

편성물의 섬유의 종류, 실의 굵기 및 나트타입에 따른 투습완충능력

유화숙 · 허윤숙 · 김은애

연세대학교 의류환경학과

Effect of Fiber Content, Yarn Size and Construction of Knit Fabrics on the Buffering Capacity against Water Vapor

Yoo Hwa Sook · Hu Yoon Sook · Kim Eun Ae

Dept. of Clothing and Textiles, Yonsei University

(1995. 12. 6 접수)

Abstract

The purpose of this study was to evaluate the effect of characteristics of knit fabrics on the microclimate of the skin simulating system. To determine the effect of characteristics of knit fabrics, vapor state of sweat pulse was simulated in the closed system. Different contents of fibers such as cotton, wool and polyester with different yarn size and knit types were chosen for specimens. The changes of humidity and temperature of air layer in the simulated systems were measured. Buffering indices, K_d and β_r , were determined by considering a_b , ΔP_{max} , t_{max} , and $\tan\beta$. Physical properties of knit fabrics such as thickness, porosity, air resistance and moisture vapor transport were measured. Results showed that vapor pressure of wool was lower than cotton or polyester. This was attributed to the hydrophilicity of wool which absorbed moisture rather quickly and retained in the knit fabric. The time to decrease vapor pressure was faster for polyester than cotton or wool. As a result, K_d was in the order of wool > polyester > cotton. β_r of wool was lower than cotton or polyester due to its lower porosity and slower desorption rate. For the yarn size, K_d was in the order of 80's > 60's > 30's; thinner and lighter yarn showed better water vapor transport property. For knit type, buffering capacity of single jersey was better than interlock knit fabric. Statistical analysis showed that the air permeability was the most influential factor for the water vapor transport properties.

이 연구는 1993년도 연세대학교 학술연구비 지원에 의한 결과로 이루어진 것임.

I. 서 론

인체의 발한 작용과 증발은 효과적인 체온조절 메커니즘이며 땀의 증발은 인체와 가장 가까운 외부환경인 의복에 의해 영향을 받게 되므로 의복을 통한 땀의 증발은 체온조절과 습윤감을 통해 착용감에 영향을 미치게 된다. 의복의 착용감에 대한 연구는 Fig. 1과 같이 5 단계로 나누어 볼 수 있다¹⁾. 1단계는 발한 모델(skin model) 등을 이용하여 체적감과 관련된 적률분석을 통해 용도에 가장 적합한 소재를 선택하는 단계로 여기에서 선택된 소재의 특성분석은 마네킹에 의한 계측해석의 기초가 된다. 그리고 2단계의 계측 결과는 3단계의 의복 특성 계산의 기초가 된다. 이와 같이 분석단계 결과는 상호 연계되어 하위 단계는 다음 단계결과 해석에 기초자료로써 제공되나 4, 5단계로 이행 할수록 계측치의 정확도는 감소하고 소요경비는 급속하게 증대되는 반면, 5단계에서 1단계쪽으로 이행 할수록 경비는 감소하고 계측치의 정확도와 객관성이 높아져서 재료개발에 정확한 정보를 제공할 수 있다. 특히 측정된 착용감의 객관성은 재료특성과의 연계가 이루어질 때 확보되므로 1단계인 빌한모델을 이용한 재료특성의 연구는 의복의 착용감 연구의 기초로써 올바른 착용감 예측과 소재 개발의 방향제시에 필수적이라 할 수 있을 것이다. 또한 빌한 모델을 이용하여 측정된 미세기후의 온·습도의

경시변화로 부터 단일화된 평가 지수가 마련될수 있다면 통합된 체적감의 예측에 도움을 줄 것으로 생각된다. Umbach는²⁾ 미세기후에서의 수증기압과 온도 변화를 고려한 '투습완충능력'이라는 개념을 제시하고 이를 단일 지수로 환산하여 시료간의 수분과 열전달능력을 비교·평가한 바 있다. 따라서 본 연구에서는 빌한모델로서 김은애 등³⁾에 의해 개발된 수직 평판형 칙의 모형을 보완하여 의복내 미세기후층을 조작한 후, 빌한후의 온·습도 경시변화를 측정하고 투습완충능력을 산출함으로써, 의복재료의 특성이 착용감에 미치는 영향을 정량분석하고 이를 예측할 수 있는 기초 자료를 제공하고자 하였다. 시료로서는 수분전달특성이 특히 중요시되는 내의와 운동복에 주로 사용되는 편성물을 선택하여 섬유의 조성, 실의 굵기에 따라 변화된 두께 및 기공도 등의 구조적 특성, 니트타입이 투습완충능력에 미치는 영향을 비교·분석하였다.

II. 실험방법

1. 시료

시료는 섬유성분과 실의 굵기가 다른 인터복 편성물과 싱글저지 편성물을 사용하였으며 그 특성은 Table 1과 같다. 또한 각 시료의 기공도, 공기저항도, 투습성은 Table 2와 같다.

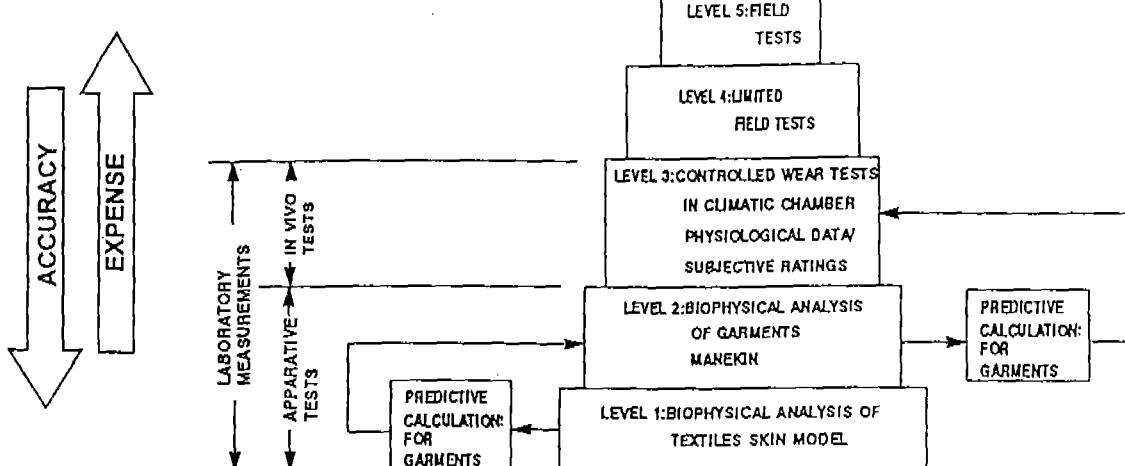


Fig. 1. A five-level system for the analysis of the physiological properties of textiles and garments.

