

국가 LCI D/B를 기반으로 하는 건축자재 환경성능평가프로그램 개발연구

박은미, 채창우

한국건설기술연구원

Study on the Development of LCA software for Building Materials using National LCI D/B

Park Eun-Mi*, Chae Chang-U**1)

Korea Institute of Construction & Technology

ABSTRACT

This study shows the state of the Environmental Assessment S/W for building products which is called as APCESS, to apply 62 national LCI DBs of building products throughout LCA methodology. Especially, APCESS is focused on an easy assessment for non-LCA specialists, and this S/W has following features;

1)easy to use for the end-users, 2)comparing each product, 3)having report function which shows outputting process of the results, 4)having compatibility for each national LCI DB, 5)leading results which are fitted for Type III Developed S/W which is utilized with accessible web site. The website also provides information on LCA methodology, environmental assessment and the software as well.

요약문

본 연구는 LCA 방법론에 의해 구축된 62개 건축자재 국가 LCI DB를 활용하기 위해 개발된 APCESS 건축자재 환경성 평가프로그램의 내용을 보여주고 있다. APCESS는 건축자재에 대한 환경성평가를 비전문가들도 손쉽게 이용할 수 있도록 구성된 프로그램으로 1)일반사용자의 사용편이성, 2)자재 비교선택기능, 3)결과 출력과정을 볼 수 있는 기능, 4)국가 LCI DB간의 호환성, 5)Type III에 적합한 결과도출 등의 기능을 갖추고 있다. 개발된 프로그램은 일반의 접근이 용이한 웹페이지를 이용해 환경성능평가, LCA 방법론 교육과 더불어 제공되며, 이를 통해 건축분야의 환경성제고에 기여하고자 한다.

주제어 : LCA, LCI DB, 건축자재 환경영향평가

1. 서론

1.1 연구의 배경

20세말에 부각된 지구환경문제는 국제사회의

* 한국건설기술연구원 건축도시연구실 연구원

** 한국건설기술연구원 건축도시연구실 선임연구원

주요 논점으로 급속히 확산되었으며 21세기는 지속가능한 개발을 전제로 환경규제가 국제적으로 강화되어 경제, 사회, 문화를 지배하는 주된 이슈로 자리 잡고 있다. 미국·EU를 비롯한 선진국은 환경기준 및 배출허용기준과 같은 직접적 환경규제수단 뿐만 아니라 환경선언 등과

같은 간접규제수단을 통해 자국의 환경을 보전 하려는 노력이 시작하였다. 또한 국내에서도 환경제품에 대한 정량적인 평가결과를 요구하는 분야가 증가함에 따라 다양한 환경영향평가 프로그램들이 개발되고 있다.

1.2 연구의 목적

본 연구는 건축자재 전과정평가(LCA; Life Cycle Assessment)를 위한 건축자재 환경영향평가 프로그램 개발을 목적으로 국내·외 평가프로그램을 분석하고 건축자재 평가를 위한 프로그램 개발 방안을 제안하는 것을 목적으로 한다. 건축자재 환경영향평가프로그램 개발을 통해 건축분야에 종사하는 전문가뿐만 아니라 비전문가도 건축자재의 환경성을 파악할 수 있는 도구를 제공하고, 환경고려활동에 자발적으로 동참할 수 있는 기반을 마련하고자 한다.

2. 국내 ·외 LCA 프로그램 비교분석

2.1 국내 LCA 평가 프로그램

전산업을 대상으로 개발된 국내환경영향평가 프로그램으로는 지식경제부(구.산업자원부)지원으로 한국인정원에서 개발한 PASS와 환경부 지원으로 친환경상품진흥원에서 개발한 TOTAL이 있다. 또한 전동차를 대상으로한 환경영향평가 프로그램 RACE가 개발 중에 있다. PASS와 TOTAL은 LCA 전문가가 사용하는 프로그램으로 전반적인 구성은 동일하지만, 강제연결기능, 단위환산 등 세부항목에서는 차이를 보이고 있다. PASS와 TOTAL의 구성내용은 아래 [표 1] 과 같으며, 한국인정원과 친환경상품진흥원에서 개발한 LCI DB는 상호연계가 가능도록 개발되었다.

