

학습효과 증진을 위한 조명설계에 대한 기초연구

이봉주

남서울대학교 전자공학과

Basic Research on Lighting Design for Learning Effect

Boong-Joo Lee

Department of Electronic Engineering, Namseoul University

요약 본 연구에서는 수학영역, 언어영역 및 창의영역에서 학습효과 증진을 위한 교육용 조명체험실의 조명설계를 위한 기초연구를 진행하였다. 조명환경을 직접 체험할 수 있는 공간 내부는 실험자가 자연스럽게 공부할 수 있는 환경으로 설계하였고, 실험 진행 중 설정조명 외의 다른 색의 영향을 최대한 받지 않도록 외부의 빛은 완벽히 차단하였다. LED조명의 색온도와 조도를 변화시키면서 동일한 방식으로 조명변화에 따른 뇌파의 변화를 분석하였다. 이때 사용되어진 뇌파 분석기는 EMOTIV社를 활용하였다. 가변 RGB LED조명에서 색을 변화시키며 상황별에 따른 실험자의 뇌파를 측정하고, 가변 색온도 LED조명에서는 색온도(3000[K], 4500[K], 6000[K])와 빛의 세기(50%-250[lux], 70%-350[lux], 100%-500[lux])의 값을 변화시키며 상황별에 따른 실험자의 뇌파를 측정하였다. 그결과, 수리영역의 경우 색온도가 높은 경우가 집중도가 좋은 결과를 보였고 6000[K]의 색온도와 350[lux]의 조도인 조명환경에서 집중도가 가장 높은 결과를 얻었다. 언어영역의 경우 4500[K]의 색온도와 500[lux]조도일때 최적조건이고 창의영역의 경우 3000[K]의 색온도와 500[lux]의 조도일 때 최적 조명환경 조건을 얻었다. 감성조명이 가능한 LED조명원을 활용하는 경우 얻어진 색온도와 조도를 기준하여 조명 환경을 설계한다면 언어, 수리, 창의학습시 집중도가 높아짐을 알았다.

Abstract This study conducted basic research on an LED lighting design to improve the learning effect from brain wave analysis. The ideal environments of mathematics, language, and creative region can be different. Inside the space where the lighting environment can be experienced directly, the test subject consisted of common elements. Other lighting was blocked completely in controlled lighting conditions. The brain waves were analyzed according to the change in color temperature and illumination. The analyzer used was fabricated by EMOTIV Company. In the variable RGB LED light, the color of the light was measured, and the brain wave of each subject was determined. LED lights have variable color temperature (3000 [K], 4500 [K], 250 [lux], 70% -350 [lux], 100% -500 [lux]). As research results, the highest concentration in a mathematics study was in the general condition of a high color temperature, in which the optimal condition was a 6000[K] color temperature and 350[lux] illumination. The optimal condition for a language study was a 4500[K] color temperature and 500[lux] illumination, and that of the creative study was 3000[K] color temperature and 500[lux] illumination. Overall, the possibility of emotional ability and concentrated learning efficiency can be improved by the LED lighting design with the color temperature and illumination.

KeyWords : Brain Wave, LED Design, Color Temperature, Illumination, Learning Efficiency

*Corresponding Author : Boong-Joo Lee(Namseoul University)

email: bjlee@nsu.ac.kr

Received January 9, 2020

Accepted April 3, 2020

Revised January 21, 2020

Published April 30, 2020

1. 서론

시대가 발전하면서 인간의 생활 패턴이 다양해짐에 따라 스포츠, 쇼핑, 주거 등 실내에서 생활이 주로 이루어지고 있다. 이러한 실내 활동의 쾌적한 환경을 제공하고자 하는 많은 노력들이 이루어지고 있고, 그중 실내조명 설계를 통한 실내 조명환경 조성이 중요한 내용으로 인지되고 있다. 실내 환경에서 조명의 효율을 높이고자 사무실, 상점, 주택등 공간별 적절한 조도의 범위에 대한 연구가 진행되어 왔으며, 각 국가별로 적절한 조도의 범위를 국가 표준으로 정하여 사용하고 있다[1-2]. 우리나라의 경우 KS 조도기준(KS A 3011)을 제시하여 적합한 환경을 조성하기위해 노력하고 있다. 이런 측면을 고려할 때 학생들이 주로 생활하는 교실에서의 최적화된 다양한 색온도와 조도를 조절 할 수 있는 조명의 도입이 필요하다.

