

광원과 CCT 조합에 따른 LED 조명기구의 CCT 비교 분석

(Comparison and Analysis about CCT of LED Luminaire According to Light Sources and Compounded CCT)

김인태* · 김유신 · 최안섭**

(In-Tae Kim · Yu-Sin Kim · An-Seop Choi)

Abstract

Recently, adjustable CCT(Correlated Color Temperature) luminaire for the human circadian rhythm and room atmosphere has been developed. Accurate CCT control is needed in the luminaire for the human circadian rhythm. Therefore, appropriate CCT calculation method for each of fluorescent lamps and white LEDs was examined using three CCT calculation methods in this study. To make accurate CCT combination, CCT for two different CCT lamps was separately measured. And this study compared and analyzed proportionally calculated CCT value with measured value from the compounded luminaire with the two lamps.

Key Words : Correlated Color Temperature, Robertson Method, McCamy, Improved McCamy, White LEDs

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

최근 조명설계는 단순히 명료한 시환경을 위해 공간을 조명하는 차원을 넘어 인간의 생리 및 심리적 측면을 고려한 설계가 요구되고 있다. 특히 CCT(상관색온도, Correlated Color Temperature)는 건축공간에서 다양한 행위와 분위기에 영향을 주는 중요한 요소 중 하나로서 공간에 적합한 CCT를 연출하기 위해서는

광원의 정확한 CCT 조절이 필요하다[1]. 그러나 CCT는 광원의 색온도가 흑체 방사 색온도와 일치하지 않았을 때 최대한 근사하게 나타낸 값으로 정확한 CCT 측정 및 조절이 어렵다[2].

따라서 본 연구에서는 형광램프와 백색 평면 LED 조명기구, 백색 LED Bar type 램프의 측정과 계산을 통해 광원에 따른 적합한 CCT 계산식을 선정하였다. 또한 서로 다른 CCT를 가진 두 개의 백색 LED Bar type 램프를 조합하여 만들어진 CCT의 특성을 분석해 정확한 조명설계를 위한 기초자료로 사용하고자 한다.

1.2 연구의 방법

본 연구는 CCT를 계산하는 3가지 산출식을 고찰한 후 2가지 실험을 진행하였다. 첫 번째 실험은 광원별

* 주저자 : 세종대학교 건축공학과 석사과정
** 교신저자 : 세종대학교 건축공학과 교수
Tel : 02-3408-3761, Fax : 02-3408-4331
E-mail : aschoi@sejong.ac.kr
접수일자 : 2010년 6월 17일
1차심사 : 2010년 6월 25일, 2차심사 : 2010년 7월 29일
심사완료 : 2010년 9월 6일

적합한 CCT 계산식을 선정하기 위한 실험으로 색차계(CL-200)를 이용하여 형광램프와 백색 평면 LED 조명기구, 백색 LED Bar type 램프의 3자극치 X, Y, Z와 CCT를 측정하였다. 측정된 3자극치를 산출식에 적용하여 계산한 뒤 광원사양상의 CCT와 계산식에 의한 CCT, 그리고 색차계를 통해 측정된 CCT를 비교하여 광원별 적합한 CCT 산출식을 선정하였다.

두 번째 실험은 CCT가 서로 다른 두 개의 백색 LED Bar type 램프의 조합을 통해 만들어진 CCT의 특성을 분석하기 위한 실험으로 특정 CCT를 만들기 위해 조도를 계산하는 비례식으로 목표 CCT에 대한 각각의 조도를 산출하였다. 산출된 조도값을 토대로 3,000[K], 3,500[K], 4,500[K], 5,000[K], 5,500[K], 6,000[K]을 만들어 CCT와 3자극치를 측정하여 비례식의 목표 CCT와 측정 CCT값 및 계산 CCT값을 비교하였다.

