

기/술/예/설

조명시스템의 경제성 평가 방법

심상만 <충천기능대학 전기과 조교수>

인간의 욕망과 사회적 필요성에 의해 만들고 싶은 공학적 시스템을 결정하려면 실현할 수 있는 가능한 여러 가지 방안 중에서 가장 좋은 대안을 선정하여야 한다. 여러 가지 가능한 설계대안 중 최선의 대안을 선정하는데 있어서 대안의 기준이 필요하다. 그리고 이러한 대안의 선정에 사용되는 기준은 인간의 충족도에서부터 나오게 된다. 인간의 충족도는 사람에 따라서 다르고, 만들고 싶은 시스템의 용도에 따라서도 다르다. 조명시스템은 한 번 설치하면 여러 해에 걸쳐 사용되므로 조명설계 초기에 조명이 실시될 공간에 대하여 어떠한 조명시스템이 경제적으로 유리한가를 검토하게 된다. 그동안 조명은 밝음만을 중심으로 강조되어 왔다. 그러나 조명시설의 대형화나 문화수준의 향상에 따른 조명시설의 고급화로 보다 정확한 경제성 평가가 요구되고 있다.

기존의 조명시스템의 경제성 평가는 초기에 투자되는 비용만을 고려해서 매년 순수익으로 공제해 나갈 때 전부 회수하는데 필요한 기간을 산정하는 방법으로 평가하였다. 그러나 이 방법은 돈의 시간적 가치를 고려하지 않기 때문에 정확한 평가법이라 말할 수 없다. 조명시스템의 경우수명을 10년 이상으로 보고 있기 때문에 초기 설비비, 운전비, 유지보수비 등 비용의 발생이 서로 상이한 시점에서 발생된다.

그러므로 조명시스템의 전수명기간 동안에 발생하는 모든 비용을 일정한 시점의 동일한 가치로 환산하여 평가하지 않으면 대안간의 정확한 경제성 비교가 되지 않는다. 따라서 조명시스템의 경제성을 보다 정확하게 평가할 수 있는 방법이 요구되고 있다.

1. 조명경제란

조명경제란 조명의 설계·시공과 관련하여 경제성을 평가하는 일련의 과정들을 말하는데, 경제성 평가란 어떤 사업이 경제적으로 유리한가를 검토하기 위한 수단을 가리킨다. 이것은 투자 가치가 있다고 판단되는 어떤 사업을 시행하기 전에 그 사업을 시행하는데 직·간접적 영향으로 발생하게 될 비용을 계산하고, 그 비용의 투자로써 얻을 수 있는 편익을 정량적으로 계산하여 비용/편익(使益:benefit)을 측정하는 것이다[3].

사람은 일반적으로 시스템을 선정할 때 성능과 경제성을 모두 고려하게 된다. 즉 성능도 좋고 값도 싸며, 유지비도 적게 드는 것을 요구한다. 그런데 이러한 성능과 경제성을 동시에 분석하고 평가하는 것은 쉬운 일이 아니다. 그러므로 여러 가지의 가능한 대안들에 대해 성능과 경제성을 각각 나누어 분석하고,

시스템이 요구하는 방향으로 최선안을 선정하는 것이 일반적이다. 최선안을 선정하기 위해서는 먼저 각 대안을 실행하기 위하여 투자된 비용과 대안의 성과를 각 금액으로 환산하고 다음 3가지 중의 한 가지 기준에 의거하여 이들 대안의 경제성을 평가한 후 최선안을 선정하게 된다[1,2].

- (1) 투자액이 고정되어 있는 경우에는 성과가 가장 큰 대안을 선정한다.
- (2) 대안의 성과가 고정되어 있으면 비용이 가장 적은 대안을 선정한다.
- (3) 투자액과 대안의 성과가 모두 고정되어 있지 않으면 비용과 성과와의 차, 또는 이익이 가장 큰 대안을 선정한다.

