

LED 조명 색도에 따른 시간 인지에 대한 연구*

The Influence of Chromacity of LED Lighting on Time Perception

석현정**† · 김곡미***

Hyeon-Jeong Suk**† · Gokmi Kim***

KAIST 산업디자인학과**

Department of Industrial Design, KAIST**

(주)LG 생활건강 DI 디자인팀***

LG Households & Health Care Ltd., DI Design Team***

Abstract

LED technology offers versatile lighting control while having a very low environmental impact. Consequently, increasing attention is being paid to the emotional impact of LED lighting. This study investigated whether the chromacity of LED lighting influences people's time perception. To this end, two empirical studies were conducted: First, in experiment I(N=28), the subjects compared their perception of the time duration, which was varied from 3s to 20s, for 6 chromatically nuanced lighting conditions, respectively, with that under a daylight condition. The results showed that, in warm-color nuanced lighting conditions, the subjects perceived time to pass more slowly than in the daylight condition. On the contrary, in cool-color nuanced lighting conditions, the subjects perceived time to pass more rapidly than in the daylight condition. Then, in experiment II(N=39), the subjects were asked to count for 90 seconds while simultaneously performing some cognitive tasks. Confirming the results found in experiment I, the subjects perceived time to pass more rapidly in cool-color nuanced lighting conditions than in warm-color nuanced lighting conditions, although the difference was not statistically significant($p>0.05$). In addition, the subjects tended to perceive the time to be shorter when the nuanced color of the light was closer to their preferred color.

Keywords : LED Lighting, Emotional Lighting, Chromacity, Illumination, Time Perception

요약

최근 LED는 친환경적인 에너지 소비와 자유로운 조명 연출의 가능성으로 각광을 받고 있는 가운데, LED조명을 활용한 인간의 감성적 반응을 유도하는 감성조명에 대한 관심이 증가하고 있다. 본 연구에서는 실내에 설치된 LED조명의 색도를 변화해가면서 실내 생활인들이 시간을 인지하는데 영향을 받는 것을 두 개의 실험 연구를 통하여 밝히고 있다. 실험 1(N=28)에서는 3초~20초에 이르는 짧은 시간을 인지하는데 LED 색도의 변화에 따른 영향이 있는가를 살펴보았다. 실험 결과, 난색 계열의 색채조명환경에서는 백색광 환경에 비하여 시간이 더 천천히 지난 것으로 인지한 반면 한색 계열의 색채조명환경에서는 백색광 환경에 비하여 시간이

* 본 연구는 KAIST 연구원의 2009 신입교수연구비 및 KAIST 산업디자인학과 BK21사업 지원으로 진행되었음.

† 교신저자 : 석현정 (KAIST 산업디자인학과)

E-mail : h.j.suk@kaist.ac.kr

TEL : 042-350-4523

FAX : 042-350-4510

더 빨리 지난 것으로 인지하는 경향을 발견하였다. 이러한 현상은 주어진 시간의 길이가 길어질수록 더 분명하게 나타났다. 동일한 실험환경에서 진행된 실험 2(N=39)에서는 실험참여자가 6가지 색채조명환경에서 별도의 인지 과제를 수행하는 동시에 90초의 시간을 가늠하였다. 실험참여자가 인지한 90초의 소요 시간과 실제 소요된 시간과의 차이에서, 색채조명환경이 영향을 미치는 현상을 밝혀내었는데, 실험 1에서와 마찬가지로 난색 계열보다 한색 계열의 색채조명환경에서 시간이 더 빠르게 지난 것으로 인지하는 경향을 관찰할 수 있었으나 통계적으로는 유의하지 않았다. 그리고 선호색 계열의 색채조명환경에서는 시간이 더 빨리 가는 것처럼 인지하는 경향을 발견할 수 있었다.

주제어 : LED, 감성조명, 색도, 조도, 시간 인지

1. 연구의 배경 및 필요성

1.1. 조명 환경과 색채인지

일상생활에서 색채를 인지하는 방법은 광원을 직접 인지하거나, 광원으로부터 반사된 빛 즉 물체색을 인지하는 방식의 두 가지로 크게 나누어 볼 수 있다. 사물의 색을 인지하는 것은 후자의 경우로, 물체 표면에서 반사된 광원을 인간이 시각적으로 인지하는 것이므로, 동일한 사물인 경우에도 광원의 종류에 따라 상이한 물체색으로 인지될 수 있다(그림 1 참조). 즉, 조명의 특성에 따라서 동일한 사물이나 환경이 다르게 인지된다는 것을 의미한다.

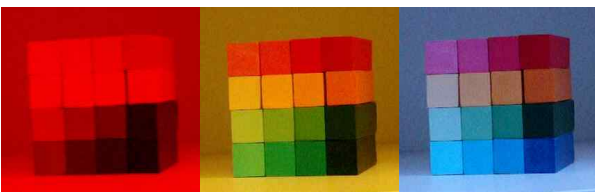


그림 1. 동일한 물체의 색이 조명의 변화에 따라 다르게 인지된다. 조명의 RGB 수치(좌로부터): (255,0,0), (255,255,0), (255,255,255)

조명 환경에 따른 인간의 정서적·인지적 반응에 대한 기존의 연구들을 살펴보면, 조명의 밝기와 관련된 조도(illumination)와 조명의 색과 관련된 색도(Chromacity), 그리고 조명 광원의 흑체 복사체¹⁾의 온도, 즉 색온도(color temperature)의 변화를 독립 변인으로 설정하여 각 상황에 따른 다양한 효과들을 밝힌

1) 열에너지로만 복사가 발생하는 물체이며 온도가 낮으면 눈으로 볼 수 없는 적외선 영역의 복사(열)가 발생하지만, 온도가 높아지면 복사를 볼 수 있다. 태양은 거의 완벽한 흑체라고 할 수 있다(프레이저 등, 2006, p.38).

바 있다. 색온도가 낮으면 붉은색 계열의 빛을 띠고(예: 3000K²⁾ 근처로 백열등), 점차 높아지면 흰색이 되며(예: 주광(Day Light) 기준의 색온도로 6500K), 가장 높은 온도에서는 푸른색 계열의 빛을 띤다(예: 쾌청한 날의 푸른하늘 빛으로 9000K 이상³⁾).

