

우드세라믹을 첨가한 기능성 한지가 실내습도 조절에 미치는 영향

임현아[†] · 오승원^{*1} · 강진하^{*2}
(2006년 3월 12일 접수: 2006년 5월 10일 채택)

Effect of Functional Hanji Using Wood Ceramics on Indoor Humidity Control

Hyun-A Lim[†], Seung-Won Oh^{*1}, and Jin-Ha Kang^{*2}
(Received on March 12, 2006: Accepted on May 10, 2006)

ABSTRACT

This study was carried out to develop a new application field of traditional Hanji and obtain the basic data for producing functional Hanji using sawdust ceramics and rice-husk ceramics as an architectural material. The results measuring water vapor permeance and water vapor absorption for using window materials and wallpapers are as follows. Hanji wallpaper has good things in controlling indoor space comfortably. Particularly, ability of controlling humidity of Hanji wallpaper affects indoor space comfort and human health.

In the case indoor humidity is higher than outdoor humidity, according to the addition of ceramics, Hanji wallpapers maintain the humidity by retaining water vapor molecules in the pores of ceramics. Thus the Hanji wallpapers with ceramics, in particular rice-husk ceramics, make it superior to non-ceramics Hanji wallpapers in maintaining the humidity indoors.

Keywords : Hanji, window materials, wallpapers, humidity, water vapor absorption, water vapor permeance

• 전북대학교 농업과학기술연구소 (Institute of Agricultural Science & Technology, Chonbuk National University, Jeonju 561-756, Korea)
*1 전북대학교 농업생명과학대학 생물산업연구소 (Research Institute of Bioindustry, College of Agriculture & Life Sciences, Chonbuk National University, Jeonju 561-756, Korea)
*2 전북대학교 농업생명과학대학 산림과학부 (Division of Forest Science, College of Agriculture & Life Sciences, Chonbuk National University, Jeonju 561-756, Korea)
† 주저자 (Corresponding author) : E-mail : lim-hyun-a@hanmail.net

1. 서론

우리 나라의 기후는 여름철에 고온다습하고 겨울철에 저온 저습하여 실내를 쾌적 범위 내로 유지하기 위한 습도 조절에 어려움을 겪고 있다. 일반적으로 현대 건축물의 벽체는 대부분 시멘트벽과 석고벽의 형태이며 여기에 사용되는 마감재는 투기도가 낮아 통풍이 잘 안되는 가공. 초배지나 벽지를 주제품으로 쓰고 있기 때문에 입주 후 유독성 냄새로 인하여 많은 사람들이 고통을 느끼며 원인도 모르는 질병에 시달려왔던 바, 주거공간인 시멘트 벽체가 습을 쉴 수 있도록 통기성이 좋고 투습도가 높은 기능성 제품의 사용이 꼭 필요하다. 또한 건축물 실내 환경의 쾌적도에 영향을 미치는 물리적 요소는 온도, 습도, 기류, 복사온도를 들수 있는데 그 중 습도는 인체의 쾌적도와 위생적 측면에서 그 영향이 매우 크다고 할 수 있다.¹⁾

이에 따라 전통한지에 기능성 천연재료가 첨가된 친환경 한지창호지 및 한지벽지를 제조하여 사용하면, 창호재료로 사용할 경우, 투기도 및 투습도가 뛰어나고, 벽지로 사용할 경우, 흡습도가 뛰어나 실내공기가 맑아지므로, 현재와 같은 새집증후군으로부터 걱정과 피해를 줄일 수 있고, 사용 중에는 인체에 유해한 물질이 발생되지 않아 건강에 유익하며, 칠거 시에도 환경공해를 발생하지 않아 지구의 환경을 보호하는 장점이 있을 것으로 생각된다. 이러한 친환경, 친인간 건축 재료의 관점에서 한지의 사용이 활발하게 될 것으로 사료된다. 최근 한지에 대한 관심이 높아져 각종 매체에서 한지를 특집으로 다루고 있지만, 한지를 건축재료의 마감재로 이용할 수 있는 건축계에서는 그 관심이 아직까지는 부족한 현실이다. 따라서 한지의 우수성 위에 다양한 기능성 재료를 첨가한 벽지의 개발이 필요하다.²⁻⁵⁾

