

자연광과 LED조명색채 비교분석을 통한 가을빛 LED감성조명 색채 연구

(A Study on the Autumn LED Emotional Lighting Color through the comparative analysis
of the Daylighting and LED Lighting Color)

양정순*

(Jung-Soon Yang)

Abstract

The purpose of this study is the realization of LED light environment closely resembling the Autumn daylight which people feel comfortable with. This research was conducted through an optical experiment and Emotional evaluation through human's eyes. Human beings are affected by the color of light, quality and light intensity. Unlike the past when human beings have worked mainly in daylight, the urbanites today spend most of the time in indoor spaces. Therefore, the artificial light is needed to strive toward a spectrum of daylight. This study is purposed to provide the pleasant light environment for human beings and build its database. This study course is expected to contribute to the new design methodology of the related fields under the development of the LED emotional lighting color.

Key Words : Lighting Color, LED Lighting Color, Emotional Lighting, Daylight

1. 서 론

인간은 오랜 기간 자연광에 영향을 받으며 살아왔다. 또한 인간은 자연광 아래에서 보는 대상의 색을 가장 자연스럽게 느낀다. 인공광 개발의 최고의 목표는 빛의 질과 색이 자연광과 가장 유사해지는 것이다. 백열등 개발을 시작으로 인공광을 자유롭게 이용하

게 되었고, 끊임없는 기술개발로 다양한 광원을 사용할 수 있게 되었다. 15여년전만해도 미래 광원이라 불리던 LED조명이 2010년 현재 국가전체 2.5[%], 지자체기관 14[%] 공공기관 8[%]의 비율로 LED조명이 사용되고 있다. 또한 정부에서는 저탄소 녹색성장 정책의 방안 중 하나로 2020년까지 60[%]의 LED조명 사용 비율로 높이겠다는 계획을 갖고 있다[1]. 그러나 LED조명기구 사용의 양적인 측면과 LED광원의 광량, 수명, 유지관리 그리고 에너지 효율 등의 기술적 측면은 괄목할 만한 성장이 있으나 실제 건축환경 공간에 적용할 수 있는 LED빛 환경의 컨텐츠, 색채, 연색성 등의 심미성을 고려한 질적인 측면의 개발은 미흡한 실정이다.

* 주저자 : 이화여자대학교 색채디자인연구소
조명색채분야 연구원

Tel : 02-3277-4609, Fax : 02-3277-3730

E-mail : yjsworld@hotmail.com

접수일자 : 2011년 8월 9일

1차 심사 : 2011년 8월 13일, 2차 심사 : 2011년 9월 15일

심사완료 : 2011년 10월 20일

기존에 주로 사용하던 단일색의 형광램프나 백열램프와 달리 LED조명은 RGB소자의 조합의 점등 효과로 다양한 색을 구현할 수 있다는 장점이 있다. 그러나 과도한 고채도의 색사용으로 공간 이용자들에게 시각적 불쾌감과 불편함을 주는 경우가 많다.

빛은 시각의 조형적 측면에서뿐만 아니라 심리적·생리적 측면에서도 인간과 밀접한 관련이 있다. 이러한 빛의 중요성에 대한 인식과 LED조명의 다양한 색채의 연출기술 개발에 따라 국내에서는 인간의 감성을 고려한 조명연출, 즉 감성조명 관련 연구와 조명기기가 상품화되고 있으나 체계적인 감성조명색채 관련 기반 연구가 부족한 실정이다. LED감성조명 색채와 관련된 체계적인 연구방법이 필요하다. 인공광이 개발된 이래로 인간은 최고의 광원인 자연광과 유사한 광원을 개발하기 위해 노력해왔다. 기술적 양적으로 급성장을 하고 있는 LED조명의 질적인 성장이 수반되어야 한다.

본 연구는 자연광을 기준으로 LED감성조명 색채를 제시하여 자연광에 맞추어 진화되어 생활하는 인간에게 가장 쾌적한 LED 빛의 색채를 제시하고자 한다. 특히 가을 자연광과 LED조명 색채 비교를 통해 ‘가을빛’¹⁾ LED감성조명 색채를 도출하여 데이터베이스로 활용됨을 목적으로 한다. 또한 이러한 연구과정은 LED조명색채 개발의 새로운 디자인 방법론으로 관련 분야에 기여할 것으로 기대한다.

2. 이론적 고찰

2.1 자연광

자연광이 보여주는 아름다운 경치는 시시각각 변화하는 시간의 흐름에 따른 빛의 변화에 있다. 우리가 생활하는 환경은 24시간을 주기로 밤과 낮, 그리고 계절에 따른 빛의 리듬을 가지고 있으며, 이는 인간을 포함한 자연 생물의 체내(體內)리듬을 갖게 한다²⁾[2]. 빛은 인간에게 심리적, 생리적, 물리적으로 영향을 미친

다[3]. 빛의 색과 질, 강도에 따라 인간의 행태가 변화되는 것도 이 때문이다. 실외 자연광 아래에서 주로 활동하던 과거와 달리 실내공간에서 대부분의 시간을 보내는 도시인들에게 자연광 스펙트럼은 인공광원이 지향해야할 지침이다.

같은 백색광이라도 자연광과 인공광원 아래에서 물체색이 다르게 보인다. 반대로 빛의 스펙트럼 상태가 다른 광원의 빛환경에서 특정한 조건에서 같은 색으로 보이는 경우가 있다. 이를 연색성과 조건등색이라 한다[4]. 우리가 가시적으로 느끼는 빛과 반사된 물체의 색의 관계에 관한 정확한 연구를 위해서는 빛의 스펙트럼 분석이 수반되어야 한다.

2.2 LED조명색채

LED조명은 Red, Green, Blue의 조합을 통한 Full color LED조명과 색온도 차에 의한 White계열 LED조명이 있다. 일반 실내조명용 LED로 사용되는 백색계열 LED조명의 빛을 얻는 법 또한 Full color LED조명과 White계열의 칩을 사용하는 두 가지 방법이 있다. 하나는 RGB의 LED를 적절한 비율로 점등하는 것이고 다른 하나는 Blue 또는 near-UV LED에 형광체를 추가하여 백색계열의 빛을 얻는 방법이다[5]. 그러나 RGB LED와 White계열의 칩의 균형 있는 조합을 통한 백색광이 RGB LED조합에 의한 백색조명보다 연색성이 높다[6]. 다양한 광색의 소자의 조합에 의한 LED조명방법은 다양한 스펙트럼의 빛을 구현할 수 있게 하였다[7]. LED조명은 다양한 색상, 작은 크기 및 유연한 발광모듈을 적용할 수 있으므로 기존 인공광과 달리 창조적이고 다양한 공간연출이 가능하며 풍부한 경험의 장을 제공할 수 있다[8].

2.3 LED감성조명

감성조명은 인간의 심리 생리적인 특성과 문화, 환

1) 본 연구에서 사계절 중 가을의 자연광과 LED조명 색채 비교 분석을 통해 도출된 LED조명색채를 ‘가을빛’ LED감성조명이라 명명하였다.

2) 순환리듬(Circadian rhythm)에 의한 24주기를 조절하는 호르몬중 하나인 멜라토닌은 어두움 정도에 따라 증감하며 신체 전반의 기능이 조화를 이루도록 체내 리듬조절 및 수면, 안정의 촉진기능을 한다.

