

주거지역의 옥외 가로조명 광공해에 관한 연구

(Light Pollution of Street in Residential Area)

이소미* · 김정태**

* 경희대학교 건축공학과 석사과정, ** 경희대학교 건축공학과 교수
(So Mi Yi · Jeong Tai Kim)

Abstract

우리나라의 도시 옥외조명은 1988년 서울올림픽을 전후하여 관심이 확대되었으며, 서울시는 1996년 서울시 경관조명기본방향을 설정하고 송례문 등 각종 문화재에 옥외조명시설을 설치하기 시작하였다. 최근 옥외조명에 대한 필요성을 인식하고, 설치하고 있는 초기단계에 있어 옥외조명을 계획하는데 반드시 고려해야하는 광공해에 대해서는 아무런 인식 없이 과다한 조명으로 광공해를 유발시키고 있다. 미국과 유럽, 일본 등 선진외국에서는 일찍부터 광공해의 심각성을 인식하고, 이를 방지하기 위해 옥외조명조례의 제정과 가이드라인의 발표로 양호한 조명환경 조성을 위해 노력하고 있다.

이에 본 연구는 광공해가 거주자와 보행자에게 미치는 영향을 고려하여 주거지역의 옥외가로조명의 광공해에 관한 연구를 진행하였다. 외국의 경우 광공해가 발생하는 지역의 조명환경개선사업을 펼쳐 광공해에 따른 악영향을 줄임과 동시에 조명에너지 절약의 효과도 가져왔다. 국내의 경우 전반 확산형(Non-Cutoff) 가로등이 보행자에게는 눈부심을 일으키고, 거주자에게는 프라이버시 침해와 숙면에 방해를 가져오므로 차폐된 조명기구를 사용해 이런 영향을 최소화할 필요가 있다.

따라서 국내의 경우 아직 광공해에 대한 기준이나 가이드라인이 없으므로 이에 대한 대책과 기준안 마련이 시급하다.

1. 서 론

옥외조명은 공간의 아름다움을 빛으로 실현하고, 인간생활을 보다 쾌적하게 하며 삶의 질에 풍요로움을 제공하고 있다. 이에 따라 우리나라의 도시 옥외조명은 1988년 서울올림픽을 전후하여 관심이 확대되었으며, 서울시는 1996년 서울시 경관조명기본방향을 설정하고, 서울의 국보 1호인 송례문에 최초의 조명시설을 설치한 이후 각종 문화재에 옥외조명시설을 설치하였다.

우리나라의 경우 최근 옥외조명에 대한 필요성을 인식하고 가능한 옥외조명을 많이 설치하는데 관심을 기울이고 있는 초기 단계이지만, 옥외조명을 계획하는데 있어 반드시 고려해야 할 광공해에 대해서는 아무런 고려 없이 계획되고 있다.

옥외조명을 잘못 설계하게 되면 주변 환경과의 조화를 이루지 못하고, 주변에 대한 배려가 되지 않은 옥외조명은 교통안전에 방해뿐만 아니라 동

식물에게 영향을 주게 되고 사람들에게 불쾌감을 주게 된다.

미국에서는 약 100개 이상의 도시들이 안전하고 쾌적한 조명환경을 실현하기 위한 옥외조명 조례가 제정되었다. 유럽에서도 광공해에 대한 생활의 질 저하를 막기 위해 국제조명위원회(CIE)를 중심으로 광공해 방지에 대한 관심이 부각되고 있다. 또한, 일본에서는 일찍부터 광공해의 심각성을 인식하고 방지를 위해 많은 노력을 해왔으며, 1998년 환경청에서 광공해 대책 가이드를 발표와 더불어 각 지자체별로 관련조례를 제정하여 양호한 조명환경의 구현을 위해 노력하고 있는 실정이다.

이에 본 연구는 주거지역의 옥외 가로조명을 중심으로 광공해에 대한 개념과 그 중요성을 제시하고 외국의 광공해 방지 대책 및 사례를 조사하였다. 이를 기초로 하여 우리나라의 옥외 가로조명의 광공해 실태를 조사하여 방지대책을 제시하고, 광공해 연구의 기초 자료를 제시하는데 연구목적이 있다.

