

# LED 기반 백색 조명의 색온도 및 연색지수에 따른 감성 평가

## Sensibility Evaluation of Color Temperature and Rendering Index to the LED-Based White Illumination

지순덕\*† · 최경재\*\* · 김호건\*\* · 이상혁\*

Soon Duk Jee\*† · Kyoung Jae Choi\*\* · Ho Kun Kim\*\* · Sang Hyuk Lee\*

한국교원대학교 기술교육과\*

Dept. of technology Education, Korea National University of Education

한양대학교 응용화학과\*\*

Dept. of applied Chemistry, Hanyang University

**Abstract** : The aim of this study is to characterize the optical properties of white light-emitting diodes lighting modules and then to evaluate the sensitivity of students and teachers in reacting to the optical properties of these modules. For the sake of this study, each of 5 lighting modules was introduced to the 5 test cabinets. The 5 test cabinets were evaluated and analyzed the student and teacher's sensitivity reaction. We have selected 16 questions on sensitivity of the lighting and evaluated these questions with semantic differential method. To verify the reliability and objectivity of the questions, the feasibility survey was carried out by a preliminary test. As a result of the test, the sensitivities on the test cabinets were classified the 4 factors, namely, activity as the first factor, stability as the second one, potency as the third one and sensitive image as the fourth one respectively. By the evaluation of student and teacher's sensitivity on the correlated color temperature, they preferred the cabinet with the higher color temperature in view of the activity and potency. And they preferred the cabinet with the lower color temperature in view of the stability factor. In the sensitive image, they preferred the 5800K, bluish white lighting regardless of the color temperature. By the evaluation on the color rendering index, they preferred the cabinet with the higher color rendering index in view of the activity, stability and sensitive image. In the potency factor, they preferred the white lighting with the middle color rendering index.

**Key words** : Sensibility evaluation, white light emitting diode, color temperature, color rendering index

**요약** : 이 연구의 목적은 백색 LED 조명의 광학적 특성을 분석하고 그 특성에 따라 반응하는 학생과 교사들의 감성 반응을 평가하는 데 있다. 이를 위해 이 연구에서는 백색 LED 모듈 5개를 시제품으로 만들어 광학적 특성

† 교신저자 : 지순덕(한국교원대학교 기술교육과)

E-mail : duk1016@chol.com

Tel : 043-230-3787

을 측정하고 감성 평가용 모형을 제작하여 감성 반응을 평가하여 분석하였다. 감성 평가에 이용된 평가 방법은 의미미분법이고 선정된 문항은 16문항이며, 이 문항의 신뢰성과 타당성을 검증하기 위하여 예비 실험을 통하여 신뢰도 분석과 타당도 분석을 하였다. 이 과정에서 4가지 요인을 추출하였는데 제 1요인은 활동성, 제 2요인은 안정감, 제 3요인은 역량성, 제 4요인은 감성이미지 요인이라고 명명하였다. 색온도에 따른 감성 평가의 결과는 활동성과 역량성 요인에서는 색온도가 높은 조명을 선호하였으며, 안정감 요인에서는 색온도가 낮은 조명을 선호하였다. 감성이미지 요인에서는 색온도와 관련 없이 5800K인 청색 계통의 조명을 선호하였다. 연색지수에 따른 감성 평가의 결과는 활동성, 안정감, 감성이미지 요인에서는 고연색 조명을 선호하였으며, 역량성 요인에서는 중연색 조명을 선호하였다.

**주제어 :** 감성 평가, 백색 LED 조명, 색온도, 연색지수

## 1. 서론

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[3].

전 세계적으로 에너지 절약에 대한 경각심이 고조되고 전기, 가스와 같은 고급 에너지에 대한 수요가 폭발적으로 증가하게 되면서 새로운 조명 기술에 대한 관심이 증폭되었다. 이런 상황에서 반도체 발광 소자(LED : light emitting diode)를 이용한 반도체 광원의 개발이 시작되었다. 절전 제품에 대한 관심이 높아지고 있는 추세에서 전력 소비량이 낮고 광변환 효율이 높은 LED는 기존의 백열등과 형광등을 대체할 수 있는 차세대 광원이다[1, 6].

LED 조명은 현재 조명과 비교하면 소비 전력이 1/10이며, 수명이 기존의 전구에 비해 10배 이상 길다. 이것을 경제적 효율성의 측면에서 환산해 본다면 우리나라 전체 조명 중에 LED로 20% 정도만 교체해도 전기 에너지 절감액은 연간 1조원의 절감 효과가 있다[5]. 또한 우리나라는 EU 협약(Official Journal of the European Union, 2003)이 발효됨에 따라 “2006년 7월부터 납, 수은, 카드뮴, 6가 크롬, 폴리브로미네티드 비페닐(PBB)이나, 폴리브로미

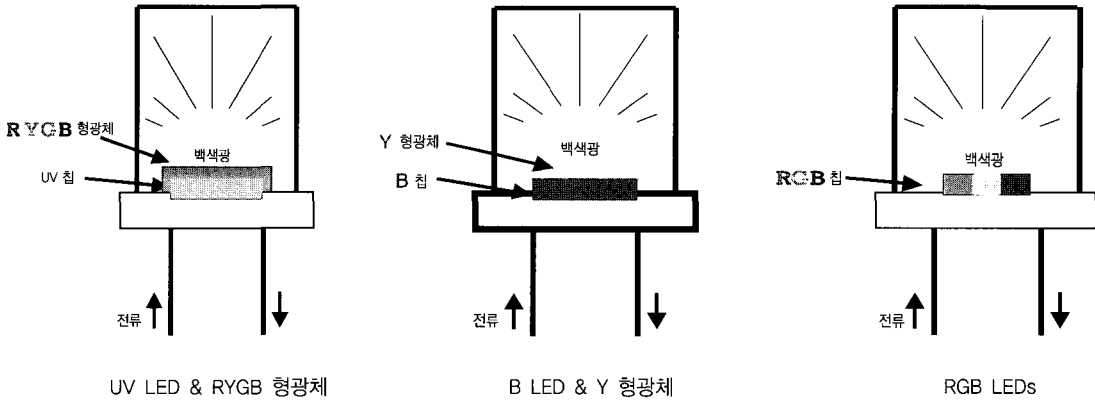
네티드 디페닐 에테르(PBDE)를 포함하지 않는 전기 및 전자 제품을 출고해야 한다”는 협약 조항을 준수해야만 한다.

