

섬유의 종류와 압축특성 및 수분전달특성이 보온용 부직포의 열전달에 미치는 영향

김 희 숙 · 김 은 애*

대전전문대학 의상디자인과, *연세대학교 의류환경학과

The Effect of Fiber Type, Compressional Resilience and Moisture Transport Properties of Fiber on the Heat Transfer of Insulating Nonwovens

Hee Sook Kim · Eun Ae Kim*

Dept. of Fashioning Design, Hye Jeon Junior College

*Dept. of Clothing and Textiles, Yonsei University

(1996. 4. 13 접수)

Abstract

The purpose of this study was to analyze the effect of fiber type, compressional resilience and moisture transport properties of wool and polyester fiber on the heat transfer of insulation nonwovens.

The results obtained were as follows:

1) Overall heat transfer of wool nonwoven was slightly higher than that of polyester nonwovens. Warmability of wool nonwoven was lower than that of polyester nonwovens. The radiative heat transfer was in the range of 11~18% of overall heat transfer in polyester nonwovens and 25% in wool nonwoven.

2) As wool nonwoven compressed, overall heat transfer was increased by increasing radiative heat transfer and wamability was decreased due to the poor compressional resilience.

3) Increasing rate of heat transfer by moisture absorption in wool nonwoven was lower than that of polyester nonwovens. Thickness and compressional resilience of wool nonwoven were reduced extremely by moisture absorption.

I. 서 론

최근의 에너지 문제와 겨울스포츠활동의 증가추세에

* 본 연구는 1995년도 대전전문대학 학술연구비 지원에 의하여 이루어졌음.

따라 보온성이 높으면서 경제적인 부직포의 생산이 요구된다. 이를 위하여 함기량이 큰 부직포의 열전달특성을 이해하는 데에는 전체 열전달에 대한 섬유 요인과 공기 요인의 열전달을 정량화하는 것이 필요하다.

지금까지 섬유 집합체를 통한 열전달에 있어서 섬유 요인의 기여도를 분석한 연구들¹⁻³⁾이 있으니 그 결과는

연구자에 따라 약간씩 다르게 나타나고 있으며, 또, 이들 연구들은 시료로 한 가지 종류의 섬유만을 사용하였으므로 섬유의 특성에 따른 차이가 비교되지 않았고 또한 전체 열전달중 섬유에 의한 전도의 영향만을 다루었다.

그러나, 최근의 연구결과들에서는 열전달의 메카니즘으로 복사열전달이 매우 중요하다고 지적되고 있으므로^{2,4,5,6)} 보온성 향상을 위한 부직포의 제작조건을 알아보기 위하여는 섬유의 종류에 따른 전도의 영향만이 아닌 복사열전달의 영향도 검토해볼 필요가 있다.

모와 폴리에스테르섬유는 열전도도의 차이가 크므로 전체 열전달에 대한 섬유의 기여도의 차이가 있는지를 알아보는데 적합하며, 또한 두 섬유간의 복사열전달의 차이에 따른 부직포의 열전달특성을 비교해 보는 것은 매우 의미있다고 생각된다.

또, 부직포의 보온성에 가장 중요한 요인인 두께에 영향을 미치는 압축특성도 섬유에 따라 차이가 있으므로 이 역시 열전달의 영향요인이 될 것으로 기대되며, 또한 최근 겨울스포츠 활동이 증가하고 있으므로 보온용 충전재에 있어서 눈이나 발한등에 대한 수분관련 특성도 중요하게 고려되어야 하는데, 천연섬유인 모와 합성섬유인 폴리에스테르 부직포는 수분전달특성에 있어 많은 차이가 있으므로 이에 따라 열전달특성이 달라질 것이라 기대된다.

따라서 본 연구에서는 보온용 부직포를 통한 열의 이동상태를 관찰하기 위하여 제작된 열전달 측정용 실험장치를 이용하여 부직포의 열전달 특성에 관하여 다음과 같이 고찰하고자 한다.

첫째, 부직포를 통한 열전달에 있어서의 섬유의 종류

의 영향을 알아보기 위하여 모 부직포와 폴리에스테르 부직포의 열전달에 있어서 섬유에 의한 전도 및 복사열전달의 차이를 비교한다.

