

일반용 및 산업용 조명기구 보급실태조사

(A Survey on the Actual Condition of Lighting Apparatus)

郭熙魯* · 李鎮雨** · 金文德*** · 姜遠求****

(Hee-Ro Kwak · Chin-Woo Yi · Moon-Duk Kim · Won-Gu Kang)

요 약

우리나라 일반용 및 산업용 조명기구의 보급대수 및 조명설비용량을 조사하였다. 조사결과는 일반용 68,221,000대, 산업용 53,836,000대, 조명기구 설비용량은 일반용 3,261,609kW, 산업용 4,278,683kW로 조사되었다. 사용되고 있는 조명기구는 형광등이 56.9%, 고광도 방전등이 29.7%, 백열등이 12.1%로 나타났다.

Abstract

In this paper, we investigate the numbers and electrical capacities of general and industrial Korean lighting apparatus. The results show that the number of lighting apparatus are 68,211,000 in general and 53,836,000 in industrial building, and the capacities of lighting apparatus are 3,261,609 kW in general and 4,278,683 kW in industrial building. The ratio of Lighting apparatus is that fluorescent lamps are 56.9%, high intensity discharge lamps are 29.7%, and incandescent lamps are 12.1%.

1. 서 론

조명용 전력은 우리나라 전체 사용전력량의 상당한 부분을 차지하고 있으며, 생활수준이 향상됨에 따라 점차 그 비율이 증가될 것으로 추정된다. 그러므로 우리나라 조명기구의 보급실태를 조사할 필요성이 대두되었다.

본 조사에서는 국내의 주택용을 제외한 일반

용, 산업용 수용가의 조명기구 보급실태를 파악하는 것을 목표로 하였다.

조사대상은 한국전력공사에서 제공하는 전력을 사용하는 국내 일반용, 산업용 수용가를 조사대상 모집단으로 하였으며, 1994년 5월 현재 국내 일반용 636,062 수용가 중 선정된 1,284 수용가 및 산업용 162,625 수용가 중 선정된 541수용가를 표본으로 하였다.

조사시기는 예비조사를 1994년 3월 14일부터 4월 15일까지, 본 조사를 1994년 5월 30일부터 6월 25일까지, 사후조사를 1994년 6월 27일부터 7월 2일까지 하였다.

조사내용은 표본수용가의 조명기구의 종류 및 용량 사용여부를 조사항목으로 하였다.

*正會員: 崇實大 電氣工學科 教授

**正會員: 湖西大 電氣工學科 教授

***正會員: 韓電 電力經濟處 需要計劃 部長

****正會員: 韓電 電力經濟處 部長

接受日字: 1995年 3月 8日

조사방법은 일반용 수용가는 조사표를 사용하여 조사원이 면접, 조사표 배포한 후 응답자 기록한 것을 수집하였으며, 산업용 수용가는 조사표를 이용한 우편에 의한 설문조사의 방법을 사용하였다.

2. 조명기구용 광원 및 우수한 조명요건

2.1 조명기구용 광원의 특징

백열전구는 약 100년 전부터 사용하기 시작한 광원으로, 전류에 의하여 텅스텐 필라멘트를 가열하여 빛을 발산하는 온도방사의 원리를 응용한 것이다. 따라서 빛에 열을 동반하며 광색이 다소 붉은 빛을 띤다. 효율을 살펴보면, 전체 방사 에너지의 대부분이 열로 발산되므로 빛으로 변환되는 에너지는 전체 입력의 10% 정도에 불과하다.

이러한 백열전구를 개량한 것으로 할로겐전구가 있다. 백열전구는 텅스텐 필라멘트가 점등 중 소모되고, 외구의 흑화를 초래하여 빛의 손실을 증대시키며 수명도 짧다. 이 결점을 보완하기 위하여, 할로겐물질을 봉입하고 할로젠 사이클을 이용하여 소형이면서 광색과 광속을 수명말기까지 안정되게 얻을 수 있도록한 광원이 할로겐전구이다.

현재 실내조명에 많이 사용되고 있는 광원으로 효율이 높은 형광램프가 있다. 이것은 저압 수은 등이 다량의 자외선을 방사하는 것을 이용하여, 관벽에 형광물질을 도포하여 이 형광물질이 자외선을 가시광으로 변환시켜 효율이 좋은 빛을 발산하도록 한 것이다. 형광물질의 종류를 변경하면 광색을 변경할 수 있고, 수명도 길고, 소비전력도 적으며 비교적 눈부시지 않다는 장점이 있다.