경, 경험 등을 고려한 빛의 색(color, color temperature) · 양(brightness) · 질(color rendering index) · 조명 방법의 변화를 통해 공간의 목적에 맞는 다양한 조명 연출을 통하여 그 공간을 이용하는 사람의 삶의 질을 높일 수 있는 조명방법이다[9].

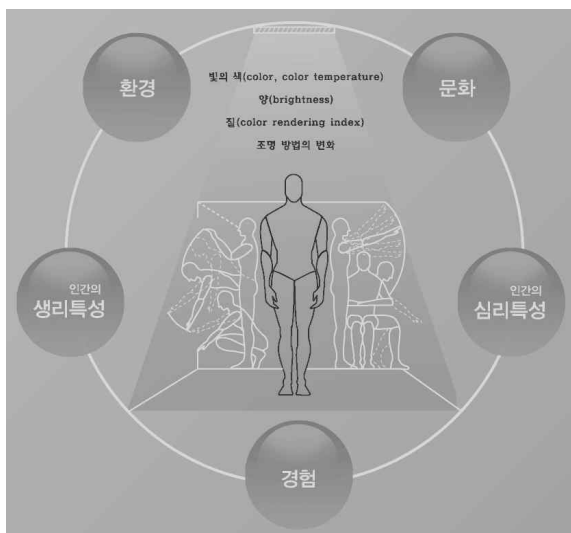


그림 1. 감성조명 정의 [10]
Fig. 1. The Definition of Emotional Lighting

이는 인공광원을 이용한 조명디자인 방향이라고 할 수 있다. 그러나 인간의 감성이라는 정성적인 부분을 LED조명 기술로 접근하는 방법은 관련업계가 해결해야 과제이다. 인간을 고려한 조명환경 개발이 LED조명 연구개발 방향이라 판단된다.

2.4 스펙트럼과 분광분포

빛의 색은 파도와 같이 무수한 입자를 가진 광파가 흐르고 있는데, 광파의 파장과 진폭은 각각 다르며 각각의 파장은 각기 다른 빛깔의 색으로 구별된다. 태양광선을 분광시켜 스펙트럼을 얻었을 때 파장의 길이에 따라 여러 가지 색으로 구별되며, 파장별로 색을 나눈다면 무수히 많은 색상으로 구별될 수 있다[11]. 가시광파장인 380~780[nm]의 범위에서 광원별로 다양한 스펙트럼을 구성하고 있다. 이는 광원별 다양한 빛의 특징과 색으로 표출된다.

눈을 자극하는 빛의 성분은 각 파장별 방사에너지를 각기 측정하면 알 수 있다. 분광된 각 단색광에 대하여 차례로 그 방사량을 측정하면 원래의 빛의 파장별 분포특성을 알 수 있으며 이를 분광특성이라 한다. 가로축에서 파장을 세로축에서 빛을 포함하고 있는 이들 파장의 비율, 즉 반사율을 나타내는 좌표 위의 빛의 스펙트럼 분포를 그래프로 그릴 수 있다. 파장별 상대값과 파장과의 관계를 분광분포라고 한다[12]. 빛 분광분포를 통해 자연광과 LED조명의 정량적 분석이 가능하다.

2.5 CIE색도그림(chromaticity diagram)

CIE(commission internationale de l'éclairage 국제조명위원회)에서는 색도좌표를 평면위에 나타낸 CIE 색도그림(chromaticity diagram)을 만들었다. 색도그림 위에 x, y의 값을 표시한 색도좌표의 점을 색도점, 색도좌표에 따라 정해진 색의 심리 물리적 성질을 그 색의 색도(chromaticity)라고 한다. x, y의 위치는 색상과 채도를 나타내며 색도그림에서 말발굽 모양의 선위의 숫자는 색도 좌표 위에 나타난 각 스펙트럼광의 파장을 나타낸다. 무채색은 색도 그림의 중심부근에 있으며, 바깥쪽으로 갈수록 채도가 높아진다. 모든 색은 이 색도그림의 말발굽 모양의 내부에 나타낼 수 있다[13-14].

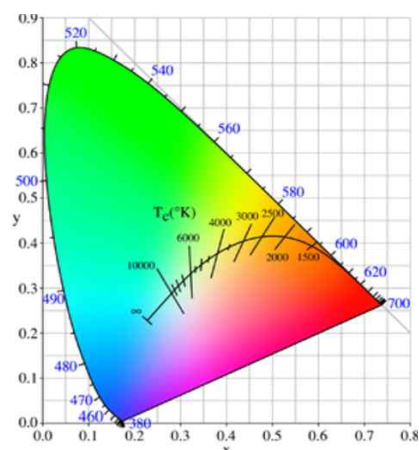


그림 2. CIE 1931 색도그림
Fig. 2. CIE 1931 chromaticity diagram

색도그림은 온도에 따라 백열흑체(Incandescent black body)가 방사하는 색상에 관한 실험을 통해 얻어낸 플랑키안 곡선(Planckian locus, Black body curves)이 있다[15]. 이는 색온도를 통해 백색광을 가시적으로 나타낸 것이며 자연광과 인공광의 백색광은 플랑키안 곡선의 주변의 좌표에 위치한다[16]. 플랑키안 곡선은 인공광원 색채 개발 지표로 적용 가능하다고 판단된다.

3. 실험방법 및 환경 구축

3.1 실험 과정

자연광과 LED조명색채 비교 분석을 통한 가을빛 LED감성조명 연구를 위한 실험은 다음과 같은 과정을 통하여 진행하였다.

첫째, 자연광과 LED조명색채 비교 분석을 위해 우선 가을 자연광을 분석하였다. 시간별 스펙트럼 및 분광분포와 색, 휘도를 조사 분석하였다.

둘째, 실험환경을 구축하였다. 자연광이 비취지는 라이트 박스A 및 LED 조명이 비취지는 라이트 박스B 설치하였다.

셋째, 자연광과 LED조명의 라이트 박스 빛 색채 비교 및 LED조명색채 데이터 제시하여 가을빛 LED조명 색채값을 도출하였다.

넷째, 제시된 LED조명색채를 지식경제부에서 제시한 기준에 준하는 중급이상의 색채전문가들이 색채현도 비교 및 감성 평가, 선호도 조사를 통해 가을빛 LED감성조명을 도출하였다.

3.2 피험자 구성

자연광과 가장 유사한 LED조명색채를 찾기 위해, 자연광 스펙트럼과 LED조명 스펙트럼의 비교 실험을 실시하였다. 2010년 10월의 맑은날 5일간을 임의로 지정하여 오전 7시, 오전 10시, 13시, 16시, 18시에 색채 조명전문가 3인이 자연광과 유사한 LED조명 색을 선별한 후 지식경제부에서 제시한 중급이상의 이화여자

대학교 색채디자인연구소 소속 색채 조명관련 전문가 5인이 색채현도 평가, 감성평가 및 선호도조사를 진행하여 가을빛 LED감성조명 색채를 도출하였다.

