

## 소비자 조사와 착의 실험을 통한 온도감응형 기능성 의류개발을 위한 기초연구

상정선<sup>1)</sup> · 정경화<sup>2)</sup> · 박주현<sup>3)</sup> · 오경화<sup>2)†</sup>

<sup>1)</sup>한양대학교 의류학과

<sup>2)</sup>중앙대학교 디자인학부 패션디자인전공

<sup>3)</sup>중앙대학교 화학신소재공학부

### Thermo-sensitive Clothing Development by Consumer Investigation and Wearing Test

Jeong-Seon Sang<sup>1)</sup>, Kyunghwa Chung<sup>2)</sup>, Juhyun Park<sup>3)</sup>, and Kyung Wha Oh<sup>2)†</sup>

<sup>1)</sup>Dept. of Clothing & Textiles, Hanyang University; Seoul, Korea

<sup>2)</sup>Dept. of Fashion Design, Chung-Ang University; Anseong, Korea

<sup>3)</sup>School of Chemical Engineering & Materials Science, Chung-Ang University; Seoul, Korea

**Abstract :** In this research, consumer awareness investigation and wearing test were carried out for obtaining useful data on the development of thermo-sensitive functional clothing material. A survey involved 216 people in Seoul and Kyoeonggi-do, and 200 questionnaires data were analyzed by descriptive statistics and frequency using SPSS 17.0. Four healthy men in twenties were participated for wearing test. Subjects in normal loungewear were exposed to temperature change from the initial temperature 30°C down to 5°C for an hour in a climate chamber. The environmental temperature, surface temperature of garment and skin were measured. As a result, most of respondents have all season clothing products such as underwear, hosiery, and jogging suit for loungewear. Also, thermo regulator y functional clothes are frequently used as underwear and sweat shirt. The consumer awareness investigation on thermo regulatory functional clothing showed that the most important key buying factor is quick climate temperature response, easy maintenance, design and cost, in that order. Surface temperature of garment went down with the cooling down of environmental temperature. The lower environmental temperature, the greater temperature difference by body part showed. Skin temperature change by environmental temperature showed similar tendency of garment surface temperature. In comparison between garment surface and body skin, temperature difference became larger under the lower environmental temperature.

**Key words :** thermo-sensitive (온도감응), smart fiber (지능형 섬유), skin temperature (피부온도), functional material (기능성 소재), thermo regulatory (체온조절)

## 1. 서 론

인간이 생활하고 있는 환경 기후는 지역과 계절에 따라 크게 변화한다. 인간과 가장 가까이 있는 환경인 의복은 인체의 생리적 기능을 보조하여 쾌적성을 유지시켜 인간으로 하여금 이러한 다양한 기후변화에 대응할 수 있는 능력을 제공해야 한다. 또한, 인체는 성별이나 계절 그리고 공기 중의 습도나 기류 등 환경요인에 따라 발한량이 달라지며 운동강도에 따

라 신체 부위별로 또한 발한량이 달라진다. 그러므로 의복은 외부의 온도변화와 신체 부위에 따른 다양한 발한량에 대처하고 피부온을 유지시키는 기능이 요구된다. 이러한 중요한 역할을 잘 수행하기 위해서 지능적인 기능성 의류소재의 개발이 절실히 요구되고 있고 관련 연구 또한 현재 활발히 진행되고 있다.

2000년대 초까지의 기능성 섬유소재 관련 연구는 가공기술에 의존한 기능성 및 초경량 아웃도어 제품용 소재의 연구개발이 주를 이루었다(Sim, 2014). 국내 스포츠웨어 시장이 급성장하면서 특히 이러한 제품들은 외기온의 영향을 많이 받는 아웃도어 스포츠 특성 상 극한의 환경으로부터 인체를 보호하기 위해 보온성, 흡한속건성 등을 향상시킨 체온조절 관련 기능성 의류제품들이 많이 개발되고 있으며, 최근에는 유니클로의 히트텍(heat tech)이나 미즈노의 브레스 써모(breath thermo), 그리고 벵텍스의 히터렉스("Ventex heaterex", 2013)처럼 아웃도어 스포츠웨어뿐 아니라 내의와 같은 일반 의류제품들에서도 체온조절 관련 기능이 의복 구매의 중요한 요인으로 작용하게 되었

†Corresponding author; Kyung Wha Oh

Tel. +82-31-670-4805, Fax. +82-31-676-9932

E-mail: kwahoh@cau.ac.kr

© 2017 (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.

다. 이는 소비자의 일상생활에서의 삶의 질 향상을 기반으로 한 기능성과 감성이 상호 융합된 새로운 제품 트렌드(trend)의 변화라고 할 수 있을 것이다.

이러한 체온조절을 위한 기능성 소재는 섬유나 의류자체의 전통적인 체온조절을 위한 보조기능이 아닌 변화무쌍한 외기온에 대한 감지 및 능동적 반응시스템을 적용한 인체와 정보의 상호교환이 가능한 지능형 섬유(smart fiber)라고 할 수 있다. 현재까지 온도조절 관련 지능형 섬유의 개발은 국내외적으로 활발히 진행되고 있으며 주요 핵심기술은 폴리머 개질에 의한 흡습·발열 섬유, 무기물 복합방사에 의한 보온 섬유, 체온 반사기능 보온소재 개발 등이다(Choi et al., 2006; Kim et al., 2005; Lee, 2015; Oh et al., 2012; Park, 2011). 하지만 위의 기술들은 발열섬유나 냉감섬유와 같이 특정 온도 범위의 환경에 대응하는 소재개발을 위한 기술로 동일한 직물 내에서 보온성과 통기성 기능이 함께 발휘되는 소재개발을 위한 기술은 아니다. 만약 더위나 추위 한가지에만 대처하는 것이 아니라 사계절용 의류에 적합한 온도 범위 내에서 반응하는 형상기억고분자의 개발과 이를 적용한 의류소재의 개발이 가능하고 외기온과 피부온에 따른 직물의 기공변화를 통한 보온성과 통기성 기능이 함께 발휘될 수 있다면 동일한 직물로 특정한 활동이나 특정한 계절이 아닌 일상생활의 평상복용 소재로의 자유로운 활용이 가능할 것이다.

현재, 기능성 의류소재에 대한 연구는 소재 자체의 기술개발 뿐만 아니라 마켓, 트렌드 등 다방면으로 활발히 이루어지고 있다. 기능성 의류의 소비자행동에 관한 선행연구로 의류제품 구매 시 중요한 의사결정 영향 요인으로 작용하는 의복추구혜택이 기능성 의류 구매에 미치는 영향에 관한 연구(Cho, 2011), 건강 기능성 의류상품의 의복추구혜택이 구매의도에 미치는 영향(Hong & Koh, 2009), 기능성 스포츠웨어 구입 시 소비자들의 정보이용 행태(Moon et al., 2008), 성별과 연령에 따른 기능성 의류제품 구매 시 정보원 이용 행태(Cho et al., 2010), 대학생의 기능성 소재에 대한 지식과 기대수준이 구매의도에 미치는 영향(Choi et al., 2009), 기능성 섬유에 대한 지식 정도와 고기능성 스포츠웨어의 중요도 지각과의 관계(Chung, 2009) 등이 있다. 이러한 선행연구들은 일반적 기능성 의류를 대상으로 한 소비자의 구매의도 및 행동에 관한 연구들로 체온조절 기능성 의류에 초점을 맞춘 심층적인 연구는 진행되지 않고 있는 실정이다. 한편, 기능성 의류의 소재개발에 관한 선행연구로는 Sim(2014)과 Min(2014)의 아웃도어용 기능성 섬유소재의 개발 기술동향에 관한 연구, Son(2015)과 Yang et al.(2015)의 온냉감 의류소재 기술개발 및 기능성평가에 관한 연구, Lee(2015)의 발열 섬유소재의 개발에 관한 연구 등이 있다. 특히 체온조절 기능성 소재개발을 위한 인체 발한과 피부온에 관한 연구(Ha & Kim, 2011; Havenith et al., 2008; Park et al., 2009)도 진행되었다. 하지만 위의 연구들은 일반적인 기능성 의류소재의 기술동향에 관한 연구들이 많았고, 체온조절 기능에 중점을 둔 연구들로 특정 운동이나 기타 땀을 흘린 후의 일정

외기온에 따른 피부온, 의복표면온도, 기타 발한량을 관찰한 것으로 일상적인 생활에서 평상복 착용 후 편안한 상태에서의 외기온의 변화에 따른 피부온과 의복표면온도의 변화에 관한 연구는 미흡한 실정이다.

