

조명시스템의 경제성 평가를 위한 Worksheet 개발

(Development of the Worksheet for Economics Evaluation of Lighting Systems)

심 상만* 춘천 기능대학 전기과 전임강사
김 훈 강원대학교 전기전자공학부 교수

요 약

본 연구에서는 조명설계·시공과 관련하여 설계초기 단계에서 조명이 실시될 공간에 대하여 어떠한 조명시스템이 경제적으로 유리한가를 검토하기 위한 수단으로 Worksheet를 개발하고 일반적인 사무실과 고층정공장에서의 각종 시스템에 대한 평가를 수행하였다. 앞으로 조명설계시 광원, 등기구를 선정하는데 있어서 개발된 Worksheet를 이용하여 조도계산 및 경제성을 평가해 봄으로써 같은 비용으로 최대의 효과를 가진 조명시스템을 선택하는데 도움이 되리라 기대된다.

1. 서 론

현대사회에서 조명은 시간영역을 낮에서 밤으로 확대하였고 생산성을 높이는 데 큰 공헌을 하고 있다. 조명이 전체 전기에너지 소비전력의 18~20%를 차지하고 있다고 볼 때 등기구 하나 당 소비전력이 다른 전기기구에 비하여 작다는 것을 감안하면 사용되는 등기구 수량은 매우 많다는 것을 알 수 있다. 따라서 어떠한 조명시스템을 설계하는 경우 경제성을 설계초기에 평가하여 같은 기능을 가진 시스템에서 최소의 비용이 드는 시스템을 선정하여야 할 것이다. 경제성을 평가하는 방법에는 비용/편익 분석을 통하여 평가하는 방법과 여러 대안의 비교분석을 통해 평가하는 방법이 있다. 전자는 일반적인 경제성 분석의 방법으로 편익의 계량이 매우 어렵고, 후자는 비용을 중심으로 하기 때문에 상대적으로 용이하여 많이 채용된다.[1][2] 또 경제성 평가의 분류 방법과는 달리 평가 범위에 따른 분류로서 단순 조명경제 분석과 정밀 경제분석이 있

다.[2]

본 연구에서는 정밀조명경제 분석을 통한 조명이 실시될 공간에 대하여 광원, 조명기구, 배선설비공사비, 전기요금, 유지보수비 등에 할인율을 적용하여 전체 비용을 현재가치 또는 연금화로 환산하여 경제성을 비교 평가하는 워크시트를 개발하고, 이를 이용하여 사무실 및 공장에서의 조명 시스템 평가를 수행하였다.

2. 단순 조명경제 분석과

정밀 조명경제 분석

2.1 단순 조명경제 분석

단순 조명경제 분석은 분석 대상항목으로 관심 있는 것만을 선정 후 나머지 조건을 무시하는 순간적 경제성 분석이다. 단순 조명경제 분석방법은 대체로 대안 비교 분석방법이 채용되는데, 분석의 검토대상기간은

대상으로 선정되는 각 광원의 수명기간을 기준으로 한다. 이 방법은 비용을 중심으로 고려하며 비용 중에서도 램프, 안정기 및 전력요금 등의 조명에 필수적인 요소 항목만을 고려하여 단위광속 및 단위시간당 비용, 즉 단위시간 동안 같은 빛을 내는데 소요되는 비용을 계산하고, 이를 서로 비교함으로써 비용이 적게드는 설비를 선택할 수 있도록 한다.

2.2 정밀 조명경제 분석

정밀 조명경제 분석은 조명의 수명 전 기간에 대해 고려한 동일한 상태를 채택하여 투자비, 운전비, 유지 및 보수비로 나누어 각 항목들을 세분화하여 분석하며, 할인율을 고려한 것이다. 즉 돈의 가치를 현재 시점으로 환산하여 경제성을 평가하는 방법이다. 정밀분석방법은 대안비교방법과 비용/편익 분석방법이 있다. 조명은 반드시 해야하므로 대안 비교방법이 주로 사용되는데, 절대적인 관점에서 비용/편익 분석방법을 수행할 수 있다. 그러나, 편익에 대한 구체적인 자료는 상당한 수고가 필요하므로 이 방법은 상대적으로 사용이 많지 않으나 선진화되면서 점차 증가할 것으로 전망된다.

