

인공강우시스템을 활용한 의복의 방수성능 평가

차희철¹⁾ · 박준호²⁾ · 임지영¹⁾ · 심현섭^{3)†}

¹⁾한국생산기술연구원 ICT 섬유이류그룹

²⁾한국생산기술연구원 국제협력부

³⁾한국교원대학교 가정교육과

Garments Waterproofness Test Using Rain Tower System

Hee Chul Cha¹⁾, Jun Ho Park²⁾, Jee Young Lim¹⁾, and Huen Sup Shim^{3)†}

¹⁾ICT Textile & Apparel R&BD Group, Korea Institute of Industrial Technology; Cheonan, Korea

²⁾International Cooperation Department, Korea Institute of Industrial Technology; Cheonan, Korea

³⁾Dept. of Home Economics Education, Korea National University of Education; Seoul, Korea

Abstract : As the interest in leisure and health increases, the domestic outdoor wear industry becomes bigger. The waterproofness of fabrics does not ensure the waterproofness of garments because of the stitch holes during the sewing process even with the seam sealing tapes. Thus the water leakage often becomes a problem during the end use. Still companies use fabrics waterproofness data for garments marketing because they are simple to run the test, less expensive than the whole garment testing, and easy to achieve the quality control. In this study the rain tower system for evaluating the waterproofness of garments has been developed and the waterproofness of the selected waterproof and breathable garments in the market were tested. The rain tower was consisted of rain tower room, rainfall forming system and measurement system. Two different levels of rainfall can be simulated with this system(100l/m²/hr and 450l/m²/hr). Jackets in the market have been tested at two different rainfall conditions. The temperature and humidity data inside jackets didn't provide much information on the waterproofness at severe rainfall condition(450l/m²/hr, 1 hour). However, water leakage was detected on the cotton undershirt inside jacket. 5 out of 8 jackets passed the normal rainfall condition(100l/m²/hr, 30 minutes). The newly developed rain tower system was able to evaluate the waterproofness of the jacket seams. It is recommended the further study on the detailed test conditions for the end use of the waterproof and breathable garments.

Key words : waterproofness evaluation(방수성 평가), garment testing(의복 평가), rain tower system(인공강우시스템), waterproof and breathable garment(투습방수 의류)

1. 서 론

건강과 여가 생활에 대한 관심이 증가하면서 아웃도어웨어 산업이 크게 성장하였고 이와 함께 투습방수 의류소재의 수요도 꾸준히 증가하였다. 한국패션협회에 의하면 우리나라 아웃도어 시장은 2009년 2조 4천억원에서 2012년 5조 5천억원, 2014년 성장세가 다소 주춤하였으나 약 7조 5천억으로 늘어 매년 20~30%의 성장률을 기록하였다(Fashion News, 2015). 기능성 아웃도어웨어 시장의 폭발적인 성장과 함께 국내외 업체들 간의 경쟁은 심화되고 업체들은 자사 제품의 품질을 향상시키기 위하여 기능성을 극대화시키는 방향으로 개발방향에 초점을 두고 있는 실정이다.

투습방수 소재는 제조방법이나 가공방법 등에 따라 분류되지만 외부의 오염이나 수분이 의복 내부로 침투되는 것을 차단

하는 방수성과 인체로부터 발생하는 수증기는 배출시키는 투습성을 동시에 갖는 기능면에서는 모두 같은 성능을 추구하고 있다. 투습방수 의류는 원단상태의 투습성과 방수성이 완제품으로 제작되었을 때에도 보장되지는 않아 의류 완제품 상태에서의 평가가 필요함에도 불구하고 의류업체들은 아직 소재 상태에서의 투습성과 방수성 결과를 마케팅 자료로 활용하고 있는 실정이다. 쾌적성의 경우 발한온열 마네킹을 이용하여 의복의 쾌적성 평가가 가능하나 고가의 장비와 테스트 비용이 장애요인으로 작용하여 많이 이용되지 않고 있으며, 의류 완제품의 방수성은 측정하기 위한 장비조차 국내에 없는 실정이다. 따라서 업체에서는 의류 완제품의 성능평가를 예측하기 위하여 소재 상태에서의 투습성과 방수성 시험결과를 주로 활용하고 있다.