Table 1. Characteristics of Knit Fabrics

sample	Fiber Content (%)	Knit Construction	Yarn Number	Thickness* (mm)	Weight (g/m ²)	Gauge (W×C/5 cm)
CI30	Cotton 100	Interlock	30's	0.77	214.2	72×78
PI35	Polyester 100	Interlock	35.4's(150D)	0.93	229.3	80×70
WI30	Wool 100	Interlock	30's	0.78	246.0	72×74
CI60	Cotton 100	Interlock	60's	0.68	169.0	92×106
CI80	Cotton 100	Interlock	80's	0.50	107.2	100×96
CS30	Cotton 100	Single Jersey	30's	0.44	122.2	80×90
PS35	Polyester 100	Single Jersey	35.4's(150D)	0.57	146.0	84×90

* KS K 0506

Table 2. Porosity, Air Resistance and Water Vapor Transport Properties of Knit Fabrics

	Porosity (%)	Air Resistance (KP _a · s/m)	WVTR (g/m ² · 24h)
CI30	82.4	0.18	1530.8
PI35	82.1	0.06	1393.6
WI30	76.1	0.13	1552.7
CI60	84.4	0.16	1564.6
CI80	86.4	0.05	1566.6
CS30	82.5	0.10	1381.7
PS35	81.4	0.01	1497.0

2. 물리적 특성

2-1. 기공도

편성물의 무게, 두께, 밀도 및 섬유의 밀도를 이용하여 다음의 식을 사용하여 산출하였다.

$$\text{Porosity} (\%) = \frac{d - d'}{d} \times 100 \quad (1)$$

단, d : density of fiber(g/cm³)

d : density of fabric(g/cm³)

$$d' = W/T$$

단, W : weight(g/cm²)

$$T : thickness(cm)$$

섬유의 밀도는 KS K 0816-1986에서 제시된 값을 사용하였다.

2-2. 공기저항도

KES-F8-AP1(automatic air permeability tester)를 이용하여 단위면적의 직물에 속도가 일정한 공기가

통과할 때 생기는 압력으로 측정하였다.

2-3. 투습성

KS K 0594의 투습컵 측정방법에 준하여 투습면적 50.3cm²의 컵에 100ml의 증류수를 넣어 상부로부터 1cm 떨어지도록 하였다. 시험편을 덮어 투습완충능력 측정조건인 21±1°C, 35±5% RH 조건의 항온 항습기에 24시간 방치한 후의 무게변화량으로 투습도를 산출하였다.

투습도의 산출방법은 아래와 같다.

$$WVTR = \frac{g}{a} \quad (2)$$

단, WVTR : rate of water vapor transport

$$(g/m^2 \cdot 24h)$$

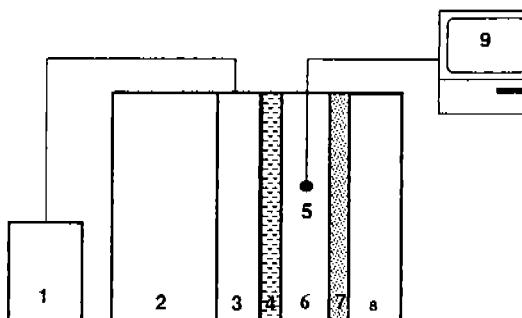
g : weight loss (g/24h)

a : area of specimen (m²)

3. 투습완충능력 평가

3-1. 평판형 착의모형 제작

Fig. 2와 같이 투명한 아크릴판과 판 및 구리판을 이용하여 제작된 수직 평판형 착의보형³⁾을 보정하여 이용하였다. 평판형 착의보형은 판넬히더에 구리판(15cm×15cm×1cm)을 부착하여 열판(35°C)을 구성하였고 흡습성 부직포인 Sontara 8406(rayon/polyester 70/30, Du Pont社)에 증류수 1g을 주사기로 골고루 뿐린 후 구리판위에 놓여서 인체의 피부를 모델링하였다. 온도제어는 구리판 사이에 온도센서를 삽입하고 on-off방식의 온도제어기(SD-501, 산업전기제작소)를 연결하여 조절하였다. 시료를 직경이 12.5cm, 두께 9mm인 원형으로 제작된 아크릴판(spacer ring)에 부착



1 : power supply & temp. control
 2 : supporter
 3 : hot plate (10 mm)
 4 : absorbent fabric
 5 : temp. & humidity sensors
 6 : spacer ring
 7 : sample
 8 : spacer ring attaching sample
 9 : PC data acquisition system

Fig. 2. Skin simulating system.

하여 외복부분을 모델링하였다.

열판과 편성물사이에 습도센서(두께 0.4cm, 면적 0.8cm×0.8cm, Humicor6100, Coreci社, 프랑스)와 RTD형의 온도센서를 삽입하고 변환기(4/20mA output, Transmicor Model 131.2, Coreci社, 프랑스)에 연결해서 상대습도와 온도에 따른 용량의 변화를 전압의 변화로 변환하여 데이터 집록장치에 연결하여 수록하였다.

