시판 발열의복의 발열성능 평가

이현영 · 정연희

군산대학교 의류학과

Evaluation for the Heating Performance of the Heated Clothing on Market

Hyun-Young Lee and Yeonhee Jeong

Dept. of Clothing & Textiles, Kunsan National University; Kunsan, Korea

Abstract : To evaluate the heating performance of commercial heated vests, we investigated the thermal images and the temperature between body and vest for three heated vests. We captured infrared thermography by FT-IR Spectrometer to analyzed the heating temperature of the heating elements taken from the vests, and the maximum heating temperature of the vests was compared with thermal image in the room temperature(18°C). In outdoor experiment(-4.7°C), we measured the inner temperature as well as the thermal image of heated vests. Four healthy men participated in this experiment, and the ANOVA and Duncan test was performed for statistical analysis. As the results, the heating temperature range of the heated vests used in this experiment was 32~42°C, much lower than the displayed temperature range in their specifications, so the exact specification for heating performance of heated clothing was required. In comparisons of the heating performance among the heated vests, we found out that the insulation of clothing is very important to design the heated clothing, because the inner temperature of the vest had good insulation by itself was higher than that of the vest shown higher temperature over 7°C than another vests at the heating temperature.

Key words: heated vest, analysis of thermal image(infrared thermography), heating performance, heating temperature

1. 서 론

최근 전기장치를 이용한 발열의류의 종류는 다양하게 출시되고 있으며 전기, 섬유, 제직, 구조 등 여러 분야에서의 발열관련 특허기술들(송요섭, 1999; 김채만, 2006)도 쉽게 찾아볼 수 있다. 발열 기술이 적용되는 아이템으로는 조끼, 점퍼, 양말, 장갑, 허리 벨트, 거들 뿐만 아니라 온열치료 및 의료용품, 침낭과 같은 캠핑 용품 등으로 빠르게 확대되고 있다(“겨울옷의 진화”, 2009; “스마트패션”, 2010; “겨울캠핑이”, 2010; “Heated Clothing”, 2008; “Power Source”, 2010). 특히 군(軍)에서도 발열섬유와 전자식 발열체를 이용한 전투복 활용을 계획하고 있어 발열의류의 활용내용과 범위는 크게 확대될 것으로 기대되고 있다(“군 전투복”, 2010).

최근 발열섬유의 제조방식은 매우 다양해지고 있는데, 스테인리스스틸, 은, 구리, 및 카본 계통의 전기전도성이나 열전도성이 큰 재료를 실이나 직물로 구성하고 나나가 이러한 직물의 유연성 개선도 빠르게 진행되고 있다. 이러한 소재들은 면상 발열체로 제작되어 사용되고 있는데, 그 종류로는 필름형 면상 발

열체와 탄소 섬유 부직포형, 그리고 섬유형 면상 발열체 등이 있으며 각각의 특성에 따라 유연성이나 내구성 등의 특성이 달라진다(박성미, 2010).

현재 국내의 발열의복 연구는 점차 활발해져가고 있는 추세로 간단히 요약하면 다음과 같다. 발열체의 종류에 따른 발열성능 비교 연구, 발열섬유 제품의 평가, 발열기능이 부여된 의복 개발 연구 등이 주를 이루고 있다. 김구영 외(2009)의 연구에서는 발열체에 따른 발열성능을 비교하였으며, 김구영, 이정란(2009)의 연구에서는 노년층의 경우 스마트 의복들 중 체온 조절이나 온열치료용 의복을 가장 선호함을 밝혀냈다. 백경자, 애쉬다운(2009)의 연구에서는 노년층을 위한 스마트 재킷을 개발하였으며, 권영아(2009)의 연구에서는 한랭 환경에서 탄소섬유가 적용된 발열양말과 면양말을 착용했을 때의 발바닥 피부온을 비교한 바 있다. 그리고 황영미와 이정란의 연구들(2008; 2009a; 2009b)에서는 발열장치를 이용한 생리통 완화용 거들을 개발하고 거들에 발열장치 부착 전·후의 의복압과 체열변화 비교분석하였다. 시판 발열조끼들에 대한 주관적 착용평가를 수행한 연구(정연희, 이현영, 2008)에서는 겨울철에 실외 환경에서 피험자들에게 발열조끼를 입히고 발열성능, 주관적 온열감각을 평가한 결과, 시판 발열조끼들이 최대 70~80°C까지의 발열이 가능하다고 광고되고는 있지만 피험자들은 충분히 따뜻하다고 느끼지 못하고 있어 발열성능이 보다 향상된 제품개발이

Corresponding author; Yeonhee Jeong
Tel. +82-63-469-4665, Fax. +82-63-469-4661
E-mail: jlucia@kunsan.ac.kr

요구된다고 밝히고 있다.

