

# 공동주택 전과정평가 모형 개발 및 사례 연구

정영선, 이승언, \*허정호

(한국건설기술연구원, \*서울시립대학교 건축학부 건축공학전공)

## Development of Life Cycle Assessment Program for Apartment House and Case Study

Young Sun Jeong, Seung Eon Lee, \*Jung Ho Huh

(Building Planning & Environment Research Division, Korea Institute of Construction Technology,  
\*Division Architectural Engineering, School Architecture & Architectural Engineering, University of Seoul)

### ABSTRACT

The purpose of this research is to develop method and tool that are available to quantitatively estimate CO<sub>2</sub> exhaust, energy consumption and resource for an apartment house. This study provided life cycle assessment program for estimating carbon dioxide emission of an apartment housing and composed database of energy consumption unit and carbon dioxide emission unit outputted by input-output analysis. This study fixed the basic guidelines as provided by ISO 14040's. Hereafter, we have to expand database of a unit of environmental load for building materials and verify logics and composition of life cycle assessment program by estimating sample building.

Keywords : LCA, Apartment house, Environment load, CO<sub>2</sub> emission Input-Output analysis

### 요약문

국가적 차원에서 기후변화협약의 효율적 대응을 위한 건설부문의 온실가스 감축계획 수립 및 이행을 위해서 국내 건설분야의 온실가스 발생량에 대한 실질적인 자료 확보가 반드시 필요한 실정이다. 그러나 현재 건설부문의 자원 및 에너지 소비량과 온실가스 배출량에 대한 통계 자료 등 실질적인 자료 확보가 절대적으로 부족한 실정이다. 본 연구는 공동주택의 라이프사이클 과정에서 발생시키는 자원 및 에너지소비량, 온실가스 배출량을 정량적으로 평가할 수 있는 전과정평가 모형의 개발과 그 사례연구를 목표로 하였다. 개발 프로그램의 사용성 및 적용성을 확장하고 동시에 경제성 평가 기능을 부여하여 환경친화적 건축물의 구축에 있어 실현 가능한 대안의 도출과 국가의 친환경적 정책의 국가 경제성 평가를 가능하도록 하고자 하였다.

주제어 : 전과정평가, 공동주택, 환경부하, 이산화탄소 배출량, 산업연관분석법

## 1. 서론

### 1.1 연구의 배경 및 목적

지구환경문제는 국제사회의 주요 논점으로 21세기에는 경제, 사회, 문화를 지배하는 주된 이슈로 자리잡고 있다.

온실가스 감축에 대한 자발적 의무부담을 협의한 바 있는 기후변화협약에 능동적으로 대처하기 위해서는 각 산업이 배출하는 온실

가스의 양을 정량적으로 파악하는 것과 향후 얼마만큼 배출할 것인지에 대한 국가적 예측은 무엇보다도 중요한 사항이 되고 있어 이를 위해 온실가스 배출량 산출에 대한 평가기법 개발이 필요하다.

국내에서는 환경친화적 건축물의 육성을 위한 정부, 업계, 민간의 관심이 증대되고 있으며 이를 위한 조치 및 활동들이 활발히 진행되고 있다. 국가적 차원에서 기후변화협약의

효율적 대응을 위한 건설부문의 온실가스 감축계획 수립 및 이행을 위해서는 국내 건설분야의 온실가스 발생량에 대한 실질적인 자료 확보가 반드시 필요한 실정이다. 그러나 현재 건설부문의 자원 및 에너지 소비량과 온실가스 배출량에 대한 통계자료 마련 및 실질적인 자료 확보가 절대적으로 부족한 실정이다.

공동주택은 건축물 용도별 중 건축공사 비율이 86%이상<sup>1)</sup>을 차지하고 있으며 국내 건설 부문에서 공동주택이 차지하는 이산화탄소 발생량도 많은 부분 차지할 것으로 예상된다. 따라서 공동주택의 온실가스 배출량에 대한 정확한 평가는 중요하며 이러한 평가를 통해 건축공사 중 공동주택 건설이 이산화탄소 배출량에 있어서 공사의 양적 우세 때문인지, 호당 건설 시에도 많은 배출을 하고 있는지 알아봄으로써 이산화탄소 배출량을 효과적으로 저감시킬 수 있는 방안을 마련하는데 기초 자료로 제공하고자 한다.

