

사무공간에서 형광램프 조명기구와 백색 LED 조명기구의 색온도 비교를 통한 선호도에 관한 연구

(A Study on the Preference of Fluorescent Lamp and White LEDs by the Comparison of Color Temperature in a Office Space)

정연홍* · 김유신** · 최안섭***

(*세종대학교 건축공학과 석사과정 · **세종대학교 건축공학과 박사과정 · ***세종대학교 건축공학과 교수)

(Yeon-Hong Jung · Yu-Sin Kim · An-Seop Choi)

Abstract

The purpose of this study is to investigate the luminous environment of fluorescent lamp and LED lamp in a office space for various color temperature by subject response test. For this, three different color temperatures were tested for the same illuminance level. Based on such test results for various color temperatures of fluorescent lamp and white LEDs, this study is to analyze the preferences of color temperature and light source, and perceptual brightness of each light source and color temperature. Then, this study is to derive the guidelines for the performance of color temperature which are suitable on the purpose and the mood of a office space.

1. 서 론

1.1 연구의 배경

현재 우리나라의 건축물 공간에서 보편적으로 가장 많이 사용되고 있는 광원은 형광램프이다. 그러나 현재는 인, 수은증기와 같은 형광물질이 환경오염의 주원인으로 지목되면서 정책적 규제의 대상이 되었다. 이와 같은 상황에 따라 형광램프를 대체할 차세대 광원으로써 LED가 주목받고 있으며, 현재 미국, 유럽, 일본 등 선진국들은 전체 조명기기의 50~80% 이상을 LED광원이 대체 할 것으로 내다보고 있다. 더불어 친환경과 맞물려 국가적 지원 과제로 선정하여 연구 개발에 나서고 있다[1].

또한 현대 사회에서 공간은 단순한 주거의 개념을 넘어 생리·심리적 측면이 고려된 인체에 유익한 건강조명에 관한 관심이 증대되고 있다. 단순히 정량적 밝기만을 제공하던 과거의 조명에서, 인간의 정서적 측면을 고려한 조명계획이 이루어지고 있다. 이에 따라 공간의 용도와 목적에 적합한 조도와 색온도, 그리고 재실자의 생리·심리적 측면을 고려한 쾌적한 조명환경 조성이 필요하다. 특히 장시간의 근무가 이뤄지는 사무공간에 있어서 재실자의 심리적 요인과 작업능률에 영향을 주는 색온도에 대한 연구가 필요하다[2].

따라서 차세대 광원으로 주목 받고 있는 LED 조명기구의 색온도 특성에 대한 연구가 필요하며, 이를 공간에 적용할 경우 사용자의 욕구를 충족시킬 수 있도록 하

여야 한다. 이를 위해 사용자의 특성을 고려하고 공간에 적합한 색온도에 대한 조명환경의 연구가 필요하다.

1.2 연구의 목적

본 연구는 사무공간에서 차세대 광원인 형광램프 조명기구와 LED 램프 조명기구를 이용하여 동일한 조도 환경에서의 색온도변화에 따른 생리·심리학적감성을 고려한 임상시험 및 설문조사를 실시하였다. 이를 통해 대체광원인 백색 LED 조명기구의 사무공간에 적용 가능한 색온도의 제안을 목적으로 한다.

1.3 연구의 방법 및 절차

본 연구는 실험에 앞서 사무공간을 선정한 후 공간에서 이루어지는 행위에 및 조도기준을 조사하였다. 그리고 형광램프 조명기구와 백색 LED 조명기구의 동일한 조도와 색온도 설정을 위한 실험을 실시하였다. 이러한 값을 설정 값을 토대로 형광램프 조명기구와 백색 LED 조명기구의 색온도 비교실험을 통해 선호도 조사를 하였다. 마지막으로 사무공간에서 이루어지는 사무활동과 휴식활동에 대해 임상시험 및 주관평가를 실시하여 색온도가 사무공간에 미치는 영향에 대한 조사를 실시하였다. 이와 같은 임상시험 및 주관평가를 통하여 형광램프 조명기구와 백색 LED 조명기구의 사무공간 및 사용자에게 적합한 색온도를 제안하였다.

2. 임상시험을 통한 색온도 조사

2.1 임상시험 개요

본 연구에서는 사무공간에 적용되는 작업면 조도를 KS조도기준 300lx로 설정하였으며, 색온도는 3000K, 4000K, 4500K이다. 세 가지 색온도에 대해서, 형광램프 조명기구는 램프별로 교체하며 실험하였고, 백색 LED 조명기구는 컨트롤러로 Warm과 Cool의 0부터 99까지 100의 단계로 동일한 300lx의 조도에서 세 가지 색온도를 조절하여 임상시험을 실시하였다. 다음 표 1은 실험을 위한 조명기구의 설정 값을 나타낸 것이다.