2.3 Worksheet의 구성

조명경제 비교 평가는 각 조명방식의 초기설비비, 전력비, 보수비를 계산하여 연간 조명비를 구하고 현재 가치나 연금화 하여 경제성 비교가 주목적이다. 특히 Worksheet의 이용은 조명계산과 조명경제 평가를 연동시켜 설계 초기에 매우 효과적이다.

2.3.1 조명경제의 비교 계산의 흐름도

그림 1은 조명이 실시될 어떠한 공간에 대하여 조도 및 조명경제를 계산하여 시스템의 전체 비용을 현재가치나 연금화로 환산하여 경제성을 비교하는 흐름도이다.

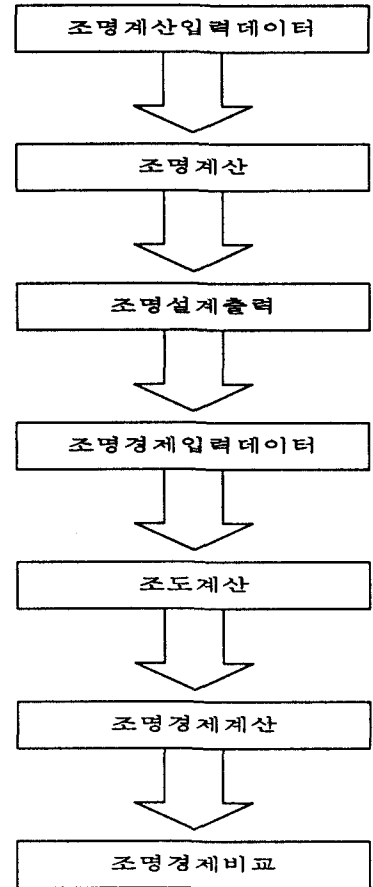


그림 1. 조명경제 비교 계산 흐름도
Fig.1. Flowchart for Lighting Economics Comparison Evaluation

2.3.2 Worksheet의 각 부분별 구성 요소

(1) 조명계산입력데이터:

- ① 계산년월일, ② 조명시설명, ③ 조명기구형명,
- ④ 램프형명, ⑤ 설계조도, ⑥ 조명시설의 폭,
- ⑦ 조명시설의 길이, ⑧ 기구당취부램프수,
- ⑨ 램프광속, ⑩ 조명율, ⑪ 보수율.

(2) 조명계산:

- ① 면적, ② 기구당램프광속, ③ 기구대수.

(3) 조명설계출력:

- ① 조명기구형명, ② 조명기구대수.

(4) 조명경제입력데이터:

- ① 사용기구대수, ② 등기구단가,
- ③ 등기구취부배선단가, ④ 램프단가,
- ⑤ 상각년수, ⑥ 연간점등시간, ⑦ 램프수명,
- ⑧ 램프교환인건비단가, ⑨ 청소비단가,
- ⑩ 등기구입력전력, ⑪ 전기요금.

(5) 조도계산: ① 초기조도, ② 시설계조도

(6) 조명경제계산:

- ① 조명기구비, ② 조명기구취부배선비,
- ③ 램프비, ④ 초기설비비,
- ⑤ 연간설비상각비(정액법),
- ⑥ 연간램프교환개수, ⑦ 연간램프교환비,
- ⑧ 연간램프교환인건비, ⑨ 연간청소비,
- ⑩ 연간보수비, ⑪ 연간전력량, ⑫ 연간전기요금,
- ⑬ 연간조명비, ⑭ m²당연간조명비,
- ⑮ m² · lx당연간조명비.

(7) 조명경제 비교:

- ① 전체비용을 현재가치로 환산,
- ② 전체비용을 연간비용으로 환산.

3. 조명경제 비교 평가의 예

조명경제 비교 평가는 표 1과 같은 형태의 Worksheet를 이용하여 일반적인 사무실과 고천정 공장에서의 조명이 실시될 공간에 대하여 비교 평가하였다. 사무실인 경우 광원, 안정기, 등기구 등을 대상으로 공장 조명에서는 HID 광원을 각각 다르게 시스템을 구성하여 정밀 조명경제 분석 통한 조명 경제성을 비교 평가하였다.

3.1 일반적인 사무실에서 조명경제 비교

사무실 길이가 18m, 폭이 12m, 천정 높이가 2.8m이고 반사율은 천정 70%, 벽 50%, 바닥 10%인 공간에서 형광등기구 하면개방형 조명시스템을 설계하고자 할

경우 형광램프, 안정기, 등기구 등을 각각 다르게 시스템을 구성하여 전체비용을 현재가치로 환산하고 또 운용시 매년 지불되는 연간지불액으로도 환산하여 다음과 같이 조명경제성을 비교 평가하였다.