본 연구는 공동주택의 라이프사이클 과정에서 발생시키는 이산화탄소 배출량을 정량적으로 평가할 수 있는 전과정평가 모형(LCA Program)을 개발을 목표로 하였다. 개발 프로그램의 사용성 및 적용성을 확장하고 동시에 경제성 평가 기능을 부여하여 환경친화적 건축물의 구축에 있어 실현 가능한 대안의 도출과 국가의 친환경적 정책의 국가 경제성 평가를 가능하도록 하고자 하였다.

## 1.2 기존의 연구

전과정평가에 의한 건축물의 환경평가를 위해 선진국들은 1990년대 초반부터 국가차원의 개발에 착수하였다. 또한 시행을 위한 기술적인 근거를 수립하고 건축물 전과정평가를 위한 기본적인 방법론을 구축하고 있으며 현재 제도적 시행을 위한 검토단계에 있다. 국외의 건설산업에 활용되고 있는 프로그램 및 데이터베이스로는 AIJ LCA(일본), Eco-Quantum(네델란드), GaBi(독일), SimaPro(유럽), LCA-MCDM, Bees(미국)가 있다.

국내에서 개발된 전과정평가 또는 환경부하 평가 프로그램으로는 환경부의 'TOTAL 프로그램'과 한국인정원의 'PASS LCA 소프트웨어'가 있다. 두 프로그램은 목록분석에 의한

데이터베이스를 구축하여 일반적인 전과정평가를 수행할 수 있도록 구성되었으며 현재 제품에 대한 환경성적표지 결과에 활용하고 있다. 그러나 건설자재는 시멘트, 판유리, 철강, PVC 등으로 건축자재의 활용 데이터가 아직은 부족하고 설계에서부터 폐기에 이르는 건축물의 라이프사이클을 반영하여 평가하기에는 어려움이 있다.

## 2. 건설자재의 환경부하 원단위 데이터

LCA를 위한 환경부하 원단위 데이터는 각 산업분야에서 활발히 구축작업을 시행하고 있으나, 아직까지 국가 주요 산업물에 대해 제한적으로 제시되고 있으며 건축분야에서 건축물 LCA를 위해 활용될 수 있는 국내 데이터베이스는 없는 실정이다.

건축물의 자재별 환경부하의 원단위 데이터베이스 구축은 그 목적과 범위에 따라 달라질 수 있다. 본 연구의 원단위 데이터베이스의 구축은 공동주택 및 상업용 건물의 건설과정에 있어서 건축자재 생산에 투입되는 자원 및 에너지소비량, 온실가스 배출량을 정량적으로 평가하는 데 있다. 본 연구에서는 건설자재의 환경부하 원단위 데이터로 김종엽(2004년)<sup>2)3)</sup>의 연구에서 설정된 건설자재의 환경부하 원단위 데이터 산출 방법을 활용하였다.

산업연관분석은 한 나라의 경제를 나타내는 산업연관표에 의해 산업별 투입구조를 분석하여 원단위 데이터베이스를 구축하는 방법론으로 국민경제 전체를 포괄하면서 전체와 부분을 유기적으로 결합하고 있어 거시적 분석이 미치지 못하는 산업과 산업 간의 연관관계까지도 분석이 가능하기 때문에 건축 산업의 수요발생 시 산업전체에 대한 영향을 파악하는데 적절한 분석방법이라 할 수 있다.

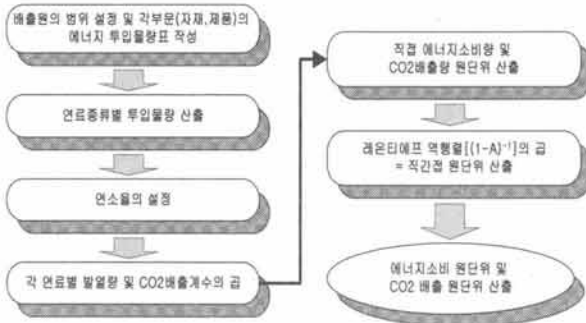
### 2.1 원단위 산출 방법

건설자재 환경부하 원단위 데이터는 산업연관분석의 기본이론을 기초로 에너지투입산출(EIO, Energy Input-Output) 모형에 기반을 두고 한국은행 2000년 산업연관표<sup>4)</sup>를 활용하여 산출하였다. 산업을 에너지산업과 비에너지

산업으로 구분하여 에너지 투입은 물량단위로, 비에너지투입은 금액단위로 나타낸다.

에너지소비량 원단위 및 CO<sub>2</sub> 배출량 원단위의 산출 프로세스를 표시하면 [그림1]에 나타낸 것과 같다.

