

## 상용 조명해석 프로그램(Relux)을 이용한 가로등 주택침입광 예측값과 실측값 비교

정대관, 박형규, 정준식\*  
국립환경과학원 환경기반연구부 생활환경연구과

### The comparison between measurement and prediction values for the vertical illuminances by relux program in the survey region

Dae-Kwan Jung, Hyung-Kyu Park, Joon-Sig Jung\*

Indoor Air and Noise Research Division, National Institute of Environmental Research

**요약** 빛공해의 주택 침입광은 현장에서 여러 환경 요인에 의해 정확한 평가가 쉽지 않다. 그래서, 현장에서의 측정 어려움을 대신하여 빛공해의 영향을 파악하기 위하여 시뮬레이션 프로그램(Relux 등)을 이용하여 분석하였다. 그러나, 침입광에 대한 실제 측정값과 시뮬레이션을 통한 예측값은 여전히 차이점이 존재한다. 본 연구에서는, 옥외조명에 대한 침입광을 조사하기 위하여 서울, 인천 등 측정지점을 선정하였다. 조도 측정은 주택창면 중 연직면 조도가 높을 것으로 예상되는 창문 밖 창면 2지점 이상의 측정지점을 선정하여 측정하였다. Relux 프로그램을 이용하여 예측된 값 중 최대값을 실측값과 비교하였다. 그 결과, 침입광 실측값과 예측값의 오차는  $-0.97\sim 0.65$  lx(최대값[2.08lx]과 최소값[-7.70lx] 제외) 조사되어졌다. 주택창면을 기준으로 도로조명의 설치위치 높이(H), 거리(L), 너비(W)가 가까이 위치될수록 침입광은 높아짐을 알 수 있었다. 상용 조명해석 프로그램(Relux)을 사용하여 예측값을 측정하는데 있어서 주변 환경 요인과 측정자의 오차 등으로 인해 실측값과 다소 오차가 발생하였다. 본 연구에서는 측정수가 많지 않아 차후 연구에서 좀 더 많은 데이터를 이용하여 분석할 필요가 있다.

**Abstract** The assessment of the light trespass in terms of light pollution is difficult due to the complexity of light environments. As a result, the light pollution research has examined the influences of light pollution using simulation program such as RELUX. However, there still exists a differences between the real measurement value and the simulation value for the light trespass. In this paper, we analyzed the light trespass using the RELUX simulation program, and compared results with real measurement values. In this study, the regions (Seoul, Incheon, etc.) were investigated regarding the light trespass for outdoor lighting. The survey of vertical illuminance was analyzed measuring point (more than 2 point) out the window that was expected to light trespass for the higher anticipated to illumination. The illuminational predicted values for the RELUX program were compared with maximum one. As a result of this study, the illuminational errors between the measurement values and predicted values for the simulation were examined from  $-0.97$  lx to  $0.65$  lx except  $2.08$  lx and  $-7.70$  lx. The light trespass was analyzed the higher by how much the located close to the height, length, width of the outdoor lighting for the window. For measuring predicted values using RELUX, it was not sufficiently considered in the simulation conditions because of environmental factors and investigator error etc. Limitations of this study include the limited number of measurements, and greater field data is required in future studies.

**Keywords** : Light pollution, Light trespass, Relux, Streetlight, Vertical illuminations

본 논문은 환경부의 재원으로 국립환경과학원의 지원을 받아 수행하였습니다(NIER-2011-01-01-1356).

\*Corresponding Author : Joon-sig Jung(NIER.)

Tel: +82-32-560-8317 email: jsjung080@korea.kr

Received October 13, 2017

Revised (1st November 8, 2017, 2nd November 23, 2017)

Accepted January 5, 2018

Published January 31, 2018

## 1. 서론

경관조명을 비롯한 옥외조명의 증가와 야간조명의 발달은 천체관측을 비롯하여 동·식물이나 사람의 건강에 직/간접적으로 부정적인 요소를 지니고 있다. 특히, 지나치게 밝은 옥외조명의 누출광은 주변환경에 영향을 주어 청소년 성장장애 및 근시유발, 불면증 및 우울증, 농작물 수확량 감소 등을 유발하고 있다[1-2].