의류용 원단에 대한 방수도 평가법으로는 ISO 811: Textile fabrics determination of resistance to water penetration hydrostatic pressure test가 사용되고 있다(ISO, 1981). 이는 국제 표준화 기구가 섬유의 내수도를 측정하기 위하여 수압 시험에 대해 규정한 것으로서, 방수 외투 및 텐트용 직물 등과 같은 고

†Corresponding author; Huen Sup Shim

Tel. +82-43-230-3730, Fax. +82-43-231-4087

E-mail: shim@knue.ac.kr

밀도 직물 시험에 적용하는 것을 원칙으로 한다. 하지만 원단 평가 결과 방수용 원단으로 적합한 소재를 사용하여도 봉제선에 방수성을 부여하기 위하여 부착되는 심테이프에서 빗물이 새는 소비자 불만 사례가 종종 발생하여 최종 제품의 방수성을 보장할 수 없는 문제점이 있다. 봉제는 의류의 디자인에 따라 옷깃, 어깨, 지퍼 등 많은 곳을 차지하며 일반적으로 방수 성능이 취약한 부위의 심실링, 봉제선 및 패스너 등의 방수성 평가는 그 부분에 대한 국소적인 실험을 실시하기 때문에 다양한 디자인이 적용된 의복의 곡선 또는 원단이 서로 겹치는 부분을 포함한 의복 전체에 대한 방수성능을 파악할 수 없다는 문제점이 있다. 투습방수 의류제품의 방수성이 보장되지 않는 것은 의복 내부가 젖음을 의미하며 이는 투습방수 제품의 쾌적성도 잃는 결과를 초래할 수 있다.

현재까지 의복 완제품의 방수성능에 관한 평가법은 EN 14360: Protective clothing against foul weather - Test method for the rain tightness of a ready made garment - Impact from above with high energy droplets(European Norm, 2004)와 BS EN 468: Protective clothing for use against liquid chemicals - Test method for determination of resistance to penetration by spray (Spray Test)(EN, 1995)가 있다. 전자는 자유낙하 원리를 이용하여 수직 강우조건을 만들고 빗물이 의복 내부에 새지 않는 성질을 평가하는 것으로 현재 W.L. Gore사에서 자사 제품의 방수성 평가를 통해 품질관리에 활용하고 있다(Sek, 2009). 후자는 액체 유해물질로부터 화학방호복의 보호성능을 평가하기 위한 평가법으로 바람과 강우가 혼합된 조건이나 모토 사이클 의복의 방수성능 등과 같이 수평 강우 조건에서의 평가법으로 적용 가능하여 빗물의 자유낙하 원리에 의한 수직강우조건 실험에는 적합하지 않다.

지구 온난화로 인한 기후변화로 인하여 최근 우리나라에서도 평균 기온이 상승하고 있으며 강수량은 1970년대에 비해 2000년대에 약 2배 증가하였다. 작년 7월과 8월 서울에서는 하루 200mm, 시간당 약 80mm의 집중 호우가 기록된 바 있다. (“Climate Change of 21C”, 2015) 따라서 순간 강수량이 증가하는 기후 변화에 대한 대응과 극한 환경에서 착용되는 투습방수 의류제품의 쾌적성 및 방호성능을 보충하기 위하여 의복완제품의 방수성 평가방법은 국내에서도 필요한 실정이다. 이 연구에서는 투습방수 의류 완제품의 방수성 평가를 위한 인공강우실험실을 제작하고 국내 시판 투습방수 의류제품에 대한 평가를 통하여 적합성을 평가함으로써 향후 투습방수 제품의 평가 및 이를 위한 국내 실정에 맞는 평가법 개발의 기초자료를 제공하는 것을 목표로 하였다.

2. 연구방법

2.1. 의복의 방수성능 평가시스템 개발

이 연구에서는 현재 사용되고 있는 국제 규격 실험에 맞게 인공강우실험실을 실행할 수 있도록 EN 14360에 기초하여 인공

강우평가시스템을 개발하였다(EN, 2004; Sek, 2009; Yanez et al., 2006). 인공강우평가시스템은 일정한 사이즈의 실험실 내에 비가 내리는 조건을 형성하기 위한 인공강우실험실, 빗물의 형성과 배수를 위한 인공강우시스템과 의복을 통한 빗물의 누수를 확인하기 위한 평가시스템으로 구성하였다. 강우조건은 EN 14360에서 제시된 폭우조건(450l/m²/hr) 외에도 우리나라의 기후 조건에서 일반 아웃도어웨어용 의복의 방수성에 활용할 수 있도록 2단계로 조절 가능하도록 설계하였다.

