



## 빛공해 실태 파악을 위한 공공참여 웹 사이트 구축

이동현<sup>1</sup> · 천상현<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>홍익대학교 일반대학원 도시계획과 석사과정

<sup>2</sup>홍익대학교 도시공학과 교수

## Establishment of a public participation website for understanding the status of light pollution

DongHyeon Lee<sup>1</sup> · SangHyun Cheon<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Urban Design and Planning, Hongik University Graduate School, Seoul, Korea

<sup>2</sup>Department of Urban Design and Planning, Hongik University, Seoul, Korea

### [요약]

인공조명의 사용이 증가하고 도시지역이 팽창함에 따라 과도한 야간조명으로 인해 피해를 입는 사례가 증가하고 있다. 본 연구에서는 공공 참여형 빛공해 웹사이트인 Open Light Map을 제작하여 빛공해에 관한 대중의 의견을 파악함으로써, 시민 참여적 빛공해 관리방안 실현에 도움을 주고자 한다. 본 연구는 참여형 웹사이트를 구축하여 최근에 대두된 사회문제인 빛공해를 시민들에게 인식시키고, 대중의 참여를 이끌어내어 시민들의 체감 빛공해에 초점을 맞춘 시민 참여적 빛공해 관리정책 실현에 도움을 주었다는 데에 그 의의가 있다. 본 연구의 결과를 활용하면 도시민의 체감 피해에 대한 정보를 지속적으로 수집이 가능하므로 도시의 물리적 환경 특성과 빛공해 특성에 맞는 도시 및 건축적 공간 중심의 빛공해 관리방안을 수립할 수 있을 것으로 기대된다.

### [Abstract]

As the use of artificial lighting increases in urban areas, there are growing numbers of damages caused by excessive nighttime lighting. In this study, we introduce a method to facilitate public participation in light pollution management, by developing a website called Open Light Map (OLM) which can collect public opinions about light pollution. This study can help to manage light pollution in a more participatory way, focusing on citizen's experience. The results of this study can provide a platform which can continuously collect the data on light pollution damages. We expect that our efforts contribute to establishing a light pollution management system that can be on the basis of urban physical and architectural environments and people's experience in cities.

색인어 : 빛공해, 오픈플랫폼, 웹 사이트, 참여형 인터페이스

Key word : Light pollution, Open platform, Web site, Participatory interface

<http://dx.doi.org/10.9728/dcs.2019.20.2.413>



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.

Received 07 January 2019; Revised 01 February 2019

Accepted 20 February 2019

\*Corresponding Author; SangHyun Cheon

Tel: +82-2-320-1132

E-mail: scheon@gmail.com

## I. 서 론

### 1.1 연구의 배경

인공조명의 사용이 증가하고 도시지역이 팽창함에 따라 과도한 인공조명의 사용으로 인해 피해를 입는 사례가 늘어나고 있다. 과도한 야간조명은 수면의 질을 저하시켜 현대인의 건강에 악영향을 줄 수 있으며[1], 농작물의 수확량을 감소시켜 생산 활동에 직접적인 피해를 끼칠 수 있다[2]. 이에 환경부가 제정한 <인공조명에 의한 빛공해 방지법>(이하 ‘빛공해방지법’)에서는 인공조명의 부적절한 사용으로 인한 과도한 빛뿐만 아니라, 비추고자 하는 조명영역 밖으로 누출되는 빛을 국민 건강과 쾌적한 생활을 방해하고 환경에 피해를 주는 것으로 규정하고 신종 환경오염인 빛공해로 정의하였다. 서울특별시의 2017년 빛공해 민원현황 분석보고 자료에 따르면 빛공해에 관한 민원이 2013년 773건에서 2017년 2,413건으로 크게 증가함을 알 수 있다.

빛공해를 체계적으로 관리하기 위해 환경부에서는 2013년 2월부터 빛공해방지법을 시행하였다. 서울시에서는 <서울특별시 빛공해 방지 및 좋은빛 형성 관리조례>를 통해 조명환경관리구역을 정하고 각 구역에 대한 광원의 조도와 휙도의 허용 최대치를 제시하여, 이를 초과하는 조명기구 소유자에 대한 개선 명령에 주력하는 등 빛공해 피해를 방지하고자 하였다.

하지만 빛공해는 다른 공해에 비해 비교적 최근에 인지된 환경오염으로서 대다수의 시민들이 그 위험성과 유형, 유발요인에 대해 제대로 인식하고 있지 못하다. 이에 환경부에서는 시민들에게 웹 사이트를 통해 빛공해에 대한 정보를 제공하여 인식을 제고하고 있다. 아울러 국내 빛공해 방지정책과 다양한 방안을 설명하기 위해 “좋은 빛 정보센터”를 만들어 시민들의 빛공해 인식을 향상시키고 있다[3].

빛공해는 지역의 특성, 주변 환경, 주거시설의 형태 등에 따라 공해로 인식할 수 있는 빛 환경과 빛의 세기가 다르다. 예를 들어, 상업시설이 밀집된 번화가에서 분위기를 돋우는데 도움을 주는 빛의 밝기와 주거지역에서 치안 유지에 도움을 줄 수 있는 빛의 밝기는 다를 수 있다. 따라서 시간과 장소에 따라 시민들이 체감한 빛공해의 특징과 빛 방사량 수준을 반영한 조명 관리정책이 빛공해 방지에 필요하다. 이를 위해 시민들의 빛공해 인식을 제고하고, 빛공해 체감과 피해 사례 자료를 축적하며, 나아가 빛공해 관리방안의 토론과 의견수렴을 위한 장의 마련이 필요하다.

### 1.2 연구의 목적

이에 본 연구에서는 빛공해 관리에 시민들의 피해실태와 다양한 의견을 반영할 수 있는 공공참여형 빛공해 웹사이트를 제작하는 것을 목적으로 한다. 웹사이트는 접근성이 용이하므로 많은 시민들의 빛공해에 대한 인지 및 피해경험에 대한 정보공유와 의견수렴을 위한 수단으로 적합하다[4]. 또한, 빛공해 경험

에 대한 감정과 빛공해를 유발하는 광원에 대한 다량의 데이터를 축적할 수 있어 빛공해 관리방안을 고안하기 위한 참고자료를 구축할 수 있다. 현재 환경부 주관 “좋은 빛 정보센터”를 통해 빛공해와 관련 정보가 제공되고 있으나, 정보전달에 중점을 두고 있기 때문에 빛공해 피해와 체감에 대한 시민의 경험과 의견을 받아들이는 장으로서의 역할에는 미흡한 실정이다. 따라서 본 연구를 통해 제안하고 구축한 공공참여형 웹 사이트인 Open Light Map은 빛공해에 관한 대중의 경험을 공유하고 의견을 수렴하는 다양한 인터페이스를 구현함으로써 시민 참여적 빛공해 관리방안 실현에 도움을 주고자 한다.

