

백색 LED 조명의 색온도에 관한 감성평가

(Sensibility Evaluation on the Correlated Color Temperature in White LED Lighting)

지순덕* · 이상혁 · 최경재 · 박정규 · 김창해

(Soon-Duk Jee · Sang-Hyuk Lee · Kyoung-Jae Choi · Jung-Kyu Park · Chang-Hae Kim)

요 약

이 연구의 목적은 백색 LED 조명의 광학적 특성 중에서 색온도 특성에 따른 사람들의 감성 반응을 평가하는 데 있다. 이를 위해 백색 LED 모듈을 시제품으로 만들고, 감성 평가용 모형을 제작하여 색온도에 따른 감성 반응을 평가 분석하였다. 감성 평가에는 15개의 문항에 대하여 5단계 SD법으로 하였으며, 신뢰도 검증과 타당성 검증을 통하여 조명과 관련이 있는 3개의 요인을 선정하였다. 1요인을 활동성 요인으로 명명하였고, 2요인을 안정성 요인으로 명명하였으며, 3요인을 역량성 요인으로 명명하였다. 감성 평가를 분석하기 위해 종속 변수는 감성 평가 점수로 하였으며, 독립 변수는 색온도로 분석하였다.

이 연구에서 얻어진 결과를 정리하면 다음과 같다.

형광등과 비교한 백색 LED 조명에 있어서 색온도에 따른 사람들에게 대한 감성 평가는 활동성 요인과 역량성 요인에서는 색온도가 8,300[K]인 MA₃ 조명을 높게 평가하였으며, 안정감 요인에서는 색온도가 3,800[K]인 MA₁ 조명을 높게 평가하였다.

Abstract

The aim of this study is to investigate the sensitivity evaluation of human beings in reacting to the correlated color temperature of the optical properties of white LED lighting. For the sake of this study, white light-emitting diode modules have been fabricated, their correlated color temperature have been measured, test cabinets for the sensitivity evaluation have been constructed with the white LED modules, and their sensitivity reactions on the test cabinets have been evaluated and analyzed. The sensitivity reaction has been evaluated by the semantic differential method with 15 selected questions, and the reliability and the content validity of their lighting have been analyzed to 3 factors which are the activity as the first factor, the stability as the second one, the potency as the third one, respectively. For the data analysis on the sensitivity reaction, the dependent variable is the score of the sensitivity evaluation and the independent one is the correlated color temperature of the test module.

The results of this study is as follows:

In the case of the sensitive evaluation on the activity and the potency in the white LED lighting compared with the fluorescent lamp, the subjects have made higher mark on MA₃ with 8,300[K], and in the factor of the stability, they have made higher mark on MA₁ with 3,800[K].

Key Words : White Led Lighting, Sensitivity Evaluation, Correlated Color Temperature

* 주저자 : 경북 화동중학교

Tel : 053-533-9768, Fax : 054-533-9768, E-mail : duk1016@chol.com

접수일자 : 2007년 8월 30일, 1차심사 : 2007년 9월 3일, 2차심사 : 2007년 10월 1일, 심사완료 : 2007년 12월 10일

1. 서 론

1.1 연구의 필요성

조명은 명시성과 심리적 안정감으로 나누어 볼 수 있는데, 사람이 직접 물체를 볼 때 명확히 보이고 사람이 물체를 보고 있어도 피로를 될 수 있는 대로 적게 하는 효과를 내야만 명시성이 우수한 조명이라고 할 수 있다. 뿐만 아니라 조명의 심리적 안정감으로 사람의 마음을 움직이게 하는 기본이나 분위기를 그 때의 생활 행동에 알맞도록 하는데 목적이 있으며 이와 같은 조건을 만족했을 때도 우수한 조명이라고 한다. 즉, 조명의 주된 목적은 제시된 재료나 정보를 편안하고 효율적으로 보게 하는 것이며, 인간의 시각 특성에 적합한 조명 환경의 조성은 생산성 향상과 시각적 쾌적성에 영향을 끼친다. 조명이 나빠 조도가 낮으면 눈의 피로를 증가시켜 굴절이상과 피로의 원인이 되고 작업 능률도 저하된다[1].

오늘날 많은 사람들이 안경을 착용한 것은 선천적 원인과 생활환경 및 습관 때문일 수도 있지만, 실내의 획일화된 형광등 조명 환경 및 불균일한 조도에 의한 영향도 매우 크다.

이러한 현실에 비추어 볼 때, 조명의 환경 개선에 관한 연구가 절실히 요구되며, 현재 조명으로 사용하고 있는 형광등은 EU 협약(2006.7.1)에 따라 점차 사용이 중지되며, 1997년 12월 채택된 교토 의정서를 통해 CO₂ 방출량을 2010년까지는 1990년 수준으로 줄이기 위해 우리나라 뿐만 아니라 일본과 미국을 포함한 각 국들이 신 조명 개발에 노력을 기울이고 있다.

이러한 분위기에서 조명으로 사용하고 있는 형광등을 대체할 조명으로 떠오르는 것이 바로 반도체 발광 소자를 이용한 백색 LED 조명(light emitting diode lighting)이다.

백색 LED 조명은 기존 조명에 비해 극소형이며, 빠른 반응 속도로 기존의 조명에 비해 매우 우수한 특성을 나타낸다. 특히, 자외선과 같은 유해파 방출이 없고 수은 및 기타 방전용 가스를 사용하지 않는 환경 친화적인 조명이다. 현재 사용하고 있는 전체 조명 중에 LED 조명으로 20[%] 정도만 교체한다면,

전기 에너지 절감액은 연간 1조원이 될 것이다[2].

따라서 조명 환경의 쾌적성을 보장함과 동시에 고도의 기능성을 갖춘 LED 조명 환경을 구축하는 것이다. LED 조명 환경을 구축하기 위해서는 LED 조명이 가지는 광학적 특성을 분석하고 그 특성에 따라 반응하는 사람들의 반응을 체계적으로 분석하고 규명하는 연구가 절실히 필요하다.

이 연구는 백색 LED 조명이 광학적 특성을 분석하고 그 특성에 따라 반응하는 사람들의 특성을 분석하고 규명하여 감성 반응을 평가하고자 한다.

