

ISSN 1229-8565 (print) ISSN 2287-5190 (on-line)

한국지역사회생활과학회지 25(4) : 549~556, 2014

Korean J Community Living Sci 25(4) : 549~556, 2014

<http://dx.doi.org/10.7856/kjcls.2014.25.4.549>

투습방수의류의 보온력 및 증발저항 평가와 관련 변인

심 현 섭[†]
한국교원대학교

An Evaluation of Factors Influencing the Thermal Insulation and Evaporative Resistance of a Waterproof and Breathable Garment System

Shim, Huen sup[†]

Dept. of Home Economics Education, Korea National University of Education

ABSTRACT

This study evaluates the thermal insulation and evaporative resistance of a waterproof and breathable garment system and determines the factors influencing its thermal performance. The experimental garments were composed of underwear (shirts with 100% wool and 100% polyester) and outerwear (jackets and pants with a vapor-permeable membrane and a vapor-impermeable membrane). Data on clothing insulation in a dry condition (10°C) and a wet condition (10°C, 40% R.H.), evaporative resistance (34°C, 40% R.H., and 10°C, 40% R.H.), and microclimate vapor pressure were collected and analyzed. According to the results, the thermal insulation of the experimental garment system ranged 1.27~1.40 in the dry condition and 0.40~0.89 in the wet condition at 10°C. Evaporative resistance ranged 41~525 m²Pa/W. A decrease in thermal insulation by wetting underwear ranged 31~67% in the cold condition (10°C). The breathability of the outer garment influenced the decrease in thermal insulation by wetting. The type of underwear fiber influenced the decrease in thermal insulation only when it was used with breathable outerwear. The vapor-permeable outerwear sample with polyester underwear (P_Perme) showed a larger decrease in insulation than that with wool (W_Perme). The evaporative resistance of the vapor-permeable ensemble showed no effect of underwear in the warm condition (34°C), but polyester underwear showed lower evaporative resistance than wool in the cold condition (10°C). The vapor-impermeable ensemble showed no difference in evaporative resistance between polyester underwear and wool underwear in both conditions. Future research should consider various clothing ensemble combinations and environmental conditions and evaluate wear comfort by using human subjects.

Key words: evaporative resistance, thermal insulation, waterproof and breathable, wearing condition, wet underwear

This work was supported by the 2013 Research Grant funded by Korea National University.

접수일: 2014년 11월 1일 심사일: 2014년 11월 4일 게재확정일: 2014년 12월 5일

[†]**Corresponding Author:** Shim, Huen Sup Tel: 82-43-230-3730

e-mail: shim@knue.ac.kr

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

I. 서론

의복은 인체와 환경 사이에서 열과 수분의 장벽 역할을 한다. 의복의 보온력은 추운환경에서 체열을 유지시키는 긍정적인 작용을 하지만 수분증발저항은 효율적인 체열방산을 저하시켜 더운 환경에서 뿐 아니라 추운환경에서도 부정적으로 작용한다. 추운환경에서는 실내외 환경온도 차가 크거나 활동수준이 많은 경우와 같이 동적환경에서 수증기가 외부로 배출되지 못하고 의복 내에 응축되어 의복의 온열성질의 변화를 초래할 수 있다. 따라서 온열 스트레스에 있어 가장 중요한 의복의 물리적 변수 가운데 하나가 수분증발저항이며 이는 착용자로부터 주위 환경으로의 발한 증발량을 결정한다(Bernard & Mateen 1999; Fan & Chen 2002; Wang et al. 2007).