백색 LED 조명은 에너지 소비 절감을 통해 CO<sub>2</sub> 배출량과 수은 및 폐기물이 감소되는 장점이 있기 때문에 국제 협약 준수 측면이나 환경 보호 차원에서 현실적으로 대안이 될 수 있는 필수적인 조명이다.

빛에 의한 시각적 연출은 공간 자체의 물리적 변화 없이 공간의 결점을 수정 보완해 주기도 하며, 쾌감과 관계되는 심리적 효과로 나타난다[2, 4]. 조명 계획의 궁극적인 목적은 그 공간 주체인 인간에게 기능적, 심리적으로 쾌적한 조명 환경을 제공하는 것이기 때문이다.

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 감성 특성을 체계적으로 분석·규명하는 연구가 절실히 필요하다.

본 연구는 교실 조명을 위한 백색 LED 조명의 광학적 특성을 분석하고, 그 특성에 따라 반응하는 학생과 교사들의 감성 특성을 분석·규명하여 감성 반응을 평가하고자 한다.



주 : R : red, Y : yellow, G : green, B : blue

그림 1. 백색 LED 구현 방법 및 종류

## 2. 연구 배경

### 2.1 백색 LED 광원의 구현 방법

조명으로써의 응용을 위해서는 우선 LED를 이용한 백색광을 얻어야 한다. 일반적으로 백색 LED 광원을 구현하는 방법은 그림 1과 같이 3가지 경우가 있다.

백색 LED 조명용 형광체는 1993년 일본 니치아(Nichia)사가 GaN 박막을 이용한 청색 LED를 최초로 개발하였고, 1997년에는 청색 LED를 활용한 백색 LED가 개발되어 상용화되었다[1].

백색 LED는 청색 LED로부터 방출된 청색 빛을 여기 에너지원으로, 황록색을 내는 YAG:Ce 형광체를 결합하여 백색을 구현하는 방법이며, 현재 거의 모든 백색광을 내는 LED 광원 소자는 이 방법으로 제조된 것이다.

그러나 이 연구에서는 우리나라에서 개발한 자외선 발광 LED를 광원으로 하여, 표 1에서 제시된 형광체를 여기 시켜 만든 백색 LED 조명을 적용하였다. 이는 니치아사가 보유하고 있는 청색 칩을 이용한 백색 조명 기술의 특허권을 피하는 방법이기도 하다.

표 1. 백색 LED 조명용 형광체의 화학식 및 중심 파장

색	화학식	중심 파장(nm)
R <sub>1</sub> /R <sub>2</sub> (적색)	CaS:Eu <sup>2+</sup> /SrS:Eu <sup>2+</sup>	640/610
Y(황색)	Sr <sub>3</sub> SiO <sub>5</sub> :Eu <sup>2+</sup>	570
G(녹색)	Sr <sub>2</sub> SiO <sub>4</sub> :Eu <sup>2+</sup>	520
B(청색)	Sr <sub>3</sub> MgSi <sub>2</sub> O <sub>8</sub> :Eu <sup>2+</sup>	460

[자료제공] 한국화학연구원 형광 물질팀

백색 LED 구현 방법 중에서 청색 LED에 노란색 형광체를 사용하는 방식이 현재 가장 많이 사용되고 있다. 그러나 이는 일본의 니치아사가 보유하고 있는 백색 조명 기술의 특허권에 관련이 있으므로 본 연구에서는 UV칩에 R, Y, G, B 형광체를 여기 시킨 백색광을 구현하는 방법이 사용되었다.

### 2.2 교실 조명을 위한 감성 평가 어휘 선정

이 연구에서의 감성 평가를 위한 어휘 선정은 기존 관련 연구 및 문헌 조사를 통하여 자료를 수집하였다. 수집된 자료에서 제시된 어휘 중에서 중복된 어휘는 삭제시키고 조명의 효율성과 관련된 어휘 10문항과 조명의 역량성과 관련된 어휘 5문항을, 감성이

미지와 관련된 1문항을 선정하였으며, 선정된 총 어휘는 16문항으로 표 2와 같다.

표 2. 교실 조명을 위한 감성 평가 어휘 선정

번호	감성 평가 어휘	SD법에 의한 대칭어
1	글씨가 뚜렷하다	→ 글씨가 흐릿하다
2	눈부심이 없다	→ 눈부심이 있다
3	상쾌하다	→ 불쾌하다
4	색이 선명하다	→ 색이 희미하다
5	아름답다	→ 추하다
6	자연스럽다	→ 어색하다
7	정감이 있다	→ 정감이 없다
8	중후하다	→ 경박하다
9	편안하다	→ 불안하다
10	활기 있다	→ 활기 없다
11	강렬하다	→ 은은하다
12	시원하다	→ 따스하다
13	입체적이다	→ 평면적이다
14	현대적이다	→ 고풍스럽다
15	화려하다	→ 수수하다
16	조명을 본 느낌이 좋다	→ 조명을 본 느낌이 나쁘다

### 3. 실험 방법

이 연구는 학교 교실 조명을 위한 백색 LED 조명의 광학적 특성에 따른 학생과 교사의 감성 평가를 알아본 것으로 이 연구에서는 다음과 같은 단계별 실험을 하였다.