[그림1] 건설자재 CO<sub>2</sub>배출 원단위 산출 프로세스



먼저, 각 부문에서 에너지소비나 CO<sub>2</sub> 배출에 원인으로 된 연료종류별 투입량을 추계한다. 다음에, 연소율을 설정하여 연료종류별 투입량에서 연료로서의 에너지 소비에 기여한 투입량을 구한다. 또한, 각 연료별 발열량 및 CO<sub>2</sub> 배출계수를 곱하고 더하여 부문별 직접 에너지소비량 원단위 및 직접 CO<sub>2</sub> 배출량 원단위를 구한다. 그 다음에는 직접부문의 원단위에 레온티에프 역행렬 즉  $(I-A)^{-1}$ 인 유발계수로부터 각 부문별 직간접 원단위를 산출하게 된다.

국내에서는 적산법에 의한 모든 건축자재의 인벤토리 데이터가 충분히 정비·공표되어 있지 않는 현 단계에서 산업연관표를 이용한 데이터가 유용한 데이터 소스의 하나이며 특히 모든 제품이나 서비스를 망라하고 있다는 점에서 의의가 클 것으로 판단된다.

### 3. 공동주택의 전과정평가(LCA) 모형 개발

#### 3.1 기본지침 및 활용범위 설정

본 연구에 적용된 LCA의 기본지침은 ISO 14040's 규격에서 정하는 보고서 기재사항에 따르며, 건축물 LCA 기법 개발의 기본 원칙은 ISO 규정을 기본으로 하였다.

LCA목적 설정은 LCA 수행의 전체적인 방향을 설정하는 단계이기 때문에 매우 신중하

게 결정되어야 한다. 본 연구에서 개발된 전과정평가 모형의 활용을 위해 건축물 전과정평가의 목적별 주요 활용내용 및 필요 데이터를 [표1]과 같이 설정하였다. 본 연구의 전과정평가 모형은 건축환경 정책의 수립, 건물의 환경성능 평가, 건축물 설계시의 최적 대안 선정에 활용될 수 있을 것으로 보인다.

[표1] 건축물 LCA 실시 목적의 분류

목적별 분류	활용 내용	필요 데이터	보고 대상지
건축 환경 정책의 평가	-국내건축물의 환경부하발생총량 평가 -장수명화대책, 에너지절약대책, 리모델링 육성정책 등 건축정책이 갖는 장기적 환경부하 저감 대책의 평가	-산업연관분석법에 의한 원단위 데이터베이스 -경제성 평가용 D/B	정책 수립자
환경성능인증제도로서의 활용	-건축물의 제반 환경친화적 설계대안에 대한 정량적 평가 수단의 제공	-산업연관분석법에 의한 원단위 D/B -적산법에 의한 자재의 개별 원단위	성능인증기관
건축설계대안에 대한 환경영향도 평가	-설계안에 대한 환경부하방출량의 산출 -환경부하 저감을 위한 설계대안의 평가 -설계대안의 경제성 평가	-산업연관분석법에 의한 원단위 D/B -적산법에 의한 자재의 개별 원단위 -경제성 평가용 D/B	건축주

#### 3.2 활용데이터의 설정

건축물의 전과정평가의 수행에는 많은 데이터가 필요하나 개별 연구에서 모든 데이터를 산출하거나 수집하는 것에는 한계가 있다.

본 연구에서는 국내 산업의 평균적인 조건을 반영한 데이터 사용을 원칙으로 [표2]와 같이 활용 가능한 데이터를 수집하고 국가 또는 공공기관의 공식적인 자료로 활용 순위 및 등급을 정하여 가능한 정량적이고 일반화된 데이터를 사용토록 하였다. 특히, 물가변동 및 수선율, 갱신 및 개수주기, 재건축 주기 등의 미래 예측이 필요한 데이터는 국가기관 수준의 공신력있는 데이터나 공공기관의 공식자료 및 통계자료를 활용하였다.

#### 3.3 목록분석(Inventory Analysis)

건축물은 설계, 건설자재의 생산, 그 자재를 이용한 시공, 건물의 사용 및 관리, 폐기 및 재건축 단계까지 많은 과정을 거치게 되며, 이 과정동안 많은 투입물과 산출물이 발생한다.

이러한 건축물의 전과정평가를 위한 데이터는 복잡한 구조를 가지며 수많은 데이터수를 수집, 처리하여야 한다.

