

# LED 조명에 의한 색채 변이량 평가 (A Study for assessment of color difference by LED lighting)

정승균\* · 김현지 · 김 훈  
(Seung-Gyun Jung · Hyun-Ji Kim · Hoon Kim)

## 요 약

LED 광원이 일반 조명용으로서 실내조명의 적용도가 증가하면서, LED에 대한 환경적합성 평가의 필요성이 점차 증가하고 있다. 이러한 평가는 LED 조명에서 일반적으로 거론되어지는 광량이나 글레어 발생문제 외에도 조명의 분광분포 특성에 의해 발생하는 색의 보임 차이나 분위기의 변화 등 여러 가지 측면에서 또한 이루어져야 한다. 본 논문에서는 기존광원과 LED 광원간의 색보임의 차이를 위한 실험실을 구축하고 기존 조명과 LED간의 색차를 평가, 분석하였다.

## 1. 서 론

장수명, 저전력 소모 등의 LED 광원 특성에 의해 최근에는 백열램프 또는 콤팩트 형광램프를 대체하는 LED 램프가 많이 개발되어 시중에 유통되어지고 있다.

LED의 경우 발광방식이 백열램프나 형광램프와 같은 기존 광원과는 확연한 차이를 가지고 있으며, 이에 따라 기존 광원에서는 찾아 볼 수 없었던 특징들을 보이고 있다.

이러한 특성들 중 가장 큰 한 가지는 LED의 분광분포라 할 수 있다. 청색 LED와 형광체를 주로 활용하는 백색 LED의 경우 분광 스펙트럼 상에서 최대 피크치가 황색과 청색의 두 영역에서 발생한다. 이러한 분광분포는 일반적으로 사용되는 형광등과 백열광원의 특성과는 판이하게 다른 것이며, 이에 따라 LED 조명에 의한 물체의 색보임은 기존 광원들과 큰 차이를 가질 수가 있다. 광원의 분광분포에 의해 색보임의 차이가 심하게 발생할 경우 해당 광원을 사용하는 이용자들에게 거부감을 발생시킬 수 있으며, 시작업의 종류에 따라서 해당 광원을 적용할 수 없는 분야가 발생할 수도 있다. 따라서 신광원으로서 적용 범위가 점차 증가하는 LED 광원과 기존 광원과의 색차 평가를 통해 기존 광원과의 색차가 얼마나 발생하는지에 관한 연구가 요구되고 있다.

본 논문에서는 이러한 LED 광원의 색차 평가를 위해 실험실을 구성하고 이에 대한 연구를 수행하였다.

## 2. 본 론

### 2.1. 색 편차 평가 실험실의 구성

그림 1은 색편차 평가 실험실의 모습을 보이고 있다.

실험실은 높이 1.8m, 폭 2m, 깊이 2m로 제작되었으며, 실험실 실내에는 피험자의 색 평가 능력에 대해 영향을 끼치지 않도록 먼셀기호 N5의 무채색을 적용 하였다[1].

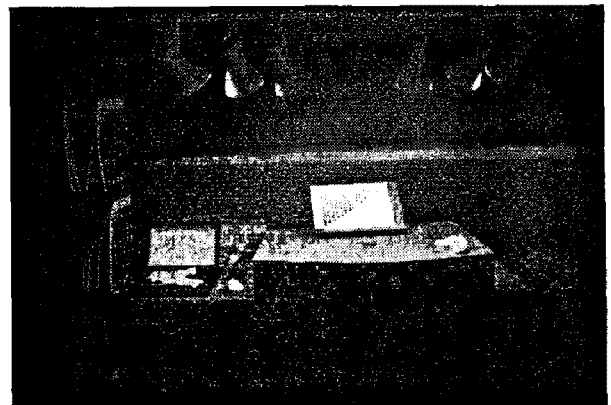


그림 1 색 평가 실험실

평가 광원은 백색 LED 1종, 백색 형광등 1종, 주광색 형광등 1종으로 예비실험을 진행하였으며, 본 실험에서는 주광색 LED 2종, 전구색 LED 2종, 백열광원 1종, 주광색 형광램프 1종 및 백색 형광램프 1종, 총 7종의 광원을 이용하여 색차를 평가하였다.

그림 2에는 기준 색표의 형태를 보이고 있다. 평가하고자 하는 기준 색표는 평균 연색 평가수 8색과 특수 연색평가수의 6색(서양인의 피부색 제외) 총 14색으로 평가색과 최대한 동일한 색지를 측정 을 통해 선택하여 피험자 2° 시야 크기로 제작하였다.

비교 색표의 경우 평가 테이블 상에 피험자의 2° 시야 크기에 해당하는 구멍을 뚫고 색지를 밑에 넣어 비교해 볼 수 있도록 하였으며, 총 5000여 가지의 색상으로 구성된 먼셀 시스템 북을 비교 색표로서 사용 하였다.

