태양에너지 활용 의복의 개발 현황 고찰 및 의복 설계를 위한 기초 연구

정연희

군산대학교 의류학과

Development Status of Solar Garments and a Survey on the Solar Clothing Construction

Yeonhee Jeong

Dept. of Clothing and Textiles, Kunsan National University

Abstract : A solar jacket, which utilizes solar energy for generating electricity, is an example of clothing developed by the fusion of multiple technologies; such fusion of technologies can lead to further developments in the clothing industry and other industries in general. Many research institutes and garment manufacturing companies in Europe and America are developing solar garments; various solar-based products manufactured using solar cells, photovoltaic batteries, etc. are being sold at high prices. The purpose of this study was to investigate the development status of solar garments and their application for generating photovoltaic energy; the study also identified the type of design and upper body clothing preferred by Korean in their early 20s. The survey participants were 188 university students aged between 20 and 25. The design of the proposed six types of solar clothing was evaluated and rated; they were then ranked on the basis of the ratings. A survey on the management of solar garments was conducted, and ratings were assigned according to a 5-point Likert scale, with 5 indicating the strong affirmation. The survey results showed that among the six types of clothing, protective clothing (50%) and sportswear (22%) were more preferable than the others (working clothes (16%), casual clothes (3%), everyday wear(6%), and suits(1%)). Among the six proposed designs, the jumper design (22%) and jean jacket design (21%) were preferred over the others (casual jacket (19%), casual jacket I (15%), classic suit (14%), and climbing jacket (9%)). Factorial analysis of the management of solar garments revealed that the most important factors were the properties of the solar cell and time required for battery charging, and the second important factors were clothing weight and comfort.

Key words: development of fusion clothing, solar energy, photovoltaic cells, design evaluation, clothing construction.

1. 서 론

최근 지구환경문제와 2027년을 정점으로 급격히 줄 것으로 전망되는 원유생산량은 현재 화석에너지를 주축으로 한 에너지 시스템의 개혁을 요구하고 있다. 특히 신·재생에너지는 교통 의정서 등 국제환경규제에 대비할 수 있는 기술주도형 청정 미래에너지원으로 2020년까지 매년 2.3%씩 성장이 예상되는 미래 신산업이다. 의류 분야도 예외는 아니어서 태양에너지를 이용한 솔라(solar) 소품 및 의복 설계 연구는 도래할 에너지 대란의 시대를 준비하는 연구 분야로 대두되고 있다.

태양에너지는 언제 어디서나 쉽게 충전 가능한 에너지의 형태로 저비용, 무구속 에너지 공급이 가능하여 중요한 충전 전기 에너지원으로 부각되고 있다. 특히 헬스케어 의복, 스마트 전투복, 유비쿼터스 의복 등과 같이 지속적이고 안정적으로 정보를 수집, 분석, 평가해야 하는 의복의 경우에는 일회성 전원

공급보다는 충전 가능한 영구적인 전원공급이 적합하다. 현재 무선센서 네트워크 내의 수많은 센서들은 전원으로 건전지와 같은 일회성 전지를 사용하고 있으나 전력을 소진할 때마다 센서의 전지를 교체하는 것이 현실적으로 불가능하므로 리튬(lithium) 이온전지와 같이 충전 가능한 전지를 사용하고 있다.

태양에너지는 최근 활발히 연구되는 분야로, 임소영, 허은영(2005)은 일반국민의 신·재생에너지에 대한 인식조사에서 개인적으로 가장 이득이 될 것으로 생각하는 신·재생에너지원으로는 태양에너지를 압도적으로 선정하였으며, 우리나라 여건에 적절하고 가장 친숙한 에너지원이라 보고하였다. 강만구, 김중대(2006)는 플렉시블(flexible) 염료감응 태양전지 기술에 대한 연구에서 유비쿼터스 시대의 언제, 어디서나 요구되는 정보 서비스에 대한 요구에 발맞추어 전원 장치도 소형화, 박형화, 고용량화, 고효율화, 유연화, 무선충전 등이 가능해야 함을 제시하고, 스테인레스 스틸을 사용하여 5% 이상의 효율을 내는 플렉시블 태양전지를 개발하였다. 이수홍(2006)은 실리콘 태양전지의 기술개발 및 산업동향을 소개하며 실리콘 태양전지의 기술개발이 보다 저렴한 재료 이용 및 공정비용을 줄여 태양전

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

지 가격을 낮추고 우수한 성능을 얻기 위한 방향으로 진행되고 있다고 지적하였다. 송준형, 김주용(2008)은 반도체형 고분자를 이용한 태양전지 섬유에 대한 연구에서 유리섬유에 태양전지 구조를 역으로 적용하여 ITO를 (+)전극으로 스퍼터링 하여 태양전지 섬유를 개발하였으나 유리섬유의 섬도가 작아 측정된 전류가 다소 불안정 하다고 보고하였다.

