

# 도시철도차량에 LED 광원의 적용에 관한 연구

## A Study on the Application of LED Light Source in Subway Train

최성국\*      박대원\*\*      길경석†      박희철§      조은제§§  
Sung-Kuk Choi      Dae-Won Park      Gyung-Suk Kil      Hee-Chul Park      Eun-Je Jo

### ABSTRACT

This paper describes the proceeding experimental results to replace the 32[W] fluorescent lamp installed in subway train to a LED module. We fabricated 25[W] LED modules to meet the illuminance 300[lx] specified in the standard for subway train. After the installation of LED modules, comparative analysis with conventional fluorescent lamps was carried out.

From the experimental results, illuminances on the height of 0.85[m] and 1[m] above floor were 323[lx] and 360[lx], respectively. These illuminances satisfied the requirement 300[lx]. By the application of 25[W] LED module as a light source in subway train, energy saving about 22[%] compared with 32[W] fluorescent is acquired. Also, low cost of maintenance is expected due to 8 times longer lifetime 50,000 hours of LED than that 6,000 hours of fluorescent lamp.

Keywords: Fluorescent lamp type LED module, Illuminance, Spectrum, Subway train

## 1. 서 론

세계는 최근 고유가 현상 따른 에너지위기에 직면하고 있으며 환경오염에 의한 기후변화로 각종 기상 재해 또한 속출하고 있다. 이에 따라 세계 각국은 효율적인 에너지 소비와 환경 유해물질을 줄이기 위한 정책을 시행하고 있다. 유럽의 경우 납, 수은, 카드뮴 등의 사용을 제한하는 유해물질 제한지침(WEEE/RoHS)을 정하여 이를 사용한 백열등, 형광등의 생산을 규제하고 있다. 호주에서는 에너지 효율이 낮은 백열등의 사용을 금지하고 있으며, 미국 캘리포니아주에서는 백열등, 형광등을 위험성 폐기물로 지정하여 사용을 금지하고 있다. 우리나라 정부도 환경유해물질을 줄이고 에너지 효율을 높이기 위한 저탄소의 녹색성장의 신성장동력 중 하나로 저소비전력의 환경친화적인 LED(발광다이오드)를 선정하여 추진해 나가고 있다[1],[2].

LED는 유리전극, 필라멘트 및 수은등의 환경 유해물질을 사용하지 않아 환경친화적이며, 기존형광등에 비해 견고하고 안전하며, 수명이 길어 백열등, 형광등을 대체할 광원으로 각광받고 있다.

본 논문에서는 철도차량의 LED조명 적용을 위한 기초연구로서 25[W] 백색 LED형광등과 32W 형광등을 대상으로 도시철도 표준사양에 의거하여 조도를 측정하고 이에 따른 적용성을 평가하였다.

## 2. 실험 및 내용

### 2.1. LED형광등의 형태 및 특징

† 책임저자 : 정회원, 한국해양대학교 전기전자공학부, 교수  
E-mail : kilgs@hhu.ac.kr

TEL : (051)410-4414 FAX : (051)403-1127

\* 정회원, 한국해양대학교 전기전자공학부, 석사과정

\*\* 정회원, 한국해양대학교 전기전자공학부, 박사과정

§ 정회원, 부산교통공사 운영본부 차량팀, 팀장

§§ 정회원, 부산교통공사 호포차량사업소 검수팀, 과장

LED 형광등은 일반형광등과 크기가 동일하며 바 타입의 LED 모듈에 폴리카보네이트 확산판이 덧붙여진 형태이다. 본 실험에 사용된 LED 형광등의 소비전력은 25W 이다.