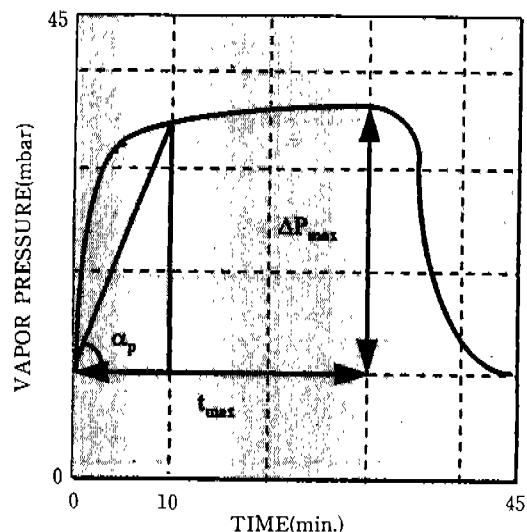
3-2. 투습완충능력 측정

외복내 미세기후의 온·습도를 측정하기 위하여 센서는 열판으로부터 5~6mm 떨어져 시험편의 가운데 위치에 놓이도록 고무밴드를 이용하여 고정하였다. 측정장치는 $21 \pm 1^\circ\text{C}$, $35 \pm 5\%$ r.h., 기류 0.1m/s의 항온 항습기내에 설치하였고 결과는 3회 반복 측정하여 그 평균값으로 나타내었다. 미세기후의 수증기압과 온도는 30초 간격으로 측정하였으며 수증기압과 온도 경시변화 그래프는 90초 간격으로 나타내었다. 측정된 수증기압의 표준편차는 평균 1mbar였다.

3-3. 측정된 자료의 평가방법

3-3-1. 투습완충지수

Fig. 3과 같은 α_p , ΔP_{\max} , t_{\max} 세 파라미터를 사용하여 투습완충지수, K_d 를 구하였다. 이때 최대수증기압은 수증기압이 감소되는 경향이 뚜렷하고 그 이후에



$$K_d = C / \alpha_p \times \Delta P_{\max} \times t_{\max} \quad (3)$$

단, $C = \text{constant coefficient } (10^4 \text{ mbar}^2)$

$$\alpha_p = \tan \alpha = \Delta P_{10}(\text{mbar}) / 10 \text{ min} \quad (4)$$

$$\alpha_p : \text{increase of water vapor during the 10 min. after starting the sweat pulse}$$

$$\Delta P_{\max}(\text{mbar}) = P_{\max}(\text{mbar}) - P_0 \quad (5)$$

$$\Delta P_{\max} : \text{maximum water vapor pressure difference}$$

$$t_{\max} : \text{time lapse after which the maximum water vapor pressure is reached}$$

Fig. 3. Determination of buffering index K_d .

나타나는 수증기압이 더 이상 크지 않을 때의 수증기압으로 하였다. 초기 조건($\text{time}=0$)은 시료와 발한자극이 주어지기 이전의 열판으로부터 5~6mm 떨어진 위치에서의 수증기압과 온도로 하였다.

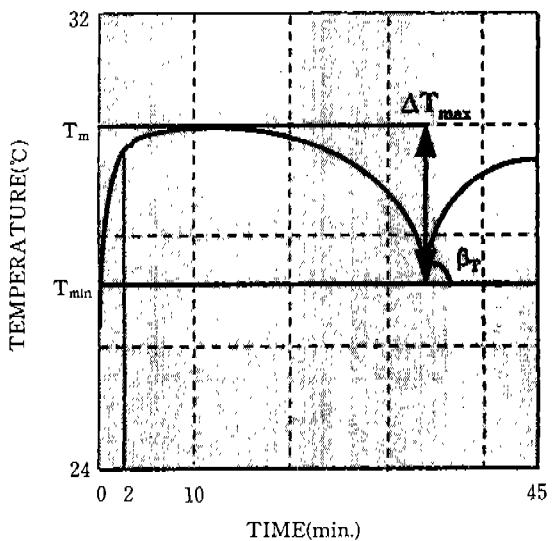
3-3-2. 온도완충지수

온도완충지수 β_T 및 온도차이 ΔT_{\max} 는 Fig. 4에서 보는 바와 같이 산출하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 섬유성분에 따른 투습완충능력

섬유성분에 따른 편성물의 투습완충능력을 알아보기 위하여 면(CI30), 폴리에스테르(PI35), 양모(WI130)로 된 인터록 편성물을 사용하여 시간에 따른 외복내 미세기후의 수증기압(Fig. 5)을 측정하였다. Fig. 5의 결과를 보면 양모가 면과 폴리에스테르에 비해 대체로 낮은 수증기압을 유지하는 것으로 나타났다. 이러한 결



$$\Delta T_{\max} = T_m - T_{\min} \quad (6)$$

ΔT_{\max} : difference of temperature during the first 2~10 min. and minimum temperature

T_m : Mean temperature during 2~10 min. (°C)

T_{\min} : minimum temperature (°C)

$$\beta_r = \operatorname{tna} \beta \text{ (°C/min)} \quad (7)$$

β_r : temperature regulating index

Fig. 4. Determination of temperature regulating index β_r .

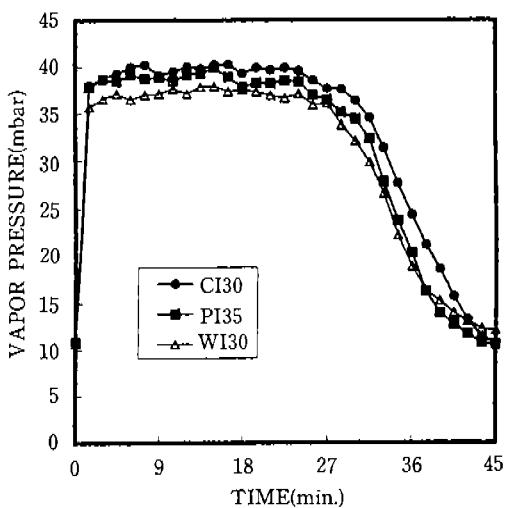


Fig. 5. Effect of fiber content of interlock fabrics on the vapor pressure changes of microclimate.

과를 나타낸 것은 양모가 두 섬유에 비해 우수한 흡습 능력을 갖고 있기 때문으로 생각된다. 갑작스러운 속도 구배에 편성물이 놓이게 되면 수증기의 투과와 흡습이 동시에 발생하게 되고 이때 흡습성 섬유는 수증기를 흡습하여 받아들이는 수용체(sink)로써 기여하게 되므로, 흡습성이 큰 양모가 수증기를 흡습하여 의복내 미세기후의 수증기압을 낮게 유지시키는 것으로 추측된다^{4~6)}. 그러나 면의 경우 수분율이 양모의 반정도 밖에 되지 않으며 오히려 양모보다 흡습에 의한 팽윤속도가 훨씬 빨라 기공의 크기를 감소시킴으로써⁷⁾ 면의 흡습성은 의복내 미세공간의 수증기압을 낮추는데 충분히 기여하지 못한 것으로 생각된다. 흡습성이 적은 폴리에스테르는 수증기 흡습이 대단히 작아 총 수분전달 속도에서 수용체로써의 기여가 작고 수분 제거 속도는 수증기 투과 속도와 같다. 그러므로 거의 변화 없이 일정속도로 수분이 제거되며 흡습에 의해 섬유내부에 보유되었다가 증발되지 않으므로 수분제거속도가 빨라 수증기압 감소가 빠르게 시작되는 것으로 생각된다.

