

# 공공건물 건축설비 갱신 계획시 비용-효율분석 평가기준에 관한 연구

## Evaluation Standard of Cost-Effectiveness Analysis for Renew of Architectural Equipment in Public Building

정 순 성\*†  
Soon-Sung Jung\*†

(접수일 : 2013년 05월 07일, 수정일 : 2013년 05월 21일, 채택확정 : 2013년 05월 27일)

**Abstract:** The purpose of this study is to suggest the evaluation standard of cost-effectiveness analysis for renew of architectural equipment in public building. Evaluation items of cost-effectiveness analysis for renew of architectural equipment in public building were used life cycle cost, energy consumption(ton of oil equivalent), green house gas emissions(ton of carbon dioxide) and maximum power demand. Life cycle cost is the process of making an economic assessment of an item, area, system, or facility by considering all significant costs of ownership over an economic life, expressed in terms of equivalent costs. The essence of life cycle costing is the analysis of equivalent costs of various alternative proposals. The social concern with green house gas and maximum power demand of architectural equipment field has been growing for the last several years.

**Key Words :** Cost-Effectiveness Analysis, Renew, Life Cycle Cost, Green House Gas, Maximum Power Demand.

### 1. 서 론

비용-효율분석은 복잡한 국가 및 우주계획의 경제성 평가에 기원을 두고 있으며, 이 분석이 갖고 있는 기초 개념들이 국방 및 공공사업, 민간부문의 문제 해결에 널리 이용되고 있다<sup>1)</sup>.

건축물의 설비시스템은 내구년한이 경과됨에 따라 설비시스템 갱신의 필요성이 요구되고 있는 실정이다. 공공건물의 경우 건축설비 시스템의 갱신 계획시 비용과 더불어 효율에도 많은 관심이 집중된다.

일반적으로 건축설비 시스템 계획시 비용 측면에서의 연구는 동일분야에 대하여 대안들의 경제

성 평가로 현재 많이 진행되고 있는 실정이다<sup>2)3)4)5)</sup>.

건축설비 시스템의 계획시 효율 측면에서의 연구는 에너지 사용량<sup>6)7)</sup> 및 온실가스 배출량<sup>8)</sup> 등 각각의 분야에서 단편적인 연구가 진행되고 있는 실정이다.

기존 연구의 경우 건축설비 시스템의 동일분야를 대상으로(열원, 신재생에너지, 조명 등) 경제성 분석 또는 일부 효율 분석을 평가하고 있으나, 건물주의 입장에서는 건축물에 속한 건축설비 시스템 전체를 대상으로 가장 경제적이고 효율적인 건축설비 시스템에 관한 자료를 제공받고자 한다. 건축설비 시스템 전체를 대상으로 경제성 평가와

\*† 정순성(교신저자) : 동명대학교 건축공학과  
E-mail : jungss66@hanmail.net, Tel : 051-629-2472

\*† Soon-Sung Jung(corresponding author) : Department of Architectural Engineering, TongMyong University.  
E-mail : jungss66@hanmail.net, Tel : 051-629-2472

효율 평가를 위해서는 평가항목, 비용 및 효율 산출, 비용 및 효율 평가 등 정량화된 방법이 필요할 것이다.

본 연구는 공공건물 건축설비 갱신 계획시 비용-효율분석 평가기준에 관한 것으로 비용-효율분석 평가 항목 선정, 평가 항목의 비용 및 효율 산출 기준, 평가 항목의 비용 및 효율 평가기준을 제안하고자 한다.

## 2. 설비 갱신 계획시 비용-효율분석을 위한 평가항목 선정

### 2.1 전제조건

건축설비 갱신 계획시 비용-효율분석을 적용하기 위해서는 세 가지 전제조건이 충족되어야 한다.

첫째, 평가될 건축설비 시스템은 공동의 목표를 가져야 한다.

둘째, 목표를 달성하기 위한 또 다른 대안이 존재하여야 한다.

