

체육시설 주변 주거지 빛공해 특성에 따른 저감방안 연구

이연주, 이규선, 박형규, 구진회*
국립환경과학원 생활환경연구과

Research on a Light Pollution Reduction Measures in Residential Areas around Sports Facilities

YeonJoo Lee, Kyu-Sun Lee, Hyung-Kyu Park, Jinhoi Gu*

Indoor Environment and Noise Research Division, National Institute of Environmental Research, Incheon, Korea

요약 국내 체육시설은 '체육시설의 설치 이용에 관한 법률'에 따라 전문체육시설, 생활체육시설, 직장체육시설로 사용 목적에 따라 구분되고 있다. 하지만, 해당 법률에서 체육시설은 편의·안전·운동 등의 기준만으로 관리될 뿐 주변 환경에 대한 영향은 고려되지 않아 체육시설 주변 소음 및 빛공해에 대한 민원은 지속적으로 제기되어 왔다. 특히, 체육시설 조명은 빛공해방지법의 관리대상에도 포함되지 않아 관련 연구 및 현황 정보가 부족한 실정으로 주변 주거지 침입광 등 빛공해 피해가 발생하여도 이에 대한 관리대책 마련에 어려움이 있어 왔다. 이에 따라 본 연구에서는 국내 체육시설에 대한 빛공해 현황 및 발생 특성을 조사하여 문제점을 파악하고 빛공해 저감 방안을 제시하고자 한다. 먼저, 체육시설 조명은 조명타워설치 방식과 구조물 설치방식으로 구분되며 조명타워 방식은 구조물 설치방식에 비해 주변 침입광 영향이 큰 것으로 조사되었다. 침입광은 조명기구의 설치 방향에 따라 영향을 크게 줄일 수 있기 때문에 조명기구 설치 후 기구 방향을 조정하거나 차광체를 설치하는 등 저감 방안을 제안하고자 하는 바이다.

Abstract Domestic sports facilities are categorized into Specialized Sports Facilities, Lifetime Sports Facilities, and Workplace Sports Facilities depending on use purposes in accordance with the "Installation and Utilization of Sports Facilities Act". According to the act, sports facilities are managed only in terms of convenience, safety, exercise, etc., but there is no consideration of the influence of surroundings. For this reason, civil complaints about noise around sports facilities and light pollution have continued to be raised. In particular, sports-facility lighting is not subject to the Light Pollution Prevention Act. For this reason, there is a lack of related research and information, and light pollution enters into a neighboring residential area. However, it is difficult to come up with management measures. Therefore, this study analyzes the current state and characteristics of light pollution of domestic sports facilities to find problems and to propose a plan for reducing light pollution. Sports facility lighting is divided into high-mast lighting and structure lighting. In terms of light trespass, high-mast lighting was found to be more influential than structure lighting. The influence of light trespass can be decreased greatly according to the installation direction of the lighting. Therefore, the proposed plan for reducing light pollution is to adjust the lighting direction after installation or to install a light shield.

Keywords : Light Pollution, Illuminance, Luminance, Stadium, Sports Facility, Light Trespass, Reduction Measures

본 논문은 환경부의 재원으로 국립환경과학원의 지원을 받아 수행되었음. (NIER-2019-01-01-051, NIER-2020-01-01-075)

*Corresponding Author : Jinhoi Gu(National Institute of Environmental Research)

email: gujhgujh@korea.kr

Received July 12, 2022

Revised August 12, 2022

Accepted October 7, 2022

Published October 31, 2022

1. 서론

1.1 연구 배경

현대에는 야간조명의 빠른 기술발전으로 생활의 편리성은 높아졌으나 반면에 많은 문제점도 발견되고 있다. 필요 이상의 인공조명으로 발생하는 빛공해는 세계적으로 많은 도시들에서 고민 하고있는 공통적인 문제로 대두되고 있다. 선행연구에 의하면 야간조명에 의한 빛공해 유형은 산란광(Sky Glow), 눈부심(Glare), 침입광(Light trespass), 군집광(Clutter)으로 구분한다[1]. 이러한 빛공해는 인간의 시각 및 생리적요소, 생태계, 에너지 측면에서 다양하게 영향을 끼치는데, 약 24시간의 서캐디언 리듬(Ciradian Rhythm)을 가지고 살아가는 인간에게 빛은 많은 영향력을 나타내는 것으로 알려져 있다[2]. 인공조명으로 인한 빛공해는 인체에 영향을 끼친다고 보고되고 있으며[3], 국제암연구기구(IARC)에서는 빛공해를 2급 발암물질로 볼 수 있다고 발표하기도 했다.

