	5	China	Cu, Ca, Fe	Azurite Cu <sub>3</sub> (CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> (OH) <sub>2</sub> Grossular Ca <sub>3</sub> Al <sub>2</sub> (SiO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>
G	1, 2, 3	3	China	Cu>>Si,S,Fe,Ca	Azurite Cu <sub>3</sub> (CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> (OH) <sub>2</sub> Quartz SiO <sub>2</sub>

**2.2. 실험방법**

**2.2.1. 시료 전처리 및 입도분석**

남동광(Azurite) 원료 57종 안료의 입도를 분석하기 위해 Malvern사의 Mastersizer2000을 이용하여 제조사 안료별, 입도 단계별 입도분석을 실시하였다. 대상안료의 전처리의 유무를 평가하기 위하여 수용성물질이나 휘발물질, 유기색소 유무를 확인하는 실험을 거쳤다. 수용성물질의 함량을 확인하기 위하여 KS M ISO 787-3에 의거하여 열수추출 방식으로 평가하였으며 시료에서 추출되는 수용성 물질은 없었다. 휘발 물질 함량은 KS M ISO 787-2에 의거하여 실시하였으며 측정된 결과 휘발 물질이 0~1.2% 사이로 미비한 수준이었다. KS M ISO 1248을 통해 증류수, 에탄올, NaOH, Chloroform을 사용하여 용매의 색변화의 유무에 따라 유기색소 존재를 확인하였으나 모든 시료가 용매의 색변화를 가져오지 않으므로 유기색소는 포함하고 있지 않다고 판단된다. 시료는 전통방식으로 수비나 소성을 통해 원석에서부터 가공되었으므로 시료에 유기물이나 수용성 물질이 제조과정에서 제거되었을 것으로 판단하였다. 그러므로 시료에 포함된 유기물 제거를 위한 전처리는 생략하였다.

시료의 양은 대략 0.1 g~0.5 g을 사용하였고 미립자들의 분산을 돕기 위하여 IGEPAL(CA-360) 비극성 계면활성제 1%를 3 ml 정도 사용하여 미리 시료를 분산시키고 Ultrasonic cleaner(MUJIGAE, SD-D300H)를 사용하여 3분 동안 1회 분산시켰다. 용매는 물보다 극성이 낮은 Isopropyl Alcohol을 21 ml를 시료에 추가하였고 Ultrasonic cleaner

로 3분 동안 1회 분산시킨 시료를 분석에 사용하였다.

**2.2.2. 입도 평균 및 입도분포 분석**

레이저 회절(Laser Diffraction Scattering)법을 이용한 입도 분석은 레이저 광선이 분산된 미립자 시료를 통과하면서 일어나는 회절 이외의 투과와 같은 빛과 물질간의 복잡한 상호작용을 고려하기 때문에 변수의 요인인 흡수율과 굴절율(Malvern, 2007)을 적용하였다. 측정된 산란 데이터에 시료나 용매의 광학적 특성을 대입하여 계산된 산란 데이터 간의 일치도를 나타내는 분석 잔차(Residual)의 값이 낮으며 전체입도분포에서 10%, 50%(중위수), 90%에 해당되는 입자 크기의 CV (Coefficient of variation)값을(ISO 13320-1에 의거하여) 비교하고, 입도 평균과 분포도를 구하였다. 입도 평균은 D[4,3]값으로 아래와 같이 De Brouckere를 이용한 평균 직경을 사용하였다(Malvern, 2015).

$$D[4,3] = \frac{\sum d^4}{\sum d^3}$$

분급도를 대신할 Span값은 아래와 같은 계산식을 통하여 구하였다. Span 값은 시료의 분포폭을 나타내는 값이며 분포가 좁을수록 작은 값을 가진다. D(v, 0.9)는 전체 입도 분포에서 10%일 때의 입자크기를 나타내며 D(v, 0.5)는 Median일 때, D(v, 0.1)은 전체 입도분포에서 90%일 때의 입자크기를 나타낸다.