둘째, 섬유의 종류별로 압축특성에 따른 열전달의 차이를 비교한다.

셋째, 섬유의 종류별로 수분전달특성에 따른 열전달의 차이를 관찰한다.

II. 실험

1. 시 료

한국 바이런 주식회사의 보온용 부직포중 폴리에스테르 100%인 Air-Pack 3종류(제품구분: NF 450, NF 650, NF 950, 이하 NF 시료)와 Uni-Warm 3종류(UN 4231, UN 4251, UN 6251, 이하 UN 시료)를, 모 100%인 Vi-Wool 1종류(KW 90, 이하 KW 시료)를 사용하였다. 시료의 특성은 Table 1 과 같다.

2. 부직포의 물성 측정

1) 두께

25 cm×25 cm의 시료를 표준상태에서 24시간 이상 보관 후 시료의 무게가 90 g/m² 이하인 경우는 4매, 90 g/m² 이상인 경우는 2매를 겹친 다음 0.5 g/cm²의 같은 크기의 알루미늄판(전체 중량: 312.5g)을 위에 올려 놓고 측정하였다. 이때, 시료 1매의 두께는 전체 두께/겹친 시료의 매수가 된다.

2) 충전도(Solidity)

직물의 단위 체적당 섬유가 차지하는 비율로서, 시료의 두께, 무게 및 섬유 밀도에 의해 다음과 같이 계산하

Table 1. Characteristics of the Commercial Nonwoven samples

Sample	Fiber	Fiber Fineness (denier)	Thickness (10 ⁻² m)	Weight (10 ⁻² kg/m ²)	Porosity (%)	Compressional Resilience (%)
NF 450	polyester	1, 2&3	0.7	4.80	99.51	79.20
NF 650	polyester	1, 2&3	1.0	6.00	99.57	92.75
NF 950	polyester	1, 2&3	1.6	9.00	99.59	85.88
UN 4231	polyester	1, 2&3	0.6	9.00	98.92	77.12
UN 4251	polyester	1, 2&3	0.8	13.00	98.83	84.21
UN 6251	polyester	1, 2&3	1.0	17.00	98.77	83.00
KW 90	wool		0.9	9.00	99.24	58.26

였다.

$$\text{충전도}(\%) = \left(\frac{W}{\rho AL} \right) \times 100$$

단, A : 시료의 면적 (m²)

L : 시료의 두께 (m)

W : 시료의 무게 (kg)

ρ : 섬유 밀도 (kg/m³)

이때, 100%에서 충전도를 뺀 값이 기공도로서 직물의 단위 체적당 공기가 차지하는 비율이다.

3) 공기투과도 (Air permeability)

KSK 0570 Frazier 법⁷⁾에 의하여 측정하였다.

4) 압축탄성회복율 (Compressional Resilience)

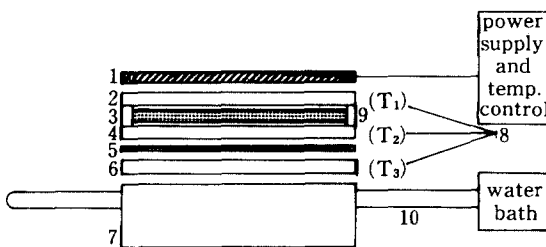
KSK 0815 압축탄성을 시험법⁸⁾에 의하여 측정하였다.

5) 건조속도 (Drying Rate) 및 습윤시의 레질리언스

McCarten⁹⁾의 방법에 의하여 105°C에서 1시간 이상 건조시킨 10 cm×10 cm의 시료를 증류수에 완전히 침지시킨후, 과량의 수분을 제거하여 흡수량이 원래 무게의 1000%가 될 때부터 33°C의 항온항습기내에서 건조시키면서 최초의 건조무게가 도달할 때까지 5분 간격으로 무게변화 및 두께변화를 측정하였다.

3. 열전달의 측정

전보⁶⁾에 보고된 항온법에 준한 평판형의 열전달 측정 장치 (Fig. 1)를 사용하였으며, 대기상태에서 열전달계수를 측정후 진공오븐 내에서 공기의 압력을 최대한 감소시킨 20 mmHg에서의 열전달계수를 측정하였다.



