

# 녹색건축물의 경제적 가치 연구

- 건축물 생애주기 비용과 편익 측면-

## A Research on Economic Value of Green Building

- A Perspective of Life Cycle Costs and Benefits

이 성 호\*

이 재 수\*\*

Lee, Seont-Ho

Lee, Jae-Su

### ABSTRACT

The government encourages eco-friendly and low-energy buildings by green building policy. Although many incentives have been in effect, the policy effectiveness is still questionable mainly because of its unsatisfactory results up to now. When we mainly consider economic feasibility by applying green building certification in the market, investigation of the economic feasibility should be based on economic choices of private sector in the market. Therefore, economical feasibility is examined by the simulations based on Present Value(NPV) and Payback Period(PP) calculation. The cost takes added construction cost and additional fee for certification into account. The benefit is composed of floor-area-ratio incentive, tax incentives, energy and water savings, and environmental effects. Tax incentives contains acquisition and property tax savings. When we compute PP based on the simulation, G-SEED Excellent rating and Building Energy Efficiency Level 1 buildings have 5 years of PP. They are determined to be economically feasible when we consider 20 years of building's economic life expectancy. If we assume the case without incentives, PP results in 15 years without FAR incentive, and 16 years without all other incentives. This result indicates that the economic feasibility of the green buildings could be secured without incentives.

키워드 : 녹색건축물, 건축물 에너지효율 등급, 건축물 생애주기, 경제적 가치, 비용-편익분석

Keywords : Green Building, Building Energy Efficiency Level, Building Life Cycle Costs, Economical Feasibility, Cost and Benefit Analysis

## I. 서 론

### 1. 연구의 배경 및 목적

우리나라는 기후변화정상회담에서 온실가스를 감축하기로 한 결과에 발맞춰 2008년 저탄소 녹색성장 국가 비전을 발표하였다. 2010년에는 저탄소 녹색성장기본법을, 2013년에는 녹색건축물 조성지원법을 제정하였고 2014년에는 국가녹색건축물 기본계획을 수립하였다. 이에 따라 현재는 패시브 설계의 의무화(2017년)를 추진하고 있으며, 2025년에는 신축 건축물의 제로에너지 의무화를 목표로 하고 있다. 현재 국내 건물부문의 온실가스 배출량은 국가 전체 배출량의 약 25.2% 수준으로 산업부문의 배출량(50.1%) 다음으로 높은 수준이다. 이에 대한 대책으로 정부는 2001년부터 녹색건축물 인증 및 건축물에너지효율등급 인증(이하 “인증”) 제도를 운영하여 저에너지 건축물을 지향하고 있다. 민간 부문의 자발적 참여를 유도하기 위하여 인증을

\* 강원대학교 부동산학과 대학원 박사과정

\*\* 강원대학교 부동산학과 교수

받은 건축물에 한하여 이에 소요되는 추가 비용의 부담을 완화시키고자 건축기준 완화, 취득세 감면, 재산세 경감 등 제도적 인센티브를 제공하여 녹색건축인증제도의 활성화를 위해 노력하고 있다. 그러나 제도적 인센티브 제공에도 불구하고 2015년 총 203,394건의 준공건축물 중 녹색 건축물로 인증된 준공건축물은 510건으로 0.25%에 불과하다. 이로 인해 건설시장에서 아직 인증제도가 활성화 되지 못하고 있으며, 인센티브가 적절한지에 대한 의문이 제기되고 있다. 인증제도를 활성화하기 위해서는 공공부문의 다양한 노력뿐만 아니라 민간부문의 관심과 자발적 참여가 필수적이다. 이를 위해서는 비 인증 건축물보다 인증 건축물이 시장에서 선호되어야 하고, 이는 시장논리에 기반한 경제적 타당성에 의해 결정되어야 할 것이다. 이러한 문제의식 하에 본 연구는 인증 건축사업의 경제적 타당성을 분석하고 현재 인증제도가 활성화 되지 못한 원인을 구체적으로 파악하여 향후 인증제도 활성화를 위한 시사점을 도출하는 것에 목적이 있다. 인증 건축사업의 경제적 타당성을 분석하기 위해 건축물의 생애주기에서 발생하는 인센티브와 에너지 절감 등 편익과 인증을 받기 위한 추가 공사비 등 제반 비용을 종합적으로 고려하였다. 녹색건축물의 가치를 경제적 가치로 환산하여 경제성·실효성을 분석하는 방법인 비용-편익 분석(Cost-Benefit Analysis)을 적용하여 정량적으로 분석하고 시사점을 제시하고자 한다.

## 2. 연구 범위 및 내용

본 연구에서는 사업주가 건물의 생애주기 전체에 관여하는 인증 받은 임대용 업무용건축물의 경제성을 평가한다. 비교기준이 되는 업무시설 모델(Simulation I)은 2016년 현재 건축허가 최소 기준인 에너지절약 설계기준 상 에너지성능지표(EPI : Energy Performance Index) 65점을 적용하였다. 비교대상이 되는 업무시설 모델(Simulation II)은 녹색건축물인증 우수등급, 건축물 에너지 효율 1등급을 받은 것으로 하며, 두 모델은 강남구 상업지역 동일 지역에 위치한다. Simulation II는 2016년도 1월 현재 실제 공사 진행 중이며, 허가된 녹색건축기술과 에너지 효율 기술을 대상으로 계약된 단가를 설계단가로 재산출하였다. 건축 생애주기 편익 및 비용은 선행연구, 문헌연구, 전문가 자문을 받아 건축물의 생애주기에 발생하는 변수들 중 화폐가치로 변환이 가능한 비용과 편익으로 생애주기에 실질적인 영향력이 있는 변수만을 도출하였다. 경제적 타당성 분석을 위해서는 사업주가 건축하기 위한 공사비, 인증을 받아 적용된 인센티브, 준공이후 유지관리 시 발생하는 에너지비용 절감 등을 고려한 LCC(Life Cycle Cost)를 반영하여 순 현재가치(NPV: Net Present Value)로 산출하였다. 기타 산출에 필요한 지표는 한국은행 통계자료를 활용하였다.