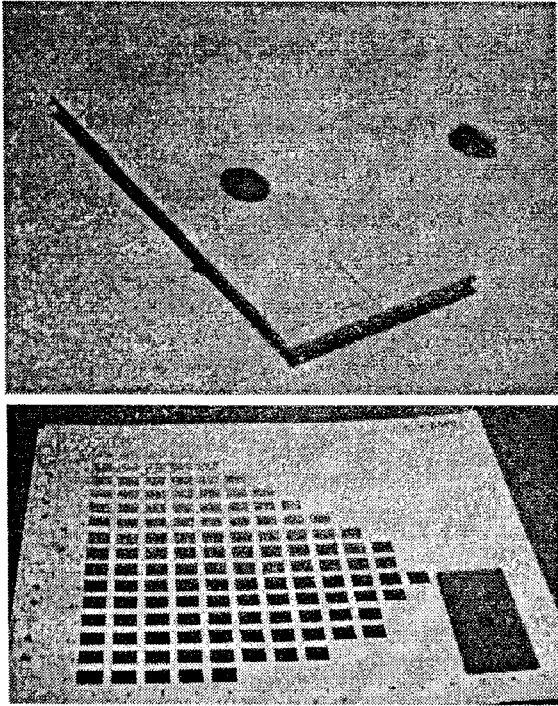


그림 2 기준색표와 비교 색표지

## 2.2 색 편차 평가 예비실험

이상의 구성된 실험 환경 하에서 예비실험을 수행하였다. 예비실험의 목적은 기존 광원과 LED간의 색차가 발생하는지에 대한 여부 확인이며, 총 피험자는 8명으로 구성되었다. 피험자들은 평가실에 입실하여 해당광원에 순응한 후 비교 색지를 평가 테이블 밑에 넣어 기준 색표와 최대한 동일한 색을 가지는 것을 선택하는 것으로 실험이 이루어 졌으며, 이외 실험의 조건들은 KSA 0000 표면색 비교법에 의거하여 실험을 수행하였다.[2]

피험자가 평가하는 광원은 LED와 형광램프로 구성된 총 3종의 조명기구이며, 기준 색표는 14색 중 6색을 선택하여 평가를 수행하였다. 피험자가 선택한 색표는 먼셀 기호를 기록한 후에 색차측색계를 이용 Lab 값을 측정하여 정량적인 색차량을 계산할 수 있도록 하였다. 표 1에 이러한 실험 조건을 나타내고 있으며 그림 3에는 색차 평가 시험 모습을 보이고 있다.

표 1 예비실험 조건

광원구성		
백색 LED 4000(K)	백색 형광램프 3600(K)	주광색 형광램프 5400(K)
광원에 의한 평가 테이블 표면 조도(lx)		
평균 500lx 이상		
기준 색표의 먼셀 기호		
6R 04/09(실제 측정 값 7.5R 4.6/9.6)		
7G 05/10(실제 측정 값 5.7G 5.8/9.1)		
2P 02/06(실제 측정 값 4.2P 3.5/3)		
6Y 09/10(실제 측정 값 5.5Y 8.6/9.3)		
4G 04/10(실제 측정 값 4.9G 4.6/6.7)		
1YR 6/4(실제 측정 값 1.2YR 8.2/4.5)		

