

신조명방식의 지하철 역사 - 승강장 적용 검토

(A Study on the Application of new Lighting System for Subwaystation-mainly platform)

김 창기* · 이 종우 · 장 우진
(Chang-Khee Kim · Lee Jong-Woo · Woojin Jang)

요 약

지하철 역사에서의 신조명 방식을 적용(특히 승강장)하기 위하여, 우선 지하철역사의 조명 특성 및 현황을 살펴보고, 최근의 주요 신조명 방식 몇 가지를 점검해 본 후, 그중 현실적인 여건상 바람직한 조명이라고 생각되는 광파이프 조명을 중심으로 현재 일반적으로 설치된 형광등 조명 방식과 비교/검토해 보았다. 광파이프 국내공급사에서 입수한 조명 프로그램으로써 국내의 지하철 역사 승강장을 시뮬레이션 해본 결과로는, 광파이프 조명시스템(프리즘 방식)은 초기 투자가 너무 크고 효율적인 광원이 없어, 현재까지는 형광등조명보다도 약 배 이상 고비용이며 원래의 라인 조명으로서의 양호한 균제도 특성도 충분히 살리지 못하여 좀 더 발전시켜야 적합해질 것이라고 판단되었다.

1. 서 론

산업의 발달과 더불어 철도의 전기도 많은 변화를 겪어오고 있으며 70년대의 수도권 전철 개통, 80년대의 경부2복선전철(영등포~수원), 안산선, 90년대엔 과천선, 분당선, 일산선, 도시지하철(5,6,7,8호)선과 부산지하철1,2호선, 인천지하철, 대구지하철 등이 개통되었으며 앞으로 대전지하철, 광주지하철이 개통을 앞두고 있어 바야흐로 대도시의 지하철화는 어쩔 수 없는 대세라고 하겠다. 그에 따라 지하철 역사에서 사용하는 전기 용량도 증가하고 있으며, 조명 환경의 개선에 따른 조명용 전력이 크게 증가하는 추세에 있다.[1] 또한 지구 환경 보전 및 에너지·자원 절약이라는 범세계적인 명제 아래, 고효율 조명을 위한 광원 개발 및 전자 회로 응용 기술이 개발되고 있으며, 신조명 기술 및 차세대 조명을 위한 각종 광원 및 점등 시스템이 연구·개발 중에 있다.[2] 그 중 몇 가지의 신조명들은 상품화되어 등장하고 있지만 그 우수한 기능에 비하여 산업 사회에서의 확산 속도는 더딘 편으로 생각된다. 현재 상용화되고 있는 신조명으로서의 여러 방식이 있으나 우선 검토 대상이 될 수 있는 것은 1) 무전극 램프 2) LED조명 3) 광파이프 조명방식 등이라 하겠다. 이러한 신조명 방식들이 형광등이 대부분이고 주간에 계속적인 조명이 필요한 지하철 역사에도 적용된다면, 여타 현장에 적용한 경우보다 경제적인 효과도 클 것으로 사료되며 지하 구조의 환경적인 측면에서도 바람직하다고 사료되어 적극적으로 적용 검토할 필요성을 느끼고 승강장을 중심으로 한 1) 지하철 조명에의 특수성 및 현황을 점검해보고, 2) 신조명 각 방식을 검토하여 비교해 본 후 3) 바람직한 지하철 조명 적용 방안을 검토 제시해 보고자 하였다.

2. 본 론

2.1 지하철 조명의 특성 및 현황

일반적인 지하구조물의 조명 설계시 고려할 사항과 지하철 조명설계에서의 특히 고려할 사항을 정리해보면 다음과 같이 요약 할 수 있다.

2.1.1 지하시설 일반사항

- 1) 지하에서의 정전시 암흑상태는 매우 위험하므로 정전에 대비한 비상 전기 공급 및 조명 대책
- 2) 전기화재 등 사고시 안전 조치 및 비상 대피 조치
- 3) 지하공간 공간 개발이 필요 - 국가적인 차원에서 종합적인 개발 필요

2.1.2 지하철(전철)조명기준

- 1) 한국 철도청, 서울지하철에서는 하루 이용 승객수에 따라 역 등급을 아래와 같이 구분하고 있다.[3],[4]
 °갑/A급역: 일일 이용객 15 만명 이상(환승역포함)
 °을/B급역: 일일 이용객 1만명이상~15만명미만인 역
 °병/C급역: 일일 이용객 1만명 미만인 역

