

마직물 및 마흔방직물의 온열특성에 대한 흡습의 영향

권오경¹⁾ · 이창미¹⁾ · 성우경²⁾

1) 경일대학교 의상디자인학과

2) 경일대학교 섬유패션학과

The Effect of Absorption Water on Thermal Properties of Pure Linen and Linen Blended Woven Fabrics

Oh Kyung Kwon¹⁾, Chang Mi Yi¹⁾ and Woo Kyung Sung²⁾

1) Dept. of Clothing & Design, Kyungil University, Kyungsan, Korea

2) Dept. of Textile and Fashion Technology, Kyungil University, Kyungsan, Korea

Abstract : The thermal properties of the pure linen fabrics available in the market and linen blended woven fabrics were measured at the moisture content of 0%, 20%, 40% and 60% using KES-F7 system (Thermo labo II type). The experimental properties were statistically analyzed by the rate of water absorbent. The main results were as follows: There is a positive correlation between the thermal insulation value (TIV) and thickness of pure linen fabrics and linen blended woven fabrics by water absorption. Whereas a negative correlation exists between the TIV and cover factor. There is a high positive correlation among the thermal conductivity (k), thickness and weight of pure linen fabrics and linen blended woven fabrics by water absorption. Whereas a high negative correlation exists between the k and air permeability (Ap). There is a high positive correlation between the feeling of warmth/coldness and bulk density of pure linen and linen blended woven fabrics by water absorption. Whereas a high negative correlation exists between the feeling of warmth/coldness and porosity. There is a negative correlation between TIV and q_{max} of pure linen fabrics and linen blended woven fabrics. The higher the rate of water absorbent, the lower the TIV. This means that TIV decreases by water absorption. As for the thermal property by rate of water absorbent q_{max} and k increase by water absorption and reach max-value at 60% rate of water absorbent. The TIV decreases by water absorption and has +value at 0% rate of water absorbent, whereas it has -value with a feeling of coldness at 20%, 40%, and 60% rate of water absorbent.

Key words : thermal comfort, water absorbent, thermal insulation value, air permeability.

1. 서 론

수천년전부터 인류의 의복재료로 사용되어져 온 마직물은 인체의 열적스트레스시 땀을 빨리 흡수하여 외부로 방출시킬 수 있는 전도성이 우수한 섬유로 알려져 있다. 흡수능력이 우수한 섬유의 경우 피복재료의 흡수능력을 초과하지 않는 발한 범위에서는 쾌적하지만, 그 범위 이상으로 증가하게 되면 불쾌감을 유발하는 것으로 알려져 있다. 특히 서열환경하에서는 피부표면의 땀이 빨리 흡수되지 않으면 불쾌감이 증가되므로 피복재료의 흡수성은 쾌적한 의복재료에 있어 불가결한 요소라 할 수 있다.

쾌적함에 영향을 미치는 인자로는 여러 가지가 있지만 피부의 습윤감 및 의복을 통한 열이동특성, 접촉온냉감은 특히 중

요한 인자이며, 더욱이 여러 복합요인을 조합하여 섬유제품의 소비까지 만족시킬 수 있을 때 쾌적한 의복이라 할 수 있다. 이를 위한 피복재료의 효과적인 열이동은 구성인자간의 열적, 기하학적, 부피적 요소로 측정되어지며, 의복재료의 특성은 의복 내 기후와 관련되어 주관적 감각으로 반영된다.

의생활중 생성된 과도한 열은 발한으로 쉽게 방산되는데, 이때 의복은 자유로운 수증기의 증발을 방해하여 인체에 불쾌감을 유발하게 되므로 인체-의복-환경system에서의 열교환에 관한 정량적인 분석은 중요한 의미를 가지며, 이미 다수의 연구들(Rees, 1941; Morris, 1953)을 통해 직물의 객관적인 평가와 의복 착용시 주관적 감각과의 의미있는 관계가 성립되었으며, 직물의 특성이 의복 착용감을 예측할 수 있는 주된 요인이 될 수 있음이 보고되었다. 이외에도 천의 열·수분이동 측정원리(Kawabata, 1984), 각종 피복재료의 구성요소·역학적 특성 및 흡수특성 등이 열적특성에 미치는 영향(妹尾 등, 1985; 妹尾 등, 1985; 妹尾 등, 1986)이 보고되었으나, 마직물의 특성에 대한 정량적인 규명은 부족한 실정이며, 이에 관한 열물성치의

