

# T-5형광램프의 기술개발과 동향

## Engineering handbook |



박성목 부장  
금호전기 기술개발실  
smpark@kumho.khe.co.kr

### [1] 기술개발 배경

우리나라에서 Energy 자원의 절약은 최근 IMF 체제하에서 더욱 중요성이 강조되고 있다. 그중 조명분야에서의 절약 잠재력은 대단히 큰 것으로 인식되고 있다. 우리나라는 에너지 자원의 대부분을 수입에 의존하고 있다. 우리나라 총 전력 소비중 조명에 사용하는 전력 소비율은 약 18~20% 정도이고 이중에서 형광램프가 차지하는 전력 부하가 50% 이상을 차지하고 있는 실정이다.

최근에는 경제적 위기와 고유가시대의 어려움을 겪고 있으며 환경적인 측면에서 지구 온난화 방지를 위하여 에너지 절약과 자원의 효율적 이용이 어느 때보다 강조되고 있다. 이러한 차원에서 초절전, 초슬림형 램프의 개발이 필요하게 되었고, 따라서 T-5 Lamp의 개발의 필요성이 더욱 절실해졌다.

형광램프의 추세는 고효율, 장수명, Compact화 및 에너지 절약형으로 이동하고 있고, 이에 따라 램프 관경이 T12(38mm), T10(32mm), T9(28mm), T5(16mm)로 점차 세관화되면서 Energy 절약을 추구하고 있다. 따라서 T-5 형광램프는 기존의 형광램프보다 우리가 필요로 하는 모든 장점을 많이 갖고 있다. T-5 형광램프는 직관의 경우 대응하는 기존 램프보다 길이가 약 50mm 짧은 것도 있고, 대응램프와 같은 것도 있다. 환형의 경우 우리나라에서는 활성화되지 못하고 있지만 일본, 유럽 등에서는 보급 초기단계이고 크기는 현재 사용하는 대응램프와 같아 호환이 가능하다. 또 환형 2개를 Bridge한 것도 있다.

T-5 램프의 연구개발을 통한 형광램프의 에너지 절감 및 안정기, 등기구를 포함한 절전형 T-5 형광램프 시스템의 개발, 보급은 소비전력 절감에 따른 에너지 절약은 물론 관경의 축소에 의한 자원의 절감, 수송비 및 포장재의 절감, 안정기 및 조명기구의 소형화, 건축비용의 절감 등 산업 각 분야에서의 경제적 파급효과는 대단히 클 것으로 예상된다. 또한 T-5 램프는 고주파전용 전자식 안정기와 조합하여 동작하고 현재까지 발표된 램프중에서 발표효율이 가장

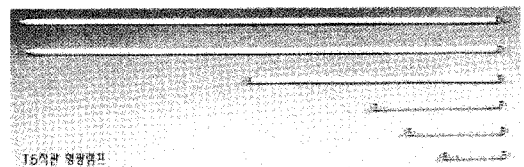
높은 램프이다.

이 T-5 램프는 IEC에서는 이미 규격화 되어있고 국내에서도 KS규격화 되어있다. 국가적 경제난에 처한 요즈음은 에너지원의 수입비용 절감을 통한 경제난 극복에 크게 기여하고 환경문제에 대한 적극적인 대응방안으로서 그 효과가 상당히 기대된다.

### [2] T-5 Lamp의 특징

#### 1] 개요

#### T-5 직관 형광램프



T-5 직관 형광램프는 최고의 효율과 기구의 소형화를 실현하도록 설계한 관경 16mm의 형광램프이다. 이 램프는 적절한 전극예열 조건을 갖는 전용의 전자안정기와 조합하여 동작하고, 에너지 절약과 기구 설계의 자유도를 높이려는 시장의 요구를 만족시키기 위하여 개발되었다.

- ① 관경의 세관화 ● 기구효율 향상 (T8대비+5%), 기구의 Slim화
- ② 관장의 최적화 ● Modular ceiling system에 설치용이
- ③ 효율향상 ● 에너지 절약 (T8대비 12.5%, T10대비 약 30%)
- ④ 35°C에서 최대 광출력 ● 실내 조명에서 효율향상
- ⑤ 장수명 ● 높은 경제성 (기존대비 1.5배 긴수명)
- ⑥ 환경 친화성 ● 저수은 램프
- ⑦ 고주파 점등 ● 높은 에너지 절약

## T-5 환형 형광램프

T-5 환형 형광램프는 고효율 또는 고주도화 및 램프의 Slim화 를 주안점으로 한 관경 16mm의 환형 형광램프이다.