일반적인 조명등과 다르게 LED조명의 경우 이러한 색온도, 색좌표 및 조도의 변화가 가능한 조명공원으로 현재 많은 연구가 진행되고 있다[3-4].

LED 조명의 경우 감성조명이 가능하며 친환경적인 조명등으로 알려졌으며, 최고 90%의 광전환 효율과 최대 10만 시간에 이르는 수명으로 차세대 조명으로서 각광받고 있다. 이러한 장점 덕분에 LED를 이용한 광원을 활용하여 주거공간, 교통시설, 건물외각, 휴대용 손전등, 전자제품 등에 사용되고 있다.

빛과 뇌파의 상관관계에 따른 연구는 국내외로 활발하게 진행되고 있다. 이완집중에서는 α 파의 활성도가 색온도간의 유의한 차이가 나지 않았으나, 집중에서는 색온도가 높을수록 α 파의 활성도가 높았고, 균형도가 가장 좋았다는 연구보고도 있다[5]. 또한, 색온도 변화에 따른 조명환경은 스트레스와의 연관 관계에 대한 연구도 진행되어 그 결과 색온도가 높고 밝은 조명환경일수록 스트레스가 저감되는 결과도 있었다[6].

본 연구는 실내 공간, 특히 학습에 관한 LED 조명의 효율성에 대해 인지하고, 그에 따른 적절한 LED 조명을 고찰하고자 한다. 일반적으로 중·고등학생들은 많은 시간을 교실에서 보내고 있다. 더불어 인간은 조명 환경 변화에 따라 감성적 변화가 생기는 특성이 있다. 즉, 교실에서의 조명의 역할은 크게 부각될 수 밖에 없는데, 한 가지 형광등을 사용한 교실에서의 학습은 눈의 피로감을 증가시키고, 학습에 대한 효율성 또한 떨어트릴 수 있다. 이러한 점을 감안하여 에너지 절감 및 특정 파장의 구현이 가능한 LED 조명 등기구를 활용하여 언어, 수리, 창의 영역별 집중력 향상 시킬수 있는 학습조명이 있다면 매우

좋은 기술적 파급효과가 클 것으로 예상된다.

본 연구의 목적은 학습효과 증진을 위한 교육용 조명 체험실의 시스템 구축을 위한 기초연구로 LED조명 등기구의 광특성을 확인하고, 광특성 변화에 따른 인간의 감성 및 뇌파를 통한 특성을 파악하고, 최적의 학습효율을 위한 최적화 조명설계 조건을 제시하고자 한다.

2. 조명환경에 따른 뇌파 측정 방법

2.1 조명 환경실

본 실험에서는 LED 조명의 조도, 색온도에 따른 뇌파 특성과 그에따른 학습효율을 알아보기 위해 실제로 책상에 앉아 공부를 할 수 있는 실험공간을 설계하고, 천장면에 색, 조도, 색온도 조절이 가능한 LED 조명을 설치하였다. 조명환경을 직접 체험할 수 있는 공간 내부는 피험자가 자연스럽게 공부할 수 있는 일상적인 요소로 구성하고, 실험 진행 중 설정조명 외의 다른 색의 영향을 최대한 받지 않도록 외부의 빛들은 일체히 차단하였다. 실험 공간의 크기는 fig. 1과 같다.

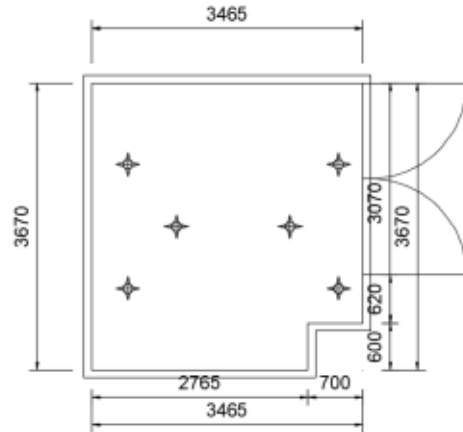


Fig. 1. Demension of lighting design room

천장면의 4개의 가변 RGB LED조명과 2개의 가변색온도 LED조명은 가로×세로(1280m×3m)크기로 총 4개를 배치하였다. 또한 가변 RGB LED조명의 간격은 2375mm의 가로길이이며 가변 색온도 LED조명의 간격은 1135mm의 가로길이이다. LED조명의 변화는 색온도와 색변화를 자동화시켜 변화시켰다. 각각의 영역에 대한 과제 사용 A4용지가 지급되었다. 자극 조명 색상은

RED, ORANGE, YELLOW, GREEN, SKY, BLUE, PURPLE, REDDISHPURPLE, WHITE, OFF 의 색으로 실험하였고, 색온도로는 3000, 4500, 6000[K]의 색으로 실험하였다.

