

빛공해 규제에 대한 국제기준 분석

한종성 · 김 훈 (강원대학교 전기전자공학부)

1 서론

빛공해(Light Pollution)는 인공조명에 의해 발생된 과잉 또는 불필요한 빛에 의한 공해를 말한다. 현재 미국, 일본, 유럽을 비롯한 선진 각국과 국제적인 조명단체 등에서는 빛공해를 생태학적 위험성 및 에너지 낭비라는 사회적 문제로 제기되고 있는 새로운 관심 분야로 인식하고 있으며, 빛공해 방지를 위한 활발한 연구와 더불어 법규, 조례, 가이드라인, 기준 등의 규제방침을 제정하여 각 나라의 실정에 알맞게 다양한 형태로 운영하고 있다.

그러나 우리나라는 경제발전과 더불어 야간조명의 사용이 증가하고 있지만 아직 빛공해를 공해로 인식하지 못하고 이에 대한 구체적인 연구나 규제방법이 마련되어 있지 못한 실정이다. 따라서 빛공해 규제에 대한 기반이 부족한 우리나라의 경우 외국의 사례를 수집 및 연구하여 빠른 시일 내에 이에 대한 대응방안을 구축할 필요가 있다.

본 기술해설에서는 국제조명위원회(CIE), 북미조명학회(IESNA) 국제암천협회(IDA), 영국의 조명기술자협회(ILE), 일본 환경성 등의 국제적인 조명학회 및 관련단체에서 제시하는 빛공해 규제방법을 비교 분석하여, 빛공해 대책에 대한 국제기준의 추이를 살펴보고 빛공해에 대한 인식을 새롭게 하는 계기를 마련하고자 한다.

2. 빛공해 규제에 대한 국제기준

2.1 CIE 기준

국제조명위원회(CIE)에서는 2003년 옥외조명에 따른 장해광(Obtrusive Light)-산란광(Sky Glow), 광침해(Light Trespass), 글레어(Glare), 광혼란(Light Clutter), 과도조명(Over Illumination) -의 영향을 허용수준 이내로 제한하고, 초기 조명설계 단계에서 효과적으로 관리할 수 있도록 하는 「옥외조명설비에 의한 장해광의 영향을 제한하는 지침」을 발행하였다[1].

CIE에서는 각 규제 요소별 권장 규제치를 다음 사항을 고려하여 결정하였으며, 규제대상 장해광의 종류와 제한하는 조명기술요소는 표 1과 같다.

- ① 해당 지역의 조명 수준 - 조명환경 구역으로 구분
- ② 조명의 작동 시간 - 소등 전후 여부
- ③ 조명기술 형태 - 글레어 제한, 디밍, 비대칭 조명기구 사용 등
- ④ 조명설비의 설계 및 평가 단계에서 용이하게 검증할 수 있는 기술데이터 - 계산식 및 SW 사용

표 1. CIE의 규제 장애광 및 조명기술요소

규제 장애광	조명기술요소 및 적용
① 주거 등에 미치는 침입광 제한	•조명환경 구역별 연직면 조도 •주거 지역 창의 표면 등에 적용
② 시야 내의 글래어 제한	•조명환경 구역별 조명기구의 광도 •잠시 바라보는 곳에는 비적용
③ 교통시스템에 대한 영향 제한	•도로등급별 임계치 증분(TI) •4단계 순응휘도에 따라 각 15[%] 적용
④ 대기 중의 산란광 제한	•조명기구의 상향광속률(ULR) •조명환경 구역별 천문활동에 따라 적용 •계산식 및 SW 사용
⑤ 건축물 등의 과도조명 제한	•조명환경 구역별 건물표면의 휘도 •조명환경 구역별 간판의 휘도 •간판에서 교통관리용 표식에는 비적용

2.1.1 조명구역(Lighting Zone)

CIE에서는 해당 조명지역의 밝기에 따라 조명환경 구역을 표 2와 같이 4개 구역(E1, E2, E3, E4)으로 구분하고 있다. 각 단체 또는 나라마다 조명환경의 구분에 따라 조명구역의 설정에 다소 차이가 있으나 IDA-IESNA, ILE, 일본환경성, 서울시, 독일, 스코틀랜드 등에서 이와 유사한 형태로 조명구역을 규정하고 있다.

