

## 조명용 백색 LED광원의 등기구 형태에 따른 광도 및 기구효율 분석

(The Luminous Intensity and Luminaire Efficiency Analysis of White LED as Luminaire types for General Lighting)

황명근\* · 허창수 · 서유진

(Myung-Keun Hwang · Chang-Su Huh · Yu-Jin Seo)

### 요 약

본 논문에서는 조명용 고휘도(HB, high brightness) 백색 LED(light emitting diode)램프의 배열 및 여러 가지 등기구 글로브(globe)의 형태에 따른 광도(luminous intensity)값과 기구효율(luminaire efficiency)을 컴퓨터 시뮬레이션으로 수행하여 비교분석 하였다. 즉, LED의 배열은 가로×세로(7개×7개)가 정사각형 형태로 49개를 배열하고, LED 간격은 LED의 발광면 중심부로부터 8.2[mm], 10.0[mm], 15.0[mm]로 각각 3가지로 하였으며, 등기구의 글로브는 LED발광면 중심부에서 30[mm], 50[mm] 떨어진 거리로 구분하였다. 또한 등기구 글로브가 없을 때와 있을 때로 구분하여 있을 때에는 글로브 형태를 볼록 원형과 엠보(embossing)형태로 구분하고 엠보는 8.2[mm], 5.0[mm]의 크기에 따른 선택으로 시뮬레이션 27가지로 수행하여 등기구의 글로브 형태에 따른 광도 및 기구효율을 고찰해 봄으로써 앞으로 21세기 디지털조명이라고 일컫는 LED를 사용한 LED 광원(light source) 및 등기구 개발에 많은 도움이 되고자 하였다.

### Abstract

In this paper, luminaire optical efficiency and luminous intensity according to array of HB(high brightness) white LED(light emitting diode) and globe types of luminaire were simulated by computer and made a comparative analysis. LEDs were arranged by square of 7ea X 7ea. LED space has been divided into 8.2mm, 10mm and 15mm that mean distances between luminous centers of LEDs, and luminaire globes were classified into 30mm and 50mm away from luminous center of LEDs. Also the simulations were made with / without globe, globe types were specified by convex and embossing types of which sizes are 8.2mm and 5.0mm. So total 27 classes of simulation were performed. This paper is to help luminaire development using LED light source called digital lighting of 21th century, by studying luminaire efficiency and luminous intensity of different types of globes.

Key Words : LED(light emitting diode), HB(high brightness), Efficiency, LED Light Source

\* 주저자 : 인하대학교 전기공학과 박사수료  
Tel : 032-860-7399, Fax : 032-863-5822  
E-mail : kilt@korea.com

접수일자 : 2004년 3월 15일  
1차 심사 : 2004년 3월 18일, 2차 심사 : 2004년 4월 2일  
심사완료 : 2004년 4월 12일

### 1. 서 론

LED(light emitting diode)는 전기·전자·통신 분야의 신호용에서부터 조명·광고용, 손전등, 디스플레이 분야, 자동차의 브레이크나 시그널등, 간판,

피난 유도등(exit sign), 전광판 등 광범위한 용도로써 IT·BT·NT·ET·光산업 및 반도체기술과 접목이 가능한 기술로서 고부가가치 창출이 가능한 조명산업분야이다[1].

이는 LED가 無수은으로 환경 친화적이고, 초경량이며 전력절감이 탁월하여 기존 조명기기의 대체가 가능하고 장수명·고신뢰성으로 간단한 구동회로와 R/G/B 색상제어가 용이하므로 앞으로 21세기 성장 동력산업의 접목기술인 디지털 조명(digital lighting)을 특징으로 한 선도 기술로 자리매김할 것으로 생각된다[1, 4, 10, 14]. 현재 HB LED를 국내·외에서는 대량생산으로 한 원가의 절감과 LED Chip구조의 개선으로 조명용 LED를 개발하고 있다[2, 6-9, 16].

일본, 미국 등의 LED조명 선진국은 이미 1998년 및 2002년부터 대형 국가 프로젝트로 개발을 하고 있고 LED의 기술개발을 통한 세계시장 선점의 기회로 삼고 있으며 기존 조명시장 및 정보 디스플레이 산업의 활용이 예고된다. 또한, 삶의 질적 향상을 통해 옥내외의 조명, 평판디스플레이 백라이트, 자동차 헤드라이트 등 산업 전반에 걸친 용도의 다양화로 에너지절약은 물론 고품위, 고효율, 고효율 LED조명의 수요 욕구 창출이 예상된다[10, 11-13].

