기능성 투습방수 코팅포의 수분 및 열전달 특성

Moisture and Heat Transfer Characteristics of Waterproof and Water Vapor Permeable Coated Fabrics

조 지 현 · 류 덕 환
계명대학교 의류학과

Cho, Ji Hyun · Ryu, Duck Hwan
Dept. of Clothing and Textiles, Keimyung Univ.

Abstract

The purpose of this study was to investigate the thermal resistance and the liquid/vapor water transfer characteristics of four waterproof and water vapor permeable coated fabrics with the ground fabric called nylon taffeta. In order to establish the experimental environment, outdoor temperature and humidity in Taegu during the last three years were examined and the experiment was performed at ① 15℃, 50% R.H., ② 20℃, 60% R.H., ③ 25℃, 65% R.H., which were the average standards in spring and fall.

The test results were as follows ;

1. Among physical parameters, the thinner the thickness was, the higher the water vapor permeability was. But the porosity in thickness was not proportional to water vapor permeability linearly.
2. The thicker the thickness of specimens was and the smaller the bulk density and porosity were, the higher the thermal resistance. And the results also shown that the larger the temperature difference between the environmental temperature and the hot plate was, the more the difference of CLO values was apparent.
3. Since the contact angle of all specimens are above 90° , the all specimens have a good performance in waterproof. The more the specimens surface were rough, the higher the thermal resistance was.
4. According to the result of performing moisture transfer test using the simulating body skin-clothing-environment system, the humidity sensor placed in between the fabric and the environment detected the full saturation in 10 minutes after the experiment had began at 15℃, 50% R.H. and in 15 minutes after the experiment both at 20℃, 60% R.H. and at 25℃, 65% R.H..
5. Δ values of the humidity sensors placed in between the human body and the fabric and in between the fabric and the environment fluctuated repeatedly within the range of 20~40% at 20℃, 60% R.H., and 15~30% at 25℃, 65% R.H.

Ⅰ. 서 론

의복은 주위환경에 대한 체열의 보호기능을 수행한다. 즉 인체와 환경간의 열전달 매체의 역할로, 인체로부터 환경으로의 직접적인 열발산 또는 환경으로부터 인체로의 직접적인 열유입을 조절하게 된다.

종래의 방수포는 외부의 비나 물이 직물의 내부에 침투되는 것을 막아 주되, 인체의 내부에서 발생되는 수증기나 열에너지는 외부로 발산시키지 못해 피부 표면에 땀이 축적되어 불쾌감을 유발시켰다. 이를 극복하고 착용감과 쾌적감을 개선시키기 위한 방수성과 발수성은 물론 격렬한 운동이나 활동 등에 따라서 발생하는 땀을 발산시키는 투습성의 두가지 상반된 기능을 동시에 만족시키는 기능성 소재인 투습방수포가 개발되었다.

투습방수기능은 광범위한 환경 하에서 각양각색의 운동에 대응하는 생리학적 쾌적 소재가 필요한 스포츠 웨어 분야를 중심으로 사용하기 시작하여, 최근에는 섬유 제품에 대한 소비자의 욕구가 고급화, 기능화, 차별화, 감성화됨에 따라서 점차 다양하게 사용되고 있다.

의복을 착용한 상태에서 인체가 느끼는 쾌적성에는 여러 가지 인자가 영향을 줄 수 있으나 그 중에서 특히 중요한 성질이 섬유의 흡습성과 의복을 통한 수분전달 특성 및 열전달 특성이라고 할 수 있다.

수분전달과 관련한 선행연구로는 Burgeni와 Kapur[1]의 섬유 집합체에서 투습성을 모세관 현상으로 검토한 것과 Day와 Sturgeon[2], Sakabe[3]의 시차주사현미경을 사용해 직물 및 모섬유의 수분전달 현상을 땀의 증발율로 연구한 것 등이 있다. Hong 등[4]은 직물의 동적 수분전달 특성에서 시료 표리의 증기 농도차가 섬유 종류에 미치는 영향을 연구하였으며, Kim 등[5]은 직물의 동적 수분전달 특성에서 습도와 온도의 영향에 대해서 연구하였다.

열전달과 관련한 선행연구를 살펴보면 Lee[6]는 직물을 다공성 저밀도 고체판으로 가정하고 절연성과 직물의 두께, 기공도 사이의 관계를 연구하였다. Gibson[7]은 피복재료에 대한 표준상태의 열 및 수분전달 특성에 영향을 주는 인자들에 대해 연구하였다.

각종 직물에 있어서 수분전달과 열전달을 동시에 수행한 선행연구로는 안승국[8]의 의복쾌적감의 개념과 직물의 열, 수분전달 특성 평가에 대한 연구를 비롯하여, Le 등[9], Woo 등[10], Takeshi 등[11], 나미희 등[12], 김은애 등[13], 성수광 등[14]의 연구들이 있다.

수분전달과 열전달에 관한 선행연구들 및 기능성 소재의 제조에 관한 연구는 많이 수행되고 있으나, 실제 환경의 변화에 대한 연구는 그다지 많이 수행되지 않은 실정이다.

