

# 공동주택 라이프사이클 이산화탄소 산정 프로그램 (ECO-pia) 개발에 관한 연구

이 강희, \*류 승훈, \*이 은택, \*정 미홍  
안동대학교 건축공학과, \*삼성물산 건설부문

## Study on the Development of LCCO<sub>2</sub> Program(ECO-pia ver1.0) in the Apartment Housing

Lee, Kang-Hee, \*Ryu, Seung-Hun, \*Lee, Eun-Tack, \*Jeong Mi-Hong  
Dept. of Architectural Eng., Andong Nat'l Univ., \*Samsung C & T Corporation

### Abstract

The environment is the important resource to use as well as to conserve for the development. Since 1990s, it has accentuated the importance of the environment and tried to conserve the environment in many areas. Among many area, the building industry has played a role to destruct the environment for providing the living decent space and brought the environmental affect. Therefore, the building industry should endeavor to develop the land with the conservation of the nature. In building life cycle, it consumes the energy and natural resources. But it is difficult to evaluate the environmental affect during the whole building life. It is impossible to calculate CO<sub>2</sub> emission without the much time and effort. Therefore. it requires to easily handle the program for calculating the affect to environment in each building life cycle. Until now, many program for assessing the LCCO<sub>2</sub> emission the environment have been developed and limitedly used because of the assessment scope and contents. In this paper, it aimed at developing the assessment program of LCCO<sub>2</sub>, focused on the energy consumption and carbon-dioxide emission compared with the domestic and foreign concerned programs. The developed program is divided into 3 areas; construction, maintenance, demolition.

### 1. 서론

#### 1.1 연구 배경 및 목적

지금까지의 경제·사회의 발전은 지구의 유한한 자원·에너지 등의 소비증가를 계속적으로 요구하는 한편, 자원·에너지 소비로 인한 쓰레기, 산업·생활폐기물, 수질오염, 대기오염 등의 발생 증가로 인해 환경을 오염시키는 역효과를 발생시키고 있다. 따라서 환경이 21세기의 새로운 패러다임으로써 국가경쟁력 혹은 기업의 성장가능성을 좌우하는 요인으로 인식하고 있다. 이와 같은 전세계적인 환경에 대한 분위기 확산과 전환은 환경을 일방적인 이용대상으로써가 아니라 환경을 보전하면서 인간의 삶을 증진하는 상호보완적 이라는 것을 강조하고 있다.

이러한 패러다임의 전환에 따라 건축산업은 자원 뿐만 아니라 에너지, 환경오염 등의 상호영향을 분석, 평가함으로써 환경영향을 사전에 예측하고 환경보전을 위한 다양한 건축기술 개발이 요구되고 있다. 건축은 일반 소비재와는 달리, 건설, 사용 및 유지관리, 철거·해체의 긴 수명을 지니고 있다. 긴 수명동안 에너지 등의 자원을 소비하는 한편, 이산화탄소 등의 환경영향물질을 발생하게 된다.

이를 위해 라이프사이클 과정에서 투입되는 건축자재 및 재료, 혹은 공중에 따른 자원·에너지 소비, 이산화탄소 등의 지구온난화 물질 배출, 건설폐기물의 배출 등에 대한 종합적인 분석·평가가 이루어져야 한다. 특히, 건축산업은 건설로부터 사용 및 유지관리, 철거 및 해체에 이르는 라이프사이클의 각 단계에서 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)를 포함하는 물질의 부하정도를 명확히 하고 건축물에 직·간접적으로 관계하는 부분에 대해 영향을 미치는 정도에 대해 구체적으로 분석할 필요가 있다. 지금까지 이러한 분석은 건축산업이 갖고 있는 특성으로 인해 산정과정이 복잡할 뿐만 아니라 분석범위가 다양하고 실제 적용하는데 많은 노력과 시간이 요구되고 있다.

본 연구에서는 공동주택을 대상으로 하여 라이프사이클 단계별로 투입되는 건축자원, 에너지 등과 이에 의한 에너지 소비량과 이산화탄소 배출량을 분석할 수 있는 프로그램의 구성내용과 속성을 제시하고자 한다. 이것은 계획 및 설계단계에서 공동주택의 에너지 소비와 이산화탄소 배출 측면에서 최적의 대안을 선정하는 의사결정 도구로 활용된다. 뿐만 아니라 이러한 기초적인 구성내용과 속성을 지닌 프로그램 개발을 통해 전과정평가 수행에 따른 시간과 노력을 절감하는데 주요 역할을 할 수 있을 것이다.