기능성 섬유의 진화가 계속됨에 따라 의류소재의 기능은 최첨단 기술로 더욱 다양하고 복잡한 양상을 띄고 있고, 기능성 의류라고 하더라도 어떤 기능성에 중점을 둔 의류이냐에 따라 소비자가 기대하는 바나 인식이 다를 수 있다. 또한 최첨단 기술로 특정 영역의 쾌적성을 극대화시킨 기능성 의류라도 소비자가 그 기능의 필요성을 받아들이지 않으면 그 제품의 감성적 가치는 높다고 할 수 없을 것이다. 따라서 지능적이면서도 실용성과 시장성을 겸한 제품의 개발을 위해서는 소비자의 잠재적인 감성가치에 대한 연구를 바탕으로 한 쾌적성에 관련된 기능성 연구가 필요하다.

따라서 본 연구에서는 온도감응형 사계절용 기능성 의류개발을 위한 기초자료를 제공하기 위해, 기능성 소재에 대한 소비자 조사를 실시하고 착의실험을 통하여 외기온에 따른 신체 부위별 의복온도와 피부온도를 측정하고자 한다. 소비자 조사를 통해서 온도감응형 지능형 소재 적용을 통한 기능성 의류 개발 시 소비자의 제품 선택 기준을 반영하여 제품 평가 기준을 마련하고 소비자 만족도를 극대화시킬 수 있는 아이템을 제시하고자 한다. 또한 착의실험을 통해서 외기온 변화에 따른 인체의 피부온과 의복표면온도를 조사하고 발한 부위를 고려하여 효율성이 극대화된 온도감응형 의복 디자인을 제시하고자 한다.

## 2. 연구 방법

### 2.1. 소비자 조사

#### 2.1.1. 조사 내용 및 측정 도구

소비자 조사는 소비자 기대를 충족시킬 수 있는 시장성 있는 온도감응형 지능형 소재개발에 도움이 되는 기초 자료를 제공하기 위해 실시되었다. 설문문을 통해 소비자들의 4계절 활용 의류 사용 경험, 체온조절 기능성 의류 사용 경험, 온도감응형 지능형 의류소재에 대한 인식 등을 알아보았다(Table 1). 온도감응형 지능형 의류소재는 외기온에 반응하여 성능이 변하므로, 계절에 관계없이 착용할 수 있는 의류의 소재로서 개발하기 적합하다. 따라서 온도감응형 지능형 의류소재를 효율적으로 적용할 수 있는 제품군 및 관련 기술 개발 시 고려해야 할 사항들을 구체적으로 파악하기 위해 소비자들의 4계절 활용 의류 사용 경험을 알아보았다. 4계절 활용 의류제품 보유 여부, 보유한 4계절 활용 의류제품의 제품군 및 소재, 착용 상황, 그에 대한 불만족 사항 등을 물어보았으며, 제품군, 착용 상황, 소재는 복수 응답할 수 있도록 하고, 불만족 사항은 가장 큰 불만족 사항 한가지만을 응답하도록 하였다.

온도감응형 지능형 의류소재의 핵심 성능으로 개발되어야 할 성능은 체온조절 관련 성능이다. 따라서 기술 개발 시 중점을 두어야 할 부분을 파악하기 위해 체온조절 기능성 의류 사용

Table 1. Questionnaire summary

	Measure	Scale	
Seasonless clothing experience	Product category	Multiple choices	
	Wearing condition	Multiple choices	
	Textiles	Multiple choices	
	Dissatisfaction factor	Only single choice	
Thermoregulation functional clothing experience	Product category	Multiple choices	Nominal scale
	Wearing condition	Multiple choices	
	Textiles	Only single choice	
	Dissatisfaction factor	Only single choice	
Perception on thermo-sensitive smart clothing	Appropriate product category	Only single choice	
	Appropriate wearing condition	Only single choice	
	Performance expectation	Multiple choices	
	Weakness expectation	Multiple choices	
	Buying criteria	Multiple choices	

경험도 알아보았다. 체온조절 기능성 의류에 관한 간략한 설명을 제시한 후, 체온조절 기능성 의류제품 보유 여부, 보유한 체온조절 관련 기능성 의류제품의 제품군 및 소재, 착용 상황, 그에 대한 불만족 사항 등을 물어보았다. 의류는 한 제품에 다양한 소재가 혼용되어 사용되므로 체온조절 기능에 결정적 역할을 하는 주된 소재를 파악하기 위해 소재는 가장 주된 소재 한가지만을 응답하도록 하였으며, 불만족 사항도 한가지만을 응답하도록 하였다.

온도감응형 지능형 의류소재에 대한 설명을 제시한 후, 온도감응형 지능형 의류소재를 적용하기에 적합하다고 생각하는 제품군 및 착용 상황, 온도감응형 지능형 의류소재를 활용한 의류제품의 예상 성능 및 단점, 구매 시 고려사항 등을 물어보아 온도감응형 지능형 의류소재에 대한 인식도 직접적으로 알아보았다. 제품군과 착용 상황은 가장 적합하다고 생각하는 한가지만을 응답하도록 하였고, 예상 성능, 단점, 구매 시 고려사항은 복수 응답할 수 있도록 하였다.

설문 문항은 모두 객관식이었으며, 선택지들은 기능성 의류에 관한 선행연구들과 시장 조사를 토대로 작성하여 제시하였다. 기능성 의류제품에 대한 시장 조사를 통해, 제품군으로는 양말류, 런닝 등의 속옷, 티셔츠, 셔츠, 조끼, 바지, 스커트, 드레스, 카디건, 점퍼, 자켓, 코트, 실내용 운동복, 실외용 운동복, 작업복, 머플러, 모자, 장갑, 기타 등, 19가지 선택지를 제시하였다. 착용 상황으로는 실내에서 운동할 때(헬스, 요가 등), 실외에서 운동할 때(등산, 골프, 테니스, 축구 등), 집에서 편하게 지낼 때(실내복), 외출할 때, 직장에서 일할 때(사무복), 상황에 상관없이 언제든 착용, 기타 등, 7가지 선택지를 제시하였다. 소재는 면, 마, 모, 견, 레이온, 아세테이트, 나일론, 폴리에스테르, 폴리우레탄, 폴리프로필렌, 아크릴, 기타, 잘 모르겠음 등, 13가지 선택지를 제시하였다. 온도감응형 지능형 의류소재 제품의 예상 성능을 알아보기 위한 선택지로는 기능성 의류에 관

한 Chung(2009)의 연구를 참고하여, 촉감, 신축성, 통기성, 흡수성, 내구성, 방추성, 대전방지성, 방오성, 경량성, 자외선차단성, 보온성, 투습성, 항균성, 속건성, 방풍성, 방수성, 세탁용이성, 세탁 후 형태 안정성, 세탁 후 봉제 내구성 등, 19가지 기능을 제시하였다. 기능성 의류에 대한 소비자 기대를 다룬 Choi et al.(2009)의 연구를 참고하여 외기온에 대한 적응(통기성, 보온성, 냉감, 온감), 내구성(강도저하, 마찰, 보푸라기생김), 관리성(세탁용이성, 오염성, 형태유지), 위생성(흡습성, 항균성, 피부자극 등), 소재의 촉감과 고급스러움, 제품의 맞춤새, 외관(디자인, 색상), 경제성(적절한 가격), 제조사(브랜드), 유행성, 기타 등, 기능성 의류의 기능적, 심리적, 심미적 혜택을 아우르는 11가지 항목을 도출하였다. 도출된 11가지 항목을 4계절 활용 의류제품 및 기능성 의류제품에 대한 불만족 사항, 온도감응형 지능형 의류 구매 시 고려사항 및 예상 단점을 알아보기 위한 선택지로 사용하였다.