- ① 정격 점등과 고출력 점등의 2Model 점등이 가능  
효율이 높은 정격 점등시 ● 동일외경의 기존 환형 형광램프에 비해 약 10% 에너지 절감  
밝기를 증시한 고출력 점등시 ● 동일외경의 기존 환형 형광램프에 비해 약 30% 밝기향상
- ② 기존 형광램프의 1.5배 장수명
- ③ 관경의 세관화 ● 기구의 박형화(높이 약 40% Slim化) 자원절약, 공간절약
- ④ 기존 형광램프와 동일 외경 ● 관중심의 발광장을 길게하여 고효율화
- ⑤ 환경친화성 ● 저수은 형광램프
- ⑥ 고주파 점등 ● 회로전력 손실감소

## 2) 요소기술

T-5 램프는 세관이면서 높은 효율을 유지하고 장시간 점등특성에서 우수해야 하기 때문에 램프를 제조하는데 상당한 제조기술을 필요로 하고 있다.

### (1) 전극부의 설계

형광램프에서 전극은 그 심장부라고 할 만큼 중요한 부분이다. 관경이 세관화되면 전극이 관벽에 근접하기 때문에 전자방사물질이 램프의 시동 또는 점등중에 쉽게 관벽에 비산되어 관 양단에 흑화현상이 초기에 발생하기 쉽다. 이러한 문제점 해결을 위해 필라멘트의 예열심선의 굵기 및 구조를 개선하여 시동특성을 개선하였고, 일반 램프에 비해 낮은 램프전류(0.160~0.180A)에서 적절한 전극휘점온도를 유지하면서 장수명에 필요한 충분한 양의 전자방사물질이 도포될 수 있도록 심선경을 고려하여 필라멘트를 설계해야 한다. 또한 전자방사물질은 SrCO<sub>3</sub>, BaCO<sub>3</sub>, CaCO<sub>3</sub>에 소량의 ZrO<sub>2</sub>가 혼합된 복합 화합물로 시동 또는 점등 중에 과다한 전자방사물질의 비산을 막고 장수명을 실현 하기 위해 전자방사물질의 조성 및 ZrO<sub>2</sub>의 혼입량과 입도를 최적화 해야 한다.

### (2) 보호막 및 형광체

램프의 세관화에 따라 관벽부하 및 자외선의 영향이 증가되어 형광체의 조기열화 및 유리관에서 소다성분(Na)이 적출되어 관내에 봉입된 수은과 반응하여 광속 유지율이 저하될 수 있다. 광속유지율을 수명말기까지 높게 유지하기 위해 위와 같은 저하요인을 억제하도록 형광체막을 도포하기 전에 유리관의 반응을 차단해야 한다. 또한 위와 같은 보호막 입자의 크기에 따라 형광체층이 여기시키지 못하고 통과된 미량의 자외선이 보호막층에서 반사되어 형광체를 여기하여 광속이 향상되는 부가적인 효과도 얻을 수 있다.

형광체에 대해서는 일반적으로 사용되는 할로인산칼슘 형광체는 점등시간이 경과함에 따라 세관화된 램프에서는 높은 광효율을 달성할 수 없기 때문에 희토류 금속이 첨가된 적색, 녹색, 청색의 3파장 형광체를 사용해야 한다. 3파장 형광체는 할로인산칼슘 형광체에 비해 자외선에 의한 열화특성이 우수하고 수은을 흡수의 특성이 우수하나 초미립자의 보호막물질로 형광체 표면을 개질 하면 좀더 우수한 자외선 열화특성 및 형광체의 수은 흡수차단 효과를 얻을 수 있다.

### (3) 수은증기압 제어

램프의 관벽온도가 40℃일 때 최적의 수은증기압이 형성된다. 그러나 관경이 세관화되면 관벽부하가 커지고 이에 따라 램프의 관벽온도가 상승하여 수은증기압은 최적치를 넘게 되므로 발광효율이 저하된다. 그리고 일반형광램프는 주위온도 25℃일 때 최대 효율을 나타낸다. 그러나 T-5 형광램프는 주위온도가 35℃에서 최적의 수은증기압을 형성시켜 최대의 효율을 발휘하도록 전극의 Stem부에 Cold Chamber라는 특수한 구조로 램프를 설계하였다.