제1단계 : 백색 LED 조명의 광학적 특성을 분석하여 조명의 광학적 평가 항목 선정

제2단계 : 백색 LED 조명의 광학적 특성 측정

제3단계 : 감성 측정 · 평가용 모형 제작

제4단계 : 조명의 감성 평가 어휘를 선정

제5단계 : 대학원생 30명을 대상으로 한 예비 실험

제6단계 : 학생과 교사를 대상으로 백색 LED 조명의 감성 측정 및 평가

### 3.1 예비 실험

본 실험에 들어가기 전에 선정된 조명에 대한 감성 평가 문항의 타당성을 알아보기 위해 예비 실험을 실시하였다.

예비 실험의 감성 평가를 위한 문항은 21개였으며, 전공이 조명과 관련이 있는 대학원생 30명을 대상으로 조명 감성 평가 실험을 실시하였다.

신뢰도 분석 결과는 알파값이 0.638이었으며, 요인 분석 결과는 요인 부하량이 낮은 5문항을 제외시킨 후 16문항만을 가지고 신뢰도 분석을 한 결과 알파값이 0.745로 전보다 높게 나왔다.

예비 실험 결과 최종 SD 5점 척도를 이용한 15문항과 SD 7점 척도로 조명의 감성이미지를 묻는 1문항인 16문항을 조명의 감성 평가 본 실험에 이용하였다.

### 3.2 실험 대상

이 연구에 참여한 실험 대상자는 임의 표집한 농촌과 도시의 중학교 학생과 교사를 합쳐 120명이다. 선정된 실험 대상자는 색맹이 아니며, 기억 장애 및 시력 장애가 없으며, 교정 시력 포함하여 평균 시력이 1.0 이상인 자를 선정하였다. 특히 교사인 경우는 50세 이하로 나이 제한을 하였다. 먼저 실험 대상자는 감성 평가에 앞서 전원 모두 공간 지각 능력 검사를 실시하였다.

### 3.3 실험용 광원 제작

실험용 광원의 연색지수 및 색온도는 표 3과 같이 형광체의 혼합비를 조정하여 제어하였다.

색갈별 형광체의 혼합에 따라 A~C로 분류하고, 형광체 R1, R2, G, B의 혼합 비율에 따라 A1, A2, A3로 분류하였다.

표 3. RYGB LED 비율에 따른 색좌표 및 색온도

소자	RYGB 비율	색좌표		연색 지수	색온도 (K)
		x	y		
A1	R <sub>1</sub> :G:B=0,3:0,15:0,05	0,399	0,407	87	3800
A2	R <sub>2</sub> :G:B=0,1:0,25:0,4	0,327	0,313	89	5800
A3	R <sub>3</sub> :G:B=0,1:0,2:0,4	0,289	0,311	87	8300
B	R <sub>2</sub> :Y:B=0,1:0,2:0,5	0,332	0,317	79	5500
C	Y:B=0,1:0,2	0,360	0,386	65	4600

[자료제공] 한국광기술원(측정장비 : Optronic Laboratories사의 OL 770-LED)

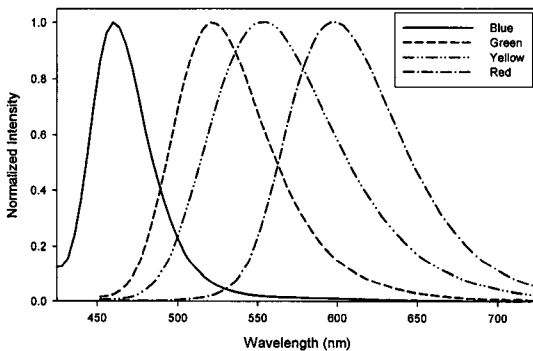


그림 2. 실험용 조명에 이용한 형광체의 광 스펙트럼

### 3.4 실험용 모듈 제작

#### 3.3.1 모듈(MA1, MA2, MA3)

조도 300lx를 맞추기 위하여 UV 칩에 RGB 혼합 형광체를 사용하여 제조한 소자 A(A1, A2, A3)를 80개씩 이용하였다.

#### 3.3.2 모듈(MB)

조도 300lx를 맞추기 위하여 UV 칩에 RGB 혼합 형광체 사용하여 제조한 소자 B를 80개를 이용하였다.

#### 3.3.3 모듈(MC)

조도 300 lx를 맞추기 위하여 UV 칩에 YGB 혼합 형광체 사용하여 제조한 소자 C를 80개를 이용하였다.

### 3.5 감성 측정을 위한 모형 제작

이 연구에서는 동시 비교법으로 평가하기 때문에 실

물 실험이 불가능하므로 축척 모형을 이용하여 평가 실험을 하였다.

#### 3.5.1 축척 모형 제작

가로×세로×높이가 450mm×370mm×350mm인 알루미늄으로 제작하였으며, 축척 모형에는 내부 공간과 바닥, 조명 공간으로 나누었다. 내부 공간은 무광 백색 페인트를 칠해 빛이 난반사되도록 하였다. 이곳에는 감성 평가 도구를 설치하는 공간이며, 바닥은 스티로폼을 깔아서 내부 공간의 감성 평가 도구가 잘 보이도록 하였다. 내부 공간은 조명 공간의 내부에는 광 확산 시트지를 붙여 조명이 균일하게 확산되도록 간접 조명을 이용하였다.

#### 3.5.2 축척 모형에 설치된 실험용 조명

이 연구에서는 6개의 축척 모형을 제작하여 5종류의 백색 LED 조명이 설치되었고, 한곳에는 형광등이 설치되었다. 설치된 모양은 그림 3과 같으며, 2개씩 비교하기 위해 각각 스위치로 제어하였다.