표 1. LED 형광등의 특징

구 분	내 용
구동전압	46VDC
소비전력	25W
크기	26 $\varnothing$ x1200mm
무게	410g

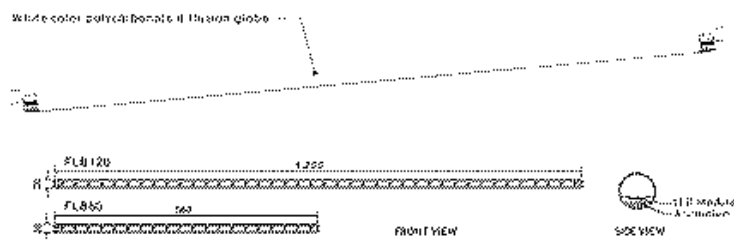


그림 1. LED 형광등의 구조

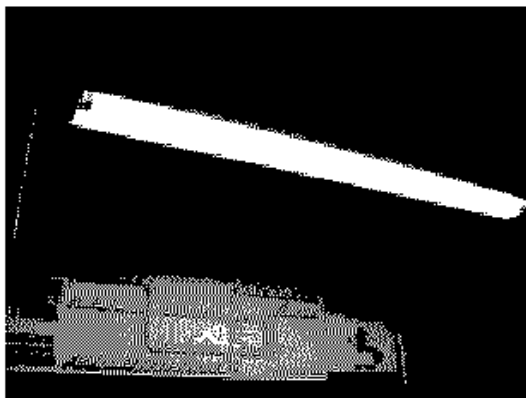
## 2.2 실험계의 구성

### (1)스펙트럼 특성 및 색좌표 측정

일반형광등과 LED형광등의 기본적인 스펙트럼 특성 분석과 발광되는 색특성의 측정을 위해 적분구 (Avaspære, -50-IRRAD, Avantes)와 스펙트로미터(Avaspec-3648, Avantes)를 사용하였다.

### (2) 전동차 실내에서의 조도측정

본 실험에서는 부산교통공사 호포차량기지에서 지하철 2호선 전동차 내부에 25[W] LED형광등 2개, 32[W] 일반형광등 2개를 설치하여 각각의 조도를 측정하였다. 도시철도 표준사양에 제시된 기준높이는 객실 바닥으로부터 각 0.85m, 1m 지점 이며 수평위치는 좌석(벽면으로부터 0.6m) 그리고 차량의 중심 (1.3m) 이며, 위치에 따른 조도변화를 관측하기 위하여 차량 출입구로부터 반대편 출입구까지 0.2미터씩 이동하여 측정하였다[3].



(a) 일반형광등



(b) LED형광등

그림 2. 전동차 실내에 설치한 광원

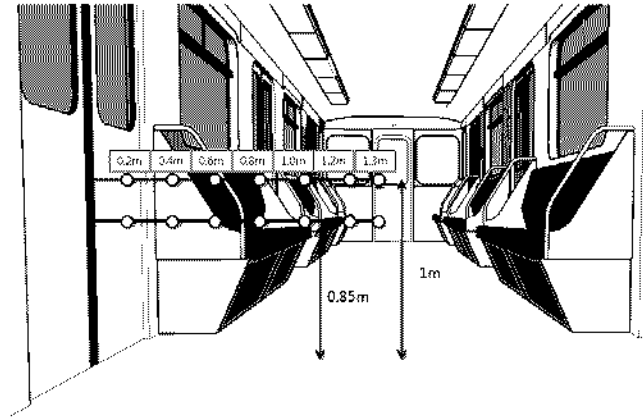


그림 3. 조도 측정

### 3. 실험결과

#### 3.1 스펙트럼 및 색 특성

그림 3은 일반형광등과 LED형광등의 스펙트럼을 나타내었다. 일반형광등은 여러 가지 파장이 불규칙적으로 나타난 반면, LED는 각파장의 연속적인 스펙트럼 특성을 볼 수 있다. 그림 4는 일반형광등과 LED형광등의 자외선 영역에서의 스펙트럼을 나타낸 것이다. 일반형광등에서는 300~400[nm]의 자외선(UV)이 측정되었으나 LED형광등은 자외선 성분이 측정되지 않았다.