이에 환경부에서도 ‘인공조명에 의한 빛공해 방지법’을 2013년도에 제정하였고, 그에 따라 지자체에서는 조명환경관리구역을 지정하여 관리하도록 하고있지만 현재 제시하는 조명의 기준으로는 경기장 조명의 빛공해 영향은 파악하기 어려운 실정이다. 대형 체육시설의 경우 매년 100회 이상 경기가 열리며 늦은시간까지 경기가 진행되는 일이 빈번하게 발생하고, 주거지 인근에 위치한 중·소형 생활체육시설의 경우 시설 사용 여부와 상관없이 밤시간동안 조명을 켜두는 곳이 대부분이다. 야간에 체육시설 조명은 선수, 관람객, 보행자 등 경기장 내부와 인근 이용자들의 안전을 위해 꼭 필요하다. 하지만 경기장 조명으로 인한 빛이 경기장 밖으로 전달되어 주변 주민들에게는 빛공해로 인식되기도 하여 최근에는 체육시설로 인한 빛공해 영향과 관련하여 민원이 지속적으로 증가하기도 한다.

국내의 경우 한국산업규격에 경기장에 대한 조도기준이 제시되어있으나, 공식경기나 일반경기 같은 경기 특성에 따라 구분하거나 경기장 내부를 이용하는 사용자 입장에서만 관리되고 있는 반면[4], 국외의 일부 경기장에서는 경기장 조명으로 인한 주변 영향에 관한 내용을 경기장 건설 전에 홈페이지를 통하여 공개하거나, 주변에 미치는 영향을 최소화하는 방안을 공유하는 등의 노력을 기울이고 있다[5]. 현재 국내에서는 체육시설 조명 빛이 외부로 새어나가며 발생하는 빛공해에 대한 조사 및 연구는 미흡한 실정이다. 따라서, 본 연구에서는 규모 별 체육시설 조명으로 인한 시설 주변 주거지의 연직면

조도와 휘도를 조사하고 빛공해 특성에 따른 저감방안을 제시하고자 한다.

2. 연구방법

2.1 측정대상 및 측정방법

본 논문에서 연구한 체육시설의 구분은 「체육시설의 설치·이용에 관한 법률」에서 구분하는 항목에 따라 전문 체육시설은 대형 체육시설로 구분하고, 생활체육시설과 직장체육시설은 중·소형 체육시설로 구분하여 연구하였다.

대형 체육시설은 전국에서 경기가 이뤄지고 있는 체육시설 중 경기장 상부가 오픈되어 있어 경기장 내부 조명이 외부로 누출되어 빛공해 발생이 우려되는 경기장을 선정하여 조사하였고, 이러한 조건에 의하여 야구장 5곳과 축구장 5곳이 선정되었다. 중·소형 생활체육시설은 수도권에 위치한 골프장, 농구장, 테니스장, 풋살장 중 민원 발생 빈도가 높고 주거지 주변에 설치되어있어 빛공해 영향에 대한 우려가 있는 체육시설을 선정하였다. 체육시설 조명에 의한 주변 조도 분포를 파악하기 위해 보행자 기준으로 바닥면으로부터 1.5m에서 측정하고, 체육시설 주변 주택 침입광 영향을 파악하기 위해 경기장 주변 실제 주택 창문에서 측정을 실시하였다. 체육시설의 조명으로부터의 조도와 휘도를 측정하기 위해 휘도계는 면휘도계(LMK Mobile, Germany)를 사용하여 최대 휘도를 측정하고 조도계는 SPIC-200BW(Everfine, China)기기를 사용하였으며(Fig. 1), 광원 점등 이후 빛의 밝기가 변하는 것을 고려하여 경기장 조명이 점등 후 정상상태가 되었을 때 측정하였고, 배경조도를 파악하기 위해 경기장 조명이 꺼진 후 같은 위치에서 재측정하여 평가조도를 계산하였다.