## II. 제도 및 선행연구 검토

### 1. 녹색건축물 인증과 에너지효율 등급 인증제도

#### 1) 녹색건축물 인증제도

인증제도는 지속가능한 개발의 실현과 자원절약형이고 자연 친화적인 건축물의 건축을 유도하기 위하여 시행하고 있다. 2001년에 건축법에 의한 친환경건축물인증제도로 시작하여 공동주택을 대상으로 제도를 도입한 후 현재는 신축건축물과 기존건축물을 대상으로 친환경성을 정량적으로 평가하고 있다. 2013년 녹색건축물 조성 지원법이 제정되면서 친환경건축물이 녹색건축물로 명칭이 변경되었다. 인증기준은 토지이용 및 교통 분야, 에너지 및 환경오염 분야, 재료 및 자원 분야, 물 순환관리 분야, 유지관리 분야, 생태환경 분야 및 실내환경 분야 등 7개 전문분야에 대하여 평가한다. 인증 종류는 예비인증과 본 인증으로 구분되는 데, 예비인증은 건축허가 또는 사업계획승인 받은 후 취득하고 본 인증은 건축물 사용승인 후 취득한다. 인증등급은 최우수(그린1등급), 우수(그린2등급), 우량(그린3등급), 일반(그린4등급) 등 4개 등급으로 구분된다.

#### 2) 에너지효율 등급 인증제도

인증 제도는 건축물의 에너지성능에 대한 정량적이고 객관적인 정보를 제공하여 에너지 성능이 높은 건축

물에 대한 수요확대 및 효과적인 건축물 에너지 관리에 대한 인식을 유도하기 위해 도입되었다. 건축물의 설계 도서를 통하여 난방, 냉방 및 급탕 등 건축물 운영을 위해 필요한 에너지소요량을 평가하여 에너지 성능에 따라 10개 등급(1+++ ~ 7등급)을 부여하여 인증하고 있다. 주거용 및 비주거용의 28개 용도에 인증이 가능하며, 인증은 예비인증과 본 인증으로 구분된다. 녹색건축물 인증과 에너지효율인증 취득한 경우 인증 등급에 따라 차등적으로 인센티브가 주어진다.

### 3) 건축물 에너지 절약 설계기준

500㎡이상 신축건물의 건축허가 신청 시 녹색건축물 조성 지원법 및 건축물의 에너지 절약 설계기준에 따라 에너지절약계획서를 제출하여야 하며, 에너지성능지표(EPI) 65점이상을 취득하여야 한다. 에너지절약계획서의 주요내용으로 건축부문에서는 단열성능, 기밀성 창호, 차양 장치 등 에너지 절약적 설계를, 기계·전기부문에서는 고효율 인증제품 및 에너지 절약적 제어기법을 채택하는 것이 규정되어 있다.

### 4) 인센티브 제도

녹색 관련 인증을 획득하여 제공되는 인센티브는 취득세 감면, 재산세 감면, 건축기준완화, 입찰참가 자격 사전심사 가산점 부여, 분양가 상한제에 따른 분양가 산정 시 가산혜택과 같은 형태로 제공된다. 이러한 인센티브 항목들이 기본적인 비용 편익 분석의 비용과 편익에 해당하게 된다. 그러나 인센티브 수혜 주체가 다르므로 주체별로 구분할 필요성이 있다. 개발업체는 취득세, 건축기준 완화, 분양가 상한제에 따른 분양가 산정 시 가산혜택, 시공업체는 입찰참가 자격 사전심사 가산점, 수요자는 재산세 감면을 인센티브로 받을 수 있다. 그러나 이 연구는 건축물 생애주기 전체의 경제적 타당성을 분석하는데 목적이 있으므로 인증에 따른 인센티브를 수혜자별로 분류하지 않았다.

## 2. 경제적 타당성 분석 이론

본 연구에서는 인증 건축물의 사업성 분석을 다양한 분석 방법 중 경제적 타당성 분석을 적용 하였으며, 건물의 생애주기동안 발생하는 화폐가치로 전환이 가능한 비용과 편익 요소를 도출하여 분석을 수행하였다. 우선, 생애주기 분석 방법 LCC) 분석은 Dell'Isola & Kirk(1981)에 의해 정립된 이론이다. LCC는 기획단계, 설계단계, 시공단계, 운영단계, 폐기처분단계로 구분된다. 생애주기비용을  $CC$ , 공사비는  $CC$ 로 연간 유지관리비로는  $E$ , 연간 가격 상승률은  $\alpha$ , 할인율은  $r$ , 운영기간을  $t$ , 폐기처분비용은  $\alpha$  라고 하면  $LCC$ 는 다음의 식 1과 같이 표시할 수 있다. 생애주기비용 현재가치 계수  $pw$ 로 정리하면 다음의 식 2과 같이 표시할 수 있다.

$$LCC = CC + pw \times E + \alpha \quad (1)$$

$$pw = \frac{(1+\delta)^t}{(1+r)} \quad (2)$$

Fisher(1930)의 효율적인 투자에 관한 연구에 의하면, 순현재가치(NPV)는 투입 비용 대비 효율성을 파악할 수 있는 현금흐름 할인법으로 사업의 전 기간 동안 발생하는 편익과 비용을 합산하여 이를 현재가치로 환산한 값으로 정리되었다. 순현재가치법은 NPV가 가장 큰 안을 선택하는 방법이며 연초 현금유입을  $B_0$ , 연초 현금 유출은  $C_0$ 라 하면, 이상의 내용들 중  $r$ 만 적용했을 때는 다음의 식 3과 같이 표시할 수 있다.  $r$ 과  $\delta$ 을 동시 감안했을 때는 다음의 식 4와 같이 표시할 수 있다.

$$NPV = \sum_{t=1}^T \frac{B_0}{(1+r)^t} - \sum_{t=1}^T \frac{C_0}{(1+r)^t} \geq 0 \quad (3)$$

$$NPV = \sum_{t=1}^T \frac{(1+\delta)^t}{(1+r)^t} B_0 - \sum_{t=1}^T \frac{(1+\delta)^t}{(1+r)^t} C_0 \geq 0 \quad (4)$$

## 3. 선행연구 고찰

녹색건축물 및 에너지효율 건축물의 경제성에 관한 선행연구는 비용 및 편익, 경제성 분석, 녹색건축물의 수요 분석 등으로 분류할 수 있다.