최근 여가 생활 증가로 인한 스포츠레저 산업의 활성화로 투습방수 의류제품의 수요가 증가하는 추세이다. 투습방수의류 제품의 기능은 바람, 강우, 강설 등의 외부 환경으로부터 인체를 보호하는 방수, 방풍 성능과 함께 인체로부터 발생하는 땀을 외부 환경으로 방출시키는 투습성을 동시에 지녀야 하는 점에서 역설적이다. 이러한 투습성과 방수성의 성능 차이가 때로는 극한 환경에 노출된 착용자의 생사를 가르는 중요한 요인으로 작용할 수도 있다(Patriot Net Daily 2014). 극한 환경에서 다층 의복 구조 시스템을 통한 수증기 투과성능을 평가한 결과 투습방수소재나 PVC 소재 내부에 수증기가 응축되어 의복 시스템의 투습성능이 저하된다고 보고된 바 있다(Kim et al. 2006). 이는 다층 직물구조에 대해 극한 환경에서 실시한 연구 결과로 일반적인 추운 환경에서 운동하는 조건으로 해석하기에는 어려움이 있어서 의복 시스템에 대한 추운환경에서의 평가가 필요하다고 생각된다.

일반적으로 의복 내부에 생성된 땀의 일부는 증발하고 나머지는 신체를 따라 흘러 내리거나 겹쳐 입은 의복 내부로 흡수된다. 굴러 떨어진 땀은 증발 효율이 없지만 의복에 흡수된 땀은 여전히 증발에 의한 열손실에 기여할 수 있으나 피부로부터 의복 층으로 전달되는 수분의 비율이 증가할수록

증발효율은 감소한다(Wang et al. 2013). 이는 이너웨어의 흡습율이 의복 시스템의 증발저항에 영향을 미칠 수 있음을 시사하며, 흡한속건 소재의 경우 기능성 스포츠웨어 소재로서 그 활용이 증가함에도 불구하고 소재의 흡수성에 의해 의복 시스템의 증발열효율은 감소되어 쾌적성능 저하를 초래할 수 있을 것으로 기대된다. 보호복용 언더웨어의 동적 열류량에 관한 연구에서 소재의 종류에 따라 실험 초기와 평형상태에서의 쾌적 반응이 달라서 폴리에스테르의 경우 동적 상태에서는 면보다 쾌적하였으나 평형상태에서는 투습지수가 크고 보온성이 나빠 덥고 땀이 많이 나는 경우에 유리하여 환경 또는 동적 상태에 따라 언더웨어의 쾌적성이 다른 것으로 나타나서(Park et al. 2008) 착용환경조건 또는 평가방법에 따라 의복의 쾌적성능평가 결과가 다를 것으로 기대된다.

이에 이 연구에서는 투습방수의류 소재 가운데 투습성이 우수한 소재와 무기능 방수 소재를 이용하여 다양한 조건에서 의복의 보온력과 증발저항을 평가하고 이에 영향을 미치는 요인을 알아보기 위하여 다음의 연구 목적을 가지고 수행하였다. 첫째, 투습방수의류소재의 투습성능 및 언더웨어 소재의 종류에 따른 보온력과 증발저항을 확인하였다. 둘째, 언더웨어가 젖은 상태에서 보온력을 측정하여 건조시와 비교함으로써 투습방수 의복 내 언더웨어의 건습조건에 따른 보온력 변화를 확인하였다. 셋째, 증발저항에 미치는 환경조건의 영향을 알아보기 위하여 더운환경과 추운환경에서 발한시 의복의 증발저항을 측정 비교하였다. 이를 위하여 시판 투습방수 의류 소재 가운데 투습성능이 다른 2종의 제품을 선택하여 실험용 의복을 제작하고 언더웨어로서 울 100%와 폴리에스터 100% 셔츠를 이용하여 써멀 마네킨 실험을 실시하였다.

II. 연구방법

1. 실험의복

실험에 사용된 의복은 언더웨어와 외의로 구성되었으며 Table 1과 2에 제시하였다. 언더웨어는

을 100% 셔츠(W)와 흡한속건 기능성 폴리에스테르 100%(P) 셔츠였고 외의는 시판 투습방수소재와 투습성이 없는 방수소재로 제작된 재킷과 바지로 구성되었다. 실험에 사용된 재킷과 바지는 같은 패턴으로 제작하여 옷의 디자인과 사이즈 효과는 배제 시켰다.

