

## 가정용 직물들의 건조 특성에 대한 기초 실험 연구

박수진<sup>1)</sup> · 김정수<sup>2)</sup> · 차효영<sup>2)</sup> · 노경민<sup>2)</sup> · 김정배<sup>3)\*</sup>

한국교통대학교 사회기반공학과 학부생<sup>1)</sup> · 한국교통대학교 자동차공학과 학부생<sup>2)</sup> · 한국교통대학교 자동차공학과<sup>3)</sup>

### Basic Experimental Study on Drying Characteristics of Household Textiles

Soo-Jin Park<sup>1)</sup> · Jeong-Su Kim<sup>2)</sup> · Hyo-Young Cha<sup>2)</sup> · Kyoung-Min Noh<sup>2)</sup> · Jeongbae Kim<sup>3)\*</sup>

<sup>1)</sup>Department of Civil Engineering, Korea National University of Transportation,  
50 Daehak-ro, Geomdan-ri, Daesowon-myeon, Chungju-si 27469, Korea

<sup>2)</sup>Department of Automotive Engineering, Korea National University of Transportation,  
50 Daehak-ro, Geomdan-ri, Daesowon-myeon, Chungju-si 27469, Korea

<sup>3)</sup>Department of Automotive Engineering, Korea National University of Transportation,  
50 Daehak-ro, Geomdan-ri, Daesowon-myeon, Chungju-si 27469, Korea

(Received 2023.9.25. / Accepted 2023.11.15.)

**Abstract** : Fast drying after squeezing has known as important for fabrics such as household towels and dishcloths due to the nature of their use. In this study, drying experiments with time were conducted on various fabrics made of materials widely used in homes using a simple experimental device. Similar to the results of previous experimental studies, it was found that in the case of fabrics of the same material with different weight (or thickness), the drying rate over time was similar. In the case of dimensionless weight and time, which are non-dimensionalized by initial weight and complete drying time, the drying characteristics of the fabrics tested in this study were found to have similar drying rates for each mode at both high and low speeds.

**Key words** : drying(건조), heater(가열 히터), forced convection(강제대류), polyester(폴리에스터), cotton(순면), rayon(레이온)

#### Nomenclature

w : weight, g

w<sup>+</sup> : dimensionless weight [-]

t : heating time, min

t<sup>+</sup> : dimensionless time [-]

#### Subscripts

o : initial time

d : fully dried time

#### 1. 서론

한국의 일반 가정에서는 행주, 걸레, 수건 등의 직물 계열의 제품들을 다양한 목적으로 많이 사용하고 있다.

특히, 이런 종류의 제품들은 사용 후 손으로 물기를 어느 정도 제거한 이후에 자연 건조로 건조하게 되는데, 이럴 경우 특히 하절기에는 바이러스 증식 등의 원인으로 건조 이후에도 오염이 발생되기도 한다.

다양한 직물들 중에서 특히 수건과 같은 작은 직물의 단독 건조를 위한 다양한 방식의 건조 연구들<sup>1-5)</sup>이 진행되었으며, 행주나 걸레 등의 건조를 위한 특성 실험<sup>6)</sup>도 수행되었다. 특히, Kim et al<sup>7)</sup>에 의하면, 다양한

\*Corresponding author, E-mail: jeongbae\_kim@ut.ac.kr

두께의 먼지물의 건조 실험을 다양한 건조 온도에 따라서 수행하였고, 이를 통해 먼지물의 두께는 건조 시간과 무관함을 그리고 건조 온도는 건조 시간과 일정한 관계를 가짐을 제시하였다.

그럼에도, 기존의 연구들은 주로 특수한 목적을 가진 개별 먼지물의 흡수와 건조 특성 분석에 중점을 두고 있거나, 혹은 다양한 먼지물의 건조 온도에 따른 건조 데이터는 매우 부족한 실정이다.