2.1.2. 자료 수집 및 분석

자료는 8월 1일부터 8월 30일까지, 연구자의 지인들을 중심으로 서울 및 경기도에 거주하는 소비자들을 편의표집하여 오프라인 설문을 통해 수집하였다. 총 응답자는 216명으로 불성실응답을 제외한 200부가 분석에 활용되었다. 자료는 SPSS 17.0을 사용하여 기술통계 및 빈도분석을 실시하였다. 설문조사 참여자의 인구통계적 특성을 살펴보면, 여성이 145명, 남성이 55명이었으며, 연령은 20대 79명(39.5%), 30대 63명(31.5%), 40대 51명(25.5%), 50대 7명(3.5%)이었다. 학력은 고등학교 졸업 이하 2명(1%), 대학교 재학 63명(31.5%), 대학교 졸업 27명(13.5%), 대학원 재학 이상 108명(54%)이었다. 직업은 전업주부 5명(2.5%), 학생 101명(50.5%), 사무직 67명(33.5%), 서비스 판매직 2명(1%), 전문기술직 6명(3%), 전문직 9명(4.5%), 경영관리직 8명(4%), 기타 2명(1%)이었다. 월평균 가계소득은 100만

**Table 2.** Physical characteristics of subjects

	Height(cm)	Weight(kg)	Age(year)	BSA(m <sup>2</sup> )
Subject A	175.0	60.1	23	1.75
Subject B	175.0	63.5	25	1.79
Subject C	180.0	74.0	22	1.95
Subject D	170.0	61.0	20	1.72
<i>M±SD</i>	175±4	64.7±6.4	22.5±2.0	1.8±0.1

M: Mean, SD: Standard deviation

원 미만 3명(1.5%), 100만원 이상 200만원 미만 4명(2%), 200만원 이상 300만원 미만 23명(11.5%), 300만원 이상 400만원 미만 44명(22%), 400만원 이상 500만원 미만 54명(27%), 500만원 이상 600만원 미만 32명(16%), 600만원 이상 700만원 미만 11명(5.5%), 700만원 이상 800만원 미만 16명(8%), 800만원 이상 13명(6.5%)이었다.

**2.2. 착의실험**

**2.2.1. 피험자 및 실험조건**

건강한 신체의 남자 대학생 4명이 피험자로 참가하였으며 신체적 특징은 Table 2와 같다. 실험복은 면50%/폴리에스테르 50% 혼방의 인레이(inlay)조직 편성물로 만든 긴팔상의와 하의로 구성된 의류로 몸에 밀착되지 않는 일상적인 살내복 형태로 캐주얼의류 전문회사인 W사의 제품을 구입하여 본 실험에 사용하였다. 피험자의 신체크기를 고려하여 피험자 A, B, D는 미디엄(M)사이즈, 그리고 피험자 C는 라지(L)사이즈의 실험복을 착용한 후 30°C의 온도로 설정한 인공기후실(EBL-SHW2P3A-22, Espec, Japan)에 입실하여 5°C까지 1시간 내외로 내려가도록 하여 30~5°C의 환경에 노출되었다. 실험 동안 피험자는 등받이 없는 원형 의자에 앉아 실험에 임했다.

**2.2.2. 측정항목**

인공기후실 내의 온도가 30°C에서 5°C로 하강하는 동안 피험자의 의복표면온도와 피부온을 측정하였다. 일상적인 편안한 상태를 유지하기 위해 피험자가 원형 의자에 앉은 상태에서 실

**Table 3.** Body region taken image using infrared camera

	Front	Rear
Area 01	Left chest	Left back
Area 02	Right chest	Right back
Area 03	Lower chest	Lower back
Area 04	Belly	Back of waist
Area 05	Left upper arm	Left upper arm
Area 06	Right upper arm	Right upper arm
Area 07	Left lower arm	
Area 08	Right lower arm	
Area 09	Left shoulder	Left shoulder
Area 10	Right shoulder	Right shoulder

험을 하였기 때문에 인체 하반신은 제외한 상반신 주요 부분만 측정영역으로 선택하였다.

**2.2.2.1. 의복표면온도**

적외선 열화상 카메라(P25, FLIR System Inc. Sweden)를 이용하여 1분 간격으로 신체 앞면을 촬영하였고 5°C 간격으로 온도가 내려간 때에는 신체 뒷면 촬영을 하였다. 서모그래피로 신체 각 부위별로 구분하여 의복표면온도의 평균값을 도출하였으며 신체 부위별 분석영역은 Table 3, Fig. 1과 같다.

**2.2.2.2. 피부온도**

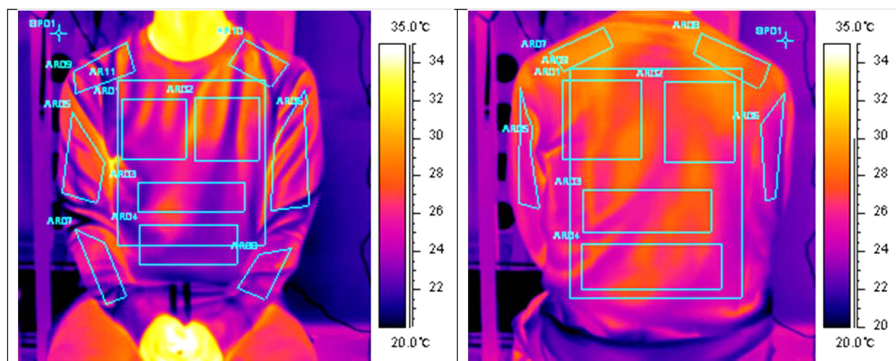
인체의 피부온도는 온도 측정기(LT8A, gram Co. LTD, Japan)를 이용하여 신체 6부분 즉, 가슴, 배, 어깨, 등, 위팔, 아래팔의 온도를 1분 간격으로 측정하여 평균값을 도출하였다.