표 2. CIE의 조명구역 분류

조명구역	주변환경	조명환경	적용 예
E1	자연	어두운 경관의 지역	국립공원, 자연보호구역
E2	농어촌	낮은 휘도분포 지역	농어촌 산업단지, 주거지역
E3	교외	중간정도의 휘도분포 지역	교외 산업단지, 주거지역
E4	도시	높은 휘도분포 지역	도심지, 상업지역

2.1.2 조명기술요소와 권장 규제치(상한치)

(1) 연직면 조도의 제한

옥외조명의 빛이 건물에 스며들어 거주자의 수면과 프라이버시에 영향을 미치는 광침해(Light Trespass)를 제한하는 것으로서, 영향을 받는 주거 건물 혹은 잠재적 주거 건물의 표면의 전부 또는 일부에 적용되며, 특히 창면의 경우 보다 구체적으로 적용된다. CIE에서는 표 3과 같이 광침해의 영향을 건물표면(창면)의 연직면 조도의 최대치로 규제하고 있으며, 연직면 조도 값은 모든 조명설비의 합에 의한 성분으로 산출한다.

표 3. 연직면 조도의 최대치

조명기술요소	적용조건 ⁽¹⁾	환경구역			
		E1	E2	E3	E4
연직면 조도 (Ev)	소등 전	2[lux]	5[lux]	10[lux]	25[lux]
	소등 후	0 ⁽²⁾ [lux]	1[lux]	2[lux]	5[lux]

※ 주 : (1) 통제당국이 별도로 명시하지 않는 한 소등시간은 23시~6시까지로 정한다.
(2) 조명기구가 공공(도로) 조명용인 경우, 이 값은 최대 1[lux]까지 허용된다.

(2) 조명기구 광도의 제한

표 4는 시야 내의 눈부심을 야기하는 조명기구 광도의 상한치를 나타낸 것이다. 조명기구의 밝은 표면이 지속적으로 거주자를 불편하게 하는 방향에 있는 경우에 적용하며, 순간적이거나 단기간만 보이는 위치에는 적용하지 않는다.

(3) 임계치 증분(Threshold Increment; TI)의 제한

아래의 표 5는 운송시스템 이용자(운전자 또는 보행자)에 미치는 영향을 TI로 규제한 것이다. 이 TI 제한치는 운송시스템 이용자의 필수 정보 지각 능력

이 감소되는 경우에 적용하며 이동경로 상 바라보는 방향에 대한 값이다.

표 4. 지정된 방향에서의 조명기구 광도의 최대치

조명기술 요소	적용조건	환경구역			
		E1	E2	E3	E4
조명기구의 광도 ⁽¹⁾	소등 전	2,500 [cd]	7,500 [cd]	10,000 [cd]	25,000 [cd]
	소등 후	0 ⁽¹⁾ [cd]	500 [cd]	1,000 [cd]	2,500 [cd]

※ 주 : (1) 조명기구가 공공(도로) 조명용인 경우, 이 값은 최대 500[cd]까지 허용된다.

표 5. 도로조명설비의 임계치 증분의 최대치

조명기술 요소	도로의 분류 ⁽¹⁾			
	비 도로조명	M5	M4/M3	M2/M1
임계치 증분 (TI)	0.1[cd/m ²]의 순응휘도를 기준으로 15(%)	1[cd/m ²]의 순응휘도를 기준으로 15(%)	2[cd/m ²]의 순응휘도를 기준으로 15(%)	5[cd/m ²]의 순응휘도를 기준으로 15(%)

※ 주 : (1) 도로의 분류는 CIE 115-1995를 따른다.

(4) 조명기구의 상향광속률(Upward Light Ratio; ULR)의 제한
조명기구에 방사되는 상향으로의 빛은 대기 중에

산란되어 밤하늘을 밝게 만들고 천문관측에 방해가 되는 산란광(Sky Glow)을 야기한다. CIE는 산란광의 영향을 표 6과 같이 조명기구의 ULR로 제한하고 있지만, 이 값으로는 산란광을 일으키는 수평선 바로 아래의 임계구역과 지표에서 상향으로 반사되는 빛을 규제하지는 못한다. 이에 대한 연구가 진행 중이며, 조명기구의 상향광출력률(ULOR)과 조명기구의 조명률과의 관계가 산란광 제한에 보다 양호한 기준이 될 수 있음을 시사하고 있다.

표 6. 조명기구 상향광속률(ULR)의 최대치

조명기술 요소	응용조건	환경구역			
		E1	E2	E3	E4
상향 광속률 ⁽¹⁾ (ULR)	조명기구의 총광속에 대한 조명기구 바로 위 수평면 광속의 비	0(%)	0~5 (%)	0~15 (%)	0~25 (%)

※ 주 : (1) CIE 126-1997 표 2에 따른 값이다(2).