인증 건축물의 비용 및 편익에 대한 연구에서 Davis Langdon (2007)은 주택의 에너지 효율성이 높아질수록, 이산화탄소 배출량은 감소하지만 건축비용은 점차 증가 한다고 분석하였다. Kats et al(2003), Horne, et al(2008), Horne, et al(2008), Kats(2009), Kim & Cho(2011), Reardon(2013) 등은 편익으로 비용을 환수할 수 있는 요소는 에너지 절감액뿐만 아니라, 인간의 건강, 생산성, 학생들의 성적 증가, 재산가치의 증가, 브랜드 효과, 어린이에 대한 의료비 및 질병으로 인한 결석률의 감소, 건강 및 어메니티 개선, 의료비 등 보건 비용 지출의 감소, 탄소 발생량 절감 및 향후 탄소 배출권 거래 제도를 통해 오염물질 배출의 절감이 구체적인 편익으로 변환될 수 있을 것으로 전망했으나, 실제 경제성 분석에서는 에너지비용의 절감분만 편익으로 분석하였을 뿐, 화폐가치로 환산될 수 있는 편익 즉 재산가치의 증가, 탄소 발생량 절감 및 상수도 비용 절감, 하수도 비용절감 등에 따른 분석은 하지 않았다. Kim et al(2013) 및 Han et al(2015)은 편익으로는 건축기준 완화, 재산세 및 취득세 감면, 입찰참가자격 가산점 및 분양가 상한제 지역에서는 분양가를 기본 건축비의 3%를 가산할 수 있으며 비용으로는 인증취득을 위한 추가 공사비, 면적 증가로 추가 공사비 등으로 건축물의 전생애주기간의 관점에서 분석한 변인을 도출하였으나 분석에서는 난방비 절감만 편익으로 한정하였다. Shin et al(2014)은 인증건축물의 건축기준 완화 적용에 따른 비용-수익 분석을 시뮬레이션한 결과, 등급별 비용-수익 분석 결과 우수-1등급, 최우수-1등급, 최우수-2등급, 우수-2등급의 순서로 편익이 높게 나타난 것으로 분석하였으나, 제도적 인센티브에서 건축기준 완화만을 적용하여 재산세, 취득세, 유지관리비 절감 등의 편익을 고려하지 않은 한계가 있었다.

인증 건축물의 경제성에 대한 연구에서 Kats et al(2003), ACF et al(2008), Kats(2009) 등은 인증 건축물의 에너지 소비 비용은 비인증 건물에 비해 30%, 기존건물보다는 50% 정도 에너지 절감이 되므로 투자비용을 차감할 경우 순수편익이 존재하며, 비용회수기간은 3-20년으로 분석했다. Kim(2015)는 에너지효율사업에 대한 적정 투자규모를 파악한바, 에너지 절감율이 높을수록, 할인율이 낮을수록, 그리고 운영기간이 길수록 에너지 효율주택의 최대투자규모는 증가하는 경향을 가지고 있다고 분석하였으나, 다양한 편익요소에 대하여 정량적으로 논의하지 않았다. Oh(2008)은 친환경 건축물 경제성 평가시 비용항목은 상수절감설비, 우수이용 시스템 설치 등을 제시하였으나, 경제적 분석은 상수도요금 절감시 연동되어 하수도 사용량도 절감되는데 이에 대한 비용을 산정하지 않은 한계가 있었다.

인증 건축물의 수요에 미치는 영향에 대한 연구에서 Na et al(2004), Lee et al(2008) 및 Kang & Yut(2014) 등은 인증여부를 환경변수로 설정하여 회귀분석을 실시한 결과, 녹색건축인증이 공동주택 가격에 긍정적인 영향을 미치고 있으며 건축물의 친환경성이 공동주택의 가격형성에 상당히 중요한 영향을 주고 있음을 시사하였다.

본 연구는 인증제도 활성화를 위해서는 사업체 측면에서 경제 타당성이 확보되어야 한다는 관점에서 건축물 생애주기 전 기간 동안 비용과 편익에 대하여 인센티브 분야, 에너지 분야, 수자원분야, 환경 분야, 부동산 분야에서 현금수지분석을 한다는 점에서 차별성이 있다.

### Ⅲ. 분석 모형 및 분석자료 선정

#### 1. 모형설정

##### 1) 건축물 생애 주기 비용 모형

경제적 타당성 분석을 위해 본 연구에서는 LCC 비용을 투자시점으로 순현재가치(NPV) 분석법을 활용한다. 비인증 녹색건축물 생애주기 비용 산출식은 식 1이 되며, 인증 후 추가된 생애주기비용을  $\Delta CC$ , 인증을 위한 추가 비용 등을  $\Delta CC$ , 인증시 인센티브 편익을  $IC$ , 인증 건축물 유지관리 비용 증가분을  $\Delta$ , 유지관리 절감액을  $E$ 라 하면, 인증 건축물 생애주기 비용은 다음의 식 5과 같이 표시할 수 있다.

$$LCC \Delta LCC = (CC + \Delta CC - \sum IC) + \sum pw(E + \Delta E - \bar{E}) + \alpha \quad (5)$$

식 1에서 식 5를 차감하면 순수 인증을 의하여 발생하는 생애주기 비용과 편익이 산출되며, 다음의 식 6과 같이 표시할 수 있다. 식 6에서  $C$ 와  $E$ 가  $\Delta CC$ 와  $\Delta$  보다 커지면  $\Delta LCC$ 가 음(-)의 값을 가지면 즉 “ $\Delta LCC \text{ NPV} \leq 0$ ” 일 때 경제성이 있다고 가정할 수 있다.

$$\Delta LCC = (\Delta CC - \sum IC) + \sum pw(\Delta E - \bar{E}) \quad (6)$$

## 2) 편익-비용 모형

건축물은 토지와 달리 유지관리, 즉 자본이 투입하지 않으면 건축물은 빨리 노후화되고 멸실에 이르게 된다. 인증 건축물이 비인증 건축물보다 유지관리 비용이 절감된다고 가정하면 추가적인 편익이 발생할 것이다. 여기서 인증건축물 유지관리 비 절감비율을  $\theta$ , 유지관리 기간을  $T$ 라 하면, 절감된 유지관리비 현재가치  $B_t$ 는 다음의 식 7과 같이 표시할 수 있다.

$$B_t = \sum_{t=1}^n \frac{(1+\delta)^t}{(1+r)^t} \times \theta \times (E + \Delta E) \quad (7)$$