표 1. 역별 여객설비 및 화물설비 조도기준(일부)

장 소	조도의 범위(lx)			조명방법 (°):#5건설지
	갑/A 급역	을/B 급역	병/C 급역	
대 합 실	200~500 [400]	200~500* [300]	200~500 [250(200)]	전반조명
승강장옥내	150~300 [300(250)]	150~300* [250(200)]	30~200 [200(150)]	전반조명

* 수도권 전철역은 을/B 급역 이상으로 적용, []: 2기지하철

2) 또한 일반적으로 대합실 및 승강장 조명은 격등 제어[A,B회로] 외에도 절전이 가능하도록 20~30lx 유지되는 별도의 C회로를 구성하고, 유지가 편리하도록 하면개방 형으로 하며 고조도 반사각을 이용하되, 건축 마감 특성에 맞는 조명기구를 설치하도록 하고 있다. 그 외 원격제어 점등, 점멸도 가능하도록 하고 있다.[5]

2.2 신조명 각 방식의 검토/비교

현재 상용화되고 있는 신조명으로서 우선적으로 소개되고 있는 1) 무전극 램프 2) LED조명 3) 광파이프 조명방식 등에 대해 국내외 현황을 국내전사회, 업체 방문, 업체 자료 등을 통해 알아보았다.

2.2.1 무전극 램프

1) 원리/개요

1990년대부터 개발/소개된 2 종류의 신광원이 있는 바, 무전극 형광램프와 무전극 고풍도 방전등이 있다. 무전극 형광등은 유도전류/자계에 의해 급속 증기와 전자의 충돌에 의해 자외선이 발생되어 전구표면의 형광물을 자극하여 발광하도록 하는 방식으로 필립스, 오스람 등에서 1992년경부터 상용화를 시작한 소용량(200W이하)의 것으로 국내 몇 개 회사에서 보급중이다. 이와 별도로 무전극 고풍도 방전등은 고주파/마이크로파가 램프 내에 있는 불활성 가스를 플라즈마 상태로 만들어 급속화합물의 연속적인 가시광 발산으로 발광하는 방식(PLS; Plasma Lighting System)으로 주로 대용량(1~5 kW 내외)이며 이것은 미국의 퓨전사(Fusion UV System)에서 개발 후 국내에선 LG전자에서도 개발 중에 있다.

2) 주요 특징

- (1) 수명 : 약 60,000시간(기존 방전등의 6~8배)
- (2) 효율[lm/W] : 65~80(소용량용), 85~110(대용량)
- (3) 연색성(CRI) : 80~98(양호한 스펙트럼)
- (4) 점등시간 : 순시(소용량);
점등20초, 재점등 약 2분(PLS경우)

표 2. 방전 램프의 효율 및 광특성 비교 [6],[7]

구분	효율(lm/W) (150W기준)	연색성 (CRI Ra)	수명 (1천hr)	비고 무전극형광등
무전극 형광램프	70~80	80	40~60	●오스람(독); 엔듀라 100,150
형광램프 (삼파장)	80	70~85	8~12	●필립스(네); QL램프 55,85,165 W
메탈할라이드 램프	75	약 80	7~15	* GE(미); Genura 23 W
고압나트륨등	105	20~40	10~20	

*일본의 마츠시다 경우도 수명 4~6만 hr의 신제품을 소개 중임.[8]

3) 적용

주로 무전극 형광램프는 유도결합형 방전으로 삼파장 무전극 램프 중심으로 상용화되어 고주파발전 인버터 제작사가 램프를 수입하여 보급중이나 매우 고가이므로 고천장, 고위험 개소 등에 장기간 사용을 위해 적용할 정도이며, 무전극 고풍도 방전등의 경우는 구동 전원의 신뢰성 부족, 고온 고열에 따른 문제점 등으로 인하여 상용화에 문제는 있으나 계속 발전시킴으로 상품성은 있을 것으로 기대되고 있다.

무전극 형광램프의 주요 적용처는 다음과 같다.

- (1) 슬림형 : 기본형으로 고천장조명(3m이상), 가로등
- (2) 글로브형 : 생산공장, 건설현장(4m이상)
- (3) 기타 : 광고판 조명용 등
- 4) 유의사항
 - (1) 고가임.(형광램프형 150W경우 약40~50만원정도)
 - (2) 무전극 고풍도 방전등은 고열대책 (내열부품적용, 열센서로 화재예방 등)이 필요함.