조명 환경의 효과에 대한 연구로서 예를 들어, 조도가 높아질수록 업무 수행능력이 향상될 수 있으며(최수연 외, 1989 등), 밝은 조명 아래에서는 사람들이 졸음을 덜 느끼고 각성의 정도가 높아지는 것 등이다(Hygge, 2001). 색도의 변화에 따른 주의력 테스트와 기억력 테스트를 수행 결과를 실험한 결과로서, 한색 계열의 조명 아래에서는 정확성이 올라가는 반면, 난색 계열에서는 반응시간이 줄어든다는 연구결과가 있다(정우석 외, 2007). 또한, 초록색 조명이 빨간색 조명에 비해 업무 수행 능력을 향상시키고 심리적 안정감을 향상시키는 결과를 보여주는 결과는 여러 연구에서 입증된 바 있다(이진숙 외, 1997). 또한, 색온도의 변화에 따라 활동성, 역량성, 안정감 등의 감성적인 차이를 찾은 경우도 있다(지순덕 외, 2007).

이처럼 다양한 방면에서 빛의 변화에 따른 인간의 심리·생리학적 인지의 차이를 보고자 하는 연구 분야가 보인 괄목한 만한 성장은, 생체 신호 측정 등을 이용하여 정량적으로 인체의 심리·생리학적 인 변화를 측정하기 시작했다는 것이다. 측정 기술의 발달은 구분하기 어려웠거나 확인해낼 수조차 없었던 미세한 변화를 정성적으로 판별할 수 있게 해주었으며, 이에 따라 빛의 변화에 따른 인체반응에 관한 연구도 더욱

2) 켈빈(kelvin: K)

3) 색온도는 어떤 방사 색도가 어떤 절대 온도 T를 가지는 흑체 방사 색도와 일치하고 있다는 것으로서, 반드시 그 광원이 절대 온도 T로 가열되어 있다는 것은 아니다. 예를 들면, 형광램프는 뜨겁지는 않으나 색온도가 6000K 정도인 것도 있고, 절대 온도 6000K로 가열된 흑체와 가장 가까운 색의 빛을 방사한다는 의미이다(Ohta, 2003, p.100)

섬세해지고 있다. 그러나 측정 기술이 꾸준히 발전한 데 비하여 조명 환경을 설정하는 방법에는 그 발전의 양상이 상대적으로 미흡하였다. 조도를 다루는 기존의 모든 연구가 대부분 100 lux 이상의 밝기 단계의 차이를 보이는 빛을 다루고 있으며, 특히 색도 변화에 있어서는 실제 생활에 응용하기에는 시각적으로 불편하거나 물체색을 인지하는데 어려움이 있을 정도로 조명 색도의 채도(Chroma)가 높은 색들을 다루고 있다. 그리고 색도를 구현하는 방법이 객관적인 기준에 따라 설치되기 보다는 형광등 조명 아래 컬러 필름을 덧대는 방법 등에 의존하여 동일한 조도 및 색도를 제2, 제3의 실험 환경에서 구현하는데 한계가 있었다. 본 연구의 실험 연구에서 활용한 발광 다이오드(Light-emitting diode, 이하 LED) 조명은 기존 연구에서의 기술적 문제를 해결하고 다양한 응용을 위한 잠재력을 갖고 있다.

1.2. LED를 활용한 감성 조명 연구의 가능성

최근 LED의 기술이 발전하면서 실내조명에는 물론 색채가 동적으로 표현 되는 옥외 간판 설치에 이르기까지 폭넓게 사용되고 있다. LED조명의 경우 기존의 형광등이나 백열등과는 달리 RGB값을 각각 제어하고 변화의 방법을 제어하기가 손쉬워 다양한 연출이 가능하다. 기존의 연구에서 색도의 변화를 구현하기 위하여 형광등 조명 아래 컬러 필름을 덧대었던 방법과 비교하면 실험 여건의 괄목할만한 개선이다. 또한 LED는 조도와 색채가 변화해가는 조명 환경 구성이 용이하기 때문에 조명의 변화 속도를 제어해 가면서 인간의 감성적 효과를 관찰할 수도 있다. 다음 <그림 2>에서는 음료 판매대에 다양한 색도의 LED조명을 활용하여 소비자로 하여금 감성적 반응을 유도하는 사례를 보여주고 있다. 기존의 자외선 소독을 연상시키는 파란색 조명을 생수 제품류 진열대에 설치하여 신선함과 청결함을 강조하고 맥주의 갈색을 더욱 강조하는 노란색 조명을 맥주류 진열대에 설치하여 미각을 더욱 자극하고 있다.

뿐만 아니라 LED는 최고 90%의 광전환 효율과 최대 10만 시간에 이르는 수명으로 백열등과 형광등의 뒤를 잇는 친환경적인 차세대 조명으로서 각광받고 있다. 이처럼 LED가 매우 실용적인 광원임에도 불구하고, LED의 기술적 우수성을 조명 콘텐츠 개발로 접목하여 활용하는 데는 아직 초기 단계이다. LED 조명

의 조도 및 색도를 유동적으로 제어할 수 있는 잇점을 충분히 활용한다면, 전 세계적으로 급속히 확대해가는 LED 조명 시장에서 우위를 점할 수 있는 경쟁력을 키워나갈 수 있는 것이다.



그림 2. 다양한 색도 표현이 가능한 LED 조명을 활용하여 비자들의 미각을 자극할 수 있는 음료판매대의 사례

1.3. 감성조명 콘텐츠 개발의 가능성

LED를 실내조명으로 활용하는 경우 에너지 절감 효과와 함께 조도와 색도의 미세하고 유동적인 변화에 따른 인간의 정서적·인지적 반응을 살펴볼 수 있다. 본 연구자는 LED가 일상생활을 위한 실내조명에 폭넓게 사용되기 위한 감성조명 콘텐츠를 개발을 장기적으로 계획하고 있으며, 그 일환으로서 본 연구에서는 조명의 색도 변화가 소요 시간을 인지하는데 영향을 미치는가에 주목한다. 일상생활에서 실제 소요된 시간보다 더 짧게, 혹은 더 길게 느끼고자하는 경우는 매우 빈번하게 발생한다. 지루한 기다림의 시간은 10분을 5분처럼, 즐거운 휴식 시간은 10분을 15분처럼 느낄 수 있기를 바란다. 이러한 긍정적 효과를 기대할 수 있는 착각이 실내조명의 색도 조절로 가능하다면 대기실, 휴식 공간, 기내 등의 실내 환경에 적용이 가능할 것이다.

