

# LED조명기술의 특성과 응용사례

정 봉 만 / 한국에너지기술연구원 전기조명연구센터

## 1. LED광원 조명특성

인류의 탄생과 함께 조명기술은 태양 빛을 근간으로 햇불과 같은 불빛으로 부터 백열전구와 형광등으로 대표되는 방전등까지 발전되어 왔다.

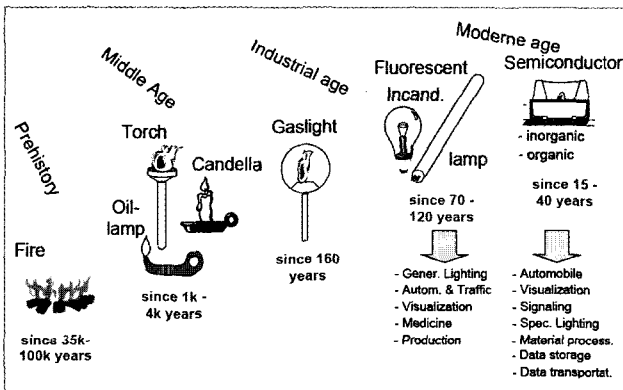


그림 1 조명용 광원의 변천사

표 1 기존 광원과 LED광원의 조명특성 비교

Type	Rated power (W)	Total flux (lm)	Lamp eff. (lm/W)	Ballast eff. (%)	Color temp. (K)	CRI (Ra)	Life time (h)	Power range (W)
Incandescent	Standard	60	810	14	100	2,850	1,000	10 ~ 100
	Tungsten Halogen	100	1,600	16	100	2,900	1,500	60 ~ 500
Fluorescent	Standard	37	3,100	84	78.8	4,200	81	12,000
	CFL	36	2,900	81	77.8	5,000	84	4 ~ 96
High Intensity Discharge	Mercury	400	22,000	55	94.5	3,900	40	12,000
	Metal Halide	400	32,000	80	95.0	4,300	70	9,000
	High P Sodium	360	36,000	100	92.0	2,150	60	12,000
LED	1	20	20	85.0			20,000	< 5

20세기에 반도체기술의 진전으로 마법의 돌에서 빛이 발산하는 기술이 발명되었으며, 최근 조명용으로도 충분히 밝은 반도체 발광다이오드(LED)가 개발되면서 부터 이를 응용한 새로운 조명기술(Solid State Lighting)이 등장하여 미래 조명기술로 부각되고 있다.

현재 LED광원의 독특한 발광특성을 응용하여 기존의 지시용 조명기기 분야에 빠른 속도로 침투하고 있으며, 2020년 에는 일반 형광등조명기기에 도 폭넓게 사용되리라 예측하고 있다. [그림 1]은 조명용 광원의 진화과정을 보인 것이며, <표 1>은 기존 광원과 LED 광원의 전형적인 조명특성을 비교한 것으로 LED광원의 주요 조명특성을 요약하면 다음과 같다.

① 구조적으로 기존의 광원과는 달리 단단한 고체형태의 작은 점광원으로써 유리전극, 필라멘트 및 수은(Hg)을 사용하지 않아 매우 견고하고, 수명이 길며, 환경 친화적이다. 이에 따라 LED를 사용하는 조명기술을 기존 조명기술과 다르게 고체형태의 단단한 구조의 광원을 사용하는 반도체조명기술이라 부른다.

② 광학적으로 선명한 단색광을 발광하여 연색성이 나쁜 반면 특정 색(또는 특정파장)을 필요로 하는 조명기구에 적용 시 빛 손실이 매우 작고 시인성이 향상되며, 지향성 광원으로써 등기구 손실을

크게 줄일 수 있다. 또한 현존하는 어느 광원보다도 조광제어 능력이 우수하여 다양한 색의 연출이 용이하다.

③ 전기적으로 직류 구동광원으로(다이오드 특성상 교류도 가능) 특정전압 이상에서 점등을 시작하고 점등 후에는 작은 전압변화에도 민감하게 전류와 광도가 변화한다. 또한 주위온도에 따라 정격전압이 변화하므로 정전압으로 구동시 환경 적응특성이 매우 열악하게 되어 원칙적으로 정전류원으로 구동하여야 한다. 이에 따라 LED 조명기기를 안전하게 점등시키기 위해서는 LED램프 특성에 맞는 전용 전원공급 장치(Ballast)가 요구된다.

④ 환경적으로 온도상승 시 허용 전류와 광 출력이 감소하고 많은 열이 발생하는 등 주위온도 및 동작온도 변화에 대해 매우 민감하게 동특성이 변화한다. 만약 허용치 이상의 전류가 흐를 경우 수명이 대폭 감소하고 성능이 크게 저하되므로 전용 전원공급 장치 외에 적절한 열처리 기술이 필요하다.

### 가. 전기적 동특성

LED는 빛을 내는 다이오드로(Diode)로서 다이오드의 특성상 전기적 극성이 일치하고 일정전압 이상에서 급격히 전류가 증가하며, 밝기는 전류의 크기에 정비례하는 독특한 특성을 지니고 있다.

