

색온도 구현방법에 따른 LED램프의 소비전력 측정 및 분석

(Analysis on the Measured Electric Power Consumption of Dimmable LED Lamps for a Specific Illuminance and Color Temperature)

장인현* · 홍성관 · 최안섭**

(In-Hyun Jang · Seong-Kwan Hong · An-Seop Choi)

Abstract

The purpose of this study is to find an efficient way using dimmable LED lamps to describe specific target illuminance and color temperature. This study used 14 dimmable LED lamps as same or different color temperature. The method of study is to measure of electric power consumption using different color temperature of dimmable LED lamps that were combination of two or three dimmable LED lamps by simultaneously dimming. Through this method, the electric power consumption was compared with all combinations of the illuminance and color temperature.

Key Words : Color Temperature, Combination of LED, Dimmable LED, Electric Power Consumption

1. 서 론

1.1 연구의 배경

오늘날 에너지 고갈 및 환경오염 문제가 심각하게 대두되면서 건축조명분야에서는 LED가 대표적인 친환경 고효율 조명기구로 널리 사용되고 있으며, 빠른 속도로 시장이 확대되고 있다. LED는 건축조명에 적용성이 높아지게 되면서 에너지 절감의 극대화를 위하여 효율 향상과 함께 조광(Dimming) 기술의 개발 및 연구가 활발히 이루어지고 있다[1]. 특히 LED의 조

광 기술은 필요로 하는 조도를 제공할 수 있게 하여 인간의 감성에 영향을 준다. 이처럼 조명을 통한 심미적인 영향이 중요시되면서 최근에는 조도와 더불어 색온도가 함께 고려되고 있다.

특정 공간에 적합한 조도와 색온도를 구현하는 것은 작업자의 시작업 성능을 높이고 실내 분위기를 조성하여 재실자의 선호도에 영향을 미친다[2]. 이와 같은 영향으로 국내 및 국제 조도기준과 선행연구에 따르면 공간별 또는 행위별 권장 조도와 색온도를 제시하고 있고, 이를 바탕으로 조명설계가 이루어지고 있다[3-4]. 이처럼 조도 및 색온도는 중요한 조명환경의 요소로서, 최근에는 이와 관련한 많은 연구가 진행되고 있다[5-8]. 또한 조도와 색온도의 효율적인 제어가 가능한 LED조명시스템이나 광원의 조합을 이용한 조도 및 색온도 구현과 같은 연구들이 이루어지고 있다[9-10].

* 주저자 : 세종대학교 건축공학과 석사과정

** 교신저자 : 세종대학교 건축공학과 교수

Tel : 02-3408-3761, Fax : 02-3408-4331

E-mail : aschoi@sejong.ac.kr

접수일자 : 2010년 11월 16일

1차심사 : 2010년 11월 24일, 2차심사 : 2011년 1월 8일

심사완료 : 2011년 2월 18일

1.2 연구의 목적 및 방법

조명기구의 기능이 다양해지면서 공간 또는 행위에 따른 적합한 조명환경을 구축하는 것이 가능해졌다. 조명환경을 결정하는 요소에는 조도, 색온도, 연색성 등을 들 수 있는데, 특히 LED를 사용함으로써 다양한 색온도 구현이 가능해졌다. 여러 색온도의 LED를 설치하여 조합함으로써 다양한 색온도 썬의 연출이 시도되고 있는데, 이에 대한 효율성 및 경제성에 대한 연구는 미흡한 실정이다. 이에 따라 본 연구에서는 동일 조도 및 색온도를 구현할 때 필수적인 여러 LED램프의 조합방법을 살펴보고, 각 방법에 따른 소비전력을 기준으로 효율성 및 경제성을 분석하였다.

서로 다른 색온도 7가지의 LED램프를 사용하여 목표 조도 및 색온도를 구현하고, 소비전력을 측정하였다. 특정 조도 및 색온도는 2가지 이상의 LED램프를 동시에 조광함으로써 다양한 색온도의 조합을 통해 구현이 가능하다. 이는 동일 색온도라고 하더라도 수많은 색좌표를 가질 수 있으나, 조도를 함께 고려한 경우에는 하나의 색좌표를 가지게 되므로 여러 LED램프의 조합방법을 동일한 조건 하에서 비교할 수 있다 [11]. 따라서 본 연구는 동일한 조도 및 색온도 조건 하에서 여러 가지 조합의 소비전력을 측정하여, 효율적인 조합방법 및 특성을 찾는 데 목적이 있다.

목표로 하는 색온도를 구현하기 위한 방법은 2가지를 사용하였다. 첫 번째 방법은 목표에 해당하는 색온도를 가진 LED램프를 사용하는 것이며, 두 번째 방법은 서로 다른 색온도를 가진 LED램프를 함께 사용하는 것이다. 위의 그림 1은 본 연구의 방법 및 절차를 도식화한 것이다.