- 1. panel heater
- 2. copper plate
- 3. specimen
- 4. copper plate
- 5. neoprene
- 6. copper plate
- 7. cooling system
- 8. temperature sensors (T₁, T₂, T₃)
- 9. supporter (thickness control)
- 10. solenoid valve

Fig. 1. Schematic diagram of testing apparatus.

4. 열전달 계수의 계산

Fourier의 법칙에 의하여 열 플럭스 (flux)가 같은 정상상태에서 시험편의 열전달계수 (h)를 다음과 같이 산출하였다.

$$h(\text{kcal/m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{°C}) = \frac{k}{L} \tag{1}$$

$$k(\text{kcal/m} \cdot \text{h} \cdot \text{°C}) = \left(\frac{T_3 - T_2}{T_2 - T_1} \right) \left(\frac{L}{L_r} \right) k_r \tag{2}$$

단, k : 시험편의 열전도도 (kcal/m·h·°C)

k_r : 기준시료의 열전도도 (kcal/m·h·°C)

L : 시험편의 두께 (m)

L_r : 기준시료의 두께 (m)

(T₂ - T₁) : 시험편 양측의 동판의 온도차이 (°C)

(T₃ - T₂) : 기준시료 양측의 동판의 온도차이 (°C)

이때 기준시료인 네오프렌의 열전도도 (k_r)는 0.114 kcal/m·h·°C, 두께 (L_r)는 1.23×10⁻²m이다.

5. 보온력 측정

Kawabata가 항온법에 준하여 고안한 Thermo Labo II (KES-F7)를 사용하여 보온력을 측정하였다. 열전달 측정장치를 20±1°C와 65±5% R.H.의 항온항습기내에 설치한 후 시료를 평판 위에 공기층 없이 올려놓고 전력 소비량을 측정하여 다음 식에 의해 보온력을 계산하였다. 이때, T-Box의 온도는 21.0°C, BT-Box의 온도는 31.4°C였다.

$$\text{보온력}(\%) = \frac{W_1 - W}{W_1} \times 100$$

단, W : 시료를 덮은 상태의 전력소비량 (watt)

W₁ : 시료를 덮지않은 상태의 전력소비량 (watt)

III. 연구 결과 및 논의

1. 섬유의 열전달특성에 따른 부직포의 열전달

섬유의 종류에 따른 열전달특성을 알아보기 위하여 폴리에스테르인 UN, NF와 모섬유로 구성된 KW시료의 열전달 계수 (h₇₆₀)를 측정하여 Table 2에 제시하였다.

부직포를 통한 열전달 (λ_e)을 구성하는 세가지 요인은

공기에 의한 전도(λ_{eg}), 복사에 의한 유효전도(λ_{er}) 및 고체섬유에 의한 전도(λ_{er})로서 $\lambda_e = \lambda_{eg} + \lambda_{er} + \lambda_{er}$ 이다¹⁰⁾. 여기서 λ_{eg} 를 나타내는 시료의 함기량은 98.8~99.6%의 범위인데(Table 1), KW와 두께가 비슷한 시료 네 가지를 비교해 보면, 기공도가 높은 순서는 NF 650, KW 90, UN 4251, UN 6251 이므로 공기에 의한 전도량은 이에 비례한다고 볼 수 있다. 그러나 섬유 전도도인 λ_{er} 는 모가 0.92×10^{-4} kcal/cm·sec·°C로서¹⁴⁾ 폴리에스테르(5.1×10^{-4} cal/cm·sec·°C)보다 훨씬 낮으므로 섬유의 열전도도가 영향을 미친다면 KW의 열전달계수가 낮아질 것이라 기대되는데, 전체 열전달량(λ_e)을 <Table 2>에서 비교해 보면, KW의 열전달계수는 5.08 kcal/m²·h·°C로서 비슷한 두께의 NF(4.76 kcal/m²·h·°C)와 UN(4.17~6.16 kcal/m²·h·°C)과 비교할 때, 네 가지 중에서 두번째로 높은 열전달량을 나타내고 있으므로 폴리에스테르의 경우¹⁵⁾에서와 마찬가지로 모섬유도 섬유자체의 열전도도는 부직포의 열전달에 대하여 기여도가 거의 없음이 확인되었다.