투습방수포와 관련한 선행 연구를 살펴보면, 류덕환[15]의 투습발수가공 외피포의 열전달 능력에 관한 연구, 조길수 등[16]의 투습발수소재와 보호단열소재조합에 따른 수분전달 및 열전달에 관한 연구, 임용삼 등[17]이 100% 면직물에 연질의 폴리우레탄 수지를 이용하여 습식방법에 의해 농도별과 도포량별로 코팅하고 가공성의 평가에 의해서 적정의 조건을 찾아낸 후 그 조건에서의 물성의 변화를 살펴본 연구가 있다. 또한 김경희[18]는 나일론 직물의 투습방수 가공에 있어서 습윤과 두께가 직물의 착용감에 미치는 영향을 조사하기 위하여 폴리우레탄 수지와 폴리아미노산 수지를 이용하여 직접 습식코팅 방법으로 코팅된 직물을 습윤시켜 역학적 특성의 변화를 검토하였다. 정경자 등[19]은 시판중인 투습성 방수포 중에서 4종을 선택하여 물세탁과 퍼클렌계 드라이클리닝, 석유계 드라이클리닝을 처리하여 반복세탁하여 물성 변화를 살펴보았다.

투습방수포는 직물, 편성물 및 부직포 등 다양한 소재를 기포(ground fabric)로 하여 그 표면에 고분자 물질을 코팅가공하는 것이므로 일반직물과는 구조적 특성이 다르다. 따라서 수분 및 열전달 특성에 있어서 일반직물의 물리적 특성 관련도와 차이가 있을 것으로 생각되며, 특히 이는 환경온, 습도의 변화에 따라 다를 것으로 생각된다.

〈Table. 1〉 Characteristics of samples

Sample / parameter	A	B	C	D	KS K
ground fiber	nylon 100%	nylon 100%	nylon 100%	nylon 100%	.
coating method	dry	wet	wet	wet	.
yarn count (D.)	70D. ×70D.	70D. ×70D.	70D. ×70D.	70D. ×70D.	0415
fabric density (/inch)	159×104	156×102	156×104	154×104	0511
structure	plain	plain	plain	plain	.
thickness(㎜)	0.312	0.378	0.371	0.382	0506
weight(g/㎡)	16.24	17.48	17.29	17.95	0514

본 연구에서는 최근 3년간의 대구 지역 외기 환경 중에서 봄, 가을철을 기준으로 하여 환경 온, 습도를 15℃, 50% R.H., 20℃, 60% R.H., 25℃, 65% R.H.의 세가지로 설정한 후, 구체적인 연구의 목적을 다음과 같이 설정하였다.

첫째, 각종 투습방수 소재의 물리적 특성과 투습성을 측정하고, 시료별 비교를 통해 기능성을 평가한다.

둘째, 소재별 접촉각을 측정하고, KES-FB system을 통해 표면특성을 측정하여 그 차이가 열전달에 미치는 영향을 분석한다.

셋째, 인체착의모형 실험을 행하여 각 환경하에서의 직물-환경간의 습도와 직물-인체피부간의 습도의 변화를 1시간 동안 측정한다. 두 습도센서 차이값의 변화를 살펴보아 소재간 차이를 비교, 분석한다.

넷째, 환경별 소재의 열전달 특성을 평가한다.

Ⅱ. 실험재료 및 실험방법

1. 실험재료

본 연구에 사용된 시료는 <Table 1>과 같다. 원사 및 기포(ground fabric)가 가지는 차이점을 최대한 배제하기 위하여 동일한 나일론 100% 원사를 사용하였다. 기공의 종류에 따른 시료를 제작하기 위해 적정의 코팅 방법(건식, 습식 코팅)에 따라서 4가지 종류의 투습방수포를 범삼공(주)에 의뢰, 제작하였다.

시료의 코팅방법을 설명하면 다음과 같다.

습식방법은 폴리우레탄 수지를 DMF(디메틸포름아마이드) 수용성 용매를 사용하여 용해하고 이 용액을 기포상에 코팅한 다음 용매와는 친화성이 있으나 폴리우레탄 수지와는 비친화성인 수중에 통과시킴으로써 폴리우레탄 수지는 응고되고 용매는 물과 치환되어 미세 기공이 다수 벌집 모양으로 연결된 폴리우레탄 피막이 형성되도록 한 것이며, 건식방법은 먼저 폴리우레탄 수지를 톨루엔, DMF 용매에 용해하고 물을 첨가하여 W/O형 에멀젼을 만든 다음 이것을 기포에 코팅하여 건조시켜 미세기공이 다수인 폴리우레탄 피막을 만든 것이다.

이때 폴리우레탄 수지의 용제로서 메틸에틸케톤(MEK), 톨루엔, DMF를 사용하였고, 경화제로는 3관능성의 Desmodur RF(Bayer사)를 사용하였다. 그리고 계면활성제로 SD-7(비이온계), ADT-100(음이온계) 및 SD-25(비이온계)를 사용하였다.

2. 물리적 특성 측정

1) 피복도(bulk density), 비체적(specific volume), 기공도(porosity)

측정된 중량과 두께를 사용하여 다음의 식에

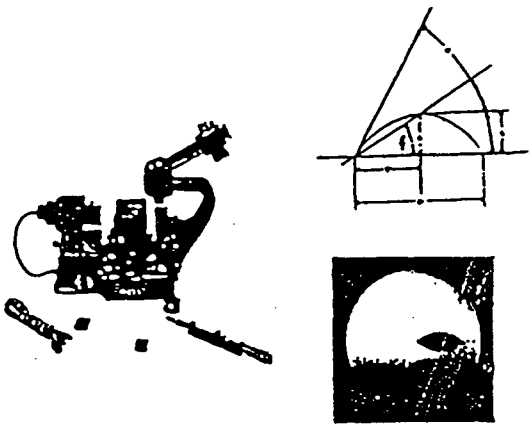
의거하여 구하였다.

