Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society
Vol. 18, No. 2 pp. 116-122, 2017

https://doi.org/10.5762/KAIS.2017.18.2.116
ISSN 1975-4701 / eISSN 2288-4688

제주 수변공간 조명계획을 위한 공원조명 실측과 해석

김일환[1], 오성보[1*], 고봉운[2]
[1]제주대학교 전기공학과, [2]제주국제대학교 전기공학과

Parks' Lighting Measurement and Analysis for Lighting Plan around Waterfront in Jeju

Eel-Hwan Kim[1], Seong-Bo Oh[1*], Bong-Woon Ko[2]
[1]**Department of Electrical Engineering, Jeju National University**
[2]**Department of Electrical Engineering, Jeju International University**

요 약 도시의 환경조명은 야간의 도시를 빛으로 장식하고 미화해서 아름답게 하며, 시민의 안전과 치안을 향상시켜 도시의 품위를 높여 주고 있다. 공원의 조명계획을 수립할 때 공원의 기능이나 성격을 충분히 고려해서 가장 좋은 조명효과를 얻을 수 있도록 조명방식을 이용하는 것이 중요하다. 또한 도시의 야간활동 증대와 경관에 대한 중요성이 높아지는 요즘 도심 하천과 해안 수변공간에 대한 경관조명은 기능적인 측면과 더불어 주체성 향상에 중요한 역할을 한다. 이 논문은 수변에 접해 있는 홍콩의 홍험 산책로를 통해 침사추이 산책로 까지 중요 지점에서 조명을 실측 하였고, 일본의 후쿠오카 나카가와 공원을 중심으로 중요 지점으로 파악되는 장소에서 조명 측정을 하였다. 그리고 제주시 함덕해수욕장 진입로 주변과 상가와 인접한 도로를 중심으로 실측하여 조명환경 특성을 비교 분석을 하였다. 분석 결과 홍콩의 경우는 8개 평가항목에서 우수하였고, 후쿠오카의 경우 5개 항목에서 양호함을 보여 보통으로 분석되었다. 그리고 제주시의 경우는 다수의 항목에서 보통과 미흡으로 평가되어 전체적으로 열악한 실정으로 판단되었다. 이를 통하여 지역 주민의 야간 활동을 고양시키고 방문자들에게 아름다운 경관을 제공할 수 있는 제주시 수변공간의 안정적인 조명계획을 제안하고자 한다.

Abstract The environmental lighting of a city advances its landscape standards and the city's touristic value because the lighting can help improve the city's safety and security as well as its esthetic value. The types of parks in cities vary in size and function and should be reflected carefully in lighting planning to gain the best effect. The importance of city lighting has been increased in recent years due to the expanded span of urban night life. Lighting systems around rivers and coastal waterfronts in cities play an important role not only in their functional aspects, such as safety and security, but also in boosting the city's identities. This paper performed comparison analysis among Tsim Sha Tsui Promenade in Hong Kong, Fukuoka Nakagawa Park in Japan, and the walking path in Hamdeok Beach in Jeju City, Korea. According to the evaluation, Hong Kong is excellent in 8 evaluation criteria for park lighting so that the city shows its superior installation and management. Fukuoka is also good by being analyzed as 'fair' in 5 criteria. Finally, Jeju is judged as inferior overall by showing 'poor' in several criteria. The paper shows how they differ in their environment lighting characteristics and aims to suggest stable lighting planning strategies for seaside parks in Jeju so the citizens and visitors of Jeju can enjoy the beautiful sceneries and nighttime activities.

Keywords : Park lighting, Lighting measurement, Lighting analysis, Illuminance and uniformity, Lighting plan

이 논문은 2016학년도 제주대학교 교원성과지원사업에 의하여 연구되었음.
*Corresponding Author : Seong-Bo Oh(Jeju National Univ.)
Tel : +82-64-754-3672 email : sboh@jejunu.ac.kr
Received November 29, 2016 Revised (1st December 29, 2016, 2nd January 11, 2017)
Accepted February 3, 2017 Published February 28, 2017

1. 서론

도시 환경에 대한 조명의 역할은 아주 중요하다. 도시의 환경조명은 야간의 도시를 빛으로 장식하고 미화해서 아름답게 하며, 시민의 안전과 치안을 향상시켜 도시의 품위를 높여줌으로서 도시문화의 척도가 되고 있다[1].

