

## 주광연동 제어설비를 이용한 청공광의 경제성 평가

김 곤, 김정태<sup>†\*</sup>

강원대학교 건축학부, 경희대학교 건축공학과

### Economic Feasibility Analysis on the Benefit of Daylighting Incorporation Devices under Clear Skies

Gon Kim, Jeong-Tai Kim<sup>†\*</sup>

*Division of Architecture, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea*

*\*Department of Architectural Engineering, Kyung Hee University, Yongin 446-701, Korea*

*(Received December 21, 2006; revision received June 4, 2007)*

**ABSTRACT:** An architectural means of optimal daylight distribution is by using so-called *light shelf* systems, horizontal shading and redirecting devices. The overall performance of the daylighting system can be improved by the incorporation with electric lighting control devices. This paper aims to exemplify the benefit of daylighting in term of economic consideration. In such a case a reasonable technique to compare system costs is by life-cycle costing. Stated simply, a life-cycle cost represents the total cost of a system over its entire life cycle, that is, the sum of first cost and all future costs. Four different electric lighting system designs are proposed and a lighting control system that is continuously operating according to the level of daylight in the space has been adapted. The result shows clearly that although denser layout of lighting fixtures might be more effective to interface to the level of daylight ceaselessly changeable, its economic benefit may not meet the expected criterion the reason of increased initial investment and maintenance cost for the fixtures and control devices.

**Key words:** Lightshelf(광선반), LCC(생애주기비용 분석기법), Economic analysis(경제성 분석), Lighting control(조명제어), Lighting energy(조명 에너지)

### 1. 서 론

친환경이라는 거대담론이 새로운 사회적 가치로 공감대를 형성한 이래 적지 않은 시간이 흘렀다. 인공환경을 창조하는 건축분야의 경우 기능적으로 우수한 설비들의 개발과 도입의 확대에도 불구하고 건물이 가져야할 친환경성의 기대수준은 급진적으로 높아지고 있다. 이에 초고층 건축

의 실현을 위한 건물의 경량화 추세와 아울러 열린 건축으로의 지향적 분위기로 말미암아 현대 건축의 주류는 유리건축물로 구성되고 있다. 이는 건물이 보유할 수 있는 자연채광의 가능성이 극대화되는 것을 의미하며 의도되지 않았던 하더라도 건물내부에 존재하는 자연광을 바람직한 방향으로 제어하거나 적극적으로 이용해야 할 필요성을 수반한다.

본 연구에서는 자연채광이 가지고 있는 여러 장점 중에 경제성에 대한 평가를 다루고자 한다. 일반적인 창호와 내부에 차양과 광선반의 역할을 동시에 수행하는 수평 반사재가 일체화된 광선반

<sup>†</sup> Corresponding author

Tel.: +82-31-201-2539; fax: +82-31-202-8181

E-mail address: jtkim@khu.ac.kr

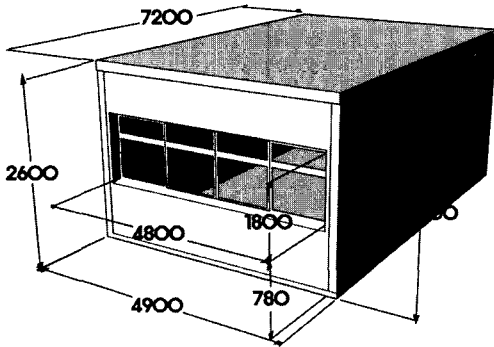


Fig. 1 Prototype of the model space.

창호가 건물에 적용되는 경우를 대상으로 주광과 연계되어 운용되는 조명설비 시스템의 에너지 절감량을 LCC 분석 기법을 이용하여 분석하였다. 이를 위하여 대표적인 인공조명 설계안을 계획하여 조명에너지를 도출하였으며 인공조명설비 비용과 주광연계 제어설비의 초기 투자비를 산정하였고 자연광에 의해 절감되는 조명에너지를 기준으로 각 조명 계획안별 경제성을 평가하였다. 계절적·시간적 변화량이 많은 주광의 기여도를 가조시간대별로 평균화 개념을 도입하여 자연광 유입으로 인한 인공조명 기구의 소등 가능성을 계절별, 시간별로 분석하였다.