고압수은램프는 효율이 좋은 강한 빛을 내므로 비교적 넓은 옥외경기장, 광장 등에서 사용된다. 외구에 형광물질을 도포하여 연색성을 개선한 형광수은램프가 많이 사용된다. 도로, 공장, 실내의 경기장 등에서 일반조명용으로 보급되어 있다.

또한 최근에는 발광관에 수은과 함께 금속 할로겐화합물을 봉입하여 금속원자 특유의 스펙트럼을 나오게 한 메탈헤라이드램프를 실내의 일반

조명에 널리 사용하고 있다. 이것은 수은램프보다 효율이 1.5배 정도 높으며 연색성도 더 양호하다.

나트륨을 발광관에 봉입한 저압나트륨램프는 시감도가 높은 589nm의 단색광(D선)을 다량으로 발생하므로 효율은 좋으나 물체의 색을 구별하기 어렵기 때문에 특수한 조명, 예를 들면 경제성을 중시한 터널 조명 혹은 검사 조명 등에 사용되고 있다.

고압나트륨램프는 발광관 안의 나트륨 증기압을 높여서 D선 양측에서 연속스펙트럼을 발생시켜, 저압나트륨램프와 전혀 다른 분광분포를 나타내게 한 것이다. 효율은 수은램프의 약 2배이며, 연색성도 저압나트륨램프보다 훨씬 양호하여 도로와 광장, 공장, 경기장 등에 사용된다.¹⁾

에너지 절약이 현안으로 등장한 이후, 저효율의 백열전구를 대체할 목적으로 콤팩트 형광램프가 등장하였다. 이것은 백열전구의 크기 정도의 형광램프라고 할 수 있다. 현재 그 사용이 크게 증가하고 있다.

기존의 대표적인 형광물질인 할로인산칼슘 형광물질은 가격이 저렴하고 양산성이 우수하여 널리 이용되고 있으나, 태양광 스펙트럼에 비해 적색 부근의 발광이 적어 연색성이 좋지 못하다. 또한 램프 동정 중 광속유지율이 크게 저하된다. 특히 높은 관벽부하를 갖는 경우는 더욱 심하다. 따라서 이러한 문제를 해결할 수 있는 형광물질이 요구되었고, 그 결과 3파장 형태역 형광물질이 개발되어 특성이 대폭 개선되었다. 3파장 형광물질은 450nm(청), 550nm(녹), 610nm(적) 부근의 방사에너지를 조합하여 효율이 높은 백색광을 얻기 위한 것으로서, 연색성을 떨어뜨리지 않고 램프의 발광효율을 크게 향상시킬 수 있다. 이외에 3파장 형광물질이 갖는 장점은 할로인산칼슘 형광물질을 사용한 형광램프보다 동일 조도 하에서 약 40% 정도 더 밝게 느낄 뿐 아니라, 물체의 색상이 보다 자연스럽고 선명하며 산뜻하게 보인다는 점이다.²⁾

2.2 우수한 조명

눈에 좋은 조명이란 한마디로 말하면 충분

밝으며 눈부심이 없는 조명이라고 할 수 있다. 사람의 눈은 한 곳을 보고 있어도 동시에 상당히 넓은 범위가 보여서, 보는 물체와 그 부근의 조명만 좋아도 불충분하며 시야 전체의 조명환경을 생각하지 않으면 안된다. 또한 사람의 눈은 잘 움직이는 것이고 사람 자체도 움직이는 것이므로 동적인 조명환경도 고려할 필요가 있다. 그러나 물체를 보는 것은 눈 뿐이 아니라 뇌의 작용이 주이기 때문에 뇌의 작용도 고려하는 눈의 생리적인 요구와 사람의 심리적인 요구를 채워주는 조명이어야만 한다. 그러기 위하여는 단지 밝고 눈부심이 없는 것만이 아니라 적당한 명암변화와 색의 변화, 반짝임 같은 것을 필요로 하는 경우도 생긴다. 물체를 명시하려고 하는 눈의 생리적 요구와 변화를 구하는 심리적 요구와는 일치하지 않기도 하나 여러 경우에 따라 건강하고 능률적으로 일할 수 있고 더우기 심리적으로 쾌적한 빛의 환경을 만드는 것이 조명의 가장 중요한 역할 일 것이다.¹⁾

3. 조명기구 보급실태 조사

3.1 표본설계

표본은 업종에 따라 일반용 및 산업용의 두 계군으로 분류하였으며, 표본의 크기는 일반용 1,284 수용가, 산업용 541 수용가로 정하였다.

