

램프의 성능 및 경제성

이노우에 요오코 <저지/나라여자대학 교수> · 안옥희 <번역/영남대학교 교수>

오늘날 조명용 광원으로서 새로운 광원인 LED, OLED가 등장하였고, 또 기존의 램프성능도 점점 향상되고 있다. 이 광원 개발기술의 급속한 진보를 사회적 배경으로 하여, 최근 수년 사이에 주택용 조명기구는 확실히 크게 변모하였다.

다양한 광원이 제공되고 있는데, 그 중에서 목적에 맞는 광원이나 조명기구를 선택하는데 있어 경제성의 우수함은 에너지절약과 직결되는 중요한 사항이다.

이에 본 원고에서는 램프선택에 도움을 주는 것을 목적으로, 램프의 종류, 발광효과, 수명, 배광, 연색성이라고 하는 램프성능을 소개한다. 또한 LED전구 등의 전구형 광원의 유지비용의 계산결과를 소개하고, 유지관리비의 고려방법을 해설한다.

1 램프의 종류

광원에는 자연광원과 인공광원이 있는데, 본 원고에서는 인공광원에 대하여 다룬다.

일반 조명용의 주된 인공광원을 표 1에 나타내었다. 인공광원은 발광원리에 따라 열방사와 그 이외의 루미네센스(luminescence)로 대별된다. 루미네센스는 방전광원과 일렉트로 루미네센스(electro luminescence)광원으로 나뉜다. 각각 용도에 따라 사용하도록 크기, 광속, 광색 등이 다른 것이 있다.

표 1. 광원의 종류(*는 후술하는 유지비용 계산에 사용한 광원)

인공 광원	열방사	백열전구	일반전구·불전구*	
			미니크립톤전구	
			할로겐전구	
	루미네센스	방전	형광램프	직관·환형 형광램프
				H직관·환형 형광램프
				컴팩트형 형광램프*
				전구형 형광램프*
			HID램프	
			저압나트륨 램프	
		일렉트로 루미네센스	LED*	
	EL			

이들 인공광원은 전기 에너지를 효율 좋은 빛으로 변환하는 것을 목표로 개발되어 왔다. 그 성능은 주로 표 2에 나타낸 관점으로 평가된다. 이 중 경제성에 크게 관여하는 것은 발광효율, 수명, 가격이다. 또한 조도 확보의 관점에서는 배광이 중요 항목이다. 색 보임에는 연색성이 중요 항목이 된다.

표 2. 광원의 성능 평가 항목

1	광속(lm)
2	소비전력(W)
3	발광효율(lm/W)
4	수명(h)
5	연색성·광색
6	배광
7	가격
8	크기·형상
9	점등회로
10	조광·조색기능

2. 경제성

조명에 필요한 경비는 초기투자로서의 공사비나 기구가격, 유지경비로서의 램프비용과 전기요금이다. 초기 투자액은 점등회로나 조광기능에 의해 크게 다르다. 또 램프가격이 높아도 수명이 긴 경우나 발광효율이 좋은 경우는 중장기적으로 보면 유지비용이 저가램프보다 적게 든다.

2.1 발광효율

램프의 발광효율(lm/W)은 1와트 당 발산광속으로 나타낸다. 같은 타입의 램프라도 관의 재료(투명인가 불투명인가 등)나 광색에 의해 발광효율은 다르다. 램프의 발광효율과 조명기구의 발광효율은 다르며, 통상적으로 기구의 발광효율은 램프의 발광효율보다 작고, 입(笠)의 형상이나 재질에 따라 결정된다.

2.2 수명

램프의 수명(시간)은 부점등률(不點燈率)이나 광속유지률로 나타낸다. 일반적으로 광속유지율이 규정치 이하가 되는 시간으로 나타내는 경우가 많다. 규정치는 램프의 종류에 따라 다르다. 예를 들어 백

열전구는 85(%), 일반형 형광등이나 LED는 70(%)가 된다.

2.3 운영비용의 계산

운영비용을 계산한 결과는 그림 1에 나타내었다. 표 3에서 나타낸 발광원리가 다른 3종류의 전구형광원(일반전구, 형광램프, LED)과 콤팩트형 형광램프에 대하여 계산 한 것이다. 계산조건은 모든 램프에 대해 광속 900(lm/h), 전기요금 22(엔/KWh)이다. 램프가격은 상당히 다르나 여기에서는 양관점이나 통신판매 등에서의 가격도 고려하여 가격을 설정하였다.