2.2.2 LED 조명

1) 원리/개요

반도체 PN접합에 순방향 전압 인가시 접합부의 부근에서 전기에너지를 빛에너지로 전환시켜 발광하는 발광다이오드(LED:Light Emitting Diode)를 이용한 것으로 1980년대 들어 고풍도 적색소자가 등장되어 옥외용으로서 응용분야의 개척으로 백열등과 경쟁하게 되었으며, 필요한 색깔에 따라 소형 LED 수 개를 조합하여 어떤 색상이든 구현해줄 수 있고 반영구적인 수명이 장점이다.[9] 명시조명 보다는 광고용 조명 회사들이 광고 및 교통시스템을 중심으로 발전시켜 오고있다.

2) 주요특징

- (1) 수명 : 약 1만~10만 시간(약 10년 정도)
- (2) 효율 : 15~20 [lm/W] (백색LED의 경우)
- (3) 연색성 : 양호한 연색성(RGB소자로써 스펙트럼 조정가능) 백색 LED;약 60 정도, RGB LED;80 이상
- (4) 점등 및 재점등 시간 : 고속응답성
- (5) 환경성 등 : 소형이고 단단하며, 저전압(1.5~4.5V)이고 상대적인 저전류(5~500mA)로 열방사량이 적으며, 유지 관리비가 절감되고 건물과 조화를 이루는 간편한 구조 등으로 녹색 환경 친화적인 조명임.[10],[11]

3) 적용

최근 국내에서도 'LED 교통신호등 표준지침'(2002,4,9;경찰청)이 마련되고 월드컵을 계기로 신호등 시범 교체작업이 활성화 된 바 있는 등, 표시용으로 교통 신호등에 주로 적용되고 있다.[12] 그러나 아직은 개발 단계로 소자당 발광효율이 낮아 필요한 광속을 얻기 위해 다수의 소자가 필요하고, 온도가 수명에 미치는 영향이 다른 광원에 비하여 크며 초기 비용이 높은 것 등이 보급 지연의 큰 요소로 작용중이다.

- (1) 소켓형/프러그형 : 실내 장식용 조명, 도로표시등

- (2) 스포트라이트 : 전시등, 건축조명
- (3) 면광원 : 교통신호등, 주야간 조명광고판 용 등
- (4) 기타 : 피난 유도등, 자동차 미등/제동등 등
- 4) 유의사항
 - (1) 직진성의 휘도는 높으나 확산성이 부족함.
 - (2) 고조도 조명용엔 볼록렌즈 등의 장치가 필요함.

2.2.3 광 파이프 조명

1) 원리/개요

에너지 절감의 차원에서 비교적 대규모 조명에 사용되는 공동(空洞) 광 가이드 방식의 하나인 프리즘 광 가이드형은 선형 측면 방사광 시스템 중의 하나로서 북미, 유럽, 일본 등에서 각광 받고 있는 것으로 광 흡수가 거의 없고 외부투과도 낮아 가장 바람직한 것으로 보인다.(예, 흡수율 0.1%, 반사경 24개 기준 효율 97.6%정도)[13] 이것은 1980년대에 브리티시 콜럼비아대의 화이트헤드 교수가 프리즘을 통해 빛을 이동시킬 수 있다는 사실에서 착안해 내어 1990년대부터 3M사의 기술자들이 개발해 제품화된 미세 프리즘을 이용한 광파이프를 적용한 것으로, 파이프 내부엔 코팅돼 있는 미세 프리즘 필름들이 연속적으로 배열돼 있어 한쪽에서 비춰진 태양광이나 전등에서 나온 빛이 관을 통해 내부 반사되면서 파이프를 따라 전달되며, 동시에 조명에 필요한 빛은 프리즘에서 반사된 빛의 각도를 변화시켜 관 밖으로 투과되도록 만든 것이다. 전등은 외부에 설치하고 조명이 필요한 곳에만 광 파이프를 설치하면 되므로 전기로 인한 폭발 위험이 있는 화학 공장이나 열에 민감한 냉동 창고에도 적합하다.[14] 국내엔 업무용 건물의 일부에 설치사례가 있으며 미국 특허 회사 제품을 가공, 공급해오고 있다.