셋째, 문제의 범위를 결정할 수 있는 능력이 있어야 한다. 즉 평가될 각 설비시스템의 공학적 세부사항이 이용 가능하거나 또는 추정되어서 각 시스템의 이용과 효율이 평가될 수 있어야 한다.

### 2.2 평가항목 선정

설비 갱신 계획시 비용-효율분석을 위한 평가항목으로 본 연구에서는 비용 측면에서는 설비시스템의 수명기간 동안 발생하는 라이프 사이클 코스트, 효율 측면에서는 에너지 사용량(TOE), 온실가스 배출량(TCO<sub>2</sub>), 최대수요전력으로 선정하였다.

평가항목 선정이유는 비용의 경우 라이프 사이클 코스트가 복잡한 시스템의 비용결정에 일반적으로 사용되기 때문이다.

에너지 사용량(TOE)의 경우 에너지사용계획협의, 에너지사용량 신고, 에너지진단의 대상여부 판단, 국가에너지통계 작성 등에 에너지 사용량으로 석유환산톤(TOE)을 사용하기 때문이다.

온실가스 배출량(TCO<sub>2</sub>)의 경우 건축물 및 설비시스템의 경우 이산화탄소 배출량이 대부분이므로

온실가스 배출량으로 이산화탄소 배출량(TCO<sub>2</sub>)을 사용하기 때문이다. 특히, 온실가스 배출량은 최근 저탄소 녹색성장 기본법이 제정되었으며(법률 제 9931호, 2010.1.13, 제정. 시행 2010.4.14, 일부 개정 2011.04.14, 시행 2012. 04. 15), 정부의 온실가스를 줄이기 위한 노력은 크게 온실가스 배출권 거래제와 목표 관리제로 나눌 수 있다. 2012년부터 시행되는 온실가스 목표 관리제는 기업에게 감축 목표를 주고, 관리하는 제도이다. 정부가 제시한 부분별 감축 방안에서 건물과 공공부문의 경우 건축물과 설비의 에너지효율 향상, 냉난방 에너지 절약 확대 등을 추진하고 있기 때문이다.

최대수요전력은 하계 및 동계의 기후 상태에 따라 계절성 피크인 여름철과 겨울철 최대전력에 의해 이루어지는 경향이 높은 것으로 2011년 9월 대규모 정전사태에 따라 전력 예비율 확보에 대한 관심이 집중되고 있다. 2006년 정부가 발표한 3차 전력수급 기본계획(2006~2021년)을 보면, 2012년까지 준공하기로 계획했으나 지연 및 취소된 발전소의 전력 설비 용량은 448만kw에 이른다. 따라서 최대수요전력의 절약이 필요하기 때문이다.

## 3. 비용-효율분석 평가기준

### 3.1 비용 평가기준 방법

#### 1) 비용 산출 기준

본 연구에서는 비용 산출 기준으로 건축설비시스템의 수명기간 동안 발생하는 비용인 라이프 사이클 코스트로 선정하였다.

라이프 사이클 코스트 환산방법으로 각 대안에 대한 미래의 수입과 지출을 이와 등가인 현가로 계산하는 현가법을 적용하였다.

설비 갱신 계획시 건축설비 시스템의 프로젝트 진행단계에 따른 라이프 사이클 코스트는 식(1)과 같다<sup>9)</sup>.

$$LCCn = C_P + C_C + C_M + C_D \quad (1)$$

여기서,  $LCCn$  은 라이프 사이클 코스트(원),  $C_P$ 는 기획설계단계 비용(원),  $C_C$ 는 설비건설단

계 비용(원),  $C_M$ 은 유지관리단계 비용(원),  $C_D$ 는 폐기처분단계 비용(원)이다.

수식 (1)에서 기획설계단계 비용, 설비건설단계 비용은 이미 현가이고, 장애에 발생하는 비용인 유지관리단계 비용은 매년 발생하는 반복비용이므로 식(2), (3)을 사용하여 현가로 환산한다.