**3. 결과 및 논의**

**3.1. 소비자 조사 결과**

**3.1.1. 4계절 활용 의류 사용 경험**

응답자들의 4계절 활용 의류 사용 경험 분석 결과, 계절에 관계없이 4계절 내내 활용하는 의류제품을 가지고 있다고 응답한 응답자들(176명, 88%)이 가지고 있지 않다고 응답한 응



**Fig. 1.** Body region measured the surface temperature of garment using infrared camera.

**Table 4.** Seasonless clothing experience

(Unit: N(%))

Possession N=200	Yes	176(88)	No	24(12)
Product category N=458 (Multiple choices)	Underwear	152(33)	Pants	22(5)
	Socks	118(26)	Skirt	6(1)
	Indoor sports wear	54(12)	Scarf	6(1)
	T-shirts	39(9)	Outdoor sports wear	5(1)
	Shirt	29(6)	Dress	2(0)
	Hat	23(5)	Cardigan	2(0)
Wearing condition N=350 (Multiple choices)	When comfortable at home	121(35)	At work	25(7)
	When exercising indoor	87(25)	When exercising outdoor	13(4)
	Whenever	58(17)	Etc.	5(1)
	When going out	41(12)		
Textiles N=272 (Multiple choices)	Cotton	165(61)	Silk	5(2)
	Nylon	26(10)	Etc.	4(2)
	Polyester	25(9)	Rayon	2(1)
	Do not know	24(9)	Acetate	2(1)
	Polyurethane	12(4)	Acryl	2(1)
	Linen	5(2)		
Dissatisfaction factor N=176 (Only single choice)	None	54(31)	Manageability	15(9)
	Durability	32(18)	Texture	12(7)
	Adaptation to outside temperature	31(18)	Design	11(6)
	Hygiene	21(9)		

답자들(24명, 12%) 보다 훨씬 많은 것으로 나타났다. 보유한 4계절 활용 의류제품의 제품군에 관한 조사 결과, 런닝 등의 속옷(152명, 33%), 양말류(118명, 26%), 실내용 운동복(54명, 12%) 순으로 많은 것으로 나타났다. 보유한 4계절 활용 의류제품의 착용 상황에 대한 조사 결과는, ‘집에서 편하게 지낼 때’(121명, 35%), ‘실내에서 운동(헬스, 요가 등)할 때’(87명, 25%), ‘상황에 상관없이 언제든지’(58명, 17%) 순으로 많은 것으로 나타났다. 보유한 4계절 활용 의류제품의 소재에 대한 결과는, 면(165명, 61%), 나일론(26명, 10%), 폴리에스테르(25명, 9%) 순으로 나타났다. 보유한 4계절 활용 의류제품의 소재를 ‘잘 모른다’고 응답한 소비자들도 상당수(24명, 9%) 존재하였다. 보유한 4계절 활용 의류제품에 대한 가장 큰 불만족 사항을 알아본 결과, ‘불만족 사항 없음’을 선택한 응답자들이 가장 많았으며(54명, 31%), ‘내구성(강도 저하, 마찰, 보푸라기 생김 등)’(32명, 18%), ‘외기온에 대한 적응(통기성, 보온성, 냉감, 온감 등)’(31명, 18%), ‘위생성(흡습성, 항균성 등)’(21명, 9%) 등이 구체적 불만 요인들로 나타났다. 많은 응답자들이 실내복 또는 실내용 운동복의 용도로 속옷, 양말, 운동복 등을 계절에 관계없이 착용하고 있었다. 계절에 관계없이 착용되는 의류의 소재로는 면, 나일론, 폴리에스테르 등이 많이 활용되고 있었으며, 계절에 관계없이 착용되는 의류에 대한 주요 불만족 사항들은 내구성, 외기온에 대한 적응 성능, 위생성 등이었다(Table 4).

3.1.2. 체온조절 기능성 의류 사용 경험

체온조절 기능성 의류를 가지고 있다고 응답한 응답자들(135명, 66%) 역시, 가지고 있지 않다고 응답한 응답자들(65명, 34%) 보다 훨씬 많았다. 보유한 체온조절 기능성 의류의 제품군은 런닝 등의 속옷(104명, 44%), 티셔츠(37명, 16%), 실내용 운동복(30명, 13%) 순으로 많은 것으로 나타났다. 보유한 체온조절 기능성 의류의 착용 상황에 대한 조사 결과, ‘실외에서 운동(등산, 골프, 테니스, 축구 등)할 때’(57명, 26%), ‘실내에서 운동(헬스, 요가 등)할 때’(54명, 25%), ‘외출할 때’(49명, 22%) 순으로 많은 것으로 나타났다. 보유한 체온조절 기능성 의류의 가장 주된 소재에 관한 결과는, ‘잘 모른다’고 응답한 응답자들이 가장 많았으며(66명, 49%), 다음으로 폴리에스테르(27명, 20%)와 면(20명, 15%) 순으로 많게 나타났다. 보유한 체온조절 기능성 의류에 대한 가장 큰 불만족 사항은 ‘디자인, 색상 등의 외관’(30명, 22%), ‘외기온에 대한 적응(통기성, 보온성, 냉감, 온감 등)’(27명, 20%), ‘내구성(강도 저하, 마찰, 보푸라기 생김 등)’(24명, 18%) 순으로 많게 나타났다. 70%가 넘는 응답자들이 체온조절 기능성 의류를 보유하고 있었으며, 응답자들이 보유한 체온조절 기능성 의류는 실외나 실내에서 운동할 때, 혹은 외출 시 착용하는 속옷이나 티셔츠, 운동복 등이라는 것을 알 수 있었다. 응답자들이 보유한 체온조절 기능성 의류는 폴리에스테르나 면 소재로 된 경우가 많으며, 외관,

**Table 5.** Thermoregulation functional clothing experience

(Unit: N(%))

Possession N=200	Yes	135(68)	No	65(33)
Product category N=238 (Multiple choices)	Underwear	104(44)	Pants	6(3)
	T-shirt	37(16)	Jacket	6(3)
	Indoor sports wear	30(13)	Skirt	4(2)
	Outdoor sports wear	24(10)	Coat	3(1)
	Socks	10(4)	Etc.	3(1)
	Jumper	9(4)	Cardigan	2(1)
Wearing condition N=220 (Multiple choices)	When exercising outdoor	57(26)	When comfortable at home	34(15)
	When exercising indoor	54(25)	Whenever	16(7)
	When going out	49(22)	At work	10(5)
Textiles N=135 (Only single choice)	Do not know	66(49)	Nylon	2(1)
	Polyester	27(20)	Rayon	2(1)
	Cotton	20(15)	Acetate	2(1)
	Polyurethane	5(4)	Acryl	2(1)
	Linen	4(3)	Wool	2(1)
	Etc.	3(2)		
Dissatisfaction factor N=135 (Only single choice)	Design	30(22)	Etc.	6(4)
	Adaptation to outside temperature	27(20)	Hygiene	3(2)
	Durability	24(18)	Manageability	3(2)
	Texture	18(13)	Fit	2(1)
	None	12(9)	Trendiness	2(1)
	Price	8(6)		

외기온에 대한 적응, 내구성 등이 체온조절 기능성 의류 관련 불만족 사항이라는 것도 알 수 있었다(Table 5).

