

## 도시가로의 광원교체에 의한 조명환경의 개선에 관한 연구

### Improvement of Luminous Environment by Changing Light Source in Urban Street

김현정\* · 유인혜\* · 김정태\*\*

(Hyun Jeong Kim, In Hye Yu, Jeong Tai Kim)

\* 경희대학교 건축공학과 석사과정, \*\*경희대학교 건축공학과 교수

#### 요 약

본 연구는 최근 서울시를 중심으로 진행되고 있는 도시 가로조명의 광원교체에 따른 조명환경 개선효과를 조사·분석하였다. 조사대상은 이미 기존의 나트륨램프를 고효율 메탈할라이드 램프로 교체한 서울시 종로구의 창경궁길로 선정하였다. 평가방법은 조사대상을 중심으로 야간의 교체 전, 후의 조명현황조사 및 물리량을 측정하였으며, 이를 토대로 개선효과를 분석하였다. 분석결과, 광원을 교체한 후 수평면 조도는 약 1.4배, 스칼라 조도는 약 1.3배 증가하였으며, 공간의 평균 휘도값은 0.06 cd/m<sup>2</sup> 증가하였다. 색온도는 2,399[K]에서 3,632[K]로 증가하여 공간의 느낌이 따뜻한 느낌에서 차가운 느낌으로 변화되었는데, 이는 기존의 평온한 이미지에서 부드러운 이미지로 변화 된 것으로 분석된다. 색도는 주황색에 가까운 노란색에서 옅은 노란색을 띠는 백색으로 변화되었으며, 이는 램프의 연색성에 의하여 사물의 식별성에 대한 가시도가 증가한 것으로 분석된다. 또한, 에너지 절감형 친환경 메탈할라이드 램프의 교체에 의하여 앞으로 연간 에너지 절감효과도 클 것으로 기대된다.

## 1. 서 론

### 1.1 연구목적

오늘날 도시의 생활패턴이 야간시간까지 확대되면서 도시환경에 있어서 옥외조명의 역할이 점점 더 증가하고 있다. 야간에 연출된 조명은 안전하고 편안한 시각 환경을 제공함은 물론 다양한 공간의 기능과 변화하는 이용자의 이용패턴에 맞추어 쾌적한 분위기를 연출하여야 한다.

도시의 조명환경 중 가로환경을 구성하는 가로조명은 조명의 대상이 되는 차량의 운전자나, 보행자에게 충분한 조도를 제공함으로써, 안전하고 쾌적한 시각 환경을 제공하여야 하며, 조명기구의 눈부심이 이용자에게 불쾌감을 주지 않도록 계획되어야 한다. 또한 광원색이 환경에 적합한 것으로 양호한 연색성에 의하여 주변환경의 식별이 용이 하여야 한다.

그러나 기존의 옥외공간의 가로조명계획은 낮은 조도와 조명설계 방법의 비합리성에 의하여 야간에 도시가로를 이용하는 이용자에게 불안전성과 불쾌감을 주었을 뿐만 아니라 불필요한 전력을 소모함으로써 과도한 에너지를 낭비하기도

하였다.

이와 같은 문제점의 인식에 의하여 서울시는 시내 전역에 설치된 가로조명을 2007년까지 전면 교체한다는 계획을 가지고 있으며, 일부 지역에서는 이미 기존의 가로조명인 나트륨램프를 고효율의 메탈할라이드 램프로 교체하여 가로등 교체작업의 필요성을 증명하기도 하였다.

이에 본 연구는 가로조명이 교체된 종로구 지역을 대상으로 가로조명 현황을 조사하고, 수평면 조도, 공간조도(스칼라 조도), 휘도, 색온도, 색도 등의 물리량을 측정하여 그 실태를 조사함으로써, 가로조명기구 교체 전, 후의 가로환경의 변화 및 개선점을 살펴보는데 연구목적이 있다.

### 1.2 연구내용 및 방법

가로조명기구의 교체에 의한 가로환경의 변화를 살펴보기 위하여, 일부지역의 가로등 교체작업을 완료한 서울시 종로구를 대상으로 가로조명의 현황조사 및 실태조사를 실시하였다.

서울시 종로구의 경우 효자로, 삼청동길, 울곡로, 창경궁로, 종로, 훈련원로, 배오개길 등 8개 지역을 대상으로 기존의 나트륨램프를 고효율 메탈할

라이드 램프로 교체하였다<그림1>.