2. 측정방법

2.1 측정방법 및 개요

본 연구에서는 LED램프를 사용한 특정 조도 및 색온도 구현과 소비전력의 측정을 위하여 다양한 광원과 장비를 사용하였다. 다음 표 1은 다양한 조합의 실험군이 동일한 조건에서 소비전력이 측정될 수 있도록 공통적으로 사용한 실험광원 및 측정장비의 개요를 나타낸 것이다.

실험광원은 단일 제조사(N사)의 소자로 이루어진 6[W]급 White Bar Type LED램프로써, 2,600[K]부터 2,900[K], 3,400[K], 3,900[K], 4,700[K], 5,900[K], 6,300[K]까지 7종류의 색온도를 가지며 각각 1쌍으로 총 14개를 사용하였다. 실험 시 LED소자의 표면온도는 40[°C] 이하로 측정되어 방열에는 문제가 없는 것으로 나타났으며, 정전압 방식의 구동회로를 가진다.

측정장비에는 동일한 조건하에서 각 LED램프의 측정값을 얻기 위해 별도로 제작한 조명박스가 사용되었다. 조명박스의 형태는 전면의 한 방향만 열려있는 검정색의 반밀폐형이며, 측정 시 측정값의 신뢰성을 높이기 위하여 타 조명광과 주광의 영향을 받지 않는 장소에서 수행되었다. 그리고 LED램프는 조명박스 내부의 상단에 고정시켜 배치하였고, 색차계(CL-200)는 조명박스의 바닥 중앙에 위치되어 조도와 색온도가 측정되도록 하였다. 또한 조광제어는 전류를 제어하는 방식으로써 각 광원별 256단계로 조절이 가능한 조광제어소프트웨어를 활용하였으며, 회로 내에 전력계(WT210)를 연결하여 소비전력을 측정하였다.

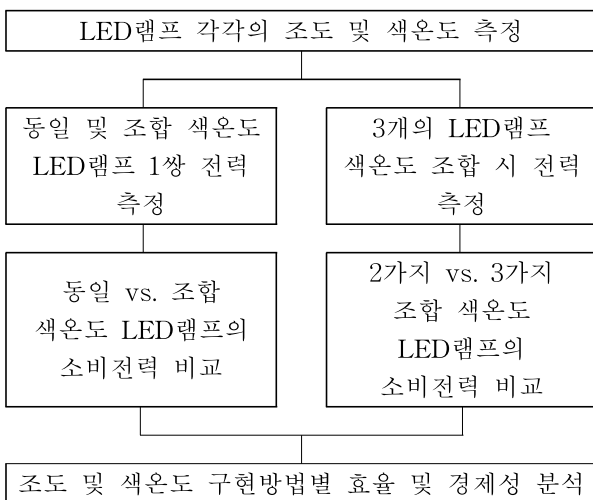



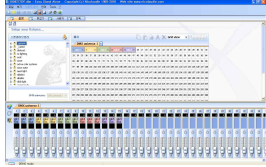


그림 1. 연구의 방법 및 절차
Fig. 1. Research procedure

표 1. 소비전력 측정 실험개요

Table 1. Outline of measurement of electric power consumption

항목	내 용	
실험광원	- 6[W] 2,600[K] White Bar Type LED × 2EA - 6[W] 2,900[K] White Bar Type LED × 2EA - 6[W] 3,400[K] White Bar Type LED × 2EA - 6[W] 3,900[K] White Bar Type LED × 2EA - 6[W] 4,700[K] White Bar Type LED × 2EA - 6[W] 5,900[K] White Bar Type LED × 2EA - 6[W] 6,300[K] White Bar Type LED × 2EA	
측정장비	- 전력계 : WT210 - 색차계 : CL-200 - LED 조명박스 : 600×350×440([mm]) - 조광제어소프트웨어 프로그램	
		
	6[W] White Bar type LED	전력계
		
	LED 조명박스	조광제어소프트웨어

2.2 LED램프별 조도 및 색온도 측정

본 연구에서는 소비전력의 측정에 앞서 각 색온도별 모든 LED램프의 조도 및 색온도 측정이 선행되었다. 이는 LED램프의 조합으로 구현이 가능한 목표 조도 및 색온도의 범위를 파악할 수 있게 한다. 이를 통해 조도와 색온도가 동일한 상태에서 동일 색온도 LED램프와 조합 색온도 LED램프의 소비전력 비교가 가능하다. 다음 표 2는 LED램프 각각의 최대 조도 및 최대 광속시의 색온도를 측정하여 나타낸 것이며, 각 색온도별 LED램프 1쌍을 (A)와 (B)로 명시하였다.