T-5램프는 모든 원부재의 절감과 더불어 수은 사용량을 최대한 억제하여 환경적인 측면에서 접근해 보면 환경친화적인 제품이라고 할 수 있다. 일반적인 형광램프의 제조공정에서는 액상수은 주입법을 가장 많이 채용하고 있다.

이와 같은 액상수은 주입법의 단점은 배기공정에서 수은이 대기중으로 수은이 유출될 가능성이 있으며, 수은 주입량의 편차가 커서 필요한 만큼의 정미량 주입이 어렵다. 필요이상 봉입된 수은은 형광체에 흡수되어 광속유지율에 악영향을 주고 높은 광속유지율 달성이 어려우며, 수명편차도 커진다. 따라서 저수은 봉입기술개발은 필수적이다. 저수은 봉입방법에는 수은캡슐, 아말감, 수은함

# T-5형광램프의 기술개발과 동향

## Engineering handbook I

금을 이용하는 방법이 있다.

국내 최대의 조명업체인 K社에서는 수은을 고체상의 이말감으로 형성시켜 그 입자를 관내에 봉입시키는 특수한 구조의 이말감 봉입장치를 개발하여 기존의 액상수은의 단점을 보강하여 아주 정량으로 수은을 봉입하는 것이 가능하게 되었다. 또한 기존의 이말감이 점등후 30~60분정도 후에야 광출력이 안정되는 단점이 있었으나, 여기서 사용되는 이말감은 동작특성이 수은과 거의 동일한 특성을 가지는 이말감을 사용하였으며, 수은이 유리된 이말감 합금이 갯터 역할을 하여 광출력을 향상시키는 효과도 있었다. 또 한가지 방법은 수은합금을 이용하는 방법이다. 수은합금은 금속원자가 바구니 모양의 고리구조를 이루고 그 안에 수은원자가 갂혀 있는 착물(Complex)형상으로 고온으로 가열하여야만 고리구조가 깨지면서 수은이 방출되는 방법으로 아주 정확한 양의 수은봉입이 가능하면서 제조과정중에 수은 방출위험이 거의 없는 환경친화적인 방법이다.

이에 따라 형광등으로부터 발생하는 수은에 의한

환경오염을 방지하고 과잉수은에 의한 형광체 흡착을 방지함으로써 광속 및 광속유지율, 수명을 획기적으로 개선하였다. 추후의 형광램프는 환경과 에너지 절약 및 조명환경개선을 동시에 만족 시킬 수 있는 램프를 개발하는 것이 중요한 과제라고 생각된다.

### 3] T-5 직관 램프의 치수 및 특성 (KS규격)

#### (1) 치수 및 Base

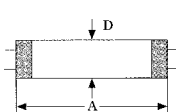


Figure	종별	크기의 구분	치수mm		Base
			A	D	
	FHF14ST	14	549.0±1.5	15.5±0.6	G5
	FHF16ST	16	580.0±1.5	15.5±0.6	G5
	FHF21ST	21	849.0±1.5	15.5±0.6	G5
	FHF28ST	28	1149.0±1.5	15.5±0.6	G5
	FHF32ST	32	1198.0±1.5	15.5±0.6	G5
	FHF35ST	35	1449.0±1.5	15.5±0.6	G5