2. CCT 산출식 고찰

CCT를 산출하는 대표적인 방법은 Robertson방법, McCamy 산출식, 개선된 McCamy 산출식이 있으며, CCT를 산출하기 위해서는 다음 식 (1)을 이용하여 광원의 3자극치 X, Y, Z를 계산해야 한다[3]. 식 (1)을 통해 얻은 광원의 3자극치 X, Y, Z를 Robertson방법에 적용해 CCT를 산출하기 위해서는 다음 식 (2)를 활용하여 CIE 1960 UCS 색도도의 u, v 색도좌표로 변환해야 한다[4].

$$\begin{aligned}
 X &= k \int vis R(\lambda) \cdot P(\lambda) \cdot \bar{x}(\lambda) d\lambda & (1) \\
 Y &= k \int vis R(\lambda) \cdot P(\lambda) \cdot \bar{y}(\lambda) d\lambda \\
 Z &= k \int vis R(\lambda) \cdot P(\lambda) \cdot \bar{z}(\lambda) d\lambda \\
 k &= 100 / \int vis P(\lambda) \cdot \bar{y}(\lambda) d\lambda
 \end{aligned}$$

- 여기서 $P(\lambda)$: 조명광의 분광분포
- $R(\lambda)$: 반사물체의 분광반사율
- $\bar{x}(\lambda), \bar{y}(\lambda), \bar{z}(\lambda)$: 등색함수
- vis : 가시 파장영역
- k : 정수값

$$\begin{aligned}
 u &= 4X / (X + 15Y + 3Z) & (2) \\
 v &= 6Y / (X + 15Y + 3Z)
 \end{aligned}$$

Robertson방법의 계산과정은 우선 다음 그림 1과 같이 CIE 1960 UCS 색도도 위에 색온도가 T_n 이고 기울기가 m_n 인 등색온도선 31개(10,000[K] 이하 21개)와 흑체궤적을 그려 넣은 후 그 위에 식 (2)에서 계산된 u, v 색도좌표를 (u_T, v_T) 로 표시한다. 다음으로 색도좌표 (u_T, v_T) 가 j번째 등색온도선과 j+1번째 등색온도선 사이에 있을 경우 다음 식 (5)를 통하여 CCT를 산출한다[5].

식 (4)의 θ_1, θ_2 는 측정광원의 색도좌표 (u_T, v_T) 와 주변의 등색온도선과의 각도이며, 그 값이 미소하므로 $\theta_1/\theta_2 = \sin\theta_1/\sin\theta_2$ 로 가정할 수 있기 때문에 식 (4)를 식 (5)와 같이 변환할 수 있다. Robertson방법은 측정광원의 색도좌표와 좌표 주변의 등색온도선과의 거리에 따라 보정하는 산출식으로 정확한 CCT를 계산할 수 있다[5].

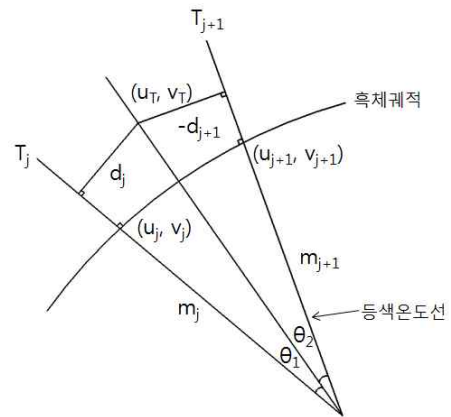


그림 1. 상관색온도의 계산
Fig. 1. The calculation of CCT

$$d_j = \frac{[(v_T - v_j) - m_j(u_T - u_j)]}{(1 + m_j^2)^{1/2}} & (3)$$

$$\frac{1}{T_C} = \left[\frac{1}{T_j} + \frac{\theta_1}{\theta_1 + \theta_2} \left(\frac{1}{T_{j+1}} - \frac{1}{T_j} \right) \right] & (4)$$

$$\frac{1}{T_C} = \left[\frac{1}{T_j} + \frac{d_j}{d_j + d_{j+1}} \left(\frac{1}{T_{j+1}} - \frac{1}{T_j} \right) \right] & (5)$$

여기서 d_j : 광원의 (u_T, v_T) 와 등색온도선 T_j 의 최단거리

(u_j, v_j) : j번째 등색온도선과 흑체궤적의 교점

T_C : 측정광원의 상관색온도

θ_1, θ_2 : 광원의 (u_T, v_T) 와 j번째 등색온도선 및 j+1번째 등색온도선 사이의 각도

한편 McCamy는 다음 식 (6)과 같이 색도좌표 x, y 로부터 CCT를 계산하는 간편한 방법을 제안하였다 [5]. 또한 Javier Hernandez-Andres등 3명은 직사일광과 천공광의 색온도범위 전체에 대한 CCT를 계산하기 위하여 다음 식 (7)과 같이 McCamy 산출식을 개선하였다.