단일 LED의 정격 구동전압은 발광 색(반도체 종류)에 따라 변화하며, 주위온도에도 미세하게 변화한다. 일반적으로 2~4V의 매우 낮은 전압에서 동작한다.

### 나. 열적 동특성

LED광원은 기존 광원(백열등, 형광등)과는 달리 흐르는 전류가 일정하더라도 접합부위의 온도가 낮을수록 광출력과 광효율이 향상하는 특성을 지니고 있다. 이는 온도가 높을수록 광출력과 광효율이 저하된다는 의미로 필요시 조명성능을 향상시키기 위해서는 접합부에서 발생된 열을 적절히 방출하여야 한다.

### 다. 광학특성과 광변환효율

LED 반도체는 본질적으로 방향성 광원은 아니나 구조적으로 불투명성 요소(기판, 전극, 방열기 등)에 의

한 빛의 손실을 최소화한 광학적 디자인으로 작은 반사경과 역폭시 렌즈를 사용하여 전면에 빛 모아 발산하는 구조를 사용하고 있다. 이에따라 패키징된 LED 램프는 방향성을 가지고 있으며, 광학특성도 이러한 구조에서 측정하는 것이 일반적이다.

광변환효율(LPW)은 반도체기술의 발전과 더불어 매 18개월 주기로 약 2배 향상되고 있으며, 현재 실험실적으로 100 lm/W이상 보고되고 있다. 그러나 양산되는 상용제품은 30~40 lm/W 수준이다.

이는 백열전구 광변환효율 10~15 lm/W의 약 2.5배, 형광등의 광변환효율 70~80 lm/W의 약 1/2에 해당하는 것이다. 즉, LED는 현재 사용하는 대표적인 광원들과 비교하여 여전히 낮은 광 변환효율을 갖고 있으나 특정 파장대(색)를 발광하는 독특한 조명특성으로 현재도 지시용 조명기에 적용하여 80~90%이상의 에너지절약효과를 입증하고 있다.

2020년경으로 예측하고 있는 200 lm/W 실현시 에너지절약 뿐만 아니라 환경보호측면에서 LED 광원이 모든 조명기기의 주요 광원으로 사용될 것으로 예상하고 있다.

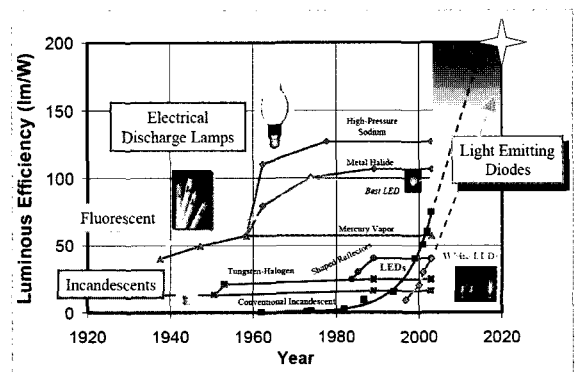


그림 2 LED 광원의 발광효율(LPW) 향상 추이

### 라. 구조적 특성과 수명

LED는 필라멘트와 전구가 없는 단단한 고체상태 발광소자로서 적절한 전원공급과 방열기를 사용할 경우 10만 시간 이상 사용해도 소손 없이 점등상태를 유지할 수 있다. 이에 따라 일부에서는 LED를 반영구적인 광원이라 하기도 한다.

그러나 모든 광원은 시간이 지날수록 광출력이 점

점 감소하는데, 초기 광도의 80%까지는 사람이 잘 느끼지 못하며[Boyce 2002], 이 기준으로 평가할 때 LED의 수명은 현재 약 40,000 ~ 50,000시간으로 평가된다. 이는 백열전구의 1,500시간, 형광등의 10,000시간에 비해 LED는 수명이 매우 긴 장수명 광원이라 할 수 있다.

## 2. LED광원 응용특성

### 가. 좁은 파장대의 단색광 발광과 높은 시인성

LED는 반도체 종류에 따라 결정되는 좁은 파장대의 단색광을 발광하므로 특정한 색을 요구하는 조명기구에 적용할 경우 탁월한 조명성능과 유효 발광효율을 기대할 수 있다.

예로서 15 lm/W의 백열전구를 사용하는 신호등은 적색 투과율은 10%정도로 적색을 기준으로 한 발광효율은 1.5 lm/W로 90% 감소하는 반면, LED는 선명한 적색 그 자체를 30 lm/W이상 발광하기 때문에 전구식에 비해 90% 이상의 에너지절약이 가능하게 된다. 이 밖에 장 수명에 따른 유지보수비용 절감, 시인성 향상에 따른 교통사고저감 등도 기대된다. 주요 응용분야로는 특정 색을 요구하는 교통신호등, 항공장애등, 비상구, 등명기(Buoy) 등이 있다.



그림 3 LED 교통신호등과 해상용 등명기

### 나. 용이한 광 출력 제어와 빠른 응답

LED의 광출력 제어는 전원전압(전류)을 제어하는 방법과 전원전압을 일정하게 유지하면서 펄스폭을 변조(PWM)방식이 사용된다. 일반적으로 신호등과 같이 단순한 조명장치는 전압(전류)제어 방식을, 전광판과 같이 다양한 밝기와 색을 연출하여야 하는 복잡한 조명장치는 디지털 기술을 이용한 펄스 폭 변조방식을 사용하고 있다.

