

ORIGINAL ARTICLE

소규모 광고조명의 휘도 특성 및 관리기준 비교 분석

권현진* · 김경태

경상남도보건환경연구원 대기환경연구부

Comparative Analysis of Luminance Characteristics of Small-Scale Advertisement Lighting in Relation to Management Standards

Hyeonjin Kwon*, Kyeongtae Kim

Department of Atmospheric Environment Research, Gyeongsangnam-do Institute of Health and Environment, Jinju 52732, Korea

Abstract

This study investigated the luminance characteristics of small-scale advertisement lighting and its potential implications for light pollution. Field measurements were collected from 187 advertising light sources in Jinju City, South Korea, and the measured luminance levels were evaluated against applicable legal standards. The average luminance was 3,056 cd/m², showing a wide right-skewed distribution owing to several high-luminance cases. Approximately 69.5% of the samples exhibited luminance levels at or above the applicable lighting environment management standards, whereas 18.7% of them exhibited luminance levels at least three times the corresponding standards. Significant differences were observed among lighting types ($p < 0.001$), with externally illuminated advertisements exhibiting higher and more variable luminance levels than those of other lighting types. These findings suggest that small-scale advertisement lighting may exhibit relatively high luminance levels despite being outside the current regulatory control, indicating the need for management approaches that consider both luminance characteristics and lighting types.

Key words : Light pollution, Advertising lighting, Luminance, Lighting type, Lighting environment management zone

1. 서 론

산업화와 도시화의 진전에 따라 인공조명은 야간 안전 확보와 도시 기능 유지를 위한 필수 요소로 자리 잡았다. 그러나 과도하거나 부적절하게 사용된 인공조명은 빛공해(light pollution)를 유발하며, 이는 현대 도시환경에서 중요한 환경문제로 인식되고 있다(Falchi et al., 2016; Davies and Smyth, 2018). 선행연구에 따르면 빛공해는 인간의 생체 리듬을 교란하여 암 발생, 수면장애, 만성피로, 심혈관계 질환 발생 위험을 증가

시키고(Glickman et al., 2002; Kloog et al., 2008), 생태계 안정성에도 부정적인 영향을 미치는 것으로 보고된다(Chepesiuk, 2009). 이러한 문제에 대응하기 위해 우리나라는 2013년 「인공조명에 의한 빛공해 방지법」을 제정하여 국가 차원의 관리체계를 구축하였으며, 조명환경관리구역 지정과 빛방사허용기준 운영을 통해 인공조명을 체계적으로 관리하고 있다. 또한 「제3차 빛공해 방지 종합계획(2024~2028)」에서는 광고조명을 포함한 인공조명 관리 수단의 구체화를 추진하는 등 빛공해 관리를 위한 정책적 기반을 지속적으로 확대

Received 18 March, 2026; Revised 21 June, 2026;

Accepted 26 June, 2026

*Corresponding author : Hyeonjin Kwon, Gyeongsangnam-do Institute of Health and Environment, Jinju 52732, Korea
Phone : +82-55-254-2373
E-mail : khj0114@korea.kr

© The Korean Environmental Sciences Society. All rights reserved.
© This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

하고 있다(Joint Interagency Ministries, 2023). 아울러 지방자치단체 차원에서도 조명환경 관리를 위한 제도적 노력이 확대되고 있으며, 경상남도는 2021년 도내 8개 시를 조명환경관리구역으로 지정하는 등 지역 기반의 관리체계를 구축하였다.

그러나 이러한 제도적 노력에도 불구하고 빛공해 관련 민원은 지속적으로 발생하고 있으며(Lee et al., 2020) 이는 현행 법·제도의 적용 범위와 관리 방식에 대한 재검토 및 개선의 필요성을 시사한다. 특히 「인공조명에 의한 빛공해 방지법」에서 규정하는 광고조명 관리 대상은 「옥외광고물 등의 관리와 옥외광고산업 진흥에 관한 법률」에 따른 허가 대상에 한정되어 있어, 규모가 작고 분산된 형태로 설치되는 소규모 광고조명은 제도적 관리 범위에서 제외되는 구조적 한계를 가진다. 이로 인해 건축물 저층부에 설치되는 소규모 광고조명은 관리 사각지대에 놓여 있으며, 실제 조명환경에 영향을 미칠 수 있음에도 불구하고 이에 대한 정량적 분석은 부족한 실정이다. 특히 보행자 시선 높이에 설치된 소규모 광고조명은 강한 눈부심(glare)을 유발할 수 있으며(Boyce, 2014; Kent et al., 2019), 주거공간과 인접한 경우 침입광(light trespass)의 주요 원인이 될 수 있다(Jung et al., 2019). 또한 야간 환경에서 생체리듬 교란 및 수면 방해와 같은 건강 영향을 초래하는 것으로 보고되고 있어(Davies and Smyth, 2018), 소규모 광고조명에 대한 영향 평가와 관리 필요성이 제기된다(Jung, 2013).

기존 연구에서는 광고조명의 휘도 특성 및 빛공해 영향에 대해 일부 분석이 이루어졌으나, 주로 허가 대상 광고조명 또는 특정 광고유형을 중심으로 수행되어 현행 관리대상에서 제외된 소규모 광고조명에 대한 실증적 연구는 제한적으로 이루어졌다. 또한 조명환경관리구역별 관리기준과 실제 휘도 특성을 연계하여 검토한 연구 역시 충분히 이루어지지 않고 있다.

따라서 본 연구에서는 현행 관리체계의 사각지대에 놓여 있는 소규모 광고조명을 대상으로 현장 실측을 수행하여 휘도 수준과 분포 특성을 정량적으로 분석하고, 이를 조명환경관리구역별 법적 휘도 기준과 비교·평가하고자 한다. 또한 조명방식과 조명환경관리구역에 따른 휘도 특성의 차이를 통계적으로 검증하고, 기준 대비 휘도 배수(R)를 활용하여 상대적 휘도 수준을 함께 평가함으로써 소규모 광고조명의 휘도 특성과 조명환경에 미칠 가능성을 실증적으로 검토하고자 한다. 이를 통

해 현행 광고조명 관리체계의 적용 범위와 한계를 검토하고, 향후 소규모 광고조명 관리를 위한 정책적 개선 방향과 기초 자료를 제시하고자 한다.