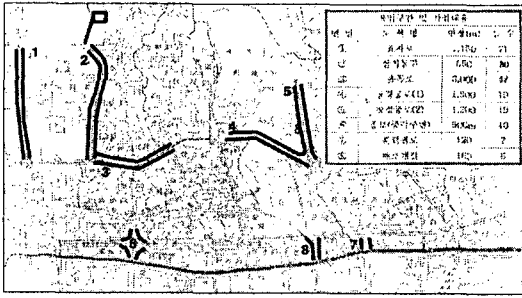


그림 1. 서울시 종로구 가로조명교체 완료지역

이 지역 중, 통과교통이 비교적 적고, 주변건물에 의한 조명환경의 영향이 적어, 가로등 교체에 의한 영향을 살펴보기에 용이한 서울시 종로구 소재의 창경공로를 대상으로, 수평면조도, 공간조도(스칼라 조도), 휘도, 색온도, 색도 등의 물리량을 측정하였다.

조사기간은 2005년 3월 28일 예비측정을 근간으로, 2005년 4월 3일부터 4일 사이에 본 측정을 실시하였다. 측정은 창경공로 중 가로조명이 교체되지 않은 지역과 교체된 지역의 보행로를 대상으로 실시하였으며, 측정장비는 평면조도계(IM-5) 3대, 공간조도계(SIM) 1대, Prometric 1대, PC 1대, 카메라 2대, 삼각대 3대 등이 사용되었고, 측정인원은 측정일시에 따라 3-4명이 동원되었다.

## 2. 가로조명의 개념과 설계기준

### 2.1 가로조명의 개념 및 요건

가로조명은 도시의 가로환경의 야간에 가로를 이용하는 이용자의 시환경을 개선하여 안전하고 원활·쾌적한 가로 교통을 확보하는 것을 목적으로 하는 조명을 일컫는다. 가로조명은 조명의 대상이 되는 도로이용자에 따라 다양한 요건을 만족시켜야 한다.

이는 KS에 그 요건이 명시되어 있으며, 가로조명의 보행자에 대한 요건은 다음과 같다.

- ① 보행자가 보는 노면의 조도가 충분히 밝고, 되도록 일정할 것
- ② 도로상의 연직면 조도가 충분히 밝고, 서로간의 보행자를 알아볼 수 있을 것
- ③ 조명기구의 눈부심이 보행자에게 불쾌감을 주지 않도록 충분히 제한되어 있을 것
- ④ 광원색이 환경에 적합한 것이며, 그 연색성이 양호한 것일 것

- ⑤ 조명시설이 도로 및 그 주변의 경관을 해치지 않는 것일 것

### 2.2 가로조명기구의 국내외 설계기준

현재 국내에서는 도로의 조명계획을 할 경우 조도계획 및 색온도 계획을 통해 용도 혹은 지구별에 알맞은 요구조건을 만족시켜야 한다. 이와 같은 조도기준은 만족하기 위해 고려되어지는 인자들은 <표 1>에서 확인 할 수 있듯이 토지 이용도, 보행자의 통행량, 주변상황의 평균조도 등이 모두 고려되어야 한다.<sup>1)</sup>

표 1. 조도 및 색온도 기준

조도와 적용지역 구분	
구분	지역구분
30~100[lx]	상업지역 및 진입로부분
10~30[lx]	주도로
3~10[lx]	주거지역 진입로 및 보행로

색온도의 구분과 적용		
구분	지역구분	적용
5,000[K]	상쾌하고 활동적인 이미지의 빛	상업공간,
4,000[K]	친근하고 동적인 이미지의 빛	주요도로
3,000[K]	부드러운 이미지의 빛	주거지생활도로,
2,500[K]	평온한 이미지의 빛	보행로

보행자에 대한 도로조명 기준 (KS A 3701)			
야간보행자 교통량	지역	조도(lx)	
		수평면조도	수직면조도
교통량이 많은 도로	주택지역	5	1
	상업지역	20	4
교통량이 적은 도로	주택지역	3	0.5
	상업지역	10	2

주거지역의 조도기준	
보행자가 노면의 장애물(돌, 구멍 등)을 인식할 수 있는 조도 (보행도로)	수평면조도 3lx이상
사람이 근접해 올 때 그 사람의 모습(태도, 인상 등)을 확인, 대응할 수 있는 거리에서 인식할 수 있는 조도(보행도로)	4m 거리에서 거리의 1.5m 높이 연직면이 8lx 이상의 조도 확보
어두운 분위기 중의 시식별 작업장(방법)	최저 3lx ~ 최고 6lx
어두운 분위기의 이용이 빈번하지 않은 장소(통로)	최저 6lx ~ 최고 15lx

또한, 국제조명위원회(CIE)에서도 보행자를 위한 보도에 야간사용의 많고 적음에 따라 주위의 밝

1) 오은숙 외, '공간구조와 보행량을 고려한 도시조명 계획방법론에 관한 연구', 대한건축학회 논문집, 계획계, 19권 10호, 2003.10

기를 3가지로 분류하여 수평면 조도와 연직면 조도의 권장값을 제시하고 있다<표 2>.