태양에너지를 의복을 통해 얻고자 하는 즉, 의복설계에 적용한 연구를 살펴보면 다음과 같다. 먼저 국외연구를 살펴보면 다음과 같다. 넥타이에 플렉시블 솔라셀(flexible solar cell)을 부착하여 휴대폰 등의 충전에 사용하는 연구(Hynek et al., 2008)와 직물 및 의복에 고분자 태양전지를 결합하는 (Frederik et al., 2006) 연구 등이 수행되었다. 또한 Schubert and Werner(2006)는 태양전지를 의류에서 활용하는 경우 다양한 플렉시블 솔라셀 중 Si의 얇은 필름이 성능과 유연성이 우수하다고 보고하였다. 국내에서 태양에너지 이용 의복설계에 대한 연구는 초보적인 단계로 이지연 외(2009)은 실리콘 태양전지를 활용한 공기순환 의복개발에서 태양광 입사각에 따른 효율성 및 쾌적성 평가를 수행하였다. 이 연구에서 의복 착용시 태양광 입사각이 60°일 때가 가장 에너지 생성이 우수하다고 보고하였다.

태양에너지를 활용한 소품과 의복개발은 선진국에서 이미 발전적 방향으로 모색되고 있으며, 태양전지를 이용한 솔라 소품 및 의복 설계는 빠른 속도로 진행되고 있다. 의류설계에 태양전지를 활용한 연구(Horter et al., 2007; Strecker, 2007)를 살펴보면, KANS®, maier®, MUSTANG® 등이 iTV DENHENDORF, Hohensteiner Institut 등과 태양에너지 활용을 위한 협동 프로젝트 팀을 구성하여 태양에너지를 이용하는 의복개발을 수행하고 있다. Tempex®는 태양에너지를 이용한 보온 재킷(Solar-Warmjacket)을, Mustang Jeans은 USB포트와 플렉시블 솔라 셀(solar cells)을 연결한 Bogner Solar-Jacket을, KANZ는 아동 보호를 위한 솔라 셀과 엘이디(LED) 조합 의복(child solar jacket)을 개발하였으며, maier sport는 플렉시블 솔라 셀을 의복 내에 삽입하여 GPS와 휴대폰, MP3, USB포트와 연결한 솔라 재킷(Solar Jacket)을 선보였다. 또한 scottevest사는 다양한 IT기기와 연결하여 사용할 수 있는 솔라 재킷을 내놓았으며, 이태리의 유명 브랜드인 젠야 스포츠(ZegnaSport)는 스키복의 목 부위에 태양 충전기를 부착한 솔라 재킷을 시판하여 뜨거운 관심을 사고 있다.

이처럼 선진국의 경우는 태양에너지를 의생활에 활용하고자 많은 연구를 수행하고 있으나 아직까지 국내는 태양에너지 활용을 위한 의류학적 이론적 체계 및 연구목표를 정확히 제시하지 못하고 있는 실정이다.

이에 본 연구의 목적은 다음과 같다.

첫째, 솔라 셀을 이용한 의복설계 연구는 시작단계의 연구로 체계적인 연구방법이 정립되어 있지 않다. 이에 선행연구조사 및 각국의 솔라 의복 개발 사례를 살펴보고, 이를 통해 태양에너지 활용이 가능한 의복설계 개발시 고려할 점과 해결되어야 할 문제를 제시하고자 한다.

Fig. 1. 솔라 셀을 이용한 에너지 생성 의복의 6 종류 디자인 제시

둘째, 가까운 미래에 주 소비자로 부상할 20대 남녀에게 태양에너지에 대한 일반적 견해 및 태양에너지 활용 소품에 대한 조사를 수행하였다. 또한 태양에너지를 의복설계에 활용하고자 6가지 의복 디자인을 제시하고, 이에 대한 설문조사를 실시하여 향후 구체적인 태양에너지 의류설계 개발을 위한 기초 자료를 수집하고자 한다.

2. 연구방법

본 연구에서는 선진국의 솔라 셀을 이용한 다양한 소품 및 의복 개발 사례를 살펴보고 연구의 진행정도 및 연구의 제한점 등을 정리하였다. 또한 태양에너지 활용 의복을 개발하기에 앞서 태양에너지 활용 의복에 대한 20대 인식조사와 함께 태양에너지 활용을 위한 의복 디자인 평가를 수행하였다. 설문문에 참여한 학생은 대전과 군산에 거주하는 20대의 대학생 188명으로, 설문은 2008년 6월에서 7월에 걸쳐 수행되었다. 설문지는 태양에너지 활용 의복에 대한 태도와 의복 스타일, 구체적인 디자인에 대한 부분으로 구성되었다.

솔라 셀 이용 의복 설계를 위한 설문은 다음과 같이 구성되었다. 먼저 태양에너지 활용 소품과 의복에 대한 사전 조사(11항목), 태양에너지 활용 의복 및 디자인에 대한 설문 조사(8항목)로 진행되었다. 특히 솔라 의복의 가상 디자인을 6가지로 제안 한 후 최적 디자인을 선별하게 하였다. 제안된 디자인은 현재 국외에서 개발된 사례의 의복형태(디자인 3, 4, 6)와 연구자

에 의해 제안된 형태(디자인 1, 2, 5)로 구성되었다. 즉 개발된 디자인은 접퍼, 등산 재킷, 청재킷 등이었으며, 제안된 형태는 세미 재킷 스타일과 정장 스타일이었으며, 디자인은 Fig. 1과 같다.