그러나 아직까지 새롭게 등장하여 빠르게 시판되고 있는 발열의류 제품에 대한 객관적 평가 방법이 의복구성 및 의복환경학 측면에서 체계적으로 제안되지 못하고 있는 실정이다. 이에 발열의복처럼 전기, 섬유 소재, 의복구성 등이 결합되어 있는 퓨전 의복의 객관적 평가 방법 요구되며 시급한 객관적 데이터 축적(DB)이 요구된다 하겠다.

현재 이와 같은 이유로 소비자들은 발열 의류 제품에 대한 성능판단이 어려우며 제조사들의 자체 제품 설명이나 광고에만 의존하여 제품을 선택할 수밖에 없는 실정이다. 뿐만 아니라 시판 제품들이 실제 표기하고 있는 수준의 성능을 갖추고 있는지도 파악하고 있지 못한 실정이다. 따라서 좋은 제품을 선택하고 보다 우수한 발열 의류 제품을 개발하기 위해서는 현재의 제품들에 대한 실제 평가를 통해 제품 선택 및 개발에 중요한 요소 및 요건들이 무엇인지, 그리고 실제 성능은 어떠한지를 밝힐 필요가 있다.

그러므로 본 연구에서는 시판 발열조끼 3종을 대상으로 발열체의 온도 분포, 발열조끼의 온도 분포, 착용시 의복내 온도 변화를 측정 비교하였다. 실험은 실내에서의 마네킹 착용실험과 한랭한 실외환경에서의 인체 착용실험으로 나누어 실시하고, 열화상 분석과 의복내 온도변화를 측정하였다. 이를 통해 발열조끼와 같이 의복구성, 전도성 섬유, 전기공학이 결합되어있는 의

복에 대한 객관적 평가를 수행하고 의복구성 측면에서 요구되는 요인을 제안하고자 한다. 또한 시판 발열제품의 발열성능 및 발열 분포를 살펴보고 향후 개발될 발열 제품 설계시 보다 우수한 제품 설계가 가능하도록 도움을 주고자 한다.

2. 연구방법

본 연구의 실험에 사용된 실험의복의 특성 및 실내·외 환경에서의 실험방법은 다음과 같다.

2.1. 실험의복의 특성

실험에는 발열조끼의 주관적 착용실험을 수행한 선행연구(정연희, 이현영, 2008)에서 좋은 평가를 받았던 발열조끼 2종(의복 A와 B)과 나쁜 평가를 받았던 1종(의복 C)이 사용되었다. 발열조끼는 남성용으로 가슴둘레 95 cm의 제품을 실험에 사용하였다. 발열조끼들의 세부적인 특성은 Table 1에 정리하였다.

의복 A는 폴리에스테르 충전재가 들어있는 다소 두툼한 발열조끼로 3개의 길쭉한 면상발열체가 조끼 뒤판에 세로로 나란히 삽입되는 형태로, 면상발열체는 전도성 부직포를 유연성이 있는 플라스틱 필름으로 완전 접착시킨 형태였다. 의복 B는 발열조끼 뒷면에 발열체 2개(등, 허리부위)가 상하로 삽입된 것으로, 발열체는 동그랗고 단단한 플라스틱 보드에 동그란 필름

Table 1. 실험에 사용된 발열조끼들의 특성

비교항목	평가가 좋았던 제품		평가가 나빴던 제품
	의복 A	의복 B	의복 C
발열의복의 섬유 소재특성	겉감, 안감, 충전재: 폴리에스테르 100%	겉감, 안감: 폴리에스테르 100%	홉겹 망사 원단: 폴리에스테르 90%, 면 10%
의복두께 (170 g 가압)	0.73 mm	0.72 mm	0.34 mm
출력 전압	DC 7.4 V	DC 8.4 V	DC 7.4 V
출력 전류	2,200 mAh	1,200 mAh	2,400 mAh
표기된 발열 온도	4080°C	60~80°C	4575°C
발열판 개수	3개	2개	4개
발열체 삽입 위치 (앞, 뒤)
발열체 형태(외부)
발열체 형태(내부)
	부직포형	필름형	직물형
실제 발열되는 발열체의 총 면적	$(13.0 \text{ cm} \times 3.4 \text{ cm}) \times 3\text{개} = 132.6 \text{ cm}^2$	$(1.85 \times 1.85 \times \pi) \times 4\text{개} = 43.0 \text{ cm}^2$	$(9.0 \text{ cm} \times 4.5 \text{ cm}) \times 4\text{개} = 162.0 \text{ cm}^2$

형태의 발열체가 부착되어 있다. 발열체는 한 팩 안에 2개씩 밀봉되어 있다. 의복 C는 냉온 겸용으로 개발된 조끼로 망사 원단의 조끼에 4개의 발열체를 앞판 아랫부분과 뒤판 윗부분의 좌우에 하나씩 삽입하는 형태이다. C의 발열체는 A, B와는 달리 전도성 섬유를 직조하여 면상발열체를 구성하였으며 다른 발열체보다는 상대적으로 유연하였다. 의복 A와 C의 경우에는 구조적으로 발열체를 추가할 수 있도록 별도의 포켓이 있었으나, 본 실험에서는 배터리 1개당 연결될 수 있는 발열체만을 삽입하여 실험하였다. 디지털 두께측정기((주)한승이앤아이, 가압면적은 약 0.72 cm^2 , 170 g 가압)를 이용하여 발열조끼들의 두께를 측정한 결과 의복 A의 경우 충전재가 있었음에도 불구하고 B와 유사한 0.7 mm를 약간 넘는 수준이었고, 의복 C의 경우는 0.34 mm로 상대적으로 얇았다.

