

각국의 광해 규제 및 광해 계산법의 비교

김 훈 · 조숙현 <강원대학교 전기전자공학부>

1 서론

조명은 인간의 야간활동을 가능하게 해줌으로써 경제 발전과 생활의 편리함을 주는 역할을 해왔지만, 근래에는 과도한 야간조명 및 제어되지 못한 배광과 설치로 인해 천체관측의 장애, 생태계의 이상 현상, 인간의 숙면과 사생활 침해, 에너지의 낭비 등 여러 가지 부작용이 생기게 되었다.

이러한 과도한 조명 또는 불필요한 조명에 의한 여러 피해를 광해(Light Pollution)라고 하는데, 이러한 광해를 줄이고자 각국에서는 그 나라의 실정에 맞는 법규나 조례를 제정하여 규제하고 있다. 또한 광해를 규제하기 위한 여러 가지 광해 계산법을 개발하여 적용하고 있다. 우리나라는 경제발전과 더불어 야간조명이 증가하고 있으며 광해에 대한 관심도 높아져서 근래 광해의 규제를 법으로 정하거나 자치단체의 조례로 하려는 시도가 있다.

광해는 이미 시설된 조명설비에 대하여 그 정도를 측정하는 것이 매우 어렵고, 설계단계에서부터 적절한 조명기구를 선정하고 배치할 수 있도록 하여야 하며, 이 때문에 광해를 규제하기 위해서는 설계단계에서 이를 적절히 계산할 수 있는 수단을 반드시 마련하여야 한다.

본 기술해설에서는 광해 규제에 대한 법규 및 규제방안의 국제적 추이를 조사 비교함으로써 광해에 대

한 인식을 새롭게 하고 국내에 알맞은 광해규제법 및 광해 계산법을 알아보는 계기가 되고자 한다.

2. 광해의 이론적 고찰

2.1 광해의 개념

광해는 천문학에서 처음으로 밤하늘의 오염도를 측정하는 지표로 사용하기 시작하였지만, 조명공학에서는 옥외조명으로부터 조명대상 범위 밖으로 새어 나오는 빛(Spill light)에 의해 장애를 받고 있는 상황 또는 이에 따른 악영향을 의미하며, 좁은 의미로는 장해광에 의한 악영향을 의미한다. 이러한 광해는 산란광(Sky glow), 침입광(Light Trespass), 글레어(Glare)로 나눌 수 있다[1-2].

2.2 광해의 영향과 대책

광해가 미치는 영향은 천체관측의 방해, 운전자의 글레어 유발, 숙면방해, 동식물의 이상 현상 등 여러 가지가 거론되고 있다. 이러한 광해를 줄이기 위해서는 산란광, 침입광, 글레어를 규제할 수 있어야 하고 정확한 광해의 계산과 평가에 의한 기능적인 조명기구의 개발과 효율적인 광해 규제법 제정 등을 들 수 있다. 따라서 국제조명위원회와 각국에서는 이에 대한 대책으로 정확한 광해값을 계산 하는 방법과 규제

방안을 연구하여 제시하고 있다[3].

표 1. 광해의 lighting zones와 규제사항

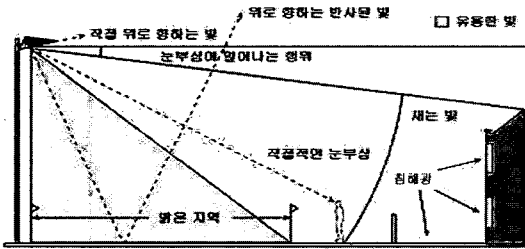


그림 1. 광해의 개념도

국 가	lighting zone	규 제 사 항
미 국	4단계 (조명환경에 따른 분류)	조도, 휘도, 전등갯, 점등시간, 광원의 종류.(각주마다 규제사항이 다름)
영 국	5단계 (조명목적에 따른 분류)	조도, 휘도, 전등갯, 점등시간, 광원의 종류(포괄적 규정)
일 본	4단계 (조명환경에 따른 분류)	조도, 휘도, 전등갯, 점등시간, 광원의 종류.
이탈 리아	사용 안함	조도, 휘도, 광원의 종류, 전등갯 (포괄적 규정)
호 주	3단계 (조명환경에 따른 분류)	조도, 휘도, 전등갯, 점등시간, 광원의 종류.