표 3. 램프의 성능

램프	와트 수 (W)	발광효율 (lm/W)	광속 (lm)	색온도 (K)	수명 (h)	가격 (엔)	
일반전구	54	15	810	2850	100	150	
형광램프	전구형	12	67.5	810	2800	6000	900
			65	780	5000		
	콤팩트형	13	61.5	800	3000		
					5000		
LED전구	9.2	70.7	650	2800	4000	2500	
		89.7	825	6700			

그림 중에서 각 램프의 적산경비 직선이 계단식의 변화를 나타내는 시점이 램프의 교환시기를 나타낸다. 수명이 긴 램프는 교환회수가 적기 때문에 교환의 수고나 인건비가 삭감되며, 수명이 긴 것은 유지 관리 면에서 큰 이점이 있다. 단 이 계산에서는 인건비는 가미하지 않았다.

콤팩트형 형광램프는 형상에 따라서는 효율이 좋은 것도 있는데, 전구와 동등한 크기의 것의 효율은 낮고, 계산에 이용한 것은 전구형 램프보다 열악하다.

현재 보급되고 있는 LED전구에서는 지향성이 좋은 것이 많다. 이 때문에 직하조도로 비교한 경우,

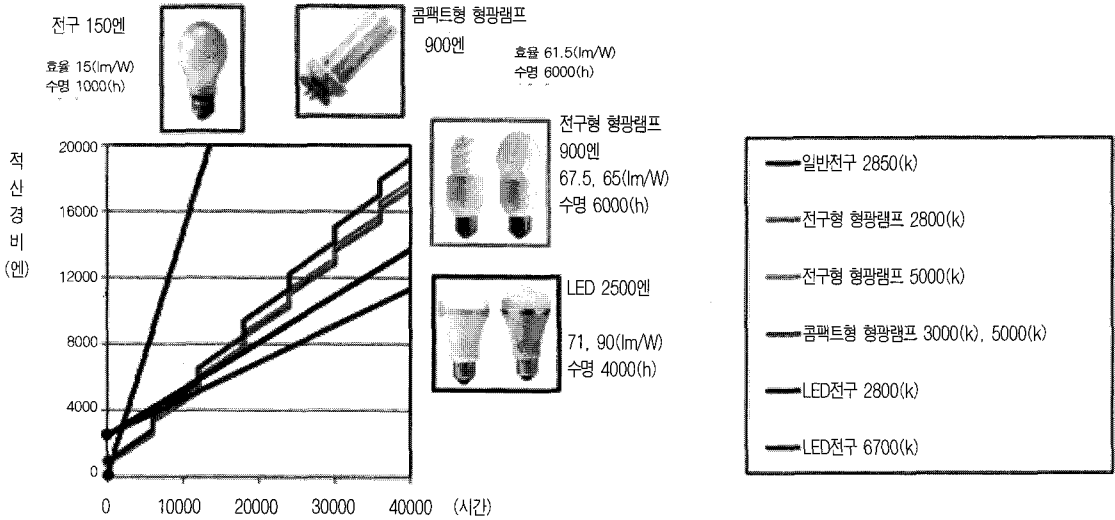


그림 1. 운영비용의 계산(계산조건 : 출력=900(lm/h), 전기요금=22(엔/KWh))

표 4. 배광곡선(직관형광램프)

매립형 (히먼프리즘패널)	천정직부형 (유백색커버)	천정직부형 (노출약등형)	천정직부형 (노출시형)	천정직부형 (노출갓없음)

LED전구는 기존램프에 비해 그림 1에 나타난 것 이상으로 경비면에서 우위가 되는 경우가 많다.

3. 배 광

배광은 설계조건나 기구의 부착위치나 방법을 고려할 때 중요하다. 필요조건도 확보의 관점에서 경제성이 크게 관여하게 된다. LED전구에서 현저하게 나타나는 것과 같이 램프로부터의 빛은 주위에 균등하게 발산되는 것은 아니고, 그 형상이나 구조 등에 따라 하

방광속이 많은 것, 측방광속이 많은 것, 각 방향으로 균등한 것 등 배광에 따른 특징이 있다. 또 같은 램프라도 그것을 부착하는 기구에 따라 배광이 달라진다. 표 4에 기구배광의 사례를 나타내었다. 40(W)형 직관형광램프 2등용의 사례이다. 부착기구에 따라 배광이 크게 변화하는 양상을 나타내고 있다.