한편, 보온력은 58.86%로서 NF나 UN의 61.28%~63.26%에 비해 가장 낮게 나타났는데, 이러한 결과가 나타난 원인은 전체 열전달에서 공기전도와 섬유자체의 전도량을 제외한 복사열전달(λ_{er})의 차이 때문일 것으로 생각되므로 이를 확인해 보았다. 공기에 의한 전도와 대류의 영향이 거의 배제된 상태에서의 열전달계수는 거의 복사열전달량에 가까운 값을 나타낸다고 볼 수 있으므로¹¹⁾, 공기의 압력을 본 실험장치에서 최대로 감소시킨 20 mmHg에서의 열전달계수(h_{20})를 측정하였다. Table 2의 결과에서 감압상태의 열전달 계수,

즉, 복사 열전달량은 두께가 두꺼운 시료일수록 적게 나타나고 있는데, 이는 복사열전달량은 열이 전달되는 거리의 제곱에 반비례하기 때문이다²⁾. 이에 비해 모 부직포는 1.29 kcal/m²·h·°C로서 비슷한 두께의 폴리에스테르 부직포가 0.3~1.13 kcal/m²·h·°C인데 비해 높게 나타났으므로 복사열전달량이 더 많은 것으로 볼 수 있다.

감압상태에서의 열전달계수는 대기상태에 비해 75~89%가 감소하였으므로 전체 열전달중 공기전도 및 대류의 요인은 75~89%를 차지하며 나머지 11~25%는 거의 복사열전달량이라고 볼 수 있는데, 전체 열전달에서 복사열전달이 차지하는 비율(h_{20}/h_{760})은 모가 25%로 폴리에스테르의 11~18%보다 훨씬 높으므로 모섬유에서 복사열전달의 기여도가 더 높음을 알 수 있다. 장신에¹¹⁾의 연구에서도 이와 같은 결과가 나타난 바 있는데, 열전도율이 가장 적은 모섬유 동일한 기공도에서의 보온성이면, 아크릴 및 폴리에스테르 섬유보다 낮은 원인은 모의 열투과(열복사)성이 큰 데 기인되는 것으로 추정하였다.

일반적으로 섬유의 열전도도가 낮은 모직물은 합성섬유보다 보온성이 높은 것으로 알려져 있으나, 편성물의 경우에 모가 아크릴보다 보온력이 낮게 나타난 연구결과¹²⁾가 있으며, 이는 흡습성이 큰 모섬유에서 수분에 의한 열전도가 많기 때문이라 하였다. 그러나, 본 실험 조건은 공기를 최대한 제거하여 수분의 영향이 거의 배제된 상태이므로 본 실험결과에서 모가 폴리에스테르 부직포보다 보온성이 낮은 이유는 모 부직포에서 복사에 의한 열전달이 많기 때문이라고 설명할 수 있다.

따라서, 섬유의 열전도도가 낮은 것은 부직포의 보온

Table 2. Hest Transfer Characteristics of Nonwoven Insulating Materials.

Sample	Thickness (10 ⁻² m)	h_{760} (kcal/m ² ·h·°C)	h_{20} (kcal/m ² ·h·°C)	h_{20}/h_{760}	warmability (%)
NF 450	0.7	6.59	1.01	0.15	52.42
NF 650	1.0	4.76	0.86	0.18	61.28
NF 950	1.6	3.12	0.54	0.17	60.88
UN 4231	0.6	7.58	1.27	0.16	56.24
UN 4251	0.8	6.16	1.13	0.18	63.26
UN 6251	1.0	4.17	0.47	0.11	63.04
KW 90	0.9	5.08	1.29	0.25	58.86

력 증가에 기여도가 없으나 섬유의 열복사성은 보온성에 영향을 미치므로 복사에 의한 열손실을 줄이는 것이 부직포의 보온력 향상에 효과적인 방법이라고 생각된다.

2. 섬유의 압축특성에 따른 부직포의 열전달

부직포의 보온성에 가장 영향을 미치는 요인은 두께이므로^{6,13)} 시료가 일정한 두께(0.4 cm)로 압축되었을 때의 열전달 계수의 변화를 관찰하였다. Table 3의 결과에서, 압축시의 열전달계수는 모두 증가하였는데, 두께감소율이 많을수록 열전달계수의 증가율($h_{0.4}/h$)이 높아서, 두께가 75% 감소된 NF 950의 경우는 열전달계수가 2.6 배 증가하였다.