Table 1. Experimental garment characteristics (underwear)

Garment	Description	Structure	Fiber Content (%)	Weight (g)
Under shirt 1	Long-sleeved shirt	Jersey	Wool 100%	290
Under shirt 2	Long-sleeved shirt	Interlock	PET 100%	170

2. 실험방법

이 연구에서는 13개의 독립적인 피부온도 측정 및 제어 시스템을 갖는 썬덜 마네킨을 이용하였으며 마네킨의 평균피부온도는 33.6℃로 설정하였다. 의복의 보온력은 10±0.5℃, 45%±5% R.H.에서 측정하였고 의복의 증발저항은 10±0.5℃, 45±5% R.H.와 34±0.5℃, 45±5% R.H.의 두 조건에서 측정하였다. 실험에 사용된 마네킨은 건조 테스트로 보온력을 측정하기 위한 것으로 발한실험을 위하여 마네킨 사이즈의 면 100% 저지 셔츠와 바지를 발한복으로 사용하였다. 실험이 시작되기 전 발한복을 세탁하여 충분히 적신 후 마네킨에 착의시켰다. 이후 본 실험이 시작되기 직전 분무용 스프레이를 이용하여 표면을 다시 충분히 적신 후 실험용 언더웨어와 외의를 착의시켰다. 마네킨의 가슴 부위 언더웨어 위에 의복내 온습도 센서를 이용하여 실험 시작 10분 후부터 매 10분마다 의복내 온습도를 측정하였다. 실험 종료 후 발한복이 완전

히 마르지 않은 상태에서 450~500 ml의 물을 추가로 전신에 분무하여 다음 실험을 준비하였다. 10℃, 45% R.H.와 34℃, 45% R.H.로 설정된 인공기후실에서 마네킨에 실험용 의복을 착의 시킨 후 매 1분 간격으로 부위별 피부표면온도, 부위별 열류량, 환경온도와 습도 데이터를 측정하여 의복의 보온력과 증발저항을 구하였고 매 10분 간격으로 가슴부위 의복내 온습도를 측정하였다.

3. 측정항목

1) 의복의 보온력

마네킨의 평균피부온도와 환경온도, 평균피부온도를 유지시키는데 필요한 소비전력량을 측정하고 아래의 식을 이용하여 의복 시스템의 열저항을 계산하였다. 의복의 열저항 측정은 20℃ 환경에서 측정하지만(ASTM 1291 2005) 열저항은 환경과 피부의 온도차와 열류량 값으로부터 계산되므로 환경온도의 영향이 열류량 변화로 상쇄되어 이론적으로는 환경온도의 영향을 받지 않는다. 따라서 이 연구에서는 열저항을 증발저항 실험조건과 같은 10℃에서 측정하였다. 의복의 보온력은 10℃에서 안정시 30분 데이터의 평균값으로부터 구하였고 언더웨어가 젖은 상태에서의 보온력은 10℃에서 발한실험 동안 안정시 15분 데이터로부터 구하였다. 환경온도가 낮은 경우 머리, 손, 발과 같이 환경에 노출된 부위에서의 열류량이 열저항값에 미치는 영향이 상대적으로 클 것으로 예상되므로 노출된 부위가 보온력과 증발저항에 미치는 영향을 배제하기 위하여 이들 부위를 계산에서 제외시켰다. 따라서 마네킨의 체표면적은 1.78 m²이지만 노출 부위의 체표면적을 제외하고 1.41 m²로 수정하였고 평균피부온도와 열 및 수분저항 계산에서도 보정된 체표면적을 이용하여 수정 계산함으로

Table 2. Experimental garment characteristics(outerwear)

Garment	Description	Fiber content (%)	Weight(g)	Thickness(mm)	Ret(m ² Pa/W)
Outer garment 1 (permeable)	Jackets, Pants	PET 100%	345	0.19	39.86
Outer garment 2 (impermeable)	Jackets, Pants	PET 100%	275	0.11	148.44