LED의 응답 속도는 수  $\mu$ s로 백열전구의 150ms에 비

해 매우 빠르다. 이러한 특성을 자동차의 브레이크 등(적색)에 적용할 경우 교통안전에 크게 기여할 수 있다.(시속 100km/h 차량의 경우 전구식 보다 6m 앞에서 감지)

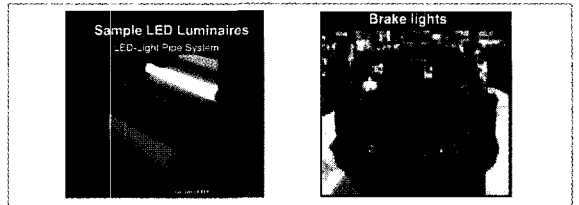


그림 4 다양한 색 연출과 자동차 브레이크 램프

### 다. 지향성 - Task lighting

LED 램프는 반사 컵과 에폭시 렌즈의 구조 등에 의해 배광특성이 결정되며, 최대 광도를 발산하는 광축 방향을 중심으로 좌우각도에 따라 광도가 감소한다. 이때 중심 축 방향의 최대광도의 50%되는 각도를 반치각 또는 가시각( $\Delta \theta$ )이라 하며, 최대광도와 더불어 LED의 발광효율을 결정하는 중요한 요인이다. 동일 광량에서는 반치각이 클수록 중심 축 광도는 작아진다.

[그림 5]의 왼쪽은 등기구에 의한 광원의 빛 이용특성을 보인 것으로 100lm/W의 HID램프의 경우 기구효율 40%, 50lm/W의 LED의 경우 기구효율 80%로 실질적으로 같은 40lm/W의 빛을 이용하고 있음을 알 수 있다. 이는 LED 광원의 효율이 1/2로 낮다고 하더라도 등기구 효율이 2배로 높아 실질적인 조명효율이 같다는 것을 보인 것으로 단순히 광원효율이 높다고 하여 조명효율이 높지 않은 것을 보여주는 사례이다. [그림 5]의 오른쪽은 LED 램프의 지향특성을 응용한 사례이다.

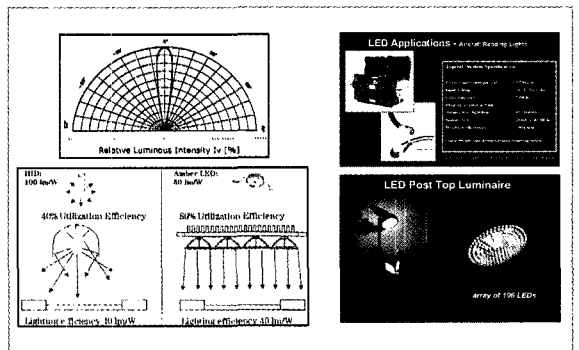


그림 5 LED 램프의 지향특성과 등기구 효율비교 및 지향특성 응용사례

라. 낮은 UV / IR

가시광선의 좁은 파장대를 발광하는 LED 광원은 적외선과 자외선 방출에 의한 대기로의 열전달은 거의 없는 반면 접합부위에서 큰 열 발생한다. 이러한 열 발생은 LED 성능을 크게 좌우 하므로 조명시스템 설계 시 열처리 기술은 매우 중요한 요인의 하나로 고려된다. <표 2>는 입력전력에 대한 주요 광원의 광 출력, IR/UV 출력, 열 발생, 안정기 손실에 대한 비율로써 기존 광원의 경우 IR 발생비율이 높은 반면 LED의 경우 열 발생비율이 낮은 것을 알 수 있다.

IR과 UV가 적다는 것은 빛에 의해 피사체에 전달되는 에너지가 적다는 의미로 외부로 적절히 열을 방출할 경우 박물관 조명, 냉동냉장고의 내부 조명에 우수한 효과를 기대할 수 있다. 예로써 현재 형광등을 주로 사용하는 냉장 쇼 케이스의 경우 짧은 수명에 깨지기 쉽고, 불균일한 조도와 열전달 등이 문제되나 LED를 사용할 경우 작은 점광원을 균일하게 분배하여 조도를 균일하게 유지하기 용이하고, 내부의 적은 열전도로 냉장효율을 증가시킬 수 있다. 또한 형광등의 경우 저온에서 광 출력이 25% 감소하는 반면 LED는 광 출력이 증가하여 광 이용효율 향상이 기대된다.

표 2 광원의 에너지 출력 비교

Lamp Type	Light	IR	UV	Heat	Ballast
Incandescent(100W)	10	72	-	18	-
Fluorescent(40W)	20	33	-	30	17
Fluorescent(40W excluding ballast)	24	40	-	36	-
Mercury(400W)	15	47	2	27	9
Metal halide(400W)	21	32	3	31	13
High-pressure sodium(400W)	30	35	-	20	15
LED	15	-	-	60	25

마. LED의 파장별 응용분야

LED광원의 가장 큰 특징은 어느 기존광원과 달리 특정파장의 단색광을 발광한다는 것이다. 이는 지금까지의 조명기술이 백색광에서 출발하여 빛을 직접 또는 파장별로 분해하여 이용하는 방식과 달리 LED 조명기술은 파장별로 분해된 빛을 직접 또는 결합하여 이용하는 방식으로 조명기술의 근본적 개념이 변화되고 있다.

