

# 시판 야간 안전복의 기능성 및 가시성 평가

## Evaluation of the Functionality and Visibility of Commercial High-Visibility Clothing for Nighttime Usage

이현영\*

군산대학교 의류학과

Lee, Hyun-Young\*

Dept. of Clothing and Textiles, Kunsan National University

### Abstract

To assist the further development of high-visibility clothing this study compared the visibility and subjective wear sensation of commercial protective vests with retro-reflecting materials or LEDs. Nine subjects compared high-visibility vests to evaluate how easy they were to see when exposed to the headlight of a car at night, and the subjects assessed the wear sensation of the vests also. The intensity and visibility of five different colored LEDs assembled on the five substrates separately were also evaluated to select the suitable LED color for night protective clothing. The intensity of illumination was measured by an illuminometer, and the visibility was evaluated by 11 participants both in a dark room and in front of a car outdoors at night. Results showed, the most effective LEDs were high intensity LEDs which shift blinking red and white were most effective. However, excessively high intensity of illumination could decrease the working efficiency. In subjective wear evaluation, the most favorable vest had a front opening, were adjustable at the sides, and had an electric power switch on the front of the vest.

**Keywords:** high-visibility clothing for nighttime usage, LED visibility, retro-reflecting material, intensity of LED illumination, blinking of LEDs

### I. 서론

야간용 안전조끼는 환경미화원, 건축 및 도로공사 작업자, 교통경찰, 주차안내요원 등 매우 다양한 직종에서 사용되고 있으며 야간 레포츠용으로도 적용되고 있다. 일반적으로 낮에 눈에 잘 띠도록 주황색이나 형광연두색, 또는 밝은 회색이나 흰색 등의 원단을 주로 사용하고 있으며, 어두운 밤에도 안전을 위해 재귀반사 소재를 적용하여 안전성을 높이고 있다. 그러나 환경미화원들이 재귀 반사소재가 적용된 야광 안전조끼를 착용하였음에도 불구하고 이들의 교통사고 소식은 종종 들려오고 있다(“안전장비 없는 ‘환경미화원’, 아파도 참고 일해”, 2009; “환

경미화원들 “새벽청소 겁나요””, 2008; “환경미화원, “또 교통사고”, 2005.” “미화원 야광띠 잘안보여 사고막을 안전장비 필요”, 1995). 따라서 이러한 야광 안전조끼의 성능만으로는 안전성을 보장할 수 없으며 보다 눈에 잘 띄는 안전복의 적용이 요구된다.

최근 야간작업이나 레포츠용으로 LED를 적용하여 가시성을 높이거나 엔터테인먼트 요소로 활용한 의류들의 개발 예를 쉽게 찾아볼 수 있다. 그러나 아직 시판 제품에 대한 객관적 사용평가나 비교가 이루어진 연구는 찾아보기 어려워, 어떠한 특성의 제품이 보다 기능적인지, 그리고 개선되어 할 부분들은 어떠한 점들이 있는지를 알기 위한 필요가 있다. 특히, 야간 안전복의 경우 안전을 위해서

\* Corresponding author: Lee, Hyun-Young  
Tel: 063-469-4662, Fax: 063-469-4661  
E-mail: hyl@kunsan.ac.kr

는 가시성이 우수해야 하나 어떠한 특성의 의복이 보다 가시성이 높은지, 그리고 어떠한 색상의 LED를 적용했을 경우 눈에 잘 띄는지 등에 대한 연구는 이루어진 바가 없다.

따라서 본 연구에서는 재귀반사소재 및 LED가 적용된 야간용 시판 안전조끼 6종을 대상으로 가시성 평가를 실시함으로써 어떠한 특성의 의복이 야간에 눈에 잘 띄는지를 밝혀내고, 착용이나 작업에 있어 개선되어야 하는 사항으로는 무엇이 있는지를 밝혀내고자 한다. 이를 통해 추후 개발될 야간용 안전복 설계에 도움을 주고자 한다. 또한 야간 안전복에 LED를 적용할 경우, 어떠한 색상의 LED가 적합한지를 알아보기 위해 조도 및 가시성 평가를 실시함으로써 야간용 LED 안전조끼 개발을 위한 기초 자료를 마련하고자 한다.

## II. 이론적 배경

LED(light emitting diode, 발광 다이오드)는 화합물 반도체의 특성을 이용하여 전기적인 신호를 적외선 또는 빛으로 변화하여 신호를 보내고 받는데 사용되는 반도체 소자로, 재료종류와 구성 물질에 따라 다른 파장의 빛을 조절할 수 있어 응용 범위로 매우 다양하다(김민식, 2003). LED를 의복에 적용한 예도 [그림 1]과 같이 어렵지 않게 찾아볼 수 있는데 Buechley(2010a, 2010b, 2008)는 LED를 이용하여 무너를 만들거나 방향 지시 화살표 등을 나타낼 수 있는 'Electric Tank Tops'와 '방향등 재킷(Turn Signal Biking Jacket)'을 개발하였다. 그리고 유연한 LED 보드를 이용하여 문구를 전달할 수 있도록 한 NYX clothing의 'NYX illuminated clothing'이나 Computer Gear의 'Scrolling LED T-shirt', Hexagram Institute에서

개발된 'Message in a Jacket'도 있다. 또한 Philips Lumalive의 발광 직물은 소리의 비트를 비주얼한 이미지로 그래픽이 가능하다. 이는 직물이나 의복을 마치 살아있는 것처럼 보이게 할 수 있어 의복뿐 아니라 다양한 섬유 제품으로의 응용이 가능하다("LED라이트의 변신은 무죄+카멜레온", 2007).