2. 광공해와 옥외 가로조명

2.1 광공해의 개념과 그 영향

광공해(Light pollution)라는 용어는 천문학에서 가장 먼저 사용되었다. 즉 광공해란 먼지를 비롯한 대기오염물질이 하늘을 뒤덮고, 자정이 지나도 꺼질 줄 모르는 인공불빛(조명)이 먼지 층에 반사되어 별이 우리 시야에서 사라지는 현상을 가리키는 것으로, 밤하늘의 오염도를 측정하는 바로미터이다. 다시 말하면, 천체를 관측하는데 조명 때문에 많은 장애를 받게 되면서 광공해라는 말이 쓰여진 것이다. 옥외조명에서의 광공해란, 양호한 조명 환경이 조명대상범위 밖으로 새어나오는 빛(Spill light)에 의해 장애를 받고 있는 상황, 또는 이에 따른 악영향을 의미한다. 또한 좁은 의미로는 장애광(Light trespass)에 의한 악영향을 광공해라 한다.¹⁾

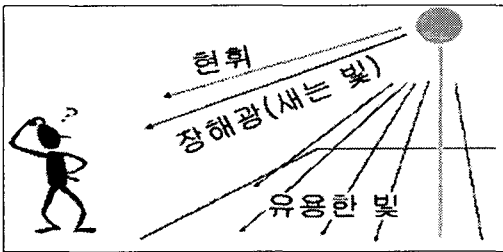


그림 1. 장애광(Light trespass)

광공해는 용어 그대로 빛에 의해 발생하는 오염을 뜻하는 것인데, 대부분 옥외 조명이 원인이 되어 발생하고 있다. 실내조명은 개인이 제어하거나, 영역(zone)별로 쉽게 제어할 수 있지만, 옥외조명은 이와 같이 제어하기가 쉽지 않으며, 또한 조명이 필요로 하지 않은 장소나 대상물을 비추고 있는 경우가 생기기 쉽기 때문에 광공해가 발생하는 것이다.

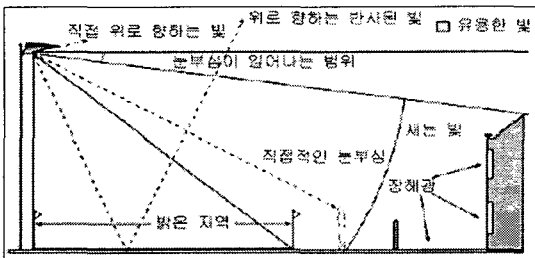


그림 2. 옥외 가로조명의 유용한 빛과 광공해²⁾

주변에 대해 배려하지 않은 옥외조명은 거실 안으로의 새는 광의 침입에 의하여 숙면방해나 글래어에 의한 교통안전의 방해, 불쾌감등이 발생하게 된다. 주거환경에서 이루어지는 옥외조명은 이것들의 사실에 유의하여 새어나가는 빛을 저감시키는 계획을 하지 않으면 안된다.

가로등 등의 선정과 설치가 적절하지 않을 경우 필요한 조도가 확보되지 못할 뿐만 아니라 보행자에게 불쾌한 눈부심을 느끼게 하고, 또한 방법측면에서 안전에 피해를 입힐 가능성이 있다. 국제조명위원회(CIE)도 옥외조명으로 인한 조도에 상한을 규정하고 이에 대한 대책으로서는 조명기구의 설치위치를 재검토하는 것과 조명기구에 차광판이나 루버를 설치하여 배광을 제어하는 것 등이 있다.

옥외 조명의 빛이 유용하게 설계되지 않고 야간의 대도시는 과도한 조명을 설치할 경우 이로 인한 조명에너지의 소비량은 증가하여, 낭비적인 요소가 될 수 있다.

2.2 조명환경에 따른 옥외 가로조명의 광공해

① 국제조명위원회(CIE)의 조명지역 분류

국제조명위원회(CIE)에서는 광공해의 개념을 정의하기 위해 지역의 조명환경에 따라 조명지역을 E1, E2, E3, E4 4가지로 분류하여 제시하였다. E1 지역은 국립공원 등의 어두운 경관의 지역, E2 지역은 시골의 산업, 주거지역으로 낮은 휘도 분포 지역, E3 지역은 교외 산업, 주거지역의 중간정도의 휘도분포지역, E4 지역은 야간활동이 활발한 지역으로 높은 휘도분포인 지역이다.³⁾

옥외 가로 조명에 대해 보행자를 위한 권장조도는 야간사용이 많고 적음, 즉 상업지역에서의 권장값과 비상업지역에서의 권장값의 차이를 다음과 같이 보여주고 있다(표 1).