표 1. 피험자 구성

Table 1. A subject for the experiment

피험자	A	B	C	D	E	F	G	H
성별	여	여	여	여	여	여	여	여
나이	30대중	30대초	20대후	30대중	30대후	30대초	30대초	20대후
경력	9년	6년	3년	9년	8년	6년	5년	5년
실험 내용	자연광 유사색 선별	자연광 유사색 선별	자연광 유사색 선별	감성 평가 및 선호도 조사	감성 평가 및 선호도 조사	감성 평가 및 선호도 조사	감성 평가 및 선호도 조사	감성 평가 및 선호도 조사

3.3 실험환경 구축

실험 위치는 위도 37.560400, 경도 126.944119의 서대문구 대현동 11-1번지 이화여자대학교 국제교육관 건물 앞에서 실시되었다.

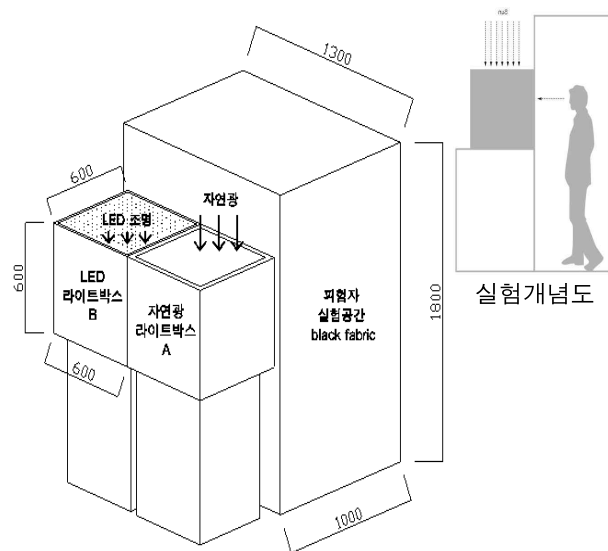


그림 3. 실험환경

Fig. 3. Experimental booth

실험을 위한 구성물은 자연광이 비추지는 라이트박스A와 LED조명 라이트박스B, 그리고 색채전문가로 이루어진 피험자들의 측색 및 평가를 하는 공간 구조물의 세 가지이다. 자연광 라이트박스A와 LED조명 라이트박스B를 나란히 배치하여 LED와 자연광의 빛 환경 변화를 암막에서 비교 평가하는 실험으로 진행된다. 피험자와 기구 사이의 거리는 1[meter]이며 피험자 주위에는 외부 빛을 차단하였다. 가을 자연광을 기반한 LED조명색채 도출을 위한 실험환경은 그림 3과 같다.

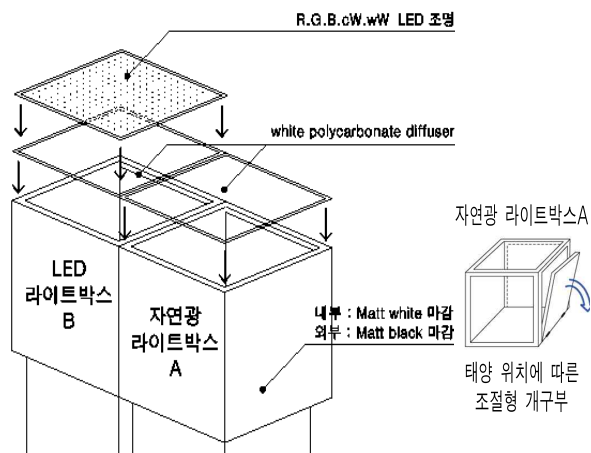


그림 4. 라이트 박스 세부도
Fig. 4. Light box detail drawing

자연광 라이트박스A와 LED조명 라이트박스B를 설치하고 상부에 고급 조명기구에 주로 쓰이는 유백색 폴리카보네이트 디퓨저(투과율 60~65%)를 설치하였다. 자연광 라이트박스A는 디퓨저 위에 자연광을, LED조명 라이트박스B는 디퓨저 위에 R(red) G(green) B(blue)와 wW(warm white), cW(cool white)로 구성된 각 72개 LED패키지 삽입한 LED조명기구를 설치하였다. LED 소자는 0-255범위에서 광량을 조절 가능하다. LED소자는 (주)루미마이크로 제품이고 LED조명은 (주)알에프텍에서 제작된 조명기기(LMETP553WHX-HC)이며 LED 소자와 패키지의 사양은 다음 표 2와 같다.

또한 자연광 라이트박스A는 태양의 고도에 따른 입사각의 변화로 그림자 등이 지지 않게 윗면과 옆

면을 타공하여 태양의 입사각에 따른 개구부 변화를 줄 수 있도록 하였다. 라이트박스A와 라이트박스B의 경우 12T MDF에 외부는 블랙, 내부는 반사율이 86[%]인 매트 화이트 도료로 그림 6과 같이 마감하였다. 내부 마감으로 이용한 무광 흰색도료는 스펙트럼의 모든 영역의 반사율이 가장 높고 일정하여 빛 환경 변화를 섬세하게 구현할 수 있다.

표 2. 실험에 사용된 LED 사양 (17) (18)
Table 2. LED Specification

구분	내 용
패키지 특징	<ol style="list-style-type: none"> 1. Built-in 3 chip Super-luminosity Chip LED 2. Super-luminosity chip LED 3. Wide viewing angle 4. External dimensions: 5.0 x 5.0 x 1.6t mm 5. Lead frame package with individual 6 pin
패키지 디테일	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>1. RGB칩 패키지</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>2. white칩 패키지</p> </div> </div>
LED 소자 소비 전력 및 광도	<ol style="list-style-type: none"> 1. 소비전력 red : 70[mW], green : 100[mW], blue : 100[mW], wW: 100[mW], cW: 100[mW] 2. RGB 칩 광도 3. white계열 칩 광도 <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> </div>

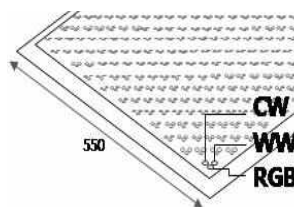


그림 5. LED조명기구 세부도
Fig. 5. LED lighting fixture detail drawing

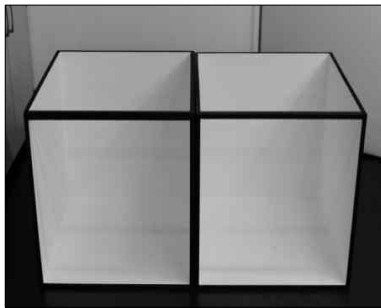


그림 6. 라이트 박스 내부 마감 사진
Fig. 6. The inner view of Light box

3.4 실험방법

실험 방법은 다음과 같다.