- Bulk density(g/㎤) = areal weight(g/104㎠) / thickness(10-1㎝) ×10-3
- Specific volume = 1 / bulk density
- Porosity(%)
  = 〔 (Specific gravity of fiber-bulk density) / specific gravity of fiber 〕 ×100

2) 접촉각(Contact angle) 실험

시험편의 발수 및 방수의 상태를 정량적으로 파악하고자 접촉각 측정기(Japan, ERMA Co.)를 사용하여 직물면에서 접촉각을 측정하였다. 증류수(20±2℃)를 마이크로 뷰렛으로 0.5㎖씩 떨어뜨린 후 측면에서 현미경으로 물방울과 직물면의 지름(2r)과 높이(h)를 측정해 다음과 같이 계산하였다. 동일한 직물의 표면이라도 차이가 있을 수 있으므로 4회 측정한 평균치를 사용하였다.(Fig. 1)

$$\tan(\theta/2) = h / r$$



〈Fig. 1〉 Measurement of contact angle

3) 표면특성

시험편의 표면 특성을 KES-FB4 표면마찰시험기(Japan, Kato Tach Co., Ltd.)를 사용해 측정하였으며, 표면마찰은 50g의 하중을 가한 후 1㎜/sec의 속도로 섬유쪽의 경, 위사 방향으로 각각 측정하여 평균 마찰계수(MIU)와 마찰계수의 평균편차(MMD)를 구하였다. 또한 표면의 거칠기(SMD)는 10g의 하중을 가한 후에 1㎜/sec의 속도로 측정하였다.

3. 수분증발 특성 실험

1) 증발법(Evaporation Method)

KS K 0594에 의거하여 투습면적 60.8㎠인 증발컵에 증류수를 표면에서 1㎝ 떨어진 곳까지 채운 후 시료를 증발컵의 표면 위에 고정하고 증발컵 둘레를 밀폐하였다. 이를 105±2℃를 유지하는 항온건조기에 넣고 1시간 투습한 후에 꺼내서 바로 무게 a_1(㎎)을 측정하고 다시 항온건조기에 넣어서 1시간 후에 꺼내어 곧바로 무게 a_2(㎎)을 측정한 후 다음 식과 같이 투습도를 산출하였다.

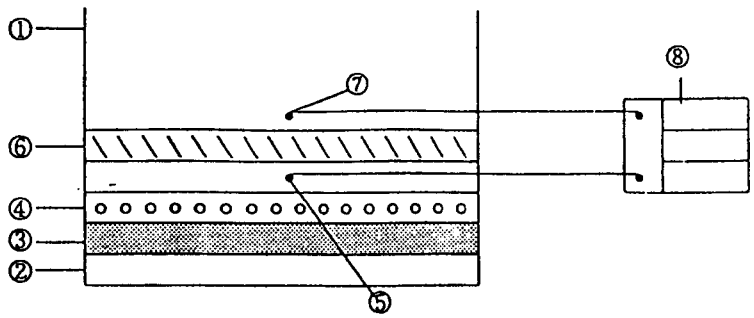
$$WVT = 10 \times \{ (a_2 - a_1) / A \}$$

이때, WVT : rate of water vapor transport (단위 : g/㎡·h)

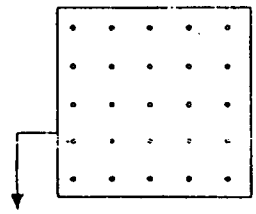
A : exposed area of specimen (단위 : ㎡)

2) 인체 착의 모형법

실제 착의상태인 인체-의복-환경과의 관계를 모형적으로 만들어 실험하기 위하여 Keeping Warmth Tester의 열판위에 가로 30㎝, 세로 30㎝의 수조를 얹고 그 위에 Hole Metalic Plate(hole 직경 : 7.8㎜, volume of air : 66.19㎤)를 얹어서 실험하였다.(Fig. 2) 열판의 열로 인하여 발한되는 수증기를 1시간 동안 시험편의 안쪽부분과 바깥쪽 부분에 습도센서를 장치하여 1분마다 습도데이타를 기록하도록 하였다. 이때 기록 장치는 피부온습도 측정기인 Thermistor(Japan, Takara Industry, Model : D226-1)를 사용하였다.



① Keeping Warmth Tester
② Hot Plate
③ The schemetic diagram of Acrylic Water Bath
④ The schemetic diagram of Hole Metalic Plate
⑤ Humidity Sensor (IN)
⑥ Sample
⑦ Humidity Sensor (OUT)
⑧ Thermistor



Sheet of Iron (Thickness 3㎜, Hole dia 7.8㎜)

〈Fig. 2〉 Simulating body skin-clothing-environment system for moisture transfer test

4. 열전달 특성 실험

피복재료의 열전달 특성을 측정하는 방법으로는 항온도법, 냉각법, 열이동계법 등의 여러 가지 방법이 있으나, 가장 보편적으로 사용되는 것이 항온 평판 열전도법이다. 따라서 본 연구에서의 실험도 항온 평판열전도법을 이용하였으며 이는 KS K 0466에 의거해 Keeping Warmth Tester(Japan, Yasuda Seiki Co., Model : Yss-461)을 사용하였다.