그리고 공원은 탐방자의 휴식이나 산책, 운동을 하는 곳으로 많이 이용되고, 그 뿐 아니라 지역주민 상호간의 교류를 통하여 연대감을 높이는 역할을 하는 것이 바람직하다. 따라서 공원의 조명은 밤에 일어날 수 있는 사고나 범죄를 방지하고 안전을 확보하는 것은 물론, 공원을 이용하는 사람에게 마음의 여유를 느끼게 해 주는 분위기를 제공하고 시민에게 편안함과 즐거움을 주는 역할을 하도록 한다.

공원의 종류는 많아서 그 규모와 기능도 다양하다. 따라서 조명설계를 할 때에는 그 공원의 기능이나 성격을 충분히 고려해서 가장 좋은 조명효과를 얻을 수 있도록 조명 방식을 이용하는 것이 중요하다[2].

도시의 개발은 근래에 산책로, 운동 중심의 공간 등에 수변공간 이용이 증가하고 있으며 특히 야간 시간대 이용자들이 급격히 늘어나고 있는 실정이다. 수변공원의 야간 이용 증가에 따라 이용자들의 안전성 확보와 경관적 측면에 대한 개선이 요구되어지고 있다[3].

이 논문은 관광지로 알려진 유명도시의 수변에 접해있는 홍콩의 침사추이공원, 일본의 후쿠오카 나카가와공원 그리고 제주시 함덕해수욕장 산책로의 조명환경 특성에 대한 현황 조사 및 현장 실측 내용을 비교 분석을 하였다. 이를 통하여 지역 주민의 야간 활동을 고양시키고 방문자들에게 아름다운 경관을 제공할 수 있는 제주도 수변공간의 안정적인 조명계획을 제안하는데 연구목적이 있다.

2. 공원의 조도기준과 폴 특징

2.1 공원의 조도기준

일반적으로 공원의 조도는 5~30 (Lux) 정도로 생각할 수 있다. 조명할 장소나 대상물에 따라 Table 1과 같이 KS 조도기준을 적용해야 하며, 수평면조도의 균제도는 IESNA(북미조명학회) 기준이 정하는 도로조명 기준에서 일반 도심지의 상가 12 (Lux), 균제도(Eavg:Emin) 4:1를 적용하여 조명평가를 수행해야 한다고 사료된다.

Table 1. Illumination standard of park lighting

Places	Illuminance values (lux)	Notes
Gardens, Flower gardens	30 - 70	Spot and accent lighting : Over 100 lux
Roads	7 - 15	-
Promenades	3 - 7	-
Ponds	3 - 7	-
Lakes	15 - 30	-
Squares	30 - 70	Meeting place : Over 20 lux

2.2 폴의 높이와 특징

공원의 경관조명방식은 폴 높이에 따른 특징이 다르므로 주변 환경과 설치여건 등을 고려하여 조명기구를 선정해야 한다. 설치 높이에 따라 하이폴 조명방식, 일반폴 조명방식, 낮은폴 조명방식, 저위치·지중매설 조명방식으로 구분할 수 있으며 높이에 따른 특징은 Table 2와 같다[4].

