전통 붓의 섬유 특성 분석 및 성능 평가 연구

박상현 | 정용재¹

한국전통문화대학교 문화유산전문대학원 문화재수리기술학과

Study on Hair Characteristics Analysis and Performance Evaluation of Traditional Brushes

Sang Hyeon Park | Yong Jae Chung¹

Department of Heritage Conservation & Restoration, Graduate School of Cultural Heritage,
Korea National University of Cultural Heritage, Buyeo, 33115, Korea

¹Corresponding Author: iamchung@nuch.ac.kr, +82-41-830-7365

초록 본 연구에서는 한국 전통 붓에 사용되었던 다양한 원모의 특성을 확인하고 실제 사용에 따른 한국, 중국, 일본 붓의 특성과 열화 양상을 비교하였으며, 붓 성능을 비교하기 위한 정량적 평가를 실시하였다. 다양한 원모별 특성 비교 결과, 털의 굵기가 굵을수록 대체로 인장강도가 높게 나타났다. 그 중 염소의 등과 옆구리 부분의 털은 다른 부분보다 손상이 많이 관찰되었고, 인장강도도 낮게 나타났다. 또한 시스테인의 함량이 많은 털로 제작한 붓은 탄력도 강하게 측정되었다. 붓의 실제 사용에 따른 열화 실험 결과, 인공건조한 붓은 자연건조한 붓보다 황색도 지수가 더 높고, 인장강도는 더 낮게 나타났다. 또한 흡수력이 좋은 붓은 지속력도 좋으나 탄력은 좋지 않은 것으로 확인되었다. 본 연구를 통해 어떤 재료로 붓을 만들고, 붓을 어떻게 사용하고 관리하는지에 따라 붓의 성능에 영향을 미칠 수 있음을 확인할 수 있었다. 또한 필자들이 그동안 경험과 감각으로만 제작해 왔던 붓의 재료과학적 특성에 대해 규명할 수 있었으며, 향후 보존처리용 붓 제작을 위한 기초자료로 활용 가능할 것으로 기대된다.

중심어: 전통 붓, 한중일 붓, 원모, 섬유 특성 분석, 붓 성능 평가

ABSTRACT In this study, the characteristics of various raw hairs used for traditional Korean brushes were examined; further, the characteristics and deterioration patterns of Korean, Chinese, and Japanese brushes were compared, with a quantitative evaluation to assess the brush performance. The tensile strength was generally found to be higher with a greater fiber thickness. Among the hairs examined, the back and flank hair of goat was more damaged than that in other parts, and the tensile strength was low. Higher elasticity of the brush made with hair of high cysteine content was measured. Owing to deterioration by use of the brushes, artificial drying brushes had a higher yellowness index and lower tensile strength than natural drying brushes. Further, it was confirmed that brushes with good absorbency exhibited good consistency, but not good elasticity. Thus, the performance of the brush can be influenced by the kind of material used and the brush usage pattern. In addition, it is possible to identify the material science characteristics of brushes which have been produced only by experience; therefore, the results of this study could provide basic data for manufacturing brushes employed in conservation treatment, in the future.

Key Words: Traditional brush, Korean-Chinese-Japanese brushes, Raw hair, Hair characteristics analysis, Brush performance evaluation

1. 서론

붓이란 짐승의 털을 추려 모아 원추형으로 만들어 죽관(竹管) 또는 목축(木軸)에 고정시킨 것으로 글씨를 쓰거나 그림을 그릴 때 사용하는 도구를 말한다. 붓은 크게 붓대(筆管)와 초가리(筆鋒)로 구성되며, 초가리를 이루고 있는 털의 끝 부분을 호(毫)라고 부른다. 초가리는 붓의 가장 안쪽에 위치하여 중심을 이루어 붓의 힘을 결정하는 심소(芯素)와 바깥 부분에 위치하여 심소를 둘러싸고 있으며 실제 붓을 사용함에 있어 필감(筆感)을 결정하는 의체(衣體)로 구성된다.

붓은 기원전 3세기경 진(秦)나라의 몽염(蒙恬)이 처음 제작한 것으로 전해지며 이후 우리나라로 전래된 것으로 여겨진다. 현재 우리나라에서 붓을 사용하기 시작한 시기는 기원전 1세기로 알려져 있으며, 대표적인 유물로는 1988년 창원 다호리 유적 1호분에서 출토된 삼한시대 붓이 있다(Yi, 1992). 고려도경(高麗圖經), 송사(宋史), 산곡문집(山谷文集), 승정원일기(承政院日記), 완당전집(阮堂全集), 성호사설(星湖僞說) 등 중국과 우리나라의 여러 고문헌 기록을 통해 삼국시대, 고려시대, 조선시대를 거치며 우리나라에서 지속적으로 우수한 붓이 제작되어왔고, 황모필(黃毛筆), 양모필(羊毛筆), 청서필(靑鼠筆) 등 재료별로 다양한 붓이 사용되어 왔다는 것을 확인할 수 있다(Park, 2016).

그러나 연필, 볼펜 등과 같은 새로운 필기구가 등장하고, 프린터, 복사기 등 인쇄술이 발달하게 되면서 붓의 사용은 줄어들게 되었다. 또한 흰 염소의 양육이 급격하게 감소하고 동물 도축이 제한됨에 따라 붓 재료를 공급하는 데에 많은 어려움을 겪고 있다. 그리고 중국에서 제작하는 값싼 대량 생산 붓이 국내로 유입되고, 붓을 사용하는 사람들이 점점 줄어들어 국내에서 생산하는 붓의 수요가 감소함에 따라 자연스레 붓을 제작하는 필장(筆匠)의 수도 급격하게 감소하기 시작하였다. 1980년대까지만 해도 붓 제작의 호황을 누리며 필장의 수가 많았지만(Park, 2016), 30여년이 지난 2018년 현재 무형문화재 8명을 비롯하여 10명 내외의 필장만이 전통 붓을 제작하고 있으며, 남은 필장들도 대부분 고령인데다가 후계자 양성과 경제적인 어려움 등으로 우리나라 전통 붓 제작의 명맥 유지가 어려운 상황이 되었다.