1.2 연구의 목적

이 연구의 목적은 백색 LED 조명의 광학적 특성 중의 색온도에 따른 사람들의 감성 반응을 평가하는 데 있다.

1.3 용어 정의

1.3.1 감성 평가

감성 평가란 공학적인 접근 방법을 가지고 인간의 감성을 정성적·정량적으로 측정하여 평가하는 방법을 말한다. 본 연구에서는 사람의 감성을 평가 기법(SD법)에 맞게 정량화한 방법이다.

2. 연구 방법

이 연구는 백색 LED 조명의 색온도에 따른 사람들의 감성 반응을 평가한 것으로, 이 연구에서는 다음과 같은 단계별 실험을 하였다.

제 1단계: 백색 LED 조명의 색온도 측정

제 2단계: 감성 측정 및 평가용 모형 제작

제 3단계: 조명의 감성 평가 어휘를 선정

제 4단계: 예비 실험

제 5단계: 사람들을 대상으로 백색 LED 조명의 감성 측정 및 평가

2.1 실험 대상

이 연구에 참여한 실험 대상은 목적 표집으로 도

시 지역과 농촌 지역에서 학생과 교사 각각 남녀별 15명씩이다. 이 연구에 참여한 실험 대상자는 전체 120명이며, 먼저 실험 대상자는 감성 평가에 앞서 전원 모두 공간 지각 능력 검사를 실시하였다.

표 1. 실험 대상
Table 1. Subjects

[명]

대상	중학생				중학교 교사				합계
	농촌		도시		농촌		도시		
지역	남	여	남	여	남	여	남	여	
성별	남	여	남	여	남	여	남	여	
인원	15	15	15	15	15	15	15	15	120

이 실험 대상은 다음과 같은 준거에 의해 선정되었다.

첫째, 색맹이 아니며 기억 및 시력 장애가 없는 자로서 교정 시력 포함하여 시력이 1.0 이상자만 선정하였다. 둘째, 공간 지각 능력 검사의 득점이 13문항 중 3문항 이상 득한 자를 선정하였다. 셋째, 50세 미만인 사람들로 연령을 제한하여 선정하였다.

2.2 실험용 조명 제작

2.2.1 실험용 광원에 이용된 형광체

우리 나라에서 개발한 자외선 발광 LED를 광원으로 하여, 표 2에서 제시된 형광체를 여기 시켜 만든 백색 LED 조명을 적용하였다.

표 2. 백색 LED 조명용 형광체의 화학식 및 중심 파장

Table 2. Chemical formulas and central wavelengths of the phosphors for white LED lighting

색	화 학 식	중심 파장 (nm)
R ₁ /R ₂ (적색)	(Sr,Ba) ₃ SiO ₅ :Eu ²⁺ /CaS:Eu ²⁺	610/640
G(녹색)	Sr ₂ SiO ₄ :Eu ²⁺	520
B(청색)	Sr ₃ MgSi ₂ O ₈ :Eu ²⁺	460

[참고 자료] 한국화학연구원

2.2.2 광원 제작

실험용 광원에 이용된 형광체는 R₁, R₂, G, B로 표 3과 같이 혼합 비율에 따라 A₁, A₂, A₃ 소자로 분류하였다.

표 3. RGB 형광체 비율에 따른 색좌표 및 색온도
Table 3. Color coordinates and temperatures according to the ratio of RGB phosphors

소자	RYGB 비율	색좌표		색온도 (K)	연색지수
		x	y		
A1	R ₂ :G:B=0.05:0.15:0.3	0.399	0.407	3,800	87
A2	R ₁ :G:B=0.1:0.25:0.4	0.327	0.313	5,800	89
A3	R ₁ :G:B=0.1:0.2:0.4	0.289	0.311	8,300	87

[측정장비] Optronics Laboratories OL 770-LED

2.2.3 모듈 제작

모듈은 색온도가 가장 낮은 모듈인 MA₁, 색온도가 중간 모듈인 MA₂, 색온도가 가장 높은 모듈인 MA₃를 제작하였다.

2.2.4 축척 모형 제작

조명 모듈이 부착될 축척 모형을 제작하였다. 가로×세로×높이가 450×370×350[mm]인 알루미늄판을 이용하였으며, 축척 모형에는 내부 공간과 바닥, 조명 공간으로 구분되게 제작하였다.

2.2.5 축척 모형에 설치된 백색 LED 조명

이 연구에서는 4개의 축척 모형을 제작하여 3종류의 백색 LED 조명이 설치되었고, 한 곳에는 형광등이 설치되었다. 실물은 그림 1과 같다.

축척 모형 공간에 실험 도구를 넣지 않은 상태에서 밀바닥 중심부의 조도는 300±10 [lx]이다. 모듈에 사용된 LED의 수를 조절하면서 조도의 범위를 일정하게 맞추었으며, 이때 디지털 조도계(Konica Minolta, Model T-10)를 사용하였다.

색에 대한 감성 평가를 정확하게 할 수 있도록 하기 위해 다양한 색의 실험 도구를 선정하였다.

백색 LED 조명의 색온도에 관한 감성평가

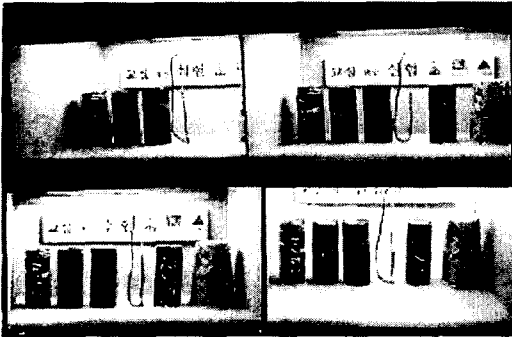


그림 1. 색온도에 따른 백색 LED 조명과 형광등(위쪽 왼쪽부터: MA1, MA2, 아래 왼쪽부터: MA3, 형광등)

Fig. 1. White LED lightings and FL lamp(from upside left : MA1, MA2, from downside left: MA3, FL lamp)

2.3 백색 LED 조명의 감성 평가

2.3.1 감성 평가 어휘 선정

감성 평가를 위한 어휘 선정은 기존 관련 연구 및 문헌 조사를 통하여 자료를 수집하였다. 수집된 자료에서 중복된 어휘는 삭제시키고, 백색 LED 조명의 일반적인 평가 문항을 선정하였다. 이 선정된 문항을 가지고 요인분석을 하여 15개의 문항을 최종 선정하였다. 선정된 문항은 표 4와 같다.