## 1.2 연구방법 및 내용

공동주택의 라이프사이클은 크게 건설단계, 사용 및 유지관리단계, 철거·해체단계로 구분된다. 따라서 에너지 소비와 이산화탄소 배출량을 산정하기 위한 프로그램은 라이프사이클 단계를 반영할 수 있어야 한다. 에너지 소비와 이산화탄소 배출량을 산정하는 ECO-pia프로그램의 구성내용 및 속성 등을 제시하기 위한 연구방법 및 내용은 다음과 같다.

첫째, 기존의 국내외 유사한 프로그램의 구성내용 및 특징을 비교, 분석한다. 이와 관련한 프로그램은 국내보다는 국외에서 많은 개발이 있다. 대부분의 개발 프로그램은 냉장고, 전자레인지 등의 일반소비재를 대상으로 하는 것과 재료, 자재 등을 대상으로 하여 개발된 프로그램이 일반적이다. 따라서 본 논문에서는 공동주택 혹은 일반건축물 평가를 위한 프로그램이라고 판단되는 대상을 추출하여 비교, 분석하였다.

둘째, 공동주택의 라이프사이클 단계별 에너지 소비량과 이산화탄소 배출량을 산정할 수 있는 연산자와 요구되는 투입자료 구성내용을 제시하였다. 이를 위해 각 라이프사이클 단계별 요구되는 투입자료에 대한 분석방법과 내용을 작성하였다.

셋째, 프로그램 운용결과를 총량적인 측면과 원단위 측면으로 구분하여 제시하도록 하였다. 원단위 측면은 면적을 척도로 하고 있다. 뿐만 아니라 건축물의 수명을 감안하여 일정 기간 동안 에너지 소비와 이산화탄소 배출량을 산정되도록 하였다.

## 2. 프로그램의 유형 및 데이터베이스의 특징

건축물의 환경영향 평가를 위한 다양한 프로그램은 일반소비재를 대상으로 하여 제한적으로 활용되고 있다. 따라서 수명이 짧거나 투입자재 및 재료가 비교적 제한적인 대상의 평가를 수행하는데 용이한 반면, 건축물과 같은 긴 수명과 다종다양한 재료가 사용되는 대상에는 한계를 지니고 있다.

분석대상 및 내용에 따라 프로그램을 구분할 수 있다. 크게 제품의 전과정을 평가하는 것, 에너지 측면의 평가, 디자인 내용의 평가를 대상으로 하는 것으로 구분할 수 있다. 이것은 표1에서 제시되고 있다. Athena, DOE2 등의 프로그램은 건축물의 설계 혹은 계획단계에서 시뮬레이션 혹은 에너지 소비수준을 평가하는데 활용하는 이용된다. 또한, ECOTECT, GBTool 등은 디자인과정에서 환경친화적 혹은 환경영향물질 배출을 줄이기 위한 평가방안으로써 디자인 의사결정도구로 활용하는 프로그램이다.

표1. 사용대상에 따른 프로그램의 유형

LCA s/w	Energy Building tool	Design and making
LCAid(AUS), LISA(AUS), BEES(US), Boustaed(UK), Eco Quantum(NL), Gabi(DM), KCL-ECO(FIN), LCAit(SW), PEMS(UK/US), SIB LCA(DE), SimaPro(NL), TEAM(FR/US)	Athena(CAN), BUNYIP(AUS), DOE2(US) Invest(ULC), Optimize(CAN), Firstrate(AUS), Cheetah(AUS), NatHers(AUS), BREGains(UK)	ECOTECT(AUS), Equer(FR), Building Design Advisor(US), GBTool(20 countries), Green Building Advisor(US), BREEAM(UK), LEED(US)