체계적인 연구는 아직 미흡하다고 볼수 있다. 따라서, 본 연구에서는 최근 여름철 의류 소재로 호평받고 있는 마직물의 열적 쾌적감을 얻기 위한 기초자료를 제시할 목적으로 마직물 및 마흔방직물 17점을 선정하여 흡습률을 달리한 후, 열적특성 및 구조적 특성, 수분이동특성을 측정하였으며, 얻어진 특성치를 마직물의 흡습률과 관련시켜 비교·검토하였으며, 흡습률에 의한 이들 특성치 상호간의 관계를 통계적으로 분석하고 그 유의성을 검토하였다.

2. 실험

2.1. 시료

사용한 시료는 D사에서 제공된 마직물 및 마흔방직물 17점으로 선정하였으며, 시료의 정련, 표백 및 염색가공은 D사의 가공조건에 의하였으며, 그 물리적 특성은 Table 1과 같다. 열적특성에 대한 흡습의 영향을 평가하기 위하여 각 시료는 항온항습 chamber내에서 건조중량의 0, 20, 40, 60%로 흡습량을 조절하여 평가용 시료로 사용하였다.

2.2. 열물성치 측정

접촉은냉감(q_{max}): KES-F system(Thermo Labo II; Kato Tech CO., LTD.)을 사용하여 시료의 표면온도보다 높은 유한 열량의 열원판을 시료에 접촉시킨후 초기에 생기는 순간적인 시료로의 열흡수량의 최대치인 q_{max} 를 측정하여 온냉감에 관계하는 척도로 하였다. 본 측정에서는 water-box에 실은 20°C의 물을 순환시켜 위에 놓인 시료표면의 온도를 실온과 동일하게 유지하였고, 피부온도와와의 차이를 고려하여 열원판과 시료의 온도차를

10°C로 하였다. 시료에 대한 열원판의 접촉압은 10 gf/cm²로 일정하게 하였으며, 각 시료에 대하여 3회 측정하여 평균치로 하였다.

열전도도(k): 열전도도의 측정은 2매의 동판 즉, BT-BOX와 WATER-BOX 사이에 시료를 삽입하여 BT-BOX를 열원으로 하고 온도를 일정하게 유지시켰다. 이때 열원의 일정온도 유지를 위해 필요한 열량과 그때의 시료 양면의 온도차를 측정하여 다음식에 의해 열전도율을 구하였다. \bar{W} 를 열류량(W), BT를 열판온도(°C), T를 공기온도(°C), D를 시료의 두께(mm), A를 BT-BOX의 면적 25 cm²(시료에 가해지는 압력 : 6 gf/cm²)라고 하면,

$$k = \frac{W \times D}{A \times \Delta T} \text{ (W/cm} \cdot \text{°C)}$$

보온율: KES-F system(Thermo Labo II; Kato Tech CO., LTD.)을 이용하여 시료를 덮은 열판의 일정온도(30°C)를 유지하기 위하여 소비된 열량(W)과 시료를 덮지 않은 열판의 일정온도를 유지하는데 소비된 열량(W₀)을 비교하여 보온율(TIV)을 계산하였다. 이때 열원판과 실온과의 차이는 10°C로 설정하였고, 의복내 기후를 고려하여 풍속은 30 cm/sec로 하였다.