## 2. 광선반 창호시스템의 경제성 평가방법론

### 2.1 대상 공간의 창호 시스템 계획

본 연구의 초기 단계에서 다양한 형태와 적용 가능성을 내포한 창호시스템의 주광 성능을 평가하기 위하여 기존 계획된 사무소 건물의 형태자료를 분석한 결과, Fig. 1과 같은 일반 사무실의 형상(4.9m×7.2m×2.6m)을 연구대상으로 선정하였다.

일반 창호시스템이 적용된 경우를 기본 안으로 설정하였으나 이는 2차원적인 형상의 한계로 인하여 주광과 일사에 대한 환경적 조절 능력이나 저항력 및 유도 능력이 현저히 떨어진다. 이로 인하여 과도한 빛과 일사의 유입이 발생하여 창면부의 조도는 극심한 반면 실내 후면부는 상대적으로 대비효과에 의하여 어둡게 느껴지거나 인공조명을 운용해야 하는 불합리한 분포가 형성된다.

일반 창호의 보완적 대안으로 내부 수평선반이

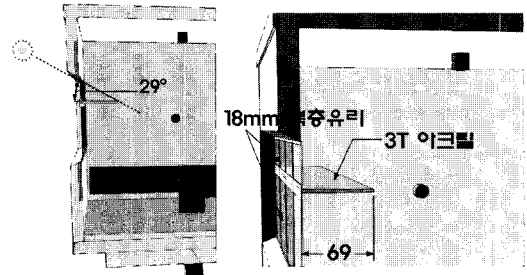


Fig. 2 Design of inner light-guide system.

일체화된 광선반 창호시스템을 Fig. 2와 같이 계획하였으며 수평 광선반의 차양역할 및 반사효과의 양면적 기능성을 긍정적으로 적용하였다. 광선반 시스템에 대한 선행의 연구 결과와 실내 공간의 효율적 이용의 측면에서 60cm 돌출폭을 가진 내부 광선반을 설계하였으며 시야확보를 위한 방해각에 해당되지 않도록 최대한 상단부에 위치시켰다. 광선반의 표면 반사율은 마감을 백색 페인트로 마무리 한 것으로 가정하여 90%로 설정하였다.

### 2.2 주광 연동형 조명제어설비

건축공간 내에서 조명에너지를 절약하는 기본적인 방법은 주로 재실여부와 관련하여 인체의 움직임을 감지하는 광센서 방식의 제어 기법에 치중하면서 일차원적인 접근에 치중하여왔다. 최근에 이르러 주광감응 제어시스템 개발, 창호 일체형 조광제어시스템, 천공모니터링 시스템 등 주광과 인공조명의 통합 제어시스템들이 개발되고 있다. 사무소 공간에 사용되는 일반적인 광원인 형광등용 안정기가 자기식에서 전자식 안정기로 교체됨에 따라 조광제어가 가능하게 되어 에너지 절약의 새로운 가능성을 열어주고 있다.<sup>(1,5,8)</sup>

주광통합제어기법은 상시인공보조조명을 위해 제어회로를 설치하여 주광의 분포와 레벨에 따라 조명기구가 자동적으로 점멸되거나 점등되는 방법과 빛의 양을 부분적으로 조절하는 조광장치를 설치하는 방법이 기본적인 원리이다.<sup>(2-4)</sup>

### 2.3 생애주기비용 분석기법

투자에 대한 경제성을 분석하는 기법 중 가장 기본적인 생애주기비용 분석기법은 LCC기법으로

약칭되며 투자 대상물의 경제수명이라는 시간범위 내에서 미래의 이익을 현재가치로 또는 현재의 투자비용을 미래가치로 등가환산하여 통합적인 경제성을 평가한다. 건축분야의 경우 건물의 요소나 선택적 설비시스템에 대한 추가적인 투자를 계획하는 경우 건물이나 시스템의 사용연한동안 발생하는 총 비용을 등가환산하여 기존안과 대안에 대한 경제성을 비교하고 선택의 기초자료를 제공한다.<sup>(6)</sup>

LCC분석의 경제 정보적 구성요소는 초기투자비용, 자본조달비용, 운용비용, 투자대비 이익률 및 관련비용으로 대별된다. 초기 투자비용(Initial Cost)이란 프로젝트 형성에 수반되는 설계비, 토지비와 같은 제비용과 건설비용을 포함한 설비 등의 기기 구매비용이며 자본조달비용(Financing Cost)이란 설비의 자본비용으로 이자를 포함한 금융비용이다. 운용비용(Operation Cost)이란 시