[그림 6은 LED 광원의 발산 파장별 주요 응용 분야

를 보인 것이며, 현재 광원의 성능향상과 병행하여 폭넓게 응용분야가 확대되는 추세이다.

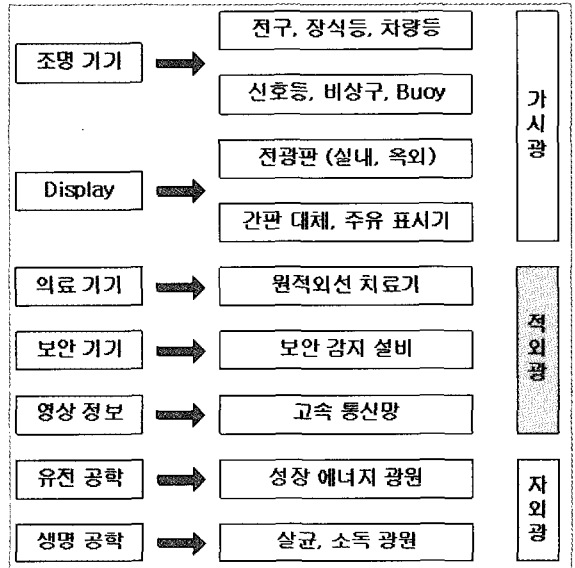


그림 6 LED광원의 파장별 응용분야

3. 응용사례 분석

가. LED 교통신호등

우리나라 교통신호등 수는 2005년 1/4분기 기준 약 40만조, 총 114만등이며, 평균 점등율은 약 37%로 조사되었다.<(표 3)>

표 3 우리나라 교통신호등 보급현황

대분류	보급수량 (조)	신호등(램프) 수		점등율 (%)
		1조당 등수	전체 등수	
차량 3색등	109,308	3	327,924	33%
차량 4색등	118,344	4	473,376	25%
보조 2색등	10,536	2	21,072	50%
보조 3색등	8,020	3	24,060	33%
경보등	41,883	2	83,766	50%
보행등	105,280	2	210,560	50%
계(평균)	393,371	-	1,140,758	37%

주1) 보급 수량 : 2005년 1/4분기 기준 ('05.08.31. 총 418,143조)

주2) 점등율 : 신호등의 평균 점등시간 비율

광원별 보급비율은 100W백열전구를 사용하는 전구식 신호등이 79.4%, LED 신호등이 20.6%이며, 연간 약 305GWH의 전기에너지를 소비하고 있다.<(표.4)>

표 4 광원별 교통신호등 보급 및 전력소비량

신호등종류	보급률 (%)	보급 수량 (개)	소비전력 (W)	전력용량		연간 전력 소비량(GWh)
				보급 (MW)	순시 (MW)	
백열전구	79.4%	905,762	100	90.6	34.0	297.5
LED	20.6%	234,996	10	2.3	0.9	7.7
계(평균)	100.0%	1,140,758	110	92.9	34.9	305.2

주1) 보급률: 2005년 8월 31일 기준  
 주2) 소비전력: 정격용량 기준  
 주3) 순시 전력용량: 신호등용으로 명시 정동되어 있는 전력용량

기존의 100W 백열전구를 사용하는 전구식 신호등은 ① 빛 이용효율이 낮고 365일 24시간 점·소등에 따른 많은 전기에너지 소비, 침투부하 증가(전력수요관리 불가)의 원인이 되고, ② 수명이 짧아 잦은 유지보수와 교통흐름에 장애를 유발하며, ③ 착색렌즈와 반사경을 사용하여 빛 이용이 크게 저하하고, ④ 상대적으로 나쁜 시인성과 Sun Phantom 효과로 교통사고 증가 등 비효율적인 광원이라 할 수 있다.

이에반해 LED 신호등은 ① 양호한 반복점등과 충격 특성의 장수명으로 유지보수비 절감, ② 반사경, 소켓, 착색렌즈가 필요치 않아 소형화 및 빛 이용효율 향상, ③ 특정과장대의 선명한 단색광 발광에 의한 시인성 향상과 교통사고 저감 등의 특성으로 전구식 신호등 대비 90%이상의 에너지절약 뿐만 아니라 유지보수비 절감, 교통환경 개선에도 크게 기여하고 있다.

교통신호등의 규격은 특성상 모든 국가에서 엄격히 관리하고 있으며, 우리나라의 경우 2001년 기준 신호등규격과는 별개로 세계 최고 수준의 "한국형 LED 교통신호등 규격"을 개발하여 2002년부터 제도화 보급 중에 있다. 한국에너지기술연구원에서 개발한 "한국형 LED교통신호등 규격"의 주요 특징은 ① 삼색 동일 광도기준 채택(차량용 중심축기준 340cd), ② 무색 투명렌즈 채택으로 팬텀효과 억제, ③ 설치환경과 LED의 동특성을 고려한 허용 광도변화를 규정(±20%), ④ 최대 소비전력 제한(차량용 10W, 보행용 8W), ⑤ 무상보증기간 3년 의무화 등으로 요약된다.