$$Span = \frac{D(v, 0.9) - D(v, 0.1)}{D(v, 0.5)}$$

**Table 2.** The classification for Grain size.

Grain size		Descriptive terminology		
Phi	mm/ $\mu\text{m}$			
-11	2048 mm	Very large boulders	Boulders	
		Large boulders		
-10	1024	Medium boulders		
-9	512	small boulders		
-8	256	Large cobbles		
-7	128	Small cobbles		
-6	64	Very coarse pebbles		Gravel
-5	32	coarse pebbles		
-4	16	Medium pebbles		
-3	8	Fine pebbles		
-2	4	Very fine pebbles		
-1	2	Very coarse sand	Sand	
0	1	coarse sand		
1	500 $\mu\text{m}$	Medium sand		
2	250	Fine sand		
3	125	Very fine sand		
4	63	Very coarse silt	Silt	
5	31	Coarse silt		
6	16	Medium silt		
7	8	Fine silt		
8	4	Very fine silt		
9	2	Clay	Clay	

### 2.2.3. Grain size 분류

Mastersizer 2000으로 분석한 자료를 입자들의 크기로 분류하기 위하여, 조립질(자갈, 모래)보다는 세립질(실트, 점토) 크기의 입자가 상세히 분류되어 있는, Friedman and Sanders(J. Blott and Pye, 2001)가 제안한 Grain size를 기준으로 비교하였다(Table 2).

## 3. 결 과

### 3.1. 입도평균 및 입도분포 특징

청색계열 시판안료의 평균 입도는 C사와 E사를 제외하고, 입도 단계에 따라 반비례하는 양상을 보이며 단계에 따른 구분이 명확한 경향을 나타내었다. Table 3, Figure 1에

서 보이는 바와 같이 A사는 최대 평균 입도가 138  $\mu\text{m}$ 이며 최소가 12.6  $\mu\text{m}$ 를 가진다. B사는 최대 122.6  $\mu\text{m}$ 에서 최소 2  $\mu\text{m}$ 의 평균 입도를 나타내고 2  $\mu\text{m}$ 의 평균 입도는 청색계열 시판안료 중에서는 가장 작은 평균 입도 값이다. D사의 경우 최대 179.9  $\mu\text{m}$ 의 평균 입도를 보이고 최소 8.1  $\mu\text{m}$  평균입도를 가진다. F사나 G사의 경우 분류가 각각 5개, 3개 단계로만 이루어져있고 F는 최대 72.7  $\mu\text{m}$ 에서 최소 6  $\mu\text{m}$ , G사는 최대 25  $\mu\text{m}$ 에서 최소 15.2  $\mu\text{m}$ 를 가진다. C사와 E사의 경우 평균 입도에 예외성을 가지는데 C-11과 C-12가 각각 34.2  $\mu\text{m}$ 와 35.4  $\mu\text{m}$ 로 다른 등급이지만 유사한 평균 입도를 가진다. Figure 2의 (C)에서 C-14는 쌍봉형태의 분포곡선을 가지며 C-100은 0.36  $\mu\text{m}$ 에서 25.18  $\mu\text{m}$ 의 비교적 넓은 범위의 비대칭 곡선을 나타내면서 Span값도 2.3으로 C사중에서는 최대 Span값을 가진다. E사는 C