붓은 우리나라에서 오랫동안 회화나 서예뿐만 아니라 일상생활에서도 중요한 도구로 사용되어 왔지만 이와 관련된 연구는 거의 진행되고 있지 않은 실정이다. 붓과 관련된 선행연구들을 살펴보면 모필의 기원, 재료, 제작법, 용

도와 역대 모필장에 대하여 문헌자료를 중심으로 정리한 연구(Park, 2000)와 전북 지역 필장들의 제작 기법 정리와 사회문화적 영향에 따른 전통 공예의 변화양상에 대한 연구(Cho, 2013)가 수행되었다. 또한 무형문화재 필장 보유자 5인의 현장 조사를 통한 제작 기법 정리와 전승 양상 및 변화에 대한 연구(Park, 2016)가 수행되었다. 이와 같이 붓과 관련하여 기존에 진행되었던 연구들은 대부분 붓의 역사, 종류, 제작법 등을 정리한 문헌 연구에 한정되어 있으며, 최근 들어 국내에서 진행되고 있는 연구들도 필장 및 전통공예의 전승 양상에 관한 연구로 붓의 재료적 특성이거나 실제 사용에 관한 연구는 전무한 실정이다.

한편 동물성 섬유는 섬유를 구성하는 형태와 성분에 따라 다른 특성을 가지고 있어, 이를 통해 섬유를 식별하고 손상에 관하여 분석한 연구들이 다수 진행되고 있다. 이와 관련하여 섬유의 표면 및 단면의 형태적 관찰을 통해 다양한 섬유의 식별을 진행한 연구(National Folk Museum of Korea, 2005)가 수행되었으며, 현미경 관찰과 에너지 분광 분석을 통해 자외선을 조사한 모발에 나타나는 물리·화학적 변화를 관찰한 연구(Chang *et al.*, 2006)와 적외선 분광 분석법을 통해 빗질, 표백, 펴, 자외선 등의 물리·화학적 원인으로 인한 모발의 손상을 분광학적으로 분석한 연구(Lee, 2013) 등이 수행되었다. 하지만 기존 진행되었던 연구들은 대부분 모발을 중심으로 이루어지고 있으며, 다른 동물성 섬유에 대한 연구는 현미경을 통한 섬유의 형태 관찰 정도로만 수행되고 있다.

또한 현재 여러 보존처리 기관에서는 국내에 보존처리용 붓이 따로 없기 때문에 일본에서 붓을 구입하거나 국내에서 시판되고 있는 회화용 붓을 개조해서 사용하고 있는 상황이다. 국내의 필장들은 기존에 제작해왔던 회화 및 서예용 붓 이외에는 수요가 없기 때문에 그 이외 용도의 붓은 사용자의 주문이 있는 경우에만 제작하고 있다. 하지만 붓을 오랜 기간 사용해왔던 전문가들만 주로 주문제작을 하며, 붓에 관하여 잘 모르거나 다른 용도의 붓을 원하는 사용자들은 별도의 제작 요청을 하기 어려운 상황이다. 그리고 붓을 사용할 때에는 사용자에게 따라 주관적으로 평가되기 때문에 객관적으로 붓을 평가할 수 있는 방법 또한 필요하다.

이에 본 연구에서는 한국 전통 붓에 사용되었던 다양한 원모(原毛)의 특성 비교를 통해 붓의 재료과학적 특성을 규명하고, 실제 사용에 따른 한국, 중국, 일본 붓의 특성과 열화 양상을 비교하며, 붓 성능 비교를 위한 정량적 평가방법을 제시하고자 한다.

2. 재료 및 방법

2.1. 연구재료

2.1.1. 한국 전통 붓의 원모 특성 비교

붓 초가리는 용도에 따라 다양한 동물의 털로 제작된다. 본 연구에서는 한국 전통 붓에 사용되어 온 다양한 동물종별 원모의 특성을 비교하기 위해 원모 8종[양모(羊毛, 염소털), 황모(黃毛, 족제비꼬리털), 청서모(靑鼠毛, 청서꼬리털), 우모(牛毛, 소털), 마모(馬毛, 말털), 돈모(豚毛, 돼지털), 산저모(山猪毛, 멧돼지털), 구모(狗毛, 개털)]를 선정하였다.

또한 털은 부위별로 종류와 특징이 다르며, 최근에는 붓 제작 시 기준에 나쁘게 평가받았던 부위의 염소털도 혼합하여 사용한다(Cho, 2013; Park 2016). 본 연구에서는 원모 중 현재 붓의 재료로 가장 많이 사용되는 염소털을 선정하여 염소 부위별 원모간의 특성을 비교하기 위해 사육중인 흰 염소로부터 부위별 원모 7종(저드랑이, 앞가슴, 옆구리, 다리, 등, 목, 수염)을 채취하였다(Table 1).

2.1.2. 한중일 전통 붓의 특성 비교

붓은 국가별로 제작법에 있어 일부 차이를 보이며, 주재료인 동물털 또한 동물종별, 산지별로 많은 차이를 보인다(Park, 2016). 본 연구에서는 동물 종에 따른 붓의 특성을 비교하기 위해 한국 전통 붓으로 사용되어 온 붓 중에서 6종(양모필, 황모필, 우모필, 마모필, 돈모필, 구모필)과 한중일 붓의 특성을 비교하기 위해 현재 공통적으로 가장 많이 사용하고 있는 붓 2종(양모필, 황모필)을 선정하였다. 붓은 각 국가별로 붓을 대표하는 지역의 필방 중 한 곳을 선정하여 구입하였다.

선정된 붓은 실제 붓 사용 및 건조에 따른 열화 양상을 확인하기 위해 대조군, 자연건조, 인공건조 조건으로 나누어 50일 동안 반복실험을 진행하였다(Table 2). 인공건조를 위해 촉진 내후성 시험기(QUV/se, Q-LAB, USA)를 사용하였으며, 실제 태양광선의 조도와 동일하게 적용하기 위해 자외선을 UV-A 340 nm 0.68 W/m² 조건으로 설정하여 실험을 진행하였다.