1개 교차로(차량등 32개, 보행등 16개 총 48개 기준)를 LED 신호등으로 교체 시 월간 절전량은 90WX33%(점등율)X24시간X30일X48개=1,040kWh로 약 4 가구에서 사용하는 전력량에 해당한다.

우리나라의 2005년 기준 LED 교통신호등의 절전실적은 69GWh이며, 추가 절전 잠재량은 연간 270GWh로 추정된다(표 5). 이를 전력요금으로 환산하면 년

간 69억원의 전기료를 이미 절감하고 있으며, 추가적으로 연간 270억원의 전기료를 절감할 수 있는 막대한 금액이다(100원/kWh 기준).

표 5 LED 교통신호등 절전실적 및 절전 잠재량

대표용량 (W)	LED 보급		전력용량 감소		연간 전기절약	
	수량(개)	보급(W)	순시(W)	전력량(GWh)	요금(억원)	
실적	234,996	90.0	33.7	69	69	
잠재량	905,762			268	268	

주1) 연간 전기요금 절감액: 전력요금 100원/kWh 기준

〈표 6〉은 1개 신호등 교체시의 효과를 분석한 것이며, 〈표 7〉은 LED 교통신호등의 경제적 회수기간을 분석한 것이다. 분석결과 회수기간이 0.42년(약 5개월)로 경제성 매우 좋은 것으로 분석되었다.

표 6 LED 교통신호등 1등 교체시 효과분석

분석 항목		분석 데이터	단위	
1개 신호등 교체	효과 분석	초기 추가비용, 주1)	40,000	원
		정격 소비전력 감소, 주2)	90	W
		절전율	90%	%
		순시 전력용량 감소, 주3)	30	W
		발전설비 회피비용, 주4)	6,214	원/년
		연간 절전량	263	kWh/년
		연간 전기요금 절감, 주5)	25,164	원/년
		년 CO <sub>2</sub> 배출 저감량, 주6)	111	kg-C/년
		년 CO <sub>2</sub> 처리비용저감, 주7)	20,057	원/년
년 유지보수비 절감, 주8)	44,531	원/년		
교통사고 저감비용, 주9)	0	원/년		

주1) LED신호등 10000[원/개] / 전구식 신호등 60000[원/개] 기준  
 주2) LED신호등 10[W/개] / 전구식 신호등 100[W/개] 기준  
 주3) 점등율 1/3 기준  
 주4) LNG복합 회피비용 = 20714[원/kW-년] (5차 장기전력수급계획)  
 주5) 전력요금(광역제) = 23.3[원/Ah/월] 기준  
 주6) 전력-CO<sub>2</sub> 환산계수 = 0.424[kg-C/kWh]  
 주7) CO<sub>2</sub> 처리비용 = 200[\$/Ton-C] (900[원/톤] 기준)  
 주8) 유지보수비 75% 절감, '99년 경찰청 자료: 475억원/80만개  
 주9) 시인성 향상에 의한 20~50% 교통사고 저감 보고, 금액 환산은 무시

표 7 LED 교통신호등의 경제적 회수기간

보급 실적	총 신호등 수, 주10)		1,140,758	개
	LED 신호등 보급실적		234,996	개
LED 신호등 보급률, 주11)		21%	%	
잔여 신호등 교체	효과 분석	초기 추가 비용	362	억원
		정격 소비전력 감소	82	MW
		절전율	90%	%
		순시 전력용량 감소	27	MW
		발전설비 회피비용	56	억원/년
		연간 절전량	238	GWh/년
		연간 전기요금 절감	228	억원/년
		년 CO <sub>2</sub> 배출 저감량	100,927	Ton-C/년
		년 CO <sub>2</sub> 처리비용저감	182	억원/년
년 유지보수비 절감	403	억원/년		
교통사고 저감비용	0	억원/년		
경제적 회수기간		0.42	년	

주10) 총 신호등 수량 = 2005년 1/4분기 기준  
 주11) LED 신호등 보급률 = 2005년 8월 31일 기준  
 주12) 회수기간 = 초기 추가비용 / (발전설비회피 비용 + 전기요금절감 비용 + CO<sub>2</sub> 처리저감 비용 + 유지보수저감 비용 + 교통사고저감 비용)

나. LED 문자형간판

문자형간판은 일반적으로 지상에서 높은 곳에 설치되어 글자형태로 정보를 전달하는 전기사용간판으로 대부분 광 이용효율과 시인성이 낮고, 수명이 짧으며, 환경오염이 큰 네온램프와 형광등을 사용하고 있다. 그러나 최근 LED 기술의 급진전으로 문자형간판에 LED광원을 적용하고자 시도되고 있으며, 적용결과 국내외적으로 80%이상의 에너지절약이 가능한 것으로 보고되고 있다.