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

$$C_M = AC_M \times PWA \quad (3)$$

여기서,  $AC_M$ 은 유지관리단계 비용항목별 n년 간에 걸쳐 계속되는 일정한 기말지불액 또는 기말 수취액(원),  $i$ 는 이자율(현재가치를 미래가치로 환산) 또는 할인율(미래가치를 현재가치로 환산),  $n$ 는 내용연수(년),  $PWA$ 는 연금현재가계수이다.

또 반복비용 중에서 에스컬레이션이 있는 경우의 반복비용은 식(4), (5)을 이용하여 현가로 환산한다.

$$C_M = AC_M \times \frac{[\frac{1+e}{1+i}][(\frac{1+e}{1+i})^n - 1]}{(\frac{1+e}{1+i}) - 1} \quad (4)$$

$$C_M = AC_M \times PWA' \quad (5)$$

여기서,  $e$ 는 에스컬레이션(%),  $PWA'$ 는 에스컬레이션이 있는 경우의 연금현재가계수이다.

폐기처분단계 비용은 몇 년 후에 1회만 발생하는 비용으로 비반복 비용의 경우 식(6), (7)을 이용하여 현가로 환산한다.

$$C_D = FC_D \times \frac{1}{(1+i)^n} \quad (6)$$

$$C_D = FC_D \times PW \quad (7)$$

여기서,  $FC_D$ 는 폐기처분단계 비용항목별 n년 후의 기말지불액 또는 기말수취액(원),  $PW$ 는 현재가계수이다.

## 2) 비용 평가 기준

비용 평가 기준으로 대안들의 경제적 타당성을 검토하기 위하여 본 연구에서는 라이프 사이클 코스트에 의한 대안들의 경제적 우선순위 비교지수를 제안하여 비용 평가 기준으로 사용하고자 한다.

본 연구에서 제안한 라이프 사이클 코스트에 의한 대안들의 경제적 우선순위 비교지수는 식(8)과 같다.

$$PCI-LCC = \frac{\frac{eLCC_n}{R LCC_n}}{n} \quad (8)$$

여기서,  $PCI-LCC$ 는 라이프 사이클 코스트에 의한 대안들의 경제적 우선순위 비교지수,  $eLCC_n$ 는 기존설비 시스템의 라이프 사이클 코스트(원),  $R LCC_n$ 는 갱신설비 시스템의 라이프 사이클 코스트(원),  $n$ 는 내용연수(년)이다.

라이프 사이클 코스트에 의한 대안들의 경제적 우선순위 비교지수에 의한 비용 평가는 라이프 사이클 코스트에 의한 대안들의 경제적 우선순위 비교지수가 1보다 클수록 경제적인 대안으로 평가하는 것이다.

## 3.2 효율 평가기준 방법

### 3.2.1 에너지 사용량(TOE) 평가기준 방법

#### 1) 에너지 사용량(TOE) 산출 기준

에너지 사용량 기준으로 본 연구에서는 TOE (Ton of Oil Equivalent)를 사용하였으며, TOE란 국제에너지기구(IEA)에서 정한 단위로 석유환산톤으로 TOE  $10^7$ kcal로 정의하는데 이는 원유 1톤의 순발열량과 매우 가까운 열량으로 편리하게 이용할 수 있는 단위이다.

설비 갱신 계획서 시스템의 연간 TOE 산출은 식(9)와 같다.

$$annual\ TOE_{-SYSTEM} = \frac{annual\ EC_{-SYSTEM} \times F_{-HCP}}{10^7\ Kcal} \quad (9)$$

여기서,  $annualTOE_{-SYSTEM}$ 은 설비 시스템의 연간 TOE,  $annualEC_{-SYSTEM}$ 은 설비 시스템의 해당 연료별 연간 사용량,  $F_{HCP}$ 는 해당 연료별 총발열량(Kcal)이다.

일반적으로 TOE환산 시에는 “에너지 열량 환산 기준”의 총발열량을 이용하여 환산한다.