발열조끼에 삽입되는 발열체의 실제 발열면적을 측정한 결과, 의복 C는 162.0 cm^2 로 발열 면적이 가장 넓었다. 의복 A는 132.6 cm^2 였으며, 의복 B는 43.0 cm^2 로 가장 작은 발열 면적을 보였다. 발열면적만을 비교하여 본다면 의복 C가 의복 B보다 약 4배, 의복 A가 B보다 약 3배의 크기차이를 보이고 있었다.

2.2. 열화상 및 의복내 온도변화의 측정 및 분석

열화상 측정 장비로는 후리에 변환 적외선 분광기 TVS-2200MK2LW (FT-IR Spectrometer; Bio-Rad Laboratories, Inc.)가 이용되었으며, 분석 소프트웨어로는 BestIR® Ver. 2.0이 활용되었다. 의복내 온도변화는 휴대용 온도측정기인 Thermo Recorder (TR-72U)가 이용되었다. 온도측정기는 인체 착용실험에서만 측정되었고, 발열체가 위치하지 않는 인체 앞면 흉골 부분의 티셔츠 위에 부착하였다.

2.3. 실내 마네킹 착용실험 및 발열체의 발열성능 분석

발열체만의 발열성능을 평가하기 위해 발열조끼에서 발열체

를 꺼내어 발열온도를 최대 세팅하고 15도 경과 후의 열화상을 측정하였다. 발열체의 발열온도는 전원을 켜 후 약 10분 후에는 변화가 거의 없으므로 15분 후에는 안정된 상태의 발열온도와 온도분포를 얻을 수 있었다.

또한 인체의 생리적 영향을 배제한 상태에서의 조끼의 발열성능을 비교하기 위해 실내(평균 기온 18°C , 상대습도 7%RH)에서 발열조끼를 마네킹에 착용시킨 후 열화상을 촬영하여 분석하였다. 실험에 사용한 마네킹은 플라스틱 소재로 남성용 95 사이즈의 것이 이용되었다. 실험시작과 동시에 발열조끼의 컨트롤러를 최대 온도로 세팅하고 실험시작으로부터 5분경과 후와 25분경과 후의 열화상을 각각 촬영하여 최대 온도와 온도분포 특징을 분석하였다.

2.4. 실외 인체 착용실험

인체 착용실험은 한랭한 실외 환경(평균 기온 -4.7°C , 상대습도 48.2%RH, 기류 1.8 m/s)에서 실시하였으며, 발열성능 평가를 위해 열화상분석과 의복내 온도 분석을 동시에 실시하였다. 실외 인체 착용실험에는 20대 신체 건강한 성인 남성 4명이 참여하였으며, 이들은 모두 가슴둘레 95~96 cm, 신장 176~175 cm, 허리둘레 80~81 cm, 엉덩이둘레 97~98 cm의 범위 내에 속하였다. 실험은 모두 4회에 걸쳐 실시하였고, 순서효과와 피험자에 의한 영향을 최소화하기 위해 Table 2와 같이 실험을 설계하였다. 발열조끼에 대한 인체 착용실험은 4일에 걸쳐 하루 4회의 실험을 실시하여 총 16회 반복 실험을 실시하였고, 피험자들은 16회의 실험동안 의복들을 각각 4회씩 착용하였다. 실외에서의 실험이었으므로 기후조건이 계속 변화하는 점을 감안하여 세 종류의 실험의복을 피험자 3명에게 동시에 착용시키고 동시에 실험을 실시하였다.

인체 착용실험에서는 발열조끼 이외에 실험의복으로 겨울용 등산 재킷과 티셔츠, 그리고 바지를 공통적으로 착용하도록 하

Table 2. 실험 회수별 참가 피험자 및 의복 착용 순서

첫째날			둘째날			셋째날			네째날		
회차	피험자	의복	회차	피험자	의복	회차	피험자	의복	회차	피험자	의복
1	1	A	5	1	B	9	1	C	13	2	A
	2	B		2	C		4	B		3	B
	3	C		4	A		3	A		4	C
2	1	C	6	1	A	10	2	B	14	1	B
	2	A		3	B		3	C		2	C
	4	B		4	C		4	A		3	A
3	1	B	7	2	A	11	1	A	15	1	C
	3	A		3	C		2	C		2	B
	4	C		4	B		3	B		4	A
4	2	C	8	1	C	12	1	B	16	1	A
	3	B		2	B		2	A		3	C
	4	A		3	A		4	C		4	B

Fig. 1. 실험의복을 착용한 모습(a: 재킷, 발열조끼, 티셔츠까지 실험의복을 모두 착용한 모습, b: 재킷을 벗고 발열조끼까지 착용한 모습, c: 발열조끼를 벗고 티셔츠만 착용한 모습)

였다. 착용방법은 Fig. 1과 같이 티셔츠 위에 발열조끼를 착용하고 그 위에 재킷을 착용시켰다.