3.1.3. 온도감응형 지능형 의류소재에 대한 인식

온도감응형 지능형 의류소재를 활용하기에 가장 적합하다고 생각하는 제품군에 관한 결과, 런닝 등의 속옷(99명, 50%), 셔츠(21명, 11%), 양말류(16명, 8%) 순으로 높게 나타났다. 온도감응형 지능형 의류소재를 활용하기에 적합한 의류착용 상황

은 ‘실외에서 운동(등산, 골프, 테니스, 축구 등)할 때’(74명, 37%), ‘실내에서 운동(헬스, 요가 등)할 때’(37명, 19%), ‘상황에 상관없이 언제든지 착용’(29명, 15%) 순으로 높게 나타났다. 온도감응형 지능형 의류소재를 활용한 제품이 개발될 경우, 어떠한 의류 성능이 높을 것이라고 예상하느냐는 질문에 대해서는 보온성(106명, 19%), 통기성(92명, 18%), 촉감(71명, 14%) 순으로 높게 나타났다. 온도감응형 지능형 의류소재를 활용한 제품이 출시될 경우, 어떠한 사항들을 구매 시 고려하겠느냐는 질문

**Table 6.** Perception on thermo-sensitive smart clothing

(Unit: N(%))

Appropriate product category N=200 (Only single choice)	Underwear	99(50)	Etc.	3(2)
	Shirts	21(11)	Vest	3(2)
	Socks	16(8)	Indoor sports wear	2(1)
	T-shirts	13(7)	Skirt	2(1)
	Pants	13(7)	Coat	2(1)
	Outdoor sports wear	12(6)	Workwear	2(1)
Appropriate wearing condition N=200 (Only single choice)	Jumper	12(6)		
	When exercising outdoor	74(37)	When comfortable at home	17(9)
	When exercising indoor	37(19)	At work	12(6)
	Whenever	29(15)	Etc.	3(2)
	When going out	28(14)		

Table 6. Perception on thermo-sensitive smart clothing(continued)

(Unit: N(%))

Performance expectation N=564 (Multiple choices)	Insulation	106(19)	Vapor permeability	25(4)
	Permeability	92(16)	Water resist	12(2)
	Texture	71(13)	Keeping original shape	12(2)
	Wind shielding	41(7)	Absorptiveness	10(2)
	Durability	40(7)	Crease resistance	4(1)
	Anti-bacterial	30(5)	UV resistant	4(1)
	Quick dry	30(5)	Antistatic	3(1)
	Lightweight	29(5)	Antistaining	2(0)
	Easiness to clean	26(5)	Stitch durability	2(0)
	Stretch	25(4)		
Weakness expectation N=566 (Multiple choices)	Price	118(21)	Hygiene	42(7)
	Manageability	91(16)	Manufacturer	37(7)
	Durability	86(15)	Trendiness	28(5)
	Design	75(13)	Adaptation to outside temperature	18(3)
	Texture	59(10)	Fit	12(2)
Buying criteria N=576 (Multiple choices)	Adaptation to outside temperature	139(24)	Texture	60(10)
	Manageability	103(18)	Hygiene	54(9)
	Design	67(12)	Brand	14(2)
	Price	67(12)	Trendiness	5(1)
	Durability	63(11)	Fit	4(1)

에 대한 결과, ‘외기온에 대한 적응(통기성, 보온성, 냉감, 온감 등)’(139명, 24%), ‘관리성(세탁용이성, 오염성, 형태유지 등)’(103명, 18%), ‘디자인, 색상 등의 외관’(67명, 12%) 순으로 높게 나타났다. 온도감응형 지능형 의류소재를 활용한 제품이 출시될 경우, 제품의 예상 단점으로는, ‘경제성(적절한 가격)’(118명, 21%), ‘관리성(세탁용이성, 오염성, 형태유지 등)’(91명, 16%), ‘내구성(강도 저하, 마찰, 보푸라기 생김 등)’(86명, 15%) 순으로 높게 나타났다. 온도감응형 지능형 의류소재에 대한 인식 조사 결과, 응답자들은 실외나 실내 운동 시, 혹은 항상 착용할 수 있는 속옷이나 셔츠를 온도감응형 지능형 의류소재를 적용

하기에 가장 적합한 의류제품으로 생각한다는 것을 알 수 있었다. 온도감응형 지능형 의류소재를 활용한 제품이 개발될 때 외기온에 대한 적응성, 관리성, 디자인 등을 중요한 구매기준으로 고려할 것이며, 보온성, 통기성, 촉감 등을 대표 성능으로 기대하는 동시에, 경제성, 관리성, 디자인 등에 관한 우려사항을 가지고 있다는 것도 알 수 있었다(Table 6).

### 3.2. 착의실험 결과

#### 3.2.1. 의복표면온도 변화

환경온도에 따른 피험자의 부위별 앞쪽 의복표면온도의 평

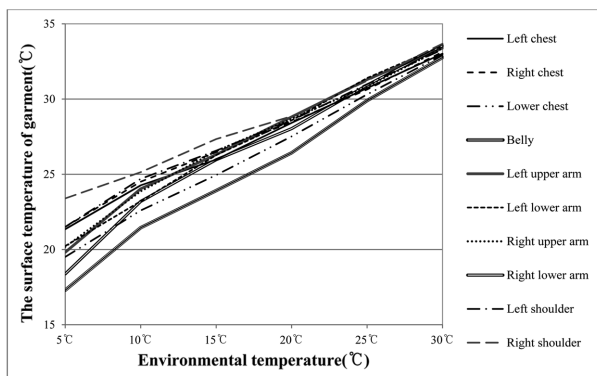


Fig. 2. The average surface temperature of garment by environmental temperature 5°C intervals - The front of the body.

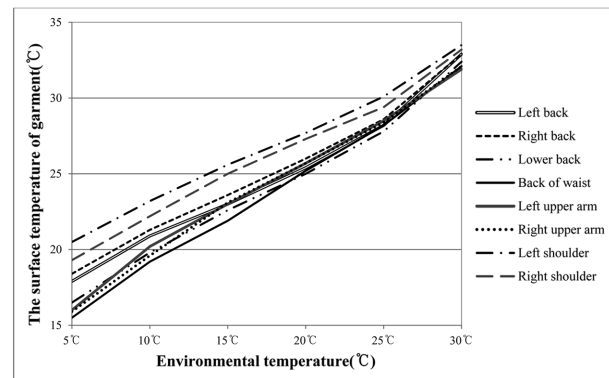


Fig. 3. The average surface temperature of garment by environmental temperature 5°C intervals - The rear of the body.

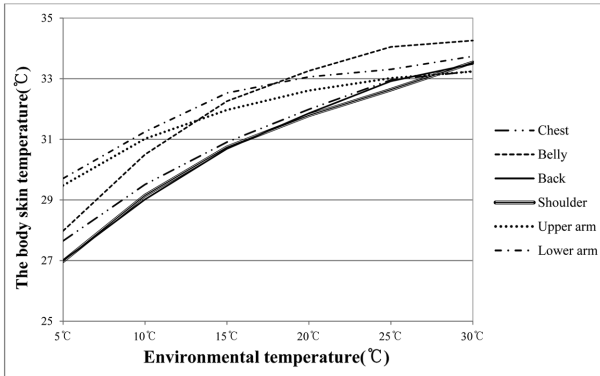


Fig. 4. The average body skin temperature 5°C intervals.

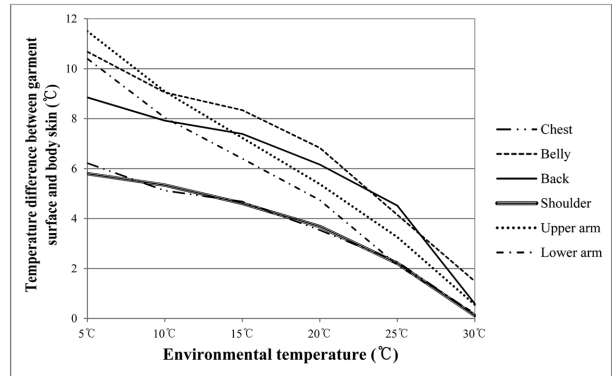


Fig. 5. Temperature difference between surface and body skin 5°C intervals.