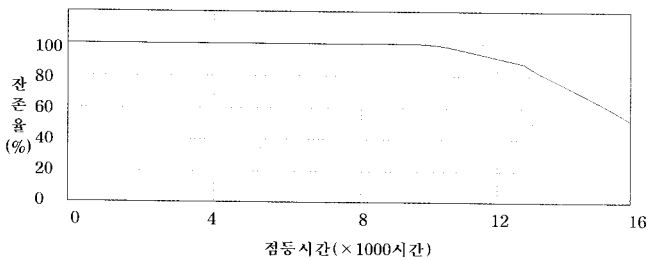
#### (2) 특성

종 별	크기의 구분	정격 램프 전력 (W)	응구전류 (7.0V 에서)	시동시험에 의한 예열전압 (V)	정격 입력 전압 (V)	시동 시험 전압 (V)	초 특 성					광 속 유지율 (%)	(참고) 수명h
							램프 전력 (W)	램프 전류 (A)	램프전압 (참고값) (V)	전 광 속 EX-D (Lm)	EX-N (Lm)		
FHF14ST	14	14	0.210 이하	6.0	167	230	13.7 ±0.01	82	1100	1180	1250	800이상	8000 이상
FHF16ST	16	16	0.210 이하	6.0	188	220	15.8 ±0.01	95	1280	1330	1350	800이상	8000 이상
FHF21ST	21	21	0.210 이하	6.0	246	350	20.7 ±0.01	123	1910	2050	2100	800이상	8000 이상
FHF28ST	28	28	0.210 이하	6.0	329	375	27.8 ±0.017	167	2570	2730	2790	800이상	8000 이상
FHF32ST	32	32	0.210 이하	6.0	374	430	31.7 ±0.017	190	3020	3200	3300	800이상	8000 이상
FHF35ST	35	35	0.210 이하	6.0	413	450	34.7 ±0.017	209	3360	3550	3650	800이상	8000 이상

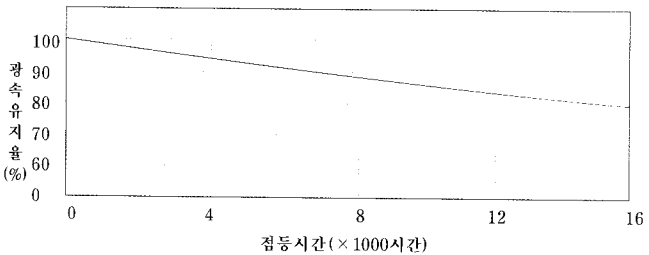
註) 상기값은 최소값만을 규정하는 KS기준치이므로 제품의 실제 특성은 이보다 상당히 높은 값임.

## 4] 수명 및 광속유지 특성

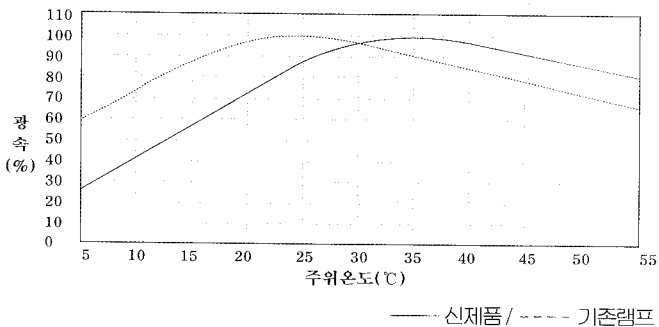
[수명특성]



[광속유지특성]



## 5] 주위온도 특성



## 6] 안정기 설계정보

### (1) 램프의 시동특성

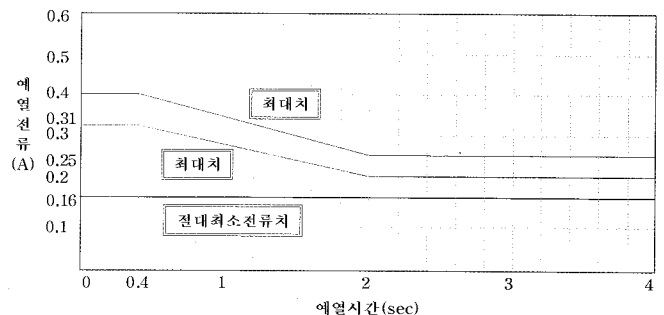
일반 형광램프와 같이 T-5 직관램프에는 충분히 예열하면 램프의 방전개시에 필요한 열전자를 방출하는 전자방사물질(Emitter)이 방출한다. 적절한 시동조건으로서는 램프로의 인가전압을 램프

가 방전개시하는 값까지 상승시키기 전에 전극을 충분한 온도까지 예열해야 한다.

### (2) 시동시 예열조건

전류제한 예열방식의 경우 T-5 램프는 전극시동시의 예열시간에 대한 예열전류의 최소치 및 최대치를 아래그림에 나타냈다. FHF14, FHF21, FHF28 및 FHF35 모든 램프는 이 범위에서 제어할 필요가 있다.