$$T = -437n^3 + 3601n^2 - 6861n + 5514.31 \quad (6)$$

$$n = (x - 0.3320) / (y - 0.1858)$$

$$x = X / (X + Y + Z)$$

$$y = Y / (X + Y + Z)$$

$$CCT(x, y) = A_0 + A_1 \exp(-n/t_1) + A_2 \exp(-n/t_2) + A_3 \exp(-n/t_3) \quad (7)$$

$$n = (x - x_e) / (y - y_e)$$

표 1. 개선된 McCamy 산출식 상수
Table 1. Constants in the improved McCamy equation

색온도	3,000 - 50,000[K]	50,000 - 800,000[K]
x_e	0.3366	0.3356
y_e	0.1735	0.1691
A_0	-949.86315	36284.48953
A_1	6253.80338	0.00228
t_1	0.92159	0.07861
A_2	28.70599	5.4535×10^{-36}
t_2	0.20039	0.01543
A_3	0.00004	-
t_3	0.07125	-

개선된 McCamy 산출식은 직사일광과 천공광의 색온도범위 전체를 계산하기 위해 다양한 상수를 이용

하여 개선된 것이다. 다음 표 1은 개선된 McCamy 산출식에 사용되는 상수로 색온도 범위에 따라 두 가지 경우로 구분되어 사용된다[6].

3. CCT 측정과 산출식 계산

3.1 측정방법 개요

본 연구에서는 형광램프와 백색 평면 LED 조명기구 및 백색 LED Bar type 램프를 대상으로 창이 없는 공간에서 주변의 인공조명을 모두 차단한 후 광원 직하부에 색차계를 위치시켜 CCT와 3자극치를 측정하였다. 다음 표 2는 실험 광원의 개요를 나타낸 것으로 다양한 비교를 위하여 여러 가지 CCT를 가진 백색 LED 조명기구와 형광램프를 선정하였다.

표 2. 실험 광원 개요
Table 2. The outline of test lamps

등기구	광 원	색온도
형광램프	O사 FL 32[W], 2910[lm], 220[V]	4,000[K]
	O사 FL 32[W], 2800[lm] 220[V]	6,500[K]
백색 평면 LED 조명기구	N사 LED 42[W], 2730[lm], 220[V]	5,000[K]
	E사 LED 52[W], 3380[lm], 220[V]	6,000[K]
백색 LED Bar type 램프	소자: N사, 0.1[W], 3.5[V], 54[EA] 기구: 6[W]급	2,700[K]
		4,000[K]
		4,700[K]
		6,000[K]
		6,500[K]

다음 그림 2와 같이 선형인 형광램프와 백색 LED Bar type 램프는 길이를 6등분하여 5개소의 측정지점을 선정하였다. 면 형태인 백색 평면 LED 조명기구는 장변을 5등분하고 단변을 4등분하여 양쪽 끝 모서리 4개소와 정중앙 1개소를 포함하여 총 5개소를 선정하여 광원 직하에서 측정하였다. 확산판이 없는 백색 LED Bar type 램프는 Light Box(60×35×44[cm])를 이용하여 광원의 중심에서 직하부 Light Box 바닥에서 5개소를 측정하였다.



그림 2. 광원의 형태 및 측정위치
Fig. 2. The shape and measurement position of luminaires

특정 CCT에 대한 각각의 조도를 산출하기 위해 목표하는 조도와 CCT를 설정하고 다음 식 (8)과 (9)를 이용하면 두 백색 LED Bar type 램프의 조도 E_{6500} 과 E_{2700} 을 계산할 수 있다. 식 (8)의 정확도를 높이기 위해 분모에 6,500[K]과 2,700[K] 대신 두 광원의 중앙이 되는 Light Box 바닥 한 지점에 색차계를 위치시켜 측정한 백색 LED Bar type 램프 6,500[K]과 2,700[K]의 실제 CCT 측정값 6,506[K]과 2,679[K]를 적용하였다. 계산값을 토대로 백색 LED Bar type 램프 2,700[K]과 6,500[K]의 조도를 조절하여 3,000[K], 3,500[K], 4,500[K], 5,000[K], 5,500[K], 6,000[K]을 조합한 후 위와 같은 Light Box 바닥 한 지점에 색차계를 위치시켜 CCT와 3자극치를 측정하였다.