$$W = \frac{\bar{W} \times 100}{BT - T} \text{ (W/m}^2 \cdot \text{°C)},$$

$$TIV(\%) = \frac{W_0 - W}{W_0} \times 100$$

Table 1. The specification of fabrics for sample

Sampel group	Specimen	Material fiber	Cloth structure	Yarn count (Ne, 's)	Fabric count (yarns/in)	Thickness (mm)	Areal weight (mg/cm ²)	Bulk density (g/cm ³)	Porosity (%)	Cover factor
I	F1	linen 100%	plain	40×40	54×50	0.24	4.104	0.171	88.44	17.72
	F2	linen 100%	plain	44×40	60×54	0.29	4.002	0.172	88.37	18.31
	F3	linen 100%	plain	25×25	50×40	0.34	6.007	0.176	88.10	19.40
	F4	linen 100%	plain	14×14	36×30	0.49	7.904	0.161	89.12	17.37
II	F5	ramie 100%	plain	48×48	62×62	0.25	2.809	0.112	92.43	19.50
	F6	ramie 100%	plain	36×36	36×36	0.21	2.793	0.133	91.01	21.16
III	F7	cotton 45/linen 55%	plain	10×14	36×30	0.50	6.832	0.136	90.81	20.62
	F8	cotton 45/linen 55%	plain	8×8	46×38	0.42	6.207	0.147	90.06	26.16
	F9	cotton 45/linen 55%	plain	11×11	56×47	0.47	6.615	0.140	90.54	26.28
	F10	cotton 85/linen 15%	plain	30×30	80×50	0.24	2.748	0.114	92.29	23.94
	F11	cotton 45/linen 55%	plain	20×20	64×50	0.27	3.586	0.132	91.08	25.50
	F12	cotton 45/linen 55%	plain	30×50	62×52	0.23	3.078	0.133	91.01	19.64
IV	F13	ramie 85/line 15%	plain	30×40	56×52	0.33	5.213	0.157	89.39	18.73
	F14	ramie 85/line 15%	plain	30×40	68×52	0.32	4.550	0.142	90.40	21.33
	F15	ramie 85/line 15%	plain	36×30	105×64	0.26	3.772	0.145	90.20	31.09
V	F16	polyester 60/ramie 40%	twill	40×40	100×60	0.20	3.257	0.163	88.98	22.46
	F17	polyester 60/ramie 40%	plain	30×30	80×70	0.21	2.893	0.137	90.74	27.60

Table 2. Transport properties of fabrics for sample

Properties Fabrics	k ^{a)} (W/cm · °C)	q _{max} (W/cm ² · s)	TIV (%) ^{b)}	Wa (mm) ^{c)}	Ap ^{d)} (m/KPa · s)
F1	0.0006	0.223	13.5	51.5	13.89
F2	0.0006	0.218	26.9	19	6.47
F3	0.0009	0.226	15.9	39	6.45
F4	0.0011	0.197	22.5	38.5	5.57
F5	0.0006	0.180	14.1	72.5	13.12
F6	0.0005	0.197	12.5	61	24.57
F7	0.0013	0.172	17.2	42.5	3.96
F8	0.0010	0.162	23.9	44.5	2.72
F9	0.0012	0.160	12.6	19	1.37
F10	0.0007	0.165	5.5	40.5	18.62
F11	0.0007	0.161	10.5	15	21.88
F12	0.0006	0.187	16.0	76.5	10.79
F13	0.0009	0.200	12.1	34.5	2.99
F14	0.0008	0.190	17.2	34.5	4.07
F15	0.0008	0.206	12.4	7.5	2.50
F16	0.0006	0.208	0.17	71	8.40
F17	0.0006	0.183	5.11	27	25.84

- a) Thermal conductance
- b) Thermal insulation value
- c) Water absorbent
- d) Air permeability

통기도 측정 : 통기도는 JIS L 1096 A법에 의해 KES-F8-AP1 Air-permeability tester(Kato Tech CO., LTD.)를 사용하여 표준상태에서 24시간 이상 방치한 시료 5개소에 대하여 측정, 그 평균치로 하였다. ΔP를 압력차(kPa), Q를 공기유량(m³/s), A를 시료면적(m²)이라 하면,

$$\text{통기저항도}(kPa \cdot s/m) = \frac{\Delta P}{Q/A}$$

$$\text{통기도}(m/kPa \cdot s) = 1/\text{통기저항도}$$

3. 결과 및 고찰

마직물 및 마혼방직물의 17점에 대한 열적특성의 측정치를

Table 3. Correlation coefficient among the characteristics of fabrics for samples

