

조명심리연구에 대한 고찰과 전망*

박 현 수^{1)3)***} 이 찬 수¹⁾²⁾ 장 자 순¹⁾²⁾ 이 강 희³⁾ 김 현 택^{3)†}

¹⁾LED-IT융합산업화연구센터 ²⁾영남대학교 전자공학과 ³⁾고려대학교 심리학과

최근 들어 LED(발광다이오드) 산업이 급격하게 발전하면서 LED 조명시장 역시 확대되고 있다. LED 조명은 적은 전력소모와 긴 수명, 그리고 무독성을 특징으로 하는 친환경적인 조명이란 점에서 저탄소 녹색성장을 견인하는 차세대 조명으로 주목을 받고 있고, 인간의 감성을 자극하는 중요한 요소인 색을 자유롭게 구현할 수 있다는 점에서 감성조명으로도 각광을 받고 있다. 하지만 지금까지 LED 조명뿐만 아니라 전통적인 조명에 대한 심리학적 연구는 그다지 활발하지 못한 것이 사실이다. 그러므로 조도나 색온도와 같은 일반적인 조명 특성과 함께 LED 조명의 다양한 색상들이 인간 심리와 행동에 어떤 영향을 미치는지를 충분히 이해할 필요가 있다. 그러한 결과에 기초하여 인간의 심리에 부합하는 풍부한 조명 콘텐츠와 기술을 개발한다면, 이는 조명산업의 성장 동력이 될 뿐만 아니라 조명심리연구의 발전에도 도움이 될 것이다. 본 논문에서는 먼저 조명심리연구의 기초가 되는 빛과 색의 심리적·생리적 효과를 살펴본 다음, 조명심리연구의 주제를 조명감성연구, 조명생리연구, 조명행동연구로 구분하여 지금까지의 연구 성과들을 요약하고 앞으로의 과제와 전망에 대해서 논의하였다. 또한 각 주제와 관련하여 LED 조명이 기존조명과 다른 정서적, 생리적, 인지적 반응을 야기할 수 있음을 보여주는 최근의 연구결과들을 소개하였다.

주요어 : 조명, LED, 색채, LED 조명, 감성조명, 조명심리

* 본 논문은 지식경제부 IT산업원천기술개발사업 (KI002180)과 산업기술융합산업원천기술개발사업 (10033630)의 지원에 의해 이루어졌음.

** 현재 주소: LG전자기술원 Emerging기술연구소, 서울특별시 서초구 우면동 16번지

† 교신저자: 김현택, 고려대학교 심리학과, 서울특별시 성북구 안암동 5가 1

E-mail: neurolab@korea.ac.kr

서론

빛이 없는 세상, 색¹⁾이 없는 세상을 상상한다는 것은 불가능하다. 우리 주변의 다양한 사물들은 빛이 있기 때문에 비로소 우리의 시각 체계에 의해 다양한 형태와 색들로 경험된다. 우리가 그러한 사실을 의식하던 하지 못하던 빛과 색은 끊임없이 우리의 시각적 경험의 원천이 되므로 결국 인간의 심리와 행동은 그것들에 의해 영향을 받을 수밖에 없을 것이다.

최근 반도체 기술의 발전과 함께 LED라고 불리는 발광다이오드(light emitting diode)를 이용한 새로운 형태의 조명이 주목을 받고 있다. 지구 온난화에 따른 기후 변화와 에너지 절감, 그리고 저탄소 녹색 성장이라는 사회적 이슈와 함께 21세기의 새로운 광원(light source)으로 여겨지는 LED에 많은 관심이 쏟아지고 있는 것이다. 에디슨에 의해 발명되어 지난 100년 넘게 사용되어 온 백열등(incandescent lamp)이나 현재도 가장 널리 사용되고 있는 형광등(fluorescent lamp)을 대체할 차세대 광원으로서, 그리고 다양한 색을 표현할 수 있는 감성 조명(emotional lighting)으로서 LED는 인류가 지금까지 경험하지 못한 새로운 조명이자 색채 경험의 도구이기도 하다.

LED 시장 동향에 관한 최근의 자료들에 의하면, 세계 LED 시장은 연평균 20~30%의 성장률을 보이면서 2015년까지는 1천억 달러 규모의 시장을 형성할 것으로 전망되고 있고, 국내 LED 시장 역시 연평균 20% 이상의 높은 성장률을 보이고 있다(서은경, 2009). 우리나라

는 2012년까지 세계 3대 LED 생산국 진입을 목표로, 2015년까지 조명제품의 30%를 LED로 교체하는 'LED 조명 15/30 프로젝트'를 추진하고 있으며, 이를 위해 우선은 2012년까지 공공기관에 설치된 기존조명의 30%를 LED조명으로 대체한다는 목표를 세워놓고 있다.

이처럼 새로운 광원으로서 LED가 주목을 받고 있고 이미 다양한 제품들이 시장에 쏟아지고 있지만, 정작 그것이 인간의 심리 또는 행동에 어떤 영향을 미치는지에 관해서는 아직까지 체계적이고 과학적인 연구가 부족한 실정이다. 이전에도 형광등과 같은 전통적인 조명들(conventional lightings)이 인간 심리나 감성²⁾에 미치는 영향을 살펴본 연구들이 있었지만, 대개 인간공학적이고 건축학적인 관점에서 이루어진 연구들이 많았다. 하지만 그러한 연구결과들을 LED 조명에 그대로 적용하는 데는 다소 무리가 있는데, 왜냐하면 LED 조명은 기존 조명과는 매우 다른 성격의 조명이기 때문이다. 말하자면, 전통적인 조명을 아날로그 조명이라고 한다면 LED 조명은 디지털 조명이라 할 수 있다.

그러므로 LED 조명의 기본 속성인 빛과 색, 그리고 그 둘의 결합이라고 할 수 있는 색광(colored light)의 생리적, 심리적 효과를 이해하는 것은 그 자체로서 빛과 색에 관한 심리학적 연구의 기초가 될 뿐만 아니라 감성조명으로 분류되는 LED 조명의 특성을 밝히는 기회

1) '색(色)' 또는 '색채(色彩)'라고 하는데, '색'이 좀 더 일반적인 의미로 사용된다면, '색채'는 좀 더 전문적인 의미로 사용된다고 할 수 있다. 본 논문에서는 두 용어를 모두 사용하기로 한다.

2) 감성(sensibility)은 정서(emotion)보다는 폭넓은 개념으로, 어떤 대상 혹은 대상의 속성과 관련된 감각적 혹은 정서적 경험과 이에 대한 평가이다(박창호, 2001). 본 논문에서는 우리말 '감성'을 영어의 'sensibility'에 대응하는 것으로 보고 사용하였으나, '감성조명'과 '감성척도'에 한해 일반적으로 통용되는 'emotional'과 'image'를 사용하였다.

가 될 것이다. 본 논문에서는 그와 같은 노력의 일환으로, 먼저 LED 조명에 대한 간단한 이해를 시작으로, 빛과 색이 인간 심리와 행동에 미치는 효과를 살펴 본 선행연구들을 개관한 후, LED 조명을 포함하여 조명에 관한 심리학적 연구의 필요성과 과제, 그리고 앞으로의 전망에 대해 논의하고자 한다.

LED 조명

최근 들어, LED 조명이 에너지 절감, 환경 보호, 일자리 창출 등을 가져오는 차세대 핵심 산업으로 부각되면서 미국, 중국, 일본을 비롯한 세계 각국은 LED조명을 신성장동력으로 간주하여 원천 및 응용기술개발에 경쟁적으로 투자하고 있다. 우리나라도 친환경 LED 조명을 신성장산업으로 지정하고 KS 인증제도를 시행하는 등의 표준화 사업을 추진하고 있다(기술표준원, 2009). 이와 함께 반도체와 조명을 포함하여 LED 산업 전반에 대한 정부와 기업의 R&D 투자도 꾸준히 증가하고 있다.

특히 우리나라의 반도체 기술력은 세계 일류수준에 도달해 있고 충분한 생산설비도 확보하고 있어 LED 산업 발전에 매우 유리한 환경을 갖추고 있다. 그와 같은 인프라를 기반으로 근래에는 LCD TV용 LED BLU(backlight unit)가 상용화되면서 2010년 1/4분기 기준으로 세계 LED TV 시장에서 국내기업의 제품들이 45.9%의 점유율을 기록하였다(DisplaySearch, 2010). 그와 같은 추세가 지속된다면 향후 세계 LED TV 시장을 한국이 주도할 가능성이 높다.

이에 비해 세계 LED 조명시장은 아직까지 Philips나 Osram과 같은 선진국 기업들이 주도

하고 있어 우리나라가 세계시장에 진출하기 위해서는 더 많은 투자와 기술개발이 요구된다. 하지만 LED 조명에 대한 연구개발과 설비 투자가 지속적으로 이루어지고 있으므로 2015년까지는 세계수준의 기술경쟁력을 갖출 것으로 전망되고 있다(유영문, 2009).

LED란 발광다이오드(lightning emitting diode)의 약자로, 다이오드의 화합물이 가진 반도체 특성을 이용하여 전기 신호를 적외선, 자외선 또는 가시광선으로 신호를 주고받는 데 사용하는 것이다. 다이오드는 그 양전극 단자에 전압을 걸면 한 방향으로만 전류가 주입되고 전자와 정공이 재결합해서 그 일부의 에너지를 빛으로 변환시킨다(강형식, 황의천, 2008).