$$CCT_{set} = \frac{(6506K \times E_{6500}) + (2679K \times E_{2700})}{E_{6500} + E_{2700}} \quad (8)$$

$$E_{set} = E_{6500} + E_{2700} \quad (9)$$

여기서 CCT_{set} : 목표 CCT([K])

E_{set} : 목표 조도([lx])

E_n : CCT가 n인 광원의 조도([lx])

3.2 단일 광원 실험 결과

본 연구에서는 표 2의 실험광원을 대상으로 CCT와 3자극치를 측정하였다. 측정한 데이터 중 형광램프 6,500[K], 백색 평면 LED 조명기구 5,000[K], 백색 LED Bar type 램프 2,700[K]의 측정 데이터를 다음 표 3에 나타냈다. 측정 결과 형광램프는 광원사양의 CCT와 측정값의 오차가 크게 나타났으나 백색 LED 조명기구는 광원사양의 CCT와 측정된 CCT가 유사하게 나타났다.

표 3. 광원의 측정값

Table 3. The measured value of lamps

형광램프 32[W] (6,500[K])						
	1	2	3	4	5	평균
CCT	5675	5642	5634	5606	5626	5,637
X	1333	1829	1565	1680	1470	1,575
Y	1384	1877	1607	1733	1527	1,626
Z	1340	1850	1579	1678	1462	1,582
평면 LED 조명기구 42[W] (5,000[K])						
	1	2	3	4	5	평균
CCT	4855	4882	4847	4866	4890	4,868
X	6047	6681	61c98	6086	6492	6,301
Y	6605	7326	6749	6647	7085	6,882
Z	4473	4964	4600	4520	4876	4,687
백색 LED Bar type 램프 (2700[K])						
	1	2	3	4	5	평균
CCT	2745	2767	2771	2766	2733	2,756
X	578	74	784	703	494	527
Y	517	6643.7	703	629	440	1,787
Z	176	230	247	224	155	206

다음 표 4는 측정된 단일 광원의 3자극치를 3가지 산출식에 적용하여 산출한 계산값과 측정값을 나타낸 것이다. 그 결과 3가지 계산값이 상이했으며 대체적으로 Robertson 방법을 통한 계산값이 높게 나타났다.

표 4. 광원의 CCT 측정값과 계산값 비교
Table 4. A comparison of the measured CCT and the calculated CCT

단위([K])	색차계	Robertson	McCamy	개선된 McCamy
FL 4000[K]	4,233	3,932.3	4,241	4,272.8
FL 6500[K]	5,637	6,424.6	5,631	5,640
평면 LED 5000[K]	4,868	6,682.6	4,842.6	4,830.4
평면 LED 6000[K]	5,696	6,956	5,684.4	5,684.9
LED Bar 2700[K]	2,756.4	2,539.8	2,751.3	2,676.9
LED Bar 4000[K]	3,942	4,164.7	3,931.5	3,922.3
LED Bar 4700[K]	4,691	6,068.9	4,669.3	4,660.9
LED Bar 6000[K]	5,954.4	6,212.5	5,959.1	5,973.6
LED Bar 6500[K]	6,429.4	6,724.7	6,437.8	6,404.6

광원사양의 CCT를 기준으로 3가지 계산값과 비교하면 형광램프는 광원사양의 CCT와 Robertson방법의 계산값이 가장 유사했으며, 백색 LED 조명기구는 McCamy 산출식과 개선된 McCamy 산출식의 계산값이 유사했다. 측정값을 기준으로 3가지 계산값과 비교해보면 모든 광원에서 측정값과 McCamy 산출식의 계산값이 매우 근사하게 나타났다. 이러한 결과로 미루어 보아 색차계에 적용된 CCT 계산식이 McCamy 산출식일 가능성이 높다고 사료된다.