2) 주요특징

- (1) 광파이프 수명 : 반영구적(약 10년 이상)
- (2) 효율 (HID램프 + 광 파이프 시스템) : 80~100 lm/W 정도 (적용 광원에 따름)
- (3) 연색성 : 광원의 종류에 따른 스펙트럼
- (4) (재)점등시간 : 광원에 따름
- (5) 환경성 등 : 광원의 과열, 폭발 등의 문제에서 벗어나 안전성이 향상되고 눈부심이 없어 불쾌감이나 눈의 피로가 적고 반영구적 제품으로 구조물 수명과 함께 해 등기구 재투자가 필요 없는 등 환경 친화적임.

3) 적용

현재 고압나트륨 램프, 메탈할라이드 램프를 광원으로 주로 라인조명의 특성을 살려서 이용되고 있으나 아직은 프리즘 파이프가 매우 고가이므로 특수 환경조명에 주로 적용하고 있다. 해외의 경우 주요 적용을 대별해 보면 다음과 같다.[15]

- (1) 폭발위험 방지용 : 화학공장, 광산, 군수품창고 등
- (2) UV피해 방지용 : 박물관, 전시/쇼펍물, 수족관 등

- (3) 열/오염 유입 방지용 : 실험실, 수술실, 크린룸 등
- (4) 기타 : 터널/지하철[16]
- 4) 유의사항
 - (1) 설치시 적절한 직진성 유지 중요.
 - (2) 파이프 길이 및 반경에 따른 적절한 설계 수행요
 - (3) 프리즘 필름(OLF Optical Lighting Film)의 재질 별로 임계각이 다르니 광변환기 선정시 유의를 요함.

이상에서 1) 무전극 램프 2) LED조명 3) 광파이프 조명방식에 대하여 개괄적으로 살펴보았다.

무전극 조명은 형광램프형은 고가(150W 경우 약40~50만원정도)여서 많은 장점에도 불구하고 보급이 늦고, 고광도 방전등형은 고열을 내는 전자파 공동 및 주변 기기의 열처리, 전자파 발전기인 마그네트론 구동전원의 신뢰성 부족 등으로 아직은 기존 광원을 대체하기에는 많은 주변 기술이 개발되어야 한다.[17]

LED조명은 교통 신호용으로는 기존의 설비를 모두 대체될 것으로 보이나 조명용에선 아직까지는 기존 광원에 비해 성능상 상당히 열세에 놓여있어 주로 색등이나 야광등용으로 사용되고 있으며, 일반 사무실용으로 500~600 lx의 조도를 낼 수 있는 경우까지의 실용화는 5년 내가 될 것으로 전망된다. (표 3. LED의 성능향상 요구 수준 [18]참조)

표 3. LED의 성능향상 요구 수준 [18]

구 분	성 능			가 격 (\$/klm)	
	효율 (lm/W)	연색성	수명(hr)		
백열 등	≥50W	15	100	1,000	0.5
	≤25W	8	100	3,000	5
형광 등	일반형	70-100	70-90	20,000	0.5
	컴팩트형	55-70	82	10,000	5-10
백색 LED	현재	15-20	75	> 10,000?	250-500
	향상요구율	6x-8x	~1.2x	~10x	50~100x
	목표	120	80-90+	100,000	≤5

따라서 지하 승강장 등의 라인조명 적용 중심으로 검토해 보면, LED조명도 바람직하나 상기 표에서와 같이 광속당 비용 면에서 수십 배 고가여서 기술/경제상 시기상조이며, 무전극 형광램프 경우가 있으나 역시 고가(150W기준시 약 50만원내외)로서 부적합하다고 판단되므로, 현단계에서는 HID램프를 이용한 광파이프 조명을 검토하게 되었다.

2.3. 광파이프조명방식의 지하철역사 적용

현 단계에서 지하철 역사의 주 조명 개소인 승강장에 대하여 광파이프 조명을 도입할 경우를 국내의 상황을 중심으로 살펴보려고 하였다. 그 결과 국내의 경우엔 지하철 역사엔 아직 공급한 실적이 없으나 해외에서 검토

토한 실적을 입수 할 수 있었고 국내의 경우도 일반적인 크기의 승강장을 검토해 볼 수 있었다.

2.3.1 해외-뉴욕시 운수청 승강장조명의 제안 [19]

2.3.1.1 공사 기본 사항

승강장 : 길이 = 183m, 너비 = 3.66m

천장높이 = 3.66m, 등설치높이 = 2.44m

조도기준 : IES Lighting Handbook 운송터미널

대합실 = B 분류 (5-10 fc : 약 50~100 lx)

승강장 = C 분류 (10-20 fc : 약 100~200 lx)

조명 요건 : 승강장 평균유지조도는 최소 100 lx, 승강단은 최소 150lx이고 얼룩(그늘)이 없을 것임.