Table 3. Heat resistance and clothing insulation data from dry and wet tests

Ensemble	Dry test at 10°C			Wet test at 10°C			% change Δ I _{clo}
	Mean (SD)			Mean (SD)			
	Heat flux (W/m ²)	R _t (m ² ·°C/W)	I _{clo} (SD)	Heat flux (W/m ²)	R _t (m ² ·°C/W)	I _{clo} (SD)	
W_Imp	105.79 (1.97)	0.197 (0.00)	1.27 (0.02)	175.80 (0.43)	0.134 (0.00)	0.866** (0.00)	-31.4
W_Perm	97.23 (0.32)	0.217 (0.01)	1.40 (0.01)	230.68 (2.07)	0.104 (0.00)	0.669** (0.01)	-51.63
P_Imp	103.22 (2.71)	0.205 (0.01)	1.32 (0.01)	171.39 (0.25)	0.138 (0.00)	0.892** (0.00)	-32.57
P_Perm	105.98 (0.72)	0.204 (0.00)	1.31 (0.01)	184.24 (3.77)	0.061 (0.01)	0.400** (0.04)	-67.01

W_Imp: Wool underwear + impermeable outerwear; W_Perm: Wool underwear + permeable outerwear; P_Imp: Polyester underwear + impermeable outerwear; P_Perm: Polyester underwear + permeable outerwear

** p<.01

써 피복된 부위만의 보온력과 증발저항을 제시하였다. 의복의 보온력은 전체 실험복 착용시의 값에서 발한복만 차의했을 때의 보온력을 빼서 발한복과 공기층의 보온력을 제외한 값으로 제시하였다.

$$R_{ct} = \frac{(T_{skin} - T_{amb})}{Q/A}$$

R_{ct} = Thermal resistance (m²·°C)/W
 T_{skin} = Mean surface temperature (°C)
 T_{amb} = Ambient temperature (°C)
 Q/A = Area weighted heat flux (W/m²)

$$I_{clo} = R_{ct} \times 6.45$$

I_{clo} = Clothing Insulation (clo)

2) 증발저항

발한실험은 10°C와 34°C 두 조건에서 실시하였는데 마네킨에 착용시킨 발한복을 적신 상태에서 실험이 이루어진 것 외에는 의복의 열저항 측정방법과 동일하다. 실험 종료 후 의복의 증발저항은 실험 중 실시간으로 열류량 데이터를 확인하여 안정시 10분간 데이터의 평균값을 구하였다. 안정시

데이터는 실험 시작 초기 열류량 변화가 급격히 변하는 기간과 실험 종료 직전에 발한복이 건조할 것으로 예상되는 기간의 데이터를 제외하고 안정 10분 동안의 데이터를 이용하여 아래의 식으로 계산하였다(Fig. 1).

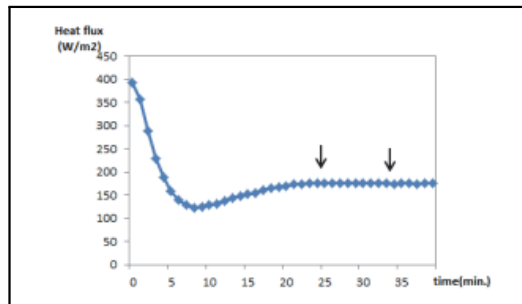


Fig. 1. Data collection for the evaporative resistance of the clothing system.

$$R_{et} = \frac{(P_{skin} - T_{amb})}{Q/A - [(T_{skin} - T_{amb})/R_{ct}]}$$

R_{et} = Evaporative resistance of clothing system (m²·Pa/W)

P_{skin} = Saturated vapor pressure at surface temperature (Pa)

P_{amb} = Saturated vapor pressure at ambient temperature (Pa)

Q/A = Area weighted heat flux (W/m^2)

T_{skin} = Mean surface temperature ($^{\circ}C$)

T_{amb} = Ambient temperature ($^{\circ}C$)

$$i_m = \frac{K \times R_{ct}}{R_{et}}$$

i_m = Permeability index

K = Constant (60.6515 Pa/ $^{\circ}C$)

