포항 광정산 일대 산출 뇌록으로 제조한 안료의 특성 분석

Analysis on Characteristics of Pigments Manufactured with Various Neorok Produced from Mt. Gwangjeongsan, Pohang

문성우¹, 강영석¹, 김지선¹, 황가현¹, 박주현¹, 이선명^{1,*}, 정혜영²

¹국립문화재연구소 복원기술연구실

²국립문화재연구소 문화재보존과학센터

Seong Woo Mun¹, Young Seok Kang¹, Ji Sun Kim¹, Ga Hyun Hwang¹, Ju Hyun Park¹, Sun Myung Lee^{1,*}, Hye Young Jeong²

¹Restoration Technology Division of National Research Institute of Cultural Heritage, Daejeon 34122, Korea

²Cultural Heritage Conservation Science Center of National Research Institute of Cultural Heritage, Daejeon 34122, Korea

Received October 30, 2020
Revised December 08, 2020
Accepted December 14, 2020

*Corresponding author

E-mail: choro13@korea.kr
Phone: +82-42-860-9348

Journal of Conservation Science
2020;36(6):533-540

<https://doi.org/10.12654/JCS.2020.36.6.09>

pISSN: 1225-5459, eISSN: 2287-9781

© The Korean Society of
Conservation Science for Cultural
Heritage

This is an Open-Access article distributed
under the terms of the Creative Commons
Attribution Non-Commercial License
(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted
non-commercial use, distribution, and
reproduction in any medium, provided
the original work is properly cited.

초 록 뇌성산은 국내 유일한 뇌록의 산출지이다. 본 산출지는 지질학적 가치와 함께 전통안료의 공급지로서의 역사·문화적 가치를 인정받아 2013년에 천연기념물 제547호로 지정 및 관리되어 연구 및 활용이 제한되었으며 이로 인한 뇌록의 제한적 공급에 따른 전통안료 복원에 문제점이 발생하고 있다. 최근 광정산 일대에서 뇌록이 다량 산출되어 전통안료 복원을 위한 공급지로 기대되고 있다. 따라서 본 연구는 광정산 일대에서 산출되는 뇌록으로 제조한 안료의 특성을 분석하고 추후 안료로서의 활용 가능성을 평가하고자 하였다. 제조한 안료의 특성 분석 결과, 뇌성산 뇌록은 대부분 셀라도나이트로 구성되어 있으며 광정산 뇌록은 셀라도나이트 외 크리스토팔라이트, 트리디마이트 등의 유리질 특성을 보이는 광물이 함유되어 있었다. 광정산 뇌록안료는 광물 종류 및 함량의 차이에 따라 색도, 입도, 흡유량, 안정성 평가 결과가 달라지는 것을 확인하였다. 특히 GJS-2는 광물 조성비 및 물성, 안정성 면에서 뇌성산 뇌록과 유사한 특성을 보였다. 이를 통해 천연기념물 지정으로 활용하기 어려운 뇌성산 뇌록을 대신하여 추후 활용 가능할 것으로 사료된다.

중심어 뇌록, 뇌성산, 광정산, 셀라도나이트

ABSTRACT Mt. Neoseongsan (NSS) is the only natural Neorok source in Korea. The geological, historical, and cultural values of NSS were recognized in 2013, and NSS has since been designated and maintained as a natural monument (No. 547), which has restricted the research and utilization of NSS Neorok. The limited NSS Neorok supply has hindered the restoration research of traditional pigments. Recently, a large amount of Neorok has been mined from Mt. Gwangjeongsan (GJS) and is expected to be the main supply source of Neorok for restoring traditional pigments. Therefore, this study analyzed the characteristics of NSS- and GJS-Neorok-based pigments to evaluate the feasibility of substituting GJS Neorok for NSS Neorok in pigments. The NSS Neorok was mostly comprised of celadonite, whereas the GJS Neorok included minerals containing glassy phases such as celadonite, cristobalite, tridymite, etc. Because both Neorok samples were vitrified under identical conditions, the GJS Neorok grains were larger than the NSS Neorok ones. The GJS Neorok pigment showed that the chromaticity, grain size, oil absorption, and stability varied depending on the mineral types and contents. In particular, GJS-2 and NSS Neorok showed similar mineral compositions, physical properties, and stabilities, suggesting that GJS-2 can be substituted for NSS Neorok, which has been difficult to source and utilize ever since NSS was designated as a natural monument.