열전달 특성의 측정 전에 시험편을 표준상태하에서 24시간 이상을 방치한 후에 실내의 공기 조건과 시험편내에 들어있는 공기 조건을 평형되게 한 후에 실험을 행하였다. 가열판이 인체의 정상온과 유사한 36℃를 유지하도록 하여 가로 25cm, 세로 25cm의 시험편을 구김없이 펴놓고 30분간 예비 가열시킨 후에 30분 동안의 각각 시험편의 고유열전달계수를 측정하여 다음의 식에 따라서 계산하였다.

$$Ubp = Pbp / \{ A \times (Tbp-Ta) \}$$
$$U1 = P / \{ A \times (Tbp-Ta) \}$$
$$U2 = (Ubp \times U1) / (Ubp-U1)$$

이때, Ubp : Thermal transmittance of the plate without fabric cover(단위 : W/㎡ · ℃)

U1 : Combined thermal transmittance of test sample and air(단위 : W/㎡ · ℃)
U2 : Thermal transmittance of fabric only (단위 : W/㎡ · ℃)
Pbp : Power loss test plate without fabric cover (단위 : W)
P : Power loss test plate with fabric cover

(단위 : W)
A : Area of test plate (단위 : ㎡)
Tbp : Temperature of the plate without fabric cover (단위 : ℃)
T : Temperature of the plate with fabric cover (단위 : ℃)
Ta : Environmental temperature (단위 : ℃)

각 시험편의 고유열전달계수 U2에서 1CLO = 1 / (0.1548 × U2)의 관계[20]임을 이용하여 구하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 물리적 특성과 투습도 (증발법에 의한 수분 전달 특성)

각 시료의 물리적 특성과 투습성을 측정하고, 시료별 비교를 통해 기능성을 평가하고자 하였다. <Table 2>는 각 시료의 물리적 특성과 투습도를 측정하여 나타낸 것이다.

직물의 투습성은 주로 직물 변인에 의해 좌우되는데, 특히 기공도와 두께의 영향을 크게 받는다. Yoon[21]에 따르면 Fick's law로부터 투습도와 직물 변인간의 관계를 다음의 식으로 유도하여 기공도가 클수록 투습도는 증가하며, 두께가 작을수록 투습도가 증가한다고 하였다.

$$Re = L / \beta$$

단, Re : Moisture Resistance
L : Thickness
β : Porosity

투습방수포의 경우에도 일반 직물과 마찬가지로 두께가 얇을수록 투습성은 높게 나타났으나, 기공도/두께의 값이 클수록 투습도의 값이 높게 나타나는 선행연구의 결과[22]와 모든 시료에 대해서 일치하지는 않았다. 이는 기공도는 단일층으로 구성되어진 일반 피복재료의 경우에는 두께와 무게에 의해 결정되므로 섬유집합체의 성근 정도를 나타내지만, 투습방수포는 직물을 기포로 하여 폴리우레탄 수지를 코팅하였기 때문에 2층 구조이므로 기공도/두께와 투습도의 결과는 선형비례관계를 보이지 않는 것으로 생각된다.

2. 시료별 접촉각과 표면특성

소재별 접촉각을 측정하고, KES-FB4 system을 통해 표면특성을 측정하여 그 차이가 열전달에 미치는 영향을 분석하고자 하였다. <Table 3>은 시료별 접촉각과 KES-FB4로 측

〈Table 2〉 Physical parameters and water vapor transmission of samples

sample / parameter	A	B	C	D
bulk density (g/㎤)	0.441	0.455	0.405	0.320
specific volumn (㎤/g)	2.268	2.198	2.469	3.125
porosity (%)	61.316	60.088	64.474	71.930
porosity/thickness	162.2	154.8	150.9	142.4
WVT (g/㎡/24h)	4950	2550	3493	1593

〈Table 3.〉 Contact angle and surface properties of samples

		A	B	C	D
contact angle (°)		130	161	163	163
MIU	warp	0.205	0.180	0.161	0.222
	weft	0.107	0.178	0.175	0.187
	mean	0.189	0.179	0.168	0.205
MMD	warp	0.010	0.011	0.012	0.028
	weft	0.088	0.128	0.090	0.128
	mean	0.049	0.070	0.051	0.078
SMD	warp	1.318	1.414	1.320	2.481
	weft	12.965	13.425	12.534	9.559
	mean	7.142	7.419	6.927	6.020
MMD /SMD	warp	0.008	0.008	0.009	0.011
	weft	0.007	0.010	0.007	0.013
	mean	0.007	0.009	0.007	0.013

정한 표면특성을 측정한 결과를 나타낸 것이다.

다공질 소재를 무수한 모세관의 집합체로 볼 때, 표면에 피막이 덮여 있는 경우, 물에 대한 접촉각이 90° 이하인 모세관에서는 물이 침투하지만, 90° 이상의 접촉각인 경우에는 물이 침투되지 않는다는 선행연구[23]의 결과로 볼 때, 다공질 소재가 방수성을 갖기 위한 조건으로 물에 대한 접촉각이 90° 이상이 되어야 하는데, 연구결과 시료 모두 90° 이상이었기에 충분히 방수 성능을 가지고 있다고 할 수 있다.