Fig. 1. Illuminance meter and Luminance meter
(a) SPIC-200BW (b) LMK Mobile

2.2 국내·외 조도기준

현재 국내에는 ‘인공조명에 의한 빛공해 방지법’으로 빛공해를 관리하고 있으며, 빛방사허용기준에 따라 조도와 휘도 기준을 제한하고 있다. 하지만 조도의 경우 보안등·가로등과 같은 공간조명에 의한 주거지 침입광에 대해서만 조도 기준을 조명환경관리구역에 따라 제시(Table 1)되어 있고, 휘도의 경우 전광류 광고물 및 일반 광고조명, 장식조명에 대한 휘도기준을 제시하고 있지만 체육시설 조명에 대한 기준은 마련돼있지 않다. 반면 국외에서는 국제축구연맹 FIFA (Federation International de Football Association)에서 경기장 밖의 조도기준을 가이드라인으로 마련하여 관리하고 있고(Table 2), 국제다크 스카이 협회에서도 지역사회 친화적 야외스포츠 조명에 대한 기준을 제시하고 지역사회에서도 기준에 관한 정보를 알리는 노력을 하고 있다[6].

Table 1. Standard of vertical illuminance by spatial lighting prescribed in Light Radiation Tolerance Standard [7]

Application conditions	Standard	Environmental zones[lx]			
		E1	E2	E3	E4
From 60 minutes after sunset to 60 minutes before sunrise	Max	10			25

Table 2. FIFA Stadium Safety and security regulations

Angle of Illumination	Distance from stadium perimeter	
Vertical	50m from stadium perimeter	max 40 lx
	200m from stadium perimeter	max 20 lx

3. 연구결과

3.1 대형 체육시설

3.1.1 체육시설 종류에 따른 최대 연직면조도 비교

경기장을 이용하는 관람객이나 경기장 주변 보행자 및 운전자들의 빛공해 피해를 파악하기 위해 경기장 주변의 최대 연직면 조도를 조사한 결과 야구장에서는 평균조도 33lx, 축구장에서는 평균조도는 31lx으로 조사되었고, 평균휘도는 야구장, 축구장에서 각각 33,173cd/m²,

34,925cd/m² 으로 조사되어 구장 종류에 따른 차이는 없는 것으로 조사되었다(Table 3). 구장 종류에 따라 큰 차이를 보이지 않는 것은 국내에는 경기장 조명이 내부에 비추는 기준이 마련되어 있어[8] 조명의 배치와 한 개의 조명 구조물에 설치되는 조명의 개수가 달라질 뿐 조명 자체에 대한 광원차이가 없어 비슷한 결과가 나타난 것으로 사료된다.

Table 3. Measure value of stadium lighting

Type	N	Illumination (lx)		Luminance (cd/m ²)
		Mean	Range	Mean
Baseball park	5	33	21~48	33.173
Soccer field	5	31	11~57	34.925
Total	10	32	11~57	33.951

3.1.2 조명설치방식에 따른 이격거리별 조도 분포

경기장에 설치된 조명은 도로안전시설 설치 및 관리지침[9]에 따라 구조물 설치방식과 조명타워(High-Mast) 방식으로 구분하였다. 구조물 방식은 경기장 구조물에 조명기구를 설치하는 방식이고, 조명타워 방식은 최소 12m 이상의 조명타워 상부에 여러 개의 조명을 설치하는 방식이다(Fig. 2).

경기장 조명으로 인한 이격거리에 따른 조도변화를 파악하기 위해 경기장 경계면으로부터 50m 떨어진 위치부터 50m 단위로 측정된 결과 평균조도가 50m 에서 37lx, 100m 에서 19lx, 150m에서 12lx, 200m에서 8lx 으로 조사되었으며, 경기장으로부터 거리가 멀어질수록 연직면조도는 감소하는 것으로 나타났다(Table 4, Fig. 3). 경기장 조명 설치방식 차이에 대하여 연직면 조도를 비교해본 결과, 조명타워 방식이 구조물 설치방식보다 모든 거리에서 조도가 높게 조사되었다(Table 5). 또한 국제축구연맹에서 제시하는 경기장 50m 이격거리에서의 조도기준 40lx와 비교하여 볼 때 조명타워 방식은 기준을 초과하는 것으로 나타났다. 이는 조명을 상부에 집중적으로 설치하는 조명타워 방식 특성으로 인해 조명이 넓은영역을 고르게 비추는 장점을 갖으면서, 한편으로는 조명영역을 벗어날 만큼 넓은 영역을 비추게 되어 주변지역에는 빛공해를 유발하여 경기장 외부에도 높은 조도를 나타낸 것으로 생각된다.