비추고 싶은 면 방향으로 나오는 광속비가 많으면 불필요한 곳에 빛이 분산되지 않기 때문에 효율 좋게 필요한 밝기를 얻을 수 있다. 단 그 경우는 공간 전체의 불균등한 밝기(휘도분포)가 생긴다. 불균등한 밝

기가 어울리는 행위나 문제가 되지 않는 행위가 있는 반면 안전성이나 작업성 때문에 불균등한 밝기를 해소해야하는 행위도 있다. 사용 목적에 따라 배광의 램프나 기구를 선택할 필요가 있다.

4. 연색성

경제성이 크게 관여하는 램프광속(1lm) : 루멘은 「빛의 양」에 관한 램프성능이다. 조명계획에서는 「빛의 양」 뿐만 아니라 「빛의 질」이 중요하므로, 경제성과는 직접 관계가 없지만 여기에서 덧붙여 소개한다.

양이 확보되어도 질이 나쁘면 쾌적한 조명환경을 얻을 수 없다. 연색성이나 광색은 시대상(視對象)의 색 보임이나 공간의 인상을 좌우한다. 이들을 정확하게 평가하는 것은 광원의 분광분포가 필요하지만 분석이 복잡하다. 간편한 연색성이나 광색을 나타내는 방법으로서 연색평기수와 색온도가 있다.

4.1 분광분포(분광조성)

그림 2는 대표적인 램프의 분광분포의 예이다. 광원에 따라 분광분포는 크게 다르다. 대략 380~

780(nm)의 가시방사의 파장범위에 걸쳐 넓게 분포해 있는데, 자연광인 태양광①에 비해 편중이 크다. 또 붉은 기가 있는 빛은 장파장 측의 성분이 많다.

물체의 보이는 색은 물체의 분광반사 특성과 광원의 분광분포로 정해진다. 반사하지 않는 파장의 광(색)은 지각할 수 없다. 그 때문에 예를 들어 (태양광의 아래에서는) 청색인 물체를 적광으로 조명하면 검정밖에 보이지 않는다. 또 태양광 아래에서는 색이 다른 물건이 특정광원 아래에서는 같은 색으로 보이는 일도 있다(조건등색 : metamerism). 광원의 사용법이 틀리면 그 조명 아래에서는 동일한 색이라고 생각해서 선택한 옷이나 구두가 밖에 나오면 다르게 보이는 일이 생기기도 한다.

4.2 색온도

색온도((K) : 켈빈)는 빛의 색 또는 가까운 색을 가진 완전방사체의 절대온도이다. 빛의 색의 가장 간단한 표시방법이다. 단 표시할 수 있는 색의 범위는 한정되어 있다.