국외에서는 이러한 누출광으로 인한 피해를 방지하기 위한 제도로서 법규 및 가이드라인(guideline) 등을 설립하여 운영하고 있으며[3-5], 우리나라의 경우도 최근 몇 년 사이에 여러 연구 결과를 통하여 빛공해에 대한 심각성을 파악하고 있는 실정이다. 특히, 최근 국내 연구기관에서 수행한 연구 결과에 따르면 빛의 밝기가 높을수록 유방암 발생률이 높게 나타나 국내에서 처음으로 빛공해와 암발병 간의 연관성이 있는 것으로 나타났다[6].

서울시에 따르면 최근 3년간 상가밀집 지역의 광고조명 및 장식조명으로 인한 눈부심과 골목길 등 집 앞에 설치되어 있는 주택 침입광이 1,461여건 이상이 발생되고 있다[7]. 이에 따라 상업지역 및 거주지역의 현장조도의 관심이 지속적으로 증가하고 있다. 국내의 한 연구결과에 의하면 서울 등 9개 지역의 67개 지점 중, ‘인공조명에 의한 빛공해 방지법’의 빛방사허용기준 주거지 연직면 조도기준 적용시 주거지역(제3종) 14.8%, 상업지역(제4종) 12.5% 을 초과 하는 것으로 조사되었다[1].

현장에서 조도를 계측하기 위해서는 많은 시간과 인력이 필요하므로 정확한 빛공해 측정에 어려움을 가지고 있다. 그러나 현장에서의 측정의 어려움을 대신하여 조도를 시뮬레이션하는 프로그램이 공급되고 있다. 조도 시뮬레이션은 기하구조(치수)와 마감재의 반사율을 적용하면 등기구의 배광분포를 사용하여 조도를 시뮬레이션할 수 있다[8]. 현재 보편적으로 사용되고 있는 조명 시뮬레이션 프로그램은 AGI32, Lumen Designer, Relux, Radiance, DIALux 등이 존재한다[9]. 특히, Relux는 마주보기와 지그재그 배열의 배광 시뮬레이션 및 도로의 반사율과 등(light) 기구 데이터베이스 지원 등 다양한 조건을 국내 도로 환경여건과 비슷한 조건으로 설정이 가능하다. 이러한 프로그램을 활용하여 일부 선행 연구에서는 옥외조명 설치지침(Model Outdoor Lighting Ordinance, MLO)에 대한 국내 도로조명의 적용 가능성을 확인하였다.

그러나 조도 시뮬레이션인 Relux 프로그램은 국내의 현장 환경 조건을 고려하지 않고 조도를 예측하기 때문에[10], 실제 도로조명 누출광으로 인한 결과값에 대한 검증은 미비한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 조사 대상지역의 주택 창면에 대한 연직면 조도 분포 현황을 조사하였으며, 시뮬레이션 프로그램인 Relux을 활용하여 예측값과 실측값의 차이를 비교 검증하고자 한다.



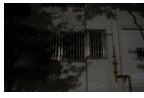









## 2. 연구 방법

### 2.1 연구대상

Table 1은 도로조명으로 인한 주택 실내에 침입광이 미치는 영향을 파악하기 위한 조사대상지역은 10개 지점이다. 침입광 조사 대상은 양평 등 자연휴양림 지역, 이천 등 주요 농림지역, 경기도 등 대도시 공동주택 밀집 지역 및 상업지역의 도로변 주택가로 선정하였다.

빛공해 공정시험 기준(2013)에 따라 주거지 연직면 조도 측정은 옥외측정을 원칙으로 하였으며, 주택창면 중 연직면 조도가 높을 것으로 예상되는 창문 밖 창면 2지점 이상의 측정지점을 선정하여 측정하였다.