그리고 LED외에도 의류용 형광발광물질(EL: Electro-luminescence)을 사용한 발광 의류들도 선보이고 있는데 소리에 따라 불빛이 움직이는 이퀄라이저 티셔츠가 대표적이다("나, IT 입었다.", 2007). 국내에서는 EL을 옷속에 집어넣은 야간 안전복도 출시되었는데 물세탁과 구부러짐이 가능하며 1Km 앞에서도 인식이 가능하다고 한다("한성엘컴텍, 야간 사고 줄이는 '스마트 의류' 출시", 2007).

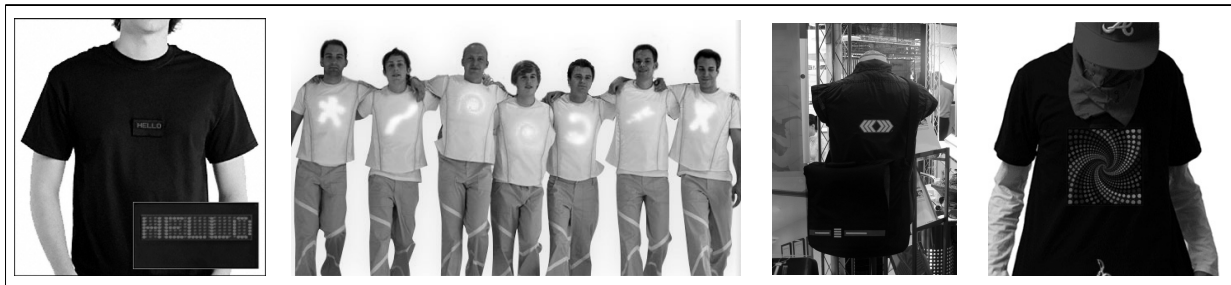
LED 안전복에 대한 연구로 LED를 적용한 안전조끼의 프로토타입이 개발된 바 있는데, 이 연구에서는 안전조끼의 사례를 분석하여 디자인 개발 방향을 도출한 후 심미성과 다기능성 및 다목적성을 충족시킬 수 있는 안전복의 프로토타입을 제시하고 있다(김미현, 2010).

LED 안전복은 아직까지 수요가 많은 편은 아니었지만 경찰이나 주차단속원의 안전복, 야간 레포츠용 안전복 등 앞으로 그 수요가 확대될 것으로 예상된다("경찰 'LED 조끼'로 음주단속 직원 보호", 2010). 그러나 아직 이러한 발광의류들에 대한 설계방법이나 시판제품들의 문제점 개선방법에 대한 연구는 거의 찾아보기 어려운 형편이다.

## III. 연구방법

### 1. 안전조끼의 기능성 평가 방법

시판 야간용 안전조끼들의 가시성 및 착용감 평가를



[그림 1] 다양한 발광 의류 사례. 왼쪽부터 Scrolling LED T-shirt, Philips Lumalive의 발광직물을 이용한 티셔츠, 한성엘컴텍의 안전복, 이퀄라이저 티셔츠.

위해 사용된 실험의복의 특성 및 실험방법은 다음과 같다.

1) 실험의복 특성

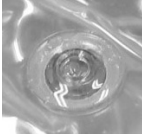
실험에 사용된 시판 야간용 안전조끼는 <표 1>과 같이 모두 6종으로, 작업용 안전조끼 4종과 자전거 등을 탈 때 착용하는 야간 안전용 라이딩웨어(riding-wear) 2종이 포함되었다. 작업용 안전조끼는 일반적으로 많이 사용되는 연두색과 주황색으로 한정하여 선택하였으며, 특히 LED 적용 제품은 LED의 종류 및 색상, 부착방법, 그리고 조끼의 형태 등 특성들이 다양하게 반영되도록 고려하여 선정하였다. 2010년 12월 실험 당시 라이딩웨어는 시판되고 있는 제품이 거의 없어 LED가 적용되지 않은 것

과 적용된 것을 구매하였다. 채귀반사 소재는 모든 실험의복에 적용되어 있었으며, LED는 실험의복 B, C, D, F에만 적용되어 있었다.

2) 안전조끼의 가시도 평가실험

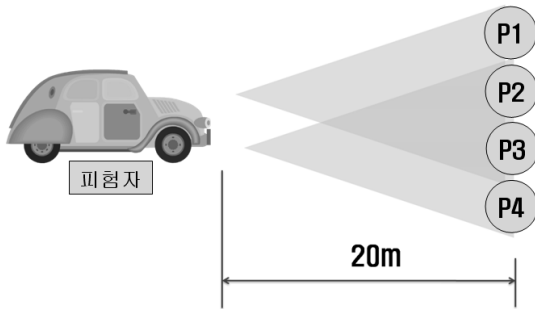
어떠한 특성의 야간용 안전조끼가 눈에 잘 띄는지를 알아보기 위한 가시도 평가를 실시하였다. 실험은 [그림 2]와 같이 야간에 가로등이나 주변 불빛이 최소화된 실외에서 실시하였으며, 승용차의 전조등을 켜고 전조등으로부터 20m 떨어진 곳에 실험의복들을 P1~P4까지 위치시킨 후 평가를 실시하였다. 일반적으로 승용차의 하향 전조등 가시거리는 약 40m로 알려져 있으나(배전미, 1999), 본 실험에서 승용차 전조등의 불빛이 실험의복의