#### 3.5.3 실험용 조명 공간의 물리량 측정

축척 모형 공간의 조도를 일정하게 맞추기 위해 디지털 조도계(Konica Minolta, Model T-10)를 사용하였다. 축척 모형 공간에 실험 도구를 놓지 않은 상태에서 조도는 300[lx]로 맞추기 위해 모듈에 사용된 LED의 수로 조절하였으며, 밑바닥 중심부의 조도는 300±10[lx]로 일정하게 유지하였다.



그림 3. 실험용 조명의 실물(위쪽 왼쪽부터; MA1, MA2, MA3순, MC, MB, 형광등순)

### 3.5.4 수행 과제에 이용된 실험 도구

이 연구에 사용된 실험 도구는 우리 주변에서 흔히 볼 수 있는 캔, 색상지, 옷감, 비드공예, 크기가 다른 문자, 산업 안전 표시 마크이며, 선정 기준은 색에 대한 감성 평가를 정확하게 할 수 있도록 돕기 위해 다양한 색의 실험 도구를 선정하였다. 실험 도구는 그림 4와 같다.



그림 4. 실험에 사용된 도구

### 3.5.5 감성 평가 실험

이 연구에서는 2개씩 동시에 비교한 감성 평가 실험을 하기 위해 표 4와 같은 순서에 의해 실시하였다.

표 4. 동시 비교된 실험용 조명의 순서

순서	실험 조명			비교 조명		
	조명 종류	색온도	연색 지수	조명	색온도	연색 지수
1	MA1	3800	87(상)	형광등	6900	74(중)
2	MA2	5800	89(상)	형광등		
3	MA3	8300	87(상)	형광등		
4	MB	5500	79(중)	형광등		
5	MC	4600	65(하)	형광등		

### 3.5.6 감성 평가를 위한 실험 방법

실험용 조명을 설치하는 공간은 주변 조명의 영향을 받지 않도록 하기 위해 암실을 이용하였다.

피실험자는 1회 3명으로 제한하였으며, 실험에 앞서 실험에 대한 내용과 방법을 자세히 설명 들었으며, 실험에 앞서 암실에서 5분간 암순응을 한 후 실험에 참여하였다.

실험 장치는 피실험자의 눈높이 위치에 오도록 설치하였으며, 실험 장치와 피실험자와의 거리는 1.5m 간격을 두었다.

실험 순서에 의한 2개의 조명을 보고 비교한 뒤 피실험자가 느끼는 백색 LED 조명의 감성을 주관적

으로 평가하는 방법으로 5종류의 평가 실험을 하였으며, 실제 실험한 모습은 그림 5와 같다.



그림 5. 실험 대상자의 실험 모습

## 4. 결과 및 분석

### 4.1 자료 분석

수집된 자료는 Window용 SPSS(Ver. 12.0)을 이용하여 분석하였다. 이 연구에서의 종속 변수는 감성 평가 점수이며, 독립 변수는 광학적 특성으로 광학적 특성에는 색온도, 연색지수, 조도를 들 수 있는데, 이 연구에서는 조도를 300[lx]로 균일하게 유지함으로써 변수에서 제외시켰으며, 색온도와 연색지수만 변화시켰다.

### 4.2 조명 감성 평가 요인 분석

조명의 평가성을 묻는 10문항과 조명의 역량성(Potency)을 묻는 5문항, 전체 조명 감성이미지와 관련된 1문항을 선정하였다. 감성 평가 어휘에 대한 타당성을 알아보기 위해서 조명의 평가성 10문항을 요인 분석(주성분 분석)하였고, Varimax 회전법을 이용하여 회전시킨 결과 2개의 요인이 추출되었다. 추출된 요인은 다음과 같다.

제 1요인은 정감 있는, 편안한, 중후한, 자연스러운, 아름다운, 눈부심 없는 등 인간의 심리적 안정감을 평가하는 평가성 요인으로 구성되어 있어 「안정

감」으로 명명하였다.

제 2요인은 활기 있는, 선명한, 상쾌한, 뚜렷한 등 주로 조명의 시각적 현상을 평가하는 활동성 요인으로 구성되어 있어 「활동성」으로 명명하였다.

분석한 결과는 표 5와 같다.

표 5. 조명 환경 요인 분석

요인	평가 항목	요인 부하량	
		제 1요인	제 2요인
I (활동성)	활기 있다-활기 없다	-.030	.822
	선명하다-희미하다	.163	.785
	상쾌하다-불쾌하다	.100	.781
	뚜렷하다-흐릿하다	.080	.727
II (안정감)	정감이 있다-정감이 없다	.834	.105
	편안하다-불안하다	.789	.234
	중후하다-경박하다	.756	-.138
	자연스럽다-어색하다	.671	.376
	아름답다-추하다	.559	.472
	눈부심이 없다-눈부심이 있다	.500	-.020
고유값		2.95	2.885
분산(%)		29.468	28.811
누적(%)		29.468	58.279

표 6. 요인별 신뢰도 분석

변수명	측정 항목	요인명	문항수	알파값
X1	색이 선명하고 희미한 정도	활동성	4문항	.891
X2	상쾌하고 불쾌한 정도			
X3	글씨가 뚜렷하고 흐릿한 정도			
X4	활기 있고 활기 없는 정도			
X5	정감있고 정감없는 정도	안정감	6문항	.871
X6	편안하고 불안한 정도			
X7	중후하고 경박한 정도			
X8	자연스럽고 어색한 정도			
X9	아름답고 추한 정도			
X10	눈부심이 없고 있는 정도			
X11	강렬하고 은은한 정도	역량성	5문항	.703
X12	따스하고 시원한 정도			
X13	입체적이고 평면적인 정도			
X14	현대적이고 고풍스러운 정도			
X15	화려하고 수수한 정도			
전체			15문항	.806

### 4.3 신뢰도 분석

이 연구에서는 문항별 최종 측정 도구의 내적 일관성을 알아보기 위해 신뢰도 분석의 알파계수(Cronbach's alpha)를 이용하였는데, 전체 15개의 감성 평가 어휘에 대한 알파값이 0.806으로 어휘들 간의 내적 일관성이 있는 것으로 평가되었다.