이와 함께 건축물의 건축자재와 재료에 대한 LCI DB를 구축하기 위해 사용한 방법에 따라 구분할 수 있다. 이것은 기존의 현장조사자료를 활용하여 원단위 데이터베이스를 구축하는 것, 산업연관분석법을 이용하여 원단위 데이터 베이스를 구축하는 것, 기타 여러 데이터를 사용대상에 따라 수집하여 하나의 데이터 베이스를 구축하는 것 등으로 구분할 수 있다. 이들 방법은 직접조사법, 간접법, 혼합법 등으로 구분할 수 있다. 이들 방법의 장단점을 비교한 것은 표2와 같다. 직접조사법에 의한 원단위는 해당 건축자재 혹은 재료에 대한 원료 채취부터 생산, 사용, 폐기의 전과정을 추적, 조사하는 방식으로 구축된 데이터이다. 그러나 이것은 조사하는 과정이 복잡할 뿐만 아니라 시간과 비용 등의 측면에서 단점을 지니고 있다. 간접추계법은 직접조사법에 비해 결과의 정확성은 낮을지라도 분석범위가 넓고 시간과 비용측면에서 매우 효율적인 측면을 지니고 있다. 대표적인 간접추계법으로는 산업연관분석법을 들 수 있다.

산업연관분석법은 건축자재의 생산에 연계된 산업부문이 구조적으로 상호 연결되어 있다는 것으로 활용하는 것이다. 혼합법은 분석대상에 따라 직접조사법과 간접추계법을 혼합적으로 활용하는 방식이다. 이것은 분석대상, 혹은 분석범위 등에 따라 직접조사한 결과를 활용하는 하는 간접추계결과를 활용하기도 한다. 즉, 중요성을 지닌 대상에서는 직접조사법을 활용하여 원단위를 제시하고 기타의 대상에 대해서는 간접추계법으로 산정한 결과를 원단위로 사용하기도 한다. 이들 방법에 대한 장단점을 비교한 것으로 표2와 같다

표2. 추정방법의 비교

	직접조사법	간접추계법	혼합법
결과의 정확성	○	□	○
운용시간적 측면	△	○	△
분석대상 범위	△	○	○
최신정보의 갱신정도	□	△	□
비용적 측면	△	○	△
조사범위의 편기(bias)	△	○	□

주) ○ : 양호, □ : 보통, △ : 낮음

주요 건축자재와 재료인 시멘트와 판유리에 대해 직접조사법과 산업연관분석법을 이용하여 분석한 결과를 비교, 평가하였다(표3 참조). 비교결과 시멘트의 경우는 거의 일치하는 수준을 보이고 있으며 판유리의 경우는 에너지 소비 원단위는 2배, 이산화탄소 배출 원단위는 0.2 kg-CO<sub>2</sub>/kg의 차이가 발생하는 것으로 나타났다. 직접조사법은 조사대상 기업이 공정이 잘 갖추어져 있는 기업을 대상으로 하여 조사한다. 따라서 건축자재와 재료 생산 기업의 특성에 따라 조사결과에 편기(bias)가 발생하는 한계를 지니고 있다. 반면, 산업연관분석은 전국을 대상으로 하는 것으로 평균치의 개념을 갖게 된다.

표3. 적상법과 산업연관분석법의 비교결과

		직접조사법	산업연관분석법
시멘트	에너지 소비원단위	3,804 KJ/kg	3,801 KJ/kg
	이산화탄소 배출원단위	0.214 kg-CO <sub>2</sub> /kg	0.225 kg-CO <sub>2</sub> /kg
판유리	에너지 소비원단위	36,852 KJ/kg	15,571 KJ/kg
	이산화탄소 배출 원단위	0.664 kg-CO <sub>2</sub> /kg	0.414 kg-CO <sub>2</sub> /kg

### 3. ECO-pia 프로그램의 구성

ECO-pia 평가프로그램이 갖추어야 하는 두 가지 전제 조건을 토대로 하여 프로그램의 형태를 다음과 같이 제안할 수 있다.