표 2. CIE 보행자를 위한 보도의 권장조도(lux) 기준

장소의 분류		권장조도	
사용상황	주위의 밝기	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	-

### 3. 가로조명의 실태 조사

#### 3.1 물리량 측정 및 분석방법

물리량은 가로조명이 교체되지 않은 도로와 교체된 도로의 보행로를 중심으로 수평면조도, 공간조도(스칼라 조도), 휘도, 색온도, 색도 등을 측정하였다.

수평면조도와 공간조도는 IM-5(TOPCON)와 SIM(영국, MEGATRON) 조도계를 이용하여 각각 측정하였다.

일반적으로 조도를 측정할 경우 수평면 조도와 연직면 조도를 측정하는 것이 보편적이나, 가로공간의 시각적인 쾌적성과 조명적 쾌적성을 평가하기 위해서는 공간조도를 이용하여 바닥면 중심의 조명분석이 아닌 공간전체의 빛배분을 분석하는 방법이 더욱 타당하다고 판단되어 수평면조도와 더불어 공간조도(스칼라 조도)를 측정하였다.

또한, 공간의 특성 및 분위기를 살펴보기 위하여 측정한 휘도, 색온도 및 색도는 미국 Radiant Imaging Inc.에서 개발한 ProMetric 1400 광학 측정기기를 이용하여 측정하였다.

측정기기의 모습은 표 3과 같다.

표 3. 주요측정기기

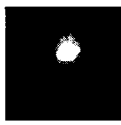
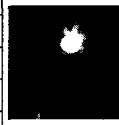
수평면조도계 (IM-5)	공간조도계 (SIM)	디지털광학측정기기 (ProMetric 1400)
		

#### 3.2 가로조명 현황

현재 서울시 종로구 창경궁로의 가로조명기구는 39m간격으로 기존의 NH 400W의 나트륨램프와 고효율의 MH 350W 메탈할라이드 램프가 혼재되어 설치되어 있다. 창경궁로 시작부 부터 중반부의 1,200m 49개의 램프는 이미 고효율의 메탈할라이드 램프로 교체되어 있으나, 중반부 이후부터는 아직 나트륨램프가 설치되어 있다.

교체 전과 교체 후의 가로조명기구의 특징은 표 4와 같다.

표 4. 교체 전, 후의 가로조명기구

교체 전			교체 후		
	램 프	NH 400W		램 프	MH 350W
	광 속	42,000		광 속	38,800
	광효율	125이상		광효율	112이상
	연색성	Ra25이상		연색성	Ra85이상
	색온도	2,100[K]		색온도	4,000[K]

#### 3.3 조도 측정

##### 3.3.1 수평면조도측정

###### (1) 수평면 조도측정방법

조도측정법은 KS와 IES의 방법을 참고하여 다음과 같은 방법을 사용하였다. 도로 폭이 2m 이상이므로, 폭을 3등분하여 측정선을 정하고, 가로등과 가로등사이의 측정선을 4등분하여, 조도측정점을 선정하였다. 또한, 수평면 조도는 각 측정점의 지면 위 15cm 이하에서 측정하였다<그림 2>.

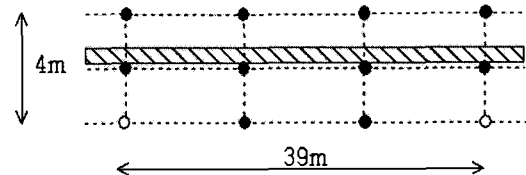


그림 2. 조도측정점

###### (2) 수평면조도 측정결과

교체 전 나트륨램프와 교체 후 고효율 메탈할라이드 램프의 수평면조도는 그림 3과 그림 4와 같다. 나트륨램프가 설치되어 있는 가로등의 수평면조도는 최소 12.4[lx]에서 최대 27.9[lx]로 나타났으며, 고효율 메탈할라이드 램프로 교체된 가로등 아래의 수평면 조도는 최소 17.4[lx]에서 최대 40.1[lx]로 나타났다.