Table 2. Characteristics and applications considering pole height

Heights	Characteristics	Applications
Over 12(m)	· Economical, Excellent lighting efficiency · Prevention of random lighting poles · Over spill light at surrounding	· Large parking lots · Traffic squares
7-12(m)	· Aesthetic lighting at 3~5 times intervals of the pole height · Economical necessary brightness · Lighting control with relative ease	· Roads · Parking lots zone roads · Squares
2-7(m)	· Closeness near human's height · Cause glare easily · Easy maintenance	· Parks · Green · Small squares
Under 1.5(m)	· Easy production about light and shade · Easy maintenance but breakableness · Cause glare easily	· Parks · Gardens · Adjacent areas

3. 조명 현장 실측

3.1 실측 현장 배치도

현장 측정점은 순서에 따라 5개 장소를 ①~⑤로 표기하였다. 홍콩의 실측 현장은 Fig.1과 같이 HH

(HungHom)에 위치한 레지던스 타입의 Horizon Hotel 뒤편 쉼터에서부터 산책로를 통해 관광객들이 많이 찾는 스타의 거리, Lighting Show를 즐길 수 있는 TST (Tsim Sha Tsui) 산책로 까지 중요 지점에서 조명을 실측 하였다.

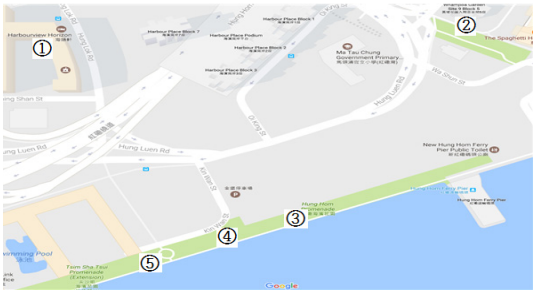


Fig. 1. The position by actual measurement (HongKong)

일본의 후쿠오카에서는 Fig.2와 같이 나카스 강변에 있는 나카가와와 텐진중앙공원 산책로를 중심으로 소규모 광장, 도보, 간선도로의 교차점에서 조명을 측정 하였다.

Fig. 2. The position by actual measurement (Fukuoka)

제주시 함덕의 경우는 Fig.3과 같이 바닷가에 인접한 산책로, 해수욕장 입구 진입로 주변과 상가와 조형물이 있는 근처 그리고 잔디광장에 인접한 도로에서 실측하였다.

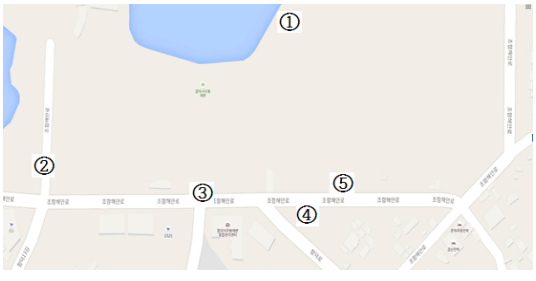


Fig. 3. The position by actual measurement (Jeju)

3.2 조도 측정점과 그리드

주간에 등기구 설치 현황 파악을 하였고, 일몰 후 야간에 YOKOGAWA-51001 조도계를 이용하여 수평면조도 실측하였다. 측정 시에는 등기구를 중앙에 두고, 오차를 최소화하기 위하여 정방형으로 1m 1m 간격으로 Fig. 4과 같이 9개 지점을 실측하였다. 4점법을 이용해 평균조도를 계산하였고, 조도 측정에 따른 단위구역마다 평균조도 E는 식(1)과 식(2)에서 구할 수 있다.

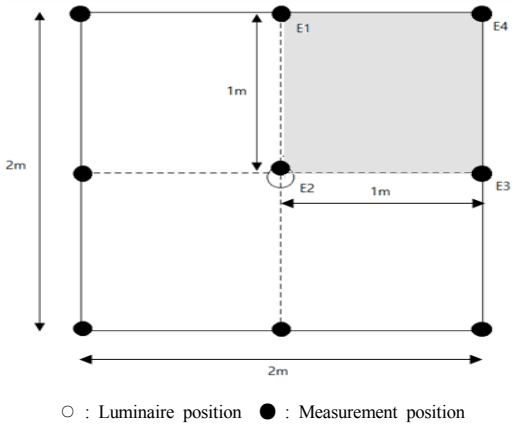


Fig. 4. Method of illuminance measurement

$$E = \frac{1}{4}\sum Ei \quad (1)$$

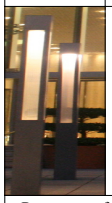
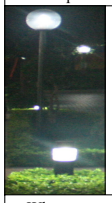
$$Ei = E1 + E2 + E3 + E4 \quad (2)$$