<표 1> 실험에 사용된 안전조끼들의 특성

실험의복	작업용 안전조끼				라이딩웨어	
	A	B	C	D	E	F
실물						
LED 켜 모습	-				-	
채귀반사 색상	은색	흰색	흰색	흰색	연두색	흰색
LED 색상	×	적색	적색+청색	적색	×	적색
LED 점멸	-	점멸	점멸 (색상교대)	점멸	-	비점멸
LED 전구 형태 및 배치 특성	-				-	약간 유연한 막대(bar) 타입의 LED
컨트롤러	-				-	
전원 스위치	-	컨트롤러와 앞판 겹(2곳)	컨트롤러와 앞판 겹(2곳)	컨트롤러 (1곳)	-	의복 어깨 부분 (1곳)
어미프 장치 유무	앞어미프-벨크로	앞어미프-벨크로	앞어미프-벨크로	측면-벨크로 (사이즈 조절 겸용)	폴오버 스타일	폴오버 스타일
사이즈 조절	×	측면-벨크로	측면-벨크로	측면-벨크로	측면-고무줄	측면-고무줄

재귀반사 소재에 비쳤을 때 충분한 반사효과를 낼 수 있는 거리는 이보다 짧았고, 의복별 상대비교였기 때문에 승용차 전조등에서 실험의복까지의 거리는 20m로 설정하였다.

피험자로는 남녀 대학생 9명이 참여했으며, 이들은 승용차 옆에 서서 4벌씩 제시된 의복들 중 몇 번째 위치의 의복이 가장 눈에 잘 띄는지와 그 이유가 무엇인지를 고르도록 하였다. 이유로 제시한 항목은 ‘조끼의 색’, ‘조끼와 재귀반사 소재 색의 대비’, ‘재귀반사 소재의 밝기 및 면적’, ‘LED의 밝기’, ‘LED의 색상’, ‘LED 점멸’의 6개였다. 실험의복들은 위치와 순서효과가 배제될 수 있도록 <표 2> 와 <표 3>에 제시한 것과 같이 총 15회의 실험을 통해 의복별로 10회씩 평가되도록 하였다. 이때 자동차 전조등의 밝기는 좌우 두 전조등의 불빛이 겹쳐지는 내측(P2, P3)과 그렇지 않은 외측(P1, P4)의 밝기가 서로 다를 것으로 예측되어, 의복별로 내측과 외측에 놓이는 회수가 같아지도록 실험을 설계하였다. 실험결과는 SPSS 12.0을 활용하여 빈도분석 및 교차분석으로 분석하였다.



[그림 2] 실험의복의 가시도 평가 실험

<표 2> 실험회수별 실험의복의 위치 및 평가 순서

실험 회수	위치별 실험의복 배열			
	P1 외측-왼쪽	P2 내측-왼쪽	P3 내측-오른쪽	P4 외측-오른쪽
1	A	D	B	C
2	B	C	E	A
3	C	F	A	B
4	E	A	B	D
5	A	B	D	F
6	B	F	A	E
7	C	D	A	E
8	F	A	C	D
9	A	C	E	F
10	D	E	F	A
11	D	E	B	C
12	F	B	D	C
13	B	C	E	F
14	D	E	F	B
15	E	F	C	D

<표 3> 위치별 실험 의복들이 놓이는 횟수

실험의복	출현빈도(회)				합계 (회)
	P1	P2	P3	P4	
A	3	2	3	2	10
B	3	2	3	2	10
C	2	3	2	3	10
D	3	2	2	3	10
E	2	3	3	2	10
F	2	3	2	3	10

### 3) 안전조끼의 착용평가

9명의 피험자에게 라틴스퀘어법에 따라 실험을 설계하고 정해진 순서에 따라 실험의복을 착용하도록 하였다. 자동차 전조등에서 20m 떨어진 앞에서 빗자루로 쓰는 작업을 5분간 실시한 후 착용감을 평가하도록 하였다. 평가 문항은 5점 리커트 척도로 ‘의복 착탈이 편리함’, ‘활동에 편리함’, ‘조끼가 무거움’, ‘착용시 이물감이 없음’, ‘사이즈가 적합함’, ‘착용감이 편안함’, ‘스위치 조작이 편리함’, ‘감박임 때문에 작업에 방해됨’, ‘눈이 부서 작업에 방해됨’의 9항목과 ‘기타 불편사항 및 개선요구 사항’에 대한 자유 서술형 문항 1개로 구성하였다. 통계분석에는 SPSS 12.0을 이용한 일원분산분석과 던컨테스트가 실시되었다.

## 2. LED 색상에 따른 가시성 비교

어떤 색상의 LED가 눈에 가장 잘 띄는지를 알아보기 위해 LED 색상별 조도 및 가시성을 다음과 같이 평가하였다.

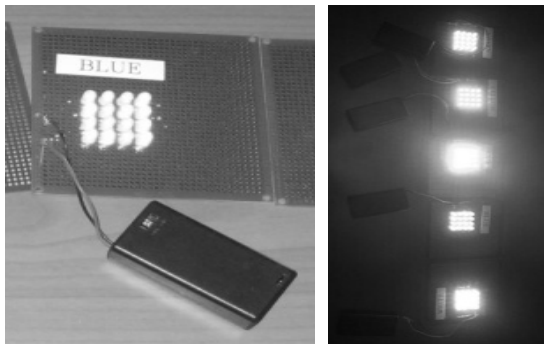
### 1) LED 색상별 조도 측정

LED의 색상별 조도를 비교하고자 동일한 종류의 LED들 (NBL-R5, Ningbo Bright Co.)을 색상별로 [그림 3]과 같이 16개를 4×4의 배열로 기판에 조립하였다. 비교 색상은 모두 5가지로 적색, 황색, 녹색, 청색, 백색이었다. LED의 실제 조도를 비교해 보기위해 디지털 조도계(TES-1330A, TES Electrical Electronic Co.)를 이용하여 색상별 조도를 측정하였다. 이때 조도 측정시 기판의 금속이나 플라스틱 재질에 의한 빛의 반사를 최소화하기 위해 기판에서 LED가 부착된 부분을 제외한 나머지 부분을 검은 종이로 모두 덮었다. 그리고 LED 이외에 주변으로부터의 빛을 모두 차단하기 위해 [그림 4]와 같이