통계는 spss 16.0로 처리하였으며, 각 항목에 대한 평균 및 빈도수, 성별에 따른 유의차를 검증하였다.

3. 결과 및 논의

3.1. 태양에너지 이용 소품 및 의복 개발 현황

최근 태양에너지를 의복과 가방 같은 일상품에 충전하도록 개발된 제품은 국외에서 빠르게 고가격 상품화되고 있는데, 그 예는 다음과 같다. Fig. 2는 태양에너지를 충전하는 대표적 가방 제품을 무게, 가방사이즈, 가격, 솔라 셀 형태, 배터리 충전 시간과 배터리 용량 등을 기준으로 정리한 것이다. 이들 제품들은 아직까지 국내에서 시판되고 있지 않으나, 국외에서는 레저활동 및 그린에너지 사용을 적극 수용하는 사람들이 주로 구매하여 사용하고 있다. Fig. 2의 (a)는 voltaic사의 솔라 가방으로 무게는 약 2 kg정도 나가며 솔라 셀은 하드셀로 구성되어 있다. 하드 솔라 셀 타입으로 가방 무게가 기본적으로 많이 나가게 구성되어 있으며, 전면의 솔라 셀 패널은 초기에 접착되어 분리가 어려웠으나 최근 탈부착 되도록 구성되었다. 반면 Fig. 2의 (b)는 reware사의 솔라 가방으로 가방의 무게는 1.36 kg 정도 이고 솔라 셀은 플렉시블 솔라 셀로 구성되어 있다. 솔라 셀이 플렉시블 형태여서 가방이 뻣뻣하지 않으며 솔라 셀도 가방의

전면에 삽입되어 있는 것으로 솔라 셀의 기능에 문제가 있을 시 쉽게 탈착하도록 구성되어 있다.

각각의 가방들은 IT 기기들과 연결하기 위해 다양한 잭을 보유하고 있는데, (a)가방의 경우는 약 14종의 멀티 잭(Multi jack)과 충전지가 내장되어 있다. 즉 휴대폰, MP3, PDA, 디지털 카메라, 노트북 등 다양한 IT 기기들과 연결하여 사용할 수 있도록 다양한 잭이 내장되어 있고, 소비자의 별도 구매를 위해 홈페이지에 다양한 잭을 구비하고 있다. (b)가방의 경우는 4종류의 잭이 있으며, 그 잭들은 주로 노트북을 연결하여 사용할 수 있도록 구성되어 있다. 이렇게 구성된 가방은 크기와 형태가 다양하며 현재 일반 가방보다 고가의 가방으로 판매되고 있는데, 그 가격은 대략 150\$~500\$대 이다.

솔라 셀을 의복 내에 삽입하고 이를 이용하여 태양전지를 활용하는 의복연구를 살펴보면 다음과 같다. 먼저 제품이 아닌 연구개발 사례를 살펴보면, Fig. 3은 플렉시블 솔라 셀을 스캔한 후 이를 원단에 그대로 디지털 프린트 한 후 그 위에 실제 플렉시블 셀을 고정하고 전선을 통해 뒷면에 부착된 휴대폰 삽입용 탄성 주머니에 연결하여 전원이 공급되도록 하였다(Hynek et al., 2008). 이 연구는 비교적 간단한 형태의 의복 소품인 넥타이를 통해 솔라 에너지를 획득하는 연구로, 이는 솔라 에너지를 일상 생활에서 넥타이 착용을 통해 획득하는 손쉬운 방법을 제안하였다. 그러나 에너지 획득의 안정성 및 솔라 셀의 안정성이 확보되지 못한 측면이 있는데, 플렉시블 솔라 셀은 쉽게 구겨지고 접혀져 이로 인해 에너지 전달 선이 파괴되고 그 성능이 현저히 저하 되는 단점이 있으므로 솔라 셀의 유연성을

솔라 제품 비교 항목	(a)Voltaic 사의 solar bag	(b)Reware 사의 solar bag
가방 및 연결 잭
가격	499\$	349.99\$
무게	2 kg	1.36 kg
사이즈	43 cm x 31cm x 9cm	45 cm x 34cm x 10cm
솔라 셀 형태	hard solar panel	flexible solar panel
배터리 충전시간	5 시간	2~4 시간
배터리용량 (capacity)	70Watt	6.3Watt
배터리출력 (output)	19V, 16V, 12V, 15V	16.6V

Fig. 2. 태양에너지를 이용한 충전용 솔라 백 및 성능

Fig. 3. 플렉시블 솔라 셀을 이용한 충전 넥타이

Fig. 4. 고분자 솔라 셀을 이용한 의복과 벨트

안정적으로 보완할 수 있는 구체적인 방법이 동시에 제안되어야 할 것이다.