일반용 및 산업용 각 표본군은 다시 사용전력량을 기준으로 하여, 일반용 수용가는 사용전력량 1,000,000 kWh 이상의 수용가와 1,000,000kWh 미만의 두 그룹으로 나누었으며, 산업용 수용가는 계약전력 1,000kW이상의 수용가와 1,000kW미만의 두 그룹으로 나누었다.

업종에 따른 결과를 얻기 위하여 위에서 나눈 각 그룹을 다시 정부표준산업분류의 중분류에 따라 다시 층화 하였다.

각 층의 표본을 배정하기 위하여 다음과 같은 배분식을 사용하였다.

$$N_{kj} = N_k \frac{P_{kj}}{P_k} \frac{P_{ki}}{P_{ki}} \dots \dots \dots (1)$$

여기에서, 첨자 k는 군을 나타내며, 첨자 j는 그룹을 나타내며, 첨자 i는 층을 나타낸다.

- N_{kj} = k군 j그룹 i층의 표본수
- N_k = k군의 모집단 수용수
- P_k = k군의 전체 사용전력량
- P_{kj} = k군의 j그룹의 사용전력량
- P_{ki} = k군 j그룹의 전체 사용전력량
- P_{ki} = k군 j그룹 i층의 사용전력량

3.2 보급대수 및 사용전력 추정식

조명기구별 보급대수 추정식은 다음의 식을 사용하였다.

$$T_h = \sum_k \frac{P_{ki}}{P_k} \sum_j \bar{T}_{kj} \frac{P_{kj}}{P_{ki}} \dots \dots \dots (2)$$

여기에서, T_h =조명기구 보급대수 (첨자 h는 조명기구의 종류를 표시)

\bar{T}_{kj} =k군 j그룹 i층의 조명기구 보급대수 단순 평균

\bar{P}_{kj} =k군 j그룹 i층의 평균 사용전력량

조명용 전력 추정식에는 다음의 식을 사용하였다.

$$L = \sum_h \sum_k \frac{P_{ki}}{P_k} \sum_j L_{hkr} \frac{P_{kj}}{P_{ki}} \dots \dots \dots (3)$$

여기에서, L=조명용 전력

L_{hkr} =h조명기구 k군 j그룹 i층의 사용전력 단순평균

3.3 조명기구 보급실태 조사결과

3.3.1 계약종별 조명기구 보급대수

계약종별에 따른 조명기구의 보급대수는 일반용이 55.9%인 6,821만대, 산업용이 44.1%인 5,383만대로 합계 1억 2,204만대 추정되었다. 이중 직관 형광등이 9,824만대로 80.5%로 가장 많으며, 다음이 백열등 9.8%, 고광도 방전등 7%의 순으로 나타났다.

일반용에서는 직관 형광등에 이어 백열등이 14.2%로 2위를 차지하고 있는 반면, 산업용에서는 고광도 방전등이 14.5%로 2위를 점하고 있다.

조명설비의 사용율을 조사한 결과를 표 2에 나타내었다. 일반용에서는 콤팩트 형광등의 사용율이 가장 높게 나타났고, 산업용에서는 서크라인 형광등이 가장 높게 나타났다. 일반용은 평균

86.3%, 산업용은 평균 83.4%이며, 전체 사용율은 83.4%로 조사되었다. 표에서 시설대수는 설치되어 있으나, 사용하지 않는 설비용량이 포함된 수치이며, 사용대수는 설치된 되었으나 사용하지 않는 설비를 제외한 수치이다.

조명기기의 설비용량은 일반용 326만 kW, 산업용 427만 kW로 전체로는 754만 kW로 조사되었다.

각종 조명기기의 설비용량을 조사한 결과 일반용에서는 보급대수와 같은 순서로 형광등, 백열등의 설비용량이 많은 것으로 나타났으나, 산업용의 경우 개당 소비전력이 많은 고광도 방전등이 보급대수로 가장 많이 보급되어 있는 직관형광등을 제치고 48.1%로 가장 많은 비중을 차지하고 있는 것으로 조사되었다. 전체적으로는 형광등이 56.9%, 고광도 방전등 29.7%, 백열등 12.1%의 순으로 나타났다.

3.3.2 건물 용도별 보급대수

건물 용도는 KS A3011 조도기준의 대분류에 따라 분류한다.