LED는 백색뿐만 아니라 빨강, 초록, 파랑 색상으로 구현됨으로써 모든 색을 표현할 수 있다는 점에서 기존의 광원들과 차별화되는데, 화합물 반도체 LED가 발광할 수 있는 색은 그 재료의 띠 간격(band gap)과 주입된 불순물의 종류에 의해 결정된다. 특히 LED 발전의 오랜 난제로 남아있던 청색 또는 자외선 발광을 구현하기 위해서는 띠 간격이 3.0~3.4 eV 근처이어야 하며 이러한 재료로는 GaN, ZnO, SnSe, Sic 등이 있다(이영국, 2009).

이러한 반도체 기술을 근간으로 하고 있는 LED 조명의 가장 큰 특징으로는 무엇보다도 전력소모가 적은 데 비해 수명이 길어 경제적이다는 점, 납이나 수은 등의 오염물질이 사용되지 않기 때문에 친환경적이라는 점, 디지털 특성으로 인해 IT 기술과 쉽게 융합될 수 있다는 점, 그리고 다양한 색을 자유자재로 표현함으로써 감성조명으로 활용될 수 있다는 점 등이 있다. 그 적용 분야도 매우 넓어, LCD 디스플레이용, 노트북 PC용, 모바일기기용, 간판 및 신호등용, 실내 및 옥외조명용, 가로등 및

보안등용, 자동차 전조등 및 후미등용, 의료용 및 UV LED, 그리고 농업용 및 수산용까지 다양한 목적으로 사용되고 있다.

특히, LED 조명이 색을 표현함에 있어 기존 조명에 비해 월등하다는 점은 그것이 감성 조명으로서의 가치와 발전 가능성이 매우 크다는 것을 의미한다. 앞서 언급했듯이 빛은 그 자체로뿐만 아니라 색과 결합되어 인간의 생리적, 정서적, 인지적 측면에 영향을 미치기 때문에 감성 조명으로서의 LED에 대한 이해와 연구는 필수적이고, 이를 통한 경험적인 데이터의 확보는 LED 감성조명의 적용가능성을 확장시켜 줄 것이다. 그러한 기초 자료를 바탕으로 풍부한 조명 콘텐츠를 개발하고 IT기술과 융합된다면, 조명산업 분야를 넘어서 훨씬 큰 부가가치를 창출할 수 있을 것이다. 예를 들어, LED 감성 연구에 기초하여 감정 및 정서 상태 전이를 위한 감성 콘텐츠 추천 시스템을 개발하거나(박면용, 안승민, 하성도, 정도연, 류인균, 2007), 감성어휘별 색채배색에 의한 디지털 벽면을 설치함으로써 감성에 반응하는 실내디자인을 시도할 수 있을 것이고(김주연, 이현수, 2003), 다양한 센서기술을 이용하여 사용자의 감성에 능동적으로 반응하는 인터랙티브(interactive) 조명 시스템을 개발할 수도 있을 것이다.

또한 LED 조명의 생리적·심리적 효과를 잘 파악한다면, LED를 기존의 빛 치료뿐만 아니라 색광치료 목적으로도 활용할 수 있을 것이다. 또한 특정 학습 환경에 적합한 LED 조명 특성을 밝혀낸다면, 학습 내용이나 과제의 유형에 맞는 LED 학습조명시스템을 개발하여 학습능력향상이나 창의성 개발에 도움을 줄 수 있을 것이다. 그밖에도 실내 장식이나 광고, 옥외 경관조명, 전시시설이나 무대조명 등 인

간의 감성을 매개로하는 다양한 분야에 폭넓게 응용될 수 있을 것이다.

빛의 생리적·심리적 효과

빛 또는 조명이 인간의 심리와 행동에 어떤 영향을 미치는지를 살펴보고자 하는 연구들은 크게 신경생리적 연구와 정서 및 인지행동적 연구로 나누어 볼 수 있다.

신경생리적 연구결과들 중에서 널리 알려진 사실은 일조량의 증가가 뇌하수체의 멜라토닌 분비를 억제함으로써 인간이나 동물의 일주기 리듬(circadian rhythm)과 내분비 활동에 부정적인 영향을 미친다는 것이다(이배환, 손진훈, Watanuki, Yasukouchi, & Morita, 2007; Klein, Moore, & Peppert, 1991; Lewy, Wehr, Goodwin, Newsome, & Markey, 1980). 하지만 일조량이 부족한 상태에서 적절한 양의 빛에 노출되는 것은 계절성 정서장애(seasonal affective disorder; SAD)나 비계절성 우울증의 치료에 효과적이라는 연구결과들도 있다(Kripke, 1998; Tuunainen, Langer, Klauber, & Kripke, 2001; Golden, Gaynes, Ekstrom, Hamer, Jacobsen, Suppes, Wisner, & Nemeroff, 2005). 말하자면 적절한 양의 빛은 우울증과 같은 정서적인 문제해결에 도움을 주지만 지나치게 많은 빛에 노출되는 것은 멜라토닌 분비를 억제함으로써 수면장애를 유발할 수 있다는 것이다.

이와 관련하여, 최근에는 간상체나 추상체와는 별도로 망막수준에서 광범위한 망(network)을 형성하고 있는 멜라닌(melanopsin)이라는 단백질이 외부의 빛에 민감하게 반응함으로써 시교차상핵(suprachiasmatic nucleus; SCN)에 있는 생체시계에 신호를 보낸다는 것이 밝혀졌다

(Provencio, Rollag, & Castrucci, 2002). 그리고 곰팡이와 같은 하등동물에서도 White Collar-1이라고 불리는 망막의 특정 광수용기가 주간과 야간에 다른 양의 빛(특히, 청색 빛)에 반응함으로써 생체시계의 유전자를 활성화시킨다는 연구결과가 보고되었다(Froehlich, Liu, Loros, & Dunlap, 2002).

그 밖에 조명이 뇌파나 신경계통에 미치는 영향을 살펴본 신경생리학적 연구들에 따르면, 일반적으로 한색계통의 조명에서 α 파의 증가와 함께 HRV(heart rate variability)의 HF/LF의 비가 증가하는 것으로 나타났다. 그러한 결과는 난색계통의 조명이 교감신경계를 활성화시키는 반면 한색계통의 조명은 부교감신경계를 활성화시킨다는 것을 의미한다(정우석, 유미, 권대규, 김남균, 2007).

한편, 빛에 관한 정서 및 인지행동적 연구들에서는 대개 특정 색을 띤 빛이 사람들에게 어떤 정서적, 인지적 효과를 유발하는 지를 살펴본 경우가 많다. 예를 들어, 특정 색을 가진 조명에 대해 남녀가 어떤 차이를 보이는지를 살펴본 연구에서 여성들은 남성들에 비해 다양한 색상의 조명들에 대해 정서적으로 훨씬 민감하게 반응하는 것으로 나타났는데, 이는 여성들이 남성들에 비해 정서적인 단서를 더 잘 지각하기 때문인 것으로 보인다(Knez, & Enmarker, 1998; Knez, 2001). 그러한 결과는 여성들이 많이 사용하는 공간이나 여성고객들이 주로 찾는 매장의 경우, 조명의 색채 특성을 세심히 고려할 필요가 있음을 시사한다.

그와 같은 조명 특성을 결정짓는 중요한 요인 중의 하나가 색온도(color temperature)인데, 이는 절대온도를 기준으로 했을 때 특정 빛이 갖는 고유의 온도를 Kelvin 단위로 표시한 것으로, 색온도가 낮을수록 붉고 따뜻한 색을 띠

며 높을수록 푸르고 차가운 색을 띠게 된다. 그러한 조명의 색온도에 따라 작업자는 상이한 피로도를 경험할 수 있다(양희경, 고한우, 김묘향, 임석기, 윤용현, 2001). 예컨대, 세 종류의 조명 색온도(2700K, 4000K, 6500K)를 사용하여 모니터 작업 시의 피로도를 측정했을 때, 2700K에서는 작업자들이 시각적 피로와 정신적 피로를 가장 적게 느끼는 반면, 4000K에서는 시각적 피로를 가장 많이 느끼며, 6500K에서는 정신적 피로를 가장 많이 느끼는 것으로 나타났다. 한편, 작업수행도는 2700K에서 가장 높고 4000K에서 가장 낮은 것으로 확인되었다.

조명의 색온도나 색상이 인지적 처리에 미치는 효과들도 다양한 방법으로 확인되었는데, 냉백색(cool white)이나 인공 주광색(artificial daylight white)보다는 온백색(warm white) 조명하에서 단기 기억과 문제해결이 가장 우수한 것으로 관찰되었다(Knez, 2001). 또한 시각적 주의 과제에서의 반응시간과 정확성은 모두 초록색 조명하에서 우수한 반면, 작업 기억(working memory) 과제의 경우에는 반응시간은 노란색 조명하에서, 정확성은 파란색 조명하에서 우수한 것으로 나타났다(정우석 등, 2007). 또한 조명의 밝기(조도)나 색상과 같은 조명특성에 따라 공간지각이나 색채지각도 차이를 보이는데, 조명의 색상보다는 조도가 조명에 대한 주관적 인상이나 색채의 채도와 밝기 지각에 중요한 요인인 것으로 밝혀졌다(조성희, 1997).