세 편성물간에 의복내 미세기후에서 수증기압차이를 분석해보기 위해 Table 3에 10분이 지난 후의 수증기 압 증가분(α_p), 최대 수증기압 증가분(ΔP_{\max}), 최대 수증기압을 나타내는 시간(t_{\max}) 등을 제시하였다. α_p 와 ΔP_{\max} 는 상대적으로 두 섬유에 비해 큰 흡습성을 갖는 양모가 가장 크게 나타났고 폴리에스테르, 면의 순이었다. 특히 양모는 면과 폴리에스테르에 비해 기공도가 작고 폴리에스테르에 비해 공기 저항도가 크게 나타나 공기투과성도 폴리에스테르에 비해 나쁜 편이다. (Table 2) 그럼에도 불구하고 이와 같은 결과를 나타내는 것은 양모가 많은 수증기를 흡습하여 의복내 수증기압을 낮추었기 때문으로 생각해 볼 수 있을 것이다. t_{\max} 를 보면 소수성 폴리에스테르가 가장 작고 흡습성이 있는 양모, 면의 순이었다. 흡습성이 클수록 수분전달이 평행상태에 도달하기 전인 반응의 전이 시간(transient response time)이 길것이나 본 실험에서는 의복내 공간이 작아 전이시간이 짧고 수증기압의 뚜렷한 증가를 볼 수는 없었으나 흡습성이 클수록 t_{\max} 는 약간 느린 것으로 나타났다. 이는 동적 수분전달 상황에서 흡습성이 클수록 최대 수증기압에 도달되는 시간이 길다는 선형 연구결과^{8~11)}와 일치되는 결과이다.

이와 같은 섬유성분의 영향을 투습법으로 비교해 본 결과 (Table 2) 투습성이 양모가 가장 큰 것은 본

실험과 일치하나, 면과 폴리에스테르의 경우 투습완충 능력이 더 우수한 폴리에스테르가 투습컵 실험에서는 투습속도가 더 느린 것으로 나타나 본 실험결과와 차이를 나타내었다. 투습컵 실험의 경우, 같은 환경속에서 연속적으로 수분이 공급되고 결과는 장시간에 걸친 변화로 나타난다. 그러나 대부분의 일상 조건은 계속 변화하며 땀이 연속적으로 같은 속도로 나는 상황은 극히 드물다. 특히 의복 착용시 발한 등에 의해 의복내 미세 기후가 변화되는 상황에서는 즉각적인 대응이 중요하고 볼 때 투습컵 실험에 의한 착용감 예측은 실제와는 거리가 있을 것으로 생각된다.

이와 같은 α_p , ΔP_{max} , t_{max} 세 인자를 사용하여 K_d , 투습완충지수를 계산하였다. (Table 3) 초기에 수증기 거리가 있을 것으로 생각된다.

Table 3. Buffering Indices against Water Vapor of Interlock Fabrics according to Fiber Content

	Cotton (CI30)	Polyester (PI35)	Wool (WI30)
α_p (mbar)	2.82	2.71	2.60
ΔP_{max} (mbar)	28.93	28.15	26.60
t_{max} (min.)	22.5	20.5	22
K_d	5.45	6.39	6.57
ΔT_{max} (°C)	3.32	1.86	2.00
β_r (°C/min.)	0.30	0.29	0.18

압 증가가 느리고 최대 수증기압이 작으면 빠르게 감소 할수록 투습완충능력이 우수하다고 할 수 있으므로 지수가 클수록 투습완충능력이 우수함을 뜻한다. 그 결과 양모>폴리에스테르>면의 순으로 나타났다. 즉, 흡습성이 커서 초기 의복내 수증기압 증가를 느리게 하고 의복내 수증기압을 낮게 유지시키는 경우와 흡습성이 아주 적어 빨리 외부로 투과시켜 수증기압 감소가 빠르게 일어나는 경우가, 흡습성을 갖지만 그 정도가 적어 의복내부의 수증기압 감소에 기여하지 못하면서 투습속도만을 늦추는 경우보다 우수한 투습완충능력을 갖는 것으로 나타났다.

위의 결과들을 종합해볼 때 본 실험에서처럼 발한이 많은 경우, 양모의 큰 흡습능력은 의복내 수증기압을 낮게 유지시켜 사람으로 하여금 더 건조하게 느끼게 하여 쾌적감을 주고, 흡습성이 적은 폴리에스테르의 경우

에는 수증기압 증가속도는 빠르지만 수분을 빠르게 투과시켜 불쾌감의 지속시간을 단축시켜 줄 수 있을 것이다. 그러나 면의 경우, 의복내 미세공간이 적어 수분화산이 빠르게 발생하면 중간정도의 흡습성은 의복내 미세기후의 수증기압을 낮게 유지시키지 못하고 느린 흡습에 의해 수분 투과만이 늦어져 높은 수증기압을 오래 유지시킴으로 해서 쾌적감은 다르게 나타날 것이다.

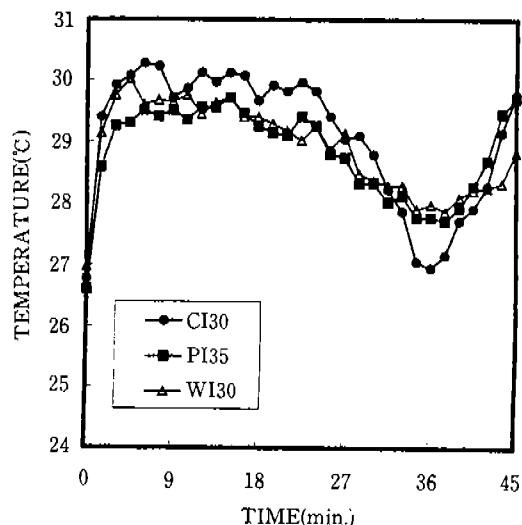


Fig. 6. Effect of fiber content of interlock fabrics on the temperature changes of microclimate.