전제조건 : 벽/천장 반사율 = 0.3(콘크리트) 보수율 = 0.65 최소균제도 = 2.5 : 1 백색광(HQI lamp)

2.3.1.2. 광파이프시스템(외국 A사 제안 개요)

제안사는 한 개의 HQI 램프(400W HQI)에 양방향 반사경이 있는 30개의 등과 각 등엔 직경 6" (152 mm)의 투명한 폴리카보네이트 튜브 2개씩인 6.1m 등기구를 사용했다. 100°발광각(아래방향특새)를 갖고 있는 광파이프는 승강장과 승강단 조명을 하기 위해 사용된다. 별도 철함에 이그나이터(점화기)와 일반형 안정기를 수용하되 약 10년의 예상보수 주기상 천장공간에 안치한다.

비상조명 ; 비상조명이 기설치 된 것으로 가정함.

조명시물레이션에 의한 결과는 다음과 같다.

◆ 승강장의 추정평균유지조도 = 11.1f-c(121 lx)

◆ 승강장균제도 = 1.8:1(평균/최소);2.5:1(최대/최소)

◆ 승강단(탑승부)추정평균유지조도=15.6f-c(170lx)

※ 비교 대상인 대체 시스템의 개요

1) 등기구 ~ 보안형 형광등(폴리카보네이트/훼손 방지), 3등(120W), 등기구 LOA =50'(4.17')

2) 수량 ~ 길이600'므로 600'/4.17'≒144개의 등기구

3) 비용 ~ 미국평균 등기구 단가=\$410(직분배자가) 뉴욕시의 평균물가지수1.13

고로 자본비는 144개*\$410*1.13=\$66,715 USD

2.3.1.3 광파이프시스템과 형광등시스템의 비교

초기 자재구입비만 아니라 설치비와 운전비도 조명시스템의 총비용에 포함시켜 고려되어야 한다.

A.자본비(예상가)

광파이프 시스템(직분배자)가격 = 약 72,000 USD

형광등기구시스템(직분배자)가격 = 약 66,715 USD

B.설치비

광파이프시스템 방식을 사용함으로써 가장 많이 절약되는 것은 설치비이다. 적은 수의 등기구란 적은 설치점들과 더 적은 배선을 의미하며, 수 백개의 등기구일 경우 엄청난 절약을 의미하게 된다.

광 파이프 시스템 개략 설치비용 = 8,415 USD

형광등기구시스템 개략 설치비용 = 20,200 USD

C.유지비

금번 연구에 의하면 승강장에서 램프교체작업은 연간 약 2 시간정도로 절감되었다.

광파이프 시스템 개략년간 유지비 = 2,202 USD

형광등기구시스템 개략년간 유지비 = 2,214 USD

D.에너지비

일반적으로, 광파이프 시스템은 에너지 소모량에서 볼 때 대부분의 대체물과 같거나 양호하다.(형광등 시스템들과 비교한다면 30%까지 절약됨)

광파이프 시스템 개략년간 에너지비 = 6,938 USD

형광등기구시스템 개략년간에너지비 = 9,514 USD

E.순현재가치(NPV; Net Present Value)

서로 다른 두 개의 조명시스템들을 철저히 비교하기 위한 일반적인 접근방법은 생애주기 비용법을 사용하여 비용 이득을 분석하는 것이다. 이것은 일정한 기간동안 (보통 10년에서 20년) 조명시스템의 전반적인 비용을 계산하고, 아래식과 같은 현재가치(Net Present Value; NPV, P)의 용어로 비용을 평가하는 것도 포함된다.[20]

현재가치(;P)로 일년운영비인 유지비와 에너지비용으로써 현재의 가치에 대응하는 값을 얻게된다.

$$P = A * \{ (1+i)^y - 1 \} / i(1+i)^y$$

단, P = 현재 가치, A = 일년간의 비용

i = 이자율, y = 년수

예로 이자율을 6%로 한 10년간의 생애주기비용을 반영하면 $P = A * \{ (1+0.06)^{10} - 1 \} / 0.06(1+0.06)^{10}$ 이고 A=2,202 일때 $P = 2,202 * \{ (1+0.06)^{10} - 1 \} / 0.06(1+0.06)^{10} = 16,200$ 이므로 이러한 계산 결과를 종합하면,

