

CT 조사를 통한 청화백자투각연당 초팔괘문연적의 3차원적 구조와 제작방법에 대한 고찰

Computed tomography investigation of the three-dimensional structure and production method of White Porcelain Water Dropper with Openwork Lotus Scroll Design and Eight Trigram Design in Cobalt-blue Underglaze

나아영, 황현성*

국립중앙박물관 보존과학부

Na Ahyoung, Hwang Hyunsung*

Conservation Science Division, National Museum of Korea, Seoul 04383, Korea

* Corresponding Author : Hwang Hyunsung

Tel : 82-2-2077-9426
E-mail : hshwang7@korea.kr

요약

국립중앙박물관 소장품 청화백자투각연당초팔괘문연적(수정147)을 대상으로 CT 조사를 실시하고 복제품을 제작하여 구조와 제작방법에 대해 살펴보았다. CT 조사를 실시한 결과, 접합선이나 기공이 없는 것으로 보아 하부 동체부 틀을 사용하여 한 번에 찍어 빼낸 후 상부 틀로 찍어 뽑아낸 상부 뚜껑을 서로 접합하였음을 알게 되었다. 특히 하부 동체부의 내기 상면과 연접한 뚜껑 하단면이 서로 접합이 잘 되도록 내면 가운데를 대나무 칼로 거칠게 돌려 깎아 접합면이 누수 되지 않도록 처리하였다. 처음 제작할 당시 물을 담는 연적의 내기(內器)는 도량형 규격에 맞고 틀을 뽑아내기에도 용이한 원통형(圓筒形)으로 만들었을 것으로 짐작되나 상부면과 동체부를 붙이는 과정에서 형태가 사다리꼴로 변형되었을 것으로 여겨진다. 또한 실리콘 복제를 이용하여 원통형 내기로 다시 제작한 후 내기의 용량을 비교 측정하고 결과, 3D프린팅을 이용해 복제한 유물 내기의 용량이 152.5mℓ인데 반해 원통형 내기의 용량은 대략 168.6mℓ로 조선시대 도량형 기준인 '량(量)'의 단위로 3홉(약 174 mℓ)과 유사하다는 것을 확인 할 수 있었다. 원통형 내기의 용량이 조선 후기 도량형 기준과 부합하므로 실제 도공이 팔괘문연적을 제작할 당시 원통형내기를 가진 연적으로 제작하였을 것으로 생각된다.

주제어 : CT 조사, 제작기법, 연적, 도량형

Abstract

This study investigated *White Porcelain Water Dropper with Openwork Lotus Scroll Design and Eight Trigram Design in Cobalt-blue Underglaze* (hereinafter, the "water dropper") in the collection of the National Museum of Korea using computed tomography (CT). A replica was produced to examine both the structure and its original production method. The CT scanning identified no joint lines or pores in the clay, which suggests that the body (the lower part of the water dropper) was shaped in a single piece using a mold and was then matched with a mold-formed lid (the upper part of the water dropper). The inner container of the body portion was roughly trimmed with a bamboo knife so that its upper surface could be securely attached to the bottom of the lid and prevent any leakage in the joined surface. It appears that the inner container for storing water was made first in a cylindrical shape that met the unit of quantity used at the time and could be easily formed by molding. It was transformed into a trapezoid shape during the process of combining it with the lid. A cylindrical inner container was reproduced using silicon 3D printing to compare its capacity with that of the original inner container. The comparison revealed that the reproduced container had a capacity of 152.5mℓ, whereas the original container holds approximately 168.6 mℓ, a figure similar to three hop (around 174mℓ) in Joseon-period units of quantity. Since the capacity of the cylindrical inner container corresponds to a known measure from the late Joseon dynasty, it is likely that the water dropper was originally produced to contain a cylindrical inner container.

Keywords : CT Scanning, Method of Production, Water Dropper, Weights and Measures

투고일: 2021.03.03 심사(수정)일: 2021.04.22 게재확정일: 2021.04.28

1. 서론

연적(硯滴)은 물이나 먹물을 담아 양을 조절하여 사용하던 기물을 지칭한다. 기능에 초점을 맞춘 연적이 제작되기 전에는 그릇에 물을 담아 사용하였다^[1].