Table 1. The status of light pollutions emitted from the region.

| Location | Condition of light pollution   | Type of luminaire   | Region           |
|----------|--|---|------------------|
| Incheon  |  |  | Commercial area  |
| Daejeon  |  |  | Commercial area  |
| Seoul    |  |  | Residential area |
| Seoul    |  |  | Residential area |
| Gwangju  |  |  | Residential area |
| Gwangju  |  |  | Residential area |

|             |  |  |                          |
|-------------|--|--|--------------------------|
| Daejeon     |  |  | Residential area         |
| Anyang      |  |  | Residential area         |
| Icheon      |  |  | Agriculture area         |
| Yang-pyeong |  |  | Natural environment area |

### 2.2 측정방법

주택 창면 침입광 평가를 위한 조도 측정은 주택창면의 연직면 조도를 측정하였다. 본 연구에서 사용한 조도계는 IM-5M(TOPCON Company, Japan)으로, KS C 1601 규격에 맞는 정밀급 및 일반형 AA급 조도를 측정할 수 있는 기기이다. 조도 측정 전 영점조정(Calibration)을 통하여 이상 유무를 확인하였다. 조도계의 반응속도를 S(Slow)로 설정하여 창면의 연직면 방향으로 30초 이상 측정하였으며, 위치는 수광부의 측정 기준면에 가급적 일치시키고, 수광부의 중심과 측정하고자 하는 측정점이 일치하도록 하였다. 또한 측정자의 그림자나 측정 자세에 따른 반사가 측정값에 영향을 주지 않도록 하였다.

### 2.3 Relux 조명환경 시뮬레이션

옥외조명의 주택창면-가로등 거리에 따른 침입광 영향을 조명분석 프로그램(Relux)을 이용하여 예측하였다. 실제 현장에서 측정한 대상지역의 도로조명의 조건을 검토하기 위하여, 주택창면을 기준으로 옥외조명까지의 거리(L), 지면에서 조명기구까지의 높이(H), 창면에서 옥외조명까지 좌우측 거리(W)를 조사하였다(Fig. 1).

주택 앞의 도로조명은 1개 있는 것으로 가정하였으며, 도로조명으로 인한 침입광 예측 시 도로조건은 조사대상 지역과 동일한 왕복 2차선 및 4차선 등으로 하였다. 기타 도로의 노면 휘도계수, 조명기구의 보수율 등은 국토해양부에서 제시한 도로안전시설 설치 및 관리지침에 따라 0.07 sr<sup>-1</sup>(R3등급) 및 0.7로 설정하였다[11-12].

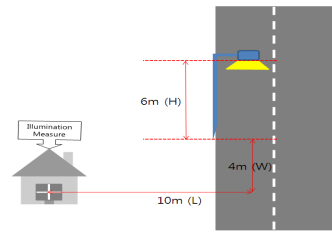


Fig. 1. The location of streetlight for RELUX analysis.

도로의 반사율 같은 경우에는 실제 대상지역의 도로 재질(아스팔트, 콘크리트 등)에 따라 구분하여 적용하였다. 조명기구의 경사각도는 0°로 하여 대상지역에서 사용되고 있는 조명기구를 동일하게 적용하였으며, 조명기구 배광 특성은 Table 2와 같다.

Table 2. The lighting apparatus for using by relux program.

| Road lighting |  | Illumination lamp | Total luminous (lumen) |
|---------------|--|-------------------|------------------------|
| Luminaire A   |  | NH 250W           | 21,380                 |
| Luminaire B   |  | NH 250W           | 18,349                 |
| Luminaire C   |  | CMH 250W          | 18,778                 |
| Luminaire D   |  | NH 250W           | 22,718                 |
| Luminaire E   |  | CMH 150W          | 9,786                  |
| Luminaire F   |  | MH 250W           | 18,333                 |

Table 3은 Relux 프로그램 실행 시, 조사대상지역과 유사한 조건에서 작업하기 위하여 각각의 대상지역에 대한 주택창면과 도로조명 사이의 위치정보를 나타낸 것이다. 주택창면을 기준으로 도로조명의 위치가 대부분 정면에 위치하지 않아서, 높이(H)·앞뒤(L)·좌우측(W)의 정보는 도로조명의 데이터를 조사하였다.