Key Words Neorok, Mt. Neoseongsan, Mt. Gwangjeongsan, Celadonite

1. 서론

뇌록은 조선시대 목조 건축물의 가칠 단청에 사용된 광물 안료로, 세종실록지리지(世宗實錄地理志), 신증동국여지승람(新增東國輿地勝覽), 일성록(日省錄) 등을 통해 경상도 장기현(포항시 장기면), 황해도 풍천군, 평안도 가산군 등에서 산출된 것으로 알려져 있다(Ahn *et al.*, 2007; Lee *et al.*, 2007; Lee *et al.*, 2018).

포항 장기면 뇌성산은 남한 내 유일한 뇌록 산출지로, 이 일대에서 산출되는 뇌록(이하, 뇌성산 뇌록)은 셀라도나이트(celadonite)가 우세한 물질로 확인되었고, 이후 뇌성산 산출지에서 산출되는 뇌록은 안료로써 연구가 활발히 진행되었다(Do *et al.*, 2008; Kim 2007; Jeong *et al.*, 2018). 그러나 본 산출지는 지질학적 가치와 함께 전통 안료의 공급지로서의 역사·문화적 가치를 인정받아 2013년에 천연기념물 제547호로 지정 및 관리되면서 연구 및 활용이 제한되었고 이로 인해 뇌록의 제한적 공급에 따른 전통 안료 복원 및 활용에 문제점이 발생하고 있다.

한편, 최근 광정산 일대에서 포항블루벨리 국가산업단지 부지를 조성하는 중에 대량의 뇌록이 산출되면서 안료 산출지로서 활용이 기대되고 있다. 블루벨리에서 산출되는 뇌록(이하, 광정산 뇌록)은 뇌성산 북동쪽 구룡포읍 성동리 일대로 뇌성산 뇌록 산지로부터 약 2 km 떨어져 있다. 광정산 뇌록은 다양한 크기의 맥상으로 나타나며 암

석학적으로 뇌성산 뇌록에 비해 다양한 산출양상과 유리질화된 뇌록도 확인된다고 보고된 바 있다(Jang, 2017; Mun *et al.*, 2018). 또한 광정산 뇌록의 다양한 산출양상으로 인해 광정산 뇌록의 유형에 따른 안료 특성 및 복원용 안료로써의 성능평가와 검증의 필요성이 제기되고 있다.

따라서 본 연구에서는 광정산 뇌록으로 제조된 안료의 특성을 파악하고 뇌성산 뇌록으로 제조된 안료와 비교하여 추후 뇌록안료로써의 활용 가능성을 평가하고자 한다.

2. 연구대상 및 연구방법

2.1. 연구대상

Mun *et al.*(2018)에 의하면 뇌록을 색상, 구성광물 및 유리질화 특성에 따라 4가지 유형으로 분류하였다(Figure 1). 따라서 본 연구에서는 뇌록의 특성에 따른 4가지 유형(NSS-1, GJS-2, GJS-3, GJS-4)을 연구대상으로 선정하였다. NSS-1은 밝은 청록색에서 어두운 녹색을 띠며 유리질화 되지 않으며 색상과 관계없이 대부분 셀라도나이트로 구성된 뇌록으로 뇌성산에서 산출된다(Figure 2A). GJS-2는 밝은 청록색을 띠며 유리질화되지 않으며 셀라도나이트 이외 석영 및 장석을 함유하고 일부 소량의 크리스토팔라이트를 함유한다(Figure 2B). GJS-3은 밝은 청록색을 띠고 유리질화된 뇌록으로 크리스토팔라이트 및 석영이

Figure 1. Classification table of Noerok around Mt. Noeseongsan and Mt. Gwangjeongsan (Mun *et al.*, 2018).

Figure 2. Noerok samples from study area(A: NSS-1, B: GJS-2, C: GJS-3, D: GJS-4).