	Thickness	Areal weight	Bulk density	Porosity	Cover factor	q _{max}	TIV	k	Wa	Ap
I	1.00									
W	0.9497	1.00								
Bd	0.1718	0.4633	1.00							
Po	-0.1711	-0.5626	-1.00	1.00						
Cf	-0.0693	-0.1858	-0.3457	0.3457	1.00					
q _{max}	-0.2705	0.0013	0.7611	-0.7613	-0.4490	1.00				
TIV	0.4950	0.5412	0.2568	-0.2570	0.5862	0.0001	1.00			
k	0.9590	0.8874	0.1141	-0.1133	0.0886	-0.3064	0.2629	1.00		
Wa	-0.3424	-0.3622	-0.1808	0.1804	-0.5010	0.0766	0.0697	-0.3881	1.00	
Ap	-0.6764	-0.7190	-4.037	0.4034	0.0510	-0.1507	-0.2516	-0.6932	0.2526	1.00

Table 2에 나타내었고, 각 특성치들간의 상관계수를 Table 3에 나타내었다.

3.1. 구조적 특성과 열·수분이동특성간의 관계

Fig. 1은 흡습률에 따른 마직물의 두께와 보온성의 관계를 나타낸 것으로 분산분석 결과 흡습률 0%에서 p<0.05수준에서 유의한 차이가 인정되었으며, 대체로 두께와 보온성과의 관계에 있어서 흡수율이 증가하면 보온율은 감소하는 것으로 나타났다.

구성 소재별 보온성은 군집 III(cotton 45/linen 55%)가 가장 컸으며, 군집 V(polyester 60/ramie 40%)가 가장 낮은 것으로 나타났다. 보온율은 두께와 비례, cover factor와는 반비례하는 것으로 나타났으며, 두께와 cover factor 모두 흡습률 0%에서 그 유의성이 인정되었다.

Fig. 2는 흡습률에 따른 열전도도와 두께와의 관계를 나타낸

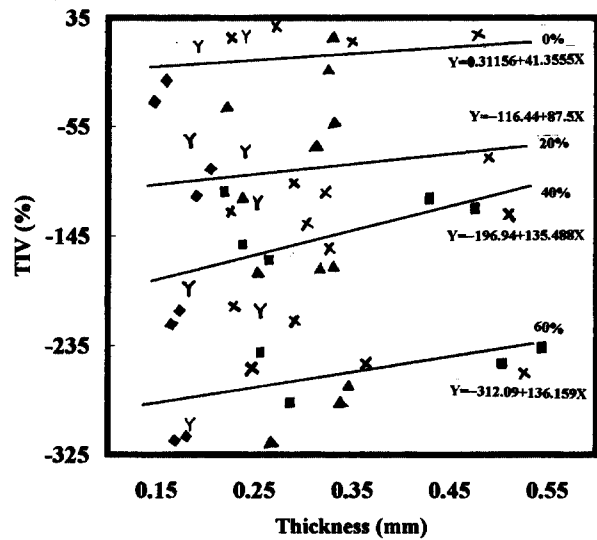


Fig. 1. Relationship between thickness and thermal insulation value (TIV). Group 1: X, Group II: Y, Group III: ■, Group IV: ▲, Group V: ◆

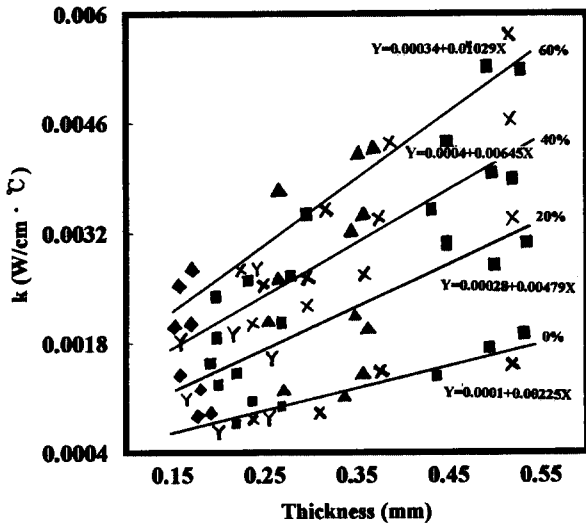


Fig. 2. Relationship between thickness and thermal conductivity (k). Group I : X, Group II : Y, Group III : ■, Group IV : ▲, Group V : ◆

것으로 시료 모두에서 $p < 0.001$ 수준에서 유의한 차이가 인정되었으며, 상관계수 0.91~0.92의 높은 상관성을 나타내었고, 흡습률이 높을수록 열전도율이 높은 것으로 나타났다. 이는 섬유자신의 열전도율보다는 섬유내의 수분과 섬유의 구성형태에 있어 열전열성이 큰 공기의 함유등이 더 큰 영향을 주기 때문으로 생각된다. 즉, 흡수량의 증가에 따라 열전도도가 일정하게 증가경향을 보이는 것으로 보아 수분의 열전도율에 영향을 더 받는 것을 확인할 수 있다.