2.2. 연구방법

2.2.1. 형태 관찰 및 물성 평가

표면 관찰 및 굵기 측정

동물종별, 염소 부위별, 한중일 붓 섬유의 표면 관찰과

굵기 측정을 위해 주사전자현미경(EM-30AX, COXEM, KOR)을 사용하였으며 1,000배율(돈모의 경우 500배율)로 관찰하였다. 시료는 10배수로 설정하였으며, 섬유 표면의 형태를 그대로 관찰 및 측정하기 위해 증류수로만 세척하여 24시간 동안 상온에서 건조한 후 관찰을 진행하였다. 관찰된 표면은 『천연섬유와 모피 식별 아틀라스』(National Folk Museum of Korea, 2005)에 제시되어 있는 섬유 식별 기준을 적용하여 섬유별 표면 스케일의 형태 식별을 진행하였으며, 측정된 굵기는 평균값으로 나타내었다.

인장강도 측정

동물종별, 염소 부위별 섬유, 한중일 붓 섬유간의 물성을 평가하고자 인장강도를 측정하였으며, 기기는 인장압축시험기(AG-X plus, SHIMADZU, JPN)를 사용하였다. 측정은 물립간격 50 mm(황모의 경우 30 mm), 인장속도 100 mm/min, 측정횟수 10회(신뢰할 수 없는 값 제외) 조건에서 진행하였고, 측정값에서 최소·최대값을 제외한 평균값을 사용하였다.

색도 측정

한중일 붓 섬유의 열화에 따른 색상 변화를 측정하고자 초가리 크기에 맞는 색도 측정용 아크릴 틀을 제작하여 열화 전·후 색도 측정을 실시하였다. 기기는 분광측색계

Table 1. Sampling information of goat-hair

Classification	Content
Goat age	4 years
Goat sex	Male
Sampling period	January, 2017
Sampling positions	Armpit, Chest, Flank, Leg, Back, Neck, Beard

Table 2. Experimental condition

Sample Condition	Control	Natural drying	Artificial drying
Using condition*	1 day (Drying after washing - 24 h)	1 day (Using ink - 4 h, Drying after washing - 20 h)	
Drying condition	Room temperature (21±1℃, 55±5%)	Room temperature (21±1℃, 55±5%)	45℃, 55±5%, UV-A 340 nm 0.68 W/m ²

*50 days with repeated experiment

(Color Mate, Scinco, KOR)를 이용하여 광원 D65, 시야각 10° 조건에서 측정을 진행하였으며, 동일한 부분을 3회 측정하여 평균값을 도출하였다. 측정된 색도는 아래의 식에 따라 황색도 지수(Yellowness Index)로 변환하여 열화 전·후 섬유의 황색도를 비교하였다.

$$\text{황색도 지수(Yellowness Index)} = (1.28X - 1.06Z)/Y \times 100$$

2.2.2.2. 이화학적 특성 분석

적외선 분광 분석

동물종별, 국가별 섬유의 열화에 따른 성분 변화를 확인하고자 적외선 분광 분석을 실시하였다. 기기는 ATR이 부착된 FT-IR Spectrometer(Alpha, Bruker Optics, GER)를 사용하였으며, 분해능 4 cm⁻¹, 측정범위 4,000~600 cm⁻¹, 스캔 24회 조건에서 분석을 진행하였다.

아미노산 조성 분석

동물종별, 국가별 섬유의 아미노산 조성 차이를 확인하고자 한국 양모, 한국 황모, 중국 양모의 아미노산 조성 분석을 실시하였다. 각 시료는 PICO-tag 방법을 이용하여 가수분해 및 PITC labeling을 실시하였다. PITC labeling된 시료를 400 µl의 buffer에 녹인 후 10 µl을 취하여 HPLC(Waters, USA)에 loading하였다. 기기는 Waters 510 HPLC pump, Waters gradient controller, Waters 717 automatic sampler, Waters Pico-tag column, Waters 2487 UV detector를 이용하여 분석을 진행하였다.

2.2.3. 붓 성능 평가

① 정성적 평가

붓은 사용자에 따라 평가 기준이 다르다. 본 연구에서는 인터뷰를 통해 전문가 2인이 직접 붓을 사용한 후 느낀 특성을 평가하는 방법으로 정성적 평가를 진행하였다. 평가에는 50년 이상 붓을 사용해 온 동양화 전문가와 서예 전문가의 도움을 받아 진행하였다.

② 정량적 평가

붓은 사용자에 따라 평가 기준이 주관적이므로 정량적 기준이 필요하다. 예로부터 좋은 붓이란 사덕(四德)을 갖추어야 하며 사덕이란 침·제·원·건을 말한다. 침(尖)은 붓 끝이 뾰족해야 한다는 것을 말하며, 제(齊)는 붓 끝을 눌렀을 때 털이 가지런해야 한다는 것을 말한다. 원(圓)은 초가리가 둥근 원추형의 균형을 이루며 먹물을 풍부하게 머금어 획에 윤기를 더해줄 수 있어야 한다는 것을 말하며, 건(健)은 붓이 견고하며 탄력이 있어야 한다는 것을 말한다(Korea Cultural Heritage Foundation, 2001). 본 연구에서는 좋은 붓의 기준을 참고하여 흡수력, 탄력, 지속력 3가지 항목에 대하여 평가를 진행하였으며, 평가 후 각 항목별로 등급을 산정하여 비교하였다.

흡수력 측정

붓의 흡수력을 측정하기 위해 일정 시간 붓을 먹물에 담가 흡수하는 정도를 측정하였다. 붓을 수직으로 고정하고 초가리 길이에 맞춰 1분 동안 먹물에 담갔다가 빼서 먹물

Figure 1. Absorbency measurement.

Figure 2. Elasticity measurement.