선행연구는 식 7의 유지관리비 절감을 에너지 절감액으로만 산출했으나, 본 연구에서는 유지관리 항목에서 비인증 건축물보다 인증건축물의 편익은 다양하고 이중 화폐가치로 산출할 수 있는 편익도 존재할 것을 감안하여  $\theta$ 와  $E$ 를 세분화하여 “ $\theta_1 \sim \theta_n$ ” 및 “ $E_1 \sim E_n$ ”라 하고, 다양한 유지관리 절감액 현재가치를  $B_t$ 라 하면 다음의 식 8과 같이 표시할 수 있다.

$$B_t = \sum_{t=1}^n \frac{(1+\delta)^t}{(1+r)^t} \times \theta_1 \times E_1 + \sum_{t=1}^n \frac{(1+\delta)^t}{(1+r)^t} \times \theta_2 \times E_2 + \dots + \sum_{t=1}^n \frac{(1+\delta)^t}{(1+r)^t} \times \theta_n \times E_n \quad (8)$$

## 3) 비용회수기간 모형

녹색건축물의 인증 추가 투자 비용을  $C$ 라 하면, 비용과 편익이 같을 때 즉  $C = B_t$  일 때를 비용회수기간(T)이라 할 수 있다. 이때  $C$ 는 식 8의  $B_t$ 와 같으므로 다음의 식 9과 같이 표시할 수 있다.

$$C = \sum_{t=1}^n \frac{(1+\delta)^t}{(1+r)^t} \times \theta_1 \times E_1 + \sum_{t=1}^n \frac{(1+\delta)^t}{(1+r)^t} \times \theta_2 \times E_2 + \dots + \sum_{t=1}^n \frac{(1+\delta)^t}{(1+r)^t} \times \theta_n \times E_n \quad (9)$$

식 9에서  $\theta_1 \sim \theta_n, \bar{E}_1 \sim \bar{E}_n, \delta, r$ 는 상수이므로,  $T$ 로 변환하면 식 10과 같이 표시 할 수 있다.

$$T = \log_{1+\delta} \left[ 1 + \frac{C(\delta-r)}{(1+\delta)(\theta_1 E_1 + \theta_2 \bar{E}_2 + \dots + \theta_n E_n)} \right] \quad (10)$$

## 2. 분석자료의 선정

### 1) 녹색건축인증 등 편익과 비용

녹색건축인증 등에 대한 편익과 비용에 대한 항목에는 선행연구와 전문가의 자문을 통해 화폐가치로 환산할 수 있는 항목을 도출하였다. 비용에는 인증 취득을 위한 추가 사업비 등 요소가 있다. 편익은 세 가지 항목으로 구분될 수 있다. 우선, 건축기준 완화로 용적률 완화, 취득세 감면, 재산세 감면 등이 있고, 건축물 가치 상승 편익으로 사용면적 증가, 임대율 증가 등이 있다. 마지막으로, 준공이후에는 유지관리 절감 편익으로 에너지 절감, 수자원 절감, 탄소 발생 절감 등이 있다.

### 2) 시뮬레이션 설계

#### ① 시뮬레이션 개요

이 연구에서 시행하는 시뮬레이션의 대상인 건물 용도는 수익용 부동산인 업무시설이다. 비교 기준이 되는 Simulation I 은 건축허가를 득할 수 있는 건축물의 에너지절약 설계기준 제15조(에너지성능지표의 판정)에 정한 최소 기준인 EPI점수 65점을 적용하고 비교 대상이 되는 Simulation II 는 같은 용도로 녹색건축

인증 우수등급, 에너지 효율 1등급(EPI 95점)을 획득한 것으로 한다. 시뮬레이션 내용은 표 1과 같다

표 1. Simulation Overview

Division	Contents
Land area	1,051m <sup>2</sup>
Zoning	Urban area / General commercial Zone
No. of floors	13 floors above ground, 8 below
Structure	RC/SRC
Buildig Coverage	50%
Floor area ratio	648% (Incentive 48%)
N0. of parking spaces	112 units for Autos, 20 units for bicycles
Floor area	14,406m <sup>2</sup> / Floors above ground : 6,810m <sup>2</sup> /Below7,595m <sup>2</sup> , -Heating and cooling area: 8,643m <sup>2</sup> /-Energy usage : Town gas 75%, electric power 25%
Appraised land vale	22,700 thousand won

**② 등급 상향 주요 설계 항목 설정**

인센티브 용적률은 도시계획조례에서 정한 해당 지역 용적률의 8%를 획득하는 것을 목표로 하고 EPI 65점에서 30점을 향상시켜 EPI 95점, 건축물에너지효율등급 1등급, 녹색건축인증 우수등급으로 성능을 향상시키는 것으로 설정하였다. 설정된 성능을 향상시키기 위하여 문 및 창호의 기밀성을 강화하여 외벽 단열 열관율을 법령 기준 0.88W/m<sup>2</sup>K에서 0.64W/m<sup>2</sup>K미만(EPI 0.9이상)으로 설정하였다. 지붕 단열 기준 열관율은 0.15W/m<sup>2</sup>K에서 0.11W/m<sup>2</sup>K 미만(EPI 0.9)으로 하고 바닥열관율은 기준 0.22W/m<sup>2</sup>K에서 0.12W/m<sup>2</sup>K 미만(EPI 0.9)으로 설정하였다. 또한 벽면 단열은 벽체보다 단열성능이 약한 창면적을 줄이기 위하여 벽면율을 65% 이상 높였으며, 남, 서측창에 각자 수평 및 수직 루버설치 태양광 유입이 동절기에는 최대가 되고 하절기에는 최소가 되도록 기능 보장하였다. 고효율 조명기기인 LED 비율은 전체 조명설비 전력량의 50%이상으로 하였고, 고효율 변압기를 설치하였다. 기술절감으로 성능 목표를 달성하지 못하여 신재생에너지설비를 도입하여 에너지 공급량의 7.66%를 분담하게 하였다. 외부 에너지 사용량은 도시가스 75%, 전력 25%으로 분담하는 것으로 설정하였다.