미국은 에너지부(DOE)를 중심으로 “Next Gen. Lighting Initiative, Vision 2020”을 2002년부터 추진 중이며 2020년까지 18년 간 기존의 형광등 효율 약 3배 인 200[lm/W]의 LED광원 개발을 목표로 추진 중에 있으며 에너지 위기에 대한 종합적인 대책의 하나로 국가 핵심주도 사업으로 수행하고 있다. 일본의 경우에는 통산성을 중심으로 “Light for the 21C” 프로젝트를 1998년 착수, 2008년까지 10년 간 형광등 효율 약 2배인 120[lm/W]의 LED광원 개발을 목표로 추진 중에 있으며 이와 더불어 2010년까지 조명용으로 사용되는 에너지의 20% 감소를 이루어 CO<sub>2</sub>의 배출량을 1990년 수준으로 내리는 목표로 병행 추진 중에 있다.

이밖에 대만의 기술개발 방향은 조명용 LED광원 개발을 위해 2002년 국가 핵심사업으로 지정하여 11개 기관을 중심으로 2005년까지 일본을 추월하려는 야심에 찬 계획으로 추진 중에 있으며 캐나다는 LED의 개발보다는 LED를 응용한 기술개발로 TIR사를

중심으로 2001년부터 2004년까지 LED로 어레이 한 제품류들을 프로젝트로 추진 중에 있다[1, 2, 14].

국내에서도 경찰청 및 국가 표준규격으로 LED를 사용한 교통신호등이 이미 제정된 바 있어 기존의 백열전구에서 LED로 제작된 교통 신호등으로 교체·사용 중에 있으며, 고휘도 발광다이오드의 신뢰성 인증시험방법에 대한 규정이 2004년 1월에 제정된 바 있다[17].

또한 LED의 가변색 광원개발과[3] R/G/B/A/W에 대한 광속, 연색지수(CRI), 상관 색온도(CCT), CIE 색도좌표 등에 대한 기본적인 광 특성에 대한 제시만 있었고[5] 이에 따른 구체적인 측정기술의 표준이나 기술기준이 없으며[13, 15] 지금까지 조명용 LED광원으로서의 등기구의 글로브 제작이나 이에 따른 광도 및 기구효율에 대한 분석 결과는 없었다.

따라서 본 논문에서는 LED의 배열과 글로브의 여러 형태에 따른 광도와 기구효율을 시뮬레이션으로 비교 분석하여 LED조명 개발에 실질적인 도움을 주고자 하였다. 사용된 LED는 표 1과 같으며 광 효율이 29.86[lm/W]이고 빔 각도(beam angle)가 20°인 Nichia사(日)의 5[mm] LED(NSPW-500)로서 소비 전력은 72[mW], 광속은 2.15[lm]인 HB 백색 LED이다. 또한, 적용시킨 반사판 및 등기구의 글로브 사양은 표 2와 같이 반사율 88%, 투과율 92%인 Alanod 410G/3 및 Generic사의 Clean Acrylic을 사용하였다.

표 1. HB 백색 LED의 사양  
Table 1. Specification of the HB white LED

구 분	전력 [W]	광속 [lm]	색도좌표 (x, y)	빔 각도 [°]	광 효율 [lm/W]
NSPW-500	0.072	2.15	0.31, 0.32	20	29.86

표 2. 반사판과 글로브의 사양  
Table 2. Specification of Reflector and globe

구 분	재 질	비 고
반사판	Alanod 410G/3	반사율 88%
글로브	Generic사의 Clean Acrylic	투과율 92%

## 2. 본 문

### 2.1 LED배열과 글로브의 형태

등기구에서 글로브 하단부분의 엠보는 반구 형태로서 각도는 45°, 지름은 각각 8.2[mm], 5.0[mm]로

조명용 백색 LED광원의 등기구 형태에 따른 광도 및 기구요율 분석

하였고 LED발광면의 중심부로부터 거리는 30[mm], 50[mm] 하였다.