2. 재료 및 방법

2.1. 연구 대상지

본 연구는 법적 관리 대상에 포함되지 않은 소규모 광고조명을 분석 대상으로 설정하고, 실제 도시 조명환경에서 이들이 밀집하여 설치·운영되는 지역을 중심으로 조사 대상지를 선정하였다. 이를 위해 경상남도 진주시를 연구 대상지로 선정하였으며, 인구 25,000명 이상 또는 상가 수 1,500개 이상으로 주거 및 상업 활동이 활발한 평거동, 가호동, 초장동, 충무공동, 상대동, 중앙동, 천전동, 하대동의 8개 행정동을 조사 지역으로 선정하였다. 이러한 기준은 소규모 광고조명이 상대적으로 밀집되어 설치될 가능성이 높은 지역을 포함하고, 다양한 광고조명 유형과 조명환경 특성을 함께 반영하기 위한 것이다. 조명환경관리구역의 공간적 분포와 조사 대상 행정동의 위치는 Fig. 1에 제시하였다.

본 연구에서 ‘소규모 광고조명’은 「옥외광고물 등의 관리와 옥외광고산업 진흥에 관한 법률」상 허가대상에 포함되지 않고, 건축물 저층부에 소규모 형태로 설치·운영되는 광고조명을 의미한다.

진주시는 「경상남도 조명환경관리구역 지정·고시(2021.12.1.)」에 따라 1종부터 4종까지의 조명환경관리구역으로 구분되어 있으며, 이 중 제3종(23.71km², 3.4%)과 제4종(8.81km², 1.2%) 관리구역은 상업·업무시설과 주거지역이 혼재된 공간으로, 단위 면적당 인공조명의 설치 밀도와 이용 강도가 높은 특성을 보인다(Cho et al., 2018). 본 연구에서는 이러한 공간적 특성을 고려하여 소규모 광고조명이 실제 조명환경에 미치는 영향을 분석하기에 적합한 제3종 및 제4종 관리구역을 중심으로 조사를 수행하였다.

이와 같은 조사 설계는 소규모 광고조명의 실제 설치 및 운영 특성을 반영하기 위한 현장 기반 접근으로, 관리 대상에서 제외된 소규모 광고조명이 도시 조명환경에 미치는 영향을 실증적으로 분석하기 위한 것이다. 조사 대상지인 8개 행정동별 인구 규모, 상가 수 및 측정 지점 수는 Table 1에 나타내었다.

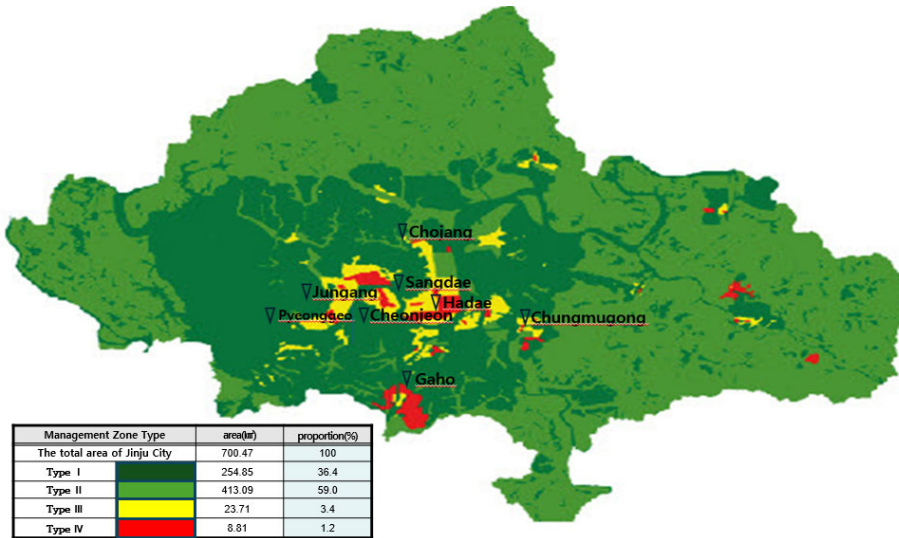


Fig. 1. Spatial distribution of lighting environment management zones and measurement locations in Jinju City (modified from Gyeongsangnam-do Notice No. 2021-594).

Table 1. Characteristics of surveyed administrative districts and sample distribution

Area	Population	Businesses	Samples
Pyeonggeo-dong	25,215	1,507	24
Gaho-dong	37,516	1,378	21
Chojang-dong	27,649	1,221	32
Chungmugong-dong	33,864	1,617	23
Sangdae-dong	18,445	1,624	25
Jungang-dong	10,015	1,963	21
Cheonjeon-dong	26,650	1,689	18
Hadae-dong	22,608	1,492	23

2.2. 측정 및 평가

광고조명의 휘도 측정은 「빛공해공정시험기준(ES 11302.1)」에서 제시하는 일반 광고조명 발광표면 휘도 측정방법에 따라 수행하였다. 측정 장비는 국가교정 업무전담기관에서 교정을 완료한 동영상 대면 휘도계(ACE Color System, HI-LAND, Japan)를 사용하였으며, 측정은 외부 광원의 영향을 최소화하기 위해 일몰 후 60분부터 일출 전 60분 사이의 시간대에 실시하였다.

본 연구의 대상인 소규모 광고조명은 현행 법령상 별도의 관리 기준이 제시되어 있지 않으므로, 휘도 수준과

분포 특성을 정량적으로 비교·분석하기 위해 「인공조명에 의한 빛공해 방지법 시행규칙」 별표 1에 제시된 빛방사 허용기준을 준용하여 평가를 수행하였고, 조명환경 관리구역 제3종과 제4종의 기준은 각각 800 cd/m^2 및 $1,000 \text{ cd/m}^2$ 이다. 따라서 본 연구에서 법적 기준을 준용한 것은 소규모 광고조명의 법적 위반 여부를 판단하기 위함이 아니라, 현행 관리체계가 상정하는 허용 수준과의 상대적 비교를 통해 소규모 광고조명이 조명환경에 미칠 수 있는 잠재적 영향을 정량적으로 평가하기 위한 것이다. 따라서 이하에서 사용되는 '기준 이상' 표현은 법적 위반이 아닌, 관리기준 대비 상대적 휘도 수준이 높음을 의미한다.