**③ 인증을 위한 추가 투자비 산정**

등급상향 위한 공사비 등 추가 투자비는 실제 도급 계약서를 참고로 물가정보지 및 표준품셈을 기준으로 설계단가로 재산정하였다. EPI 점수 향상시키기 위해 단열재 성능을 향상시키고 외부 커튼월 유리의 성능을 강화하고 축냉식 가스 냉난방(GHP)방식을 적용하며, 급수 펌프 에너지의 절약적 제어 방식을 적용하였다. 또한 용도별 미터링 시스템(원격검침)을 도입하고 LED 조명기기를 사용하여 총 899,640천원의 비용이 증가하였다. 신재생에너지 항목에는 태양열 및 태양광(BIPV)을 적용하여 470,475천원이 증가하였다. 녹색건축물 인증을 위하여 자전거 보관소 설치 시 샤워실 및 탈의실을 추가 설치하고 휴식 및 재충전 공간을 마련하기 위하여 실내 휴게공간설치 및 실내 식재공간을 설치하였고, 절수형 위생기구 및 전자감응식 소변기 등을 설치하고 빗물이용을 위하여 우수조를 설치하여 109,350천원이 추가되었다. 인증을 위하여 투입된 비용은 총 1,702,620천원으로 집계되었으며, 인증전보다 4.81%가 증가된 것으로 나타났다. 이는 서울시가 현행 3,000m<sup>2</sup> 이상 공공건축물은 녹색건축물 우수등급, 에너지효율화 1등급 의무화하면서 사업비 책정시 적용토록 한 “에너지절감형 녹색건축물 공사비 가이드라인” (서울특별시 2013)에서 제시한 총사업비의 3-4%에 비해 약 0.81%로 차이가 있다.

## IV. 비용·편익 실증분석

### 1. 비용

비용의 항목은 공사비, 설계비, 인증수수료가 포함된 인증 비용과 용적률 인센티브로 증가된 면적의 추가 공사비를 포함한다. 추가되는 비용 중 인증 비용은 1,281,168천원이고 추가 공사비는 1,702,620천원으로 총 추가 비용은 2,983,788천원으로 산정되었다.

### 2. 편익

편익의 종류는 제도적 편익, 유지관리비 절감으로 발생하는 편익 및 건축물 연면적 증가로 구분된다. 제도적 편익에는 취득세, 재산세 및 건축기준완화(용적률)가 있고, 유지관리 편익에는 에너지 절감, 수자원 절감, 탄소 발생 감소 등이 화폐가치로 환산될 수 있어 채택하였으며, 건축물 연면적 증가에 따른 편익은 추가 임대료 수익으로 하였다.

#### 1) 취득세 및 재산세 감면

취득세 및 재산세 감면은 지방세 특례 제한법에 기준한다. 지방세법 제11조에 의하면 취득세율은 신축 원시취득 시 취득 당시 가액의 2.8%이다. 원시취득 가액은 Simulation II의 사업비인 38,320,130천원으로 하였으며, 이에 대한 2.8%로 취득세는 1,072,963천원이 된다. 감면액은 녹색건축물 우수 및 에너지 효율 1등급을 인증받아 취득세의 10%를 감면 받으므로 107,296천원으로 산정되었다. 취득세는 건축물을 사용 시점에 발생하므로 감면액 전체가 현재가치로 산정한다.

재산세 산정은 과세표준은 공정시장가액인 시가표준액의 70%로 산정되고, 세액은 과세표준의 0.25%이다. 시물레이션II 취득가액 38,320,130천원중 과세표준액은 26,824,091천원이 되고 세액은 이에 대한 0.25%로 67,060천원으로 산정된다. 감면액은 녹색건축물 우수 및 에너지 효율 1등급을 인증받아 10% 감면을 받으므로 6,706천원으로 산정된다. 재산세는 5년동안 감면받으므로 물가상승률을 적용하지 않고 한국개발연구원(2008)의 KDI 예비타당성 지침에서 정한 5.5%의 할인율만 적용하면 산출액의 현재가치는 29,033천원이 된다.

#### 2) 건축기준 완화

건축기준 완화는 녹색건축물 조성 지원법에는 용적률 및 건축물 높이제한 완화를 대상으로 규정하고 있으나, 본 연구에서는 화폐가치로 산정이 가능한 용적률 완화를 대상으로 한다. 용적률 완화 기준은 “건축물의 에너지절약 설계 기준 제16조 별표9”이다. 시물레이션에서는 녹색건축물 우수 및 에너지 효율 1등급 인증 받았으므로 용적률 완화는 조례로 정한 기본 용적률의 8%를 적용한다. 추가 용적률을 , 조례에서 정하는 기본 용적률은  $F$ , 완화 용적률기준을  $F_0$ 라 하면  $F = F_0(1 + \alpha)$ 이다. 시물레이션지역은 상업지역으로  $F_0$ 는 600%이며  $\alpha$ 는  $F_0$ 의 8%이므로  $F$ 는 648%가 된다.  $m^2$ 당 용적률 1% 가치는 해당 지역 평균 표준지 공시지가를  $V$ , 용적률의 지가 기여율을  $R$ 이라하면  $V \times R / F_0$ 이다(Chae 2010). 서울 상업지역 용적률의  $R$ 은 0.59, 시물레이션 용적률은 600%이고 2015년도 해당지역 공시지가는 22,700천원으로  $m^2$ 당 용적률 1% 가치는 22.32천원으로 산출된다. 또한 용적률 가치는 용적률 1% 가치( $m^2$ ), 부지면적, 용적률 변화량의 곱으로 계산되므로 1,125,000천원으로 산출되었다.

#### 3) 에너지 절감

“건축물의 에너지절약 설계기준”에 의하면 에너지 소요량은 해당 건축물에 설치된 난방, 냉방, 급탕, 조명, 환기시스템에서 소요되는 단위 면적당 에너지량( $kWh/m^2$ )으로 정의된다. 1차 에너지 소요량은 에너지 소요량에 연료의 채취, 가공, 운송, 변화, 공급 과정 등의 손실을 포함한 단위 면적당 에너지량으로 정의된다. 에너지마다 1차 에너지 소요량을 에너지 소요량으로 환산하기 위해서는 “건축물 에너지효율등급 인증 제도 운영규정(에너지관리공단)”에서 규정한 1차 에너지 환산계수를 곱하여 사용한다. 시물레이션 I 과 II에서 냉난방 면적(A) 8,643 $m^2$ , 에너지 비율은 전기를 25%, 가스는 75% 사용하도록 설계되었다. 에너지 소비

량은 냉난방 면적에 단위면적당 에너지소요량 곱하여 산출된다. 시뮬레이션 I 에서 단위 면적당 1차 에너지 소요량은 366 kWh/m<sup>2</sup>y (EPI 65점)이며, 시뮬레이션 II 에서는 259kWh/m<sup>2</sup>y(EPI 95점)이고 1차 에너지 환산 계수는 전기는 2.75, 가스 1.1이다. 2016년도 전기료 kWh당가는 130.46원이며, 가스료 kWh당 단가는 13.88원이다. 그러므로 시뮬레이션 I 의 1년 에너지 요금은 137,570천원이고, 시뮬레이션 II 의 에너지 요금은 96,946천원으로 산출되므로 연간 에너지 절약 비용은 40,624천원이 된다. 이는 절감전 비용 137,570천원에 29.5%가 절감된 것으로 산출되었다.