Fig. 4는 Frederik 등(2006)이 직물 및 의복에 고분자 태양 전지를 결합하는 방법을 이용하여 제안한 의복과 허리벨트를 보여주는 것으로, PET 기질에 일정한 패턴으로 고분자 솔라 셀을 구성한 후 의복에 봉제한 것으로 독창적 디자인과 태양전지의 활용을 동시에 고려한 연구결과를 보여주고 있다. 이 연구에서는 고분자 PVs가 의복 혹은 직물과 결합되어 “intelligent clothing”의 잠재적 사용가능성을 보여주었으나 안정성 및 상업성이란 측면에서 해결되어야 할 과제가 많음을 지적하였다.

Schubert. B. M과 Werner. H. J(2006)는 의복을 위한 플렉시블 솔라 셀 연구에서 태양전지를 이용하여 유비쿼터스 전원 공급을 수행하고자 하는 아이디어는 다양한 환경(실내환경, 구름이 있는 환경, 비가오는 환경, 태양이 빛나는 환경)에서 에너지를 얼마나 집적하는가에 달렸다고 지적하며, 다양한 솔라 셀의 기능을 평가하였다. 태양전지를 의류에서 활용하는 경우 다양한 플렉시블 솔라 셀 중 Si의 얇은 필름이 유연성과 성능에서 두드러졌으며, 특히 빛이 적은 환경에서 우수하다고 보고하였다. 울트라 pc-Si 셀은 이미 직물에 라미네이트(laminate) 할 준비가 되었으며, 고성능 c-Si 변환 셀은 의복에 주머니나 액세서리로 활용할 수 있다고 하였다.

Fig. 5는 어린이 보호용 LED부착 솔라 재킷으로 낮에 태양전

Fig. 5. 어린이의 야간활동 시 LED 작동 솔라 재킷

Fig. 6. 청 재킷에 어깨 요크와 가슴 요크, 주머니에 내장된 솔라 셀

지에 의해 충전된 에너지가 KANZ(KANZ Neufra, Germany) 코트 속에 삽입되어 있는 다이오드에 에너지를 공급하여 밤에 빛이 나도록 구성된 것으로, 이는 아동을 외부의 다양한 위험 상황에서 보호하기 위해 고안되었다.

Fig. 6은 BOGNER/MUSTANG 재킷으로 USB에 에너지를 공급하고 충전하도록 솔라 패널이 부착되어 있으며, 이때 Iowa thin films modules은 최대 2.5 Watt까지 에너지를 전달할 수 있으며, 에너지 생성량은 직사광선하에서 3시간 충전시 MP3를 40시간까지 작동할 수 있다고 보고하였다.

태양에너지를 충전하여 에너지원으로 활용하기 위한 연구가 실제 의복제품으로 판매되는 사례를 살펴보면 다음과 같다. 켄야 스포츠는 Fig. 7의 (a)와 같은 스키용 재킷(outer solar jacket)을 선보였다. 목부위 혹은 상완부위에 하드 솔라 셀이 착탈식으로 부착되어 있고 전도성 직물 케이블과 배터리가 연결되어 사용자가 원하는 시기에 어디서나 전원을 공급하도록 구성되었다. 솔라 모듈의 크기는 9 cm×5.5 cm의 직사각형 모양으로 직사광선 하에서 1 W를 생산할 수 있으며, 배터리는 7 cm×6 cm×1.5 cm의 크기로 무게는 약 100 g 나간다고 보고하였다. 배터리의 충전시간은 약 4-8시간이 소요되며, 완전히 충전된 배터리는 휴대폰이나 아이패드(iPod)를 약 4시간 가량 사용할 수 있도록 개발되었다. 켄야 스포츠의 솔라 재킷은 국내에서 약 140만원대의 가격으로 판매되었다. Fig. 7의 (b)는 아르헨티나의 지능형 의복(intelligent clothing)을 제작하는 회사(indarra.DTX)에서 개발한 솔라 점퍼로, 이 점퍼는 등 부위에 솔라 패널을 착

	(a)Zegna solar jacket	(b)Green solar jacket	(c)Solar vest
의복형태
가격	1350\$	400\$(286euro)	146\$
솔라패널 사이즈	9 cm x 5.5 cm (2 panels)	14.3 cm x 21.2cm (1 panel)	13.5 cm x 6cm (4 panels)
솔라 패널 무게	-	70g	-
솔라 패널 사양	1.0W	1.1W	6W
배터리 모양	-
배터리 사이즈	7cm x 6cm x 1.5cm	7cm x 6cm x 1.3cm	12cm x 7cm x 2.2cm
배터리 무게	100g	70g	-
배터리 충전 시간	4~8 시간	4 시간	-
배터리 사용시간 또는 용량	< 4 시간(cell phone)	< 4 ht (cell phone)	8800mA
배터리 Voltage	5~6 volt	5~6 volt	12~20 volt
배터리 연결 잭 모양	-
배터리 연결잭수	-	8 개	8 개

Fig. 7. 제품으로 개발된 태양에너지 활용 의복 및 성능

탈식으로 부착하는데, 패널의 사이즈는 14.3 cm×21.2 cm이며, 무게는 70 g이었다. 배터리는 오른쪽 안쪽 하단 주머니에 삽입되어있으며, 그 크기는 7 cm×6 cm×1.3 cm이고 왼쪽 의복 안주머니에 8개의 멀티잭이 구비되어 다양한 휴대용 IT 기기들을 사용하도록 구성되어 있다. 배터리의 충전 시간은 약 4~6시간이었으며, 배터리 사용시간은 휴대폰의 경우 4시간정도 사용할 수 있도록 개발되었다. 이 점퍼는 기존에 개발된 다양한 의복 성능(투습성, 방수성, 보온성 등)과 터치패드 버튼 기능이 추가되어 약 400\$로 판매되고 있다.