균값은 Fig. 2와 같다. 전반적으로 환경온도가 내려가면서 의복의 표면 온도 또한 내려갔다. 환경온도가 높을 때 보다 낮을 때 신체 부위별 의복표면온도의 차이가 커졌으며 이는 피험자 4명 모두에게 동일하게 나타났다. 환경온도가 높을 때 신체 부위 중 위쪽 부분 즉 어깨와 위팔 부분이 온도가 높았으며 다음이 아래팔, 가슴 순이었으며, 아래 가슴과 배 부분은 낮은 온도가 측정되었다. 하지만, 환경온도가 내려가면서 팔 부분의 의복표면온도의 하강 폭이 커져 가슴 부위보다 낮은 온도가 측정되었다. 외기온도 별 신체의 오른쪽과 왼쪽 간의 온도 차는 크지 않았다. 한편, 아랫가슴과 배 부분은 환경온도 전반적으로 가장 낮은 온도가 측정되었다.

환경온도에 따른 피험자의 부위별 뒤쪽 평균값은 Fig. 3과 같다. 환경온도가 높을 때에는 신체 부위별 의복표면온도의 차이가 크지 않았으나 환경온도가 내려갈수록 온도 차가 커져 신체 앞부분과 같은 경향을 나타내었다. 환경온도 전반적으로 왼쪽과 오른쪽 간의 온도 차는 미비하였으며 어깨, 등, 위팔 순으

로 온도가 높게 나타났다. 반면, 뒤희리와 등 가운데 부분의 온도는 비교적 낮게 측정되었다.

### 3.2.2. 피부온도 변화

환경온도에 따른 피험자의 부위별 피부온도 값은 Fig. 4와 같다. 피부온도 역시 의복 온도변화와 마찬가지로 환경온도가 내려가면서 피부온도 역시 내려갔으며, 외기온이 높을 때 보다 낮을 때 신체 부위별 피부온도의 차이가 컸다. 실험 결과, 배와 아래팔 부위에서 높은 온도가 측정되었으며, 등과 어깨 부위는 환경온도 전반에 걸쳐 낮은 온도를 나타내었다.

### 3.2.3. 의복표면온도와 피부온도 변화 비교

Table 7은 신체 6부분(가슴, 배, 등, 어깨, 위팔, 아래팔)의 적외선 열화상 카메라를 이용한 의복표면온도와 피부온도 측정기를 부착하여 측정한 피부온도값의 평균값을 비교한 것이며, Fig. 5는 피부온도와 의복표면온도값의 차이를 나타낸 것이다.

Table 7. The average body skin and surface temperature of garment by environmental temperature (Unit: °C)

Env. Temp.*		Chest	Belly	Back	Shoulder	Upper arm	Lower arm
30°C	Skin Temp.**	33.25	34.26	33.49	33.54	33.24	33.74
	Garment surface Temp.***	33.08	32.77	32.90	33.42	32.69	33.54
25°C	Skin Temp.	32.96	34.05	32.92	32.64	33.02	33.31
	Garment surface Temp.	30.69	29.90	28.40	30.43	29.76	31.17
20°C	Skin Temp.	31.99	33.26	31.86	31.79	32.61	33.06
	Garment surface Temp.	28.45	26.43	25.70	28.11	27.23	28.32
15°C	Skin Temp.	30.91	32.26	30.69	30.74	31.97	32.53
	Garment Surface Temp.	26.23	23.92	23.30	26.13	24.74	26.13
10°C	Skin Temp.	29.51	30.50	29.02	29.15	31.02	31.25
	Garment surface Temp.	24.39	21.45	21.10	23.81	21.93	23.21
5°C	Skin Temp.	27.65	27.98	27.00	26.98	29.48	29.71
	Garment surface Temp.	21.43	17.30	18.15	21.18	17.98	19.31

\*Environmental temperature, \*\*Body skin temperature, \*\*\*Average surface temperature of garment

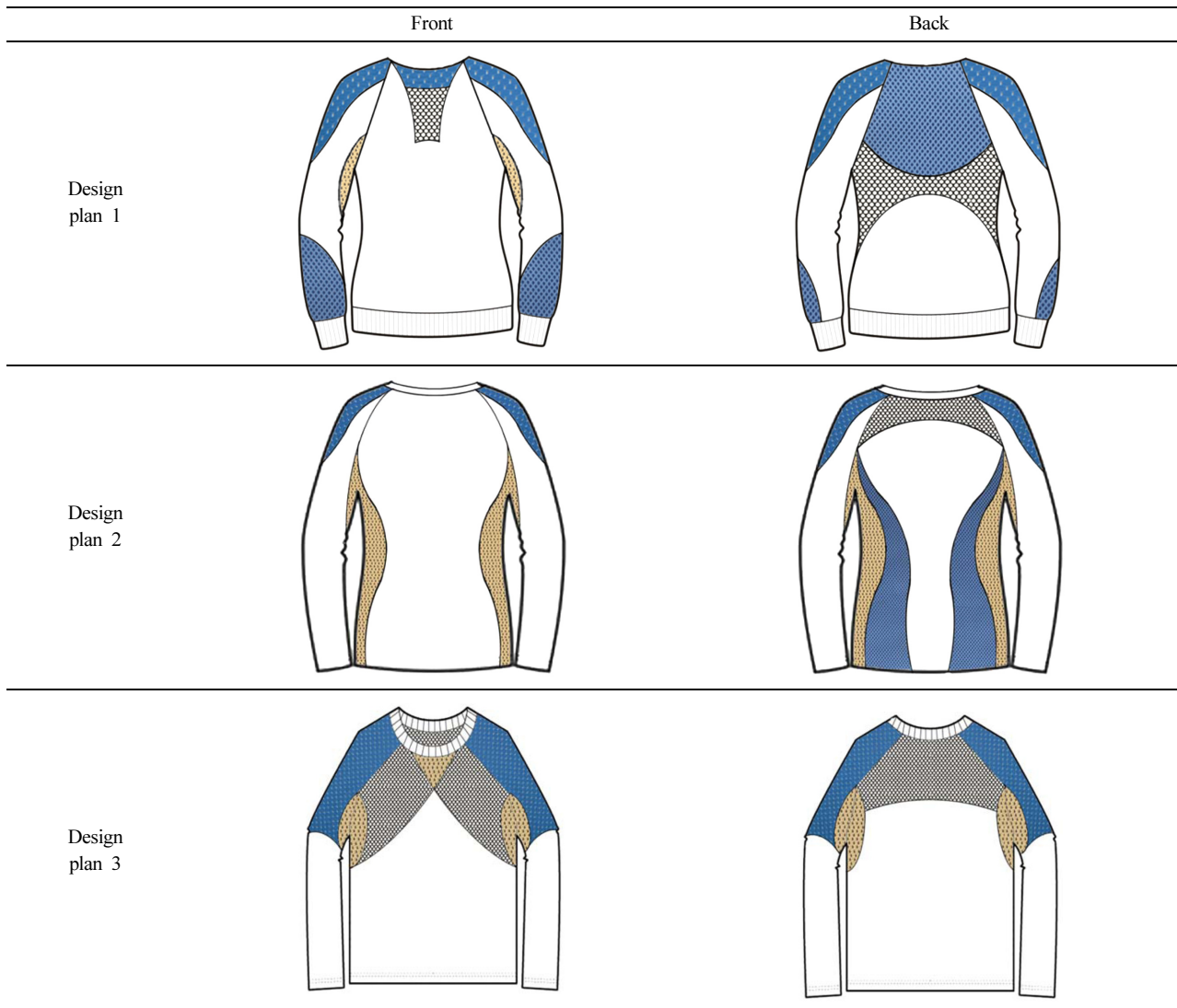


Fig. 6. Design plan for thermo-sensitive clothing.

환경온도가 30°C 일 때의 의복표면온도와 피부온도의 차이는 크지 않았다. 환경온도가 낮아질수록 두 온도 간의 차이는 커졌으며 의복표면온도가 현저히 낮아졌다. 이러한 현상은 외기 온도 25°C 일 때부터 두드러졌다. 신체 부위별로는 배와 팔, 등 부분의 온도차가 현저히 컸으며 어깨와 가슴은 상대적으로 적은 온도차를 나타내었다.