실험 절차는 Fig. 2와 같다. 피험자는 실내에서 실험복으로 갈아입고 10분 안정 후 실외로 이동하였다. 피험자가 실외에서 벤치에 앉아 5분간 안정을 취한 후 발열조끼의 전원을 켜고 최대 온도로 컨트롤러를 조정하였다. 이후 피험자들은 30분간 실외에서 벤치에 앉거나 서 있었으며 과도한 움직임이 없이 실험에 참가하도록 하였다. 실외의 추운환경에 노출된 후 피험자는 실내로 입실하여 즉시 열화상을 측정하였다. 열화상은 피험자의 상반신 앞·뒤를 모두 촬영하였으며, 실험복을 재킷까지 모두 착용한 상태, 재킷을 하나 벗은 상태, 그리고 발열조끼까지 벗은 상태를 순서대로 신속히 촬영하였다.

2.5. 발열조끼 착용시의 의복내 온도 측정

발열조끼 착용 시 의복내의 온도변화를 보다 면밀히 고찰하기 위해 휴대용 온도기를 사용하여 의복내 온도를 측정하였다. 온도측정 센서의 부착위치는 발열체가 위치하지 않는 부분이어야 했기 때문에 Fig. 1의 c와 같이 흉골에 해당하는 부위였으며, 티셔츠와 발열조끼 사이에 놓이도록 고정하였다. 온도측정기의 컨트롤러는 바지의 포켓 안에 넣어 두도록 하였으며, 발열조끼의 컨트롤러의 스위치를 최대 온도로 켜 후 발열조끼 온도가 충분히 안정되었을 15분경과 후부터 10분간의 온도를 10초 간격으로 측정하여 분석하였다. 측정결과는 SPSS 10.0을 이

용하여 일원분산분석 및 던컨테스트로 95% 신뢰수준에서 의복별 차이를 검증하였다.

3. 결과 및 토의

3.1. 발열조끼의 실내 마네킹 착용실험 결과

3.1.1. 발열체의 발열성능 평가

Table 3은 발열체의 컨트롤러를 최대 온도로 세팅하고 15분 경과 후 촬영한 열화상과 이때의 최고온도 값을 나타낸 것으로 그 결과는 다음과 같다. 실험의복 B의 발열체 최고 온도는 41.8°C로 세 의복 중 가장 높은 발열온도를 보였으며, 실험의복 A는 34.5°C, 실험의복 C는 31.9°C였다. 실험의복 B(41.8°C)는 실험의복 A(34.5°C) 보다 7.3°C가 높아 월등한 온도 차이를 보였으며, 선행연구(정연희, 이현영, 2008)에서 발열성능이 가장 떨어지는 것으로 평가되었던 실험의복 C의 최대 발열온도는 31.9°C로 가장 낮았다. 즉, 시판 발열조끼의 주관적 착의 평가를 수행한 선행연구에서 실험의복 C가 주관적 평가에서 다른 의복에 비해 뚜렷이 낮게 나타났던 이유 중 하나는 발열체 자체의 최대 발열온도가 낮았기 때문임을 알 수 있다.

그러나 위의 선행연구에서 의복 C와 A의 발열체 온도 차가 2.6°C로 그리 크지 않음에도 두 의복 간에 주관적 착의평가가 뚜렷이 나타났다. 이에 반해 의복 B와 A의 경우 7.3°C의 온도 차로 비교적 온도차가 큼에도 불구하고 두 의복 간 통계적 유의차가 없었음은 발열체의 발열온도만으로 발열의류의 발열성능을 예측할 수 없음을 알 수 있었다. 즉 발열체의 자체 성능과 함께 의복의 구조 및 소재 요인이 동시에 고찰되어야 함을 알 수 있었다.

또한 위의 결과를 통해 알 수 있는 것은 업체에서는 발열온도를 40~80°C까지 발열된다고 광고를 하고 있으나 실제 본 연구에서 측정된 발열체의 최대 발열온도는 약 32~42°C 수준으로 나타나 실제 광고되고 있는 온도보다 훨씬 낮은 것으로 밝혀졌다. 따라서 시판 발열의류 제품들에 대한 객관적 평가와 성능 측정을 통해 정확한 제품 성능이 표시될 수 있도록 규제할 필요가 있음을 알 수 있다.