세 편성불간의 의복내 온도 변화(Fig. 6)를 보면 투습이 느린 면의 경우 가열된 수증기의 내부축적에 의해 초기 의복내 온도가 두 섬유에 비해 높은 것으로 나타났다. 또한 초기 5분동안 친수성인 면과 양모가 소수성인 폴리에스테르에 비해 높은 온도를 나타내었다. 면의 경우에는 가열수증기에 의한 것으로 추측해 볼 수 있으나 양모의 경우 이 기간동안 수증기압을 낮게 유지하므로(Fig. 5) 이는 가열수증기에 의한 것이라기 보다는 흡습열에 의한 미세기후의 온도증가로 생각해 볼 수 있다. 최저온도는 양모와 폴리에스테르는 유사하였으나 면이 낮게 나타났다. 증발물양이 동일하여 총 증발열손실이 동일하다고 볼 때 면의 경우 초기에 열손실이 적고 느린 투습과 흡습은 최저온도를 나타낼 즈음에 편성불로 부터의 텃습을 유발시키기 때문에 두 섬유에 비해 온도가 낮게 나타난 것으로 추측된다^{4,12,13)}. 최저온도에

도달한 후 의복내 온도는 증가하게 된다. 이 시기에 이르면 열판에는 수분이 거의 존재하지 않으며 열판과 편성물 사이의 공간에 혹은 편성물내에 수분이 존재하고 있을 것이므로 열판으로부터 중발 열손실은 거의 없어 온도가 증가하게 된다. 이 때 건열손실로의 온도 복귀 능력, β_T 를 측정하여 Table 3에 나타내었다. 폴리에스테르와 면은 유사한 온도복귀 능력을 나타내며 두섬유에 비해 기공도가 작고(Table 2) 흡습능력이 우수하나 탈습속도가 느린 양모는 느린 것으로 나타났다.

2. 실의 굽기에 따른 투습완충능력

실의 굽기에 의한 구조적 특성이 투습완충능력에 미치는 영향을 알아보기 위하여 면 30수, 60수, 80수로 된 인터룩 편성물을 이용하여 수증기압 변화를 측정하였으며 그 결과는 Fig. 7과 같다. 세 번수로 갈수록 수증기압이 낮고 최대 수증기압도 낮으며 빠르게 수분이 감소하기 시작하는 것으로 나타났으며 특히 면 80수 편성물의 경우 수증기압 감소가 상당히 빠르게 시작되는 것으로 나타났다. 이는 실의 굽기가 가늘수록 얇고 가벼워 투습저항이 작아지는데 기인한다^{14~16)}. 이러한 변화를 요약하여 Table 4에 나타내었다. 투습완충지수는 면 30수 < 60수 < 80수 편성물의 순으로 나타났으며 면 80수의 경우 수증기압 감소시간이 상당히 빠르기 때문에 두 편성물과 큰 차이를 나타내었다. Table 2에서 보면 세번수로 갈수록 기공도가 증가하고, 편성물을 통해 속도가 일정한 공기가 통과할 때 생기는 압력이 작아져

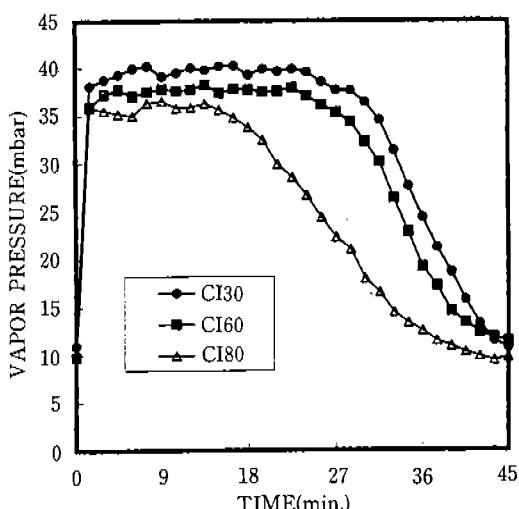


Fig. 7. Effect of yarn size of cotton interlock fabrics on

Table 4. Buffering Indices against Water Vapor of Cotton Interlock Fabrics with Various Yarn Sizes

	Cotton 30's (CI30)	Cotton 60's (CI60)	Cotton 80's (CI80)
a_p (mbar)	2.82	2.84	2.60
ΔP_{max} (mbar)	28.93	28.12	26.08
$t_{max}(\text{min.})$	22.5	22.5	15.5
K_d	5.45	5.57	9.51
$\Delta T_{max}(^\circ\text{C})$	3.32	2.00	1.12
$\beta_T(^\circ\text{C}/\text{min.})$	0.30	0.18	0.16

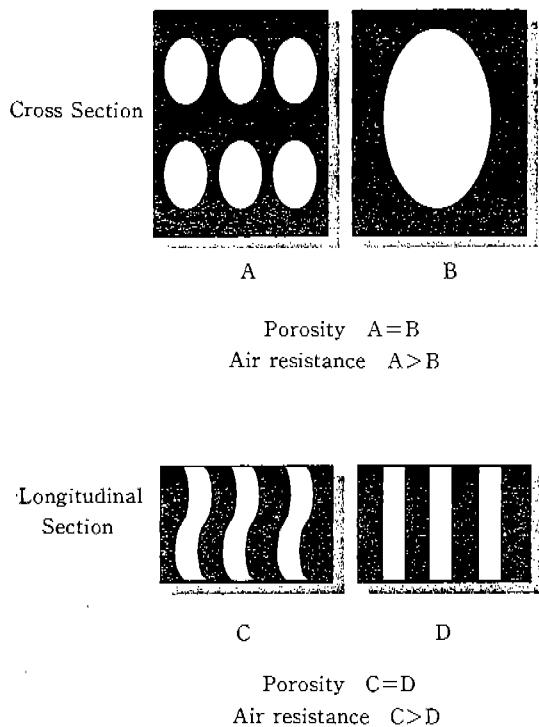


Fig. 8. Comparison of porosity and air resistance.