본 연구에는 가정에서 일반적으로 행주나 수건으로 사용하고 있는 폴리에스터가 주성분인 부직포 2종류(샘플 #1, #2, 이하 폴리에스터 부직포), 순면 수건 1종류(샘플 #3, 이하 수건) 및 비스코스레이온(샘플 #4, 이하 레이온 부직포)이 주성분인 부직포 1종류에 대하여 단순한 형태의 가열 시스템을 설계 제작한 실험 장치를 활용하여, 풍속과 온도 변화에 대한 각 먼지물의 시간별 건조 특성 데이터를 제공하고자 하였다. 이와 함께, 3가지 먼지물의 시간에 따른 건조 특성을 무차원 분석으로 먼지물의 건조 특성이 상호 상관성이 어느 정도인지를 정량적으로 분석하고자 하였다.

## 2. 실험 장치 및 방법

먼지물의 가열 실험을 위하여 Fig. 1과 같은 장치를 설계 제작하였다. 그림에서와 같이 40×40×40 cm 크기의 정육면체 구조물을 제작하였다. 내부에 중앙부에 먼지물(①)을 거치하기 위한 구조물(②)를, 먼지물의 강제 대류 가열을 위하여 1000W 헤어드라이어(③) 두 개를 양쪽에, 그리고 가열 공간과 헤어드라이어 본체 위치 공간을 분리하기 위한 벽(④)을 그림과 같이 설치하였다.

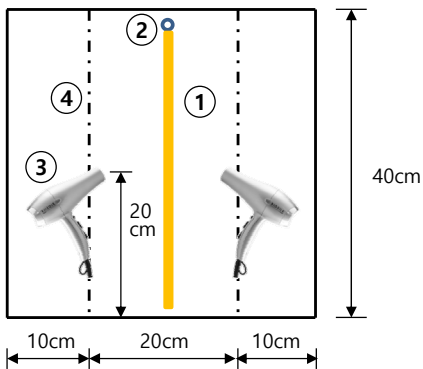


Fig. 1 Experimental apparatus for this study

Table 1 Specification of heating part

Spec.	Hair dryer	
Power [W]	1000	
Nozzle size [cm]	6	
Mode	high(고속)	low(저속)
Discharge Temp. [°C]	81.7±0.1	67.2
Discharge Vel. [m/sec]	9.6±0.25	6.2

가열을 위한 헤어드라이어의 상세 사양은 Table 1과 같다. 실험에 적용한 헤어드라이어는 동일한 가열량 1000W에서 저속, 고속의 풍속 변화를 모드 전환으로 가지고 있어, 건조 실험에서도 저속과 고속 모드에서 실험을 수행하였다. 노즐의 정중앙이 먼지물의 가운데를 가열하도록 위치시켰다. 동일한 발열량에서 풍속의 증가로 인하여, 배출되는 공기의 온도도 높아지는 것을 확인하였다. 노즐 출구에서 배출되는 공기의 속도는 피토투브를, 온도는 T-type 열전대를 이용하여 측정하였다.

실험에 이용한 먼지물 샘플들의 사양은 아래 Table 2와 같은데, 가정에서 사용하는 행주나 수건 제품 중에서 거의 유사한 크기로 선정하였다. 특히 최근 가정용으로 가장 널리 이용되고 있는 폴리에스터 계열은 두께가 다른 두 종류를 선택하였다. 먼지물 각각의 두께는 버니어캘리퍼스로 먼지물을 완전히 압축한 상태에서 측정된 데이터이며, 무게는 ±0.1g의 오차를 가진 전자저울로 측정된 결과이다.