이러한 기능성 천연재료 중 우드세라믹이 최근에 주목받고 있는데, 이는 목재나 목질재료에 열경화성 수지를 주입하여 진공상태의 고온에서 탄화하여 만든 새로운 다공질 탄소재료로서 목재의 성질을 유지하고, 내부식성, 내구성, 전자파 차폐 및 원격외선 방사 등의 성질을 지니고 있어 공업적으로 다양하게 이용할 수 있는 신재료로 평가받고 있

다.⁶⁾

일반적으로 세라믹이라 하면 점토나 광물을 원료로 만든 자기나 도기모양을 말하고 있으나 넓은 의미의 정의에는 이온결합 및 공유결합을 갖는 무기질 재료를 가리키는 것으로 무기질 재료에 속한 탄소재료도 세라믹에 포함된다고 할 수 있다. 전통적인 탄소재료인 목탄과 첨단적인 탄소재료인 그래파이트, 탄소섬유 등의 중간적 성질을 가진 다공질 탄소재료로 개발한 것이 우드세라믹이다.⁷⁾

따라서 본 연구에서는 한지가 건축재료의 마감 인테리어재료로서 다시 활용될 수 있는 기회를 마련하고자, 세라믹의 원료로서 손쉽게 주위에서 구할 수 있는 입산부산물인 톱밥 및 농산부산물인 왕겨를 원료로 선택하여 탄소계 톱밥세라믹 및 왕겨세라믹을 제조하고, 한지 제조시 이들을 첨가하여 기능성이 부여된 고품질의 한지를 제조한 후, 이들의 습도조절 성능을 측정하여 기능성 한지가 건축재료로 활발하게 사용되는 데 자료를 제공하고자 한다.

2. 재료 및 방법

2.1 공시재료

닥나무(*Broussonetia kazinoki* Sie, 한국산) 인 피섬유와 첨가소재로 톱밥세라믹과 왕겨세라믹을 사용하였으며, 세라믹 입자의 크기는 250 mesh 이하로 조절하였다. 이를 내침하는 경우 문제점이 없었다.

2.2 실험방법

2.2.1 세라믹 제조

톱밥과 왕겨를 소재로 톱밥세라믹과 왕겨세라믹을 다음과 같이 각각 제조하였다.

소나무 톱밥은 입자의 크기를 1 mm 이하로 선별하고 함수율을 6% 이하로 조절한 다음, 분말페놀수지(코오롱 유화(주), KNB-100PL)와 톱밥을 충분히 혼합하여 열압기를 이용하여 보드를 제조하였다. 제조된 톱밥보드를 액상 페놀수지(코오롱 유화(주), KPD-L777)에 함침 하여 수지함침율 50%로

조절한 다음, 시료를 건조기에 넣고 건조 및 경화시켰다. 건조한 다음 진공 소결로를 이용하여 탄화온도 600°C, 승온속도 4°C/min, 최고온도 유지시간 2시간의 조건으로 탄화하여 우드세라믹을 제조하였다.

왕겨는 분쇄기로 분쇄하여, 입자의 크기를 18 mesh로 선별하고 함수율을 5% 이하로 조절한 다음, 우드세라믹 제조방법과 동일하게 제조하였으며, 탄화온도는 1,000°C로 조절하였다.⁸⁾

2.2.2 지료 조성

칼날이 달린 비터(knife beater)를 사용하여 30분 정도 닥섬유를 해리하였으며, 닥섬유의 수분함량을 측정하고, 건조중량비에 따라 기능성 첨가소재인 우드세라믹 또는 왕겨세라믹의 첨가량 5, 10, 20, 30%로 변화시켜 첨가하였다.