표 4. 선정된 감성 평가 어휘쌍
Table 4. Pairs of words selected for the sensitivity evaluation

문항	어휘쌍	문항	어휘쌍	문항	어휘쌍
1	상쾌하다 -불쾌하다	6	정감있다 -정감없다	11	입체적이다 -평면적이다
2	활기있다 -활기없다	7	따뜻하다 -시원하다	12	자연스럽다 -어색하다
3	선명하다 -희미하다	8	중후하다 -경박하다	13	강렬하다 -은은하다
4	뚜렷하다 -흐릿하다	9	편안하다 -불안하다	14	눈부심없다 -눈부심있다.
5	현대적이다 -고풍적이다	10	아름답다 -추하다	15	화려하다 -수수하다

2.3.2 백색 LED 조명의 감성 평가 척도

기존에 가장 많이 채용된 평가 방법으로는 SD법으로써 1957년에 오스굿(Osgood, C. E.)이 제안한 심리 측정법이다[6].

SD법의 평가 척도는 3, 5, 7, 9, 11, 13단계까지도 가능하며[7], 이 연구에서는 SD법의 5단계 척도를 적용하였다. SD법 5점 척도인 경우는 낮은 단계의 점수는 1점, 중간 단계의 점수는 3점, 높은 단계의 점수는 5점을 선택하도록 하였으며, 각각의 척도 정도에 따라 2점과 4점을 선택하도록 하였다.

2.3.3 동시 비교법에 의한 실험

본 연구에서의 실험 대상자가 조명에 대해 느끼는 주관적인 느낌을 정량화하기 위하여 SD법을 사용하였으며, 이 주관적 평가에서 자칫 소홀할 수 있는 조명의 감성적 차이를 정확하게 평가할 수 있도록 돕기 위해 동시 비교법을 이용하였다. 즉, 비교 조명(형광등)에 비하여 실험 조명(3가지 백색 LED 조명)이 어떠한지를 평가하는 방법으로 2개씩 동시에 비교한 순서는 표 5와 같다.

표 5. 동시 비교된 순서
Table 5. Order of the simultaneous comparison

순서	실험 조명			비교 조명		
	조명	색온도	연색지수	조명	색온도	연색지수
1	MA ₁	3,800	87(고)	형광등	6900	74(중)
2	MA ₂	5,800	89(고)			
3	MA ₃	8,300	87(고)			

2.3.4 감성 평가 측정

실험용 조명을 설치하는 공간은 주변 조명의 영향을 받지 않도록 하기 위해 암실을 이용하였다. 실험 대상자는 1회 3명으로 제한하였으며, 사전에 실험에 대한 내용과 방법을 설명하였으며, 암실에서 5분간 암순응을 한 후 실험에 참여하였다. 실험 장치는 실험 대상자의 눈높이 위치에 설치하였으며, 실험 장치와 실험 대상자와는 1.5[m] 거리를 두었다.

실제 실험한 실험 장치와 실험 대상자는 그림 2와 같다.



그림 2. 실험 장치와 실험 모습
Fig. 2. Pictures of Cabinets and the experimentation

실험 방법은 순서에 의해 제시된 두 개의 조명을 보고 난 뒤 우측 모형(백색 LED 조명)이 좌측 모형(형광등)에 비해 어떠한지를 표 6의 감성 평가 조사지에 의거 실험 대상자마다 3번의 평가 실험하였다.

표 6. 감성 평가 조사지
Table 6. Survey for the sensitivity evaluation

※다음은 2개의 모형에서 나오는 조명을 비교 관찰하는 실험입니다. 좌측 모형을 관찰한 다음에, 우측 모형을 관찰하고 난 느낌에 가까운 곳에 √ 표를 해주시기 바랍니다.

문항	어휘	평가 척도						어휘
		매우 5	약간 4	중간 3	약간 2	매우 1		
1	상쾌하다						불쾌하다	
2	활기있다						활기없다	
3	선명하다						희미하다	
4	뚜렷하다						흐릿하다	
5	현대적이다						고풍적이다	
6	정감있다						정감없다	
7	따뜻하다						사원하다	
8	중후하다						경박하다	
9	편안하다						불안하다	
10	아름답다						추하다	
11	입체적이다						평면적이다	
12	자연스럽다						어색하다	
13	강렬하다						은은하다	
14	눈부심없다						눈부심있다	
15	화려하다						수수하다	

3. 연구 결과

3.1 신뢰도 검증

측정항목 간의 내적일관성을 검증하기 위해 Cronbach's α 분석을 통해 신뢰도를 검증하였다. 신뢰도 검증 결과 Cronbach's α(alpha) 계수가 0.775로 높은 신뢰도를 나타내었다.

3.2 요인분석

문항들의 개념타당성을 검증하기 위하여 요인분석을 이용하였으며, 3개의 요인으로 추출하였다. 추출된 요인의 명칭은 요인 I을 활동성 요인으로, 요인 II를 안정감 요인으로, 요인 III을 역량성 요인으로 명명하였으며, 분석한 결과는 표 7과 같다.

표 7. 조명 환경 요인분석
Table 7. Factor analysis on the lighting environments

평가 항목	요 인			요인명
	제1요인	제2요인	제3요인	
상쾌하다-불쾌하다		.013	-.012	활동성 요인
활기있다-활기없다		.009	-.151	
선명하다-희미하다		.179	-.012	
뚜렷하다-흐릿하다		.009	.122	
현대적이다-고풍적이다			-0.04	안정감 요인
정감있다-정감없다	.057		.195	
따뜻하다-사원하다	-.357		.130	
중후하다-경박하다	-.191		.150	
편안하다-불안하다	.199		.408	
아름답다-추하다	.427		-.005	
입체적이다-평면적이다	.135		-.182	역량성 요인
자연스럽다-어색하다	.410		.419	
강렬하다-은은하다	.397	-.121		
눈부심없다-눈부심있다	.071	.203		
화려하다-수수하다	.506	.231		
고유치	4.003	3.400	1.170	
고유치/문형수(분산율)	26.684[%]	22.669[%]	7.797[%]	
KMO	.857			
구형성 검정	1,868.842			
유의확률	.000			

백색 LED 조명의 색온도에 관한 감성평가

이 연구에서는 총 3개의 요인으로 추출하여 감성 평가에 적용하였다. 추출된 요인은 다음과 같다.