**Table 3.** The conditions of the position between on the window and outdoor lighting

| Area                     | Date of measurement | Positional information of illumination (unit : m) |            |           |
|--------------------------|---------------------|---|------------|-----------|
|                          |                     | height (H)  | Length (L) | Width (W) |
| Incheon (commerce)       | 2011.06.28          | 10.0  | 11.0       | 10.7      |
| Daejeon (commerce)       | 2011.06.30          | 9.0   | 29.4       | 5.2       |
| Seoul (resident)         | 2011.07.01          | 0   | 30.9       | 4.5       |
| Seoul (resident)         | 2011.07.01          | 9.0   | 22.0       | 12.0      |
| Gwangju (resident)       | 2011.06.30          | 10.0  | 19.0       | 6.0       |
| Gwangju (resident)       | 2011.06.30          | 8.0   | 7.3        | 7.5       |
| Daejeon (resident)       | 2011.07.01          | 9.0   | 10.0       | 17.0      |
| Anyang (resident)        | 2011.06.21          | 12.9  | 5.8        | 0         |
| Icheon (agriculture)     | 2011.07.17          | 7.5   | 13.0       | 7.4       |
| Yangpyeong (environment) | 2011.07.18          | 6.5   | 14.0       | 0         |

가까이 위치될수록 침입광은 높아짐을 알 수 있었다.

**Table 4.** The measurement values of the survey region according to streetlight

| Area                     | Type        | Measurement values (lx) |      |      |      |
|--------------------------|-------------|-------------------------|------|------|------|
|                          |             | 1                       | 2    | 3    | Max  |
| Incheon (commerce)       | Luminaire B | 3.64                    | 3.84 | 2.54 | 3.84 |
| Daejeon (commerce)       | Luminaire C | 1.30                    | 1.50 | 1.10 | 1.50 |
| Seoul (resident)         | Luminaire C | 0.98                    | 1.12 | 1.23 | 1.23 |
| Seoul (resident)         | Luminaire F | 1.50                    | 0.96 | 1.04 | 1.50 |
| Gwangju (resident)       | Luminaire A | 1.80                    | 2.00 | 2.40 | 2.40 |
| Gwangju (resident)       | Luminaire F | 36.1                    | 32.5 | 30.5 | 36.1 |
| Daejeon (resident)       | Luminaire E | 5.27                    | 5.06 | 4.98 | 5.27 |
| Anyang (resident)        | Luminaire A | 2.45                    | 2.86 | 1.93 | 2.86 |
| Icheon (agriculture)     | Luminaire D | 4.40                    | 4.00 | 3.60 | 4.40 |
| Yangpyeong (environment) | Luminaire C | 3.10                    | 2.80 | 2.70 | 3.10 |

### 3. 연구결과 및 분석

#### 3.1 조명대상지역 내 연직면 조도 실측값

조사 대상지역(7개 지역 10개 지점)의 주택 창면에 대한 연직면 조도 분포 현황은 Table 4와 같다. 조명기구 F를 사용하는 광주(주거지역)의 조도값은 36.1 lx(Max value)으로, 다른 지역과 비교하여 최소 6.85-29.35배 주택창면에 침입하는 조도값이 높게 나타났다. 이러한 사유는 여타 지역과 비교하여 대체적으로 주택창면을 기준으로 도로조명이 가깝게 설치되어 있어서 높게 나타난 것으로 분석 되었다. 실측값인 조명기구 F는 연직면 조도기준인 10 lx(주거지역에 해당)보다 약 3.6배 초과하는 것으로 나타났으나, 여타 지역은 초과하지 않은 미미한 수준으로 나타났다. 이천(4.40 lx)이나 양평(3.10 lx)은 여타 상업지역 및 주거지역과 비교하여 다소 높게 나타났는데, 이러한 사유는 도로조명 높이가 다른 지역에 비해 낮게 설치되어 있기 때문인 것으로 분석되었다. 본 연구결과로 판단할 때, 주택창면을 기준으로 도로조명의 설치위치 높이(H), 거리(L), 너비(W)가