가열 건조 실험은 각각의 먼지물 샘플들에 대하여 충분히 물을 적신 후에 가정에서의 자연 건조를 위해 하는 동작과 유사하게 손으로 충분히 물기를 제거한 이후에 고속과 저속 모드에서 3회씩 실험을 실시하였고,

Table 2 Specification comparisons between Sample #1, #2, #3, #4

Spec.	#1	#2	#3	#4
component	Polyester 80%	Polyester 80%	Cotton 100%	Rayon 80%
	Polyamide 20%	Polyamide 20%		Polyester 20%
height [cm]	40	36	80	38
width [cm]	40	33	40	38
depth [mm]	0.475	0.775	1.0	0.4
weight [g]	57.1±0.1	31.8	172.3	16.7

일정한 시간 간격으로 탈착하면서 무게를 측정하여 그 결과를 얻고 분석하였다.

### 3. 실험 결과 및 고찰

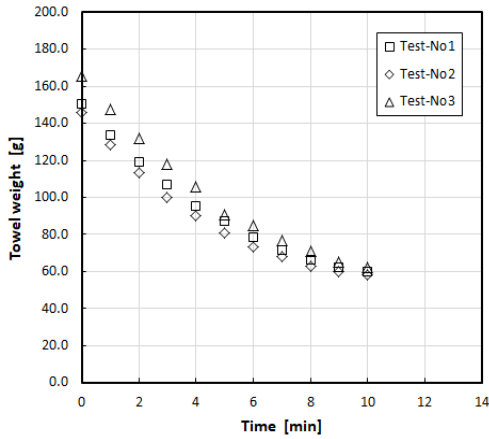
폴리에스터 샘플 #1에 대하여 2장에서 설명한 바와 같이 실험을 수행하여, 아래의 Fig. 2(a)와 같이 고속 모드에 대한 결과를 얻었다. 데이터는 1분 간격으로 측정하였는데, 약 10분 정도에 건조가 완료되는 것을 알 수 있었다. 이러한 데이터를 식 (1)을 이용하여 시간별 샘플의 무게를 무차원화하여 Fig. 2(b)에 나타내었는데, 초기 무게에 상관없이 실제로 단위 시간 변화

당의 건조율은 기존 참고문헌 7의 결과와 같이 거의 동일함을 확인할 수 있었다.

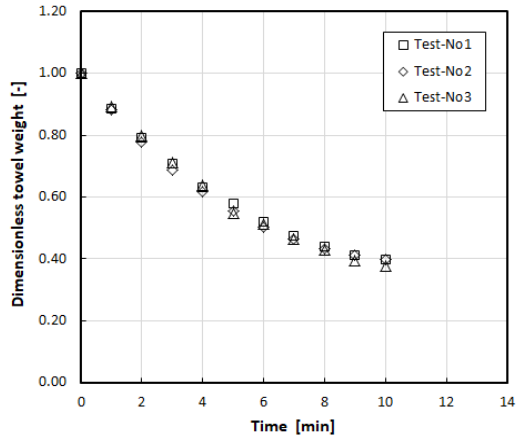
$$w^+ = \frac{w}{w_o} \tag{1}$$

$$t^+ = \frac{t}{t_d} \tag{2}$$

샘플 #2에 대한 고속/저속 모드 건조 실험의 결과를 Figs. 3-4에 나타내었다. 샘플 #1과 거의 동일하게 초기 무게가 어느 정도 다르더라도 고속/저속 건조 모드 모두에 대하여 Fig. 3과 Fig. 4와 같이 시간에 따른