2.2 조명환경에 따른 뇌파측정 방법

조명 상황의 뇌파 반응을 측정하여 높은 집중력을 요하는 상황에서 어떠한 조명색상과 색온도가 실험자에게 가장 적합한지 알아보고자, 실험 시작 전 주의사항에 대한 것들을 확인하고 실험에 대한 설명과 함께 나이, 성별, 시력 및 색약/색맹 여부를 포함한 기본적인 개인 정보 설문문을 진행 하였다. fig. 2은 정확한 실험을 위해 실험절차를 나타낸 것이다. 피험자가 기본 정보를 입력하는 동안 뇌파측정기를 실험자에게 장착한 후 뇌파 신호가 정상적으로 관찰되는지 확인하였다. 실험은 조명이 꺼진 상태에서 암순응(1분) 후 빛을 켜 순응시킨 뒤(1분) 조명 아래에서 제시된 수리영역, 언어영역, 창의영역으로 진행 후(각 영역 당 1분) 조명을 달리해 가며 총 18번 반복하였다. 총 실험 시간은 240분 내외였다[7-9].

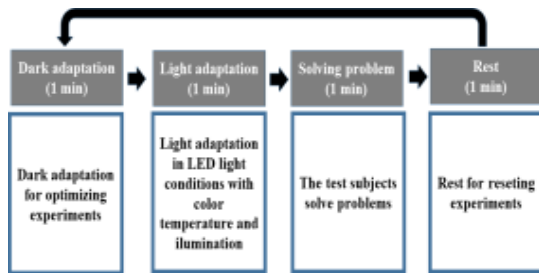


Fig. 2. Experimental flow chart about brainwaves

뇌파의 측정은 가변 RGB LED 조명으로 영역별 시험문제를 피험자에게 주어 실험을 진행한다. 순서는 3000[K]색온도부터 6000[K]색온도 순으로 진행을 하며 수리영역, 언어영역, 창의영역 순으로 문제지를 풀게 한다. 다음으로 가변 RGB LED조명으로 영역별 시험문제를 피험자에게 주어 실험을 진행한다. 순서는 RED색부터 WHITE색 순으로 진행을 하며 수리영역, 언어영역, 창의영역 순으로 문제지를 풀게 한다.

2.3 평가 항목 선정

가변 RGB LED조명에서 색을 변화시키며 영역별에 따른 피험자의 뇌파를 측정하고, 가변 색온도 LED조명에서는 색온도(3000[K], 4500[K], 6000[K])와 빛의 세

기(50%-250[lux], 70%-350[lux], 100%-500[lux])의 값을 변화시키며 영역별에 따른 피험자의 뇌파를 측정한다.

뇌파측정 도구로는 EMOTIV社 의 뇌파 분석기를 이용하며, 분석 결과가 나온 데이터값으로 선행연구를 통한 비교, 분석 단계를 진행한다. fig. 3는 실험에 사용한 뇌파측정기이다.



Fig. 3. Brainwave tester

3. 실험결과

3.1 학습조건에 따른 조명변화에 따른 뇌파특성

조명체험실에서 실험을 한 뇌파 데이터를 바탕으로 하여 각각의 데이터를 0.1 [ms]를 기준으로 1~100, 101~200, 201~300, 301~400, 401~500으로 나누어 분기별 평균을 낸 후 전체 비율을 alpha파, Low-beta파, High-beta파, Gamma파로 나눈 자료이다.