조명시스템의 경제성에 크게 영향을 주는 요소들을 보면 초기 설비비, 보수비, 전기요금 등이 있는데 이 중에서 보수비는 램프 교환비, 램프교환 인건비, 청소비로 구성되어 있다. 그러므로 보수비는 보수계획에 따라서 조명시스템의 경제성이 다르게 나타난다. 특히 보수비 중에서도 조명시스템의 청소주기는 초기비용의 감소와 에너지 절감의 두 가지 효과가 있다. 그러므로 미국이나 일본의 경우 이러한 두 가지 효과를 높이기 위하여 여러 연구를 통하여 입증하고 있으며, 경제적인 보수시기를 선택하여 정기적인 보수계획에 의해 실시하는 것이 경제적인 것으로 나타났다. 그러나 우리나라의 경우 보수율에 대한 연구와 경제성 평가가 거의 없다. 그러므로 조명시스템의 구입비, 운용비, 유지 보수비 등 보다 정밀한 경제성 분석이 필요하다. 그리고 이러한 분석을 통해 선정된 조명시스템은 운용시 적절한 보수가 이루어지지 않으면 처음에 기대했던 조명환경을 유지할 수 없으므로 보수율에 대한 설계자는 상세한 계획과 사용자는 확실한 실행이 필요하다. 그러나 유지 및 보수를 적극적으로 하면 보수율이 큰 값이 되어 초기 설비비와 전력비는 싸게 되지만 오히려 유지 및

보수비가 크기 때문에 전체 조명시스템에 투자되는 비용은 증가하게 되므로 보수율에 대한 경제성 평가도 필요하다. 이러한 조명경제의 평가를 통해 주어진 목적과 역할에 맞는 범위 안에서 실제 설치할 경제적인 조명시스템을 선정할 수 있고, 또한 평가 결과 자료를 기초로 하여 조명설비의 설치나 보수에 소요되는 재원, 인력, 장비 등을 최적 배분할 수 있게 되어, 이를 통해 사업에 대한 경쟁력과 사업성을 확보할 수 있다고 본다.

2. 조명경제 평가 방법론

일반적으로 건축물은 10년 이상 경과하면 조명설비 기능의 저하로 효율이 낮아진다. 따라서 건축물에 대한 조명 환경, 작업 능률이나 거주성을 확보하기 위해 새로운 조명시스템의 고찰이 필요하다. 또 새로운 건축물을 건설할 때 조명기구를 선택하는 경우, 혹은 새로운 조명기구의 등장으로 사용중인 것을 바꾸거나 기존의 것을 수명기간까지 사용하다 교체할 것인지를 판단하여야 하는 경우, 어떤 조명시스템이 경제적으로 유리한가를 검토하게 된다.

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 채택된다.

2.1 비용/편익 분석

비용/편익의 일반적인 의미는 정부의 경비지출 결정에 있어 전략적 개념으로 특정한 정책의 사회적 이익과 불이익을 화폐단위로 측정·평가하고 설명하는데 있다. 즉, 목표달성을 위한 대체적인 수단이 강구되어졌을 때 소요되는 비용과 그 결과 환원되는 편익을 측정·평가하는 의식적인 하나의 과정을 의미하며, 주어진 여건 아래에서 목표달성을 위한 비용

을 극소화하고 편익을 현재의 가치로 극대화하는데 그 목적을 두어 정부지출의 효율성을 높여 사회전체의 후생향상을 기하는 것에 대한 선택을 의미한다.