침입광에 대한 선행연구에서는 서울성곽 인접지역의 174개 가옥 중 131개 가옥(75.3%), 전체 1123개 창문 중 493개 창문(43.9%)에서 침입광이 발생하였다. 또한 일반지역의 경우 66채의 건축물 중 52채, 전체 224개의 창문 중 126개의 창문(56%)에 가로조명으로 인한 침입광 영향이 나타났다[13]. 이는 국내의 주택 침입광에 대한 빛방사 허용기준(2012년)이 확립되기 이전에 조사된 것으로써 국제조명위원회(CIE) 주거지역 기준(소등 전 10 lx 이하, 소등 후 2 lx 이하)을 적용한 결과로써, 현재 빛방사허용기준(소등 유무 상관없이, 10 lx 이하)을 적용 시 초과율은 달라질 것으로 판단된다. 본 연구에서는 측정 데이터가 비록 작으나, 조사지역 중 빛방사허용기준을 적용한 결과 10개 지점중 1개 지역(10%)에서 기준을 초과한 것을 알 수 있었다.

일반적으로 침입광 현상이란 의도하지 않은 곳, 원치 않는 곳 및 필요하지 않는 곳에 조사되어 빛에 의해 피해를 입히는 현상을 말하므로, 주택의 창문으로 직/간접적인 침입광은 수면을 방해하여 생체리듬을 교란할 가능성이 있으므로 관리가 필요할 것으로 사료된다.

### 3.2 Relux 프로그램을 이용한 시뮬레이션

조사대상 조명기구(6종)의 배광 특성의 정보 파일 (IES file)을 조명 배광 분석 프로그램(FTE)에 입력하여 분석하였다. 또한 추가적으로 배광 정보 파일(IES file)의 각 조명 영역별 광도정보를 파악하여, Relux 프로그램 실행 시 이를 적용하였다. Relux를 이용하여 조사대상지역과 유사한 조건을 가정하여, 옥외조명에 따른 주택 침입광 영향을 분석한 결과는 Table 5와 같다.

본 연구에서는 조명기구의 배광 특성 및 옥외조명의 위치에 따라 각 지역에서의 조도값은 다르게 나타났다. 실제 대상지역에서 측정된 조도값과 마찬가지로, 조명기구 F를 사용하는 광주지역(28.40 lx)과 조명기구 E를 사용하는 대전지역(5.92 lx) 순으로 조도값의 차이를 보였다. 특히, 조명기구 F를 사용하는 광주지역은 ‘인공조명 빛공해 방지법 시행규칙’의 연직면 조도기준인 10 lx(주거지역에 해당)를 초과하므로 도로조명의 위치 변경 및 조명기구와 조명램프의 교체가 필요할 것으로 사료된다. 그러나 일부 지자체에서는 예산이 한정되어 있어 차광판을 설치한 방법을 사용하고 있는데, 표면 처리를 하여 설치에 따른 부작용(반사광에 의한 눈부심 등)을 최소화하는 차광판이 제작하여 적용하고 있다[14].