공기저항도가 작은 값을 나타내 공기투과성이 증가하는 것을 볼 수 있다. 이 때 기공도는 그 증가폭이 일정한데 반해 공기투과성은 증가폭이 80수 편성물의 경우 큰 것을 볼 수 있다. 기공도와 공기투과성이 클수록 투습저항은 감소하여^{17~19)} 위의 결과를 통해 볼 때 기공도보다는 공기투과성이 투습에 더 큰 영향을 미치는 것으로 생각된다. 기공도는 의복 재료의 두께와 무게에 의해

결정되므로 벌크적인 의미에서의 성근정도를 나타내나 공기저항도는 그 물질의 기공을 통해 공기가 투과되어 나갈 때 필요한 압력으로 나타나므로 통과 경로 및 통과시 받는 저항에 의해 결정된다. 이 두 요인간의 관계는 Fig. 8과 같다. 그림에서 보면 A와 B의 기공도는 같지만 공기투과는 여러 작은 기공을 통과하게 되는 A의 경우가 더 큰 압력이 생기므로 더 어려울 것이다. 또한 같은 기공도라 하더라도 기공의 형성에 따라 공기투과성은 다를 수 있어 C보다는 D의 경우 공기저항도는 더 작아 공기투과가 더 용이할 것으로 추측된다. 그러므로 편성물을 통한 이동불질이 공기와 수증기라는 차이가 있기는 하나 수분이 이동하게 되는 경로나 이동시 반기 되는 저항은 기공의 단순한 크기보다는 기공의 상호 연결성, 굴곡도등에 의해 영향을 받게 되므로 기공도보다는 공기투과성이 투습성과 더욱 밀접한 관련이 있을 것으로 추측된다. 그러나 섬유의 종류가 같아서 기공의 형상이나 굴곡도등이 같은 경우에는 공기투과성이 아닌 전체적인 공기의 흡량을 나타내는 기공도만으로도 좋은 지표가 될 수 있을 것이다.

실의 굽기에 따른 의복내 온도변화는 Fig. 9와 같다. 실의 굽기가 가늘수록 얇고 가벼워 열절연성이 작아 보온성이 작으며 수분투과가 용이하여, 가열 수증기 입자의 투과가 잘되므로 증발열손실이 커서 의복내 온도가

더 낮게 나타났다. 면 30수 편성물은 온도 감소가 초기 25분 동안 보다 그 이후 훨씬 빠르게 진행되어 시간에 따른 온도변화 속도가 현저히 다르나 굽기가 가늘어질수록 그러한 경향이 감소하여 80수 편성물의 경우에는 의복내 온도변화가 서서히 발생하면서 일정하게 나타났다. 이는 실의 굽기가 가늘수록 투습저항이 작아 가열수증기 입자 투과가 잘되고, 두께가 얇아 열절연성이 작아서 처음부터 외부로의 열전달이 일어났기 때문이다. 또한 최저온도를 보면 면 60수와 80수 편성물 모두 30수에 비해 높은 온도를 나타내었는데 이는 탈습에 의한 적률 온도 하강이 작기 때문이다. 그러므로 초기온도가 면 30수에 비해 낮고 최저온도가 높아 초기온도와의 차이가 면 30수 편성물에 비해 작게 나타나 의복내 온도변화가 적은 것으로 나타났다. (Table 4) 전열손실로의 복귀속도(β_r)는 면 30수 > 60수 > 80수 편성물 순으로 나타났다. 이는 두께에 의한 보온력의 차이로 부터 기인한 것으로 추측된다.

이러한 결과들로 부터 볼 때 세 번수일수록 의복내 수증기압을 낮게 유지시키고 빠르게 투습시켜 습윤감에 의한 불쾌감은 태번수에 비해 작을 것으로 추측되며 의복내 온도를 낮게 유지하여 인체가 열적 과부하 상태로 부터 빨리 벗어나는 것을 도와줄 것이다. 따라서 빨한 이 많은 경우 실의 굽기가 가늘어 두께가 얇고 가벼울수록 쾌적한 착용감을 줄 것으로 기대할 수 있다.

3. 니트 타입에 따른 투습완충능력

편성물의 타입에 따른 투습완충능력을 평가해보기 위해 면과 폴리에스테르로 된 인터록 편성물과 싱글 저지 편성물을 비교하였다. (Fig. 10) 면과 폴리에스테르에서 모두 두께가 두껍고 무게가 무거워 투습저항이 더 큰 인터록 편성물이 싱글 저지 편성물보다 대체로 높은 수증기압을 갖는 것을 볼 수 있다. Table 5에서 보면 a_p 와 ΔP_{max} 는 싱글저지 편성물이 인터록 편성물에 비해 작게 나타나 투습완충지수를 계산해 볼 결과 싱글저지가 인터록 편성물에 비해 면의 겨우 1.14배, 폴리에스테르의 경우 1.25배 큰 것으로 나타났다. 면과 폴리에스테르 편성물들은 니트타입에 상관없이 대략 82% 정도의 유사한 기공도를 갖지만 공기저항도는 싱글저지 편성물이 인터록 편성물에 비해 면의 경우 1.8배, 폴리에스테르의 경우 6배가 크며 (Table 2) 두께는 싱글저지 편성물이 인터록 편성물에 비해 면의 경우 0.57배, 폴리에스테르는 0.61배 밖에 되지 않는다. (Table 1)

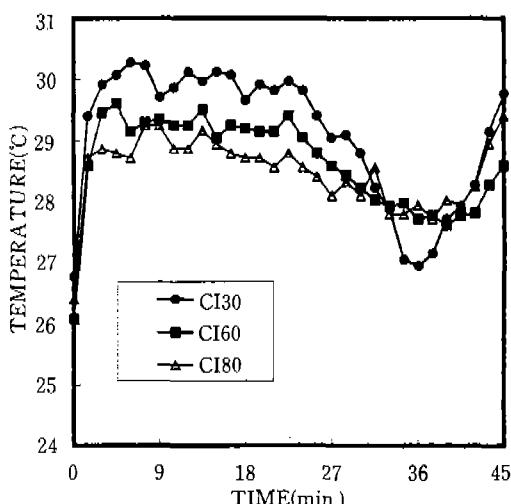


Fig. 9. Effect of yarn size of cotton interlock fabrics on the temperature changes of microclimate.

