

국내 건축물 LCA를 위한 환경부하 원단위 개발동향

기후변화협약에 능동적으로 대응하고 건축물의 친환경성을 평가하기 위한 건축물 LCA의 수행방안과 국내 환경부하 원단위 DB 및 프로그램의 개발동향을 소개하고자 한다.

김 종 업

대한주택공사 주택도시연구원 (jykim@jugong.co.kr)

머리말

21세기는 지속가능한 개발을 전제로 환경규제가 국제적으로 강화되고 있는 시대이다. '92년 기후변화협약 체결이후, '97년에 채택한 교토의정서가 '05년 2월 16일에 발효됨에 따라 전 산업분야에 걸쳐 기후변화협약 등과 관련된 온실가스 저감 대책의 수립이 주요 이슈로 대두되고 있다. 하지만 전체 화석연료의 1/4 이상을 소비하고 있는 국내 건설산업은 이에 대한 대책마련이 미진할 뿐 아니라 건설활동으로 인한 환경부하 발생이 지구온난화에 어느 정도 영향을 미치는지조차 파악되고 있지 않다.

여기에 대응 수단으로 국제규격인 ISO 14040's에 근간을 두고 있는 전과정평가(LCA; life cycle assessment)가 이미 전 산업분야에 걸쳐 환경평가수단으로 널리 적용되고 있으며, 건축물에서도 LCA를 적용함으로써 친환경적인 건설을 유도하고 환경부하를 저감할 수 있는 대책마련이 가능하리라 여겨진다."

LCA는 개념적으로 환경부하 혹은 배출에 관한 질적, 양적 자료목록을 작성, 평가하여 환경성과를 개선시키기 위한 대안을 검토하는 과정이라고 할 수 있다. 건설 분야에서도 최근 LCA의 개념을 적용하여 선진국을 중심으로 SimaPro(네덜란드), Gabi(독일), Team(프랑스), AIJLCA(일본), BEES(미국), ATHENA(캐나다) 등의 프로그램 및 데이터베이스

가 개발되고 있으며, 캐나다를 중심으로 20여개 국가가 참여하고 있는 iiSBE 프로그램을 통하여 그린 빌딩(Green Building)의 성능인증을 위한 객관적 평가도구가 개발 중에 있다.

국내에서는 현재 건축물의 친환경성을 평가하기 위해 친환경 건축물인증제도가 시행중일 뿐, LCA에 근거한 정량적인 환경평가기법은 개발 중에 있다. 특히 건설 활동에 따른 환경부하를 평가하기 위해서는 건축물의 라이프사이클에서 발생하는 에너지소비량 및 온실가스배출량에 대한 원단위 DB의 개발이 선행되어야 하지만, 아직까지 건축물의 친환경 평가에 필요한 정량적 정보의 부족과 공인된 환경부하 원단위 DB 및 평가방법의 미비로 건설 활동이 지구환경에 미치는 영향을 평가하는데 어려움이 많은 실정이다.

본 고에서는 기후변화협약에 능동적으로 대응하고 건축물의 친환경성을 평가하기 위한 건축물 LCA의 수행방안을 고찰하고 LCA 수행을 위해 지금까지 국내에서 구축한 환경부하 원단위 DB 및 프로그램의 개발동향을 소개하고자 한다.

건축물 LCA의 수행방안

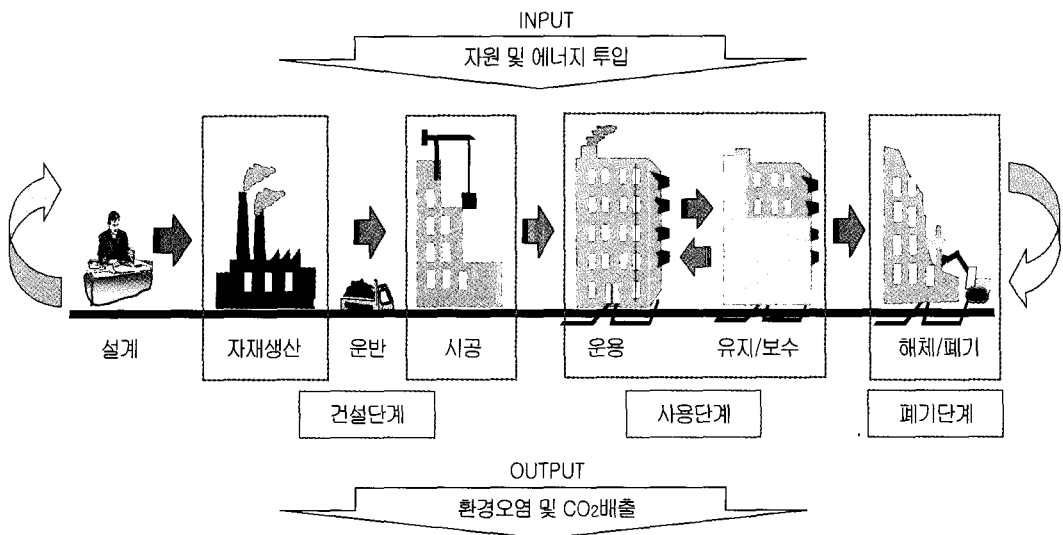
건축물의 라이프사이클은 일반적으로 그림 1과 같이 원료채취에 의한 건설자재 생산에서부터 그 자재를 이용한 시공과정에 이르는 건설단계, 건물의