표 3. LED의 간격과 글로브의 형태에 따른 시뮬레이션 구분

Table 3. Simulation division by space of LED and type of globe

LED의 간격 [mm]	LED광원 등기구의 글로브 형태		시뮬레이션 수	
	사용 유·무	거리*		
8.2	무	-	1	
	유	블록 원형	30.0/50.0	2
		엠보간격 8.2	30.0/50.0	6
		엠보간격 5.0		
		엠보간격 5.0**		
무	-	1		
10.0	무	-	1	
	유	블록 원형	30.0/50.0	2
		엠보간격 8.2	30.0/50.0	6
		엠보간격 5.0		
		엠보간격 5.0**		
무	-	1		
15.0	무	-	1	
	유	블록 원형	30.0/50.0	2
		엠보간격 8.2	30.0/50.0	6
		엠보간격 5.0		
		엠보간격 5.0**		

\*LED발광면 중심으로부터 글로브까지의 거리

\*\*그림 2의 (c)

그림 1은 등기구 글로브의 엠보 구조로서 각도를 나타낸 것이며 그림 2는 엠보의 3가지 형태를 나타낸 것인데 그림 2의 (a)는 LED의 발광면 중심으로부터 글로브 엠보의 크기를 8.2[mm]로 한 것이고, 그림 2의 (b)는 5.0[mm]의 엠보 크기로 2개를, 그림 2의 (c)는 5.0[mm]의 엠보 크기로 3개를 하였을 때 엠보의 중심부로 하여 글로브의 형태를 나타낸 것이다.

그림 3은 시뮬레이션 상에서 LED 49개를 배열한 형태이며 LED의 중심축으로 각각의 LED 간격을 8.2[mm], 10.0[mm], 15.0[mm] 3가지 형태, 즉 8.2[mm] / 10.0[mm] / 15.0[mm] 간격으로 배열하여 표 3과 같이 27가지를 수행하였다.

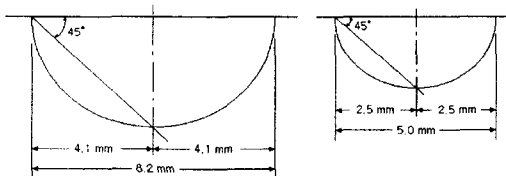


그림 1. 엠보의 구조와 각도  
Fig. 1. Embo's structure and angle

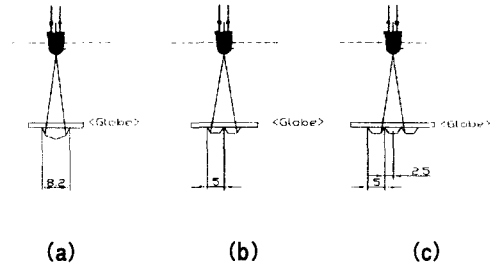


그림 2. LED램프에 적용된 글로브 형태  
Fig. 2. Globe type that is applied to LED lamp

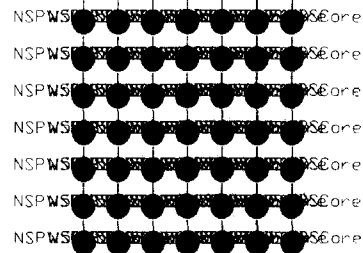


그림 3. LED램프 7×7개의 배열  
Fig. 3. Array arrangement of LED lamp 49ea

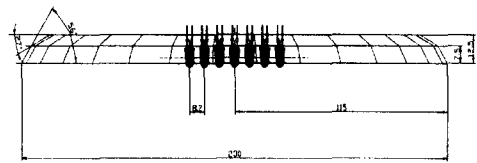
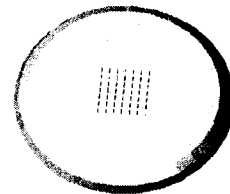


그림 4. LED와 반사각의 치수  
Fig. 4. Dimension of LED and reflector



(a) 측면도



(b) 평면도

그림 5. 반사각의 정면도와 평면도의 3D형태  
Fig. 5. Front view of reflector and 3D form of plane view