이 15개의 어휘를 3개의 영역으로 나누어 신뢰도

분석을 한 결과로 「활동성」에서는 0.891로, 「안정감」에서는 0.871로, 「역량성」에서는 0.703으로, 평가되었다. 분석한 결과는 표 6과 같다.

### 4.4 실험용 광원의 광학적 측정 및 평가

실험 조명은 한국화학연구원에서 백색 LED용 형광 물질을 제공 받아 만든 시제품 조명 5종류와 비교

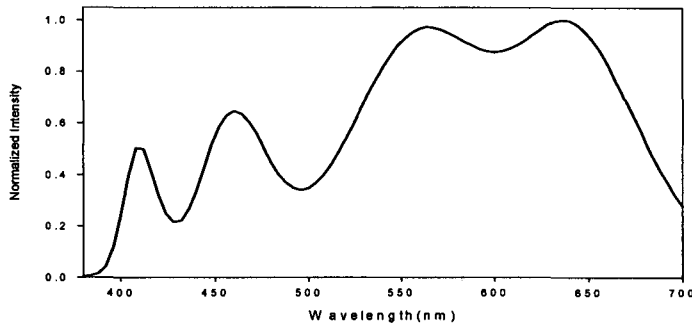


그림 6. 실험용 조명 MA1 모듈의 광 스펙트럼

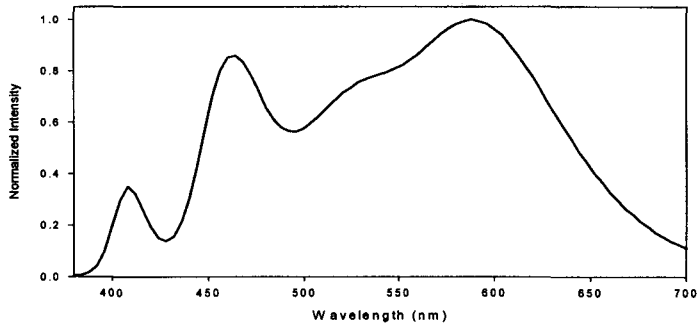


그림 7. 실험용 조명 MA2 모듈의 광 스펙트럼

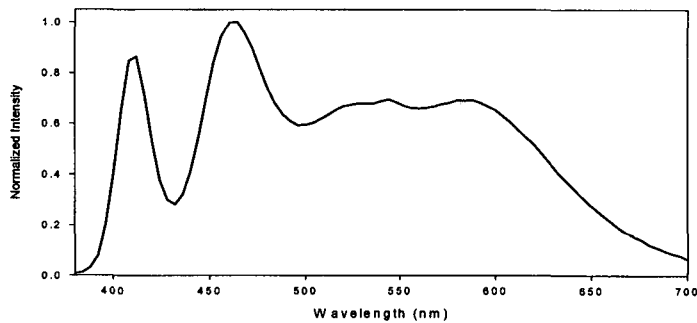


그림 8. 실험용 조명 MA3 모듈의 광 스펙트럼



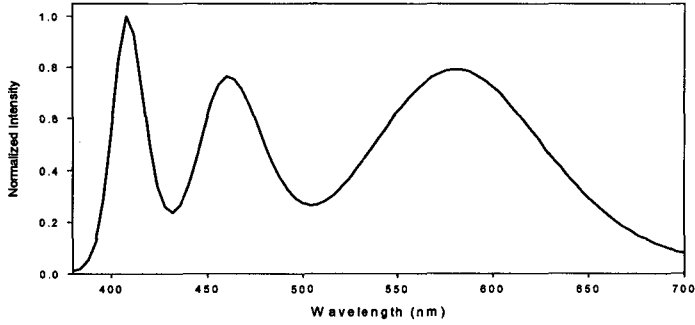


그림 9. 실험용 조명 MB 모듈의 광 스펙트럼

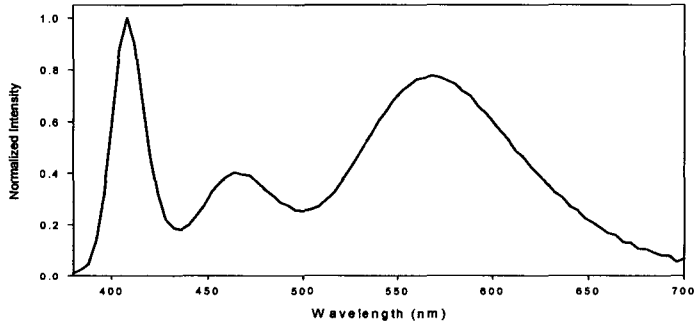


그림 10. 실험용 조명 MC 모듈의 광 스펙트럼

조명 형광등의 광학적 특성을 파악하기 위하여 한국 광기술원의 광학 측정 장비를 이용하여 측정하였다. 이 연구에서는 그 결과만을 이용하였으며, 측정된 실험 조명의 광 스펙트럼을 그림 6~그림 10과 같다.

#### 4.5 백색 LED 조명별 평균 SD특점에 의한 프로파일 분석

백색 LED 조명별 15개의 항목의 평균 SD특점을 가지고 프로파일 분석을 하였으며, 프로파일도는 그림 11과 같다.