### 2) 에너지 사용량(TOE) 평가 기준

본 연구에서는 에너지 사용량(TOE) 평가 기준으로 경제적인 TOE 배출량 절약 우선순위 비교지수를 제안하여 에너지 사용량(TOE) 평가 기준으로 사용하고자 한다.

본 연구에서 제안한 경제적인 TOE 배출량 절약 우선순위 비교지수는 식(10)과 같다.

$$EPCI-TOE = \frac{annualTOE_{-E} - annualTOE_{-R}}{\frac{R LCC_n}{n}} \quad (10)$$

여기서,  $EPCI-TOE$ 는 경제적인 TOE 배출량 절약 우선순위 비교지수 (TOE/백만원),  $annualTOE_{-E}$ 는 기존설비 시스템의 연간 TOE 배출량,  $annualTOE_{-R}$ 은 갱신설비 시스템의 연간 TOE 배출량,  $R LCC_n$ 는 갱신설비 시스템의 라이프 사이클 코스트(원),  $n$ 는 내용연수(년)이다.

경제적인 TOE 배출량 절약 우선순위 비교지수에 의한 에너지 사용량(TOE) 평가는 경제적인 TOE 배출량 절약 우선순위 비교지수가 클수록 에너지 사용량(TOE)에서 유리한 대안으로 평가하는 것이다.

### 3.2.2 온실가스 배출량(TCO<sub>2</sub>) 평가기준 방법

#### 1) 온실가스 배출량(TCO<sub>2</sub>) 산출 기준

온실가스 배출량 기준으로 건축물 및 설비시스템의 경우 이산화탄소 배출량이 대부분이므로 본 연구에서는 이산화탄소 배출량(TCO<sub>2</sub>)을 주 대상으로 선택하였다.

일반적으로 온실가스 배출량은 IPCC에서 만든

배출계수를 사용하고 있으며, 이산화탄소 배출량 계산시 순발열량을 적용하도록 IPCC에서 권고하고 있다.

설비 갱신 계획시 시스템의 연간 TCO<sub>2</sub> 산출 과정은 다음과 같다.

연간 탄소배출량(TC)는 식(11)과 같다.

$$annualTC_{-SYSTEM} = annualTOE^*_{-FUEL} \times CF_{-FUEL} \quad (11)$$

여기서,  $annualTC_{-SYSTEM}$ 은 설비 시스템의 연간 TC,  $annualTOE^*_{-FUEL}$ 는 설비 시스템의 연간 사용된 해당연료별 TOE (순발열량 기준),  $CF_{-FUEL}$ 는 해당 연료별 탄소배출계수이다.

설비 시스템의 연간 사용된 해당연료별 TOE 산출은 식(12)와 같다.

$$annualTOE^*_{-SYSTEM} = \frac{annualEC_{-SYSTEM} \times F_{LCP}}{10^7 Kcal} \quad (12)$$

여기서,  $F_{LCP}$ 는 해당 연료별 순발열량(Kcal)이다.

연간 온실가스 배출량 TCO<sub>2</sub> 산출은 식(13)과 같다.

$$annualTCO_{2-SYSTEM} = annualTC_{-SYSTEM} \times \frac{44}{12} \quad (13)$$

여기서,  $annualTCO_{2-SYSTEM}$ 은 설비 시스템의 연간 TCO<sub>2</sub>,  $\frac{44}{12}$ 은 이산화탄소분자량/탄소원자량이다.

#### 2) 온실가스 배출량(TCO<sub>2</sub>) 평가 기준

본 연구에서는 온실가스 배출량(TCO<sub>2</sub>) 평가 기준으로 경제적인 온실가스 배출량(TCO<sub>2</sub>) 저감 우선순위 비교지수를 제안하여 온실가스 배출량(TCO<sub>2</sub>) 평가 기준으로 사용하고자 한다.