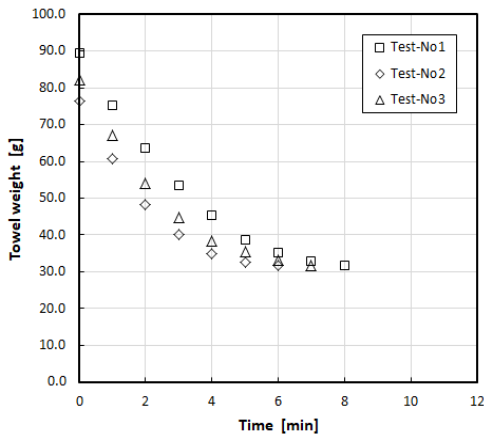


(a) weight with time

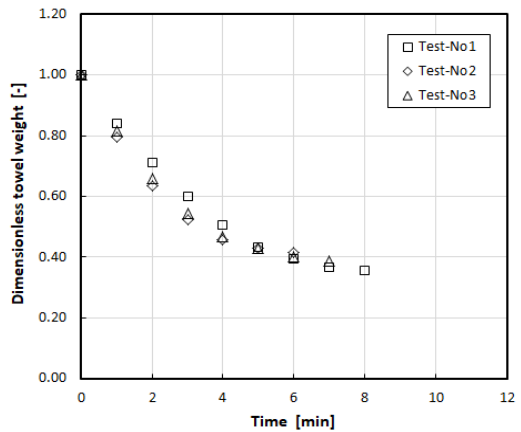


(b) dimensionless weight with time

Fig. 2 Drying result for high speed of Sample #1

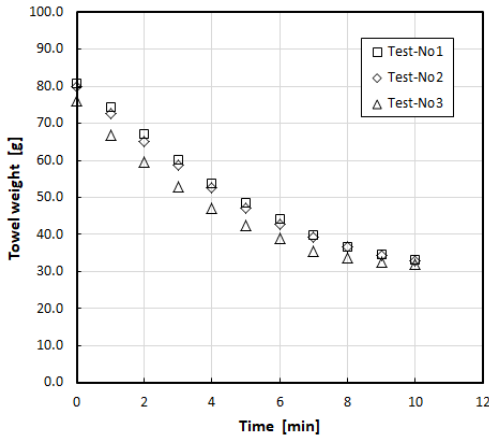


(a) weight with time

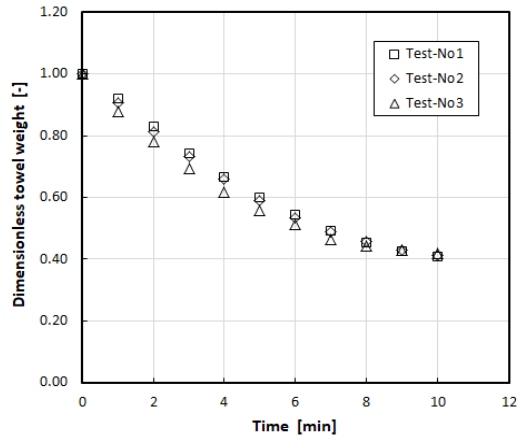


(b) dimensionless weight with time

Fig. 3 Drying result for high speed of Sample #2

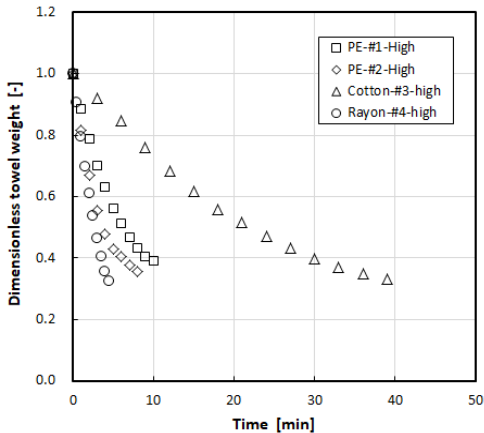


(a) weight with time

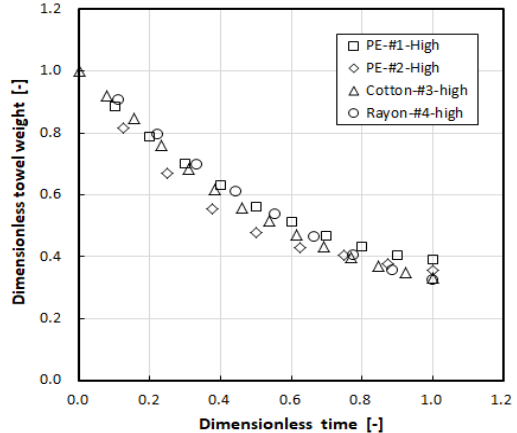


(b) dimensionless weight with time

Fig. 4 Drying result for low speed of Sample #2



(a) dimensionless weight with time



(b) dimensionless weight with dimensionless time

Fig. 5 Drying result for high speed of all samples