연적에 대한 수요는 조선후기로 갈수록 증가하게 된다. 18세기 후반 상품경제가 크게 발달하고 사회적으로도 계층 간의 격차가 감소하면서 이와 같은 물품을 소유할 수 있는 계층이 확대되었고 조선후기 연적에 관한 개인 문집기록을 보면 연적을 얻기 위해 관요를 방문하여 기다리고, 함께 모여 연적을 감상하며 시를 짓는 등, 일상 소비품인 동시에 수집과 감상의 대상으로서 향유되었던 사례도 확인된다^[2].

현재까지 연적에 대한 연구는 주로 사대부의 문방구로서의 수요와 시대적 상황, 연적의 시대적 형태 분류가 대부분이었다. 아직까지 연적의 내부를 관찰하여 구체적으로 제작기법이나 제작순서를 다룬 연구가 없다. 또한 연적의 순기능인 물을 담는 용도를 수치화해줄 도량형에 대한 연구도 거의 없다. 본고의 연구 대상인 청화백자투각연당초팔괘문연적(수정147)을 연구하기 전에 이전에 보존처리하였던 백자진사금강산형연적(본관8143)과 백자청화철채산형연적(덕수1490)을 실측할 기회가 있어 유물의 규격과 내기의 용량을 측정하였고 두 연적의 용량은 모두 도량형의 기준인 ‘홉’의 치수와 유사했다. 그렇다면 연적은 단순히 장식적인 완상물(玩賞物)만의 특징이 아닌 기능적인 특징도 가지고 있다는 의미가 된다. 먹을 갈기 위해 사용되는 물의 양을 기준으로 홉에 맞춰 연적을 제작한 것으로 가설을 세웠다. 이어서 현재 보존과학의 과학적인 방법으로 연적의 내부구조와 기능에 대한 연구가 가능할 것으로 판단하였다. 이번 연구에서는 국립중앙박물관에서 소장하고 있는 청화백자투각연당초팔괘문연적을 가지고 CT 조사를 통해 연적의 제작기법과 기능에 대해서 연구하였다. 나아가 CT 데이터를 활용하여 3D 프린팅으로 팔괘문연적 복제품을 제작한 후 하부 동체부 가운데 들어있는 내기에 들어갈 물의 양을 정확하게 확인해보고자 한다.

2. 연구대상 및 방법

본고의 연구 대상인 청화백자투각연당초팔괘문연적(이하 팔괘문연적)은 상부에 두 개의 수구가 있고 외부에 연화문을 투각한 형태이며 내부의 수관과 외부의 수구로 연결되는 지점에 개구리모양의 장식이 있다. 둥근 상부 면에는 일곱 개의 구멍과 청화안료의 팔괘문이 그려져있으며 저부에도 마찬가지로 일곱 개의 구멍이 있는 형태이다(도1).

먼저 팔괘문연적 내부의 정밀한 형상을 파악하기 위해 X-선 CT 조사(CT Moduler, YXLON, Germany)을 실시하였다. CT 촬영은 RID-MF(마이크로포커스) 모드에서 실시하였으며 전압 225kV, 전류 0.25mA으로 필터는 Al과 Cu의 0.5mm 필

터를 놓고 촬영하였다. 필터는 촬영하는 재질에 따라서 필요한 과장이 다르기 때문에 도자기유물 촬영에 적합한 Al과 Cu를 사용했다. 그리고 단면에서 보여주는 미세한 선과 흔적들에 집중하여 팔괘문연적의 제작 순서와 방법을 확인하였다.

3. 연구 결과

3.1. CT 조사 및 제작 기법 연구 결과

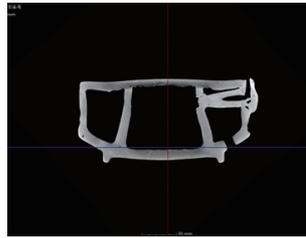
도2는 CT 조사로 살펴본 팔괘문연적의 종단면 2D 화상이다. 단면에 미세한 점토의 접힌 선이 없고 깨끗한 것으로 봐서 틀에 점토를 차곡차곡 채워 넣고 한 번에 뽑아내는 방식으로 제작한 것으로 추정한다^(도2). 또한 도3은 2D 화상으로 본 팔괘문연적의 종단면을 3D 화상으로 나타낸 것이다. 3D 화상은 CT 데이터를 활용하여 물체의 표면을 상세하게 3차원 정보로 표현한다. 따라서 CT 조사에서 관찰되지 않는 표면의 질감 및 단면 관찰이 가능하다^(도3). 도4를 보면 중앙에 위치한 내기의 오른쪽에는 c-②의 수로의 구멍이 수로와 연결되는 것을 볼 수 있다. a-①를 보면 내기의 옆면에 구멍을 뚫은 후 원통형의 수관을 끼워 넣고 'L'자로 물이 밖으로 나갈 수 있게 만든 것으로 생각된다. 수관을 만들 때는 공간을 만들기 위해 유기물을 점토로 말아 원통형으로 만든 다음 점토상태일 때의 팔괘문연적에 끼워 넣어 형태를 만들고 소성과정에서 유기물은 소실(燒失)되면서 수관의 공간이 자연스럽게 생기도록 한 것으로 추정된다^(도4).