나트륨램프와 비교하여 메탈할라이드 램프로 교체된 가로조명의 수평면 조도는 최소 4.84[lx], 최

대 12.19[lx]증가한 것으로 나타났으며, 이는 교체 전과 비교하여 교체 후의 수평면조도가 평균 1.4 배 증가한 것이다<그림 5>.

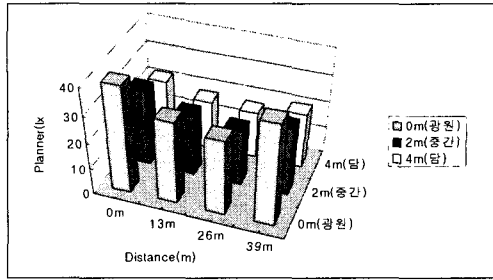


그림 3. 교체 전(NH400W) 수평면 조도

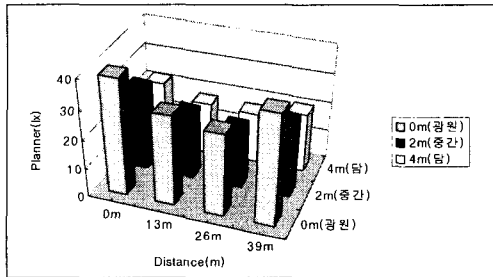


그림 4. 교체 후(MH350W) 수평면 조도

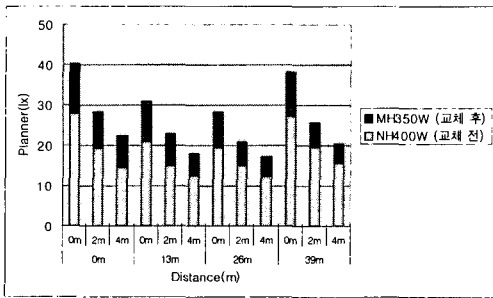


그림 5. 교체 전과 교체 후의 수평면 조도 비교

### 3.3.2 공간조도측정

공간조도를 나타내는 스칼라 조도는 1967년 Cuttle이 제안한 것으로, 스칼라조도는 공간의 한 점에서 작은 구표면의 평균 조도 값을 의미한다 (CIBSE, 1994).

즉, 임의 공간의 1점에 미소구가 있다고 가정할 경우 그 미소구의 평균조도를 의미하며, 모든 방향에서 미소구에 입사하는 총광속을 구의 표면적으로 나눈 것이다.

#### (1) 공간조도 측정방법

공간조도의 측정점은 그림 2의 수평면조도 측정

점과 동일한 위치에서 측정하였으며, 측정점에서 약 1.5m 높이인 사람의 눈높이를 기준으로 공간의 조도를 측정하였다. 측정모습은 그림 6과 같다.



그림 6. 스칼라 조도 측정모습

#### (2) 스칼라 조도 측정결과

교체 전 나트륨램프와 교체 후 고효율 메탈할라이드 램프의 공간조도(스칼라 조도)는 그림 7과 그림 8과 같다.

나트륨램프가 설치되어 있는 가로조명 아래의 스칼라 조도는 최소 8.0[lx]에서 최대 17.0[lx]로 나타났으며, 고효율 메탈할라이드 램프로 교체된 가로등 아래의 수평면 조도는 최소 9.0[lx]에서 최대 25.0[lx]로 나타났다.

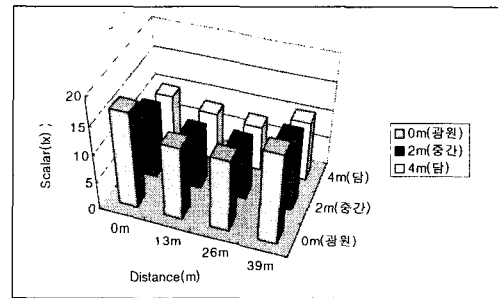


그림 7. 교체 전(NH400W) 스칼라 조도

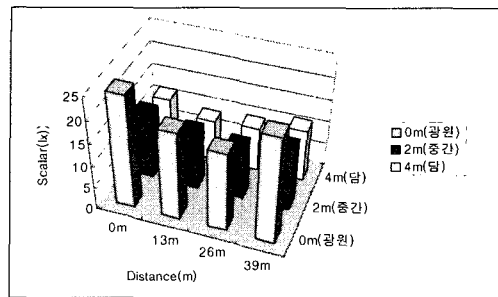


그림 8. 교체 후(MH350W) 스칼라 조도

나트륨램프와 비교하여 메탈할라이드 램프로 교체된 가로조명의 스칼라 조도는 최소 0.5[lx], 최대 8.0[lx]증가한 것으로 나타났으며, 이는 교체

전과 비교하여 교체 후의 스칼라 조도가 평균 1.3 배 증가한 것이다<그림 9>.