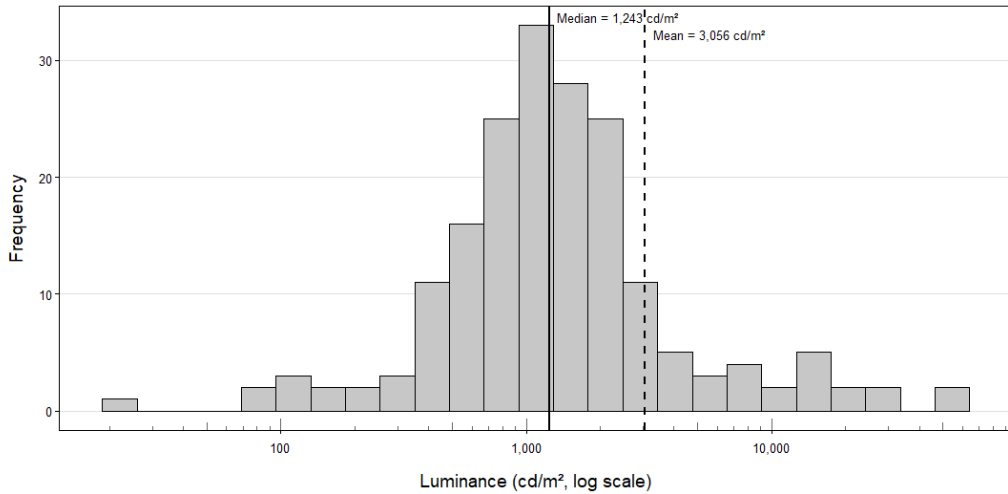


Fig. 2. Luminance distribution of small-scale advertising lighting.

2.3. 통계분석

본 연구에서는 소규모 광고조명의 휘도 특성이 조명 방식 및 조명환경관리구역에 따라 어떻게 달라지는지를 분석하기 위해 비모수 통계기법을 적용하였다. 조명환경관리구역은 제3종과 제4종으로 구분하였으며, 각 관리구역별 법적 휘도 기준(제3종 800 cd/m², 제4종 1,000 cd/m²)과 비교하여 분석하였다. 조명방식에 따른 휘도 수준의 차이는 Kruskal-Wallis 검정을 통해 분석하였으며, 유의한 차이가 확인된 경우 Bonferroni 보정을 적용한 Dunn 사후검정을 실시하여 집단 간 차이를 추가적으로 검증하였다. 또한 조명환경관리구역별 기준을 적용하여 기준 대비 휘도 수준의 구간별 분포 차이는 카이제곱 검정을 통해 검증하였다. 아울러 기준 대비 휘도 수준의 정도를 정량적으로 평가하기 위해 휘도 배수를 산정하여 분석에 활용하였으며, 이를 통해 휘도 수준의 상대적 크기와 분포 특성을 함께 파악하고자 하였다. 모든 통계분석은 R version 4.5.3 (R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria)와 RStudio version 2026.01.2 (Posit Software, PBC, Boston, MA, USA)를 이용하여 수행하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 소규모 광고조명의 휘도 분포 특성

본 연구에서 조사한 소규모 광고조명 187개의 전체 평균 휘도는 3,056 cd/m²이며, 중앙값은 1,243 cd/m²로 나타났다. 휘도분포의 전반적인 양상을 나타낸 Fig. 2에서 살펴보면, 조사 대상 광고조명의 휘도는 최소 22 cd/m²에서 최대 55,253 cd/m²까지 매우 넓은 범위에 걸쳐 분포하고 있는 것으로 나타났다. 대다수의 광고조명은 500~2,000 cd/m² 범위 내에 밀집되어 있었으나, 일부 고휘도 사례의 영향으로 분포 상한값이 크게 확장되는 우측으로 긴 꼬리(right-skewed) 형태의 분포 특성을 보였다.

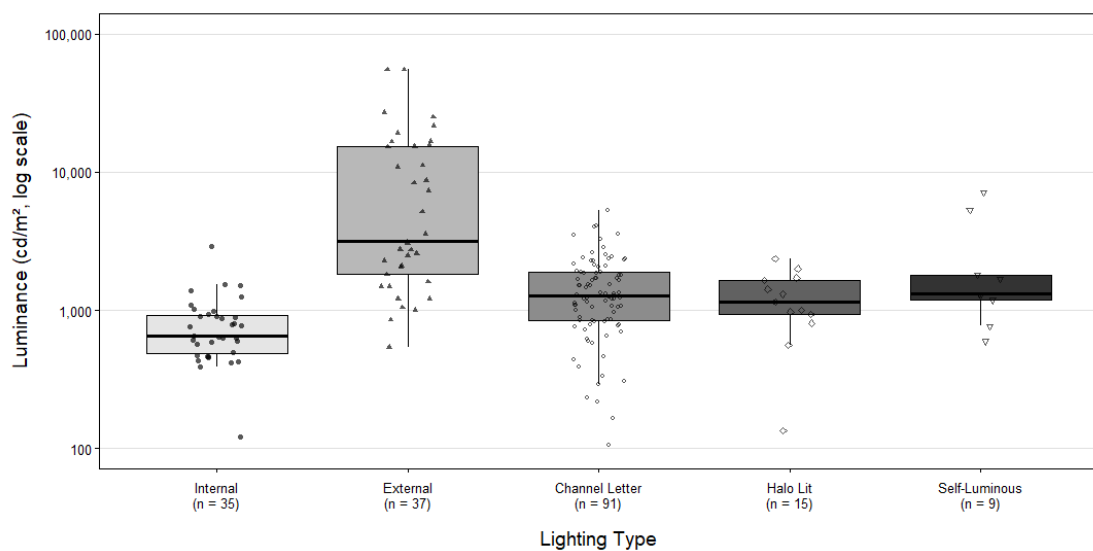
특히 밀집 구간의 상당 부분이 조명환경관리구역 제3종(800 cd/m²) 및 제4종(1,000 cd/m²)의 법적 기준 수준에 근접하거나 이를 상회하는 범위에 분포하는 경향이 확인되었다. 이는 관리대상에서 제외된 일부 소규모 광고조명에서도 높은 휘도 수준이 나타날 수 있음을 보여주며, 주변 조명환경에 영향을 미칠 가능성이 있음을 시사한다. 이러한 높은 휘도 분포와 높은 변동성은 조명방식 및 설치환경에 따른 특성 차이와 관련될 가능성이 있으므로, 조명방식 및 조명환경관리구역에 따른 휘도 특성을 분석하고 법적 기준과의 관계를 통해 그 특성을 보다 구체적으로 검토하였다.