표 1. 백색 LED와 형광램프 조명기구의 설정 조건
Table 1. Conditions of LEDs and Fluorescent ramp

구분	백색LED 조명기구			형광램프 조명기구		
	SCENE	SCENE	SCENE	SCENE	SCENE	SCENE
	1	2	3	1	2	3
목표 색온도	3000K	4000K	4500K	3000K	4000K	4500K
측정 색온도	2968K	3866K	4438K	2979K	3854K	4448K
작업면 조도	301lx	300lx	302lx	303lx	301lx	299lx

다음 그림 1은 실험을 위해 설정된 공간의 모습이 다. 조명기구에 따른 각각 색온도의 미세한 차이가 나타났다. 이것은 목표조도와 색온도의 설정 오차로 인한 결과로 사료된다.

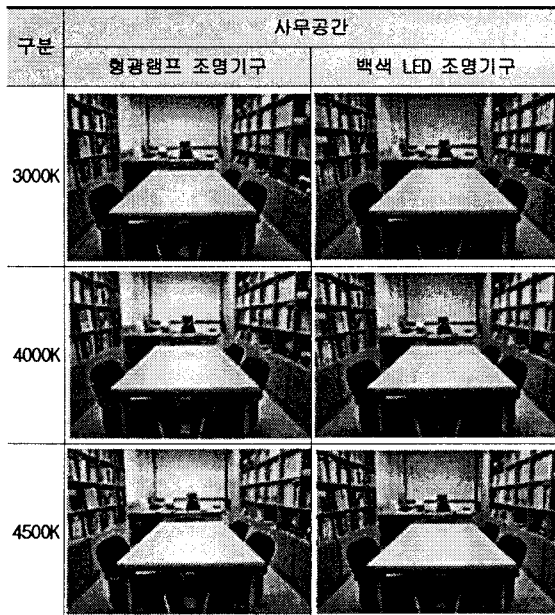


그림 1. 형광램프 조명기구와 백색 LED 조명기구 색온도별 사진
Fig. 1. Pictures of different color temperatures

사무공간에 형광램프 조명기구와 백색 LED 조명기구의 색온도 변화에 따른 임상시험을 실시하였다. S대학교 사무공간에서 남녀 33명을 대상으로 실시하였다. 다음 표 2는 실험개요를 나타낸 것이다.

표 2. 실험 개요
Table 2. Overview of experiment

기간	2008년 2월 28일 ~ 2008년 3월 14일
시험장소	S대학교 연구실 - 사무실
연구대상	S대학교 건축공학과 대학원 연구원 및 학부생 (남:15명, 여:18명)

2.2 임상시험 조사결과 분석

본 연구에서 각 색온도별 선호도를 조사하였다. 그림 2는 형광램프 조명기구와 백색 LED 조명기구의 색온도 선호도를 비교한 결과를 나타낸 것이다. 주관적 색온도의 선호도는 형광램프 조명기구의 4000K의 색온도에서 가장 많이 선호되었고, 백색 LED 조명기구의 주관적 색온도 선호도는 4500K으로 조사되었다. 그리고 형광램프 조명기구와 백색LED 조명기구의 3000K 색온도에서는 응답자 전원이 선호하지 않는 것으로 조사되었다. 또한 형광램프 조명기구는 백색 LED 조명기구 보다 낮은 색온도를 더 선호하는 것으로 나타났으며, 백색 LED 조명기구는 상대적으로 높은 색온도에서 선호도가 높은 것으로 조사되었다. 이 결과로 높은 색온도가 상대적으로 더 선호되는 것으로 사료된다.

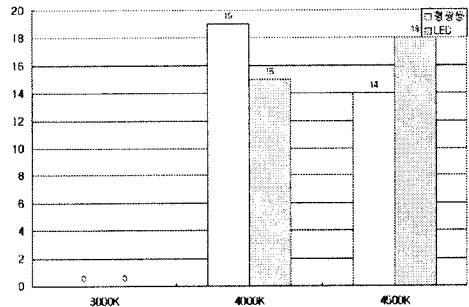


그림 2. 색온도 선호도 비교
Fig. 2. Comparison of CCT preference

그림 3은 형광램프 조명기구와 백색 LED 조명기구에 의해 느끼는 밝기 정도를 비교한 결과이다. 형광램프 조명기구는 4500K에서 가장 밝다고 느끼는 것으로 조사되었고, 3000K의 색온도에서는 응답자 모두가 밝지 않다고 느끼는 것으로 조사 되었다. 백색 LED 조명기구는 4500K의 색온도에서 가장 밝은 것으로 조사되었다. 또한 4000K의 색온도는 4500K에 비해 근소한 차이를 보이는 것으로 조사되었다.