2.2. 인공강우 평가시스템을 활용한 의복의 방수성 평가

개발된 인공강우평가시스템의 적합성을 평가하기 위하여 시장에서 판매되는 투습방수 의류제품을 구입하여 두 개의 강우조건(450l/m²/hr(이하 450mm/hr)와 100l/m²/hr(이하 100mm/hr))에서 강우실험을 실시하였다. 시간당 100mm/hr의 강우조건은 최근 3년 동안 전국 주요 10대 도시 1시간 최대 강수량을 조사한 결과 부산, 제주, 서울 등에서 시간당 약 80mm의 강수량을 기록한 결과를 참고하여(“Weather Information”, 2015), 우리나라 시간당 강수량 최대치에 가깝게 강우조건을 설정하였다. 실험에 사용된 의복은 기성제품 가운데 가격과 성능의 범위가 다양하도록 구입하였다. 제품의 성능은 고가 제품의 경우 제조사에서 제시하는 성능을 참고하였으며 중저가 제품의 경우 별도의 성능 표시가 없었으므로 가격과 투습방수 필름의 종류를 고려하여 연구자가 임의로 판단하여 Fig. 1에 제시하였다. 인공강우실험을 위하여 전체 12종의 투습방수 재킷을 구입하였고, 이들 중 4종(a, b, c, d)는 450mm/hr 강우조건에서 1시간, 나머지 8종(A~H)는 100mm/hr 강우조건에서 30분 강우실험을 실시하였다.

3. 결과 및 논의

3.1. 의복의 방수성능 평가시스템 개발

이 연구에서는 투습방수 의류 완제품에 대한 방수성능을 평가하기 위하여 인공강우 실험실, 인공강우시스템과 평가시스템으로 구성된 의복의 방수성능 평가시스템을 개발하였다(Fig. 2).

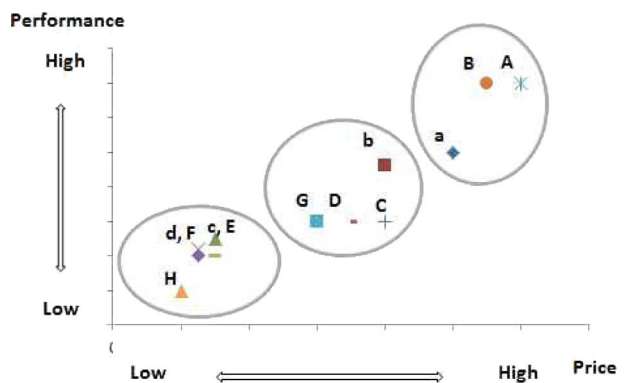


Fig. 1. Experimental jackets(The range of price and performance).



Fig. 2. Developed vertical rain tower system.

3.1.1. 인공강우실험실(Rain tower room)

지상 5m 높이에서 자유낙하 원리에 의해 비가 내리게 하기 위한 인공강우시스템을 설치하고 그 안에서 인체 사이즈 마네킨으로 착의실험이 가능하도록 2×3×5m(가로×세로×높이) 크기의 인공강우실험실을 설치하였다(Fig. 3). 실험실 벽면은 투명한 유리를 이용하여 실험이 진행되는 동안 내부를 관찰할 수 있도록 하였다.

3.1.2. 인공강우시스템(Rainfall forming system)

인공 강우 시스템(Fig. 3)은 실제 강우 조건을 시뮬레이트하기 위한 빗물의 공급, 저장, 배수 장치와 강우량 형성 및 조절을 위한 수위감지센서, 강우노즐 및 강우 개시와 종료를 위한 게이트로 구성되어 있다. 강우조건은 강우량을 2단계(1단계: 100±5mm/hr, 2단계: 450±25mm/hr)로 조절하도록 설계하였다.

a) 빗물 공급, 저장, 배수장치

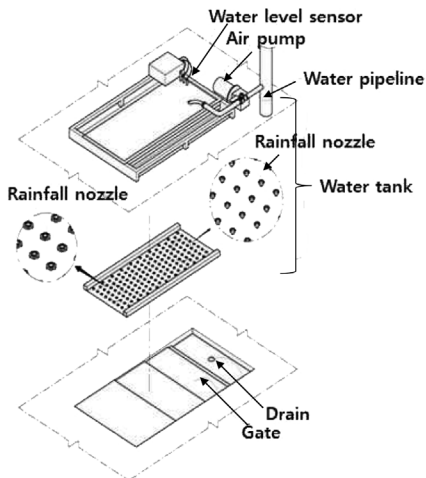


Fig. 4. Rainfall forming system diagram.