3.1.2. 발열조끼의 발열성능 평가

실내에서 마네킹에 발열조끼들을 착용시키고 발열온도를 최

Fig. 2. 인체 착용실험 절차

Table 3. 발열조끼별 발열체의 열화상 측정결과

	실험의복 A	실험의복 B	실험의복 C
15분 발열후 열화상
최고온	34.5°C	41.8°C	31.9°C

대로 하여 전원을 켜고 5분과 25분 경과후의 열화상을 각각 촬영한 결과 Table 4와 같았다. 모든 제품들에서 발열체가 삽입된 위치가 국소적으로 높은 온도를 보였으며, 발열조끼 내에 발열체를 삽입한 후 측정된 열화상을 고찰하면 다음과 같다. 열화상 결과 가장 높은 온도를 나타낸 것은 의복 C로 32.7°C였으며, 의복 A는 28.9°C로 가장 낮은 온도를 보였다. 즉, 의복 C는 그물망 소재로 조끼가 구성되어 있어 발열체 열이 쉽게 외부로 방출되고 있음을 알 수 있었으며, 이에 반해 의복 A의 경우는 비교적 두툼한 소재로 구성되어 있어 발열체에서 생성되는 열이 외부에 쉽게 방출되지 않고 있음을 알 수 있었다.

앞서 측정한 발열체 자체의 열화상온도와 발열조끼에 발열체를 삽입한 후 측정된 열화상 온도의 온도 편차를 비교해 보면 다음과 같다. 의복 A의 경우는 온도 편차가 5.6°C로 최소 5.6°C의 열이 의복 바깥으로 빠져나가지 않고 의복에 의해 의복내측에 머무르고 있음을 추측할 수 있었다. 의복 B의 경우에는 온도 편차가 11.6°C로 A의복 보다 더 많은 열이 의복 내에 잔류하는 반면, 의복 C는 온도 편차가 0.8°C로 의복 내에 머무르는 열이 거의 없이 조끼외부에 노출됨을 알 수 있다. 따라서 발열의복을 설계할 때는 발열체에서 생성되는 열이 의복

외부로 빠져나가지 않고 내부에 최대한 머물 수 있도록 의복 소재와 구성방법을 선택하여 설계하는 것이 바람직하다.

배터리의 출력 전류와 전압을 통해 각 제품의 발열 시 실제 전력소비를 비교해 보면 다음과 같다. I 는 전류(A), V 는 전압(V)이라고 할 때 전력(W) P 는 $P = I \cdot V$ 이므로 각 제품의 전력은 의복 A의 발열체는 16.3W, B는 10.1W, 그리고 C는 17.8W이다. 즉, 단위 시간당 발열을 위해 소모하는 전력은 C, A, B의 순으로 C가 가장 높고 B가 가장 낮다. 그럼에도 불구하고 의복 B의 발열체 발열온도가 높은 것은 발열체의 상대적인 면적이 의복 A나 C의 것보다 현저히 작았기 때문인 것으로 예상된다. 실제로 전력 $P(W)$ 를 실제 발열체의 총 면적으로 각각 나누어보면 A는 $0.123(W/cm^2)$, B는 $0.235(W/cm^2)$, 그리고 C는 $0.110(W/cm^2)$ 로, 단위 면적당 소모되는 전력이 의복 B의 발열체에서 가장 높으므로 의복 B의 발열체 온도가 가장 높았을 것으로 추정된다. 따라서 의복 B가 발열체의 온도가 가장 높았다하더라도 단위 시간당 소비되는 전력은 A나 C보다 적으므로 전체적인 발열량이 높다고 할 수는 없을 것이다.

3.2. 추운 실외 환경에서 발열조끼의 인체 착용실험 결과

3.2.1. 열화상분석 분석 결과

Table 4. 실내 마네킹 착용실험 모습 및 결과

비교항목	실험의복 A	실험의복 B	실험의복 C
마네킹 착용시 외관
발열 5분후
후리에 변환 적외선 분광기 촬영 열화상			
발열 25분후
발열조끼(조끼+발열체)의 최고 발열온도(a)	28.9°C	30.2°C	32.7°C
발열체의 최고 발열온도(b)	34.5°C	41.8°C	31.9°C
온도편차(a-b)	5.6°C	11.6°C	0.8°C

Table 5. 의복 종류 및 단계별로 촬영한 열화상의 예

의복 착용상태 (기호)	실험의복 A		실험의복 B		실험의복 C	
	앞면(F)	뒤면(B)	앞면(F)	뒤면(B)	앞면(F)	뒤면(B)
재킷까지 모두 착용한 상태 (J)
재킷만 벗고 조끼까지 착용한 상태(V)
조끼를 벗고 티셔츠만 착용한 상태(T)

추운 실외 환경에서 피험자가 발열조끼를 30분 착용 후 실내에서 재킷을 입은 상태(J), 재킷을 벗고 발열조끼를 착용한 상태(V), 발열조끼를 벗고 티셔츠만 입고 있는 상태(S)를 단계별로 열화상으로 촬영한 결과는 Table 5와 같다. 재킷까지 모두 착용한 상태에서 열화상을 촬영한 앞면(J-F)과 뒷면(J-B), 재킷을 벗고 발열조끼와 티셔츠를 입은 상태에서 앞면을 촬영한 영상(V-F)에서는 몸통부분보다는 얼굴이나 팔 부위의 온도가 더 높았고 경계도 명확치 않아 수치적인 분석은 생략하였다. 단, 발열조끼와 티셔츠를 입은 상태에서 촬영한 뒷면(V-B)과 발열조끼를 벗고 티셔츠를 착용한 상태의 앞면(T-F)과 뒷면(T-B) 영상은 머리와 팔을 제외한 몸통 부분에서의 최고 온도를 열화상별로 분석하였다.