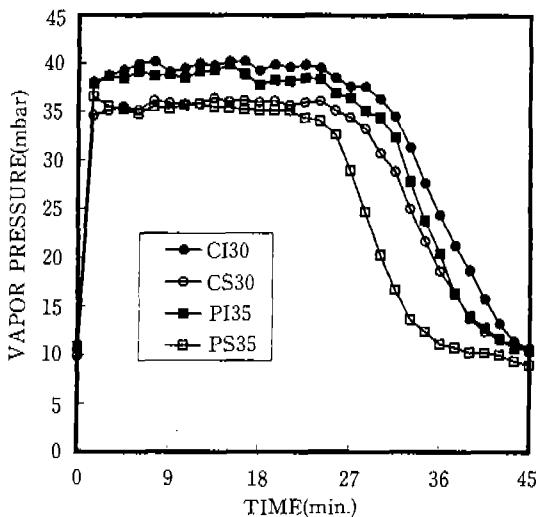


Fig. 10. Effect of knit type on the vapor pressure changes of microclimate.

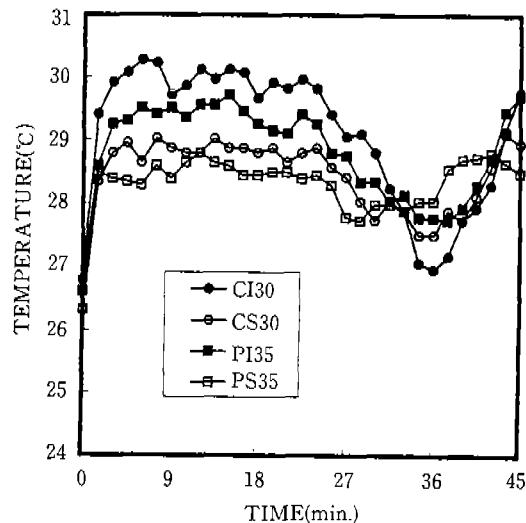


Fig. 11. Effect of knit type on the temperature changes of microclimate.

Table 5. Buffering Indices against Water Vapor according to Knit Type of Cotton and Polyester Fabrics

	Cotton		Polyester	
	Interlock (CI30)	Single Jersey (CS30)	Interlock (PI35)	Single Jersey (PS35)
α_p (mbar)	2.82	2.55	2.71	2.50
ΔP_{\max} (mbar)	28.93	26.18	28.15	25.00
t_{\max} (min.)	22.5	24	20.5	20
K_d	5.45	6.24	6.39	8.00
ΔT_{\max} (°C)	3.32	1.34	1.86	0.85
β_T (°C/min.)	0.30	0.12	0.29	0.17

따라서 편성물의 경우 단순한 기공도로 써는 투습성을 예측하기 어려우며 두께 및 공기투과성이 동시에 영향을 미친다는 것을 알 수 있다. 편성물의 타입에 따른 의복내 미세기후의 온도변화 결과는 Fig. 11에 나타내었다. 초반 25분 동안에는 두껍고 무거워 열절연력 능력이 우수한 인터록편성물이 싱글저지 편성물에 비해 높은 온도를 유지하는 것을 볼 수 있다. 가장 먼저 수증기 압 11mbar에 이르는 폴리에스테르 싱글저지가 가장 빨리 최저온도를 나타내었고 대략 37분 이후에는 일정온

도를 나타내어 견열손실로의 복귀를 나타내기도 하였다. 최저온도는 니트 타입보다는 흡습성이 있는 면이 수분을 흡습하여 절연치가 낮아져 흡습성이 없는 폴리에스테르보다 니트타입에 상관없이 낮은 온도를 나타내었다²⁰⁾. 이러한 의복내 온도변화의 특성들을 요약하여 Table 5에 나타내었다. 초기온도와 최저온도와의 차이는 싱글저지 편성물이 열절연력이 작고 투습이 잘되어 증발열교환이 초기에 빠르게 일어나서 내부온도가 초기부터 낮고 최저온도도 인터록 편성물에 비해 낮지 않기 때문에 인터록 편성물에 비해 작은 것으로 나타났다.

발한 이전으로의 온도회복능력인 β_T 를 보면 두꺼운 두꺼운 인터록 편성물 싱글저지 편성물에 비해 회복 능력이 우수한 것으로 나타났다. 따라서 두꺼운 인터록보다는 얇은 싱글저지가 땀이 많이 나있는 경우 빠른 투습으로 온도를 낮게 유지시켜 열적 과부하 상태로 부터 빠르게 벗어날 수 있도록 도와 줄 것이다.

4. 편성물의 특성과 투습완충능력과의 관계

편성물의 투습완충능력을 측정해 본 결과 편성물의 섬유성분, 실의 굽기, 무게, 두께, 밀도, 공기저항도 등의 구조적 특성, 니트타입 등이 모두 영향을 미치는 것을 볼 수 있었다. 이러한 요인들의 상대적인 영향력을 알아보기 위해 SPSS통계 패키지를 이용하여 투습완충지수와 측정된 편성물 특성간의 상관관계를 구하였으며

그 결과는 Table 6과 같다.

Table 6. Correlation Coefficients of Variables

	Buffering Index, K_d
Yarn Number	.594 (.080) *
Thickness	-.484 (.136)
Weight	-.577 (.087)
Gauge	.430 (.168)
Porosity	.319 (.242)
Air Resistance	-.770 (.022)

* : p-value

투습완충지수와 가장 큰 상관관계를 가진 것은 공기 저항도도 -0.770 의 유의적인 부적 상관관계를 나타내었다. 본 실험에서 측정된 공기투과성은 단위면적의 직물에 속도가 일정한 공기가 통과할 때 생기는 압력인 공기저항도로 나타나므로 값이 클수록 공기투과성은 나쁜 것이므로 부적인 상관관계를 나타낸 것이다. 즉, 공기 투과성이 우수할수록 투습완충능력은 우수한 것으로 나타났다.

IV. 결 론

수직 평판형 차의 모형을 이용하여 편성물의 투습완충능력을 측정한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

첫째, 섬유성분에 따른 의복내 수증기압과 온도변화로 본 투습완충능력을 종합해 볼 때 흡습능력은 투습완충능력에 영향을 미쳐 양모>폴리에스테르>면의 순으로 나타나, 수분전달측면에서는 흡습능력이 크거나 적은 경우에 투습완충능력이 우수한 것으로 나타났다. 열적 측면에서의 건열교환으로의 온도복귀속도는 두 섬유에 비해 기공도가 작고 흡습능력이 우수하나 틸습속도가 느린 양모가 느린 것으로 나타났다.