[표2] 전과정평가에 적용된 활용데이터 및 등급

등급 순위 활용분야	1순위	2순위	3순위	4순위
에너지의 온실가스 환산기준	IPCC	ISO 14000's	일본건축학회 AIJ LCA	국외선진국 발표자료
자재별 에너지 소비 및 온실가스 배출 분석자료	산업연관 분석표 (한국은행)	산자부, 환경부의 자재 원단위 데이터	일본건축학회 AIJ LCA	-
건축물의 자재 투입물량	건물신축 단가표 (한국감정원)	표준물량분석 자료 (주택공사)	민간업체의 설계 및 건축자료	-
자재 및 설비의 수명 및 수선율	주택관리규정 시행세칙 제 12조 및 13조	일본 건축학회 및 건축연구소	ASHRAE 및 일반화술 자료	한국감정원 및 주공 자료
자재의 가격 기준	산업연관 분석표 (한국은행)	건물신축 단가표 (한국감정원)	주택공사 자료 및 조달청 가격	물가정보 및 민간업체 자료
건축물의 에너지 사용량 산정	건축법 시행규칙 제22조	국내 에너지원단위 산행연구자료	국외 에너지원단위 학술 자료	기존 에너지 분석기법에 의한 결과
경제관련 자료	한국은행 자료	통계청 경제자료	물가정보	민간 및 기존 연구결과

※ IPCC = International Panel of Climate Change

따라서 건축물의 전과정을 한번에 고려하기 보다는 건축물의 라이프사이클의 특성과 데이터 수집의 용이성을 고려하고 에너지의 투입 단계를 건설자재 생산단계, 건축물 사용 및 유지보수 단계 등으로 구분하여 [그림2]와 같이 설계, 시공, 운용에너지사용, 유지관리, 수선, 개수, 해체/폐기, 재건축 단계로 분류하였다.

[그림2] 건축물 라이프사이클 단계별 목록분류



① 설계 및 감리 (비공사 부문 에너지 투입)

설계 및 감리와 관련한 환경부하는 신축공사, 재건축공사, 개수공사시의 설계 및 감리업무에서 발생하나 대부분 인력에 의한 작업임에 따라 전체 라이프사이클 CO<sub>2</sub> 배출량에서 차지하는 비율은 1%미만으로 간주되고 있다. 건축물의 설계 및 감리와 관련한 환경부하는

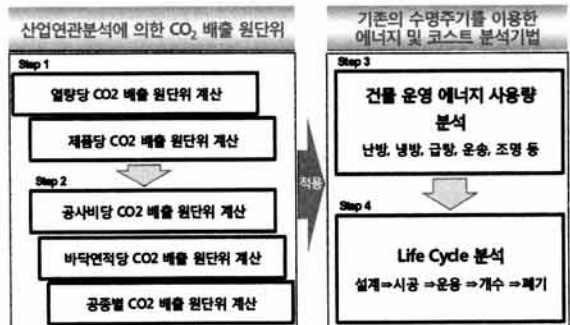
토목 및 건축관련 서비스(건축설계감리) CO<sub>2</sub> 배출량 원단위로 인건비 만원 당 0.3 kg-CO<sub>2</sub>를 적용<sup>5)</sup>하였고 건축물 공사비용에 설계감리요율(3%)을 곱하여 산출한다.

② 신축·수선·개수·재건축·폐기 (공사 부문 에너지투입)

신축공사·재건축공사·수선공사·개수공사·폐기에 관련한 환경부하는 [그림3]에서 도식적으로 나타낸 것과 같이 종래의 공사비 계산 수법과 라이프사이클코스트 계산(LCC) 수법이 응용되어 산출된다.

신축공사의 환경부하를 산정하면, 여기에 수선율, 갱신주기 및 개수공사주기, 재건축 주기, 폐기물 운송거리 등의 계산 조건을 적용하여 신축공사, 재건축공사, 수선, 개수공사, 폐기처분까지의 환경부하를 산출할 수 있다.