설운영 시에 소요되는 비용, 즉, 연료비, 임금 등의 비용이다. 관련비용(Associated Cost)이란 의사 결정에 따라 새롭게 발생하는 여러 가지 비용으로 기능 비용(Functional use Cost), 기회손실 비용(Denial-of-Use Cost), 방법(Security)과 보험 비용 등으로 구성된다.<sup>(7)</sup>

### 3. 인공조명설계와 조명성능평가

#### 3.1 대상공간의 인공조명설계

연구의 초기단계에서 선정된 사무소 단위공간에 필요한 기준조도를 만족시키기 위하여 일반형광등을 이용한 인공조명설계를 실시하였다. 이에 대한 조명설계적 대안으로 주광의 연계도를 높이고 보다 밀도 높은 조명기구를 배치하기 위하여 점광원인 백열전구와 콤팩트 형광등기구를 추가적으로 사용하였다. 인공조명이 가동되지 않는 상태에서 자연광에 의한 실내조도분포를 산정한 후 각 인공조명 설계안과 연계하여 운용하는 경우를 상대적으로 분석하였다.

Table 1에 나타난 바와 같이 설계 1안은 일반 라인형 40W 형광등기구를 사용한 것으로 4×6 배치의 24개 조명기구, 48개의 광원이 소요되었으며 24개의 안정기가 필요하다. 설계 2안은 라인형 75W 형광등기구를 사용한 것으로 4×3 배치의 12개 조명기구가 소요되었으며 적은 조명기구로 설계하였을 경우에 경제성의 유·불리함을 판단하는 경우를 대변하게 된다. 설계 3안은 점광원으로 각광받고 있는 35W 콤팩트 형광등기구를 사용한 것으로 6×6 배치의 36개 조명기구가 소요되었다. 설계 4안은 18W 콤팩트 형광등기구를

Table 1 Electric lighting design for model

대안	Lighting fixture layout	
ALT 1 40W FL.		
ALT 2 75W FL.		
ALT 3 32W Compact FL.		
ALT 4 18W Compact FL.		

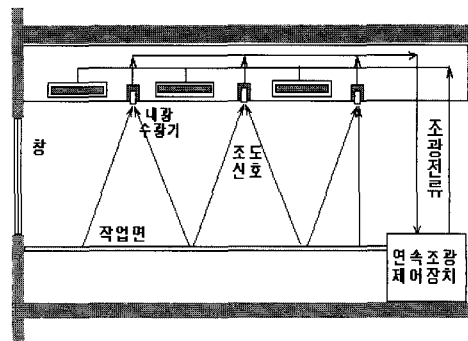


Fig. 3 PSALI system with continuous dimming.

Table 2 Data for performance evaluation

Dimension	12 m(W)×12 m(D)×3 m(H)	
Location	Seoul	Lat. 37.5°, Long. -126.5° W
Time	hour	6 am thru. 6 pm
	month	3, 6, 9, 12
	day	21
Program	Office	
Orientation	South	
Sky	Clear	
Window	10 m×2 m	
Glass	90% transmittance (clear)	
Work plane	75 cm-high	
Reflectance	ceiling	80%
	wall	50%
	floor	20%

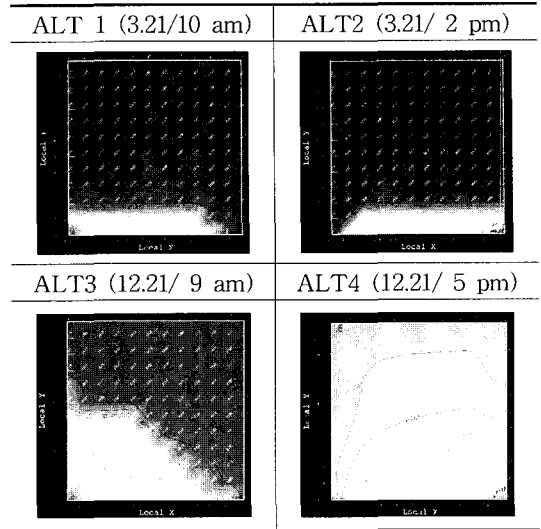
사용한 것으로 12×12 배치의 보다 밀도 높은 조명기구의 배치로 인해 기대되는 보다 우수한 자연광과의 연계성능 여부를 평가하게 된다. 각 조명 대안은 일반적인 사무소 공간의 사용 스케줄인 오전 6시부터 오후 6시까지 12시간동안 운용하는 것으로 전제하였다. 바닥으로부터 75 cm 높이의 작업 면을 대상으로 1m 간격의 측정 Matrix를 설정하여 세밀한 조도분포를 도출하였다.