첫째, 공동주택 라이프사이클 단계를 건설단계, 사용 및 유지관리 단계, 철거 및 해체단계로 구분하여 각각의 단계에서 포함되는 내용을 살펴보면 다음과 같다. 건설단계에서는 건축자재와 재료 부문, 건설현장까지의 운송부문, 건설현장에서의 현장운용에너지 부문 등을 포함할 수 있다. 사용 및 유지관리단계는 냉·난방, 조명, 조리 등의 사용에너지 부문과 건축물의 노후에 따른 개·보수 부문 등을 들 수 있다. 철거 및 해체단계에서는 철거 및 해체공사부문, 건설폐기물 중간처리, 폐기물 운송, 건설폐기물 매립부문 등이 포함한다.

둘째, 전과정평가를 위한 분석방법과 내용은 라이프사이클 단계별로 구분하여 접근한다. 건축자재와 재료, 사용에너지, 철거 및 해체단계의 LCI DB의 구축자료가 다양하여 하나의 접근방식으로는 구축하기가 용이하지 않다. 건설단계의 건축자재와 재료부문은 산업연관분석법을 이용하여 산정한다. 또한 건설현장까지의 운송부문은 현장조사방식을 이용하여 산정하는 것이 적합하다<sup>1)</sup>. 뿐만 아니라 현장에서 사용하는 전력에너지, 장비 등의 에너지 부문은 현장조사자료를 이용

1) 지금까지 현장조사자료 이외에는 LCI DB를 구축하기 위한 모델이 정립되어 있지 않다.

하여 산정하는 것이 현실적이다.

표4. LCCO<sub>2</sub> 평가를 위한 프로그램 LCI DB 구축방법

		평가대상	평가방법
이산화탄소 배출량	건설단계	· 건설공사에서 요구 되는 건축자재와 재료 부문	· 산업연관분석법
		· 장비운용 · 현장전력에너지	· 전문업체 혹은 현장조사 · 표본조사를 이용하여 통계적 추정모델링 · 정부 혹은 공식데이터 활용
	사용 및 유지관리 단계	· 개·보수 등의 사용부문에 이용된 건축자재와 재료 부문	· 산업연관분석법
		· 냉난방, 급탕, 조명 등의 운용부문	· 표본조사를 이용한 배출량 추정모델의 작 성 · 정부 혹은 공식데이터 활용
	철거/ 폐기물 운송단계	· 철거/시 사용되는 건축자재와 재료 부문	· 산업연관분석법
		· 건설폐기물 운송부문	· 표본조사를 이용한 통계적 추정모델 작성 · 현장 혹은 전문업체 면담조사 자료 활용 · 공식데이터 활용

사용 및 유지관리단계의 개·보수 부문의 LCI DB를 구축하기 위해서는 수선계획이 선결되어야 한다. 이것을 수립하기 위해서는 건물의 열화수준, 경년에 따른 수선정도 등을 정량적으로 제시할 수 있는 모델이 정립되는 것이 필요하다. 냉·난방, 조리, 조명 등 사용부문의 에너지 부문은 계획 및 설계단계에서 에너지 소비 시뮬레이션 자료를 활용하는 방법을 들 수 있다. 그러나 이것은 현장데이터를 반영하기 보다는 일단의 가정을 통해 분석하는 것으로 설명력이 떨어진다. 따라서 세대수, 관리면적, 주동높이, 구성 등을 감안하여 에너지 혹은 이산화탄소 배출량을 예측할 수 있는 모델이 바람직할 것으로 판단된다.

철거 및 해체단계 가운데 철거에 소요되는 건축자재와 재료 부문은 산업연관분석법을 이용하여 산정하는 것이 적합하다. 철거 장비 등에 투입되는 에너지 부문은 현장조사자료를 활용하는 것이 바람직하다. 폐기물 운송은 건축물 용도별 폐기에 따른 발생 폐기량을 조사하여 일단의 가정을 통해 원단위를 산정하는 것이 필요하다.

#### 4. ECO-pia 프로그램의 형태

전과정평가 프로그램은 건축물의 라이프사이클을 포함하고 각각의 라이프사이클 단계의 LCI DB의 입출력이 가능하도록 하고 있다. 뿐만 아니라 대안사이의 비교가 가능함과 동시에 정량적인

수준으로 분석결과를 제시하는 것이 필요하다. 이를 위해 총량적인 측면 뿐만 아니라 단위면적에 따른 원단위 측면의 분석결과 제시가 적합하다. 이와 같은 기본적인 전과정평가 프로그램의 구성 내용에 따라 프로그램의 형식을 정리하면 그림1과 같다.