[표 1] PASS와 TOTAL 구성내용분석

구성항	PASS	TOTAL
계층구조 창	○	○
DB목록창	○	○
ISO 14048	○	○
유닛의 계층구조 창	○	
강제연결 기능	○	
자동단위환상기능		○
작업상태 표시창		○

2.2 국외 LCA 평가 프로그램비교분석

국외 환경영향평가 프로그램 중 사용빈도가 높은 프로그램은 PASS, TOTAL이 개발되기 이전에 국내에서 사용되어진 GaBi와 SimaPro이다. 이들 프로그램구축은 국가별 제품 생산시스템에 따른 LCI DB(Life Cycle Inventory)를 바탕으로 하고 있다. 그 외 국내·외 프로그램 구성 분석결과는 아래 [표 2] 와 같다.

[표 2] 프로그램 구성 분석결과

	GaBi	SimaPro	PASS	TOTAL	BEES	Ecoquantum	ATHENA	ENV EST
할당존재	○	○	○	○				
건축물						○	○	○
건축재료	○	○	○	○	○			
환경부하	○	○	○	○	○	○	○	○
경제성(LCC)	○				○			○
환경부하와 경제성 비교					○			○
초기투자비용					○			○
할당추가 가능	○	○	○	○				○
신규재료분석	○	○	○	○			○	○
대체재료선택					○	○		○
원재료와 대체재료값비교						○		
건축물에 대한 기초정보		○					○	○
사용자 값입력	○	○	○	○			○	○
민감도분석	○						○	○
시나리오분석	○	○						○
시나리오리포트		○						
몬테카를로분석	○	○						
그래프	○	○	○	○	○	○	○	○
표					○			○
별도기준점수						○		○
LCI 값 표시			○	○		○		

분석결과 프로그램 구성에서 할당(Allocation)

의 존재여부는 프로그램의 규모를 결정짓는다. 할당이 존재할 경우에는 사용자정의의를 통해 새로운 물질추가가 가능하게 되어 절차는 복잡하지만 정밀하고 다양한 작업을 진행할 수 있다. 반면 할당기능이 없는 프로그램은 단순 명료하여 이용이 편리하지만, 세부적인 작업진행은 불가능하다. 이 외 프로그램성격을 결정짓는 요소로는 자재비교 및 경제성평가기능, 가중치부여 등을 꼽을 수 있다.

아래 [표 3] 은 건축분야 LCA 프로그램 구성을 세부적으로 분석한 결과이다.

[표 3] 건축분야 LCA 프로그램

프로그램	건축물			
	BEES	ECOQUANTUM	ATHENA	ENVEST
국가	미국	네델란드	캐나다	영국
분류	요소별분류	공사별분류	용도별분류	정보입력
할당	×	×	×	×
비용분석	●	×	×	●
대체자재 선택가능	×	●	●	●
SIZE 입력	×	×	●	●
LCI 공개	▲	●		●
LCIA	●	●	●	●
특징	환경/경제 비교	자재비교	층별 입력	eco point 사용

2.3 국내 건축자재 환경영향평가 프로그램 개발의 필요성

초기에는 LCA 전문가를 대상으로 전 산업에 대한 프로그램이 개발되었으나, 환경에 대한 관심증대와 더불어 특정분야에 대한 환경영향평가 프로그램이 개발되기 시작했다. 이 같은 움직임은 90년대부터 유럽에서 나타나기 시작했으며, 현재는 건축 관련 환경영향평가 프로그램이 약10개 정도 개발되어 사용되고 있다. 특히 건축부문은 전체 산업에 미치는 파급효과가 비교적 큰 분야이기 때문에 전과정 환경영향평가에 대한 관심과 필요성이 대두되고 있다. 이에 따라 현재 국내 건축자재 LCI DB는 2006년 12월 기준으로 지식경제부에서 구축한 10개,

환경부 2007년 3월 기준 11개 모듈이 구축되었다. 국토해양부에서는 2007년 6월 기준 건축자재 및 공정 44개 모듈이 구축되었다. 구축된 LCI DB를 건축분야 환경성평가에 적극적으로 활용하기 위해서는 건축분야에 종사하는 사용자가 쉽게 사용할 수 있는 프로그램 개발이 필요한 상황이다.