Figure 3. Consistency measurement.

이 떨어지지 않도록 10분 동안 방치한 후 흡수된 먹물의 무게를 전자저울(Pioneer PAG 4102, OHAUS, USA)을 이용하여 측정하였다(Figure 1).

Table 3. Consistency measurement condition

Classification	Contents
Instrument	Automatic coating machine
Speed	5 cm/s
Type of paper	Chinese drawing paper (Basis weight 26 g)
Length of paper	35 cm
Number of measurement	10 times

탄력 측정

붓의 탄력을 측정하기 위해 일정한 힘으로 붓을 누른 후 일정 시간이 지났을 때 다시 펴지는 정도를 측정하였다. 일정한 힘으로 눌러주기 위해 인장박리시험기(CKPT-20P, CKSI, KOR)를 이용하였으며, 붓을 수직으로 고정하고 먹물을 머금은 붓을 초가리의 1/3 길이에서 1분 동안 눌러준 후 다시 펴지는 길이를 디지털 캘리퍼스(NA500-200S, BLUEBIRD, KOR)를 이용하여 측정하였다. 측정값은 아래의 식을 이용하여 백분율로 변환하여 사용하였다(Figure 2).

$$\text{탄력(\%)} = \frac{\text{눌렀다가 펴진 초가리의 길이}}{\text{수직 초가리의 길이}} \times 100$$

지속력 측정

붓의 지속력을 측정하기 위해 먹물을 머금은 붓을 일정하게 종이에 썼을 때 갈라지지 않고 써지는 횟수를 측정하였다. 측정은 자동도공기(COAD.411a, OCEAN SCIENCE, KOR)를 이용하여 일정한 속도(5 cm/s)로 화선지에 붓을

사용하는 방법으로 진행하였으며, 10회 사용하여 갈라지지 않고 써진 횟수를 측정하였다(Table 3, Figure 3).

3. 결 과

3.1. 한국 전통 붓의 원모 특성 비교

3.1.1. 표면 관찰 및 굵기 측정

동물종별 원모의 표면 관찰 결과, 황모, 우모, 마모, 돈모, 산저모는 불규칙적인 물결형, 청서모는 규칙적인 물결형, 구모는 불규칙적인 꽃잎형과 물결형의 스케일의 모습이 관찰되었다. 원모별 굵기는 돈모(평균 239.2 μm), 마모

(평균 107.2 μm), 산저모(평균 91.8 μm), 우모(평균 79.2 μm), 황모(평균 76.8 μm), 구모(평균 67.7 μm), 청서모(평균 62.8 μm) 순으로 굵게 측정되었다(Table 4).

염소 부위별 원모의 표면 관찰 결과, 모든 부위의 원모에서 불규칙적인 물결형 스케일의 모습이 관찰되었으며, 등은 다른 부위의 원모보다 손상 정도가 심했다. 원모별 굵기는 등(평균 106.4 μm), 옆구리(평균 104.5 μm), 다리(평균 104.1 μm), 목(평균 103.7 μm), 앞가슴(평균 95.5 μm), 겨드랑이(평균 79.4 μm), 수염(평균 78.7 μm) 순으로 굵게 측정되었다(Table 5).

Table 4. Surface of various animal hairs

Table 5. Surface and thickness of goat hair by sampling positions

Figure 4. Tensile strength of various animal hairs.

3.1.2. 인장강도 측정

동물종별 원모의 인장강도 측정 결과, 돈모(4551 mN), 마모(1186 mN), 산저모(1054 mN), 우모(849 mN), 구모(486 mN), 황모(372 mN), 청서모(191 mN) 순으로 인장강도가 높게 측정되었다(Figure 4).

염소 부위별 원모의 인장강도 측정 결과, 수염(833 mN), 목(679 mN), 다리(674 mN), 겨드랑이(577 mN), 앞가슴(498 mN), 등(423 mN), 옆구리(396 mN) 순으로 인장강도가 높게 측정되었다(Figure 5).

Figure 5. Tensile strength of goat hair by sampling positions.

3.2. 한중일 전통 붓의 섬유 특성 비교

3.2.1. 형태 관찰 및 물성 평가

육안 관찰 및 색도 측정

열화 후 한중일 전통 붓의 육안 관찰 결과, 인공건조한 붓은 구모필과 황모필을 제외한 모든 붓에서 황변현상이 눈에 띄게 관찰되었으며(Table 6), 자연건조한 붓에 비해 황색도 지수 또한 더 높게 나타났다(Table 7, 8).

표면 관찰 및 굵기 측정

열화 후 붓 섬유의 표면 관찰 결과, 자연건조한 붓과 인공건조한 붓 섬유의 표면에서 스케일이 부분적으로 박락되고 섬유가 납작해지는 현상이 관찰되었으며, 자연건조한 붓보다 인공건조한 붓에서 더 심한 것으로 확인되었다. 한국 전통 붓 섬유의 굵기 측정 결과, 돈모(평균 207.5 μm), 마모(평균 99.7 μm), 양모(평균 91.5 μm), 황모(평균 86.6 μm), 우모(평균 82.6 μm), 구모(평균 55.1 μm) 순으로 굵기가 굵게 측정되었다. 한중일 붓 섬유의 굵기 측정 결과, 양모필은 한국(평균 91.5 μm), 일본(평균 90.6 μm), 중국(평균 90.6 μm) 순으로, 황모필은 한국(평균 86.56 μm), 일본(평균 83.38 μm), 중국(평균 72.88 μm) 순으로 굵기가 굵게 측정되었다.

Figure 6. Tensile strength of Korean brush hairs.

Figure 7. Tensile strength of Korean, Chinese, Japanese brush hairs.