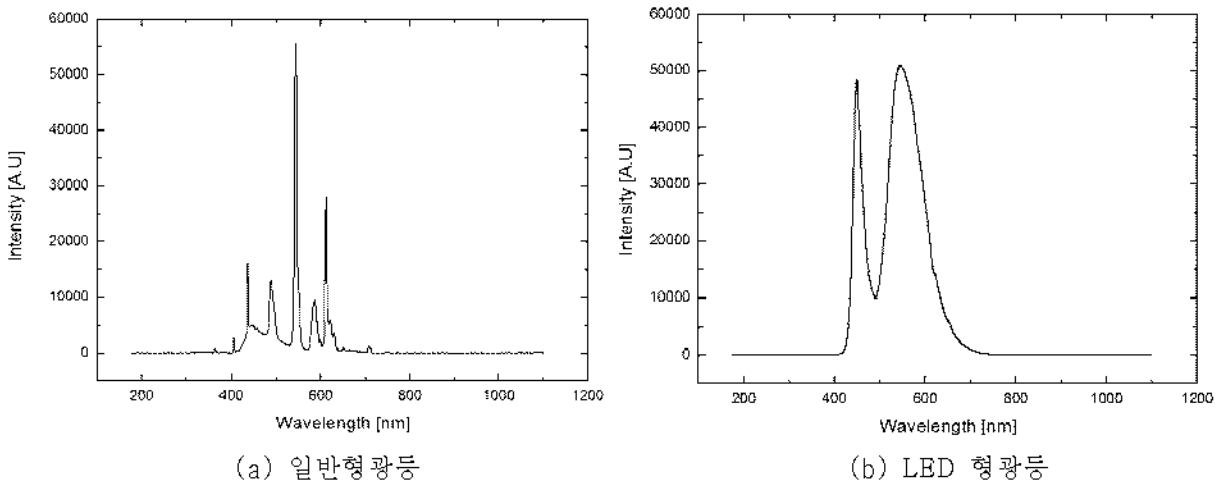


그림 4. 광원의 스펙트럼

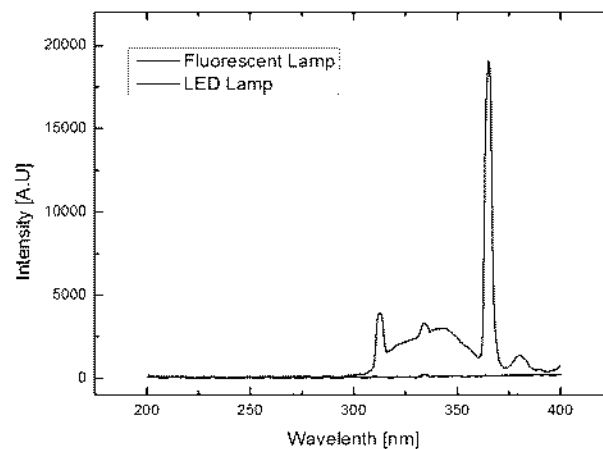
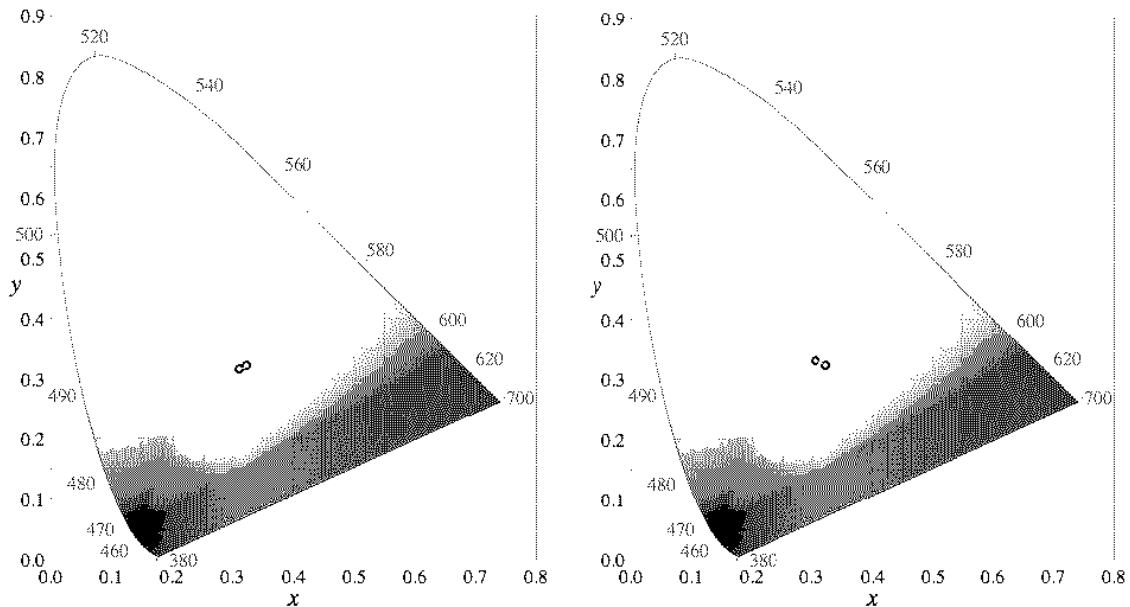