사용 및 유지보수 단계, 그리고 폐기 및 재활용 단계까지의 과정을 거치면서 각 단계별로 많은 자원과 에너지를 소비하고 CO₂ 등의 환경부하 물질을 배출한다. 건축물의 전과정을 크게 4단계로 구분하여 각 단계별 원단위 DB의 구축 및 수행방안²⁾을 살펴보면 다음과 같다.

- ① 자재 생산단계는 시공단계에서 사용할 건축 자재들을 생산하기 위해 필요한 원료 채취에서부터 건설자재를 생산하는 시점까지이다. 건축물은 많은 자재들을 사용하여 건설하는데, 이러한 자재들은 자연환경으로부터 직접적으로 온 것이 아니라, 자연환경으로부터 원료 채취 및 가공이라는 과정을 포함하고 있다. 따라서 건설현장으로 투입되는 자재는 이미 생산과정에서 일정량의 환경부하를 이미 내재하고 있는 상태이며 건축자재가 전체 건축물의 환경부하에 미치는 영향이 크기 때문에 건축자재에 대한 원단위 DB의 구축은 건축물 LCA의 가장 기본적인 사항으로 간주되고 있다.
- ② 현장 시공단계는 자재를 건설현장으로 가져오는 운송단계에서부터 그 자재를 이용하여 다양한 작업을 통해서 건축물을 건설하고 완성하는

단계까지이다. 시공과정에서는 다양한 공정별로 건설자재 및 에너지 그리고 기타 건설장비 등이 투입되게 된다. 따라서 이 단계에서는 데이터의 누락을 막고 신뢰할 수 있는 정량적인 데이터를 수집하기 위해서 우선 수집할 데이터의 범주를 설정하고 이에 대한 파라미터리스트의 작성이 먼저 수행되어야 한다. 하지만, 시공단계와 관련된 자료는 주로 현장에서 발생하는 것으로 장비사용기록 등 현장 조사에 의한 데이터를 바탕으로 분석되어야 하나 실제 현장에서 관련 자료의 기록이 보존되지 않은 경우가 많으므로 예산 내역서, 현장의 전력 사용실적 등의 자료를 이용하여 구축할 수 있으리라 생각되며, 이는 시간 및 비용 절감, 그리고 개별 적산에서 오는 데이터 누락 가능성을 줄일 수 있다고 생각된다.

- ③ 사용 및 유지보수단계는 건축물을 해체하기 전까지 사용하고 유지 보수하는 단계까지이다. 사용단계는 건물의 난방 및 냉방을 위해 투입되는 자재 및 에너지, 엘리베이터나 조명 등을 위해 투입되는 전력 등이 고려되며, 유지보수단계는 건물의 사용 장애요인이나 노후 등의 이유로 투입·산출되는 자재 및 에너지가 고려될 수 있다. 사용단계에서 사용되는 물질과 에너지는 건물



[그림 1] 건축물의 라이프사이클

전체의 규모나 용도에 따라 크게 변화하며, 실제 건물이 폐기되기 전까지의 실측치를 고려할 수 없으므로, 건물면적이나 설계수준 등을 감안하여 일정 기준에 따라 시나리오 형태로 산출하는 것이 가능하리라 판단된다. 즉, 범용적인 건물 에너지소비량 시뮬레이션 프로그램 등을 이용하여 건물의 설계수준 및 사용형태 등에 따른 에너지사용량 및 CO₂배출량 등을 예측할 수 있을 것이다. 유지보수단계도 사용단계와 마찬가지로 실측데이터의 수집이 어려우므로, 연간 평균 유지보수 회수와 투입·산출물 그리고 에너지 사용량을 고려하여 데이터를 추정할 수 있다.

- ④ 해체, 폐기 및 재활용 단계는 건물을 해체하고 그 자재들을 폐기하거나 재활용하는 단계까지이다. 건축물은 그 서비스 수명이 끝나면 해체되어 건축폐기물로 변하게 되며 이들의 일부는 폐기되고 일부는 다른 제품의 원료로서 사용되거나 다시 건축자재로 재사용된다. 이 단계에서 고려해야 할 가장 중요한 부분은 폐기되는 물질의 종류와 재활용되는 물질의 종류를 파악하고 이들의 양을 정확하게 할당하는 것이 필요하다. 하지만 대상 건축물에 대한 폐기 및 재활용 비율의 실측치는 사용단계에서와 마찬가지로 실측치를 수집하는데 어려움이 있다. 따라서 사용단계와 마찬가지로 건축폐기물의 물질별 폐기와 재활용의 비율을 통계자료에 근거한 시나리오 형태로 구성하여 산출하는 것이 가능하리라 생각된다.