인장강도 측정

열화 후 섬유별 인장강도 측정 결과, 한국 전통 붓에서 인공건조한 붓과 자연건조한 붓을 비교하였을 때, 인공건조한 붓 섬유의 인장강도가 더 낮게 측정되었는데 최소 49 mN(우모)에서 최대 911 mN(돈모)까지 차이가 났다(Figure 6). 또한 한중일 전통 붓에서 인공건조한 붓과 자연건조한 붓을 비교하였을 때에도 인공건조한 붓 섬유의 인장강도가 더 낮게 측정되었다. 양모의 경우에는 최소 75 mN(중국)에서 최대 152 mN(한국)까지 차이가 났고, 황모의 경

Table 6. State of brushes after deterioration

Control	Natural drying	Artificial drying	Control	Natural drying	Artificial drying	Control	Natural drying	Artificial drying

(A) Korean goat-hair brush			(B) Chinese goat-hair brush			(C) Japanese goat-hair brush

(D) Korean weasel-hair brush			(E) Chinese weasel-hair brush			(F) Japanese weasel-hair brush

(G) Korean cow-hair brush			(H) Korean horse-hair brush

(I) Korean pig-hair brush			(J) Korean dog-hair brush					

Table 7. Yellowness index of Korean brushes before and after deterioration

Condition	Deterioration	Korean brushes					
		Goat-hair	Weasel-hair	Cow-hair	Horse-hair	Pig-hair	Dog-hair
Control	Before	27.53	86.40	57.22	32.54	45.80	58.71
	After	25.94	88.76	56.23	29.77	40.41	55.09
Natural drying	Before	26.48	88.21	53.91	33.32	46.30	59.73
	After	5.84	66.91	22.81	9.94	14.50	39.17
Artificial drying	Before	26.84	85.74	59.58	35.46	51.34	61.33
	After	21.27	65.64	37.32	17.88	35.91	35.17

Table 8. Yellowness index of Korean, Chinese, Japanese brushes before and after deterioration

Condition	Deterioration	Goat-hair brushes			Weasel-hair brushes		
		Korean	Chinese	Japanese	Korean	Chinese	Japanese
Control	Before	27.53	21.44	25.34	86.40	85.82	83.87
	After	25.94	21.23	24.56	88.76	85.38	86.53
Natural drying	Before	26.48	24.30	24.10	88.21	84.25	84.15
	After	5.84	12.84	13.04	66.91	50.03	60.14
Artificial drying	Before	26.84	21.43	23.89	85.74	84.97	86.00
	After	21.27	26.36	35.29	65.64	49.89	61.71

Table 9. FT-IR spectrum of brush hairs after deterioration (Black: Control, Blue: Natural drying, Red: Artificial drying)

Table 10. Analysis results of amino acid composition

Amino acid	Korean goat-hair		Chinese goat-hair		Korean weasel-hair	
	Content (mg/100 mg)	Percent (%)	Content (mg/100 mg)	Percent (%)	Content (mg/100 mg)	Percent (%)
Cys	8.41	10.30	4.16	5.58	10.51	13.93
Asp	5.33	6.53	4.84	6.49	4.11	5.44
Glu	12.80	15.67	11.26	15.09	10.02	13.28
Ser	6.64	8.13	6.39	8.57	7.20	9.54
Gly	3.32	4.06	3.23	4.33	4.29	5.69
His	1.09	1.34	1.03	1.38	1.20	1.60
Arg	7.81	9.57	7.07	9.48	5.08	6.73
Thr	4.49	5.50	4.38	5.87	4.46	5.90
Ala	2.86	3.50	2.67	3.57	2.37	3.14
Pro	4.59	5.61	4.53	6.07	5.10	6.76
Tyr	3.24	3.97	3.12	4.18	2.71	3.59
Val	3.97	4.86	3.63	4.86	3.50	4.64
Met	0.88	1.08	3.65	4.89	1.22	1.61
Ile	2.72	3.33	2.48	3.33	1.89	2.50
Leu	6.58	8.06	5.98	8.01	5.11	6.77
Phe	2.74	3.35	2.51	3.36	1.96	2.59
Trp	1.57	1.92	1.50	2.00	2.16	2.86
Lys	2.63	3.22	2.18	2.93	2.59	3.43
Total	81.66	100.00	74.61	100.00	75.46	100.00

우에는 최소 101 mN(중국)에서 최대 215 mN(한국)까지 차이가 났다(Figure 7).

3.2.2. 이화학적 특성 분석

적외선 분광 분석

적외선 분광 분석 결과, 모든 섬유에서 1650 cm^{-1} 의 Amide I, 1520 cm^{-1} 의 Amide II, 1230 cm^{-1} 의 Amide III와 관련된 특징적인 적외선 흡광영역이 확인되었다(Bantignies *et al.*, 2000; Lee, 2013). 열화 후 뚜렷한 피크의 변화는 발생하지 않았지만, 인공건조한 붓의 섬유의 경우 대조군과 자연건조한 붓의 섬유와 비교해 보았을 때, $1,800\sim 1,000\text{ cm}^{-1}$ 범위의 흡광영역에서 전체적으로 흡광도가 적게 나타나는 것을 확인할 수 있었다(Table 9).

아미노산 조성 분석

한국 양모, 중국 양모, 한국 황모의 아미노산 조성 분석 결과, 한국 양모(81.66 mg), 한국 황모(75.46 mg), 중국 양모(74.61 mg) 순으로 총 아미노산 양이 높게 측정되었다. 특히 시스테인은 한국 황모가 10.51 mg(13.93%), 한국 양모가 8.41 mg(10.30%), 중국 양모가 4.16 mg(5.58%)로 측정되어 섬유 간의 가장 큰 차이를 보였다(Table 10).

3.3. 한중일 전통 붓의 성능 평가

3.3.1. 정성적 평가

두 전문가는 붓을 사용 후 느낀 장·단점과 용도 등에 대하여 평가하였으며, 인공건조한 붓은 자연건조한 붓과 비교하여 느낀 부분에 대한 평가를 진행하였다. 평가에 대한 내용은 Table 11, 12와 같으며, 전문가는 평가 후 붓을 사용할 때 느낀 미세한 차이를 표현하기가 어려우며, 단기간의 사용으로 등급을 정확하게 평가하기는 힘들다고 하였다.