Table 5. The predicted values of the survey region by relux

| Area                     | Type        | Predicted values (lx) |      |      |
|--------------------------|-------------|-----------------------|------|------|
|                          |             | Mean                  | Min  | Max  |
| Incheon (commerce)       | Luminaire B | 3.17                  | 2.57 | 4.05 |
| Daejeon (commerce)       | Luminaire C | 0.74                  | 0.66 | 0.78 |
| Seoul (resident)         | Luminaire C | 0.53                  | 0.49 | 0.61 |
| Seoul (resident)         | Luminaire F | 1.78                  | 1.57 | 1.97 |
| Gwangju (resident)       | Luminaire A | 2.05                  | 1.40 | 2.79 |
| Gwangju (resident)       | Luminaire F | 25.7                  | 16.3 | 28.4 |
| Daejeon (resident)       | Luminaire E | 5.63                  | 5.28 | 5.92 |
| Anyang (resident)        | Luminaire A | 3.75                  | 1.41 | 4.94 |
| Icheon (agriculture)     | Luminaire D | 3.44                  | 2.33 | 4.28 |
| Yangpyeong (environment) | Luminaire C | 1.48                  | 1.16 | 2.13 |

### 3.3 Relux 프로그램 예측값과 실측값 비교

Table 6 및 Fig. 2는 침입광 영향 분석을 위하여 실측값(10개)과 Relux의 예측값과의 오차값 및 상관성 분석을 비교하였다. 침입광 실측값과 Relux 예측값간의 평균 오차는 평균 -0.633, 표준편차 2.631으로 나타났다. 실측값과 예측값의 상관성 분석 결과, 상관계수는 0.993으로 통계적으로 유의한 결과를 나타내었다.

Table 6. Comparison of the vertical illuminances between measurement values and predicted values by relux in the survey region

| No. | Area                     | Type        | M.V <sup>a)</sup> (1) | P.V <sup>b)</sup> (2) | Error (2)-(1) |
|-----|--------------------------|-------------|-----------------------|-----------------------|---------------|
| 1   | Incheon (commerce)       | Luminaire B | 3.84                  | 4.05                  | 0.21          |
| 2   | Daejeon (commerce)       | Luminaire C | 1.50                  | 0.78                  | -0.72         |
| 3   | Seoul (resident)         | Luminaire C | 1.23                  | 0.61                  | -0.62         |
| 4   | Seoul (resident)         | Luminaire F | 1.50                  | 1.97                  | 0.47          |
| 5   | Gwangju (resident)       | Luminaire A | 2.40                  | 2.79                  | 0.39          |
| 6   | Gwangju (resident)       | Luminaire F | 36.10                 | 28.40                 | -7.70         |
| 7   | Daejeon (resident)       | Luminaire E | 5.27                  | 5.92                  | 0.65          |
| 8   | Anyang (resident)        | Luminaire A | 2.86                  | 4.94                  | 2.08          |
| 9   | Icheon (agriculture)     | Luminaire D | 4.40                  | 4.28                  | -0.12         |
| 10  | Yangpyeong (environment) | Luminaire C | 3.10                  | 2.13                  | -0.97         |

a) M.V = Measurement values

b) P.V = Predicted values

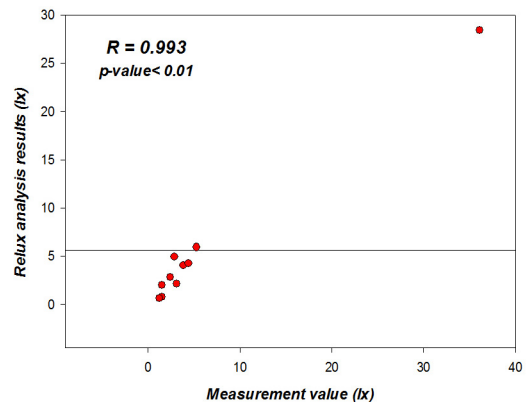


Fig. 2. Correlation coefficients between measurement values and predicted values

본 연구결과, 실측값과 예측값 결과의 상관성이 높으므로 차후 수많은 주택 침입광 계산 시 적용이 가능할 것으로 사료된다.