위·아래가 뚫린 검정색 원통을 이용하여 LED 부분을 덮고 윗부분은 조도계로 막은 후 측정을 실시하였다. 또한 LED를 켜 후 한동안 조도가 일정하게 유지되지 않는 현상이 있어 LED 전원을 켜 후 조도가 비교적 안정되는 10분후부터 10분 간격으로 조도를 측정하였다. 조도는 색상별로 3회씩 측정한 후 평균값을 비교하였다.

2) LED 색상별 가시성 비교

주관적 가시성에 대한 비교 평가실험에는 남녀 대학생 11명이 실험에 참여하였다. 5개 색상의 LED를 모두 커자마자 순간적으로 눈에 가장 빨리 들어오는 색상이 무엇인지를 매우 빠른 시간 내에 고르도록 하였다. 실험은 시판조끼의 주관적 착용실험에서와 같이 어두운 야간에 실시하였으며, 불을 끈 어두운 실내와 자동차 전조등이 비치는 실외에서 모두 실시하였다. 결과분석에는 빈도분석이 이용되었다.



[그림 3] LED 색상별 가시성 비교를 위해 조립된 LED 기판모습(왼쪽)과 LED를 켜 모습(오른쪽)



[그림 4] 외부 빛을 차단하고 조도계를 이용하여 LED의 조도를 측정하는 모습

IV. 연구결과 및 토의

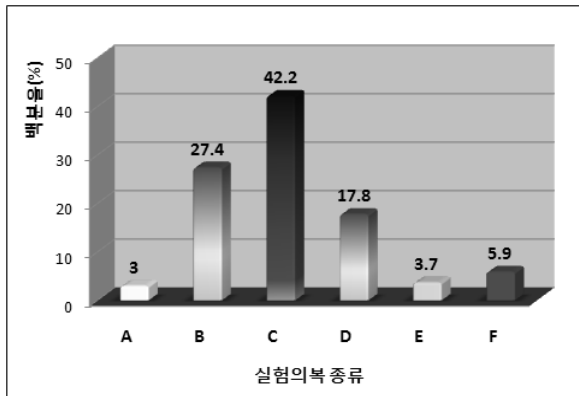
1. 안전조끼의 기능성 평가 결과

안전조끼들의 가시성 평가결과는 [그림 5]와 같았다. 적색과 청색 LED가 교대로 깜박였던 실험의복 C(42.2%)가 가장 눈에 잘 띄는 것으로 평가되었고, 적색 LED만 깜박였던 B(27.4%)와 D(17.8%)가 그 뒤를 이었다. 그리고 LED 점멸기능이 없었던 F(5.9%)가 그 다음 이었고, LED가 없이 재귀반사테이프만 적용되어있는 E와 A는 가시성이 가장 떨어지는 것으로 나타났다. 따라서 LED와 재귀반사 소재가 함께 적용된 안전조끼가 재귀반사 소재만 적용된 것보다 훨씬 눈에 잘 뵈음을 알 수 있었다.

안전조끼별로 눈에 가장 잘 띄었던 이유들을 교차 분석한 결과는 <표 4>와 같았다. 먼저 의복종류와 관계없이 ‘가장 눈에 잘 띄었던 이유’에 대한 빈도들을 살펴보면, ‘LED의 깜박임’이 45회, ‘LED의 색상’이 42회, 그리고 ‘LED의 조도’가 31회로 다른 이유들에 비해 현저히 높은 빈도를 보였다. 실험의복 C, B, D가 가시성이 상대적으로 우수했던 이유를 살펴보면, 실험의복 B는 ‘LED의 조도’가 높기 때문이라는 응답의 빈도가 16회로 가장 높았고, 실험의복 C에 대해서는 ‘LED 색상’(31회)과 ‘LED의 깜박임’(17회) 때문이라는 응답이 가장 많았다. 특히 의복 B, C, D는 모두 적색의 LED가 켜지고 점멸기능이 있다는 점은 동일하나 유독 의복 C의 가시성이 월등히 높았던 이유는 적색 LED와 함께 청색 LED가 교대로 깜박였기 때문으로 파악된다. 즉, 두 가지 다른 색상의 LED가 교대로 깜박이는 것이 가시성을 높이는데 도움이 되었음을 알 수 있었다. 또한 두 색상의 LED가 교대로 켜지면 LED가 꺼져있는 시간이 거의 없을 것이므로 높은 가시성을 지속적으로 유지하는데도 도움이 되었을 것으로 예상된다.

그러나 일반적으로 청색 자체는 가시성이 높은 색으로 알려져 있지 않았음에도 불구하고 이번 실험에서 가시성을 높이는데 큰 기여를 한 이유는, 다른 실험의복들의 경우 모두 적색 LED만 켜졌기 때문에 청색 LED 색상이 상대적으로 두드러져 보였을 것으로 파악된다. 따라서 실제 도로환경에서도 청색이 눈에 잘 들어오는지 대해서는 별도의 검증이 필요할 것으로 사료된다. 이를 통해 이후 눈에 잘 띄는 색상의 LED를 찾아 두 색상의 LED가 교대로 깜박이도록 안전조끼를 설계한다면 가시성이 아

주 우수한 안전조끼 개발이 가능할 것이다.