이를 시료별로 비교해 보면, 두께감소율이 56%인 모 부직포가 8.89 kcal/m²·h·°C로서 두께감소율이 50~60%로 비슷한 폴리에스테르 부직포의 7.55~7.56 kcal/m²·h·°C 보다 훨씬 높게 나타나고 있다. 이는 압축시 공기층이 감소되므로 공기에 의한 전도 및 대류의 영향이 줄어들고, 두께가 감소됨에 따라 열전달의 거리가 줄어들므로 복사열전달의 영향력이 높아지기 때문이라 생각된다. 따라서 복사열전달량이 많은 모 부직포는 압축되는 경우에 열전달계수의 증가량이 더욱 높게 나타나고 있다.

그러므로 부직포의 압축탄성회복율 또한 열전달에 영향을 미치는 중요한 특성이 됨을 알 수 있다. Table 1에서 압축탄성회복율을 비교해 보면, 모 부직포인 KW의 압축탄성회복율은 58.26%로서 폴리에스테르 부직포의 77.12~92.75에 비해 낮게 나타나고 있다. 이에

대한 이유를 살펴보면, 단섬유의 탄성회복율은 모섬유가 폴리에스테르 보다 우수한 것으로 알려져 있으나¹⁴⁾, 부직포는 섬유의 집합체로서 섬유가 불규칙하게 배열되어있는 구조이므로, 모섬유의 경우는 섬유자체의 표면 특성으로 인해 섬유끼리 서로 잘 엉키게 되므로 압축으로부터 잘 회복되지 못하는 것이라 생각된다. 따라서, 압축이 되는 경우, 모섬유 부직포는 복사열전달의 영향이 커짐에 따라 열전달계수가 증가하고 두께를 빨리 회복하지 못하므로 보온성의 측면에서 효과적이지 못하여 사용중 압축을 많이 받는 용도에는 적당하지 않음을 알 수 있다.

3. 섬유의 수분전달 특성에 따른 부직포의 열전달

모와 폴리에스테르섬유의 수분전달특성의 차이에 따른 열전달을 비교해 보기 위하여 수분흡수시(함수율 200%)의 열전달계수의 증가율을 측정하여 Table 4에 제시하였다. 그 결과, 세 가지 종류의 시료 모두 건조시에 비해 열전달 계수가 증가하였는데, 세 가지 시료 중 UN의 열전달계수의 증가량이 가장 높게 나타나고 있다.

이에 대한 이유는 부직포의 구조적 특성의 차이 때문으로 생각되는데, 세 가지 종류의 시료 중에서 UN은 NF나 KW에 비해 충전도가 높다. 그런데, 함수율은 시료의 무게에 대한 비율이므로 충전도가 높은 시료는 동일한 200%의 함수율에서 부직포내에 존재하는 절대 수분량이 더 많다는 것을 의미하므로 수분을 통한 열전도량이 더 많아지기 때문이라 생각한다.

한편, 모와 폴리에스테르의 수분율의 차이에 따라 탈

Table 3. Heat Transfer Characteristics of Compressed Nonwovens.

Sample	Thickness Decreasing Rate(%)	h	$h_{0.4}$	$h_{0.4}$
		(kcal/m ² ·h·°C)	(kcal/m ² ·h·°C)	h
NF 450	43	6.59	7.36	1.12
NF 650	60	4.76	7.56	1.59
NF 950	75	3.12	7.95	2.55
UN 4231	34	7.58	7.86	1.04
UN 4251	50	6.16	7.56	1.23
UN 6251	60	4.17	7.55	1.81
KW 90	56	5.08	8.89	1.75

Table 4. Increasing Rate of Heat Transfer by Moisture Absorption.