3.1.1 형광램프의 조명경제성 비교 평가

표 2는 형광등기구 2등용 조명시스템에서 등기구는 일반형, 안정기는 전자식으로 동일하게 사용하고, 형광램프만 32mm 40W와 26mm 32W로 각각 다르게 시스템을 구성하여 비교한 결과이다. 26mm 32W 램프가 광속이 많고 수명이 길며 소비전력이 적으므로 동일한 공간에 시설되는 수량도 적게되어 연간보수비 및 연간조명비가 적게 나타났다. 또 26mm 32W가 32mm 40W보다 가격이 비싸므로 초기설비비가 많이 나타났으며 전체 시스템 비용을 현재가치로 환산하여 비교해 보면 26mm 32W의 조명시스템이 약 1,240,000원 정도 절감되는 가치효과가 있다.

표 2. 형광램프의 경제성 비교 평가 결과
Table 2. Economics Comparison Evaluation Result of Fluorescent Lamps

구 분	System 1	System 2	비 고
램프형 명	FL 2/40W	FL 2/32W	
램프 광속(lm)	2560	2680	△ 120
조명기구대수	32	31	▽ 1
램프단가(원)	1,400	2,760	△ 1,360
램프수명(h)	8,000	16,000	△ 8,000
기구입력전력(W)	98	74	▽ 24
조명기구비(원)	1,536,000	1,488,000	▽ 48,000
기구취부배선비(원)	706,560	684,480	▽ 22,080
램프비(원)	89,600	171,120	△ 81,520
초기설비비(원)	2,332,160	2,343,600	▽ 11,440
연간설비 상각비(원)	316,507	318,060	▽ 1,553
연간 램프 교환개수	24	12	▽ 12
연간교환램프비(원)	33,600	33,120	▽ 480
연간램프교환인건비	52,992	26,496	▽ 26,496
연간청소비(원)	141,312	136,896	▽ 4,416
연간보수비(원)	227,904	196,512	▽ 31,392
연간전력량(kWh)	9,408	6,882	▽ 2,526
연간전기요금(원)	846,720	619,380	▽ 227,340
연간조명비(원)	1,391,131	1,133,952	▽ 257,179
m ² 당연간 조명비(원)	6,440	5,250	▽ 1,190
m ² · lx 당연간조명비	16	13	▽ 3
현재가치(원)	9,164,607	7,924,285	▽ 1,240,322
연간비용(원)	1,882,461	1,627,692	▽ 254,769

표 1. Worksheet의 기본 형태
Table 1. Basic format of the Worksheet

구 분		System 1	System 2	
(1) 조명경제 입력 데이터	1	계산년월일	1999. 10. 12	1999. 10. 12
	2	조명시설명	사무실	사무실
	3	조명기구형명	하면 개방	하면개방
	4	램프형 명	FL 2/40W	FL 2/32W
	5	설계조도	400	400
	6	조명 시설의 폭	12	12
	7	조명시설의 길이	18	18
	8	조명기구 당 취부 램프수	2	2
	9	램프광속	2,560	2,680
	10	조명율	0.76	0.76
	11	보수율	0.71	0.7
(2) 조명계산	12	면적	216	216
	13	조명기구당 램프광속	5,120	5,360
	14	조명기구 대수	32	31
(3) 조명 설계 출력		조명기구 형명	하면 개방	하면개방
		조명기구 대수	32	31
(4) 조명 경제 입력 데이터	15	조명기구 사용 대수	32	31
	16	조명기구 단가	48,000	48,000
	17	조명기구취부 배선단가	22,080	22,080
	18	램프단가	1,400	2,760
	19	상각년수	7	7
	20	연간 점등시간	3,000	3,000
	21	램프수명	8,000	16,000
	22	램프교환인건비단가	2,208	2,208
	23	청소비단가	4,416	4,416
	24	조명기구입력전력	98	74
	25	전기요금	90	90
26	이자율	0.1	0.1	
(5) 조도계산	27	초기조도	576	585
	28	시설계조도	403	410
(6) 조명 경제 계 산	29	조명기구비	1,536,000	1,488,000
	30	조명기구취부배선비	706,560	684,480
	31	램프비	89,600	171,120
	32	초기설비비	2,332,160	2,343,600
	33	연간설비 상각비	316,507	318,060
	34	연간 램프 교환개수	24	12
	35	연간교환램프비	33,600	33,120
	36	연간램프교환인건비	52,992	26,496
	37	연간청소비	141,312	136,896
	38	연간보수비	227,904	196,512
	39	연간전력량	9,408	6,882
	40	연간전기요금	846,720	619,380
	41	연간조명비	1,391,131	1,133,952
	42	잔존가치	116,608	117,180
	43	m ² 당연간 조명비	6,440	5,250
	44	m ² · lx 당연간조명비	16	13
(7) 비 교	45	현재가치	28,110,967	23,368,024
	46	연간비용	1,882,461	1,627,692