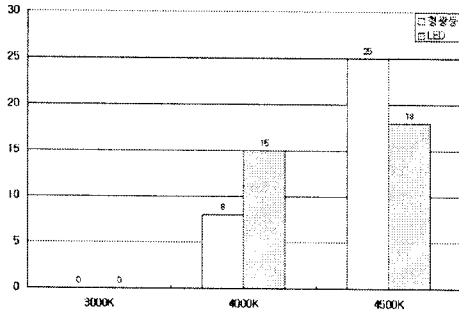


그림 3. 색온도 밝기 비교
Fig. 3. Comparison of brightness preference

그림 4는 두 조명기구 전체에 대한 색온도 별 선호도 조사결과로 응답자의 약 70%가 형광램프 조명기구 4500K에서 가장 밝다고 느낀다고 조사되었다. 이를 통해 형광램프 조명기구가 3가지 색온도 모두에서 가장 선호도가 높은 것으로 조사되었다.

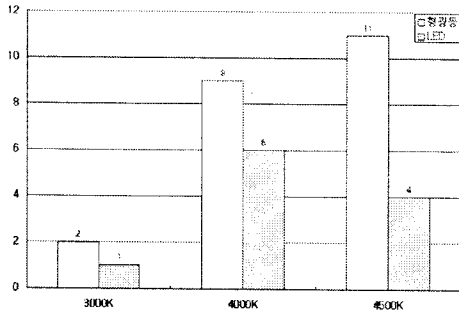


그림 4. 조명기구 비교 색온도 선호도 조사 그래프
Fig. 4. Comparison of CCI preference

그리고 다음 그림 5는 조명기구 전체에 대한 색온도별로 느끼는 밝기 정도에 대한 임상시험 결과이다. 임상시험 결과, 형광램프 조명기구 4500K의 색온도가 압도적으로 밝은 것으로 조사되었다. 그리고 총 응답자의 4명만이 백색 LED 조명기구가 더 밝다고 응답하였으며, 88%의 응답자가 형광램프 조명기구가 백색 LED 조명기구보다 밝게 느낀다고 응답하였다. 이것을 통해 형광램프 조명기구가 백색 LED 조명기구 보다 선호되며, 더 밝다고 느끼는 것으로 사료된다.

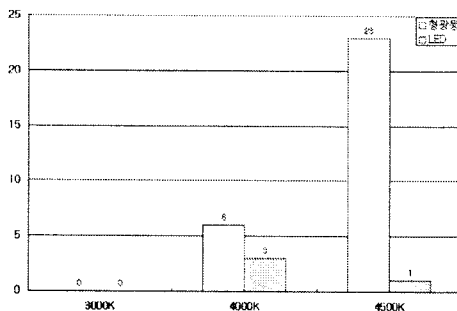


그림 5. 조명기구 비교 색온도 밝기 조사 그래프
Fig. 5. Comparison of brightness preference

그리고 본 연구에서는 다음 그림 6과 같은 문서 오류 찾기를 통해 작업능률에 대한 임상시험을 수행하였다. 오류 찾기 문서는 세 자리 이하의 정수로 되어있는 총 10개의 오류를 1분 동안 찾아내는 것이며, 찾아낸 오류의 개수를 평균산출 하여 작업능률을 평가를 하였다[3].