이를 위해 본 연구의 결과물인 Open Light Map에서는, 첫째, 대중에게 빛공해의 실태 및 위험성에 대해 알리고, 빛공해를 발생시킬 수 있는 도시 환경 및 시설에 대해서 저자가 기준에 수행한 연구를 중심으로 정보를 공유한다. 빛공해에 대한 기본적인 정보 제공과 빛공해를 유발하는 시설 및 공간특성에 대한 이해 증진을 통해 빛공해에 대한 시민들의 종합적 인지도를 향상 시킬 수 있다. 둘째, 시민들이 직접 체험한 빛공해의 경험과 감정을 기록하고, 이를 지도에 표현하여 체감 빛공해 실태를 한 눈에 파악할 수 있도록 한다. 마지막으로 시민들이 서로의 빛공해 경험에 대해 의견을 제시하고 토론할 수 있는 소통의 장을 제공한다. 빛공해에 대한 의견과 논의 결과는 빛공해 대책 마련을 위한 참고자료 및 데이터로 활용될 수 있을 것이다. 따라서 본 연구가 구축한 Open Light Map을 활용할 경우 도시민의 체감 빛공해가 반영된 참여형 빛공해 관리방안의 수립이 용이하게 될 수 있을 것으로 기대된다.

## II. 선행연구검토

### 2.1 해외 빛공해 관련 웹 사이트 검토

현재 이용 가능한 빛공해 관련 웹 사이트로는 해외의 Light pollution map([www.lightpollutionmap.info](http://www.lightpollutionmap.info)), Globe at Night program([www.globeatnight.org](http://www.globeatnight.org)), 국내의 좋은 빛 정보센터 ([www.goodlight.or.kr](http://www.goodlight.or.kr))가 있다.

Light pollution map과 Globe at Night program의 주요 콘텐츠는 광역적 빛공해 지도를 제공하는 것이다. Light pollution map은 인공위성에서 수집되는 영상 데이터를 기반으로 구축한 빛공해 지도를 전 세계 차원에서 제공 중이며, 2010년부터 2018년까지 빛공해 현황을 파악할 수 있다. 또한, 천공 현상(skyglow) 측정에 이용되는 Sky Quality Meter(SQM) 장비를 사용하여 개인 연구자들이 수집한 국소지역 데이터를 추가한 빛공해 지도를 제공 중이다. 기존의 광역적 빛공해 지도에 새로운 레이어를 중첩(overlap)하여 일부지역에서는 세밀한 빛공해 실태를 확인할 수 있다.

Globe at night program은 일반 시민과 과학자들이 SQM과 개별 스마트폰 애플리케이션(예 : Dark Sky Meter, loss of Night)을 통해 촬영한 사진에 좌표를 부여한 후, 천공 현상의 심

각도로 전환하여 제공하는 등 여러 위계의 데이터를 통합하여 빛공해의 진단과 공유의 목적을 구현하고 있다.

그러나 Light pollution map 과 Globe at Night program에서 제공하고 있는 정량적 빛공해 지도는 지도의 범위가 전 세계 차원이므로 도시, 지역 수준에서 사용자가 원하는 지역의 빛공해 실태를 세밀하게 파악하기에 어려움이 있다. 또한, SQM 장비를 통해 측정한 빛공해 정보는 국소지역의 데이터에 한정되어 있어 국내 빛공해 현황을 파악하기에는 한계가 있다.

## 2.2 국내 빛공해 관련 웹 사이트 검토

국내의 경우, 좋은 빛 정보센터 웹 사이트를 활용하여 빛공해 방지법과 빛 방사 허용기준에 대해 소개하고, 빛공해 간편 측정서비스를 제공하고 있다. 빛공해 간편 측정 서비스는 사용자가 측정이 가능한 디지털 카메라를 이용해 찍은 사진을 업로드하고, 분석의뢰서를 작성하면 관리자가 사진의 분석 가능여부를 판단한 후에 휙도분석을 실시하여 휙도 분포도, 최대 휙도 값, 평균 휙도 값, 분석결과가 입력된 결과 보고서를 제공하는 서비스이다.

Globe at Night program과 좋은 빛 정보센터는 모두 시민들이 직접 찍은 사진을 업로드 하여 빛공해 피해사례를 공유할 수 있으나, Globe at Night program의 경우 그 지역에서 관측할 수 있는 별자리 사진을 찍어서 빛공해의 정도를 판단하는 것으로 천문 관측의 어려움에 초점을 두고 빛공해를 진단한다. 이로 인해 도시에서 발생하는 빛공해 현황이나 피해를 파악하기 어렵다는 한계가 있다. 또한, 좋은 빛 정보센터는 휙도 분석을 실시하기 위해 촬영 가능한 디지털 카메라의 종류에 제한이 있고, 휙도 값을 도출하여 빛공해를 판단하기 때문에 절대적인 수치를 기준으로 삼아 규제하기에는 힘든 인공조명의 특성을 반영하지 못한다는 아쉬움이 있다.

## 2.3 본 연구의 차별점

저자가 리뷰한 바로는 빛 공해 관련 웹 사이트는 위에 제시한 3개의 웹 사이트 이외에는 없어 빛공해에 대한 정보 공유가 부족한 상황이다. 또한, 기존에 구축되어 있는 빛공해 관련 웹 사이트들은 주로 빛공해 현황에 대한 정보 제공과 제한적인 수준의 시민 참여를 가능하게 하기 때문에 빛공해에 대한 다양한 의견을 공유하는 것은 어려운 실정이다. 이에 본 연구에서는 정보 제공이라는 기존의 웹 사이트 기능에서 나아가 정보의 수집 및 자체 조직화를 통한 정보의 생산을 가능하게 하는 시민 참여형 빛공해 웹 사이트를 제작하였다.

기존 웹 사이트에 비해 본 웹 사이트가 가지는 차별성은 다음과 같이 정리할 수 있다. 본 웹 사이트는 세밀한 수준의 빛공해 지도를 제작하여 시민들에게 빛공해 관련 정보를 제공하고 체감정도를 고려한 빛공해 지도를 제작하여 빛공해로 인한 실질적인 피해를 파악하고자 하였다. 아울러 시민들이 직접 빛공해 피해 경험을 업로드하여, 이에 대한 의견들을 다양하게 소통

할 수 있는 장을 마련하였다.

본 연구에서는 웹 사이트를 세 가지 빛공해 지도로 구성하여 본 연구의 차별성을 구현하였다. 첫째, 서울시와 수도권의 빛방사량을 보여주는 정량적 빛공해 지도는 약 80m\*80m의 공간 해상도로 기존의 웹 사이트가 제공하고 있는 공간해상도 수준보다 더욱 세밀한 수준에서 파악 가능하게 하며 이는 시민들이 원하는 지역의 빛 방사량을 자세하게 알 수 있다는 이점을 제공한다. 둘째, 서울시 거주자를 대상으로 한 설문조사를 바탕으로 체감형 빛공해 지도를 제작함으로써 천공현상을 기준으로 빛공해를 판단하는 기존 웹 사이트에 비해 수면방해나, 통행 시 눈부심 등 도시민의 건강에 직접적으로 관련 있는 빛공해를 파악 가능하다는 것에 차별성이 있다.셋째, 시민들이 직접 빛공해 피해를 지도에 맵핑하는 방식인 참여형 빛공해 지도는 제한적 수준의 시민참여를 가능하게 하는 기존 웹사이트에 비해 더욱 적극적인 시민참여를 가능하게 함으로써 시민들이 적극적으로 빛공해 실태를 알리고, 이에 대한 본인의 의견들을 다양하게 소통할 수 있도록 하였다.