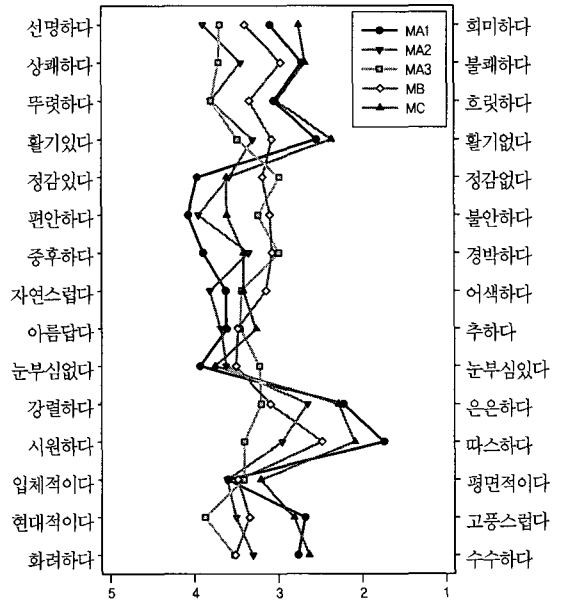


그림 11. 백색 LED 조명별 프로파일도

4.6 백색 LED 조명의 요인별 평가

백색 LED 조명에 대한 「활동성」 요인에서는 색온도가 높은 조명을 선호하는 것으로 나타났으며, 「안정감」 요인에서는 색온도가 낮은 조명을 선호하였다.

백색 LED 조명의 평가성 요인인 10개의 항목은 「활동성」과 「안정감」 요인을 합친 감성 평가로써, 실험 대상자들은 MA2>MA3>MA1>MC>MB 조명 순으로 평가하였다.

5가지의 실험 조명에 대한 요인별 감성 평가는 표 7과 같다.

백색 LED 조명의 「역량성」 요인에 해당되는 5개의 항목으로 그림 12와 같다.

실험 대상자들은 MA3 조명을 강렬하고, 시원하며, 현대적이고, 화려한 느낌을 주는 조명으로, MC 조명을 은은하고 수수한 느낌을 주는 조명으로 평가하였다.

즉, 색온도가 높으면 강렬하고 시원하며 현대적이고 화려한 조명으로, 낮으면 은은하고 따스하며 고풍스러운 조명으로, 연색 지수가 낮을수록 수수한 조명으로 평가하였다.

「감성이미지」 요인에서는 MA2>MA3>MA1>MB>MC 순으로 평가하였으며, 각 조명별 평가는 그림 13과 같다.

4.7 백색 LED 조명의 색온도에 따른 감성 평가

백색 LED 조명인 MA1(3800K), MA2(5800K), MA3(8300K)을 가지고 색온도에 따른 감성 평가 차이를

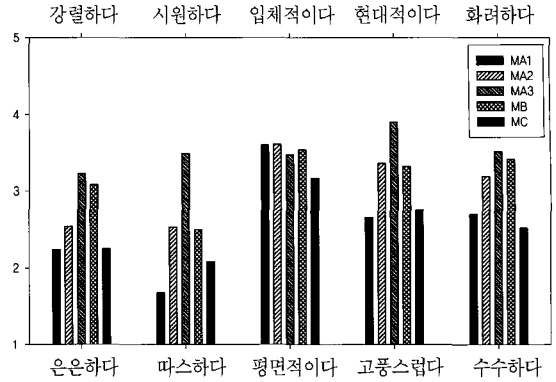


그림 12. 조명별 「역량성」 요인의 평가

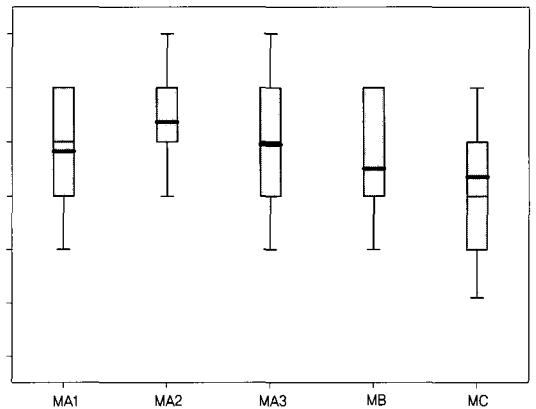


그림 13. 각 조명별 「감성이미지」 요인의 평가

알아보았다. 종속 변수는 감성 평가이며, 독립 변수는 색온도이다.

활동성, 안정감, 역량성, 감성이미지의 4개의 요인으로 분류하여 분산 분석하였으며, 집단간 평균의 차이가 존재하므로 Scheffe을 이용한 사후검정을 실시하였다.

백색 LED 조명에 있어서 색온도에 따른 학생과

표 7. 백색 LED 조명에 대한 요인별 감성 평가

	MA1		MA2		MA3		MB		MC	
	S	SD	S	SD	S	SD	S	SD	S	SD
활동성	2.87	.999	3.55	1.126	3.70	1.124	3.27	1.118	2.90	1.053
안정감	3.67	1.084	3.97	.758	3.43	.890	3.17	1.092	3.55	1.096
평가성	3.27	1.04	3.76	0.94	3.56	1.01	3.22	14.11	3.23	1.07