- ① 실험위치와 일출, 일몰시간을 확인하여 실험 가능 시간을 검토하였다.
- ② 각 실험시간의 하늘의 사진을 촬영하여 실험 날의 날씨와 기상상태를 기록하였다.
- ③ 색채 조명전문가의 육안을 통해 자연광이 비춰지는 라이트박스A와 유사한 조도 휘도 색온도 그리고 색채를 설정하여 LED조명 라이트박스B의 조명환경을 연출한다.
- ④ 설정된 조명환경을 색채전문가 3인의 육안을 통해 빛의 색상의 유사 정도를 평가하여 LED조명 라이트박스B의 LED 조명의 RGBcWwW 값을 도출한다.
- ⑤ 도출된 RGBcWwW값의 색채로 연출된 라이트박스B의 LED 조명과 자연광 라이트박스A와의 색구현정도를 GretagMachbeth사의 24개 칼라칩 (Color Checker)을 이용하여 5인의 색채전문가들이 평가한다.
- ⑥ 분광회도계 미놀타 CS1000를 이용하여 자연광 라이트박스A와 LED조명 라이트박스B의 표준 white의 색좌표(x,y) 및 색채스펙트럼을 제시하여 비교 분석한다.
- ⑦ 자연광 라이트박스A와 LED조명 라이트박스B의 빛을 색채전문가들의 선호도 조사 및 감성어휘 평가, 자연광 유사성 설문조사를 통해 가을 자연광 기반 LED감성조명색채를 추출하여 제시한다.

이러한 실험방법으로 자연광과 LED조명색채 비교분석을 통해 가을빛 LED감성조명색채를 도출하였다.

4. 실험 및 분석

4.1 자연광과 LED조명색채 비교 분석을 통한 가을빛 LED조명 도출

2010년 10월 중 맑은날 혹은 구름이 약간 낀 날 5일을 임의 선택하여 시간별 자연광과 LED조명색채 비교분석하여 LED조명 색채 값을 설정하였다. 도출된 가을 5일간 시간대별 LED조명색채 데이터는 다음 표 3과 같다. 표 3에서 도출된 LED색채 데이터 값을 자연광과 LED조명색채의 이미지 비교 및 CIE의 색도그림에 따른 색좌표, 색채 스펙트럼, 분광분포의 다각적인 분석을 진행하였다. 그 분석 내용은 표 4와 같다.

우선 한낮 직사광과 비교의 경우 LED와의 광도에 따른 조도차로 비교가 불가능하였다. 그리하여 실험 구조물의 각도를 변경하여 직사광의 빛은 제한하였음을 밝힌다. 또한 자연광과 LED조명의 동일한 빛을 추출하는 것은 광원의 특성이 다르므로 불가능하다. 본 실험에서는 인간의 시각 또는 감성적으로 자연광과 가장 유사한 LED감성조명 색채를 도출하는 것이 연구의 목표이다.

분광회도계 미놀타 CS1000를 이용하여 자연광 라이트박스A와 LED조명 라이트박스B의 표준white의 색좌표(x,y) 및 색채스펙트럼을 제시하여 비교 분석하였다. 자연광의 분광분포 색채 스펙트럼의 경우 가시광선 범위 380~780[nm]의 분포가 고르게 반사되고 있으나 LED조명의 경우 RGB소자의 색을 중심으로 반사율이 높은 것을 알 수 있다. 특히 10시와 13시의 경우 B광원이 과도하게 분포됨을 알 수 있었다. cW와 wW의 분포가 큰 10시와 13시의 경우 스펙트럼 곡선이 완만한 곡선을 이루는 것을 알 수 있었다.

자연광 기반 LED조명 스펙트럼을 통해 빛의 색의

질을 높이기 위해서는 분광분포곡선이 완만해야 한다는 것을 알 수 있었다. LED조명의 분광분포곡선이 완만해지기 위해서는 다양한 파장대의 빛의 소자가 추가되어야하며 특히 480[nm] 파장대 cyan계열의 소자가 필요하다고 판단한다. 또한 Red와 Blue의 경우 전체 LED조명에서 광도의 비율을 낮추어야 한다고 판

단하였다.

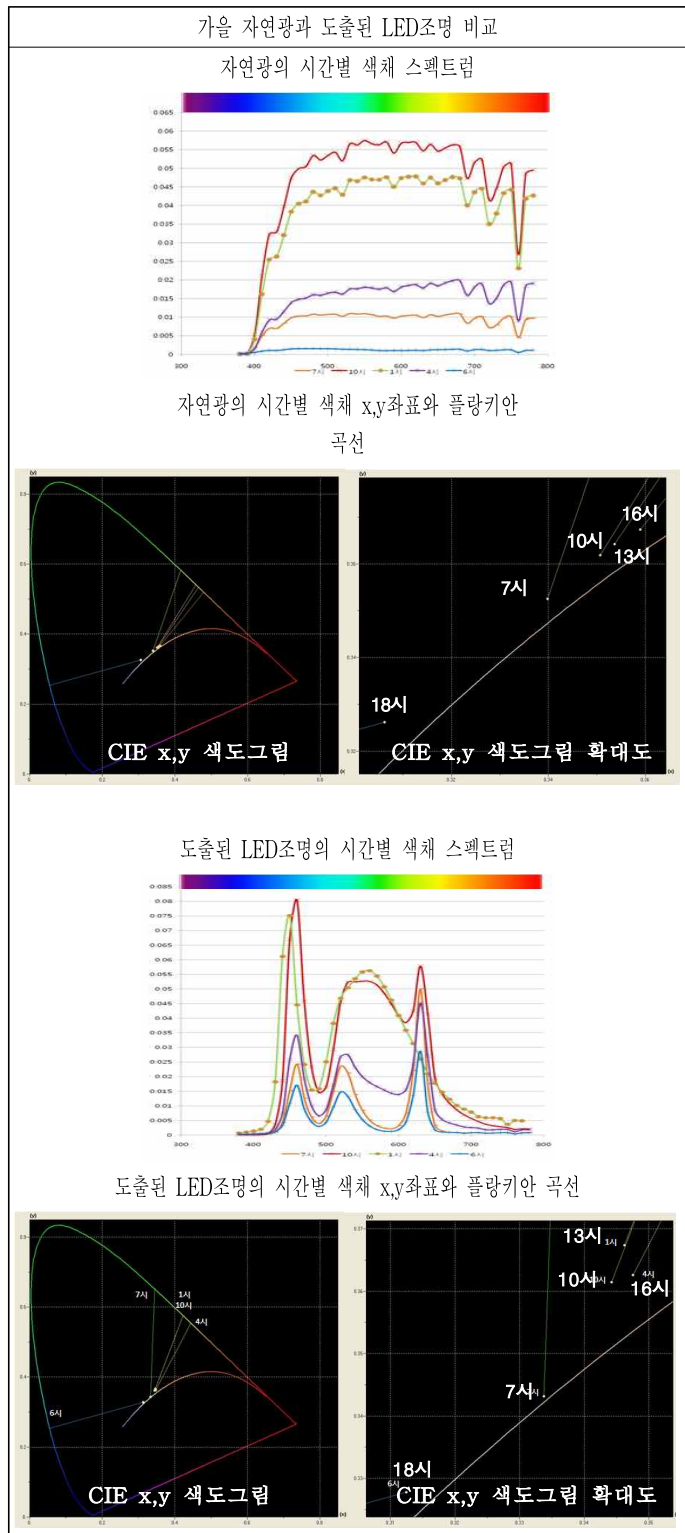
색온도의 경우 자연광 CIE색도그림에서 Planckian 곡선과 시간별 같은 비율로 Planckian곡선 형태를 이루지만 도출된 LED조명의 경우 곡선에 근접해 있지만 평형을 이루는 곡선을 유지하지는 못했다.