도5의 a, b에서 보이는 저부에 있는 구멍은 앞서 말한 일곱 개의 구멍 중에 하나이며 이 구멍들은 상부와 저부에 위치해 있고 단순히 장식적인 의미가 아닌 물에 빠져나가는 기능을 한다. 보통 연적에 물을 채워 넣을 때 물이 담긴 큰 그릇에 연적을 담가 출수구와 입수구로 물이 들어가게 된다. 이때 투각이 되어있는 옆면과 외기와 내기사이에도 물이 채워진다. 내기에 들어가지 못하고 외기에 남아있는 물이 빠져나갈 수 있도록 저부의 가장 낮은 위치에 구멍을 뚫었으며 상부 면을 덮기 전에 안쪽에서 바깥쪽으로 뚫은 후 모서리를 다듬었다.

도5의 c-②를 보면 상부 면과 내기가 맞닿은 지점에 미세한 선과 틈이 보인다. 상부 틀로 제작된 상부 면을 다음 하부 동체부에 얹어 붙인 흔적으로 보인다. c-①에도 마찬가지로 상부 면과 외기가 맞닿을 때 생기는 점토의 접합선이 미세하게 보인다. d의 구멍은 하부 동체부의 제작을 마친 후 마지막으로 상부 면을 덮고 상부 중앙에 구멍을 뚫어 수구를 만들었다. 투공한 방향을 보면 동체부와 달리 밖에서 안쪽으로 뚫고 바깥쪽만 모서리를 다듬은 것을 확인할 수 있다^(도5).



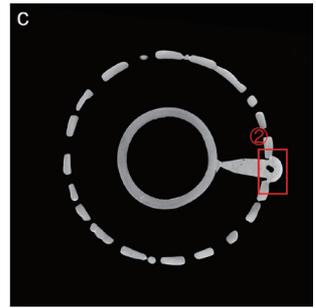
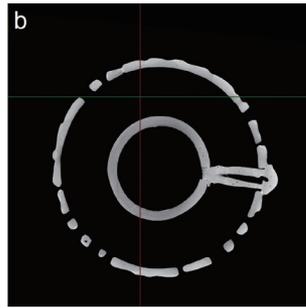
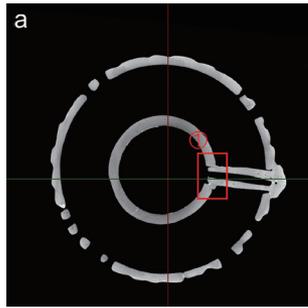
도1. 청화백자투각연당초팔괘문연적 (수정147)



도2. 2D 화상



도3. 3D 화상

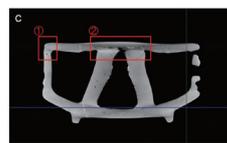
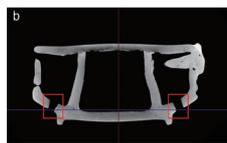


도4. 횡단면 2D 화상

팔괘문연적의 종단면을 보면 내기의 모양이 수직의 원통형이 아닌 사다리꼴원통형의 그릇임을 알 수 있다. 일반적으로 틀을 사용하여 형태를 만들 때 제작에 용이하기 위해 반듯한 수직형태로 형태를 만들고 뽑아내는 방식을 사용해야 한다. 그렇다면 팔괘문연적의 내기가 틀에서 해체하기 어려운 사다리꼴원통의 형태를 하고 있는지에 대한 의문을 가지게 된다. 이런 의문점을 해결하기 위해 제작과정을 거꾸로 생각해볼 필요가 있다.

연적을 처음 제작할 당시 원통형내기가 있는 틀을 제작한 다음, 틀에 점토를 채워 형태를 뽑아낸 후 대나무 칼과 같은 소도구를 사용하여 형태를 수정했던 것으로 생각해 볼 수 있다. 이를 뒷받침해줄 수 있는 흔적이 도6에 나타난다^(도6).