[그림 5] 의복별 가시성 평가

[표 4] 안전조끼들이 가장 눈에 잘 띈다고 선택한 이유와 실험의복별 선택 빈도에 대한 교차분석 결과

선택한 안전조끼가 가장 눈에 잘 띄었다고 응답한 이유	가장 눈에 띈다고 선택한 빈도(회)						합계(회)
	A	B	C	D	E	F	
안전조끼 색상과 재귀반사 테이프 색의 대비	1	2	1	1	0	1	6
재귀반사 소재의 조도	0	1	2	0	3	1	7
재귀반사 및 LED의 적용 면적	1	1	0	0	1	0	3
LED의 조도	0	16	6	6	0	3	31
LED의 색상	1	6	31	2	1	1	42
LED의 깜박임	1	11	17	14	0	2	45
합 계(회)	4	37	57	23	5	8	134

## 2. 안전조끼의 착용평가 결과

안전조끼의 착용실험 결과 <표 5>와 같이 일원분산분석에서 ‘의복 착탈의 편리함’, ‘활동에 편리함’, ‘조끼가 무거움’, ‘스위치 조작이 편리함’, ‘깜박임 때문에 작업에 방해됨’, ‘눈이 부서 작업에 방해됨’의 6개 항목이 95% 신뢰수준에서 의복별 차이가 유의한 것으로 나타났다. ‘의복 착탈의 편리함’에 대한 평가에서는 앞여밈에 벨크로 잠금 장치가 있는 의복 A, B, C가 착탈이 가장 쉽다고 평가받았다. 반면 앞여밈이 아닌 측면에 벨크로 여밈이 있는 D에 대해서는 만족도가 상대적으로 낮게 나타났다. 별도의 여밈 없이 측면이 고무줄로 처리된 의복 E와 F는 입고 벗기가 가장 불편한 것으로 평가되었다. 그러나 이 두 의복은 활동성은 좋은 것으로 평가되었다. LED나 별도의 장치가 없어 가벼웠던 의복 A도 활동성에서는 좋은

점수를 받았다. 조끼의 무게는 LED용 배터리가 들어간 의복 B, C, D가 다른 의복들보다 무거운 것으로 평가되었으며 이것은 활동성을 저하시키는 원인 중 하나였을 것으로 예상된다. 실제로 의복 B, C, D에 사용된 배터리는 7cm×3cm×1.5cm 정도의 크기로 AA사이즈 건전지 2개가 삽입된 것이어서 다소 무게감이 있었다. 안전조끼는 주로 작업이나 레저용으로 사용되는 만큼 활동성이 매우 중요하므로 안전하고, 장시간 동안 사용이 가능하며, 작고, 가벼운 배터리 적용이 매우 중요할 것으로 사료된다.

착용 시에 전선이나 컨트롤러 등의 장치들 때문에 느릴 수도 있는 이물감은 의복간 차이도 없었고 크게 문제되는 의복은 없는 것으로 나타났다. 사이즈도 대부분 측면에서 벨크로를 이용한 조절이 가능하거나 고무줄로 처리되어 있어 큰 불편함은 없는 것으로 나타났다. 다만 그러한 장치가 전혀 없는 의복 A만 보통 이하의 점수를 받았다. 착용감도 대부분의 의복이 보통 이상의 평가를 받았으며 의복 간 유의미한 차이는 없는 것으로 나타났다.

스위치 조작의 편리성에 대한 질문에서는, 조끼 안에 삽입되어 있는 컨트롤러에만 전원 스위치가 있는 의복 D 보다는 앞판의 곁에 스위치가 하나 더 드러나 있는 B와 C가 더 편리한 것으로 평가되었다. 그리고 어깨부분에 전원스위치가 있는 라이딩웨어 F가 가장 불편한 것으로 평가되었는데, 실험 중 피험자들이 어깨 부분에 내장되어 있는 스위치가 곁에 표시된 스위치 위치와 위치가 어긋나 있거나 눌렀을 때 잘 켜지지 않아 불만이 있었다.

LED의 깜박임이나 눈부심이나 작업 효율을 저하시키는 지를 알아보기 위한 항목에서는 LED가 곁으로 드러나 있는 의복 D가 깜박임 때문에 작업에 방해되는 정도가 가장 큰 것으로 평가되었으며, 눈부심도 의복 B, C와 함께 가장 심한 것으로 나타났으며, 통계적으로도 다른 의복들과는 뚜렷한 차이를 보였다. 본 실험에서는 작업 수준이 정교함을 요하는 작업은 아니었고 작업시간도 길지 않아 깜박임이나 눈부심으로 인한 작업 방해 수준이 보통 남짓의 평가를 받아 그리 큰 문제가 되지 않는 것으로 볼 수도 있지만, 만약 도로에서의 공사 등과 같이 보다 정교한 작업을 요하고 장시간의 작업이 이어지는 상황이라면 불빛의 깜박임이나 눈부심은 스트레스 요인으로 작용하거나 작업 효율성을 떨어뜨릴 수도 있을 것으로 사료된다. 김미현(2010)의 연구에서도 LED 안전조끼의 경우 램프가 일률적으로 깜박거리는 점멸 기능만 있어 주목성과 안전성의 문제점 해결이 필요하며, 야간이나 어두운 장소에서 빛의 반사가 심해 사용자의 눈부심에 따른 눈의 피