전반적인 열화상의 형태를 살펴보면 J-F와 J-B 영상들은 몸통부분의 온도분포가 대부분 매우 낮으며, 발열체가 위치하는 뒷면의 상단 부분의 온도분포가 다소 높게 나타났으나 의복별 차이는 크지 않았다. V 영상들에서는 의복 A와 C의 뒷면 열화상에서 발열체 부분의 온도분포가 다소 두드러지게 높은 것을 알 수 있었으며, 앞면 영상에서는 앞면 하단에 발열체가 삽입되어 있는 의복 C 온도분포가 다른 실험의복들에 비해 비교적 균일하게 나타나고 있음을 알 수 있었다.

티셔츠(T)를 입은 상태의 영상들 경우, 몸통부분에서 온도분포가 다른 인체부위에서보다 높게 나타났으며, 의복 A가 전반적으로 가장 높은 온도분포를 나타내고 있음을 확인할 수 있었다. 의복 C의 경우에는 최고 온도도 낮고 뒷면의 몸통 아랫부분의 온도가 다른 의복에서보다 낮게 나타났다. 온도 분포는 앞면의 경우 세 의복 모두 비교적 균일한 분포를 보였으나 뒷면에서는 발열체가 뒷면에 상하로 위치되어 있는 의복 B가 가장 균일하게 나타났다. 즉, 전반적으로 의복 A가 발열온도가 가장 높았으며 온도분포는 의복 B가 가장 균일한 것으로 나타났다.

발열조끼 착용시의 뒷면(V-B)과 티셔츠만 착용했을 때의 앞·뒤면(T-F, T-B)을 촬영한 열화상에서의 평균 최고온도를 분석한 결과를 Table 6에 정리하였다. 일원분산분석 결과 세 항목 모두

95% 신뢰수준에서 의복 간 차이가 유의한 것으로 나타났다. T-F와 T-B 열화상들에서 평균 최고온도는 앞면(T-F) 보다는 발열체가 주로 위치하고 있는 뒷면(T-B)의 온도가 더 높았다. 의복별로 살펴보면, V-B(28.4°C), T-F(28.2°C), 그리고 T-B(30.5°C) 모두에서 의복 A가 다른 두 의복보다 평균 최고온도가 높게 나타났고 던컨테스트 결과에서도 다른 그룹으로 뚜렷이 차별되었다. 반면 의복 B와 C는 T-B에서 각각 28.6°C와 28.2°C로 의복 A와는 최소 1.8°C가 낮았으며 던컨테스트 결과 같은 그룹으로 묶여 두 의복의 의복 내 온도가 유사했다.

3.2.2. 의복내 온도 분석 결과

발열조끼 착용시의 의복내 온도를 측정된 결과는 Table 7과 같았다. 의복내 온도는 평균 24.7°C이었으며, 의복 A의 평균 온도는 25.3°C(S.D.=1.3)로 가장 높았으며, 의복 B가 24.7°C(S.D.=

Table 6. 발열조끼 착용시의 뒷면(V-B)과 티셔츠만 착용했을 때의 앞·뒤면(T-F, T-B)을 촬영한 열화상에서의 평균 최고온도 분석 결과

열화상 구분	평균 최고온도(°C)			평균	표준편차	유의확률
	실험의복					
	A	B	C			
V-B	28.4 ^{a*}	24.9 ^c	26.5 ^b	26.6	2.3	0.000
T-F	28.2 ^a	27.4 ^b	27.2 ^b	27.6	1.2	0.034
T-B	30.5 ^a	28.6 ^b	28.2 ^b	29.1	1.6	0.000

* : Duncan test 결과($\alpha=0.05$).

Table 7. 발열조끼의 전원을 켜고 나서 10분 경과 후부터 10분 동안 측정된 의복별 의복 내 온도 비교

	실험의복			평균 평균	표준 편차	유의 확률
	A	B	C			
의복내 평균 온도(°C)	25.3 ^{a*}	24.7 ^b	24.0 ^c	24.7	1.99	.000

* : Duncan test 결과($\alpha=0.05$).

1.4), 그리고 의복 C가 24.0°C(S.D.=2.6)로 가장 낮게 나타났다. 일원분산분석과 던컨테스트 결과 의복 간 차이는 95% 신뢰수준에서 모두 유의하였다. 따라서 의복내 온도분석에서도 의복 A가 체온 유지에 가장 효과적이었고 의복 C의 성능이 가장 떨어짐을 확인할 수 있었으며, 이러한 결과는 선행연구(정연희, 이현영, 2008)에서 의복 A의 주관적 발열성능이 가장 높았고 의복 C가 가장 낮았다는 결과와 매우 잘 일치하였다.