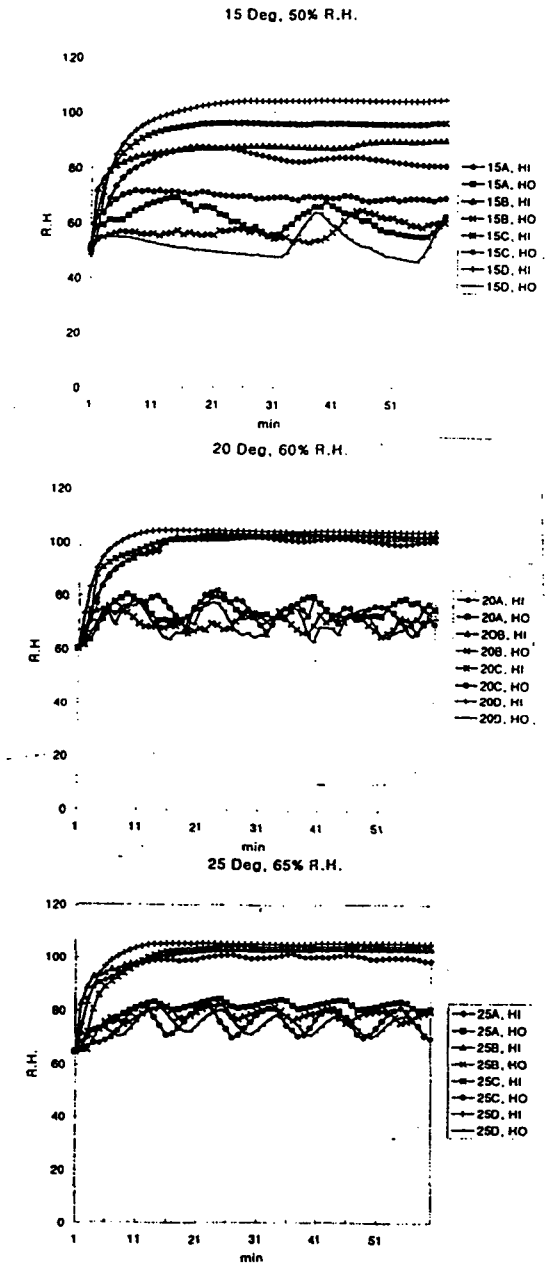
또한 수분전달은 수증기 확산과 액상의 수분 확산의 두 가지 기구를 통해 일어나는데, 수증기의 확산은 섬유 자체의 투습성이 중요하고, 발한시 액상의 수분확산은 섬유자체의 투습성보다도 섬유의 표면특성, 즉 표면에너지가 중요하게 관여한다.[24] 그리고 직물 표면의 거칠기 등에 따른 특성에 따라서도 직물의 보온성 및 투습성은 영향을 받는다.[25]

시료들의 표면특성을 비교하면, 표면의 마찰계수인 MIU는 경, 위사 모두 두께가 두껍고 중량이 큰 시료 D의 경우에 가장 크게 나타났으며, 마찰계수의 평균편차도 시료 D의 경우가 가장 높았다. 표면요철의 변동을 나타내는 SMD의 값은 경사의 경우에는 시료 D가 높았으며, 위사의 경우에는 시료 B의 경우가 높았다. SMD에 대한 MMD의 비를 시료별로 비교시에도 시료 A, C의 경우에는 경, 위사 평균이 0.007, 시료 B는 0.009, 시료 D는 0.013으로 나타났다. 따라서 시료 B와 시료 D의 경우에 직물 표면의 거침이 주위 공기와의 마찰로 인해 공기 저항에서 구배를 형성할 수 있기 때문에 다른 시료들에 비해서 열전달을 방해하는 요인으로 작용할 것으로 예측된다.