3.3 조합된 CCT 실험 결과

다음 표 5는 비례식을 통해 계산된 백색 LED Bar type 램프 2,700[K]와 6,500[K]의 조도비율과 이를 적용해 만든 조합광의 CCT 측정값 및 Robertson방법 계산값의 일부를 나타낸 것이다. 표 5의 항목 중 400[lx]'는 비례식을 통한 조합광의 CCT가 목표 CCT와 다르게 측정되었기 때문에 백색 LED Bar type 램프 2,700[K]와 6,500[K]의 디밍단계를 임의로 조절하여 측정 조도가 400[lx]이고 측정 CCT가 목표 CCT와 일치했을 때의 각각의 조도 비율을 나타낸 것이다.

표 5. 식 (8)과 (9)를 통한 조합광의 측정값과 계산값
Table 5. The measured value and the calculated CCT on the mixed light using eq. (8) and (9)

3,000[K]					
목표 조도	100[lx]	200[lx]	300[lx]	400[lx]	400[lx]'
측정 CCT([K])	2,797	2,777	2,775	2,784	3,000
측정 조도([lx])	100.2	198.4	301.6	402.4	402
2700[K] 조도	91.6[%]	91.6[%]	91.6[%]	91.6[%]	81.2[%]
6500[K] 조도	8.4[%]	8.4[%]	8.4[%]	8.4[%]	18.8[%]
Robertson	2,571	2,552	2,551	2,557	2,733
3,500[K]					
목표 조도	100[lx]	200[lx]	400[lx]	500[lx]	400[lx]'
측정 CCT([K])	3,070	3,011	3,067	3,060	3,500
측정 조도([lx])	100.5	190.9	406.5	499.5	401.6
2700[K] 조도	78.5[%]	78.5[%]	78.5[%]	78.5[%]	60.9[%]
6500[K] 조도	21.5[%]	21.5[%]	21.5[%]	21.5[%]	39.1[%]
Robertson	2,793	2,740	2,788	2,783	3,146
4,000[K]					
목표 조도	100[lx]	300[lx]	400[lx]	600[lx]	400[lx]'
측정 CCT([K])	3,271	3,378	3,376	3,365	4,000
측정 조도([lx])	98.3	305.2	405.8	590.5	401.7
2700[K] 조도	65.5[%]	65.5[%]	65.5[%]	65.5[%]	45.5[%]
6500[K] 조도	34.5[%]	34.5[%]	34.5[%]	34.5[%]	54.5[%]
Robertson	2,961	3,045	3,046	3,035	3,601
4,500[K]					
목표 조도	100[lx]	300[lx]	400[lx]	800[lx]	400[lx]'
측정 CCT([K])	3,574	3,967	3,810	3,813	4,500
측정 조도([lx])	91.9	294.3	406.8	799.1	401.3
2700[K] 조도	52.4[%]	52.4[%]	52.4[%]	52.4[%]	32.8[%]
6500[K] 조도	47.6[%]	47.6[%]	47.6[%]	47.6[%]	67.2[%]
Robertson	3,346	3,282	3,247	3,246	4,116
5,000[K]					
목표 조도	100[lx]	400[lx]	700[lx]	900[lx]	400[lx]'
측정 CCT([K])	4,186	4,246	4,252	4,287	5,000
측정 조도([lx])	106	412	697.6	898.9	401.3
2700[K] 조도	39.4[%]	39.4[%]	39.4[%]	39.4[%]	22.7[%]
6500[K] 조도	60.6[%]	60.6[%]	60.6[%]	60.6[%]	77.3[%]
Robertson	3,801	3,844	3,842	3,884	4,707

5,500[K]					
목표 조도	100[lx]	400[lx]	700[lx]	900[lx]	400[lx]'
측정 CCT([K])	4,822	4,839	4,853	4,855	5,500
측정 조도([lx])	108	396.5	694.7	897.5	401
2700[K] 조도	26.3[%]	26.3[%]	26.3[%]	26.3[%]	13[%]
6500[K] 조도	73.7[%]	73.7[%]	73.7[%]	73.7[%]	87[%]
Robertson	4,496	4,513	4,502	4,516	5,387
6,000[K]					
목표 조도	100[lx]	400[lx]	700[lx]	900[lx]	400[lx]'
측정 CCT([K])	5,476	5,515	5,546	5,590	6,000
측정 조도([lx])	102.4	400.6	702.1	903	400.3
2700[K] 조도	13.2[%]	13.2[%]	13.2[%]	13.2[%]	7.9[%]
6500[K] 조도	86.8[%]	86.8[%]	86.8[%]	86.8[%]	92.1[%]
Robertson	5,408	5,425	5,443	5,489	6,125