3. 각국의 광해에 대한 법규 및 규제 방안 비교

3.1 각국의 광해 방지목적과, 규제사항에 따른 분류

나라별로 광해 방지의 목적이 다르고 광해를 관리하는 주체도 다르며 관리체계도 다르다. 광해를 효율적으로 관리하기 위해 대부분의 나라에서는 Lighting zone 구분을 도입하여 각 지역별로 광해에 대한 규제 사항을 정하여 관리하고 있다. 그 밖에 전등갯 씌우기, 점등시간 제한, 광원의 종류 제한 등의 방법으로 규제하고 있으나, 영국과 이탈리아 경우는 구체적이기

보다는 비교적 포괄적으로 규제하고 있다. lighting zone 및 규제사항에 따른 분류와, 각국의 광해 방지의 목적 및 규제법을 보면 표 1, 2와 같다[1].

3.2 국내의 광해 관리 실태

국내의 조명 규제를 살펴보면, KS C-7611에서 조명기구에 관련된 규정, KS A-3701 도로조명기준

표 2. 각국의 광해 방지 목적 및 규제법

국 가	목 적	규 제 제
미 국	암천(暗天)보호 및 에너지 효율 향상(각 주마다 다름)	건물 에너지 낭비를 규제. 캘리포니아에너지위원회 2004 "CALIFORNIA OUTDOOR LIGHTING STANDARDS"(각주마다 다름)
영 국	글레어, 침입광 방지	광해로 인한 쾌적한 환경을 해치는 위법사항규정. 'The Clean Neighborhoods and Environment Act 2005'
일 본	동식물 보호, 글레어, 침입광 방지, 암천보호	대기 공해의 일부로 규제. 1998년 환경청에 의한 중앙정부차원에서 '광해 대책 가이드라인'
이탈리아	글레어, 침입광 방지, 암천보호	광해 방지법을 제정 관리함. 2000년 'Lombardy Law'
호 주	글레어, 침입광 방지, 암천보호	지역에 맞는 조명기준으로 규제. 1993년 "옥외조명의 장해광의 관리에 관한 기준(The obtrusive effects of outdoor lighting)"

에서 노면의 밝기에 대한 최소한의 휘도기준, 글레어의 기준 등이 제시되어 있기는 하지만 광해 방지에 대한 구체적인 규제는 거의 없다고 할 수 있다. 또한 공해로서의 광해에 대한 인식이 부족하고, 옥외조명에 대한 관리 주체도 목적에 따라 여러 분야로 나뉘어져 있어서 광해에 대한 관리가 체계적으로 이루어지고 있지 못하다[4].

4. 광해의 국제적 기준

4.1 국제조명위원회(CIE)의 광해 기준

국제조명위원회(CIE)의 환경 분류는 Lighting zone을 나누는 기준으로 많이 이용되고 있고, 국제 검은밤하늘협회(IDA)에서 제안하는 'Lighting zone'에서는 E1보다 엄격하게 E1A를 추가로 규정하여 관리하고 있다.

표 3은 CIE의 Lighting zone을 나타낸 표이다.

표 3. Lighting zones(CIE)

구역	주변환경	조명 환경	적 용
E1	자연	어두운 지역	국립공원이나 보호구역
E2	농어촌	낮은 휘도 분포 지역	농어촌지역이나 전원주택지역
E3	교외	중간정도의 휘도 분포 지역	교외 공업지역이나 주거 지역
E4	도시	높은 휘도 분포 지역	도심과 상업 지역

4.2 조명공학학회(ILE)의 광해 기준

조명공학학회(ILE)에서는 광해의 감소를 위해 환경지역을 국제조명위원회(CIE)와 동일하게 분류하였고, 상향조명을 피하기 위해 건물표면휘도를 제한하여 보행자의 시야에 자극을 주지 않도록 설계하고, 방사 각도를 제한하여 글레어를 최소화 하도록 제시

하고 있다. 아래 표에 광해의 규제를 위한 한계치를 지역별로 제시하고 있다.