2.3 동일 및 조합 색온도 LED램프의 소비전력 측정

본 연구에서는 동일한 조도 및 색온도 조건에서의

동일 색온도 LED램프 1쌍과 조합 색온도 LED램프 1쌍의 소비전력을 비교하기 위하여 실험을 수행하였다. 여기서 정의하는 동일 색온도 LED램프는 같은 색온도를 가진 2개의 LED램프를 말하며, 조합 색온도 LED램프는 서로 다른 색온도를 가진 2개의 LED램프의 조합을 말한다.

표 2. 각 LED램프의 최대 조도 및 색온도 측정 결과

Table 2. Result of measurement of maximum illuminance and color temperature

LED램프		최대 조도	최대 색온도
2,600[K]	(A)	207[lx]	2,616[K]
	(B)	232[lx]	2,636[K]
2,900[K]	(A)	254[lx]	2,843[K]
	(B)	249[lx]	2,857[K]
3,400[K]	(A)	277[lx]	3,370[K]
	(B)	282[lx]	3,375[K]
3,900[K]	(A)	291[lx]	3,916[K]
	(B)	298[lx]	3,926[K]
4,700[K]	(A)	360[lx]	4,661[K]
	(B)	350[lx]	4,661[K]
5,900[K]	(A)	230[lx]	5,910[K]
	(B)	232[lx]	5,914[K]
6,300[K]	(A)	333[lx]	6,304[K]
	(B)	326[lx]	6,322[K]

동일 색온도 LED램프는 색온도별로 나누어 2개씩 7종류로 분류하였다. 조합 색온도 LED램프는 서로 다른 색온도를 가진 LED램프로 1쌍의 조합이 가능한 모든 경우를 대상으로 하였다. 다음 표 3은 소비전력 측정에 사용한 LED램프의 모든 조합을 동일 및 조합 색온도 LED램프 2종류로 분류하여 나타낸 것이다.

표 3. 동일 및 조합 색온도 LED램프의 분류

Table 3. Classification of LEDs

구분	실험광원
동일 LED	2,600[K] + 2,600[K] LED, 2,900[K] + 2,900[K] LED
	3,400[K] + 3,400[K] LED, 3,900[K] + 3,900[K] LED
	4,700[K] + 4,700[K] LED, 5,900[K] + 5,900[K] LED
	6,300[K] + 6,300[K] LED, 5,900[K] + 5,900[K] LED

구분	실험광원
조합 LED	2,600[K] + 3,400[K] LED, 2,600[K] + 3,900[K] LED
	2,600[K] + 4,700[K] LED, 2,600[K] + 5,900[K] LED
	2,600[K] + 6,300[K] LED, 5,900[K] + 5,900[K] LED
	2,900[K] + 3,900[K] LED, 2,900[K] + 4,700[K] LED
	2,900[K] + 5,900[K] LED, 2,900[K] + 6,300[K] LED
	3,400[K] + 4,700[K] LED, 3,400[K] + 5,900[K] LED
	3,400[K] + 6,300[K] LED, 5,900[K] + 5,900[K] LED
	3,900[K] + 5,900[K] LED, 3,900[K] + 6,300[K] LED
4,700[K] + 6,300[K] LED, 5,900[K] + 5,900[K] LED	

LED램프의 소비전력 측정은 동일 및 조합 색온도 LED램프가 같은 조도와 색온도를 나타내도록 조광제어를 한 후 수행하였다. 동일 색온도 LED램프의 경우 색온도는 자체의 일정한 값을 가지므로 목표조도의 설정만을 위하여 동일 색온도 LED램프 1쌍을 같은 비율로 조광하였고, 이 때 측정된 색온도를 목표색온도로 정하였다. 이에 따라 조합 색온도 LED램프의 경우에는 조도와 색온도를 개별 조광하여 동일 색온도 LED램프 1쌍에서 결정된 목표 조도 및 색온도를 구현하였다. 다음 그림 2는 동일 및 조합 색온도 LED램프가 조명박스 내에 설치되어 목표 조도 및 색온도를 구현하는 실험모습을 모델링하여 예시로 나타낸 것이다.