이와 같이 각 단계별 환경부하 원단위 DB가 구축되면 건축물 LCA 수행이 가능하다. 지금까지 건축물 전과정에 따른 에너지소비 및 CO₂배출에 관한 연구 및 평가기법 개발은 거의 건축물의 사용단계에 대해 치우쳐 왔다고 할 수 있다. 물론 건설초기에 여러 자재가 투입되는 신축단계보다 사용기간이 길고 직접적인 에너지소비가 많은 사용단계에 대한 평가 및 기법개발에 치우칠 수밖에 없지만, LCA적 사고에서 비추어 볼 때, 환경친화적 설계와 기후변화협약에 대응한 환경부하 저감형 건설을 위해서는 건설단계에 대한 평가가 중요시 될 수 있으며, 건축물의 전과정에 걸친 환경성능을 평가하기 위해서는 건설 자재

의 환경부하 원단위 DB의 구축이 시급한 것이다.

국내 LCI DB의 개발동향

LCA에서는 어떤 제품의 전과정에 걸쳐 투입되는 에너지 및 원료소요량과 이로 인해 배출되는 환경오염물을 정량화하는 과정을 전과정 목록분석(LCI ; life cycle inventory)이라 하며, 개별적산법(process method)과 산업연관분석법(input/output analysis method), 그리고 조합법(hybrid method)으로 데이터베이스가 구축되고 있다. 타 산업분야에서는 오래전부터 LCI DB 구축작업이 활발히 추진되고 있으나, 수많은 자재로 구성된 건설부문에서의 LCI DB 구축은 미진한 상태이다. 국내의 경우, 현재 개별적산법에 의한 LCI DB 구축은 환경부와 산업자원부가 주관하고 있으며, 산업연관분석법에 의한 환경부하 원단위 DB 구축은 건설교통부가 추진 한 바 있다. 세부 내용은 다음과 같다.

1) 개별적산법에 의한 LCI DB

개별적산법이란 제품과 시스템을 설계도서와 견적서 등으로부터 제조공정·소재 등으로 구분하여 각각의 제품이 어떻게 제조되어 폐기되는지를 제품마다 구체적으로 조사해 나가는 방법이라 할 수 있다.

표 1은 국내에서 개별적산법에 의해 구축한 LCI DB의 현황을 나타낸다.³⁾ 1998년부터 현재까지 환경부와 산업자원부의 주도하에 기반산업부문 모듈 76개와 기초소재부문 모듈 233개, 총 309개 모듈을 구축한 상태이다. 환경부의 LCI는 친환경상품진흥원(KOECO, (구)환경마크협회)에서 G-7연구과제로 1999~2001년(3개년)에 걸쳐 총 111개를 1차 구축한 후, 데이터 포맷 등 일련의 수정작업을 진행하여 2003년 9월에 완료된 바 있다. 이후 계속해서 연차별 LCI 모듈 개발계획을 수립, 추진하여 현재까지 총 151개 모듈을 확보한 상태이다. 산업자원부의 LCI는 한국인정원(KAB)에서 2002년까지 89개의 모듈을 1차 구축한 후, 계속해서 2003년 12월까지 총 158개의 모듈을 구축한 상태이며, 지금은 국가청정지원센터에서 관리 중이다.

국가 LCI DB는 수송, 에너지, 수자원, 폐기부문과 관련한 기반산업부문 모듈과 화학, 페인트, 고무, 철강, 펄프, 제지, 금속, 공정, 전기전자, 건축부문과 관련한



기초소재부분 모듈로 구성되어 있다. 특히 페인트, 고무, 철강부분을 제외한 건축부분에서 활용할 수 있는 LCI 모듈로는 환경부에서 개발한 시멘트, 판유리의 2개 모듈과 산업자원부에서 개발한 석고보드(1개), 유리면(3개), 레미콘(4개), 시멘트(5개) 등의 13개 모듈에 불과하기 때문에 수많은 자재로 이루어진 건축물의 환경부하를 평가하는데 어려움이 예상된다.

한편, 국내 LCI DB는 대내·외의 다른 사용자가 참고 또는 인용하고자 할 때에 그 범용성 및 가독성을 높이고 활용을 용이하게 하기 위하여 형식을 일원화할 필요가 있다. 데이터 포맷은 전 세계적으로 가장 활용도가 높고 데이터의 인식성이 좋고, 국내에서 통용되는 데이터 포맷과 가장 흡사한 국제표준인 ISO/TS 14048을 기초로 각종 해외규격 들의 형태를 고려하여 작성되었다. 그림 2는 현재 개발된 국가 LCI 데이터 포맷의 작성 예를 나타내며, 기본적으로