(5) 건물표면 및 표지판의 휘도 제한

인공조명은 인간의 야간활동에 편리함과 안전함을 주는 역할을 해왔다. 근래에는 아름다운 환경을 만들기 위한 경관조명 등이 삶에 긍정적인 요소로 작용해 왔지만 부적절한 경관조명과 과도한 조명으로 인하여 도시미관을 해치고 에너지 낭비를 초래하는 등의 부정적인 측면도 많은 실정이다.

표 7. 평균 표면휘도의 최대 허용치

조명기술요소	적용 조건	환경 구역			
		E1	E2	E3	E4
건물표면 휘도 (L _b)	설계 평균조도와 π로 나눈 반사계수의 곱으로 구함.	0[cd/m ²]	5[cd/m ²]	10[cd/m ²]	25[cd/m ²]
표지판 휘도 (L _s)	설계 평균조도와 π로 나눈 반사계수의 곱으로 구하거나, 발광 광고판은 평균휘도로 구함.	50[cd/m ²]	400[cd/m ²]	800[cd/m ²]	1,000[cd/m ²]

※ 주 : (1) 이 값은 소등시간 이전 및 이후에 적용하며, 구역 E1에서 값이 소등시간 이후 0이 되어야 하는 경우는 예외로 한다.
(2) 표지판에 대한 값은 교통 통제 목적인 교통 표지판에는 적용하지 않는다.
(3) 주기적이거나 번쩍이는 혼합조명 표지판은 구역 E1 및 E2에서 사용하지 못하며, 모든 구역에서 거실의 창이 가까이 위치해서는 안된다.

특집 : 빛공해

CIE에서는 과도조명에 의한 영향을 고려하여 건물의 표면(Facade)과 표지판을 평균휘도로 제한하도록 권장하고 있으며, 표 7에 평균 표면휘도의 최대 허용치를 나타내었다.

2.2 IDA-IESNA 기준

국제암천협회(International Dark-Sky Association; IDA)는 1998년에 설립되어 75개국 12,000여명의 회원으로 구성된 단체로서 Dark-Sky 운동을 주도하고 있는 협회이다. 최근 IDA와 북미조명학회(Illuminating Engineering Society of North America; IESNA)는 공동으로 3년간에 걸쳐 시민주도로 옥외조명환경을 개선하기 위한 입법운동의 일환으로 빛공해를 방지하기 위한 표준규정의 개발, 제형을 추진하여 왔다.

IDA와 IESNA에서 공동 제안된 계획안은 2008년 알래스카주 앵커리지에서 시범 실시하였으며, IDA 홈페이지에서 온라인으로 여론수렴 과정을 마치고, 2010년 6월 22일 최종안인 「표준 조명 규정(Model Lighting Ordinance; MLO)」을 발행하였다(3). 공동 개발된 MLO의 주요 목적은 다음과 같다.

- ① 야간의 주요 활동(안전, 공익, 생산, 여가, 상업 등)에 대해서 과도한 조명의 사용을 억제하여 옥외조명을 합리적으로 사용
- ② 최대한의 에너지 절약과 재사용
- ③ 장애광에 의한 악영향의 최소화
- ④ 빛공해를 줄이고, 천문관측을 위한 야간 환경의 개선
- ⑤ 인공조명의 악영향으로부터 자연환경이 보호되도록 기여

2.2.1 조명구역(Lighting Zone)

IDA-IESNA에서 제안한 MLO에서는 각 지방자

치단체가 해당지역의 특성에 따라 옥외조명의 밝기를 제한하기 위하여 5단계의 조명구역을 설정하고 있다. 표 8은 MLO에서 제시하는 5단계 조명구역을 나타낸 것이다.

표 8. IDA-IESNA의 조명구역 분류

조명 구역	조명환경	지역구분
LZ0	주변에 조명이 없음	황무지, 공원, 자연보호지역, 미개발 농촌 지역, 야생보호지역(동식물이 자연환경이 심각한 악영향을 주는 지역, 조명이 완전히 없거나 약간만 있는 지역)
LZ1	낮은 밝기의 주변조명	농촌, 낮은 인구밀도의 주거지역(동식물에 악영향을 줄 가능성이 있는 지역, 거주민이 어두운 환경에 적응된 지역)
LZ2	중간 밝기의 주변조명	상업지역, 높은 인구밀도의 주거지역(거주민이 중간정도 밝기에 적응된 지역, 안전 및 편의조명이 필요한 곳에만 설치되는 지역)
LZ3	중간보다 밝은 주변조명	대도시의 상업지역(거주민이 중간보다 밝은 밝기에 적응된 지역, 안전 및 편의조명이 대부분 필요한 지역)
LZ4	높은 밝기의 주변조명	고밀도의 상업 또는 산업지역. (거주민이 높은 밝기에 적응된 지역, 안전 및 편의조명이 항상 필요한 지역)