제1요인은 상쾌하다-불쾌하다, 활기있다-활기없다, 선명하다-희미하다, 뚜렷하다-희미하다, 현대적이다-고풍적이다 항목은 주로 조명의 시각적 현상을 평가하는 활동성과 관련이 있으므로 활동성 요인이라고 표현하였다.

제2요인은 정감있다-정감없다, 따뜻하다-시원하다, 중후하다-경박하다, 편안하다-불안하다, 아름답다-추하다, 입체적이다-평면적이다, 자연스럽다-어색하다 항목은 주로 인간의 심리적 안정감과 관련이 있어 안정감 요인이라고 표현하였다.

제3요인은 강렬하다-은은하다, 눈부심없다-눈부심있다, 화려하다-수수하다 항목은 조명의 역량성과 관련이 있으므로 역량성 요인이라고 표현하였다.

3.3 백색 LED 조명별 프로파일도

MA₁, MA₂, MA₃는 고연색 조명으로 색온도가 3,800[K], 5,800[K], 8,300[K]인 LED 조명이다. 15개의 문항에 대한 실험 대상자들이 평가한 조명별 평균 SD특점을 가지고 프로파일 분석을 하였으며, 그림 3는 백색 LED 조명별 프로파일도이다.

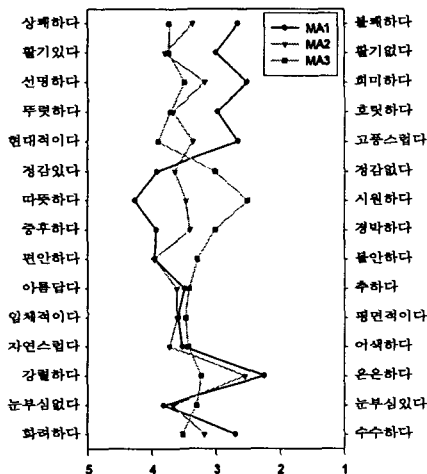


그림 3. 조명별 평균 SD 특점에 따른 프로파일도
Fig. 3. Profiles according to the average SD score for each of lighting

3.4 백색 LED 조명의 색온도에 따른 감성 평가 결과

백색 LED 조명인 MA₁(3,800[K]), MA₂(5,800[K]), MA₃(8,300[K])이 형광등과 비교해 보았을 때의 색온도에 따른 감성 평가 차이를 알아보았다. 종속 변수는 감성 평가이며, 독립 변수는 색온도이다.

실험 대상자는 남녀별 중학교 학생과 교사이며, 전체 120명을 대상으로 활동성, 안정감, 역량성 등 3개의 요인별로 분산 분석을 하였으며, 집단간 평균의 차이가 존재하므로 Scheffe's method을 이용한 사후검정을 실시하였다.

3.4.1 활동성 요인에서의 감성 평가

활동성 요인에서는 색온도간의 감성 차이가 있는 것으로 나타났다. 집단간 및 집단내의 통계량을 볼 때 활동성 요인에서 F값은 53.179이고 자유도가 2일 때 모두 유의 확률이 0.000이므로 유의하다고 볼 수 있다.

활동성 요인에서는 5개의 항목 중에서 상쾌하다-불쾌하다, 활기있다-활기없다, 뚜렷하다-흐릿하다, 현대적이다-고풍스럽다 4개의 항목에서 색온도가 8,300[K]인 조명이 가장 높은 평가를 받았으나, 선명하다-희미하다 1개의 항목에서만 색온도가 5,800[K]인 조명이 가장 높은 평가를 받았다.

선명하다-희미하다 항목에서 가장 선명한 조명으로서 MA₂ 조명을 선호하였는데, 이 MA₂ 조명과 평균 차이 값이 가장 큰 조명이 MA₁ 조명으로서 평균 차이 값은 0.79이다. 이때 유의 확률 값이 0.000이므로 두 조명간의 평균 차이가 있었다. 그러나 MA₃ 조명과는 평균 차이 값이 0.058이며, 이때 유의 확률 값이 0.917이므로 두 조명간의 평균 차이는 없었다.

활동성 요인에서의 결과를 정리하면 MA₁ 조명은 평균이 2.76점, MA₂ 조명은 3.47점, MA₃ 조명은 3.71점으로 모두 '형광등에 비해 활동성 요인에서 우수한 조명'으로 평가되었으며, 색온도 8,300[K]인 조명은 상쾌하며, 활기 있고, 뚜렷하고 현대적인 조명으로서, 5,800[K] 조명은 글씨가 선명한 조명으로서 평가하였으며, 색온도가 8,300[K] > 5,800[K] > 3,800[K] 순으로 선호하였다.

3.4.2 안정감 요인에서의 감성 평가

안정감 요인에서는 색온도간의 감성 차이가 있는 것으로 나타났다. 집단간 및 집단내의 통계량을 볼 때 안정감 요인에서 F값은 30.701이고 자유도가 2일 때 모두 유의 확률이 0.000이므로 유의하다고 볼 수 있다.