표 4. 옥외조명 설치 시 광해의 권장값

지역	산란광 ULR (MAX%)	침입광, 조도(lx)	
		소등 전	소등 후
E1	0	2	1
E2	2.5	5	1
E3	5.0	10	2
E4	15.0	25	5

지역	광원의 광도[kcd]		소등 전 건물의 휘도(cd/m ²)	
	소등 전	소등 후	평균	최대
E1	2.5	0	0	0
E2	7.5	0.5	5	10
E3	10	1.0	10	60
E4	25	1.5	25	150

4.3 북미조명학회(IESNA)의 광해 기준

북미조명학회에서는 광해를 감소시키기 위한 규제 사항으로 점등시간 제한, 전등갓 씌우기, 상향조명을 제한하는 조명 설계를 제시하고 있다. 광해를 방지하기 위한방법으로 IESNA-RP-33-99에서 조명기구 컷오프 분류(Cutoff Classification)를 사용하여 조명기구를 Lighting Zone에 따라 지역별로 제한하여 사용할 것을 제안했으며, 이후 IESNA TM-15-07에서 조명기구 분류 시스템(Luminaire Classification System, LCS)을 개발하여 좀 더 체계적으로 조명기구 등급을 나누어 광해 방지를 위한 조명 설계에 이용하고 있다.

4.3.1 Cutoff Classification(IESNA 2000)

컷 오프 분류는 Full cutoff, Cutoff, Semi-cutoff, Non-cutoff 의 네 단계로 옥외 조명기구를 분류하는 방법으로 아래 그림 2와 같다[8].

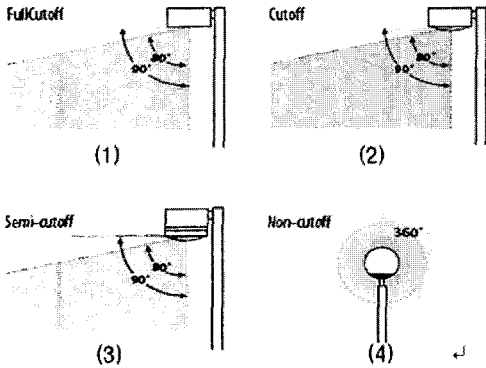


그림 2. 북미조명학회(IESNA)의 Cutoff Classification에 의한 옥외조명기구 분류

표 5. Cutoff Classification

종류	(1) Full cutoff	(2) Cutoff	(3) Semi-cutoff	(4) Non-cutoff
영역				
수직각 80[°]	100	100	200	제한 없음
수직각 90[°]	0	25	50	제한 없음

각 값들은 광원의 총 광속 중 1,000(lm)당 광도값(cd)으로 계산

4.3.2 조명기구 분류 시스템

조명기구 분류 시스템(LCS)은 북미조명학회(IESNA TM-15-07)에서 제시하는 새로운 조명기구 분류 시스템으로, 후사광(Backlight), 상향광(Uplight), 글레어(Glare) 평가등급을 이용하여, 조명기구의 침해광, 산란광, 글레어 제어와 관계된 광학적 성능 평가에 사용하는 것이다. 이 평가등급을 간단히 BUG라고 하며, 이 계산에 따라 조명기구의 등급을 정하여 지역별로 사용을 제한하고 있다[9].

그림 3의 (a)에서 보여주는 각 등급과 광해 규제사항의 관계를 살펴보면, 후사광 등급(Backlight Ratings)은 침입광, 상향광 등급(Uplight Ratings)은 산란광, 글레어 등급(Glare Ratings)은 불쾌글레어의 규제를 위한 등급이다. 또한 (b)는 BUG 등

급에 대한 세분화된 각도별 분류를 입체적으로 보여주고 있다.