표 1. 보행자를 위한 보도의 권장조도(lux)

장소의 분류 사용상황	주위의 밝기	권장조도	
		수평면 조도	연직면 조도
야간사용 많음	밝다	20	4
	중간정도	15	3
	어둡다	10	2
야간사용 보통	밝다	10	2
	중간정도	7.5	1.5
	어둡다	5	1
야간사용 적음	밝다	7.5	1.5
	중간정도	5	1
	어둡다	3	-

1) CIE TC 5, Guide on the Limitation of the Effects of Obtrusive Light from Outdoor Lighting Installations, 2001

2) Light Pollution, NLPPI, 2003. 3

3) 복합빌딩의 옥외조명으로 인한 광공해 발생 실태조사, 정인영, 안현태, 김정태 2003. 춘계학술발표대회, 한국생태건축학회

② 일본 환경청 환경대책위원회

일본 환경청은 1998년 “광해대책지침”을 책정하였다. 이 지침은 법적으로 규제하는 사항은 아니지만, ‘광해’를 정의하고 각 자치단체나 조명회사, 조명설계자 등이 지켜야할 사항들을 나타내고 있다. “광해대책지침”에서도 국제조명위원회(CIE)와 유사하게 4개 유형으로 조명환경구역을 분류하였다. 조명환경 1은 엄밀한 조명계획으로 가능한 장애광을 모두 줄이고 자연공원과 시골, 전원 등을 이미지화 하고, 조명환경 2는 ‘안심할 수 있는’ 조명환경으로 빛의 번짐과 장애광의 발생이 거의 없는 조명기구의 정비가 필요하다. 조명환경 3은 지방도시나 대도시 주변의 도시 주택지를 이미지화 하여 ‘편안한’ 조명환경을 계획하고, 조명환경 4는 대도시 중심부의 변화가 등 옥외 조명과 광고물 등의 설치가 빈잡한 지역으로 각 조명환경에 적용되는 지역을 설정하고 권장대책을 마련, 조명설계의 기준안이 되고 있다.

‘가로조명기구의 가이드’에서는 가로조명기구의 상향광속비와 에너지 절약성, 현휘와 같은 장려기준을 설정하고 있다.

특히 현휘(눈부심)에 대해서는 조명환경 ‘보행자를 위한 야외공공조명기준’을 비롯한 일본공업규격 JIS C 8131 ‘도로조명기구’에서 나타난 광도 내지 휘도의 규제치로 다음과 같다(표 2).

표 2. 조명기구의 현휘(glare)규제 (설치높이 10m미만)

연직각 85°이상의 휘도	20,000cd/m ² 이하		
조명기구 높이	4.5m 미만	4.5m ~ 6.0m	6.0m ~ 10.0m
연직각 85°방향의 광도	2,500 cd	5,000 cd	12,000 cd

2.3 옥외 가로조명기구의 선택

아름다움을 목적으로 조명을 설치하는 경우는 적절한 조명의 정도에 균형을 찾는 것이 매우 중요한데 장식이나 지나친 건물 외관 등은 전체적인 야간 경관을 망칠 수도 있고 요란하게 조명장치를 하는 것은 필요이상으로 그 지역을 밝게 만들 수 있다. 옥외 조명기구를 설계하고 설치하는데 있어서 그 설치지역의 주변 환경과 이동하는 사람들에 대한 잠재적인 영향이 고려의 대상이 되어야한다.

조명기구는 설계에 부합하도록 적절히 위치되었을 때, 선택된 조명기구가 적절한 빛 산출량 분포에 적용되고 설치물이 위치한 영역의 밖으로 빛이 새어나가서는 안 된다. 보행자를 위한 옥외 가로조명은 안전(safety)과 보안(security)이 설계의 목표가 되고 이를 위해 수직면 조도 값을 높게 하고

충분한 수평면 조도를 제고, 시환경을 확보하고, 높은 균제도를 조성하고, 잠재된 어두운 공간 형성을 피하고 표면의 수직조도를 일관되게 설계하여야 한다.