분석대상 기본조건입력	파일	정보입력	건설단계 사용 및 유지관리관계, 철거단계 데이터 입력
라이프 사이클 단계별 분석 과정/출력	분석	데이터	LCCO <sub>2</sub> 산정을 위한 D/B구축,보완

그림1. 전과정평가 프로그램의 구성

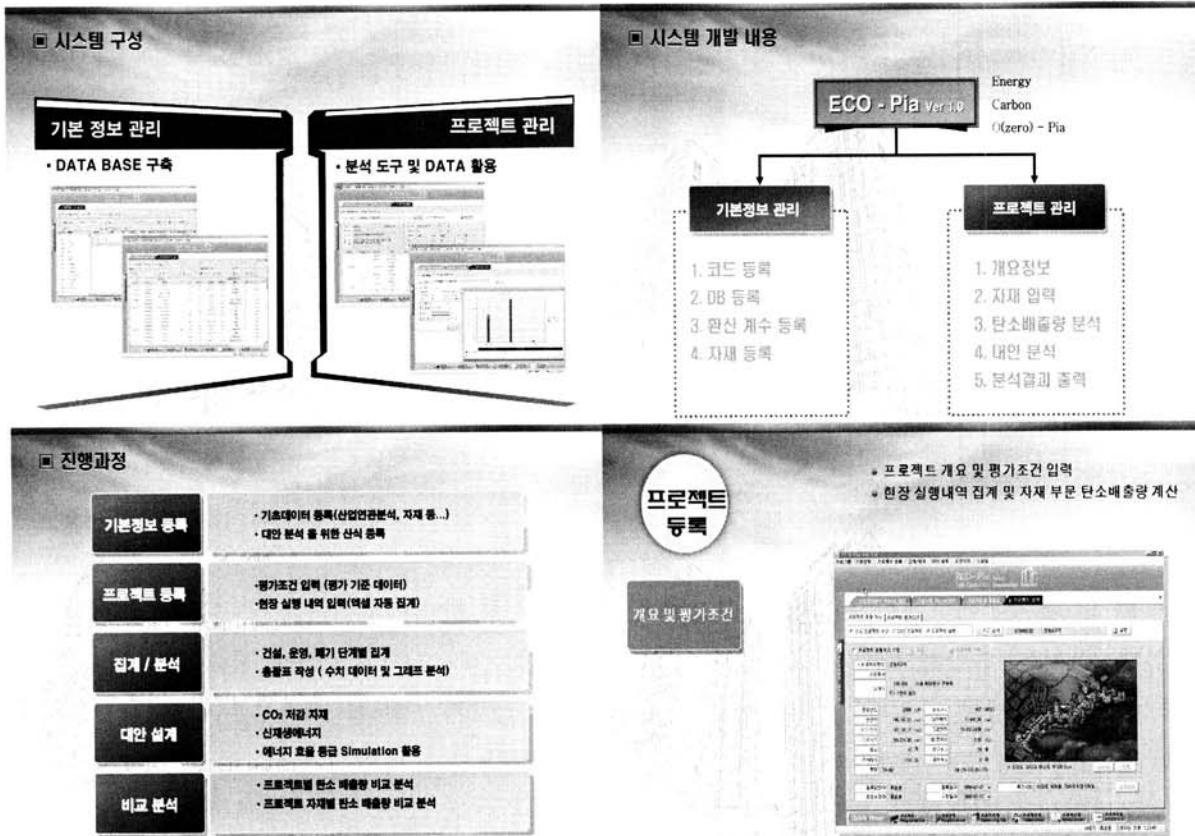


그림2. 프로그램 기본구성

그림1과 같은 전과정평가 프로그램의 구성형태에 따라 프로그램은 크게 분석대상 건축물의 기본적인 특징 입력 부분, 전과정평가의 분석조건, 분석을 위한 관련정보의 입력, 분석결과 출력, LCI DB 등으로 구성된다. 이들 각각의 내용을 구체적으로 살펴보면 다음과 같다.