예를 들면 낙후지역을 개발하기 위해 정부가 고려 중인 정책 S가 있다고 할 경우, 이 정책은 낙후 지역 내 기반시설을 향상시켜 지역개발을 유도하는 정책이다. 여기서 정부는 정책 S에 투입되는 비용을 어느 특정 재화에 특별소비세를 부과하여 확보한다. 이러한 사회정책을 분석하면 사회정책으로 특별소비세가 부과됨으로 인해 잃은 자와 지역 내 기반시설이 향상되므로 생산성이 높아진 얻은 자로 구분된다. 그러므로 잃은 자에게는 비용이 발생시키는 것으로 얻은 자에게는 정책이 그들에게 편익을 가져다주는 것으로 볼 수 있다. 따라서 얻은 가치와 잃은 가치를 추정 비교하여 평가하는 것이 정책의 비용/편익 분석이다. 비용/편익분석의 주목적은 정책을 결정하는 것이 아니라 대체적인 방안을 비교함에 있다. 따라서 비용/편익분석은 일정 제약조건하에서 외부효과, 측면효과, 과급효과 등을 고려한 편익의 현재가치가 비용의 현재가치 보다 클 때 대안으로써 선택될 수 있다. 그러므로 비용/편익분석은 비용의 총합과 비용화한 편익의 총합을 계산하여 그 결과를 비교함으로써 경제성의 여부를 판단하는 방법으로 조명시스템에 대한 경제성 평가를 하기 위해서는 평가 대상인 조명시스템의 비용과 편익의 분석이 뒤따라야 한다.

2.2 대안(代案) 비교방법

어떤 대안을 실행하기 위하여 투입되는 비용은 현 시점에서 뿐 아니라 대안이 유효한 기간 동안 계속하여 매년 투자하여야 할 경우도 있고, 또한 대안에 투입된 비용에 의하여 얻어지는 이익도 대안 유효기간 동안에 매년 계속하여 발생한다. 그러나 돈의 가치는 발생 시점에 따라 다르기 때문에 대안의 모든 자금흐름을 일정시점의 등가로 환산하여 평가하지 않으면 대안간의 정확한 경제성 비교가 되지 않는다. 즉, 돈은 시간적 가치를 갖고 있기 때문에 검토기간

내에서 발생하는 비용과 편익을 어떤 기준시점으로 환산한 후 최선안을 선정하여야 하는데 이러한 방법들은 다음과 같은 것이 있다.

(1) 현재등가 비교법

각 투자 대안이 유효기간 동안 그 대안에 투입되는 각 시점의 투입액과 그 대안으로부터 얻어지는 각 시점의 수입을 모두 현시점의 금액으로 등가 계산한 후 선정기준에 따라 최선안을 선정하는 방법이다. 따라서 대안을 실행하기 위한 모든 투입액과 이로부터 얻어지는 미래의 모든 수입을 알고 있다면 적절한 이자 계산공식을 사용하여 이 대안에 유출입되는 모든 금액과 등가인 현재가치를 쉽게 계산할 수 있다.

조명시스템의 경우 현재등가 비교법으로 평가하기 위해서는 비용 발생 시점이 다른 모든 비용을 동일한 기준으로 환산하여 비교해야 하므로 초기 설비의 경우는 등가 환산을 하지 않아도 되지만 미래에 발생하게 되는 비용이나 매년 발생하는 전력비는 현재가치로 등가환산 하여 비교하여야 한다. 그 가치환산은 미래액을 현재 가치로 환산할 경우는 식 (2-1)에 의하여, 매년 지불하는 비용을 현재가치로 등가 환산할 경우에는 식 (2-2)에 의하여 산정 한다.

1) 미래액의 현재가치 환산

n년 후에 발생하는 C_n 의 현재가치 P_n 는

$$P_n = C_n \times \frac{1}{(1+i)^n} \quad (2-1)$$

i : 할인율, n : 현재부터 n년 후의 시간,

C_n : n시점의 비용 또는 수익

오늘날의 P_n 원이거나 미래의 n년 후에 C_n 원이 동일한 가치를 가진다.