Fig. 7의 (c)는 최근 중국에서 생산된 솔라 조끼(solar vest)로 등에 솔라 셀을 착탈식으로 부착하여 사용할 수 있도록 구성되어 있으며, 가격은 약 146\$대에 판매되고 있다. 이 조끼의

특징은 솔라패널을 착탈식으로 분리할 수 있으며 다른 패널과 연결할 수 있도록 구성되어 있고 총 배터리 출력이 우수하였다. 배터리의 크기(12 cm×7 m×2.2 cm)가 다른 의복에 비해 컸으며, 배터리 연결 잭은 8개로 구성되어 있다.

위에서 살펴본 바와 같이 최근 솔라 셀을 이용하여 태양에너지를 활용하는 연구 및 제품은 유럽 및 미주에서 다양한 연구소와 의류업체들이 산학연소시업을 형성하여 공격적인 연구를 수행하고 있다. 그러나 의복설계에서의 태양에너지 활용연구는 다음과 같은 측면을 고려하여 연구되어야 할 것이다.

먼저 의복의 기본 성능인 착용쾌적감을 고려한 의복설계이다. 최근 의류설계에서 착용쾌적감 증진을 위해 직물의 투습, 발수, 보온 기능이 매우 중요시 되고 있는데, 솔라 셀 등은 투

습이 불가능한 막으로 구성되어 있어 솔라 셀의 면적과 부착 위치에 따라 의복의 착용쾌적감을 저해하는 요인으로 작용할 수 있다. 이에 솔라 셀의 부착 위치를 동작과 인체 발한 및 의복 기후 변화 등 인체공학적으로 고려하여야 할 것이다. 이러한 측면에서 이지연 외(2009)의 실리콘 태양전지를 활용한 공기순환 의복의 태양광 입사각에 따른 효율성 및 쾌적성 평가는 태양에너지를 활용하기 위한 기초 연구로서 큰 의의가 있다 하겠다. 이 연구에서는 실리콘 솔라 셀을 활용하여 의복 내 팬을 작동시키고, 이를 통해 인체와 의복사이에서 쿨링효과를 주는 실험이었다. 이 실험결과 전압, 전류, 전력량 등을 모두 고려하였을 때 태양의 입사각이 60° 였을 때 가장 높은 에너지 효율이 있었다고 보고하였으며, 솔라 패널이 부착된 곳에서 열.수분 배출이 원활치 않아 착용자의 쾌적성에 영향을 미치고 있음을 지적하였다. 이에 의복내 열.수분을 고려한 솔라 의복의 개발이 요구된다.

또한 의복의 착용감과 더불어 의복개발에 있어 솔라 셀이 부착되는 경우 인체의 동작 기능성이 저하 되지 않는지, 동작 기능성을 저하시키지 않는 부착 방법과 위치가 어디인지 등도 연구되어야 하며, 비용과 효율이라는 측면에서 솔라 셀의 사용과 현재 주요하게 사용되는 전기에너지 및 다른 여타 에너지와 그 효율의 측면에서 솔라 셀의 효율성을 배가하는 구체적인 방법 연구도 요구된다 하겠다.

다음으로 의복에 착탈하는 솔라 셀의 제반 성질에 대한 기초 조사와 태양에너지를 최대 효율로 집적하기 위한 구체적 방법이 연구되어야 한다. 즉, 의복에 부착하는 솔라 셀의 종류, 솔라 셀의 크기, 솔라 셀의 부착 위치 등을 동시에 고려해야 할 것이다. 솔라 셀은 그 형태와 크기 및 재질에 따라 그 성능이 매우 다르므로 의류에 착탈하여 사용할 수 있는 솔라 셀의 크기와 성질이 고려되어야 한다. 또한 솔라 셀을 부착한 의복에 대한 에너지의 효율, 의복 관리, 에너지 생성의 안정성 문제 등도 연구되어야 한다.