## III. 연구방법론 : Open Light Map의 디자인 컨셉

본 연구에서는 시민 참여형 오픈 플랫폼인 Open Light Map을 구축하기 위하여 ArcGIS Hub를 주로 이용하였다. ArcGIS Hub는 대화형 플랫폼 사이트로 웹 사이트나 앱에서 오픈데이터를 공유함으로써 여러 사람들이 함께 문제를 해결할 수 있다는 이점이 있다. 이와 더불어 맵, 이미지 등 공간데이터와 시트, PDF 등 비공간 데이터의 처리를 동시에 구현할 수 있어 빛공해 현황 지도 등 빛공해 관련 정보제공과 빛공해 문제 해결을 위한 의견공유, 참여형 지도제작을 가능하게 한다.

또한, 웹 사이트 내 콘텐츠 제작을 위하여 ArcGIS Online 툴을 사용한다. ArcGIS Online은 ArcGIS Hub와 실시간 연동이 가능하므로 빛공해 지도 정보에 대해 정보가 업데이트 될 경우 웹사이트 관리자가 손쉽게 수정할 수 있다. ArcGIS Online에서 제공하는 ‘스토리맵(Story Map)’ 템플릿을 활용하면 빛공해 지도 및 관련 정보를 알기 쉽게 설명할 수 있다. 아울러 해당 툴을 사용하면 정량적 데이터 처리를 통해 구축한 빛 방사량 데이터베이스에 기반한 빛공해 지도와 체감 빛공해 지도 제작이 가능하다.

ArcGIS Hub는 지리정보프로그램인 ArcGIS를 웹상에서 표현할 수 있게 만든 것으로 지도를 표현하고 공유하는 데 매우 적합한 툴이나 매핑을 위한 기본 지식이 필요하고, 참여자들이 ArcGIS의 계정을 가지고 있어야 하기 때문에 일반 시민들이 손쉽게 접근하기에는 한계가 있다. 이에 본 연구에서는 Mapplerk3 툴을 사용하여 시민 참여형 지도 제작(커뮤니티 매핑)을 보다 쉽게 접근할 수 있도록 하였다. Mapplerk3는 원하는 주제에 대해 시민들이 참여하여 커뮤니티 지도를 만들 수 있는

프로그램으로, 지도 위에 포인트를 찍어 사진을 올린 후 제작자가 구성한 설문에 응답하는 방식으로 데이터를 업로드 할 수 있다. 또한, 각 포인트에 덧글을 달아 의견을 자유롭게 공유할 수 있다. 이를 활용하여 시민들이 경험한 빛공해를 바탕으로 이에 대한 내용을 직접 업로드 함으로써 참여형 빛공해 지도의 제작이 가능하게 하였다.

본 연구에서 사용한 주요 툴은 아래 <표 1>에 제시되어 있다.

**표 1. 웹 사이트 구축에 사용한 툴**

**Table 1. Tools used for building Web sites**

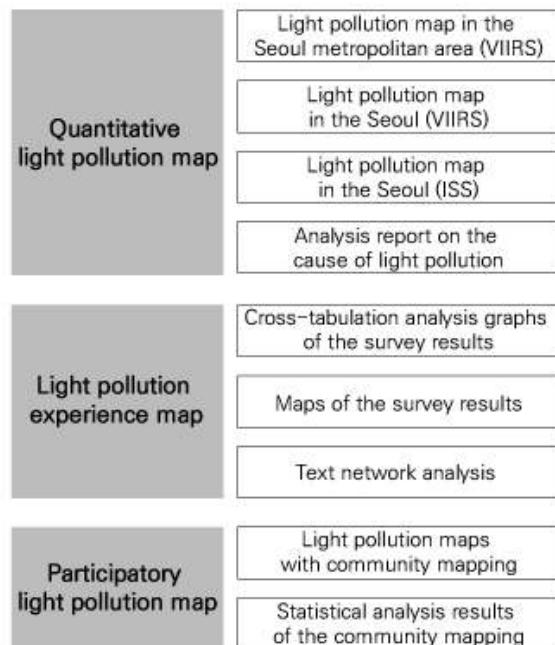
Tools	Main functions	Web pages
ArcGIS Hub	<ul style="list-style-type: none"> <li>Processing data such as maps and images</li> <li>Configuring the platform site</li> </ul>	Home page
ArcGIS Online Storymap	<ul style="list-style-type: none"> <li>Creating a web map by uploading a map</li> <li>Configuring a story map with web maps and images.</li> <li>Working in real time with ArcGIS Hub</li> </ul>	Quantitative light pollution map Light pollution experience map
Mapplerk3	<ul style="list-style-type: none"> <li>Uploading data on the map</li> <li>Sharing opinions with comments</li> </ul>	Participatory light pollution map

## IV. 웹 사이트의 구성과 내용

### 4.1 웹 사이트의 구성

공공참여형 빛공해 웹 사이트 Open Light Map은 사이트 URL주소 (<http://olm-lightpollution.opendata.arcgis.com>)를 통해 접속할 수 있고, 총 세 가지의 빛공해 지도로 구성된다. 첫 번째

는 시민들에게 빛공해의 실태를 알리기 위한 정량적인 빛 방사량에 기반한 빛공해 지도이며, 두 번째는 빛공해에 대한 시민들의 생각을 나타내는 체감형 빛공해 지도이다. 마지막으로 체감형 빛공해 지도에서 나아가 빛공해 경험을 토대로 직접 참여를 통해 지도를 만들고 의견을 공유하는 참여형 빛공해 지도가 있다. Open Light Map의 전체적 구조도(site map)는 <그림 1>에 제시되어 있다.



**그림 1. 사이트 맵**

**Figure 1. Site map**



**그림 2. 웹 사이트 메인 페이지**

**Figure 2. The main page of Web site**

메인 페이지에는 총 4개의 배너를 두어 정량적, 체감형, 참여형 빛공해 지도를 한눈에 확인할 수 있도록 구성되어 있다. 각각의 배너를 클릭 할 경우 해당 지도로 이동하게 된다. 또한, 하단에는 검색창을 두어 관련 데이터에서 원하는 정보를 쉽고 빠르게 얻을 수 있도록 구성하였다(그림 2 참조).