안정감 요인에서는 7개의 항목 중에서 3개의 항목인 아름답다 추하다, 입체적이다-평면적이다, 자연스럽다-어색하다 항목은 유의 확률이 0.05 이상이므로 색온도에 따른 감성 차이와는 관련이 없는 것으로 나타났다. 그러나 나머지 4개의 항목인 정감있다-없다, 따뜻하다-시원하다, 중후하다-경박하다, 편

표 8. 활동성 요인의 색온도에 대한 분산 분석
Table 8. ANOVA analysis of the color temperature on the factor of activity

구분 어휘	조명	N	S	SD	분산	계급합	자유도	평균계급	F	유의확률	사후검정(Scheffe)			
											조명모듈(I)	조명모듈(J)	평균차(I-J)	유의확률
상쾌하다 -불쾌하다	MA ₁	120	2.66	.90	집단-간	70.489	2	35.244	34.330	.000	MA ₁	MA ₂	-70*	.000
					집단-내	366.508	357	1.027				MA ₃	-1.07*	.000
	MA ₂	120	3.36	1.03	집단-내	366.508	357	1.027			MA ₂	MA ₁	.70*	.000
					합계	436.997	359					MA ₃	-37*	.021
	MA ₃	120	3.73	1.10	합계	436.997	359				MA ₃	MA ₁	1.07*	.000
												MA ₂	.37	.021
활기있다 -활기없다	MA ₁	120	2.51	1.01	집단-간	59.372	2	29.686	29.686	.000	MA ₁	MA ₂	-.66*	.000
					집단-내	404.625	357	2.335				MA ₃	-.98*	.000
	MA ₂	120	3.17	1.09	집단-내	404.625	357	2.335			MA ₂	MA ₁	.66*	.000
					합계	463.997	359					MA ₃	-.32	.072
	MA ₃	120	3.48	1.09	합계	463.997	359				MA ₃	MA ₁	.98*	.000
												MA ₂	.32	.072
선명하다 -희미하다	MA ₁	120	3.00	1.12	집단-간	76.717	2	23.358	23.358	.000	MA ₁	MA ₂	-.79*	.000
					집단-내	419.258	357	1.174				MA ₃	-.73*	.000
	MA ₂	120	3.79	1.05	집단-내	419.258	357	1.174			MA ₂	MA ₁	.79*	.000
					합계	465.975	359					MA ₃	.058	.917
	MA ₃	120	3.73	1.07	합계	465.975	359				MA ₃	MA ₁	.73*	.000
												MA ₂	-.058	.917
뚜렷하다 -흐릿하다	MA ₁	120	2.98	1.02	집단-간	40.717	2	20.358	20.358	.000	MA ₁	MA ₂	-.69*	.000
					집단-내	422.658	357	1.184				MA ₃	-.73*	.000
	MA ₂	120	3.68	1.12	집단-내	422.658	357	1.184			MA ₂	MA ₁	.69*	.000
					합계	463.375	359					MA ₃	-.042	.957
	MA ₃	120	3.72	1.12	합계	463.375	359				MA ₃	MA ₁	.73*	.000
												MA ₂	.042	.957
현대적이다- 고풍적이다	MA ₁	120	2.66	1.10	집단-간	93.006	2	46.503	46.453	.000	MA ₁	MA ₂	-.70*	.000
					집단-내	357.383	357	1.001				MA ₃	-1.24*	.000
	MA ₂	120	3.36	1.03	집단-내	357.383	357	1.001			MA ₂	MA ₁	.70*	.000
					합계	450.389	359					MA ₃	-.54*	.000
	MA ₃	120	3.90	.86	합계	450.389	359				MA ₃	MA ₁	1.24*	.000
												MA ₂	.54*	.000
활동성	MA ₁	120	13.81	3.27	집단-간	1462.639	2	731.319	53.179	.000	MA ₁	MA ₂	-3.54*	.000
					집단-내	4909.483	357	13.752				MA ₃	-4.75*	.000
	MA ₂	120	17.35	3.89	집단-내	4909.483	357	13.752			MA ₂	MA ₁	3.54*	.000
					합계	6372.122	359					MA ₃	-1.21*	.043
	MA ₃	120	18.56	3.93	합계	6372.122	359				MA ₃	MA ₁	4.75*	.000
												MA ₂	1.21*	.043

주) *p<.05 수준

백색 LED 조명의 색온도에 관한 감성평가

안하다-불안하다 항목은 색온도에 따른 감성 차이가 있는 것으로 나타났다. 안정감 요인 중에 정감있다-없다, 따뜻하다-시원하다, 중후하다-경박하다 항목에서는 색온도가 3,800[K]인 MA₁ 조명이 가장 높은 평가를 받았으며, 편안하다-불안하다 항목에서는 색온도가 5,800[K]인 MA₂ 조명과 3,800[K]인 MA₁ 조명 모두 높은 평가를 받았다.

정감있다-정감없다 항목에서는 정감 있는 조명으로 MA₁ 조명을 선호하였는데, 이 MA₁ 조명과 평균 차이 값이 가장 큰 것이 MA₃ 조명이며 두 조명간의 평균 차이 값은 0.91로 이때 유의 확률 값이 0.000이므로 두 조명간의 평균 차이가 확실하게 있었다. 그러나 MA₂ 조명과는 평균 차이 값이 0.28이며, 이때

유의 확률 값이 0.107로 두 조명간의 평균 차이는 없었다.

안정감 요인에서의 결과를 정리하면 MA₁ 조명은 평균이 3.81점, MA₂ 조명은 3.63점, MA₃ 조명은 3.16점으로 모두 '형광등에 비해 안정감 요인에서 우수한 조명'으로 평가하였다. 즉, 정감 있으며, 따뜻하고, 중후한 조명으로 색온도가 낮은 3,800[K]인 조명을 높게 평가하였으며, 편안하고, 아름다우며, 입체적이면서도 자연스러운 조명으로 5,800[K] 조명을 높게 평가하였다. 결과를 정리하면 안정감 요인에서는 색온도가 3,800[K] > 5,800[K] > 8,300[K] 순으로 선호하였다.

표 9. 안정감 요인의 색온도에 대한 분산 분석
Table 9. ANOVA analysis of the color temperature on the factor of stability