[그림3] 건설공사부문 환경부하 계산 체계



신축공사는 건축물의 공중별 건축자재 투입물량을 산정대상으로 하며 신축공사 시 건축자재의 사용에 의한 CO<sub>2</sub> 배출량(kg-CO<sub>2</sub> /m<sup>2</sup>)은 다음의 식에 의해 계산한다.

$$\begin{aligned}
 & \bullet A \text{ 자재에 의한 CO}_2 \text{ 배출량(kg-CO}_2 \text{ /m}^2\text{)} \\
 & = A\text{자재의 연면적당 투입물량(m}^2\text{/m}^2\text{)} \times \text{중량 환산치(kg/m}^3\text{)} \times \text{CO}_2 \text{ 원단위(kg-CO}_2 \text{ /kg)}
 \end{aligned}$$

수선과 관련한 환경부하는 신축공사와 관련한 공사 세목별 CO<sub>2</sub> 배출량에 공사세목별 수선율(%/년)을 곱하고, 여기에 신축공사의 직접공사분에 해당되는 CO<sub>2</sub> 배출량에 대한 공통비분을 포함한 CO<sub>2</sub> 배출량의 비율을 곱하여 산출한다.

$$\bullet \text{수선과 관련한 라이프사이클 CO}_2 \text{ 배출량 ((kg-CO}_2 \text{ /년} \cdot \text{m}^2\text{)}$$

$$= \Sigma\{\text{공사세목별 신축공사의 CO}_2 \text{ 배출량} \\ ((\text{kg-CO}_2 / \text{m}^2) \times \text{공사세목별 수선율}(\%/ \text{년}) \div 100) \times \{\text{신축공사의 공통비분을 포함한 CO}_2 \text{ 배출량}(\text{kg-CO}_2 / \text{m}^2) \div \text{신축공사 직접공사분 CO}_2 \text{ 배출량}(\text{kg-CO}_2 / \text{m}^2)\}$$

개수공사의 환경부하는 다음 식에 의하여 계산된다.

$$\bullet \text{ 개수공사의 라이프사이클 CO}_2 \text{ 배출량}(\text{kg-CO}_2 / \text{년} \cdot \text{m}^2)$$

$$= \Sigma\{[\text{공사세목별 신축공사의 CO}_2 \text{ 배출량} \\ ((\text{kg-CO}_2 / \text{m}^2) \times \text{공사세목별 개수공사회수} \\ (\text{회})] \div \text{평가대상기간}(\text{년})\} \times \{\text{신축공사의 공통비} \\ \text{분을 포함한 CO}_2 \text{ 배출량}(\text{kg-CO}_2 / \text{m}^2) \div \text{신축공} \\ \text{사직접공사분 CO}_2 \text{ 배출량}(\text{kg-CO}_2 / \text{m}^2)\}$$

평가대상기간 동안 재건축 공사가 발생할 경우, 재건축 공사 시에는 신축공사와 같은 CO<sub>2</sub> 배출량이 발생하는 것으로 간주하고 재건축 공사의 회수는 다음과 같이 산정하였다.

$$\bullet \text{ 재건축공사 회수} \\ = \text{평가대상기간}(\text{년}) \div \text{재건축주기}(\text{년}) - 1(\text{회}) \\ \bullet \text{ 재건축공사의 CO}_2 \text{ 배출량}(\text{kg-CO}_2 / \text{년} \cdot \text{m}^2) \\ = \text{신축공사의 CO}_2 \text{ 배출량}(\text{kg-CO}_2 / \text{m}^2) \times \\ \text{재건축회수}(\text{회}) \div \text{평가대상기간}(\text{년})$$

건축물은 수명이 끝나면 파괴되어 건축폐기물로 변하게 되며 이들의 일부분은 폐기되며 일부분은 다른 제품의 원료로서 사용되거나 다시 건축자재로 재사용된다. 따라서 이 단계에서 고려해야 할 가장 중요한 부분은 폐기되는 물질의 종류와 재활용되는 물질의 종류를 파악하고 이들의 양을 정확하게 할당하는 것이다. 하지만 대상 건축물에 대한 폐기 및 재활용 비율의 실측치는 사용단계에서와 마찬가지로 실측치를 수집하기 어렵다.

또한 건설부산물의 재자원화(재사용, 재활용), 소각, 매립 등 최종처분과 관련한 부분은 현재로서 자료가 정비되어 있지 않음으로 재활용 및 폐기처분의 환경부하는 본 연구의 전과정평가에 포함하지 않았다.

③ 운용에너지 (사용 중 직접 에너지 투입)  
운용에너지에 관련한 환경부하는 통상 건축

물의 LCI(Life Cycle Inventory)의 50% 이상을 차지하고 있기 때문에 검토의 정밀도를 높일 필요가 있다. 운용에너지는 건축법 시행규칙 제22조의 건축물에너지절약설계기준에 의해 산출되는 에너지성능지표(EPI) 또는 에너지성능인증제도에서 사용되는 에너지사용량 데이터 등을 이용할 수 있으며, 별도로 정하는 방법에 따라 산출한 결과를 적용할 수 있도록 하였다.