표 3. 자연광과 LED조명색채 비교 분석을 통해 도출된 5일간의 가을빛 LED조명색채 데이터
Table 3. The Autumn LED Emotional Lighting Colors data in Five days derived from the comparative analysis of the Daylighting and LED Lighting Color

가을	순서 (day)	R	G	B	cW	wW	휘도 (cd/m ²)	조도 (lx)	색좌표x	색좌표y	색온도 (K)
7:00	1	229	219	171	225	225	3227	1288	0.3792	0.3731	3994
	2	140	239	90	254	121	2864	1124	0.3536	0.3774	4795
	3	50	134	198	114	45	1226	4930	0.317	0.3398	6220
	4	67	103	127	0	0	2808	1062	0.3109	0.3236	6640
	5	164	236	238	14	0	780.2	2552	0.3338	0.3432	5431
10:00	1	255	255	255	255	0	2437	929.3	0.3328	0.3422	5474
	2	102	255	255	241	150	2967	1152	0.3406	0.3628	5197
	3	93	159	210	72	31	1959	3679	0.3181	0.3357	6179
	4	31	159	255	255	115	2599	1011	0.3264	0.3479	5759
	5	133	255	255	243	141	3300	1187	0.3442	0.3615	5057
13:00	1	112	169	255	255	86	2541	995.8	0.3328	0.3436	5474
	2	0	221	255	255	210	3172	1263	0.3379	0.3658	5305
	3	0	179	255	255	195	3015	1196	0.3368	0.36	5336
	4	55	169	255	255	138	2753	1094	0.3346	0.3514	5407
	5	14	212	255	255	255	3277	1374	0.3462	0.3674	5003
16:00	1	47	255	192	255	255	3564	1420	0.3552	0.38	4754
	2	79	212	217	96	76	1442	5637	0.3302	0.3617	5596
	3	38	150	195	119	103	1589	6333	0.336	0.359	5364
	4	114	207	198	60	74	1223	4836	0.3476	0.3673	4954
	5	164	244	219	81	59	1407	5573	0.3475	0.3626	4940
18:00	1	0	31	71	40	12	266.4	1039	0.2793	0.3063	9317
	2	0	31	62	90	0	587.9	2318	0.3003	0.3279	7244
	3	34	103	172	31	38	537.8	2126	0.3041	0.3269	7021
	4	34	88	153	17	29	357	1403	0.2949	0.3119	7860
	5	90	146	174	0	0	478.5	1530	0.3125	0.3278	6524

표 4. 자연광과 도출된 LED조명색채의 비교 분석(2010년 10월 21일 기준)
 Table 4. The comparative analysis of the Daylighting and LED Lighting Color(Autumn, 21, 2010)

구분	자연광	도출된 LED조명	
7시	이미지		
	휘도	770.6[cd/m ²]	780.2[cd/m ²]
	조도	2391[lx]	2778[lx]
	색온도	5199[K]	5431[K]
	색좌표	X:0.3398 Y:0.3526	X:0.3338 Y:0.3432
10시	이미지		
	휘도	4080[cd/m ²]	3300[cd/m ²]
	조도	1214[lx]	1075[lx]
	색온도	4823[K]	5057[K]
	색좌표	X:0.3507 Y:0.3619	X:0.3442 Y:0.3615
13시	이미지		
	휘도	3387[cd/m ²]	3277[cd/m ²]
	조도	1332[lx]	1269[lx]
	색온도	4732[K]	5003[K]
	색좌표	X:0.3537 Y:0.3642	X:0.3462 Y:0.3674
16시	이미지		
	휘도	1286[cd/m ²]	1407[cd/m ²]
	조도	5051[lx]	5144[lx]
	색온도	4569[K]	4940[K]
	색좌표	X:0.3590 Y:0.3673	X:0.3475 Y:0.3626
18시	이미지		
	휘도	90.61[cd/m ²]	478.5[cd/m ²]
	조도	533.4[lx]	1610[lx]
	색온도	6897[K]	6524[K]
	색좌표	X:0.3062 Y:0.3262	X:0.3125 Y:0.3278



4.2 제시된 LED조명색채의 색재현도³⁾평가

표 4와 같이 도출된 RGBcWwW값의 색채로 연출된 라이트박스B의 LED 조명과 자연광 라이트박스A와의 색구현정도를 GretagMacbeth사의 24개의 칼라 칩 (Color Checker)을 이용하여 8인의 색채전문가들의 평가하였다. 색채의 유사정도에 따라 5점 척도 (전혀다름 1 - 2 - 3 유사 - 4 - 5 같음)로 평가 진행하였다.

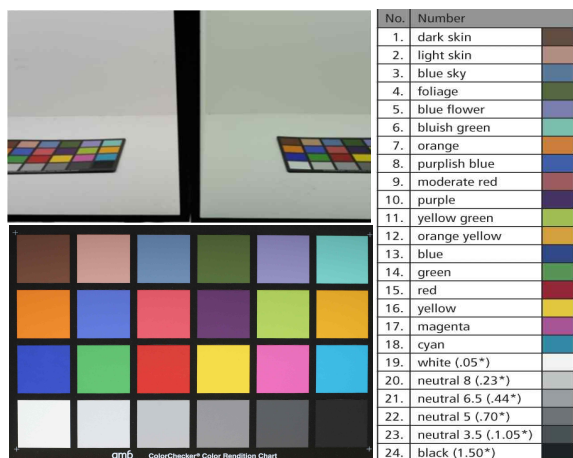


그림 7. 자연광과 LED조명의 색재현도 비교 실험사진과 GretagMacbeth사의 24개의 칼라 칩
Fig. 7. The color rendering degrees and evaluation color chip (GretagMacbeth)

색채디자이너의 GretagMacbeth사의 24개의 칼라 칩에 대한 자연광 대비 제시된 조명에 대한 색재현도 평가는 다음 그림 8과 같다. 시간별 평균의 경우 그림 8과 같이 Light skin, magenta 색이 상대적으로 색재현도가 떨어지며 그 외의 색들은 5점 척도 중 유사범위(2.5~3.5)에 포함됨을 알 수 있었다. 시간별 분석의 경우 1시는 칼라칩의 색차이를 많이 느끼는 것으로 보여진다. 10시와 16시의 경우 색 차이를 많이 느끼지는 않았다.

그림 9의 색상계열 분석에 따르면 붉은계열(2.2YR)과 회색계열(N)에서 색차이를 많이 느끼는 것으로 보여진다. 24개의 색채 칩 중에 2가지 칩만이 유사범위를

3) 본 실험에서는 빛이 물체의 색감에 영향을 미치는 현상인 '연색성(color rendering)'보다는 조명에 따라 개별 색의 정확한 구현되는 정도의 판단인 '색재현도'의 용어가 적합하다.

밖의 색에 위치에 전반적으로 도출된 가을빛 LED감성 조명 색채의 색재현 정도가 만족스러운 결과라고 판단하였다.