2.2.2 비거주지 조명

MLO에서는 옥외조명의 규제 대상을 비거주지 조명, 거주지 조명, 가로조명 등으로 구분하여 적용하고 있으며, 비거주지 조명과 거주지 조명에 중점을 두고 있다. MLO의 비거주지 조명에서는 주로 BUG (Backlight-Uplight-Glare)라는 조명기구의 평가 등급을 도입하여 과잉 또는 불필요한 조명을 방지하는 방안을 제시하고 있다. MLO에서 제시하는 BUG 등급은 IESNA에서 제안한 조명기구 분류시스템(Luminaire Classification Systems; LCS)을 좀 더 체계적으로 발전시킨 것이다(4).

모든 비주택지 및 옥외 복합택지를 포함하는 비주거지 조명에서의 규제방법은 규범적인 방법(Prescriptive Method)과 실행적인 방법(Performance Method)으로 구분된다. 전자의 규범적인 방법은 간단한 조명기구 설계에 적용하며, LZ 조명구역별 전체 영역의 광속 제한(Total Site Lumen Limit)은 BUG 등급을 적용하는 방식을 사용한다. 후자의 실행적인 방법은 보다 복잡하고 다양한 영역을 포함하는 조명설계에 적용하며, LZ 조명구역 이외에도 옥외 조명 적용 지역을 세분화하여 전체 영역에 대한 광속 제한을 BUG 등급으로 행하는 것으로써, 조명 소프트웨어로 설계 및 분석할 것을 권고하고 있다.

(1) 규범적인 방법(Prescriptive Method)에 의한 광속의 제한

규범적인 방법은 조명전문가가 참여하지 않은 소규모의 옥외조명설비의 설계시 간단히 적용하는 방법으로써, 전체 영역에 대한 초기 광속을 제한하는 방식과 UGR 등급을 이용하여 영역 밖으로 새는 빛에 대한 제한(Limits of Off Site Impacts) 방식으로 구분된다. 표 9는 비거주지 옥외조명설비의 영역(Site)

당 초기 광속의 최대 허용치를 조명구역별로 나타낸 것이다. 표 9에서 보이는 바와 같이 전체 영역의 초기 광속을 제한하는 방법은 영역의 면적을 산출하는 방식에 따라 주차공간법(Parking Space Method)과 조경구역법(Hardscape Area Method)으로 구분되며, 두 가지 방법 중 한 가지를 선택하여 적용한다.

규범적인 방법에서 영역 밖으로 새는 빛에 대한 제한 수단으로는 조명기구의 BUG 등급을 이용한다. BUG 등급은 3가지 등급 즉, ① 후사광 등급(Backlight Ratings), ② 상향광 등급(Uplight Ratings), ③ 글레어 등급(Glare Ratings)으로 구분되며, 이들은 각각 후사광(침입광), 상향광(산란광), 전향광(글레어)의 규제를 목적으로 이용된다.

그림 1은 IES TM-15-07에 근거한 BUG 등급의 세 가지 성분을 나타낸 것이다. 침입광 규제를 목적으로 하는 B등급은 조명기구의 후사광 성분인 BL, BM, BH, BVH 구역(Zone) 내에 있는 빛의 양에 따라 결정되고, U등급은 조명기구의 상부 수평각 부근인 UL, FVH, BVH의 입체각 위에서부터 상향하는 빛의 양으로 정의한다. 또한 글레어 규제 등급인 G등급은 FH 및 FVH 구역의 전향광과 BH 및 BVH

표 9. 비거주지 옥외조명의 영역(Site) 당 초기 광속의 최대 허용치

조명구역	전체 초기 광속의 최대 허용치	
	주차공간법 ⁽¹⁾	조경구역법 ⁽²⁾
	(lms/space)	(lms/ft ²) of hardscape ⁽³⁾
LZ0	500	1.5
LZ1	700	2.5
LZ2	900	4.0
LZ3	1,200	8.0
LZ4	1,500	12.0

※ 주 : (1) 접근이 용이하지 않는 공간을 포함하여 10개의 주차공간까지 적용이 가능하다. 주차공간의 한 구획(Stall) 당 면적은 약 325[ft²](30[m²])이다.
 (2) 조경구역법은 모든 프로젝트에 사용이 가능하다. 차도와 가로 혹은 도로의 조명이 교차될 경우에는 교차점의 조명을 고려하여 각 교차점에 대해 총 600[ft²]의 면적을 실제 영역의 조경구역에 더해준다.
 (3) 조경구역(Hardscape)은 주차장, 차도, 현관, 연석(Curb), 진입로, 계단, 중앙분리대, 보도, 10[ft] 또는 그 이하의 폭을 갖는 비식생 조경지를 포함하는 영구적인 조경지역을 말한다.