	광파이프	형광등방식
유지비 (NPV@ 10년)	16,200 USD	16,300 USD
에너지비(NPV@ 10년)	51,100 USD	70,000 USD

F.요약 (A+B+E 종합)

	광파이프	형광등방식
자본투자비(구매비)	72,000 USD	66,715 USD
설치비	8,415 USD	20,200 USD
유지비 (NPV@ 10년)	16,200 USD	16,300 USD
에너지비(NPV@ 10년)	51,100 USD	70,000 USD
생애주기비용 합계	147,715 USD	173,215 USD
광 파이프 시스템 방식의 절감 비율	= 15 %	

따라서 승강장조명의 경우 광파이프 시스템 방식이 약 15%절감될 뿐 아니라 품질적인 면을 고려할 때도 우수하다.:(1) 고품질 빛 (2) 시스템 유연성 (3) 스테이레스 부품 (4) 설치절감 (5) 보수절감 (6) 에너지절감 등

2.3.2 국내-서울시 지하철 승강장조명의 경우 [18]

본 검토를 수행함에 있어 최근의 국내 논문에서 서울 지하철역사의 승강장에 대한 설계/실측조도 및 개략 크기를 알 수 있었고[3], 이를 참고해 형광등과 비교에 대한 정확도를 높이고자 하였다.

2.3.2.1 공사 기본 사항

승강장 : 길이 = 205m, 너비 = 6m
 천장높이 = 3m, 등설치 높이 = 2.8m
 조도기준 : 200 lx (을/B급역 평균유지조도)
 전체조건 : 반사율 = 0.5천정/0.1벽 보수율 = 0.7

2.3.2.2 형광등기구 (기설치된 승강장의 경우)

광속법으로 설계되어 시공한 것으로서 그중 몇 역에 대하여 정리하면 다음과 같다.[3]

표 4 기 시공된 역사의 승강장 조명 시공 예

구 분	설계등수:FL40W		실 계 조도(lx)	개략실측조도(lx)		
	2구	1구		아래	중간	평균
A역(일산)	82	160	269	290	210	250
B역(과천)	82	160	269	314	144	229
C역(분당)	82	160	269	230	150	190
수서,백석,평촌	매입하면개방형 2750 lm/구		요구조도:200	바닥위 1.0m위치		

2.3.2.3 광파이프시스템(TIR) 방식

상기의 공사 기본 사항과 일반역을 고려하여 200 lx를 기준으로 국내 B사와 몇 차례의 검토로써 TIR(Total Interior Reflection)방식으로 설계한 결과, 승강대 부위엔 한 개의 메탈할라이드 램프(400W)에 양방향 반사경이 있는 16개의 12m 등기구, 그외 승강장 전반용으로 동일램프(250W)에 37개의 4.5m 등기구 사용을 제안/선정했다. 광파이프는 180°발광각(아래방향발광특성)을 갖고 있다.

비상조명; 비상조명이 기설치 된 것으로 가정했으나, 유지용 조명을 위한 분리회로(C회로)용으로 11개의 4.5m 등기구를 이용할 수도 있게 하였다.

조명시뮬레이션에 의한 결과는 다음과 같다.
 (*참고. 램프는 MH 400W, 광속은 36,000 lumen, MH 250W, 광속은 21,000 lumen, 측정위치는 바닥 위 1m에서 장측방향 5m, 단측방향 0.5m 간격이고, 프로그램은 Relux :www.relux.ch 를 사용함.)

- ◆ 승강장의 추정평균유지조도 = 233 lx
- ◆ 승강장균제도는 2.28:1(평균/최소)(최대/최소)
- ◆ 총 등기구수 = 53 (16+37)
- ※ 최고조도 376 lx, 최소조도 102 lx 임.

2.3.2.4 광파이프시스템과 형광등시스템의 비교

A.자재비(예상가)

광파이프 시스템(대리점)가격 = 약 135,000,000원

형광등기구시스템(대리점)가격 = 약 14,500,000원

B.설치비

광파이프 시스템 개략 설치비용 = 6,500,000 원
 형광등기구시스템 개략 설치비용 = 13,800,000 원

*주 : 광파이프는 메탈할라이드등 기준 전적가임

형광등기구는 개략 공사 전적가임.