3.3.2. 정량적 평가

흡수력 측정

한국 전통 붓의 경우 구모필, 우모필, 마모필, 양모필, 돈모필, 황모필 순으로 흡수력이 강하게 나타났으며, 한중일 붓의 경우 양모필은 중국, 일본, 한국 순으로 흡수력이 강하게 나타났다. 또한 열화 후 전반적으로 흡수력이 증가하는 경향을 보였다(Table 13, 14).

탄력 측정

한국 전통 붓의 경우 황모필, 돈모필, 양모필, 우모필, 마모필, 구모필 순으로 탄력이 강하게 나타났으며, 한중일 붓

Table 11. Qualitative evaluation results of Korean brushes

	Expert	Natural drying	Artificial drying
Korean goat-hair brush	①	Appropriate for the calligraphy brush	Similar elasticity compare to natural drying
	②	Smooth movement and appropriate elasticity	Higher elasticity than natural drying
Korean weasel-hair brush	①	Smooth movement and high elasticity	Lower elasticity than natural drying
	②	Smooth movement and high elasticity	Lower elasticity than natural drying
Korean cow-hair brush	①	Smooth movement and high elasticity	Similar elasticity compare to natural drying
	②	Smooth movement and high elasticity	Similar elasticity compare to natural drying
Korean horse-hair brush	①	Appropriate for the calligraphy brush	Similar elasticity compare to natural drying
	②	Rough movement and high elasticity	Similar elasticity compare to natural drying
Korean pig-hair brush	①	Appropriate to express rough movement	Similar elasticity compare to natural drying
	②	Rough movement and high elasticity	Similar elasticity compare to natural drying
Korean dog-hair brush	①	Smooth movement and low elasticity	Similar elasticity compare to natural drying
	②	Smooth movement and low elasticity	Lower elasticity than natural drying

Table 12. Qualitative evaluation results of Korean, Chinese, Japanese brushes

	Expert	Natural drying	Artificial drying
Korean Goat-hair brush	①	Appropriate for the calligraphy brush	Similar elasticity compare to natural drying
	②	Smooth movement and appropriate elasticity	Higher elasticity than natural drying
Chinese Goat-hair brush	①	Appropriate for the paintbrush	Similar elasticity compare to natural drying
	②	Smooth movement and low elasticity	Higher elasticity than natural drying
Japanese Goat-hair brush	①	Appropriate for the paintbrush	Similar elasticity compare to natural drying
	②	Smooth movement and low elasticity	Lower elasticity than natural drying
Korean Weasel-hair brush	①	Smooth movement and high elasticity	Lower elasticity than natural drying
	②	Smooth movement and high elasticity	Lower elasticity than natural drying
Chinese Weasel-hair brush	①	Smooth movement and low elasticity	Lower elasticity than natural drying
	②	Smooth movement and low elasticity	Lower elasticity than natural drying
Japanese Weasel-hair brush	①	Smooth movement and high elasticity	Similar elasticity compare to natural drying
	②	Smooth movement and high elasticity	Lower elasticity than natural drying

의 경우 양모필은 한국, 중국, 일본 순으로, 황모필은 한국, 일본, 중국 순으로 탄력이 강하게 나타났다. 또한 열화 후 전반적으로 탄력이 증가하는 경향을 보였다(Table 15, 16).

지속력 측정

한국 전통 붓의 경우 구모필, 마모필, 양모필, 우모필, 황모필, 돈모필 순으로 지속력이 강하게 나타났으며, 한중일 붓의 경우 양모필은 한국, 중국, 일본 순으로, 황모필은 중국, 한국, 일본 순으로 지속력이 강하게 나타났다. 또한 열화 후 전반적으로 지속력이 감소하는 경향을 보였다(Table 17, 18).

등급 산정

붓의 정량적 평가를 통해 흡수력, 탄력, 지속력을 측정 한 결과에 따라 평가 등급 기준표를 작성하였으며(Table 19), 이에 따라 각 항목별로 등급을 산정하고 도식화하였다(Table 20, 21, Figure 8, 9).

4. 고찰 및 결론

본 연구에서는 한국 전통 붓에 사용되었던 다양한 원료의 특성을 확인하고, 실제 사용에 따른 한국, 중국, 일본 붓

Table 13. Absorbency measurement results of Korean brushes

(Unit : g)

Condition	Deterioration	Korean brushes					
		Goat-hair	Weasel-hair	Cow-hair	Horse-hair	Pig-hair	Dog-hair
Natural drying	Before	8.85	1.67	9.75	9.65	5.85	13.65
	After	8.91	2.40	9.40	10.00	6.63	17.56
Artificial drying	Before	8.77	2.03	9.97	9.94	6.34	14.23
	After	9.04	2.65	10.45	10.60	6.68	17.90

Table 14. Absorbency measurement results of Korean, Chinese, Japanese brushes

(Unit : g)

Condition	Deterioration	Goat-hair brushes			Weasel-hair brushes		
		Korean	Chinese	Japanese	Korean	Chinese	Japanese
Natural drying	Before	8.85	12.50	11.65	1.67	2.33	1.85
	After	8.91	12.31	11.90	2.40	2.87	2.07
Artificial drying	Before	8.77	11.66	11.39	2.03	2.45	1.63
	After	9.04	11.91	12.19	2.65	3.10	2.90

Table 15. Elasticity measurement results of Korean brushes

(Unit : %)

Condition	Deterioration	Korean brushes					
		Goat-hair	Weasel-hair	Cow-hair	Horse-hair	Pig-hair	Dog-hair
Natural drying	Before	85	95	74	72	95	54
	After	88	96	87	77	97	63
Artificial drying	Before	83	98	77	71	94	59
	After	82	96	82	69	97	61

Table 16. Elasticity measurement results of Korean, Chinese, Japanese brushes

(Unit : %)

Condition	Deterioration	Goat-hair brushes			Weasel-hair brushes		
		Korean	Chinese	Japanese	Korean	Chinese	Japanese
Natural drying	Before	85	67	59	95	81	94
	After	88	57	67	96	83	94
Artificial drying	Before	83	66	57	98	76	93
	After	82	73	65	96	81	93