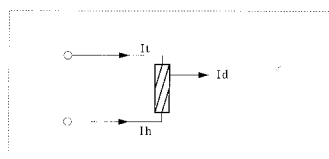
- 1) 0.4sec 이하의 예열시간은 바람직하지 않다.
- 2) 예열전류가 최소치 말단에는 램프시동이 불안정하게 되기도 하고 전극이 충분히 열을 받지않아 시동시의 전극의 소모가 심하고 단수명의 원인이 된다.
- 3) 예열전류가 최대치를 초과하면 전극이 필요이상으로 가열되어 관단흑화와 단수명의 원인이 된다.



### (3) 안정점등시의 LEAD선 전류

양호한 점등상태를 유지하기 위해서는 점등중의 Lamp의 Emitter를 적절한 온도를 유지해야 한다. T-5 램프는 방전전류가 적합하게 설계되어 있다.

전극가열전류는 Zero가 이상적이지만 이를 늘리는 경우에는 전극 Spot온도의 상승을 방지하기 위해 전극가열전류(Ih) 및 Lead선에서의 합성전류(I<sub>t</sub>)를 아래표의 범위내에서 설정하는 것이 바람직하다.



Id: 방전전류 (램프전류)

Ih: 전극가열전류

It: Lead선에서의 합성전류

$$(It = Id + Ih)$$

## LED형광램프의 기술개발과 동향

### Engineering handbook

점등MODE	ld(A)	lh(A)	lt(A)
정격점등	0.13~0.22	0.16이하	0.140<lt<0.250

註 1) 표외값은 모두 실패치이다.

註 2) 이 값의 범위에 있어도 어느 주기에서 유지기간을 갖고 계속적으로 높은 Peak를 갖는 경우에는 조기흑화와 단수명의 원인이 된다.

註 3) 전극가열전류(lh), Lead선의 합성전류(lt)가 위 표 중의 값을 넘는 경우에는 조기흑화와 단수명의 원인이 된다.

#### (4) 시동전후의 인가전압

아래표에 각 램프의 시동전후에 필요한 인가전압을 나타내고 있다. 이 인가 전압은 Inverter의 개방회로 전압을 설정하는 목표가 된다.

종 별	인가전압 실패치(M)	
	예열이불충분할경우	정상 시동시
FHF 14	1300이하	2300이상(+10°C일때)
		2750이상(-15°C일때)
FHF 21	2000이하	3600이상(+10°C일때)
		3900이상(-15°C일때)
FHF 28	2400이하	4250이상(+10°C일때)
		5300이상(-15°C일때)
FHF 35	2750이하	5300이상(+10°C일때)
		7000이상(-15°C일때)

### LED Energy 절약 효과

#### 1) 개요

에너지 절약에 대해 유·무형의 효과를 거둘 수 있으리라 생각된다.

환경적인 측면에서 오늘날 지구는 화석에너지의 연소로 연간 50억톤이 넘는 이산화탄소를 뿜어내고 있다. 이러한 이산화탄소의 과다방출은 지구 온실효과를 일으켜 극지방의 얼음을 녹여 해수면을 높이고 있

으며 사막화를 진행시키는 등 지구 생태계에 큰 혼란을 야기할 전망이다. 대기오염의 주범은 연료의 연소이다. 발전소, 공장, 사무소, 가정, 자동차, 선박 등에서 사용하는 화석연료는 황산화물, 질소산화물 등을 대기중에 배출하여 공기를 오염시키고 있으며 공기중에서 산화하여 산성비의 원인이 되고 있다. 이를 방지하기 위해 에너지 사용을 줄이고, 따라서 T-5 램프의 사용으로 인하여 각종 원자재 절감 및 에너지 절감에 기여하리라 생각된다. 상세하면,

- 1) 램프의 세관화로 조명기구의 효율향상 및 소형, 경량화로 등기구 시공이 용이함
- 2) 유리 형광체, 포장재, 안정기 및 기구의 재료 등 자원절감 및 원가절감
- 3) 단위 부피의 감소로 운송, 적재 등 물류비용 절감
- 4) 램프 점등시 발열이 감소하여 냉방에너지 절약에 기여
- 5) 저수는 봉입기술 개발로 환경오염방지
- 6) 실질적인 에너지 절감

#### 2) 기존 제품과의 비교 효과

- T-5 28W의 경우 -

형 명	기존 FL 40D	T-5 신제품	효 과
관 경(mm)	32	15.5	Volume 50% 절감
소비전력(W)	40	28	소비전력 30% 절감
광 속(Lm)	2660	2870	광속 8% 향상
효율(Lm/w)	67	102	50% 향상
연색평가수(Ra)	69	84	조명의 질 향상
형광막도표	일반형광체	보호막코팅 +3피장 형광체	연색성 및 동정 특성, 효율향상
무 게(g)	250	136	유리자원 절감 및 폐기물 감소