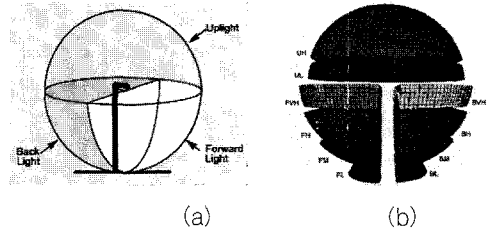


그림 3. 조명기구에서의 광속방사 분류

조명기구 분류 시스템(LCS)을 위한 계산식은 모든 램프 광속이 표면에 도달하지는 않는다는 조건하에 다음과 같다.

$$\begin{aligned}
 & \text{LCS의 조명기구 효율}[\%] \\
 & = [100 \times (\text{전향광} + \text{후사광} + \text{상향광})] \\
 & \quad / \text{초기 램프 총광속}
 \end{aligned}$$

예를 들어, 주어진 조명기구의 각 영역별 광속의 BUG등급에서 BH가 B1, BM이 B2, BL이 B1으로 평가된다면, 세 개의 등급 중에 높은 광속의 등급을 선택한다. 따라서 주어진 조명기구에 대한 후사광(Back light) 등급은 B2로 결정한다. 이 등급에 의해 결정된 조명기구는 지역별로 규제되어 사용함으로써 광해의 요소를 미리 예측하여 조명설계를 할 수 있다.

4.4 국제 검은 밤하늘 협회(IDA)의 광해 기준

국제 검은 밤하늘 협회의 옥외 조명설계 규정은 Lighting Zone에 적용하는 광해 방지의 방법을 제시하고 있으며, IESNA의 조명기구 평가 분류를 후사광 등급은 B0~B4까지, 상향광 등급은 U0~U4

까지, 글레어 등급은 G0~G4까지 나누어서 각 지역별로 규제하고 있다. 또한 다음과 같은 내용을 제시하고 있다[10].

- ① 기준조도보다 높은 과조명(overlighting)은 에너지 낭비와, 글레어를 유발하므로 피한다.
- ② 전등갓을 씌워 측면 또는 상향으로 광속이 발산되지 않도록 상향광을 피한다.
- ③ 점등시간을 조절하며, 조명의 양보다 질에 유의하여 조명설계를 한다.

5. 광해 계산법

5.1 국제조명위원회(CIE)의 광해 계산법

CIE-150-2003에서 제시하고 있는 광해의 계산에 대해 살펴보면, 침입광(trespass light)은 조도, 글레어(Glare)는 광도와 임계치증분(TI), 산란광(sky glow)은 상향광비(upward light ratio: ULR) 값을 조건에 맞게 계산하고 각 지역별로 한계치를 정하여 제한하고 있다[6].

첫째, 침입광(trespass light) 규제는 지역조건에 알맞은 grid에 대한 조도를 계산하고, 규정된 연직면 조도의 최대치에 의해 규제하고 있다.

표 6. 소유지에 대한 연직면조도 최대치

파라미터	적용 조건	환경 구역			
		E1	E2	E3	E4
연직면조도 (E_v)	소등 전	2	5	10	25
단위 : lx	소등 후	0	1	2	5

둘째, 글레어의 규제는 조건에 따른 광도계산과 임계치증분의 계산에 의해 규제하고 있고 표 7과 같이 지역별 최대치와 비교하여 광해요소를 평가하고 관리한다.

표 7. 지정된 방향에서 조명기구의 방사 광도의 최대치

파라미터	적용 조건	환경 구역			
		E1	E2	E3	E4
광도(I)	소등 전	2,500	7,500	10,000	25,000
단위 : [cd]	소등 후	0	500	1,000	2,500

조명기구가 공공(도로)조명 용도이면 이 값은 최대 500[cd]일 수 있다. 잠시 동안 바라보는 방향에는 한계치를 적용하지 않는다.

도로분류는 CIE 115(1995)에 제시되며 운송시스템 이용자가 필수 정보를 볼 수 있는 능력감소에 따른 한계치가 적용된다. 위치, 그리고 이동경로의 보이는 방향에 대한 값이 제시되었다. 표 9에서 광막 휘도에 대한 한계치를 나타내었다.