여기서 뇌파 측정 시 Theta파 또한 측정이 되었으나 기억력, 초능력, 창의력, 집중력, 불안해소 등 많은 다양한 상태와 관련되어 있다고 보고되고는 있으나, 연구자들이마다 실험프로토콜과 피험자 특성이 조금씩 달라 각 대 뇌피질 부위별 증감의 방향이 일치하지는 않는 등 아직은 표준화된 결과들이 다소 부족한 상태이므로 제외하였다. 각 색온도에 따른 조도, RGB의 뇌파데이터를 합산하면 100이 나오도록 조정하였으며, 이를 바탕으로 분석을 하였다. 수리영역과 언어영역에서는 논리적인 분석력과 복잡한 계산처리 시 나타나는 Beta파 중 Low-beta파를 최우선으로 판단하였으며, 창의영역에서는 안정되고 편안한 상태일수록 생각의 깊이가 증가한다고 판단하여 Alpha파를 최우선으로 판단하였다. 휴식기 또한 이와 같은 이유로 Alpha파를 최우선으로 판단하였다.

Table 1에서 Table 3은 각영역(수리,언어,창의) 학습 상황에서 색온도, RGB, 조도에 따른 뇌파 비율 분석 표이다.

Table 1. Brain waves characteristics in mathematics region

MATHMETICS		Alpha	Low-beta	High-beta	Gamma
color temp. [K]	illuminaiton [lux]				
3000	250	48.4953	25.9697	15.0838	10.4512
	350	50.3017	22.8607	18.2664	8.5711
	500	53.7093	23.8381	13.4159	9.0366
4500	250	57.328	.6542	13.2968	8.7213
	350	51.89	.31	16.9087	11.5623
	500	45.6965	28.710	15.5663	10.0272
6000	250	35.5728	26.3122	.4947	17.63
	350	46.0486	22.7325	17.8396	13.3793
	500	35.1180	23.1154	22.696	19.071
RED		56.5149	16.2737	10.1725	9.7596
ORANGE		39.2910	23.7897	14.2942	12.5258
YELLOW		33.0314	.7841	17.2449	14.6957
GREEN		57.8658	18.3561	10.3399	7.4312
SKY		51.2901	19.1040	12.9712	9.3688
BLUE		42.2567	22.7557	14.1809	11.3488
PURPLE		38.32	25.1384	14.84	12.1113
REDDISH PURPLE		47.6215	.0127	14.3094	10.1375
WHITE		54.0803	17.5782	11.9423	9.1136

Table 2. Brain waves characteristics in language region

LANGUAGE		Alpha	Low-beta	High-beta	Gamma
color temp. [K]	illuminaiton [lux]				
3000	250	50.685	26.8399	13.8943	8.5806
	350	48.31	22.98	16.0013	12.6966
	500	48.1717	24.2424	17.4475	10.1384
4500	250	47.4743	24.3041	16.1401	12.0816
	350	41.5743	25.9249	18.3927	14.1081
	500	31.7264	28.438	.3555	19.4796
6000	250	45.5457	23.1007	17.7857	13.5678
	350	34.3311	26.6267	21.0638	17.9783
	500	33.5685	23.8059	22.300	.325
RED		55.6766	18.1315	11.5838	8.3708
ORANGE		44.1584	23.7172	13.4058	10.5186
YELLOW		58.0743	18.9960	11.1561	7.0725
GREEN		43.8986	22.3219	14.9132	11.0013
SKY		39.8647	23.40	16.3192	11.3910
BLUE		41.5527	.9121	15.6623	12.5755
PURPLE		62.6830	15.8307	9.2738	7.0854
REDDISH PURPLE		42.0980	23.1750	15.2502	10.8280
WHITE		45.9126	21.1316	14.5448	10.2868

Table 3. Brain waves characteristics in creative region

CREATIVE		Alpha	Low-beta	High-beta	Gamma
color temp. [K]	illuminaiton [lux]				
3000	250	41.1704	26.37	18.5013	14.1246
	350	41.6732	25.0959	18.2777	14.9532
	500	48.570	25.6033	15.4439	10.3828
4500	250	35.3607	28.6659	19.5946	16.3787
	350	35.7706	22.8686	21.2662	.0946
	500	39.5944	24.9867	18.3076	17.1113
6000	250	35.5670	29.709	.8452	13.8791
	350	43.2275	24.2167	17.6673	14.8885
	500	34.6196	26.2540	21.742	17.3840
RED		34.6376	21.4538	16.0232	15.3447
ORANGE		27.94	22.0403	17.9427	16.5501
YELLOW		40.9339	24.9490	16.45	10.1822
GREEN		26.7986	.4682	18.5349	17.5155
SKY		41.9692	24.1134	15.0346	11.0730
BLUE		40.9376	29.2510	12.5891	10.0394
PURPLE		65.1865	15.5875	9.1004	5.7145
REDDISH PURPLE		50.9916	18.9361	12.1943	10.2974
WHITE		50.4760	19.5324	12.85	10.1054