구역의 후사광의 양으로 결정한다(3-4).

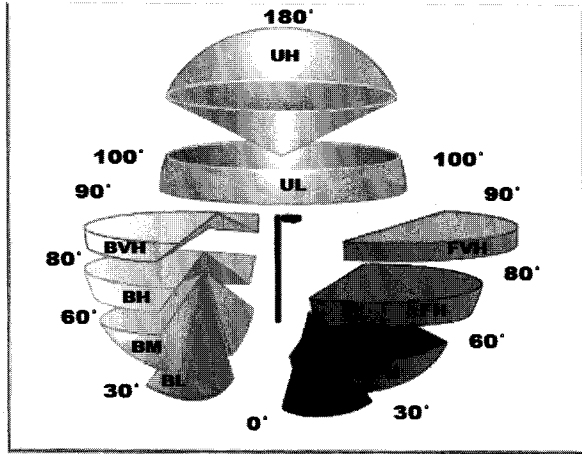


그림 1. 3가지 BUG 등급의 성분

나타낸 것이다. 표 10은 모든 프로젝트에서 사용이 가능하며, 조명기구의 설치 위치에 따라 적합한 BUG 등급의 조명기구를 선택하도록 되어 있다.

(2) 실행적인 방법(Performance Method)에 의한 광속의 제한

MOL에서 제시하는 실행적인 방법은 다양한 조명 요구사항을 갖는 조명 프로젝트 또는 조명설계에 융통성이 필요한 경우 또는, 조명기구의 빛이 위쪽 방향으로 향하게 될 필요가 있을 때 조명전문가가 직접 설계하도록 권장하고 있다. 표 11은 전체 영역에 대한 초기 광속의 허용치를 나타낸 것으로서, 모든 프로젝트에 사용할 수 있다. 그리고 표 12는 조명용 장소에 따라 첨부한 초기 광속의 제한치를 나타낸 것이다.

표 10은 조명구역별 BUG 등급의 최대 허용치를

표 10. BUG 등급의 최대 허용치

최대 허용 BUG 등급		조명구역				
		LZ0	LZ1	LZ2	LZ3	LZ4
Backlight 등급	대지 구획선 ⁽¹⁾ 으로부터 조명기구 설치 높이의 2배 이상인 경우	B1	B3	B4	B5	B5
	대지 구획선 및 구획선 방향으로부터 조명기구 설치 높이의 1~2배인 경우 ⁽²⁾	B1	B2	B3	B4	B4
	대지 구획선 및 구획선 방향으로부터 조명기구 설치 높이의 0.5~1배인 경우 ⁽²⁾	B0	B1	B2	B3	B3
	도로에 인접한 대지 구획선 및 구획선 방향에서 조명기구 설치 높이의 0.5배 이하인 경우 ⁽²⁾⁽³⁾	B0	B0	B1	B2	B3
Uplight 등급	허용되는 Uplight 등급	U0	U0	U1	U2	U3
Glare 등급	허용되는 Glare 등급 ⁽³⁾	G0	G1	G2	G3	G4
	대지 구획선으로부터 건물에 설치된 조명기구 설치 높이의 2배 이상인 경우 ⁽⁴⁾	G0	G1	G2	G3	G4
	대지 구획선으로부터 건물에 설치된 조명기구 설치 높이의 1~2배인 경우 ⁽⁴⁾	G0	G0	G1	G1	G2
	대지 구획선으로부터 건물에 설치된 조명기구 설치 높이의 0.5~1배인 경우 ⁽⁴⁾	G0	G0	G0	G1	G1
	대지 구획선으로부터 건물에 설치된 조명기구 설치 높이의 0.5배 이하인 경우 ⁽⁴⁾	G0	G0	G0	G0	G1

※ 주 : (1) 개인이 소유한 대지의 특정 넓이의 가장자리
 (2) 조명기구는 후사광이 대지 구획선을 향하도록 설치되어야 한다.
 (3) 공공의 보도, 자전거 도로, 쇼핑센터, 주차장 등에 인접한 대지 구획선은 실제 구획선 보다 5(ft)가 더 되도록 고려한다. 공공의 도로와 연결통로에 인접한 대지 구획선은 공공 도로 또는 연결 통로의 중심이 되도록 고려한다.
 (4) 건물에 설치된 조명기구는 허용 glare 등급에 부합되도록 대지 구획선으로 후사광을 향하게 설치하면 안 된다. 건물에 설치된 조명기구의 빛은 대지 구획선 방향에서 B등급을 넘지 않아야 한다.