본 연구에서 제안한 경제적인 온실가스 배출량(TCO<sub>2</sub>) 저감 우선순위 비교지수는 식(14)와 같다.

$$EPCI-TCO_2 = \frac{annualTCO_{2-E} - annualTCO_{2-R}}{\frac{R LCC_n}{n}} \quad (14)$$

여기서,  $EPCI-TCO_2$ 는 경제적인 온실가스 배출량( $TCO_2$ ) 저감 우선순위 비교지수( $TCO_2$ /백만원),  $annualTCO_{2-E}$ 는 기존설비 시스템의 연간  $TCO_2$  배출량,  $annualTCO_{2-R}$ 는 갱신설비 시스템의 연간  $TCO_2$  배출량,  $R LCC_n$ 는 갱신설비 시스템의 라이프 사이클 코스트(원),  $n$ 는 내용연수(년)이다.

경제적인 온실가스 배출량( $TCO_2$ ) 저감 우선순위 비교지수에 의한 온실가스 배출량( $TCO_2$ ) 평가는 경제적인 온실가스 배출량( $TCO_2$ ) 저감 우선순위 비교지수가 클수록 온실가스 배출량( $TCO_2$ ) 측면에서 유리한 대안으로 평가하는 것이다.

### 3.2.3 최대수요전력 평가기준 방법

#### 1) 최대수요전력 산출 기준

설비 갱신 계획시 시스템의 연간 최대수요전력 산출은 식(15)와 같다.

$$MPD_{-SYSTEM} = E_{-SYSTEM} \times F_{-MPD} \quad (15)$$

여기서,  $MPD_{-SYSTEM}$ 는 설비 시스템의 연간 최대수요전력(kW),  $E_{-SYSTEM}$ 은 설비 시스템의 연간 15분 동안의 전력 사용량 중 가장 큰값(kW),  $F_{-MPD}$ 는 최대수요전력 계수이다.

#### 2) 최대수요전력 평가 기준

본 연구에서는 최대수요전력 평가 기준으로 경제적인 최대수요전력 절약 우선순위 비교지수를 제안하여 최대수요전력 평가 기준으로 사용하고자 한다.

본 연구에서 제안한 경제적인 최대수요전력 절약 우선순위 비교지수는 식(16)과 같다.

$$EPCI-MPD = \frac{MPD_E - MPD_R}{\frac{R LCC_n}{n}} \quad (16)$$

여기서,  $EPCI-MPD$ 는 경제적인 최대수요전력 절약 우선순위 비교지수(kW/백만원),  $MPD_E$ 는 기존설비 시스템의 최대수요전력(kW),  $MPD_R$ 는 갱신설비 시스템의 최대수요전력(kW),  $R LCC_n$ 는 갱신설비 시스템의 라이프 사이클 코스트(원),  $n$ 는 내용연수(년)이다.

경제적인 최대수요전력 절약 우선순위 비교지수에 의한 최대수요전력 평가는 경제적인 최대수요전력 절약 우선순위 비교지수가 클수록 최대수요전력 측면에서 유리한 대안으로 평가하는 것이다.

## 4. 비용-효율분석 평가기준 적용타당성 검토

### 4.1 대안 선정

준공한지 20여년이 경과된 공공건물의 경우 열원시스템은 중앙난방으로 온수보일러(경유)+실내측 방열기, 개별난방으로 패키지 에어컨(전기), 조명방식으로 32W 형광등을 일반적으로 사용하고 있다. 본 연구에서는 비용-효율분석 평가기준 적용 타당성을 검토하기 위하여 갱신 계획시 대안 검토로 EHP 방식(대안 1), GHP 방식(대안 2), LED 조명(대안 3), 태양광 설비(대안 4) 등 4가지 대안으로 선정하여 비용-효율분석 평가기준을 적용하였다.