구분 어휘	조명	N	S	SD	분산	계급합	자유도	평균계급	F	유의확률	사후검정(Scheffe)				
											조명모들(I)	조명모들(J)	평균차(I-J)	유의확률	
정감있다-정감없다	MA ₁	120	3.93	1.06	집단-간	51.839	2	25.919	24.231	.000	MA ₁	MA ₂	.28	.107	
												MA ₃	.91*	.000	
												MA ₂	MA ₁	-.28	.107
	MA ₂	120	3.64	.95	집단-내	381.883	357	1.070				MA ₂	MA ₃	.63*	.000
													MA ₁	-.91*	.000
													MA ₂	-.63*	.000
MA ₃	120	3.02	1.08	합계	433.722	359					MA ₃	MA ₁	-.91*	.000	
												MA ₂	-.63*	.000	
												MA ₁	.80*	.000	
따뜻하다-시원하다	MA ₁	120	4.27	.91	집단-간	186.006	2	93.003	96.147	.000	MA ₁	MA ₂	1.76*	.000	
												MA ₃	1.76*	.000	
												MA ₂	MA ₁	-.80*	.000
	MA ₂	120	3.47	1.01	집단-내	345.325	357	.967				MA ₂	MA ₃	.96*	.000
													MA ₁	-1.76*	.000
													MA ₂	-.96*	.000
MA ₃	120	2.51	1.03	합계	531.331	359					MA ₃	MA ₁	-1.76*	.000	
												MA ₂	-.96*	.000	
												MA ₁	.52*	.000	
중후하다-경박하다	MA ₁	120	3.93	.89	집단-간	50.772	2	25.386	33.552	.000	MA ₁	MA ₂	.92*	.000	
												MA ₃	.92*	.000	
												MA ₂	MA ₁	-.52*	.000
	MA ₂	120	3.40	.86	집단-내	270.117	357	.757				MA ₂	MA ₃	.39*	.003
													MA ₁	-.92*	.000
													MA ₂	-.39*	.003
MA ₃	120	3.01	.85	합계	320.889	359					MA ₃	MA ₁	-.92*	.000	
												MA ₂	-.39*	.003	
												MA ₁	-.008	.998	
편안하다-불안하다	MA ₁	120	3.96	1.09	집단-간	36.006	2	18.003	17.781	.000	MA ₁	MA ₂	.67*	.000	
												MA ₃	.67*	.000	
												MA ₂	MA ₁	.008	.998
	MA ₂	120	3.97	.83	집단-내	361.450	357	1.012				MA ₂	MA ₃	.68	.000
													MA ₁	-.67	.000
													MA ₂	-.68	.000
MA ₃	120	3.29	1.08	합계	397.456	359					MA ₃	MA ₁	-.12	.634	
												MA ₂	-.12	.634	
												MA ₁	.08	.828	
아름답다-추하다	MA ₁	120	3.49	1.02	집단-간	2.239	2	1.119	1.250	.288	MA ₁	MA ₂	.08	.828	
												MA ₃	.08	.828	

구분 어휘	조명	N	S	SD	분산	계급합	자유도	평균계급	F	유의확률	사후검정(Scheffe)			
											조명모듈(I)	조명모듈(J)	평균차(I-J)	유의확률
	MA ₂	120	3.61	.86	집단-내	319.750	357	.896			MA ₂	MA ₁	.12	.634
												MA ₃	.19	.293
	MA ₃	120	3.42	.95	합계	321.989	359				MA ₃	MA ₁	-.08	.828
												MA ₂	-.19	.293
입체적이다- 평면적이다	MA ₁	120	3.59	.99	집단-간	1.267	2	.633	.640	.528	MA ₁	MA ₂	-.017	.992
												MA ₃	.12	.662
	MA ₂	120	3.61	.96	집단-내	353.508	357	.990			MA ₂	MA ₁	.017	.992
												MA ₃	.13	.584
	MA ₃	120	3.48	1.04	합계	354.775	359				MA ₃	MA ₁	-.12	.662
												MA ₂	-.13	.584
자연스럽다- 어색하다	MA ₁	120	3.53	1.12	집단-간	5.339	2	2.669	2.423	.090	MA ₁	MA ₂	-.20	.338
												MA ₃	.092	.796
	MA ₂	120	3.73	.94	집단-내	383.317	357	1.102			MA ₂	MA ₁	.20	.338
												MA ₃	.29	.100
	MA ₃	120	3.43	1.07	합계	398.656	359				MA ₃	MA ₁	-.092	.796
												MA ₂	-.29	.100
안정감	MA ₁	120	26.68	4.54	집단-간	1313.067	2	656.533	30.701	.000	MA ₁	MA ₂	1.27	.107
												MA ₃	4.53'	.000
	MA ₂	120	25.42	4.39	집단-내	7634.433	357	21.385			MA ₂	MA ₁	-1.27	.107
												MA ₃	3.27'	.000
	MA ₃	120	22.15	4.93	합계	8947.500	359				MA ₃	MA ₁	-4.53'	.000
												MA ₂	-3.27'	.000

주) *p<.05 수준

3.4.3 역량성 요인의 감성 평가

역량성 요인에서는 색온도간(3,800[K], 5,800[K], 8,300[K])의 감성 차이가 있는 것으로 나타났다. 집단 간 및 집단내의 통계량을 볼 때 역량성 요인에서 F값은 13.370이고 자유도가 2일 때 모두 유의 확률이 0.000이므로 유의하다고 볼 수 있다.

역량성 요인에서는 3개의 항목 모두 색온도에 따른 감성 차이와는 관련성이 있는 것으로 나타났다. 이 중 2개의 항목인 강렬하면서 화려한 조명으로 MA₃ 조명을 높게 평가하였으며, 눈부심이 없는 조명으로 MA₁조명을 높게 평가하였다.

가장 화려한 조명으로 MA₃을 선호하였는데, 이 MA₃ 조명과 평균 차이 값이 가장 큰 조명이 MA₁이며, 평균 차이 값은 0.82로 이때 유의 확률 값이 0.000이므로 두 조명간의 평균 차이가 있었다.

그러나 MA₂ 조명과의 평균 차이 값이 0.33으로 이때 유의 확률 값이 0.058로 두 조명간의 평균 차이는

없었다. 다시 말하면 화려하다-수수하다 항목에서 가장 높은 평가를 받은 조명이 MA₃이며, 나머지 MA₁과 MA₂ 조명과 비교한 결과 MA₁은 차이가 큰 조명으로, MA₂ 조명은 차이가 나지 않는 조명으로 판단된다.

역량성 요인에서의 결과를 정리하면 MA₁ 조명은 평균이 2.92점으로 '형광등에 비해 역량성 요인에서 뒤떨어지는 조명'으로 평가하였으며, MA₂ 조명은 3.13점으로, MA₃ 조명은 3.35점으로 두 조명은 '형광등에 비해 역량성 요인에서 우수한 조명'으로 평가되었다.