표 11. 전체 영역(Site)에 대한 초기 광속의 허용치

조명구역	초기 광속의 허용치		
	영역 당 광속 ¹⁾ (lms/site)	조경구역의 square ft 당 광속 ²⁾ (lms/sq ft)	조경구역 경계선의 길이 ft 당 광속 ³⁾ (lms/line ft)
LZ0	0	1.0	10
LZ1	22,000	2.0	20
LZ2	33,000	3.0	30
LZ3	55,000	7.0	65
LZ4	80,000	10.0	100

표 12의 특별 사용 장소에 제시된 허용치 또는 해당 조명의 실제 조명 광속 중에서 작은 값을 선택함.

※ 주 : Performance Method로 전체 영역에 대한 광속 제한치를 구하는 방법
 1. 표 11의 (1)에서 전체 영역에 대한 초기 광속 허용량을 구한다.
 2. 표 11의 (2)에서 조경구역의 면적 당 초기 광속 허용량을 구한다.
 3. 표 11의 (3)에서 조경구역 경계선의 길이 당 초기 광속 허용량을 구한다.
 4. 표 12의 특정 사용 영역에 대한 초기 광속 허용량을 구한다.
 5. 위의 1, 2, 3, 4번 항목을 더하여 전체 영역에 대한 광속 제한치를 산출한다.

표 12. 실행적인 방법에 첨부한 초기 광속 허용치

조명용 장소	조 명 구 역				
	LZ0	LZ1	LZ2	LZ3	LZ4
건물의 출입구	750(lm)	2,000(lm)	4,000(lm)	6,000(lm)	8,500(lm)
노인요양시설, 경찰서, 병원, 소방서, 응급차량 대기소	750(lm)	2,000(lm)	4,000(lm)	6,000(lm)	8,500(lm)
건물 정면(Facade)	허용안됨	허용안됨	12(lm/ft ²)	25(lm/ft ²)	40(lm/ft ²)
옥외 판매점	허용안됨	10,000(lm/ft ²)	10,000(lm/ft ²)	15,000(lm/ft ²)	22,000(lm/ft ²)
옥외 판매점 정면	허용안됨	허용안됨	1,650(lm/ft)	2,850(lm/ft)	2,850(lm/ft)
경관장식조명	허용안됨	허용안됨	1.2(lm/ft ²)	2.4(lm/ft ²)	3.6(lm/ft ²)
자동차 전면 유리창	허용안됨	2,700(lm)	4,000(lm)	8,000(lm)	13,000(lm)
경비초소	허용안됨	10(lm/ft ²)	25(lm/ft ²)	50(lm/ft ²)	80(lm/ft ²)
옥외 식사	허용안됨	1(lm/ft ²)	10(lm/ft ²)	15(lm/ft ²)	25(lm/ft ²)
상가 주차장 및 보행자 지역의 특수 보안조명	허용안됨	0.2(lm/ft ²)	2(lm/ft ²)	3(lm/ft ²)	3(lm/ft ²)
자동차 휴게소의 조경지역	허용안됨	5(lm/ft ²)	10(lm/ft ²)	25(lm/ft ²)	40(lm/ft ²)
자동차 휴게소 차양	허용안됨	30(lm/ft ²)	60(lm/ft ²)	80(lm/ft ²)	80(lm/ft ²)
자동차 휴게소의 주유소	허용안됨	7,500(lm)	15,000(lm)	20,000(lm)	20,000(lm)
잡화판매소 차양	허용안됨	10(lm/ft ²)	40(lm/ft ²)	65(lm/ft ²)	65(lm/ft ²)
비판매소 차양	허용안됨	5(lm/ft ²)	13(lm/ft ²)	25(lm/ft ²)	25(lm/ft ²)

※ 주 : 특별한 언급이 없으면 모든 면적과 거리의 측정은 평면 시점에서 행한다.

표 13. 거주지 조명의 최대 허용 조명기구 광속

조명 응용	조명 구역				
	LZ0	LZ1	LZ2	LZ3	LZ4
하나의 입구(Entry)에서의 비차폐 조명기구 ⁽¹⁾ 에 대한 최대허용 조명기구 광속 ⁽²⁾	허용안됨	600[lm]	900[lm]	900[lm]	900[lm]
완전차폐 조명기구 ⁽³⁾ 에 대한 최대허용 조명기구 광속 ⁽²⁾	900	900[lm]	1,800[lm]	1,800[lm]	1,800[lm]
주요 입구(Main Entry) 외의 곳에서의 비차폐 조명기구에 대한 최대허용 조명기구 광속 ⁽²⁾	허용안됨	450[lm]	450[lm]	450[lm]	450[lm]
경관조명 ⁽⁴⁾ 에 대한 최대허용 조명기구 광속 ⁽²⁾	허용안됨	허용안됨	1,500[lm]	3,000[lm]	3,000[lm]
방향성 차폐 조명기구 ⁽⁵⁾ 의 투광조명에 대한 최대허용 조명기구 광속 ⁽²⁾	허용안됨	허용안됨	1,800[lm]	3,000[lm]	3,000[lm]