C.유지비

등기구 숫자는 승강장 유지비에도 중요한 역할을 한다고 본다. 등기구 수/수명에서 322개/보통 7,500 hr인 형광등에서 53개/보통 10,000 hr의 메탈 할라이드 램프로 바뀌짐으로써 연간 약 7200 hr을 조명한다고 보면 3년에 4회 교체(형광등)와 3회 교체를 고려 할 때 년 평균 약320등 교체가 약17등 교체로 감소된다. 편의상 952,000원(@28,000×17등×2), 2,560,000원(@4,000×320등×2)으로 계산.

D.에너지비

하루 20시간을 기준으로 계산한 전력요금은
 광파이프 시스템 연간 에너지비 = 12,337,200원
 [(435W/등×16등+275W/등×37등)7200hr/y×100원/kWh] ※전력단가는 실적과 유사치를 적용함.
 형광등기구시스템 연간 에너지비 = 8,114,400원
 (=35W/등×7200hr/y×100원/kWh×322등)

E.순현재가치(NPV; Net Present Value)

해외의 예에서와 같이 동일한 식을 사용하면
 $P = \text{현재 가치}, A = \text{일년간의 비용}, i = \text{이자율}, y = \text{년수일}$ 때 이자율을 6%로 전제한 10년간의 생애주기비용은 $P = \frac{A}{i} \{ (1+i)^y - 1 \}$

	광파이프	형광등방식
유지비 (NPV@ 10년)	7,007 천원	18,842 천원
에너지비(NPV@ 10년)	90,802 천원	59,723 천원

F.요약 (A+B+E 종합)

	광파이프	형광등방식
자본투자비(구매비)	135,000 천원	14,500 천원
설치비	6,500 천원	13,800 천원
유지비 (NPV@ 10년)	7,007 천원	18,842 천원
에너지비(NPV@ 10년)	90,802 천원	59,723 천원
생애주기비용 합계	239,309 천원	106,865 천원

광 파이프시스템 방식의 증가 비율 = 123.9 %
 즉, 국내의 경우 기존의 형광등 방식이 보다 경쟁력이 있고 주요 요인 3가지는 아래와 같다고 생각된다.

- 1.광파이프 조명용 필름(OLF)의 단가가 형광등보다 약10배 정도고가임.(40~55만원/m선)
- 2.에너지 절감을 위해 고효율의 광원을 사용해 야 경제적이다.(120 lm/W이상의 PLS 적용 등)
- 3.광파이프 방식은 설계, 설치, 시공상의 기술향상 / 경험축적 필요함.

3. 결 론

이상에서 지하철 역사에서의 신조명 방식을 적용(특히 승강장)하기 위하여, 우선 지하철역사의 조명 특성 및 현황을 살펴보고, 최근의 주요 신조명 방식 몇 가지를 점검해 본 후, 그중 현실적인 여건상 바람직한 조명이라고 생각되는 광파이프 조명을 중심으로 현재 일반적으로 설치된 형광등 조명 방식과 비교/검토해 보았다.

그 결과 광파이프 조명시스템(프리즘 방식 조명)은 여러 이유로 승강장을 위한 최상의 조명시스템이라고도 말하지만, 광파이프 국내공급사(베스비사)에서 입수한 조명 프로그램으로써 국내의 지하철 역사 승강장을 시뮬레이션 해본 결과로는, 광파이프 조명시스템은 초기 투자가 크고 효율적인 광원을 적용할 수 없어 현재까지는 형광등조명보다도 약 배 이상 고비용이며 원래의 라인 조명으로서의 양호한 균제도 특성도 충분히 살리지 못하여 좀 더 발전시켜야 적합해질 것이라고 판단되었다.

그러나, 형광램프를 대규모로 사용하는 장소의 경우인 지하철 역사의 승강장 등에서는 승객의 안락함과 편의를 위해서 눈부심에 거의 없으며 광속의 전달이 온도 변화에 영향을 받지 않고 교체물이 적어 친환경적일 수 있는 광파이프 시스템을 적용하는 것이 바람직하다고 사료되므로 추후 이러한 신조명들의 활성화를 위해서 조명관련자들이 적극 노력할 것이 필요하다고 본다.

1. 조명 연구소 및 공급/제조사에서는

1) 이에 필요한 핵심요소인 고가의 광파이프용 필름(OLF)을 집중 연구 개발하여 현재보다도 저가에 쉽게 공급할 수 있도록 하며

2) 형광등보다 고효율인 광원(PLS --- LG전자 등에서 개발 중)에 대해 주변기술의 안정화 및 광파이프 시스템에의 적용이 용이한 환경(범용으로 저렴하며 용량이 다양하고 가공설치가 편할 것 등)이 조성되게 하고,

2. 조명업체/학계에서는

1) 신조명에 대해서도 전문기술 교육을 시행하여 관련 시공설치 전문가가 양성/전파되도록 할 것이며,

2) 체계적이고도 실용적인 설계프로그램의 개발/운용에 관심을 갖고서 쉽게 운용할 수 있도록 발전시켜 감으로서 제조공급사와 설계/시공사 간의 교량역할을 충분히 할 수 있도록 해야하겠다.