ECO-pia 프로그램 구성은 크게 기본정보관리부문과 프로젝트 관리부문으로 구성된다. 기본정보 관리부문은 LCI DB를 구축하는 부분이며 프로젝트 관리 부분은 LCI DB를 활용하여 대상 건축물에 적용, 분석하는 것을 의미한다(그림2 참조). 대상 건축물의 기본적인 개요는 크게 건물명칭, 건물용도, 지리적인 위치, 구조, 건축면적, 연면적, 조정면적 등의 내용이 입력된다. 이들 건물개요는

분석결과에서 면적측면의 원단위를 제시하는 것과 연결된다.

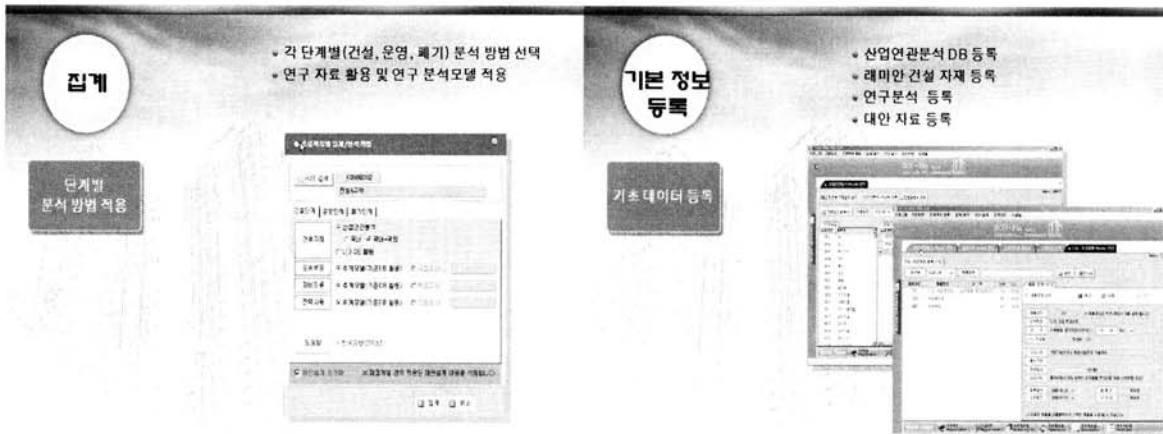


그림3. 입력 및 분석절차

그림3과 같이 파일을 구성하고 있는 내용가운데 평가조건에서는 LCCO, 평가를 위한 기본적인 전제조건들이 포함된다. 평가단계는 크게 기본설계단계, 시공단계, 사용 및 유지관리단계로 구분할 수 있다. 또한 건물의 수명을 설정하여 기간에 따른 에너지 소비량과 이산화탄소 배출량을 분석하도록 조건을 제시하고 있다. 그 외에 난방방식, 건축, 전기설비, 기계설비 등으로 구분하여 분석할 수 있도록 조건을 제시하고 있다.

건설단계, 사용 및 유지관리단계, 철거 및 해단계로 구분하여 각각의 필요한 자료를 입력하는 과정이다. 건설단계는 건축공사, 토목공사, 설비공사 등으로 구분하여 입력을 하며 각각의 공사는 공종별로 구분할 수 있도록 구성되어 있다. 사용 및 유지관리단계는 공동주택 단지에서 사용하는 에너지원을 모두 포함하고 있다. 난방방식에 따라 지역난방, 중앙난방, 개별난방 방식으로 구분하고 있으며 조명 등을 위한 전력에너지, 조리 등에 사용하는 도시가스 등의 사용량을 입력하도록 구성되어 있다. 이 가운데 사용부문은 연간전력소비량, 연간난방에너지 소비량, 연간도시가스 소비량 등의 정보가 입력된다. 특히, 풍력, 태양열, 지열 등의 신재생에너지 사용에 대한 개선된 대안을 평가하기 위해 두 개의 대안에 대한 정보를 입력할 수 있는 시스템을 구축하고 있다. 철거 및 해체단계의 정보입력은 폐기물 운송거리, 운송차량의 적재량, 연비, 폐기물 발생량 등을 입력하도록 구성된다.