※ 주 : (1) 비차폐 조명기구(Unshielded Luminaire)는 아래쪽을 포함하여 어느 방향이라도 빛의 발산이 가능한 조명기구를 말한다.
 (2) 조명기구의 광속은 조명기구 내의 램프의 개수에 단일 램프의 초기 램프 광속을 곱한 량과 같다.
 (3) 완전차폐 조명기구(Fully Shielded Luminaire)는 아래쪽 반구에서만 빛의 방사가 가능하고, 상부와 측면은 불투명한 조명기구이다.
 (4) 경관조명(Landscape Lighting)은 옥외 건축물 및 자연적 특징들을 조명하기 위해 특별히 설계된 조명을 말한다.
 (5) 방향성 차폐 조명기구(Shielded Directional Luminaire)는 직하방향 이외의 방향으로도 빛의 조절이 가능한 장치를 갖춘 완전차폐 조명기구이다.

2.2.3 거주지 조명

MLO에서는 공동영역을 갖지 않는 복합택지를 포함하는 주택지의 거주자에게 숙면 방해나 프라이버시 침해가 되는 방해광을 제한하기 위해서, 표 13과 같이 주택지에 사용되는 조명기구의 형식과 경관조명에 대한 규정을 마련하였으며, 조명기구의 광속을 제한하는 방식을 취하고 있다.

MLO에서는 공동영역을 갖지 않는 복합택지를 포함하는 주택지의 거주지 조명에 대해서 별도의 예외 사항을 정해 놓고 있으나, 주택지에 사용되는 모든 옥외 조명기구는 완전 차폐되어야 하며, 표 13의 2열에서 허용하는 광출력을 초과하지 말 것을 일반 요구사항으로 규정하고 있다. 또한 거주지 경관조명은 표 13을 따라야 하며, 빛이 인접한 대지를 향하지 않을 것을 권고하고 있다.

2.2.4 가로조명(Street Lighting) 규정

MLO의 가로조명 규정은 매우 간략하며, 상향광만 제한하고 있다. 이 규정은 가로, 오솔길, 보도, 자전거 도로를 포함하는 곳에서의 가로조명에 의한 빛공해를 제어하는 것을 목적으로 하고 있으며, 특별한 경우를 제외하고 모든 가로조명은 90[°] 이상으로 빛이 발산되지 못하도록 하고 있다. 표 14는 장식용 가로조명에 한해서만 특별히 허용되는 상향광 제어 권장치를 나타낸 것이다.

표 14. 장식용 가로조명의 상향광 제어 권장치

조명구역	최대 상향광 등급
LZ0	U0
LZ1	U1
LZ2	U2
LZ3	U3
LZ4	U4

2.3 ILE의 기준

영국의 조명기술자협회(The Institution of Lighting Engineers: ILE)에서는 옥외조명에 의한 장애광의 영향을 감소시키기 위해 조명환경구역을 해당 조명지역의 밝기에 따라 CIE와 동일하게 분류하였다. 또한 표 15와 표 16에서 보이는 바와 같이 규제대상 장애광의 조명기술요소와 권장 규제치도 CIE와 동일하게 규정하고 있다[5].

표 15. 옥외조명설비에 의한 장애광의 제한치

환경 구역	상향광 ULR (Max %)	창문 유입 직입광 연직면 조도 (lux)		광원의 광도 (cd)		건물의 평균휘도 [(cd/m²)]
		소등 전	소등 후	소등 전	소등 후	
		소등 전				
E1	0	2	1	2,500	0	0
E2	2.5	5	1	7,500	500	5
E3	5.0	10	2	10,000	1,000	10
E4	15.0	25	5	25,000	2,500	25

표 16. 도로조명설비의 임계치 증분의 최대치

조명기술 요소	도로의 분류 ⁽¹⁾			
	비 도로조명	ME5	ME4/ME3	ME2/ME1
임계치 증분 (TI)	0.1(cd/m²)의 순응휘도를 기준으로	1(cd/m²)의 순응휘도를 기준으로	2(cd/m²)의 순응휘도를 기준으로	5(cd/m²)의 순응휘도를 기준으로
	15(%)	15(%)	15(%)	15(%)
	※ 주 : (1) 도로의 분류는 BS EN 13201-2:2003을 따른다.			