#### ④ 유지관리 (사용 중 간접 에너지 투입)

유지보수단계는 사용단계와 실측데이터를 수집하기가 어려우므로, 연간 평균 유지·보수와 투입·산출물 그리고 에너지 사용량을 고려하는 방식을 사용하여 데이터를 추정할 수 있다. 유지관리와 관련한 환경부하는 주로 인력에 의존한 것이 많아, LCI에서 차지하는 비율은 작지만 라이프사이클코스트(LCC) 측면에서는 에너지 비용 이상으로 큰 비중을 차지할 경우도 있다. 따라서 유지관리비용을 산정하고 여기에 금액 당 환경부하원단위를 곱하여 산정한다.

### 3.4 공동주택 전과정평가(LCA) 모형

본 연구에서 개발된 공동주택 전과정평가를 위한 모형은 데이터베이스 관리가 용이하며 사용자들이 쉽게 활용할 수 있고 제3자에 의해 차후 원단위 데이터 등의 수정 및 개량이 가능할 수 있도록 Microsoft Excel for Windows 프로그램으로 작성되었다.

[표3] 공동주택 전과정평가 모형의 구성 및 내용

구 성	내 용
개요	프로그램의 소개 및 개요
기본정보	평가 대상 건축물의 개요 입력 -연면적, 건물명, 평가기간 -건축물 수명 -인벤토리 경계조건, 영향평가를 위한 가중치
주요 입력 데이터	-건축공사 관련 투입물량 입력
에너지 소비량	-에너지소비량 산출 및 입력
환경부하 원단위 Database	건축자재 및 설비관련 에너지사용 원단위 및 이산화탄소 등 온실가스 배출 원단위 데이터베이스
LCA 계산시트	이산화탄소의 목록별 계산 및 결과 도출
LCC	수명주기비용분석을 통한 경제성 평가

프로그램의 계산 로직은 3.2절의 활용데이터와 3.3절의 목록분석에서 제시한 건축물 라이프사이클 단계별 환경부하 산정 방법을 적용하였다. 평가모형의 구성은 [표3]과 같다.

(1) 기본정보 입력

평가하고자 하는 건축물의 기본적인 정보를 입력하는 부분으로 주요 입력 항목으로 건축물의 이름, 연면적, 평가기간, 건축물의 예상수명, 물가상승률 및 공사비 보정값 등이 있다.

건축물의 환경부하를 평가하고자 하는 기간은 년(year) 수로 설정하여 평가대상 기간으로 한다. 단, 평가하는 건축물의 라이프사이클 중에는 신축, 재건축, 개수 등의 각 공사에 의해 건물을 사용할 수 없는 기간은 고려하지 않으며 실제로 사용하는 기간을 평가대상으로 한다.

(2) 건축자재 투입물량 입력

국토해양부의 '건축공사 수량산출기준(2000)'의 공종분류체계에 따라 15개 공종으로 분류된 입력시트로서 프로그램 사용자는 평가 대상 건축물의 공종별 건축자재 투입물량을 [그림5]와 같이 입력한다.

[그림4] 대상건물의 기본정보 입력

[그림5] 건축자재 투입물량 입력

(3) 에너지소비량 입력

건축물의 운용과 관련한 에너지사용량을 입력하도록 한다. 건축물의 사용에 따른 에너지사용량을 도출하도록 “건축물 에너지절약설계기준”의 에너지성능지표(EPI)와 동일한 양식의 계산표가 설정되어 있어 대상 건축물에 적용되는 단열 및 기계, 전기설비의 에너지 항목별 해당 값을 입력하면 건축물의 운용에너지원단위가 자동 산출된다. 또는 건물 에너지해석 시뮬레이션에 의해 도출된 에너지소비량 산출결과를 적용할 수도 있다.

(4) 건설자재의 환경부하 원단위 데이터베이스

원단위 데이터베이스에는 2장에서 논의한 각종 건축 부자재의 환경부하 원단위 데이터가 수록되게 된다. 데이터베이스는 ‘주요 입력 데이터 입력시트’에 연동되도록 하였으며 데이터는 [그림6]과 같이 해당 자재의 행코드, 자재명, 단가, 단위, CO<sub>2</sub> 및 에너지 원단위로 이루어져 있다.

[그림6] 건축자재 환경부하 원단위 데이터베이스

(5) 환경부하 평가 결과

입력 자료와 원단위 DB의 데이터에 따라 계산되어진 결과를 출력하는 시트이다. 계산이 실행되면 평가기간에 따른 연간 면적 당 발생하는 CO<sub>2</sub>배출량(kg-CO<sub>2</sub>/년m<sup>2</sup>)과 소비되는 에너지소비량(MJ/년m<sup>2</sup>)의 결과가 도출된다.