3.3 측정 조도 분석

홍콩의 현장에서 취득한 데이터는 Table3과 같고, 정원을 이웃한 호텔 쉼터 구역에서는 폴 타입 등기구를 설치한 확산조명을 하고 있으며 수평면조도는 양호하나, 균제도는 월등히 초과한 36:1로 계산되었다. HH 산책로에서 폴 높이는 소규모 광장으로 적용하여 6(m)가 적정하나 폴 상부거치형 컷-오프 등기구를 설치해 down light (DL)로 직접조명을 실시해 조도는 상회하나 균제도는 양호함을 알 수 있다. Whampoa 정원에서 보면 2(m) 폴 상부거치형 전반확산 용과 0.5(m) 볼라드 등을 이용해 녹지대 화단을 조명하는바 조도는 다소 적으나 균제도는 좋은 결과를 보이고 있다. 다음 HH 산책로에서 TST까지 에서는 조도기준, 균제도 그리고 폴 높이 등이 양호한 결과가 도출되었다. TST 산책로에서는 폴 타

입 반간접조명을 도입하여 조도, 균제도, 폴 높이 등이 양호함을 알 수 있고, 빛 공해를 촉발시키지 않게 등기구 선정을 잘 하였음을 알 수 있었다.

Table 3. Illuminance value according to luminaires type (HongKong)

Luminaire clas.	Heights (m)	Horizontal illuminance (Lux)		Uniformity	Lighting system
 Rest area of Hotel	3	Max.	20	36:1	·Pole type luminaire ·General diffuse
		Min.	0.3		
		Avg.	11		
HH promenade	6	Max.	19.9	1.1:1	·Pole-mounted cut off luminaire ·Direct, DL
		Min.	17.1		
		Avg.	18.7		
 Whampoa garden	2 (0.5)	Max.	10.5	1.4:1	·Pole-mounted luminaire ·General diffuse ·Bollard
		Min.	5.6		
		Avg.	7.7		
HH promenade-TST	9	Max.	18.3	1.1:1	·Post top type luminaire ·Direct, DL
		Min.	13.5		
		Avg.	15.2		
TST promenade	3.5	Max.	27.1	1.6:1	·Pole type luminare ·Semi-indirect
		Min.	12.6		
		Avg.	20		

후쿠오카의 경우는 Table4와 같고, 나카스 강변 인도에는 포스트 탑 타입의 전반확산 등기구가 설치되어 있고 등기구 상부는 빛을 차단하고 유지 관리상 유리한 불투명한 동 재질을 사용하였음 알 수 있었다. 다리의 쉼터와 소 광장에는 포스트 탑 타입의 반간접조명 등기구를 적절한 3.5(m) 높이로 설치해 기준에 맞는 조도, 균제도를 보이고 있다. 텐진중앙공원 산책로의 0.8(m)의 화단 조명용 볼라드는 11.9(Lux)를 보여 꽤 낮은 편이고, 균제도도 2.3:1로 양호하나 공원 내 전체적으로 조화가 되지 않아 다소 글레어를 유발하였다. 빌딩 근처에 있는 보도는 조명기구 선정 및 조도기준에 잘 부합되어 6(m) 높이의 폴 상부거치형 반직접형 DL을 시설하여 주변 건물에서의 글레어와 천공으로의 산란광을 억제토록 디자인된 등기구이며 기준에 맞는 조도, 균제도를 보이고 있다. 간선도로와 연결되는 접점에서는 조도치가 많이 상회하고, 균제도는 기준에 부합되나 수평면조도 최대치가 150(Lux)로 글레어를 유발시킴을 알 수 있었다.