2. 연구 목표 및 방법

2.1. 연구 목표

조명의 색도 변화가 소요된 시간을 인지하는데 영향을 끼치는가를 LED 조명을 활용하여 파악하고자 한다.

2.2. 연구 방법 및 내용

본 연구에서는 총 2회의 실험 연구를 진행하였다. 첫째, 시간 인지에 몰입한 3초~20초의 시간을 인지하는 효과를 실험 1에서 테스트하였고, 둘째, 실험 2에서는 90초의 시간 동안 두 가지의 인지 과제를 진행하여 시간 인지 이외의 사고 과정이 이루어지는 상황에서의 조도 효과를 파악하고자 하였다.

2.3. 조명 환경

2.3.1. LED 조명 설치 환경

본 실험에 적용된 LED 조명은 일상생활에서 업무를 하는데 지장이 없는 정도의 조도와 색도에 한하여 구현하였다. 따라서 실험 참여자는 조명 색채가 변화할 때마다 약간의 뉘앙스(nuance)의 변화를 인지하는 환경을 설정하고자 하였다. 본 실험이 진행된 연구실(면적크기 약 21m²)에는 3개의 형광등 조명과 독립적으로 제어가 가능한 LED를 각 형광등 조명 가장자리에 네 줄씩 설치하였다(그림 3 참조)⁴⁾. 그리고 형광등과 LED를 동시에 밝혔을 때 빛이 자연스럽게 혼합되어 아래로 비추어지도록 <그림 4>에서와 같이 조명박스에 반투명한 소재로 커버를 제작 및 설치하였다.

2.3.2. LED 조명의 제어

실험실에 설치된 LED의 조도 및 색도는 R,G,B 수치를 0에서 255까지 제어 가능하며 실험실과 격리된 별도의 실험실에서 원격으로 제어 명령을 실행시킬 수 있다.

한편, 실험환경에서 LED를 모두 소등하고 형광등만으로 조명을 구성하였을 경우, CIE 좌표 기준, x=0.34, y=0.37(조도: 380.2 lux)로 측정되었다. 따라서 주광(6500K) 기준 ‘백색광’에 가장 근접하는 조명 환경을 조성하기 위하여 LED 조명의 R,G,B 값을 변화시켜가면서 실험 참여자가 위치한 자리의 조명 색도가 x=0.33, y=0.33에 가장 가까운 상황을 구현하고자 하였다. 그 결과, R,G,B값을 R:150, G:180, B:255값을 찾아내었다(<표 1> 참고).

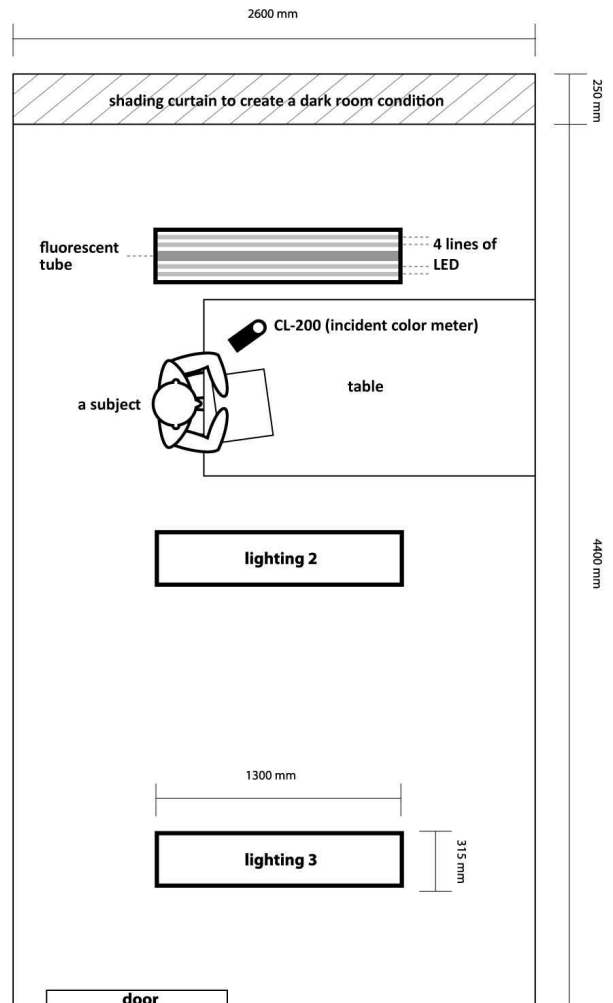


그림 3. 실험환경(위에서 본 경우)



그림 4. 실험실의 천정에 설치된 조명

본 실험에서는 이를 색도 x=0.33, y=0.33에 최대한 근접하는 ‘백색광’으로 설정하였다. 그리고 총 6가지의 색채조명환경을 구성하였는데, 다음 <표 1>에 제시된 수치는 6가지 LED 조명의 R, G, B 설정값 및 형광등과 LED 조명이 동시에 점등된 상태에서 실험참여자의 위치 기준으로 조도색차계(미놀타 CL-200)로

4) 본 실험에 적용된 LED 조명환경은 (주)EMO시스템의 LED 제어장치를 활용하여 구현되었다.

측정된 조도 및 색도 값을 10초 간격으로 3회 측정된 값의 산술 평균값이다. <표 1> 에 명시된 실험 환경의 색도(x, y)를 CIE 다이어그램 상에 표기하면 다음<그림 5> 및 <그림 6>과 같다.