## 4.2 정량적 빛공해 지도

### 4.2.1 VIIRS 데이터를 이용한 정량적 빛공해 지도

지역별 빛공해 현황을 한눈에 볼 수 있도록 하기위해 본 연구에서는 Suomi-NPP 인공위성을 통해 수집되는 야간 조명 데이터인 VIIRS(Visible Infrared Imaging Radiometer Suite) 데이터를 이용하였다. VIIRS 데이터는 미국 해양대기청의 지구 관측 연구소(Earth Observation Group(EOG) of National Oceanic and Atmospheric Administration(NOAA))에서 제공하는 데이터이다. 해당 데이터는 2012년 4월부터 2018년 10월까지 일광, 월광, 반사광 등의 일시적 빛은 제거하고, 지속적으로 방사되는 불빛만을 수집하고 가공하여 15-arcsec(서울시 기준 거리: 367.6m, 세로: 462.3m)의 공간해상도로 각 픽셀의 복사 휘도값(Radiance: uWatt/cm<sup>2</sup>\*sr)을 나타낸 것이다[8],[9]. VIIRS 데이터를 사용할 경우, 야간 조명도를 정량적으로 관찰할 수 있기 때문에 2012년부터 2016년 까지 빛 방사량 변화와 이를 통해 도출된 빛공해 위험지역을 한눈에 볼 수 있어 어느 지역에서 빛공해가 얼마나 발생되고 있는지 쉽게 알 수 있다는 이점이 있다[10]. 정량적 빛공해 지도 제작 및 분석 과정은 <그림 3>에 제시되어 있다.

첫째, VIIRS 데이터를 이용하여 2012년부터 2016년까지의

월별 빛 방사량 데이터를 수집하였다. 둘째, 월별 빛 방사량의 분포를 확인하고, 계절에 따라 빛 방사량이 차이를 보이는지 검토하였다. 셋째, 노이즈 처리기준에 따라 이상값을 제거하고, 인공조명의 사용 시간이 긴 겨울(12,1,2,3월)과, 다른 달에 비해 인공조명 방사량이 현저히 낮은 여름(6,7,8,9월)을 제외한 4,10,11월 세 달의 평균치를 사용하여 데이터를 구축하였다[11]. 마지막으로 제작된 서울시 빛공해 지도를 바탕으로 서울시의 빛 방사량 변화를 확인하고 빛공해를 유발하는 도시 물리적 환경특성을 도출하였다.

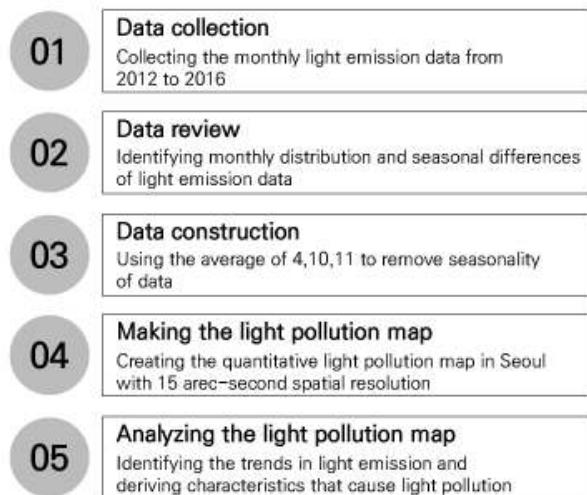


그림 3. 정량적 빛공해 지도 제작 및 분석 과정

Figure 3. Quantitative light pollution mapping and analysis process

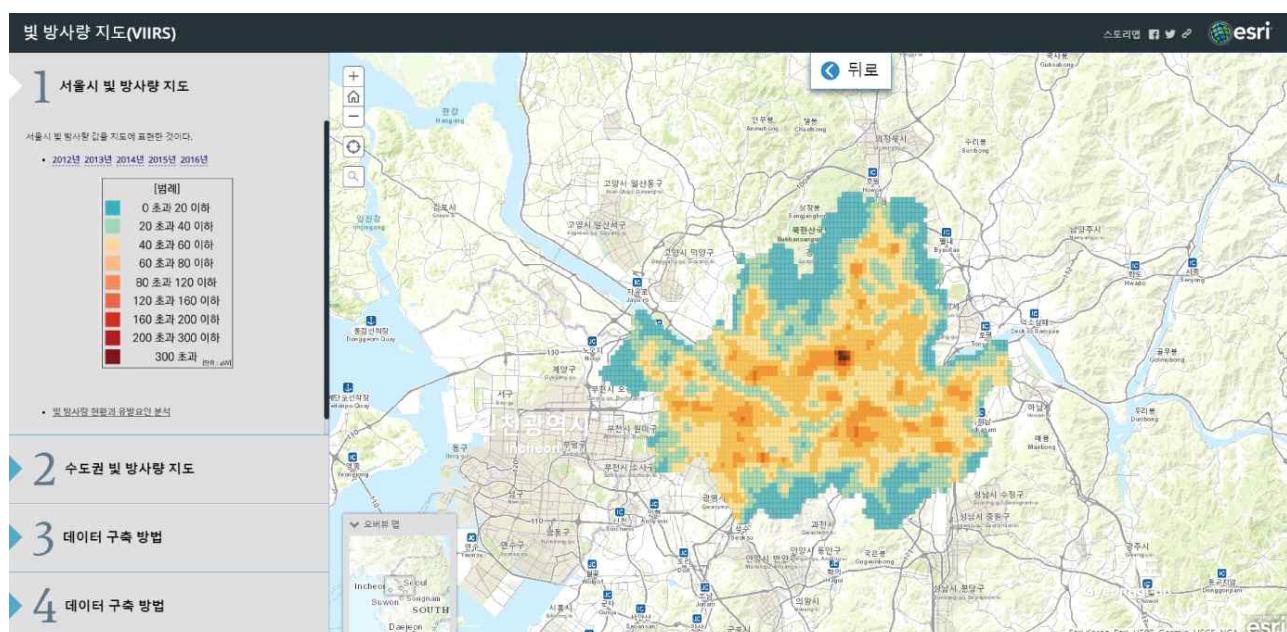


그림 4. 빛공해 현황 지도(VIIRS)

Figure 4. Light pollution status map(VIIRS)