Table 4. The measured Illuminance value to luminaires type (Fukuoka)

Luminaire clas.	Height (m)	Horizontal illuminance (Lux)		Uniformity	Lighting system
Near trees	2.3	Max.	49.8	1.9:1	·Post top type luminaire ·General diffuse
		Min.	16.8		
		Avg.	32.3		
Rest area at bridge	3.5	Max.	18.7	1.3:1	·Post top type luminaire ·Semi-indirect
		Min.	13.1		
		Avg.	16.5		
Tenjin Central Park	0.8	Max.	58.5	2.3:1	·Pole mounted luminaire ·General diffuse ·Bollard
		Min.	4.7		
		Avg.	11.9		
Near building	6	Max.	22.7	1.1:1	·Semi-cut off luminaire ·Semi-direct, DL
		Min.	13.3		
		Avg.	15.1		

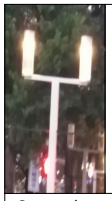
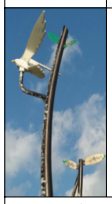
	3.3	Max.	150	1.8:1	·Pole mounted luminaire ·General diffuse
		Min.	50		
Intersection of main roads		Avg.	89.2		

Table5에서 제주의 함덕해수욕장 주변의 실측을 통해 분석해 보면 다음과 같다. 해안의 인접 산책로의 등기구 디자인은 갈매기 형태의 반사판을 응용한 환경 친화적이나 폴 상부거치형 반간접형으로 최대조도가 111(Lux), 평균조도 69.8(Lux)로 지나치게 밝아 글레어를 발생하였다. 잔디밭 인근 조명은 조명기구 설정 높이에 잘 부합된 3.5(m)의 볼라드 모양의 폴 타입 확산조명을 하여 기준의 조도, 균제도가 양호하나 도로 주변 입간판 등 시설물, 기 설치된 폴 높이, 간격 등에서 12(m)와의 연계와 조화가 아주 부족한 실정이었다. 이로 인해 다른 조명기구에 막대한 영향을 주고 있다. 수목 근처 조명에 있어서도 기존에 설치된 등기구의 영향으로 수평면조도가 아주 상회함을 보이고 있다. 해수욕장 진입로의 볼라드형 폴 타입 등기구는 접근 공간으로서 폴 높이 선정은 적정하나, 폴 간격을 고려치 않아 기준의 조도, 균제도에서 아주 미흡함을 보이고 있다.

Table 5. The measured Illuminance value to luminaires type (Jeju)

Luminaire clas.	Height (m)	Horizontal illuminance (Lux)		Uniformity	Lighting system
	6	Max.	111	2.3:1	·Pole-mounted luminaire ·Semi-indirect ·Eco-design
		Min.	31		
Promenade at coast		Avg.	69.8		
	3.5	Max.	5.3	1.7:1	·Pole type luminaire ·General diffuse ·Color changer
		Min.	2.5		
At lawn		Avg.	4.2		
	12	Max.	65.3	8:1	·Pole mounted luminaire ·Semi-cut off
		Min.	5.4		
Near shopping districts		Avg.	43.3		
	5	Max.	45.3	1.7:1	·Pole type luminaire ·General diffuse
		Min.	17.2		
Near trees		Avg.	28.6		
	0.9	Max.	700	32.6:1	·Pole type luminaire ·Bollard ·Color changer
		Min.	2.6		
Entrance to beach		Avg.	84.8		

4. 결과 분석

공원의 경관조명 계획을 잘 수립하고 실행하기 위해서 일본조명학회의 조명핸드북에 제시한 공원조명의 고려사항, 폴 높이와 특징, KS 조도기준과 IESNA 수평면조도의 균제도 등을 잘 반영해야한다. 이를 바탕으로 결과 분석을 위한 체크 리스트를 Table 6과같이 정리하여 분석 • 평가하였다.