붉은 기가 있는 빛은 색온도가 낮고, 청백이 될수록 색온도가 높다. 촛불은 약 2,400(K), 해가 뜬 후

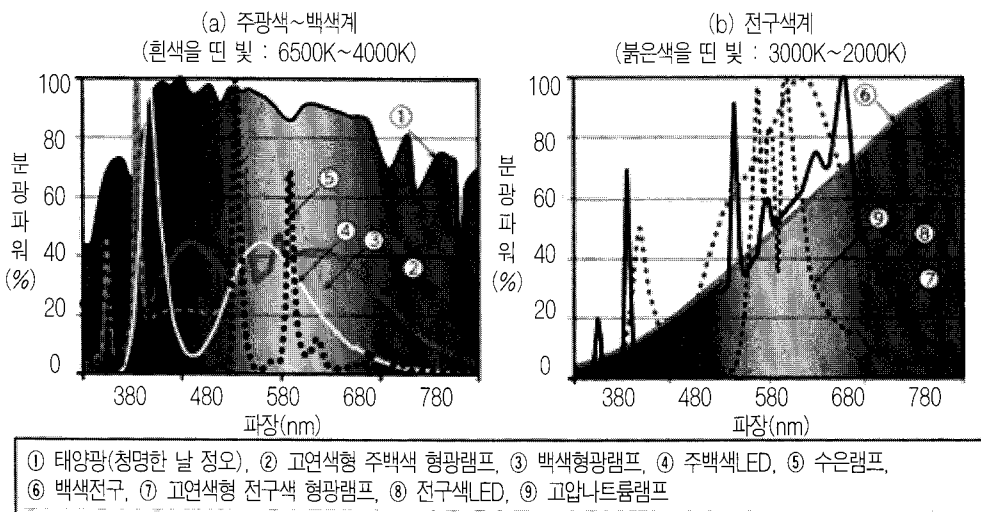


그림 2. 각종 광원의 분광분포

기술해설

의 태양광은 2,800(K)(=백열전구), 청명한 날의 정오는 약 5,500~6,000(K)이다. 그림 3에 조도와 색온도의 조합으로 얻은 쾌적범위의 개요를 나타내었다.

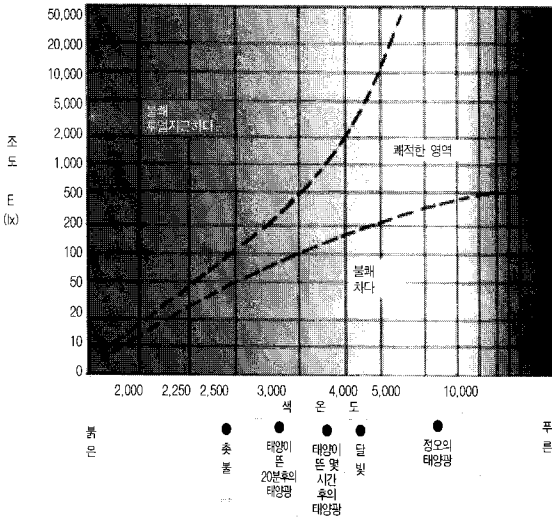


그림 3. 쾌적영역

4.3 연색평가수

연색평가수는 기준광원 아래에서의 색에 어느 정도 가까운가를 100을 만점으로 표시한 것이다.

연색평가수에서는 평균 연색평가수(Ra)와 특수연색평가수(R9~R15)가 있다. 전자는 8색의 연색평가수(R1~R8)를 평균한 것이다. 후자는 적(R9), 황(R10), 녹(R11), 청(R12), 서양인의 피부색(R13), 나뭇잎의 색(R14), 일본인의 피부색(R15)의 7종류이다.

기준광원은 5,000(K) 이상의 램프는 CIE 주광이며, 5,000(K) 이하는 A광원(완전 방사체)이다. 단 주광백색 형광램프(4,600(K) 이상)는 CIE 주광이다.

CIE 주광의 분광 조성은 그림 2의 ① 근처의 청색을 띤 빛이며, A광원은 ⑥ 근처의 붉은기가 강한 빛이다. 이와 같이 2개의 기준 광원의 분광 특성은 크게

다르기 때문에 기준광원이 같은 경우는 수치의 대소가 램프의 연색성의 좋고 나쁨이 되나, 기준광원이 다른 경우는 연색평가수와 실제의 연색성의 좋고 나쁨에는 관련이 없다 것을 충분히 주의할 필요가 있다.

5. 결론

본고에서는 사용램프에 의한 전기요금의 차이를 알고 용도에 맞는 램프를 선택하여 쾌적하며 낭비 없는 조명환경을 계획하기 위한 자료제공을 목적으로 하여 램프성능의 평가항목, 경제성(운영경비), 배광, 연색성에 대해 소개하였다. 독자들의 쾌적한 환경 창조에 일조하면 좋겠다.

참고 문헌

- [1] 대학과정 건축환경공학 제 3장 : 伊藤克三 외 4명, 오무사, 출판 1978.
- [2] 유채색 조명가이드-방법조명의 과제 : 조명학회 관서지부, 2010.
- [3] 쉬운 명시론 : 조명학회, 조명교육위원회 편, 조명기초강좌 스쿨 자료, 2007.

◇ 저자 소개 ◇



이노우에 요오코(井上容子)
1954년생. 1985년 오사카대학(박사). 현재 나라여자대학교 교수. 빛환경, 환경심리생리, 시각특성을 고려한 시환경계획, 조명계획에 관한 교육과 연구에 종사함.



안옥희(安玉姬)
1961년 11월 28일생. 일본 나라여자대학 생활환경학 전공(박사). 현재 영남대학교 가족주거학과 교수. 본 학회 국제이사.