도6의 (a)를 보면 깔끔한 외기의 표면과는 달리 내기의 표면은 울퉁불퉁하며 한 방향으로 미세한 선들이 나있어 소도구를 이용하여 다듬은 흔적이 나타난다.



도5. 종단면 2D 화상



도6. 종단면 3D 화상

(b), (c)의 상부 면을 보면 원형으로 돌려 깎은 흔적이 남아있다. 파여진 부분의 지름이 내기의 저부와 지름이 같은 것으로 보아 처음 연적을 만들 때 원통형의 내기로 제작하였고 상부 면을 덮는 과정에서 동체부와 결합하기 위해 상부면 하단부 안쪽을 돌려 깎아 두 개의 다른 형태가 붙기 쉽도록 하였으며 내기의 구연부도 횡단면으로 잘라 표면을 거칠게 만든 것으로 생각된다.

(d)를 보면 내기의 오른쪽 단면이 눌러져있으며 상부면의 중앙부분이 미세하게 올라와 있다. 이것은 상부면을 덮을 때 구연부를 잘라냈었던 내기와 상부면 사이에 공간이 생겨 접합이 되지 않는 상황이 생겼고 이에 해결책으로 원통형 내기의 목 부분을 다듬고 높이를 올려 상부면과 맞닿게 만든 후 상부면을 덮었던 것으로 생각되며 내기의 높이 차이로 인해 상부면의 중앙부분이 약간 볼록하게 튀어나오게 된 것으로 보인다. 그 결과 제작 당시 원통형이었던 내기가 사다리꼴원통형으로 변형된 것으로 생각된다.

3.2. 실리콘 복제를 이용한 복제품 제작

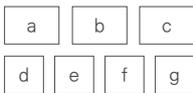
앞서 CT 조사를 통해 팔괘문연적의 제작과정을 살펴본 결과, 틀로 제작할 당시에는 원통형의 내기를 가진 연적으로 만들었을 것으로 생각해 본다면 내기에 들어갈 물의 양을 기준으로 그 당시 도량형에 맞춰 제작했을 것으로 가정해 볼 수 있다. 가설을 뒷받침할만한 실험하기 위해 먼저, CT 자료를 통해 3D 프린팅(300M, Zortrax, Poland)을 사용하여 적층 레이어 두께를 0.14mm로 설정하고 본 유물과 1:1비율로 크기가 유사한 복제품을 만들었다. 그 다음 3D 프린팅 복제품을 이용해 사다리꼴원통형태의 내기를 원통형으로 변형한 복제품을 별도로 제작하였다.

3D 프린팅 과정에서 도7의 (b)와 같이 연적의 동체부와 상부면을 횡단면으로 잘라 출력하였다. 도6의 3D 화상에서 나타난 것과 같이 내기의 안쪽 표면이 울퉁불퉁하며 한 방향으로 미세한 선들이 나 있었고 상부면의 안쪽도 거칠게 돌려 깎은 흔적을 육안으로 확인할 수 있었다. 또한 임시방편적으로 내기 상단부분을 잡아 눌러 높이를 올려 만든 흔적이 확실하게 관찰된다. 이로 인해 내기의 하부에서부터 상부까지 이어지는 두께가 상부로 갈수록 점점 얇아지고 손으로 다듬은 흔적이 있다. 이러

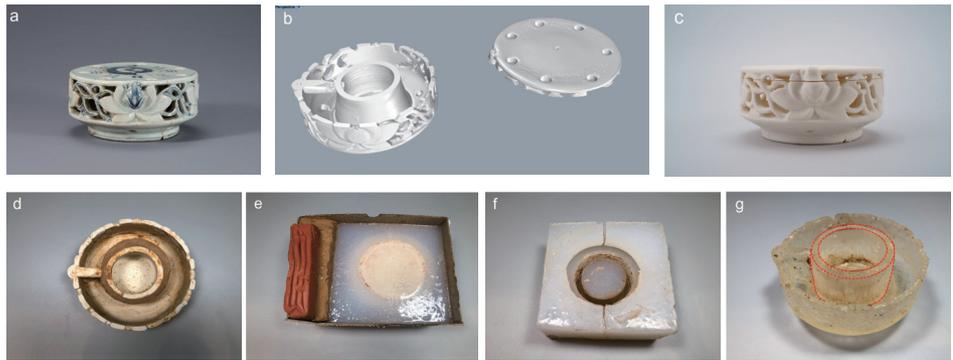
한 흔적은 2D 화상의 화면 판독만으로는 해석하기 다소 어렵지만, 3D 프린팅으로 출력하여 직접 육안으로 관찰하여 당시 도공들의 제작과정과 생각들을 보다 더 쉽게 읽어낼 수 있었고 그 결과, 앞서 제기한 여러 제작과정에 대한 추론들이 명확하게 뒷받침될 수 있었다.