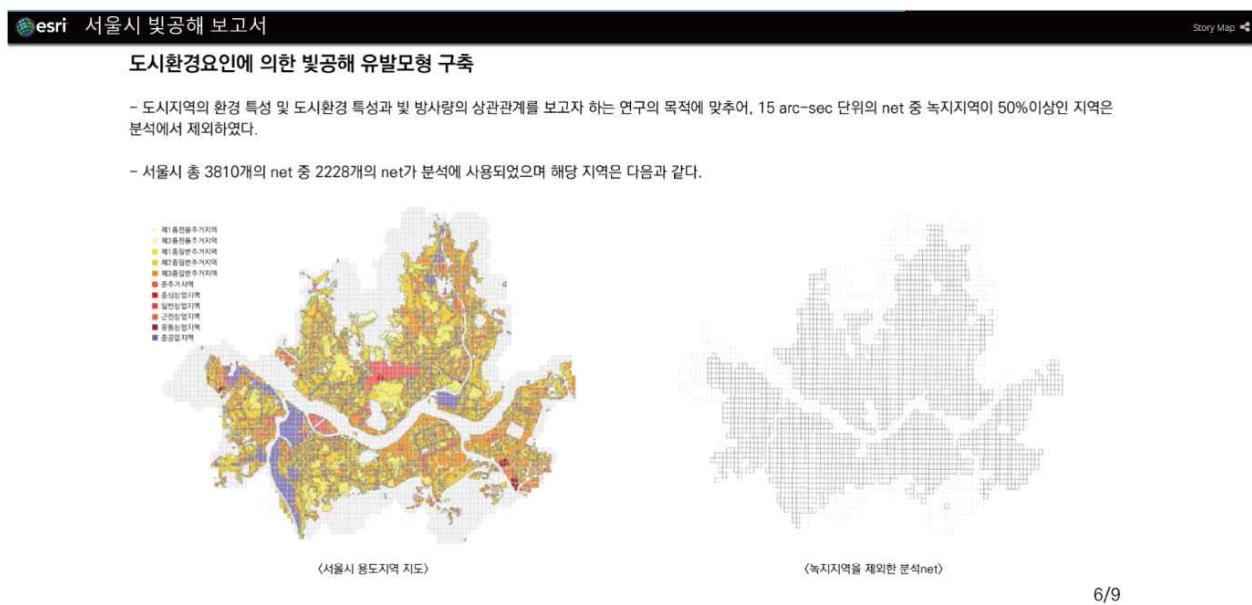


그림 5. 서울시 빛공해 보고서

Figure 5. Analysis report on the cause of light pollution in Seoul

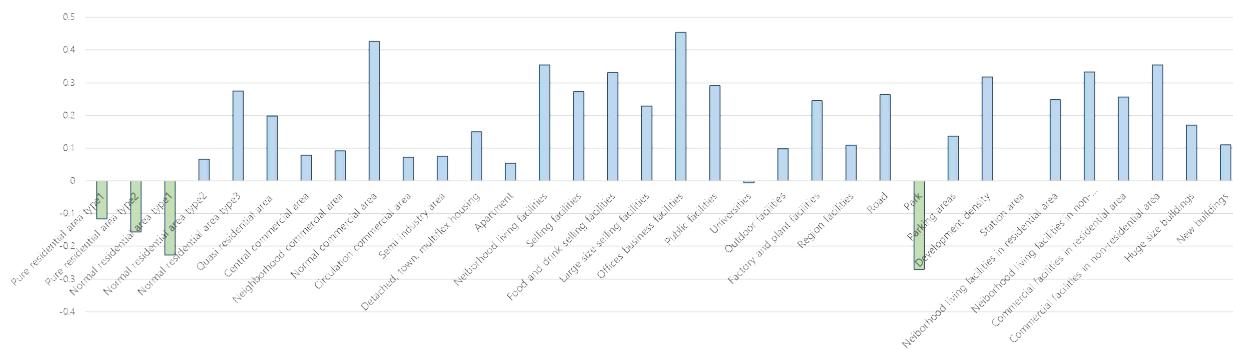


그림 6. 빛 방사량과 유발요인간의 상관관계 그래프

Figure 6. Correlation graphs between light emission and light pollution factors

연구의 결과로 제작된 서울시 빛 방사량 지도는 서울시 내 총 3810개의 그리드 셀로 구성되었다. 서울시의 빛 방사량 변화를 확인한 결과, 2012년 대비 2016년의 서울시의 빛 방사량 값은 평균 1.7uW감소하였으나, 최대 171uW까지 증가한 지역이 있었고, 비율로는 150%까지 증가한 지역이 있었다. 총량은 감소하였으나 최댓값이 크게 증가한 것으로 보아 서울시의 빛 방사량은 전반적으로 줄어들고 있으나 특정 지역에서는 증가한 것을 알 수 있다(그림 4 참조).

서울시 내 빛공해를 유발하는 도시 물리적 환경 특성을 도출하기 위해 용도지역변수, 실재토지이용변수와 기타 물리적 특성 변수들을 표준화 한 후 빛 방사량 값과의 통계적인 상관분석을 수행하였다(Figure 6 참조). 분석 결과, 업무시설 및 오피스 면적, 상업지역면적, 도로, 주거혼합지역, 개발밀도 등이 빛 방사량과 높은 상관관계를 보였다. 특히 근린생활시설과 식주류 판매시설은 다른 상업시설보다 높은 상관관계를 보였다. 다른

변수들과는 달리 전용주거지역과 일반주거지역, 공원은 빛 방사량과 음의 상관관계를 보였다(그림 5, 6 참조).

#### 4.2.2 ISS데이터를 이용한 정량적 빛공해 지도

VIIRS 데이터를 사용한 빛 방사량 지도의 경우 각 그리드 셀의 값이 절대적 수치를 나타낸다는 이점이 있으나, 공간단위가 15-arcsec로 구축되어 있기 때문에 조밀한 공간단위의 빛공해 현황을 파악하기에는 한계가 있다. 이를 보완하기 위해 본 연구에서는 국제 우주정거장(International Space Station)에서 우주인이 카메라를 이용하여 직접 촬영한 사진데이터인 ISS 이미지 데이터를 사용하여 세밀한 공간단위의 정량적 빛공해 지도를 제작하였다. ISS 이미지 데이터의 공간해상도는 사진에 따라 상이하나 그 범위가 20~100m로 VIIRS 데이터보다 훨씬 작기 때문에 더욱 세밀한 공간단위의 차이를 파악할 수 있다는 장점이 있다[12]. 해당 데이터를 사용할 경우, 연구자가 직접 드론이