2.2.3 한지 제조

한지를 뜰 때 수분산을 용이하게 하고 섬유간의 점착성을 향상시키기 위하여 미리 조제한 PEO(polyethylene oxide) 수용액을 격렬하게 교반하여 첨가하였다. 앞물질과 옆물질을 반복하여 제조된 한지의 두께와 평량이 일정하도록 ($35 \pm 1 \text{ g/m}^2$) 초지하여 탈수하고 수증기로 가열된 철판에서 건조시켰다. 지통과 발 및 건조기는 실험목적에 부합되도록 제작하여 사용하였다.

2.2.4 투습컵 제조

투습컵은 KS F 2607을 참조하여 Fig. 1과 같이 제작하였다. 컵 입구의 면적은 0.0050 m^2 이며, 컵 내부의 수증기압을 조절하기 위하여 넣는 물이나

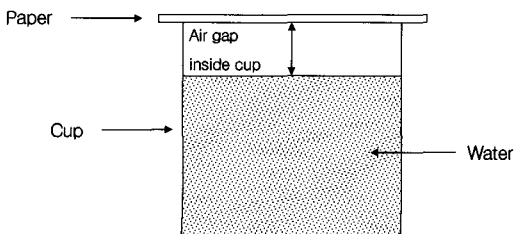


Fig. 1. Schematic diagram of water vapor permeability measurement cup indicating.

흡습제의 표면적은 컵 입구의 면적보다 적어서는 안된다.

2.2.5 투습도 측정

세라믹을 첨가하여 제조된 한지의 투습도 측정 실험은 한지가 창호재료로 사용되었을 때, 실내습도 조절을 위해 실내에서 실외로 또는 실외에서 실내로 투과되는 수증기량을 측정하는 실험이다. 실내습도가 실외습도보다 높을 때 창이 밀폐되어 있으면, 실내의 수증기는 한지를 투과하여 실외로 빠져나가게 된다. 이때, 한지를 통해 빠져나가는 수증기량을 한지의 투습량이라 정의한다. 향온향습기 안은 실외의 온습도 변화에 영향을 받지 않도록 25°C로 유지되고, 84.3%RH 상태의 투습컵과 32.8%RH 상태의 향온향습기 사이에는 수증기분압차에 의해 수증기가 이동하게 되는데 습도가 높은 투습컵 내의 수분이 증발하여 한지를 투과하여 향온향습기로 나가게 된다. 세라믹을 첨가하여 제조된 한지의 투습량은 향온향습기와 투습컵이 안정 상태에 도달한 실험개시 2시간 이후부터 1시간 간격으로 24시간 동안 투습컵의 무게를 전자저울로 측정하였다. 투습컵 내에는 증류수를 사용하였고, 투습컵 입구 면적은 0.0050 m^2 이었으며, 투습컵의 증류수는 한지로부터 $2 \pm 0.5 \text{ cm}$ 높이까지 채워 측정하였다.

G 는 투습량이 일정해지는 실험개시 2시간 이후 0.0050 m^2 의 시험체를 투과한 시간평균 투습량이다. 이를 단위면적당 투습량으로 환산한 것이 G' 이다.

2.2.6 흡습도 측정

세라믹을 첨가하여 제조된 한지의 흡습량 측정 실험은 한지가 건축물의 벽지로 사용되었을 때 실내습도 조절을 위해 흡수하는 수증기량을 측정하는 실험이다. 흡습도 측정을 위해 향온향습기 안은 25°C, 84%RH로 유지되고, 90°C 건조기에서 5시간 건조된 한지는 수증기를 흡습한다. 세라믹을 첨가하여 제조된 한지의 흡습량은 시험체가 수증기를 흡습하면서 생기는 무게변화량을 1분 간격으로 1시간 동안 측정하였다. 평형흡습비는 흡습범위 내에 포함되는 84.3%RH 상태에서의 중량대비로 산

정하였다.

2.2.7 주사전자현미경(SEM) 관찰

각 시편의 표면 구조를 파악하기 위하여 일정한 크기로 절단한 후 ion sputter(Model: JFC-1200, Jeol사)를 사용하여 Au/Pd 코팅 처리하였다. 처리된 시편은 SEM JSM-5200(Jeol사)을 이용하여 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 세라믹이 첨가된 한지의 투습도

실내습도가 실외습도보다 높은 경우를 가정하여, 투습컵을 사용하여 톱밥세라믹 및 왕겨세라믹이 첨가된 한지의 투습량을 측정한 결과를 Table 1에 나타내었다.