Sample	h_{dry} (kcal/m ² ·h·°C)	h_{wet} (kcal/m ² ·h·°C)	Increasing Rate* (%)
NF 450	6.59	7.45	13.0
NF 650	4.76	6.57	38.0
NF 950	3.12	3.49	12.0
UN 4321	7.58	9.79	28.0
UN 4351	6.16	7.76	26.0
UN 6251	4.17	5.75	38.0
KW 90	5.08	5.59	10.0

* $(h_{wet} - h_{dry}) / h_{dry} \times 100 (\%)$

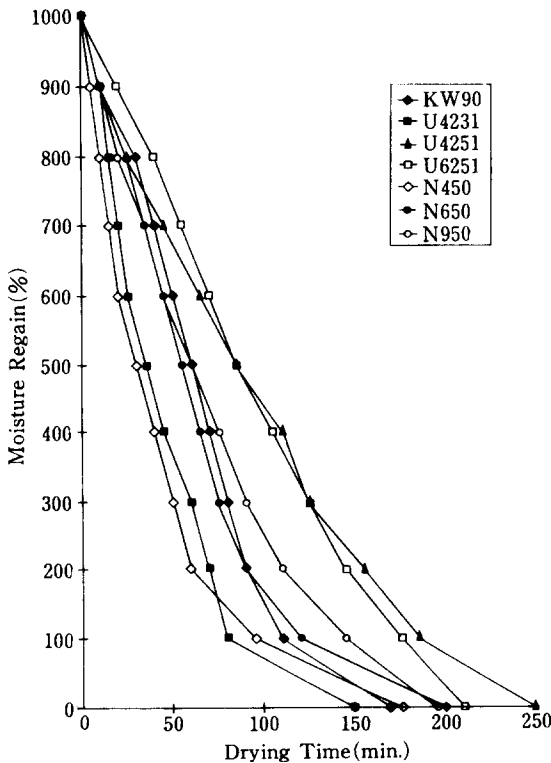


Fig. 2. Drying Rate of Nonwovens.

습속도가 다를 것으로 기대되고 이 역시 열전달에 영향을 미칠 것으로 생각되므로 이를 확인해 보기 위하여 시료별 건조속도를 측정된 결과는 Fig. 2와 같다. Fig. 2에서, 흡수율 1000%에서부터의 건조속도는 전

Table 5. Air Permeability of Nonwovens.

Sample	Air Permeability (cc/cm ² /sec)
NF 450	14.20
NF 650	10.47
NF 950	9.83
UN 4231	10.67
UN 4251	6.17
UN 6251	5.93
KW 90	10.97

체 7가지 시료중에서 모 부직포가 3~4번째로 중간정도로 나타나고 있다. 직물의 경우에는 소수성섬유가 친수성섬유보다 수분을 흡수하여 외부로 빨리 확산, 증발시키므로 운동등에 의하여 발한량이 많은 경우에 있어서 착의시의 쾌적감이 우수한 것으로 나타나고 있다¹⁵⁻²⁰⁾. 그러나, 부직포의 건조속도는 섬유의 흡수성보다는 구조적 특성의 영향이 더 큰 것으로 보이는데 7가지 시료중 기공도(Table 1)와 공기투과도(Table 5)가 가장 적은 UN 4251과 UN 6251의 건조속도가 가장 느리게 나타나고 있으므로 직물과는 달리 섬유의 함유량이 적고 기공도가 높은 부직포에서는 섬유의 종류보다는 피복재료의 구조적 특성이 건조거동에 더 영향을 미치는 것으로 보인다.

또, 충전재가 적게 되면 레질리언스가 저하되는데, 모 부직포는 완전 침수시의 두께가 원래 두께의 24%로서 폴리에스테르의 30~60%보다 두께감소가 심하게 나타나고 있다(Fig. 3). 또한, 습윤시의 두께회복율도 300분후에 78%까지 회복되었으나, 두께가 가장 두꺼운 NF 950을 제외한 폴리에스테르 시료의 88~100%에 비해 낮게 나타나고 있다. 이러한 두께 감소 역시 보온력 저하의 요인으로 작용하며, 모 부직포의 습윤시 레질리언스가 낮은 이유는 건조시와 마찬가지로 모섬유의 표면특성에 따른 것과, 폴리에스테르 부직포는 수분을 부직포 구조사이로 통과만 시키고 흡수하지 않기 때문에 다량의 물이 부직포 구조내부에 남지 않기 때문인 것으로 생각된다²¹⁾. 천연 충전재인 다운의 경우도 합성 섬유 충전재에 비해 수분흡수시의 레질리언스가 낮은 것으로 나타난 바 있다²²⁾.