표 8. 도로가 아닌 곳의 조명 설치물의 임계치 증분(TI)의 최대치

파라미터	도로 분류			
	도로조명 없음	M5	M4/M3	M2/M1
임계치 증분 (TI)	순응휘도 0.1[cd/m ²]에 근거하여 15[%]	순응휘도 1[cd/m ²]에 근거하여 15[%]	순응휘도 2[cd/m ²]에 근거하여 15[%]	순응휘도 5[cd/m ²]에 근거하여 15[%]

표 9. [표 8]의 TI 값에 해당하는 광막 휘도 최대치 (LV)

도로분류			
도로조명 없음	M5	M4/M3	M2/M1
0.04	0.23	0.4	0.84

셋째, 산란광에 대한 규제는 여러 가지 환경조건에 대한 사항들을 고려하여 다음의 식에 의해 상향광비를 계산한다.

$$ULR = ULOR/LOR$$

ULR(Upward Light Ratio)

- 상향 광비. 조명기구를 설치위치에 장착할 때 조명기구의 총 출력 되는 광속비에 대한 수평선 위로 방사되는 광속비의 비

ULOR(Upward Light Output Ratio)

- 상향 광속비. 조명기구에서 수평선 위로 방사되는 램프 광속의 램프광속에 대한 비

LOR(Light Output Ratio of the luminaire)

- 조명기구 광속비. 조명기구로부터 출력되는 총 램프 광속비(ULOR + DLOR)

계산된 상향광비(ULR)는 아래 표 10에서 지역별 한계치와 비교하여 산란광에 대해 관리하는 규제안을 제시하고 있다.

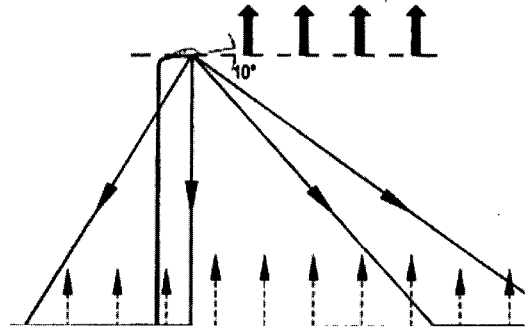
표 10. 산란광(sky glow) 제한을 위한 추천(CIE 126)

지역	ULR(%)	전문학적 활동들
E1	0	국제적 표준의 관측소
E2	0-5	대학원과 전문 연구들
E3	0-15	대학 연구들과 아마추어 관찰자들
E4	0-25	우연히 하늘 보기

국제조명위원회(CIE)의 상향광비(ULR)에 대한 다른 접근으로 UWLR(Upward Wasted Light Ratio, 상향 낭비광속비)의 개념에 대해서도 살펴볼 필요가 있다.

위의 예에서 제안하는 상향광속비(UWLR)의 값은 도로특성에 따라 상향반사광속, 조명기구, 램프에 의해 조명기구광속비(LOR)와 상향광속비(ULOR)의 값이 달라질 수 있으므로 상향광속비(UWLR) 또한 달라질 수 있고, 정확한 상향광속비(UWLR)를 구하는 것이 매우 어렵기 때문에 이것에 따라 정확한 지역별 규제가 이루어지기 힘들고 좀 더 합리적이고 정

확하고 편리한 계산방법의 개발이 필요하다고 제시하고 있다[11].



공간: variable, 높이: 8(m),
램프: 튜브형 HPS, 도색한 HPS
조명기구: 7개의 기능적 조명기구
3개의 장식적 조명기구
↑: 조명기구의 직접광속
↑: 조명기구의 반사광속
↑↑: 하늘로 향하는 총 광속

그림 4. 빛의 상향 방사

5.2 기타 광해 계산법

5.2.1 UUD(Unit Uplight Density)의 계산

David M. Keith에 의해 제시된 상향광밀도(Unit Uplight Density: UUD)의 값으로 컷오프 분류를 새로운 각도로 생각한 것이다. 계산식은 다음과 같다.

$$UUD = \text{조명기구들에 의한 총 상향광속} / \text{조명기구 설치 도로의 면적}$$

UUD는 도로 면적으로 나눈 총 상향광속과 같다. UUD 값들은 도로의 단위 [m²]당 상향 광속이고, 조명기구, 조명시스템, 그리고 도로의 특성들을 고려한 단위 상향광 밀도이다[12].