투습량 측정치를 이용하여 한지의 투습저항 Z_p 와 투습계수 W_p 를 식(1)과 식(2)로 산정하였다.

$$Z_p = \frac{(P_1 - P_2) \times A}{G} \quad (1)$$

$$W_p = \frac{l}{Z_p} \quad (2)$$

25°C에서 $P_1 = 23.756$ mmHg이므로, $P_2 = 11.878$ mmHg, $\Delta P = 11.878$ mmHg이다. 투습면적 A 는 시험체 면적 0.0050 m²이고 투습량 G 는 시험체 면적 0.0050 m²을 통과한 값이다.

투습량 G 는 세라믹 무첨가지가 0.190 g/h, 톱밥세라믹 5% 첨가지가 0.189 g/h, 10% 첨가지가 0.188 g/h, 20% 첨가지가 0.186 g/h, 30% 첨가지가 0.184 g/h로, 톱밥세라믹의 첨가량이 증가함에 따라 투습량이 다소 감소하였는데, 이는 투기도와 같은 경향으로 나타났다. 왕겨세라믹을 첨가한 경우에도 비슷한 경향으로 나타났으나 감소 폭이 톱밥세라믹에 비해 다소 높았다. 이는 세라믹이 한지의 내부에 침투되어 있음을 알 수 있으며, 세라믹의 첨가량이 증가함에 따라 한지벽지 원지 내부의 물질 전달저항이 증가하게 되어 한지 하부의 수증기압이 증가하기 때문이다. 한편 세라믹이 첨가되지 않은 한지에 비해 톱밥세라믹과 왕겨세라믹 모두 5% 첨가지는 같은 수준의 투습능력을 나타냈으며, 톱밥드세라믹 10% 첨가지는 99% 수준, 20% 첨가지는 98% 수준, 30% 첨가지는 97% 수준의 투습능력을, 왕겨세라믹 10%, 20% 첨가지는 96% 수준, 30% 첨가지는 95% 수준의 투습능력을 보이고 톱밥세라믹 첨가시보다 다소 낮은 경향이였다.

이러한 세라믹을 첨가하여 제조한 한지의 특성은 실외가 과습할 때 실내의 상대습도를 일정 범위 내에 머무르게 하는 장점이 될 수 있지만, 실내외 상태가 반대가 되는 경우에는 실내습도가 높음에도 불구하고 투습을 못할 단점이 될 수도 있다. 그러나 큰 차이는 없으므로, 수증기가 창호지창을 통해 실외로 유출됨으로써 85%RH 상태인 실내 습도를 쾌적 범위의 상한치인 70%RH로 만드는데 비슷한 시간이 소요될 것으로 판단된다. 이들의 투습계수를 타 재료와 비교해 볼 때, 100 mm 콘크리트는

Table 1. Water vapor permeance rate

Addition amount of ceramics (%)		G (g/h)	G' (g/m ² ·h)	Z_p (m ² ·h·mmHg/g)	W_p (g/m ² ·h·mmHg)
None		0.190	38.0	0.313	3.195
Sawdust-ceramics	5	0.189	37.8	0.314	3.185
	10	0.188	37.6	0.316	3.165
	20	0.186	37.2	0.319	3.135
	30	0.184	36.8	0.323	3.096
Rice husk-ceramics	5	0.190	38.0	0.313	3.195
	10	0.183	36.6	0.325	3.077
	20	0.182	36.4	0.326	3.067
	30	0.180	36.0	0.330	3.030

0.0143 g/m²·hmmHg, 6 mm 합판은 0.2104 g/m²·h·mmHg, 3 mm 베니어 합판은 1.27 g/m²·h·mmHg, 0.06 mm 황산지는 2.09 g/m²·h·mmHg, 0.1 mm 크라프트지는 2.27 g/m²·h·mmHg, 0.13 mm (30 g/m²) 한지는 3.175 g/m²·h·mmHg로¹⁾ 한지의 투습 능력이 뛰어난 것을 알 수 있으며, 세라믹 첨가시에도 뛰어난 투습 능력을 유지하였다.