마지막으로는 의복과 솔라 셀, 솔라 셀과 충전기기와의 연결을 위한 구체적인 의복구성 방법이다. 솔라 셀과 직물과의 연결 및 솔라 셀과 충전기기를 연결하는 전선의 배치, 전선의 소재(전선 형태, 전도성 실 형태), 세탁관리를 위한 착탈방법 등이 고려되어야 할 것이다. 의복내 휴대용 기기의 직접 연결 및

의복착용시 생체정보 획득을 수행하려는 연구(Coyle et al., 2007; Horter, 2007; Kaasjager, 2007; Linz et al., 2009; Strecker, 2007)는 전원 공급 및 정보 전달 방법으로 전도성 실, 전도성 고무, 금속 스냅 등이 연구되었다. 이러한 연구는 궁극적으로 의류직물성능을 최대한 유지하며 최소의 기기적 사용으로 최대의 효율을 보기위한 연구였다. 이에 이러한 연구 결과를 최대한 수용하여 솔라 셀의 의복내 부착연구에서 활용되어야 할 것이다.

현재까지 의류개발 및 의생활 소품 개발에 있어 태양에너지를 활용한 구체적 연구는 국내에서 초보적인 수준으로 진행되고 있으며, 신재생에너지를 개발하는 연구로서 스포츠 의류 등에 연계하여 활용하고자 하는 시도는 있다. 그러나 이러한 연구도 연구 제안으로 한정되어 있으며 연구성과 및 연구개발 사례는 아직까지 발표된 바가 없다. 아직까지 태양에너지 활용 분야는 의생활 분야와 융합되기 보다는 고효율 에너지 생성분야로 국한되어 있으며, 산업 기자재(가로 등, 야외 설치물의 에너지 활용)와 아동 교구개발을 위한 태양에너지 활용 키트(kit)로 사용되고 있다. 이에 의류분야의 적극적인 크린에너지 활용을 위한 연구제안 및 의복개발이 요구된다 하겠다.

태양에너지를 활용할 수 있는 의복설계 연구는 시작단계의 연구로 브랜드 네임 및 브랜드 충성도 보다는 기능이 보다 강조되는 IT 의류개발로서 한국의류산업의 주요한 아이템이 분명하다. 이에 IT산업의 기본 인프라와 그 발전 속도가 빠른 이점을 이용하여 보다 적극적이고 활발한 IT의류개발 연구가 요구된다.

3.2. 솔라 셀 관련 소품 및 의복에 대한 20대의 태도 평가

솔라 의복 및 소품에 대한 20대의 태도에 대한 설문지 조사 결과를 살펴보면 Table 1, Fig. 8과 같다.

Table 1에서와 같이 솔라 의복이 있다는 사실을 알고 있다고 응답한 사람은 전체 188명 중 44명(23.2%)이었으며, 솔라 셀 가방 및 휴대용 배터리가 있다는 사실을 안다고 응답한 사람은 75명(39.5%)로 응답자의 약 삼분의 일 정도가 솔라 소품 및 의복에 대하여 알고 있었다. 그러나 솔라 의복을 착용한 사람은 없었으며, 소품의 경우는 주변에 28명(14.7%)정도가 사용하거나 사용하는 사람을 보았다고 응답하였다. 솔라 의복과 가방

Table 1. 솔라 셀 관련 소품과 의복에 대한 설문 조사 결과

솔라 셀 관련 소품과 의복에 대한 태도 설문 항목	있다	없다
솔라 의복이 있다는 사실을 알고 있는가?	44(23.2 %)	146(76.8%)
솔라 셀 가방이나 휴대용 충전기가 있다는 사실을 알고 있는가?	75(39.5 %)	115(60.5%)
주변에 솔라 의복을 착용한 사람을 알고 있는가?	2(1.1%)	188(98.9%)
솔라 셀 소품을 사용하고 있는 사람을 알고 있는가?	28(14.7%)	161(84.7%)
솔라 의복이 어느 정도 가격대이면 구매할 의사가 있는가?	평균 9만 7천원	
솔라 셀 가방이 어느 정도 가격대이면 구매할 의사가 있는가?	평균 7만 7천원	
솔라 셀 휴대용 충전기가 어느 정도 가격대이면 구매할 의사가 있는가?	평균 만 9천원

Fig. 8. 솔라 제품의 미래 수요 및 선호 에너지에 대한 조사

을 구매할 경우 어느 정도의 가격대에서 구매할 의사가 있는가에 대한 질문에서는 평균 9만 7천원, 7만 7천원이면 의복과 가방을 구매할 의사가 있다고 응답하였다. 솔라 셀 휴대용 배터리 가격은 만 9천원대이면 구매할 의사가 있다고 하였다.

Fig. 8은 솔라 제품의 미래 수요 및 선호 에너지에 대한 조사로 다음과 같다. 향후 솔라 의복이나 가방 등의 수요가 증가할 것인가라는 질문에 99명(52%)이 잘 모르겠다고 응답하였으며, 51명(27%)이 증가할 것이라 응답하였다. 태양에너지를 쉽게 활용 할 수 있는 아이템이 무엇인가에 대한 질의에서는 휴대용 충전기가 161명(85%)으로 가장 많았으며, 14명(7%)이 모자를 쉽게 이용할 수 있을 것이라 응답하였다. 저렴한 가격대

의 솔라 셀 소품이 출시된다면 사용할 의사가 있는가에 대한 질의에서는 122명(65%)이 사용할 생각이 있다고 응답하였으며, 미래 에너지 중 가장 선호될 에너지에 대한 질의에서는 151명(80%)이 태양에너지라 응답하였다.