〈표 5〉 안전조끼 착용실험 결과

평가항목	실험의복						유의확률* ( $\alpha=.05$ )
	A	B	C	D	E	F	
의복 착탈이 편리함	4.2 <sup>a</sup>	4.0 <sup>a</sup>	4.1 <sup>a</sup>	3.2 <sup>b</sup>	2.6 <sup>b</sup>	2.2 <sup>b</sup>	.001
활동에 편리함	4.3 <sup>a</sup>	3.4 <sup>ab</sup>	3.7 <sup>b</sup>	3.7 <sup>b</sup>	4.8 <sup>a</sup>	4.1 <sup>ab</sup>	.021
조끼가 무거움	1.4 <sup>b</sup>	3.0 <sup>a</sup>	2.8 <sup>a</sup>	2.6 <sup>a</sup>	1.7 <sup>b</sup>	2.2 <sup>ab</sup>	.000
착용시 이물감이 없음	3.7	3.8	3.9	3.7	3.8	3.4	.932
사이즈가 적합함	2.7	3.8	3.6	3.7	3.6	3.3	.327
착용감이 편안함	3.6	3.8	3.9	3.8	4.0	3.2	.635
스위치 조작이 편리함**	-	3.9 <sup>a</sup>	4.0 <sup>a</sup>	3.0 <sup>ab</sup>	-	2.6 <sup>b</sup>	.024
깜박임 때문에 작업에 방해됨	1.8 <sup>c</sup>	2.9 <sup>ab</sup>	2.9 <sup>ab</sup>	3.4 <sup>a</sup>	2.1 <sup>c</sup>	2.7 <sup>abc</sup>	.021
눈이 부서 작업에 방해됨	1.8 <sup>c</sup>	3.0 <sup>a</sup>	2.9 <sup>ab</sup>	3.2 <sup>a</sup>	1.6 <sup>c</sup>	2.1 <sup>bc</sup>	.000

abc : 던킨 테스트 결과( $\alpha=.05$ )

\* : 일원분산분석에서의 유의확률( $\alpha=.05$ )

\*\* : 의복 A와 E는 스위치가 없는 관계로 분석에서 제외함.

로도를 높여 작업 효율을 감소시키고 안전사고의 위험을 높일 수 있음을 지적하고 있다. 따라서 가시성이 우수하면서도 작업에 방해되지 않도록 안전조끼를 설계하기 위해서는 작업에 직접적으로 영향을 줄 수 있는 조끼 앞면의 LED는 깜박이지 않도록 설계하고, 조도가 너무 높지 않은 LED를 적용하거나 의복 B와 같이 빛 투과성이 다소 낮은 재귀반사 소재 등을 활용하여 덮어줌으로써 눈부심이 심하지 않도록 설계하는 것이 바람직할 것으로 판단된다. 그리고 뒷면은 안전성을 위해 조도가 높은 두 색상의 LED가 교대로 깜박이도록 설계함으로써 가시성을 높이는 것이 좋을 것으로 예상된다.

의복별 기타 불편사항에 대한 자유기술 문항에서는 <표 6>과 같이 의복 A, E, F의 경우 ‘눈에 잘 띄지 않는다’는 응답이 각각 1회씩 있었고, 의복 D, E, F에 대해서는 ‘착탈이 어렵다’는 응답이 있었다. 그리고 의복 B와 C

의 ‘배터리가 무겁다’는 의견이 있었으며 B의 경우 배터리가 한쪽으로 쏠리는 현상이 있었고, 의복 C는 배터리가 들어있는 컨트롤러 삽입을 위한 포켓이 없어 몸을 굽힐 때마다 컨트롤러가 밖으로 빠져나오는 문제가 있어 이에 대한 지적이 있었다. 그리고 의복 C와 D의 경우 LED의 깜박임으로 인해 불편하다는 의견이 있었으며, 의복 C에 대해서는 눈이 부시다는 불평도 있었다. 그 밖에 조끼에 사이즈 조절장치가 없었던 의복 A의 사이즈 문제와 조끼 측면이 고무줄인 경우 불편하다는 응답이 있었다.

이상의 결과를 종합해 보면 가시성이 우수한 안전조끼를 설계하기 위해서는 조도가 높은 두 가지 다른 색상의 LED가 서로 교대로 깜박이도록 설계하는 것이 가장 바람직함을 알 수 있었다. 그리고 안전조끼는 앞여밈에 벨크로 여밈이 있고 측면에 사이즈 조절장치가 있는 의

〈표 6〉 의복별 기타 불편사항에 대한 응답 결과

실험 의복	불편사항				
	눈에 잘 안 됨	착탈 어려움	배터리가 무거움	깜박임 때문에 불편	기타
A	1*				사이즈 커 불편(3*)
B			1		배터리가 한쪽으로 쏠림(1)
C			2	2	너무 눈부심(1)
D		3		1	컨트롤러 삽입 포켓 허술(1)
E	1	3			
F	1	1			고무줄이 불편함(1)

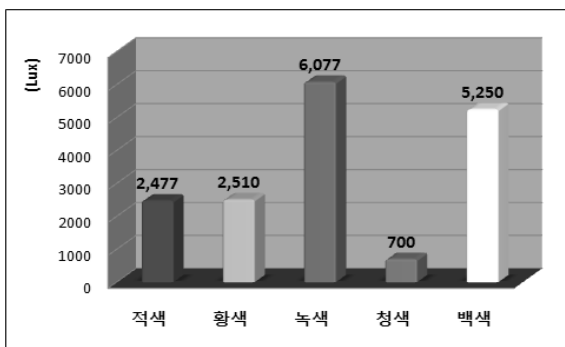
\* : 표 안의 숫자(괄호 안의 숫자 포함)는 응답 빈도임.

복이 착용에 편리하여 선호됨을 알 수 있었다.