원통형 내기의 복제품을 제작하기 전에 먼저 정밀 복제품과 원래 연적의 용량을 비교하기 위해 실제 연적의 용량을 측정해 본 결과, 대략 152.5ml의 물을 채울 수 있었다. 다음은 도7의 (d), (f)와 같이 내기를 원래 모양대로 제작하기 위해 우선 바닥에서부터 옆면까지 점토를 덧붙이고 내부에도 점토를 채워 수직형태로 해체가 용이하도록 원통형 내기 틀을 제작하였다^(도7).

실리콘 틀에서 복제품을 빼내는 과정에서 다시 한 번 원통형 내기가 사다리꼴원통형보다 해체가 용이하다는 것을 확인하였다. 이를 바탕으로 당시 도자기 연적의 생산과정과 연관 지어 생각해본다면 조선시대 후기에 들어서게 되면서 폭발적으로 문방구류에 대한 수요가 증가하게 되면서 당시 도공들도 대량생산 체계로 제작을 진행하려 했을 것으로 짐작된다. 따라서 대량생산이 가능한 방법으로는 연적 틀을 미리 제작하여 빠르게 찍어내는 방식을 채택했을 것이며 틀을 이용해 만든 내기의 형태는 틀에서 해체가 용이한 원통형이었다는 것을 생각해 볼 수 있다.



- (a) 팔괘문연적
- (b) 3D 화상 트림(Trim)
- (c) 3D 프린팅 결과물
- (d), (f) 형태 변형
- (e) 실리콘 복제 과정
- (g) 복제품



도7. 실리콘복제과정

원래 모양으로 추정되는 원통형 내기의 용량을 측정해 본 결과, 내기에 들어가는 물의 용량은 총 168.6ml이고 본 유물의 사다리꼴원통형 내기의 용량이 152.5ml이었다. 원통형 내기의 용량이 사다리꼴원통형 내기보다 16ml만큼 더 담을 수 있는 수치였으며 도량형 기준 ‘량(量)’의 단위 1홉이 약 58ml이고 점토의 수축률과 3D 출력물에 의한 오차범위가 $\pm 5ml$ 임을 감안한다면 실제 3홉(약 174ml)의 용량과 유사하다는 것을 알 수 있었다. 따라서 조선시대 후기 연적을 제작할 당시 사회 문화의 흐름

에 맞춰 문방구류에 대한 수요가 증가함에 따라 공급을 확대하기 위해 대량생산하기 위한 목적으로 규격화된 기준에 맞춰 틀을 제작하여 연적을 대량생산하였던 것으로 짐작된다.

팔괘문연적의 제작과정은 하부 동체부의 외기와 내기를 틀로 한 번에 뽑아낸 후 내기의 누수를 막기 위한 작업과정에서 임시방편적으로 내기 형태를 일부 수정한 후 소성하여 지금의 팔괘문연적의 형태가 된 것으로 생각된다. 그 결과, 물의 양이 처음 연적을 제작할 당시 맞추었던 도량형 기준에 비해 살짝 부족하게 된 것으로 추정한다.

4. 결론

일반적인 연적과 달리 청화백자투각연당초팔괘문연적은 동체부의 무늬가 투각이 되어있었고 안에는 물통역할을 하는 내기가 있는 형태였다. 본 연구에서는 CT 조사(Computed Tomograph)를 이용하여 투각무늬를 가진 팔괘문연적의 내부 구조를 살펴보면서 제작기법을 살펴보게 되었다. 또한, 팔괘문연적의 생산적이면서도 기능적인 측면에서 접근하여 내기의 용량도 살펴보았다.

조사 결과 팔괘문연적에 대한 결론은 다음과 같다.

첫 번째, 팔괘문연적의 종단면을 2D와 3D화상으로 살펴보았을 때 단면에 점토의 접합선과 기공이 없으므로 점토를 덧붙이고 치대서 형태를 만든 것이 아닌 틀을 이용하여 한 번에 형태를 만든 것으로 보이며 상부 뚜껑 면과 연적의 하단 동체부는 각각의 틀로써 형태를 제작한 후 서로 결합하여 접합하였다.