3. 건축자재 환경성평가 프로그램 (APESS) 개발

본 연구에서는 건축자재 환경성평가 프로그램 APESS(A Program for Evaluation and Selection for Sustainable Building Materials)을 개발하고자 한다.

3.1 APESS 개발 원칙

국내·외 프로그램 구성 및 장단점 분석결과에 따라 APESS는 크게 3가지 원칙에 의해 구성하고자 한다. 첫째, 건축분야 전문가와 비전문가에 대한 프로그램 접근성을 향상시켜 원활한 사용이 가능하도록 구성한다. 둘째, 건축자재 비교평가를 통해 환경부하가 적은 자재를 사용자가 쉽게 비교선택할 수 있도록 구성한다. 셋째, 향후 건축자재 확장과 건축물 환경영향평가로 발전가능하게 구성한다. 위와 같은 3가지 원칙하에 국내 건축분야 환경영향평가 프로그램 APESS를 개발했다.

[표 4] 국내외 LCA 프로그램 장단점분석

프로그램	장점	단점
BEES	· 환경과 경제값을 동시에 보여줌 · 프로그램구성이 단순 · 사용자 편의성 · 건축자재에 대한 평가	· 사용자가 스스로 data를 만드는 것은 불가능하며, 분류에 의해 선택함
ECOQUANTUM	· 자재 선택비교가 가능 · 자체기준점으로 환산하여 결과도출이 가능 · 건축물에 평가 시행	· 비교는 최종결과에서 가능 · 결과도출 후 자재선택이 불가능함
ATHENA	· 부재별 세부항목 기재 · 층별 입력 가능	· 사용방법이 복잡함
ENVEST	· 건축물의 형태와 세부항목기재에 따라 정확한 값 추출 · 단순하고 쉬운 접근 · ecopoint 자체기준설정	· 건축물의 다양한 형태 선택이 불가능함 · 영국기준에 적합한 eco point 사용
APESS	· 국내건축분야에 적합하면서 이용편이성이 높은 프로그램 · 물량에 따른 비교선택	· 사용자가 새로운 자재 생성 불가능 · LCI DB부족 · 기준값없음. ENVEST-ECOQUANTUM과 같은 기준값설정 필요

3.2 APESS의 전과정평가(LCA) 구조설정

1) 전과정평가 방법론

ISO 14000's에 의한 전과정평가(LCA)는 정량적 평가방법으로 선진국에서는 1990년 초반부터 환경선언 제도의 시행을 위한 기술적 근거를 수립하였다. 건설제품 및 건축물의 지속가능성 실현을 위해서는 전과정목록(LCI)-전과정평가(LCA)-환경제품선언(EPD ; Environmental Product Declaration)이 단계별로 진행되어야 한다.

2) 목록분석(LCI; Life Cycle Inventory)

APESS 활용데이터는 건축분야 국가 LCI DB로 구성되어 있으며, 그 외 유지관리 및 폐기단계에 필요한 LCI DB는 지식경제부와 환경부에서 구축한 국가 LCI DB를 활용하였다. 국토해양부에서 구축한 국가 LCI DB 아래 [표 5] 에서 나타낸다.

[표 5] 국토해양부 LCI DB

국토해양부(구 건설교통부) 구축 건축자재 LCI DB					
1	ㄱ형강	15	레이콘수송(15톤덤프)	29	유로폼
2	ㄷ형강	16	화강석	30	PVC 창호
3	I형강	17	형강시공	31	암면 단열재
4	H형강	18	레이콘 시공	32	암면보온방음판
5	일반 이형철근	19	PVC 벽지	33	암면천장마감재
6	고장력 이형철근	20	콘크리트 벽돌	34	경보행용바닥재
7	모래(총괄)	21	타일	35	중보행용바닥재
8	하천모래	22	합판	36	강폼
9	바다모래	23	콘크리트 파일	37	EPP충간 소음방지재
10	육상모래	24	유리문	38	유로폼시공
11	산림모래	25	목재문	39	강폼시공
12	자갈	26	아스팔트싱글	40	타일시공
13	레이콘 수송(8톤 덤프)	27	레이콘수송(콘크리트믹서트럭)	41	벽돌시공
14	레이콘 수송(10.5톤 덤프)	28	EPS충간 소음방지재	42	경량기포콘크리트시공