2) 연차지불액의 현재가치 환산

동일한 금액으로 연간지출 총액을 단일 현재가치

로 변환하는 것으로 n년 동안에 대한 연간 지출 금액 A원이나 오늘날 P원이 같은 가치를 가진다. 이것은 다음 식에 의해서 결정된다.

$$P = A \times \frac{(1+i)^n - 1}{i \cdot (1+i)^n} \quad (2-2)$$

여기서 i : 이자율, A : 연간지불액, P: 현재가치, n : 기간으로 연 수

(2) 연차지불등가 비교법

현재등가 비교법과 비슷한 방법으로 어떤 조명시스템의 수명기간동안 발생한 현재액과 미래액의 총비용을 돈의 시간적 가치를 반영해서 해마다 지불되는 일정금액으로 가치를 환산하여 비교 평가하는 방법인데, 비용 발생 시점이 다른 현재액을 연차지불등가액으로 등가 환산할 경우는 식 (2-3)에 의하여, 미래액을 연차지불등가액으로 환산할 경우는 (2-4) 식에 의하여 환산 비교 평가한다.

1) 현재액의 연차지불등가액 환산

현재액의 연차지불등가액 환산은 연차지불액을 현재가치로 표현하는 방법의 역으로, 계산식은 다음과 같다.

$$A = P \times \frac{i \cdot (1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \quad (2-3)$$

여기서 A : 투자비를 연간지불등가 비용,
P : 초기에 발생한 비용

2) 미래액의 연차지불등가액 환산

미래의 특정한 시점에서 발생한 전체 비용을 연간 지불되는 비용으로 환산하는 방법은 식 (2-4)에 의하여 환산된다.

$$A = F \times \frac{i}{(1+i)^n - 1} \quad (2-4)$$

여기서 A : 연간지불등가 비용,

F : 미래의 특정한 시점에서 전체의 비용

(3) 수익률 비교법(Rate of return)

어떤 사업에 투입한 모든 투자액의 현재가치와 그 대안의 실행으로 얻어지는 이익의 현재가치가 동일하게 될 때의 이자율을 수익률이라 하며, 투자대안에서 수익률을 구하고, 수익률이 큰 대안을 최선안으로 선정하는 수학적으로 정확하게 비교하는 방법이다.

수익률이란 모든 지출의 현가에서 모든 수입의 현가를 뺀 것이 0이 되는 이자율과 같음을 의미한다. 수익률을 구하기 위해서는 먼저 현가 계수를 계산하여 얻은 값을 주어진 이자계수표를 이용하여 얻을 수 있다. 수익률분석법의 장점은 투자대안의 자금 흐름으로부터 역으로 수익률을 계산할 수 있다.

수익률분석법에 의한 경제성 분석과 평가의 절차는 첫째 투자대안의 자금흐름으로부터 수익률을 계산하고, 둘째 계산된 수익률을 미리 선정된 최소희망이익률과 비교하여 계산된 수익률이 최소희망수익률보다 크면 그 투자대안은 바람직한 것으로 보고, 만약 계산된 수익률이 최소희망수익률보다 적으면 그 투자대안은 바람직하지 못한 것으로 판단하는 것이다. 여기서 말하는 최소희망수익률은 현재가치분석법이나 연차지불등가법에서의 이자율과 동일한 의미지만 시중의 이자율보다 큰 값을 적용하는 것이 일반적이다.

(4) 비김 분석법(Break-even Analysis)

비김점이란 비용이나 수입이 같게되는 어떤 특정한 변수들의 수치를 말한다. 이렇게 선택된 변수들의 어떤 특정한 수치가 대안들의 가치를 같게 만들 때 그 관계를 비김점이라 하고, 이러한 경우에 어떤 대안을 선택하여도 경제적인 가치는 동일한 것이다. 또한 비김 분석법을 손익분기분석법 이라고도 한다.

예를 들면 어떤 제품의 제조원가를 계산하는데는 연간 고정비가 300원이고, 개당 변동비가 0.2원이며, 이 제품의 판매단가가 0.3원이라면 연간 얼마를 생산

하여야 이익을 낼 수 있겠는가를 알아내려고 하는 경우를 생각한다.