3.2. 조명방식에 따른 휘도 특성

본 연구에서는 조명방식을 광원의 설치 위치와 발광 구조에 따라 외조형, 내조형, 채널레터형, 후광형 및 자

Table 2. Descriptive statistics of luminance by lighting type

Lighting type	n	Range (Min-Max, cd/m ²)	Mean (cd/m ²)	Median (cd/m ²)
Internal	35	121-2,896	809	657
External	37	510-55,253	10,108	3,146
Channel Letter	91	95-5,328	1,450	1,245
Halo Lit	15	22-2,373	1,076	999
Self-Luminous	9	596-7,108	2,337	1,307
Total	187	22-55,253	3,056	1,243

**Fig. 3.** Log-scaled distribution of luminance by lighting type.

채널광형으로 구분하였으며, 각 조명방식은 서로 다른 물리적 특성을 가진다.

소규모 광고조명 187개를 대상으로 조명방식별 분포를 분석한 결과, 채널레터형이 91개(48.7%)로 가장 높은 비율을 차지하였으며, 외조형 37개(19.8%), 내조형 35개(18.7%), 후광형 15개(8.0%) 및 자체발광형 9개(4.8%) 순으로 나타났다. 이는 최근 상업지역에서 가독성이 높은 채널레터형 광고조명이 보편적으로 활용되고 있는 경향을 반영한 결과로 해석된다(Kim and Kim, 2012; Yoo et al., 2018). 이러한 조명방식별 표본을 바탕으로 휘도 특성을 분석한 결과, Table 2와 같이 유형에 따라 휘도 수준과 분포 양상에서 뚜렷한 차이가 확인되었다.

외조형 광고조명은 평균 휘도가 10,108 cd/m²로 가

장 높게 나타났으며, 휘도 범위 또한 매우 넓게 분포하여 높은 변동성을 보였다. 특히 평균값(10,108 cd/m²)과 중앙값(3,146 cd/m²) 간 차이가 크게 나타나 일부 고휘도 사례가 전체 분포에 영향을 미친 것으로 해석된다. 반면 내조형 광고조명은 평균 809 cd/m², 중앙값 657 cd/m²로 상대적으로 낮고 안정적인 휘도 특성을 보였으며, 분포 범위 또한 비교적 좁게 나타났다. 채널레터형, 후광형 및 자체발광형 광고조명은 외조형과 내조형 사이의 중간수준의 분포 특성을 나타냈다.

Fig. 3은 조명방식별 휘도 분포를 로그 스케일로 시각화한 결과를 나타낸다. 외조형 광고조명은 다른 조명 방식에 비해 상한 범위가 크게 확장되어 있으며, 이상치(outlier)가 다수 분포하는 특성을 보였다. 반면 내조형 광고조명은 상대적으로 좁은 범위 내에서 분포하여 비

Table 3. Results of Dunn's post hoc test for pairwise comparisons of luminance among lighting types

Lighting type	Z statistic	Adjusted p-value	Significance
Internal - External	7.553	< 0.001	***
Internal - Channel Letter	3.792	0.001	**
Internal - Halo Lit	1.411	1.000	ns
Internal - Self-Luminous	-2.712	0.067	ns
External - Channel Letter	-5.264	< 0.001	***
External - Halo Lit	4.395	< 0.001	***
External - Self-Luminous	2.064	0.390	ns
Channel Letter - Halo Lit	1.144	1.000	ns
Channel Letter - Self-Luminous	-0.742	1.000	ns
Halo Lit - Self-Luminous	-1.371	1.000	ns

Significance levels: ns = not significant; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$

† Self-Luminous (n = 9) and Halo Lit (n = 15) had relatively small sample sizes, which may have limited statistical power for pairwise comparisons

교적 균일한 휘도 특성을 나타냈다. 채널레터형과 후광형 광고조명은 중간 수준의 분포 범위를 보였으며, 자체발광형 광고조명은 일부 고휘도 사례가 관찰되었으나, 표본 수가 상대적으로 적어 분포 특성을 일반화하기에는 제한이 있었다.

휘도는 우측 비대칭 분포를 보이고 일부 극단값이 존재하여 정규성 가정을 충족하지 않았으므로 비모수 검정을 적용하였다. 조명방식 간 휘도 분포 차이의 통계적 유의성을 검증하기 위해 Kruskal-Wallis 검정을 수행한 결과, 조명방식에 따른 휘도 분포 차이는 통계적으로 유의한 것으로 나타났다(Kruskal-Wallis test, $\chi^2 = 60.59$, $df = 4$, $p < 0.001$).

이에 따라 집단 간 차이를 구체적으로 확인하기 위해 Bonferroni 보정을 적용한 Dunn 사후검정을 수행하였으며 결과는 Table 3에 제시하였다. Dunn 사후검정 결과, 외조형 광고조명은 내조형, 채널레터형 및 후광형 광고조명과 비교하여 통계적으로 유의하게 높은 휘도 분포를 나타냈다(adjusted $p < 0.001$). 또한 채널레터형 광고조명은 내조형 광고조명보다 유의하게 높은 휘도 분포를 보였다(adjusted $p = 0.001$). 반면 내조형과 후광형, 자체발광형간 비교를 포함한 나머지 조명방식 간에는 통계적으로 유의한 차이가 확인되지 않았다(adjusted $p > 0.05$).