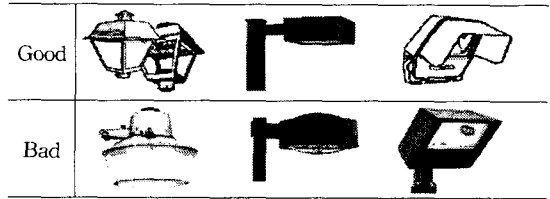


그림 3. 디자인이 좋은 조명기구와 나쁜 기구의 예

이에 북미조명학회(IESNA)에서 빛의 배광분포와 상향 광속비율에 따라서 조명기구의 차폐됨과 빛이 향하는 방향으로 조명기구의 종류를 Full-Cutoff, Cutoff, Semi-Cutoff, Non-Cutoff 등 4가지로 나누어, 국제조명위원회(CIE)에서 정한 조명환경 분류 4가지에 쓰일 수 있는 적절한 조명기구를 분류하였다(표 3).

2.4 광공해방지를 위한 조명기구 개선방법

광공해방지를 위해 가로조명기구는 Non-Cutoff보다 Full-Cutoff로 디자인 되어, 적절한 장소에 따라 설계되어야한다. 불량하게 설계된 조명기구의 개선은 다음과 같이 전반 확산된 조명이나 상향조명 보다 하향조명을 사용, 차폐된 조명기구를 디자인하여 필요로 하는 방향으로 빛을 보내야 한다. 또한 벽면 부착형 조명기구는 글레어를 줄이기 위해 투사각도 70° 이하가 되게 설계 되어야하며, 투광조명과 같이 건물표면을 조명하고자 할 경우에는 지나친 상향조명을 피하고 보행자의 시야에 자극을 주지 않게 설계되어야한다(그림 4).

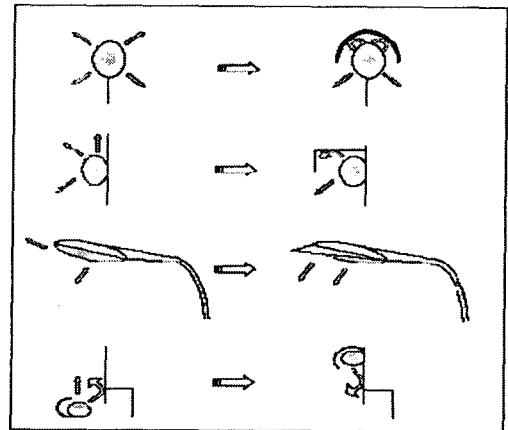
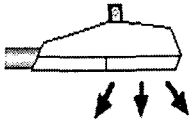
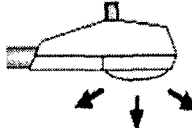
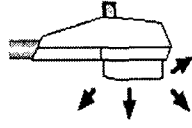


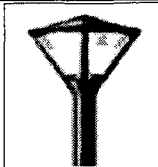
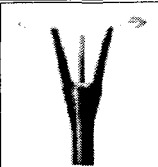
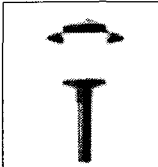
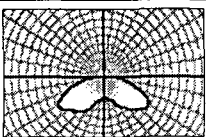
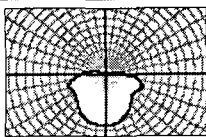
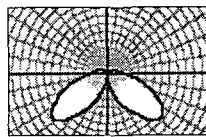
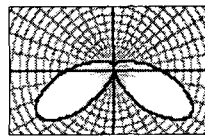
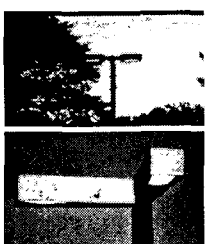
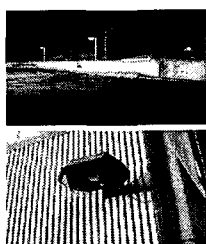
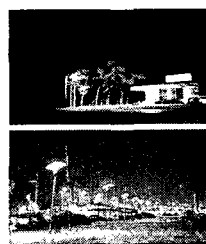
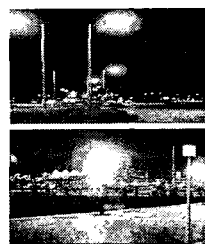