표 1. 조명기기의 보급대수

Table 1 Numbers of lighting apparatus

단위 : 천대

조명기기	일반용		산업용	
	대수	비율(%)	대수	비율(%)
직관형광등	54,623	80.1	43,618	81.0
서크라인형광등	1,561	2.3	28	0.1
콤팩트형광등	1,578	2.3	162	0.3
고광도방전등	768	1.1	7,787	14.5
백열등	9,680	14.2	2,240	4.2
합계	68,211	100.0	53,836	100.0

표 2 조명설비 사용율

Table 2 Using ratio of lighting installation

단위 : 천대

조명기기	일반용			산업용		
	시설대수	사용대수	비율(%)	시설대수	사용대수	비율(%)
직관형광등	54,622	46,923	85.9	43,618	36,230	83.1
서크라인형광등	1,561	1,445	92.6	28	26	95.0
콤팩트형광등	1,578	1,488	94.3	162	142	87.1
고광도방전등	768	671	87.4	7,787	6,733	86.5
백열등	9,680	8,339	86.1	2,240	1,746	77.9
합계	68,209	58,866	86.3	53,836	44,877	83.4

표 3 조명기기의 설비용량

Table 3. Installed capacity of lighting apparatus

단위 : kW

조명기기	일반용		산업용	
	대수	비율(%)	대수	비율(%)
직관형광등	2,309,251	70.8	1,981,872	46.3
서크라인형광등	62,838	1.9	3,854	0.1
콤팩트형광등	27,562	0.8	3,119	0.1
고광도방전등	183,977	5.6	2,056,652	48.1
백열등	677,980	20.8	233,187	5.4
합계	3,261,609	100.0	4,278,683	100.0

표 4. 건물 용도별 조명기기 보급대수

Table 4 Number of lighting apparatus by measure of various purpose

단위 : 천대

용도	직관형광등	서크라인형광등	콤팩트형광등	고광도방전등	백열등
경기장	887	33	3	218	2
공공시설	5,934	227	269	167	1,975
공장	44,750	154	120	7,670	2,287
교통	10	90	1	18	
병원	1,788	3	9	20	293
사무실	23,438	56	236	57	613
상점	11,466	147	922	101	4,518
육외시설	124	37	9	159	23
공동주택	1,097	788	41	9	578
학교	4,003	1	19	9	39
서비스시설	4,742	52	111	129	1,592
합계	98,241	1,589	1,740	8,555	11,920

표 5 일반용 건물용도별 조명설비

Table 5. Lighting installation of general building

단위 : kW

용도	설비	비율(%)
경기장	53,387	0.8
공공시설	443,513	6.5
공장	3,698,362	53.9
교통	15,571	0.2
병원	105,689	1.5
사무실	1,033,546	15.1
상점	910,336	13.3
육외시설	47,714	0.7
공동주택	96,133	1.4
학교	179,470	2.6
공통 서비스시설	278,571	4.1
합계	6,862,292	100.0

건물용도에 따른 보급대수의 추정결과 공장과 사무실, 상점이 전체의 80%가량을 사용하는 것으로 나타났으며 교통, 옥외시설을 제외하고는 직관 형광등이 모든 건물에서 가장 많이 사용되고 있다. 경기장과 공장 등에서는 고휘도 방전등을 많이 사용하고 있는 것으로 조사되었다.

설비용량도 공장, 사무실 및 상점이 전체의 82.3%로 대부분을 차지하고 있다.

3.3.3 업종별 조명실태

업종분류는 한국표준산업분류의 중분류에 따라 구분하였다.

일반용 및 산업용을 산업분류별에 따라 업종을 구분하여 조명설비실태를 조사한 결과는 다음 표 6, 7과 같다.

3.3.4 조명기구 용량별 보급대수

용량별 추정보급대수는 직관 형광등은 40W, 서크라인 형광등은 30W, 콤팩트 형광등은 18W, 고휘도 방전등은 250W급, 백열등은 100, 200W가 각각 가장 많이 사용되고 있다. 각 조명기구

표 6. 일반용 산업분류별 조명설비

Table 6. Lighting installation of industrial classification in general

단위 : kW

업종	설비	비율(%)
소매 및 소비용품 수선업	814,289	25.0
부동산업	693,657	21.3
숙박 및 음식점업	365,282	11.2
통신업	343,601	10.5
교육서비스업	184,099	5.6
오락, 문화 및 운동관련산업	156,278	4.8
금융업	84,730	2.6
회원단체	83,324	2.6
공공행정, 국방 및 사회보장행정	81,784	2.5
보건 및 사회복지사업	73,525	2.3
공동주택	64,691	2.0
수도사업	40,560	1.2
도매 및 상품중개업	38,138	1.2
건설업	31,479	1.0
기타	206,171	6.3
합계	3,261,609	100.0