#### 4) 수자원 절감

녹색건축물인증 우수 등급을 인정하기 위하여 수자원 항목에 절수형 위생기구 등을 설치하고 빗물을 이용하기 위하여 우수조를 설치하였다. 세면용 수전, 양변기 및 샤워헤드에 환경표지인증 자재를 사용하고 층별 감압밸브를 설치하여 급수압력 2.5kgf/cm<sup>2</sup>이하로 적용하고, 전자 감응식 소변기를 적용하여 설치 개소를 산출하면 추가 투자비용은 223,155천 원으로 산출된다. 양변기 등은 수도사용량 50% 절약하고, 샤워헤드는 25%, 수도꼭지는 7%를 절약하는 것으로 설계하였고, 건축면적의 5%의 우수조 설치하여 조경용수로 일일 사용량 4m<sup>3</sup>/day로 사용하는 것으로 설계하였다. 하수도량은 서울특별시 하수도 사용 조례에서 상수도 급수량을 하수배출량으로 규정하기 때문에 상수도 절감량을 하수 절감량으로 보았다. 수도요금은 서울특별시 수도조례에 의거 서울시 300m<sup>3</sup>이상 일반 용수 수도료 기준은 1.26원/을 적용하고, 하수도요금은 서울특별시 하수도 사용조례에 정한 요금인 1.52원/l 적용하였다. 빗물 사용은 하수도를 이용하지 않는 조경용수 사용만으로 9개월만 사용하는 것으로 적용하여 계산하면 1,360천원을 절감되었다. 현재가치로 환산하면 시뮬레이션 I 의 1년 수자원 요금은 129,198천원이므로 절감을  $\theta$ 은 54.6%가 된다.

#### 5) 온실가스 흡수 비용 저감

인증건축물은 에너지 절감에 따라 온실가스 배출량을 절감한다. 이를 화폐가치로 산정하기 위하여 우선 산림관리법에서 정한 산림가격을 해당 연도의 잣나무 조림비, 식재 후 10년까지의 숲 가꾸기 비용, 산림이 가지는 수원함양(水源涵養), 대기정화, 토사유출방지 및 온실가스흡수 등의 공익적 가치 평가액 및 해당 산지의 개별공시지가 등으로 대체 산림자원 조성비 단위면적당 금액이 구성된다. 여기서 10년 된 잣나무 숲 단위면적당 금액은 앞의 사항을 고려하여 매년 산림청장이 고시하는데, 2016년도 단위면적당 평균 산림가격은 5,806원/m<sup>2</sup>으로 고시하였다. 또한 온실 가스 흡수 기능 가치는 2014년 기준 산림공익기능 평가결과(국립산림과학원 2016. 3. 30)에서 산림공익기능 화폐가치 평가액 중 온실 가스 흡수 기능은 화폐가치로 3.9%로 평가하였다. 그러므로 잣나무 숲의 가격은 평균가격은 5,806원/m<sup>2</sup>이며, 이중 3.9%인 226원/m<sup>2</sup>이 온실가스흡수 기능의 가치가 된다. 온실가스 구성은 기후변화 2014 종합보고서(IPCC 2014)에 의하면, 온실가스는 O<sub>2</sub> 76%, CH<sub>4</sub> 16%, N<sub>2</sub>O 6% 및 기타 2%로 구성되었다. 그러므로 숲의 CO<sub>2</sub>흡수량은 온실가스의 흡수량의 76%이므로 171원/m<sup>2</sup>으로 산출된다.

에너지절감을 CO<sub>2</sub> 감소량으로 환산하는 것은 IPPC (Intergovernmental Panel on Climate Change) 계수를 사용하였다. IPPC 계수는 기후 변화와 관련 유엔 산하 국제협의체에서 발표한 가이드라인을 바탕으로 한국에너지공단에 국가 온실가스 배출량을 산정하였다. 도시가스의 경우는 0.0002tCO<sub>2</sub>/kwh가 되면 전기는 따로 IPCC에서 지정하지 않아 국내에서는 전력거래소가 정한 0.00047tCO<sub>2</sub>/kwh로 사용한다. 시뮬레이션 II 에서 전기에너지 온실가스감축량은 에너지 절감량에 IPPC 계수를 곱하여 환산하면 304t O<sub>2</sub>가 되고, 도시가스의 탄소감소량은 43tCO<sub>2</sub>으로 산출된다.

여기서 산림의 탄소 흡수량에 대하여 화폐가치로 환산하기 위하여, 산림청과 국립산림과학원(2012)의 “주요 산림수종의 표준 탄소 흡수량(2012. 11. 14)”에 의하면 10년생 잣나무 숲 면적 1ha에서 온실가스 흡수량은 5.3 CO<sub>2</sub>이다. 시뮬레이션에서 에너지 절감으로 인한 탄소 감소량을 숲의 면적으로 환산하면 65.47ha가 된다. 기후변화 2014 종합보고서(IPCC 2014)에 의하면 온실가스는 CO<sub>2</sub> 76%, CH<sub>4</sub> 16%, N<sub>2</sub>O 6% 및 기타 2%로 구성되어 있으므로 환산면적 65.47ha의 76%이므로 CO<sub>2</sub> 감축가치는 111,953천원으로 산출된다.

### 6) 임대료 증가

인증에 의해 인센티브 용적률은 조례로 정한 기본 용적률의 8%의 추가 용적률을 획득할 수 있다. 시물레이션 지역은 상업지역으로 조례상 용적률이 600%이므로 인센티브 용적률은 48%이며, 건축면적으로 환산하면 504㎡가 된다. 이면적을 임대시 보증금과 월 임료를 전세금으로 환산한 금액인 임대료의 추가 수입이 발생한다. 시물레이션 지역이 강남권(KBD)으로 2016년도 서울 대형오피스빌딩 시장동향보고(서울특별시 2017)에 의하면 KBD의 평균 공실률은 5%이고, 평균 8,522천원/3.3㎡으로 조사되었다. 그러므로 면적 증가분 504㎡이나 KBD 공실률이 5%이므로 순 임대면적은 478㎡이 되므로 한해 임대료는 1,236,467천원이 된다.