3.2 세라믹이 첨가된 한지의 흡습도

실내습도가 실외습도보다 높을 때 창이 밀폐되어 있으면, 한지가 창호재료로 사용되었을 경우, 한지를 투과하여 수증기가 유출되기도 하지만, 그 이전 한지벽지로 사용될 경우, 자체에 흡습되기도 한다. 따라서 톱밥세라믹 및 왕겨세라믹을 첨가하여 제조된 한지의 흡습량을 측정한 결과는 Fig. 2, Table 2와 같다.

Fig. 2에서 본 시험체의 흡습은 실험개시 5분 안에 증량평형상태에 도달하는 것을 알 수 있다. 실험개시 전 건조상태의 한지 중량 M_1 을 측정하고 수분을 흡수한 후 증량평형 상태에 도달한 한지의 중량을 측정하여 그 중량차로 한지의 흡습량 M_2 를 산정하였다.

Table 2의 u_m 은 식(3)을 이용하여 산정하였다.

$$u_m = \frac{M_2}{M_1} \times 100 \quad (3)$$

측정결과에서 세라믹을 첨가하지 않은 한지의

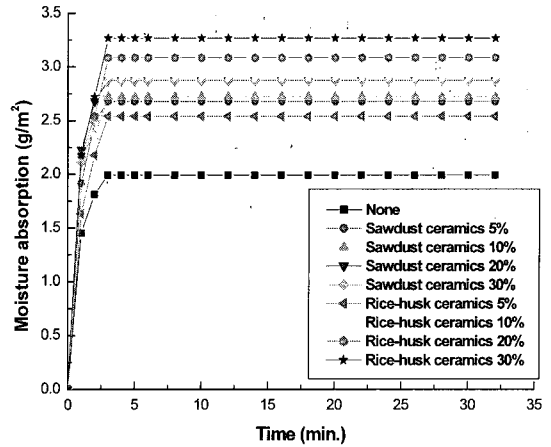


Fig. 2. Water vapor absorption.

흡습량은 1.99 g/m²이고, 톱밥세라믹을 5, 10, 20, 30% 첨가한 한지의 흡습량은 각각 2.68, 2.72, 2.87, 2.87 g/m²으로 나타났다. 이에 비해 왕겨세라믹을 첨가한 한지의 흡습량은 각각 2.54, 2.90, 3.09, 3.27 g/m²으로 톱밥세라믹 첨가시보다 다소 높게 나타났다.

세라믹을 첨가한 한지의 평형 흡습비는 원지에 비해 상승하였으며, 첨가량 증가에 따른 효과 또한 약간씩 상승하였으나, 톱밥세라믹의 경우 20%와 30% 첨가시에는 같은 양을 흡습하는 것으로 나타났다. 따라서 톱밥세라믹을 20% 첨가한 한지는 무첨가지에 비해 약 흡습량이 1.4배 높은 결과를 보이

Table 2. Water vapor absorption

Addition amount of woodceramics (%)		M_1 (g/m ²)	M_2 (g/m ²)	u_m (%)
0		35.89	1.99	5.5
Sawdust ceramics	5	34.50	2.68	7.8
	10	34.45	2.72	7.9
	20	35.05	2.87	8.2
	30	34.68	2.87	8.3
Rice husk-ceramics	5	36.47	2.54	7.0
	10	35.39	2.90	8.2
	20	34.48	3.09	9.0
	30	34.66	3.27	9.4

고 있다. 왕겨세라믹의 첨가시에는 흡습량이 첨가량 증가에 따라 계속 증가하는 경향이었으며, 30% 첨가시에는 약 흡습량이 1.6배 높은 결과를 나타냈다. 이와 같은 결과는 왕겨활성탄이 흡착능이 뛰어나며, 다른 활성탄에 비해 탁월하고, 왕겨에 톱밥의 첨가 효과는 지극히 적은 것으로 나타난 활성탄 연구결과와 비슷한 경향을 나타냈으며,⁹⁾ 이외에 왕겨활성탄이 페놀 및 암모니아성 질소 제거능력이 있다는 보고도 있었던 바,¹⁰⁾ 왕겨세라믹을 첨가한 한지를 벽지로 사용하였을 경우, 벽체에 유독성 물질을 흡착시키는 능력 또한 뛰어날 것으로 사료된다.