우리나라 네온/형광등 문자형간판의 총 보급용량은 417 MW, 연간 소비전력은 1,371GWH이며, 이를 LED 문자형간판으로 교체시 초기 설치비용은 약 1,500억원 증가(23%)하는 반면 연간 소비전력은 246GWH로 감소하여 1,125GWH의 절전(82%)이 가능한 것으로 평가되었다. 이를 전기요금으로 환산하며 연간 1,125억원에 해당하는 것으로 단순히 전력요금 절감을 반영한 경제적 회수기간은 약 1.3년으로 분석되었다.

[그림 7]은 한국에너지기술연구원에 설치된 36W PL형광등 140개를 사용하는 대형 문자형간판으로 순간 소비전력이 5kW이었으나, LED광원으로 교체시 소비전력이 800W로 감소하여 84%의 에너지가 절감된 사례를 보인 것이다.

표 8 LED 문자형간판 에너지 절약효과 분석

광원	년 공급			총 보급			전력 소비량 (GWH/년)
	용량 (MW)	면적 (만 m <sup>2</sup> )	가격 (억원)	용량 (MW)	면적 (만 m <sup>2</sup> )	가격 (억원)	
네온/형광등	105	22	1,489	417	96	6,380	1,371
LED	17	22	1,800	75	96	7,876	246
절감량	88	-	- 311	342	-	- 1,496	1,125
절감률	84%	-	21%	82%	-	23%	82%



그림 7 LED 문자형간판 설치사례

다. LED 비상구(유도등)

유도등이란 화재, 정전 등 비상시 대피용 표시등으로 피난구 유도등과 통로 유도등으로 구분되며, 정상상태에서는 상용전원에 의해 점등되고, 정전상태에서는 내장된 축전지에 의해 자동 점등되는 조명기구이다.

기존의 형광등 유도등은 자기식 안정기와 계전기를 사용하여 소형 형광등을 점등하고 전원을 전환하도록 구성되어 있으며, 소비전력이 크고, 짧은 광원수명과 잦은 유지보수, 대형 중량화, 유지보수 측면에서 경제적 비용 상승의 등의 단점이 있다.

이에반해 LED 유도등은 형광등 유도등의 단점을 극복하고 시인성 향상으로 비상시 유도기능의 향상이 가능하며 미국과 유럽지역을 중심으로 폭넓게 보급되고 있다.

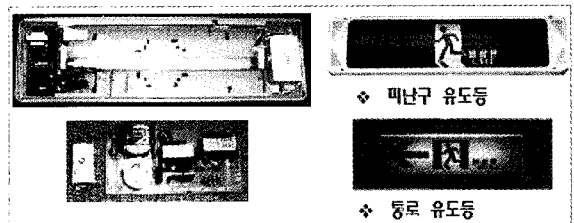


그림 8 형광등 유도등의 구조와 종류

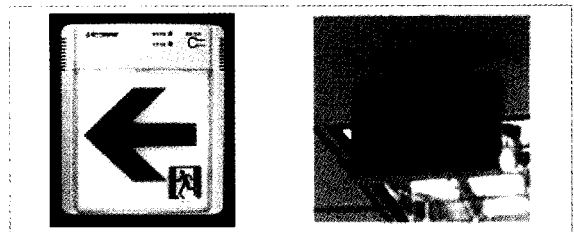


그림 9 소형 통로 LED유도등(한국, 미국)

우리나라의 유도등 년 공급수량과 시장규모는 약 100만개, 500억원이며, 총 보급 수량은 약 500만개(교체수명 3~20년)로 연간 507GWH의 전력을 소비하는 것으로 추정된다.

또한 소형 유도등 기준 평균소비전력은 형광등 유도등 16.5W, LED 유도등 2.56W로 조사되어 약 84%의 에너지절약이 가능하여 모든 유도등으로 LED유도등으로 교체시 연간 427GWH의 에너지절감이 가능한 것으로 분석되었다(<표 9>).

표 9 LED 유도등 교체시 전기에너지 절감효과

광원	년 공급	총 보급	전력소비량 (GWh/년)
	용량(MW)	용량(MW)	
형광등	23	116	506
LED	4	18	78
절감량	20	98	427
절감율	84%		

〈표 10〉은 우리나라의 유도등 조명성능기준(KOSEIS 0401)으로 LED 유도등의 경우 1:1 표시면, 형광등 유도등의 경우 기타 표시면 기준을 적용하고 있다. 이는 신광원(LED, CCFL)과 새로운 조명기술(도광판) 등장으로 기존의 형광등 유도등을 대상으로 만들어진 기술기준의 단일화 적용의 한계에 기인한 것으로 추측된다.

그러나 이는 LED 유도등의 고유기능과 신광원의 특성(장점)을 제대로 반영하지 못하고 있으며, 특히 발광면적을 줄이고 전기에너지가 절약된다고 고효율에너지기라 하기에는 논리적으로 모순이 있다고 하겠다. 따라서 유도등의 고유기능인 비상시 유도성능과 LED 유도등의 특성 합리적으로 반영하는 새로운 “고효율 LED유도등 기술기준개발”이 절실히 요구된다.