특히, 교실 조명의 경우, 학생들의 학업 성취나 행동과 밀접한 관련이 있는데, 주로 형광등을 사용하고 있는 교실 조명은 학생들에게 두통이나 눈의 피로를 야기할 수 있고, 최근 들어 많이 사용되고 있는 프로젝터의 강력한 빛과 스크린에서 반사된 빛도 학생들에

게 부정적인 영향을 미친다는 지적이 있다(Winterbottom & Wilkins, 2009). 아직까지 교실이나 사무실 환경에서 많이 사용하고 있는 형광등은 특유의 깜빡임(flicker) 현상을 보이는데, 그러한 특성은 형광등 조명환경에서 생활하는 사람들의 행복(well-being)이나 수행, 생리적 각성에 부정적인 영향을 미친다(Küller & Laake, 1998). 마찬가지로 푸르스름한 형광등의 낮은 색온도와 일정하지 못한 스펙트럼 분포를 보완하기 위하여 전체 스펙트럼(full-spectrum)을 가진 형광등이 사용되기도 하지만, 자연광만큼 그것이 눈에 자연스럽지는 못한 것으로 확인되었다(Veitch & McColl, 2001). 따라서 형광등을 주로 사용하는 교실 환경을 개선할 때 우선적으로 고려되어야 부분이 조명이며, 만약 그것이 학생들의 학습수행이나 정서, 행동에 좋지 않은 영향을 미친다면 학습 환경에 적합한 조명으로 교체되어야 할 것이다.

최근에 LED 조명이 기존조명의 대체용으로 인식되면서 점차 그 수요가 증가하고 있는데, 현재로서는 백색 LED를 이용한 등기구들이 많이 보급되고 있다. 그와 같은 백색 LED의 색온도와 연색지수(color rendering index; CRI)를 바탕으로 한 감성평가 결과를 보게 되면, 색온도가 높은 조명에서는 활동성과 역량성이, 색온도가 낮은 조명에서는 안정감이 높게 평가되었으며, 중간 정도의 색온도인 5800K에서는 감성이미지 요인이 높게 평가되는 것으로 나타났다(지순덕, 최경재, 김호건, 이상혁, 2006). 연색지수의 경우, 고연색 조명에서는 활동성, 안정감, 감성이미지 요인이, 저연색 조명에서는 역량성이 높게 평가되었다.

한편, 고령화 사회가 도래하면서 노인 인구가 급격하게 증가함에 따라 노인들이 거주하는 공간에서의 조명의 중요성이 점차 강조되

고 있다. 적절한 양과 질의 빛은 노인들의 사회적 기능, 삶의 질, 그리고 정서적 행복과 밀접한 관련이 있다(Grandner, Kripke, & Langer, 2006). 특히, 시력약화에 따른 색 변별력의 저하 등으로 인해 안전사고의 위험이 높은 노인들의 주거 환경에서는 빛의 밝기나 분포, 연색성 등이 공간 정보의 지각을 촉진하고 행동 패턴에 긍정적으로 영향을 미치도록 조명 설계가 이루어져야 한다(Lee, 2004).

빛을 신체적·심리적 치료에 사용하는 분야로 빛 치료(light therapy) 내지 광 치료(phototherapy)라는 분야가 있다. 신생아 황달(jaundice) 치료에 청색광을 사용하거나 앞에서 언급했듯이 계절성 정서장애에 빛을 사용하는 것은 이미 의학적으로 검증되어 활발히 적용되고 있는 분야이다. 하지만 LED를 이용한 빛 치료에 대한 최근의 관심에 비해 아직까지 과학적인 실험에 기초한 임상 데이터가 거의 없는 실정이다. 따라서 LED를 치료 목적으로 사용하기 위해서는 이에 대한 체계적인 연구가 뒷받침되어야 할 것이다.

색채의 생리적·심리적 효과

빛의 반사와 산란으로 우리는 다양한 색을 경험하고, 우리가 마주치는 대부분의 광원 역시 일정한 색을 띄고 있다는 점에서 색은 우리가 받아들이는 외부정보의 상당부분을 차지한다고 할 수 있다. 그와 같은 색에 대해 우리는 신체적으로 타고난 생리적 반응을 보이고, 그것은 다양한 심리적 경험과 기능으로 나타나기도 한다(Goldstein, 1942). 예를 들어, 빨강이나 노랑은 자극적이고 거부하는 색으로 인식되어 사람들로 하여금 외부로 초점을 맞추

게 하는 반면, 초록이나 파랑은 평온하고 수용적인 색으로서 내부로 초점을 맞추게 한다.

색채의 심리적 효과에 관한 연구들은 대개 특정 색을 보여주거나 실내의 색채 환경을 바꾸므로써 그것이 갖는 생리적, 정서적 효과를 알아보고자 한다. 색채가 미치는 생리적인 효과를 살펴보는 연구들은 대개 사람들이 색채 자극에 노출된 후 보이는 뇌파의 변화를 관찰하는데, 다양한 색채 자극에 대한 자발 뇌파(spontaneous EEG)의 변화를 기록한다. 그러한 연구결과에 따르면, 색채 자극에 노출된 다음에는 전두엽보다 후두엽에서 Fast α 파가 증가하는데, 이는 후두엽에 위치한 시각피질의 활성화 때문인 것으로 보인다(안예진, 연제혁, 유기상, 이원형, 2006).

여러 색상 중에서도 빨간색은 회피 동기(avoidance motivation)를 유발함으로써 전두엽에서의 비대칭적인 EEG 활동을 일으키는데, 그것은 좌측 전두 피질의 활성화 수준이 상대적으로 높은 것에 기인한다(Davidson, Schwartz, Saron, Bennett, & Goleman, 1979; Harmon-Jones & Sigelman, 2001; Elliot, Maier, Moller, Friedman, & Meinhardt, 2007). 그러한 결과는 빨강을 포함하는 난색들(warm colors)이 시각적으로나 심리적으로 자극적인 색이라는 사실과도 잘 부합한다(Levy, 1984).

색채는 작업자의 기분(mood)뿐만 아니라 수행이나 생산성에도 영향을 미치는 것으로 알려져 있다. Kwallek과 Lewis(1990)는 실험참가자들에게 실내를 흰색, 빨간색, 파란색으로 칠한 사무실에서 일하도록 했을 때, 빨간색 사무실에서 일한 사람들이 다른 색의 사무실에서 일한 사람들보다 불쾌한 기분이나 각성을 더 많이 경험했지만, 생산성에 있어서는 오히려 우수했다는 흥미로운 결과를 얻었다. 이와 관련

하여 Stone과 English(1998)는 지각된 과제 요구(task demand)가 작업장의 색채와 관련이 있음을 확인하였다. 즉, 사람들은 빨간색에 비해 파란색으로 이루어진 작업공간을 더 개인적인 것으로 지각하고 과제에 집중함으로써 과제 요구를 높게 평정하는 것으로 나타났다. 따라서 Kwallek 등(1990)의 연구에서 빨간색에서의 생산성이 높았던 것은 파란색에 비해 상대적으로 과제 요구가 낮게 평정되었기 때문일 가능성이 있다. 하지만 다양한 인지적 과제들을 사용하여 빨간색이 수행에 미치는 영향을 살펴본 Elliot 등(2007)의 결과에서는 실험참가자들이 낱말 맞추기(anagram), 유추과제, 산수과제 등과 같은 검사에 앞서 빨간색에 노출되었을 때가 초록색이나 흰색에 노출되었을 때보다 수행이 저조하였다.

한편, 최근에 Mehta와 Zhu(2009)는 좀 더 실용적인 목적에서 색채가 광고에 미치는 효과를 연구하였는데, 그들의 연구에서는 색채의 영향이 과제의 성격과 밀접한 관련이 있음이 밝혀졌다. 즉, 빨강은 세부지향적인(detail-oriented) 과제에서 수행을 촉진시킨 반면, 파랑은 창의적인(creative) 과제에서 수행의 향상을 보여주었던 것이다. 따라서 빨강은 제품의 구체적인 특징들을 제시할 때 사용하는 것이 유리하고, 파랑은 제품이 주는 다양한 인상과 사용가능한 맥락들과 함께 제시하는 것이 효과적이라고 할 수 있다.

빛과 마찬가지로 색채의 심리적 효과를 치료 목적으로 사용하고자 하는 분야로 색채치료(color therapy)가 있다. 색채치료에서는 색채마다 고유의 파장과 주파수를 가지고 있어서 그것이 신체 특정 부위에 작용함으로써 치료 효과를 갖는다고 가정한다. 하지만, 기존의 색채치료라고 하는 것들을 살펴보게 되면, 신체

부위나 증상에 따라 색채가 보이는 치료효과나 그것의 작용원리에 관한 설명이 다소 주관적인 측면이 있다. 예를 들어, 전통적인 색채 치료에서는 인도철학에서 유래한 개념인 차크라(chakra)라고 하는 것이 척추를 따라 수직으로 일정한 간격을 두고 나열되어 상이한 색채들로부터 에너지를 받아들이고 균형을 이룸으로써 질병을 치유한다고 본다. 그와 비슷하게 한국, 중국, 일본에는 음양오행사상에 기초한 오방색(五方色)이 다양한 질병과 관련이 있다고 보고, 청(靑)을 간장, 적(赤)을 심장, 황(黃)을 위장, 백(白)을 폐장, 흑(黑)을 신장과 연결 짓고 있다. 색채치료는 빛 치료와도 밀접한 관련이 있고 그것의 기초가 될 수 있으므로 색채를 인간 신체의 균형회복과 심리 치료에 사용하기 위해서는 구체적으로 어떤 색이 어떤 증상에 어떻게 작용하는지에 대한 좀 더 과학

적이고 체계적인 연구가 있어야 할 것으로 보인다.