### 4.2 비용-효율분석 적용 타당성 검토

대안별 라이프 사이클 코스트 분석을 위한 비용 항목은 기획설계단계 비용으로 설계용역비(대안 3, 대안 4의 경우 0원으로 가정. 대안 1, 대안 2는 5,000,000원으로 가정), 설비건설단계 비용으로 철거비를 포함한 초기투자비(각사의 견적에 의한 금액을 바탕으로 대안 1 : 85,000,000원-실내기 24대, 실외기 20마력 4대, 대안 2 : 133,000,000원-실내기 24대, 실외기 20마력 4대, 대안 3 : 36,000,000원, 대안 4 : 92,000,000원, 대안 1, 2의 경우 EHP 및 GHP의 경우 조달 구매 단가 적용. 대안 3의 LED 조명의 경우 LED 형광등 210개(163,000원/개), LED 전구등 35개(50,000원/개) 기준. 대안 4의 경우 고정식 태양광 발전 시스템으로 9,240,000원/kw

가정 : 모듈 210Wp 48매:50,400,000원, 인버터 10kw 1식 :10,000,000원, 접속반 10kw 1식:7,000,000원, 구조물 HB 및 형광류:12,000,000원, 전기공사 및 설치공사 6,000,000원, PC 및 S/W:7,000,000원), 도시가스 공사비 및 수변전설비비(도시가스공사비의 경우 1식으로 15,000,000원 가정, 수변전설비비의 경우 수변전 용량이 충분하므로 본 연구에서는 제외), 각종지원금(대안2 경우 무상지원금 2,000, 000원 가정. 대안 4의 경우 14,000,000원 가정), 유지관리단계 비용으로 에너지비(2013년 기준, 전기요금은 일반용 전력 값 고압A(II) 적용. 도시가스요금은 부산지역 요금 적용), 유지관리비(대안별 유지관리비로 초기투자비 대비 대안 3은 0%, 대안 4는 1%, 대안 1, 2는 1.5% 가정), 폐기처분단계 비용으로 철거비(대안 1, 2의 경우 8,500,000원, 대안 4의 경우 9,240,000원), 매각비(매각비는 고려하지 않았음)로 분류하여 가정하였다. 비용항목변수로 이자율 5%, 물가 상승율 4%, 에너지비 상승률 3%, 내용연수 15년 또는 20년(대안 1, 대안 2, 대안 3 경우 내용연수를 15년으로 가정, 대안 4의 경우 내용연수를 20년으로 가정)으로 가정하여 식 (1), (4), (6)에 적용하여 대안별 현가법에 의한 LCC<sub>15</sub> 또는 LCC<sub>20</sub> 계산 결과는 Table 1과 같다.

Table 1 Life cycle cost of renew

| Item                      | LCC               | Won         |
|---------------------------|-------------------|-------------|
| EHP renew                 | LCC <sub>15</sub> | 237,000,000 |
| GHP renew                 | LCC <sub>15</sub> | 236,000,000 |
| LED renew                 | LCC <sub>15</sub> | 54,000,000  |
| Photovoltaic System renew | LCC <sub>20</sub> | 84,000,000  |

갱신시 대안들에 대하여 효율 평가기준 방법으로 에너지 사용량(TOE), 온실가스 배출량(TCO<sub>2</sub>), 최대수요전력을 산출하기 위하여 대안 시스템에 대하여 제품 카다로그에서 시간당 연료소비량 및 전기소비량을 산출하였다. 본 연구에서는 전부하상당운전시간법(열원시스템의 경우 대상 건축물의

전부하상당운전시간은 1월 71.424 hr, 2월 58.193 hr, 3월 17.272 hr, 4월 0 hr, 5월 0 hr, 6월 2.828 hr, 7월 96.594 hr, 8월 165.661 hr, 9월 104.328 hr, 10월 0 hr, 11월 8.525 hr, 12월 60.375 hr. LED 조명 의 경우 전부하상당운전시간은 300시간/월로 가정. 태양광 발전의 경우 전부하상당운전시간은 발전시간 3시간, 월 가동일수 26일, 시스템 효율 0.8로 가정을 이용하여 갱신 대안별 시간당 연료소비량 및 전기소비량에 전부하상당운전시간을 대입하여 식(9), (11), (12), (13)에 의해 연간 에너지 사용량(EOE), 온실가스 배출량(TCO<sub>2</sub>)을 산출하였었다. 또 시간당 전기소비량을 바탕으로 식(15)에 의해 최대수요전력을 산출하였었으며, 효율 평가 산출 결과는 Table 2와 같다.