표 8. 색온도에 대한 4개 요인별 분산 분석

항목	조명	N	S	SD		제공합	자유도	평균 제공	F	유의 확률	사후검정(Scheffe)			
											조명모듈 (I)	조명모듈 (J)	평균차 (I-J)	유의 확률
활동성	MA1	120	11.15	2.77	집단-간	833.117	2	416.558	40.840	.000	MA1	MA2	MA2	.137
												MA3	-.975(*)	.000
	MA2	120	13.99	3.27	집단-내	3641.283	357	10.200			MA2	MA2	MA1	.137
												MA3	-.317	.072
MA3	120	14.66	3.50							MA3	MA3	MA1	.137	
											MA2	.317	.072	
합계	360	13.27	3.53	합계	4474.400	359								
안정감	MA1	120	22.64	4.25	집단-간	677.672	2	338.836	19.572	.000	MA1	MA2	.633	.500
												MA3	3.175(*)	.000
	MA2	120	22.01	3.69	집단-내	6180.450	357	17.312			MA2	MA1	-.633	.500
												MA3	2.542(*)	.000
MA3	120	19.47	4.50							MA3	MA1	-3.175(*)	.000	
											MA2	-2.542(*)	.000	
합계	360	21.37	4.37	합계	6858.122	359								
역량성	MA1	120	13.42	2.59	집단-간	778.539	2	389.269	60.018	.010	MA1	MA2	-1.91	.000
												MA3	-3.60(*)	.000
	MA2	120	15.33	2.50	집단-내	2315.458	357	6.486			MA2	MA1	.191	.000
												MA3	-1.69	.000
MA3	120	17.02	2.54							MA3	MA1	3.60*	.000	
											MA2	1.69	.000	
합계	360	15.25	2.94	합계	3093.997	359								
감성 이미지	MA1	120	4.83	1.27	집단-간	19.306	2	9.653	6.144	.002	MA1	MA2	-.542(*)	.004
												MA3	-.125	.742
	MA2	120	5.37	1.14	집단-내	560.892	357	1.571			MA2	MA1	.542(*)	.004
												MA3	.417(*)	.037
MA3	120	4.95	1.34							MA3	MA1	.125	.742	
											MA2	-.417(*)	.037	
합계	360	5.05	1.27	합계	580.197	359								

\* .05 수준에서 평균차가 크다.

교사의 감성 평가에 대한 결과이다.

- ① 「활동성」 요인에 있어서 색온도에 대한 감성 평가는 색온도 8300K인 조명이 상쾌하며, 뚜렷하고, 활기 있는 조명으로, 5800K인 조명을 선명한 조명으로 평가하였다.

즉, 「활동성」 요인에서는 8300K>5800K>3800K 순으로 평가를 하였는데 색온도가 높을수록

더 높은 평가를 하였다.

- ② 「안정감」 요인에 있어서 색온도에 대한 감성 평가는 색온도 낮은 3800K인 조명은 정감 있으며, 편안하고, 중후하며 눈부심 없는 조명으로 평가가 되었으며, 5800K 조명은 편안한 조명으로만 평가하였다.

즉, 「안정감」 요인에서는 색온도가 3800K>5800K>8300K 순으로 평가하였으며, 즉 색온

표 9. 연색지수에 대한 4개 요인별 분산 분석

항목	조명	N	S	SD		제공합	자유도	평균 제공	F	유의 확률	사후검정(Scheffe)			
											조명모듈 (I)	조명모듈 (J)	평균차 (I-J)	유의 확률
활동성	MA2	120	13.99	3.27	집단-간	647.756	2	323.878	29.040	.000	MA2	MB	1.53(*)	.002
												MC	3.28(*)	.000
	MB	120	12.46	3.76	집단-내	3981.575	357	11.153			MB	MA2	-1.53(*)	.002
												MC	1.75(*)	.000
	MC	120	10.71	2.94							MC	MA2	-3.28(*)	.000
MB												-1.75(*)	.000	
합계	360	12.39	3.59	합계	4629.331	359								
안정감	MA2	120	22.01	3.69	집단-간	526.517	2	263.258	13.840	.000	MA2	MB	2.91(*)	.000
												MC	.97	.230
	MB	120	19.10	4.72	집단-내	6790.583	357	19.021			MB	MA2	-2.91(*)	.000
												MC	-1.94(*)	.003
	MC	120	21.04	4.60							MC	MA2	-.97	.230
MB												1.94(*)	.003	
합계	360	20.72	4.51	합계	7317.100	359								
역량성	MA2	120	15.23	2.65	집단-간	622.939	2	311.469	40.901	.000	MA2	MB	-.60	.244
												MC	2.44(*)	.000
	MB	120	15.82	2.94	집단-내	2718.617	357	7615			MB	MA2	.60	.244
												MC	3.04(*)	.000
	MC	120	12.78	2.68							MC	MA2	-2.44(*)	.000
MB												-3.04(*)	.000	
합계	360	14.61	3.05	합계	3341.556	359								
감성 이미지	MA2	120	5.37	1.14	집단-간	71.039	2	35.519	19.229	.000	MA2	MB	.858(*)	.000
												MC	1.008(*)	.000
	MB	120	4.51	1.44	집단-내	659.450	357	1.847			MB	MA2	-.858(*)	.000
												MC	.150	.694
	MC	120	4.36	1.47							MC	MA2	-1.008(*)	.000
MB												-.150	.694	
합계	360	4.74	1.43	합계	730.489	359								

\* .05 수준에서 평균차가 크다.

도가 낮을수록 더 높은 평가를 하였다.

- ③ 「역량성」 요인에 있어서 색온도에 대한 감성 평가는 강렬하고 현대적이며 화려한 조명으로는 색온도가 높은 8300K인 조명이, 따스한 조명으로는 색온도가 낮은 3800K인 조명을 선호 하였다.

「역량성」 요인에서는 색온도가 8300K>5800K>3800K 순으로 평가하였다.

- ④ 「감성이미지」 요인에 있어서 색온도에 대한 감성 평가는 5800K>8300K>3800K 순으로 평가하였는데, 이는 형광등의 색온도에 익숙 해 있으며, 우리 나라의 경우는 청색 계통을 선호(이승희 외, 1996)하는 것과 관련이 있는 것으로 사료된다.