종합적으로 살펴보면 소규모 광고조명의 조명방식에 따라 휘도 수준과 분포 범위에 차이가 나타나며, 광고조명의 발광 구조 및 광원 노출 방식이 휘도 특성에

중요한 영향을 미치는 것으로 판단된다. 특히 외조형 광고조명은 광원이 외부에 직접 노출되거나 조사 방향 제어가 제한되는 구조적 특성으로 인해 높은 휘도와 변동이 나타난 것으로 해석된다(Kim and Kim, 2012). 이는 외조형 광고조명이 높은 눈부심 및 빛공해 발생 가능성을 가질 수 있다고 보고한 기존 연구(Shin et al., 2009, Ho et al., 2012; Ngarambe and Kim, 2018)와도 일관된 경향을 보인다. 반면 내조형 광고조명은 광원이 내부에 차폐된 구조적 특성으로 인해 상대적으로 안정적인 휘도 분포를 나타낸 것으로 해석된다.

3.3. 조명환경관리구역에 따른 휘도 특성

조명환경관리구역에 따른 휘도 특성을 비교하기 위하여 제3종 관리구역(n = 122)과 제4종 관리구역(n = 65)을 대상으로 분석을 수행하였다. 제3종 관리구역의 평균 휘도는 $2,778 \text{ cd/m}^2$ (중앙값 $1,307 \text{ cd/m}^2$, IQR $794\text{--}2,272 \text{ cd/m}^2$)이었으며, 제4종 관리구역의 평균 휘도는 $3,577 \text{ cd/m}^2$ (중앙값 $1,206 \text{ cd/m}^2$, IQR $768\text{--}1,842 \text{ cd/m}^2$)로 나타났다.

두 관리구역 모두 평균값이 중앙값보다 현저히 높게 나타나 일부 고휘도 사례가 평균에 영향을 미친 것으로 해석된다. Fig. 4는 조명환경관리구역별 휘도 분포를 나타낸다. 제3종과 제4종 관리구역의 중앙값과 사분위 범위(IQR)는 유사한 수준으로 나타났으며, 이는 대부분의 광고조명이 두 관리구역에서 유사한 휘도 범위 내에 분포하고 있음을 시사한다. 한편 제4종 관리구역에

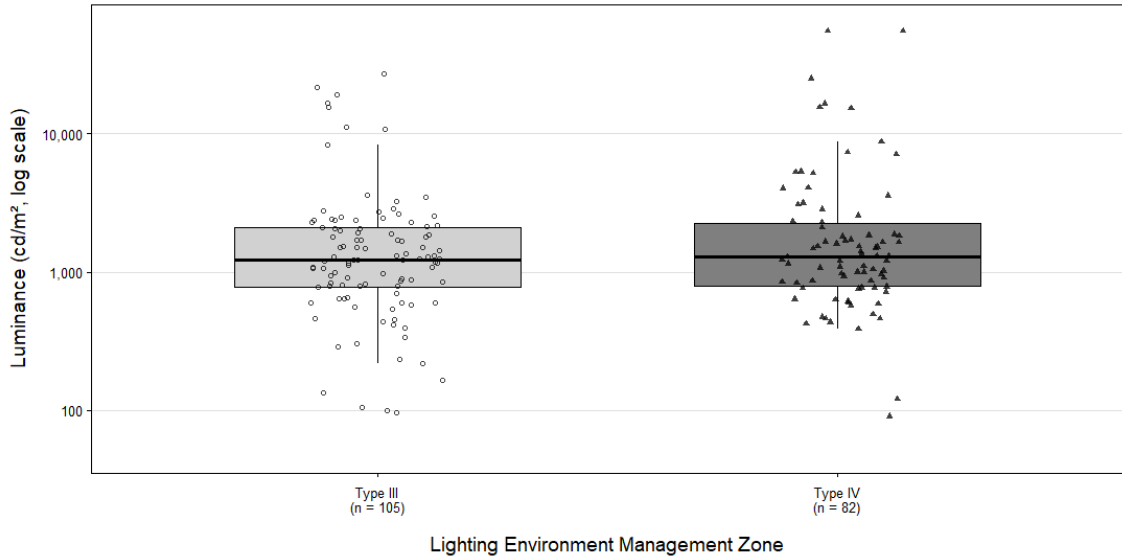


Fig. 4. Distribution of luminance according to lighting environment management zones (Type III, n = 122; Type IV, n = 65).

서는 일부 고휘도 사례에 의해 상한 범위(upper whisker)가 상대적으로 크게 확장되고 이상치(outlier)가 관찰되었으나, 전체적인 분포 형태와 밀집 구간은 제3종 관리구역과 유사한 경향을 보였다.

관리구역 간 휘도 차이의 통계적 유의성을 검증하기 위해 Mann-Whitney U 검정을 수행한 결과, 두 관리구역 간 휘도 차이는 통계적으로 유의하지 않은 것으로 나타났다($U = 4,173$, $p = 0.556$). 이는 본 연구 대상 지역에서는 조명환경관리구역에 따른 휘도 분포 차이가 뚜렷하게 나타나지 않았음을 의미한다. 실제 현장조사에서는 제3종 관리구역에 해당하는 일부 지역에서도 상업시설이 밀집하고 음식점, 판매시설 등이 집중되어 야간 영업과 보행 활동이 활발한 구간이 다수 확인되었다. 이들 지역은 광고조명의 설치 밀도와 휘도 수준이 제4종 관리구역과 유사한 특성을 나타내어, 관리구역 간 휘도 분포 차이를 감소시키는 요인으로 작용한 것으로 판단된다. 이는 실제 조명환경이 행정적으로 구분된 관리구역뿐만 아니라 토지이용 특성 및 야간 이용 행태의 영향을 함께 받을 수 있음을 시사한다. 이는 소규모 광고조명의 휘도 특성이 단순한 행정적 구역 구분뿐만 아니라 조명방식, 설치 조건, 주변 환경 및 야간 활동 특성 등의 복합적인 영향을 받을 가능성을 시사한다. 이러한