따라서, 보온용 부직포를 충전재로 사용하는 경우에는 눈, 비, 발한등의 수분흡수시 모섬유는 흡수열을 발생

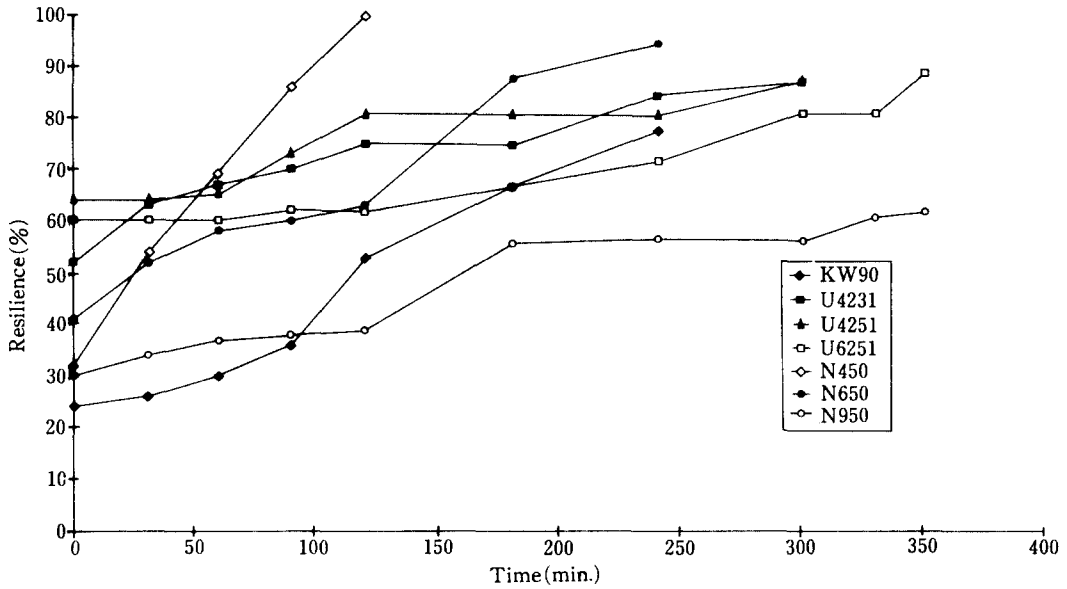


Fig. 3. Resilience of Nonwovens at wet state.

하므로 기후변화에 대한 완충작용이 가능하다. 그러나, 습윤시의 두께감소가 심하고 레질리언스가 저하되므로 시간경과시에는 폴리에스테르섬유보다 총 열손실량이 더 많아져서 전체 열손실의 측면에서는 불리하다고 볼 수 있다.

IV. 결 론

본 연구는 부직포내 구성섬유로서 모섬유와 폴리에스테르섬유의 열전달, 수분전달 및 압축특성의 차이가 보온용 부직포의 열전달에 미치는 영향을 분석하여 부직포의 보온성을 향상시킬 수 있는 제작조건을 알아보기 위한 것으로서, 이상의 연구결과에서 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, 섬유의 종류별로 열전달특성을 비교해 본 결과, 모 부직포는 폴리에스테르 부직포보다 열전달계수는 약간 높았고 보온력은 낮았다. 또, 폴리에스테르 부직포는 복사량이 전체의 11~18%를 차지하였고 모 부직포는 25%로 더 높게 나타나서 섬유의 종류별로 복사 열전달량에 차이가 있었다.

둘째, 섬유의 압축특성에 따른 열전달을 관찰한 결과, 압축시 모 부직포는 복사열전달의 영향이 커져서

전체 열전달이 증가하였으며, 이는 압축탄성율이 상대적으로 낮은 모 부직포가 보온성의 측면에서 효과적이지 못한 것으로 나타났다.

셋째, 섬유의 수분전달특성에 따른 열전달을 비교해 본 결과, 습윤시의 열전달계수의 증가량은 모 부직포가 폴리에스테르 보다 낮았다. 그러나, 모 부직포는 수분 흡수시 두께감소와 레질리언스의 저하가 심하게 나타났다.