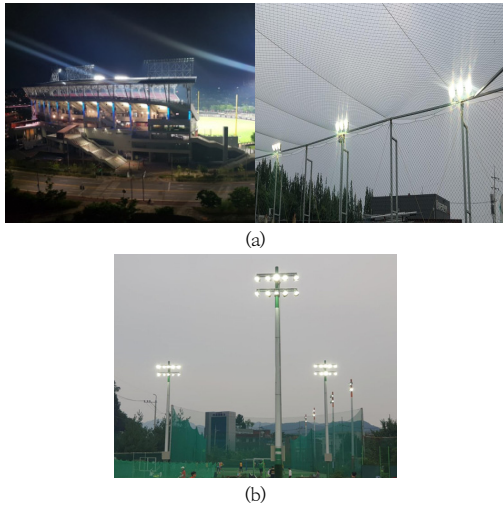


Fig. 2. Lighting classification by installation type
(a) Structure installation lighting (b) High mast lighting

Table 4. The vertical illumination(lx) caused by Light from the structure installation lighting and the high-mast lighting

Type	Distance from stadium (lx)			
	50m	100m	150m	200m
High-mast	42	22	13	8
Structure installation	18	7	6	7
Mean	37	19	12	8

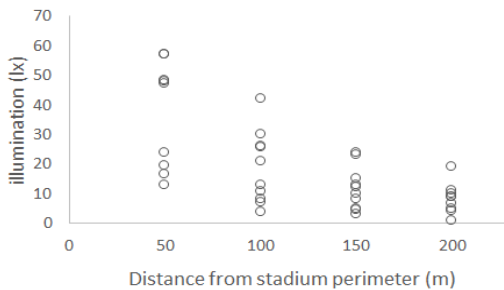


Fig. 3. Illuminance distribution according to distance from the Stadium.

3.1.3 조명설치방식에 따른 높이별 조도 분포

경기장 조명으로 인한 층수별(높이별) 침입광을 파악하기 위해 경기장 주변 공동주택을 층수에 따라 연직면 조도를 측정하였다. 구조물 설치 조명인 경기장에서는

측정한 모든 층수에서 빛방사허용기준의 침입광 기준 10lx 이하로 조사되었으나, 조명타워 방식의 경기장에서는 일부 층수에서 건물의 배치로 인한 가림으로 인해 다른 층수에 비해 상대적으로 낮게 측정되기도 하였으나 전 층에서 기준을 초과하는 것으로 조사되었다(Fig. 4, Table 5). 일반적으로 구조물 설치 방식의 경우 돛형 경기장이나 경기장 지붕에 조명이 설치되어 가로등의 차광판을 설치한 효과[10]처럼 빛을 차단하기도 하지만, 조명타워 방식의 경우 조명이 대부분 경기장보다 높게 설치되어있어 빛이 도달하는 범위가 넓어져 누출광으로 인한 경기장 주변 공동주택에도 영향을 끼친 것으로 사료된다.

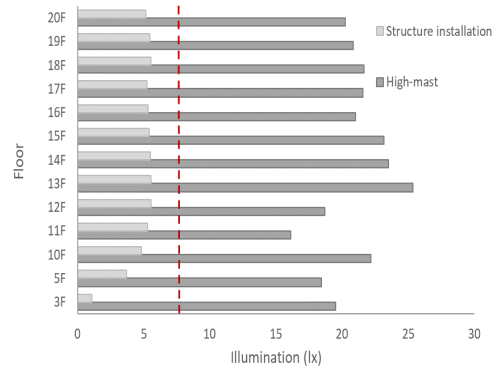


Fig. 4. Measured value of light trespass according to the height of apartment

(a) APT located around a High-mast lighting type
(b) APT located around a Structure installation lighting

3.1.4 주거공간 침입광 측정값과 국내의 기준 비교

경기장 주변에 위치하고 있는 주택에 대한 침입광 영향을 파악하기 위해 연직면 조도를 측정한 결과 4~30lx로 조사되었다(Table 5). 주택의 위치가 경기장으로부터 이격거리가 달라 국내 침입광 기준과 국제축구연맹에서