그런데, 앞의 Table 4에서 실내에서의 발열조끼의 최고 발열온도는 의복 B가 30.2°C로 의복 A(28.9°C) 보다 높았고, 발열체의 최고 발열온도도 의복 B가 41.8°C로 의복 A(34.5°C) 보다 발열체 발열온도가 7.3°C나 높았음에도 불구하고 Table 6의 열화상 분석과 Table 7의 의복 내 온도 분석에서 의복 A가 모두 유의미하게 의복 B보다 우수하다고 평가된 것은 의복 소재와 형태, 구성적 특징에 기인하는 것으로 보인다. 즉, 발열체의 발열성능은 의복 B가 우수하지만 발열된 열을 인체 가까이에 가둬둘 수 있는 의복 자체의 보온성은 의복 A가 B의 것보다 높았기 때문으로 사료된다. 즉, 의복 A의 경우 의복 B와 달리 조끼 자체에 충전재가 적용되어 있으며, 네크라인의 형태도 의복 B가 V-네크라인인데 반해 의복 A는 스탠드칼라로 구성되어 있어 보온에 더욱 유리하였다. 이러한 결과는 선행연구(정연희, 이현영, 2008)에서 발열조끼 자체의 보온성이 매우 중요하다고 지적한 내용을 잘 뒷받침해준다.

또한 의복 B의 경우에는 발열체 자체의 발열온도가 다른 두 의복에 비해 현저히 높았지만 조끼 자체의 보온력뿐 아니라 발열에 소모되는 전력이 가장 낮고, 발열체의 면적도 작아 발열성능 면에서 A보다 불리할 수밖에 없음을 추정할 수 있다.

3.3. 토의

이상의 결과들을 종합해 보면 발열조끼에 내장된 발열체 자체의 발열온도는 의복 B가 가장 우수했다. 그러나 한랭한 실외 환경에서의 인체 착용실험 결과 전반적인 체온보호 효과는 조끼 자체에 충전재가 적용되었고 스탠드칼라로 구성된 의복 A가 가장 우수하였다. 또한 의복 C는 발열에 소모되는 전력은 가장 높고 발열체의 면적은 가장 넓었지만, 발열체 자체의 최고 발열온도는 상대적으로 낮았고 조끼소재의 보온성도 취약하여 발열성능은 가장 떨어지는 것으로 분석되었다.

따라서 앞으로 발열의류 개발 시에는 발열체 자체의 발열성능뿐 아니라 조끼 자체의 보온성을 고려한 섬유 소재나 구성방법의 선정이 필수적으로 고려되어야 하는 요소임을 확인할 수 있었다. 또한 발열체의 성능이 우수함에도 발열조끼의 의복구성방법, 의복 소재에 따라 발열의복의 최종 성능이 좌우될 수 있으므로 의복구성 시에 발열성능을 유지, 증가시키기 위한 구성적, 소재적 측면을 고려해야 할 것이다. 특히 시중 판매되고 있는 발열조끼의 평가를 통해 발열특성을 지니는 전자기기가 의복과 결합되어 만들어진 퓨전 의복의 경우에는 발열 성능 자체 평가, 의복자체 평가, 인체착용평가 등을 체계적으로 시도함으로써, 의복의 최종 목표를 배가시키기 위하여 개선해야 하는

부분을 과학적으로 접근하는 것이 요구됨을 알 수 있었다. 즉 발열성능은 우수하나 의복과 동시에 입혀지는 발열의복에 있어서는 발열체를 감싸는 소재와 의복구성상의 특징을 함께 고려할 때만이 기대하는 효과를 얻어낼 수 있음을 알 수 있었다.

한편 시판 제품들의 발열온도는 40~80°C로 명시하고 있으나 실제 본 연구에서 발열체의 최고 발열온도는 약 32~42°C 수준으로 나타나 실제 광고되고 있는 온도보다 훨씬 낮았다. 따라서 업체에서는 발열온도를 명시할 때 보다 정확한 값을 명시해 주어야 하며, 소비자 보호를 위한 과대 성능 광고에 대한 규제도 요구된다. 만약 명시되고 있는 온도가 이 연구에서와 같이 발열체의 발열온도를 열화상으로 측정했을 때 측정할 수 있는 성격의 것이 아니라면 명시하고 있는 발열온도가 어떠한 기준에서의 온도를 의미하는지를 명확한 설명이 요구되며, 제품 성능 표기 시에는 소비자가 이해하기 쉬운 온도로 표시해 주는 것이 바람직할 것이다. 또한 발열온도뿐 아니라 조끼자체의 보온성도 전체적인 발열성능에 매우 중요한 영향을 미치므로 표준화된 측정조건에 의해 측정된 발열온도와 발열의복의 보온성을 동시에 표시하거나 복합적인 효과를 나타낼 수 있는 척도 개발도 효과적인 것으로 사료된다.