또한 평형흡습비는 Table 2에서 보는 바와 같이, 25°C, 85%RH 상태일 때, 실내 상대습도를 세라믹 무첨가지는 5.5%, 톱밥세라믹을 5% 첨가한 한지는 7.8%, 10% 첨가지는 7.9%, 20% 첨가지는 8.2%, 그리고 30% 첨가지는 8.3%를 감습할 수 있는 능력이 있는 것으로 나타났다. 또한 왕겨세라믹을 5% 첨가한 한지는 7.0%, 10% 첨가지는 8.2%, 20% 첨가지는 9.0%, 그리고 30% 첨가지는 9.4%를 감습할 수 있는 능력이 있는 것으로 나타나 톱밥세라믹에 비해 흡습능력이 다소 높은 것으로 판단된다. 이를 타 마감재료의 흡습비와 비교해 볼 때, 석회플라스터는 1.25%, 폴리에스터 섬유보드는 0.07%, 외면에 크라프트지를 부착한 50 mm glass wool 보드는 0.5%, 0.13 mm (30 g/m²) 한지는 5.2%로서¹¹⁾ 세라믹을 첨가하여 제조한 한지의 흡습 능력이 우수한 것을 알 수 있다.

따라서 탄소소재인 세라믹 첨가량이 증가하면 투습도는 무첨가지와 비슷하게 유지하면서 흡습량은 높아지는 경향을 나타내었다. 또한 왕겨세라믹 첨가지가 톱밥세라믹 첨가지보다 강도적 성질은 낮았으나 흡습도는 높은 것으로 나타났다.

3.3 한지의 주사전자현미경(SEM) 관찰

세라믹을 첨가하여 제조된 한지를 Fig. 3에서 보면, 톱밥세라믹 및 왕겨세라믹의 첨가량에 따라 이들의 영향으로 거친 표면이 관찰되었다. 그러나 그 분포상태가 고르지 않아 섬유에 어떤 상태로 되어 있는지 자세히 확인하기 위하여 한지의 표면을 SEM으로 관찰하였다. 톱밥세라믹 및 왕겨세라믹의 첨가량이 증가함에 따라 세라믹 입자가 섬유 내

부와 표면에 분포되어 있는 것을 볼 수 있는데, 톱밥세라믹의 경우는 표면의 분포가 많고, 왕겨세라믹의 경우는 내부로 많이 침투되어 있는 것을 알 수 있다. 이러한 경향은 투기도 및 밀도에 영향을 미치는 것으로 사료된다.

국제표준화기구의 ISO 7730, Moderate Thermal Environment(1984)는 통상 여름철 실내 환경은 26°C, 50%, 겨울철 실내환경은 22°C, 40%로 유지하도록 하고 있다. 우리나라의 경우 공중위생법의 공중이용시설의 위생관리기준과 건축법의 건축물의 설비기준 등에 관한 규칙에서 실내의 상대습도가 40 - 70%가 되도록 규정하고 있다.¹¹⁾ 실내습도는 냄새에 직접적인 영향을 미치며, 실내가 건조하면 안락한 환경을 만들 수 없다. 또한 습도가 심하게 요동하면 기구나 물건, 사람에게도 악영향을 준다. 따라서 탄소계 톱밥세라믹 및 왕겨세라믹을 첨가하여 제조한 기능성 한지를 창호재료 및 벽지로 사용한다면 한지의 습도 조절능력으로 쾌적한 실내를 유지할 것으로 사료된다.