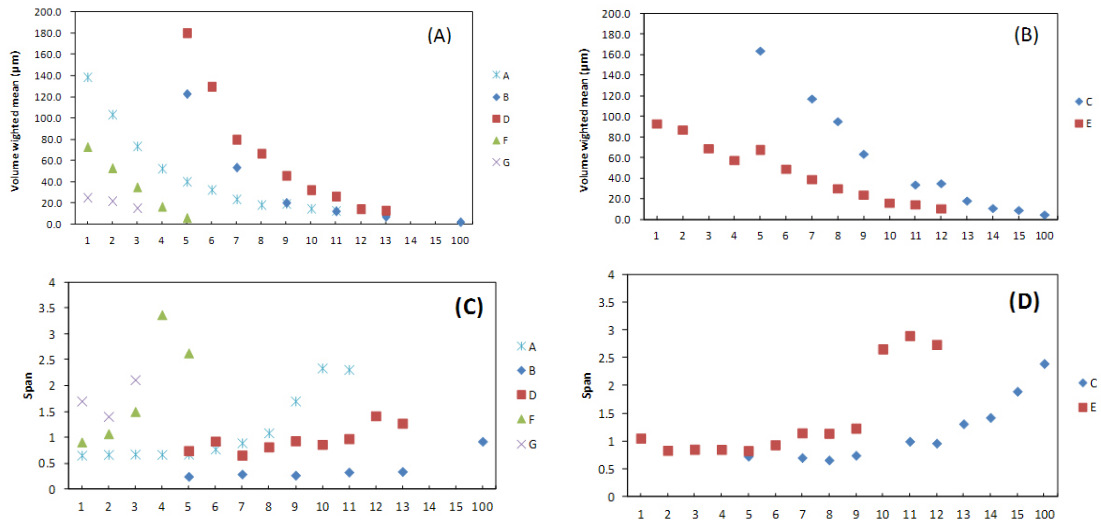


Figure 1. Average particle-size(A, B) and span value(C, D) of Korea, Japan, and Chinese pigments.

Table 3. Average particle-size of Korea, Japan, and Chinese pigments.

Classification	Average particle size (µm)							Span value						
	A	B	C	D	E	F	G	A	B	C	D	E	F	G
1	-	-	-	-	93.4	72.7	25.0	-	-	-	-	1.06	0.92	1.71
2	-	-	-	-	87.4	52.8	21.8	-	-	-	-	0.84	1.08	1.41
3	-	-	-	-	69.3	34.8	15.2	-	-	-	-	0.86	1.51	2.12
4	-	-	-	-	57.9	16.5	-	-	-	-	-	0.85	3.38	-
5	138.3	122.6	164.1	179.9	67.2	6.0	-	0.66	0.81	0.73	0.75	0.83	2.64	-
6	103.1	-	-	129.4	49.4	-	-	0.68	-	-	0.93	0.94	-	-
7	73.3	53.4	117.6	79.6	39.3	-	-	0.68	0.96	0.71	0.66	1.15	-	-
8	52.3	-	95.6	66.4	30.4	-	-	0.68	-	0.67	0.82	1.15	-	-
9	40.0	20.1	63.9	45.6	24.3	-	-	0.68	0.89	0.75	0.94	1.24	-	-
10	32.3	-	-	32.2	16.5	-	-	0.78	-	-	0.87	2.67	-	-
11	23.4	12.2	34.2	26.2	14.9	-	-	0.90	1.08	1.00	0.98	2.90	-	-
12	18.2	-	35.4	14.2	10.9	-	-	1.10	-	0.97	1.42	2.75	-	-
13	19.2	7.1	18.5	12.8	-	-	-	1.71	1.09	1.32	1.28	-	-	-
14	14.6	-	11.3	-	-	-	-	2.35	-	1.43	-	-	-	-
15	12.6	-	9.4	-	-	-	-	2.32	-	1.90	-	-	-	-
白	-	2.0	5.0	8.1	-	-	-	-	2.32	2.40	1.72	-	-	-

사와 같이 평균 입도가 입도 단계에 따라 반비례하다가 E-4가 57.9 µm로 5번의 평균 입도인 67.2 µm보다 작은 평균 입도를 가지는 예외성이 있다.

Figure 2의 (E)에서 보면 E-10부터는 0.4 µm에서 79.62 µm의 넓은 입도 분포곡선을 가지며 11번은 쌍봉 형태의

곡선이 명확히 나누어져 있는 형태로, 두 개의 입자가 섞여 있다고 판단된다. E-12는 E-11보다 상대적으로 좁은 범위의 분포를 가지고 E-11의 Span 값은 2.9이며 E-12는 2.7로 E-12가 낮은 Span값을 가졌다.