프로세스 정보, 모델링 및 타당성 확인, 관리정보, 투입물 및 산출물의 4개 시트로 구성되어 있다.⁴⁾

이와 더불어 환경부는 TOTAL, 산업자원부는 PASS라는 프로그램을 개발하여 일반적인 LCA 수행과 더불어 국내의 환경성적표지제도에서 요구하는 데이터 양식을 지원함으로써 최적화된 환경성적표지제도 전용 전과정평가 등을 수행할 수 있다. 프로그램에는 환경성적표지 인증을 받기 위한 LCA 수행과 LCI DB를 내장하고 있으며, 환경성적표지(Type III) 및 환경표지(Type I)를 포함한 환경라벨링제도, 환경친화적 제품설계(Eco-design) 등 제품의 환경성 관련 제도의 운영기반으로 사용된다. 또한 환경성적표지 대상제품에 대한 인증신청을 위해서 목록분석 모듈을 사용하고 전과정평가 결과와 환경성적표지결과를 제출하는데 활용되고 있다. 그림 3은 TOTAL 프로그램을 이용한 결과값을 보여주며, 그림 4는

<표 1> 국내 기관별 LCI DB 구축 현황

구분		환경부	산업자원부
개발 모듈수		151개	158개
관리 운영기관		친환경상품진흥원 (구)환경마크협회	국가청정지원센터 (기존, 한국인정원)
모듈 개발방법		개별적산법	개별적산법
운영 프로그램		TOTAL	PASS
모듈 내용	수송	21(트럭수송10, 해양 11)	7(트럭수송 등)
	에너지	3(전기, 경유, 증유, LNG)	4(경유, 휘발유, 전기 등)
	수자원	11(권역별 공급용수 등)	-
	가스	5(산소, 수소, 질소 등)	-
	폐기	6(지정폐기물, 재생보드)	19(재생HDPE, PET 등)
	기초화학	62(메탄올, 페놀 등)	33(벤젠, 에틸렌 등)
	페인트	9(수용성도료, 신나류)	-
	고무	6(천연고무, 부타디엔 등)	-
	철강	18(열연코일, 냉연코일 등)	4(전기로스틸 등)
	펄프	4(표백펄프 등)	-
	플라스틱	2	-
	제지	-	4(신문용지, 프린터용지)
	금속	2(납, 아연)	13(알루미늄바 등)
	제조공정	-	36(PE, PP, PVC 등)
	전기전자	-	21(콘덴서 등)
건축	2(시멘트, 판유리)	13(레미콘, 시멘트 등)	
유틸리티	-	4(스팀 등)	

PASS 프로그램에서 자료의 투입물과 산출물 예를 나타낸다.

지금까지 국내에서 개발한 LCI 모듈 중에서 건설자재에 직접적으로 해당되는 것은 시멘트, 관유리, 철강, PVC 등 몇 개에 지나지 않으며, 이는 건축물의 건설에 소요되는 수천가지의 건축자재에 비하면 그 숫자가 매우 작다고 할 수 있다. 따라서 개별적산법에 의해 구축된 국가기반 DB를 이용하여 건축물에 대한 환경부하를 평가한다는 것은 거의 불가능할 것으로 보여진다. 향후 수정작업 및 다른 자재에 대한 DB 구축이 있을 예정이지만 계획으로는 건설교통부의 기반사업과제로 2008년까지 50여개 정도가 더 개

발될 예정이기 때문에, 그때에도 마찬가지로 건축물에 대한 환경부하의 평가에 어려움이 예상된다. 이와 같이 수천가지나 되는 건축자재의 원단위를 산출하기 위해서 앞으로 확보될 데이터가 절대적으로 부족함으로 다른 방법론을 검토할 필요가 있을 것으로 사료된다.

2) 산업연관분석법에 의한 원단위 DB

산업연관표는 일정기간 동안 한 나라의 국민 경제 내에서 생산된 모든 산업부문간의 물자나 서비스의 거래관계를 일정한 원칙에 따라 표시한 통계표로서 산업간의 상호 연관관계를 수량적으로 파악하는 분

a) 프로세스 정보

b) 모델링 및 타당성 확인

c) 관리 정보

d) 투입물 및 산출물

[그림 2] 국가 LCI 데이터의 작성 예시(멘트)

[그림 3] TOTAL을 이용한 결과값

[그림 4] PASS에 의한 LCT에 (디젤)



석법을 산업연관분석이라 한다.