스칼라 조도의 경우 광원에 가까울수록, 조도 상승폭이 큰 것으로 나타났으며, 담(4m)쪽으로 갈수록 교체 전과 후의 상승폭이 적은 것으로 나타났다.

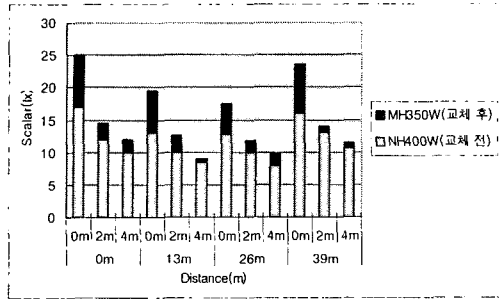


그림 9. 교체 전과 교체 후의 스칼라 조도 비교

### 3.4 휘도, 색온도, 색도 측정

#### 3.4.1 휘도, 색온도, 색도 측정결과

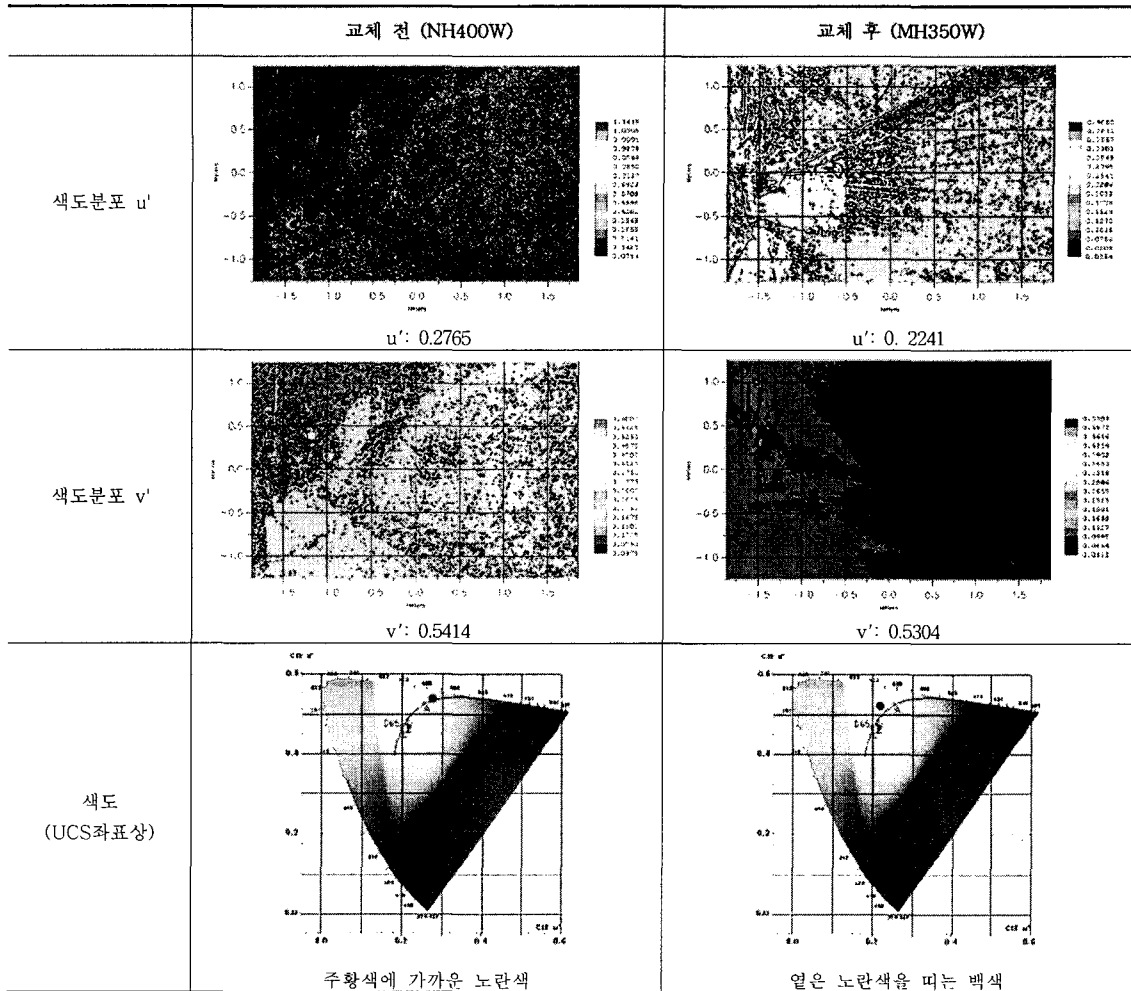
보행로 공간의 휘도 측정결과 나트륨램프와 메탈할라이드 램프의 평균휘도차는 0.06cd/m<sup>2</sup> 증가하여, 휘도에 있어서는 그 상승폭이 매우 적은 것으로 나타났다.