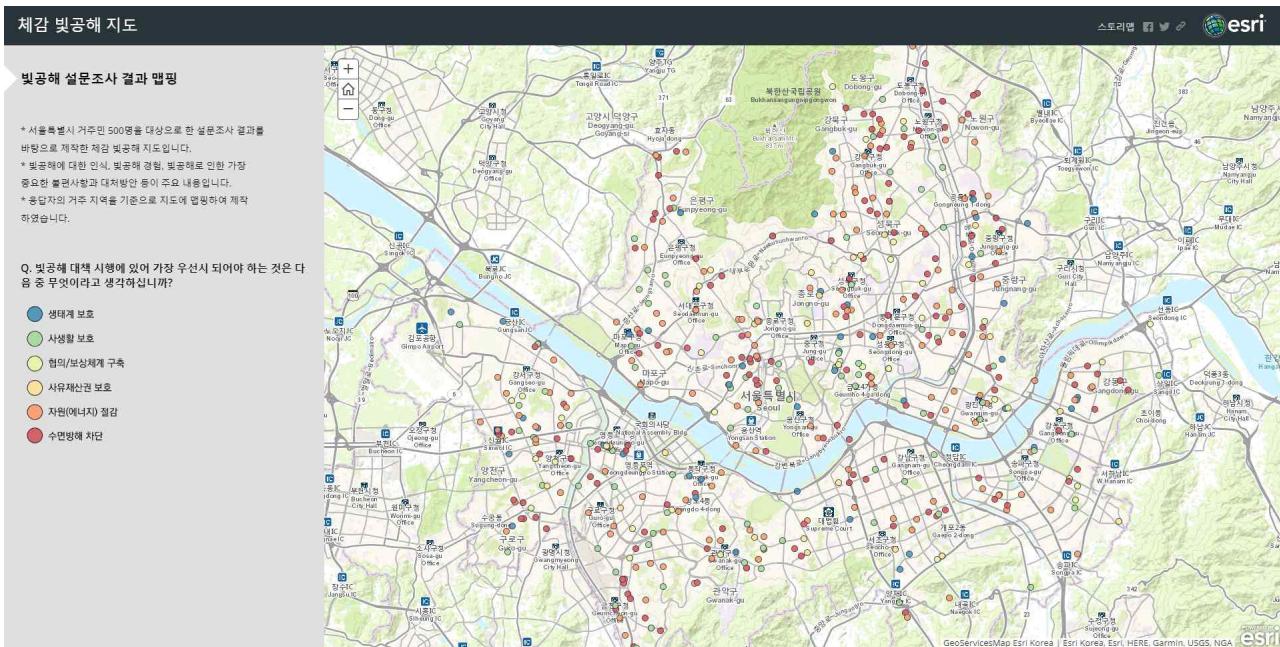


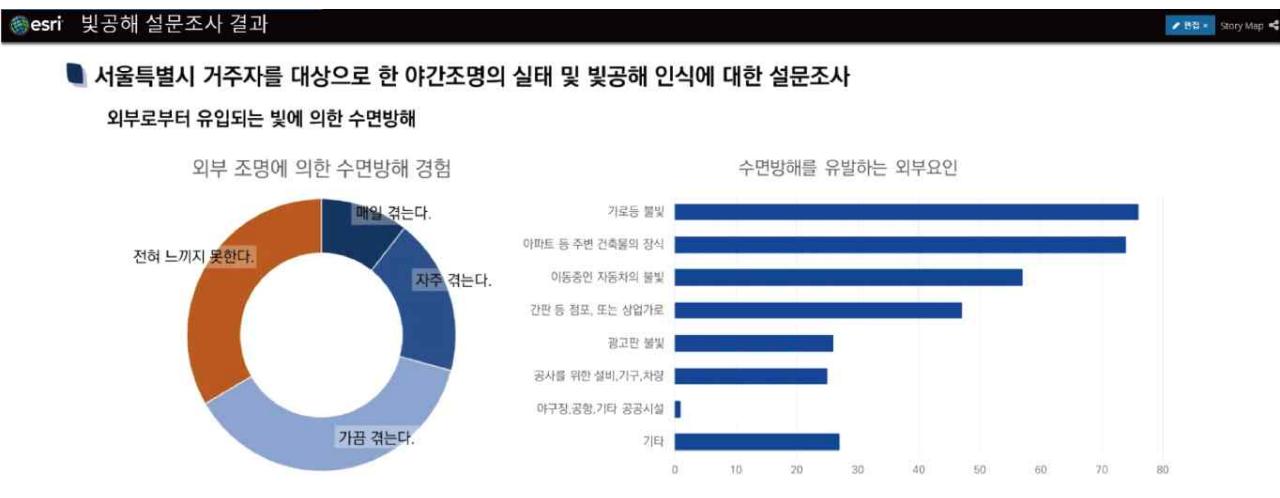
그림 7. 체감 빛공해 지도

Figure 7. Light pollution experience map

나 헬기를 활용하여 조사 측정한 것과 유사한 결과를 얻을 수 있다. 본 연구를 위해 미 항공우주국 NASA에 요청하여 우주정거장에서 서울을 찍은 사진 이미지를 요청하여 분석에 사용하였다. 이미지의 왜곡이 가장 적은 2013년도 이미지를 사용하여 수개월의 지도제작 과정을 수행한 결과 공간해상도 약 80m\*80m의 빛 방사량 지도를 구현하여 제공하고 있다.

#### 4.3 체감형 빛공해 지도

주변 환경, 지역의 특성, 주거시설의 형태 등 다양한 물리환경 요인에 따라 빛을 공해로 인식할 수 있는 빛의 세기가 다를 수 있다. 때문에 정량적 빛공해 지도에 제시된 절대적인 수치로 빛공해 오염지역이라 하더라도, 해당 지역의 시민들이 공해로서 체감하지 못할 가능성이 있다. 체감도에 따른 빛공해 차이를



- 외부조명으로 인해 수면에 방해를 받는다는 의견은 전체의 67%로 전혀 수면방해를 느끼지 못한다는 의견의 비율인 33%보다 높았다.
- 수면방해를 매일 받는다는 의견은 11%, 자주 받는다는 의견은 19%, 가끔 받는다는 의견은 37%였다.
- 수면방해를 유발하는 요인으로는 가로등 불빛이 23%로 가장 높았고, 아파트 등 주변 건축물의 창식이 22%, 이동중인 자동차의 불빛이 17%, 간판 등 점포 또는 상업가로의 불빛이 14%로 그 뒤를 이었다.

1/6

그림 8. 빛공해 설문조사 결과

Figure 8. The results of Light pollution survey

반영하기 위해 본 연구에서는 체감형 빛공해 지도를 추가로 제작하였다(그림 7 참조).

체감형 빛공해 지도는 서울특별시 시민 1000여명을 대상으로 빛공해 피해 실태와 인식, 대처방안에 대한 생각을 조사한 설문조사 결과를 바탕으로 제작한 것으로 빛공해에 대한 인식, 빛공해 경험 등이 주요 내용이다. 이와 더불어 현재 빛공해로 인한 가장 중요한 불편사항과 대처방안 등에 대해 설문함으로써 시민들이 체감하는 빛공해와 관련 의견들을 도표로 시각화하여 정보를 제공하였다(그림 8 참조). 또한, 응답자의 거주 지역을 기준으로 지도에 맵핑함으로써 해당 지역의 체감 빛공해 지도를 제작할 수 있다. 마지막으로 빛공해를 떠올렸을 때 연상되는 단어로 이루어진 키워드 텍스트를 함께 제공하여 다양한 형태로 시민들의 빛공해 인식을 시각화함으로써 빛공해에 대한 시민들의 생각을 공유할 수 있도록 하였다.

#### 4.4 참여형 빛공해 지도

빛공해 관리를 위하여 빛공해 현황 파악에서 나아가 빛공해에 대한 시민들의 다양한 경험과 의견을 수렴할 필요가 있다. 이를 위해 본 연구에서는 참여형 빛공해 지도 제작을 통해 시민들의 실제 경험을 바탕으로 한 빛공해 커뮤니티맵핑지도를 구축하였다(그림 9 참조).

커뮤니티맵핑이란 지역사회 개선을 위해 특정 주제에 대한 정보를 현장에서 수집하고, 이를 지도로 만들어 공유하고 이용하는 과정이다. 빛공해 문제에 커뮤니티맵핑을 활용하게 되면 시민들이 직접 자신이 경험한 빛공해 정도와 느꼈던 감정, 피해 유형, 장소, 유발원의 사진을 업로드 하여 지도로 제작할 수 있다(그림 10 참조).

시민들이 타인과 지역의 빛공해 경험을 공유하고 이에 대한

의견을 제시함으로써 빛공해에 대한 토론과 의견교환의 장을 함께 제공하였다.