그림 4. 불량한 가로조명기구의 개선방법

표 3. 가로조명기구 분류

	Full-Cutoff	Cutoff	Semi-Cutoff	Non-Cutoff
				
정의	이 형태의 조명기구는 빛이 오직 조명기구 아래 지면으로 향하게 함.	이 형태는 좀 더 제어된 조명기구. 90° 이상으로 방사되게 허가된 양은 2.5% 미만.	이 형태의 가로조명기구는 빛이 90° 혹은 90° 이상에서 5% 초과하는 것을 허가.	이 형태의 가로조명기구는 빛이 사방으로 방사되는 것을 허가. 90° 혹은 90° 이상의 범위에서 제한 없음.
상향광속비	0%	0% ~ 5%	0% ~ 15%	0% ~ 20%
장점	<ul style="list-style-type: none"> - 직접 위로 향하는 빛이 없음. - 소유지역으로의 빛이 효과적으로 통제. - "새는 빛"의 제한 - 눈부심의 감소 	<ul style="list-style-type: none"> - 간섭도의 증가. - 소유지로의 빛의 통제가 좋아짐 	<ul style="list-style-type: none"> - 조명기구 사이의 간격 증가를 허가. - Full-Cutoff 또는 Cutoff 기구보다 반사광의 감소 	<ul style="list-style-type: none"> - 조명기구 사이의 간격이 최대화 - 수직조도의 증가 - 반사된 빛의 양 최소화
조명기구형태의 예				
배광곡선				
CIE에 의한 환경지역	E1 - 본래 어두운 경치를 동반한 지역	E2 - 주변조도가 낮은 지역	E3 - 주변의 조도가 중간적인 지역	E4 - 주변의 조도가 큰 지역
조명기구의 예				

3. 옥외 가로조명 국내외 현황

3.1 주거지역 옥외조명기구 국외 사례조사

옥외 가로조명의 잘못된 설계로 인해 거주자와 보행자에게 눈부심을 일으키는 예를 다음과 같이 보여주고 있다. 옥외조명의 설치가 국부적으로 지나치게 밝아, 실내로 빛이 새어 거주자의 프라이버시와 숙면에 방해가 되는 요소이다.

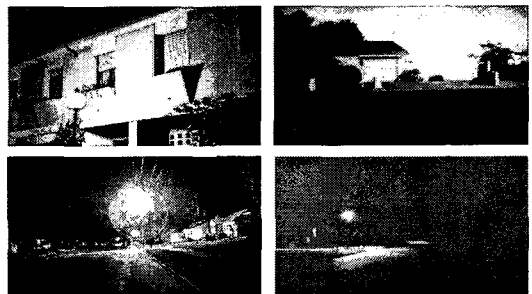


그림 5. 주거지역의 광공해 발생의 예

그림 6은 광공해를 일으키는 가로조명기구에 Hubbell Skycap을 설치, 전 후의 모습을 보여준다. 상방향으로 향하는 빛의 양이 감소하고 보도면 빛의 균제도가 증가한 것을 확인할 수 있다.

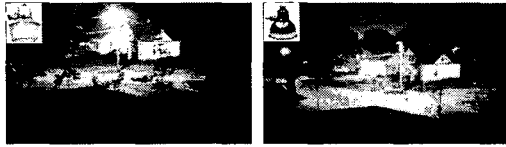
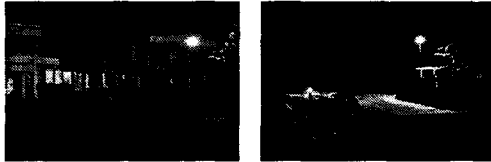
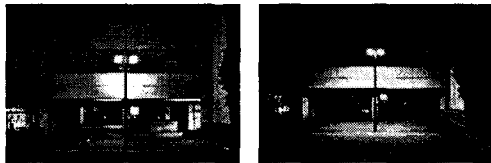


그림 6. 조명기구 개선 전 후

일본 환경청에서는 1998년 「지역 조명 환경 계획 시범사업」의 실시하였다. 개선의 목표는 양호한 조명환경형성이며 이를 위해 노면의 밝기 향상, 조명률(효율) 향상, 장애광의 방지, 소비전력의 삭감 등을 주 목표로 삼았다.