## 3. 소 결

### (1) 비용 및 편익 합계

비용( ) 합계는 인증 비용으로 1,702,620천원이며, 인센티브 용적률 획득으로 면적 증가로 인한 공사비는 1,281,168천원이므로 총 2,983,788천원으로 산정되었다.

제도적 편익으로 취득세는 10%로 감면을 받아 107,296천원으로 산정되었다. 재산세는 준공 후 5년 동안 매년 10%를 감면 받는데 현재가치는 29,033천원을 감면받는다. 건축기준 완화 즉 인센티브 용적률은 48%를 받아 건축면적 504㎡가 증가되었다. 용적률을 선행연구를 통해 화폐가치로 환산하면 1,125,000천 원으로 산출되었다. 건축면적 증가 공실률을 감안할 시 보증금과 월 임료를 전세금으로 환산한 금액인 임대료는 1,236,467천 원으로 산출되었다. 이는 초기에 환수가 가능한 금액으로 분류할 수 있다.

유지관리 시 에너지 절감 편익은 이는 절감전 비용 137,570천원에 29.5%가 절감되어 매년 절감편익은 40,624천원으로 산출되었다. 그러나 에너지 절감을 위한 시설투자비를 회수하기 위하여는 55년이 걸리므로 설비 내구연한이 20년으로 가정하였을 때 내구연한 이내에 비용을 회수할 수 없는 구조이다. 또한 수자원 비용 절감은 비 인증 건축물 수자원 비용은 129,198천원으로 절감을 “ ” 은 54.6%로 절감 편익은 매년 70,441천 원으로 산출되었다. 편익으로 인한 비용회수기간은 4년이다. 이는 설비 내구연한을 20년으로 가정했을 때 내구연한 이내에 비용을 회수할 수 있는 구조이다. 또한 탄소 발생 감소로 인한 편익은 147,962천 원으로 이는 잣나무 숲의 가치로 환산하였기 때문에 초기 회수 가능 편익으로 분류한다. 이를 정리하면 표 2와 같다.

표 2. Cost and Benefit Classification : (KRW 1,000))

Division	Cost	Short-term benefits	Long-term benefit
Certification fee	1,702,620		
Additional construction cost	1,281,168		
Acquisition tax Reduction		107,296	
Property tax Reduction		29,033	
Floor area ratio value		1,125,000	
Energy saving			40,624(Year)
Water saving			70,441(Year)
Carbon abatement value		111,953	
Rental cost		1,249,813	
SUM	2,983,788	2,623,095	111,065

### (2) 투자비용 회수기간

모든 편익 발생할시 식 17은 편익이 다양하고 장기에 발생하였을 때 이용할 수 있는 모형으로 이를 적용하기 위하여 식 10을 사용하기 위하여 표 2에서 단기회수 (Short-term benefits)과 장기 회수 (Long-term benefit)가능부분으로 구분하였다. 단기회수 가능 부분은 비용(c)에서 바로 차감하고 장기회수 부분은 이자

을 5.5%와 예상 물가 상승률 3%를 적용하여 식 17로 산정하면 투자비용 회수기간은 5년으로 경제성이 있다고 판단된다.

용적률 인센티브 부분을 받지 못한 것으로 투자비용 회수 기간을 구해 보면 용적률 가치와 임대료가 단기 회수 가능부분에 제외되며, 연면적 증가에 따른 공사비가 제외되므로 투자비용 회수기간은 15년이 된다.

편익 중 제도상 인센티브가 없는 경우로 투자비용 회수 기간을 구해보면 제도상 인센티브는 용적률 완화, 취득세 및 재산세이므로 이를 제외하면 투자비용 회수 기간을 구해 투자비용 회수기간은 16년이 된다.

인증 건축물 편익을 비용회수 기간을 산정한 결과, 투자 대비 편익 회수 기간은 제도적 인센티브를 받은 모든 편익을 고려하면 5년, 용적률 인센티브가 없으면 15년, 모든 제도상 인센티브가 없으면 16년으로 분석되었다. 이는 설비 내구연한인 20년 이내에 투자한 비용의 회수가 가능하다는 것을 의미하며, 인센티브 효과는 용적률 완화가 가장 영향력이 크다.

## V. 결 론

산업혁명 이후 환경문제에 대한 관심이 점차 고조되어 1997년 기후변화 협약에 따른 교토의정서 채택을 선두로 수차례 기후변화 정상회담을 걸쳐 각국의 온실가스 절감 목표치를 설정하였다. 이에 발맞추어 우리나라도 건물부문의 높은 온실가스 배출량을 감축하기 위하여 녹색건축물 및 건축물 에너지 효율 등급 제도를 통해 저에너지 건축물을 지향하고 있다. 그리고 민간 부문의 자발적 참여를 유도하기 위해 인센티브 제도를 도입하여 시행하고 있으나, 2015년도 준공된 건축물중 인증 실적은 0.25%로 저조하다. 비 인증 건축물에 비해 인증 건축물이 추가 비용이 많이 든다는 이유에서 시장에서 선호되지 않기 때문이다. 인센티브의 실효성에 대한 의문이 여전히 제기되고 있으며, 지금까지 선행연구에서 단편적으로 에너지 절감을 위주로 인증제도 편익을 연구하여 경제성이 없는 것으로 알려졌다. 그러나 비 인증 건축물에 비해 인증 건축물이 시장에서 선호되기 위해서는 시장논리에 의한 경제적 타당성에 의해 판단될 필요가 있다. 본 연구에서는 건축주의 비용 및 편익 관점에서 분석하고 단편적인 것이 아닌 건축물의 생애주기 측면에서 경제성을 연구하여 개선 방향과 시사점을 제시하였다.