색온도가 8,300[K]인 MA₃ 조명을 강렬하고 화려한 조명으로, 3,800[K]인 MA₁ 조명을 눈부심이 없는 조명으로 평가하였으며, 색온도가 8,300[K] > 5,800[K] > 3,800[K] 순으로 선호하였다.

백색 LED 조명의 색온도에 관한 감성평가

표 10. 역량성 요인의 색온도에 대한 분산 분석

Table 10. ANOVA analysis of the color temperature on the factor of potency

이취	구분	조명	N	S	SD	분산	계급합	자유도	평균제곱	F	유의확률	사후검정(Scheffe)			
												조명모듈(I)	조명모듈(J)	평균차(I-J)	유의확률
강렬하다 - 은은하다	MA ₁	MA ₁	120	2.24	1.09	집단-간	60.956	2	30.478	26.364	.000	MA ₁	MA ₂	-.30	.098
						MA ₃	-.98*	.000	MA ₂	MA ₁	.30	.098			
						MA ₃	-.68*	.000	MA ₂	MA ₃	-.68*	.000			
	MA ₂	120	2.54	.96	집단-내	412.708	357	1.156				MA ₁	MA ₂	.98*	.000
					MA ₃	.68*	.000	MA ₁	MA ₃	-.98*	.000				
					MA ₃	.68*	.000	MA ₂	MA ₃	.68*	.000				
MA ₃	120	3.23	1.16	합계	473.664	359					MA ₁	MA ₂	.15	.627	
				MA ₂	.52*	.004	MA ₁	MA ₃	-.52*	.004					
				MA ₂	-.37	.063	MA ₁	MA ₂	-.37	.063					
눈부심없다 - 눈부심있다	MA ₁	120	3.82	1.27	집단-간	16.956	2	8.478	5.867	.003	MA ₁	MA ₂	.15	.627	
					MA ₃	.52*	.004	MA ₂	MA ₃	-.52*	.004				
					MA ₂	-.37	.063	MA ₁	MA ₃	-.37	.063				
	MA ₂	120	3.67	1.15	집단-내	515.833	357	1.445				MA ₁	MA ₂	-.48*	.003
					MA ₃	-.82*	.000	MA ₁	MA ₃	-.48*	.003				
					MA ₃	.82*	.000	MA ₂	MA ₃	-.82*	.000				
MA ₃	120	3.52	1.00	합계	455.600	359					MA ₁	MA ₂	.48*	.003	
				MA ₂	.33	.058	MA ₁	MA ₂	.33	.058					
				MA ₂	.33	.058	MA ₁	MA ₂	.33	.058					
화려하다 - 수수하다	MA ₁	120	2.70	1.17	집단-간	40.467	2	20.233	17.400	.000	MA ₁	MA ₂	-.63*	.040	
					MA ₃	-1.28*	.000	MA ₂	MA ₃	-1.28*	.000				
					MA ₂	.63*	.040	MA ₁	MA ₃	.63*	.040				
	MA ₂	120	3.18	1.05	집단-내	415.133	357	1.163				MA ₁	MA ₂	.63*	.040
					MA ₃	-.65*	.033	MA ₁	MA ₃	-.65*	.033				
					MA ₃	1.28*	.000	MA ₂	MA ₃	1.28*	.000				
MA ₃	120	3.52	1.00	합계	455.600	359					MA ₁	MA ₂	.65*	.033	
				MA ₂	.65*	.033	MA ₁	MA ₂	.65*	.033					
				MA ₂	.65*	.033	MA ₁	MA ₂	.65*	.033					
역량성	MA ₁	120	8.76	1.99	집단-간	98.822	2	49.411	13.370	.000	MA ₁	MA ₂	1.28*	.000	
					MA ₃	.65*	.033	MA ₂	MA ₃	1.28*	.000				
					MA ₂	.65*	.033	MA ₁	MA ₃	.65*	.033				
	MA ₂	120	9.39	1.98	집단-내	1319.375	357	3.696				MA ₁	MA ₂	.65*	.033
					MA ₃	.65*	.033	MA ₁	MA ₃	.65*	.033				
					MA ₃	.65*	.033	MA ₂	MA ₃	.65*	.033				
MA ₃	120	10.04	1.79	합계	1418.197	359					MA ₁	MA ₂	.65*	.033	
				MA ₂	.65*	.033	MA ₁	MA ₂	.65*	.033					
				MA ₂	.65*	.033	MA ₁	MA ₂	.65*	.033					

주) *p<.05 수준

3.5 통제 변수에 따른 감성 평가 결과

여 두 집단간 t-검증한 결과 활동성, 안정감, 역량성, 요인에서 모두 유의 확률이 0.05 이상이므로 남자와 여자 간의 감성 차이가 없는 것으로 나타났다.

3.5.1 성별에 따른 감성 평가

색온도에 대한 남녀별 감성 차이를 알아보기 위해

표 11. 성별에 따른 색온도에 대한 t-검증

Table 11. T-Test of the color temperature on the distinction of sex

요인	구분	N	성별	S	SD	t	자유도	유의확률
활동성		180	여	16.97	4.28	1.782	358	.076
		180	남	16.18	4.12			
안정감		180	여	24.99	5.67	.929	330.476	.354
		180	남	24.51	4.21			
역량성		180	여	9.34	2.13	-.556	358	.578
		180	남	9.46	1.84			

3.5.2 지역별에 따른 감성 평가

색온도에 대한 지역별 감성 차이를 알아보기 위하여 두 집단간 t-검증한 결과 활동성, 안정감, 역량성

요인에서는 유의 확률이 0.05 이상이므로 농촌과 도시간의 감성 차이가 없는 것으로 나타났다.

표 12. 지역별에 따른 색온도에 대한 t-검증
Table 12. T-Test of the color temperature on the distinction of region

구분 \ 요인	N	성별	S	SD	t	자유도	유의 확률
활동성	180	농촌	16.67	3.97	-.450	358	.653
	180	도시	16.47	4.45			
안정감	180	농촌	24.87	4.72	-.443	358	.658
	180	도시	24.63	5.26			
역량성	180	농촌	9.39	1.98	.026	358	.979
	180	도시	9.40	2.00			

3.5.3 학생과 교사 집단간의 감성 평가

색온도에 대한 학생과 교사 집단간의 감성 차이를 알아보기 위하여 두 집단간 t-검증한 결과 활동성, 안정감 요인에서는 유의 확률이 0.05 이하이므로 학생과 교사 간의 감성 차이가 있는 것으로 나타났으며

특히, 색온도에 대한 감성 평가가 학생이 교사에 비해 훨씬 높은 평가를 하였다. 그러나 역량성 요인에서는 유의 확률이 0.05 이상이므로 학생과 교사간에는 감성 차이가 없는 것으로 나타났다.