우세하며 소량의 셀라도나이트, 장석류로 구성된다(Figure 2C). GJS-4는 어두운 녹색을 띠고 유리질화 되었으며 크리스토팔라이트, 트리디마이트가 우세하고 소량의 셀라도나이트로 구성된다(Figure 2D). GJS-3과 GJS-4는 구성광물은 유사하나 색상의 차이가 두드러진다. 연구에 사용된 뇌정산 뇌록은 국립문화재연구소에서 연구용으로 소장하고 있는 뇌록을 이용하였고 광정산 뇌록은 LH공사 관계자들이 공사과정에서 다량으로 수집한 뇌록을 유형에 따라 분류하였다. 따라서 뇌정산 뇌록(NSS-1) 1가지, 광정산 뇌록(GJS-2, GJS-3, GJS-4) 3가지로 총 4종의 원료로 안료를 제조하여 특성을 분석하였다.

2.2. 연구방법

2.2.1. 안료제조

뇌정산 및 광정산 일대에서 산출되는 뇌록으로 안료를 제조하기 위해 각 유형별 원석을 선별하였다. 선별된 원석을 분쇄하기 위해 조크리서를 이용하여 1차로 분쇄하였으며 분쇄한 뇌록을 채를 이용하여 100 μm 이하로 체질하였다. 체질된 뇌록은 수비하였는데, 수비방법은 2 L 플라스틱 비커에 원재료 300 g을 넣고, 증류수 2 L를 채운 후, 체질된 뇌록을 충분히 풀어주고 분산한 뒤 떠오른 불순물을 우선 제거하였다. 이후 유리막대를 이용해 잘 혼합하고 일정시간(100초) 동안 침전시켰다. 침전시간은 한국산업표준(KS)에 규정되어 있는 도료용 안료의 품질기

준을 참고하여 45 μm 이하 입자를 선별하기 위한 조건을 설정하였다. 침전시간 경과 후 상등액 15 cm를 따라내 수집하고 다시 증류수를 2 L 눈금까지 채운 후 혼합 및 침전 후 따라내는 과정을 반복 수행하였다. 침전 시간 후 상등액이 투명해지는 시점에서 작업을 종료하였다. 마지막으로 수집한 수비액을 24시간 동안 침전시킨 후 상등액을 따라내고 침전물을 건조하여 안료를 획득하였다.

2.2.2. 구성광물 분석

뇌록을 구성하는 주 구성광물을 동정하기 위해 X-선 회절분석(X-ray Diffractionmetry, XRD)을 실시하였다. X-선 회절분석은 국립문화재연구소에서 보유하고 있는 X-선 회절분석기(EMPYREAN, PANalytical Co., NLD)를 이용하였다. 분석 조건은 40 kV, 40 mA하에서 2-theta는 5~80°, 주사간격은 0.04°, 주사시간은 0.5초로 설정하여 연속 스캔방식으로 측정하였다. 또한 뇌록의 정량적 함량을 분석하기 위해 한국지질자원연구원에서 정량분석을 실시하였다. 정량분석은 동일한 파우더 시료를 대상으로 실시하였으며 분석법은 리트베틀법을 사용하였다.

2.2.3. 물성 분석

본 연구에서 제조된 안료의 색도를 측정하기 위하여 Konica Minolta사의 색차계(CM-2600d, JPN)를 사용하였다. 안료의 색은 원재료의 가공 상태에 따른 입자의 형태, 크기에 따라 다르게 나타난다. 또한 파우더 상태로 있을

때의 색과 바인더와 혼합되어 있을 때의 색상은 다르게 나타난다(Park *et al.*, 2015). 따라서 정확한 색상 비교를 위해서는 일정한 조건 하에서 색상을 비교할 필요가 있다. 본 연구에서는 바인더의 영향을 배제하고 안료 자체의 색상을 측정하기 위해 평편하게 만든 안료층을 대상으로 측정하였다.

제조안료의 입도분포 분석을 위해 입도분석기(Mastersizer 2000, Malvern, GBR)를 사용하였다. 분석시료는 0.2 g의 안료에 분산액(4% Sodium hexametaphosphate) 20 ml를 가해 충분히 혼합하여 준비하였다.

흡유량 측정은 안료 100 g을 아마인유로 반죽 시 분말 상태에서 최초로 한 덩어리(paste)가 되어 반죽이 유리평판 위에 바로 펼쳐질 때까지 소요되는 아마인유의 양을 ml로 나타낸 값이다. 본 연구에서는 KS M ISO 787-5(안료와 체질 안료의 일반 시험방법-제5부: 흡유량의 측정)에 따라 각 안료의 흡유량을 측정하였다.