3.3. 솔라 셀을 이용한 에너지 생성 의복에 대한 디자인 평가

Fig. 9는 솔라 의류의 활용 유무, 충전지의 무게, 의복 내 전선 사용 유무, 솔라 의복의 선택 기준 등에 대한 설문조사 결과를 보여주고 있다. 먼저 솔라 의류 및 이를 활용한 IT 기기 사용 유무에 대한 질의에서 총 61명(33%)이 적극 사용하겠다고 응답하였다.

Fig. 9. 솔라 의류의 활용 유무, 충전지의 무게, 의복 내 전선 사용 유무, 솔라 의복의 선택 기준 등에 대한 설문조사 결과

Fig. 10. 복종별 솔라 의복 적용 가능성, 솔라 셀의 부착 위치, 적당한 디자인, 적합한 스포츠 웨어 등에 대한 설문조사

솔라 셀 및 충전지의 총 무게에 대하여서는 총 151명(80%)이 100g미만의 무게가 수용 가능하다고 하였다. 의복 내 전선 사용에 대해서는 66명(35%)이 전선은 절대 불가하다고 하였으며, 37명(20%)이 책만 수용 가능하다고 하였다. 그러므로 향후 개발될 솔라 의복에서는 전선을 대체할 방법이 적극 연구되어야 함을 알 수 있었다. 솔라 의복 선택 시 선택 기준은 기능과 디자인을 모두 고려한다고 139명(74%)이 응답하였다. 솔라 의복이 개발된다면 기능위주로 의복을 선택할 것인지 디자인 위주로 선택할 것인지에 대한 질문에서는 대체로 기능과 디자인을 모두 고려하겠다고 응답하였다.

Fig. 10은 복종별 솔라 의복 적용 가능성, 솔라 셀의 부착 위치, 적당한 디자인, 적합한 스포츠 웨어 등에 대한 설문조사 결과를 보여준다. 먼저 솔라 셀을 이용한 의복이 개발된다면 어떤 복종이 가장 적용 가능성이 크다고 생각하는가라는 질문에 특수복(88명, 50%)이 가장 적용 가능성이 크다고 응답하였으며, 그 다음으로 스포츠복(39명, 22%), 작업복(28명, 16%), 일상복(10명, 6%), 캐주얼복(6명, 3%), 정장(2명, 1%) 순으로 대답하였다. 복종은 성별에 따라 집단간 차이를 발생하였는데, 캐주얼(유의수준, 0.007)과 특수복(유의수준, 0.01)에서 남성이 여성보다 높게 평가하였다.

솔라 셀의 의복내 부착 위치에 대한 설문 조사에서는 등부위 78명(42%), 어깨부위 36명(19%), 목부위 27명(14%)으로 등과 어깨, 목, 가슴, 허리, 위팔부위 순으로 응답하였다. 스포츠 웨어 중 솔라 의복으로 적합한 의복 아이템으로는 스키복 46명(26%), 등산복 45명(25%), 조깅복 34명(19%), 모터사이클복 32명(18%) 등으로 스포츠 의복에서는 고르게 솔라 의복 적용이 가능할 것이라 응답하였다. 본 연구에서 제시된 6가지 디

자인의 의복에서 솔라 의복으로 적당한 디자인으로는 점퍼 스타일 39명(22%), 청 재킷 스타일 38명(21%), 캐주얼 재킷 II 스타일 35명(19%)이었다. 6종류의 디자인에 대한 남녀의 성별 차이는 보이지 않았으며, 솔라 셀을 이용한 에너지 생성 의복에서는 일상적으로 착용 가능한 청 재킷이나 점퍼, 캐주얼 재킷이 쉽게 20대에게 접근 가능함을 알 수 있었다.

4. 결 론

본 연구의 목적은 솔라 셀을 이용한 의복설계 연구가 시작 단계의 연구로 체계적인 연구를 위해 솔라 의복 개발 사례를 살펴보고, 이를 체계적으로 정리하고 융합연구로서 태양에너지 활용을 위한 문제해결 과제를 제시하고자 하였다. 또한 가까운 미래에 주 소비자로 부상할 20대의 태양에너지 활용 의복에 대한 설문 조사와 선호되는 디자인 조사를 수행하여 향후 구체적인 태양에너지 활용 의복개발을 위한 기본연구를 수행하고자 하였다.

이에 본 연구의 결과는 다음과 같다.

솔라 셀을 이용한 가방 및 소품은 국외에서 빠르게 제작 판매 되고 있으며, 의복 또한 고가의 기능성 의류로 판매되고 있었다. 국외에서는 솔라 의복 개발에 있어 태양에너지 활용이라는 측면과 기능성 의류제작이라는 측면에서 산학연소시업을 이뤄 기능성과 실용성 위주의 연구를 진행하고 있었다. 이에 국내에서는 IT산업의 기본 인프라와 그 발전 속도가 빠른 이점을 이용하여 보다 적극적이고 활발한 태양에너지 활용 의류개발이 요구되며, 이러한 연구는 학제간 벽을 허무는 융합연구로 진행하여야 할 것이다.