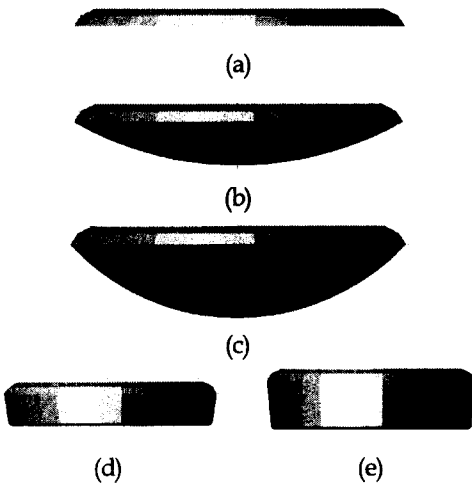
그림 4는 등기구에서 반사갓의 치수를 나타낸 것으로서 보안등으로 많이 사용되는 원형으로 하여 반사갓의 옆면은 56°, 27°로 설계하고 등기구의 반사갓은 3D로 그림 5에 나타내었으며, 그 크기는 230[mm] 원형으로 하였다. 또한 그림 6과 같이 반사갓을 부착한 등기구의 글로브는 5가지 형태로 해서 수행하여 비교 검토하였다.

## 2.2 시뮬레이션 과정

ACAD에서 작업한 LED 램프 파일을 시뮬레이션 프로그램에서 불러들여 그림 7과 같이 레이어(Layer)의 단위를 인식하고 LED램프의 발광과 반사갓이 인식되었는지 여부를 확인하였다. 이 중에서 "Layer to orient"는 CAD에서 작업한 레이어를 선택하는 부분이고 "surface orientation method"는 반사판을 인식하기 위한 여러 가지 방법을 나열해 놓은 것이다.

그림 8은 LED가 발광된 상태인데 여기에서 LED의 사양을 확인할 수 있다.

등기구의 Reflector Material은 Alanod 410G/3 88%와 Globe Material은 Generic사의 Clean Acrylic 92%를 적용하고, 그 후 그림 9와 같이 동일한 조건을 지정하여 시뮬레이션을 수행하였다.



(a) 글로브 없음  
 (b) LED발광면 중심으로부터 글로브가 30(mm) 떨어져 있을 때(글로브의 각 15°)  
 (c) LED발광면 중심으로부터 글로브가 50(mm) 떨어져 있을 때(글로브의 각 23°)  
 (d) LED발광면 중심으로부터 글로브가 30(mm) 떨어져 있을 때 엠보형 등기구 형태(글로브의 각 8°)  
 (e) LED발광면 중심으로부터 글로브가 50(mm) 떨어져 있을 때 엠보형 등기구 형태(글로브의 각 5°)