둘째, 실의 굽기에 의한 투습완충능력을 측정해 본 결과 수분전달 측면에서는 세번일수록 투습완충능력은 우수한 것으로 나타났다. 열적 측면에서는 세번수일수록 두께가 얇아 열전연성이 작고 투습성이 우수하여 의복내의 온도변화가 작은 것으로 나타났으며 건열손실로의 온도복귀 능력은 세번수일수록 얇아 작아지는 것으

로 나타났다.

세째, 니트타입에 따른 투습완충능력을 측정해 본 결과 수분전달 측면에서는 싱글저지 편성물이 인터록 편성물에 비해 우수하였으며, 열적 측면에서는 싱글저지 편성물이 인터록 편성물에 비해 얇아 의복내 온도변화가 작고 건열손실로의 복귀능력도 작은 것으로 나타났다.

이를 종합해 볼 때 편성물의 동적 수분전달시 섬유 성분, 실의 굽기, 니트 타입이 모두 영향을 미치며 수분전달시 수반되는 편성물의 열전달은 투습성에 의해 영향을 받음을 알 수 있었다. 또한 투습완충지수가 편성물의 수분과 열전달의 경시변화를 나타내 줄 수 있을 뿐만 아니라 이를 동시에 평가함으로써 시료간의 차이를 나타낼 수 있고, 착용감예측의 평가방법으로써의 가능성을 확인할 수 있었다. 따라서 이러한 결과를 바탕으로 실제 착용감과 연계된 후속 연구가 이루어져야 할 것으로 본다.

참 고 문 헌

- Umbach, K.H., "Methods of Measurement for Testing Physiological Requirements of Civilian, Work and Protective Clothing and Uniforms", *Sonderdrude aus Melliand TextilBerichte*, 68, 857-865, 1987.
- Umbach, K.H., "Physiological Optimization of Textiles for Sportswear and Workwear", *Proceeding of International Symposium on Clothing Comfort Studies in Mt. Fuji*, 123-148, 1988.
- 김은애, Barker R. L., "첨단 흡수촉진소재의 수분전달특성 평가방법에 관한 연구-인체-의복-환경 system에서의 투습성평가-", *한국의류학회지*, 17(2), 329-338, 1993.
- Wehner, J.A., Miller, B. and Rebenfeld, L., "Dynamics of Water Vapor Transmission through Fabric Barriers", *Textile Research Journal*, 58(10), 581-592, 1988.
- Yasuda, T., Miyama, M., Yasuda, H. "Dynamic Water Vapor and Heat Transport through Layered Fabrics. Part II: Effect of the Chemical Nature of Fibers", *Textile Research Journal*, 62(4), 227-235, 1992.
- Wang, J.H. and Yasuda, H., "Dynamic Water Vapor and Heat Transport through Layered Fabrics, Part I: Effect of Surface Modification", *Textile Research Journal*, 61(1), 10-20, 1991.

- 7) 平松 峻, “水と繊維-第2部 水による繊維の變化”, 織維製品消費科學, 32(3), 88-96, 1991.
- 8) Hong, K., Hollies, N.R.S., and Spivak, S.M., “Dynamic Moisture Vapor Transfer Through Textiles. Part I: Clothing Hygrometry and the Influence of Fiber Type”, *Textile Research Journal*, 58(12), 697-706, 1988.
- 9) Scheurell, D.M., Spivak, S.M. and Hollies, N.R.S., “Dynamic Surface Wetness of Fabrics in Relations to Clothing Comfort”, *Textile Research Journal*, 55 (7), 394-399, 1985.
- 10) 나미희, 김은애, “섬유의 종류와 조합에 따른 직물의 수분전달특성에 관한 연구”, 한국의류학회지, 14(3), 229-240, 1990.
- 11) Kim, J.O. and Spivak, S.M., “Dynamic Moisutre Vapor Transfer-Through Textiles Part II: Further Techniques for Microclimate Moisture and Temperature Measurement”, *Textile Research Journal*, 64 (2), 112-121, 1994.
- 12) 管井清美, 鎌西恒雄, “環境溫度と衣服素材の着用への影響”, 織維製品消費科學, 36(1), 95-101, 1995.
- 13) 緑川知子, 笹瀬綾子, 橋本聰子, 登倉尋美, “溫度變動時の温熱生理反応と衣服気候に對するアクリルと綿トレーニングウェアの影響”. 織維製品消費科學, 31 (12), 591-595, 1990.
- 14) Weiner, L.I., “Moisture Vapor Transmission in Textile Fabrics”, *The Third Shirley International Seminar “Textiles for Comfort”*, Manchester, England, 15-17, June, 1971.
- 15) Baulch, R.N.E. and Hoschke, B.N., “The Influence of Fiber Type on Fabric Water Vapour Transmission”, *Proceedings of the 7th International Wool Textile Research Conference*, 3, 168-177, 1985.
- 16) Harper, R. J., Bruno, J. S., Blanchard, E.J., and Gautreaux, G.A., “Moisture Related Properties of Cotton-Polyester Blend Fabrics”, *Textile Rsearch Journal*, 46(2), 82-90, 1976.
- 17) 이순원, 유효선, 최현수, “시판 내의류소재의 수분특성 및 착용감에 관한 연구(I)-시판 내의류 소재의 수분특성-”, 대한가정학회지, 26(4) 1-13, 1988.
- 18) Rees, W.H., “Physical Factor Determining the Comfort Performance of Textiles”, *The Third Shirley International Seminar “Textiles for Comfort”*, Manchester, England, 15-17, June, 1971.
- 19) Hole, L.G. and Keech, B., “The Comfort Properties of Footwear Materials”, *The Third Shirley International Seminar “Textiles for Comfort”*, Manchester, England, 15-17, June, 1971.
- 20) Tokura, H., “Physiological Significance of Clothing and Human Health”, *Proceeding of International Symposium on Clothing Comfort Studies in Mt. Fuji*, 203-222, 1988.