흡습률에 따른 열전도도와 중량과의 관계에 있어서는 시료 모두에서 $p < 0.001$ 수준에서 유의한 차이가 인정되었으며, 상관계수 0.78~0.86의 높은 상관성을 가졌다. 이는 열전도도와 두께의 관계와도 같은 결과로서, 수분에 의한 중량의 증가로 직물내부의 공기 함유량이 감소하므로 열전달이 쉽게 이루어져 보온성의 저하를 초래하는 것으로 사료되어진다. 통기성은 대류 및 증발에 의한 열방산과 방풍성에 영향을 주므로 직물의 통기도는 열·수분이동특성에 미치는 효과가 크며, 직물의 통기성은 구조적 특성과 관계되므로 흡습률에 따른 열전도도와 통기도와와의 관계를 검토해 본 결과 시료 모두에서 $p < 0.001$ 수준에서 유의한 차이가 인정되었으며, 상관계수 0.48~0.43의 역상관을 보였다. 또한 흡습률의 증가에 따라 열전달계수 또한 높은 증가경향을 보였는데, 이는 흡습에 의한 수분보유력의 증가로 통기저항이 감소하여 열전도가 쉽게 이루어지기 때문으로 여겨진다.

온냉감은 의복착용시 인체로의 순간적인 접촉열이동량, 즉 초기열유속최대치로 나타내는데, 이는 촉감과 더불어 착용감이나 쾌적성에 큰 영향을 끼친다. 이때, 초기열유속최대치(q_{max})는 접촉온냉감의 척도로서 q_{max} 값이 클수록 냉감이 강하고 작을수록 따뜻한 느낌을 가진다.

Fig. 3은 흡습률에 따른 함기율과 q_{max} 를 나타낸 것으로 흡습

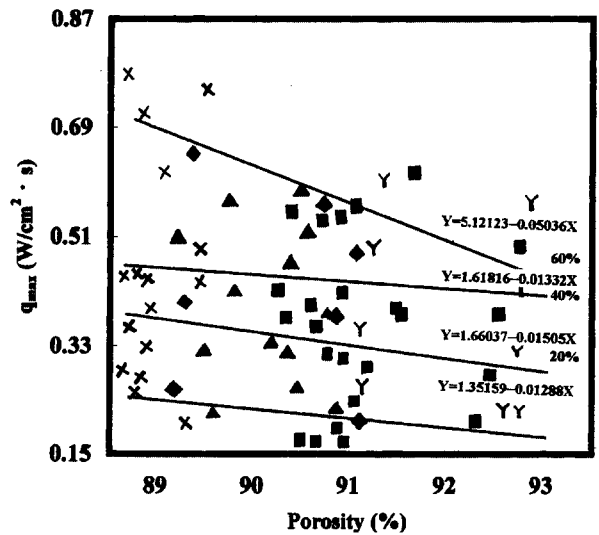


Fig. 3. Relationship between porosity and q_{max} . Group I : X, Group II : Y, Group III : ■, Group IV : ▲, Group V : ◆

률 0, 60%에서만 각각 $p < 0.001$, $p < 0.01$ 수준에서 유의한 차이가 인정되었다. 섬유내의 공기의 열저항은 섬유의 열저항보다 크므로 q_{max} 는 두께, 중량, 표면특성, 함기율, 표면기공도와는 역상관을 가지며, q_{max} 는 흡수되지 않은 0%, 과다한 수분을 흡습시킨 60%에서 걸보기 비중, 함기율 모두 그 유의성이 인정되어 마직물의 경우 어느 정도의 수분은 온냉감에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 나타났으나 과다한 수분 흡습시는 구성조직이 느슨해져 함기량이 감소되므로 냉감을 초래하는 것으로 여겨진다.