3) 영향평가(LCIA; Life Cycle Inventory Assessment)

영향평가는 ISO 14042와 SETAC의 특성화 값을 활용하였다. 초기 환경부하 항목은 수계·대기 등 총 11개 항목이었으나, 환경과 연관성이 높은 6개 범주만 포함시켰다. 이는 한국인정원·친환경상품진흥원·한국건설기술연구원 3개기관 협의를 통해 적용함으로써, 프로그램 간의 신뢰성 및 통일성을 갖추하고자 하였다. 그 결과 APESS의 영향범주는 지구온난화·자원소모·오존층영향·산성화·부영양화·광화학산화물 생성 등 6개 범주로 정의되었다.

[표 6] 국외 영향평가항목

	네델란드		영국 BRE	프랑스 AFNOR	덴마크	스웨덴	LCA project	핀란드	CEP MC
	MM G	MRPI							
지구온난화	○	○	○	○	○	○	○	○	×
오존고갈	○	○	○	○	○	○	○	○	×
산성화	○	○	○	○	○	○	○	○	×
광화학산화체형성	○	○	○	○	○	○	○	○	×
자원 고갈	○	○	○	○	○	○	○	○	×
부영양화	○	○	○	○	○	○	○	○	×
인체 해독성	○	○	○	○	○	○	○	○	×
대기오염	×	×	○	×	×	×	×	×	×
생태독성 방사선	○	○	×	×	×	×	×	×	×
대기오염	×	×	×	○	×	×	×	×	×
수질오염	○	○	○	○	×	×	×	×	×
토양오염	×	×	×	△	×	×	×	×	×
생태다양성손상	×	×	×	△	×	×	×	×	×
실내 환경	×	×	×	△	○	△	×	○	×
TVOC	×	×	×	△	×	△	×	×	×
포름알데히드	×	×	×	×	×	△	×	×	×
암모니아	×	×	×	△	×	△	×	×	×
발암요소	×	×	×	×	×	△	×	×	×
미세분진	×	×	×	△	×	△	×	○	×

3.3 APESS의 구성 및 특징

1) 프로그램 구성 일반사항

APESS 건축자재 환경성정보 프로그램은 건축자재 국가 LCI DB 활용과 건축분야전문가를 비롯한 일반사용자들이 건축자재의 환경부하 저감을 위해 적극적으로 참여하도록 개발되었다.

① SYSTEM 호환성

Window를 기반으로 작성되었으며, 현재 보급 중인 Window Vista버전에 적합하게 구성되었다. 또한 프로그램 구성을 비롯한 디자인 방식도 Vista 버전으로 구성되었다. 이는 현재의 프로그램 구동방식에 국한되지 않고 향후 프로그램 확장과 보급에 따른 장기적 관점이 고려되었기 때문이다.

② 작업 편리성

작업편리성을 위해 화면 좌측상단부터 사용 단계에 따라 STEP 1, 2, 3단계로 나누어 선택하여 진행하도록 구성하였다. 또한 다중탭방식을 통한 자재의 반복된 비교선택시에도 프로그램 구동에 무리가 없도록 구성하였다.

③ 유지보수성

APESS는 향후 LCI DB확장과 환경정책의 변화에 따라 환경영향범주가 변경될 가능성을 고려하고자 한다. 이에 유지보수가 쉽도록 관리자용 DB Tool을 별도로 만들어 DB업데이트가 용이하도록 구성하였다.