Table 4. Brain waves characteristics in rest region

REST		Alpha
color temp. [K]	illuminaiton [lux]	
3000	250	49.3409
	350	51.68240
	500	51.6603
4500	250	50.9568
	350	46.4997
	500	51.7704
6000	250	46.9945
	350	44.2149
	500	42.2348
RED		50.5414
ORANGE		47.7059
YELLOW		48.9068
GREEN		45.0660
SKY		42.2970
BLUE		33.2334
PURPLE		50.0068
REDDISH PURPLE		37.8481
WHITE		38.3561

White(RGB) LED 조명을 기준할 때 조도와 색온도 표를 보면 수리영역과 언어영역에서는 Low_beta파의 비율이 색온도 4500 [K], 조도 500[lux]에서 가장 높게 나타났으며, 창의영역에서는 Alpha파의 비율이 색온도 3000[K], 조도 500[Lux]에서 가장 높게 나타났다. 색변화에 따른 특성을 보면 수리 영역에서는 PURPLE이 Low_beta파의 비율이 가장 높게 나타났고, 언어 영역에서는 Low_beta파의 비율이 ORANGE에서 가장 높게 나타났으며, 창의영역에서는 Alpha파의 비율이 PURPLE 가장 높게 나왔다.

뇌파특성의 신뢰성 확보를 위하여 쉬는 기간에 대한 뇌파특성을 본 결과를 표4에 나타내었다. 휴식 데이터 분석에는 어떠한 과목을 접하던 안정되고 편안한 상태를 유지해야 한다고 판단하여 언어영역 후 휴식, 수리영역 후 휴식, 창의영역 후 휴식의 세 가지 데이터를 평균내서 분석하였다. 그 결과 휴식 시 색온도 3000[K], 조도 350[lux]에서 RGB RED에서 가장 많은 Alpha파가 측정되었다.

좀더 자세한 분석을 위해 fig. 4는 색온도와 조도에 따른 수리영역 Low-beta 비율분석 그래프이다.

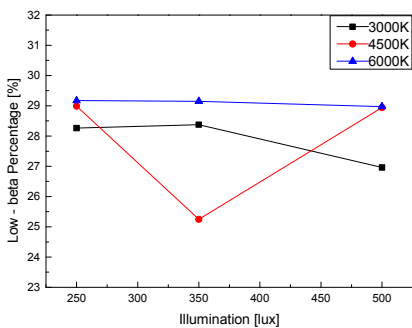


Fig. 4. Low-beta brainwave with color temperature and illumination in mathematics region

3000[K]일 때는 조도가 증가함에 따라 Low-beta가 점차 조금씩 증가하다가 낮아지는 것을 알 수 있다. 4500[K]일 때는 조도가 증가함에 따라 Low-beta가 크게 감소하다가 크게 증가하는 것을 알 수 있다. 6000[K]일 때는 조도가 증가함에 따라 Low-beta가 일정하게 높은 값을 유지하는 것을 알 수 있다. 전반적으로 색온도가 6000[K]일 때 수리영역에서 좋은 결과를 보이고 있으며 미세한 차이지만, 6000[K]의 색온도와 350[lux]의 조도일 때 가장 높은 Low-beta의 값이 나와 학습에 필요한 높은 집중력을 요구할 수 있다는 것을 유추할 수 있다.

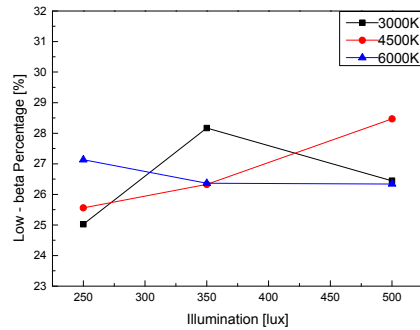


Fig. 5. Low-beta brainwave with color temperature and illumination in language region

fig. 5은 색온도와 조도에 따른 언어영역 Low-beta 비율분석 그래프이다.