4. 자료분석

실험에서 얻은 결과는 PSAW 19.0K 통계 프로그램을 사용하여 발한 유무에 따른 의복의 보온력과 환경온도에 따른 증발저항 및 언더웨어에 따른 보온력과 증발저항에 대하여 t-test 하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 투습방수소재와 언더웨어 소재에 따른 보온력과 증발저항

건조 시험용 셔털마네킨에 면 100% 발한복을 착용시키고 10 $^{\circ}C$ 환경에서 건조실험과 발한실험을 실시하고 4개 조합의 실험의복의 건조시와 젖은 상태에서의 보온력 측정 결과를 Table 3에 제시하였다. 실험의복의 보온력은 1.27~1.40이었으며 투습방수의류와 울 언더웨어(W_{Perm})를 착용하였을 때 보온력이 가장 컸으나 외의의 투습성과 언더웨어 소재에 따른 보온력 변화의 경향을 확인할 수는 없었다. 10 $^{\circ}C$ 발한조건에서의 보온력은 0.40~0.89로 건조상태에서의 보온력보다 작은 값을 보였다. 투습방수소재의 투습성이 발한시 보온력에 영향을 주는 것으로 나타나 같은 언더웨어 소재라도 외의의 투습성이 큰 경우에 보온력이 작은 것으로 나타났다. 외의의 투습성이 같은 경우 언더웨어소재에 의한 보온력 차이를 보면 외의가 방수소재일 경우 폴리에스터 언더웨어(P_{Imp})가 울언더웨어(W_{Imp})보다 보온력이 크고 투습방수소재일 경우 울 언더웨어(W_{Perm})가 폴리에스터

언더웨어(P_{Perm})보다 보온력이 큰 것으로 나타나 같은 경향을 확인할 수 없었다.

의복의 증발저항은 34 $^{\circ}C$ 에서 투습방수의복은 두 언더웨어 모두 41 m^2Pa/W 였으며 방수의복은 479~525 m^2Pa/W 로 나타나서 외의의 투습성에 의한 차이만 나타났다(Table 4).

2. 언더웨어 건조조건에 따른 보온력

발한으로 인해 젖은 언더웨어가 보온력에 미치는 영향을 확인하기 위하여 10 $^{\circ}C$ 환경조건에서 건조실험과 발한실험을 각각 실시하여 얻은 보온력을 보면 언더웨어가 젖음으로 인해 투습방수의복의 보온력이 31~67% 감소하여서(Table 4), coverall의 내의가 젖음으로 인하여 보온력이 25~50% 감소한 선행연구와 같은 경향을 보였다(Candas et al. 2006). 선행연구에서보다 더 큰 보온력 감소를 보인 것은 이 실험에 사용된 투습방수소재의 투습성이 큰 것과 의복의 개구부 즉 목, 손목, 발목 등으로의 열손실이 작용했을 것으로 생각된다. 투습방수의복은 보온력이 52~67% 감소하였고 방수의복은 31~33% 감소하여서 투습방수의복이 방수의복보다 발한에 의한 보온력 감소가 커서 외의의 투습성이 중요한 영향요인으로 작용한 것으로 사료된다. 방수의복의 경우 언더웨어 소재에 관계없이 보온력이 비슷하게 감소하였지만 투습방수의복의 경우 P_{Perm} 이 W_{Perm} 보다 더 크게 감소하여서 언더웨어 소재에 따른 차이를 보였다.

이상의 결과로부터 추운 환경에서 활동량이 많은 경우 체온유지를 위하여 적절한 의복의 보온력이 필요함을 시사하며 내의가 젖음으로 인한 보온력 감소는 외의의 투습성에 따라 다를 수 있을 것으로 기대되므로 향후 다양한 조건에서의 실험이 요구된다. 이는 또한 방수 성능이 필요하면서 활동량이 많은 조건에서 착용되는 아웃도어웨어의 경우 건조시 보온력으로 의복의 쾌적성을 평가하는데 한계가 있음을 의미한다.