어떤 제품의 제조원가는 연간고정비와 개당 변동비로 나누어 계산하는데 여기서 고정비용은 생산량의 증감에 관계없이 발생하는 비용이며, 변동비용은 생산량의 증감에 따라 증감하는 비용을 의미한다. 이 제품의 연간판매수입은 (2-5) 식과 같이 표현된다.

$$R = 0.3X \quad (2-5)$$

그리고 제품 X개를 생산하는데 소요되는 전체 비용을 C라 하면 이것은 식 (2-6)과 같다.

$$C = 300 + 0.2X \quad (2-6)$$

여기서 R: 연간판매수입, C: 전체 비용, X: 연간생산판매량이다.

(2-5) 식과 (2-6) 식을 그래프로 나타낸 것이 그림 2.1이다.

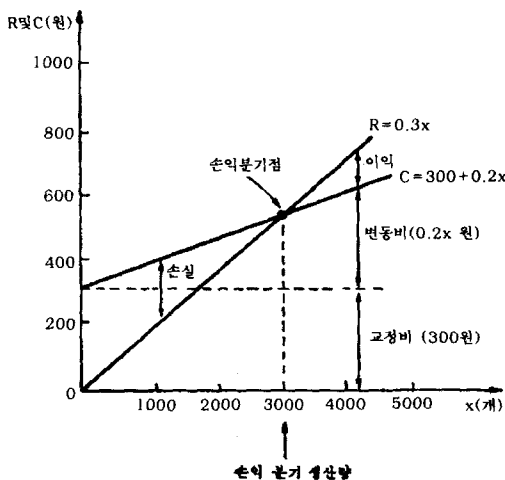


그림 2.1. 손익분기점의 그래프

그림 2.1에서 (2-5) 식과 (2-6) 식이 만나는 점을 손익분기점(break even point)이라고 하는데 그 이유

는 이 점을 중심으로 하여 생산판매량 X가 커지면 이익이 발생하고, 생산판매량 X가 적어지면 손실이 발생하며, 이 점에 있어서는 이익과 손실이 0이 되기 때문이다. 손익분기점에서의 생산판매량 X를 구하려면 다음과 같이 (2-5) 식과 (2-6) 식을 같게 놓고, 다음과 같이 X를 구하면 된다.

$$0.3X = 300 + 0.2X$$

$$\therefore X = \frac{300}{0.3-0.2} = \frac{300}{0.1} = 3,000(\text{개})$$

그러므로 연간 3,000개를 생산 판매하면 이익과 손실이 0이 되고, 3,000개 이상을 생산판매 하여야만 비로소 이익을 낼 수 있다. 이상과 같이 생산판매량에 따른 수입과 비용을 계산하고, 손익분기점을 분석하는 것을 비감분석 또는 손익분기분석(break even analysis)이라고 한다.

(5) 자본 회수기간 비교법

이것은 기존의 조명시스템의 경제성 평가방법으로 많이 사용되어 온 방법으로 현재 시스템을 그대로 이용하는 경우를 기준으로 새로운 시스템을 도입하였을 때 투자된 비용이 운영비 절감 등에 의해 몇 년만에 완전히 회수를 할 수 있는가를 산정 하는 방법이다.

예를 들면 래피드 안정기를 사용한 형광램프 40[W] 2등용 형광등기구 1000개가 설치되어있는 건물에서, 한 달에 25일, 1일 10시간씩 조명을 하고 있다고 가정하고 현재 사용하고 있는 래피드식 기존의 안정기를 전자식 안정기로 대체한다면, 교체하는 경우와 신설하는 경우의 2가지를 고려하여 경제성을 비교한 것이 표 2.1이다. 단 전기요금은 85원/[kWh]으로 한다.