해석은 국제조명위원회(CIE)의 CIE 150:2017 가이드라인에서 제시하는 빗공해 관리 방향과도 맥락을 같이 한다. CIE 150:2017은 조명환경관리구역에 따른 기준과 함께 휘도(luminance), 빛 침입(light trespass), 조명기구의 특성 및 설치 조건 등을 종합적으로 고려한 빗공해 관리의 필요성을 제시하고 있다(CIE, 2017). 또한 기존 연구에서도 용도지역 중심의 조명환경관리구역 설정만으로는 실제 조명환경 특성을 충분히 반영하기 어려울 수 있음을 지적하였으며, 주변 환경 특성을 함께 고려한 관리기준의 필요성을 제안한 바 있다(Kim et al., 2011; Lee and Choi, 2020). 다만 본 연구는 특정 도시의 주거 및 상업지역을 중심으로 수행된 현장 조사에 기반한 결과이므로, 향후 다양한 지역과 조명환경을 포함한 추가 연구를 통해 관리구역 체계와 소규모 광고조명의 휘도 특성 간 관계를 보다 종합적으로 검토할 필요가 있다.

3.4. 기준 대비 휘도 특성 및 휘도 배수(R) 분석

본 절에서는 3.2에서 확인된 소규모 광고조명의 휘도 특성을 바탕으로, 측정된 휘도 수준과 현행 법적 기준 간의 관계를 검토하고자 한다. 이를 위해 조명환경관리구역 제3종(800 cd/m^2) 및 제4종($1,000 \text{ cd/m}^2$)의

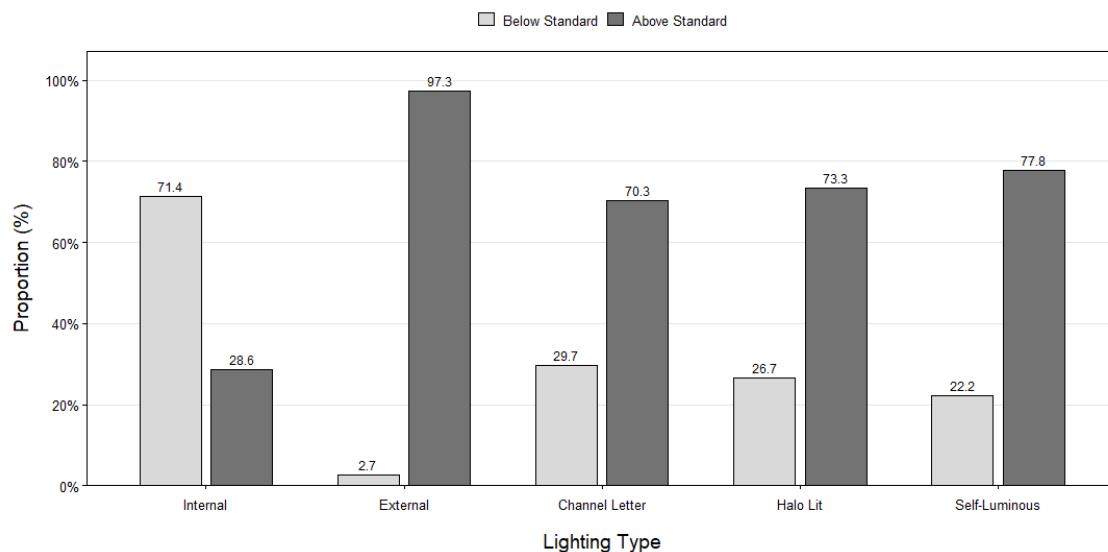


Fig. 5. Proportions of advertisement lighting above and below the applicable legal luminance standards by lighting type ($\chi^2 = 28.796$, $df = 4$, $p < 0.001$).

Table 4. Cross-tabulation of compliance with legal standards by lighting type

Lighting Type	Above standard n (%)	Below standard n (%)	Total n	Expected above	Expected below	Std. Residual (Above)
Internal	13 (37.1)	22 (62.9)	35	24.33	10.67	-4.615
External	35 (94.6)	2 (5.4)	37	25.72	11.28	3.700
Channel Letter	65 (71.4)	26 (28.6)	91	63.26	27.74	0.552
Halo Lit	10 (66.7)	5 (33.3)	15	10.43	4.57	-0.250
Self-Luminous	7 (77.8)	2 (22.2)	9	6.26	2.74	0.552
Total	130 (69.5)	57 (30.5)	187	-	-	-

Pearson's $\chi^2 = 28.796$, $df = 4$, $p < 0.001$

Expected values were calculated under the assumption of independence

기준을 적용하여 소규모 광고조명의 휘도 수준을 비교·분석하였다.

전체 소규모 광고조명 187개 중 130개(69.5%)가 해당 조명환경관리구역의 관리기준 이상의 휘도 수준을 나타냈다. 관리구역별로 살펴보면, 제3종 관리구역 표본($n = 122$) 중 91개(74.6%)가 관리기준(800 cd/m^2) 이상의 휘도를 나타냈으며, 제4종 관리구역 표본($n = 65$) 중 39개(60.0%)가 관리기준($1,000 \text{ cd/m}^2$) 이상의 휘도를 나타냈다.

Fig. 5는 조명방식별 전체 표본 대비 기준 이상 및 기준 이하 휘도 비율을 나타낸다. 조명방식별 전체 표본을

기준으로 살펴보면, 외조형 광고조명($n = 37$)은 35개(94.6%)가 관리기준 이상의 휘도를 나타내었고, 내조형 광고조명($n = 35$)은 22개(62.9%)가 관리기준 수준 이하로 나타났다. 채널레터형, 후광형 및 자체발광형 광고조명은 이들 사이의 중간수준의 분포 특성을 나타냈다.

조명방식별 관리기준 대비 휘도 분포의 차이를 검증하기 위해 카이제곱 검정을 수행한 결과, Table 4와 같이 조명방식과 관리기준 이상·미만 여부 사이에는 통계적으로 유의한 관련성이 확인되었다($\chi^2 = 28.796$, $df = 4$, $p < 0.001$).