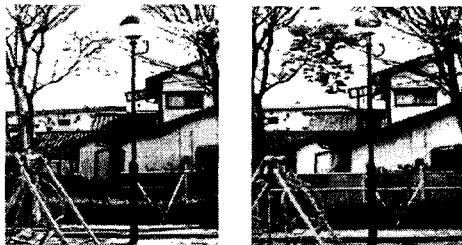


(a) 등기구 교체 전 (b) 교체 후
그림 7. 가고시마현 조명환경계획 시범사업



(a) 등기구 교체 전 (b) 교체 후
그림 8. 아이치현 나고야시 조명환경계획 시범사업

가고시마현은 가로등기구의 형태만 교체하여, 상향광속비는 약 53%에서 거의 0%가 되었고, 조도가 약 2배, 소비전력이 약 1/2이 된 것으로, 단위 조도에 해당하는 소비전력은 약 1/4이 줄어들었다(그림 7). 아이치현 나고야시 역시 가로등기구의 등구 교체만으로 상향광의 약 63%를 줄였고, 약 73%의 전력을 절약할 수 있었다(그림 8).



(a) 개선 전 (b) 개선 후
그림 9. 개선 전과 후 (외관상의 변화는 크지 않다.)

조명환경 계획. 시범사업의 결과는 연색성도 향상되고 기구 효율이 증가함은 물론이고, 지자체가 설정한 조명환경 분류에도 적당한 상향광속비를 나타낸다. 에너지 절감에서도 전력량의 감소와 요금 절약 등 조명기구 교체로 인한 비교는 다음과 같다. (표 4)

표 4. 개선 전후 비교

	개선 전	개선 후	평가
	수은등 300W	메탈할라이드 150W	
연색성	40	85	고연색
색온도	3,900	3,000	
입력전력(W)	313	175	44% 절감
광속(lm)	15,800	13,500	15% 저하
종합효율(lm/W)	50.5	77	52% 향상
기구효율(%)	68.2	71.6	5% 향상
상방광속(%)	19.5	4.2	지자체설정치 (5%: 조명환경Ⅱ) 미만
글레어(cd/m ²)	1,090	419	JIS기준 (2000cd) 이하
조명율	0.2	0.3	약 1.5배
수평면조도(lx)	7.76	10.30	약 1.3배
전력량 (kWh/년)	1,142.45	638.75	44% 삭감
전력요금(円/년)	23,820	14,508	39% 삭감 (연간9,312円절약)

주) · 조명율, 수평면 조도는, 3H(기구높이의 3배)의 단계로서 산출
· 글레어는, 연직면85°방향의 광도 · 전력량은 점등 시간1일
평균 10 시간으로 산출 4)

3.2 주거지역 옥외조명기구 국내 실태조사

사례조사의 대상지역은 경기도 성남시 분당구의 단독주택부지로 계획된 장소이다. 이곳은 국제조명위원회(CIE)에서 지정한 조명환경 분류에 의해 구분하자면, E2에 해당하는 도시권 외의 전원주택지역이고 낮은 휘도분포 지역이다. 이곳은 전형적인 주거지역으로 야간의 활동량이 적고 주위의 밝기도 어두운 지역이다.



그림 10. 대상지역의 현황 사진

이곳은 IESNA가 규정한 조명기구분류에 의해 외관상 특징으로는 Non-Cutoff와 Semi-Cutoff 두 종류의 조명기구가 혼합되어 설치되어 있다.

4) 일본환경청 <http://www.env.go.jp>

이 지역의 광공해를 측정하기 위해 가로조명기구의 보도면을 측정위치로 선정하였다. 측정기기로는 TOPCON LM-5(조도계)를 사용하고, 측정일시는 2004. 4.1~2일 오후 8시부터 가로조명기구의 수평면조도를 측정하였다(그림 11). 가로기구의 수평조도는 지상 0m에서 3회 측정하여 그 평균값을 사용하였다(표6).