국내 시판 안료인 A사는 평균 입도와 Span 값이 반비례

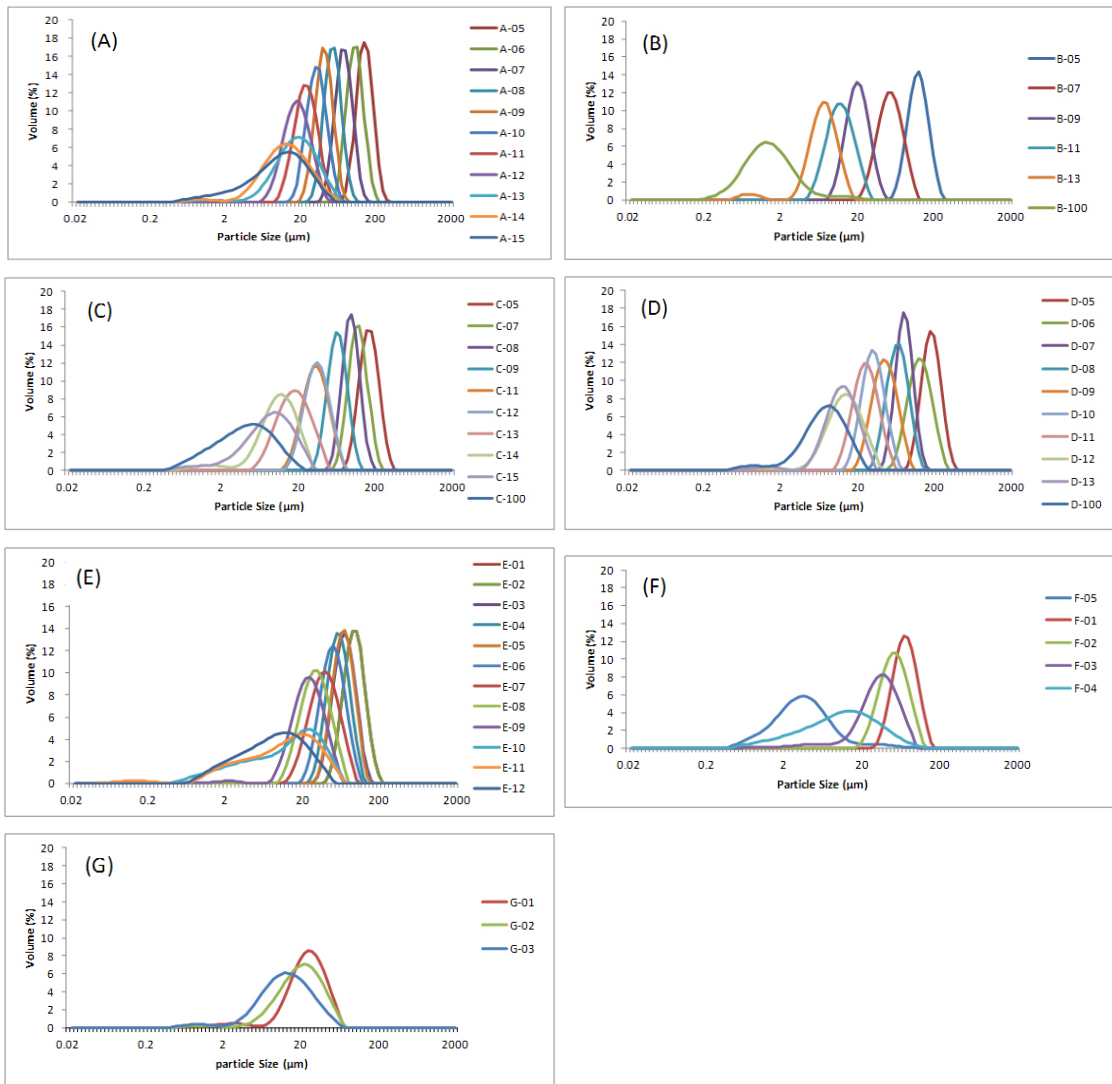


Figure 2. Particle-size distribution of Korea, Japan, and Chinese pigments.

하며 입도가 작아질수록 입도 분포 범위가 증가하고 Span 값이 증가함을 알 수 있다. 그러나 국외의 B, C, D, E, F사의 경우는 국내 시판 안료와 같이 일정하게 비례하지 않고 비교적 B사와 C사만이 비례하는 경향을 보이며 D, E, F, G 사의 시판안료의 경우 다소 불규칙한 양상을 보인다. 이는 회사별 분급 공정에서의 물리적 정제기술의 차이에 따른 것으로 판단되며 단체분리가 효율적으로 이루어져야 생산을 및 실수를 측면에서 우수한 선별성적을 얻을 수 있기 때문에(Kim *et al.*, 2008) 분리하는 과정에 따라 분급도의 차이가 생긴 것으로 판단된다.

### 3.2. Grain Size 분류

입도 분석의 결과를 100% 누적분포도로 나타내었고, 입자 크기는 Friedman and Sanders의 기준에 의거하여 크기별로 분류하여 각각의 시료가 어떤 크기의 입자로 분포되어 있는지 확인하였다.