### 3.2 주광연계 조명제어의 적용기법

주광연동 제어설비의 성능은 실내의 주광레벨과 분포, 이에 연동되어 점멸되는 작동 메커니즘에 의해 결정된다. 이를 연간 단위로 동적 분석을 실시하는 경우, 너무 많은 경우의 수가 발생하여 현실적으로 계산이 불가능하여 본 연구에서는 연중 가장 대표적인 절기인 3월 6월 12월 9월 21일, 즉, 남향을 대상으로 가장 기본적인 자연채광성능평가 조건인 춘추분 및 하지와 동지의 가조시간대 중에서 일반적인 사무소 건물의 업무 스케줄에 해당하는 오전 6시부터 오후 6시까지의 12시간동안 각 시간대별로 실내의 조도분포를 Lumen Micro 프로그램을 이용하여 산출하였다. 이를 바탕으로 각 조명 설계안별, 시간대별, 소등라인을 도출하여 소등이 가능한 인공조명기구의 개수를 산출하여 연간 단위로 평균화하였으며 이는 연간 조명설비 운용에너지의 절감량으로 환산되어 LCC 분석의 기초자료로 사용된다.

통합조명설비의 운용 시 자연채광에 의한 실내

Table 3 Light distribution by integrated lighting



조도기준은 일반 사무소 공간을 기준으로 500 lux 정도 설정하는 것이 일반적이다. 그러나 본 연구에서는 주광에 의한 절감량의 과다 평가를 방지하고 수시로 조명기구가 점멸되는 문제점을 보완하기 위해 필요조도를 기준으로 다소의 변동 폭을 허용할 필요가 있어 기준 조도를 상회하는 700 lux로 설정하였으며 아울러 실내 어느 지점에서나 기준조도를 유지할 수 있도록 하기 위하여 Fig. 3에 나타난 바와 같이 각 조명 권역 내에 창으로부터 가장 먼 위치에 감지기를 설치하였다. 성능평가용 해당공간의 물리적, 광학적 변수는 Table 2와 같다.

## 4. 광선반 창호시스템의 주광연계 성능평가

### 4.1 일반 창호의 주광연동 성능

전반적으로 필요 조도를 만족시키기 위하여 주간에도 인공조명을 실시하는 경우 조명안의 특성에 관계없이 자연광의 부가적인 조명효과로 인하여 기준조도를 상회하게 되어 일정량의 소등의 필요성을 나타내고 있다. 다음의 Table 3은 자연광과 인공조명의 통합적 효과에 의해 형성된 실내 조도의 분포를 계절별, 시간별로 예시한 도해이다.

다음 Table 4는 동일 시간과 청천공 상태아래서 각 조명방식에 따른 다양한 조명성능지수를

Table 4 Integrated performance indexes (March, Clear)

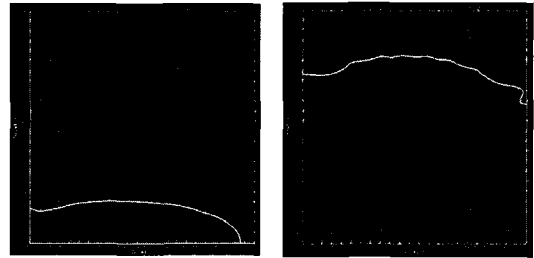
	daylight	ALT 1	ALT 2	ALT 3	ALT 4
mean (lx)	11640	12360	12370	12390	12380
min (lx)	1285	1950	2005	1980	1920
max (lx)	75740	76320	76300	76310	76270
max/mean	59	39	38	39	40
mean/min	9	6	6	6	6
W/m <sup>2</sup>	0	15.3	13.2	28.6	25.3