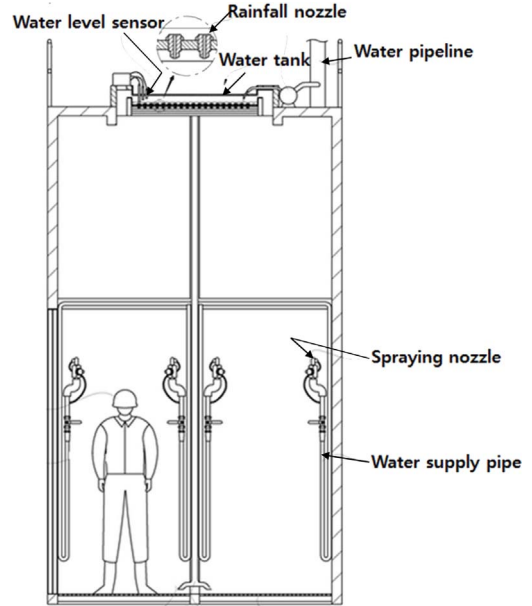
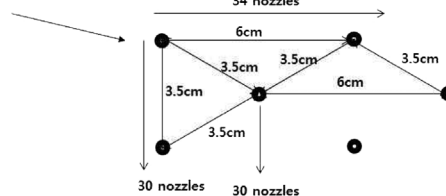


Fig. 3. Vertical rain tower system.

- 물탱크(water tank): 물탱크는 1×2×0.1m(가로×세로×높이) 크기로 인공강우실의 상부에 위치하여 취수관으로부터 물을 받아 저장하며(Fig. 4) 실험이 시작되면 물탱크 하부에 위치한 게이트가 열림과 동시에 인공강우실 내부 공간으로 강우를 형성한다.
- 취수관(water pipeline): 외부의 수도관으로부터 물탱크에 물을 공급한다(Fig. 3).
- 배수구(drain): 인공강우실 내부 공간과 물탱크의 바닥면을 연통시키도록 하여 물탱크에 미리 설정된 수위까지 저장수가 저장되는 동안 물탱크의 바닥면과 게이트의 상부면 사이에서 넘치는 저장수를 배출시킨다(Fig. 4).
- 배수관(drain pipeline): 인공강우실 상부에 위치한 배수구로부터 하단부 배수관까지 연결된다(Fig. 5). 배수구에서 배수



관을 통해 내려온 물이 인공강우실 바닥면에 위치한 다수의 배수공을 통하여 외부로 배출된다.

b) 강우 형성 및 조절장치

- 수위감지센서(water level sensor): 인공강우실 상부에 위치한 물탱크에 저장되는 저장수의 수위를 감지하고 조절하여 결과적으로 강우량을 조절한다(Fig. 4). 물탱크의 수위를 다양하게 조절해 가면서 인공강우실 내 강우량을 측정하는 것을 여러 번 반복하여 원하는 강우량을 얻기 위한 물탱크의 수위를 찾은 후 그 위치에 수위감지센서를 설치하였다. 물이 센서에 닿으면 공급을 멈추어서 항상 일정한 수위를 유지하게 되어 원하는 강우조건을 유지할 수 있게 된다. 수위감지센서의 높이를 다르게 여러 개 설치함으로써 다양한 강우 조건을 형성할 수 있다.

- 강우노즐(rainfall nozzle): 물탱크에 저장된 저장수를 인공강우실 내부 공간으로 분사하기 위하여 1×2m의 면적에 일정한 간격으로 2040개의 강우노즐을 설치함으로써 물탱크 저장수가 일정한 수위로 저장되면 강우노즐을 통하여 강우량을 균일하게 분사시킨다(Fig. 4, 5). 이 때 강우노즐에서 떨어지는 빗물의 크기는 약 5mm이다.

- 공급관(water supply pipeline): 인공강우실 내부면 각 모서리와 전면, 후면을 합쳐 총 8개의 위치에 높이 조절이 가능하도록 공급관을 설치하여 취수관으로부터 분지되어 오는 물이 공급관을 통해 인공강우실 내부의 각 모서리, 전면, 후면 등으로 보내지도록 하였다(Fig. 3). 공급관의 끝 부분에는 분무노즐을 연결하여 취수관으로부터 공급되는 물을 중앙부로 분무함으로써 이슬비가 내리는 조건을 형성하였다. 따라서 강우노즐을 이용한 수직강하에 의한 폭우 조건 외에도 공급관을 이용한 이슬비 조건이 가능하였다.