그림 5. UV영역에서의 스펙트럼(일반형광등, LED형광등)

표 2에는 색좌표와 색온도를 나타냈다. 색온도는 일반형광등 6200~6400[K], LED 형광등은 6500~6700[K] 으로 두타입 모두 주광색을 나타내었다. 그림 5의 Chromacity Diagram(CIE 1931) 측정 결과를 보면 일반형광등은 청색 계열의 백색, LED형광등은 청록색 계열의 백색을 띄는 것을 알 수 있다[4].

표 2. 일반형광등과 LED형광등의 색좌표(Colorimetry) 및 색온도

구 분	일반형광등	LED형광등
x 좌표	0.319	0.309
y 좌표	0.329	0.337
색온도	6200~6400 [K]	6500~6700 [K]



(a) 일반형광등

(b) LED형광등

그림 6. 색좌표 측정결과

### 3.2 차량 실내조도 측정

그림 6은 일반형광등과 LED형광등을 도시철도 차량 실내에 적용하여 측정된 조도의 변화를 나타낸 것이다.

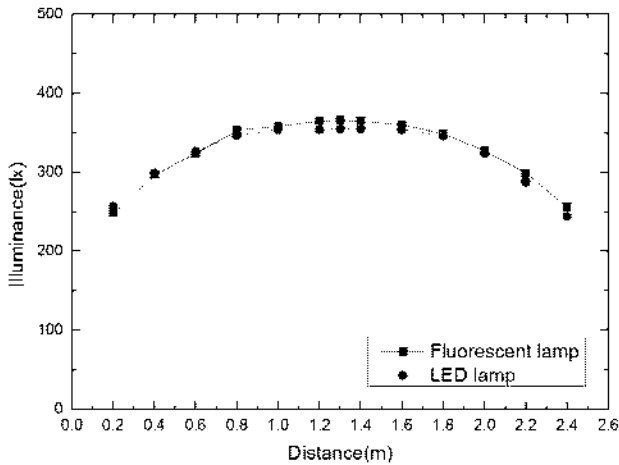
(1) 실내 평균조도는 1[m] 높이에서 일반형광등 374[lx], LED형광등 360[lx] 이었으며, 0.85[m] 높이 에서는 일반형광등 328[lx], LED형광등 323[lx]로 측정되었다.

(2) 좌석지점의 조도는 1[m] 높이에서 일반형광등 379[lx], LED 형광등 371[lx] 이었으며, 0.85[m] 높 이 에서는 일반형광등 327[lx], LED형광등 324[lx] 로 측정되었다.