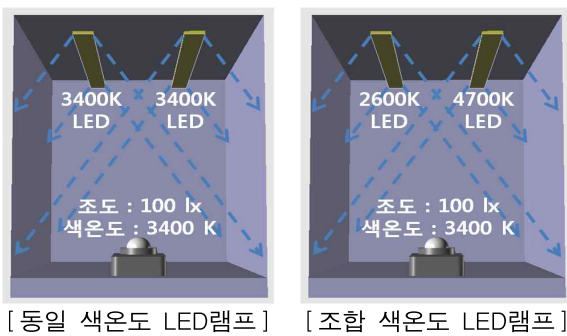


그림 2. 동일 및 조합 색온도 LED램프 설치의 예시
Fig. 2. An example of LED lamps setting

목표색온도는 동일 및 조합 색온도 LED램프가 공통적으로 나타낼 수 있는 2,900[K]부터 3,400[K], 3,900[K], 4,700[K], 5,900[K]까지 5가지로 정하였다. 그리고 목표조도는 각 조합별 100[lx], 150[lx], 200[lx],

250[lx]로 4가지 경우로 나누어 측정하였다. 이는 앞 절에서 수행한 LED램프의 최대조도 측정값을 바탕으로 하여 1쌍의 LED램프를 조합하였을 때 구현이 가능한 조도값을 선정한 것이다.

조명박스에는 구동회로 내에 24[V] 컨버터를 사용하여 전압이 약 24.27[V]로서 실험이 진행되는 과정에서 항상 일정하게 유지되었다. 또한 전력계는 LED램프의 조광을 제어하는 회로기와 컨버터의 사이에 연결하여 LED램프 이외의 기타 부하에 의해 소비되는 전력은 배제하였다. 이를 통해 측정된 전류 및 전압은 전력계의 전면 액정에 소비전력과 함께 표시된다. 다음 표 4는 동일 및 조합 색온도 LED램프의 측정조도, 측정색온도 및 소비전력 등을 나타낸 것이다. 5,900[K]의 색온도를 나타내는 LED램프의 경우에는 실험 후 제조과정에서의 전기적 결함을 발견하여 해당 측정결과는 사용하지 않았다. 단 목표색온도 5,900[K]의 경우에는 조합 색온도 LED램프의 조합별 소비전력의 변화를 파악하기 위해서 구현 가능한 조합별 소비전력을 측정하였다.

표 4. 소비전력 측정 결과

Table 4. Result of measurement of power consumption

		목표조도	100[lx]	150[lx]	200[lx]	250[lx]	
동일 LED	2,900[K]	조도([lx])	102.5	146.3	199.1	251.3	
		색온도(K)	2,855	2,854	2,861	2,858	
목표 색온도	2,900[K]	전력(W)	3.63	4.03	4.55	5.04	
		2,600[K]	조도([lx])	97.5	151.4	203.3	248.7
2,900 (K)	조합 LED	3,400[K]	색온도(K)	2,898	2,905	2,910	2,903
		전력(W)	3.44	3.85	4.29	4.64	
	2,600[K]	조도([lx])	104.1	153.5	197.9	256.4	
		색온도(K)	2,902	2,920	2,893	2,903	
	3,900[K]	전력(W)	3.5	3.91	4.27	4.77	
		2,600[K]	조도([lx])	94.2	147.3	207.2	256.9
	4,700[K]	색온도(K)	2,889	2,873	2,920	2,920	
		전력(W)	3.42	3.87	4.33	4.76	
	2,600[K]	조도([lx])	104.9	151	201.6	255	
		색온도(K)	2,902	2,903	2,903	2,905	
	6,300[K]	전력(W)	3.52	3.92	4.33	4.81	