방수의복의 경우 이론적으로는 의복을 통한 증발열손실이 불가능하므로 언더웨어가 젖어도 이론적으로는 보온력이 감소하지 않을 것으로 기대되지만 이 연구의 결과 언더웨어 소재에 관계없이 평균 32%의 보온력 감소를 보인 것은 마네킨 표면

의 노출부위와 의복의 개구부를 통한 열손실 증가 등이 작용하였을 것으로 기대되지만 이에 대한 검증과 이외의 다른 측정 변인들에 대한 연구가 필요하다.

3. 착용환경에 따른 증발저항

의복의 열저항의 경우 동일 의복에 대한 측정값의 편차가 적는데 반하여 증발저항은 측정 마네킨에 따라 편차가 크다(McCullough et al. 2001). 이는 발한 시물레이션 방법 차이, 실험실 환경 제어 능력, 마네킨 크기와 외형, 발한 시스템, 증발저항 산출 방법 등에 기인한다(Wang et al. 2011). 이러한 문제점을 극복하기 위하여 써멀마네킨을 이용하여 의복의 증발저항 측정에 대한 표준시험법(ASTM 2370 2005)에서 측정방법이 명시되었지만 여전히 신뢰도가 높지는 않다. ASTM 표준시험법에서 의복의 증발저항은 일반적으로 피부온도와 같은 35±0.5°C 환경조건에서 등온 테스트(iso-thermal test)로 측정된다. 이는 표면온도와 환경온도 사이에 온도차가 없으므로 포화상태인 의복 내부와 40% R.H.로 설정된 환경 사이의 수증기압 차이가 구동력으로 작용하여 수증기의 이동이 일어나도록 하는 조건이다. 의복의 보온력이 큰 경우 환경온도를 낮추어 수증기압 뿐 아니라 환경온도 차이에 의한 열교환이 발생하게 하여 증발저항을 측정하는 비등온 테스트(non-isothermal test)가 사용되

고 이 경우는 같은 환경에서 실험된 데이터만 서로 비교 가능하다.

이 연구에서는 34°C와 10°C 환경조건에서 실험을 실시하여 등온 테스트와 비등온 테스트를 동시에 측정한 후 34°C와 10°C에서 의복의 증발저항, 열류량 및 투과계수(i_m)를 제시하였다(Table 4). 의복의 증발저항은 34°C에서 41~525 m²Pa/W와 달리 10°C에서는 28~66 m²Pa/W로 분포하여서 환경온도가 낮은 경우 의복의 증발저항도 감소하였다. 두 환경조건 모두 언더웨어 종류에 관계없이 방수 원단으로 만든 실험복(W_Imp, P_Imp)이 투습방수의복(W_Perm, P_Perm)보다 높은 증발저항 값을 보였다. 투습방수의복의 경우 34°C에서는 언더웨어에 의한 차이를 확인할 수 없었으나 10°C 환경에서는 P_Perm이 W_Perm보다 증발저항은 작고 투과계수는 커서 폴리에스테르 언더웨어가 더 쾌적한 것으로 나타났다. 방수의복의 경우도 폴리에스테르 언더웨어가 더 낮은 증발저항값을 보였다. 즉, 34°C에서는 외의의 투습성에 의한 증발저항 차이만을 확인한 데 반해 10°C에서는 외의의 투습성 뿐 아니라 언더웨어 소재에 따른 차이도 보인 것으로 나타나 의복 간 차이를 보기에는 10°C 환경에서 측정이 유리한 것으로 나타났다.

Fig. 2에는 마네킨의 가슴부위 언더웨어 표면에서 측정한 의복내 온습도 결과를 수증기압으로 환산하여 제시하였다. 34°C에서 실험한 결과 방수의

Table 4. Evaporative resistance and heat flux from the wet test

Ensemble	Warm air temp. ^a		Cold air temp. ^b		i_m
	Mean (SD)		Mean (SD)		
	Heat flux(W/m ²)	Ret(m ² Pa/W)	Heat flux(W/m ²)	Ret(m ² Pa/W)	
W_Imp	9.48 (1.39)	525.37 (89.71)	175.80 (0.43)	66.12** (0.98)	0.20
W_Perm	84.78 (0.21)	40.65 (0.33)	230.67 (2.07)	35.69** (0.12)	0.41
P_Imp	9.64 (0.56)	479.63 (46.43)	171.39 (0.25)	57.72** (17.78)	0.21
P_Perm	83.27 (0.60)	40.55 (0.27)	184.14 (3.61)	28.06** (1.12)	0.56

^a 34°C, 40% R.H.