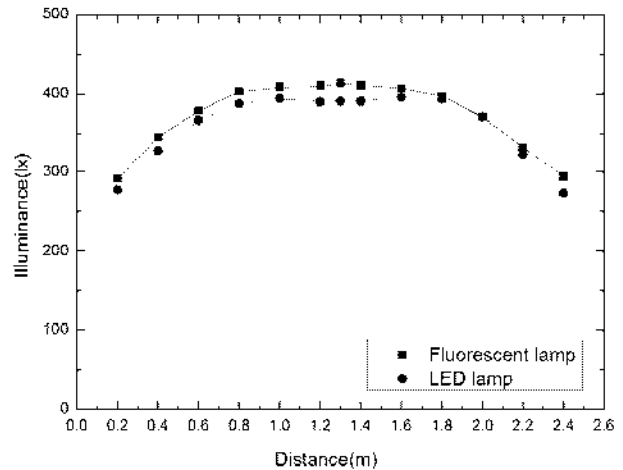
(3) 차량중심 지점의 조도는 1[m] 높이에서 일반형광등 414[lx], LED형광등 391[lx] 이었으며, 0.85[m] 높이 에서는 일반형광등 366[lx], LED 형광등 355[lx] 로 측정되었다.

표 3. 측정된 조도 평균값

구 분		형광등	LED
위치	높이		
좌석지점 (0.6m)	1[m]	379[lx]	371[lx]
	0.85[m]	327[lx]	324[lx]
차량중심 (1.3m)	1[m]	414[lx]	391[lx]
	0.85[m]	366[lx]	355[lx]
전체평균 (0.2~2.4m)	1[m]	374[lx]	360[lx]
	0.85[m]	328[lx]	323[lx]



(a) 바닥면으로부터 0.85m



(b) 바닥면으로부터 1.0m

그림 7. 기준거리에서 측정된 조도 그래프

#### 4. 결 론

본 실험에서는 LED형광등의 기본 광학 특성을 측정하고 부산광역시 도시철도 차량 내부에 설치하여 조도를 측정하였다. 스펙트럼 분석결과 일반형광등에서는 300~400[nm] 영역에서 자외선이 측정되었으나 LED 형광등은 자외선을 발광하지 않았다. LED형광등의 색온도는 6500~6700[K]을 나타내며, 기존의 도시철도실내에 사용 중인 형광등 6200~6400[K]과 동일한 주광색의 특성을 가지므로 에 대체 적용에 알맞을 것으로 보인다. 기준높이에서 실내 평균조도는 도시철도 표준사양에 제시된 조도 기준값인 300[lx]을 모두 만족하였다. 도시철도 표준사양에 제시된 기준높이에서 측정한 결과는 조도 기준값 300[lx]를 만족하였다.

도시철도차량의 실내광원으로 25[W] LED형광등을 사용하면, 현재의 32[W] 형광등과 비교하여 약 22[%]의 에너지 절감효과가 얻어진다. 또한 LED형광등의 수명은 50,000시간으로 일반형광등 6,000시간에 비해 8배 이상이므로, 이에 따른 낮은 유지보수비도 기대된다.

## 감사의글

"본 연구는 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음"  
(IITA-2009-C1090-0903-0007)

### 참고문헌

1. 지식경제부 에너지 자원 정책과(2008), "제1차 국가에너지 기본계획", 제3차 국가에너지 위원회 의안 번호 제1호
2. 지식경제부 산업경제 정책과(2008), "녹색성장을 위한 산업발전 전략"
3. 건설교통부(1998), "도시철도 표준사양-전동차 표준규격", 건설교통부 고시 제 1998-53호, 국토해양부 고시 제 2008-510호
4. CIE (1932). Commission internationale de l'Eclairage proceedings, 1931. Cambridge University Press, Cambridge.