특히 외조형 광고조명은 관리기준 이상 사례가 기대빈도보다 유의하게 많았으며(표준화 잔차 = 3.700), 내조형 광고조명은 관리기준 이상 사례가 기대빈도보다 유의하게 적은 것으로 나타났다(표준화 잔차 = -4.615). 반면 채널레터형, 후광형 및 자체발광형 광고조명은 기대빈도와 큰 차이를 보이지 않았다(|표준화 잔차| < 2). 이는 조명방식에 따라 관리기준에 대한 휘도 분포 특성이 상이함을 시사한다.

이러한 결과는 앞서 확인된 조명방식별 휘도 수준의 차이와도 일관된 경향을 보이며, 광고조명의 발광구조 및 광원 노출 방식이 휘도 특성뿐만 아니라 관리기준 대비 휘도 수준과도 밀접하게 관련될 가능성을 시사한다.

한편 기준 이상 수준으로 분류된 광고조명의 상대적 휘도 수준을 보다 정량적으로 평가하기 위해 측정 휘도를 해당 조명환경관리구역의 기준 휘도로 나눈 기준 대비 휘도 배수(R)를 추가적으로 분석하였다. 예를 들어 R=2는 해당 광고조명의 휘도가 관리기준의 2배 수준임을 의미한다. 전체 조사 대상 중 관리기준 이상의 휘도 수준을 보이는 소규모 광고조명은 69.5%에 해당하였다. 이 가운데 관리기준의 2배 이상($R \geq 2.0$)의 휘도 수준을 보인 광고조명은 전체 조사 대상의 34.2%였으며, 세부적으로는 $2.0 \leq R < 3.0$ 구간이 15.5%, $R \geq 3.0$ 의 고배수 구간이 18.7%로 나타났다. Table 5에 제시된 바와 같이 기준 대비 휘도 배수(R)는 다양한 구간에 분포하는 것으로 나타났다.

Table 5. Distribution of luminance ratio (R) relative to legal standards

Luminance ratio (R)	n (%)
$R < 1.0$	57 (30.5)
$1.0 \leq R < 2.0$	66 (35.3)
$2.0 \leq R < 3.0$	29 (15.5)
$R \geq 3.0$	35 (18.7)
Total	187 (100.0)

이는 소규모 광고조명 중 일부가 관리기준 이상의 휘도 수준을 넘어 기준 대비 현저히 높은 휘도 수준을 나타내고 있음을 의미한다. 이러한 결과는 서론에서 검토한 바와 같이 소규모 광고조명 역시 눈부심, 침입광 및 야간 생체리듬 교란과 같은 빛공해의 잠재적 발생원으로 작용할 수 있음을 시사한다. 다만 본 연구는 휘도 특

성과 관리기준 대비 휘도 수준을 중심으로 수행되었으므로 이러한 영향을 직접 정량 평가하지는 못하였다. 따라서 향후 연구에서는 광고조명의 실제 설치 환경과 이용자의 노출 조건을 고려하여, 시각적 쾌적성, 침입광 및 건강영향을 포함한 종합적인 영향 평가가 필요할 것으로 판단된다.

4. 결론

본 연구는 현행 「인공조명에 의한 빛공해 방지법」의 관리대상에 포함되지 않는 소규모 광고조명을 대상으로 실제 도시 조명환경에서의 휘도 특성을 분석하고, 조명환경관리구역별 관리기준과 비교·평가하였다. 분석 결과, 소규모 광고조명의 휘도는 $22 \sim 55,253 \text{ cd/m}^2$ 의 넓은 범위에 걸쳐 분포하였으며, 일부 고휘도 사례의 영향으로 우측 비대칭(right-skewed) 분포 특성을 나타냈다.

조명방식별 분석 결과에서는 휘도 수준과 관리기준 이상 비율에서 통계적으로 유의한 차이가 확인되었다($p < 0.001$). 외조형 광고조명은 높은 휘도 수준과 높은 관리기준 이상 비율을 나타낸 반면, 내조형 광고조명은 상대적으로 낮고 안정적인 휘도 특성을 보였다.

한편 조명환경관리구역에 따른 휘도 차이는 통계적으로 유의하지 않은 것으로 나타났다($p = 0.556$). 이는 소규모 광고조명의 휘도 특성이 조명환경관리구역의 구분만으로 설명되기 어려우며, 광고조명이 설치된 지역의 상업적 이용 정도, 야간 활동 수준 및 주변 공간환경 특성 등 다양한 요인의 영향을 받을 수 있음을 시사한다.

관리기준 대비 휘도 수준을 살펴보면 전체 조사대상의 69.5%가 해당 조명환경관리구역의 관리기준 이상 휘도 수준을 나타냈으며, 전체의 34.2%는 관리기준의 2배 이상, 전체의 18.7%는 관리기준의 3배 이상의 휘도 수준을 나타냈다. 현행 광고조명 관리체계는 일정 규모 이상의 광고조명을 중심으로 운영되고 있으나, 본 연구에서는 관리대상에서 제외된 소규모 광고조명에서도 관리기준 이상의 휘도 수준이 다수 확인되었으며, 일부 광고조명은 관리기준을 상당한 수준으로 상회하는 휘도 수준을 나타냈다. 이는 잠재적 빛공해 영향이 단순한 관리기준 이상 여부뿐만 아니라 기준 대비 휘도 수준의 정도에 의해서도 달라질 수 있음을 시사한다. 따라서 향후 광고조명 관리정책에서는 관리기준 이상 여부뿐 아

나라 기준 대비 휘도 수준을 함께 고려하는 관리방식의 도입이 필요하다. 또한 조명방식에 따라 휘도 특성과 관리기준 이상 비율이 상이하게 나타난 점을 고려할 때, 조명방식별 특성을 반영한 차등 관리기준 마련도 필요할 것으로 판단된다. 특히 현행 관리대상에 포함되지 않는 소규모 광고조명에 대해서는 권고기준 또는 자율관리기준을 우선 적용하고, 정기적인 휘도 모니터링을 통해 관리 필요성을 검토하는 단계적 접근이 바람직할 것으로 판단된다.