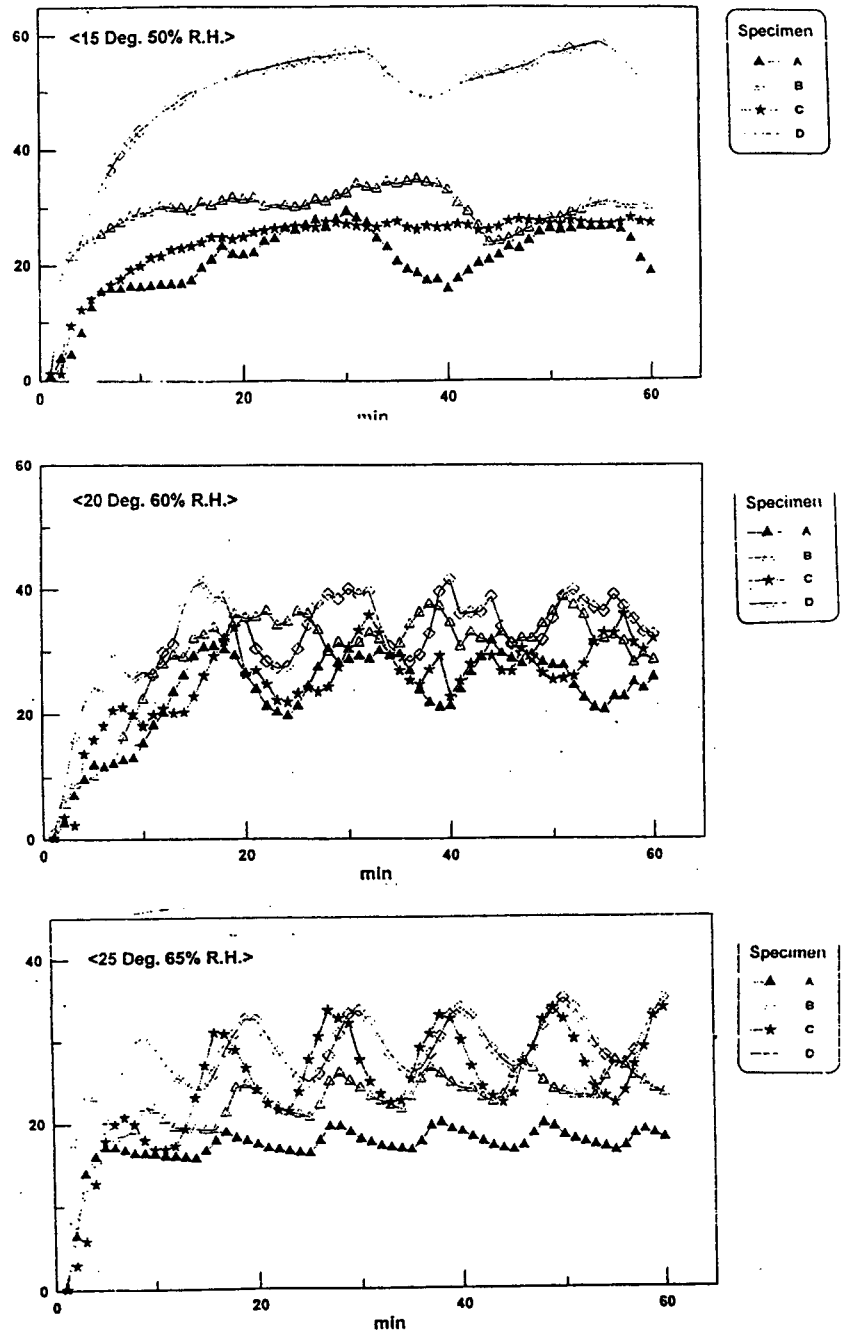
3. 인체착의모형법에 의한 시료별 수분전달 특성

인체착의모형 실험을 행하여 각 환경하에서의 직물-환경간의 습도와 직물-인체피부간의 습도의 변화를 1시간 동안 측정하여, 두 습도센서 차이값의 변화를 살펴보아 소재간 차이를 비교, 분석하고자 하였다.

<Fig. 3>은 인체착의모형법에 의한 투습방수포 시료별 수분전달을 15℃, 50% R.H., 20℃, 60% R.H., 25℃, 65% R.H.의 세가지 환경에서 1시간 동안 측정한 결과를 나타낸 것이다. 편의상 1시간 동안 직물과 발한을 행하는 인체 사이의 습도를 센서를 이용해 측정한 것을 HI로 표시하였고, 직물과 환경간의 습도를 측정하는



〈Fig. 3〉 Changes of moisture transport during 1 hour in samples



<Fig. 4> Changes of ⊿R.H. between humidity sensors

센서의 값을 HO로 표시하였다.

15℃, 50% R.H.의 환경에서는 어느 정도의 시간이 경과하고 나서는 모두 HI가 일정 수준을 나타내었다. 시료별로는 두께가 가장 두꺼운 D의 경우에 10분이 지남에 따라 100% 이상의 포화치를 나타내었으며, 시료 C는 15분 경과 후에 95%에 가까운 상대 습도를 유지하였으며, 시료 A와 B는 85%에 가까운 상태에서 약간 감소하는 추세가 나타나기도 하였다. 반면에 HO의 경우에는 시료 C의 경우를 제외하고는 증가와 감소의 경향을 비주기적으로 나타내었다.

한편 환경이 20℃, 60% R.H., 25℃, 65% R.H.인 경우에는 HI의 경우 시료별로 유사한 경향을 나타내었는데, 15분 정도 경과한 이후에 일정 수준을 유지하였으며, 시료 모두 100% 포화치를 나타내었다. HO의 값은 20℃의 환경온일 경우에는 60~80%의 영역에서 증감을 반복하는 현상이 나타났으며, 25℃의 환경온일 경우에는 약 70~85%의 영역에서 증감을 반복하는 경향이 나타났다.

이에 대한 이유를 살펴보면 섬유를 증기압이 낮은 곳에 두었을 때는 흡습열이 수분증발과 동시에 발산되기 때문에 계속적인 수분흡수가 가능하지만, 반면에 섬유를 증기압이 높은 곳에 두었을 때는 섬유 자체에 보유한 수분으로 인해서 환경으로의 수분이동이 저하되며, 섬유가 흡습하여 팽창되므로 기공을 막기 때문인 것으로 생각된다. 또한 환경온이 낮은 경우에, 초기에는 직물이 수분을 비교적 천천히 흡수하기 때문에 인체가 적응하는 시간이 길며, 계속 투습이 이루어짐을 알 수 있다.

의복의 착용시 인체에서의 수분이 충분히 배출되지 않으면 열적 스트레스가 증가하여, 의복내 습도가 상당히 높아져 인체에 불쾌감을 유발시킬 것으로 예상된다. 따라서 장시간의 착용과 발한이 많이 행해지는 경우에는 지속적인 수분전달이 계속적으로 행해질 수 있는 기능성 소재의 필요성이 절실하다고 생각된다.