제시하는 기준과 비교해본 결과 2곳에서 빛방사허용기준 10lx를 초과하는 것으로 조사되었으며, 국제축구연맹에서 제시하는 기준과 비교하여 보았을때 한곳이 기준을 초과하는 것으로 나타났다. 빛이 늦은 저녁시간까지 주거공간으로 침입될 경우 생체리듬에 중요한 호르몬인 멜라토닌을 억제하는 영향을 끼치는 것으로 알려져 있다 [11]. 또한 국내의 경우 국제축구연맹에서 제시하는 200m 기준안에 대부분의 주거공간이(총 4지점중 3지점) 존재하기 때문에 경기장 근처 주택처럼 침입광 기준은 초과하여도 국제축구연맹기준은 초과하지 않는 결과가 있기 때문에 국내 상황에 맞는 기준설정이 필요하다고 사료된다.

Table 5. Comparative analysis on the lighting standards of international stadiums for measured value of illuminance and on excess of light trespass

Stadium	Height (Floor)	Distance (m)	Illuminance (lx)	Standards	
				Light trespass	FIFA Guide line
A	1.5F	70	26	Exceed	Not exceed
B	1F	110	10	Not exceed	Not exceed
C	1F	150	4	Not exceed	Not exceed
D	1F	285	30	Exceed	Exceed

3.2 중·소형 생활체육시설

3.2.1 조명기구 방식에 따른 빛공해 영향

조명방식에 따른 침입광 영향을 파악하기 위해 빛공해 측정을 연직면 조도와 휘도로 구분하여 측정하고 분석하였다. 연직면 조도의 경우 도심지 내에 위치한 중·소형 생활체육시설 특성 때문에 시설에서 멀어질수록 시설조명 외에 다른 조명의 영향을 받을 수 있어 측정은 체육시설 기준 50m거리 이내에서 진행하였다. 이격거리에 따른 연직면 조도의 영향은 Table 6에 나타내었다. 구조물 조명방식의 경우 거리가 멀어질수록 조도가 크게 감소하는 경향을 보이는 반면, 조명타워 방식은 20~29m에서의 조도값과 40~49m에서의 조도값이 차이가 없는 것으로 보아 거리와 상관없이 침입광을 발생시키는 것으로 조사되었다. 특정거리 30~39m에서는 조도값이 낮게 측정된 것으로 보아 조명의 조사각과 배광 설계에 따라서 침입광의 영향을 조절할 수 있을 것으로 판단된다.

Table 6. Comparison of illuminance between structure lighting and high-mast lighting

Type	lx	Distance from stadium (m)		
		20~29m	30~39m	40~49m
High-mast lighting	Range	23~89	24~35	20~90
	Mean	54	30	55
Structure installation lighting	Range	33~59	1~24	9~23
	Mean	45	9	15

체육시설에서 사용하는 조명기구의 눈부심을 알아보기 위해 조명의 휘도를 측정하였고 조명방식에 따른 휘도 차이는 Table 7에 나타내었다. 휘도 분석결과 조명타워 방식이 평균휘도 95,112cd/m²로 구조물 설치 방식의 평균휘도 61,736cd/m²에 비해 높게 측정된 것을 확인하였다. 조명타워는 최소 12m이상의 높이에서 넓은 영역을 한 번에 비추는 목적으로 설치하기 때문에 광원 자체의 밝기가 높아 휘도가 높게 측정되는데 이러한 높은 휘도의 조명은 시설 주위에 있는 보행자나 시설 이용자들에게 눈부심을 제공해 순간적으로 가시성을 떨어트려 안전에 위험이 될 수 있다. 또한 조명이 사용되는 시간이 야간인 것을 고려하면 어두운 배경과 밝은 조명 사이에 휘도차가 커져 실제 조명의 밝기보다 더 밝게 느껴지게 된다.