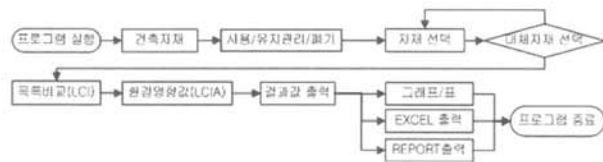
④ 데이터 호환성

데이터는 EXCEL로 출력됨으로 지식경제부·환경부에서 구축한 국가 LCI DB를 비롯하여 ISO 규격에 의거하여 구축된 국외 LCI DB도

호환이 가능하도록 구성하였다.

2) 프로그램 흐름

국외 건축분야 LCA 프로그램흐름 분석결과에서 할당을 제외시켰을 때 프로그램이 단순하고 명료하게 구성됨을 알 수 있었다. 이에 APESS에서는 원활한 흐름을 위해 할당을 제외하고 친환경 자재를 최종선택 과정에 초점을 두고 프로그램을 구성하였다. 세부적으로는 비중이 높은 항목에 대한 목록비교와, 다중 탭 방식, 진행과정이 저장되는 Report기능을 도입하였다. 프로그램 흐름은 아래 [그림 1]과 같다.



[그림 1] 프로그램 흐름

3) 프로그램 기능

① LCI(Life Cycle Inventory) 목록 비교

목록 중 환경에 미치는 영향이 큰 물질들을 우선적으로 비교가능 하도록 구성하였다.

input물질은 Crude Oil · Water · Coal이며, Output물질은 Hazardous waste · Industrial waste · Carbon Dioxide(CO2) · Sulfur Oxides(SOx) · Nitrogen Oxides(NOx)이 우선 비교대상 목록이다. 이는 목록비교에서 환경부하가 큰 물질을 쉽게 인식하기 위함이다. 위와 같은 과정은 향후 Eco Design까지 확장 가능 하도록 한다.

② Report 기능

Report기능은 건축자재 및 건축물 환경영향도출과정을 정리해서 출력해주는 기능이다. 이는 자재의 비교선택 단계에서 최선의 선택을

할 수 있도록 사용자가 선택했던 과정을 최종적으로 정리해주는 단계라 할 수 있다.

③ 국가 LCI DB 호환성

현 시점까지 구축된 국가 LCI DB는 전산업에 대한 환경부 164개 모듈, 지식경제부 158개 모듈이 있으며, 건축부분에 대해서는 국토해양부(구 건설교통부) 42개 모듈이 있다. 이들 모듈은 ISO에 의한 LCA방법론에 의해 동일하게 구축되어 호환이 가능하다. 또한 ISO에 의해 구축된 국외 LCI DB 역시 호환이 가능하도록 구성되었다.

④ Type III에 적합한 결과 출력

Type III는 제품에 대한 환경성적표지제도

로서 국내에서는 친환경상품진흥원에서 운영하고 있다. Type III에 적합한 결과를 출력함으로써 사용자가 건축자재에 대한 Type III인증을 받는데 도움을 주고자 한다.

3.4 APSS 프로그램 개발 결과

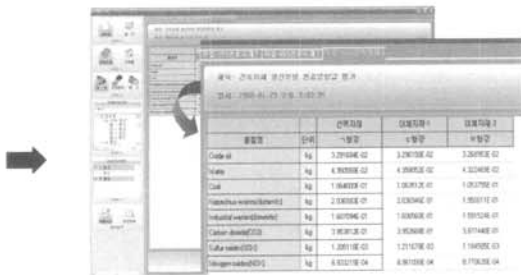
아래 [그림2~8]은 APSS프로그램에서 환경영향평가 결과도출과정을 보여주는 화면이다. APSS는 사용자가 이용하기 쉽도록 좌측 단계에 따라 사용자가 자재 선택 후 비교자재를 선택하여 자재 간 비교가 가능하도록 구성되었다. 목록 비교역시 가장 많은 영향을 미치는 물질을 상위에 배치하여 이용자의 이해도를 높였다.