색온도 구현방법에 따른 LED램프의 소비전력 측정 및 분석

		목표조도		100[lx]	150[lx]	200[lx]	250[lx]	
목표 색온도 3,400 (K)	동일 LED	3,400[K]	조도([lx])	95.4	155.7	202.2	245.9	
		+	색온도(K)	3,385	3,383	3,389	3,386	
		3,400[K]	전력(W)	3.33	3.75	4.07	4.38	
	조합 LED	2,600[K]	+	조도([lx])	99.4	150.9	207.8	258.3
			+	색온도(K)	3,398	3,399	3,400	3,403
			3,900[K]	전력(W)	3.38	3.75	4.18	4.54
		2,600[K]	+	조도([lx])	103	146.5	206.4	249.2
			+	색온도(K)	3,419	3,406	3,397	3,407
		4,700[K]	+	전력(W)	3.38	3.7	4.13	4.43
			2,600[K]	+	조도([lx])	102.6	149	197.8
		6,300[K]	+	색온도(K)	3,404	3,414	3,399	3,403
			+	전력(W)	3.45	3.8	4.18	4.58
		2,900[K]	+	조도([lx])	106.4	153.9	198.9	256
			+	색온도(K)	3,405	3,401	3,396	3,408
		3,900[K]	+	전력(W)	3.6	4.11	4.58	5.1
			2,900[K]	+	조도([lx])	92.4	147.3	193.3
		4,700[K]	+	색온도(K)	3,381	3,389	3,393	-
			+	전력(W)	3.62	4.18	4.69	-
		2,900[K]	+	조도([lx])	94.4	148.2	194.3	-
			+	색온도(K)	3,358	3,401	3,464	-
6,300[K]	+	전력(W)	3.73	4.32	4.82	-		
	동일 LED	3,900[K]	조도([lx])	101.4	147.3	197.2	256.1	
+		색온도(K)	3,933	3,927	3,936	3,930		
3,900[K]		전력(W)	3.29	3.62	3.95	4.35		
조합 LED	2,600[K]	+	조도([lx])	113.6	156.4	206.3	255.1	
		+	색온도(K)	3,868	3,895	3,907	3,881	
		4,700[K]	전력(W)	3.37	3.64	3.98	4.29	
	2,600[K]	+	조도([lx])	101	152.4	204.1	254.2	
		+	색온도(K)	3,945	3,939	3,908	3,928	
	6,300[K]	+	전력(W)	3.39	3.75	4.14	4.5	
		2,900[K]	+	조도([lx])	105.5	157	197.3	252.5
	4,700[K]	+	색온도(K)	3,911	3,912	3,901	3,897	
		+	전력(W)	3.52	3.92	4.28	4.72	
	2,900[K]	+	조도([lx])	103.2	146.1	202.5	247	
		+	색온도(K)	3,915	3,887	3,915	3,899	
	6,300[K]	+	전력(W)	3.67	4.1	4.66	5.12	
		3,400[K]	+	조도([lx])	107.6	156.5	199.7	247.8
	4,700[K]	+	색온도(K)	3,929	3,904	3,900	3,899	
		+	전력(W)	3.34	3.64	3.91	4.22	
	3,400[K]	+	조도([lx])	109.2	145.3	201.4	251.7	
		+	색온도(K)	3,909	3,883	3,906	3,944	
6,300[K]	+	전력(W)	3.4	3.64	4.02	4.36		

		목표조도		100[lx]	150[lx]	200[lx]	250[lx]	
목표 색온도 4,700 (K)	동일 LED	4,700[K]	조도([lx])	103	158.9	198.7	254.2	
		+	색온도(K)	4,660	4,661	4,672	4,668	
		4,700[K]	전력(W)	3.23	3.52	3.74	4.05	
	조합 LED	2,600[K]	+	조도([lx])	100.8	149.7	196.4	251.3
			+	색온도(K)	4,671	4,735	4,734	4,669
			6,300[K]	전력(W)	3.34	3.65	3.99	4.35
		2,900[K]	+	조도([lx])	106.7	149.7	200	254.2
			+	색온도(K)	4,732	4,693	4,717	4,709
		6,300[K]	+	전력(W)	3.53	3.88	4.31	4.74
			3,400[K]	+	조도([lx])	96.2	154.5	204.5
		6,300[K]	+	색온도(K)	4,665	4,726	4,683	4,726
			+	전력(W)	3.29	3.64	3.98	4.24
		3,900[K]	+	조도([lx])	105.7	146.4	196.7	253.2
			+	색온도(K)	4,727	4,719	4,682	4,710
		6,300[K]	+	전력(W)	3.33	3.59	3.91	4.27
			2,600[K]	+	조도([lx])	107.5	145.4	199.5
		+		색온도(K)	5,820	5,911	5,905	5,952
		6,300[K]		전력(W)	3.33	3.55	3.92	4.18
		2,900[K]	+	조도([lx])	108.1	148.8	202.6	251.8
			+	색온도(K)	5,879	5,848	5,906	5,876
6,300[K]	+	전력(W)	3.37	3.62	4.0	4.29		
	3,400[K]	+	조도([lx])	100.1	160.5	208.1	244.9	
6,300[K]	+	색온도(K)	5,884	5,870	5,875	5,908		
	+	전력(W)	3.29	3.65	3.96	4.16		
3,900[K]	+	조도([lx])	100.9	144	201	253.5		
	+	색온도(K)	5,963	5,906	5,949	5,899		
6,300[K]	+	전력(W)	3.28	3.53	3.91	4.2		
	4,700[K]	+	조도([lx])	100.6	154.4	196.5	250.5	
6,300[K]	+	색온도(K)	5,888	5,900	5,930	5,911		
	+	전력(W)	3.27	3.5	3.84	4.15		

2.4 3가지 색온도 조합의 소비전력 측정

본 연구에서는 서로 다른 색온도를 가진 LED램프를 3가지 조합하였을 때의 목표 조도 및 색온도별 소비전력을 측정하였다. 2가지 조합 색온도 LED램프는 결과 비교를 위해 추가적으로 측정되었다. LED램프의 색온도 조합은 2가지 조합의 경우 2,600[K], 6,300[K]의 LED램프를 사용하였고, 3가지 조합의 경

우에는 2,600[K], 3,900[K], 6,300[K]의 LED램프를 사용하였다.