종합적으로 보여주고 있다. 조명의 종류와 배치 방식에 차이가 있을 뿐 실내의 전체적 조도 분포는 크게 다르지 않다. 실내조도의 명목값이 설정되어 있고 그 기준에 맞추어 적절히 인공조명이 설계된 까닭이다. 주광효과가 통합된 경우 당연히 조도값의 최대, 최소값이 증가하고 규제도가 향상된다. 실내공간에 배치된 광원의 수와 밀도에 비례하여 주광의 수준에 연동하는 민감도가 변화하며 당연히 가장 많은 광원을 설치한 조명설계 4안의 소등 개수가 가장 많으며 조명설계 2안의 경우 그 수가 현저히 작다. 예상된 바와 같이 비교적 큰 창 크기로 인하여 자연광의 기여도가 전체적으로 높다.

#### 4.2 광선반 상호시스템의 주광연동 성능

대형 유리 면적을 가진 전창에 의해 유입되는 과도한 자연광은 창면부의 높은 조도와 극단적인 조도의 불균일한 분포를 초래한다. 이에 광선반은 수평차양과 유사한 형태로 수직창의 상단부에 위치하여 창과 근접한 외주부의 주광량을 감소시키며 실내 깊숙한 부분까지 자연광을 반사, 유입시킴으로써 실내의 조명환경을 질적으로 향상시킨다. 그러나 광선반의 존재는 채광부에 대한 1차원적인 차양효과로 말미암아 자연광의 실내 유입 총량을 감소시키며 반복되는 반사에 의한 손실까지 부가되어 전체적인 실내 조도의 평균치를 감소시키는 결과를 초래함을 감수하여야 한다.

조도 평균값의 감소는 85%정도로써 광선반의



(a) 7 a.m. of March (b) 10 a.m. of June

Fig. 4 Effective depth of daylight.

차양효과는 불가피하였으나 최대치의 감소 및 특히 조도 최소값은 시간대별로 150%까지 증가하여 조도의 균질한 실내분포형성에 기여도가 높음을 나타내고 있다. 평균값, 최대값, 최소값 사이의 상관관계를 의미하는 규제도도 시간대별로 50~60% 향상되는 것으로 나타났다.

광선반 상호시스템의 자연광 유입효과에 의한 인공조명기구의 소등범위를 설정하기 위하여 조명기구가 점멸된 조건하에서 자연채광 성능을 분석하였다. 계절별, 가조시간대별로 구별하여 시간대별 소등범위를 평균적으로 설정하였다. Fig. 4는 각 계절별, 시간대별 자연광에 의한 소등라인을 예시한 것으로서 하단부의 x축이 남면의 창벽을 의미하며 상단부는 후면벽부를 의미한다.

계절별 시간대별로 태양의 위치에 기초하여 입사각과 광량에 따라 소등범위가 후면벽부로 확대된다. 노란색으로 표시된 소등라인의 하단부에 설치된 조명기구는 주광연동 제어장치에 의해서 해당 시간대에 모두 소등한 것으로 설정된다.

#### 5. 광선반 상호시스템의 경제성 평가

앞서 설계된 인공조명안은 사무소의 일반적인 사용 스케줄에 기초하여 하루 12시간, 공휴일을 제외한 연간 300일 동안 운용하는 것으로 설정하였다. 일반 조명기구의 설치비용과 에너지 절약형 점멸장치의 추가설치 비용과 상호시스템의 주광연동에 따른 조명에너지의 연간 절감량을 산출하였으며 각 설비의 교체주기에 따른 운용비용을 추가하여 투자회수 기간을 25년으로 전제하고 연리 5%의 대출 금리를 적용하여 LCC 분석을 실시하였다. 모든 조명 계획안을 대상으로 이와 같은 분석의 과정을 반복적으로 실시하여 각 조명설비안의 경제성을 비교하였다.

5.1 일반 창호의 경제성

일반 창호와 연계된 주광성능으로 말미암아 기대되는 경제성을 평가함에 있어 각 인공조명설계안의 LCC 분석과정을 반복적으로 모두 열거하는 것이 불가능하여 본 절에서 경제성 평가 결과를 최종적으로 비교분석하여 소개하고자 한다.