조명심리연구의 과제와 전망

조명심리연구의 필요성

이상에서 색채와 빛이 인간에게 미치는 효과에 관한 연구들을 간단하게 살펴보았다. 그러한 연구들에서 드러난 것은 색채나 빛이 인간의 심리와 행동에 직간접적으로 영향을 미친다는 사실이다. 그렇다면, 색채와 빛의 결합으로 볼 수 있는 조명은 인간 심리와 행동에 어떤 영향을 미치며, 그 과정과 원리를 어떻게 연구할 것인가?

이와 관련해서는 조명과 인간행동 간의 관

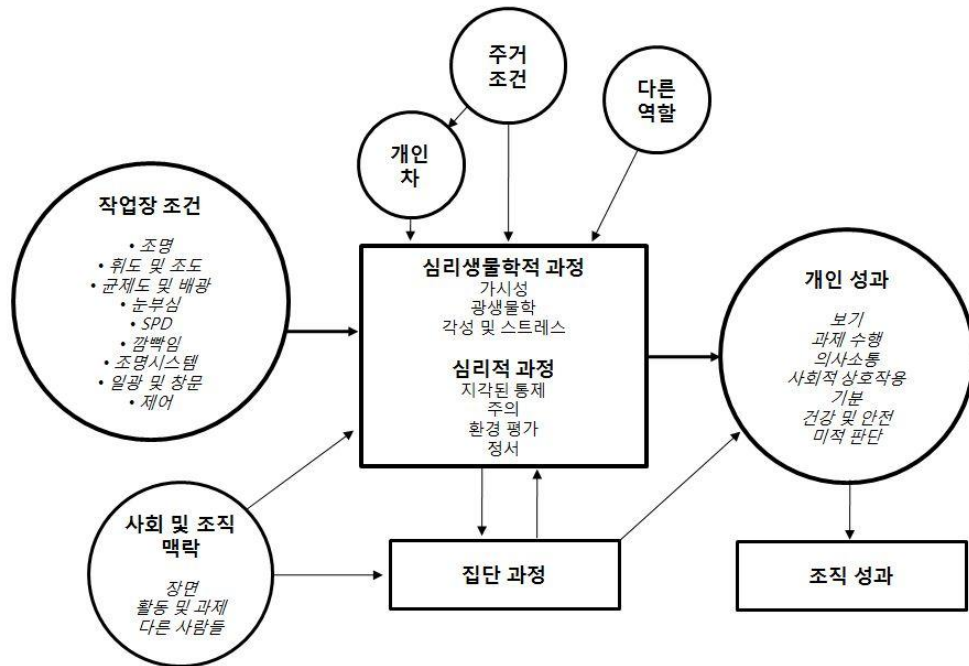


그림 1. 조명과 인간행동 간의 관계에 관한 개념적 모델 (Veitch, 2001에서 재구성)

계를 도식화한 Veitch(2001)의 모델을 참고할 필요가 있겠다. 그림 1에 제시된 그의 모델에 따르면, 작업장의 다양한 조명 특성들은 작업자의 심리생물학적 과정과 심리적 과정에 영향을 미치고, 그 결과는 개인과 조직의 성과에 영향을 미치게 된다. 특히, 개인의 심리생물학적 과정에는 가시성(visibility), 광생물학(photobiology), 각성 및 스트레스(arousal and stress) 등이 포함되고, 심리적 과정에는 지각된 통제(perceived control), 주의(attention), 환경평가(environmental appraisal), 정서(affect) 등이 포함된다. 이 모델의 특징은 지금까지의 조명연구나 개발과정에서 간과해왔던 인간의 심리생물학적, 심리적 과정을 모델의 중심에 위치시키고, 그것에 영향을 미치는 조명의 물리적 특성과 그것에서 비롯되는 개인과 조직의 수행을 연결짓고 있다는 점이다. 그렇게 함으로써 조명과 관련된 인간심리에 대한 고려를 강조하고 심리학적 관점에서 조명연구 및 개발자들에게 유용한 가이드라인을 제시하고 있다.

사실 지금까지의 조명연구와 개발은 조명의 물리적 특성들에 주로 관심이 있었지 그것이 인간의 내적 심리과정이나 행동에 어떤 영향을 미치는지에 대해서는 충분히 고려하지 못하였다. 하지만 조명은 인간이 활동하고 살아가는 환경을 구성하는 중요한 요소이고, 사람들은 주간에도 많은 시간을 실내에서 보낼 뿐만 아니라 지속적으로 야간활동이 증가하는 생활방식 속에 살고 있다. 그러므로 조명의 기능과 역할, 및 그 영향을 파악하는 것은 조명과 인간심리 및 행동 간의 관계를 이해하고 궁극적으로 인간에게 유리한 조명환경을 제공하는 일에 기초가 될 것이다.

한편, 조명의 물리적 특성이라고 함은 조명이 가진 양적인 측면을 가리키는 것으로, 여기

에는 광원으로부터 나오는 빛의 양을 가리키는 조도(illuminance)와 그것이 표면에 반사되어 빛나는 정도를 가리키는 휘도(luminance), 그리고 단위 전기에너지에서 얼마나 많은 빛을 낼 수 있는지를 나타내는 광효율(lm/w) 등이 포함된다. 하지만 그것과 함께 조명의 질적인 측면도 중요한데, 조명의 질에는 조명이 가진 고유한 색온도, 연색지수, 분광분포 등이 포함된다. 아직까지 조명의 양을 향상시키는 것이 산업분야에서의 최대 이슈이지만, 최근 들어 조명의 질에 대한 관심도 점차 증가하고 있다. 아마도 가장 큰 이유는 웰빙이나 삶의 질에 대한 사회적 관심들이 증가하면서 조명의 질이 인간의 심리와 행동을 결정하는 중요한 요인이라는 것을 인식하게 되었기 때문일 것이다. 그 구체적인 증거 중의 하나가 감성조명에 대한 관심과 수요의 증가라고 할 수 있다. 따라서 앞으로의 조명 연구와 개발은 조명의 양보다는 질, 즉 조명심리에 대한 연구에 더 초점을 두어야 할 것이다.

마찬가지로 최근에 조명 디자인 분야에서는 빛의 시각적 표현특성에 따른 감성반응에 대한 연구의 필요성이 제기되고 있다. ‘빛의 시각적 표현특성’이란 국제조명위원회(CIE)에서 발표한 8가지의 빛의 주요 시각적 특성에 이탈리아의 조명설계 이론가인 Antonio Fetrillo가 각 특성들을 서술하는 대칭어를 발표함으로써 일반화된 개념이다(우승현, 2010). 8 가지 빛의 주요 시각적 특성을 ‘빛의 현상적 표현’ 또는 ‘빛의 질’이라고도 하며, 여기에는 밝기(brightness), 색채(color), 밀도(density), 질감(grain), 마감(modelled), 공간분포(spatial distribution), 방위(orientation), 운동(motion)이 포함된다. 그러한 빛의 시각적 표현특성과 그것을 기술하는 용어쌍 간의 관계를 분석하여 프로파일 형태

로 제시함으로써 빛의 질에 대한 감성반응을 정량화할 수 있고, 그 결과를 조명 디자인을 활용할 수 있다.

한편, LED 조명과 관련해서는 다음과 같은 점에서 심리학적 연구의 필요성이 있다고 하겠다. 앞에서 살펴본 빛과 색채의 생리적·심리적 효과에 관한 연구들이 대체로 그 대상이 특정 빛을 발산하는 광원이나 빛의 반사에 의해 지각되는 물체의 색에 관한 것이었다. 따라서 그 연구결과는 빛이나 물체색에 직접 또는 그것들이 매개하는 대상에 제한적으로 적용될 수밖에 없는 한계를 지니고 있다. 하지만 RGB LED를 사용하여 다양한 색상을 표현하는 LED 조명은 빛과 색이 결합된 색광(colored light)라고 할 수 있고, 그것은 기존의 조명이나 색으로는 어려웠던 독특하고 풍부한 조명 경험을 야기함으로써 이전과는 다른 생리적·심리적 반응을 야기할 가능성이 있다.

예를 들어, LED 조명에 의한 자유로운 색상 연출은 몇 단계의 색온도 구분에 의해 사용되던 기존조명들에 비해 훨씬 복잡하고 다양한 감성반응을 야기할 수 있다. 물론 백열등이나 형광등과 같은 기존조명들도 조명마다 독특한 색온도와 분광분포를 가지고 있어 조명에 따라 상이한 생리적·심리적 효과를 보일 수 있지만, RGB LED 조명의 색상변화가 갖는 색온도와 분광분포는 그것과 비교할 수 없을 정도로 다양하고 복잡하다. 예를 들어, RGB LED 각각을 0에서 255의 값으로 제어할 경우, 이론적으로 표현 가능한 색상 수는 1600만 가지가 넘는다. 따라서 기존에 개발되었던 색채나 조명감성척도를 LED 조명에 사용할 경우 정확한 감성평가와 결과해석이 어려울 수 있다. 그러한 이유로 인해 연구자들은 LED 조명을 위한 새로운 감성척도의 필요성을 인식하고 이를

개발하고자 하는 것이다.

그 밖에도 조명심리연구가 필요한 많은 이유들이 있지만 본 논문에서는 이상에서 언급한 내용들을 중심으로 조명심리연구를 조명감성연구, 조명생리연구, 그리고 조명행동연구로 구분하여 각 영역별로 주요 연구주제와 연구동향, 그리고 앞으로의 전망을 살펴보고자 한다.