실험방법은 앞 절에서 수행한 방법과 동일하였다. 목표색온도는 3,000[K]부터 6,000[K]까지의 범위에서 500[K]의 간격으로 총 7가지를 정하였으며, 목표조도는 100[lx], 200[lx], 300[lx]로 하였다. 다음 표 5는 2가지 및 3가지 조합 색온도 LED램프의 소비전력 측정결과를 나타낸 것이다. 단 3가지 조합 색온도 LED램프는 특정 조도 및 색온도를 구현할 수 있는 조광의 경우가 다양하므로 가장 낮은 소비전력을 나타낸 측정값을 사용하였다.

표 5. 소비전력 측정 결과
Table 5. Result of measurement of power consumption

목표 색온도	구분	목표조도				
		2가지 조합		3가지 조합		
		100[lx]	200[lx]	100[lx]	200[lx]	300[lx]
3,000[K]	조도([lx])	104.3	195.7	98.6	196.1	302.4
	색온도(K)	3,043	2,994	3,011	2,993	3,009
3,500[K]	전력(W)	3.5	4.29	3.44	4.25	5.15
	조도([lx])	95.7	199.2	102.7	200	298.3
	색온도(K)	3,498	3,518	3,517	3,511	3,497
	전력(W)	3.37	4.17	3.39	4.11	4.8
4,000[K]	조도([lx])	100.6	196.8	101	201.6	297.7
	색온도(K)	3,974	3,972	3,954	3,992	4,015
	전력(W)	3.36	4.06	3.33	4.0	4.64
	조도([lx])	106.5	199	103.3	201.7	298.7
4,500[K]	색온도(K)	4,515	4,473	4,528	4,508	4,504
	전력(W)	3.36	4.0	3.33	3.96	4.61
5,000[K]	조도([lx])	104.3	206.7	105.1	194.2	292.8
	색온도(K)	4,997	4,950	5,007	5,002	5,005
	전력(W)	3.31	4.0	3.33	3.91	4.53
	조도([lx])	103.3	192.5	99.7	195.9	299.2
5,500[K]	색온도(K)	5,518	5,529	5,516	5,519	5,521
	전력(W)	3.29	3.85	3.3	3.91	4.53
6,000[K]	조도([lx])	104.8	203.8	99.6	199.4	298.8
	색온도(K)	5,984	6,009	6,029	5,968	5,998
	전력(W)	3.23	3.85	3.26	3.9	4.51

3. 측정결과

3.1 색온도와 소비전력의 관계

본 연구에서는 다양한 색온도의 LED램프별 소비전력의 변화를 분석하였다. 앞의 표 4를 보면 LED램프의 목표색온도별 소비전력은 대부분 규칙적인 변화를 보였다. 목표색온도로 설정한 2,900[K]부터 5,900[K]까지의 소비전력은 높은 색온도를 구현할수록 감소되었다. 하나의 예로 동일 색온도 LED램프의 경우 100[lx]의 목표조도에서 목표색온도가 높은 순으로 3.63[W], 3.33[W], 3.29[W], 3.23[W]로 나타났다. 이는 목표조도가 다르더라도 같은 결과를 보였으며, 동일 및 조합 색온도 LED램프 모두 결과가 동일하였다.

이와 같이 서로 동일한 조명기구업체의 제품일 경우에는 같은 조도를 나타낼 때 높은 색온도를 가진 LED램프가 소비전력면에서 효율적이다. 이러한 결과는 기존에 알려진 대로 높은 색온도의 광효율(lm/w)이 낮은 색온도의 광효율보다 높다는 것을 다시 한 번 확인시켜 주었다[12].

3.2 동일 vs. 조합 색온도 LED램프 비교

본 연구에서는 동일 및 조합 색온도 LED램프의 소비전력을 비교하였다. 앞의 표 4를 보면 동일한 목표조도 및 색온도를 구현하였을 때, 동일 색온도 LED램프의 소비전력이 대부분의 조합 색온도 LED램프의 소비전력보다 낮은 것으로 나타났다. 이는 목표조도가 다르더라도 모두 같은 결과를 보였다. 따라서 조합 색온도 LED램프는 다양한 범위의 색온도를 구현 가능하다는 장점이 있으나, 소비전력면에서는 동일 색온도 LED램프에 비해 약점을 가진다.