대표적으로 예시하는 조명설계안 1은 24개의 일반 형광등 조명기구로서 48개의 형광등과 2구용 안정기 24개로 구성되어 있다. 초기 투자비로서 1개의 조명기구에 소요되는 구성자재의 비용은 다음의 Table 5와 같다. 자연광 조도감지센서가 내장된 자동점멸장치를 포함하는 경우 추가 투자

Table 5 Initial investment on fixture unit<sup>1)</sup>

Unit price	Line-type FL. fixture (2 × 40W FL.)	Continuous Dimming
Lamp	₩ 1,200×2	₩ 1,200×2
Ballast	₩ 7,200	₩ 7,200
Lamp shade	₩ 15,000	₩ 15,000
Dimmer	0	₩ 16,500
Total	₩ 24,600	₩ 41,100

개당 설치비	Line-type FL. fixture (2 × 40 W FL.)	Continuous Dimming
Ballast	₩ 6,800	₩ 6,800
Lamp shade	₩ 6,800	₩ 6,800
Misc.	₩ 1,000	₩ 1,000
Dimmer	0	₩ 6,800
Total	₩ 14,600	₩ 21,400

Table 6 electric consumption for lighting

Annual	ALT 1	with dimmer
Elect. consumpt.	40 W×48×12 hr×300 days = 6,912 kWh / yr	(40 W×46×1 hr×300 days)+(40 W× 42×1 hr×300 days)+... = 4,464 kWh / yr
elec. cost	6,912 kWh / yr × ₩ 66 / kWh / yr = ₩ 456,192 / yr	4,464 kWh / yr× ₩ 66 / kWh / yr = ₩ 294,624 / yr

Table 7 Maintenance fee for lighting fixture

ALT 1		(2×40 W FL.)		with dimmer	
		life	cost	life	cost
replacement	Ballast	10년	₩ 7,200×24	10yr	₩ 7,200×24
	Lamp shade	10년	₩ 15,000×24	10yr	₩ 15,000×24
	Lamp	1년	₩ 1,200×48	1yr	₩ 1,200×48
	Dimmer		0	10yr	₩ 66,000×6
inspection	Ballast	1년	₩ 3,000×24	1yr	₩ 3,000×24
	Lamp shade	1년	₩ 3,000×24	1yr	₩ 3,000×24
	Dimmer		0	1yr	₩ 3,000×6

Table 8 LCC items for lighting design I

ALT 1	(2×40 W FL.)		with dimmer	
Initial investment	₩ 940,800 (incl. installation)		₩ 1,377,600 (incl. installation)	
Annual operating cost	elec. cost	₩ 456,192	elec. cost	₩ 294,624
	replace	₩ 57,600	replace	₩ 57,600
	inspect	₩ 144,000	inspect	₩ 162,000
operating cost(10 years)	₩ 532,800		₩ 928,800	

Table 9 LCC analysis for lighting design II

ALT 2	(2×75 W FL.)		with dimmer	
Initial investment	₩ 734,400 (incl. installation)		₩ 1,171,200 (incl. installation)	
Annual operating cost	elec. cost	₩ 427,680/yr	elec. cost	₩ 2583,90
	replace	₩ 55,200	replace	₩ 55,200
	inspect	₩ 72,000	inspect	₩ 90,000
operating cost (10 years)	₩ 504,000		₩ 900,000	
25-year LCC cost analysis	₩ 8,319,812		₩ 6,374,476	

비도 같이 명시되어 있다.

다른 조명설계안의 경제성을 분석하기 위하여 각 대안별로 LCC 분석단계를 거쳐 세부 요소비용을 산출하고 LCC 분석을 통하여 자동 점멸기

1) 출처: <http://aquax.com/0001.htm>

Table 10 LCC analysis for lighting design III

ALT 3	(32 W comp. FL.)		with dimmer	
Initial investment	₩ 964,800 (incl. installation)		₩ 1,401,600 (incl. installation)	
Annual operating cost	elec. cost	₩ 547,430	elec. cost	₩ 439,085
	replace	₩ 82,800	replace	₩ 82,800
	inspect	₩ 216,000	inspect	₩ 234,000
operating cost (10 years)	₩ 356,400		₩ 752,400	
25-year LCC cost analysis	₩ 8,322,114		₩ 7,541,141	