c) 강우 개시 및 종료 작동장치

- 게이트(gate): 물탱크 아래 인공강우실 상부에 슬라이딩이

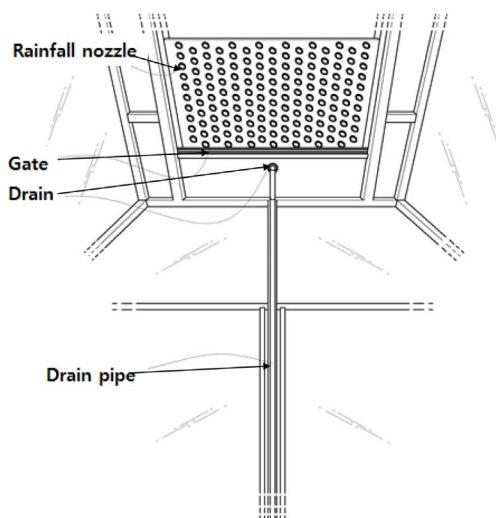


Fig. 5. Gate for rainfall enabling and disabling system.

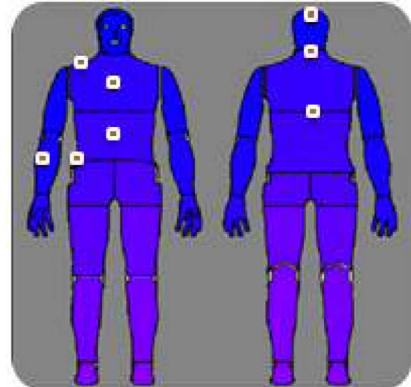


Fig. 6. Location of the temperature and humidity sensors.

가능한 게이트를 제작하였다. 인공강우시스템을 가동시켜 물탱크에 물을 받는 동안 시험을 시작하기 전까지 게이트를 닫아서 물탱크에서 나오는 물이 실험실이 아닌 배수관을 통해 배수되도록 하고 실험실 내부 실험의복이 사전에 젖는 것을 막는다(Fig. 5). 강우노즐은 항상 개방되어 있어 실험 시작 전까지 물탱크에 저장된 물은 강우노즐을 통해 게이트 상부에 분사되고 이때 고이는 물은 게이트 위에 설치된 배수구를 통해 배출되다가 실험 시작과 동시에 게이트가 열리면서 실험실 내 강우가 시작된다.

3.1.3. 방수성능 측정 시스템

a) 온습도 측정을 통한 방수성 평가

의류 디스플레이용 선 자세의 남자 전신 사이즈 마네킹(높이 1.87m)을 사용하여 마네킹 표면 8부위(머리, 어깨, 목, 가슴, 등, 배, 허리, 팔)에 온습도 센서를 부착하고 의복 내부의 온도 및 습도 변화를 측정하도록 하였다(Fig. 6). 마네킹 표면의 온습도 센서에서 측정된 데이터는 레인타워 밖에 위치한 컴퓨터에서 매 초 간격으로 수집하였다.

b) 흡수성 언더셔츠를 이용한 방수성 평가

마네킹 사이즈를 계측하고 이에 맞는 언더셔츠(면 100%)를 제작한 후 실험 시작 전 마네킹에 착용시키고 실험 종료 후 재킷 내부 언더셔츠의 젖음을 확인하도록 하였다. 사용된 언더셔츠는 매 실험 종료 후 가정용 세탁기로 세탁 후 자연건조시킨 후 다음 실험에 사용되었다.

3.2. 인공강우평가시스템을 활용한 의복의 방수성 평가

3.2.1. 실험 I: 450mm/hr 강우조건

시중에서 판매되는 재킷 가운데 고어텍스 원단을 사용한 고가 제품(a, b)과 일반 중저가 제품(c, d)을 구입하여 EN14360(2004)에 제시된 450mm/hr의 강우 조건에서 60분간 강우실험을 실시하였다(Table 1). 강우실험을 시작하기 전 인공강우실 환경온도와 습도는 13.0±1.3°C, 47.5±2.9%RH이었다. 실험기간

Table 1. Experimental conditions

Experiment I		Experiment II	
Rainfall	450l/m ² /hr	100l/m ² /hr	
Test period(min)	60	30	
Experimental garments	4 Jackets in the market	8 Jackets in the market	
Measurements	• Temperature, relative humidity on the manikin's surface	• Temperature, relative humidity on the manikin's surface • Leakage observation (Cotton undershirt)	