단 2,900[K]의 목표색온도에서는 예외적으로 조합 색온도 LED램프의 소비전력이 동일 색온도 LED램프의 소비전력보다 낮게 나타났다. 이는 낮은 색온도를 구현할수록 소비전력이 크게 나타나는 특성과 더불어 목표색온도 2,900[K]를 구현하기 위한 조합 색온도 LED램프의 경우에는 2,600[K] LED램프의 조광비율이 매우 작기 때문인 것으로 판단된다[12]. 또한 목표

색온도 3,400[K]과 3,900[K]의 경우에도 소비전력의 차이는 크지 않으나, 일부 같은 결과를 보이는 조합이 있었다.

3.3 조합 색온도 LED램프의 조합별 소비전력 변화의 특성 및 비교

본 연구에서는 조합 색온도 LED램프의 각 조합별 소비전력의 변화를 분석하였다. 표 4에서 조합 색온도 LED램프는 동일한 목표조도 내에서 소비전력이 가장 낮은 조합이 목표색온도에 따라 다르게 나타났다. 목표색온도가 2,900[K]인 경우에는 2,600[K] + 3,400[K]의 조합이 전체적으로 낮은 소비전력을 나타냈으며, 목표색온도가 3,400[K]인 경우에는 2,600[K] + 4,700[K]의 조합, 3,900[K]의 경우 3,400[K] + 4,700[K]의 조합, 4,700[K]의 경우 3,900[K] + 6,300[K]의 조합, 5,900[K]의 경우 4,700[K] + 6,300[K]의 조합이 대부분 소비전력이 가장 낮았다.

이와 같이 특정 조도 및 색온도를 구현하고자 할 때, 경제적인 면에서는 목표색온도와 가장 근접해있는 서로 다른 색온도 LED램프를 조합하여 사용하는 것이 효율적이다. 단 목표색온도 3,400[K]의 경우에는 예외의 결과를 보였으나 크게 상반되지는 않았다.

3.4 2가지 vs. 3가지 색온도 조합의 비교

본 연구에서는 서로 다른 색온도를 가진 LED램프 3가지를 조합하여 측정된 소비전력을 분석하였다. 표 5에서 보면, 목표색온도에 따른 2가지 및 3가지 색온도 조합의 소비전력 변화에서는 규칙성이 나타나지 않았다. 이는 목표조도별 소비전력의 변화에서도 동일한 결과를 나타냄으로써 조합 색온도 LED램프의 개수로 인한 영향은 없는 것으로 나타났다. 따라서 특정 조도 및 색온도 구현 시, 3가지 이상의 색온도 조합 LED램프의 사용은 비경제적이고 불필요한 것으로 사료된다.

단 3가지 조합 색온도 LED램프는 동일 및 2가지 조합 색온도 LED램프와 마찬가지로 목표색온도가 높을수록 소비전력이 감소하였으며, 목표조도에 관계없이 같은 결과가 나타났다. 이처럼 LED램프는 어떠한 조

합의 경우에도 색온도와 소비전력의 관계는 달라지지 않는다는 것을 나타낸다.

4. 결 론

본 연구에서는 동일 및 조합 색온도 LED램프를 이용하여 필요로 하는 조도와 색온도를 구현하고 이에 따른 소비전력을 측정하여 비교 및 분석하였다. 다음은 측정결과를 요약한 것이다.

- 1) 다양한 색온도의 LED램프별 소비전력의 변화를 분석하였다. 동일 및 조합 색온도 LED램프는 높은 색온도를 구현할수록 소비전력이 감소되었다.
- 2) 동일 및 조합 색온도 LED램프의 소비전력을 비교하였다. 동일한 목표 조도 및 색온도를 구현하였을 경우, 동일 색온도 LED램프의 소비전력이 모든 조합 색온도 LED램프의 소비전력보다 낮은 것으로 나타났다. 그러나 그 차이는 조합 색온도 LED램프의 다양한 색온도 구현이라는 장점에 비하면 미미하다고 할 수 있다.
- 3) 조합 색온도 LED램프의 각 조합별 소비전력의 변화를 분석하였다. 동일한 목표조도 일 때, 목표 색온도와 가장 근접한 서로 다른 색온도를 조합하여 사용하는 것이 소비전력이 가장 낮게 나타났다.
- 4) 2가지 및 3가지 조합 색온도 LED램프의 소비전력을 비교하였다. 조합 색온도 LED램프를 사용한 특정 조도 및 색온도 구현에서는 LED램프의 개수로 인한 영향은 없는 것으로 나타났다. 또한 3가지 조합 색온도 LED램프는 목표색온도가 높을수록 소비전력이 감소하였다. 이는 어떠한 조합의 경우에도 색온도와 소비전력의 관계는 달라지지 않는다는 것을 나타낸다.