Table 11 LCC analysis for lighting design IV

ALT 4	(18 W comp. FL.)		with dimmer	
Initial investment	₩ 3,844,800 (incl. installation)		₩ 4,281,600 (incl. installation)	
Annual operating cost	elec. cost	₩ 615,846	elec. cost	₩ 379,566
	replace	₩ 331,200	replace	₩ 331,200
	inspect	₩ 864,000	inspect	₩ 882,000
operating cost (10 years)	₩ 1,425,600		₩ 1,821,600	
25-year LCC cost analysis	₩ 26,937,268		₩ 24,323,671	

Table 12 Compared results by LCC analysis

ALT	ALT 1 (2 × 40 W FL.)	ALT 2 (2 × 75 W FL.)	ALT 3 (32 W comp. FL.)	ALT 4 (18 W comp. FL.)
conventional	₩ 9,798,782	₩ 8,319,812	₩ 8,322,114	₩ 26,937,268
integrated	₩ 8,167,701	₩ 6,374,476	₩ 7,541,141	₩ 24,323,671

설치의 경우와 경제성을 비교하였으며 그 결과는 다음의 일련의 표로 정리되었다.

조명안 2의 75 W 형광등의 경우, 일반성은 떨어지나 조명기구의 개수가 줄어들고 이에 따라서 설치비와 자동점멸기의 추가비용 및 운용관리비

도 상대적으로 낮아져서 우수한 경제성을 나타내고 있다.

32 W의 콤팩트 형광등을 사용한 조명설계 3안의 경우 40 W 일반 형광등을 사용하여 24개의 조명기구를 설치한 설계 1안에 비하여 36개의 다소 증가한 조명기구 개수를 나타내고 있음에도 경제적으로 일반 형광등을 사용한 경우보다 더 유리한 것으로 나타났다.

18 W 콤팩트 형광등기구를 사용한 조명설계 4안의 경우 조명기구의 밀도 높은 배치로 인하여 보다 정밀한 주광의 연계성이 기대되며 결과적으로 더욱 많은 조명기구가 소등되어 상대적으로 우수한 경제성이 기대되었으나 조명기구수가 증가하여 이로 인한 초기 투자비와 운용비가 급속도로 증가하여 오히려 경제적으로 불합리하였다. 위에서 분석한 4가지 조명 설계안들의 LCC 분석 결과를 종합적으로 정리하면 다음의 표와 같다. 향후 25년간의 LCC 분석 결과 라인 형광등 75 W 를 자동점등기와 일체화하여 설치하여 창호시스템에서 유입되는 자연광과 연계하여 운용하는 것이 가장 경제적인 것으로 판명되었다.

## 5.2 광선반 창호시스템의 경제성

내부에 차양과 아울러 동시에 광선반 역할을 수행하는 수평 반사재가 일체화된 광선반 창호를 적용하는 경우의 경제성 평가를 앞서 일반 창호의 LCC 분석과 동일한 과정으로 분석하였다. 각 인공조명안은 동일 계획안을 적용하였으며 Lumen Micro 프로그램으로 도출된 주광효과를 인공조명안에 적용하여 월별 평균 소등라인을 산정하여 경제성 평가의 기본이 되는 절감액으로 환산하였다.

광선반 창호시스템의 주광연계성능을 4가지 조명 설계안들에 통합하여 분석한 LCC 경제성 평

Table 13 Compared results by LCC analysis

ALT	ALT 1 (2 × 40 W FL.)	ALT 2 (2 × 75 W FL.)	ALT 3 (32 W comp. FL.)	ALT 4 (18 W comp. FL.)
conventional	₩ 9,798,782	₩ 8,319,812	₩ 12,279,841	₩ 26,937,268
integrated	₩ 8,570,486	₩ 6,933,146	₩ 11,999,160	₩ 24,772,111
saving (%)	13	17	2	8

가 결과를 종합적으로 정리하면 위의 표와 같다. 표에서 알 수 있듯이 향후 25년간의 LCC 분석 결과 라인 형광등 75 W를 자동점등기와 일체화하여 설치하여 자연광과 연계하여 운영하는 것이 가장 경제적인 조명 방안인 것으로 판명되었다.