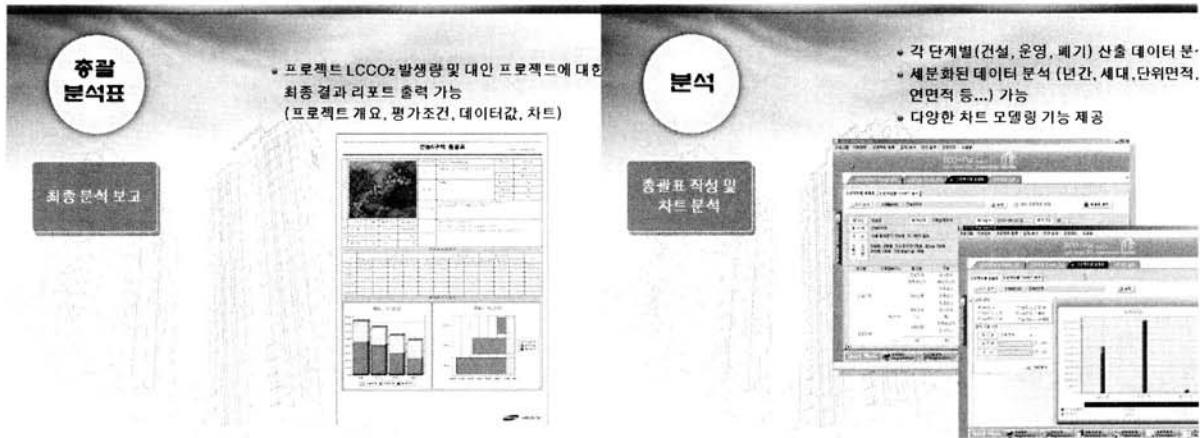


그림4. 분석결과의 출력형태

분석결과는 건축물의 라이프사이클 에너지, 라이프사이클 이산화탄소, 라이프사이클 코스트와 이들을 종합적으로 이들은 기존안에 대비하여 개선된 대안을 비교할 수 있도록 구성되고 있다. LCCO<sub>2</sub> 분석을 출력형태는 라이프사이클 단계별로 구성되어 있다. 다른 한편으로 대안사이의 차이가 발생하는 부분을 볼 수 있는 특징을 가지고 있다. 또한 신재생에너지 사용에 따른 이산화탄소 배출저감량을 정량적이면서 도식적으로 확인, 검토할 수 있도록 구성되어 있다(그림4 참조).

## 5. 결론 및 앞으로의 연구과제

최근의 환경에 대한 관심과 노력은 건축이 더 이상 환경을 훼손함이 없이 환경과의 공존을 모색하여야 한다는 것을 적시하고 있다. 이러한 측면에서 건축물 유형가운데 공동주택을 대상으로 계획 및 설계단계에서 LCCO<sub>2</sub> 를 평가할 수 있도록 개발된 것이 ECO-pia이다. 개발된 ECO-pia 프로그램의 특성을 간략히 정리하면 다음과 같다.

첫째, 국내외 건축물의 LCCO<sub>2</sub> 혹은 에너지 평가프로그램을 조사·분석한 결과, 계획 및 설계 단계에서 적극적으로 활용할 수 있는 도구가 제한적이다. 대부분의 프로그램은 일반 소비재를 대상으로 하고 있으며, 수명이 비교적 단기간이므로 건축물과 같이 수명이 긴 내구재에 적용하기란 한계가 있다. 따라서 수명이 긴 건축물에서는 건설단계, 사용 및 유지관리단계, 철거 및 해체단계로 구분하여 분석하는 것이 적합한 것으로 판단된다.

둘째, ECO-pia 프로그램은 LCI DB의 지속적인 보완, 수정이 가능하도록 설계되어 있다. 새로운 LCI DB가 개발될 경우 본 프로그램의 DB부분에 새롭게 추가적으로 포함할 수 있다. 프로그램의 구성이 크게 정보관리와 프로젝트 관리부분으로 구분되어 있다. 정보관리는 건축재료 혹은 기술개발에 따라 대응할 수 있도록 LCI DB를 계속적으로 보완, 구축하는 부분이다.