조명감성연구³⁾

현 시점에서 LED 조명이 주목을 받는 이유 중의 하나가 자유로운 색채 연출이고 그것이 인간의 감성과 밀접한 관련이 있다면 LED 조명에 대한 심리학적 연구는 우선 조명감성연구에 초점을 두어야 할 것이다. 이를 위해서는 먼저 LED 조명을 위한 감성척도를 개발하고 그것에 기초한 감성연구가 이루어질 필요가 있다.

지금까지 수행된 감성척도기반 연구들 중에서는 색채감성척도의 개발에 기초한 감성연구들이 비교적 활발한 편이다. 대표적인 색채감성척도 중의 하나가 일본색채디자인연구소에서 개발한 Color Image Scale이다. 그것은 Munsell System의 색상 분류와 PCCS(personal color coordinate system)의 톤 분류에 기초한 130개의 색에 기초하여 2차원 척도 상에서 감성형용사와 각 색의 위치, 그리고 색채조합에 의한 배색의 위치를 나타낸 것이다(Kobayashi, 1990). 국내에서는 1997년에 IRI 색채연구소가 통산산업부(현 지식경제부)의 지원으로 한국인의 색채감성척도를 개발하였다(이복신, 1997).

3) 여기서는 형용사 감성척도개발에 기초한 감성평가연구에 초점을 두고 조명감성연구를 기술하기로 한다.

감성척도는 Osgood, Suci, 및 Tannenbaum (1957)에 개발한 의미 미분법(semantic differential method)에 기초하는데, 그것은 감성을 표현하는 다양한 어휘들(형용사들)을 수집하고 그것들이 의미 공간(semantic space)에서 어떻게 분포하는지를 알아봄으로써 감성요인들을 추출하는 것이다. Osgood 등은 인간의 보편적인 감성 차원으로 평가(evaluation), 역량(potency), 그리고 활동(activity)차원이 있다고 보았다. 그와 같은 방법이 적용된 한국인의 색채감성척도의 개발에 관한 연구에서는 5개의 요인(감성적 요인, 활동성 요인, 명도/채도 요인, 기호요인, 복잡성 요인)을 확인되었고, 최종적으로 ‘부드러운-딱딱한’, ‘동적인-정적인’이라는 두 개의 차원에 기초한 감성척도가 완성되었다(이복신, 1997).

그 외에도 국내에서 이루어진 형용사를 이용한 감성평가연구들을 살펴보면, 김철중(1993)은 40개의 형용사에 대한 반응을 요인 분석하여 7개의 감성요인(친밀감, 쾌적감, 매력감, 고급감, 안락감, 개방감, 사용감)을 추출하였고, 박미자, 신수길, 한광희, 황상민(1998)은 감성평가를 위한 우리말 형용사의 의미구조를 밝히고자 정서형용사들을 선별하여 요인 분석한 다음, 그것들을 색채 이미지 평가에 적용하여 5개의 요인(정서, 강도, 활동, 온도, 척도)을 추출하였다. 김창순 등(1999)은 색채 감성을 반영한 Personal Color Design System 개발을 위해 103쌍의 형용사 쌍을 이용한 이미지 평가를 실시하여 3개의 요인(‘품위 있는-캐주얼한’, ‘깔끔한’, ‘강렬한-수수한’)을 추출하였고, 그것들을 Osgood 등의 평가, 역량, 활동 차원과 유사하다고 보았다.

한편 박창호(2001)는 색광에 대한 감성요인들을 찾기 위하여 90개의 색채 감성 어휘와

한국어 기본색이름 22개에 해당하는 색자극을 이용하여 5개의 요인(온화감, 청아감, 화려감, 역동감, 무게감)을 확인하였다. 그의 연구에는 프로젝터로 스크린에 투사한 색광을 실험자극으로 사용하고 실험참가자들에게 그것에 대한 형용사 평정을 하도록 했다는 점에서 이전 연구들과 달리 조명에 대한 감성평가연구라고 할 수 있다.

LED 조명과 관련해서는 최근에 이강희, 황인재, 김현택, 박현수(2009)가 몇 가지 수준의 색온도를 가진 LED 조명과 기존 조명을 사용하여 그것들에 대한 감성평가를 실시하였다. 이를 위해 먼저 LED 조명을 위한 감성평가척도를 개발하였는데, 왜냐하면 기존에 개발된 감성평가척도들이 LED 조명에는 적합하지 않다고 보았기 때문이다. 일반적으로 백색 LED 조명은 색온도가 기존 광원들에 비해 자연광에 가깝지만 별도의 확산판(diffusing plate)을 사용하지 않으면 직진 성향이 강해 눈부심(glare)을 야기한다. 또한 Full Color LED 조명의 경우는 빨강, 초록, 파랑 LED의 조합으로 다양한 색상과 밝기의 조명을 연출할 수 있기 때문에 기존조명과 다른 근본적으로 다른 시각적 경험을 생성한다. 따라서 그와 같은 조명특성을 감안하여 다양한 문헌자료들과 조명연구 및 개발자들로부터 LED 조명에 적용할 수 있는 감성형용사들을 수집하였고, 여기에 Osgood 등의 의미미분법과 여러 가지 통계분석법을 적용함으로써 LED 조명 감성평가를 위한 형용사들을 추출하였다.

그 과정에서 선정된 30개의 형용사(예를 들어, 아늑한, 화려한, 개성 있는, 맑은, 우아한, 현대적인 등)가 LED 조명과 기존조명의 색온도에 대한 감성평가에 사용되었고, 그 결과는 대체로 색온도가 낮을 때는 기존조명(백열등)

이, 색온도가 높을 때는 LED 조명이 긍정적인 평가를 보이는 것으로 나타났다.

하지만 이러한 노력에도 불구하고 아직까지 조명감성연구는 그다지 체계적이지 못한 편이다. 조명감성평가를 위한 척도개발이 이제 겨우 시도되었을 뿐이고, 그것이 조명감성평가에 얼마나 적합한지, 색온도나 색상처럼 LED 조명이 가진 다양한 조명특성의 변화가 감성척도에 어떻게 나타나는지에 대한 추가연구들을 필요로 한다. 그와 같은 검증작업과 척도의 정교화를 통해 조명감성평가를 위한 좀 더 체계적인 도구가 개발된다면, 조명에 의한 감성효과를 훨씬 정확하게 정량화할 수 있을 것이다.

조명생리연구

생리적인 지표를 이용하여 조명이 인간 심리와 행동에 미치는 영향을 밝히는 조명생리연구도 필요하다. 그것은 조명감성연구를 위한 수단이기도 하지만 동시에 순전히 신경생리적인 측면에서 조명이 인간에게 어떤 영향을 미치는지를 알아보기 위한 방법이기도 하다.

아직까지 조명생리연구에 기초한 감성연구는 그다지 많지 않은 편인데, 아마도 조명과 관련된 감성을 객관적으로 연구하기가 쉽지 않고 실험에 필요한 연구 기법이나 측정 장비, 그리고 조명환경을 갖추는 데 어려움이 있기 때문일 것이다. 따라서 조명의 심리적 효과를 살펴본 대부분의 연구들은 주로 질문지를 이용한 주관적인 평가에 의존하거나 인지적, 지각적 과제 수행에서 나타나는 행동 데이터의 차이 등에 주목하고 있다(Gao & Xin, 2006; Grandner et al., 2006; Knez & Kers, 2000; Kwallek, Woodson, Lewis, & Sales, 1997; Valdez, & Mehrabian, 1994; 양희경 등, 2001; 조성희,

1997; 지순덕 등, 2006).

그동안 심리학을 포함한 여러 분야에서 인간의 기본 정서를 확인하거나 감성을 평가하기 위해 뇌와 자율신경계 반응을 측정하거나 생리적 지표를 개발하려는 시도들은 많이 있었으나(Le Doux & Phelps, 2000; Plutchik, 1994; 이경화, 이임갑, 손진훈, 1999; 황민철, 장근영, 김세영, 2004), 조명에 대한 생리적 반응을 직접 측정하는 경우는 별로 없었다. 최근에 Abbas, Kumar, Mclachlan(2005)은 심전도(electrocardiogram; ECG)를 이용하여 다양한 색상과 밝기의 조명에 대한 생리적 변화를 측정하는 바가 있다. 그러나 그들의 연구에서는 개인차에 따른 심전도의 변화만 확인하였을 뿐 색상이나 밝기에 따른 차이를 충분히 확인하지는 못하였다. 그 밖에 Elliot 등(2007)은 EEG 기록을 통해 빨간색의 회피 동기 유발에 따른 전두엽 활성화의 비대칭성을 확인하였고, 안예진 등(2006)은 자발 뇌파 분석을 통해 색채가 미치는 심리생리학적 영향을 색채치료 측면에서 알아보려 하였다. 그 결과, 색채자극 제시 후에 Fast α 파가 전두엽보다는 후두엽에서 증가하였고 색상에 따른 집중도가 뇌 부위에 따라 조금씩 다르다는 것이 관찰되었다.

그러나 기존의 연구들은 대개 그 연구대상이 되었던 자극 광원이 LED가 아니었기 때문에 그 결과를 LED 조명에 그대로 적용하기에는 다소 무리가 있다. 그 이유 중의 하나로 들 수 있는 것이 조명의 종류에 따라 다른 고유한 분광분포(spectrum power distribution; SPD)이다. 예를 들어, 백열등이나 형광등의 분광분포는 가시광선의 전 파장영역에서 어느 한쪽으로 치우치거나 특정 파장에서 과도하게 높게 나오는 특징이 있고, 그러한 것들은 조명의 색온도나 감성평가에 영향을 미치게 된다. 반면

에 LED 조명은 청색과 노랑에 해당하는 파장 영역에서 높은 분포를 보임으로써 색온도는 자연광에 가깝지만 분광분포는 두 개의 커다란 봉우리를 갖는 독특한 형태를 보인다.