그림 10. 참여형 지도 인터페이스 입력 항목

Figure 10. Input contents in community mapping interface

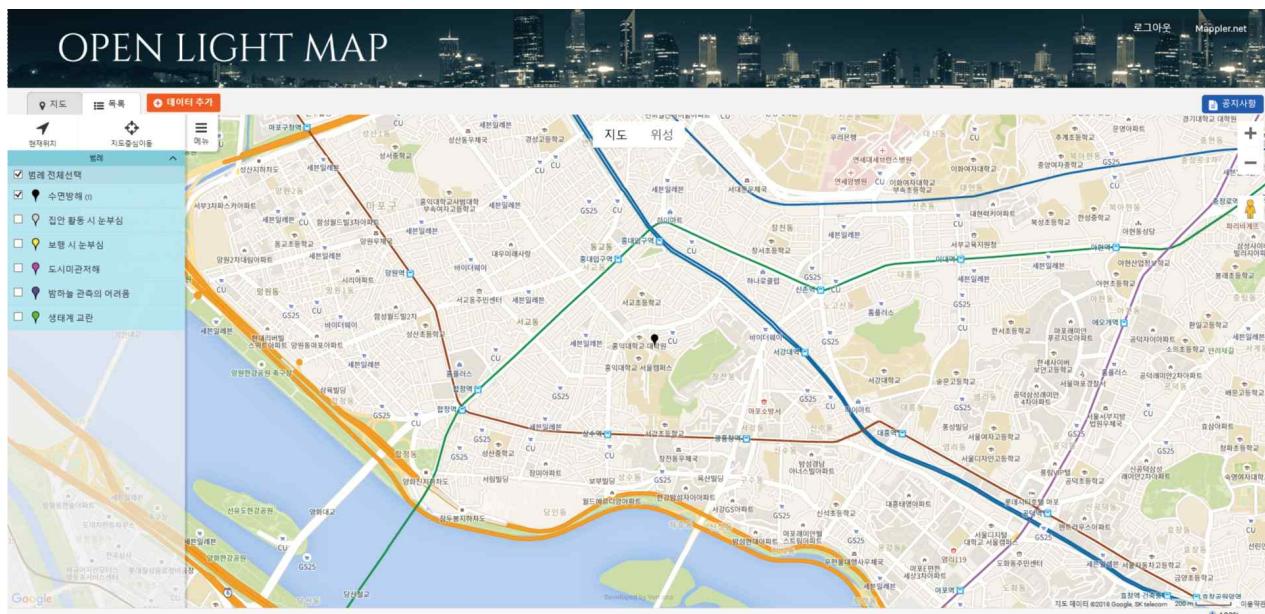


그림 9. 커뮤니티맵핑 예시

Figure 9. Example of community mapping

참여형 빛공해 지도 인터페이스에서 빛공해 경험 데이터는 실시간으로 업데이트가 가능하기 때문에 지속적으로 데이터를 축적할 수 있다. 또한, 자유롭게 열람이 가능하기 때문에 시민들이 등록한 포인트마다 덧글을 달아 서로의 경험에 의견을 제시하는 것이 가능하다. 향후 이 데이터를 활용하면 빛공해 관리 방안의 평가나 개선사항에 대한 시민들의 의견을 지속적으로 피드백 하여 반영할 수 있다.

참여형 빛공해 지도에 접근 할 수 있는 방법은 Open Light Map 홈페이지의 배너를 이용하는 방법 이외에도 Mapplerk2 모바일 애플리케이션을 이용한 방법이 있다. Mapplerk2 애플리케이션을 설치한 후 로그인 한 뒤에 커뮤니티 검색에서 빛공해를 검색하면 빛공해 커뮤니티 매핑에 쉽게 접속할 수 있다. 모바일 애플리케이션을 사용하면 언제 어디서든, 길을 가다가도 빛공해를 느꼈을 때 바로 데이터를 업로드 할 수 있기 때문에 쉬운 접근이 가능하여 보다 더 많은 참여를 유도할 수 있으며, 그에 따른 빛공해 체감 데이터를 축적할 수 있을 것으로 기대할 수 있다.

## V. 결론 및 토의

본 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다. 본 연구는 ArcGIS Hub를 활용하여 참여형 오픈 플랫폼인 Open Light Map을 제작하였다. 본 웹 사이트에서는 정량적 빛공해 지도, 체감형 빛공해 지도, 참여형 빛공해 지도를 제공하여 시민들에게 빛공해에 대한 인지를 확대하고 빛공해 피해경험과 대처방안에 대한 의견을 지속적으로 업데이트 할 수 있는 인터페이스와 데이터를 구축했다.

참여형 빛공해 지도 구축은 기존 정보 제공 위주의 빛공해 웹 사이트에서 나아가 시민들이 빛공해에 대한 경험을 직접 기술하도록 하기 때문에 빛공해에 대한 인식을 향상시켜 정부 및

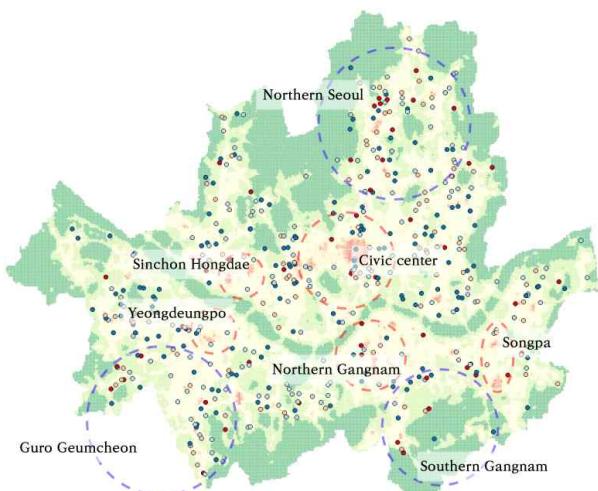


그림 11. 빛 방사량 총량과 수면방해 경험자 비율 간 연관분석  
Figure 11. Relationship between the total amount of light emission and the sleep disturbance rate

지자체가 빛공해 저감관련 사업에 대한 모니터링을 쉽게 수행 할 수 있다.

또한, 설문조사 자료를 바탕으로 도출된 빛공해의 피해경험과 인식, 대처방안에 대한 나이, 거주지, 주거환경 별 차이는 추후 시민참여형 빛공해 관리를 수립하기 위한 근거자료로 활용 할 수 있다. 자기조직화를 통해 계속해서 업데이트 되는 커뮤니티 매핑 데이터를 활용하면 빛공해 관련 민원과 의견을 빠르고 쉽게 파악할 수 있을 것으로 기대된다.

향후 웹 사이트에 수록된 세 가지 빛공해 지도를 연계분석하면, 체감 빛공해의 지역적 특성을 파악할 수 있다. 일례로 정량적 빛공해 지도와 체감형 빛공해 지도를 연계분석 한 결과, 빛 방사량 총량과 수면방해 경험자의 비율 간 상관관계는 높지 않았으나, 유사한 수준의 빛 방사량 군집에 따른 지역적 특성이 있는 것을 발견하였다. 그림 11을 보면, 빛 방사량이 높은 강남 북부, 송파, 영등포, 신촌, 홍대 지역보다는 서울 북부, 강남 남부, 구로금천 지역에서 수면방해 경험자 비율이 높게 나타나 빛 방사량이 집중되는 서울의 도심지역보다는 주거지역이 밀집한 서울의 외곽지역에서 수면방해 경험자 비율이 높다는 것을 알 수 있었다.