따라서, 복사열전달량을 줄이는 것이 부직포의 보온력 향상에 효과적이며, 사용중 압축이 많은 용도나 수분에 접하는 충전재로는 모섬유 보다는 폴리에스테르가 적합하다고 볼 수 있다.

참 고 문 헌

- 1) Hager, M. E. and Steere, R. C., "Radiant Heat Transfer in Fibrous Thermal Insulation", *J. of Appl. Physics*, **31**, pp. 39~50 (1960)
- 2) Stuart, I.M., and Holcombe, B.V., "Heat Transfer Through Fiber Beds by Radiation with Shading and Conduction", *Textile Res. J.*, **54**, pp. 149~157(1984)
- 3) 신현세, 김영석, "부직포의 열적특성과 보온성에 관한 연구(I)", *한국섬유공학회지*, **24**(6), pp. 41~48

- (1987)
- 4) Weiner L.I., and Shah, J., "Insulating Characteristics of Battings" *Textile Chem. Color*, Vol. 1, pp. 301~306 (1969)
 - 5) Farnworth, B., "Mechanisms of Heat Flow Through Clothing Insulation", *Textile Res. J.*, **53**, pp. 717~725 (1983)
 - 6) 김희숙, 김은애, "부직포내 공기함량이 열전달에 미치는 영향", *한국의류학회지*, **18**, pp. 244~251 (1994)
 - 7) KSK 0570 직물의 공기 투과도 시험방법
 - 8) KSK 0815 직물의 압축탄성율 시험방법
 - 9) McCarten, B., "Equipment Review." *Trail Camping*, June, (1973)
 - 10) Lamb, G.E.R. and Yoneda, M., "Heat Loss from a Ventilated Clothed Body" *Textile Res. J.*, **60**, pp. 378~383 (1990)
 - 11) 장신애, "화학섬의 보온성에 관한 연구", 연세대학교 대학원 석사학위 논문, (1977)
 - 12) 류숙희, "면-폴리에스테르 양면 이중 편성물 내의 착용감에 관한 연구", 서울대학교 대학원 박사학위논문 (1993)
 - 13) Obendorf, S.K., and Smith, J.P., "Heat Transfer Characteristics of Nonwoven Insulating Materials", *Textiles Res. J.*, **56**, pp. 691~696(1986)
 - 14) 김성련, *피복재료학*, 서울: 교문사, pp. 25~45 (1994)
 - 15) Farnworth, B. and Dolhan, P.A., "Heat and Water Transport Through Cotton and Polypropylene Underwear", *Textile Res. J.*, **55**, pp. 627~630(1985)
 - 16) Morris, M.A., Prato, H.H. and White, N.L., "Relationship of Fiber Content and Fabric Properties to comfort of Socks", *Clothing and Textile Res. J.*, **3**(1), pp. 14~19 (1984~1985)
 - 17) Holmer, I., "Protective Clothing for the Extreme Cold", *The Proceedings of 2nd International Symposium on Clothing Comfort Studies in Mt. Fuji*, pp. 61~79, The Japan Research Association for textile End-Uses, (1991)
 - 18) McCullough, E.A., "Transient Thermal Response of Different Types of Clothing Due to Humidity Step Changes", *The Proceedings of 2nd International Symposium on Clothing Comfort Studies in Mt. Fuji*, pp. 1~22, The Japan Research Association for textile End-Uses, (1991)
 - 19) Wehner, J.A., Miller, B., and Rebenfeld, L., "Dynamics of water Transmission Through Fabric Barriers", *Textile Res. J.*, **58**, pp. 581~592(1988)
 - 20) Nielsen, R., "Influence of Clothing Materials of Sweating and Heat Loss From Man", *The Proceedings of 3rd International Symposium on Clothing Comfort Studies in Mt. Fuji*, pp. 199~217, The Japan Research Association for textile End-Uses, (1994)
 - 21) 최혜선 역, Watkins, S.M., *의복과 환경*, 서울: 이화여자대학교 출판부, p. 55 (1989)
 - 22) Cooper, C., "Extreme Wintry Weather, Part I: Fabrics", *Textile*, **8**(3), pp. 72~83 (1979)