표 5의 결과 측정된 CCT값과 Robertson방법 계산 값 모두 목표 CCT 보다 낮게 나타났다. 또한 목표 조도 400[lx]에서 목표 CCT와 측정값이 일치했을 때의 2,700[K]의 조도비율은 비례식에 의한 2,700[K]의 조도비를 보다 낮게 나타났으며, 6,500[K]의 조도비율은 비례식에 의한 6,500[K]의 조도비를 보다 높게 나타냈다.

4. 소 결

다음 그림 3은 광원별 광원사양의 CCT값과 3가지 산출식 이용해 산출한 계산값의 차를 나타낸 것이다. 그 결과 형광램프 모두 광원사양의 CCT와 Robertson방법에 의한 계산값이 가장 유사했으나, 백색 LED 조명기구는 Robertson방법과 가장 큰 차이를 보였다.

이러한 결과는 다음 그림 4와 같이 Robertson방법 계산과정에서 FL 4,000[K]은 색도좌표 (u_T, v_T) 주변에 두 등색온도선의 색온도가 3,846[K], 4,000[K]으로 광원사양의 CCT(4,000[K])가 두 등색온도선의 색온도 범위 내에 있기 때문에 유사한 값을 보였다. 이와 반대로 백색 LED Bar type 램프 4,700[K]은 두 등색온도선의 색온도가 5,882[K], 6,250[K]으로 광원사양의 CCT(4,700[K])가 두 등색온도선의 색온도 범위 밖에 있기 때문에 큰 차이를 보였다. 따라서 형

광램프는 Robertson방법에 의해 CCT를 계산하는 것이 가장 적합하며 백색 평면 LED 조명기구는 McCamy 산출식과 개선된 McCamy 산출식이 적합하다.

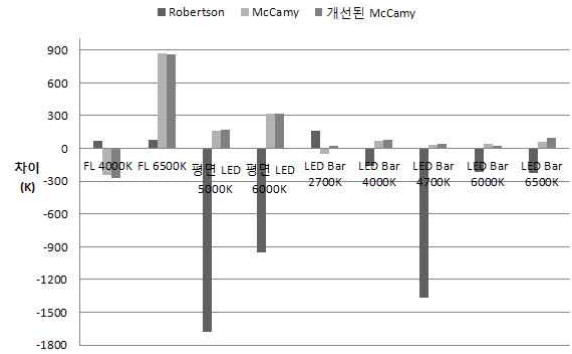


그림 3. 광원사양과 계산된 CCT값의 차
Fig. 3. The differences between specifications and calculations on the CCT

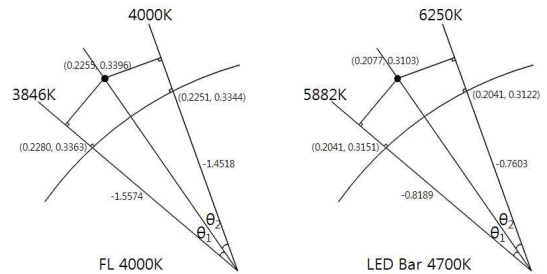


그림 4. 형광램프와 백색 LED Bar type 램프의 계산과정 비교

Fig. 4. A comparison of fluorescent lamp calculation process and white LED Bar type lamp calculation process

다음 그림 5는 목표 CCT값과 측정값 및 계산값의 차를 나타낸 것이다. 그 결과 측정값과 계산값 모두 4,500[K]과 5,000[K]을 전후하여 목표 CCT값과의 차이가 점차적으로 증가하였다가 다시 감소하는 경향이 나타났다.