4. 결 론

본 연구에서는 시판 발열조끼들의 발열성능을 평가하고 발열성능이 우수한 발열의류제품의 특성을 알아보고자 시판 발열조끼 3종에 대한 발열체의 온도 분포, 발열조끼의 온도 분포, 착용 시 의복 내 온도변화를 측정 비교하였다. 실내에서의 마네킹 착용실험과 한랭한 실외환경에서의 인체 착용실험으로 나누어 수행하였으며, 열화상 분석과 의복 내 온도변화 측정을 실시하였다. 그 결과 발열성능이 우수한 발열조끼를 설계하기 위해서는 발열체의 발열성능과 조끼 자체의 보온성을 모두 고려해야 함을 알 수 있었다.

그리고 본 연구에 사용된 시판 제품들은 실제 광고되고 있거나 표시하고 있는 발열온도가 실제 측정했을 때보다 매우 높게 표시되고 있어 이에 대한 정확한 표기가 이루어질 수 있도록 이에 대한 유도가 요구되었다.

이러한 결과는 의복구성, 전도성 섬유, 전기공학 등의 기술이 복합적으로 결합되어있는 스마트 의류들의 객관적 평가방법이나 제품 기준을 마련하는데 참고자료로 활용될 수 있기를 기대하며, 향후 개발될 발열 제품 개발 시보다 우수한 제품의 설계에 도움을 줄 수 있기를 기대한다.

감사의 글

본 연구는 한국전자통신연구원 정보통신연구개발사업의 위탁연구과제로 수행한 연구결과임.

참고문헌

권영아. (2009). 탄소섬유를 사용한 발열양말의 쾌적성 연구. 한국의류산업학회 추계학술대회 논문집, pp. 181-182.

김구영, 오항미, 백경자, 이정란. (2009). 기능성 의류 기반을 위한 발열체 기능 비교. 한국의류산업학회 추계학술대회 논문집, pp. 321-322.

김구영, 이정란. (2009). 고기능성 실버 의류설계를 위한 5060대 여성의 인식 조사. 한국의류학회 추계학술대회 논문집, pp. 246-248.

김채만. (2006). 발열조끼의 전원 공급 방법, 특허출원번호 2006-0027682 (출원일 2006. 10. 11)

박성미. (2010. 2. 28). 의류용 발열섬유의 개발동향. *한국섬유개발연구원 텍스트토피아 기술정보*. 자료검색일 2010. 3. 5, 자료출처 <http://www.textopia.or.kr/new/>

백경자, 수잔 애쉬다운. (2009). 노년층을 위한 스마트 재킷의 개발 및 평가. *한국의류산업학회지*, 11(2), 315-325.

송요섭. (1999). 발열조끼, 특허출원번호 1999-0038338 (출원일 1999. 09. 09)

정연희, 이현영. (2008). 시판 발열조끼들의 주관적 착용평가를 통한 성능평가. 한국생활과학회 하계학술대회 논문집, pp. 127-128.

황영미, 이정란. (2008). 발열장치를 이용한 기능성 스마트 파운데이션의 구성 시안. 한국의류산업학회 추계학술대회 논문집, pp. 151-153.

황영미, 이정란. (2009a). 발열장치를 이용한 보온 기능성 스마트 파운데이션의 개발 및 평가. 한국의류산업학회 추계학술대회 논문

집, pp. 283-285.

황영미, 이정란. (2009b). 보온 기능성 스마트 파운데이션에 의한 신체 생리학적 변화. 한국의류산업학회 추계학술대회 논문집, pp. 329-331.

겨울옷의 진화, 발열의류 인기. (2009, 12. 10). *네이버 뉴스*. 자료검색일 2010, 7. 10, 자료출처 <http://news.naver.com/main/read.nhn?mode=LPOD&mid=tvh&oid=057&aid=0000118363>

겨울캠핑이 두렵지 않다! (2010). *Outdoor Camping*, 16, p. 34.

군 전투복, 20년 만에 첨단 전투복 도입. (2010, 3. 6). *네이버 뉴스*. 자료검색일 2010, 7. 10, 자료출처 <http://news.naver.com/main/read.nhn?mode=LPOD&mid=tvh&oid=214&aid=0000135541>

스마트패션, 'IT·BT 만난 옷' 과학을 입는다. (2010, 3. 11). *한국일보 나들이클럽*. 자료검색일 2010, 4. 5, 자료출처 <http://nadri.hankooki.com/>

Heated Clothing. (2008, February 13). *Tradekey*. Retrieved April 6, 2010, from http://www.tradekey.com/selloffer_view/id/1616451.htm

Power Source. (2010, April 6). *Gerbing's Heated Clothing*. Retrieved April 6, 2010, from <http://gerbing.com/Technology/powerSource.html>

(2010년 9월 2일 접수/2010년 9월 29일 1차 수정/2010년 9월 29일 게재확정)