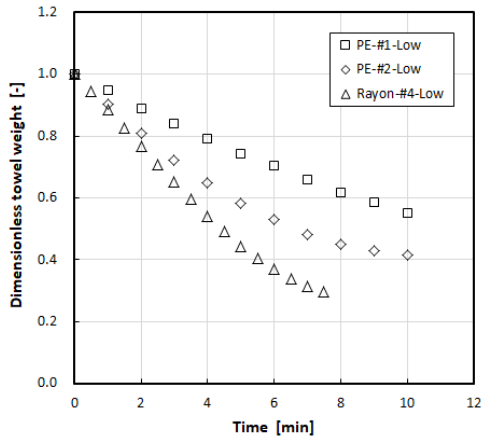
샘플의 무차원 무게의 경향성은 동일한 것으로 나타났다. 이러한 결과로부터 동일한 재질의 무게(혹은 두께)가 다른 식물인 경우에, 기존의 연구결과와 동일하게 건조율은 유사하다는 것을 다시 한번 확인하였다. 다만, 건조 시간이 짧아져 동일한 모드에서의 실험 결과들을 비교하기 위한 시간의 무차원화가 필요함을 알 수 있다.

이러한 경향으로부터 모든 샘플 #1~#4에 대한 고속 모드 건조 실험의 결과를 Fig. 5에 나타내었다. Fig 5(a)에서와 같이 각각의 샘플들의 구성 성분들일 차이에 따른 건조 시간의 차이로 실제 건조 특성을 명확하게 확인하기 어려우므로, 이를 Fig. 5(b)와 같이 건조 시간

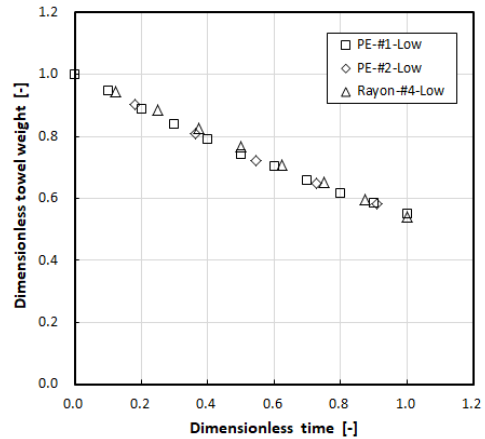
을 완전 건조 시간을 기준으로 무차원화하여 나타내었다. 시간과 무게를 무차원화하여 나타낸 Fig. 5(b)에서와 같이 이번 연구에서 적용한 모든 수건의 고속 모드 건조에서는 거의 동일한 건조 특성을 가지고 있음을 알 수 있다.

모든 샘플 #1~#4에 대한 저속 모드 건조 실험의 결과를 Fig. 6에 나타내었다. 시간과 무게를 무차원화하여 나타낸 Fig. 6(b)에서와 같이 이번 연구에서 적용한 모든 수건의 저속 모드 건조에서 거의 동일한 건조 특성을 가지고 있음을 알 수 있다.