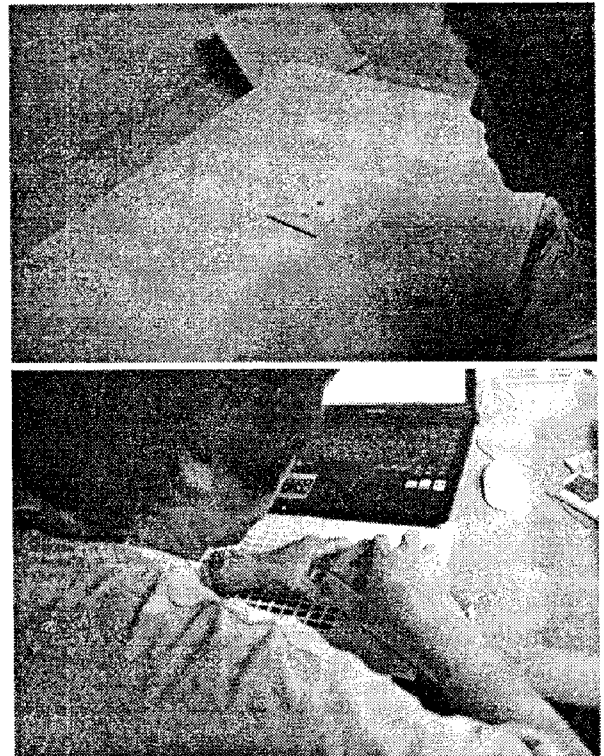


그림 3 예비실험 모습과 선택색의 Lab 측정

## 2.3 예비실험 결과분석

평가 및 측정이 완료된 결과물들은 크게 두 가지 방식으로 분석이 수행되었다. 첫 번째로 기준 광원이라 할 수 있는 D65의 LCh 값들과 각 광원들과의 LCh 값들 간의 비교가 이루어졌으며, 이후 형광램프와 LED간의 색차  $\Delta E$ 를 계산하였다. 그림 4에는 분석 1에 의해 나타난 LCh 그래프를 보이고 있으며, 그림 5에는 LED 광원과 형광램프간의 색차를 각 평가색들에 대해서 나타내고 있다. 식 1에는 색차량  $\Delta E$ 의 계산식을 보인다.[3]

$$\Delta E = \sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2} \quad (1)$$

$\Delta L$  : 두 색간의 밝기차

$\Delta a$  : 두 색간의 red-green 정도

$\Delta b$  : 두 색간의 yellow-blue 정도

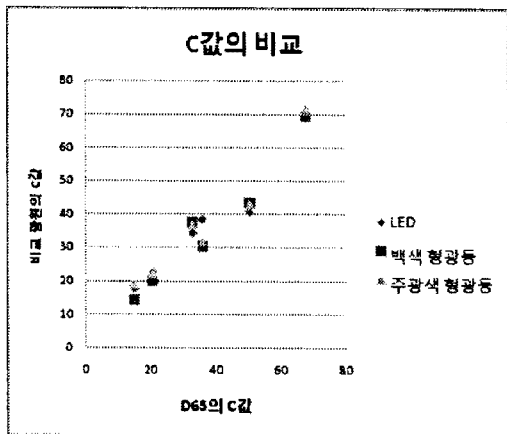
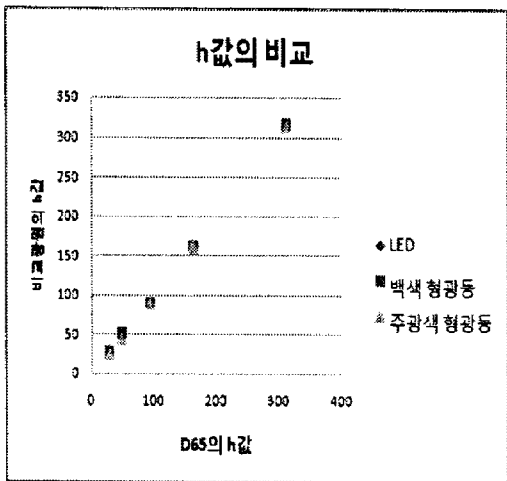
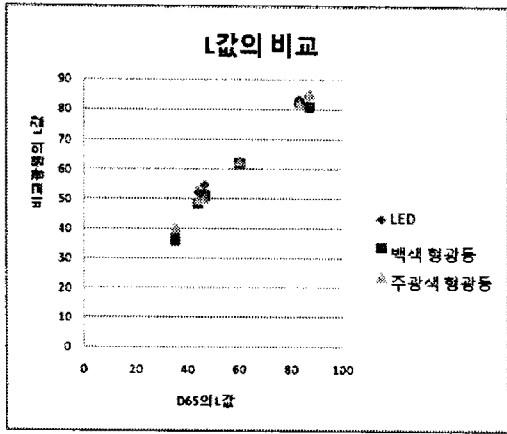


그림 4 예비실험 모습과 선택색의 Lab 측정

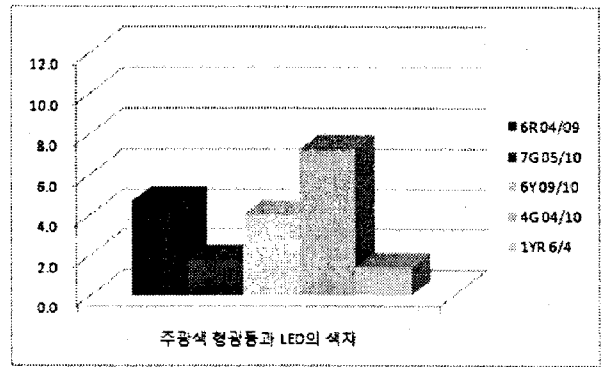
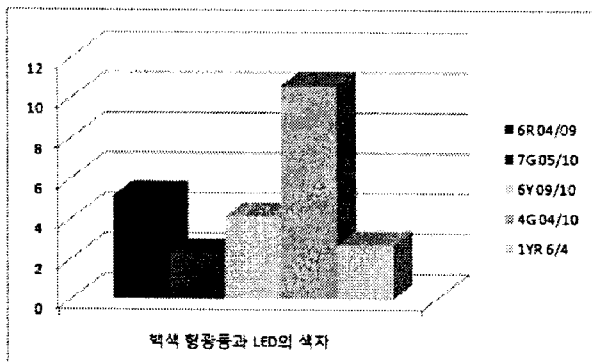