Table 6. Evaluation criteria for park lighting

Excellent : ① Fair : ② Poor : ③

No.	Evaluation criteria for park lighting	Hong Kong	Fukuoka	Jeju
1	The lighting system should reflect the park's functions, characteristics, layouts, existing luminaire and its spacing.	①	①	③
2	The lighting system should guarantee the park's safety and security and supplement its functions.	①	①	③
3	The lighting system should be according to illuminance standard of Korea along with	①	②	②

	the park's horizontal illuminance.			
4	The location and the height of lightings should not interfere with and should flexibly be revised as plants grow.	①	②	③
5	The lighting system should follow uniformity of IESNA.	②	①	②
6	The lighting system should be based on how different characteristics of the light work with the ecosystem when it is required to preserve the natural environment.	③	②	①
7	The height of numinaire and its light distribution should be determined based on the purpose of the installation place.	①	①	②
8	The choice of luminaire should be in harmony with the landscape of the daytime and should consider durability, conservativeness, lighting efficiency, energy saving, and economy.	①	①	②
9	In order to preserve the natural landscape scenery, the luminance of the luminaire and sky-glow should be strictly limited.	①	②	②
10	The luminaire should complement the existing sceneries that include shadows and forests.	①	②	③

홍콩의 경우 기능, 성격, 환경 등을 고려하여 산책로에서는 폴 타입과 폴 상부거치형 그리고 DL 등을 설치해 기능, 성격에 부합되고, 등기구의 설치간격과 높이를 보면 공사 초기에 계획적으로 시공되었음을 알 수 있었다. 수평면조도는 15(Lux)를 기준으로 하면 다소 상회하나 안정적인 값을 보이고 있다. 화단 및 수목지역과 도로의 조명설비 사이에 적당한 거리를 두어 보수 점검에 용이하게 되어있고, 균제도는 쉼터 특성상 36:1로 높게 계산되었으나, 그 외의 장소에서는 기준 내의 값으로 안정적임을 알 수 있었다. 배광 측면에서는 주위의 고층 건물에 대한 빛 노출을 고려하여 직접조명 DL과 반직접조명 등을 도입하였으며, 침사추이 산책로의 등기구는 주변환경을 고려하여 반간접조명을 반영하였고, 상 방향 빛을 억제케 하여 경관과의 관계를 배려하였다.

홍콩의 경우는 10개의 항목 중 8개 항목에서 양호를 1개 항목에서 보통을 그리고 1개 항목에서 미흡으로 평가되어 대체적으로 조명설비가 양호하게 설치되었고 관리되고 있음을 알 수 있었다.

후쿠오카에서는 기능, 성격 면에서 등기구의 형태가 다양하고, 기존에 설치된 등기구와도 거리를 두어 영향이 없도록 시공되어 있었다. 다리의 쉼터 공간인 소 광장 진입로 부근에서도 공간 특성을 잘 살릴 수 있도록 등기구를 선정하였으며, 조도기준에서 대체로 양호하나 수목 부근, 간선도로 접점에서는 수평면조도가 각각 32.3(Lux)와 89.2(Lux)로 기준보다 크게 상회함을 알 수 있었다. 균제도는 모든 장소에 4:1 이하로 대단히 양호한 결과를 얻을 수 있었다. 텐진중앙공원 화단에는 0.8(m)의 볼라드가 설치되어 있으나 그 근처에는 폴타입을 도입하여 안정적이지 못함을 알 수 있었고, 폴의 적정한 위치와 높이에서는 높낮이가 많은 차가 없어서 주간의 경관에 적합하였다. 조명 분석을 통하여 5개 항목에서 양호함을 5개 항목은 보통으로 평가되어 보통양호로 평가되었다.

제주의 경우는 12(m) 높이의 기존에 설치된 세미-컷오프의 가로등을 고려하지 않고 추가 조명설비 시설에 따라 등기구의 기능이 모호하고 밝기도 너무 지나침을 알 수 있었다. 전반적인 공간특성을 고려한 조명설비 배치가 아니고, 부분적이고 한정된 지역에 국한된 조명으로 안정적이지 못함을 보여주고 있었다. 조도기준도 거의 상회함을 보이고, 수목 성장에 대응한 폴의 높이와 관리에서도 미흡함을 보이고 있었으며 균제도에서도 두 지점에서 상당한 큰 값을 보였다. 설치 목적에 따라 등기구의 높이 및 간격이 적정치 못하여 빛 제어도 미흡하고 불쾌글레어을 유발하고 있었다. 전체적으로 보면 분석에서 4개 사항에서 미흡으로 5개 사항에서 보통 으로 1개 항에서 양호로 평가되었지만 전체적으로 미흡함을 알 수 있었다.