4. 상대습도 차이(Δ)를 통한 시료별 수분전달 변화

<Fig. 4>에서 보면 15℃, 50% R.H.인 경우에는 시료간의 차이가 현저하게 나타나 HI와 HO의 상대습도 차이가 시료 D의 경우에 가장 컸으며, B, C, A의 순으로 나타났다. 이는 투습성의 결과에서도 알 수 있듯이 시료 D의 투습도 값이 가장 작기 때문인 것으로 생각된다. 20℃, 60% R.H.의 환경에서는 시료별 차이가 가장 적게 나타났는데, HI와 HO의 상대습도 차이가 20~40% 정도로 증감을 주기적으로 반복하는 특이한 현상이 나타났다. 그리고 환경 25℃, 65% R.H.에서도 15~30% 범위에서 HI와 HO의 상대습도 차이가 증감을 반복하는 현상이 유사하게 나타났다.

이는 습도가 증가하면 수증기 분자 간의 거리가 가까워져 수증기 사이의 인력이 증가하게 되며, 온도가 증가하게 되면 수증기의 절대량이 증가하게 된다. 따라서 수증기의 분자 이동이 고습부에서 저습부로 보다 용이하게 일어난다. 그러다가 공기중에 투습되어 수증기의 분압이 10% 이상이 되면 포화상태가 일어나 또다시 수분이 평형이동상태로 되기 위해 다시 상대습도 차이가 감소하는 현상이 나타나는 것으로 여겨진다. 즉, 모세관의 위킹성(wickability)의 성능 차원에서 포화상태가 되기 이전까지는 투습이 고습부(직물)에서 저습부(환경)로 진행되다가 수증기의 분압이 포화상태에 이르면 다시 환경 고습부에서 직물 저습부로의 이동 현상이 반복되는 것이라 생각된다.

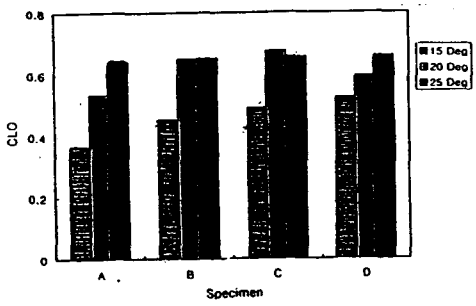
5. 시료별 열전달 특성

각 환경별 소재의 열전달 특성을 평가하고자 하였다.

<Table 4>와 <Fig. 5>는 각 투습방수포의 환경별 열전달 특성을 나타낸 것이다. 물리적 파라메타와 CLO와의 상관성을 살펴보면, 시료의 두께가 두꺼울수록 열전달량은 감소하였다.

피복재료의 보온성은 구성섬유의 열차단력과 함유하고 있는 공기의 열차단력의 총합이라고 할 수 있는데, 직물의 두께가 두꺼울수록 열전달은 적게 일어난 것으로 알 수 있다. 피복도

(bulk density)와 기공도(porosity)가 가장 큰 시료인 D의 경우에 열전달이 가장 낮게 나타났다. 즉 기공도가 크다는 것은 공기의 함량이 많음을 의미한다고 하겠다. 외기온에 따라서는 시료별로 열판(체온)과 외기 환경온의 차이가 클수록 CLO의 값은 뚜렷한 차이를 나타내어 시료 D가 가장 높았고 그다음이 C>B>A 순서였다. 그러나 외기 환경온과 열판과의 차이가 작은 경우에는 시료간의 차이가 현저하지 않고 비슷한 값을 나타내었다. 열전달 특성과 시료 표면과의 특성을 상호관련하여 설명하면, 시료의 표면이 거칠수록 열전달 특성이 더욱 작게 나타났다. 이는 직물의 표면 거침의 정도가 클수록 주위 공기와의 마찰을 유발시키기 때문에 공기 저항에서 구배를 형성할 수 있기 때문인 것으로 생각된다.



〈Fig. 5〉 CLO of samples in various environments

Ⅳ. 결 론

최근 3년간의 대구 지역 외기 환경 중에서 봄, 가을철을 기준으로하여 환경온, 습도를 15℃, 50% R.H., 20℃, 60% R.H., 25℃, 65% R.H.의 세가지로 설정한 후, 투습방수 소재의 기능성을 수분 및 열전달 특성을 중심으로 평가하고자 실험하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 기능성 투습방수소재의 물리적 특성과 투습성을 살펴본 결과, 일반직물과 동일한 경향으로 두께가 얇을수록 투습성이 높게 나타났으나, 두께에 대한 기공도의 값은 모든 시료에 대해 선형비례관계를 나타내지는 않았다.
2. 시료 모두 접촉각이 90° 이상으로 방수성능을 충분히 가지고 있었으며, KES-F system을 사용하여 시료의 표면 특성을 살펴본 결과 열전달 특성이 나타났는데, 표면이 거친 직물일수록 열전달이 낮게 나타났다.
3. 인체착의모형 실험을 통한 수분전달 특성을 살펴본 결과, 15℃, 50% R.H.의 환경에서는 직물과 환경간의 습도가 10분정도가 경과하고 나서 포화치에 이르러 일정 수준을 계속 유지하였다. 20℃, 60% R.H., 25℃, 65% R.H.의 환경에서는 15분 정도 경과한 이후에 일정 포화치에 이르렀다. 직물과 환경간의 습도 값은 20℃의 환경

〈Table 4.〉 Results of thermal transmittance in various environment

		A	B	C	D
15℃, 50% R.H.	U1 (W/m²·℃)	17.21	14.03	12.90	12.10
	U2 (W/m²·℃)	17.58	14.27	13.11	12.28
	CLO (m²·℃/W)	0.367	0.452	0.492	0.525
20℃, 60% R.H.	U1 (W/m²·℃)	11.50	9.81	9.43	10.71
	U2 (W/m²·℃)	12.05	9.94	9.55	10.86
	CLO (m²·℃/W)	0.535	0.649	0.675	0.594
25℃, 65% R.H.	U1 (W/m²·℃)	9.88	9.79	9.73	9.68
	U2 (W/m²·℃)	10.00	9.90	9.84	9.79
	CLO (m²·℃/W)	0.645	0.652	0.656	0.659

온 경우에는 60~80% 영역에서, 25℃ 환경온에서는 약 70~85% 영역에서 증감이 반복되는 경향이 나타났다.