3.2.4. 온도감응형 사계절 기능성 의류설계를 위한 디자인 제안  
 인체 부위별 발한분포에 관한 선행연구 중 비교적 운동강도에 따른 인체의 발한분포가 잘 나타나 있는 영국 Loughborough 대학의 발한분포(“Sweat & evolution”, 2010)와 본 실험에서 얻은 외기온에 따른 의복표면온도와 피부온도의 변화 결과를 고려하여 온도에 따라 팽창 또는 수축하는 기능성 섬유를 사용한 사계절 기능성 의류설계를 위한 디자인 제안은 Fig. 6과 같다.

우선 운동복이 아닌 일상복으로는 몸에 많이 밀착되지 않는 실루엣의 가볍고 편안한 single jersey를 바탕으로 통기를 위하여 신체 부분적으로 mesh조직을 배치한 디자인이 좋을 것으로 판단된다. 발한량이 많고 피부온도가 높은 등 윗부분과 등 중앙, 그리고 가슴 앞골 부분은 통기성이 우선시 되어야 하므로 hole의 개수도 많고 크기도 크며 밀도도 높은 mesh조직을 배치하는 것이 좋을 것이다. 겨드랑이 부분 또한 발한이 많으므로 통기성의 향상을 위해 hole의 개수와 밀도가 비교적 높은 mesh조직의 배치가 필요하다고 판단된다. 피부온도가 비교적 낮은 어깨 부분에는 hole의 크기가 작고 개수와 밀도도 적게 편성된 조직을 배치하는 것이 좋을 것이다. 신체 상부의 배 부분은 의복외부온도가 가장 낮고 피부온도차이 또한 심하여 보온성 향상을 위해 mesh조직보다는 이중편성조직을 응용하는 것이 좋을 것으로 생각된다. 신체 하복부에는 상의가 덮는 디자인의 경

우에는 부분적으로 hole의 크기가 작고 개수와 밀도도 적은 mesh조직을 배치하는 것이 좋을 것이며, 뒤허리 부분에는 등 중앙에서 흘린 땀이 흘러내릴 수 있으므로 hole의 크기는 작으나 개수와 밀도는 비교적 높은 mesh조직을 배치한 디자인이 좋을 것으로 생각된다.

#### 4. 결 론

본 연구는 온도감응형 사계절용 기능성 의류개발을 위한 기초 자료를 제공하기 위해, 온도감응형 기능성 소재에 대한 소비자 조사와 착의 실험을 통하여 외기온에 따른 신체 부위별 의복온도와 피부온도의 변화를 관찰하였다. 소비자 조사 결과, 많은 소비자들이 실내복 또는 실내용 운동복의 용도로 먼, 나일론, 폴리에스테르 등의 소재로 된 속옷, 양말, 운동복 등을 계절에 관계없이 착용한다는 것을 알 수 있었다. 운동이나 외출 시, 폴리에스테르나 먼 소재의 속옷, 티셔츠, 운동복 등의 체온조절 기능성 의류를 착용한다는 것도 알 수 있었다.

계절에 관계없이 착용하는 의류 및 체온조절 기능성 의류에 대한 불만족 사항으로 외기온에 대한 적응 성능과 내구성이 공통적으로 높은 순위에 꼽혔다. 기능성 의류의 상당수는 스포츠 의류 시장에 집중되어 있으며, 기능성 스포츠 의류 광고는 흑한의 날씨가 극심한 더위에 대처할 수 있는 체온조절 성능을 강조하는 경우가 많다. 외기온에 대한 적응 성능이 소비자들의 불만족 사항으로 나타난 본 결과는, 스포츠 의류 시장 환경으로 인해 기능성 의류의 체온조절 성능에 대한 소비자들의 기대가 많이 높아졌지만, 실제 제품의 성능은 그에 미치지 못하고 있다는 사실을 반영한다. 또한 현재 시판되고 있는 체온조절 기능성 의류제품들이 날씨나 계절에 관계없이 자주 착용하기에는 내구성이 떨어져 소비자 불만족의 원인이 되고 있다는 사실도 반영한다. 기업들은 체온조절 기능성 의류개발 시, 소비자가 기대하는 외기온에 대한 적응성의 수준을 충족시키는 것과 높은 내구성을 유지하는 것에 중점을 두어야 할 것이다.

온도감응형 지능형 의류소재에 대한 인식 조사 결과, 소비자들은 온도감응형 지능형 의류소재를 활용한 제품이 개발될 시, 보온성과 통기성을 대표 성능으로 기대하여 외기온에 대한 적응성을 가장 중요한 구매기준으로 고려할 것이라고 응답하였다. 또한 외기온에 대한 적응성 외에, 관리성과 디자인도 중요한 구매 고려기준으로 꼽혔는데, 이는 기능성 의류라 하더라도 여전히 소비자들이 디자인 및 관리 편의성을 구매 시 중요하게 고려한다는 것을 의미한다. 기업들은 기능성 의류개발 시, 시장성을 높이기 위해 제품의 기능성 향상에 초점을 맞출 뿐 아니라 디자인과 관리 편의성에도 각별히 신경을 써야 할 것이다.

경제성은 향후, 온도감응형 지능형 의류소재를 적용한 의류 제품 구매 시 4번째로 중요한 구매 고려기준이자 가장 큰 예상 단점으로 나타났다. 이는 대부분의 기능성 의류들이 고가이며 이로 인해 비구매로 이어지는 경우가 많은 현실을 반영하고 있다. 기업들은 기술개발 단계에서부터 제품 단가를 낮출 수 있

는 방법을 고려할 필요가 있으며, 가격 경쟁력이 확보된다면 향후, 지능형 의류소재 시장은 크게 성장할 수 있을 것이다.

착의실험 결과, 의복표면온도는 환경온도가 내려가면서 의복의 표면 온도 또한 내려갔는데, 환경온도가 높을 때 보다 낮을 때 신체 부위별 온도차가 커졌으며 어깨>가슴>등>위팔>아래팔>아랫가슴>배>등아래>뒤허리 순으로 높은 수치를 나타내었다. 본 실험을 위해 피험자가 착의한 실험의복이 몸에 밀착되지 않는 편안한 일상복 스타일이라 신체와 실험의복 사이 공간내의 공기의 대류에 의해 온도가 하강으로 아랫가슴, 배, 등가운데, 뒤허리 부분은 전반적으로 낮은 온도가 측정되었음을 알 수 있었다. 환경온도가 높을 때는 신체의 위쪽 부분인 어깨와 위팔 부분이 온도가 높았으며 다음이 아래팔, 가슴 순이었으며, 아래 가슴과 배 부분은 낮은 온도가 측정되었다. 하지만, 환경온도가 내려가면서 팔 부분의 의복표면온도의 하강 폭이 커져 가슴 부위보다 낮은 온도가 측정되어 심장에서 먼 신체 부위일수록 외기온의 영향을 많이 받는 것으로 생각된다. 피부온도 역시 환경온도변화에 따라 내려가는 결과를 보였다. 아래팔과 배 부위에서 높은 온도가 측정되었으며, 다음으로 가슴이었고 등과 어깨 부위는 환경온도 전반에 걸쳐 낮은 온도를 나타내었다. 환경온도의 변화에 따른 의복표면온도와 피부온도의 변화비교에서 환경온도가 낮아질수록 두 온도 간의 차이는 커졌으며 의복표면온도가 현저히 낮았다. 신체 부위별로 배와 팔, 등 부분의 온도차는 현저히 컸으나 어깨와 가슴은 상대적으로 적은 온도차를 나타내는 것으로 나타나 신체 부위 중 심장에서 먼 신체 부위일수록 기능성 의복설계 시 낮은 온도에서의 보온성 효과를 고려해야 하는 것으로 생각된다.