3000[K]일 때는 조도가 증가함에 따라 Low-beta가 점차 증가하다가 낮아지는 것을 알 수 있다. 4500[K]일 때는 조도가 증가함에 따라 Low-beta가 점차 증가하다가 크게 증가하는 것을 알 수 있다. 6000[K]일 때는 조도가 증가함에 따라 Low-beta가 점차 감소하다가 일정한 값을 유지한다는 것을 알 수 있다. 실험 결과의 값도 4500[K]의 색온도 일 때와 500[lux]의 조도일 때 가장 높은 Low-beta의 값이 나와 학습에 필요한 높은 집중력을 요구할 수 있다는 것을 유추할 수 있다.

fig. 6은 색온도와 조도에 따른 창의영역 Alpha 비율 분석 그래프이다.

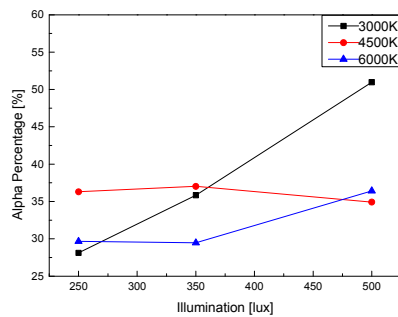


Fig. 6. Alpha brainwave with color temperature and illumination in creative region

3000[K]일 때는 조도가 증가함에 따라 Alpha가 크게 증가하는 것을 알 수 있다. 4500[K]일 때는 조도가 증가함에 따라 Alpha가 일정한 값을 유지하다가 점차 감소한다는 것을 알 수 있다. 6000[K]일 때는 조도가 증가함

에 따라 Alpha가 일정하게 낮은 값을 유지하다가 점차 증가하는 것을 알 수 있다. 실험 결과의 값은 3000[K]의 색온도 일 때와 500[lux]의 조도 일 때 가장 높은 Alpha의 값이 나와 학습에 필요한 높은 집중력을 요구할 수 있다는 것을 유추할 수 있다. 실험 결과와 선행연구와 오차가 있는 부분은 창의영역에 대한 평가로 지필학습을 통한 실험으로 조도의 증가에 따른 Alpha값 증가를 생각할 수 있다.

fig. 7는 색온도와 조도에 따른 휴식 Alpha 비율분석 그래프이다.

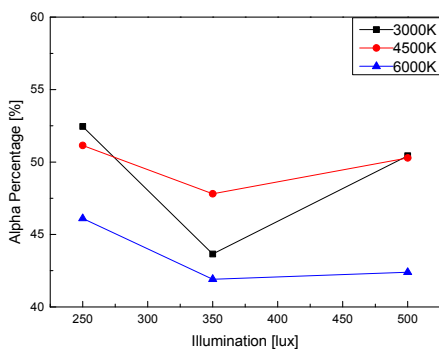


Fig. 7. Alpha brainwave with color temperature and illumination in rest region

3000[K]일 때는 조도가 증가함에 따라 Alpha가 크게 감소하다가 크게 증가하는 것을 알 수 있다. 4500[K]일 때는 조도가 증가함에 따라 Alpha가 다소 감소하다가 다소 증가하는 것을 알 수 있다. 6000[K]일 때는 조도가 증가함에 따라 Alpha가 다소 감소하다가 일정하게 유지되는 것을 알 수 있다. 실험 결과의 값은 3000[K]의 색온도 일 때와 250[lux]의 조도 일 때 가장 높은 Alpha의 값이 나와 휴식을 안정적으로 취할 수 있다는 것을 유추할 수 있다.

4. 결론

본 연구에서는 학습에 도움이 될수 있는 조명설계를 위해 조명의 광특성과 광에 대한 뇌파분석을 통해 학습효과를 증진할수 있는 방안을 제안하고자 한다. 결과 도출시 기준 뇌파는 수리와 언어영역의 학습의 경우 로우 베타파(Low-Beta)이며, 창의영역과 쉬는 시간에 필요한 뇌파는 알파파(Alpha)로 기준 하였다.