셋째, LCI DB 구축방법과 내용가운데 건설단계의 건축자재와 재료는 산업연관분석법을 이용하였으며 전력, 건설장비 등은 기존 연구결과를 활용하였다. 사용단계는 공동주택에서 사용한 에너지원별 사용량 데이터를 이용하여 구축하였다<sup>2)</sup>. 개·보수 등의 유지관리부분은 공종별 수선율과

2) 사용단계의 에너지 소비량과 이산화탄소 배출량은 추정모델을 이용하여 분석할 수 있다. 그러나 정확성 측면에서는 현



건설공종의 이산화탄소 배출량을 이용하여 산정하였다. 철거 및 해체단계는 건설품셈을 활용하여 크게 4가지 부분에서 작성되었다.

넷째, ECO-pia 프로그램의 적용결과는 면적단위와 대안비교가 가능하도록 설정되어 있다. 이것은 대안사이의 비교를 통해 최적 대상을 도출할 수 있는 의사결정 도구로 활용할 수 있을 뿐만 아니라 다른 분석대상과 상대적인 비교가 가능하게 된다. 즉, 다양한 대안들 사이의 비교·평가를 용이하게 하기 위한 것으로 단위면적당 에너지 소비원단위, 이산화탄소 배출원단위의 개념으로 나타내고 있다.

상기와 같은 ECO-pia 프로그램 개발과정 및 내용 요약과 함께 본 프로그램은 다른 유형의 건축물의 프로그램 개발의 촉매제 역할을 할 것으로 기대된다. 그리고 경제성 측면의 분석도구를 계속적으로 개발, 보완함으로써 건축물이 갖는 경제성, 환경보전 등의 두가지 측면을 동시에 분석, 검토할 수 있도록 하는 것이 필요할 것이다.

#### 사 사

◇ 본 연구는 (주)삼성물산 건설부문 지원으로 수행되었습니다.

◇ 본 연구는 과학기술부 우수연구센터 육성사업의 지원으로 수행되었습니다(The research which it sees being accomplished with the support of the Ministry of Science & Technology excellent research center vocal enterprise 과제번호 R11-2005-056-01004-0).

#### reference

- 1) 삼성건설 기술연구센터(2009), 공동주택의 LCCO<sub>2</sub> 배출량 산정연구 최종성과보고서
- 2) 이강희(2003), “공동주택 건설공사에서의 공종에 대한 LCA적용연구-에너지, 이산화탄소, 황화합물 등의 목록분석을 중심으로-”, 대한건축학회 논문집(계획계), v.19 n.2(2003-02), pp 27~36.
- 3) 김종엽, 이승언, 손장열(2004), “건축물 건설단계에서의 에너지소비량 및 CO<sub>2</sub>배출량 원단위 산출”, 대한건축학회 논문집(계획계), v.20 n.10(2004-10), pp 319~326
- 4) 이강희(2004), “공동주택의 환경효율성 산정방법에 관한 연구”, 대한건축학회 논문집 계획계, v20 n.11(2004-11), pp 69~76.
- 5) 이강희(2006), “임대공동주택 구성재 열화도 패턴에 관한 연구”, (사)한국주거학회논문집 제 17권 제4호, pp65~72.
- 6) 鈴木道哉 외 3인(1994), “産業聯関表による建物の評価, その3. 住宅建設によるエネルギー消費量, 二酸化炭素排出量”, 日本建築学会計劃係 論文集 第463号, p75.
- 7) (社) 建築業協会(1991), 我が国における建物の建設に係わる資源消費と関聯する影響要因の実態, -建設業に係わる地球環境問題の研究-, pp1~5.
- 8) 外岡 豊 外 2人(1996), “建物のライフサイクルCO<sub>2</sub> 分析用CO<sub>2</sub> 原単位に関する研究, その3. 建築設備器機の製造に伴うCO<sub>2</sub> 排出と資源消費量の構成”, 日本建築学会學術大会梗概集, No. 40302, pp603~

---

장데이터를 조사, 분석한 결과한 결과를 활용하는 것이 바람직하다.

604.

- 9) 鈴木道哉 外 3人(1994), “産業関表による建物の評価, 3. 住宅建設によるエネルギー消費量, 二酸化炭素排出量”, 日本建築学会計画系論文集 第463号, pp75~82.
- 6) <http://www.eco-shop.org/Links/LCA/>
- 7) エネルギー・資源学会(1996), “LCA手法”, エネルギー・資源 Vol 17, No6, pp26-35.