그림 6. 반사갓에 부착된 글로브의 형태  
 Fig. 6. Type of globe that is attached to reflector

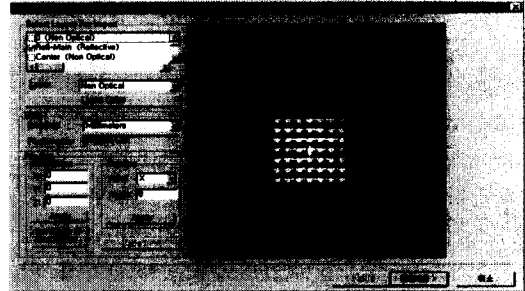


그림 7. LED 배열 형태  
 Fig. 7. Form of LED arrangement

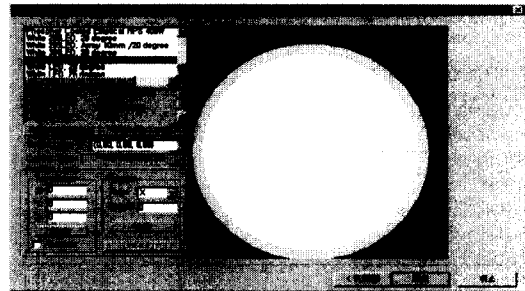


그림 8. LED광원의 발광  
 Fig. 8. Radiation of LED light source

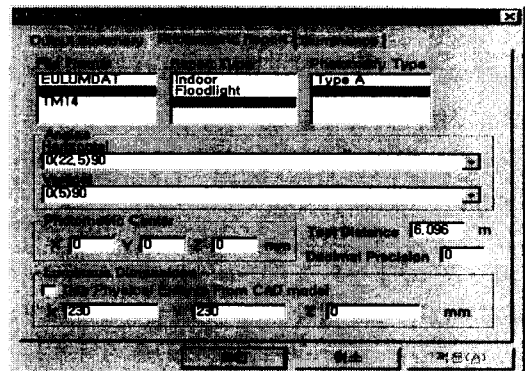


그림 9. 포토메트릭 출력 사양  
 Fig. 9. The photometric output specification

“Photometric Output Specification”에서는 국내에서 가장 많이 사용되는 IES 파일을 배광데이터로 사용하였다. “Report Type”에서는 Roadway로, Photometry type은 C로서 각도는 수평 0(22.5)90, 수직각도 0(5)90으로 하여 측정거리(test distance)는 6.096m로 설정하여 수행하였다.

그림 10에서 “Raytrace Settings”은 LED 광원에 대한 정의 부분이라고 할 수 있는데, “Light sources”는 기판에 배열한 LED 광원에서 생성되어 질 광선(ray)의 갯수를 정하는 것으로써 시뮬레이션을 진행하는 데 무리가 없을 정도인 50만개로 설정을 하였다. 그리고 “Ray termination”은 세 부분으로 나뉘어 지는데 그 중 “Number of Reflections”은 초기 광원에서 발산된 빛이 소멸되어 질 때까지 몇 번의 반사를 수행할 것인지를 정하는 것으로써 그 수를 20으로 설정하고 “Spawn Limit” 광원에서 빛이 반사판에 비추어지면서 빛이 몇 개로 쪼개어지는지를 정하는 부분으로 1개를 선택하였다.

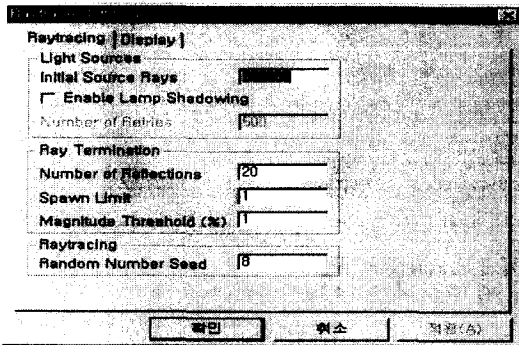


그림 10. 레이 트레이스 설정  
Fig. 10. The raytrace settings

### 2.3 시뮬레이션 결과

글로브가 없을 때 49개의 LED를 각각 8.2 / 10 / 15[mm]로 배열했을 때 각각의 기구효율 분포도는 94.3 % / 94.8 % / 95.2 % 로서 15[mm]로 한 것이 95.2%로서 가장 높은 효율로 나타났으며, 등기구의 글로브가 있고 LED발광면 중심으로부터 글로브가 30[mm] 떨어진 거리에서 49개의 LED를 각각 8.2 / 10 / 15[mm]로 배열했을 때 각각의 기구효율 분포도는 86.6 % / 86.8 % / 86.7 % 로서 10[mm]로 한 것

이 86.8 %로서 가장 높은 효율로 나타났다.

그림 11은 등기구의 글로브가 없을 때 49개의 LED를 각각 8.2 / 10 / 15[mm]로 배열했을 때 기구효율 분포도를 나타낸 것이고 그림 12는 글로브가 있고 반사갯으로부터 글로브가 30[mm]떨어진 거리에서 49개의 LED를 각각 8.2 / 10 / 15[mm]로 배열했을 때 기구효율 분포도를 나타낸 것이다.

그림 13은 글로브가 있고 LED발광면 중심으로부터 글로브가 50[mm]떨어진 거리에서 LED를 각각 8.2 / 10 / 15[mm]로 배열했을 때 기구효율 분포도를 나타낸 것으로써 거의 비슷한 결과인 87.1 % / 87.5 % / 87.5 %로 나타났다.