산업연관표는 행과 열의 구조로서 행은 각 산업부문의 생산물을 판매하는 배분구조를 나타내며, 열은 각 산업부문의 투입구조를 나타낸다. 일반적으로 산업부문별 총생산량은 중간수요를 충족시키기 위한 중간재의 량과 최종수요를 충족시키기 위한 최종재의 합이라 할 수 있으며, 산업연관표의 기본거래표는 연립방정식으로 표현된다. 즉, 최종수요가 1단위 증가하였을 때 이를 충족시키기 위하여 각 산업부문에서 직·간접적으로 유발되는 생산액 수준을 나타내는 생산유발계수를 이용하여 최종수요 변동에 따라 각 산업부문에서 직·간접적으로 유발되는 총산출액을 구할 수 있게 된다.⁵⁾

산업연관표는 거래관계를 화폐가치 단위로 기술하고 있지만, 이 금액의 흐름과 함께 물자가 이동한다고 생각하게 되면, 산업간에 흐르는 에너지나 자원의 흐름을 분석할 수 있기 때문에 환경분석으로의 응용이 가능하다. 즉, 산업연관표의 형식을 확장하고 산업간만이 아닌 자연환경에서 산업으로의 투입(자원채취)이나, 산업으로부터 환경으로의 산출(폐기물, 오염물질의 배출)까지 포함한 물량단위의 투입산출표를 작성하면 환경문제로의 응용이 가능하다.⁶⁾

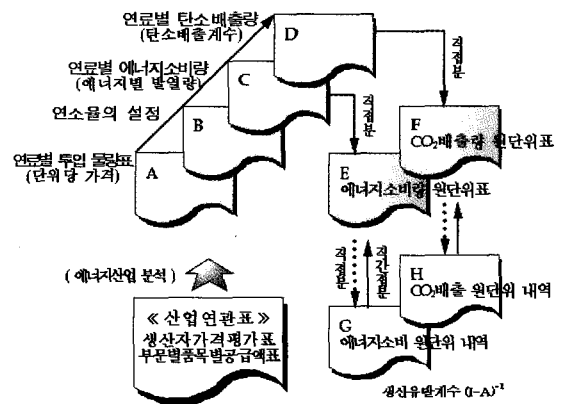
각 건설자재의 생산과정에서 직접 소비되는 에너지 및 배출되는 CO₂는 제조과정에서 투입된 연료 및 자재물량 등을 적산함으로써 파악할 수 있다. 그러나 개별적산법은 그 밖의 다른 산업으로부터의 간접적인 물량파악에 한계가 있으며, 수많은 건설자재에 대한 원단위 구축에는 상당한 시일이 소요되는 단점이 있다. 이에 각 산업 간의 상호 연관관계를 반영할 수 있는 장점이 있고, 개별적산법에 의한 건설자재의 원단위가 충분히 정비·공표되어 있지 않는 현 시점에서 국내 건축자재의 원단위 DB를 일괄적으로 도출할 수 있는 산업연관분석법을 이용한 원단위 산출이 유용한 방안이라 할 수 있다.

국내에서는 일부 국가기관 연구소 및 대학에서 산업연관표를 이용한 건축부자재에 대한 원단위 산출 연구가 행해져 오고 있다. 2001년 및 2002년에 완료된 건설교통부의 “건축물 LCA를 위한 원단위 작성 및 프로그램 개발 연구”에서는 생산유발계수를 일반가격기준(IO, input-output)과 에너지의 투입물량기준(EIO, energy input-output)의 두 가지 경우로 나

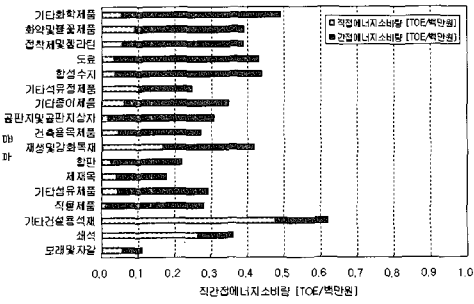
누어 계산하여 약 250여개 건축부자재에 대해 데이터베이스를 구축한 바 있지만, 건축부자재의 특이성 때문에 아직까지 산업연관분석을 통한 원단위 데이터베이스 산출방법으로 일반화되지 못하고 있는 실정이다. 최근에 완료된 2단계 연구(2004.12)에서는 1단계에서 지적된 여러 가지 문제점을 보완하고 국내 실정에 적합한 원단위 산출 프로세스를 설정하여 건설자재의 에너지소비량 및 이산화탄소배출량 원단위를 산출, 제시하고 있다.

일반적으로 산업연관표를 이용한 원단위 산출 프로세스는 그림 5와 같다.⁷⁾ 산출과정은 먼저 각 부문에서 에너지소비 및 CO₂배출의 원인이 된 연료별 투입량을 추계한 다음, 연소율을 설정하여 연료별 연료로서의 에너지 소비에 기여한 투입물량을 구한다. 여기에, 각 연료별 발열량 및 CO₂배출계수를 곱하고 더하여 부문별 직접 에너지소비량 원단위 및 직접 CO₂배출량 원단위를 구한다. 그 다음에 직접부문의 원단위에 레온티에프 역행렬 즉, (I-A)⁻¹인 생산유발계수로부터 각 부문별 직간접 원단위를 산출하게 된다.