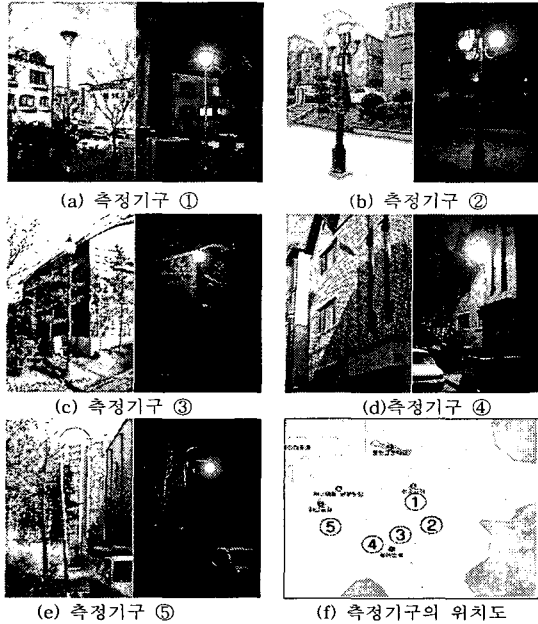


그림 11. 측정기구의 주-야 비교와 위치도

표 6. 측정점의 수평면 조도(lx) 측정값

측정점	①	②	③	④	⑤
수평면 조도 (lx)	22.3	8.4	7.7	54.5	18.5

가로조명의 수평면 조도를 측정한 결과 표 7과 같이 7.7lx~54.4lx로 나타났다. 이는 CIE 기준인 3lx보다 2.5배에서 18배 정도의 높은 조도값으로 나타났다. 이 값은 램프의 효율이나 특성에 따라서 같은 조명기구 형태라도 다른 값을 나타낼 수 있기 때문에 비교하기는 어렵지만, 조명기구 형태의 특성으로 볼때 Non-Cutoff 된 조명기구(측정기구 ②, ③, ⑤)는 위로 향하는 빛의 양이 아래로 향하는 양보다 상대적으로 많아 비취져야 할 지면은 밝고 어두움의 명암대비가 커 보안상의 문제를 일으킬 수도 있다. 또한 상방향으로 향하는 빛은 거주지역으로 침투해 거주자에게 악영향을 줄 수도 있다.

4. 결 론

야간 활동이 적은 주거지역을 대상으로 옥외 가로조명의 광공해 실태를 조사한 결과는 다음과 같다.

① 조사 대상지역은 야간의 활동이 적고 비교적 주위 환경도 어두운 지역으로 CIE 기준값에 비해 높은 조도값을 나타내고 있어 과도한 조도로 인한 조명에너지의 낭비를 일으킬 수 있다. 가로조명기구 형태에 따라 Non-Cutoff된 조명기구는 Semi-Cutoff된 조명기구 보다 상방향으로 퍼지는 빛이 많아 지면의 조명은 어렵게 그늘이 생기는 부분이 발생한다. 주거지역의 가로조명은 거주자나 보행자에게 안전과 보안의 목표로 설계되어야 하므로, 조명환경의 특징에 따라 기구의 형태와 조도 기준에 적절하게 디자인 되어야 한다.

② 국내의 옥외조명은 초기단계에 있어, 아직 광공해에 대한 인식의 부족으로 조명디자인 단계에서 마땅한 기준 없이 설계되고 있는 실정이다. 따라서 광공해에 대한 연구뿐만 아니라 국내 실정에 맞는 적합한 옥외조명에 대한 기준이 마련되어야 할 것이다.

후 기

이 논문은 과학기술부 국가지정연구실 사업의 연구비 지원에 의해 수행된 것의 일부임

참 고 문 헌

- [1] 복합빌딩의 옥외조명으로 인한 광공해 발생 실태조사, 정인영, 안현태, 김정태 2003. 춘계학술발표대회, 한국생태환경건축학회
- [2] 한국중국일본의 도시경관조명 현황 및 정책분석, 안현태, 김정태 2003. 9 한국생태환경건축학회 논문집
- [3] Guide on the Limitation of the Effects of Obstrusive Light From Outdoor Lighting Installations, CIE TC 5, 2000
- [4] Light trespass : Reseach, Results and Recomendations, IES TM-11-00, 2000
- [5] 日本 環境廳, 光害對策ガイドライン, 1998
- [6] Light Pollution, NLPIP, 2003. 3
- [7] Light Trespass and Light Pollution-Practical Approaches to Dealing with Problems, Jan Lewin, IESNA Street and Area Lighting Conference, 2000
- [8] <http://www.cie.co.at>
- [9] <http://darksky.org>
- [10] <http://lrc.rpi.edu>
- [11] <http://iel.org.uk>
- [12] <http://www.aml.gr.jp/kougai>