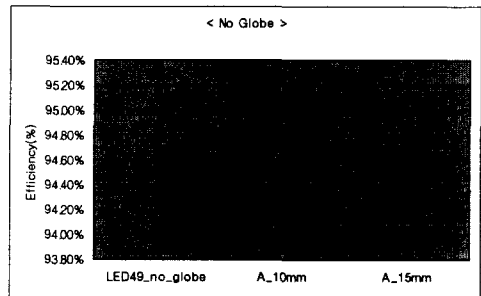


그림 11. 글로브가 없을 때, 49개의 LED를 각각 8.2 / 10 / 15[mm]로 배열했을 때 효율 분포도  
Fig. 11. No globe, efficiency distribution graph of luminaire arrayed by 49 LEDs with spaces of 8.2(mm) / 10(mm) / 15(mm)

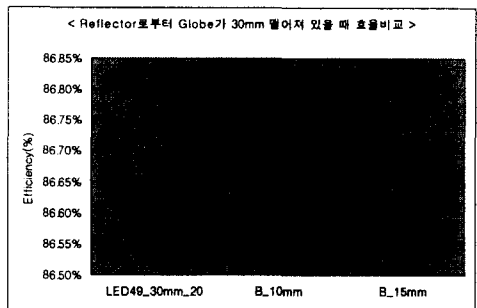


그림 12. 글로브가 있고, LED발광면 중심으로부터 글로브가 30[mm]떨어진 거리에서 49개의 LED를 각각 8.2 / 10 / 15[mm]로 배열했을 때 효율 분포도  
Fig. 12. Efficiency distribution graph of luminaire arrayed by 49 LEDs with spaces of 8.2(mm) / 10(mm) / 15(mm) and globe of 30(mm) distant from LED luminous center

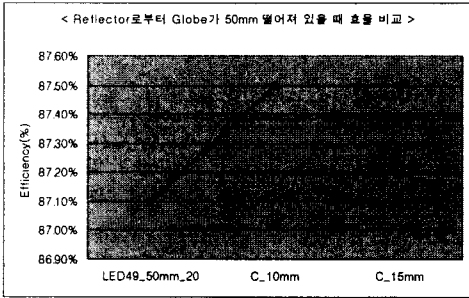


그림 13. 글로브가 있고 LED발광면 중심부로부터 글로브가 50(mm)떨어진 거리에서 49개의 LED를 각각 8.2 / 10 / 15(mm)로 배열했을 때 기구효율 분포도  
 Fig. 13. Efficiency comparison graph of luminaire arrayed by 49 LEDs with spaces of 8.2(mm) / 10(mm) / 15(mm) and globe of 50(mm) distant from LED luminous center

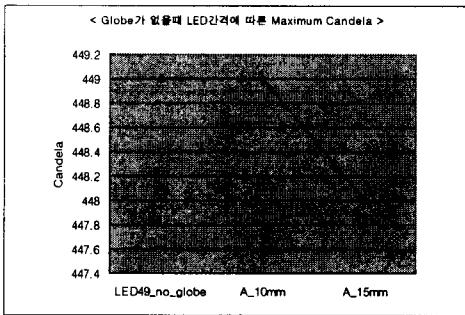


그림 14. 글로브가 없을 때 49개의 LED를 각각 8.2 / 10 / 15(mm)로 배열했을 때 광도 비교표  
 Fig. 14. Luminous intensity comparison graph of luminaire arrayed by 49 LEDs with spaces of 8.2(mm) / 10(mm) / 15(mm) and without globe

그림 14는 등기구의 글로브가 없을 때 49개의 LED를 각각 8.2 / 10 / 15[mm]로 배열했을 때 광도 값을 나타낸 것으로써 각각 449 [cd] / 449 [cd] / 448 [cd]이며, 그림 15는 글로브가 있을 때 LED발광면 중심으로부터 글로브가 30[mm] 떨어져 있을 때 49개의 LED를 각각 8.2 / 10 / 15[mm]로 배열했을 때 광도 비교를 나타낸 것으로써 418 [cd] / 411[cd] / 416 [cd]로 8.2[mm]로 한 것이 가장 높은 광도의 값을 얻을 수 있었다.

LED의 간격을 LED의 중심부로부터 각각 8.2 / 10 / 15[mm]의 거리 간격을 두어 LED를 배열한 LED광원에 글로브의 사용 유·무와 엠보의 형태에

따른 27가지를 수행하였다. LED광원의 기구효율과 광도는 어떤 형태의 LED광원이 더 효율적인가를 비교 검토하였으며 시뮬레이션 결과를 요약하면 표 4와 같다.