Table 2 Effectiveness evaluation of renew

| Item                      | Annual           | Value  |
|---------------------------|------------------|--------|
| EHP renew                 | TOE              | 10.007 |
|                           | TCO <sub>2</sub> | 20.703 |
|                           | MPD              | 109.53 |
| GHP renew                 | TOE              | 9.110  |
|                           | TCO <sub>2</sub> | 19.217 |
|                           | MPD              | 7.74   |
| LED renew                 | TOE              | 3.603  |
|                           | TCO <sub>2</sub> | 7.454  |
|                           | MPD              | 4.66   |
| Photovoltaic System renew | TOE              | -2.202 |
|                           | TCO <sub>2</sub> | -4.545 |
|                           | MPD              | -10    |

Table 1, 2를 바탕으로 식(8), (10), (14), (16)에 대입(기존의 온수보일러 : 경유 + 실내측 방열기 및 개별냉방으로 패키지 에어컨 : 전기 경우 LCC<sub>15</sub> : 492,000,000원, 연간 TOE 18.834, 연간 TCO<sub>2</sub> 48.089, 최대수요전력 90kW, 기존 조명방식으로 32W 형광등의 경우 LCC<sub>15</sub> : 36,000,000원, 연간 TOE 5.743, 연간 TCO<sub>2</sub> 11.882, 최대수요전력 7.42kW)하여 갱신시 대안별 비용-효율분석 평가 결과는 Table 3과 같다.

Table 3 Evaluation standard of cost-effectiveness analysis for renew

| Item(Cost)                | PCI-LCC               | Rate |
|---------------------------|-----------------------|------|
| EHP renew                 | 2.076                 | 2    |
| GHP renew                 | 2.085                 | 1    |
| LED renew                 | 0.667                 | 3    |
| Photovoltaic System renew | 0                     | 4    |
| Item(TOE)                 | EPCI-TOE              | Rate |
| EHP renew                 | 0.559                 | 3    |
| GHP renew                 | 0.618                 | 1    |
| LED renew                 | 0.594                 | 2    |
| Photovoltaic System renew | 0.524                 | 4    |
| Item(TCO <sub>2</sub> )   | EPCI-TCO <sub>2</sub> | Rate |
| EHP renew                 | 1.733                 | 2    |
| GHP renew                 | 1.835                 | 1    |
| LED renew                 | 1.230                 | 3    |
| Photovoltaic System renew | 1.08                  | 4    |
| Item(MPD)                 | EPCI-MPD              | Rate |
| EHP renew                 | -1.236                | 4    |
| GHP renew                 | 5.228                 | 1    |
| LED renew                 | 0.767                 | 3    |
| Photovoltaic System renew | 2.381                 | 2    |

Table 3에서 비용측면에서는 라이프 사이클 코스트에 의한 대안들의 경제적 우선순위 비교지수는 GHP 방식, EHP 방식, LED 조명, 태양광 설비 순으로 유리하게 나타났다. 효율측면에서는 경제적인 TOE 배출량 절약 우선순위 비교지수의 경우 GHP 방식, LED 조명, EHP 방식, 태양광 설비 순으로 유리하게 나타났다. 경제적인 온실가스 배출량(TCO<sub>2</sub>) 저감 우선순위 비교지수의 경우 GHP 방식, EHP 방식, LED 조명, 태양광 설비 순으로 유리하게 나타났다. 경제적인 최대수요전력 절약 우선순위 비교지수의 경우 GHP 방식, 태양광 설비, LED 조명, EHP 방식 순으로 유리하게 나타났다. 따라서 공공건물 건축설비 갱신 계획시 비용-효율 분석 평가기준에 의한 정량적인 자료를 바탕으로 합리적인 갱신 계획을 수립할 수 있을 것으로 사료된다.