그림 6은 목표 CCT별로 목표 조도에 따른 CCT 측정값과 계산값을 목표 CCT에 대한 비율로 나타내 선형 회귀분석한 것이다. 그 결과 측정값과 계산값 모두 CCT가 높을수록 목표 CCT와 유사하게 나타났다. 또한, 기울기는 서로 다르지만 모든 목표 CCT에서 조도

가 증가할수록 측정값과 계산값이 함께 증가하는 경향을 보였으며 목표 CCT가 높을수록 조도 증가에 따른 CCT 변화량이 크게 나타났다.

위의 두 결과는 다음 그림 7에 나타난 백색 LED Bar type 램프 2,700[K]과 6,500[K]의 조도 단계별

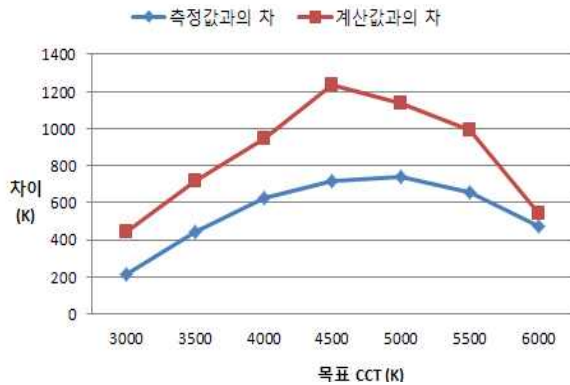


그림 5. 목표 CCT와 조합광의 측정값 및 계산값의 차
Fig. 5. The differences between the measured CCT and target CCT, the calculated CCT and target CCT

CCT 측정값에서 알 수 있듯이 조도값이 증가함에 따라 CCT도 비선형적으로 증가하며, LED Bar type 램프 2,700[K]이 조도 단계 0에서 255단계까지 약 50[K] 변화되고 LED Bar type 램프 6,500[K]이 약 140[K] 변화되듯이 CCT가 높은 광원일수록 조도 변화에 따른 CCT 변화량이 크기 때문이라 판단된다. 따라서 두 개의 서로 다른 CCT를 갖는 백색 LED 조명기구를 조합해 원하는 CCT를 만들기 위해서는 백색 LED 조명기구 조광 시 변화하는 CCT와 각각의 LED 소자 조광 비율에 유의해야 한다.

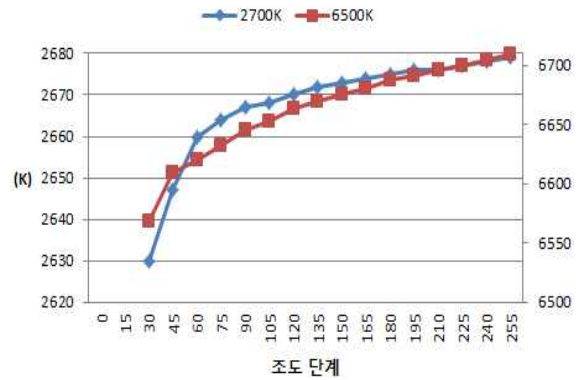


그림 7. 디밍 단계별 CCT 측정값
Fig. 7. The measured CCT according to dimming level

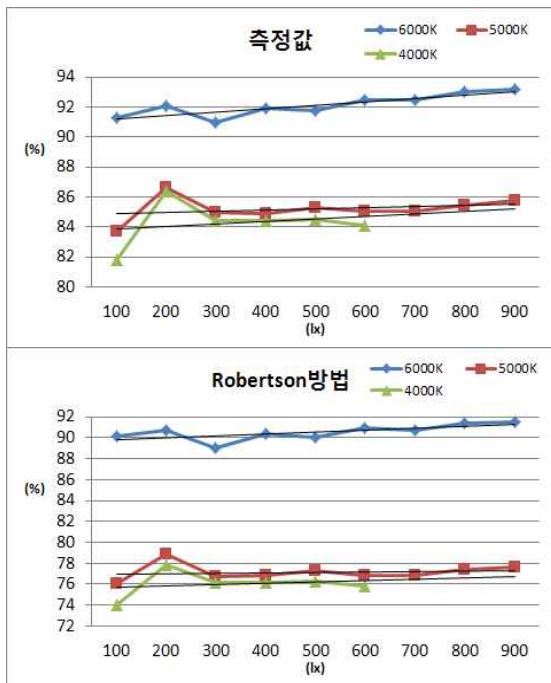


그림 6. 목표 조도에 따른 측정값과 계산값의 변화
Fig. 6. A change of the measured value and the calculation data according to target illuminance