2.2.4. 내광성 평가

안료는 보통 현장에 적용 시 목재나 제지 등에 적용하지만 본 실험에서는 바탕재의 영향을 최대한 배제한 안료 자체의 내후성을 살피기 위하여 알루미늄 재질의 바탕재와 빛에 대해 안정적인 수지를 사용하여 시험편을 제작하였다. 사용한 수지는 Sylgard 184A 용제와 Sylgard 184B

하드너를 사용하였다. 본 수지는 안료의 내광성을 평가하기 위한 바인더 소재로 물질은 폴리시록산, 상온경화형 PDMS(Polydimethylsiloxane)이다. 실험 평가를 위해 촉진 내후성 기기(Ci4000 Xenon Weather-Ometer, Atlas, USA)를 사용하여 실험하고 누적광량에 따른 색 변화를 색차계로 측정하여 비교·고찰 하였다.

3. 연구결과

3.1. 구성광물 분석 결과

뇌성산 및 광정산 뇌록의 4가지 유형을 XRD 분석한 결과, 뇌록의 원재료와 수비법으로 제조한 안료의 구성광물 차이는 나타나지 않았다(Figure 3). 뇌성산 뇌록으로 제조한 NSS-1은 대부분 셀라도나이트로 구성되고 소량의 점토광물이 확인되며(Figure 3A), 정량분석 결과 셀라도나이트 98%, 몬모릴로나이트 1.7%로 구성되었다(Table 1). 광정산 뇌록의 GJS-2는 뇌성산 뇌록과 매우 유사하지만 구성광물에서 석영, 장석 및 크리스토팔라이트가 소량 확인되었다(Figure 3B). 정량분석 결과, 셀라도나이트 70.7%, 석영 15%, 크리스토팔라이트 14.3%로 구성되었다(Table 1). GJS-3과 GJS-4는 유리질화된 뇌록으로 크리스토팔라이트 및 트리디마이트 광물이 우세하며 소량의 셀

Figure 3. XRD analysis results of 4 types of raw materials and manufactured pigments according to the characteristic of Noerok.

Table 1. Mineral compositions of manufactured Noerok on study place

(unit: wt.%)

Sample	Minerals	Composition	Location
NSS-1	Celadonite	98.3	Mt. Noeseongsan
	Montmorillonite	1.7	
GJS-2	Celadonite	70.7	Mt. Gwangjeongsan
	Quartz	15.0	
	Cristobalite	14.3	
GJS-3	Cristobalite	41.8	
	Tridymite	33.1	
	Celadonite	21.7	
	Quartz	3.4	
GJS-4	Tridymite	46.4	
	Cristobalite	43.4	
	Celadonite	7.8	
	Quartz	2.5	

라도나이트가 확인 되었다(Figure 3C, 3D). 정량분석 결과, GJS-3의 경우 크리스토팔라이트 41.8%, 트리디마이트 33.1%, 셀라도나이트 21.7%, 석영 3.4%로 구성되며, GJS-4의 경우 트리디마이트 46.4%, 크리스토팔라이트 43.4%, 셀라도나이트 7.8%, 석영 2.5%로 구성되었다(Table 1).

3.2. 물성 분석 결과

3.2.1. 색도

제조된 뇌록안료의 색도 분석값을 CIE $L^*a^*b^*$ 색공간에 도시한 결과, NSS-1의 L^* 값은 51.86~52.17의 범위를 보이며 평균 52.05의 값을 보인다. a^* 값은 -13.76~-13.80의 범위를 보이며 평균 -13.78의 값을 보인다. b^* 값은 4.28~4.36의 범위를 보이며 평균 4.32의 값을 보인다. GJS-2의 L^* 값은 57.51~57.75의 범위를 보이며 평균 57.59의 값을 보인다. a^* 값은 -12.91~-13.00의 범위를 보이며 평균 -12.94의 값을 보인다. b^* 값은 4.38~4.45의 범위를 보이며 평균 4.41의 값을 보인다. GJS-3의 L^* 값은 67.33~67.84의 범위를 보이며 평균 67.58의 값을 보인다. a^* 값은 -10.24~-10.43의 범위를 보이며 평균 -10.31의 값을 보인다. b^* 값은 4.59~4.69의 범위를 보이며 평균 4.65의 값을 보인다. GJS-4의 L^* 값은 69.80~70.00의 범위를 보이며 평균 69.91의 값을 보인다. a^* 값은 -4.84~-4.86의 범위를 보이며 평균 -4.85의 값을 보인다. b^* 값은 13.52~13.62의 범위를 보이며 평균 13.56의 값을 보인다. 색도는 셀라도나이트 광물의 함량이 높을수록 명도값(L^*) 낮아 어두운 색조를 나타내는 경향을 보였다. 또한 황색도(b^*)는

Figure 4. Graph of chromaticity analysis result of manufactured Noerok.