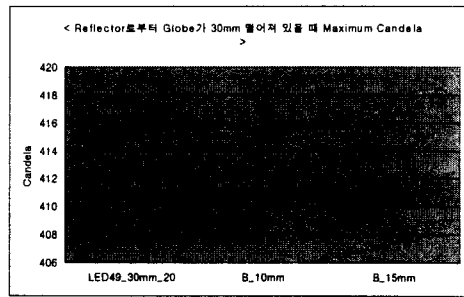


그림 15. 글로브가 있고 LED발광면 중심으로부터 글로브가 30(mm) 떨어져 있을 때 49개의 LED를 각각 8.2 / 10 / 15(mm)로 배열했을 때 광도 비교표  
 Fig. 15. Luminous intensity graph of luminaire arrayed by 49 LEDs with spaces of 8.2(mm) / 10(mm) / 15(mm) and globe of 30(mm) distant from LED luminous center

표 4. 시뮬레이션 결과  
 Table 4. The simulation results

효율과 광도치						비 고
8.2[mm]		10.0[mm]		15.0[mm]		
효율 [%]	광도 [cd]	효율 [%]	광도 [cd]	효율 [%]	광도 [cd]	
94.3	449	94.8	449	95.2	448	글로브 없음, 그림 6(a)
86.6	418	86.8	411	86.7	416	글로브 거리 30mm 그림 6(b)
87.1	415	87.5	417	87.5	411	글로브 거리 50mm 그림 6(c)
86.7	402	88.0	397	88.5	396	글로브 거리 30mm 그림 6(d)/엠보 8.2mm 그림 2(a)
88.6	402	88.7	397	89.4	400	글로브 거리 50mm 그림 6(e)/엠보 8.2mm 그림 2(a)
87.5	400	88.1	401	88.7	395	글로브 거리 30mm 그림 6(d)/엠보 5.0mm (센터)그림 2(c)
88.5	396	89.0	395	89.5	398	글로브 거리 50mm 그림 6(e)/엠보 5.0mm (센터)그림 2(c)
87.5	397	87.8	397	88.5	396	글로브 간격 30mm 그림 6(d)/엠보 5mm 그림 2(b)
88.5	398	88.9	403	89.4	401	글로브 간격 50mm 그림 6(e)/엠보 5mm 그림 2(b)

### 3. 결과 및 고찰

조명용 HB 백색 LED를 사용하여 등기구의 형태에 따른 광도 및 기구효율을 비교 분석한 결과로서 어떤 형태의 LED광원이 더 효율적인가를 분석하였다.

1) LED를 8.2[mm]간격으로 배열한 결과, 등기구의 글로브가 없는 반사각의 효율이 94.3%로 가장 높았고, 글로브의 엠보 지름이 8.2[mm]이고 반사각으로부터 50[mm]떨어진 반사각이 88.6%로 그 다음으로 효율이 높았다.

2) LED를 10[mm]간격으로 배열한 결과, 등기구의 글로브가 없는 반사각의 효율이 94.8%로 가장 높았고, 그림 2의 (c)번과 같은 글로브의 반사각 효율이 89%로 두 번째로 높았다.

3) LED를 15[mm]간격으로 배열한 결과, 글로브가 없는 반사각의 효율이 95.2%로 가장 높았고, 그림 6(e)에서 그림 2의 글로브의 지름이 8.2[mm]로 한 것과 5[mm]로 한 형태가 반사각의 기구효율이 89.4% 그 다음으로 높았다.

이 결과 글로브를 사용하여 LED광원용 등기구를 제작할 경우 위 3번의 경우에서 즉 LED를 15[mm]간격으로 배열 후 그 중에서도 엠보 형태 글로브의 지름이 8.2[mm]인 형태로 하는 것이 가장 좋은 효율의 결과를 얻었다. 만약 글로브가 엠보 형태가 아닌 볼록 원형 형태로 할 경우에는 그림 6의 (c)처럼 설계를 하면 비용이 가장 적게 들것으로 예상된다.

LED광원은 RoHS에 대한 환경친화화와 다기능 광원 시스템 기술이므로 LED의 배열 및 등기구와 글로브 형태에 따른 LED광원의 광도 및 기구효율을 비교·고찰해 봄으로써 앞으로 LED를 사용한 광원용 등기구 개발에 도움이 되리라 생각된다.