4. 결론

본 연구는 한국적 이미지를 살린 전통한지의 새로운 용도 개발을 위하여 기능성 한지를 제조한 후, 실내의 습도차가 발생하는 두 가지 경우에서 한지의 투습량, 흡습량 변화를 실험하고, 이를 건축물의 창호재료와 벽지로 사용했을 때를 가정하여 세라믹이 첨가된 기능성 한지의 습도조절능성을 분석하였다.

실내가 실외보다 높은 경우, 톱밥세라믹 및 왕겨세라믹을 첨가하여 제조된 한지의 투습성을 실험하여 투습계수를 산정한 결과, 세라믹 무첨가지가 0.190 g/h이었으며, 톱밥세라믹 5% 첨가지가 0.189 g/h, 10% 첨가지가 0.188 g/h, 20% 첨가지가 0.186 g/h, 30% 첨가지가 0.184 g/h로 각각 나타났으며, 왕겨세라믹의 경우, 첨가량 증가에 따라 0.190 g/h, 0.183 g/h, 0.182 g/h, 0.180 g/h로 나타나 톱밥세라믹에 비해 다소 낮은 편이었다. 또한 한지의 흡습성을 실험한 후, 중량대비 평형흡습비를 산정한 결과, 세라믹 무첨가지는 5.5%, 톱밥세라믹의 첨가량이 증가함에 따라 7.8%, 7.9%, 8.2%, 8.3%로 나타났