본 연구에서 예측값과 실측값의 오차가 발생하는 주요한 요인은 다음과 같다. 첫째, 실제 램프 사용기간 정보가 부족하여 도로조명의 보수율을 일괄적으로 0.7로 적용하였기 때문이다. 둘째, 실제 현장에서 조도 측정 시 측정일정의 차이에 따른 주변 환경, 대기 상태 등 여건이 달랐을 경우이다. 셋째, 측정자의 오차로서 가장 밝을 것으로 예상되는 3지점 측정 시 주관적인 시각에 따라 그 지점이 달라지는 경우이다. 이러한 오차가 발생하는 여건을 줄일 수 있는 방안은 다음과 같다. 첫째, 도로조명의 관리 실태를 파악하기 위해 각 지자체별 담당부서와 긴밀한 협조를 통하여 도로조명의 상태를 파악할 수 있다. 둘째, 시간과 상황이 주어진 범위 내에서 대상지역의 주택 침입광에 대한 반복측정이 필요하다. 셋째, 시뮬레이션과 현장에서의 조도값을 비교하기 위해서, 현장내에서 한명이 아닌 다수의 측정자를 통한 조도 측정값을 비교 분석하여 오차를 줄일 수 있을 것으로 판단된다.

빛공해 방지법이 제정(2012년)된 이후, 대상지역의 조명환경관리 구역을 지정한 후 기존의 조명시설의 경우 5년의 유예기간을 두어 개선하도록 하였으며, 신규 조명시설의 경우 즉시 빛방사허용기준을 시행되어야 한다. 현재, 빛공해 관련 환경영향평가가 지역별로 시행중이며 특히, 서울·광주는 전지역을 조명환경관리구역으로 지정하였다. 하지만 빛공해에 대한 지자체에 대한 예산 및 인력이 부족한 실정으로, 실제 현장에서 도로조명에 대한 주택침입광을 파악하는건 쉽지 않다. 각 지자체별 도로조명에 대한 관리가 정확하게 이루어지고 있다면, 기존의 조명의 경우 배광패널 및 설치 위치가 파악되었을 경우 시뮬레이션 프로그램(Relux)을 활용하여 실태 파악이 가능할 것으로 판단된다. 특히, 신규로 설치되는 도로조명의 경우, 설치되기 이전에 시뮬레이션 프로그램을 통하여 주택침입광에 대한 사전조사 목적으로 이용 가능하며, 빛방사허용기준을 초과할 경우 설치 위치 및 램프의 출력사양 또는 차광판과 글러브 내부의 코팅 방식 등 빛공해 저감 방식 선택시 경제적인 기여도가 있을 것으로 판단된다.

## 4. 결론

본 연구에서는 서울, 인천 등 7개 지역 10지점의 대상 지역 내 옥외조명으로 인한 주택침입광을 조사하였으며, 조명대상지역의 환경과 유사한 조건하에 조명 시뮬레이션 프로그램(Relux)을 이용한 예측값을 비교하였다. 주거지 연직면 조도측정은 빛공해 공정 기준에 따라 침입광 피해가 예상되는 주택창면 중 연직면 조도가 가장 높을 것으로 예상되는 창문 밖 창면 2지점 이상의 측정지점을 선정·측정하였으며, 그 중 가장 높은 조도를 Relux 프로그램을 이용한 최대값과 비교하였다.

조명기구 F를 사용하는 광주(주거지역)의 조도값은 36.10 lx(Max value)로, 다른 지역과 비교하여 최소 6.85-29.35배 주택창면에 침입하는 조도값이 높게 나타났다. 주택창면을 기준으로 도로조명의 설치위치 높이(H), 거리(L), 너비(W)가 멀리 위치될수록 침입광은 낮아짐을 알 수 있었다.

Relux를 이용하여 시뮬레이션을 실시한 결과, 조명기구의 배광 특성 및 옥외조명의 위치에 따라 각 지역에서의 조도값은 다르게 나타났다. 조명기구 F를 사용하는 광주지역(28.40 lx)과 조명기구 E를 사용하는 대전지역(5.92 lx) 순으로 조도값의 차이를 보였다.