표 13. 학생-교사 집단 간의 색온도에 대한 t-검증
Table 13. T-Test of the color temperature on the students and teachers

구분 \ 요인	N	구분	S	SD	t	자유도	유의 확률
활동성	180	학생	17.08	4.38	-2.290	358	.023
		교사	16.07	3.99			
안정감	180	학생	25.36	4.84	-2.337	358	.020
		교사	24.14	5.08			
역량성	180	학생	9.37	2.13	.238	358	.812
		교사	9.42	1.84			

4. 결론 및 제언

4.1 결론

이 연구의 목적은 중학교 학생과 교사를 대상으로 백색 LED 조명별 색온도에 따른 감성 반응을 평가하는데 있었다. 백색 LED 조명이 있어서 색온도에 따른 중학교 학생과 교사의 감성 평가에서 얻어진 결과는 다음과 같다[9].

4.1.1 백색 LED 조명의 감성 평가 결과

- (1) 활동성 요인에서의 감성 평가 결과 MA₁, MA₂, MA₃ 조명 모두 ‘형광등에 비해 활동성 요인에서 우수한 조명’으로 평가되었다.
- (2) 안정감 요인에서의 감성 평가 결과 MA₁, MA₂, MA₃ 조명 모두 ‘형광등에 비해 안정감 요인에서 우수한 조명’으로 평가되었다.
- (3) 역량성 요인에서의 감성 평가 결과 MA₁ 조명은 ‘형광등에 비해 역량성 요인에서 뒤떨어지는

백색 LED 조명의 색온도에 관한 감성평가

조명'으로, MA₂ 조명과 MA₃ 조명은 '형광등에 비해 역량성 요인에서 우수한 조명'으로 평가되었다.

4.1.2 요인별 감성 평가 결과

- (1) 활동성 요인에서는 색온도가 8,300[K] < 5,800[K] < 3,800[K] 순으로 선호하였으며, 색온도가 높을수록 더 높게 평가하였다.
- (2) 안정감 요인에서는 색온도가 3,800[K] < 5,800[K] < 8,300[K] 순으로 선호하였으며, 색온도가 낮을수록 더 높게 평가하였다.
- (3) 역량성 요인에서는 강렬하고 화려한 조명으로는 색온도가 8,300[K]인 MA₃ 조명을 높게 평가하였으며, 눈부심이 없는 조명으로는 색온도가 3,800[K]인 MA₁ 조명을 높게 평가하였다.

4.1.3 통제 변수에 따른 감성 평가 결과

- (1) 성별에서는 활동성, 안정감, 역량성 요인 모두가 성별에 따른 감성 차이가 없었다.
- (2) 지역별에서도 활동성, 안정감, 역량성 요인 모두 지역별 감성 차이가 없었다.
- (3) 학생과 교사 집단별 감성 차이는 활동성과 안정감 요인에서는 학생과 교사간의 감성 차이가 있었으나, 역량성 요인에서는 감성 차이가 없었다.

4.2 제 언

이 연구는 학교 교실 조명에 적용시킬 감성 연구로 만 제한하여 수행하였기 때문에 일반 조명에 대한 감성 연구가 지속적으로 필요하다.

References

- (1) 박동화 · 성낙진 · 신재화 · 이병기, "학교 건축물의 야간 조도분포 분석", 한국조명 · 전기설비학회지, 15(2), 7-12, 한국조명 · 전기설비학회, 1996.
- (2) 이용후 · 이진우 · 노재엽, "형광등 안정기의 연속 점등과 ON/OFF시 실제 소비 전력 비교", 한국조명 · 전기설비학회지, 76-79, 한국조명 · 전기설비학회, 1999.
- (3) 윤혜림, "조명의 조도 및 색온도 제어에 의한 실내 두 공간의 공간감 변화", 한국실내디자인학회지, 33(1), 83-89, 한국실내디자인학회, 2002.

- (4) 홍창희, "반도체 조명을 위한 고휘도 LED 기술", 전북대학교 반도체물성연구소, 2003.
- (5) 최경호 · 김충년 · 김경식, "조명의 이해와 설계", 태양문화사, 2005.
- (6) 이진숙 · 유재연 · 김병수, "경관조명 주관평가 실험에서의 평가대상 제시 방법에 대한 유효성 검증", 한국조명 · 전기설비학회지, 17(4), 1-7, 2003.
- (7) 안옥희, "SD법을 이용한 조명환경 평가 방법", 한국조명 · 전기설비학회지, 11(2), 37-40, 한국조명 · 전기설비학회, 1997.
- (8) 이승희 · 오미켄타로 · 이순혁 · 바바라프라이스, "색채와 형태에 관한 한국-일본-미국의 비교 연구", 월간디자인, 213-215, 1996.
- (9) 지순덕 · 최경재 · 김호건 · 이상혁, "LED 기반 백색 조명의 색온도와 연색 지수에 따른 감성 평가", 한국감성과학회지, 9(4), 353-366, 한국감성과학회, 2006.

◇ 저자소개 ◇

지순덕 (池順德)

1960년 11월 12일생. 한국교원대학교 대학원 기술교육과 교육학박사. 현재 경북 상주시 화동중학교 교사.

이상혁 (李相赫)

1944년 4월 20일생. 인하대학교 대학원 기계공학과 졸업(박사). 현재 한국교원대학교 기술교육과 교수.

최경재 (崔京在)

1972년 3월 29일생. 한양대학교 응용화학과 박사과정. 현재 한국화학연구원 연구원.

박정규 (朴鼎奎)

1968년 1월 5일생. 연세대학교 대학원 세라믹공학과 졸업(박사). 현재 한국화학연구원 선임연구원.

김창해 (金昌海)

1960년 12월 26일생. KAIST 화학과 이학박사. 현재 한국화학연구원 책임연구원.