문-A										문-B									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	61	118	225	72	50	806	46	311		1	1	118	225	525	62	300	46	311	
2	352	84	444	359	386	959	526	752		2	352	84	444	359	386	959	526	752	
3	128	812	889	272	726	356	209		3	128	812	889	272	726	356	209			
4	298	836	3	625	585	175	156	103	4	298	836	3	625	585	175	156	103		
5	304	452	852	823	282	326	462	212	5	304	452	852	823	282	326	462	212		
6	626	7	726	726	126	202	126	826	6	626	7	726	726	126	202	126	826		
7	446	72	222	222	226	352	381	351	7	446	72	222	222	226	352	381	351		
8	584	286	472	61	126	546	1	726	8	584	286	472	61	126	546	1	726		
9	702	75	526	42	246	242	12	824	9	702	75	526	42	246	242	12	824		
10	726	222	372	348	348	352	248	414	10	726	222	372	348	348	352	248	414		
11	726	31	24	222	628	286	25	252	11	726	31	24	222	628	286	25	252		
12	442	2	372	476	814	812	234	522	12	442	2	372	476	814	812	234	522		
13	446	726	202	192	126	222	2	862	13	446	726	202	192	126	222	2	862		
14	524	326	426	382	622	812	402	872	14	524	326	426	382	622	812	402	872		
15	726	82	82	126	526	12	232	146	15	726	82	82	126	526	12	232	146		
16	726	82	112	82	823	823	886	562	16	726	82	112	82	823	823	886	562		
17	526	823	122	886	72	522	81	362	17	526	823	122	886	72	522	81	362		
18	826	826	182	242	822	826	202	202	18	826	826	182	242	822	826	202	202		
19	726	2	232	476	626	626	76	122	19	726	2	232	476	626	626	76	122		
20	664	81	82	626	626	202	144	866	20	664	81	82	626	626	202	144	866		
21	526	222	122	206	526	726	662	744	21	526	222	122	206	526	726	662	744		
22	826	284	25	686	626	826	826	422	22	826	284	25	686	626	826	826	422		
23	312	312	316	126	206	526	38	422	23	312	312	316	126	206	526	38	422		
24	146	81	126	286	222	826	246	566	24	146	81	126	286	222	826	246	566		
25	826	82	22	42	12	246	72	222	25	826	82	22	42	12	246	72	222		

그림 6. 오류 찾기 문서
Fig. 6. A form for finding error

작업능률을 평가한 결과는 그림 7과 같이 형광램프 조명기구 4000K의 색온도가 가장 높고 3000K에서 가장 낮은 것으로 조사되었다. 백색LED램프는 4500K에서 가장 높은 능률도를 보였으며, 3000K에서 가장 낮은 결과를 보였다. 또한 형광램프 조명기구와 백색 LED 조명기구의 작업 능률의 평균값은 0.03정도의 미세한 차이를 보였다.

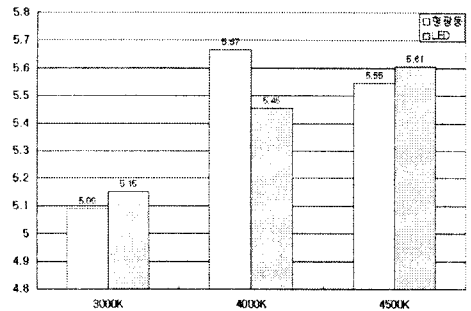


그림 7. 작업능률도 결과
Fig. 7. Result of work efficiency

조명환경 주관평가는 오류작업이 끝난 후 실시하였다. 위의 표 3과 같이 5점 스케일을 사용하여 사무활동과 휴식활동에 대하여 조사하였다. 각 조사항목은 그림 8, 9와 같이 조명 기구별 색온도에 따른 5점 스케일로 나타내어 조명환경 주관평가 그래프로 결과를 도출하였다.

표 3. 5점 스케일
Table 3. Five point scale

구분	-2	-1	0	+1	+2
사무활동에 대한항목	집중이 잘된다, 생각이 무디다, 일하기 싫다, 지루하다, 문자가 흐리게 보인다, 눈이 피로하다				
휴식활동에 대한항목	편안한기분이다, 활기차다, 긴장된다, 졸린다, 눈감는 시간이 길어진다, 눈이 피로하다				

다음 그림 8과 같이 사무공간에서 형광램프 조명기구의 색온도별 조명환경 주관평가 결과는 사무활동에서 색온도 4000K과 4500K이 가장 적합한 것으로 조사되었다. 반면 휴식활동에는 3000K이 가장 적합한 것으로 조사되었다.

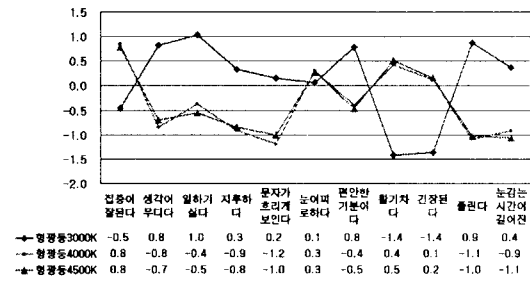


그림 8. 형광램프 조명기구 조명환경 주관평가 결과 그래프
Fig. 8. Result of subjective responses - fluorescent lamp

그림 9와 같이 사무공간에서 백색 LED 조명기구의 색온도별 조명환경 주관평가 결과는 사무활동에서 색온도 4500K이 가장 적합한 것으로 조사되었다. 그리고 4000K이 유사한 결과를 보인 것으로 조사되었다. 그러나 휴식활동에서는 3000K이 가장 적합한 것으로 조사되었다.