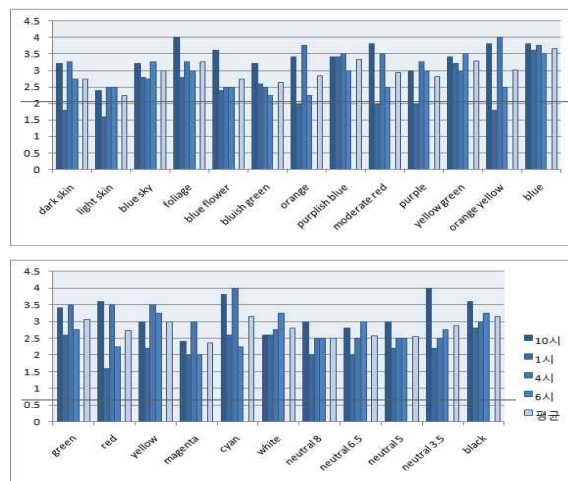


그림 8. 24개의 칼라칩의 자연광 대비 제시된 LED 조명에 대한 색재현도 평가
Fig. 8. The analysis of the color rendering degrees in LED lighting

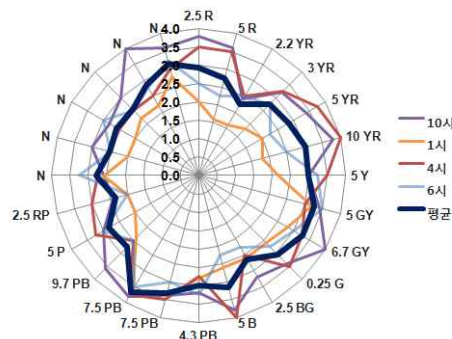


그림 9. 색상계열에 따른 색재현도 평가 분석
Fig. 9. The analysis of the color rendering degrees

4.3 제시된 LED조명색채의 감성평가 및 선호도 조사

도출된 LED조명색채로 연출된 라이트박스B의 LED 조명 빛을 색채전문가들이 감성평가 및 선호도 조사, 자연광과 유사한 색상 추출 등의 설문조사를 통하여 각 시간대 가을빛 LED감성조명을 추출하였고 결과는 표 5와 같다.

표 5. 제시된 LED조명 감성평가 및 선호도, 자연광 유사정도 설문조사
Table 5. Emotional evaluation, preferences and the similarities of daylight

7시				13시 계속					
	내부사진	색도그림 색좌표	감성평가	선호도		내부사진	색도그림 색좌표	감성평가	선호도
1			고급스러운(5) 익숙함(5) 자분함(5) 밝은(5) 생각나는(5) 편안한(5) 풍위 있는(5) 매력적인(5) 저급함(1) 낯선(1) 튀는(1) 어두운(1) 심은(1) 흔스러운(1) 경박한(1) 매력 없는(1)	25[%]	3			고급스러운(5) 익숙함(5) 자분함(5) 밝은(5) 생각나는(5) 편안한(5) 풍위 있는(5) 매력적인(5) 저급함(1) 낯선(1) 튀는(1) 어두운(1) 심은(1) 흔스러운(1) 경박한(1) 매력 없는(1)	37[%] 선호 /자연광 유사
				고급스러운(5) 익숙함(5) 자분함(5) 밝은(5) 생각나는(5) 편안한(5) 풍위 있는(5) 매력적인(5) 저급함(1) 낯선(1) 튀는(1) 어두운(1) 심은(1) 흔스러운(1) 경박한(1) 매력 없는(1)		46[%] 선호			
3			고급스러운(5) 익숙함(5) 자분함(5) 밝은(5) 생각나는(5) 편안한(5) 풍위 있는(5) 매력적인(5) 저급함(1) 낯선(1) 튀는(1) 어두운(1) 심은(1) 흔스러운(1) 경박한(1) 매력 없는(1)	25[%]	16시				
4			고급스러운(5) 익숙함(5) 자분함(5) 밝은(5) 생각나는(5) 편안한(5) 풍위 있는(5) 매력적인(5) 저급함(1) 낯선(1) 튀는(1) 어두운(1) 심은(1) 흔스러운(1) 경박한(1) 매력 없는(1)	4[%] 자연광 유사	1			고급스러운(5) 익숙함(5) 자분함(5) 밝은(5) 생각나는(5) 편안한(5) 풍위 있는(5) 매력적인(5) 저급함(1) 낯선(1) 튀는(1) 어두운(1) 심은(1) 흔스러운(1) 경박한(1) 매력 없는(1)	25[%]
10시					2			고급스러운(5) 익숙함(5) 자분함(5) 밝은(5) 생각나는(5) 편안한(5) 풍위 있는(5) 매력적인(5) 저급함(1) 낯선(1) 튀는(1) 어두운(1) 심은(1) 흔스러운(1) 경박한(1) 매력 없는(1)	29[%] 선호
1			고급스러운(5) 익숙함(5) 자분함(5) 밝은(5) 생각나는(5) 편안한(5) 풍위 있는(5) 매력적인(5) 저급함(1) 낯선(1) 튀는(1) 어두운(1) 심은(1) 흔스러운(1) 경박한(1) 매력 없는(1)	43[%] 선호	3			고급스러운(5) 익숙함(5) 자분함(5) 밝은(5) 생각나는(5) 편안한(5) 풍위 있는(5) 매력적인(5) 저급함(1) 낯선(1) 튀는(1) 어두운(1) 심은(1) 흔스러운(1) 경박한(1) 매력 없는(1)	25[%]
2			고급스러운(5) 익숙함(5) 자분함(5) 밝은(5) 생각나는(5) 편안한(5) 풍위 있는(5) 매력적인(5) 저급함(1) 낯선(1) 튀는(1) 어두운(1) 심은(1) 흔스러운(1) 경박한(1) 매력 없는(1)	30[%] 자연광 유사	4			고급스러운(5) 익숙함(5) 자분함(5) 밝은(5) 생각나는(5) 편안한(5) 풍위 있는(5) 매력적인(5) 저급함(1) 낯선(1) 튀는(1) 어두운(1) 심은(1) 흔스러운(1) 경박한(1) 매력 없는(1)	21[%] 자연광 유사
3			고급스러운(5) 익숙함(5) 자분함(5) 밝은(5) 생각나는(5) 편안한(5) 풍위 있는(5) 매력적인(5) 저급함(1) 낯선(1) 튀는(1) 어두운(1) 심은(1) 흔스러운(1) 경박한(1) 매력 없는(1)	0[%]	18시				
4			고급스러운(5) 익숙함(5) 자분함(5) 밝은(5) 생각나는(5) 편안한(5) 풍위 있는(5) 매력적인(5) 저급함(1) 낯선(1) 튀는(1) 어두운(1) 심은(1) 흔스러운(1) 경박한(1) 매력 없는(1)	27[%]	1			고급스러운(5) 익숙함(5) 자분함(5) 밝은(5) 생각나는(5) 편안한(5) 풍위 있는(5) 매력적인(5) 저급함(1) 낯선(1) 튀는(1) 어두운(1) 심은(1) 흔스러운(1) 경박한(1) 매력 없는(1)	4[%] 자연광 유사
13시					2			고급스러운(5) 익숙함(5) 자분함(5) 밝은(5) 생각나는(5) 편안한(5) 풍위 있는(5) 매력적인(5) 저급함(1) 낯선(1) 튀는(1) 어두운(1) 심은(1) 흔스러운(1) 경박한(1) 매력 없는(1)	42[%] 선호
1			고급스러운(5) 익숙함(5) 자분함(5) 밝은(5) 생각나는(5) 편안한(5) 풍위 있는(5) 매력적인(5) 저급함(1) 낯선(1) 튀는(1) 어두운(1) 심은(1) 흔스러운(1) 경박한(1) 매력 없는(1)	33[%]	3			고급스러운(5) 익숙함(5) 자분함(5) 밝은(5) 생각나는(5) 편안한(5) 풍위 있는(5) 매력적인(5) 저급함(1) 낯선(1) 튀는(1) 어두운(1) 심은(1) 흔스러운(1) 경박한(1) 매력 없는(1)	29[%]
2			고급스러운(5) 익숙함(5) 자분함(5) 밝은(5) 생각나는(5) 편안한(5) 풍위 있는(5) 매력적인(5) 저급함(1) 낯선(1) 튀는(1) 어두운(1) 심은(1) 흔스러운(1) 경박한(1) 매력 없는(1)	13[%]	4			고급스러운(5) 익숙함(5) 자분함(5) 밝은(5) 생각나는(5) 편안한(5) 풍위 있는(5) 매력적인(5) 저급함(1) 낯선(1) 튀는(1) 어두운(1) 심은(1) 흔스러운(1) 경박한(1) 매력 없는(1)	25[%]