Figure 3의 (A)를 보면, A사의 경우 입도가 클수록 모래(Sand)영역에 해당되며 입도가 작아질수록 실트(Silt)영역이 증가하였으며 A-14는 예외적으로 자갈(Gravel)영역이 2.5%를 차지하였다.

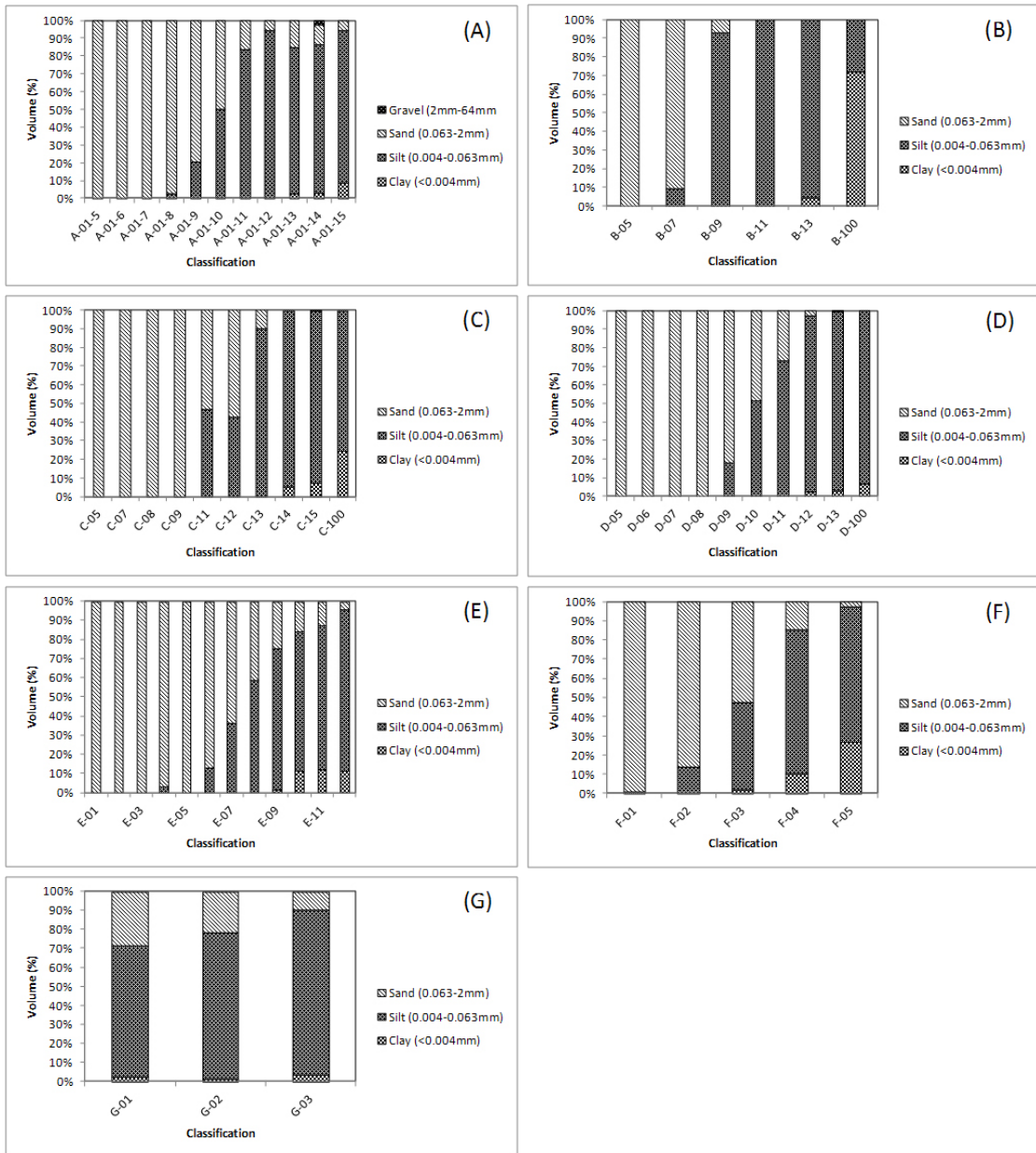


Figure 3. Grain-size of Korea, Japan, and Chinese pigments.