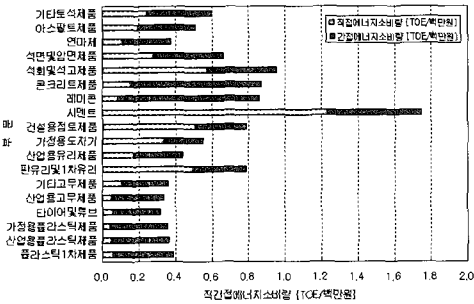
이러한 산출기법은 일본에서 가장 활발히 진행되고 있지만, 일본에서도 연구기관에 따라 원단위 산출결과에 차이를 보이고 있다. 이는 원단위 산출과정에서 취급하는 에너지의 추계범위 또는 적용한 배출계수, 생산유발계수 등의 차이에 기인하고 있다. 이러한 프로세스가 일반적인 기법이라 할 수 있지만, 국내의 경우 기반데이터의 부족으로 에너지 투입물량표가 작성되어 있지 않아 산출에 어려



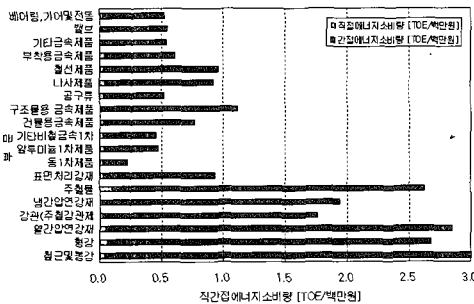
[그림 5] 에너지소비 및 CO₂배출 원단위 산출 프로세스



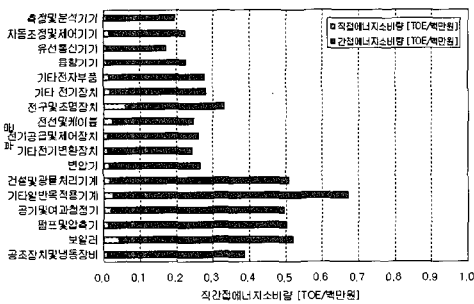
a) 일반자재



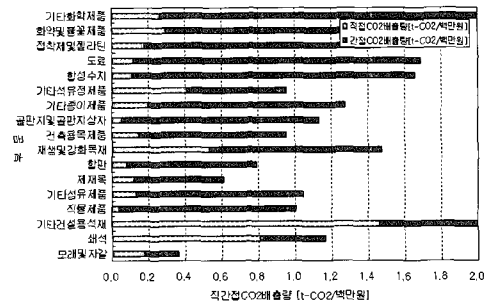
b) 플라스틱, 유리, 시멘트류



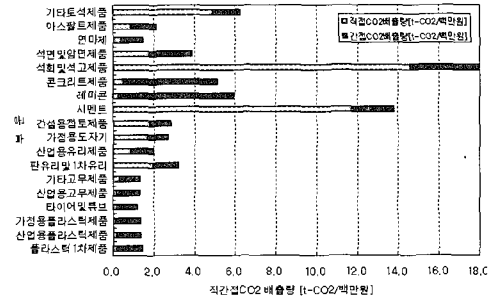
c) 강재 및 금속류



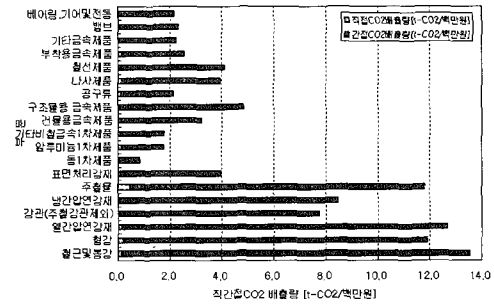
d) 설비기기 및 기타



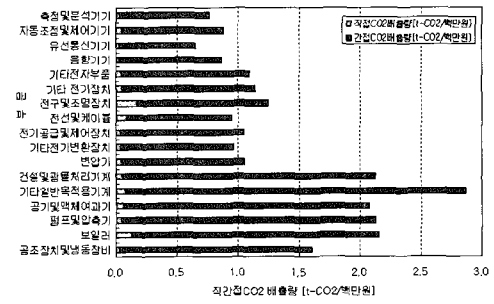
a) 일반자재



b) 플라스틱, 유리, 시멘트류



c) 강재 및 금속류



d) 설비기기 및 기타

[그림 6] 산업부문별 에너지소비량 원단위

[그림 7] 산업부문별 CO2배출량 원단위



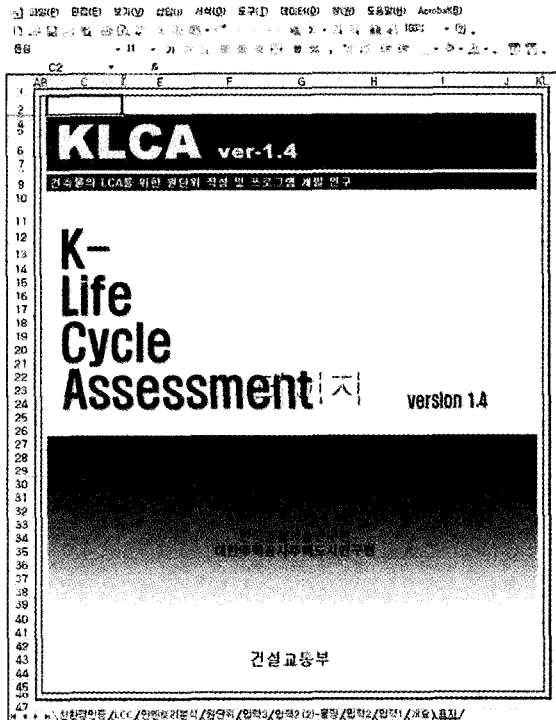
움이 있는 상태이다. 그러나 국내에서 가용할 수 있는 데이터를 기반으로 국내 산업연관표의 작성 상태나 배출원의 범위, 에너지의 추계범위 등을 분석하여 에너지 투입물량표의 작성과 연료종류별 투입물량을 추계하고 생산유발계수 등을 적용하여 국내 실정을 반영한 건설자재 생산단계의 원단위를 산출한 것이다.

그림 6, 7은 '2000년 산업연관표'의 '생산자가격 평가표'를 이용하여 건설자재 생산단계의 에너지소비량 및 CO₂배출량 원단위의 산출 결과이다.³⁾ 산업연관표에 게재되어 있는 모든 산업부문(404개 기본부문)중에서 건설자재 및 설비기기를 중심으로 살펴보면 다음과 같다.

건설공사에 가장 많이 사용되고 있는 도료, 합성수지, 합판, 콘크리트제품, 레미콘, 기타 고무제품, 산업용플라스틱제품 등의 경우, 생산에 직접 소비되는 에너지보다 중간재로 투입되어 들어오는 간접 에너지소비량이 상대적으로 크게 나타나, 자재생산에 소비되는 에너지를 줄이기 위해서는 중간재로 사용되는 자재를 대체하거나 개선할 필요가 있다는 것을 알 수 있다. 반면에 석회 및 석고제품, 시멘트, 가정용도자기(세면기, 번기 등), 관유리 및 1차유리 등의 산업은 간접보다 직접 에너지소비가 상대적으로 크다는 것을 알 수 있다. 