Table 7. Comparison of luminance between structure lighting and high-mast lighting

Type	N	lighting height	Max luminance (cd/m ²)	Mean luminance (cd/m ²)
High-mast lighting	4	12~18m	48,483 ~ 102,330	95,112
Structure lighting	5	10~13m	31,176 ~ 104,760	62,116

3.2.2 차광체에 따른 조도 영향


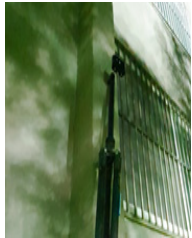
체육시설 조명으로 인한 빛공해는 기구 설치 전에 조사각과 배광을 적절하게 조절하는 것으로 줄일 수 있지만, 높이가 높거나 기구 설치 후에 발생하는 빛공해 문제는 시설 주변 차광체를 설치함으로써 빛공해를 줄일 수 있다. 특히 주거지와 인접한 체육시설이나 주변 보행자가 많은 체육시설의 경우 체육시설 밖으로 빛이 새어나가지 않게 더욱 신경을 써야한다. 대부분의 조사대상 체육시설들은 수목을 가장 많은 차광체로 사용하였다. 하지만 차광체의 밀집도가 부족하거나 조명기구보다 현저

히 낮은 높이로 인해 차광의 역할을 충분히 하지 못한 경우가 있어 그 영향에 대해 조사하였다.

차광체의 밀집도가 부족하게 되면 같은 높이의 인접한 주거지에서도 위치에 따라 빛공해가 발생하게 된다. Table 8 과 같이 차광체로 빛이 가려진 주거지 연직면 조도는 5.8lx로, 빛이 가려지지 않은 주거지 연직면 조도인 20.6lx와 비교했을 때 차이가 큰 것을 확인하였다. 빛공해 방지법의 빛방사허용기준에서 조명환경관리구역 제3종 주거지역의 연직면 조도 기준인 10lx와 비교했을 때 차광체를 밀집하게 설치하는 것으로도 빛공해 저감에 큰 도움이 되는 것으로 측정되었다.

또한 차광체 높이가 Fig. 5와 같이 체육시설 조명기구 높이보다 낮은 경우에는 체육시설 주변을 포함하여 거리가 멀어져도 빛공해의 영향이 증가하는 것으로 확인되었다(Table 9). 차광체의 높이가 조명기구가 비추는 조명 영역보다 낮거나 보행자들의 눈높이보다 낮은 경우 누출광이 발생하여 시설 주변 이용자 및 주민들에게 눈부심 및 침입광을 발생시킨다. 이러한 경우 조명으로부터 이격거리가 멀어졌음에도 차광영역을 벗어나 조도가 증가하기도 하며 주택의 경우 높이에 따라 연직면 조도가 크게 변하게 된다.

Table 8. Comparison of illuminance in poor light shield density

Light Shield	No	Yes
Example		
Distance (m)	40m (Floor 1)	
Illuminance (lx)	20.6	5.8

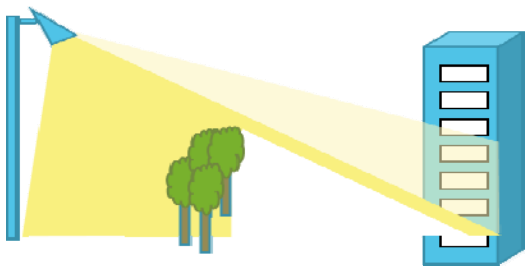


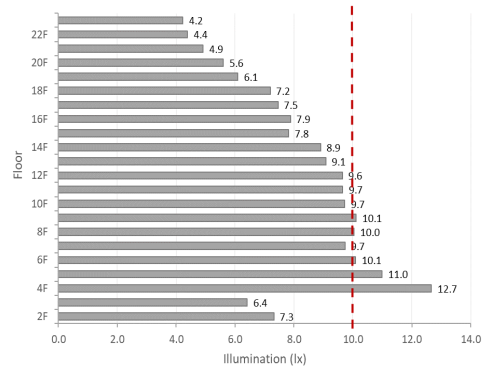
Fig. 5 An example of a low height light shield

Table 9. Comparison of illuminance according to low height light shield

Distance(m)	38m (Floor 3)	38m (Floor 4)	30	35
Light Shield	Y	N	Y	N
Illuminance (lx)	6.41	12.66	7.3	9.3