투각 문양의 방향은 밖에서 투각하여 무늬를 장식하였다. 내기의 옆면에 구멍을 뚫고 위로 향하는 ‘L’자의 수로를 만든 다음 상부 뚜껑 면을 덮었으며 내기에서 상부 면으로 이어지는 수로의 수구에 장식적인 요소로 개구리모양을 덧붙여 미적인 감각을 추가하였다.

두 번째, 내기의 형태가 원통형이 아닌 사다리꼴원통형인 것은 상부면의 안쪽을 내기 저부의 지름만큼 돌려 깎고 그에 맞춰 구연부도 잘라내어 서로 접합하려고 하였으나 둘 사이에 간극이 생겨 밀접하게 접합이 되지 않아 도공은 이를 임시방편적인 방법으로 내기의 상부 형태를 늘려 수정한 것으로 생각된다. 이로 인해 처음 형태보다 내기의 높이가 높아졌기 때문에 상부 면이 수평적인 상부면이 아닌 곡선형태가 되었다.

세 번째, 실리콘으로 제작하여 만든 복제품에 대한 실험 결과, 팔괘문연적의 내기는 물의 양 3홉을 담을 수 있도록 제작된 것으로 추정된다. 본 유물의 용량과 원통형으로 변형한 복제품의 용량을 비교했을 때, 원통형 내기에 들어간 물의 양이 16ml

만큼 더 많았으며 도량형 중 ‘량(量)’의 규격에 따라 3홉과 비슷한 용량임을 알 수 있었다. 이는 틀을 제작할 당시 내기에 들어갈 물의 양을 도량형 기준 3홉에 맞춰 제작하였음을 알 수 있다.

결론적으로, 조선시대 후기 정치적·사회적 상황으로 양반의 계급수가 증가하게 되면서 문방사우에 대한 수요가 기하급수적으로 증가하게 되었고 도공들은 이러한 수요에 맞게 공급하기 위해 대량생산 방법을 시도하였던 것 같다. 팔괘문연적 또한, 시대에 흐름을 따라 당시 도량형의 기준에 맞춰 규격화된 제품으로 제작하려 노력하였던 것으로 보여진다.

본 연적을 조사하여 이제까지 조선후기 연적을 다룬 기존의 연구에서는 주목하지 않았던 구조와 제작기법에 대한 실제적인 정보를 얻을 수 있었으며, 특히 원통형의 연적 내기를 복제품으로 재현하고, 연적에 담았던 물의 분량이 3홉(약 174ml)에 해당하는 등 조선 후기 도량형 규격과 상당히 일치하는 사실을 확인했다. 따라서 본 연구를 통하여 완상물(玩賞物)·문방구라는 연적의 기존의 인식에 규격화된 용량의 물질을 담은 규격용기로서 기능했을 가능성을 더하고자 한다.

기존에 연적에 대하여 연구되어 오던 접근방식에서 다소 벗어나 새로운 연구 방법으로 조사해 볼 수 있었던 좋은 기회였으며 지금부터라도 연적과 도량형 기준 척도에 기반한 대량생산에 대한 더 많은 연구가 진행되길 바라고 이러한 자료가 향후 연적의 연구와 보존관리에 도움이 되고자 한다.

<사사>

본 연구에서 CT 조사를 촬영해주신 국립중앙박물관 양석진선생에게 감사드립니다.

참고문헌

1. 최정민, 조선후기 백자연적의 유행과 조형 특징, *미술사와 문화유산* 8, 명지대학교 문화유산연구소, p27-45, (2019).
2. 권현미, 조선후기 산형(山形)백자 연구, 이화여자대학교 대학원, p1-6, (2016).
3. 김선영, 황현성, 분향실함을 통한 백제금동대향로 내부 대류특성 연구, *보존과학회지* Vol.35 No. 5, p470-479, (2019).
4. 한국도량형박물관, *조선의 길이·둘이·무게를 말하다*, p278-326, 한국도량형박물관출판부, 당진, (2017).
5. 황현성, 이민희, X-선 단층 촬영기를 이용한 백자 연적의 3차원적 구조 및 제작기법 연구, *한국도자학연구* Vol.15 No.1, p127-135, (2018).
6. 황현성, *빛의 과학, 문화재의 비밀을 밝히다*, p122-123, 국립중앙박물관, 서울, (2020)