색온도의 경우 나트륨램프에서는 2,399[K]로 안정된 느낌을 주었으나, 메탈할라이드 램프의 경우 3,632[K]로 높아져 교체 전과 비교하여 활달한 느낌을 주었다.

색도의 경우 측정된 색도좌표 u', v' 값을 UCS 색좌표계에 표시해 본 결과 주황색에 가까운 노란색에서 옅은 노란색을 띠는 백색으로 변화한 것으로 나타났다. 이는 광원 자체가 갖고 있는 연색성에 의하여, 교체 전과 비교하여 사물을 선명하게 식별할 수 있는 것으로 나타났다. 휘도, 색도, 색온도 분포도 및 분석결과는 표 5와 같다.

표 5. 교체 전과 교체 후의 휘도, 색온도, 색도 비교

	교체 전 (NH400W)	교체 후 (MH350W)
보행로 조명현황모습		
휘도분포	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 공간의 평균휘도값: 0.53[cd/m<sup>2</sup>]</li> <li>- 노면 평균휘도값: 0.49[cd/m<sup>2</sup>]</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 공간의 평균휘도값: 0.59[cd/m<sup>2</sup>]</li> <li>- 노면 평균휘도값: 0.89[cd/m<sup>2</sup>]</li> </ul>
색온도분포	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 평균색온도: 2,399[K] - 안정되고 편안한 분위기</li> <li>- 평온한 이미지의 빛 (주거지생활도로, 보행로)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 평균색온도: 3,632[K] - 활달한 분위기</li> <li>- 부드러운 이미지의 빛 (주거지생활도로, 보행로)</li> </ul>



#### 4. 결론

보행로의 교체 전의 나트륨램프와 교체 후의 메탈할라이드 램프의 조명물리량의 변화 및 개선효과를 분석하면 다음과 같다.

- ① 수평면 조도 및 스칼라 조도는 약 1.3~1.4배 증가하였다.
- ② 공간의 평균휘도값은 0.06 cd/m<sup>2</sup> 증가하였다.
- ③ 색온도는 2,399[K]에서 3,632[K]로 증가하여 안정된 느낌에서 활달한 느낌으로 변화되었다.
- ④ 색도는 주황색에 가까운 노란색에서 엷은 노란색을 띠는 백색으로 변화되었다.
- ⑤ 나트륨램프의 황색광에서 고효율 메탈할라이드 램프의 자연광에 가까운 백색광으로 램프의 연색성이 개선되어, 사물의 식별성에 대한 가시도가 증가되었다.
- ⑥ 에너지절감형 친환경 메탈할라이드 램프로의 교체에 의하여 에너지 절감효과가 기대된다.

#### 후 기

이 논문은 과학기술부 국가지정연구실사업 (과제번호 M-0318-0104-00-0272)의 연구비 지원에 의한 연구결과물의 일부로 진행되었음 수행된 것의 일부임

#### 참 고 문 헌

- [1] 장수정 외, "아파트의 가로조명기구 개발" 한국조명전기설비학회 학술대회 논문집, 2004
- [2] 오은숙 외, "공간구조와 보행량을 고려한 도시조명계획 방법론에 관한 연구" 대한건축학회논문집 제 19권 10호, 2003, 10
- [3] KS A 3011, KS A 3701 한국표준협회 발행 2000년
- [4] 김정태 외, "도시미관 향상을 위한 공간의 경관 조명 개선방안", 대한건축학회논문집, 2001, 3
- [5] 김민성, "3면형 이트리움에서 자연채광에 의한 공간조도분포해석, 한양대학교 석사학위논문, 1999
- [6] 나노조명 <http://www.nlighting.com>