동안 마네킨 표면 위에 장착된 온습도 센서로부터 측정된 데이터를 인공강우실 밖에 위치한 컴퓨터에서 실시간으로 수집하여 의복의 방수성을 확인하였다. Fig. 7은 실험기간 동안 측정된 습도 데이터이다. 전반적으로 모든 의복의 습도 값이 짧은 시간 동안 급격히 상승하였으며 특히 머리, 어깨 부위의 습도는 의복 종류에 관계없이 실험 시작 5분 이내에, 목과 팔은 약 10분 이내에 포화상태에 도달하였다. 반면 의복과 마네킨 표면 사이에 공기층이 있고 빗방울이 수직으로 닿지 않는 가슴, 등, 배, 허리 부위는 의복에 따라 차이가 있었으나 대부분 실험 종료 시점에 80% 이상으로 습도가 상승하였다. 실험 종료 후 마네킨 표면을 관찰한 결과 세 개의 샘플(b, c, d)에서 빗물이 새는 것을 확인하였으나 의복내 습도 결과에서는 b, c, d가 빗물이 새지 않은 a보다 습도가 낮아서 의복내 습도 결과로는 의복 간 방수성 차이를 객관적으로 평가하기는 어려운 것으로 나타났다.

한편 의복내 온도는 빗물이 마네킨 표면에 수직으로 떨어지는 머리, 어깨, 목, 팔 부위의 경우 실험이 시작된 직후 빗물과 같은 온도로 변하여 계절에 의한 영향을 배제시키고 균일한 조건에서 실험을 실시하도록 하기 위해서는 향후 물탱크 내부 온도조절시스템을 도입하여 수온을 환경온도와 같게 유지시켜야 할 것으로 보인다. 이 실험결과 시판 투습방수 의류제품의 방수성능은 의복내 온습도 측정만으로는 평가하기 어려웠으며 시간당 450mm/hr의 강우량은 매우 강한 폭우 조건으로 대부분의 시판 재킷이 방수 테스트를 통과하기 어려워 극한 환경 또는 화학방호용 보호복과 같이 전문가용 의류나 특수기능복과 같이 강한 방수성이 요구되는 의복의 평가에 적용 가능할 것으로 보인다. 일반 스포츠 의류의 방수성 평가를 위해서는 강우조건을 다양화하고 제품의 요구성능에 대한 기준을 설정하여 그에 맞는 강우조건에서 평가하는 것이 필요할 것이다.

3.2.2. 실험 II: 100mm/hr

실험 II에서는 면 니트 소재의 언더셔츠를 제작하여 실험 전 투습방수 의류 속에 착의시키고 그 위에 온습도 측정용 센서를 부착한 후 강우량과 강우 노출 시간을 100mm/hr, 30분으로 실험 I보다 완화된 조건에서 실험하였다(Table 1). 1차 실험에서와 마찬가지로 실험 기간 동안 마네킨에 착의된 언더셔츠 위에 장착된 온습도 센서를 통해 의복내 온습도 데이터를 얻었고 실험 종료 후 언더셔츠의 젖은 부위를 눈으로 확인함으로써 pass

또는 fail을 판정하도록 하였다. 테스트 샘플은 시판 투습방수 의류제품 가운데 방수성능 및 가격에 따라 총 8종을 선정하였다(극한환경용/최고가 2종(A, B), 고성능형/고가 3종(C, D, G), 일반형/중저가 2종(E, F), 저성능형/저가 1종(H)), 강우실험을 시작하기 전 인공강우실 환경온도와 습도는 17.1±1.4°C, 49.6±10.6%RH 이었다.

전체 실험 의복에 대하여 강우 실험한 결과 A, B, C, D, G 샘플은 빗방울이 수직으로 가장 많이 닿는 머리, 어깨, 등, 목의 네 부위를 제외한 나머지 부위는 습도가 환경보다 낮거나 비슷한 경향을 보였고 E, F, H 샘플은 위의 네 부위뿐 아니라 다른 부위의 습도도 환경습도보다 높게 나타났다. 즉, 빗물의 직접적인 영향을 많이 받는 부위로 마네킨 표면과 의복 사이에 공기층이 없는 부위는 필름의 성능에 관계없이 의복내 습도가 대부분 10분 이내에 90% 이상의 포화상태에 가깝게 상승하였고, 의복 내 공기층이 있는 부위는 소재의 종류에 따라 마네킨 표면 습도에 차이를 보였다. 실험 I에서와 마찬가지로 의복 내 습도는 센서가 위치한 부위에 빗물이 새는 경우를 제외하고는 실제 빗물의 누수 여부를 판별하기 어려워 실험 종료 후 언더셔츠 표면의 젖음 정도를 확인한 결과 전체 샘플 중 E, F, H의 머리와 어깨 심실링 부분에서 빗물이 새는 것을 확인하였다(Fig. 8).