Table 17. Consistency measurement results of Korean brushes

(Unit : number)

Condition	Deterioration	Korean brushes					
		Goat-hair	Weasel-hair	Cow-hair	Horse-hair	Pig-hair	Dog-hair
Natural drying	Before	7	2	7	9	2	9
	After	6	2	5	7	2	10
Artificial drying	Before	7	3	7	10	2	10
	After	5	2	6	5	2	10

Table 18. Consistency measurement results of Korean, Chinese, Japanese brushes

(Unit : number)

Condition	Deterioration	Goat-hair brushes			Weasel-hair brushes		
		Korean	Chinese	Japanese	Korean	Chinese	Japanese
Natural drying	Before	7	7	7	2	3	1
	After	6	5	4	2	3	1
Artificial drying	Before	7	7	7	3	2	1
	After	5	4	4	2	2	0

Table 19. Rating standards of quantitative evaluation

Rating	Absorbency	Elasticity	Consistency
1	12.00 ~	90 ~ 100	9 ~ 10
2	10.00 ~ 11.99	80 ~ 89	7 ~ 8
3	8.00 ~ 9.99	70 ~ 79	5 ~ 6
4	6.00 ~ 7.99	60 ~ 69	3 ~ 4
5	0 ~ 5.99	0 ~ 59	0 ~ 2

Table 20. Quantitative evaluation rating of Korean brushes

Condition	Deterioration	Korean brushes						
		Goat-hair	Weasel-hair	Cow-hair	Horse-hair	Pig-hair	Dog-hair	
Natural drying	A*	Before	3	5	3	3	5	1
		After	3	5	3	4	4	1
	E**	Before	2	1	3	3	1	5
		After	2	1	2	3	1	4
	C***	Before	2	5	2	1	5	1
		After	3	5	3	2	5	1
Artificial drying	A*	Before	3	5	3	3	4	1
		After	3	5	2	2	4	1
	E**	Before	2	1	3	3	1	5
		After	2	1	2	4	1	4
	C***	Before	2	4	2	1	5	1
		After	3	5	3	3	5	1

*A: Absorbency, **E: Elasticity, ***C: Consistency

의 특성과 열화 양상을 비교하였으며 붓 성능 평가를 위한 정량적 평가를 실시하였다. 동물종별 원모의 굵기와 인장강도 측정 결과, 굵기가 굵은 섬유는 대체로 인장강도도 높게 나타나 굵기와 인장강도는 비례하는 것으로 확인되었다. 또한 원모와 붓으로 제작된 섬유의 인장강도 비교 결과, 원모에 비해 붓으로 제작된 섬유는 인장강도가 낮게 측정되었다. 일반적으로 붓은 먹물을 잘 머금을 수 있도록 제

작 시 털의 기름기를 제거한다. 이를 위해 왕겨를 태운 재를 뿌린 후 적정 온도를 가하여 기름기를 제거하는 과정을 수차례 거치는데(Park, 2016), 이 과정에서 섬유가 열에 의해 손상되어 인장강도가 감소한 것으로 판단된다.

염소는 부위별로 섬유의 특징이 다르고 붓 제작 시 소비자가 원하는 붓을 만들기 위해 각각 다른 부위의 섬유를 섞어 사용하며 그 중 염소 겨드랑이 부분의 섬유는 가장 좋은

Table 21. Quantitative evaluation rating of Korean, Chinese, Japanese brushes

Condition	Deterioration		Goat-hair brushes			Weasel-hair brushes		
			Korean	Chinese	Japanese	Korean	Chinese	Japanese
Natural drying	A*	Before	3	1	2	5	5	5
		After	3	1	2	5	5	5
	E**	Before	2	4	5	1	2	1
		After	2	5	4	1	2	1
	C***	Before	2	2	2	5	4	5
		After	3	3	4	5	4	5
Artificial drying	A*	Before	3	2	2	5	5	5
		After	3	2	1	5	5	5
	E**	Before	2	4	5	1	3	1
		After	2	3	4	1	2	1
	C***	Before	2	2	2	4	5	5
		After	3	4	4	5	5	5

*A: Absorbency, **E: Elasticity, ***C: Consistency

Figure 8. Quantitative evaluation rating of Korean brushes.

Figure 9. Quantitative evaluation rating of Korean, Chinese, Japanese brushes.

품질의 붓을 만들 수 있는 재료이다(Cho, 2013). 염소 부위별 섬유의 특성 비교 결과, 등과 옆구리의 섬유는 다른 부위에 비해 굵기는 굵었으나 인장강도가 낮게 나타났으며 특히 등의 경우에는 다른 부위보다 섬유 표면의 손상이 심하게 나타났다. 이는 자외선이 모발에 물리·화학적인 손상을

준다는 연구 결과(Chang *et al.*, 2006)와 같이, 사족보행을 하는 염소 생활 특성 상 등과 옆구리 쪽으로 집중되는 햇빛과 비바람 등의 영향으로 다른 부위의 섬유보다 물리·화학적 열화가 더 많이 진행된 것으로 판단된다. 이로 인해 필자들은 전체적으로 가장 손상이 적은 겨드랑이 부위의 털을 가장 좋은 것으로 여겨 붓 제작에 많이 사용하고 있는 것으로 사료되며, 동물 종뿐만 아니라 어떤 부위의 섬유를 사용하는지에 따라서도 붓 성능에 영향을 줄 것으로 판단된다.