LED 조명의 분광분포가 인간 심리나 행동에 미치는 영향에 관한 경험적인 연구는 아직까지 보고된 바가 없지만, 형광등의 경우에는 일반 형광등에 비해 전 스펙트럼(full spectrum) 형광등이 자연광에 가깝고 인간을 포함하여 동물이나 식물에게 유리하다는 주장과 이를 뒷받침하는 여러 연구결과들이 있다(Blumenthal, 1992; Laszlo, 1969; Ott, 1973; Veitch & McColl, 2001; Wurtman & Neer, 1970). 마찬가지로 백색 LED 조명의 경우에도 구현하는 방식⁴⁾에 따라 상이한 분광분포를 가지고, RGB LED가 사용되는 LED 감성조명의 경우에는 각각의 LED가 가진 고유한 분광분포와 함께 연출하고자 하는 색상조합에 따라 수많은 다른 분광분포를 보일 수 있다.

최근에 Vandewalle 등(2010)은 초록(473nm)과 파랑(527nm)의 단색광을 사용하여 청각변별과제를 수행하는 동안 대뇌의 활동을 관찰하였는데, 청색 조명일 때 측두엽(temporal cortex)의 청각영역과 해마(hippocampus)가 정서 자극에 더 민감하게 반응함을 확인하였다. 그러한 연구결과는 주변 조명의 분광특성이 정서적인 자극에 대한 인간의 반응에 영향을 미치고, 그것이 우울증과 같은 정서장애의 치료에 활용될 수 있음을 시사한다. 마찬가지로 다양한 색상을 자유롭게 연출할 수 있는 RGB LED 조명도 그 색상조합과 분광특성에 따라 상이한 신

체적·심리적 반응을 야기할 가능성이 있다.

한편, 최근에 나온 프랑스 식품환경노동위생 안전기관의 보고서(ANSES, 2010)에서는 청색 LED가 망막을 손상시킬 위험성이 있다는 지적이 있었고, CIE나 IEC와 같은 국제표준기구들에서도 LED의 광생물학적 안전성(photobiological safety)에 관한 논의가 활발하게 진행되고 있다는 점에서 LED 조명이 신경생리학적 측면에서 문제가 없는지, 기존 광원들과는 안전성 측면에서 어떤 차이가 있는지를 검토해 볼 필요도 있다.

LED 조명을 포함하여 조명의 색온도가 미치는 생리적 효과에 관해서 최근에 Kim, Pak, Lee, 및 Hwang(2010)은 LED 조명과 기존조명에서의 색온도에 따른 생리심리적 반응을 살펴 보았다. 실험에는 2200K, 3500K, 5200K의 색온도를 가진 LED 조명이 사용되었고, 그것에 대응하는 기존조명들은 각각 백열등(incandescent), Cool-White, D-65 표준광원이었다. LED 색온도 실험조건을 구성하기 위해서는 LED 모듈에 입력되는 RGB값을 조절하여 기존조명들의 색온도와 일치하도록 하였다. 실험참가자들은 세 수준의 색온도를 가진 LED와 기존조명들을 포함하는 여섯 가지의 실험조명조건에 무선적으로 노출되었다. 실험과제를 수행하기에 앞서 제시된 조명에 대한 간단한 감성평가가 실시되었고, 주어진 과제(암산과제)를 수행하기 전후 30초 동안을 기저수준으로 하여 과제수행 중일 때의 뇌파를 측정하였다.

실험결과, EEG 측정 데이터에서 추출한 ERP(Event Related Potentials) 패턴에서 기존조명과 LED조명 간에 약간의 차이가 나타났다. 즉 모든 색온도조건에서 LED 조명하에서의 ERP 패턴은 기존 조명에 비해 그 강도가 상대적으로 낮은 경향을 보였던 것이다. 그 차이가 정확하

4) 백색 LED를 만드는 방법에는 크게 청색 LED에 노랑 형광체(phosphor)를 도포하는 방법과 UV LED에 RGB 형광체를 섞어 도포하는 방법이 있다. 제조 방법에 따라 상이한 분광분포를 갖는다.

게 무엇을 반영하는지를 이해하기 위해서는 추가적인 데이터수집과 검토가 필요하겠지만, 그러한 결과는 LED 조명이 다양한 색온도에서 기존조명과 차별적으로 과제수행에 영향을 미칠 가능성을 시사한다.

신경생리적인 측면에서 조명의 영향에 관한 연구를 필요로 하는 대표적인 주제는 일주율과 멜라토닌 분비, 그리고 우울증과 관련된 신경전달물질인 세로토닌의 분비 등을 들 수 있다. 일주율과 멜라토닌 분비는 우리가 노출되는 빛의 양에 의해 영향을 받고 그것은 수면주기의 변화를 야기하므로(이배환 등, 2007; Brainard, Lewy, Menaker, Fredrickson, Miller Weleber, Cassone, & Hudson, 1988; Klein 등, 1991; Lewy 등, 1980), 적절하게 조명을 조절하고 통제함으로써 수면장애의 치료에 활용할 수 있다. 또한 계절변화에 따른 빛의 부족을 조명으로 보충해줌으로써 계절성 정서장애(seasonal affective disorder; SAD)를 치료하는 데 조명이 사용되고 있으므로(Golden 등, 2005; Kripke, 1998; Rosenthal & Wehr, 1992; Tuunainen 등, 2001), 이와 관련된 연구들은 조명의 신경생리학적 영향을 규명하는 데 도움을 줄 것이다.

또한 앞서 언급했던 광생물학적 안정성의 문제를 과학적으로 다루기 위해서는 동물이나 인간을 대상으로 한 신경생리학적 임상연구가 필요하다. 특히 LED 조명처럼 이제 막 상용화되기 시작한 제품의 경우 아직까지 그 안전성에 관한 충분한 자료가 축적되지 못한 상황이다. 그러므로 기존조명에서 얻어진 결과를 토대로 LED 조명이 갖는 물리적 특성이 동물이나 인간의 시각체계나 대뇌신경활동에 어떤 영향을 미치는지를 알아보는 것은 LED 조명의 발전과 보급을 위해서도 필수적이라 하겠다.

조명행동연구

조명감성연구나 조명생리연구에 비해 조명행동연구는 지금까지 비교적 꾸준히 이루어져 왔다고 할 수 있다. 하지만 그것들은 대부분 해외 연구자들에 의해 이루어진 것들이었고, 국내에서는 아직까지 조명행동에 관한 심리학적 연구가 거의 이루어지고 있지 않은 실정이다. 조명행동연구를 가장 활발하게 진행해온 곳은 아마도 북미에 위치한 대학과 연구소들일 것이다. 대표적인 기관으로는 UC Davies의 California Lighting Technology Center, 미국과학재단이 지원하고 RPI, Boston University, University of New Mexico가 공동 참여하고 있는 Smart Lighting Engineering Research Center, 캐나다국립연구원(National Research Council of Canada; NRCC) 산하의 건축연구소(Institute for Research in Construction; IRC) 등을 들 수 있다. 기업으로서의 Philips나 Osram과 같은 유럽의 가전 및 조명회사들이 자체적으로 비교적 활발한 조명행동연구를 수행하고 있고, 그 결과를 제품개발에 활용하고 있다.

조명행동연구의 결과는 다양한 분야에 응용될 수 있는데, 최근에는 색온도 차이를 이용하여 ‘학습조명’이란 이름으로 다양한 데스크 램프(일명 스탠드) 제품들이 출시되고 있다. 다시 말해, 언어영역, 수리영역, 창의력영역에 맞는 색온도를 정해놓고 학습 내용에 따라 색온도를 바꿀 수 있도록 한 조명제품이다. 하지만, 아직까지 조명의 색온도에 따라 학습의 유형과 효과가 다를 수 있다는 것이 과학적으로 충분히 검증되었다고 보기 어렵다. 그럼에도 불구하고 시장에서는 이미 많은 제품들이 쏟아지고 있는 것이 현실이다. 이러한 상황이 조명에만 국한된 문제는 아니지만, 가능하다면

체계적인 조명행동연구들이 수행되어 그 결과들에 기초한 제품개발이 이루어지는 것이 바람직하다.

마찬가지로 교실이나 사무실, 작업장에서의 조명환경이 학습 성취이나 업무 수행, 효율성이나 생산성에 미치는 영향에 관해서도 다양한 조명행동연구가 필요하다. 특히 최근 들어, 형광등과 같은 실내조명이 점차 LED 조명으로 점차 교체되는 추세이므로, 그러한 조명환경의 변화가 사용자 또는 작업자의 행동에 어떤 영향을 미치는지를 조사해볼 필요가 있다. 옥외조명의 경우에도 수은등이나 네온등과 같은 가로등이 점차 LED 가로등으로 교체되고 있으므로, 그것이 야간주행 시 운전자들의 사물지각이나 운전행동에 어떤 영향을 미치는지, 보행자들의 안전에 어떤 영향을 미치는지를 알아볼 필요가 있다.

또한, 우리사회가 점차 고령화되고 있는 상황에서 고령인구의 증가는 노인들을 위한 조명환경에 특별한 주의와 관심을 필요로 한다. 나이가 들수록 전반적인 시각능력과 인지능력이 떨어지게 되고 정상적인 시각정보 수집과 처리를 위해서는 더 밝은 조명을 필요로 하게 된다(최미향, 김현진, 안옥희, 2009; Turner & Mainster, 2008). 그렇지 못할 경우, 정상적인 신체 및 지적 활동에 지장을 받게 되고 안전사고의 위험도 증가하게 된다. 그러므로 노인들의 인지수행이나 행동패턴을 분석하여 노인 거주시설에 적합한 맞는 조명을 설계하고 조명환경을 제공하여야만 한다.