^b 10°C, 40% R.H.

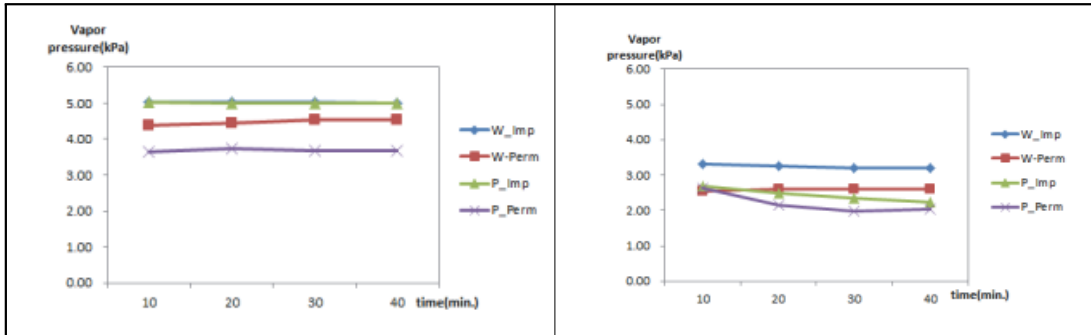


Fig. 2. Microclimate vapor pressure in warm and cold conditions

복의 경우 언더웨어가 울이나 폴리에스테르에 상관없이 모두 수증기압이 5 kPa였으나 투습방수의 복의 경우 이보다 낮은 수증기압을 보였고 특히 폴리에스테르 언더웨어가 가장 낮아서 증발저항 결과와 같은 경향을 보였다.

결론적으로 10℃ 환경에서 투습방수의복이 방수의복보다 증발저항이 작고 언더웨어로 폴리에스테르를 착용하였을 때(P_Perm) 증발저항이 작아서 울보다 쾌적한 것으로 나타났지만 내의가 젖음으로 인한 보온력 감소는 가장 커서 추운환경에서 부정적인 결과를 보였다. 따라서 증발저항 또는 보온력만으로 의복 시스템의 열적 쾌적성을 단순 평가하기는 어려움이 있었다. 이 연구에서는 외의 소재로서 투습소재와 방수소재 만을 사용하여서 외의의 투습 정도에 따른 차이를 보지는 못했으므로 다양한 환경과 의복 조건에서 의복 시스템을 통한 열과 수분의 이동에 대한 연구가 필요하며 더불어 착용 쾌적성을 통한 주관적 착용쾌적성 평가도 필요하다.

IV. 요약 및 결론

이 연구에서는 투습방수의류 제품에 대하여 의복의 보온력과 증발저항을 평가하고 이에 영향을 미치는 요인을 알아보기 위하여 방수원단과 투습방수 원단으로 실험복을 제작하고 언더웨어로 울, 폴리에스테르 셔츠를 사용하여 더운환경(34℃)과 추운환경(10℃)에서 의복의 보온력과 증발저항을 평가하여 다음의 결론을 얻었다.

1. 실험의복의 보온력은 1.27~1.40, 증발저항은

투습방수의복의 경우 41 m²Pa/W, 방수외복의 경우 479~525 m²Pa/W였다. 10℃ 발한조건에서의 보온력은 0.40~0.89로 건조상태에서의 보온력보다 감소하였다.