침입광 실측값과 Relux 예측값간의 평균 오차는 평균 -0.633, 표준편차 2.631이며, 상관성 분석 결과에서는  $R=0.993$ 으로 통계적으로 유의한 결과를 나타내었다 ( $p<0.01$ ). 본 연구에서는 실측값과 예측값 결과의 상관성이 높으므로 차후 수많은 주택 침입광 계산이 가능할 것으로 사료된다.

비록 많은 양의 데이터를 적용하지 못한 제한점이 존재하지만, 전체적으로 Relux 프로그램을 이용한 예측값과 실제 측정값은 본 연구에서는 유사한 경향을 나타내었다. 향후 신뢰도 향상을 위하여 많은 양의 데이터와 앞에서 전술한 3가지 오차요인을 반영한 추가적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

## References

- [1] National Institute of Environmental Research(NIER), Study on a guidelines to reduce the light pollution emitted from the road lighting fixtures, pp. 1-31, 2011.
- [2] National Institute of Environmental Research(NIER), Study on a standard method of measurement for light

pollution, pp. 1-10, 2012.

- [3] CIE 126, Guidelines for Minimizing Sky Glow, 1997.
- [4] CIE 150, Guide on the Limitation of the Effects of Obtrusive Light from Outdoor Lighting Installations, 2003.
- [5] IESNA RP-33-99, Lighting for Exterior Environments, 2008.
- [6] Ministry of Environment(ME), Development of Health Risk Assessment Technology and System of Light Pollution, 1-239, 2015.
- [7] Park, H. K., Gu, J. H., Lee, K. M., A study on selecting of Light Cutoff Panel depending on the installation condition using the lighting simulation. Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, 17( 2), 246-251, 2016.  
DOI: <https://doi.org/10.5762/KAIS.2016.17.2.246>
- [8] IESNA & IDA, Model Lighting Ordinance(MLO), 2011.
- [9] Hong, S.D., Lighting Simulation using Relux. Journal of Korean Digital Architecture?Interior Association vol. 11, no. 1, 83-90, 2011.
- [10] Jung, J.H., Lee, K.M., Gu, J.H., The Study of domestic application for the Guideline of Model Outdoor Lighting Ordinance, Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers vol. 26, no. 11, 20-29, 2012.  
DOI: <https://doi.org/10.5207/JIEIE.2012.26.11.020>
- [11] Ministry of Land(ML), Transprt and Maritime Affairs, Rule about the structures and the facilities of the road, 2009.
- [12] Ministry of Land(ML), Transport and Maritime Affairs, Guideline for the installation and the management of the road safety facilities, 2011.
- [13] Ha, Na., Kim, J. T., A Field Investigation on Light Trespass of Residential Buildings by Street Lighting, Journal of the KIEAE, vol. 10, no. 2, 71-78, 2010.
- [14] Gu, J. H., Kwon, M. H., Lee, Y. G., Study on a Forward Light Changes According to the Surface Treatment of Light Cutoff Panel, Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers, vol. 28, no. 12, 1-5, 2014.  
DOI: <https://doi.org/10.5207/JIEIE.2014.28.12.001>

---

**박 형 규(Hyung-Kyu Park)**

[정회원]



- 2007년 8월 : 한양대학교 공학대학원 (환경공학석사)
- 2004년 1월 ~ 현재 : 국립환경과학원 생활환경연구과

<관심분야>

소음진동, 빛공해

---

**정 준 식(Joon-Sig Jung)**

[정회원]



- 2014년 2월 : 한양대학교 일반대학원 보건학과 (보건학 박사)
- 2014년 3월 ~ 2017년 3월 : 국립환경과학원 생활환경연구과 Post. Doc Researcher
- 2017년 8월 ~ 현재 : 국립환경과학원 생활환경연구과 연구사

<관심분야>

환경 보건학, 산업 보건학, 인체 노출평가

---

**정 대 관(Dae-Kwan Jung)**

[정회원]



- 2008년 2월 : 금오공과대학교 환경공학과 (공학석사)
- 2009년 10월 ~ 현재 : 국립환경과학원 생활환경연구과

<관심분야>

빛공해, 소음진동, 전자파