우선 비인증 및 인증 건축물 생애주기 비용 및 편익 요소를 분석하여 변수를 도출하였다. 비용 변수는 인증을 위한 추가 사업비이다. 편익 변수는 용적률 추가 확보, 취득세 및 재산감면, 임대료, 에너지 비용 절감, 수자원 비용 절감, 탄소 감소 비용을 선정하여 BC분석 및 비용회수기간을 실증적으로 검증하였다. 둘째, 녹색건축물의 가치에 대한 비용-편익 및 비용회수 모형을 설정하고 시뮬레이션을 시행 한 결과, 인증을 위한 추가 사업비는 총 2,983,788천 원으로 산정되었다. 편익으로는 세금 감면사항으로 취득세 감면이 107,296천 원, 재산세 감면은 5년간 준공시점 현재가치로 29,033천 원으로 산정된다. 건축 가치 향상은 용적률 가치 1,125,000천 원, 임대료 증가 1,236,467천 원의 편익이 발생했다. 유지관리에서 발생한 편익은 에너지 절감액이 년 40,624천 원, 수자원 절감 비용은 70,544천 원, 탄소발생 감소 편익은 111,953천 원으로 산출되었다.

셋째, 개별적 편익으로 투자비용 환수 기간은 에너지 부문은 55년, 수자원 분야는 4년으로 개별적으로 설비 내구연한이 20년으로 가정할 때 경제성이 분명하게 차이가 있다. 녹색건축물 인증 우수등급 및 건축물 에너지 효율 인증 1등급을 받아 취득할 수 있는 모든 편익에 대한 비용회수 기간은 5년이다. 용적률 인센티브를 취득하지 못하는 경우에는 15년, 모든 제도상 인센티브를 취득할 수 없을 때는 16년의 비용회수기간이 산정된다. 건축물의 설비 내구연한인 20년 이내에 비용회수가 가능 구조이며, 인센티브 효과에서는 추가 용적률이 가장 영향력이 크다.

본 연구는 강남구 상업지역내 업무시설로 한정하여 분석되어 모든 지역 내 건축물로 일반화하는 데는 한계가 있다. 향후 다른 용도지역 내 다양한 건축물의 인증에 대한 건축물 생애주기에 따른 실증 연구가 요구되며, 화폐가치로 아직까지 환산되지 않은 녹색건축물의 가치인 생산성 향상, 학생들의 성적 증가, 건강 및 어머니티 개선, 의료비 등 보건비용 지출의 감소 등에 대한 후속 연구가 필요하다.

## REFERENCES

1. Australian Conservation Foundation (ACF), Australian Council of Social Service (ACOSS) and Choice, (2008). Energy and Equity Preparing Households for Climate Change: Efficiency, Equity, Immediacy. [www.acoss.org.au](http://www.acoss.org.au).
2. Chae, M. (2010). The Transfer System of Floor- Area-Ratio , A New Approach to Advanced Territorial Management in South Korea(II), Korea Research Institute for Human Settlements,
3. Davis Langdon (2007). The Cost and Benefit of Achieving Green Buildings.
4. Dell'Isola, A & S.J. Kirk, (1981) Life Cycle Costing for Design Professionals, Mc Graw-Hill book company, New York.
5. Fisher, I. (1930). The Theory of Investment Macmillan, New York
6. Han, H., Yoon. Jang, C. & Lee, J. (2011). Study on the Improvement of Incentive System for The Building Energy Efficiency Rating System, Journal of the Architectural Institute of Korea, Planning & Design, 27(5), 13-20.
7. Horne, R., Morrissey, J., O'Leary, T., Berry, M., Hamnett, S., Kellett, J. & Irvine, S. (2008). "Lifetime Affordable Housing in Australia; Assessing Life Cycle Costs," 3rd Australian Housing Researchers' Conference, Melbourne.
8. Intergovernmental Panel on Climate Change(IPCC). (2014), Climate Change 2014 Synthesis Report.
9. Lee, J., Lee, C., Koh, H., & Lee, H., (2008). Value of Environment-Friendly Characteristics in Apartment Complexes, Journal of Korea Planners Association, 43(1), 101-110.
10. Kang, B., & Yuh, O. (2014). Analysis of the Impact of G-SEED on Real Estate Price : Focused on Apartment House, The Geographical Journal of Korea, 48(1), 79-92.
11. Kats, G., Alevantis, L., Berman, A., Mills, E. & Perlman, J. (2003), The Cost and Financial Benefits of Green Buildings , A report to California's Sustainable Building Task Force, Capita IE.
12. Kats, G. (2009), "Green Buildings and Communities: Costs and Benefits," [www.goodenergies.com](http://www.goodenergies.com).
13. Kim, H., Now, D. & Song, O. (2011). Assessment on the Economic Feasibility of Green Home Project : Based on DCF Law Journal of Aggregate Buildings Law 8. 165-186.
14. Kim, J.(2015), Cost and Benefits of Energy-Efficient Housing, and Demand, Korea Housing Finance Corporation Publication data.
15. Kim, T., Cho, Y., & Lee, S. (2013). A Economic Feasibility Analysis of Building Energy Efficiency Rating System, Journal of Korea Real Estate Institute Real Estate Research, 23(1), 223-243.
16. Korea Corporate Information. (2016) Korea Price List
17. Korea Energy Management Corporation. (2011). Guideline for Energy Saving Design of Buildings.
18. Korea Forest Service. (2012). Standard Carbon Uptake of Major Forest Species.
19. Korea Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs. (2016). Green Building Operations Manual.
20. Na, H., Oh, S., & Kang, B.,(2004). A Study on Effects of Green Building Certification Indicator Factor on Decision of Housing Prices, Journal of the Architectural Institute of Korea Fall Conference 24(2), 603-606.
21. Oh. S., Kim, H. & Choi, J. A. (2008). Case Study on the Economic Evaluation of the Certified Green Building , Focused on the Water Resource Items, Journal of the Architectural Institute of Korea Association Conference 24(2), 603-606.
22. Reardon, C. (2013), Your Home: Australia's Guide to Environmentally
23. Shin, S., Jung, J. & Lee, H. (2014). Cost-Benefit Analysis of Incentive for the Green Building Certification Criteria (GBCC) of Apartment Building Project, Journal of the Regional Association of Architectural Institute of Korea, 16(6), 219-226.
24. Seoul Metropolitan City Land Management Division. (2017). Seoul Large Office Building Market Trend Report.
25. Seoul Metropolitan City Technical Examination Officer. (2013). Seoul City's Energy-Saving Green Building Construction Cost Guidelines
26. Transaction price. (2016). Construction Standard