2. 발한으로 인한 보온력 감소는 31~67% 였으며, 외의의 투습성이 큰 경우 보온력 감소가 커서 추운환경에서 활동시 착용되는 아웃도어웨어의 경우 증발에 의한 보온력 손실이 고려되어야 할 것이다. 또한 투습성이 큰 경우에는 언더웨어 소재에 따라 보온력 감소에 차이가 보여서 폴리에스테르 내의가 울보다 컸다.

3. 방수의복이 모든 환경에서 증발저항이 컸으며 투습방수의복은 더운환경에서는 언더웨어소재에 의한 차이를 보이지 않은 반면 추운환경에서는 차이를 보여 폴리에스테르 내의가 울보다 작았다.

이상의 결과로부터 의복의 보온력과 증발저항은 측정환경, 외의의 투습성능, 언더웨어의 흡습성, 발한으로 인한 옷의 젖음 등의 여러 요인에 의해 영향을 받는 것으로 나타나서 추운환경에서 착용되는 스포츠의류의 경우 표준 환경 뿐 아니라 실제 착용 환경에서의 평가가 권장된다. 이 연구에서는 아웃도어웨어용 소재로서 방수원단과 투습성원단 2종으로 의복을 제작하여 실험하여서 외의의 투습정도에 따른 차이를 확인하지는 못하였다. 따라서 향후 아웃도어웨어의 쾌적성 평가를 위하여 투습성이 다양한 아웃도어 의류와 다양한 조합의 다층 의복 시스템에 대한 연구가 필요하며 이를 위하여 적합한 평가법 개발이 요구된다.

References

- ASTM F1291(2005) Standard test method for measuring the thermal insulation of clothing using a heated manikin. Ann Book ASTM Stand vol. 11.03, Am Soc Test Materials, PA
- ASTM F2370(2005) Standard test method for measuring the evaporative resistance of clothing using a sweating manikin. Ann Book ASTM Stand vol. 11.03, Am Soc Test Materials, PA
- Bernard TE, Matheen F(1999) Evaporative resistance and sustainable work under heat stress conditions for two cloth anticontamination ensembles. Int J Ind Ergon 23, 557-564
- Candas V, Broede P, Havenith G, Thermprotect network (2006) Classical approach to heat and vapor resistance calculations cannot explain heat transfer in wet clothing. Proc 6th Int Therm Manikin & Modelling Meet, pp235-246
- Fan J, Chen YS(2002) Measurement of clothing thermal insulation and moisture vapor resistance using a novel perspiring fabric thermal manikin. Meas Sc Technol 13, 1115-1123
- Kim EA, Yoo SJ, Shim, HS(2006) Performance of selected clothing systems under subzero conditions: determination of performance by a Human-Clothing- Environment Simulator. Text Res J 76(4), 301-308
- McCullough EA(2001) Interlaboratory study of sweating manikins. Proceedings of the 4th Int Meet on Thermal Manikins, pp1-6
- Park HJ, Kim HJ, Hong KH(2008) Transient heat flux evaluation of underwear for protective clothing using sweating manikin. J Korean Soc Clothing Text 32(1), 157- 165
- Patriot Net Daily(2014): Prevent cold injury, frostbite, and hypothermia. Available from <http://www.patriotnetdaily.com/> [cited 2014 October 22]
- Wang F, Annaheim S, Morrissey M, Rossi R(2013) Evaporative cooling efficiency of one-layer tight fitting sportswear: a sweating torso manikin study. Proceedings the XV Int Conference on Environ Ergon (ICEE 2013), pp285-287
- Wang F, Gao CS, Kuklane K, Holmer I(2009) A Study on evaporative resistance of two skins designed for thermal manikin Tore under different environmental conditions. J Fiber Bioeng Inform 1(4), 301-305
- Wang F, Gao C, Kuklane K, Holmer(2011) Determination of clothing evaporative resistance on a sweating thermal manikin in an isothermal condition: heat loss method or mass loss method?. Ann Occup Hyg 55(7), 775-783
- Wang SX, Tokura H, Hu JY, Han YX, Kowk YL, Au RW(2007) Effect of moisture management on functional performance of cold protective clothing. Text Res J 77(12), 968-980