이를 통해 각 색온도별로 조명기구를 비교해보면 사무활동에서는 형광램프 조명기구 4000K과 4500K이 가장 적합한 것으로 사료된다. 그리고 휴식활동에서는 백색 LED 조명기구 3000K이 형광램프 조명기구 3000K에 비해 적합한 것으로 사료된다.

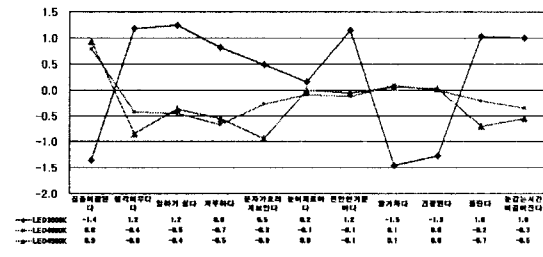


그림 9. LED 램프 조명환경 주관평가 결과 그래프
Fig. 9. Result of subjective responses - LEDs

3. 결론

본 연구는 사무공간에 있어서 형광램프 조명기구와 백색 LED 조명기구를 이용하여, 같은 조도인 경우 색온도에 따른 선호도 조사를 수행하였다. 그 결과, 형광램프 조명기구는 색온도 4500K에서 가장 밝게 느꼈으며, 색온도의 선호도는 4000K이 가장 높은 것으로 조사되었다. 그리고 백색 LED 조명기구는 4500K에서 가장 밝게 느꼈으며, 색온도의 선호도가 가장 높음으로 조사되었다. 그리고 형광램프 조명기구와 LED 조명기구의 선호도 비교실험에서는 형광램프 조명기구의 밝

기가 백색 LED 조명기구보다 색온도 4000K, 4500K에서 밝은 것으로 조사되었으며 특히 4500K에서 가장 밝은 것으로 조사되었다. 그리고 선호도에서는 각각의 3000K, 4000K, 4500K의 색온도에서 형광램프 조명기구가 백색 LED 조명기구보다 선호되는 것으로 조사되었다. 이것은 형광램프 조명기구가 백색 LED 램프 조명기구보다 더 선호되는 것을 보여주는 결과이다.

조명환경 주관평가에서는 형광램프 조명기구의 색온도 4000K과 4500K이 비슷한 결과로 사무공간에서 가장 적합한 것으로 조사되었다. 그리고 휴식활동에서는 3000K이 가장 적합한 것으로 조사되었다.

백색 LED 조명기구의 경우는 사무활동에서 색온도 4500K이 사무공간에 가장 적합한 것으로 조사되었고, 4000K은 4500K과 거의 유사한 결과를 보였다. 휴식활동에서는 색온도 3000K이 가장 적합한 것으로 조사되었다.

형광램프 조명기구와 백색 LED 조명기구의 작업 능력에 따른 비교실험에서 형광램프 조명기구 색온도 4000K에서 가장 높은 결과를 보였다. 그리고 백색 LED 조명기구 색온도 4500K이 두 번째로 작업 능률이 높은 것으로 조사되었다. 색온도 3000K에서는 두 조명기구가 가장 낮은 작업 능률을 보였다. 이것은 3000K 색온도에서는 형광램프 조명기구와 백색 LED 조명기구가 사용에 있어 부적합한 것으로 나타난 결과이다.

이를 통해 사무공간에서는 형광램프 조명기구 4000K와 4500K이 백색 LED 조명기구에 비해 적합하며, 휴식활동에서는 백색 LED 조명기구 3000K이 형광램프 조명기구에 비해 적합한 것으로 사료된다. 이와 같이 백색 LED 조명기구가 형광램프 조명기구에 비해 선호도를 얻지 못한 것은 광속 및 연색성 등의 문제인 것으로 사료된다. 이를 개선하기 위한 향후 연구가 더욱 필요할 것이다.

감사의 글

본 연구는 건설교통기술평가원의 지원을 받아 2006년 건설교통기술연구개발 사업(과제번호: 06건설핵심D17)의 일환으로 이루어졌으며, 저자의 일부는 『2단계 BK2 1』의 지원비를 받았음.

참고 문헌

- (1) 산업자원부, 미래생활산업본부, 차세대 LED 조명산업 발전전략, 2008.1.
- (2) 신인중, 조명과 시환경, 대한설비공학회지, 2006. 8.
- (3) 장준호, 공간 및 사용자에 적합한 LED 조명기구의 색온도 및 색채 연출에 관한 연구, 세종대학교 대학원 건축공학과 석사학위 논문, 2007. 12.