그밖에도 조명행동연구를 필요로 하는 분야로는 미술관이나 박물관과 같은 전시시설, 동작예술이 이루어지는 극장의 무대조명, 소비행동에 영향을 미치는 매장 디스플레이용 조명, 가전제품을 포함한 다양한 IT제품들에 사용되

는 조명 등이 포함될 수 있다.

조명행동연구의 한 시도로서 최근에 박현수와 이찬수(2010)는 LED 조명의 색상이 정서평정과 기억수행에 미치는 효과를 알아보기 위한 실험을 수행하였다. 실험참가자들은 동일한 조도(illumination; Lux)의 빨강, 초록, 파랑, 흰색 색상의 LED 조명 아래에서 컴퓨터 모니터에 제시된 IAPS(international affective picture system) 사진들을 관찰 한 후 정서기(Valence)와 각성(Arousal) 차원에서 정서 평정을 하였다. 그런 다음 약간의 휴식을 취한 후 그 사진들에 대한 재인기억과제를 수행하였다. 실험 결과, 정서가 평정에서 초록 색상의 조명이 유쾌한 정서를 유발한 반면, 빨강 색상의 조명은 불쾌한 정서를 유발하였다. 각성차원에서는 그것과 반대되는 반응 경향성을 보였다. 그러한 결과는 이전 연구들에서 빨강과 파랑의 대립적인 효과가 주로 관찰되었던 것과는 다소 차이가 있었다. 재인기억과제에서는 초록 색상조건에서 제시되었던 사진들에 대한 재인반응시간이 약간 빨랐지만 통계적으로 유의미한 차이는 아니었다. 이차색인 시안(cyan), 마젠타(magenta), 노랑과 흰색을 사용한 실험에서는 그 효과가 감소하기는 했지만, 빨강, 초록, 파랑, 및 흰색을 사용했을 때와 비슷한 반응형태를 보여주었다.

비록 박현수 등(2010)의 연구가 LED 조명을 이용하여 색상에 따른 정서 및 인지수행의 차이를 살펴보기 위한 탐색적인 성격의 연구였지만, 향후 다양한 실험설계와 실험과제를 개발한다면 행동데이터에 기초한 활발한 조명심리연구가 가능할 것이다. 그리고 이미 개발되어 사용되고 있는 다양한 조명들의 물리적 특성들을 분석하고 그것들이 인간행동과 심리에 어떤 영향을 미치는지를 살펴본다면 조명과

인간행동 간의 관계를 좀 더 깊이 있게 이해할 수 있을 것이다.

결론

빛과 색은 불가분의 관계이고 그것들은 인간의 삶에 중요한 영향을 미치는 외부 변인들이다. 최근 들어 LED 조명이 등장하면서 그러한 빛과 색이 인간 심리와 행동에 어떤 영향을 미치는지에 대한 관심이 점차 증가하고 있다. 하지만 그에 관한 충분한 기초자료가 없는 것이 현실이고, 그럼에도 불구하고 시장에서는 이미 감성조명이라는 이름으로 다양한 제품들이 출시되고 있다.

본 논문에서는 빛과 색의 심리적 효과에 관한 선행연구들을 요약하고, 조명행동연구를 세 부분으로 나누어 각각의 연구과제와 사례들을 간략하게 소개하였다. 하지만 감성척도차원에 기초한 조명감성연구결과나 뇌파 및 자율신경계 반응에 기초한 조명생리연구결과, 그리고 행동데이터에 기초한 조명행동연구의 결과가 조명에 대한 인간의 심리 및 행동 반응을 설명하기에는 아직까지 많이 부족한 실정이다. 특히 LED처럼 최근 들어 관심의 대상이 되고 있는 새로운 형태의 조명에 대한 감성척도의 개발이나 평가, 심리생리학적 측정 연구, 및 행동연구는 이제 겨우 시작단계에 불과하다. 그러므로 앞으로 LED 조명의 다양한 색상, 색 온도, 연색지수, 분광분포, 그리고 그것을 이용한 다양한 시각적 표현특성이 인간의 심리와 행동에 어떤 영향을 미치는지를 알아보기 위한 좀 더 체계적이고 과학적인 조명심리연구가 필요하다.

지금까지 그다지 활발하지 못했던 조명에

대한 심리학적 연구는 조명심리연구 자체의 발전을 위해서뿐만 아니라 조명응용산업의 발전과 조명시장의 확대를 위해서도 필수적이다. 그리고 그 과정에서 얻어진 풍부한 기초자료를 바탕으로 인간심리에 부합하는 다양한 조명 콘텐츠를 개발함으로써 인간의 건강과 삶의 질을 향상시킬 수 있는 조명 환경을 만들 수 있어야 할 것이다. 또한 조명과 IT기술과의 융합을 통해 보다 편리하고 지능적인 조명시스템을 구현함으로써 새로운 부가가치를 창출할 수 있어야 할 것이다.

그와 같은 연구를 통해서 빛과 색, 그리고 그것들이 인간 감성과 생리, 그리고 행동에 미치는 영향에 대한 심리학적 이해의 폭을 넓히고, 그 결과들이 다양한 분야, 특히 LED-IT 융합산업으로 연결된다면, 21세기형 복합학문으로서 심리학은 그 영역과 영향력을 확대할 수 있을 뿐만 아니라 국가산업기술의 발전과 궁극적으로 인간의 삶의 질과 환경을 개선하는데도 기여할 수 있게 될 것이다.

참고문헌

- 강형식, 황의천 (2008). LED 조명기술. 서울: 도서출판 태영문화사.
- 기술표준원 (2009). LED 조명 산업 및 표준화 동향. KATS 기술 보고서. 지식경제부 기술표준원.
- 김주연, 이현수 (2003). 감성반응형 실내디자인에 관한 연구. 감성과학, 6(2), 1-7.
- 김창순 (1999). 색채감성을 반영한 Personal Color Design System 개발 연구. KRISS/IR-2000-004.
- 김철중 (1993). 인간 감성파악 및 측정기술개발.

- 과학기술처 KRISS-93-124-IR.
- 박면용, 안승민, 하성도, 정도연, 류인균 (2007). 감정 및 정서상태 전이를 위한 감성 콘텐츠 추천 시스템 개발. *감성과학*, 10(1), 1-11.
- 박미자, 신수길, 한광희, 황상민 (1998). 감성 측정을 위한 우리말 형용사의 의미구조. *감성과학*, 1(2), 1-11.
- 박창호 (2001). 색광에 대한 감성 요인들. *한국 인지과학회 논문지*, 13(3), 23-31.
- 박현수, 이찬수 (2010). LED 조명의 색상이 정서평정과 기억수행에 미치는 효과. *한국감성과학회 추계학술대회 발표논문집*, 37-38.
- 서은경 (2009). 신개념 고효율 발광다이오드 원천기술 개발. 2009년도 IT산업원천기술개발사업 LED·광분야 총괄워크샵 자료집.
- 안예진, 연제혁, 유길상, 이원형 (2006). 색채의 정신생리학적 영향에 대한 자발 뇌파 분석. *한국인터넷정보학회 학술발표대회논문집*, 565-569.
- 양희경, 고한우, 김묘향, 임석기, 윤용현 (2001). 주관평가와 작업수행도의 상관관계 분석에 의한 조명 색온도에서의 피로도 평가. *한국감성과학회지*, 4(2), 63-68.
- 우승현 (2010). 빛의 도구 분석에 기초한 조명이 미지 표현 방법에 관한 연구. *고려대학교 공학대학원 석사학위논문*.
- 유영문 (2009). LED조명제품 세계일류화를 위한 부품소재 동반성장 전략 워크샵 자료집, 9-24.
- 이강희, 황인재, 김현택, 박현수 (2009). Semantic Differential Method에 의한 조명 감성차원 연구. *LED학회지*, 1(1), 54-69.
- 이경화, 이임갑, 손진훈 (1999). 정서의 심리적, 생리적 측정 및 지표개발: 기본정서 구분 모델. *감성과학*, 2(2), 43-52.
- 이배환, 손진훈, Watanuki, S., Yasukouchi, A., Morita., T. (2007). 망막-시상하부 경로의 광반응 특성. *감성과학*, 10(2), 253-261.
- 이복신 (1997). 형용사를 이용한 색채 감성척도의 개발. *디자인학 연구*, 19, 17-18.
- 이영국 (2009). LED용 단결정 기관 기술 동향. 2009 LED반도체조명학회 가을학술대회 논문집, 97.
- 정우석, 유미, 권대규, 김남균 (2007). 색채 조명 자극이 인지기능에 미치는 영향에 관한 연구. *한국정밀공학회지*, 24(10), 131-136.
- 조성희 (1997). 조명특성에 따른 공간지각과 색채지각 효과에 관한 연구. *한국색채학회 논문집*, 8, 91-106.
- 지순덕, 최경재, 김호건, 이상혁 (2006). LED 기반 백색 조명의 색온도 및 연색지수에 따른 감성 평가. *감성과학*, 9(4), 353-366.
- 최미향, 김현지, 안옥희 (2009). 고품질의 시지각에 관한 문헌연구: 국내학술지를 중심으로. *조명·전기설비학회논문지*, 23(1), 1-8.
- 황민철, 장근영, 김세영 (2004). 자율신경계 반응에 의한 감성 평가 연구. *감성과학*, 7(3), 51-56.
- 황상민, 권보미 (2005). 색채 감성 이미지 척도(PCIS)를 통하여 살펴 본 인간의 색채 감성 연구. *한국색채학회지*, 19(1), 13-25.
- Abbas, N., Kumar, D., & Mclachlan, N. (2005). The psychological and physiological effects of light and colour on space users. *In Proceedings of the 2005 IEEE Engineering in Medicine and Biology 27th Annual Conference*, 1228-1231.
- ANSES (2010). Effets sanitaires des systèmes d'éclairage utilisant des diodes électroluminescentes