이렇게 상호 협조하는 속에서, 신 조명산업의 발전은 물론 조명관련자들의 발전과 이웃 산업에의 참여/기여도도 높아질 것이며, 다른 나라를 선도할 수 있을 정도로 우리의 조명산업도 발전될 것으로 믿는다.

참 고 문 헌

- [1] 광희로, 이진우, 김문덕, 강원구, "일반용 및 산업용 조명기구 보급실태조사", 조명전기설비 학회지, vol.9, No.3, p.67, 1995, 6.
- [2] 여인선, "반도체 조명의 시대를 여는 LED", 전기의 세계(전기학회지), vol.51, No.1, p.24~32, 2002, 1.
- [3] 이유경, "전철지하역사 조명설비 향상 방안에 관한 연구", 서울산업대 공학석사학위 논문, p.6, 2000학년도. 철도청, 전철전력보수규정, 2001
- [4] 강영창, 김영하, "지하철 정거장 전기설비 개요", 서울 2기 지하철 건설 기술사례, p.500, 1997, 7. 서울시지하철5호선건설지(하), p.397 조명기준, 1998,12
- [5] 최홍규, 원진희 외 "역사, 정거장의 조명설비", 조명설비 및 설계(성안당), p.244~47, 2000, 8.
- [6] 배영진, "무 전극 램프의 상용화 기술", 전기의 세계(전기학회지), vol.51, No.1, p.20~23, 2002, 1.
- [7] 황영근, 이종찬, 박대희, "무전극 램프의 기술동향과 전망", p.23~26, 조명전기설비학회 논문집, 2001,11,1
- [8] -, "New Electrodeless Lamp System Produces White Light like Sunlight" <http://www.matsushita.co.jp/corp/news/.../en000516-1>, 2000,05,16
- [9] 백수현 김수, "2장 전기의 재료와 부품", 신판 전기공학 대사전(용어 해설편)기다리, pp.135, pp.141~142, 1995, 2.
- [10] 김완호, 여인선, "RGB LED를 이용한 전구의 광학설계", 조명전기설비 학회 논문집, p.130, 2001, 11,1
- [11] -, "Nichia Corp. News - UV 100mW LED" <http://www.nichia.co.jp/info/news/new20020926.html>
- [12] 정봉만, "LED 교통신호등 기술", 조명전기설비 학회지, vol.15, No.6, p.52~67, 2001,12,(-); vol.16, No.3, p.83, 2002, 6.
- [13] 정학근, "광파이프를 이용한 조명기구 설계 기술", 광파이프를 이용한 조명 및 건축기술 세미나(한국에너지기술연구원)자료, pp.50~53, 2001, 12,10
- [14] 이영완, "첨단기술 따라잡기 **광파이프**", 광파이프 조명원리, 동아일보, #25027호 40면; 2002.01.07
- [15] 한수빈, 정학근, "광 파이프 조명기술 현황", 조명전기설비 학회지, vol.15, No.5, p.28~35, 2001, 10.
- [16] 이상선, "광 파이프를 이용한 시장 및 제품 동향", 광파이프를 이용한 조명 및 건축기술 세미나(한국에너지 기술연구원) 자료, pp.70~78, 2001, 12,10
- [17] 김진중, 홍성호, 김정원 "조명과 광원 기술", 전기의 세계(전기학회지), vol.51, No.1, pp.33~38, 2002, 1.
- [18] 여인선, "반도체 조명의 시대를 여는 LED", 전기의 세계(전기학회지), vol.51, No.1, p.28, 2002, 1.; M.G. Craford, "Overview of High Brightness LEDs and the Progress Toward High Power LED Illumination," Lighting Emitting Diodes 2001, Intertech
- [19] TIR Systems Ltd "NY City Transit Authority Platform Lighting", 기술제안서, pp.1~20, 1997, 9.
- [20] - "Life-Cycle Cost-Benefit Analysis (LCCBA), Lighting Economics," Lighting Handbook 8th IESNA Vol. 1 pp.503,(13-5) 1995.