그리고 ILE에서는 옥외조명으로 인한 장애광의 감소를 위한 옥외조명 가이드라인을 설정하여 조명설계 시에 적용할 것을 권고하고 있다. 가이드라인의 내용을 살펴보면, 건물조명은 상향조명을 피하고 건물표

면 휘도를 제한하여 보행자의 시야에 자극을 주지 않도록 설계하고, 방사 각도를 제한하여 글레어를 최소화 하도록 제시하고 있다. 또한 대칭보다 비대칭의 기구를 사용하고, 현관조명에서는 수동 적외선 탐지기나 낮은 휘도의 광원을 사용하도록 권고하고 있다.

2.4 일본의 기준

2006년에 발행된 일본 환경성의 「빛공해 대책 가이드라인」에서는 표 17과 같이 지역 특성에 따른 조명환경의 유형을 4단계로 설정하고 있으며, CIE의 4단계 조명환경구역과 유사한 개념으로 구분하고 있다. 또한 환경 친화적인 양호한 빛환경을 조성하기 위해 조명률, 상향광속률(ULR), 연직면 조도, 에너지 절약성 등을 고려하여 옥외조명설비의 조명설계를 하도록 권장하고 있다. 표 18은 일본 환경성에서 제시한 빛공해 대책 가이드라인의 규제치를 나타낸 것이다[6].

표 17. 일본의 조명구역 분류

조명환경	조명환경의 Key-word	작용 지역
조명환경 I	'안전'의 조명환경	자연공원, 마을지역, 전원
조명환경 II	'안심'의 조명환경	마을지역, 부락, 교외형 주택지
조명환경 III	'평안'의 조명환경	도시부 주택지
조명환경 IV	'즐거움'의 조명환경	대도시 중심부, 번화가

표 18. 일본의 빛공해 대책 가이드라인

조명환경	조명기를 경제에서의 연직면 조도	허용조명기구	
		ULR	조명률
조명환경 I	2(lux)	0(%)	조명률이 높아지도록 기구를 설치한다.
조명환경 II	5(lux)	0~5(%)	
조명환경 III	10(lux)	0~15(%)	
조명환경 IV	25(lux)	0~20(%)	

3. 결 론

미국과 유럽을 비롯한 선진 각국에서는 일찍이 빛 공해를 심각한 사회적 문제로 인식하고 빛공해를 방지하기 위한 활발한 연구와 더불어 조례, 가이드라인, 기준 등의 규제방침을 마련하여 다양한 형태로 운영하고 있다. 우리나라도 근래에 빛공해에 대한 인식이 높아지고 대책을 호소하는 목소리가 점차 커져가고 있으나 마땅한 규제방안을 마련해 놓지 못하고 있는 실정이다.

특히 금년 6월 29일 “서울특별시 빛공해 방지 및 도시조명관리 조례안”이 통과되었으나 이를 뒷받침 할 빛공해 규제에 대한 국가표준(KS)이 없다보니 조례의 실효성과 합리성에 문제가 있으리라고 보여 진다. 하루빨리 실효적인 빛공해 규제방안을 연구하여 국제 수준에 부합되고 국내 실정에 맞는 빛공해 관련 기준을 마련하는 것이 시급한 국가차원의 과제라고 생각한다.

참 고 문 헌

- [1] CIE Pub. 150: 2003, Guide on the Limitation of the Effects of Obtrusive Light from Outdoor Lighting Installations, 2003.
- [2] CIE 126-1997, Guidelines for Minimizing Sky Glow, 1997.
- [3] Joint IDA-IESNA, Model Lighting Ordinance(MLO), June 22, 2010.
- [4] Robert L. Henderson, Luminaire Classification System (IESNA TM-15-07) and the IES/IDA MOLO, LC, CLP November 14, 2007.
- [5] ILE, Guidance Notes for the Reduction of Light Pollution, 2000.
- [6] 日本 環境省, 光害對策ガイドライン, 2006.

◇ 저 자 소 개 ◇



한종성(韓鍾聲)

1960년 6월 27일생. 1988년 강원대학교 전기공학과 졸업. 1993년 강원대학교 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2000년 강원대학교 대학원 전기공학과 졸업(박사). 1996년 3월~2004년 2월 세경대학 전기전자정보통신과 조교수. 2004년 3월~2006년 2월 강원대학교 전기전자정보통신공학부 BK21 계약교수(조교수). 현재 강원대학교 IT대학 전기전자공학부 초빙교수 및 (주)엘피스 연구소장.



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). 1993년 호주 국립대학 방문교수. 현재 강원대 IT대학 전기전자전공 교수. 본 학회 부회장.