[그림 2] 첫화면



[그림 3] 건축자재 선택과정



[그림 4] 선택자재 및 대체자재 목록비교



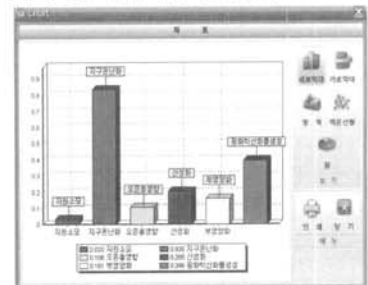
[그림 5] 선택자재 및 대체자재 환경영향



[그림 6] 출력기능

연입일시	단계	계산	선택자재	대체자재
2009-01-21 오후 7:09:36	Step-1	계산		
2009-01-21 오후 7:09:36	Step-2	건축자재		
2009-01-21 오후 7:04:44	Step-3	경관		
2009-01-21 오후 7:12:19	Step-5	복합교	1량	1량
2009-01-21 오후 7:19:13	Step-6	복합교	1량	1량
2009-01-21 오후 7:19:32	Step-6	복합교	1량	1량
2009-01-21 오후 7:19:39	Step-6	복합교	1량	1량
2009-01-21 오후 7:18:27	Step-6	환경영향	1량	1량
2009-01-21 오후 7:25:53	Step-6	환경영향	1량	1량

[그림 7] REPORT



[그림 8] 그래프

4. 건축자재 환경영향평가 활성화 방안

현재 국내에서는 환경에 대한 관심은 높지만 평가 방법론의 보급과 이를 활용하는 방안은 미흡한 수준이다. 환경규제가 활발한 유럽에서는 이미 90년대 후반부터 환경영향평가에 대한 교육과 LCI DB 구축, 프로그램 개발이 이루어지고 있으며, 이는 웹사이트나 서적을 통해 정보 공개 및 홍보활동이 이루어지고 있다. APCESS는 건축분야 전문가와 일반사용자가 프로그램 사용대상자이므로 접근성이 뛰어난 웹페이지 구축을 통해 환경부하 저감·LCI DB·LCA 방법론·APCESS 프로그램을 배포하고자 한다. 아래 [그림 9] 웹사이트를 통해 향후 LCI DB 확장결과와 프로그램의 결과를 공개하고자 한다.



[그림 9] 건축자재환경성정보네트워크

5. 결론

APCESS 건축자재 환경영향평가 프로그램은 설계자, 시공자, 사용자가 환경부하를 저감시키는데 직접적으로 참여할 수 있는 정량적인 프로그램으로, 자재의 생산에서부터 폐기까지 전 단계에 걸친 환경값을 평가하는 것을 목적으로 한다. APCESS 건축자재 환경영향평가 프로그램 구축이 필요성에 따라 본 연구에서는 기존 국내·외 환경영향평가 사례를 분석하고 국내 환경에 적합하도록 APCESS를 구성하였다. 국내 건축자재 환경영향평가 프로그램 개

발을 통해 건축분야 전문가와 비전문가의 친환경 건축자재 이용을 촉진하고자 한다. 또한, 프로그램 활성화를 위해 대중의 접근이 용이한 웹페이지를 이용해 지구환경보호의 필요성, LCA 방법론교육과 더불어 프로그램을 배포하고자 한다.

7. 사사

본 논문은 한국건설교통기술평가원에서 지원하는 '건축자재 환경성정보 국가 DB구축사업'의 수행결과이며, 연구비를 지원해주신 건설교통부에 감사드립니다.

8. 참고문헌

1. "건축자재 환경성정보 국가DB 구축사업", 한국건설기술연구원, 2006.06
2. "건축자재 환경성정보 국가DB 구축사업", 한국건설기술연구원, 2007.06
3. Chang-U Chae, Eunmi Park, Kanghee Lee, Classification of Building Products for Environmental Product Declaration, Sustainable Building 07
4. 서민석, 허진호, 김용기, 이재형, "전동차 에코효율성 평가를 위한 전과정평가 소프트웨어 개발", 한국전과정평가학회, 2006
5. PriceWaterhouseCoopers, JUNE. 2002, "Comparative study of national schemes
6. aiming to analyse the problems of LCA tools (connected with e.g. hazardous substances) and the environmental aspects in the harmonised standards (study for the European Commission, DG Enterprise)"