3.1.2 형광등용 안정기의

조명경제성 비교 평가

표 3은 형광등기구 2등용 두 조명시스템에서 등기구는 일반형, 램프는 26mm 32W를 동일하게 사용하고 안정기만 전자식과 래피드형으로 다르게 시스템을 구성하여 비교한 결과이다. 전자식이 래피드형 보다 가격이 비싸므로 조명기구비가 높게되고 따라서 초기설비비가 높게 나타났으나 소비전력이 적어서 연간조명비가 적다. 그러므로 이 시스템의 전체 비용을 현재가치로 환산 비교하면 전자식 안정기가 사용된 조명시스템이 약 89,000원 절감됨을 알 수 있다.

표 3. 형광등 안정기의 경제성 비교 평가 결과
Table 3. Economics Comparison Evaluation Result of Fluorescent Ballast

구 분	System 1	System 2	비 고
램프형 명	FL 2/32W	FL 2/32W	
조명기구 단가(원)	31,000	48,000	△ 17,000
기구입력전력(W)	98	74	▽ 24
조명기구비(원)	961,000	1,488,000	△ 527,000
초기설비비(원)	1,816,600	2,343,600	△ 527,000
연간전력량(kWh)	9,114	6,882	▽ 2,232
연간전기요금(원)	820,260	619,380	▽ 200,880
연간조명비(원)	1,263,311	1,133,952	▽ 129,359
m ² 당연간 조명비(원)	5,849	5,250	▽ 599
m ² · lx 당연간조명비	14	13	▽ 1
현재가치(원)	8,013,537	7,924,285	▽ 89,252
연간비용(원)	1,646,025	1,627,692	▽ 18,333

3.1.3 형광램프와 안정기의 조합에

다른 조명경제성 비교 평가

형광등기구 2등용 조명시스템에서 한 시스템은 전자식 안정기와 26mm 32W 램프, 다른 시스템은 래피드 안정기와 32mm 40W 램프를 사용하고, 등기구는 두 시스템 모두 일반형으로 구성하여 조명경제성을 비교한 결과가 표 4이다. 전자식 안정기와 26mm 32W 램프를 사용한 시스템이 래피드 안정기와 32mm 40W 시스템보다 램프의 광속이 많고, 수명이 길며, 안정기 소비전력이 적어서 연간조명비가 적게 나타났으며, 초기설비비는 두 시스템중 전자가 후자보다 많았다. 또 전체비용을 현재가치로 환산하여 비교해 보면 전자식 안정기 26mm 32W 의 시스템이 약 322,000원 절감됨

을 알 수 있다.

표 4. 형광램프와 안정기의 조명경제성 비교 평가 결과
Table 4. Economics Comparison Evaluation Results of Fluorescent Lamp and Ballast

구 분	System 1	System 2	비 고
램프형 명	FL 2/40W	FL 2/32W	
램프광속(lm)	2560	2680	△ 120
조명기구 대수	32	31	▽ 1
조명기구 단가(원)	31,000	48,000	△ 17,000
램프단가(원)	1,400	2,760	△ 1,360
램프수명(h)	8,000	16,000	△ 8,000
기구입력전력(W)	98	74	▽ 24
조명기구비(원)	992,000	1,488,000	△ 496,000
기구취부배선비(원)	706,560	684,480	▽ 22,080
램프비(원)	89,600	171,120	△ 81,520
초기설비비(원)	1,788,160	2,343,600	△ 555,440
연간 램프 교환개수	24	12	▽ 12
연간교환램프비(원)	33,600	33,120	▽ 480
연간램프교환인건비	52,992	26,496	▽ 26,496
연간청소비(원)	141,312	136,896	▽ 4,416
연간보수비(원)	227,904	196,512	▽ 31,392
연간전력량(kWh)	9,408	6,882	▽ 2,526
연간전기요금(원)	846,720	619,380	▽ 227,340
연간조명비(원)	1,317,303	1,133,952	▽ 183,351
잔존가치(원)	89,408	117,180	△ 27,772
m ² 당연간 조명비(원)	6,099	5,250	▽ 849
m ² · lx 당연간조명비	15	13	▽ 2
현재가치(원)	8,247,223	7,924,285	▽ 322,938
연간비용(원)	1,694,025	1,627,692	▽ 66,333