5. 결 론

본 연구에서는 광원별 적합한 CCT 계산식을 선정하고 CCT가 다른 두 백색 LED Bar type 램프의 조합을 통해 만들어진 CCT 특성을 분석하기 위해 3가지 CCT 산출식을 고찰한 후 2가지 실험을 진행하였다. 다음은 실험 결과를 요약한 것이다.

- 1) 형광램프와 백색 평면 LED 조명기구, 백색 LED Bar type 램프의 3차극치 X, Y, Z와 CCT를 측정하고 산출식에 적용하여 계산한 뒤 광원사양상의 CCT값과 계산 CCT값 그리고 측정 CCT값을 비교하였다. 그 결과 형광램프는 Robertson방법이 CCT를 산출하기에 적합했고, 백색 LED 조명기구는 McCamy 산출식이 CCT를 산출하기에 적합했다.

2) 비례식으로 각각의 조도를 산출한 후 산출된 조도값을 토대로 3,000[K], 3,500[K], 4,500[K], 5,000[K], 5,500[K], 6,000[K]을 만들어 CCT와 3자극치를 측정하여 비례식의 목표 CCT와 측정 CCT값 및 계산 CCT값을 비교하였다. 그 결과 측정값과 계산값 모두 목표 CCT값과의 오차에 일정한 경향성을 보였다. 또한 조도가 증가할수록 측정값과 계산값도 증가하였으며 목표 CCT가 높을수록 조도 변화에 따른 CCT 변화가 크게 나타났다. 따라서 CCT가 서로 다른 백색 LED 조명기구를 이용해 원하는 CCT를 만들기 위해서는 백색 LED 조명기구 조광 시 변화하는 CCT와 각각의 LED 소자 조광비율에 유의해야 한다.

본 연구에서는 각각 2가지 CCT를 가진 형광램프와 백색 평면 LED 조명기구, 단일 제조사(N사)의 LED 소자만을 사용하여 만들어진 5가지 CCT의 백색 LED Bar type 램프를 측정하였기 때문에 일반적인 결론 도출에 한계를 가진다. 추후 연구에서는 다양한 제조사의 LED 소자로 만들어진 램프를 추가 측정하여 객관성을 높여야 하며, 측정기기의 오차 및 램프 사용시간에 따른 CCT의 변화도 고려해야 할 것이다.

감사의 글

이 논문은 2010년도 교육과학기술부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구(No. 20100016737)이며, 본 연구의 저자의 일부는 『2단계 BK21 사업』의 지원비를 받았음.

References

- [1] 장준호, 주관평가를 통한 공간별 적합 색온도에 관한 연구, 대한건축학회 학술발표대회 논문집, 제27권 제1호, p985~988, 2007.
- [2] 황명근, 조명공학개론, 성우, 2003.
- [3] R.H.Simons 외 1, Lighting Engineering Applied calculations, Butterworth-Heinemann, 2001.
- [4] 오오타 노보루, 색채공학, 국제, 2003.
- [5] 김훈 외 1, 광원의 색온도 및 연색성 변화에 관한 연구, 한국조명·전기설비학회지, 제5권 제2호, p49~57, 1991.
- [6] Javier Hernandez-Andres 외 2, Calculating correlated color temperatures across the entire gamut of daylight and skylight chromaticities, APPLIED OPTICS, Vol. 38, No.27, p5703~5709, 1999.

◇ 저자소개 ◇



김인태(金仁泰)

1985년 7월 27일생. 2010년 세종대 건축공학과 졸업. 현재 세종대 건축공학과 석사과정.



김유신(金有信)

1981년 1월 2일생. 2005년 세종대 건축공학과 졸업. 2007년 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 건축조명시스템전공 졸업(석사). 1997년 The Pennsylvania State University 건축공학 건축조명시스템전공 졸업(박사). 현재 세종대 건축공학과 교수. 본 학회 이사 및 편수위원.