표 1. 실험 1에 적용된 LED 조명의 R,G,B값과 실험참여자의 위치에서 측정된 조도 및 색도 값

조명환경 (색상계열)	LED조명의 RGB 설정 수치			형광등+ LED조명을 모두 점등 후 조명환경	
	R	G	B	조도 ⁵⁾ (lux)	색도 (x, y)
LED소등 ⁶⁾	0	0	0	380.2	0.34, 0.37
백색광	150	180	255	444.2	0.33, 0.33
1(red)	255	0	0	428.2	0.37, 0.37
2(green)	0	255	0	448.7	0.33, 0.40
3(blue)	0	0	255	411.0	0.31, 0.33
4(yellow)	255	255	0	455.4	0.36, 0.39
5(magenta)	255	0	255	433.0	0.34, 0.34
6(cyan)	0	255	255	455.1	0.31, 0.35

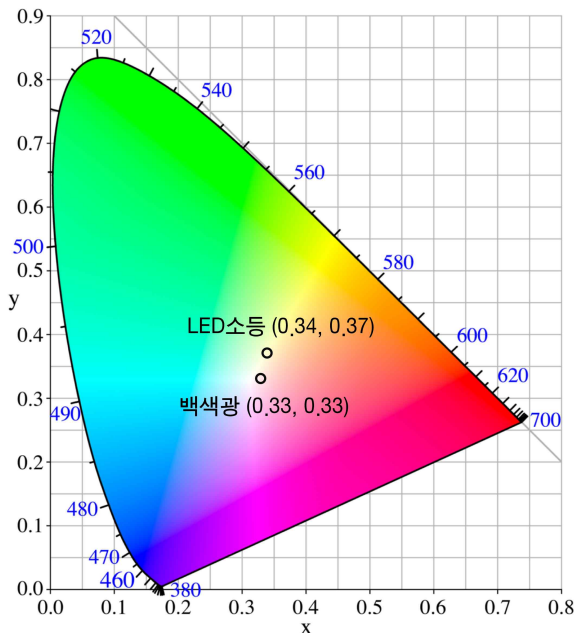


그림 5. 실험에 적용된 조명 환경의 색도(Chromaticity) 분포: LED 소등 시(형광등만 점등) 및 백색광

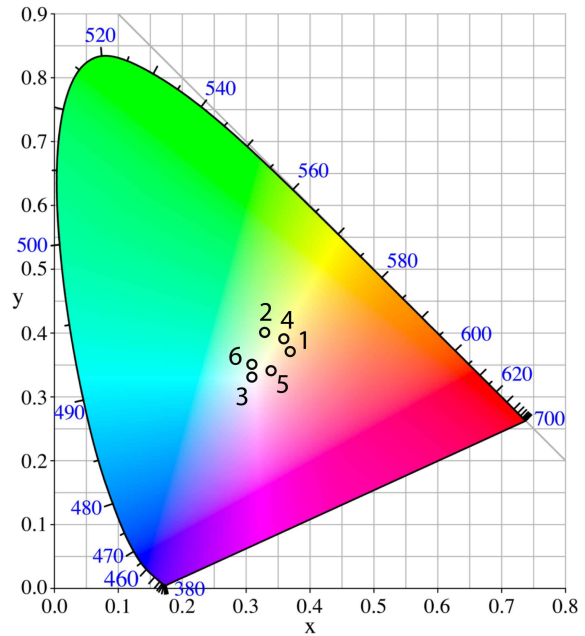


그림 6. 실험에 적용된 조명 환경의 색도(Chromaticity) 분포: 조명환경 1~6의 경우

3. LED조명 색도의 변화에 따른 시간 인지 I: 3초~20초

3.1. 실험 목적

실험 1에서는 비교적 짧은 시간(3초~20초)을 인지 함에 있어, 조명의 색도가 영향을 파악하고자 하였다.

3.2. 실험 방법

3.2.1. 실험참여자

실험 1에는 다양한 전공의 대학생 총 28명(여학생 16명, 남학생 12명)이 참여하였다. 실험 참여자들의 평균 연령은 23.50세(표준편차: 1.60세)로 사례금으로 실험참여직후에 5000원이 지급되었다.

3.2.2. 실험절차

앞서 제시한 <표 1>의 6가지 각 색채조명환경에 대하여 3초, 7초, 10초, 15초, 20초 등 5가지 시간 설정을 두어 총 30가지(6×5) 실험 상황을 무작위의 순서로 구현하였다.

5) 실험에 조성된 조명 환경은 한국산업규격 조도기준(KSA 3011)에서 규정하는 작업면 조명 기준 분류 G(400 lux; 최저: 300lux, 최고: 600lux)에 적합한 밝기의 조도이다.
6) LED를 모두 소등 한 후, 형광등만으로 구현된 조명환경의 조도와 색도 수치이다.

실험 참여자는 <그림 3>의 고정 위치에 앉아 실험을 진행하였는데, 각 실험 상황마다 백색광 환경을 먼저 경험하게 한 다음, 색채조명환경을 경험하게 한 후, 색채조명환경에서의 시간이 “더 길다” 혹은 “더 짧다”에 대한 평가를 내리도록 하였다. 색채조명환경에서의 시간이 더 길게 느껴진 경우는 “+1”을 기입하고, 더 짧게 느껴진 경우는 “-1”로 기입하도록 지시하였다. 실제로 색채조명환경에 적용한 시간도 백색광 환경과 동일한 시간을 적용하였으나, 실험참여자에게는 시간의 차이가 있다고 설명하였다. 그리고 백색광 및 색채조명 등 모든 조명환경의 변화 시 20초의 순응시간을 둔 후에 설정시간을 시작하였으며, 실험진행자는 실험참여자에게 순응시간의 시작과 종료, 그리고 설정시간의 시작과 종료를 알려주었다. 다음 <그림 7>에서는 실험 1의 진행상황을 도식화하여 나타내고 있다. 실험실험이 진행되는 동안 외부의 빛과 소음은 철저히 차단되었으며 실험실 내부에는 시간을 유추할 만한 전자제품은 모두 실험 전에 수거되었다.