낮은 편이나 녹색도($-a^*$)이 높아지는 경향을 보였다. 유리 질화 광물의 함량이 증가할수록 명도값은 증가하는 경향을 보이고 황색도 또한 증가하는 경향을 보였다. 특히 GJS-4의 경우 다른 유형에 비해 명도 및 황색도가 높았고 녹색도는 낮은 수치를 나타냈다(Figure 4).

3.2.2. 입도

제조한 뇌록안료의 평균 입도는 전체적으로 17~23 μm 범위를 보인다. 셀라도나이트 함량이 높은 NSS-1과 GJS-2은 17.0~17.4 μm 의 범위를 보이며, 상대적으로 셀라도나이트 함량이 낮고 크리스토팔라이트 및 트리디마이트 광물의 함량이 높은 GJS-3과 GJS-4는 21.1~23.1 μm 의 범위를 보였다(Figure 5). 동일한 조건으로 제조한 결과 임을 고려하면 광정산의 유리질화된 뇌록이 입도가 큰 경

Figure 5. Graph of the particle size analysis result of the manufactured Neorok.

향을 보인다. 이는 셀라도나이트의 비중이 2.95~3.05, 크리스탈라이트의 비중이 2.27, 트리디마이트의 비중이 2.30, 석영의 비중이 2.62인 것을 감안하면 안료 제조시 각 광물의 비중차이에 따른 결과로 추정된다.

3.2.3. 흡유량

제조한 뇌록안료의 흡유량을 측정한 결과, NSS-1은 평균 34.60 ml/100 g, 오차(95%)는 0.62이며 GJS-2는 평균 35.45 ml/100 g, 오차(95%)는 0.35이다. GJS-3은 평균 42.90 ml/100 g, 오차(95%) 1.30의 값을 보이며, GJS-4는 평균 41.91 ml/100 g, 오차(95%) 0.51의 값을 보인다. 일반적으로 동일한 광물 조성일 경우 입도가 낮을수록 흡유량은 증가하는 경향을 보인다. 그러나 이번 제조된 안료의 경

Figure 6. Graph of the measurement result of the oil absorption of the manufactured Noerok.

우 평균 입도가 작은 NSS-1과 GJS-2에 비해 평균 입도가 높은 GJS-3과 GJS-4에서 흡유량이 높게 나오는 상반된 결과를 보였다. 이는 구성광물의 종류와 함량에 따른 영향으로, GJS-3과 GJS-4의 주요 조성광물인 크리스탈라이트 및 트리디마이트와 같은 유리질화 광물의 특성이 결과에 영향을 미친 것으로 판단된다(Figure 6).

3.3. 내광성평가 결과

제조한 뇌록안료로 제작한 수지시편의 촉진내후성 시험 결과, 초기대비 L^* 값은 누적광량이 증가할수록 증가하는 경향을 보인 반면 a^* 값과 b^* 값은 누적광량이 증가할수록 감소하는 경향을 보였다(Figure 7A-C). 누적광량 334.9 MJ/m²에서 뇌성산 뇌록, NSS-1은 초기대비 색 변화값(ΔE)이 1.3을 나타낸 반면, 광정산 뇌록, GJS-2,

Figure 7. Graph of the results of the accelerated weatherability evaluation of the manufactured Noerok.

Figure 8. Comparison between chromaticities of Noerok for utilization of Pigments(Commercial pigment, Pigment by master craftsman of Dancheong, Quality standards(95%) by NRICH, Manufactured pigment).