### 3. LED 색상별 조도 및 가시도 평가 결과

#### 1) LED 색상별 조도 측정 결과

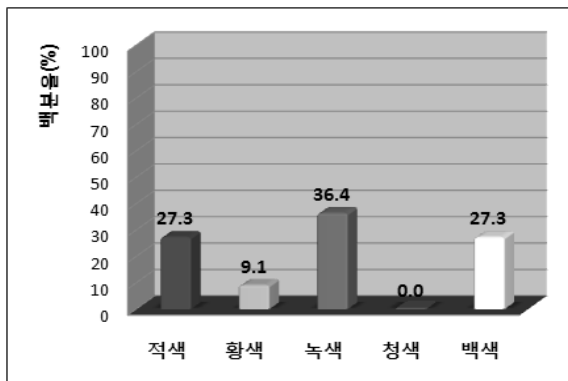
조도계를 이용한 조도 측정결과 [그림 6]과 같이 색상별 빛의 평균 밝기는 녹색(6077Lux)과 백색(5250Lux)이 두드러지게 밝은 것으로 나타났으며, 그 다음은 황색(2510Lux)과 적색(2477Lux)으로 중간 수준이었다. 청색(700Lux)은 조도가 가장 낮은 것으로 나타났다.



[그림 6] LED 색상별 조도 측정 결과

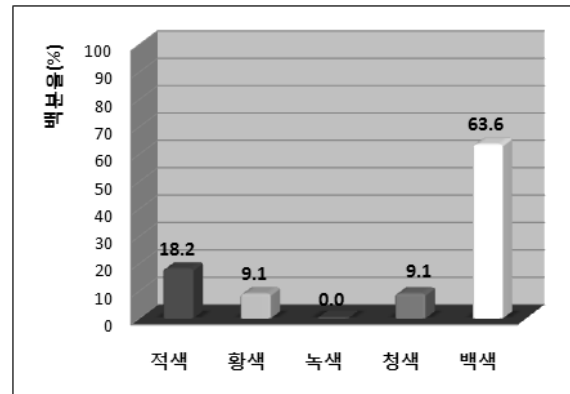
#### 2) LED 색상별 가시성 비교 결과

주관적 가시성 비교 평가에서는 어떠한 색상이 가장 눈에 띄는지를 실내와 실외에서 평가한 결과, 실내에서는 [그림 7]과 같이 36%의 피험자가 녹색이 가장 밝다고 응답하였으며, 그 다음은 백색과 적색이 모두 27%, 그 다음은 황색(9%)으로 나타났다. 녹색이 가장 밝고 청색이 가장 어두운 것으로 평가된 것은 앞에서의 조도 측정결과와 일치하였다.



[그림 7] 실내에서의 주관적 평가 결과

그러나 실외 실험에서는 [그림 8]과 같이 백색이 가장 밝다고 응답한 피험자가 64%였으며, 그 다음은 적색 18%, 황색 9%, 청색 9%, 녹색 0%로 조도 실험이나 실내 실험에서와는 매우 다른 결과가 나타났다. 즉, 실외에서 가시성이 가장 높은 LED는 백색이었고 그 다음은 적색으로 나타났으며, 조도가 높다고 가시성이 높은 것은 아니었다.



[그림 8] 실외에서의 주관적 평가 결과

이상의 결과를 종합해 보면 녹색은 조도도 높고 실내에서의 가시성도 좋았으나 실외에서는 가시성이 현저히 낮게 평가되어 실외에서 주로 착용될 야간 안전복에 적용하기에는 적합하지 않은 것으로 판단된다. 따라서 실외 가시성이 가장 높고 조도도 높은 백색 LED가 야간 안전복에 가장 적합할 것으로 사료된다. 또한 두 색상의 LED가 서로 교대로 깜박이도록 설계하기 위해서는 한 개의 색상이 더 선택되어야 하는데, 백색 다음으로 실외 가시성과 조도가 높은 적색이 좋을 것으로 판단된다. 특히 야간 안전복은 가시성뿐 아니라 보는 사람으로 하여금 긴장감을 줄 수 있어야 하는데, 일반적으로 주목성과 명시도가 높으며 긴장감을 주는 색은 적색으로 알려져 있다(한국계엠케색채연구소, 2010). 따라서 안전복에 두 가지 색상의 LED를 적용할 경우 실외에서 가시성이 높은 백색과 함께 긴장감을 줄 수 있는 적색을 적용하는 것이 바람직한 것으로 사료된다.

## V. 결론

본 연구에서는 가시성이 우수한 야간 안전복 개발을 위해 시판 야간 안전조끼 6종의 가시성과 착용감 평가를



실시하였다. 그리고 5가지 색상(적색, 황색, 녹색, 청색, 백색)의 LED 조도와 주관적 가시성을 평가하였다. 그 결과 다음의 결과를 얻을 수 있었다.

첫째, 안전조끼의 가시성 평가 결과, 재귀반사 소재만 적용된 안전조끼 보다는 LED가 같이 적용된 안전조끼의 가시성이 월등히 우수했다. 그리고 안전조끼에 적용된 LED의 조도가 높고, 다른 두 색상의 LED가 서로 교대로 깜박이도록 설계된 안전조끼의 가시성이 가장 높았다.

둘째, 안전조끼의 착용실험 결과, 앞여밈과 조끼 앞부분에 전원 스위치가 있는 제품이 선호되었으며, 측면에 사이즈 조절 장치도 요구되었다.