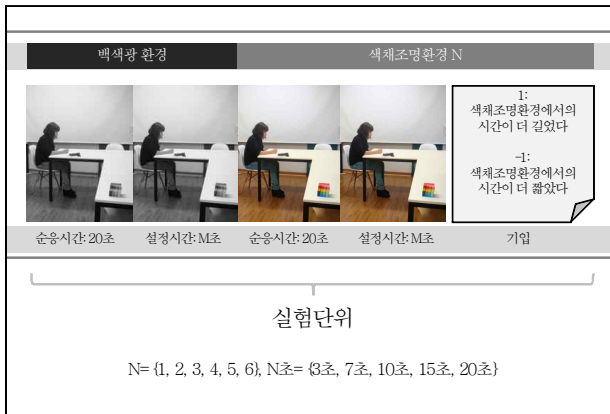


그림 7. 실험 1의 진행 절차

3.3. 실험 결과

본 실험 1의 결과는 첫째, ‘백색광’ 환경과 견주어, 각 조명환경에서 시간을 더 짧게 혹은 더 길게 인지한 정도를 살펴보았다. 다음 <표 2>에서는 28명의 실험참여자들 각 조명환경별로 3초에서 20초까지의 상황에 대하여, 백색광 대비 더 길게(1 입력; “백색광 대비 더 오랜 시간이 지났다”) 혹은 더 짧게(-1 입력; “백색광 대비 더 짧은 시간이 지났다”) 인지한 결과의 평균값들을 나타내고 있다. <표 2>의 결과를 살펴보면, 색채조명환경 번호 1(red 색상계열), 4(yellow 색상

계열), 그리고 5(magenta 색상계열) 등의 난색 계열 조명에서는 평가수치가 항상 양(+)의 값으로 나타났다. 이는 실험 참여자들이 난색 계열의 조명환경에서는 시간의 흐름을 더 길게 인지한 것을 의미한다. 예를 들어 5초의 시간이 지났을 때, 5.5초가 지난 것으로 인지하게 된 것이다. 상반되는 결과로서 조명환경 번호 2(blue 색상계열)와 6(cyan 색상계열)의 경우는 대부분의 경우에서 음(-)의 값으로 평균치가 산출되었다. 그러나, 난색 계열의 조명환경과는 대조적으로, 한색 계열의 조명환경에서는 시간의 흐름을 더 짧게 인지한 것으로 분석된다. 예를 들어, 5초의 시간이 지났을 때, 4.5초가 지난 것으로 인지한 것이다.

표 2. 실험 1(N=28)의 백색광 대비 3초~20초 시간 인지에 대한 더 길고(+1) / 더 짧음(-1)에 대한 측정치의 평균값(표준편차) 및 평균값 “0”과 비교한 윌콕슨 검정(Wilcoxon test)을 통한 평균값 차이 유의성(* p<0.05, ** p<0.01)

색채 조명환경	시도(trial) (실제 시간)				
	1차 (3초)	2차 (7초)	3차 (10초)	4차 (15초)	5차 (20초)
1 (red)	0.21 (0.99)	0.36 (0.95)	0.43* (0.92)	0.43* (0.92)	0.61** (0.79)
2 (green)	0.29 (0.98)	0.14 (1.01)	-0.36 (0.95)	-0.14 (1.01)	-0.25 (0.96)
3 (blue)	-0.07 (1.02)	-0.29 (0.98)	-0.64** (0.78)	-0.57** (0.83)	-0.50** (0.88)
4 (yellow)	0.21 (0.99)	0.21 (0.99)	0.50** (0.88)	0.29 (0.98)	0.64** (0.78)
5 (magenta)	0.64** (0.78)	0.36 (0.95)	0.71*** (0.71)	0.21 (0.99)	0.14 (1.01)
6 (cyan)	-0.07 (1.02)	-0.14 (1.01)	-0.07 (1.02)	0.21 (0.99)	-0.57** (0.83)

그리고, <표 2>에서는 -1부터 +1까지 변화하는 각각의 상대적 비교값을 “0(변화없음)”과 통계적으로 비교하여 유의한 차이가 있는가를 살펴보고자, 윌콕슨 검정(Wilcoxon test)을 수행하였으며, 유의한 차이가 있는 평균값들은 평균값 우측에 별도 표기(*)를 하였

7) 본 실험에서 실험 참여자들은 특정 조명환경에 따라 백색광 환경과 견주어 시간이 더 길다고 인지될 때는 “+1”을, 더 짧다고 인지될 때는 “-1”을 기입하였는데, 이러한 입력 수치는 비모수 통계분석 사례에 해당하므로 모수 통계분석 기법의 대응표본 T 검정(paired T-test)에 상응하는 윌콕슨 검정(Wilcoxon test)을 활용하였다. 윌콕슨 검정 과정에서 각 실험 참여자가 입력한 값(+1/-1)은 “0(변화없음)”과 비교되었다.

다. 윌콕슨 검정 결과, 3초, 7초, 10초, 15초, 20초 등 총 다섯 가지 시도에서 조명환경 번호 1(red 색상계열)과 3(blue 색상계열)이 통계적으로도 5회의 시도 중 3회가 유의한 것으로 분석되었다. 또한, 3초에서 20초 간의 실험 결과, **테스트 시간이 길어질수록 난색 조명과 한색 조명에 따라 시간을 길게, 그리고 짧게 인지하는 현상은 통계적으로도 유의하게 나타나는 경향을 발견할 수 있었다.** 이는 장시간 환경에서 조명의 색도가 시간인지에 미치는 영향에 대한 실험의 필요성으로 해석할 수 있다.

3.4. 토의

실험 1에서는 백색광 환경과 비교하여 색채의 누앙스가 약간 느껴지는 6가지 색채조명환경에서 시간인지에 대한 특성을 살펴보고자 하였다. 실험이 진행되는 동안 실험참여자는 3초~20초의 비교적 짧은 시간의 길이에 집중하였는데, 백색광 환경 대비 색채조명 환경에 할당된 시간이 차이가 있다는 전제하에, 해당 색채조명환경에서의 시간이 더 길다(+1 입력) 혹은 더 짧다(-1 입력)로 응답하였다. 실험 결과에 따르면 색채조명환경 1(red 색상계열)과 4(yellow 색상계열)와 같은 난색 계열의 조명환경에서는 백색광 환경에 비하여 시간을 더 길게 인지하는 경향이 발견되었는데, 이는 실험참여자가 난색 계열의 조명환경에서는 백색광 환경에서 보다 시간이 천천히 지났다는 느낌을 받은 현상을 설명한다. 이와 대조적으로, 색채조명환경 2(blue 색상계열)와 6(cyan 색상계열)과 같은 **한색 계열의 조명환경에서는 백색광 환경에 비하여 시간을 더 짧게 인지하는 경향이 발견되었다.** 이는 한색 계열의 조명환경에서는 백색광 환경에 비하여 시간이 더 빨리 지났다는 느낌을 실험참여자가 받았음을 설명하고 있다. 또한 이러한 색채조명환경의 종류에 따라 인지하게 되는 시간의 차이는 **시간의 길이가 길어질수록 더 분명하게 나타났다.**