3.2.3 체육시설 조명에 따른 높이별 조도 분포

아파트 단지 내에 위치하고 있거나 주거지에 인접한 생활체육시설의 경우 주변 주거지에 침입광을 일으킬 수 있다. Fig. 6에 아파트 단지 내에 위치한 생활체육시설 조명의 아파트 높이별 침입광 영향을 나타내었다. 조명환경관리구역 제3종 주거지역의 빛방사허용기준인 10lx와 비교하였을 때 3층까지는 침입광 피해가 발생하지 않고 4층부터 9층까지 기준치를 초과하는 것으로 확인되었는데, 이는 차광체 유무에 따라 달라지는 것으로 판단된다. 3층까지는 차광체의 영향으로 누출된 빛이 차단되지만 4층부터는 차광체 보다 높은 곳에 위치하고 있어 침입광 피해가 발생하는 것으로 판단된다. 13층까지도 9lx



(a)

Fig. 6. Measured value of light trespass according to the height of apartment (a) APT located around Sport facility lighting

를 초과하는 것으로 보아 침입광 피해발생이 우려되는데 고층부터는 차광채 뿐만 아니라 조명기구의 빛이 상향으로 새어나오는 상황광의 영향도 크게 작용한다고 판단된다.

조명기구로부터 거리가 멀어질수록 (높이가 높아질수록) 빛공해 영향이 적어지지만 예상보다 높은 곳까지 빛이 새어나와 빛공해 피해가 발생하였으며 조사지점은 체육시설을 중심으로 두 개의 아파트 단지가 인접하고 있어 측정한 아파트 외에 다른 아파트에서도 동일한 빛공해 피해가 발생할 것이라고 생각된다. 이처럼 여러 아파트가 밀집한 곳에 위치한 생활체육시설은 피해지점이 다발적으로 발생할 수 있기 때문에 조명설치에 있어 세심한 설계와 기구선택이 필요하다.

4. 논의

본 연구는 주택 및 경기장 관리자의 협조를 받아 측정하는데 어려움이 있어 측정갯수가 적어 대표성의 한계가 있고 주택과 경기장의 거리가 짧더라도 침입광에 영향을 끼치는 조명이 적으면 조도가 낮게 조사되는 등 주변환경에 따라 달라질 수 있기 때문에 더욱 세밀한 방법으로 조사가 필요할 것으로 생각되며 현재 실정에 맞는 적절한 빛공해 피해 기준설정에 대하여 보다 많은 연구가 필요하다고 생각된다.

또한 주변 주거지 및 보행자를 빛공해로부터 보호하기 위해서 최소 이격거리를 설정하는것도 필요하다. 특히 중·소형 체육시설의 경우 주거지와 매우 근접하게 위치해 있어 빛공해가 여러 곳에서 발생하였는데 이를 저감하기 위해서 빛공해가 발생하는 이격거리 내에는 체육시설 조명 설치를 지양하거나 조명기구 자체를 변경하는 조치가 필요해보이기 때문에 조명의 영향을 가장 적게 받도록 하는 조명기구와의 최소 이격거리에 대해서도 논의가 필요하다.

5. 결론

인공조명에 의한 빛공해 방지법에 따라 조명기구에 대한 빛방사허용기준을 제시하고 있지만, 체육시설의 경우 빛공해 방지법의 적용대상에 포함되지 않아 이로 인해 민원이 발생하여도 적용되는 기준이 없어 민원처리에 어려움이 있는 것으로 조사되었다. 이에 본 연구에서는 빛공해 방지법 미적용 대상인 규모별 체육시설의 조명에

대한 보행자 및 주택 침입광 피해 현황을 조사하였다.

체육시설 조명은 기구설계 및 설치 단계에서 고려할 수 있는 요소들을 통해 빛공해를 크게 저감시킬 수 있다. 기구설계 시 경기장 내부 조도기준은 만족하면서 빛이 최대한 경기장 내부로 향하여 외부에 누출광이 발생하지 않는 배광을 설계해야하며, 인근에 주거지가 가까울수록 조명기구 선정 시에 기구 높이가 높고 소비전력이 높은 광원이 여러 개 달린 조명기구는 더욱 신중하게 선택하여야 한다. 광원은 LED 보다 휘도가 낮은 HID램프(High Intensity Discharge, ex: Metal Halide)를 사용하거나 LED 광원을 사용할 경우 밝기를 조절할 수 있는 조광장치(Dimming)와 결합하여 사용하면 과도한 밝기로 인한 빛공해는 줄어들 것으로 판단된다. 조명기구 설치 전에는 근거리(50 m)이내에 있는 거주지에 빛공해에 노출될 우려가 있는 주거지를 조사하고 해당 주거지의 침입광이 10 lx 이하로 관리가 가능한지 확인해야하며 조명기구의 빛 조사방향이 피해예상지점을 향하지 않도록 해야한다.