- (LED). Comité d'Experts Spécialisés (CES): Agents physiques, nouvelles technologies et grands aménagements.
- Brainard, G., Lewy, A., Menaker, M., Fredrickson, R., Miller, L., Weleber, R., Cassone, V., & Hudson, D. (1988). Dose-response relationship between light irradiance and the suppression of plasma melatonin in human volunteers. *Brain Research*, 454(1-2), 212-218.
- Blumenthal, R. G. (1992). New York schools consider installing full-spectrum lights to help students, *Wall Street Journal*, 31 December, B2.
- Davidson, R. J., Schwartz, G. E., Saron, C., Bennett, J., & Goleman, D. J. (1979). Frontal versus parietal EEG asymmetry during positive and negative affect. *Psychophysiology*, 16, 202-203.
- DisplaySearch (2010). *Quarterly Global TV Shipment and Forecast Report*. DisplaySearch.
- Elliot, A. J., Maier, M. A., Moller, A. C., Friedman, R., & Meinhardt, J. (2007). Color and psychological functioning: the effect of red on performance attainment. *Journal of Experimental Psychology: General*, 136(1), 154-168.
- Froehlich, A. C., Liu, Y., Loros, J. J., & Dunlap, J. C. (2002). White Collar-1, a circadian blue light photoreceptor, binding to the frequency promoter. *Science*, 297(5582), 815-819.
- Gao, X., Xin, J. H. (2006). Investigation of human's emotional responses on colors. *Color Research and Application*, 31(5), 411-417.
- Goldstein, K. (1942). Some experimental observations concerning the influence of colors on the function of the organism. *Occupational Therapy and Rehabilitation*, 21, 147-151.
- Grandner, M. A., Kripke, D. F., & Langer, R. D. (2006). Light exposure is related to social and emotional functioning and to quality of life in older women. *Psychiatry Research*, 143, 35-42.
- Harmon-Jones, E., & Sigelman, J. (2001). State anger and prefrontal brain activity: Evidence that insult-related relative left-prefrontal activation is associated with experienced anger and aggression. *Journal of Personality and Social Psychology*, 80, 797-803.
- Kim, Pak, Lee, & Hwang (2010). Sensibility evaluation and psychophysiological measurement of LED and conventional types of lighting in different color temperatures. In proceedings of *The 4th International Conference on LED and Solid State Lighting*, 77-78.
- Knez, I. (2001). Effects of colour of light on nonvisual psychological processes. *Journal of Environmental Psychology*, 21, 201-208.
- Knez, I. & Enmarker, I. (1998). Effects of office lighting on mood and cognitive performance and a gender effect in work-related judgment. *Environment and Behavior*, 4, 580-594.
- Knez, I., & Kers, C. (2000). Effects of indoor lighting, gender, and age on mood and cognitive performance. *Environment of Behavior*, 32(6), 817-831.
- Klein, D. C., Moore, R. Y., & Reppert, S. M. (1991). *Suprachiasmatic nucleus: the Mind's clock*. Oxford: Oxford University Press.
- Kobayashi, S. (1990). Color image scale. Tokyo: Kodansha International Ltd.
- Kripke, D. F. (1998). Light treatment for nonseasonal depression: speed, efficacy, and

- combined treatment. *Journal of Affective Disorders*, 49, 109-117.
- Kwallek, N., & Lewis, C. (1990). Effects of environmental colour on males and females: A red or white or green office. *Applied Ergonomics*, 21(4), 275-278.
- Kwallek, N., Woodson, H., Lewis, C., & Sales, C. (1997). Impact of three interior color schemes on worker mood and performance relative to individual environmental sensitivity. *Color Research & Application*, 22(2), 121-132.
- Laszlo, J. (1969). Observations on two new artificial lights for reptile displays, *International Zoo Yearbook*, 9(1), 12-13.
- Le Doux, J. E., & Phelps, E. A. (2000). Emotional networks in the brain. In M. Lewis & J. M. Haviland-Jones (Eds.), *Handbook of emotions* (pp. 157-172). New York: Guilford Press.
- Lee, K. E. (2004). A study on the lighting for the elderly. *Journal of Korean Society of color Studies*, 18(3), 115-125.
- Levy, I. B. (1984). Research into the psychological meaning of color. *American Journal of Art Therapy*, 23, 58-62.
- Lewy, A. J., Wehr, T. A., Goodwin, F. K., Newsome, D. A., & Markey, S. P. (1980). Light suppresses melatonin secretion in humans. *Science*, 210, 1267-1269.
- Mehta, R., & Zhu, R. J. (2009). Blue or red? Exploring the effect of color on cognitive task performance. *Science*, 323, 1226-1229.
- Osgood, C. E., Suci, G. J., & Tannenbaum, P. H. (1957). *The Measurement of Meaning*. Urbana, IL: University of Illinois Press.
- Ott, J. N. (1973). *Health and Light*. Old Greenwich: Devin-Adair.
- Plutchik, R. (1994). *The psychology and biology of emotion*. New York, NY: HarperCollins.
- Provencio, I., Rollag, M. D., & Castrucci, A. M. (2002). Anatomy: Photoreceptive net in the mammalian retina, *Nature*, 415, 493.
- Rosenthal, N. E., & Wehr, T. A. (1992). Towards understanding the mechanism of action of light in seasonal affective disorder, *Pharmacopsychiatry*, 25(1), 56-60.
- Stone, N. M., & English, A. J. (1998). Task type, posters, and workspace color on mood, satisfaction, and performance. *Journal of Environmental Psychology*, 18, 175-185.
- Turner, P. L., & Mainster, M. A. (2008). Circadian photoreception: ageing and the eye's important role in systemic health. *British Journal of Ophthalmology*, 92, 1439-1444.
- Tuunainen, A., Langer, R. D., Klauber, M. R., Kripke, D. F. (2001). Short version of the CES-D (Burnam screen) for depression in reference to the structured psychiatric interview. *Psychiatry Research*, 103, 261-270.
- Valdez, P., & Mehrabian, A. (1994). Effects of color on emotions. *Journal of Experimental Psychology: General*, 123(4), 394-409.
- Vandelwalle, G., Schwartz, S., Grandjean, D., Wuillaume, C., Balteau, E., Degueldre, C., Schabus, M., Philips, C., Luxen, A., Dijk, D. J., & Maquet, P. (2010). Spectral quality of light modulates emotional brain responses in humans. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, 107(45) 19549-19554.
- Veitch, J. A. (2001). Psychological processes influencing lighting quality. *Journal of the*

- Illuminating Engineering Society*, 30(1), 124-140.
- Veitch, J. A., & McColl, S. L. (2001). A critical examination of perceptual and cognitive effects attributed to full-spectrum fluorescent lighting. *Ergonomics*, 44(3), 255-279.
- Winterbottom, M., & Wilkins, A. (2009). Lighting and discomfort in the classroom, *Journal of Environmental Psychology*, 29, 63-75.
- Wurtman, R. J. & Neer, R. M. (1970). Good light and bad, *The New England Journal of Medicine*, 282(7), 394-395.
- 1차원고접수 : 2010. 7. 10.
수정원고접수 : 2011. 1. 7.
최종게재결정 : 2011. 1. 8.

A Consideration and Prospects of Psychological Research on Lighting

Hyensou Pak¹⁾³⁾ Chan-Su Lee¹⁾²⁾ Ja-Soon Jang¹⁾²⁾ Kanghee Lee³⁾ Hyun Taek Kim³⁾

¹⁾LED-IT Fusion Technology Research Center

²⁾Department of Electronic Engineering, Yeungnam University

³⁾Department of Psychology, Korea University

Recently, as the LED industry has rapidly developed, LED lighting market is also expanding. LED lighting is drawing attention as the next generation lighting that leads low-carbon green growth in terms of the environment-friendly lighting characterized by its low power consumption, long life, and nontoxicity. And it is in the spotlight as an emotional lighting because it easily implements a variety of color dimensions, one of the most important elements affecting human emotion. However, it is true that psychological research on conventional lighting as well as LED lighting hasn't been so active until now. Therefore, it is necessary to understand the influence of not only the various colors of LED lighting but also general lighting characteristics such as illumination and color temperature to human mind and behaviors. If plentiful contents and technology of lighting that accord with human mind are developed based on the research findings, they will be driving forces for the growth of lighting industry and will contribute to the development of psychological research on lighting. In this paper, the effects of light and color as the basis for the psychological research on lighting are examined and the outcome of psychological research on lighting so far are summarized breaking it down into affective, physiological and behavioral one. From those approaches, some recent findings confirmed the possibility that LED lighting has different emotional, physiological, and cognitive effect on human mind and behaviors from conventional lightings are introduced. In addition, future research tasks and prospects of the psychological research on lighting are discussed.

Key words : lighting, LED, color, LED lighting, emotional lighting, lighting psychology