한편, 실험 과정에서 실험 참여자는 시간의 길이가 같다고 느낀 경우에도 “0”을 입력할 수는 없었는데, 이는 시간의 차이가 있음을 느끼도록 유도함으로써 색채조명환경의 영향을 더욱 분명하게 보고자한데 그 목적이 있었다. 반면, 이러한 실험 설계는 실험참여자의 응답을 강제적으로 한 방향으로 치우치게 유도하였다는 문제가 제기될 수 있다. 예를 들어, 실험 참여자가 “0”을 입력할 수 있도록 실험을 진행한 경우, 백

색광 대비 색채조명환경이 시간인지에 미친 영향의 통계적 분석에 있어 유의미한 차이를 보이는 경우가 본 실험의 결과보다 미미할 수 있는 것이다.

실험 2에서는 실험참여자가 소모시간에 대한 인지의 결과를 자유롭게 기술하게 함으로써, 실험 1에서 지적된 절차상의 문제를 해결하고자 하였다.

4. LED조명 색도의 변화에 따른 시간 인지 II : 90초

4.1. 실험 목적

실험 2에서는 기준 시간을 90초로 연장하고 실험참여자가 90초의 시간 중에 별도의 인지 활동이 요구되는 업무를 수행함으로써 실험 1에 비하여 단순 ‘기다림’의 상황이 아닌 ‘업무’의 상황에 근접한 실험 환경을 설정한 후, 실내조명의 색도가 시간 인지에 미치는 영향에 대해 분석하고자 하였다. 또한 색채조명환경에 따른 시간인지 효과가 색채조명의 특성 이외에도 실험참여자 개인의 선호색채와도 상관관계가 있는가에 대해 파악해보고자 하였다.

4.2. 실험 방법

4.2.1. 실험참여자

실험 2에도 다양한 전공의 대학생 39명이 참여하였으며 남녀의 분포는 각각 21명과 18명이었다. 실험 참여자들의 평균 연령은 23.10세(표준편차: 1.55세)였으며, 실험 참여 후 5000원의 사례금이 지급되었다.

4.2.2. 실험절차

실험 2는 실험 1과 동일한 실험 환경에서 진행되었으며, 실험 자극으로 활용된 조명도 실험 1과 동일한 조건으로 준비되었다. 총 6가지 색채조명환경은 무작위의 순서로 제시되었고 색채조명환경이 바뀔 때마다 순응시간 20초가 주어졌다. 순응시간 후, 실험진행자는 실험참여자에게 90초가 지났다고 느낄 때 타이머 버튼을 누르도록 지시하였다. 따라서, 실험진행자는 실험참여자가 버튼을 누른 시각 즉, 실험참여자가 90초로 인지한 시간을 기록하였다.

한편, 실험참여자가 90초의 시간 동안 시간 개념과 독립적인 인지 과제를 수행하도록 하였다. 예를 들어, “25+37=?”와 같은 수리 계산 문제와 “동물 이름을 10 개를 열거하시오”와 같은 어휘 연상 문제를 무작위의 순서로 제시하였다.

4.2.3. 선호색채 및 선호 조명환경

실험 2에서는 시간 인지 실험 직후에, 실험참여자들의 선호색채가 시간 인지와 연관성이 있는지를 함께 파악하고자 하였다. 색채선호도 조사를 위해서, 각 색채조명환경의 색상 계열에 해당하는 색채 카드를 제시하고 선호하는 정도에 따라 순위를 기록하게 하였다(표 3 및 그림 8 참조). 그런데 색채카드의 채도는 해당 색상계열 최대 채도 수치에 가까운데 비하여 실험에 구현된 조명의 색도는 각 색상별로 약간의 누양스를 표현하고자 하였다. 그리고 선호색 조사는 실험이 종료된 후, 진행되었으므로 선호색으로 응답한 색을 기억해서 시간인지 실험의 응답 시 반영할 수 없는 상황이었다. 따라서 **선호색과 조명환경에서의 시간 인지 실험 간의 상관관계를 살펴보는 것은 실험 참여자가 시간 인지에 있어 선호색에 영향을 무의식적으로 받는 현상을 설명하리라 기대하였다.**

표 3. 선호색 조사를 위한 색채카드의 Lab 및 먼셀 수치

색채카드	관련 조명 환경	먼셀 ⁸⁾ 색상 명도/채도	L*a*b ⁹⁾		
			L	a	b
R/V vivid red	1 (red)	5R 4/16	41.22	67.57	34.18
G/V vivid green	2 (green)	5G 5/11	51.57	-58.85	16.50
PB/V vivid purple blue	3 (blue)	5PB 4/12	41.22	7.17	-48.94
Y/V vivid yellow	4 (yellow)	5Y 8/12	81.35	-4.03	86.26
RP/V vivid red purple	5 (magenta)	5RP 4.5/13	46.40	55.44	-7.69
B/V vivid blue	6 (cyan)	5B 4/9	41.22	-23.45	-31.70

8) (주)종이나나라 COLORS 120에 색체계에 따른 3속성 표시
 9) ©2006 WallKillColor에서 제시하는 먼셀 색체의 주광(Day light) D65기준 L*a*b* 변환값(www.wallkillcolor.com)



그림 8. 선호색 조사를 위한 색채카드 6종: 좌로부터 R/V, G/V, PB/V, Y/V, RP/V, B/V(<표 3> 참조)