5. 결론

이 논문은 제주지역 주민의 야간 활동을 고양시키고 방문자들에게 아름다운 경관을 제공할 수 있는 제주시 수변공간의 안정적인 조명계획을 제안하고자 수변에 접

해 있는 홍콩의 침사추이공원, 일본의 후쿠오카 나카가와공원 그리고 제주시 함덕해수욕장 산책로의 조명환경 특성을 비교 분석을 하였다. 이를 통한 제주의 수변공원 조명설비의 문제점은 다음과 같다.

① 실측 5개 장소의 수평면조도가 기준치 보다 상회하고, 균제도도 열악하였다.
② 체계화된 조명계획이 없이 필요에 따른 조명설비가 시공되고 있다.
③ 전반적인 공간특성을 고려한 조명설비 배치가 아니고, 부분적이고 한정된 지역에 국한된 조명을 실시하고 있다.
④ 등기구의 설치위치와 높이를 식재계획이나 수목의 성장 정도, 보수점검을 고려하여 설치되지 않았다.
⑤ 진입로에 지나친 강조조명으로 글레어를 유발하고, 주체성 없는 색상변환 설비로 장식하고 있다.

이상과 같이 조명 현황분석과 문제점 제시에 따라 제주도 수변공원의 경관조명 마스터플랜이 요구되어 진다. 이를 위하여 선진 도시의 특징을 잘 파악하여 조명계획 장소 별 기본설계안을 수립하여야 할 것이다. 조명 마스터플랜 수립 시 조명전문가를 중심으로 역사, 향토학, 문화, 관광, 환경, 미술, 사진전문가 등이 참여하여 지역 특성을 살린 수변 경관조명 시설로, 세계적인 생태도시로 더욱 발전해 나가야 할 것이다.

References

[1] Seong-Bo Oh, “Analysis and Comparison on Architectural Lighting in Hong-Kong and Jeju,”, *Jeju Nat'l Univ. Res. Inst. Adv. Tech. Jour.*, Vol. 26, pp. 43-49, 2015.

[2] Seong-Bo Oh, “Lighting Planning and Design”, *Jeju National Univ. Press*, p. 201, 2014.

[3] Jong-Hyun Kim, etc. “The Study on the Landscape Lighting of the City Waterfront at Night Focused on Shin-cheon in Daegu”, *KIIEE 2009 Annual Spring Conference*, p. 6, 2009.

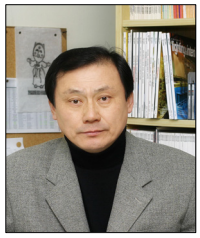
[4] Journal of the Illumination Eng. Inst. of Japan “Lighting Handbook”, Ohmsha, pp. 387-389, 2003.

김 일 환(Eel-Hwan Kim) **[정회원]**

- 1985년 2월 : 중앙대학교 전기공학과 졸업
- 1991년 2월 : 중앙대학교 대학원 전기공학과 졸업(박사)
- 1991년 3월 ~ 현재 : 제주대학교 전기공학과 교수

<관심분야>
전력전자, 마이크로그리드, 조명해석

오 성 보(Seong-Bo Oh) **[정회원]**



- 1976년 2월 : 중앙대학교 전기공학과 졸업
- 1988년 2월 : 중앙대학교 대학원 전기공학과 졸업(박사)
- 1987년 3월 ~ 현재 : 제주대학교 전기공학과 교수

<관심분야>
조명공학, 생태조명계획

고 봉 운(Bong-Woon Ko) **[정회원]**

- 1991년 8월 : 건국대학교 대학원 전기공학과 (석사)
- 2004년 8월 : 건국대학교 대학원 전기공학과 (박사)
- 1995년 3월 ~ 현재 : 제주국제대학교 전기공학과 교수

<관심분야>
스마트그리드, 조명계획, 접지시스템