색채전문가들이 감성평가 및 선호도 조사, 자연광과 유사한 색상 추출 등의 설문조사를 통하여 각 시간대 가을빛 LED감성조명을 추출하였다.

실험과정에서 18시의 빛의 경우 예상과 달리 같은 시간 가을 하늘의 낮은 색온도의 빛이 아닌 높은 색온도의 빛이 연출됨을 알 수 있었다. 이는 여러 가지 가능성이 있으나 태양의 고도가 낮아짐에 따라 실험 대상공간에 직접광이 아닌 주변 산과 같은 지형에 따른 빛의 각도에 따른 원인이라 판단된다. 이와 관련된 연구는 거듭된 연구를 통해 보완하여야 할 문제라 사료된다.

우선 추출된 각 시간대의 LED조명 빛을 연출하여 분광휘도계 미놀타 CS1000를 이용하여 CIE색도그림에 x, y의 지점을 표기하였다. 시간대별 선호 조명색채(오른쪽)와 비선호 조명색채(왼쪽)를 그림 10과 같이 CIE색도그림에 표기해 보았다.

CIE색도그림을 통해 흰색계열의 빛이라도 색의 붉은 정도와 푸른정도 그리고 노란정도, 즉 색온도를 알 수 있다. 실험을 통해 Blue계열의 485[nm]의 파장대의

빛은 선호하지 않고 550[nm], 570[nm] 파장대의 빛을 선호한다는 것을 알 수 있었다.

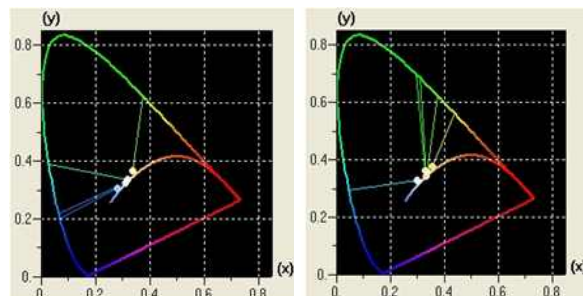


그림 10. 제시된 LED조명의 시간대별 비선호(왼쪽)조명색채와 선호(오른쪽)조명색채를 CIE색도그림에 표기

Fig. 10. Lighting color preference of LED lighting based on the time

표 5와 같이 각시간대별 감성평가의 경우 감성형용사의 반응에 관한 설문조사를 진행하였다. 실험을 통해 8가지의 감성어휘 평가 항목의 완만한 그래프의 형상이 있는 경우 선호도 조사에서 좋은 점수를 획득했

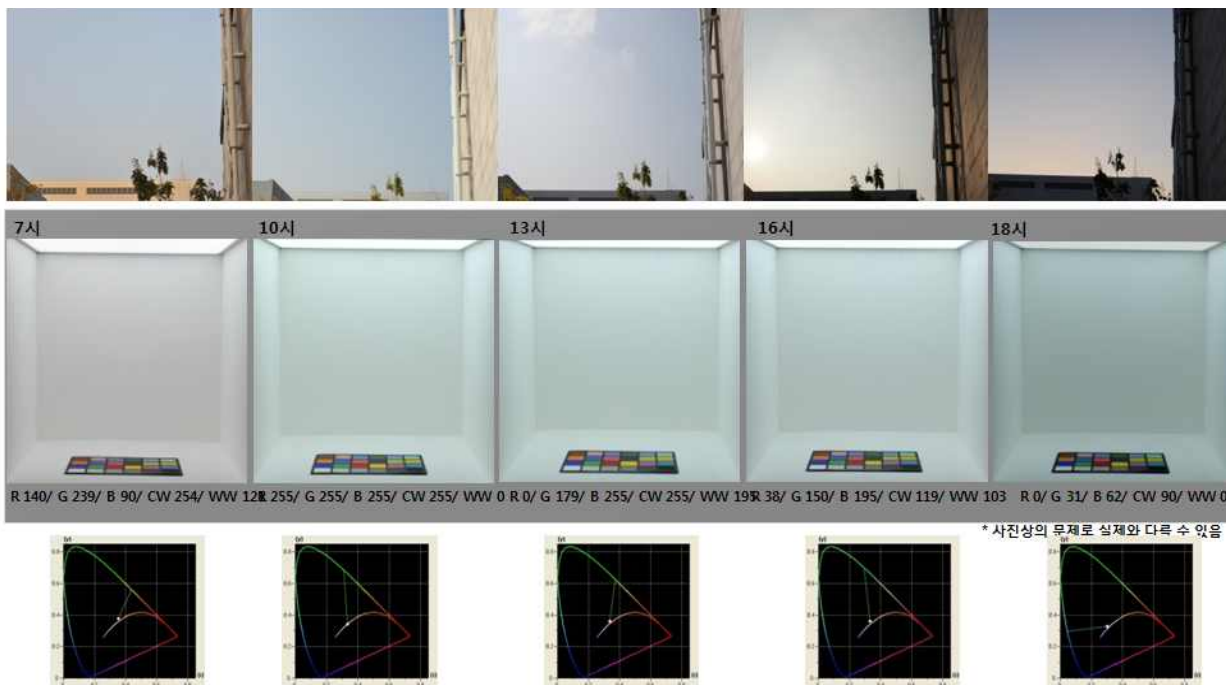


그림 11. 가을빛 LED감성조명 도출
Fig. 11. The Autumn LED Emotional Lighting

음을 알 수 있었다. 또한 각 시간대별 선호 빛과 자연광과 유사 빛은 항상 일치하지 않음을 알 수 있었다.

White계열 LED조명, 혹은 RGB만을 이용한 LED조명보다는 본 실험과 같이 RGBcWwW의 LED조명이 LED조명색채의 질이 높아짐을 알 수 있었다. 일반 실내조명용 RGB LED조명은 색온도를 통한 조명색채 제시보다는 분광분포를 통한 색계열의 흰색, 즉 과장으로 제시하여 LED조명을 일반 실내조명 사용시 더욱 풍성한 빛 환경을 제공할 수 있을 것이라 판단하였다.