위의 실험결과를 고려하여 의복설계 시 신체 부위별 적합한 편성조직을 배치하면 체온조절에 효율적인 기능성 의류의 제작이 가능하리라 생각된다. 하지만, 본 실험에서 피험자가 착용한 실험복의 형태가 신체밀착형이 아닌 다소 여유분이 있는 실내복이어서 피험자가 앉은 상태에서 실험을 수행할 때 부분적으로 생기는 의복의 주름이 실험결과에 미치는 영향을 고려해야 할 것이다. 또한 비교적 높은 환경온도에서는 안정을 취하고 있는 상태에서 신체 부위별 의복 외부 온도와 피부온도 차이는 미비하여 측정온도의 높은 순서만을 고려하여 사계절용 기능성 의류를 설계하는 것은 바람직하지 못하다고 생각한다.

인체는 움직임의 정도에 따라 부위별 피부온도와 의복 온도 그리고 발한량이 달라지며 외기온도에 따라서도 달라질 수 있다. 특히 외기온도 변화에 따라 신체의 피부온도와 의복 외부 온도의 변화가 크다면 기존 원단의 편성에 의한 hole의 개수나 밀도조정만으로는 사계절 용도로 활용하기에는 효과적인 체온조절 기능을 얻을 수 없을 것이다. 그러나 온도 변화에 따라 수축 팽창하는 기능성 원사를 사용하여 적절한 편성조직을 배치한다면 외부기온에 적극적으로 대응하여 피부온도를 쾌적한 상태로 유지시킬 수 있는 사계절용 의류설계가 가능할 것이다. 단, 위의 실험은 피부온도와 의복 외부 온도 측정 시 피험자가 안정된 상태에서 측정되었으므로 다소 결과 해석에 제한이 받

생활 수 있다. 온도감응형 기능성 원사의 개발과 함께 후속 연구로 외부기온의 변화에 따른 외형, 즉 사이즈의 변화와 보온성, 통기성 등의 데이터 자료화가 이루어진다면, 보다 실용적이며 쾌적하며 효율적인 체온조절이 가능한 사계절용 기능성 의류개발이 가능할 것으로 판단된다.

### 감사의 글

본 논문은 한국연구재단(NRF-2016R1E1A2020699)의 지원을 받아 수행된 연구결과임.

### References

- Cho, Y. J. (2011). The influence of male consumers' clothing benefits sought on purchase intention of functional clothing : Focused on well-being health consciousness and age. *Journal of the Korean Society for Clothing Industry*, 13(6), 900-908. doi:10.5805/KSCI.2011.13.6.900
- Cho, Y. J., Choi, J. H., & Beak, H. K. (2010). Gender and age difference in evaluative criteria and information sources of functional clothing. *Journal of Korean Society of Costume*, 60(9), 150-161.
- Choi, J., Yoo, J., Lee, Y., Park, Y., Kim, C., & Ku, G. (2006). 고기능성 축열, 발열 직물의 특성에 관한 연구 [Thermostatic mechanical and properties of fabric]. *Proceedings of the Korean Society of Dyers and Finishers, Spring Conference*, Korea, pp. 204-206.
- Choi, L. Y., Jeon, E. K., & Yoo, H. S. (2009). Effect of consumer knowledge and expectation of functional materials for apparel on university students' behavioral intention. *Journal of the Korean Society for Clothing Industry*, 11(2), 262-270.
- Chung, I. H. (2009). The effect of well-being lifestyle and functional textile knowledge on the perception of high functional sports/leisure wear importance. *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, 33(9), 1495-1505. doi:10.5850/JKSCT.2009.33.9.1495
- Ha, J. H., & Kim, H. E. (2011). Physiological response of quick absorbing/drying T-shirts designed with sweating and skin temperature distribution. *Journal of the Korean Society for Clothing Industry*, 13(4), 635-643. doi:10.5805/KSCI.2011.13.4.635
- Havenith, G., Fogarty, A., Bartlett, R., Smith, C. J., & Ventenat, V. (2008). Male and female upper body sweat distribution during running measured with technical absorbents. *European Journal of Applied Physiology*, 104(2), 245-255. doi:10.1007/s00421-007-0636-z
- Hong, H. S., & Koh, A. R. (2009). The effect of benefits pursued to clothing on the purchase intention of apparel for consumer's well-being -Eco-friendly and health-functional apparels-. *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, 33(11), 1839-1852. doi:10.5850/JKSCT.2009.33.11.1839
- Hu, J., Chung, S., & Li, Y. (2007). Characterization about the shape memory behavior of woven fabrics. *The Institute of Measurement and Control*, 29(3/4), 301-319. doi:10.1177/0142331207079814
- Kim, J. H., Cho, G. S., & Cho, C. K. (2005). Thermal storage/release properties of thermostatic fabrics treated with octadecane-containing microcapsules. *Proceedings of the Korean Fiber Society, Spring Conference*, Korea, pp. 285-288.
- Lee, D. E. (2015). 발열 섬유 소재 및 개발 동향 [Development trend of heat release fiber]. *Fiber Technology and Industry*, 19(4), 255-261.
- Min, M. H. (2014). 아웃도어 소재용 기능성 가공기술 동향 [Processing technology trend of functional material for outdoor sportswear]. *Fiber Technology and Industry*, 18(2), 108-119.
- Moon, J. H., Jeon, E. K., & Yoo, H. S. (2008). Information search behavior in functional sportswear purchasing -Focused on clothing and sports concern-. *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, 32(11), 1814-1824. doi:10.5850/JKSCT.2008.32.11.1814
- Oh, D., Jung, K., Yang, G., & Rho, Y. (2012). Development of intelligent thermoregulation textile material for sportswear. *Proceedings of the Korean Society of Dyers and Finishers, Spring Conference*, Korea, p. 98.
- Park, H. (2011). *Highly moisture absorbing and electro-conductive acrylic fibers for heat release materials*. Unpublished doctoral dissertation, Soongsil University, Seoul.
- Park, S. J., Tokura, H., & Sobajima, M. (2006). Effect of moisture absorption of clothing on pitching speed of amateur baseball players in hot environmental conditions. *Textile Research Journal*, 76(5), 383-387. doi:10.1177/0040517506063388
- Sim, S. B. (2014). 아웃도어 기능성 섬유소재 기술 동향 [Technology trend of functional material for outdoor sportswear]. *Fiber Technology and Industry*, 18(2), 96-107.
- Son, S. G. (2015). 냉감기능성 섬유기술 개발 동향 [Technology and development trend of coolness fiber]. *Fiber Technology and Industry*, 19(2), 142-151.
- 'Sweating & evolution'. (2010, May 1). *The Dry Pharmacist*. Retrieved June 20, 2016, from <http://www.drypharmacist.com/sweating--evolution.html>
- 'Ventex heaterex'. (2013, November 19). *Sedail*. Retrieved November 2, 2016, from <http://www.ventexkorea.com>
- Yang, J. S., Park, H. S., & Jeon, Y. M. (2015). 온감/냉감 의류제품의 기능성 평가법 동향 [Evaluation trend of coolness and warmth clothing product]. *Fiber Technology and Industry*, 19(4), 262-270.

(Received 20 February 2017; 1st Revised 23 February 2017; 2nd Revised 24 February 2017; Accepted 26 February 2017)