본 연구는 특정 도시의 상업지역을 중심으로 수행되어 공간적 범위에 한계가 있으며, 실제 빛공해 영향을 직접 평가하지 못하였다는 제한점을 가진다. 따라서 향후 연구에서는 광고조명의 휘도 수준, 설치 위치, 주변 토지이용 및 야간 노출시간 등을 고려하여 시각적 쾌적성, 침입광 및 야간 조명환경 영향을 포함한 종합적인 빛공해 영향 평가가 필요할 것으로 판단된다. 또한 이를 바탕으로 소규모 광고조명에 적합한 관리기준과 정책적 적용방안에 대한 후속 연구가 이루어질 필요가 있다.

감사의 글

본 논문은 기후에너지환경부의 재원으로 국립환경과학원의 지원(과제번호 : 2025-01-03-002)을 받아 수행하였습니다.

REFERENCES

- Boyce, P. R., 2014, Human factors in lighting, 3rd ed., CRC Press, Boca Raton, USA.
- Chepesiuk, R., 2009, Missing the dark: Health effects of light pollution, *Environ. Health Perspect.*, 117(1), A20-A27.
- Cho, Y. H., Kim, Y. E., Kim, H. Y., 2018, Research on the light pollution for artificial illumination in Incheon area, *J. Korean Soc. Environ. Technol.*, 19(3), 274-283.
- Commission Internationale de l'Éclairage (CIE), 2017, Guide on the limitation of the effects of obtrusive light from outdoor lighting installations, Technical Report CIE 150:2017, 2nd ed., CIE, Vienna, Austria.
- Davies, T. W., Smyth, T., 2018, Why artificial light at night should be a focus for global change research in the 21st century, *Glob. Change Biol.*, 24(3), 872-882.
- Falchi, F., Cinzano, P., Duriscoe, D., Kyba, C. C. M., Elvidge, C. D., Baugh, K., Portnov, B. A., Rybnikova, N. A., Furgoni, R., 2016, The new world atlas of artificial night sky brightness, *Sci. Adv.*, 2(6), e1600377.
- Glickman, G., Levin, R., Brainard, G. C., 2002, Ocular input for human melatonin regulation: Relevance to breast cancer, *Neuro endocrinol. Lett.*, 23(Suppl. 2), 17-22.
- Gyeongsangnam-do, 2021, Official notice on the designation of lighting environment management zones in Gyeongsangnam-do, Official Notice No. 2021-594, December 1, 2021, Changwon, Republic of Korea, <https://www.gyeongnam.go.kr/>
- Ho, C. Y., Lin, H. T., Huang, K. Y., 2012, A Study on energy saving and light pollution of LED advertising signs, *Appl. Mech. Mater.*, 121-126, 2979-2984.
- Joint Interagency Ministries, 2023, The 3rd comprehensive plan for light pollution prevention (2024-2028), Government Report, Ministry of Environment, Sejong, Korea.
- Jung, D. K., Kang, Y. K., Lee, J. W., Kwon, M. H., 2019, The present status of the light trespass (illuminance) by advertising signs, *J. Korean Living Environ. Syst.*, 26(3), 313-320, <http://doi.org/10.21086/ksles.2019.06.26.3.313>
- Jung, G. J., 2013, Survey on brightness of window glazing in urban residence influenced by nearby signboards during night time, *Journal of the Regional Association of Architectural Institute of Korea*, 15(6), 257-264, <https://www.earticle.net/Article/A209010>
- Kent, M. G., Fotios, S., Altomonte, S., 2019, An Experimental study on the effect of visual tasks on discomfort due to peripheral glare, *LEUKOS*, 15(1), 17-28, <http://doi.org/10.1080/15502724.2018.1489282>
- Kim, H. J., Kim, H., 2012, A Study on the luminance measuring method and regional measured results for outdoor signboards with lighting considering light pollution, *J. Korean Inst. Illum. Electr. Install. Eng.*, 26(10), 1-8, <https://www.dbpia.co.kr/journal/articleDetail?nodeId=NODE01997080>
- Kim, K. T., Oh, M. S., Kim, H. S., 2011, A Study on the control standards and an environmental lighting zone-setting method for making light pollution management, *J. Korean Inst. Illum. Electr. Install. Eng.*, 25(12), 27-33.
- Kloog, I., Haim, A., Stevens, R. G., Barchana, M., Portnov, B. A., 2008, Light at night co-distributes with incident breast but not lung cancer in the female population of Israel, *Chronobiol. Int.*, 25(1), 65-81.

- Lee, K. M., Park, H. K., Lee, K. S., Lee, J. C., Jung, H. S., Jung, J. S., Gu, J. H., 2020, Reduction effect for each type of advertisement lighting and sheet attachment by measuring the influence range of light trespass, J. Korean Soc. Living Environ. Syst., 27(3), 251-257.
- Lee, S., Choi, C., 2020, An Analysis of the classification of Seoul's environmental lighting zones based on a high-resolution light pollution map: Focusing on the land-use of lighting zone 3 and lighting zone 4, J. Archit. Inst. Korea, 36(11), 171-180, <https://www.dbpia.co.kr/journal/articleDetail?nodeId=NODE10492850>
- Ngarambe, J., Kim, G., 2018, Sustainable lighting policies: The contribution of advertisement and decorative lighting to local light pollution in Seoul, South Korea, Sustainability, 10(4), 1007, <https://doi.org/10.3390/su10041007>
- Shin, H. Y., Kim, J. T., Lee, J. S., 2009, Luminance assessment of outdoor lighting for advertisements at night, J. Korea Inst. Ecol. Archit. And Environ., 9(6), 65-72.
- Yoo, S., Kim, H. J., Kim, H., 2018, Analyze the results of lighting type change and proposal of power density per unit area for light pollution control of channel-letter type advertisement lighting, Trans. Korean Inst. Electr. Eng., 67(6), 759-766, <http://doi.org/10.5370/KIEE.2018.67.6.759>
-
- Environmental Researcher. Hyeonjin Kwon
Department of Atmospheric Environment Research,
Gyeongsangnam-do Institute of Health and Environment
khj0114@korea.kr
 - Environmental Researcher. Kyeongtae Kim
Department of Atmospheric Environment Research,
Gyeongsangnam-do Institute of Health and Environment
ktae7@korea.kr