### References

- [1] 황명근, 조명공학개론, 도서출판 성우, 2003.
- [2] G. Zorpette, Let There Be Light, pp. 70~74, IEEE, spectrum, 2002, 9.
- [3] 이정숙, 김훈, "LED를 이용한 가변색 광원의 개발", 한국조명전기설비학회 논문집, pp. 91~98, 1999, 11.
- [4] D. Eisert, U. Strauss, S. Bader, "White Light Sources Based on InGaN", Proc. Int. W/S. on Nitride Semi.'s, IPAP conf. series 1 pp. 841~844, 2003.
- [5] M. K. Hwang, C. S. Huh, "A Study on Optics and SED Characteristics of LEDs lamp", J. KSES, Vol. 23, pp. 68~75, 2003, 3.
- [6] S. Nakamura, T. Mukai and M. Senoh: Appl. phys. L. 64(1994) 1687.

- [7] S. Nakamura, M. Senoh, N. Iwasa, T. Yamada and T. Mukai: Jpn. J. Appl. Phys. 34(1995) L1332.
- [8] T. Mukai, D. Morita and S. Nakamura: J. Cryst. Growth 189/190(1998) 778.
- [9] T. Mukai, H. Narimatsu and S. Nakamura: Jpn. J. Appl. Phys. 37(1998) L479.
- [10] N. Narendran, N. Maliyagoda, L. Deng, and R. Pysar "Characterizing LEDs for General Illumination Applications: Mixed-color and phosphor-based white sources", SPIE Proceedings, Vol. 4445, 2001.
- [11] Wyszecki, G., Styles, W. S. (1982), Color Science: Concepts and Methods, Quantitative Data and Formulae. (2nd Ed.). New York: John Wiley & Sons.
- [12] C. van Tright, Color Rendering, a Reassessment, Color research and Applications, Vol 24, No. 3, pp. 197-206, June 1999.
- [13] Tünde Tarczali, Peter Bodrogi and János Schanda, Colour Rendering Properties of LED Sources, CIE 2nd LED Mea. Sym., Gaithersburg, 2001.
- [14] Arturas Zukauskas, Michael S. Shur, and Remis Gaska, (2002), "Introduction to Solid-State Lighting," New York: John Wiley & Sons.
- [15] CIE 127, Measurement of LEDs.
- [16] Agilent Technologies Inc, "A Guide to Human Visual Perception and the Optical Characteristics of LED Displays", 1999, 11.
- [17] RSC 0047, 고휘도 발광다이오드, 2004, 1.

### ◆저자소개◆

#### 황명근(黃明根)

1961년 4월 3일생, '88년 서울산업대 졸업(학사). '91년 한양대학교 산업대학원 졸업(석사). '00년 인하대학교 대학원 전기에너지 및 재료공학(박사수료). '96년~'98년 (주)전화이엔아이 기술연구소 책임연구원. '98년~'04년 현재 (재)한국조명기술연구소 책임연구원. '03년~'04년 현재 세종대학교 겸임교수. 전기전자설비진단사, 한국조명전기설비학회 정회원.

#### 허창수(許昌洙)

Date of birth: 27. 1. 1955, B. S. in Electrical eng., 1981. Inha Uni., M. S. in Electrical eng., 1983. Inha Uni., KIEE member, KIEEME member, The Korean Institute of Telematics & Electronic member, The Korean Solar Energy Society member, The Institute of Electrical & Electronic Engineers member, The Int'l Ass. of Science & Technology for Development member, The IEE of Japan member (A, B, C, D, E), 1993~Present: Professor (Dep. of Electrical Eng., Inha Uni.), 1983~1993: Head (Division of Electrical Materials & Functional Materials Lab of KERI).

#### 서유진(徐有鎭)

1956년 10월 8일생. '99년 서울산업대 전기공학과(학사). '01년 인하대학교 산업대학원 전기공학과(석사). '04년 현재 인하대학교 대학원 전기공학과 박사과정. '81년~'96년 벽산건설(주)근무, '04년 현재 (주)서진설계기술단 대표이사. 건축전기설비기술사, 한국조명전기설비학회 정회원(평의원).