표 2.1에서 보면 보수공사인 경우 설치비용 회수기간이 약 19개월이 필요하고, 신축인 경우는 약 6개월이 소요됨을 보여주고 있어 전자식 안정기의 투자회수기간이 6개월~1년 반 정도로 나타나 빠른 투자회수가 가능하다는 것을 알 수 있다. 그러나 이 비교

표 2.1. 형광등용 안정기의 경제성 비교

전기요금 1개월	레퍼드식: 220V/40W×2	1,000개 × 10시간 × 25일 × 100W × 85원/1,000 = 2,125,000원
	전자식: 220V/40W×2	1,000개 × 10 시간 × 25일 × 76W × 85원/1,000 = 1,615,000원
절전액	1 개월	2,125,000-1,615,000 = 510,000원
	1 년간	510,000×12개월 = 6,120,000원
안정기 차액	고 마크 사용시 교체공사	(16,000원 - 6,120원) × 1000개 = 9,880,000원
	고 마크 사용시 신규설치	(16,000원 - 6,120원 - 7,000원) × 1000개 = 2,880,000 레퍼드 안정기: 3,500×2 = 7,000원
설치비용 회수기간	보수공사	9,880,000원 / 510,000원 = 약 19개월
	신축공사	2,880,000원 / 510,000원 = 약 6개월

법은 다음과 같은 단점이 있어 경제성을 정확히 평가할 수 없다.

첫째, 자금의 시간적 가치 즉, 이자율을 고려하지 않는다.

둘째, 회수기간 이후의 모든 자금흐름을 무시한다.

셋째, 자본 회수기간법은 정확한 계산이 아니라 개략적인 계산 방법이다.

넷째, 개략적인 계산이기 때문에 이것은 정확한 계산방법을 사용하는 경제성 분석방법의 결과와 상이한 결과를 나타내는 경우도 있다. 그러므로 이 방법은 정확한 경제성 분석방법이 아니라는 점에 항상 주의하여야 한다.

3. 맺음 말

이상과 같이 조명시스템의 경제성 평가 방법과 관련된 여러 가지 내용들에 대하여 살펴보았다. 초기의 조명시스템은 단순한 분석으로 평가가 가능하였으나

최근 조명시설의 대형화나 문화수준의 향상에 따른 조명시설의 고급화로 보다 정확한 경제성 평가를 하려면 기존의 조명시스템 경제성 평가 방법과는 다르게 조명시스템에 영향을 주는 모든 요소들에 대하여 비용 발생시점에 따른 돈의 시간적 가치를 반영하여 보다 정확한 경제성 평가를 통해 경제적인 조명시스템을 이룰 수 있다고 본다.

참 고 문 헌

- (1) 李相鎔, "經濟性工學", 螢雪出版社, pp. 9~12, 1997. 11.
- (2) 朴景洙, "Microcomputer 時代의 經濟性工學", 究冕社, pp. 103~145, 1987.
- (3) 金弘培, "費用便益分析論", 弘文社, pp. 3~5, 2000.
- (4) 池哲根, "照明原論", 文運堂, 1999.
- (5) IESNA, "Lighting Handbook, 8th ed.", IESNA, New York, 1993.
- (6) 日本照明學會, "Lighting Handbook", オーム社, 1987.
- (7) Illuminating Engineering Society of North America, "Lighting Economics", 1991.
- (8) Craig A. Bemecker, Anthony Cerino, "Luminaire Maintenance as an Energy Saving Strategy", Right Light 3 proceedings, Vol. No.1, pp. 139~146, 1993.
- (9) N. Bruce and R. G. Harris, "Cost-Benefit Criteria and the Compensation Principle in Evaluating Small Projects", Journal of Political Economy, Vol. 90, pp. 756~757, August 1982.
- (10) 池哲根, "最新照明工學", 文運堂, 1999.
- (11) 韓國照明·設備學會, "照明디자이너 資格認 證教材", pp. 13-1~13-8, 1999, 1.
- (12) P. G. Sassone and W. A. Schaffer, "Cost-Benefit Analysis: A Handbook", pp. 66~68, 1978.

◇ 著 者 紹 介 ◇



심 상 만(沈相萬)

1955년 8월 20일생. 1993년 서울산업대학교 전기공학과 졸. 1995년 강원대 산업대학원 전기공학과 (석사). 2000년 8월 강원대 대학원 전기공학과 박사 졸업 예정. 현재 춘천 기능대학 전기과 조교수.