셋째, 백색과 적색 LED가 조도와 가시성 측면에서 야간 안전복에 적용하기에 가장 적합한 색상으로 평가되었다. 녹색은 조도와 실내에서의 가시성이 높았지만 실외 가시성이 가장 낮아 안전복에는 적합하지 않았다. 청색은 조도뿐 아니라 가시성도 매우 낮았다.

넷째, LED의 조도가 너무 높거나 앞에서 깜박일 경우 작업에 방해가 될 수 있었다. 따라서 안전복의 뒤판은 안전을 위해 조도가 높은 LED를 적용하고 두 색상의 LED가 서로 교대로 깜박이도록 설계하여 가시성을 높이고, 앞판은 작업효율성을 떨어뜨리지 않도록 조도가 다소 낮은 LED를 적용하거나, 빛 투과성이 약간 낮은 재귀반사 소재 등으로 LED 부분을 덮어줌으로써 눈부심을 방지하고, 점멸기능이 없는 LED를 적용하는 것이 바람직할 것으로 예상된다.

이러한 결과들은 이후 개발될 야간용 안전의복 개발에 좋은 기초 자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다. 그러나 앞으로 LED 의복 개발을 위해서는 아직도 다양한 문제들이 해결되어야 한다. 우선, 작업효율성을 떨어뜨리지 않고 눈에 피로를 주지 않으면서도 가시성을 최대화 할 수 있는 LED의 조도 범위를 찾아내어야 하며, 작업이나 활동특성에 맞게 점멸 기능을 조정할 필요도 있다. 또한 현재 시판되고 있는 제품들 대부분이 알칼리 건전지를 사용하고 있는데 AA 건전지가 2개 정도 들어가는 제품이 대부분이어서 배터리 무게가 활동 및 착용감을 저하시킬 수 있어 보다 가볍고 오래 쓸 수 있으며 충격에도 강한 배터리의 적용이 절실히 요구된다. 또한 실험 중 LED 및 컨트롤러 등의 연결부분의 접촉이 불량해지는 등의 문제가 종종 있어 연결부분의 내구성을 높일 수 있는 제품 제작방법들도 개발되어야 한다.

**주제어** : 가시성이 높은 야간 안전복, LED의 가시성,

재귀반사소재, LED의 조도, LED의 점멸

### 참 고 문 헌

경찰 'LED 조끼'로 음주단속 직원 보호. (2010, 1. 15). **연합뉴스**, 자료검색일 2010, 4. 18, 자료출처 <http://news.naver.com/main/read.nhn?mode=LSD&mid=sec&sid1=102&oid=001&aid=0003074361>

김미현. (2010). LED가 적용된 안전조끼의 프로토타입 개발에 관한 연구. **복식문화연구**, 18(3), 488-498.

김민식. (2003). 고휘도 LED의 응용분야 및 시장 전망. **정보통신정책**, 15(2), 70-72.

나, IT 입었다. (2007). **문화일보**, 자료검색일 2010, 8. 20, 자료출처 <http://www.munhwa.com/news/view.html?no=2007090301032030025002>

미화원 야광띠 잘안보여 사고막을 안전장비 필요. (1995, 2. 7). **동아일보**, p. 20.

배전미. (1999). **119 젊은 엄마의 생활 아이디어**. 서울: 그린비.

색채심리. (2010). **한국케엘케색채연구소**, 자료검색일 2010, 4. 19, 자료출처 [http://www.color21c.co.kr/200810/main/main.asp?part=therapy&therapypart=therapy\\_01](http://www.color21c.co.kr/200810/main/main.asp?part=therapy&therapypart=therapy_01)

안전장비 없는 '환경미화원', 아파도 참고 일해. (2009, 12. 7). **메디컬투데이**, 자료검색일 2010, 4. 16, 자료출처 <http://www.mdtoday.co.kr/mdtoday/index.html?no=108099>

LED라이트의 변신은 무죄+카멜레온. (2007, 12. 4). **LED 전자간판**, 자료검색일 2010, 8. 20, 자료출처 <http://blog.paran.com/blue5191/23608360>

이퀼라이저 el티셔츠. (2010). **eunamall**, 자료검색일 2010, 8. 20, 자료출처 <http://el1.co.kr/>

한성엘컴텍, 야간 사고 줄이는 '스마트 의류' 출시. (2007, 6. 4). **머니투데이 MnB센터**, 자료검색일 2010, 5. 4, 자료출처 [http://mnbview.php?no=2007060410070017440](http://mnb.mt.co.kr/mnbview.php?no=2007060410070017440)

환경미화원, “또” 교통사고. (2005, 11. 19). **산업보건연구회 산재소식**, 자료검색일 2010, 4. 16, 자료출처 <http://sanboyon.jinbo.net/bbs/zboard.php?id=bbs2&no=3742>

환경미화원들 “새벽청소 겁나요”. (1998, 6. 2). **동아일보**, p. 26.

- Buechley, L. (2008). Turn Signal Biking Jacket. *You Tube*. Retrieved August 20, 2010, from <http://www.youtube.com/watch?v=ZtNEPkwCfxA>
- Buechley, L. (2010a). The Electric Tank Top. *CRAFT Magazine, 1*, 54-58.
- Buechley, L. (2010b, October 20 ). Turn Signal Biking Jacket. *Website of Media Lab in MIT*, Retrieved October 20 2010, from <http://web.media.mit.edu/~leah/LilyPad/build.html>
- Ward, M. (2007, August 7). Smart Fabrics Hit the Catwalk. *BBC News*, Retrieved August 20, 2010, from <http://news.bbc.co.uk/2/hi/technology/6934559.stm>

집 수 일 : 2010. 09. 01.  
수정완료일 : 2010. 10. 19.  
게재확정일 : 2010. 11. 26.