4.3. 실험 결과

4.3.1. 조명환경에 따른 실험참여자가 인지한 90초에 대한 결과

실험참여자들이 6가지 색채조명환경에서 90초가 지났다고 인지한 시간의 실제 시간을 측정된 결과, 평균적으로 약 103.04초가 지난 후에 90초가 경과한 것으로 인지하는 것으로 나타났다. 이는 90초의 시간 동안 수리 계산 문제 혹은 단어 연상 문제 등을 풀면서 시간을 소비하면서 덜 지루하게 느꼈다고 해석한다. 다음 <표 4>는 각 조명환경에서 실험 참여자가 90초가 지났다고 판단한 시점의 실제 경과 시간의 평균 수치를 나타내고 있다. 각 색채조명환경별로 차이가 난 경우를 살펴보면 조명환경 6(cyan 색상계열)을 제외할 경우, 난색 계열은 평균 이하의 값을, 그리고 한색 계열은 평균 이상의 값을 나타내고 있음을 알 수 있다. 실험 참여자는 모든 조명환경에서 항상 90초를 기준으로 응답하였으므로, **난색 계열의 조명환경 보다 한색 계열의 조명환경에서 실제 시간(90초)보다 더 긴 시간이 흘렀다고 인지, 즉 시간이 더 빨리 흘러갔다고 인지한 것이다. 이는 실험 1에서의 발견점을 확인하며 실내 조명환경이 시간 인지에 미치는 영향**

표 4. 각 조명환경 별 실험참여자가 인지한 90초 경과 시간

조명환경번호 (색상계열)	실험참여자가 인지한 90초의 실제 시간의 평균(표준편차), 단위: 초
1(red)	101.83(23.45)
2(green)	104.05(27.65)
3(blue)	104.78(104.53)
4(yellow)	103.53(24.00)
5(magenta)	102.77(27.85)
6(cyan)	101.31(32.27)
전체평균	103.04(27.53)

에 대한 일관성 있는 결론을 지지한다. 그러나 군집 내 일원분산분석(Within Subject One-Way ANOVA)결과 $[F(3.54, 130.93) = 0.99, \epsilon = 0.708, p = 0.41]$ 조명환경에 따른 90초 시간 인지는 통계적으로는 유의하지 않는 것으로 나타났다.

4.3.2. 개인별 특성

선호색채와 시간인지 간의 상관관계

실험 2에서는 시간인지 실험 전에 각 실험참여자들에게 선호색 조사를 위한 색채카드(표 5참조) 6개를 제시하여 순위(1: 가장 선호함~6: 가장 선호하지 않음)를 두도록 하였다. 그리고 6가지 조명환경별 90초로 인정한 실제시간의 길이를 기준으로 1(가장 짧음; 상대적으로 시간이 더디게 간 것으로 느낌)부터 6(가장 길; 상대적으로 시간이 빨리 간 것으로 느낌)의 순위로 순서를 두었다. 예를 들어, 다음 <표 5>의 두 사례에서와 같이 색채카드에 대한 선호 순위와 각 색채카드와 관련된 조명환경에서의 시간 인지 순서의 순위 간의 상관관계를 분석할 수 있다. <표 5>의 실험참여자 A의 경우 색채카드 cyan을 가장 선호하는 색으로, 색채카드 blue를 가장 선호하지 않는 색으로 선택한 바 있다. 그리고 A의 90초의 경과에 대한 시간인지 순서를 살펴보면 조명환경 3(blue 색상계열)에서 가장 짧고(시간이 상대적으로 더디게 간 것으로 느낌) 조명환경 6(cyan 색상계열)에서는 비교적 길게(시간이 상대적으로 빨리 간 것으로 느낌)인정한 것을 알 수 있다. 따라서 상관관계 분석 결과 음의 상관관계가 도출되는 것이다(스피어만 계수(Spearman's rho) $\rho = -0.49$). 이와 같은 방법으로 총 39명의 색채카드에 대한 선호

순위와 관련 조명환경에서의 시간인지 순위 간의 상관관계 분석을 실행한 결과, 스피어만 상관관계 계수는 $\rho = -0.16(p = 0.02, N = 234)$ 로 산출되었으며 통계적으로 유의하였다. 즉 실험참여자 개인의 선호 색채 계열의 조명환경에서는 시간을 더 빨리 간 것으로 인지하는 경향이 있음을 증명한다.

4.4. 토의

실험 2에서는 업무활동을 수행하면서 시간을 인지하는데 있어 색채조명환경에 따른 효과가 있는지에 대하여 파악해보고자 하였다. 따라서 실험 1에 비하여 실험에 적용된 시간이 90초로 연장되었고 실험 과정에서 시간인지 이외에 별도의 인지 과제(예: 수리 계산문제, 어휘문제 등)를 수행하도록 하였다. 또한, 실험 1에서는 백색광 대비 색채조명환경에서의 시간이 길고 짧음을 상대평가하게 한 반면, 실험 2에서는 실험참여자가 직접 90초의 시간을 가늠하게끔 하였다. 실험 결과, 실험참여자들은 6가지 색채조명환경에서 평균 100초 이상의 시간 소요 후에 비로소 90초라고 인정한 현상을 발견할 수 있었는데, 이는 시간 인지 실험과 병행한 과제 수행의 영향으로 추측한다. 즉, 기다림의 시간 동안 인지 과제를 수행할 경우 100초 이상이나 시간이 흐른 후에 90초의 경과를 인지하게 된 현상으로서, 장시간의 기다림의 경우 인지 과제를 수행하거나 기다림 이외의 생각이나 행동에 몰두하면 시간이 빨리 지나갔다고 느끼는 현상에 해당한다.

각 색채조명환경 별 90초의 시간 인지에 대한 특성을 군집 내 일원분산분석을 실행해 본 결과 통계적으로 유의한 차이는 보이지 않았으나($p = 0.41$), 실험 참여자들이 90초로 가늠한 시점의 실제 시간을 각 색채 조명환경별로 비교를 해보면 난색 계열의 조명환경에서 한색 계열의 조명환경에 비하여 시간이 더 천천히 간 것으로 관찰되었다. 이는 실험 1에서의 결과와 일관성 있는 현상이며, 색채조명환경을 제어하여 기다림의 시간을 더 길게, 혹은 더 짧게 인지하도록 유도할 수 있음을 시사하고 있다.