3.4 경제성 평가

경제성 분석기법은 원단위 데이터에서 제공된 건설자재들의 투입물량 및 가격을 이용하기 위해 연간등가법을 경제성 분석기법으로 선정하였다.

연간등가법은 각 대안의 수명주기에 발생하

는 모든 투자비용과 그 대안에 의해 얻어지는 각 시점의 절감액 또는 편익이 매년 균일하게 발생한다고 가정할 경우, 이와 대등한 연간 비용으로 환산하는 방법으로 어떤 시점의 비용과 수입을 매년 균일하게 분할하여 등가 환산함으로써 경제적인 대안을 선정하는 방법이다.

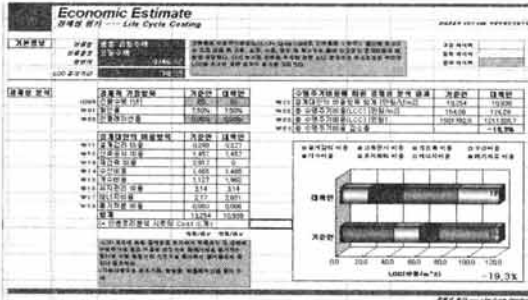
해마다 동일하게 발생하는 비용에 의해 발생하는 돈의 양은 특정 분석기간과 할인율에 대한 등가불현가계수(UPV)를 연간 비용(A)에 곱함으로써 기준시점에서의 현재가치(P)로 할인할 수 있으며 다음 식으로 계산할 수 있다.

$$UPV = \left( \frac{1+i)^N - 1}{i(1+i)^N} \right) \quad (1)$$

$$P(\text{현재}) = A \cdot UPV = A \cdot \left( \frac{(1+i)^N - 1}{i(1+i)^N} \right) \quad (2)$$

건축물에 대해 주어진 데이터와 경제성 평가 시트에 입력한 할인율에 의해 평가기간 동안 건물의 총 수명주기비용을 계산함으로써 평가 대상건물의 총 수명주기비용을 계산한다.

[그림7] LCC 항목- 경제성 평가



## 4. 공동주택 전과정평가 사례

### 4.1 평가 대상 공동주택 개요

평가 대상은 32평형 15층 60세대로 구성된 공동주택 한개 동이며 [표4]에 건축물의 개요를 정리하였다. 건축부자재의 투입물량 데이터는 대한주택공사에서 발행된 '공사비분석자료'를 활용하여 입력하였다. 단, 물량입력 부분 중에서 잡공사 및 마감공사의 자재부분은 입력에서 제외하였고 기계공사의 입력부분에서는 소량의 자재에 대한 부분은 간략화하여 개발 프로그램의 입력형식에 맞추었다. 평가 대

상 공동주택 한 동의 연간 에너지 사용량은 기존의 건물에너지원단위 연구결과<sup>6)</sup>로부터 213 Mcal/년·m<sup>2</sup>를 적용하였고 건축물의 수명과 평가기간은 25년으로 평가하였다.

[표4] 평가대상 공동주택의 개요

내용	기본층 평면도
공동주택	
철근콘크리트	
85㎡ (32평형)	
60세대 (15층)	
연면적 5100㎡	
개별난방	
2000년 기준	

### 4.2 전과정평가 결과

대상건물의 수명동안(25년)의 환경부하를 평가한 결과, 연간 발생하는 CO<sub>2</sub>배출량은 44.47 kg-CO<sub>2</sub>/년·m<sup>2</sup>으로 나타났으며 건축물의 전 생애동안(25년) 발생하는 총 CO<sub>2</sub>배출량은 약 5,671 Ton-CO<sub>2</sub>로 평가되었다.

평가기간 동안 건축물이 사용하는 에너지사용이 전체 CO<sub>2</sub> 배출량의 약 46%로 분석목록 중 환경부하 비중이 가장 높은 것으로 나타났다. 이는 건물에서의 에너지절약 실천 및 절약 기술 개발, 국가의 건축물 에너지관리 정책이 매우 중요한 환경부하 저감 방안이 될 수 있음을 예측하여 볼 수 있다.