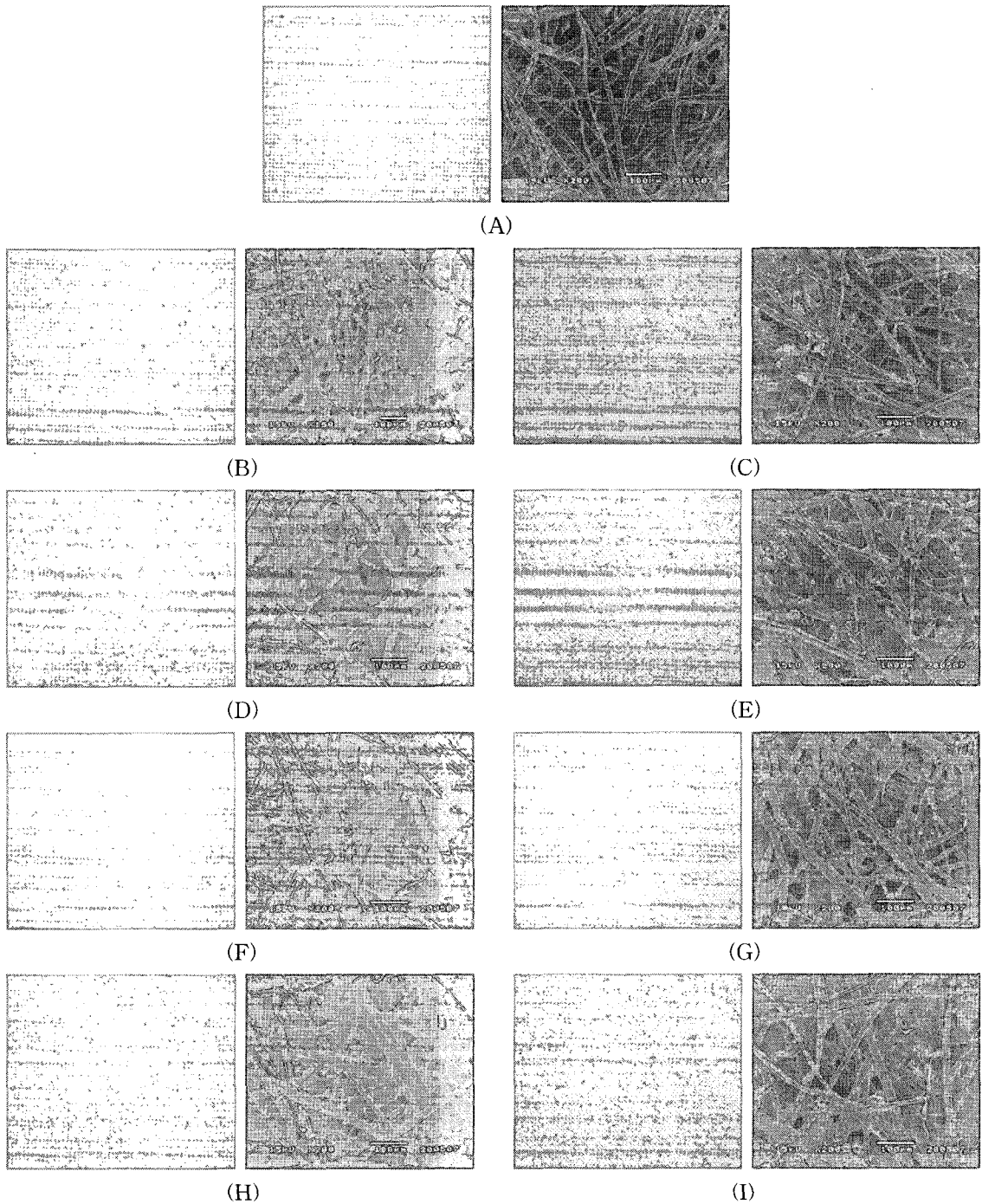


Fig. 3. The photo and SEM photograph of Hanji wallpapers.

- (A) : Base Hanji, (B) : Sawdustceramics 5%, (C) : Sawdustceramics 10%, (D) : Sawdustceramics 20%,
 (E) : Sawdustceramics 30%, (F) : Rice-Husk ceramics 5%, (G) : Rice-Husk ceramics 10%,
 (H) : Rice-Husk ceramics 20%, (I) : Rice-Husk ceramics 30%

으며, 왕겨세라믹의 경우 7.0%, 8.2%, 9.0%, 9.4%로 나타났다.

따라서 톱밥세라믹 및 왕겨세라믹 첨가에 따라 뛰어난 한지의 투습도를 그대로 유지하였으며, 이들 세라믹이 보유하고 있는 공극으로 흡습도를 촉진시켰다. 한편 왕겨세라믹을 첨가한 한지는 왕겨세라믹을 첨가하지 않은 한지에 비해 습도조절 면에서 우수성을 확인할 수 있었다.

사 사

본 실험에 사용한 닥펠프를 제공해 주신 성일한지에 깊이 감사의 말씀을 올립니다.

인용문헌

- 이종원, 임정명, 한지가 실내습도조절에 미치는 영향에 관한 실험적 연구, 설비공학논문집, 16(6):599-607 (2004).
- 조현진, 한지의 새로운 용도 개발에 대하여, 한지문화연구, 5:44-60 (2005).
- 조현진, 기능성 한지벽지 개발, 월간 입업정보, 136(8):52-56 (2002).
- 송한규, 이명구, 유재국, 권오윤, 현경수, 벽지용 난연지 제조, 한국펠프 · 종이공학회 추계학술발표논문집, 422-428 (2003).
- 조현진, 김윤근, 박성배, 전자파차폐용 한지벽지 개발, 한국펠프 · 종이공학회 추계학술발표논문집, 409-414 (2003).
- 오승원, 간벌재를 이용한 기능성 Woodceramics 발열판 제조기술개발, 연구보고서 (2004).
- 岡部敏弘, 우드세라믹스, 内田老鶴圃 (1996).
- 임현아, 오승원, 강진하, 톱밥과 왕겨로 제조된 세라믹을 첨가한 한지벽지의 물성, 한국가구학회지, 17(1):23-32 (2006).
- 김태영, 백일현, 윤영균, 정노희, 남기대, 왕겨 및 톱밥을 이용한 활성탄 제조 및 계면활성제 흡착성능, 한국유화학학회지, 15(1):79-90 (1998).
- 김광수, 최희철, 배영진, 안재환, 조형래, 왕겨활성탄의 흡착특성, 한국수질보전학회지, 13(3): 293-298 (1997).
- 한상봉, 가슴과 공기의 정화 - 가슴 안내서-, 월간 「설비」, 1-21 (2003).