한편 실험 2에서는 실험참여자 개인의 선호색채가 시간인지에 영향을 미치는가를 살펴보고자 하였다. 시간 인지 실험 후에 실험참여자가 6가지 색채카드에 대하여 선호도에 따라 순위를 두게 하여 이를 시간 인지 결과와 상관관계 분석을 통하여 경향성을 파악하고자 한 결과, 선호 색채 계열의 조명환경에서는

표 5. 상관관계 분석의 예: 실험참여자 A와 B의 색채선호도 순위 와 각 조명환경 별로 인정한 90초 경과 시간의 순위

사례	색채카드		관련조명환경		상관관계 계수
	색상계열	선호 순위	조명 색상계열	90초로 인정한 시간의 순위	
실험 참여자 A(남)	red	5	1(red)	5	스피어만 계수 (Spearman's rho) $\rho = -0.49$
	green	4	2(green)	3	
	blue	6	3(blue)	1	
	yellow	3	4(yellow)	2	
	magenta	2	5(magenta)	6	
	cyan	1	6(cyan)	4	

시간을 더 빨리 간 것으로 인지하는 경향이 있음을 알 수 있었다.

5. 논의

LED의 활용 범위가 급속도로 확대해가면서, LED를 실내조명으로 설치하여 에너지 절감 효과 및 자유로운 조도 및 색도 제어를 통한 인간의 감성적 반응에 대한 연구의 필요성이 증가해 가고 있다. 본 연구에서는 LED를 활용한 실내조명의 색도가 실내 생활인들로 하여금 시간을 인지하는데 영향을 미치는가에 대하여 실험 연구를 통하여 현상을 밝히고자 하였다. 기존의 실험에서 조명 색도의 채도가 일상생활에서는 경험하기 드문 높은 수치를 적용한 것과는 대조적으로, 본 연구에서는 약간의 색상 누앙스만을 느낄 수 있는 정도의 색도를 적용하여 실내 생활을 하는데 있어 거부감이나 물체색을 인지하는데 어려움이 없는 조명 환경을 설정한 것은 특징 중 하나이다.

두 개의 실험을 진행하였는데, 실험 1에서는 백색광 환경과 비교하여 6가지 색채조명환경의 상황에서 동일한 시간을 더 길게 혹은 더 짧게 인지하는 패턴을 찾아내고자 하였다. 실험 결과 3초, 7초, 10초, 15초, 20초 등의 비교적 짧은 시간을 인지하는데 있어서 난색 계열의 색채조명환경에서는 시간이 천천히 가는 것처럼 인지하는 것으로 나타났다. 반면, 한색 계열의 색채조명환경에서는 시간이 빨리 가는 것처럼 인지하는 것으로 밝혀졌다. 특히 3초에서 20초까지 시간 단위가 증가함에 따라 이러한 현상은 더욱 두드러지게 나타났다.

동일한 색채조명환경에서 진행된 실험 2에서는 실험참여자로 하여금 90초의 시간을 가늠하도록 지시하였다. 그런데 실험참여자가 시간을 세고 있는 동안 수리 계산문제와 어휘력 문제와 같은 인지 과제를 수행하게 하여 실험참여자가 시간 인지 이외의 과제에 주의를 두도록 하였다. 실험 참여자는 각 색채조명환경에서 90초가 지났다고 판단하는 순간 터치키를 누르도록 하였으며 이 때 실험진행자는 실제 시간을 기록하였다. 실험 결과, 39명의 실험참여자 모두가 모든 색채조명환경에서 평균 100초가 넘는 시간이 지난 후에 비로소 90초가 지났다고 판단하는 것을 알 수 있었다. 이는 시간인지 이외의 작업에 몰두하면서 인지한 시간보다 더 많은 시간을 실제로 소모하였기 때문으로 해석한다. 각 색채조명환경 별로 실험참여자가 인지한 90초의 실제 시간을 비교해보면 실험1에서와 같이

난색 계열에서는 한색 계열의 조명환경과 비교하여 시간이 천천히 간 것으로 느끼는 현상을 관찰하였다. 더불어 실험참여자의 선호색 계열의 색채조명환경에서 시간이 더 빨리 간 것으로 인지하는 경향이 있는 것으로 밝혀졌다.

본 연구는 색채조명환경에 따라 시간을 실제 시간보다 더 길게 혹은 더 짧게 느끼는 현상을 밝혀내었다. 실험에 적용된 색채조명환경은 자연스러운 색도를 구현하였음에도 불구하고 실험 1과 2에서 일관적인 경향성을 발견할 수 있었는데, 이는 일상생활에서 무의식적으로 조명의 색도에 의해 감성적, 인지적 효과를 기대할 수 있음을 시사한다. LED 조명 연구를 확대하여, 단품형 조명기기 개발에서부터 건축물 실내조명, 운송기기(예: 비행기 내 탑승자 별 개인화조명) 설치 조명, 엔터테인먼트 산업 등 폭넓은 분야에서 감성 조명의 실용화의 가능성을 기대한다.

참고문헌

- 브루스 프레이저, 크리스 머피, 프레드 번팅 (박태윤 옮김) (2006). *컬러 매니지먼트*, 서울: 바세.
- 이진숙, 최승영, 진은미 (1997). 조명광원색이 실내공간에 미치는 영향평가. *한국색채학회 논문집*, 9, 21-26.
- 정우석, 유미, 권대규, 김남균 (2007). 색채 조명 자극이 인지기능에 미치는 영향에 관한 연구. *한국정밀공학회지*, 24(10), 131-136.
- 지순덕, 이상혁, 최경재, 박정규, 김창해 (2008). 백색 LED 조명의 색온도에 관한 감성평가. *조명·전기설비학회논문지*, 22(4), 1-12.
- 최수현, 이연숙 (1989). The Effect of Illumination Level and Light Color on Spatial Perception and Task Performance. *대한건축학회 논문집*, 5(1), 109-118.
- Hygge, S. & Knez, I. (2001). Effects of Noise, Heat and Indoor Lighting on Cognitive Performance and Self-reported Affect. *Journal of Environmental Psychology*, 21(3), 291-299.
- Ohta, N. 최석진, 신재철 역. (2003). *색채공학*, 서울: 도서출판국제.

원고접수 : 09.12.10

수정접수 : 10.03.09

게재확정 : 10.03.11