또한 철근 및 봉강, 형강, 강관, 강재, 주철물, 동1차제품, 알루미늄 1차제품, 벨브, 보일러, 펌프 및 압축기 등 대부분의 강재 및 금속류, 설비기기류의 산업은 직접보다 간접 에너지소비량이 크게 나타났다. 일반적으로 건설에 투입되는 주요 자재들이 철근 및 봉강, 시멘트, 레미콘, 유리, 석고보드, 플라스틱류 등이라는 점을 감안해 볼 때, 철강 및 시멘트와 유리, 석고보드의 소비가 건설과정에서의 에너지소비량에 크게 작용할 것이라는 것을 예상할 수 있다.

이와 더불어 건설교통부에서는 K-LCA(K-Life Cycle Assessment)라는 건축물 LCA 프로그램을 Excel Sheet 형식으로 개발하여, 일반인들이 쉽게 사용할 수 있도록 입·출력 방식을 간이화하였다. 그림 8, 9는 프로그램의 표지 및 원단위 DB 시트를 보여준다.⁴⁾

개별적산법의 장점은 각 프로세스에서의 환경부하 정도를 밝힐 수 있고, 개선방법을 쉽게 검토할 수 있지만, 단점은 각 프로세스에 있어서의 조사항목에 한계가 있고, 조사를 하는 사람의 독자적인 조사를 근거로 환경부하 값이 산출되기 때문에 데이터에 대



[그림 8] K-LCA프로그램 표지

[그림 9] 건축자재 원단위 DB 시트

3) 조합법에 의한 원단위 DB

한 객관성이 결여된다는 점을 지적하고 있다. 반면에 산업연관분석법의 장점은 산업연관표를 이용하여 부문간 가격을 기준으로 원자재와 에너지가 조사 대상 제품으로 분배된 경과와 이유를 역으로 분석하기 때문에 어느 제품의 직·간접적인 목록을 이론적으로 산출할 수 있지만, 단점은 산업연관표에 들어 있는 항목이 한정되어 있어 공업제품과 기술을 분석하기에 불충분하고, 신기술이나 재활용처럼 아직 산업연관표에 들어있지 않은 항목에 관해 분석할 수 없다는 점, 재래 기술이라도 제조 인프라가 없는 것은 분석할 수 없다는 점을 들고 있다.

최근에는 이러한 개별적산법과 산업연관분석 2가지의 이점을 이용한 조합법이 연구되고 있다. 이 방법에는 적산법에 기초한 분석방법과 산업연관표에 기초한 분석방법이 있으며, 단계별조합(tiered hybrid), 투입산출조합(input-output hybrid), 통합조합(integrated hybrid)으로 구분하기도 한다. 적산법에 기초한 조합법은 전통적인 LCA와 같이 각각 제품의 물질 데이터를 모은 후, 환경자료는 산업연관표를 이용하여 평가하는 방법으로 많은 선행 연구가 진행되고 있다. 산업연관법에 기초한 조합법은 데이터 수집의 시간에 전략적으로 목적을 두고 있으며, 전과정목록평가에 대한 조합법의 접근과 산업연관표와 적산법을 통합하는 조합방법 등 다양한 연구가 시도되고 있다.