마지막으로 다양한 식물들의 저속과 고속 모드의 건조 특성 결과들을 평균하여 Fig. 7에 나타내었는데,



(a) dimensionless weight with time



(b) dimensionless weight with dimensionless time

Fig. 6 Drying result for low speed of all samples

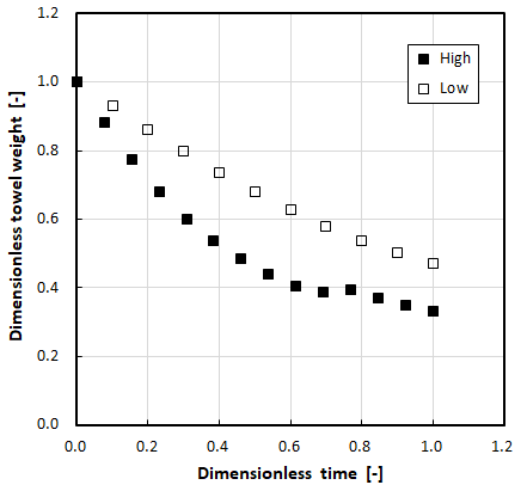


Fig. 7 Drying comparison for high and low speed

고속 모드의 건조율이 저속 모드에 비하여 상대적으로 약 31.6% 정도(무차원 시간 0.3에서는 32.8%, 0.7에서는 49.5% 높은) 높은 수준임을 알 수 있었다.

#### 4. 결론

가정에서 행주나 수건으로 사용하고 있는 폴리에스터 부직포 2종류, 순면 수건 1종류 및 레이온 부직포 1종류에 대하여 단순한 형태의 가열 시스템을 이용하여, 풍속과 온도 변화에 대한 직물들의 시간별 건조 특성 실험을 수행하여 아래와 같은 결론을 도출하였다.

- 1) 기존의 실험 연구 결과와 유사하게 동일한 재질의 무게(혹은 두께)가 다른 직물인 경우에, 시간에 따른 건조율은 유사함을 알 수 있었다.
- 2) 성분이 다른 직물의 경우에, 두께가 클수록 전체 건조 필요 시간이 크게 요구됨을 확인하였다.
- 3) 초기 무게와 완전건조시간으로 무차원화한 무차원 무게와 시간의 경우에, 본 연구에서 실험한 직물들의 건조 특성은 고속/저속 모드에서 모드별로 유사한 건조율을 가짐을 알 수 있었다. 물론, 평균적인 고속 모드의 건조율에 비교하여 저속 모드의 건조율은 낮음을 확인하였다.

#### Acknowledgement

본 논문은 2023년 한국교통대학교 지원을 받아 수행된 결과로 작성되었습니다.

#### References

- 1) H. A. R. Yu, T. J. Eum, J. H. Han, and B. H. Lee, "Arduino R3 based portable towel/shoes dryer," Autumn Conference Proceedings of KICIS, 2014, pp. 361~362.
- 2) H. J. Um, I. H. Jung, K. S. Yoo, B. J. Jung, J. C. Seo, and D. H. Hyun, "A Study of Energy Saving Nano Surface Heat Towel Dryer," Autumn Conference Proceedings of KSMTE, 2010, pp. 276~278.
- 3) M. J. Lee, S. U. Gong, and J. S. Kim, "A Study on the Performance of Home Clothes Dryer using

- Thermoelectric Module,” Spring Conference Proceedings of KSME, 2007, pp. 1414~1419.
- 4) H. S. Shin, S. K. Kang, J. H. An, J. S. Yoo, B. N. Jo, S. Y. Lee, and B. Youn, “A Study on the Performance Characteristic with respect to Design Variables of Heat Pump Clothes Dryer,” Spring Conference Proceedings of KSME, 2021, pp. 32.
  - 5) S. Kim and H. Kim, “Moisture Transmission Characteristics of Fabric for High Emotional Garments,” J. of Korean Society of Clothing and Textiles, Vol. 41, 2017, pp. 28~42.
  - 6) H. Y. Choi and G. C. Go, “A Study on Moisture Absorption and Quick-drying Test using MMT,” Proceedings of Korean Society of Dyers and Finishers Conference, 2004, pp. 138~143.
  - 7) S. Y. Kim, S. W. Ko, and H. B. Kim, “Energy Conservation in Textile Drying -Effect of Drying Temperature and Fabric Thickness on the Drying Time,” J. of Korean Society of Textile Engineers and Chemists, Vol. 20, No. 4, 1983, pp. 28~37.