3] 현재 사용하고 있는 40W를 T-5 28W로 대체했을 경우 Energy절약을 예로 들면,

항목	분류	산업용	비 고
일평균 점등시간		14Hrs	국내 40W 등기구:6000만등(추정치) 전력비 :65.5원/kwh (산업용 고압A 주기평균) 절전량 :12W(램프만)
월평균 점등시간		25일	
년평균 점등시간		4200Hrs	
년 간 절 전 량		30억 2400만 Kwh	
금 액 효 과		약 2000억원	

※ 절전량 : 6000만등 × 12W = 720,000kwh

(비교:월성 원자력 1호기 발전용량 : 70만 kwh

원자력 1기 건설비 15억 \$)

## 4] 국내의 산업동향

유럽에서는 에너지 절감 및 환경문제 차원에서 에너지 절약형 형광램프 시스템에 대한 연구가 지속적으로 이루어진 결과, 1995년 하노버 산업박람회에서 이 램프의 점등 시스템 및 등기구를 최초로 전세계에 널리 소개하고 시판을 개시하였다.

현재 유럽에서는 T-5 Lamp가 상당히 활성화되어 있고 구미시장에도 최근 들어 T-5에 대한 관심이 고조되면서 개발 및 판매에서 서서히 진입하고 있는 실정이고, 이웃나라 일본에서는 3~4년 전부터 유명한 조명 Maker에 의해, 특히 T-5 환형 형광램프에 대해 보급판매가 개시되어 점차적으로 수요가 증대하고 있는 실정이다.

또한 국내에서도 에너지 자원의 효율적 사용, 환경문제 대응 및 선진 외국제품과의 경쟁력 강화를 위해 2~3년 전부터 T-5의 연구개발이 활발히 진행되었고 1~2개 업체에서는 램프의 생산 및 점등시스템 안정기의 판매가 일부 진행되고 있는 실정이다. 추후 T-5램프의 본격적인 국내수요 및 수출을 기대해 본다.

## 5] 보급 활성화 방안

현재 산업자원부의 에너지 절감 정책 등에 따른 고효율 조명기구의 보급활성화를 위한 제도적 여건이 조성되어 있고 미래사회는 앞에서 언급한 바와 같이 지구 온난화와 대기오염 등의 환경문제가 크게 대두되어 조명의 질적인 측면이 중시될 것으로 예상되기 때문에 현재 고효율 조명기기로서 보급에 주력하고 있는 T8램프

와 병행하여 2001년 이후에는 T-5램프가 보급 활성화될 것으로 예상된다. T-5 램프는 기존의 등기구나 안정기와 조합하여 사용하기에 곤란한 점이 있고 (일부는 호환가능) 전용의 전자식 안정기, 등기구와 함께 사용되어야 하므로 보급초기에는 기존 건물의 개체보다는 신규 건물의 수요가 대부분일 것으로 예상되며 에너지 수요관리 차원에서 보급확대를 위한 기술규격의 홍보 및 적극적인 보급지원 방안이 범정부적인 차원에서 이루어졌으면 한다.

또한 T8 형광램프의 확대 보급이 아직도 미미한 상태에서 큰 성과를 거두지 못하고 있는 바, 본 T-5 램프는 강제성을 띤 확대 보급이 필요하리라 생각된다.

## 6] ESCO에서의 활용 방안

신제품 T-5 Lamp는 여러가지 측면에서 ESCO에서의 활용방안이 다양하리라 생각된다. 현재 ESCO에서 고효율 기자재 품목으로 추가 시키려고 심의 중이다. 빠른 시일내에 T-5형광램프가 고효율 기자재 품목으로 지정되어 반강제적인 집행이 이루어지면 유·무형 에너지 절약 및 환경효과가 크리라 생각된다. 또한 중요한 것은 고효율 기자재로 지정된 후에 보급확대를 위해 해당기관의 지속적인 관심과 후원이 뒤따라야 된다고 생각된다. 그래야 생산업체 및 소비자가 고효율 조명기구를 재인식하고 생산 및 사용할 수 있으리라 생각된다. <sup>16)</sup>