GJS-3, GJS-4은 0.2~2의 범위를 나타냈다. 미국 국립표준 기술연구소에서 제시하는 기준값과 비교하면 초기 대비 색 변화값이 6.0 이상인 것은 매우 현저한 변화, 3.0~6.0인 것은 현저한 변화, 1.5~3.0 사이는 일반적으로 느껴지는 변화, 0.5~1.5 미만은 일반적으로 식별 불가한 변화로 평가된다. 이를 통해 모든 안료에서 초기대비 색 변화값(ΔE)이 2 이하의 값을 보여 재료의 내광성이 높은 것을 알 수 있었다(Figure 7D).

4. 고찰 및 결론

뇌성산 및 광정산 뇌록으로 제조한 안료는 셀라도나이 트, 크리스토팔라이트 및 트리디마이트 광물의 함량에서 차이가 확인되었다. 광정산 뇌록안료는 광물 종류 및 함량의 차이에 따라 색도, 입도, 흡유량, 안정성 평가 결과가 달라지는 것을 확인하였는데, 특히 GJS-2의 경우 광물 조성비를 바탕으로 물성, 안정성 면에서 뇌성산 뇌록(NSS-1)과 유사한 특성을 나타냈다. 이를 통해 광정산에서 산출된 뇌록 중 구성광물의 종류와 함량이 유사한 뇌록의 경우, 천연기념물 지정으로 활용하기 어려운 뇌성산 뇌록을 대신하여 추후 활용 가능할 것으로 사료되었다.

제조된 뇌록안료의 활용 가능성을 검토하기 위해 현재 시판되는 뇌록의 색상, 단청 장인이 선정한 뇌록 색상, 단청용 안료의 품질기준에서 제시한 뇌록 색상과 비교한 결과, L^* , a^* , b^* 값 모두 유사한 범주에 속하는 것을 볼 수 있다(Figure 8). 그러나 안료의 활용성을 보다 면밀히 검토하기 위해서는 보다 다각적인 연구가 추후 진행되어야 할 것으로 판단된다.

사 사

본 연구는 국립문화재연구소 문화유산 조사연구(R&D) 사업의 일환으로 수행되었다. 또한 논문에 대한 건설적인 비평을 해주신 익명의 심사위원께 감사를 표한다.

REFERENCES

- Ahn, B.C., Do, J.Y., Kim, S.J., Lee, K.K. and Lee, S.J., 2007, Study on the development of high performance Noerok pigment through characterization of traditional mineralogical raw material. Project Research Report, National Science Museum. (In Korean with English abstract)
- Jang, Y.D., 2017, A report on the collection and preservation methods of Noerok and its causes occurred the southeastern part of Gwangjeong mountain in Janggi-myeon of Nam-gu, Pohang. Kyungpook National University, Korea Lang & Housing Corporation, 5-18.
- Jeong, G.Y., Cho, H.G., Do, J.Y., 2018, Occurrence and mineralogical properties of Green-Blue inorganic pigments in Korea. Journal of the Mineralogical Society of Korea, 31, 33-46. (In Korean with English abstract)
- Kim, M., 2007, Study on Noerok from Mt. Noeseongsan, Pohang, Gyeongsangbuk-do. Journal of BULKYOMI SULSAHAK, 5, 621-632.
- Korean Industrial Standards, 1980, KS M ISO 787-5; General methods of test for pigments and extenders-part 5: determination of oil absorption value.
- Lee, S.J., Choi, I.S., Lee, K.K., Do, J.Y. and Ahn, B.C., 2007, An analysis of Noerok used in temple Dancheong in Gyeongju area. The Kyong ju MunHwa Youn Gu, 9, 1-12. (in Korean with English abstract).
- Lee, J.J., Kim, J.H. and Han, M.S., 2018, Mineralogical characteristic changes of Noerok occurred from Noeseong mountain, a raw material for pigment, depending on its firing process. Journal of the Mineralogical Society of Korea, 31, 23-32. (In Korean with English abstract)
- Mun, S.W., Kim, J.H., Kong, D.Y., Moon, D.H. and Jeong, H.Y., 2018, A Study on the various Noerok from Janggi-myeon, Pohang. Journal of the Petrological Society of Korea, 27(4), 195-205. (in Korean with English abstract).
- Park, J.H., Jeong, H.Y., Go, I.H., Jeong, S.L. and Jo, A.H.,

2015, A Study on the physical properties of Seokrok and Noerok used as green pigment. Journal of Conservation Science, 31(4), 429-441. (In Korean with English abstract)