온도 변화에서도 습도 변화와 같은 경향을 보였는데 빗방울이 직접 닿는 부위가 수온의 영향을 많이 받는 것으로 보였고, 마네킨의 특성상 외부 온도변화에 민감하게 반응할 수밖에 없기 때문에 모든 의류에서 비슷한 경향이 나타났다. 유색의 언더셔츠는 빗물이 새는 여부를 확인함으로써 설정된 조건에서 의류의 방수성을 pass/fail로 제시하는 것이 가능한 것으로 나타났다. 시판 의류 제품을 분석한 결과 총 8종의 샘플 가운데 3종은 100l/m²/hr, 30분의 강우조건에서 방수성이 없음을 확인하였다.

실험 I에서 시중 4개의 의복 가운데 고가제품 1종(A)만 방수성 평가를 통과하였고 다른 고가제품 1종(B)과 저가제품(C, D)은 fail하여 소비자들의 의복의 성능을 가격이나 제조사에서 제시하는 성능 정보만으로 방수성능을 예측하기는 어려운 것으로 나타났다. 반면 실험 II에서 일반 강우조건에서 실험을 실시한 결과 일반형/중저가 2종과 저성능형/저가 1종이 fail하여 가격과 업체에서 제시하는 제품의 성능 정보와 의복의 방수성능이 대체로 일치하는 경향을 보였다.

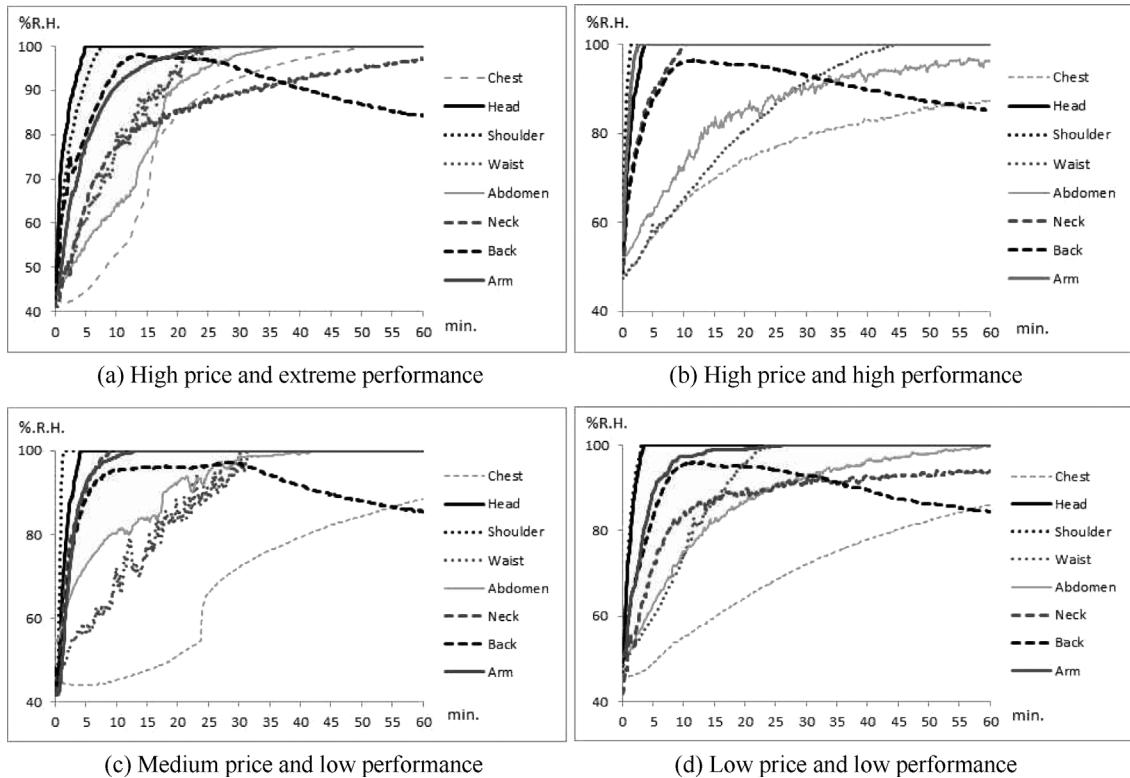


Fig. 8. Water leaking inside the jackets.

이상의 결과는 극한환경에 사용되는 투습방수 의류의 경우가격이나 업체로부터의 성능정보만이 아닌 높은 강우조건에서 평가함으로써 이들의 성능을 보증해 줄 필요가 있고 일반적인 아웃도어용 의류의 경우 방수성 평가가 필요한 경우 극한 조건보다는 완화된 조건에서 평가할 필요가 있음을 시사한다. 이는 가벼운 아웃도어 활동용 의복에도 지나치게 높은 성능과 가격의 외국 제품이 사용되는 것을 줄이고 국내 제품이 적합한 용도에 맞는 의류제품에서 더욱 경쟁력을 갖도록 하는데 기여할 것으로 기대된다.