## 6. 결 론

조명에너지 절감은 지구환경보존이나 국가 에너지 수급과 절약 측면에서는 절대적인 목표이나 이를 위하여 추가적인 설비를 투자해야 하는 건축행위의 개별 주체들의 입장에서는 그 경제성을 고려할 수밖에 없다. 이에 본 논문에서는 일반창호와 채광가능성 창호를 선택적으로 적용하였을 경우 에너지 절약형 조명계획의 한 방법인 주광연계형 조명제어설비의 투자로 인한 조명에너지 절감량을 비용측면에서 가장 기본적인 경제성 평가기법중 하나인 LCC 분석법에 적용하였다.

계절적 시간적 변동요인이 많은 주광의 기여도를 가조시간대별로 평균화를 시도하였으며 에너지 절약형 광원으로 다양한 인공조명설계안을 제시하고 각 조명 안별로 주광과 연계하여 소등시킬 수 있는 조명기구의 시간대별 평균 소등개수를 연간단위로 산출하여 전력량으로 환산하였다.

조명기구를 장기간에 걸쳐 운영하는 전체하에 창호의 형태나 조명기구의 종류, 그 배치방식에 관계없이 전체적으로 주광연동 조명제어장치를 사용하는 것이 경제적으로 유리한 것으로 나타났다. 이는 경제외적으로 주광이 기여하는 실내조명 수준의 질적 제고를 동시에 고려할 때 적극적으로 도입할 필요성이 있음을 의미한다.

경제성 측면에서 주광연동 조명제어장치는 실내에 설치되는 조명기구의 개수와 관련이 깊다. 조명기구의 개수에 따라 초기 투자비부터 운영관리비까지 경제 비용이 비례적으로 증가하게 된다. 밀도 높게 배치된 조명기구로 말미암아 자연광의 연동효과의 극대화가 기대되었으나 하드웨어적 투자비용과 관리비용의 추가부담을 경제적으로 상쇄하는 것은 현실적으로 용이하지 않다는 것을 의미한다. 따라서 주광과의 연계 효율을 향상시키기 위해서 조명기구의 증가와 밀도 높은 배치를 지향하는 것은 비용적 측면에서 큰 장점이 없다.

광선반 창호 시스템의 경우 일반 창호에 비하

여 질적으로 우수한 조명환경을 연출하나 창면부에서의 차양효과와 양적 저하로 인하여 주광과 연계된 디밍 제어를 적용할 경우 에너지 절감의 기여도가 낮을 것으로 예상되었다. 그러나 청천공 하에서 이미 필요조도 수준을 극단적으로 상회한 창 인접부의 조도를 주로 감소시켰고 결과적으로 실내 자연광의 분포는 인공조명의 소등을 결정하는 기준조도의 관점에서 심각한 저하를 나타내지 않았다. 또한 실내 조도의 최저치에서는 일반 창호보다 높은 수치를 나타내어 보다 정교한 디밍 제어나 700 lux 보다 상대적으로 낮은 조도를 기준으로 설정할 경우 광선반 일체형 채광시스템의 경제성은 더욱 향상될 것으로 기대된다.

## 후 기

본 연구는 한국과학재단 특정기초연구(과제번호 : R01-2006-000-10712-0)지원으로 수행되었음.

## 참고문헌

1. Editorial board, 1998, lighting control systems for energy savings lighting design and interior, Vol. 58, pp. 104-117.
2. Boyer, L. L., 1986, Multiple Validation of annual energy savings analysis techniques for preliminary daylighting design, proc. 2nd international daylighting conference, Long Beach.
3. Hunt, D. R. G., 1979, Improved daylight data for predicting energy savings from photoelectric controls, Lighting Research and Technology, The Chartered Institution of Building Services Engineers, UK. Vol. 11, No. 1, pp. 9-23.
4. Littlefair, P. J., 1990, Predicting annual lighting use in daylight buildings, Building and Environment, Vol. 25, pp. 43-54.
5. Stein, B. and Reynolds, J. S., 1992. Mechanical and electric equipment for buildings, 8Th Edition, John Wiley & Sons, Inc., New York
6. Marchall, H. E. and Ruegg, R. T., 1980. Energy conservation in buildings : an economics guidebook for investment decisions,



- national bureau of standards handbook 132, NBS, Washington D.C.
7. Ruegg, R. T., et al., 1978, Life cycle cost-  
ing, national bureau of standards publica-  
tion 113, NBS, Washington D.C.
8. [www.portalenergy.com](http://www.portalenergy.com)