Fig. 4는 흡습률에 따른 q_{max} 와 보온율과의 상관성을 나타낸

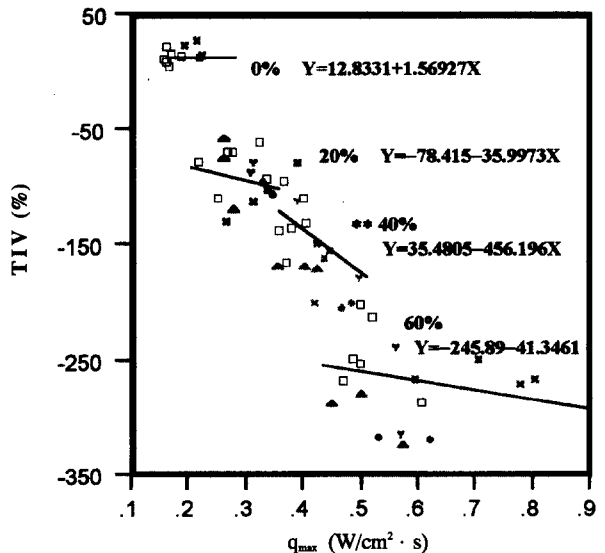


Fig. 4. Relationship between q_{max} and thermal insulation value (TIV). Group I : X, Group III : ■, Group IV : ▲, Group V : ◆

것으로 q_{max} 값이 클수록 보온율은 작아지는 역상관을 나타내어 q_{max} 값이 클수록 접촉시 온냉감을 느끼며 낮은 보온성을 나타냄을 알 수 있다. 흡습률별로는 분산분석결과 흡습률 40%에서만 $p < 0.01$ 수준에서 유의한 차이가 인정되었고, 상관계수 0.35의 약한 상관을 보여 마직물의 흡습성능의 범위는 대략 중량의 40% 정도로 추측되며, 그 이상의 수분 흡습시는 불쾌감을 유발할 것으로 사료되어진다. 또한 흡습율이 높아질수록 보온율이 떨어져 낮은 보온성을 나타내었으며, 구성 소재별로는 군집 III(cotton 45/linen 55%)가 가장 높은 보온성을 나타냈다.

3.2. 흡습률에 따른 열물성치의 변화

의복착용시 착심지와 패적성은 섬유소재의 흡수성과 직물의 수분이동특성과 밀접한 관계를 가진다. 특히 여름철의 끈끈함을 수반하는 마직물의 착용후 흡습에 따른 구조적 특성의 변화는 온냉감의 변화를 수반할 것으로 여겨져 0, 20, 40, 60%의 수분을 흡습시킨후 q_{max} , k , TIV를 측정하였으며, 흡습에 따른 이들 열물성치의 변화경향을 Fig. 5에 나타내었다.

흔히 온냉감의 척도로 q_{max} 와 열전도율을 같이 고려하는데, Fig. 5에서 볼수 있는 것처럼 q_{max} 와 k 의 값은 흡습률에 따라 증가경향을 나타내었으며, 시료 모두에서 거의 비슷한 수준으로 증가하다가 60%에서는 그 수치가 최고치에 도달하였다. 이는 흡습에 따른 겉보기 비중, 합기율등의 구조적 특성의 변화때문으로 해석되어지는데, 흡습률이 많아질수록 수분의 영향으로 공극률이 축소되어 합기율이 낮아지므로 열전달

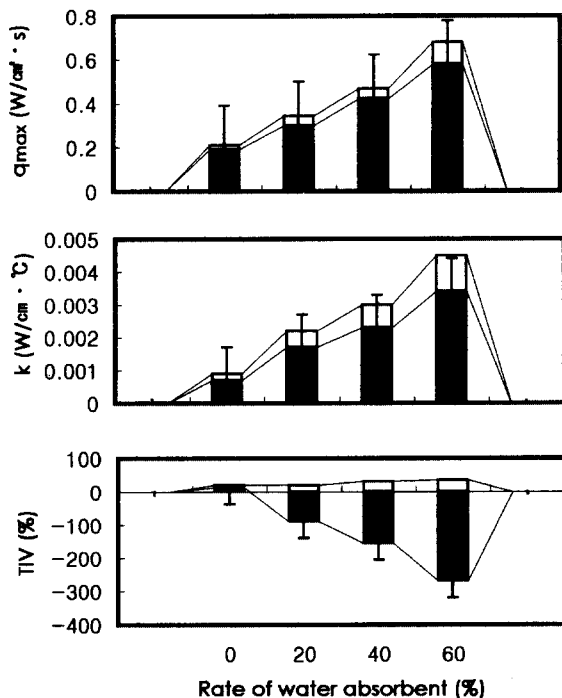


Fig. 5. Variation of thermal properties according to the rate of water absorbent for linen.