4. 결 론

이 연구에서는 투습방수 의류 완제품의 방수성 평가를 위한 인공강우실험 장비를 제작하고 시판 투습방수 의류제품에 대한 방수성 평가를 통하여 적합성을 확인함으로써 투습방수 제품의 평가 및 이를 위한 국내 실정에 맞는 평가법 개발을 위한 기초자료를 제공하는 것을 목표로 하였다.

이를 위하여 인공강우실험실과 인공강우시스템을 제작하여 투습방수 의류 완제품의 방수성 평가를 위한 의복의 방수성 평가시스템을 개발하였다. 인공강우 시험장비는 5m 위치에서 지상에 놓인 착의 마네킨으로 자유낙하 원리에 의해 빗물이 떨어지는 것을 모사하도록 설계되었고 개발된 인공강우시스템으로 시판 투습방수 의류제품의 방수성 평가를 가능하였다.

의복의 방수성 평가는 의복내 온습도 데이터보다는 실험 종료 후 먼 언더셔츠를 확인하는 것이 더 적합한 것으로 나타났다.

실험결과 의복의 방수성 평가결과는 의복의 방수성뿐 아니라, 강우량과 실험 시간 등 강우조건에 영향을 받는 것으로 나타나 의류제품이 사용되는 최종 용도에 맞는 강우조건에서 평가할 필요성이 제기되었다. 따라서 향후 다양한 용도에 맞는 시험조건을 표준화하는 것이 필요하고 빗물의 세는 정도를 정량화 시킬 수 있도록 측정 시스템을 개선시킬 필요가 있을 것이다. 이는 소비자들이 사용 환경에 적합한 수준의 방수성능을 선택할 수 있는 정보를 제공하여 일부 외산 고가 품질에 치중되고 있는 투습방수 의류 시장에서 다양한 성능의 국산 제품이 경쟁할 수 있도록 할 수 있을 것으로 기대된다.

References

‘Climate change of 21C’. (2015, September 21). *Seoul Air Quality Information*. Retrieved September 21, 2015, from <http://cleanair.seoul.go.kr/inform.htm?method=climateEffect02>

European Norm. (1993). *EN29865(ISO 9865: 1991): Textiles-Determination of water repellency of fabrics by the Bundesman rain-shower test*. BSI.

European Norm. (1995). *BS EN 468. Protective clothing for use against liquid chemicals. Test method. Determination of resistance to penetration by spray (Spray Test)*. BSI.

- European Norm. (2004). *EN14360. Protective clothing against foul weather - Test method for the rain tightness of a ready made garment - Impact from above with high energy droplets*. European Standards.
- 'Fashion News'. (2015, August 18). *Korea Fashion Association*. Retrieved September 21, 2015, from http://www.koreafashion.org/_html/information/
- ISO. (1981). *ISO 811:Textile fabrics - Determination of resistance to water penetration - Hydrostatic pressure test*. ISO.
- 'Rain protection'. (2015, September 21). *EMPA*. Retrieved September 21, 2015, from http://www.empa.ch/plugin/template/empa*/26510
- Sek, J. (2009). Gore-Tex technical garments for the workplace. *2009 Techniczne Wyroby Wlokiennicze*. Retrieved September 24, 2015, from http://yadda.icm.edu.pl/baztech/element/bwmeta1.element/baztech-article-LOD7-0021-0101/c/httpwww_moratex_euplikitww20094tww20094-goretextechnicalgarments.pdf
- 'Weather Information'. (2015, October 15). *Korea Meteorological Administration*. Retrieved October 15, 2015, from <http://sts.kma.go.kr/jsp/home/contents/applstatic/appyStaticView.do?thermaSqno=637/>
- Yanez, J., Farina, J., Rodriguez-Andina, J. J., & Magallanes, A. M. (2006). Design and development of a wawterproof garment testing system. *2006 IEEE International Symposium on Industrial Electronics (pp. 3008-3013)*. Montreal, Que. Canada: IEEE Xplore. doi:10.1109/ISIE.2006.296095

(Received 30 September 2015; 1st Revised 14 October 2015;
2nd Revised 26 October 2015; 3rd Revised 29 October 2015;
Accepted 15 November 2015)

© 2015 (by) the authors. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution license (<http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.