[표5] 평가 공동주택의 전과정평가 결과

LCI종별	CO <sub>2</sub> 배출량	
	[kg-CO <sub>2</sub> /년·m <sup>2</sup> ]	비율
설계감리	0.02	0.04
신축공사	14.62	32.88
재건축	0.0	0.0
수선	6.92	15.56
개수공사	1.62	3.64
유지관리	0.85	1.91
에너지	20.44	45.96
합계	44.47	100 %

## 5. 결론

본 연구에서 공동주택의 라이프사이클 과정에서 발생하는 에너지소비량, 온실가스 배출량을 정량적으로 평가할 수 있는 전과정평가 모형을 개발하였으며 ISO 14040's을 따라 기본 지침을 정하고 산업연관표를 이용한 에너지투입산출 모형으로 원단위 D/B를 구축하였다.

본 연구에서 활용한 건설자재의 환경부하 원단위 데이터는 2000년 산업연관표를 이용한 산업연관분석법(input-output analysis)으로부터 건축자재의 에너지소비량 및 CO<sub>2</sub> 배출량 원단위 데이터를 산출하는 방법을 활용하였다. 아직 국내에서 공표된 관련 데이터가 충분하지 못하여 수많은 자재와 여러 과정으로 이루어진 건축물의 전과정평가LCA를 수행하는데 산업연관분석법에 의해 산출된 건축자재의 환경부하 원단위 데이터는 유용하다고 판단된다.

전과정평가를 위한 목록분석은 공동주택의 라이프사이클에 따라 설계&감리단계, 건설공사단계(신축·재건축·수선·개수·폐기), 운용단계, 유지관리로 설정하고, 각 단계별 환경부하는 평가기간에 따른 연간 면적 당 CO<sub>2</sub> 배출량(kg-CO<sub>2</sub> /년·m<sup>2</sup>)으로 산출하였다.

공동주택의 전과정평가 모형은 앞서 제시된 건축자재의 환경부하 원단위 데이터베이스와 목록분석에 의한 단계별 환경부하 산정 방법을 적용하여 평가 대상 건축물의 기본 정보, 건설자재 투입물량 입력, 에너지 소비량 입력과 건설자재 환경부하 원단위D/B, LCA 결과 산출, LCC 항목으로 구성하였다.

개발 모형을 이용하여 수명 25년의 공동주택 60세대 1개 동(棟)의 전과정평가를 수행한 결과, 대상 건축물의 전 생애동안 발생하는 총 CO<sub>2</sub>배출량은 약 5,671 Ton-CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>로 나타났다. 이중 건물의 생애동안 사용하는 에너지사용이 총 CO<sub>2</sub>배출량의 약 46%를 차지하여 가장 높은 비중의 환경부하 요소인 것으로 분석되었다.

## 참고문헌

1. 통계청 통계자료 <http://www.kosis.kr>
2. 김종업, 김성완, 손장열, 「건축물 LCA를 위한 건설자재의 환경부하 원단위 산출 연구」, 대한건축학회논문집, 20권, 7호, p.p. 211~218, 2004.
3. 김종업, 이승언, 손장열, 「건축물 건설단계에서의 에너지소비량 및 CO<sub>2</sub>배출량 원단위 산출」, 대한건축학회논문집, 20권, 10호, p.p. 319~326, 2004.
4. 한국은행, 「2000년 산업연관표」, 2003
5. 日本建築學會, 「建築のLCA指針(案) - 地球温暖化防止のLCCO<sub>2</sub>を中心として-」, 1999
6. 산업자원부, 「건물의 에너지원단위 기준(안)연구에 관한 최종보고서」, 한국에너지기술연구소, p.94~99, 1999.10
7. 대한주택공사, 「주택공사비 분석자료」, 2000
8. 건설교통부, 「건축물의 LCA를 위한 원단위 작성 및 프로그램 개발 연구」 최종보고서, 2004
9. 건설교통부, 「LCC분석절차 및 기법에 관한 업무요령」, 2002
10. 대한주택공사, 「공동주택 생애 총 에너지소비량 산정에 관한 연구」, 1998
11. 이강희, 「공동주택 건설공사에서의 공중에 대한 LCA적용 연구」, 대한건축학회논문집, 19권, 2호, p.p. 27~36, 2003.
12. 정영선, 이승언, 강재식, 건축물의 전과정평가 사례 연구, 2005년 한국전과정평가학회 학술연구논문집, pp. 147-152, 2005.
13. 정영선, 이승언, 강재식, 최경석, LCA에 근거한 건축물 환경부하 평가 프로그램 개발, 2003년 한국전과정평가학회 학술연구논문집, pp. 221-228, 2005.