표 10 유도등 조명성능 기술기준(KOSEIS 0401)

종 별	1대1 표시면 (mm)	기타 표시면		평균 휘도(cd/㎡)		
		짧은 면 (mm)	최소 면적(㎡)	상용점등시	비상점등시	
피난구 유도등	대형	250이상	200이상	0.10	320이상 800미만	100 이상
	중형	200이상	140이상	0.07	250이상 400미만	
	소형	100이상	110이상	0.036	150이상 250미만	
동로유 도등	대형	400이상	200이상	0.16	500이상 1000미만	150 이상
	중형	200이상	110이상	0.036	350이상 800미만	
	소형	130이상	85이상	0.022	300이상 600미만	

라. 3대 지시용조명기기 에너지절약효과 분석

앞서 분석된 3대 지시용 조명기기(교통신호등, 문자형간판, 유도등)의 에너지절약 실적과 잠재량은

- ① LED 신호등의 경우 연간 절전 잠재량 260GWH, (절전 실적 70GWH),
  - ② LED 유도등의 경우 연간 절전 잠재량 410GWH,
  - ③ LED 유도등의 경우 연간 절전 잠재량 1,125GWH
- 으로 연간 총 1,865GWH(1,865억원)의 에너지절

약 잠재량이 있는 것으로 평가된다.

[그림 10]은 우리나라의 3대 지시용조명기기의 에너지절약 실적 및 절약 잠재량이며, [그림 11]은 미국의 에너지성(DOE)에서 평가한 LED 조명기기의 에너지절약 실적 및 절약 잠재량을 비교한 것이다.

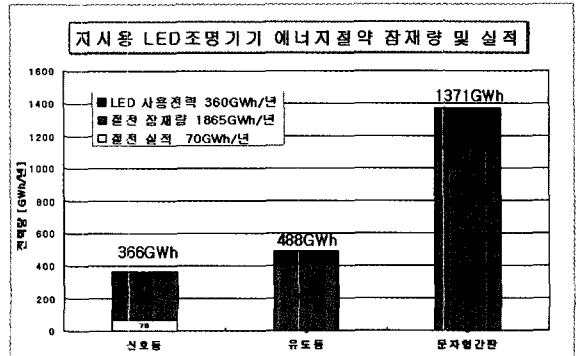


그림 10 3대 지시용조명기기 에너지절약잠재량(한국)

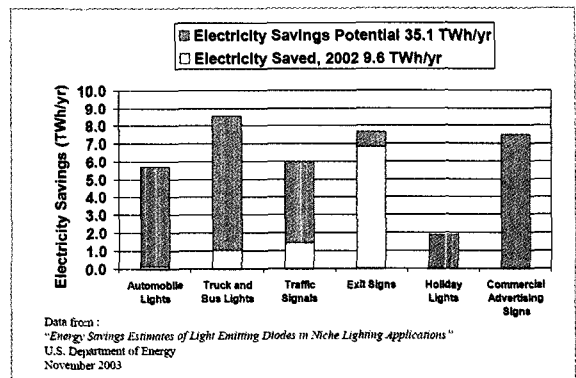


그림 11 3대 지시용조명기기 에너지절약잠재량 (미국)

마. 기타 LED 용용사례

[그림 12]는 선박의 안전항해를 돕기 위한 항로 표시시설인 등명기(Buoy)로 대형 해상 부유구조물 상단에 설치된 조명기기이다.

등명기용 광원(200mm기준)은 직류 12V, 2.03A, 280lm, 수명 1000시간의 백열전구를 사용하며, 설치 환경상 상용전원 공급이 불가능하여 태양전지와 축전지를 사용하고, 백열전구의 짧은 수명과 잦은 고장으로 여분의 보조기기(Lamp Change, 제어기 등)를 설치하여야 하는 등 큰 부대설치 비용과 유지보수에 많은 어려움이 있다.

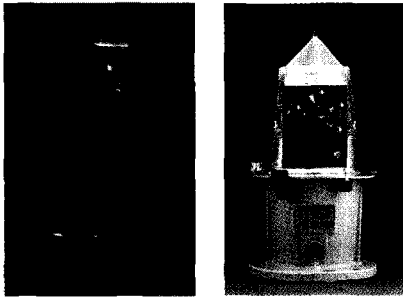


그림 12 해상 항로표지용 등명기(Buoy)

그림 13은 한국에너지기술연구원에서 개발한 LED 등명기로 80% 이상의 에너지절약과 이에 따른 태양전지와 축전지 용량감소, 장수명에 따른 부대설치 비용 및 유지보수비용 절감, 시인성 향상에 따른 항해의 안전성 향상 효과가 입증되어 현재 상용화 보급되고 있으며, 향후 대형 등대용 광원으로서의 응용확대를 위한 시도도 계획되고 있다.

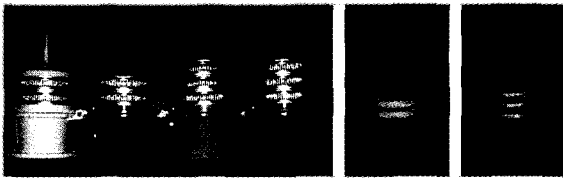


그림 13 한국형 LED 등명기

## 4. 결론

지난 30년간 LED의 조명효율(LPW)은 18~24개월 주기로 2배씩 증가하여, 현재 실험실적으로는 100lm/W 이상이 소개되고 있으나, 시장에서 보급되는 실용적인 LED는 30~40lm/W가 보편적으로 사용되고 있다. 이는 백열전구의 2.5배, 형광등의 1/2수준으로 아직 일반조명용으로 광범위하게 사용하기에 비현실적이나 LED의 고유한 발광특성을 이용한 색을 필요로 하는 지시등의 경우 현재도 충분히 경제성 있는 고효율 조명기구로 널리 보급되고 있다.