국의 안료들의 경우에도 국내 안료와 유사한 경향으로 입도가 클수록 모래영역에, 입도가 작을수록 실트영역에 해당하였으며 B사의 경우 B-100이 점토영역이 72.2%에 해당하는 예외성을 보여주고 있다. C사는 5번에서 9번 단계가 모래영역을 차지했고 11번에서 100번 단계는 실트영역에 해당되었다. D사는 모래영역이 5~9번 단계이고 실트

영역이 10~100번 단계를 차지하였다. E사의 경우는 1번에서 7번 단계가 모래영역을 차지하여 실트영역보다 모래영역에 해당하는 단계가 많았다. F사는 1번에서 3번 단계가 모래를 4, 5번 단계는 실트영역을 나타냈다. G사는 3개 단계 모두 실트영역에 해당하였다.

## 4. 결 론

회화 및 문화재 수리 복원 등의 목적과 용도에 맞게 천연 안료를 사용하기 위해서는 색상, 은폐력, 흡유량, 작업성 등 안료의 중요 물성에 영향을 미치는 입자 크기에 대한 보다 정확한 이해가 필요하다. 이를 위하여 본 연구에서는 국·내외에서 시판되고 있는 남동광석을 원료로 제조된 57종의 안료를 대상으로 입도분포 특징을 분석해 보았으며 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 국내 청색계열 시판안료의 평균입도는 최대 138.3  $\mu\text{m}$ 에서 최소 12.6  $\mu\text{m}$ 로 단계에 따라 순차적으로 입자크기가 구분되어 있다.

2. 국외 청색계열 시판안료도 국내와 마찬가지로 C사와 E사를 제외한 안료들이 단계에 따라 순차적으로 입도가 구분되어 있었으나 평균입도나 분포도의 경우는 회사별로 상이한 결과를 타나내었다. B사는 122.6  $\mu\text{m}$ 에서 최소 2.0  $\mu\text{m}$ 이며 C는 최대 164.1  $\mu\text{m}$ 에서 최소 5.0  $\mu\text{m}$ , D사의 경우 최대 179.9  $\mu\text{m}$ 에서 최소 8.1  $\mu\text{m}$ , E사는 최대 93.4  $\mu\text{m}$ 에서 최소 10.9  $\mu\text{m}$ , F사는 최대 72.9  $\mu\text{m}$ 에서 최소 6.0  $\mu\text{m}$ , G사는 최대 25.0  $\mu\text{m}$ 에서 최소 15.2  $\mu\text{m}$  범위로 확인되었다. 이는 제조사별 원석의 품위나 분쇄, 수비 등 제조방식에 차이가 있어 평균입도나 입도분포가 상이한 특징을 보이는 것으로 판단된다.

3. 국내·외 시판안료들은 공통적으로 평균 입자크기가 작아질수록 입도 분포 범위가 넓어지는 경향을 나타내는데 이는 미세한 입자일수록 입도를 분리하는 수비과정에서 일정 크기의 안료 분리가 어렵고 회사별 분급 공정의 차이에 따른 것이라 판단된다.

4. Grain size 분류를 통하여, 안료의 단계가 낮아질수록 모래영역에 해당되며 단계가 높아질수록 실트영역이 증가하였다. A-14는 예외적으로 자갈(Gravel)영역이 2.5%를 차지하였고 G사는 3개 등급 모두 실트영역에 해당하였으며 전체 57개 안료 중 B-100만이 점토영역 72.2%에 해당하는 예외성을 보여주고 있다.

본 연구에서는 남동광을 원료로 하는 시판안료의 입도 분포 특징을 확인함으로써 천연안료의 사용에 있어서 적절한 입자 크기를 선별할 수 있는 기초자료를 제시하는데 의의를 두고 있다. 향후 추가연구로서 남동광 천연광물안료에 함유된 불순물, 남동광의 함량 등을 분석하여 입도분포 특징과 함께 발색에 미치는 영향을 분석하여 문화재 보존 처리 현장에 적용 가능한 결과를 제시하도록 하겠다.

## 사 사

본 연구는 문화재청 국립문화재연구소 문화유산융복합 연구(R&D)사업의 일환으로 이루어졌다.