4. 시료와 인체, 시료와 환경간의 습도센서 값의 차이(Δ)를 살펴본 결과, 모든 시료에서 환경온 20℃의 경우에는 20~40% 영역에서, 환경온 25℃의 경우에는 15~30% 영역에서 증감의 반복이 나타났다.
5. 시료의 열전달 특성과 물리적 특성을 고려할 때, 시료의 두께가 두꺼울수록, 피복도, 기공도가 낮을수록 열전달이 낮게 나타났다. 또한 외기 환경온과의 차이가 클수록 시료간 CLO차이가 뚜렷하게 나타났다.

참 고 문 헌

1. Burgeni A. A., & Kapur, C. (1967). Capillary sorption equilibria in fiber masses. *Textile Research Journal*, 37(5), 356-366.
2. Day, M., & Sturgeon P. Z. (1986). Water vapor transmission rates through textile materials as measured by differential scanning calorimetry. *Textile Research Journal*, 56(3), 157-161.
3. Sakabe, H. (1987). States of water sorbed on wool as studied by differential scanning calorimetry. *Textile Research Journal*, 57(2), 66-72.
4. Hong, K., Hollies, N. R. S., & Spivak, S. M. (1988). Dynamic moisture vapor transfer through textiles, part I: clothing hygrometry and the influence of fiber type. *Textile Research Journal*, 58(2), 697-706.
5. Kim, J. O.,. & Spivak, S. M. (1994). Dynamic moisture vapor transfer through textiles, part II: further techniques for microclimate moisture and temperature measurement. *Textile Research Journal*, 64, 112.
6. 이재곤 (1978). 직물의 열전달에 관한 연구. 한국섬유공학회지, 15(1), 12-17.
7. Gibson, P. W. (1993). Factors influencing steady-state heat and water vapor transfer measurements for clothing materials. *Textile Research Journal*, 63(12), 749-764.
8. 안승국 (1995). 의복쾌적감의 개념과 직물의 열 및 수분전달 특성평가. 한국섬유공학회지, 32(6), 527-531.
9. Le, C. V., & Ly, N. G. (1995). Heat and moisture transfer in textile assemblies, part I: steaming of wool, cotton, nylon and polyester fabric beds. *Textile Research Journal*, 65(4), 203-212.
10. Woo, S. S., Itzak, S., & Roger, L. B. (1994). Heat and moisture transfer through nonwoven fabrics. *Textile Research Journal*, 64(3), 149-162
11. Takeshi, Y., Masayo, M., & Akiko, M. (1994). Dynamic water vapor and heat transport through layered fabrics. *Textile Research Journal*, 64(8), 457-461.
12. 나미희, 김은애 (1990). 섬유의 종류와 조합에 따른 직물의 수분전달 특성에 관한 연구. 한국의류학회지, 14(3), 229-240.
13. 김은애, 한은경 (1991). 내의용 편성물의 보온성 및 수분전달 특성에 관한 연구. Yonsei Journal of Euthenics, 5, 31-41.
14. 성수광, 성은정, 권오경, 권헌선 (1996). 시판 한복지의 열, 수분이동 특성. 한국의류학회지, 20(6), 1071-1083.
15. 류덕환 (1987). 투습발수가공 의피로의 열전달능에 관한 연구. 계명대학교 과학논집, 13-20.
16. 조길수, 최종명, 이정주, 이선우 (1992). 투습발수 직물과 보온단열 소재의 열 및

수분전달 특성. 한국의류학회지, 16(2), 237-244.
17. 임용삼, 이호경, 고석원 (1993). 폴리우레탄 수지에 의한 면직물의 투습방수가공. 한국섬유공학회지, 30(10), 759-765.
18. 김경희 (1992). 습윤이 투습방수코팅된 나일론 직물의 기본태와 외관성능에 미치는 영향. 숭실대학교 석사학위논문.
19. 정경자, 최석철 (1994). 투습방수포의 세탁방법에 따른 물성 변화에 관한 연구. 한국의류학회지, 18(5), 674-681.
20. 김은애, 박순자 (1994). "기초피복위생학". 경춘사.
21. Yoon, H. Y., & Buckley, A. (1984). Improved comfort polyester/cotton blended fabrics. *Textile Research Journal,* 54, 289-298.
22. 최재우, 김석근, 윤원식 (1995). 폴리프로필렌 스펀본드 부직포의 투습성에 관한 연구(Ⅱ). 한국섬유공학회지, 32(11), 1033-1038..
23. 安田 武, 横山 宏太郎, 井尻 登喜子(1983). 透濕性防水布の性能に關する一考察. 日本纖維製品消費科學會誌, 24(11), 486-491.
24. 김성련 (1982). 피복을 통한 수분의 확산. 화섬, 5, 17-21.
25. 나영주 (1997). 직물의 표면 정지공기층의 두께 측정. 한국의류학회지, 21(7), 1117-1123.