4.4 자연광과 LED조명색채 비교 분석을 통한 가을빛 LED감성조명 도출

자연광과 LED조명색채 비교 분석을 통한 가을빛 LED감성조명은 그림과 같이 제안한다.

색채전문가들의 육안을 통해 5일간의 자연광과 유사한 빛환경을 설정하여 색채전문가의 24개 칼라 칩을 이용한 색채현정도 평가와 감성어휘를 통한 감성반응평가를 토대로 선호도 조사를 한 결과 시간대별 가을 빛 LED감성조명은 7시의 가을빛은 R67 G103 B127 cW0 wW0, 10시의 경우 R255 G255 B255 cW255 wW0, 13시는 R0 G179 B255 cW255 wW195, 16시는 R114 G207 B198 cW60 wW74 그리고 18시는 R0 G31 B62 cW90 wW0으로 도출되었다.

LED조명의 RGBcWwW 값으로 도출된 조명색채는 LED조명기구 개발시 LED감성조명 데이터베이스로 활용 가능하다. 이러한 자연광을 기반한 LED감성조명을 통해 쾌적한 빛 환경을 연출하여 이용자들에게 심미적 만족감을 높이는 공간을 제공할 것으로 기대된다.

5. 결 론

본 연구는 인간이 가장 편안함을 느끼는 자연광과 가장 유사한 LED 빛 환경을 구현하는 것을 목표로 실험 진행하였다. 또한 본 연구와 더불어 계절별 대표 LED조명색채 개발되어 태양광이 없는 지하공간 혹은 실내공간에 적용하여 LED조명의 심미적 생리적 기능을 높일 수 있는 빛환경 개발 가능성을 제시하고

자한다.

자연광과 LED조명의 동일한 빛을 추출하는 것은 광원의 특성이 다르므로 불가능하다. 본 연구에서는 인간의 시각 또는 감성적으로 자연광과 가장 유사한 LED감성조명 색채를 도출하기 위한 가을빛 LED 감성조명을 연구하였다.

실험 과정을 통해 실내조명으로 주로 사용하는 백색광 연출시 섬세하고 풍부한 빛환경을 위해 white LED를 이용한 조명보다 RGBcWwW의 조합을 통한 연출이 효과적임을 알 수 있었다. 다양한 소자의 결합을 통한 LED조명은 자연광과 같이 폭넓은 색 범위의 빛을 구현할 수 있다. 이는 과도한 색상 사용이 아닌 폭넓은 색 구현임을 밝힌다.

자연광 기반 LED조명 스펙트럼을 통해 빛의 색의 질을 높이기 위해서는 분광분포곡선이 완만해야 한다는 것을 알 수 있었다. LED조명의 분광분포곡선이 완만해지기 위해서는 다양한 파장대의 빛의 소자가 추가되어야 하며 특히 480[nm] 파장대 cyan계열의 소자가 필요하다고 판단한다. 또한 Red와 Blue의 경우 전체 LED조명에서 광도의 비율을 낮추어야 한다고 판단하였다.

색온도의 경우 자연광 CIE색도그림에서 Planckian 곡선과 시간별 같은 비율로 Planckian곡선 형태를 이루지만 도출된 LED조명의 경우 곡선에 근접해 있지만 평형을 이루는 곡선을 유지하지는 못했다. 시간대별 인공광 연출을 위해서는 Planckian곡선과 평행한 조명색 연출이 필요한 것을 이번 실험을 통해 알게 되었다.

또한 조명기구 개발시 백색광의 색온도 표시보다는 CIE색도그림 상의 색좌표에 의한 제시와 같은 조명색채 값을 제시하는 것이 구체적이고 정확한 표현이라고 판단하였다. 조명디자인 관련 전문가들의 커뮤니케이션 과정에서 명확성을 높이기 위해 LED조명기구 회사등 개발인은 색온도 보다는 스펙트럼, 분광분포 또는 색도그림 좌표상의 색좌표 제시된다면 소통의 오류를 줄일 수 있을 것이다.

본 연구과정은 LED감성조명 관련 데이터베이스 구축과 LED조명색채 개발의 방향 제시 및 새로운 디자인 방법론으로 관련분야에 기여할 것으로 기대한다.

감사의 글

본 연구는 지식경제부 및 한국산업기술평가관리원의 산업 원천기술개발사업의 일환으로 수행하였음(KI002180, Full Color감성조명, 제어 및 네트워크 기술 개발).

References

[1] 지식경제부, 지식경제부 보도자료 ‘LED조명 2060계획’, www.mke.go.kr, 2011년 6월 8일.
 [2] 일본인테리어산업협회, 김혜영, 유숙역, 고희자를 위한 조명과 색채, 도서출판국제, pp.19, 1999.
 [3] Ulrike Brandt, Christoph Geissmar, Light book, Birkhauser, pp.21-22, 2001.
 [4] 김진한, 색채의 원리, 시공사, pp.25, 2002.
 [5] Gero O. Mueller, White Light from LEDs, CIE expert symposium on LED Light sources, 2004.
 [6] 김수정, 박영경, 한국전자통신연구원 위탁연구 “LED감성 조명 평가 tool 개발” 최종보고서, 이화여대 색채디자인연구소, pp.49, 2010.
 [7] Yoshi Ohno, Color Rendering and luminous efficacy of white LED spectra, Proc. of SPIE, vol. 5530, pp88, 2004.
 [8] 양정순, 김현중, 도시공간의 공동주택 야간경관 조명디자인 연구, 한국디자인학회 디자인학 연구 통권 96호 Vol.24 No.3, pp.187~189, 2011.
 [9] 양정순, 민지영, 홍정인, 박성희, 강태규, LED를 이용한 ‘감성조명’ 정의 정립에 관한 연구, 제 2회 LED반도체 조명학회 학술대회, 2010년 8월.

[10] 양정순, 민지영, 홍정인, 박성희, 강태규, LED를 이용한 ‘감성조명’ 정의 정립에 관한 연구, 제 2회 LED반도체 조명학회 학술대회, 2010년 8월.[11] 김진한, 색채의 원리, 시공사, pp.14, 2002.
 [12] 김진한, 색채의 원리, 시공사, pp.15, 2002.
 [13] CIE, Commission internationale de l’Eclairage proceedings 1931. Cambridge University Press, 1932, 재인용.
 [14] 윤혜림, 색채지각론과 체계론, 도서출판 국제, pp.111-112, 2008.
 [15] IESNA, The IESNA Lighting handbook ninth edition, IESNA, pp.1-3, 2000.
 [16] Gero O. Mueller, White Light from LEDs, CIE expert symposium on LED Light sources, 2004.
 [17] (주)루미마이크로, LED조명 사양서, 6PIN-SMD LED FULL COLOR LE Preliminary Specification, www.lumimicro.com
 [18] (주)루미마이크로, LED조명 사양서, 6PIN-SMD LED WHITE COLOR LED PRELIMINARY, www.lumimicro.com.

◇ 저자소개 ◇



양정순 (梁貞順)

1977년 5월 20일생. 이화여자대학교 환경 디자인전공 졸업(석사). (주)비즈로 앤 파트너스 과장. 숭실대, 세종대, 배재대 실내건축과 강사. 현재 이화여자대학교 공간디자인 박사과정. 이화여자대학교 색채디자인연구소 연구원.