## REFERENCES

- Ahn, B.C., 2008, Studies in the characteristics of coloring techniques for palace architecture, Industry-Academic Cooperation Foundation, Gyeongju University (in Korean with English abstract).
- Nam C.C., Moon W.S. Hong J.O., and Hwang J.J., 2001, The composition analysis of Danchung pigments at Geunjeongjeon Hall in Gyeongbokgung Palace, National research institute of cultural properties, NO.22, 93 (in Korean with English abstract).
- Choi Y.Y, Lee H.I., Kim B.S., and Kim S.S., 2009, Process Development for Production of Ultramarine Blue from Kaolin, J. Miner. Soc. Korea, 22(2), 107-114 (in Korean with English abstract).
- Do J.J., Lee S.J., Kim S.J., Yun Y.K., and Ahn B.C., 2008, Characterization of Noerog, A traditional green mineral pigment, J. Miner. Soc. Korea, 21(3), 271-281 (in Korean with English abstract).
- Jang S.G., and Cheong C.J., 2010, Characteristics of Grain Size and organic matters in the tidal flat sediments of the Suncheon bay, Journal of the Korean Society for Marine Environmental Engineering, Vol.13, No.3, 198-205 (in Korean with English abstract).
- Jang S.W., Park Y.S., park D.W., and Kim J.K., 2010, A Study on Dancheong Pigments of Old Wooden Building in Gwangju and Jeonnam, Korea, The Korean society of Economic and Environmental Geology, Vol. 43, 3, 202, 269-278 (in Korean with English abstract).
- K. Wentworth C., 1922, A scale of grade and class terms for clastic sediments, The Journal of Geology, Vol.30, No. 5, 377-392. (in Korean with English abstract)
- Kim S.B., Choi Y.Y., Cho S.B., Kin W.T., 2008, Effect of Grinding method and Grinding ratio on the dry beneficiation of Kaolin mineral. 21(2), 129-138. (in Korean with English abstract)



- Kim S.J., Han M.S., Lee H.H., 2012, A scientific analysis of pigments for a scroll painting in Daeungjeon Hall of Bulguk Temple. MUNHWAJAE Korean journal of Cultural Heritage Studies, Vol. 12, No.3, September, 212-223. (in Korean with English abstract)
- Lee S.H., 2010, The color of traditional painting, Gail art, 1, 17-18. (in Korean with English abstract)
- Lee S.J., Choi I.S., Lee K.G., Do J.Y., and Ahn B.C., 2012, A scientific analysis of pigments for a scroll painting in Daeungjeon Hall of Bulguk Temple, MUNHWAJAE Korean Journal of Cultural Heritage Studies, Vol. 12, No.3, September 2012, 212-223. (in Korean with English abstract)
- Lee J.Y., 2014, A study on the properties of natural inorganic pigments using scientific analysis methods, Graduate school of Yong in University. (in Korean with English abstract)
- Lee K.M., 2013, Material and coloration characteristics of the mineral pigments used in traditional 'dancheong' of Korea. (in Korean)
- Lee, K.W., 2011, A study on characteristics of white pigment used in traditional paintings, Graduate school of Wonkwang University. (in Korean with English abstract)
- Lee, K.W., 2012, A Study on characteristics of white pigment used in traditional paintings, Graduate school of Wonkwang University. (in Korean with English abstract)
- Lim, S.J., Park, H.S., Cha, B.K., 2015, A comparative study on traditional mineral pigments of Japan and China with Conservation Scientific Analysis, Conservation of Art, Vol.2 (in Korean with English abstract).
- Malvern, 2007, Sample dispersion and refractive index guide, Malvern instruments.
- Malvern, 2015, Basic principles of particle size analysis, Malvern instruments. (in Korean with English abstract)
- Park, M.K., 2015, A study on the pattern and pigment for four Buddhist Guardians of Songgwangsa temple in Wanju, Korea, Graduate school of Kongju National University. (in Korean with English abstract)
- Sin E.J., 2005, A study on the Red Painting of stone monuments, MUNHWAJAE Korean Journal of Cultural Heritage Studies, 48, 360-386. (in Korean with English abstract)
- SIMON J. BLOTT and KENNETH PYE, 2001, GRADISTAT: a grain size distribution and statistics package for the analysis of unconsolidated sediments, J. Earth Surf. Process. Landforms, 26, 1237-1248. (in Korean with English abstract)