이를 분석한 결과 백색광을 기준할 때, 색온도에서는 수리 영역에서는 높은 색온도에 따른 로우베타비율이 좀 더 크게 나왔다. 또, 조도에 따른 변화는 뚜렷하지 않는 것으로 확인하였다. 따라서, 수리영역에 필요한 색온도 조명은 6000[K]의 조도는 400[lux]임을 도출하였다. 언어영역에서는 색온도에 따른 조도의 영향도를 봤을 때 조도가 커짐에 따라 색온도가 커지는 4500[K] 일때의 500[lux] 일 때 지배적인 것으로 나타났다. 창의 영역에서는 색온도는 낮으면서도 조도가 높은 결과가 도출되었다. 이로부터 창의력에 필요한 색온도 조명은 3000[K]와 조도 500[lux]임을 도출하였다.

이러한 실험결과를 통해 학습효과 증진을 위한 조명설계에 대한 기본적인 원리에 도움을 주고자 한다.

References

- [1] J, Paek, J-H, Choi & M-G, Jang, "Optimization of Light Source Combination through the Illuminance and Color Temperature Simulation of Circadian Lighting Apparatus", The Korea contents association, Vol. 7, no. 8, pp. 248-254, 2009.
DOI: <https://doi.org/10.5392/JKCA.2009.9.8.248>
- [2] Ji-Yae Shin, Sung-Yong Chun, Chan-Su Lee, "Analysis of the effect on attention and relaxation level by correlated color temperature and illuminance of LED lighting using EEG signal", Journal of the Korean Institute of illumination and Electrical Installation Engineers, 27(5), 9-17 (2013)
DOI: <http://dx.doi.org/10.5207/IIEIE.2013.27.5.009>
- [3] Seong-Woo Kwak, "Design and Implementation of LED Lighting System with Adjustable Brightness and Color Capability," J. of the Korea Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers, vol. 10, no. 5, pp. 579-586, 2015
- [4] Young-Jin Hong, Soon-Ja Lim, Wan-Bum Lee, "A study on lighting system for LED color temperature control using wireless communication and smartphone", Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, Vol. 18, no. 11, pp. 72-77, 2017
http://www.dbpia.co.kr/view/ar_view.asp?arid=3346434
- [5] Jee Soon-Duk Kim Chae-Bogk, "Electroencephalogram Analysis on Learning Factors during Relaxed or Concentrated Attention according to the Color Temperatures of LED Illuminance", Journal of the Korean Institute of Educational Facilities, Vol.21, no. 6, pp. 33-42, 2014
DOI: <http://dx.doi.org/10.7859/kief.2014.21.6.033>
- [6] JinSook Lee, JiSeon Ryu, HanNa Kim, HeeWon Lee, "An Analysis of Previous Literature on the Effect of Lighting Colors on the Brain Wave Response", Journal

of korea society of color studies, Vol. 30, no. 2, pp. 111-120, 2016

DOI: <http://dx.doi.org/10.17289/jkscs.30.2.201605.111>

- [7] Ayoung Cho, Jincheol Woo, Hyunwoo Lee, Youngho Jo, Mincheol Whang, "A Study on the Relationship between Color and Cardiovascular Parameters", Sci. Emot. Sensib., Vol. 20, no. 4, pp. 127-134, 2017

DOI: <https://doi.org/10.14695/KJSOS.2017.20.4.127>

- [8] Yuda, E., Ogasawara, H., Yoshida, Y., Hayano, "Suppression of vagal cardiac modulation by blue light in healthy subjects", J., Journal of Physiological Anthropology, Vol. 35, no. 1, pp. 24, 2016

DOI: <https://doi.org/10.1186/s40101-016-0110-x>

- [9] Kim M., K. Ryu, H. W., "The potentiality of color preference analysis by EEG", Science of Emotion & Sensibility, Vol. 14, no. 2, pp. 311-320, 2011

이 봉 주(Boong-Joo Lee)

[정회원]



- 1996년 2월 : 인하대학교 전기공학
학과 졸업(공학사)
- 1998년 2월 : 인하대학교 대학원
전기공학과 졸업(공학석사)
- 2003년 2월 : 인하대학교 전기공
학과 졸업(공학박사)

- 2004년~2007년 LG전자 디지털디스플레이연구소
- 2007년 9월~현재 남서울대학교 전자공학과 교수

〈관심분야〉

유기소자(트랜지스터,메모리), 태양전지, 발광소자(OLED, LED), 조명, 디스플레이