조명기구 설치 이후에 발생하는 빛공해는 체육시설 주변에 조명기구 높이 이상의 차광체를 설치하여 조명영역 밖으로 빛이 누출되지 않도록 하며 소등 시간을 제한하여 운영하는 등의 방안을 통해 빛공해를 저감할 수 있을 것으로 사료된다.

또한 전문체육시설의 경우 국내·외 경기대회의 개최 및 선수 훈련 등 시설의 사용 목적을 고려 시 밝은 빛을 필요로 하는 시설로써 광원자체의 밝기에 대한 관리보다는 주변 침입광 영향을 최소로 하는 방향으로 이루어져야 할 것으로 판단된다.

References

- [1] Y. J. Kim, J. Y. Kim., "A Study on the Characteristics of Night Lighting Affecting Light Pollution", *Journal of the Korea Institute of Spatial Design*, Vol.13, No.4, pp.39-50, Aug. 2018.
- [2] Yaron Dagan, "Circadian rhythm sleep disorders(CRSD)", *Sleep Medicine Reviews*, Vol.6, No.1, pp.45-55, Apr. 2002.
- [3] Ron chepesiuk, "Missing the Dark: Health Effects of Light Pollution", *Environ Health Perspect*, Vol.117, No.1, pp.A20-A27, Jan. 2009.
DOI: <https://dx.doi.org/10.1289/ehp.117-a20>
- [4] KS C 3705, Lighting for outdoor sports(track and field, soccer field, rugby field), Dec. 2020.

- [5] Federation Internationale de Football Association, "FIFA Stadium Safety and Security Regulations", 2007.
- [6] International Dark-Sky Association, IDA-Criteria for Community-Friendly Outdoor Sports Lighting, Mar. 2018.
- [7] Ministry of Environment, "Enforcement Rules of The Act on the Prevention of Light Pollution Due to Artificial Lighting", May 2020.
- [8] KS A 3011, Recommended levels of illumination, Dec. 2018.
- [9] Ministry of Land and Transport, "Guidelines for Installation and Management of Road Safety Facilities", Dec. 2016.
- [10] T. Y. Park, J. S. Kim, H. S. Kim, M. S. Oh, "A Study of Shielding Plate Development for Backlight Control With a main a Focus on 50W Misaligned LED Luminaires", *Korean Institute of Illumination and Electrical Installation Engineers*, Vol.28, No.11, pp.1-8, Nov. 2014.
DOI: <https://doi.org/10.5207/JIEIE.2014.28.11.001>
- [11] Fabio Falchi., Pierantonio Cinzano., Christopher D. Elvidge, David M. Keith., Abraham Haim, "Limiting the impact of light pollution on human health, environment and stellar visibility", *Journal of Environmental Management*, Vol.91, pp.2714-2722, Oct. 2011.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2011.06.029>

이 연 주(YeonJoo Lee)

[정회원]



- 2020년 2월 : 강원대학교 일반대학원 BIT의료융합학과 (공학석사)
- 2020년 7월 ~ 현재 : 국립환경과학원 생활환경연구과 전문연구원

<관심분야>

인체노출평가, 빛공해

이 규 선(Kyu-Sun Lee)

[정회원]



- 2012년 2월 : 순천향대학교 환경보건학과 (보건학석사)
- 2012년 3월 ~ 현재 : 국립환경과학원 생활환경연구과 연구원

<관심분야>

환경 보건학, 인체노출평가, 빛공해

박 형 규(Hyung-Kyu Park)

[정회원]



- 2007년 8월 : 한양대학교 공학대학원 (환경공학 석사)
- 2004년 1월 ~ 현재 : 국립환경과학원

<관심분야>

소음·진동, 빛 공해, 건설기계, 음질평가

구 진 회(Jinhoi Gu)

[정회원]



- 2006년 4월 ~ 2016년 1월 : 국립환경과학원 연구사
- 2016년 1월 ~ 2019년 2월 : 전북지방환경청 측정분석과 연구사
- 2019년 2월 ~ 현재 : 국립환경과학원 생활환경연구과 연구관

<관심분야>

생활소음 연구, 빛공해 특성 평가