표 7. 산업용 산업분류별 조명설비

Table 7 Lighting installation of industrial classification in industry

단위 : kW

업종	설비	비율(%)
화학물 및 화학제품 제조업	929,375	21.7
비금속 광물 제조업	730,141	17.1
자동차 및 트레일러 제조업	478,785	11.2
섬유제품 제조업	332,265	7.8
기계 및 장비 제조업	299,992	7.0
영상, 음향 및 통신장비 제조업	197,553	4.6
음식료품 제조업	168,618	3.9
조립금속제품 제조업 (기계 및 장비 제외)	164,576	3.8
가구 및 기타 제조업	138,618	3.2
제1차 금속산업	136,120	3.2
고무 및 플라스틱 제품 제조업	115,398	2.7
달리 분류되지 않은 전기기계 및 전기 변환장치 제조업	78,917	1.8
수도사업	78,564	1.8
위생 및 유사 서비스업	75,217	1.8
출판, 인쇄 및 기록매체 복제업	69,771	1.6
가죽, 가방 마구류 및 신발 제조업	63,074	1.5
기타	221,700	5.2
합계	4,278,683	100.0

표 8. 조명기구 용량별 보급대수

Table 8. Numbers of lighting apparatus by measure of wattage

단위 : 천대

조명기구	10W이하	11-20W	21-40W	41-250W	251-400W	400-1kW	1kW초과
직관형광등	1,550	11,202	85,490				
서크라인형광등			1,589				
콤팩트형광등		1,473	268				
고광도방전등			2	7,668	871	10	3
백열등	683	176	2,030	8,608	201	262	
합계	대수	2,233	12,851	89,379	16,276	1,072	272
	비율(%)	1.8	10.5	73.2	13.3	0.9	0.2

의 용량별 분포는 다음 표 8과 같다.

4. 검토 및 결론

일반용 및 산업용 조명기구의 보급대수는 직관형광등이 전체의 80.5%로 가장 비중이 높았으며, 그 다음으로는 일반용에서는 백열등, 산업용에서는 고광도 방전등의 비중이 높게 나타났다. 시설된 조명기구 중 사용되는 비율은 83.4%로 조명환경에 대한 필요성이 인식될 경우, 즉시 10%정도의 사용량이 증가될 것이 예상된다. 산업용의 경우 조명기구 대수는 직관형광등이 많으나, 설비용량은 고광도 방전등이 직관형광등보다 더 큰 것으로 나타나, 절전을 위하여는 고효율형광등과 함께 고효율 고광도 방전등의 개발 보

급이 필요하다고 사료된다.

본 연구에서 샘플링한 표본의 비율이 산업용의 경우 전체 수용가의 0.3%에 불과하여 결과의 신뢰도가 다소 떨어지나, 연구 결과는 조명기구 보급실태 조사에 기여를 하였다고 사료된다. 앞으로 이러한 연구가 정기적으로 시행된다면 더욱 정확한 조명기구 보급실태의 예측도 가능할 것이다.

참 고 문 헌

- 1) 한국조명전기설비학회, 最新 일기쉬운 明視論, 1994, pp 19~22, p.116
- 2) 한국전력공사, 절전형 형광램프 및 인접기 제조기술 개발에 관한 연구, 1993, pp 18~20

◇ 著 者 紹 介 ◇



곽 희 로(郭熙魯)

1942年 3月 1日生. 1967年 서울대 大 電氣工學科 卒. 1978年 호주 New South Wales大 大學院 電氣工學科 卒(碩士). 1986年 中央大 大學院 電氣工學科 卒(博士). 1967年 韓電 勤務. 1986年 美國 M.I.T Visiting Scientist. 現在 崇實大 敎務處長, 電氣工學科 敎授, 當學會 副會長.



김 문 덕(金文德)

1951年 10月 22日生. 1977年 연세大 電氣工學科 卒. 1987年 미국 M.I.T 卒(碩士). 1977年 韓國電力公社 入社, 現在 韓國電力公社 電力經濟處 需要計劃部長.



이 진 우(李鎭雨)

1961年 2月 4日生. 1984年 서울대 大 電氣工學科 卒. 1985年 서울대 大學院 電氣工學科 卒(碩士). 1990年 서울대 大學院 電氣工學科 卒(博士). 세명백트론(株) 研究室長 勤務. 現在 湖西大 大 電氣工學科 敎授. 當學會 理事.



강 원 구(姜遠求)

1955年 10月 1日生. 1978年 연세大 電氣工學科 卒. 1988年 연세大 大學院 電氣工學科 卒(博士). 1979年 韓國電力公社 入社, 現在 韓國電力公社 電力經濟處 部長.