5.2.2 Walker's law

Walker's law는 도시 근처 관측 장소에 대한 산란광의 수준을 평가하기 위해 Merle Walker에 의해 개발된 수학적 식이다[13]

$$I = C \cdot P \cdot d^{-2.5}$$

I : 광원으로부터 해발 45[°] 아래에서 측정된 밤하늘 밝기

P(Population): 도시의 인구

d: 관찰하는 곳으로부터 도시중심으로의 거리((km))

C: 거주자 당 광속과 지면의 반사율과 같은 요인들에 의해 좌우되는 상수

5.2.3 LPI(light pollution index)

LPI는 산란광의 지표로서 사용되는데, 조명기구의 유용한 빛의 광속에 대한 광해요소의 빛의 광속의 비로 구해지는 값이다.

$$LPI = \frac{\text{The lumen value on each virtual plane(pollutant lumens)}}{\text{the lumen on the ground(usable lumen)}}$$

5.2.4 OSP(Outdoor Site-Lighting Performance)

미국의 LRC에서 개발된 OSP(Outdoor Site-

Lighting Performance)는 조명 설계자가 요구조건에 적합하도록 조명을 탄력적으로 공급함과 동시에, 영역을 벗어나는 빛을 제한하도록 돕기 위해 설계된 계산 방법이다. OSP는 유사한 장소에 대하여 조명 시스템의 성능 비교를 가능하게 하고, 대지를 벗어나는 빛을 예측하기 위해 옥외 조명설비 주변에 가상의 계산 "box"를 사용한다. 이것은 광해의 세 가지 요소인 산란광, 침해광, 글레어 각각의 요소들을 다른 요소들에 대해 독립적으로 정량화 할 수 있는 방법이다 [15].

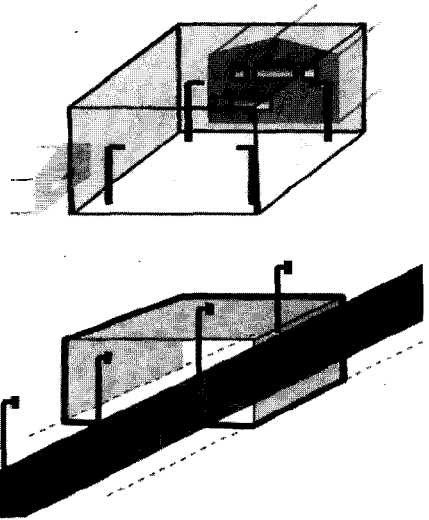


그림 5. 옥외조명 설치물의 계산된 주변 'box'

표 11. 광해방지 목적, 저감 대책 및 규제방안

목 적	저 감 대 책	규 제 방 안
<ul style="list-style-type: none"> • 천체 관측 용이 • 생태계 이상 현상 방지 • 에너지 절약 • 거주자 생활보호 및 숙면 • 운전자 글레어 방지 • 보행자 글레어 방지 	<ul style="list-style-type: none"> • 알맞은 zoning system 도입 • 알맞은 조도, 휘도 규제 • 알맞은 조명기구 설계 • 전등갓 씌우기 • 조명환경에 알맞은 점등 시간 규제 • 광원의 종류 규제 • 광해를 수치로 미리 계산하고 광해 없는 조명 설계 	<ul style="list-style-type: none"> • 우리나라 실정에 맞는 광해방지법 제정 • 전문기관을 통해 광해를 체계적으로 관리

6. 결 론

야간조명은 없어서는 안 될 중요한 요소이지만 근래에는 과도한 야간 조명으로 인해 여러 가지 영향을 미치고 있다. 따라서 이러한 광해를 규제하여 좀 더 쾌적한 조명환경을 만들고 낭비되는 빛을 제어함으로써 에너지 절약과 환경오염을 줄이는 것이 필요하다.