솔라 의복 개발을 위한 문제해결 과제를 제시하면 다음과 같다. 먼저 의복의 기본 성능인 착용쾌적감, 동작기능성을 고려한 의복설계이다. 최근 의류설계에서 착용쾌적감 증진을 위해 직물의 투습, 발수, 보온 기능이 매우 중요시 되고 있는데, 솔라 셀 등은 투습이 불가능한 막으로 구성되어 있어 솔라 셀의 면적과 부착 위치에 따라 의복의 착용쾌적감을 저해하는 요인으로 작용할 수 있다. 이에 솔라 셀의 부착 위치를 동작과 인체 발한 및 의복 기후 변화 등 인간공학적으로 고려하여야 할 것이다. 다음으로 의복에 착탈하는 솔라 셀의 제반 성질에 대한 기초 조사와 태양에너지를 최대 효율로 집적하기 위한 구체적 방법이 연구되어야 한다. 즉, 솔라 셀로 구성된 의복에 대한 에너지의 효율, 의복 관리, 에너지 생성의 안정성 문제 등의 연구가 요구된다. 마지막으로 의복과 솔라 셀, 솔라 셀과 충전기기와의 연결을 위한 연구로, 솔라 셀과 직물과의 연결 및 솔라 셀과 충전기기를 연결하는 전선의 배치, 전선의 소재(전선 형태, 전도성 실 형태), 세탁관리를 위한 착탈방법 등이 고려되어야 할 것이다.

태양에너지 활용 의복에 대한 20대의 인식조사와 함께 태양 에너지 활용을 위한 의복 디자인 평가를 수행한 결과는 다음과 같다. 태양에너지 활용 의복이 개발된다면 20대는 사용하겠다는 의견이 우세하였으며 기능과 디자인이 모두 중요하고, 의복 내에 가급적 전선이 사용되지 않아야 한다고 조사되었다. 또한 복종별로는 특수복과 작업복, 스포츠복이 가장 일반적으로 사용 가능할 것이라 하였으며, 의복 스타일별로는 청 재킷과 점퍼, 캐주얼 재킷이 주요하게 사용될 것이라 하였다. 그러므로 향후 태양에너지를 활용한 의복을 개발할 때 유의사항은 다음과 같다. 솔라 셀에 의한 에너지 집적 시 가능한 전선을 사용하지 않는 방법이 모색되어야 하며, 의복 스타일로는 캐주얼 스타일 의복에 접목한 의복개발이 요구된다 하겠다.

참고문헌

- 강만구, 김종대. (2006). 플렉시블 염료감응 태양전지 기술. *전기전자재료*, 19(7), 39-44.
- 임소영, 허은영. (2005). 일반국민의 신·재생에너지에 대한 인식 조사. 한국신·재생에너지학회 춘계학술대회논문집, pp. 569-572.
- 이수홍. (2006). 실리콘 태양전지. *Polymer Science and Technology*, 17(4), 400-406.
- 송준형, 김주용. (2008). 반도체형 고분자를 이용한 태양전지섬유. *한국염색가공학회지*, 20(1), 44-47.
- 이지연, 조아라, 정예리, 김은애. (2009). 실리콘 태양전지를 활용한 공기순환 의복의 태양광 입사각에 따른 효율성 및 쾌적성 평가. *한국의류학회지*, 33(11), 1806-1816.
- Coyle, S., We, Y., Lau, K. T., Rossi, D. D., Wallace, G., & Diamond, D. (2007). Smart nanotextiles: A review of materials and applications. *MRS BULLETIN*, 32(2), 434-442.
- Frederik C, K., Matteo, F., Bjorn, W.J., Holger, S., & Jan, A. (2006). Strategies for incorporation of polymer photovoltaics into garments and textiles. *Solar Energy Materials & Solar Cells* 90, 1058-1067.
- Hortor, H., Linti, C., Göppinger, B., Loy, S., & Planck, H. (2007. 6). Garment with sensors, electronics and mobile energy supply. Paper presented at the 4th International Avantex -Symposium. Frankfurt. Germany.
- Hynek, J. S., Campbell, J. R., & Bryden, K. M. (2008). Application of digital textile printing technology to integrate photovoltaic thin film cells into wearables. *Web Journal of textile and apparel, technology and management*, 4(3), Retrieved October 18, 2010, from http://www.tx.ncsu.edu/jtatm/volume4issue3/digital_printing.htm
- Kaasjager, A. (2007. 6). Conductive textile materials for ConText-new technologies to print conductive structures on textiles. Paper presented at the 4th International Avantex -Symposium. Frankfurt. Germany.
- Schubert, B. M., & Werner, H. J. (2006). Flexible solar cells for clothing. *Materials today*, 9(6), 42-50.
- Strecker, M. (2007. 6). Wearable Electronics: Visions and ideas become touchable reality. Paper presented at the 4th International Avantex -Symposium. Frankfurt. Germany.

(2011년 1월 20일 접수/ 2011년 3월 7일 1차 수정/2011년 3월 7일 게재확정)