그림 5 LED와 형광등간의 색차량 비교

데이터들의 비교 결과 D65와 광원들 간의 LCh 그래프의 경우 색의 밝기 L과 채도 C에서는 각 광원들의 편차가 발생하는 것을 관찰 할 수 있었지만, 색상 h는 거의 유사한 것으로 나타났다. 또한 LED 광원과 형광램프간의 색차량( $\Delta E$ ) 비교에서는 백색 형광램프와 주광색 형광램프에서의 결과 추세는 유사하게 나타났지만, 최대 색차량( $\Delta E$ )에 있어서는 실험에 사용한 LED 광원과 유사한 색을 가지는 백색 형광램프에서 녹색계의 색차가 더 크게 발생한다는 것을 알 수 있었다.

### 2.3 본 실험의 구성

예비실험을 통하여 기준 광원(D65)과 LED광원 및 각 광원들 간의 밝기값(L)과 채도값(C)에서 차이가 발생한다는 것을 확인하였으며, 기존 광원과 LED에서의 색차량 또한 크게 발생한다는 것을 알 수 있었다.

이에 따라서 피험자 수와 비교 광원, 평가색 수를 증가시켜 본 실험을 구성하고 실험을 수행하였다.

표 2에는 본 실험의 구성요소를 나타내고 있다.

표 2 본실험 조건

평가광원	
LED	주광색 2종 5400(K)
	전구색 2종 3100(K)
백열램프	1종 2600(K)
형광램프	주광색 1종 5400 (K)
	백색 1종 3600(K)
평가색표의 먼셀기호(실제 측정값)	
4.9Y 8.7/6.7	2.5G 5.9/4/6
9.4BG 5.1/5.5	10P 5.8 4.9
4.6R 4.2/6.1	2.7PB 4.4/7.5
5.3GY 5.3/4.2	5.7G 5.8/9.1
5PB 7.6/4.2	7.5R 4.6/9.6
2.7P 6.4/6.8	5.5Y 8.6/9.3
4.9G 4.6/6.7	1.2YR 8.2/4.5

### 3. 결 론

본 논문에서는 LED 광원을 일반 조명용 기구에 적용할 경우 기존 광원에서는 느낄 수 없었던 색보임의 차이와 기존 광원과의 광색차를 비교, 평가하였다.

예비실험에서는 LED 및 기존 광원(형광램프)과 기존 광원 D65간에서 발생하는 색좌표(LCh)의 차이를 평가 분석하였으며, 이와 더불어 기존광원(백색, 주광색 형광등)과 LED간의 색차량을 주관평가하여 분석하였다. 데이터의 분석결과 각 광원들간의 색상(h) 차이는 미비하게 발생하며, 큰 차이는 밝기(L) 및 채도(C)에서 발생한다는 것을 알 수 있었다. 또한, LED 광원과 형광램프간의 비교에서 색차량이 매우 크게 발생하였으며, 가장 큰 색차는 녹색계통에서 발생함을 알 수 있었다. 이러한 결과는 LED의 백색광 생성과정에서 녹색계의 파장대의 결핍이 원인으로 작용했을 것이라 짐작할 수 있다.

현재는 예비실험을 바탕으로 실험조건을 확장한 본실험이 완료단계에 있으며, 곧바로 분석에 들어가 이후에는 본 실험에 의한 결과 데이터 및 LED에 의한 조명환경에서의 색보임에 대한 평가에 관한 연구 결과를 발표할 것이다.

이러한 평가실험은 LED 광원의 일반 조명 적용에 있어 기반을 마련하는 것으로서 앞으로 크게 증가할 LED 조명의 활용도를 생각해 볼 때 이는 필수적으로 요구되는 것이라 할 수 있다.

본 연구는 산업자원부의 산업기술기반조성사업 표준 기술력향상 과제의 일환인 “LED 표준화 사업”의 지원에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다.

#### 참 고 문 헌

- [1] 최승영, 정규수, 송인춘, 이진숙 : 조명광원색이 실내공간에 미치는 영향평가, 대한건축학회 추계학술발표대회 논문집 pp317-320(1996. 10)
- [2] KS A 0065, 표면색의 시각 비교 방법, (2005. 11)
- [3] Commission International de l'Eclairage(CIE) : Recommendations on Uniform Color Spaces, Color Difference Equarions, Psychometrics Color terms, Supplement No. 2 CIE publication No 15(1978)