시스테인은 단백질을 구성하는 아미노산의 한 종류로, 시스테인 사이에는 시스틴 결합이 형성되어 있으며 이 결합이 파괴되면 섬유가 약해져 탄력이 없어진다(Ryu, 2003). 아미노산 조성 분석 결과에서 시스테인의 경우 한국 황모(10.51 mg/13.93%), 한국 양모(8.41 mg/10.30%), 중국 양모(4.16 mg/5.58%) 순으로 측정되었다. 또한 정량적 평가에서 붓의 탄력을 측정된 결과 한국 황모(95%), 한국 양모(85%), 중국 양모(67%) 순으로 시스테인의 함량 순과 동일하게 나타났는데, 이를 통해 시스테인의 함량이 많을수록 붓의 탄력도 좋은 것을 확인할 수 있었다. 이는 같은 종의 동물이라도 국가별로 섬유의 구성 성분의 큰 차이를 보이므로 붓 재료를 선택할 때 어떤 성분을 가진 섬유를 선택하는지가 중요할 것으로 사료된다. 그러나 본 연구에서는 제한된 시료 분석만 이루어졌기 때문에, 향후 다른 섬유들에 대한 추가적인 분석이 필요할 것으로 생각된다.

붓의 실제 사용에 따른 열화 실험 결과, 인공건조한 붓

은 자연건조한 붓과 비교하였을 때, 황색도 지수가 더 높게 나타났으며 인장강도는 더 낮게 측정되었다. 이는 동물성 섬유의 일종인 견섬유를 자외선 조사를 통해 열화 시켰을 때, 장파장 자외선(UV-A)으로 조사한 열화견은 섬유 표면에서 부분적인 박락이 진행되고, 강신도의 저하가 일어나며 황변지수가 증가한다는 연구(Oh *et al.*, 2011)와도 유사한 결과를 보였다. 또한 인공건조한 붓의 섬유는 1,800~1,000 cm^{-1} 범위의 흡광영역에서 흡광도가 더 적게 나타났는데, 이는 자외선을 조사한 FRP가 열화 후 C=O stretching (1721 cm^{-1})에서 흡광도가 감소하였다는 연구(Han, 2016)와도 유사하게 결과가 나타났다. 이를 통해 섬유는 온도와 자외선에 의해 물리·화학적 영향을 많이 받으며 붓 제작 시 섬유의 종류나 상태, 사용 후 건조 조건에 따라 붓 성능과 수명에 직접적인 영향을 미칠 수 있음을 확인하였다.

붓 성능 평가 결과로 보아, 흡수력이 좋은 붓은 대체로 지속력도 좋으나 탄력은 좋지 않은 것을 확인할 수 있었다. 또한 열화 후에는 전반적으로 흡수력이 증가하고 탄력이 증가하며 지속력은 감소하는 경향을 보였으며, 그 정도는 인공건조의 경우가 더 심하게 나타났다. 열화 후 흡수력이 증가한 것은 자외선을 조사한 열화견이 미조사한 견에 비해 수분률이 많이 증가하였다는 연구(Oh *et al.*, 2011)와도 유사한 결과를 보였다. 또한 열화 후 섬유가 뻣뻣해진 것을 확인할 수 있었는데, 이로 인해 탄력이 증가하고, 붓이 쉽게 갈라져 지속력이 감소한 것으로 판단된다.

본 연구를 통해 필자들이 그동안 경험과 감각으로만 제작해 왔던 붓의 재료과학적 특성에 대해 규명할 수 있었으며, 섬유 동정을 위한 자료를 구축하였다. 향후 필장과 전문가와의 협업을 통해 정량적 평가방법의 기술적 보완 및 추가적인 항목의 평가와 정성적 평가를 종합한 붓의 종합 성능 평가 연구가 필요할 것으로 사료된다. 본 연구 결과를 바탕으로 더 좋은 성능의 붓 제작에 도움이 될 것으로 보이며, 현재 문화재 보존처리를 할 때 시중에서 판매중인 붓을 개조하거나 수입해서 사용하고 있는 상황에서 향후 보존처리용 붓 제작을 위한 기초자료로 활용 가능할 것으로 기대된다.

REFERENCES

- Bantignies, J.L., Carr, G.L., Lutz, D., Marull, S., Williams, G.P. and Fuchs, G., 2000, Chemical imaging of hair by infrared microspectroscopy using synchrotron radiation. *Journal of Cosmetic Science*, 51(2), 73-90.
- Chang, B.S., Na, S.K. and Lee, G.Y., 2006, Study on the physicochemical change of human hair shaft following radiation with ultraviolet. *Applied Microscopy*, 36(2), 109-118. (in Korean with English abstract)
- Cho, S.S., 2013, The transmission and changes of traditional crafts through brush craftsmanship : Focused on the production of traditional brushes in Jeonbuk Province, South Korea. *The Study of Practice Folkloristics*, 21, 271-296. (in Korean with English abstract)
- Han, Y.B., 2016, UV degradation characteristics and applicability of coating agent for conservation of FRP artifacts. Master's thesis, Korea National University of Cultural Heritage, Buyeo. (in Korean with English abstract)
- Korea Cultural Heritage Foundation, 2001, Traditional craft skills in Korea. Korea Cultural Heritage Foundation, Seoul, 305-310. (in Korean)
- Lee, M.H., 2013, SEM imaging and FT-IR spectroscopic evaluation of the damaged hair. Doctor's thesis, Hanseo University, Seosan. (in Korean with English abstract)
- National Folk Museum of Korea, 2005, Identification of natural fiber & fur, Atlas. National Folk Museum of Korea, Seoul. (in Korean)
- Oh, J.S., Chun, J.Y. and Lim, I.K., 2011, Estimation of application of artificially deteriorated silk by ultraviolet for conservation of paintings on the silk. *Journal of Conservation Science*, 27(2), 191-199. (in Korean with English abstract)
- Park, C.S., 2016, A study on the manufacturing techniques and aspect of transmission of traditional brush in Korea. Master's thesis, Korea University, Seoul. (in Korean with English abstract)
- Park, M.Y., 2000, A study on the Mopil. *The Journal of Humanities*, 20, 415-444. (in Korean)
- Ryu, E.J., 2003, Trichology dictionary. Gwangmungak, Seoul. (in Korean)
- Yi, K.M., 1992, On the ink-brushes from the tomb No. 1 of Taho-ri burial site. *Gogohakji*, 4, 5-29. (in Korean with English abstract)