#### 4.8 백색 LED 조명의 연색지수에 따른 감성 평가

백색 LED 조명인 MA2(89), MB(79), MA3(65)을 가지고 연색지수에 따른 감성 평가 차이를 알아보았다. 종속 변수는 감성 평가이며, 독립 변수는 연색지수이다.

활동성, 안정감, 역량성, 감성이미지의 4개의 요인으로 분류하여 분산 분석하였으며, 집단간 평균의 차이가 존재하므로 Scheffe를 이용한 사후검정을 실시하였다.

백색 LED 조명에 있어서 연색 지수에 따른 학생과 교사의 감성 평가에 대한 결과이다.

- ① 「활동성」 요인에 있어서 연색 지수에 대한 감성 평가는 연색 지수  $89 > 79 > 65$  순으로 평가하였는데, 선명하고 상쾌하며 뚜렷하고 활기 있느냐 하는 시각적 현상을 평가하는 「활동성」 요인에서는 고연색 지수 조명을 높게 평가한 것으로 나타났다.
- ② 「안정감」 요인에 있어서 연색 지수에 대한 감성 평가는 연색 지수  $89 > 65 > 79$  순으로 평가하였는데, 고연색 지수 조명은 편안하고, 자연스러우며 아름다운 조명으로 평가하며, 저연색 지수 조명은 중후한 조명으로 평가하였다.
- ③ 「역량성」 요인에 있어서 연색 지수에 대한 감성 평가는 연색 지수가  $79 > 89 > 65$  순으로 평가하였는데, 고연색 지수 조명은 입체적이고 현대적이며 시원한 느낌을 주는 조명으로, 중연색 지수는 조명은 강렬하고 화려한 조명으로, 저연색 지수 조명은 은은하고, 따스한 느낌을 주며, 고풍스럽고, 수수한 조명으로 평가하였다.
- ④ 「감성이미지」 요인에 있어서 연색 지수에 대한 감성 평가는 연색 지수가  $89 > 79 > 65$  순으로 평가하였는데 고연색 지수 조명을 선호하는 것으로 나타났다.

## 5. 결론

이 연구는 교실 조명을 위한 백색 LED 조명의 광학적 특성을 분석하고 학생과 교사를 대상으로 그 특성에 따라 백색 LED 조명에 대한 감성 반응을 평가하는 데 있다. 백색 LED 조명에 있어서 색온도와 연색지수에 따른 학생과 교사의 감성을 알아본 결과는 다음과 같다.

### 5.1 백색 LED 조명의 색온도에 따른 학생과 교사의 감성 평가

- 1) 활동성 요인에서는 색온도가  $8300K > 5800K > 3800K$  순으로 평가하였으며, 색온도가 높을수록 더 높게 평가하였다.
- 2) 안정감 요인에서는 색온도가  $3800K > 5800K > 6500K$  순으로 평가하였으며, 색온도가 낮을수록 더 높게 평가하였다.
- 3) 역량성 요인에서는 색온도가  $8300K > 5800K > 3800K$  순으로 평가하였으며, 색온도가 높을수록 더 높게 평가하였다.
- 4) 감성이미지 요인에서는 색온도가  $5800K > 8300K > 3800K$  순으로 평가하였으며, 색온도와는 관련 없이 청색 계통을 선호하였다.

### 5.2 백색 LED 조명의 연색 지수에 따른 학생과 교사의 감성 평가

- 1) 활동성 요인에서는 연색 지수가  $89 > 79 > 65$  순으로 평가하였으며, 고연색 지수 조명을 높게 평가하였다.
- 2) 안정감 요인에서는 연색 지수가  $89 > 65 > 79$  순으로 평가하였으며, 고연색 지수 조명은 편안하고, 자연스러우며 아름다운 조명으로 평가하며, 저연색 지수 조명은 중후한 조명으로 평가하였다.
- 3) 역량성 요인에서는 연색 지수가  $79 > 89 > 65$  순으로 평가하였으며, 고연색 지수 조명은 입체적

이고 현대적이며 시원한 느낌을 주는 조명으로, 중연색 지수 조명은 강렬하고 화려한 조명으로, 저연색 지수 조명은 은은하고, 따스한 느낌을 주며, 고풍스럽고, 수수한 조명으로 평가하였다.

4) 감성이미지 요인에서는 연색 지수가 89 > 79 > 65 순으로 평가하였으며, 고연색 지수 조명을 높게 평가하였다.

이상의 결과에서는 학교 교실 조명에 적용시킬 감성 연구로만 제한하여 연구를 수행하였기 때문에 일반 조명에 대한 감성 연구가 지속적으로 필요하다.

### 참고문헌

[1] 박주석, 유순재, 문형대(2003), LED용 형광체 기술 현황 및 전망, 조명·전기설비학회지, 17(5), 31-40.  
 [2] 윤혜림(2002), 조명의 조도 및 색온도 제어에 의한 실내 두 공간의 공간감 변화, 조명·전기설비학회지, 33(1), 83-89.

[3] 조정남, 최병숙, 신강욱, 김성수, 최홍규(2001), 광속법에 의한 조도계산에 있어서 실지수 0.6이하에서의 조명을 적용에 관한 연구, 한국조명·전기설비학회, 101-107.  
 [4] 한국표준과학연구원(2002), 주거/사무 환경 제시 및 측정 시스템 개발, 과학기술부.  
 [5] 홍창희(2003), 반도체 조명을 위한 고휘도 LED 기술, 전북대학교 반도체물성연구소.  
 [6] KETI 기술기획실(2005), 백색 LED 산업동향, 전자부품연구원, KETI 기술 기획실.

원고접수 : 2006. 10. 13.  
 수정접수 : 2006. 11. 18.  
 게재확정 : 2006. 11. 30.