광해 규제의 중요성을 인식하고 있는 해외 각국과 국제 조명 단체에서는 Lighting zones의 채택, LCS에 의한 규제 등 여러 가지 광해 규제 방법을 이용하고 있고, 법적인 규제도 마련하고 있다. 그리고 지속적으로 이에 대한 보완 및 개선의 노력이 계속되고 있다.

최근에 국내에서도 개정된 도로조명기준이나 조명기구 관련 표준에서 부분적으로 광해에 대한 기준을 언급하고 있으나 부족한 실정이다. 광해 규제가 조명설비에서 중요하게 고려되어야 하는 요소임에도 불구하고 조명설계시 또는 조명설비에 대한 평가시 광해에 대한 고려가 없으며, 전혀 법적 규제나 기준이 마련되어 있지 않다.

각국의 광해 관련 규제 사항 및 국제적 기준과 계산법에 대하여 비교 검토하여, 이것을 기초로 국내 실정에 맞는 광해 규제 요소들을 표 11에 제시하였다.

또한 향후 국내에서도 옥외조명기구에 대한 모든 광해요소의 값을 정확하고 쉽게 계산할 수 있는 방법이 연구되어야 하고, 이것을 이용하여 국내의 조명설비 및 조명기구 실태에 대한 정확한 분석이 있어야 한다. 그리고 이를 고려한 조명설계 및 평가가 이루어져야 하겠다.

참 고 문 헌

- [1] 안내영 외 2인, "야간도시조명 관리 방안에 대한 연구", 한국도시행정학회 도시행정학회 제 21집 제1호, p203, 2008.
- [2] 전민지, "부산지역의 주요 가로변 광공해 실태조사연구", 부경대 석사학위논문, 2007.
- [3] 김정태, "빛공해의 원인과 대책", 설비저널, V.33, no.1, p40,

- 2004.
- [4] KS A 3701 : 도로 조명 기준.
- [5] CIE 126 : Guidelines for minimizing sky glow.
- [6] CIE 150 : Guide on the Limitation of the Effects of Obtrusive Light from Outdoor Lighting Installations.
- [7] Guidance Notes for the Reduction of Light Pollution, ILE, 2000.
- [8] IESNA RP-33-99 : Lighting for Exterior Environments. Ratings, 2005, p17~18.
- [9] IESNA TM-15-07 : Backlight, Uplight, and Glare (BUG).
- [10] IDA : Outdoor Lighting Code Handbook, 2000.
- [11] IAU Symposium, "Light pollution : How High-Performance Luminaires Can Reduce It", Vol. 196, p49~59, 2001.
- [12] David M. Keith, "Technical Summary of Research Unit Power Density & Unit Uplight Density".
- [13] Narisada, Schreuder, LIGHT POLLUTION HANDBOOK, p115~149, 2004.
- [14] Michele McColgan, "The Up and Down of Outdoor Lighting".
- [15] Lighting Res. Technol : Outdoor site-lighting performance : A comprehensive and quantitative framework for assessing light pollution, V.40, p201~224, 2008.
- [16] CALIFORNIA OUTDOOR LIGHTING STANDARDS, 2004.
- [17] 日本 環境廳 : 光害對策ガイドライン, p27~46, 1998.
- [18] Pierantonio Cinzano, "Light Pollution and the situation of the night sky in Europe, in Italy and in Veneto", NOTR Astron Soc, V.353, p1107~1116, 2004.
- [19] IESNA 15-07 : Luminaire Classification System.

◇ 저 자 소 개 ◇



김 훈(金 燾)

1958년 8월 6일생. 1981년 서울대 공대 전기공학과 졸업. 1983년 2월 서울대 공대 전기공학과 졸업(석사). 1988년 서울대 공대 전기공학과 졸업(박사). 현재 강원대 공대 전기전자공학부 교수. 본 학회 부회장



조숙현(趙淑賢)

1962년 2월 12일생. 1984년 강원대학교 수학교육학과 졸업. 2007년 한국폴리텍Ⅲ대학 전기과 졸업. 2009년 강원대학교 전기전자공학과 대학원 졸업(석사).