기술향상 추이를 볼 때 2010년경 100lm/W LED의 상용보급이 가능하리라 예상되며, 이렇게 될 경우 LED는 일반조명용 광원으로써 경제성 및 응용성이 한층 신장되어 본격적으로 기존광원을 대체하는 응용분야

가 출현하리라 예상된다. 전체 램프시장에 대한 LED의 비중도 2005년 약 2.5%에서 2010년 약 7%로 상승하리라 예상되며, 2020년경 전체 램프시장 200억불의 50%인 100억불을 LED가 차지하리라 예측하고 있다.

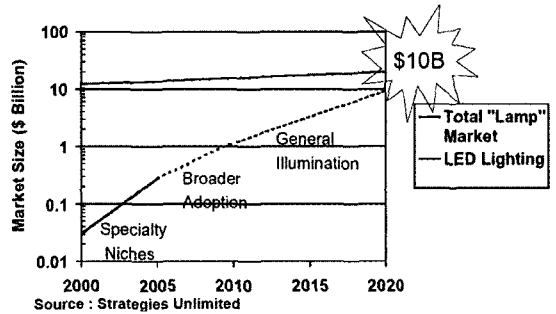


그림 14 LED 조명시장 전망

이에 따라 미국, 일본, 중국 등 LED기술 보유국을 중심으로 조명에너지 20% 감소, CO2 1990년 수준 억제, 조명시장 50% 점유 등의 장기적인 목표를 수립하여 대형 국가프로젝트를 추진하고 있으며, 우리나라도 2015년 까지 LED조명 비중 30%, 전력 1조 6천억원을 절감을 목표로 하는 "LED조명 15/30 보급프로젝트"를 수립하여 본격적으로 추진할 계획으로 있다.

표 11 우리나라 LED조명기기 보급 시나리오

구 분	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13	'14	'15
교통신호등	인. (02), 지역에너지사업지원			최저					
유도등/할로겐	인. 시범보급		장려금 보조				최저		
백열전구/채널간판			인.	시범보급		장려금 보조			
형광등/가로등				인.	시범보급		장려금 보조		

주) 산업자원부, 2006. 11

이상에 보듯 지금까지의 LED광원에 대한 인식은 조명성능은 다소 떨어지나 기존 광원과는 다른 독특한 (장점이 많은) 구조적, 광학적, 환경적, 전기적 특성을 갖는 특수램프로써 지시용 조명기구에 제한적으로 응용되어 왔다. 그러나 조명성능의 급격한 향상과 더불어 기존 광원의 단점을 해결하는 새로운 일반 조명용 광원으로써 재 평가되고 있으며, 보급 확산 속도는 LED광원의 발광효율 향상과 밀접한 관계가 있으리라



예상된다. 따라서 단기적으로는 현 기술수준으로도 경쟁력있는 새로운 조명용분야를 도출함과 동시에 중장기적으로는 하루가 다르게 변화하는 반도체광원기술을 면밀히 추적하면서 남보다 앞서가는 미래 지향적인 연구개발 노력이 요구된다고 하겠다.

### 참 고 문 헌

1. 정봉만 외, "LED 조명기기 시범설치 및 효과분석", 한국에너지기술연구원, 연구보고서, 2005. 12
2. 정봉만 외, "해상용 LED(Light Emitting Diod) 등명기 연구개발", 해양수산연구개발 연구보고서, 2002, 12.
3. 정봉만 외, "에너지절약형 LED 교통신호등 규격연구 및 시스템 개발", 한국에너지기술연구원, 연구보고서, 2002. 4
4. 정봉만, 정학근, "차세대 등명기 기술" 에너지절약기술워킹샵 논문집, Vol. 18, pp575~pp580, 2003. 11.
5. 이형재 외, "광 반도체 산업기술 개발을 위한 신기술 동향 분석 및 전략 소립", 한국광기술원, 2003. 3.
6. Bong-man Jung, "Design Issues for LED Lighting Applications", The 2nd Workshop on Industrial Technologies for Optoelectric Semiconductors, KOPTI, pp321-337, 2003. 11.
7. Jeff Y. Tsao, "Light Emitting Diodes(LEDs) for General Illumination", Optoelectronics Industry Development Associations, 2002. 9.
8. 金屬係材料研究開發センター, "高效率電光變換化合物半導體開發 - 21世紀あかり計劃", 成果報告書, 2003. 3.
9. "Nanoscience and Solid State Lighting", Lumileds Lighting, 2004. 6.
10. "Lighting Answers", NLPIP, Vol. 7 Issue 3, 2003. 5.
11. "Solid-State Lighting Systems", Lighting Research Center, 2001. 4.