건축물 LCI DB 구축방법

건축물의 전과정을 통해 지구환경에 부여되는 환경부하인자로는 온실효과가스, 오존층 파괴가스, 산성비 원인가스, 유해폐기물 등 여러 인자들이 있으며, 이를 총칭해서 환경부하라고 지칭한다. 환경부하 원단위란 어떠한 경제행위가 이루어질 때, 그 행위로 인해 발생하는 환경부하인자가 대상 물질 혹은 물체의 기능단위당 얼마의 값을 가지고 있는지를 정량적으로 표현하는 것을 말한다.

이러한 환경부하 원단위는 그 목적과 범위에 따라 달라질 수 있다. 환경부하 원단위의 구축 목적 및 범위를 건축물의 라이프사이클에 대하여 즉, 건축물의 건설과정에 투입되는 자재생산에서부터 시공단계, 사용단계, 유지보수단계, 그리고 해체·폐기단계에

이르기까지 요구되는 자원 및 에너지소비량, CO₂배출량에 대한 정량적인 값의 산출로 한정할 경우, 건축물 LCA를 위한 각 단계별 원단위 DB의 구축방법을 다음과 같이 설정하여 산출하는 것이 가능하리라 본다.

예를 들어, 건설자재의 원단위는 산업연관표를 이용하여 에너지소비량 및 CO₂배출량 원단위를 구축하며, 시공단계의 원단위는 대상건물의 예산내역서나 견적서, 시공회사의 전기사용량 실적자료 등을 이용하여 시공과정에서 투입되는 유류소비량과 전기사용량을 집계하여 구축한다. 유지보수단계에서는 수선주기 및 수선을 등을 기준으로 수선대상별 물량 파악을 통해 건물의 경과년수에 따른 물량 파악과 산업연관분석에 의해 구축된 건축자재의 원단위 DB를 이용하여 산출한다. 폐기단계에서는 폐기물 재활용업체에 대한 현장조사 및 기존 자료 조사 등을 통하여 원단위를 구축한다. 물론 여기에 개별적산법에 의해 구축될 원단위 DB와 상호 비교, 분석하여 보완적으로 활용하는 것이 필요하리라 본다.

맺음말

건축물 LCA 수행에는 많은 데이터가 필요하다. 개별 제품의 환경부하 원단위는 고정적인 것이 아니고 주변 산업과 제품 생산 공정의 개선 등에 따라 변화하게 되며 이러한 모든 데이터를 직접 측정, 산출하는 것은 매우 어려운 일이다. 건축물 LCA 수행 및 친환경 평가에 적용되는 데이터는 사용 데이터의 출처와 수준 및 산출조건 등을 명시하여 국내 산업의 평균적인 조건에 의한 것을 사용하거나 일정 수준의 신뢰할 수 있는 데이터를 사용하는 것이 바람직하다.

따라서 적산법에 의한 건축자재의 LCI DB가 충분히 정비, 공포되어 있지 않은 국내의 현 단계에서는 산업연관표를 이용한 원단위가 유용한 데이터 소스의 하나라 할 수 있다. 또한 선진국에서는 건축물 LCA를 위해 개별적산법 및 산업연관법에 의한 원단위의 구축이 활발히 추진되고 있는 점을 감안해 볼 때, 국내에서도 관련 데이터의 정비 및 방법론 정립에 따른 원단위의 구축과 주요 건설자재의 우선순위 결정 등에 대한 연구가 조속히 추진되어 건축물 전과



정에 걸친 환경부하를 보다 객관적이고 신뢰성 있게 평가할 수 있는 체제가 구축되어야 할 것이다.

참고문헌

1. 김종엽, 이승언, 손장열, “공동주택 신축단계에서의 에너지소비 및 CO₂배출 특성 평가”, 대한건축학회논문집, 21권, 4호, 2005. 4.
2. 김종엽, 이승언, 손장열, “건축물 건설단계에서의 에너지소비량 및 CO₂배출량 원단위 산출”, 대한건축학회논문집, 20권, 10호, 2004.10.
3. 김종엽, 김성완, 손장열, “건축물 LCA를 위한 건설자재의 환경부하 원단위 산출 연구”, 대한건축학회논문집, 20권, 7호, 2004. 7.
4. 건설교통부, “건축물의 LCA를 위한 원단위 작성 및 프로그램 개발 연구”, 2004
5. 한국은행, “2000년 산업연관표”, 2003.
6. 森口祐一 外, “産業連關表による環境負荷原單位データブック(3EID)”, 國立環境研究所, 2002. ㉔