이와 같이 소비전력을 기준으로 비교할 때, 조합 색온도 LED램프를 사용하여 특정 조도 및 색온도를 구현하는 방법은 동일 색온도 LED램프 보다 경제성 측면에서 비효율적으로 나타났다. 그러나 이는 상대적으로 소비전력의 차이가 크지 않았으므로 2가지 이상의 색온도를 필요로 하는 공간의 경우에는 적용성을 높일 수 있을 것으로 사료된다. 특히 본 연구에서는

목표조도와 색온도를 위해 다양한 색온도의 조합을 제시하고 그 특성 및 효율성을 평가함으로써, 색온도 변화가 가능한 LED 조명시스템의 실제 적용시 필요한 램프들의 색온도 선정 등의 중요한 기초 데이터로 사용될 수 있을 것이다.

본 연구에서 사용한 Bar Type LED램프는 단일 제조사(N사)의 소자로서 임의로 제작한 것이며, 회로 내 컨버터(SMPS)의 용량이 LED램프의 최대출력에 미치지 못하였다. 따라서 LED램프의 광량 및 소비전력이 전체적으로 낮게 나타나 측정결과의 상대적인 비교는 가능하였으나 실제 소비전력의 측정에 한계를 가진다. 추후 연구에서는 실제 LED조명기구 또는 다양한 LED램프의 추가 측정과 재정비를 통해 실험광원과 측정장비에 의한 오차를 최소화해야 할 것이다.

감사의 글

“본 연구는 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 “IT융합 스마트조명 고급인력양성사업”의 연구결과로 수행되었음.”
(NIPA-2010-C6150-1001-0016)

References

[1] L. Doulos, A. Tsangrassoulis, F. Topalis, Quantifying energy savings in daylight responsive systems: The role of dimming electronic ballasts, Energy and Buildings 40(1), p36~50, 2008.
 [2] 백승현 외 3, LED 광원과 형광광원의 상관색온도가 시작업 성능에 미치는 영향, 한국조명·전기설비학회논문지, 제23권 제1호, p18~26, 2009.1.
 [3] 한국 산업 규격 KS A 3011.
 [4] 장준호 외 3, 주관평가를 통한 공간별 적합 색온도에 관한 연구, 대한건축학회 학술발표대회논문집, 제27권 제1호, p985~988, 2007.10.
 [5] 신화영 외 2, LED 광원과 형광광원의 색온도 변화에 따른 작업면의 분위기에 대한 주관적 반응 평가, 한국생활환경학회지, 제16권 제1호, p27~39, 2009.2.
 [6] 김병수 외 1, LED램프를 적용한 사무소 건물의 실내조명 환경 및 에너지 성능분석, 한국조명·전기설비학회논문지, 제24권 제5호, p77~85, 2010.5.
 [7] 이진숙 외 2, 색온도 특성에 따른 LED조명과 형광램프의 감성반응 비교분석, 대한건축학회지, 제25권 제4호, p263~270, 2009.4.
 [8] Banu Manav, An experimental study on the appraisal of the visual environment at offices in relation to colour temperature and illuminance, Building and Environment 42(2), p979~983, 2007.2.

[9] 김훈 외 3, 색온도와 조도 제어가능한 LED 조명 시스템, 한국조명·전기설비학회논문지, 제23권 제12호, p10~22, 2009.12.
 [10] 박양재 외 2, 감성조명용 조명기기의 조도 및 색온도 시뮬레이션을 통한 광원 조합의 최적화, 한국콘텐츠학회 논문지, 제9권 제8호, p248~254, 2009.8.
 [11] 김인태 외 2, 광원과 CCT 조합에 따른 LED 조명기구의 CCT 비교 분석, 한국조명·전기설비학회논문지, 제24권 제12호, p1~8, 2010.12.
 [12] 장인현 외 2, 조광제어에 의한 LED램프의 광특성 변화 분석, 한국조명·전기설비학회논문지, 제24권 제10호, p13~20, 2010.10.

◇ 저자소개 ◇



장인현(張仁炫)
1983년 6월 21일생. 2010년 세종대 건축공학과 졸업. 현재 세종대 건축공학과 석사과정.



홍성관(洪性觀)
1983년 7월 10일생. 2007년 세종대 건축공학과 졸업. 2009년 세종대 건축공학과 건축환경설비전공 졸업(석사). 현재 세종대 건축공학과 박사과정.



최안섭(崔安燮)
1967년 10월 4일생. 1991년 한양대 건축공학과 졸업. 1993년 The Pennsylvania State University 건축공학 건축조명시스템 전공 졸업(석사). 1997년 The Pennsylvania State University 건축공학 건축조명시스템전공 졸업(박사). 현재 세종대 건축공학과 교수. 본 학회 이사.