이 쉽게 이루어져 냉감이 커지는 것으로 사료된다. 보온율의 경우는 q_{max} , 열전도도와는 반대경향을 보이며 60%에서 급격한 감소를 나타내었으며, 흡습이 많아질수록 감소경향을 나타내었다. 흡습률별로 보면, 흡습을 하지 않은 0%에서만 +의 값을 나타내어 온감을 나타내었으며, 흡습시킨 20, 40, 60%에서는 -의 값을 나타내어 보온성이 낮아지는 것으로 생각된다.

따라서, 마직물의 흡습률에 따른 구조적 특성의 변화는 보온율의 변화를 가져온다고 볼수 있고, 흡습시 열손실량이 크고, 천표면에서의 수분방출이 이루어져 냉감을 가지는 것으로 추정되어진다. 마직물 착용시 여름철에 시원함을 느끼는 이유는 이들 성질들의 조합적 균형때문으로 사료된다.

4. 결 론

흡습에 따른 열적특성을 규명하기 위해 마직물 및 마흔방 직물을 0, 20, 40, 60%로 흡습률을 달리한 후 보온성, 접촉온 냉감등의 열적특성을 KES-F7 system(Thermo Labo II type)에 의하여 측정하였으며, 얻어진 특성치에 대한 흡습률의 기여도를 통계적으로 분석하여 얻은 주요결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 마직물 및 마흔방직물의 보온율은 두께와는 순상관을, cover factor와는 역상관을 갖는다. 흡습률이 증가하면 할수록 그 경향은 현저하며, 흡습률 60%정도에서는 건조직물에 비해 2배이상의 열손실이 발생한다.
2. 마직물 및 마흔방직물의 열전도도는 두께, 중량과는 순상관을, 통기도와는 높은 역상관을 가지며, 흡습률의 증가에 따른 열전도도는 보온율과 같은 경향을 갖는다.
3. 흡습에 따른 마직물 및 마흔방직물의 q_{max} 는 합기율과 높은 역상관을 가지며, 흡습률과는 순상관을 갖는다. 즉, 합기량이 클수록 온감이 크며, 흡습률이 클수록 냉감이 증가된다.
4. 마직물 및 마흔방직물의 TIV와 q_{max} 는 역상관을 가지며, 그 상관성은 흡습률 40%에서 뚜렷한 경향을 보인다.
5. 흡습률에 따른 열물성치 q_{max} 와 k 는 흡습에 따라 증가경향을 나타내며, 보온율은 이와는 반대로 흡습에 따라 감소경향을 나타내어 흡습률 0%에서는 +의 값을, 20%, 40%, 60%에서는 -의 값을 나타낸다.

참고문헌

Morris G.J. (1953) Thermal properties of textile materials, *J. Text. Inst.*, **44**, 449-476.
 Rees W.H. (1941) Transmission of heat through textile fabrics, *J. Text. Inst.*, **32**, 149-166.
 川端秀雄 (1984) 布の熱・水分移動特性測定装置試作應用. *日本纖維機械學會誌*, **37**(8), 130-141.
 妹尾順子・米田守光, 丹羽雅子 (1985) 被服材料の熱傳導特性に関する基礎的研究(第1報) 布の有効熱傳導率の測定. *日本家政學雜*

誌, 36, 241-250.

妹尾順子·米田守光·丹羽雅子 (1985) 被服材料の熱傳導特性に關する基礎的研究(第2報) 含水 狀態における布の有効熱傳導率. 日本家政學雜誌, 36, 251-260.

妹尾順子·米田守光·丹羽雅子 (1986) 被服材料の熱傳導特性に關する基礎的研究(第3報) 布の接觸溫度としての初期熱流束最大値(qmax)について. 日本家政學雜誌, 37, 1049-1061.

(1999년 5월 2일 접수)