## 5. 결 론

공공건물 건축설비 갱신 계획시 대안시스템에 관하여 비용과 효율 측면에서 많은 관심이 집중되므로 합리적인 갱신 계획 수립을 위해 비용-효율 분석 방법이 필요할 것이다.

본 연구는 공공건물 건축설비 갱신 계획시 비용-효율분석 평가기준에 관한 것으로 비용-효율분석 평가 항목 선정, 평가 항목의 비용 및 효율 산출 기준, 평가 항목의 비용 및 효율 평가 기준을 제시하고자 한다.

주요 연구 결과는 다음과 같다.

- 1) 공공건물 건축설비 갱신 계획시 비용-효율분석을 위한 평가항목으로 비용 측면에서는 설비시스템의 수명기간 동안 발생하는 라이프 사이클 코스트, 효율 측면에서는 에너지 사용량(TOE), 온실가스 배출량(TCO<sub>2</sub>), 최대수요전력으로 선정하였다.
- 2) 비용-효율분석 평가기준 방법으로 비용 평가 기준 방법과 효율 평가기준 방법을 제시하였다.
- 3) 제시된 비용-효율분석 평가기준 방법의 특징은 건축물에 속한 건축설비 시스템 전체를 대상으로 비용-효율분석 평가를 수행 할 수 있도록 비용 및 효율 산출방법과 비용 및 효율 평가 방법으로 경제적 우선순위 비교지수를 제안한 것이다.

추후로 본 연구에서 제안한 비용-효율분석 평가 기준 방법 바탕으로 실무적으로 간단하게 계산할 수 있는 프로그램의 개발이 필요할 것으로 사료된다.

## 참고문헌

1. Y. H. Kim, S. S. Kim, S. I. Kim and S. G. Kim, 1994, "Engineering Economics", Cheongmungak Publishing Co., Seoul, p. 345.
2. M. Y. Park and M. J. Kim, 1995, "A Study on the Economics of HVAC equipment by Life Cycle Costing in Deluxe Hotel", Journal of the Architectural Institute of Korea, Vol. 11, No. 9, pp. 155-164.
3. I. G. Lee, H. W. Kang, Y. M. Won and Y. S.

- Kim, 2011, "Economics Evaluation for Heating and Cooling System by Using Gas Energy and Geothermal Energy Base on LCC Analysis", Journal of the Architectural Institute of Korea, Vol. 27, No. 10, pp. 161-168.
4. J. K. Kim, K. S. Chung, Y. I. Kim, 2012, "Comparison Study of Air-conditioning Systems using LCC Analysis", Transactions of the Korea Society of Geothermal Energy Engineers, Vol. 8, No. 2, pp. 12-18.
  5. K. H. Lee, J. H. Park, J. W. Jin, K. R. Kwon and K. H. Choi, 2012, "Economic analysis of jeju offshore pilot run wind farm by sensitivity analysis", Journal of the Korea Society for Power System Engineering, Vol. 16, No. 5, pp.13-19.
  6. S. U. Kim and S. H. Kim, 2011, "A Study on the Energy Consumption Analysis and Improvement of Busan City Public Building", Journal of the Korean Solar Energy Society, Vol. 31, No. 1, pp. 115-120.
  7. J. S. Jang and S. W. Ji, 2011, "Evaluation of Energy Transfer Efficiency of Pneumatic Driving Apparatus", Journal of the Korea Society for Power System Engineering, Vol. 15, No. 6, pp.95-100.
  8. G. J. Jung, 2008, "Estimation on the Carbon Tax Influence of the Construction Cost and the Running Energy Cost in the Apartment Building", Journal of the Regional Association of Architectural Institute of Korea, Vol. 10, No. 2, pp. 231-238.
  9. S. S. Jung, 1999, A Study on the Development of Life Cycle Costing Influence Diagram for Decision Analysis of HVAC system, Dong-A University, Busan, Korea.