또한, 빛 방사량 증감률과 수면방해 경험자 비율의 상관관계를 분석해 본 결과, 빛 방사량 증가율 많이 증가한 서울 북부, 강일 미사, 강남 남부, 구로 금천, 마곡, 도심 지역 중 외곽 지역인 서울 북부, 강일 미사, 강남 남부, 구로 금천 지역에서 수면방해 경험자 비율이 높게 나타나 서울 외곽지역의 빛 방사량 증가율이 높은 지역에서 수면방해 경험자 비율이 확연히 높게 나타나는 현상을 확인하였다(그림 12 참조). 이처럼 다양한 빛공해 지도의 연계분석 결과는 조명환경 관리구역 별 규제기준을 현실화하는데 있어 기초자료를 제공할 수 있을 것이다.

본 연구는 최근 중요한 환경적 이슈로 제기되고 있는 빛공해의 체계적 관리를 위해 참여형 웹 사이트를 구축하였다. 이를 통해 대중의 참여를 이끌어냄으로써 단순히 조도와 휴도 위주

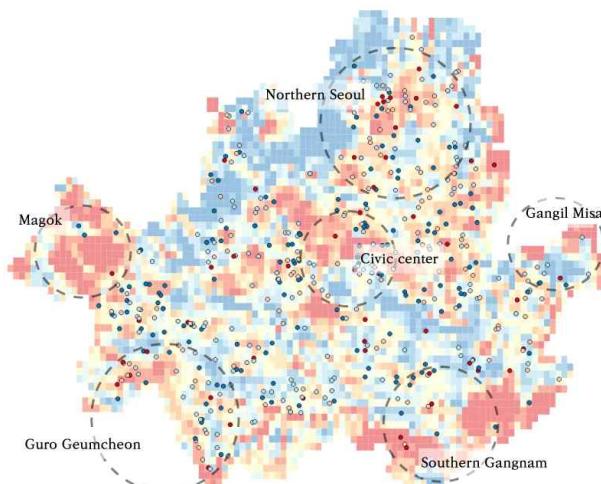


그림 12. 빛 방사량 증감과 수면방해 경험자 비율 간 연관분석  
Figure 12. Relationship between the change of light emission and the sleep disturbance rate

의 규제가 아닌 시민들의 체감 빛공해에 초점을 맞춘 시민 참여적 빛공해 관리정책 실현에 도움을 주었다는 데에 연구의 의의가 있다. 현재 환경부에서 빛공해 방지법을 시행하고, 빛공해를 시민들에게 홍보하는 웹 사이트인 “좋은빛 정보센터”를 구축하는 등 빛공해 관리를 위해 많은 노력을 기울이고 있는 바, 본 연구의 결과를 연계하여 활용하면 직접적인 체감 피해에 대한 정보 수집이 가능하게 됨으로써 도시의 물리적 환경 특성과 빛공해 특성에 맞는 도시 및 건축적 공간 중심의 관리방안을 수립할 수 있을 것으로 기대된다.

지속적으로 도시민의 의견을 반영함으로써 빛공해의 근본적 유발요인을 관리하고, 지역 및 도시 환경에 따라 차이를 둔 빛공해 관리의 구축이 필요한 시점이다. Open Light Map은 현재 수도권과 서울시를 대상으로 운영되고 있으나 향후에 전국을 대상으로 연구가 진행 될 경우, 빛공해 저감 및 관리에 있어 경제적이고 체계적인 접근 체계를 구축할 수 있을 것이다.

## 감사의 글

본 연구는 국토교통부 국토교통기술 촉진연구사업의 연구비 지원(18CTAP-C129890-02)에 의해 수행되었습니다.

## 참고문헌

- [1] J. Y. Yu, B. S. Kim, J. S. Lee, "The Experiment for Verifying the Validity of Subjective Evaluation Experiment Method of Outdoor Lighting", *Journal Of The Architectural Institute Of Korea Planning & Design Conference Proceeding*, Vol.22, No.2, October 2002.
- [2] C. G. Kim, H. S. Cho, S. H. Choi, J. M. Lee, J. Y. Pyon, "Varietal Difference in Heading Date of Rice by Night Illumination", *Korean Society Of Crop Science*, Vol. 48, No. 3, pp. 209-215, June 2003.
- [3] S. D. Hong, "Development of light pollution measurement service([www.goodlight.or.kr](http://www.goodlight.or.kr))", *The Proceedings of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers*, 30(3), 13-20, May 2016.
- [4] J. K. Kim, K. H. Sim, Y. S. Lee, Y. H. Lim, "Development of real-time monitoring web BBS and the alerts service using mobile web", *Journal of Digital Contents Society*, Vol. 13, No. 1, pp.1-11, Mar 2012.
- [5] Light pollution map. Available : <http://www.lightpollutionmap.info>
- [6] Globe at night program. Available : <http://www.globeatnight.org>
- [7] Good light information center. Available : <http://www.goodlight.or.kr>
- [8] NOAA National Geophysical Data Center, Version 4 DMSP-OLS Nighttime Lights Time Series. [Online] Available at: [http://www.ngdc.noaa.gov/dmsp/download\\_V4composites.html](http://www.ngdc.noaa.gov/dmsp/download_V4composites.html), June 2012.
- [9] Elvidge, C.D., Baugh, K., Zhizhin, M., Hsu, F.C., and Ghosh, T., "VIIRS night-time lights", *International Journal of Remote Sensing*, 38(21), 5860-5879, June 2017.
- [10] J. A. Kim, S. H. Cheon, "Detecting Urban Light Pollution for the Seoul Metro Area", *2017 International Conference of Asian Pacific Planning Societies*, Nagoya, pp. 110-115, August 2017.
- [11] J. A. Kim, S. H. Cheon, "Monitoring Night Light Emission Changes in Seoul Using Satellite Night Light Data to Mitigate Light Pollution", *Journal Of The Korea Institute Of Spatial Design*, Vol.13 N.0.6, December 2018.
- [12] Zamorano, J., de Miguel, A.S., Pascual, S., Ramirez, S., Castano, J.G., Ramirez, P., and Challupner, P., "ISS nocturnal images as a scientific tool against light pollution". *LICA report*, Universidad Complutense de Madrid, April 2011.



이동현(DongHyeon Lee)

2018년 : 홍익대학교 도시공학과  
(공학사)

2018년 ~ 현 재: 홍익대학교 도시계획과 석사과정  
※ 관심분야 : 빅데이터 등



천상현(SangHyun Cheon)

1995년 : 한양대학교 도시공학과  
(공학사)  
2007년 : UC Berkeley 도시 및 지역계획 박사

2013년 ~ 현 재: 홍익대학교 도시공학과 교수  
※ 관심분야 : 빅데이터, 지역경제 등