3.2 고천정 공장 조명시스템의

조명경제 비교 평가

표 5는 천정이 10m, 길이 60m, 폭이 24m이고 반사율은 천정 50%, 벽 30%, 바닥 10%인 고천정 공장에서 HID 광원을 이용한 조명시스템에서 램프를 각각 다르게 시스템을 구성하여 경제성을 비교 평가한 것이다. 고압나트륨램프, 메탈헬라이드램프, 고압수은램프 순으로 비용이 적게 투자되는 것으로 나타났다. 또 메탈헬라이드와 고압나트륨램프가 사용된 두 시스템을 비교해 보면 고압나트륨램프가 메탈헬라이드보다 광속이 많고, 수명이 길며, 동일 공간에서 소요 대수가 적어 소비전력도 적으므로 초기설비비, 연간조명비가 적

게 나타났다. 그러나 우수한 조명시스템을 구성하기 위해서는 시설될 공간에서의 경제성, 명시성, 연색성 등을 고려하여 조명시스템을 구성하여야 한다고 생각된다.

를 위해서는 보수율에 관련된 여러 가지 요소들이 고려되어야 하며 더 나아가서 조명시스템으로부터 얻을 수 있는 편익도 가치로 환산하여 경제성 평가에 반영하여야 한다고 본다.

표 5. HID 조명 시스템의 경제성 비교 평가 결과
Table 5. Economics Comparison Evaluation Results of HID Lighting System

구 분	System 1	System 2	System 3
램프형 명	수 은	메 탈	나 트륨
	250W	250W	250W
램프광속(lm)	11,000	20,500	25,000
조명기구 대수	149	80	66
조명기구 단가(원)	80,000	87,000	84,000
램프단가(원)	75,000	18,800	19,000
램프수명(h)	12,000	12,000	25,000
기구입력전력(W)	245	263	250
조명기구비(원)	11,920,000	6,960,000	5,544,000
기구취부배선비(원)	4,362,720	2,342,400	1,932,480
램프비(원)	11,175,000	1,504,000	1,254,000
초기설비비(원)	27,457,720	10,806,400	8,730,480
연간설비 상각비(원)	2,608,483	1,026,608	829,396
연간 램프 교환개수	38	20	8
연간교환램프비(원)	2,850,000	376,000	152,000
연간램프교환인건비	91,200	48,000	19,200
연간전력량(kWh)	109,515	63,120	49,500
연간전기요금(원)	9,856,350	5,680,800	4,455,000
연간조명비(원)	16,121,233	7,515,408	5,772,396
m ² 당연간 조명비(원)	11,195	5,219	4,009
m ² · lx 당연간조명비	22	10	8
현재가치(원)	127,045,025	57,193,646	44,367,653
연간비용(원)	20,675,993	9,308,002	7,220,631

참 고 문 헌

- (1) IESNA, "Lighting Handbook", 1993.
- (2) 日本照明學會, "Lighting Handbook", オ-ム社, 1987.
- (3) 통상산업부, "고효율 조명기기 기술개발 성과발표집", pp. 38~46, 1996. 6.
- (4) 한국·조명설비학회, "조명디자이너 자격인증교재", pp. 13-1~13-8, 1999, 1.
- (5) "물가지료", 1999. 10월호.
- (6) 한국전기공사협회, "표준품셈(전기, 신호, 통신)", pp. 349~351, 1998.

4. 결 론

조도만을 중요시하였던 초기의 조명경제는 단순한 분석으로 평가가 가능하였으나 조명시설의 대형화나 문화수준 향상에 따른 조명시설의 고급화로 보다 정확한 경제성 평가가 요구되는 시점에서 개발한 Worksheet의 이용은 어떠한 조명시스템에서의 조도계산 및 경제성을 평가해 봄으로써 적은 비용으로 동일한 효과의 조명시스템 갖는 광원이나 등기구 등을 선정할 수 있었다. 또한 보다 더 정확한 조명경제성 평가