

# 전과정평가(LCA, Life Cycle Assessment)를 이용한 녹색 에너지의 녹색건설에의 적용



김 미 화  
선임연구원, 평가관리본부 전력·원자력팀,  
한국에너지기술평가원 (KETEP)  
tea5421@ketep.re.kr

## 1. 서론

지구온난화 가속화에 의한 기후변화는 엘니뇨와 라니냐와 같이 비교적 단순한 기온 상승이 아니라 국지적인 폭염, 폭우, 태풍에 의한 천문학적인 물적 피해와 더불어 인간 생활, 특히 국지적인 물수지 불균등에 의한 식수난으로 나타나고 있다. 또한 화석연료의 고갈에 의한 대체 에너지 개발 요구도는 날로 증대되고 있다. 옥수수와 같은 곡물을 이용한 바이오디젤 개발은 전 세계적인 곡물 및 가축사료 가격 폭등을 유발하는 오류를 범하기도 하였다. 화석연료 고갈에 의한 원자재 가격 폭등은 1차 및 2차 석유파동 경험에 의해 그 피해를 예측할 수 있으나 지구온난화에 의한 기후변화에 의한 인적 및 물리학적 피해는 예측이 불가능하다.

2005년 이후 우리나라의 강우형태가 국지적인 집중호우 형태로 변화되고 있으며, 지역별 불균등이 심화되고 있

다. 뿐만 아니라 국지적으로 돌풍이 불고 우박이 내리는 기상이면 또한 그 빈도가 증가되고 있다. 강우형태와 빈도 변화는 지질학적 구조에 영향을 미칠 수 있으며 기존 구조물에 간접적으로 영향을 미칠 수 있다. 해빙기에 발생한 2009년 2월 15일 동판교 택지개발지구내 터파기 공사장 흙막이 붕괴사고는 안전불감증과 기후변화 대처에 미흡한 결과로 빚어진 대표적인 예로 들 수 있다. 대규모 택지 개발은 지표면과 지반이 부분적으로 장기간 외기에 노출될 수밖에 없고 이때 최근 100년 또는 200년 동안 축적된 자료로는 예측할 수 없는 단시간 동안의 집중 폭우는 지표 토사 유실을 1차적으로 유발하고 부분적으로 지반을 약화시켜 안전사고의 불씨를 만들게 되나 이를 예측하기는 매우 어렵다. 또 다른 한 예로 지난 8월7일~8일 대만을 휩쓴 모라곶 태풍은 1일 최대 1402mm의 비를 뿌렸으며 이 기간 동안 대만의 연간 강우량에 해당하는 비가 내렸다. 그 결과로 타이둥즈번 온천지역의 '찐수와의' 호텔

하부 지반이 유실되면서 무너졌으며, 시아오린춘 마을 전체가 토사에 파묻혀 398명이 사망한 것과 같은 인명피해와 재산상의 손실, 사회 인프라의 파괴를 가져왔다.

지구온난화 (Global Warming)에 의한 기후변화는 대기 중에 지구온난화가스 (GHGs, Green House Gases) 중 하나인 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)가 증가하여 복사열이 우주로 빠져나가지 못해 대기온도 상승을 초래한 것이다. 대기중으로의 이산화탄소(CO<sub>2</sub>) 배출량을 감소시키기 위한 구속력이 있는 협약을 만들기 위하여 2009년 12월 7일부터 18일까지 덴마크 코펜하겐에서 세계 105개국 정상과 192개국이 참가한 '제15차 기후변화협약 당사국총회 (COP15)'가 개최되고 있다. 현재 우리나라는 CO<sub>2</sub> 의무감축국은 아니지만 코펜하겐 회의를 기점으로 의무감축국으로의 진입 가능성이 높아 이에 대한 대책이 시급한 실정이다.

CO<sub>2</sub> 배출량 저감은 모든 산업기술, 인간이 누리는 제반 기반시설에 사용되는 주요 에너지원인 화석연료를 녹색 에너지원인 태양, 수력, 풍력, 재생에너지 사용을 활성화 시키므로 해결할 수 있다. 그러나 녹색에너지원 사용은 기술력 부족에 의한 낮은 에너지효율과 효율이 높더라도 기

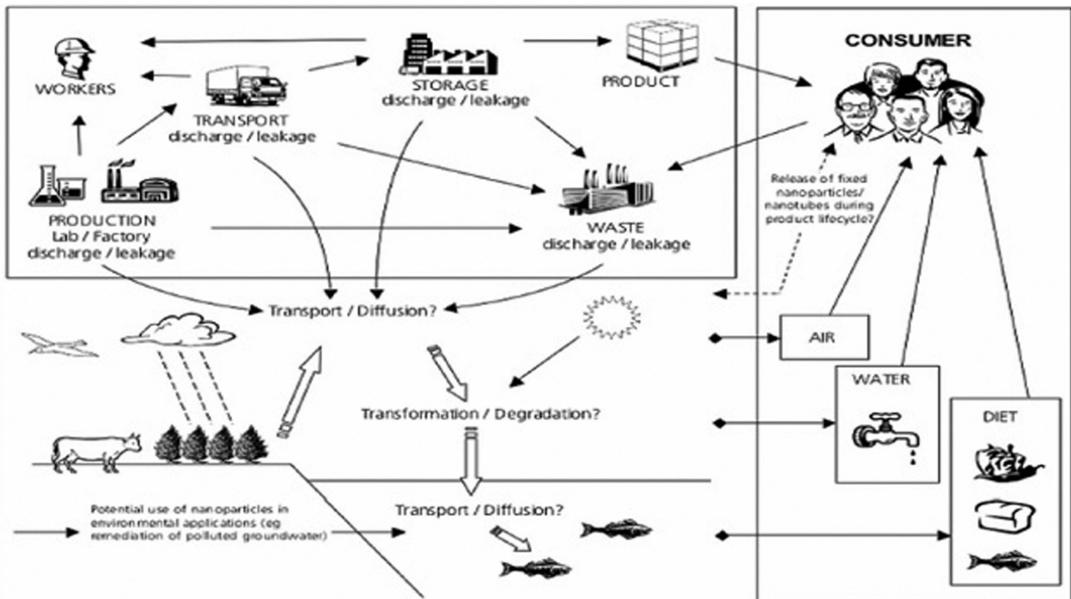
반시설의 미비로 활성화되지 못하고 있다.

미국의 경우 소비하는 에너지의 38%가 각종 빌딩에서 소모되고 있으며, 빌딩에서의 녹색에너지 사용량을 증가시키고 CO<sub>2</sub> 배출량을 저감시키기 위한 LEED(Leadership in Energy and Environment) 프로젝트를 수행하였고 전과정평가(LCA, Life Cycle Assessment)를 통해 그 효용성을 평가하였다<sup>1)</sup>.

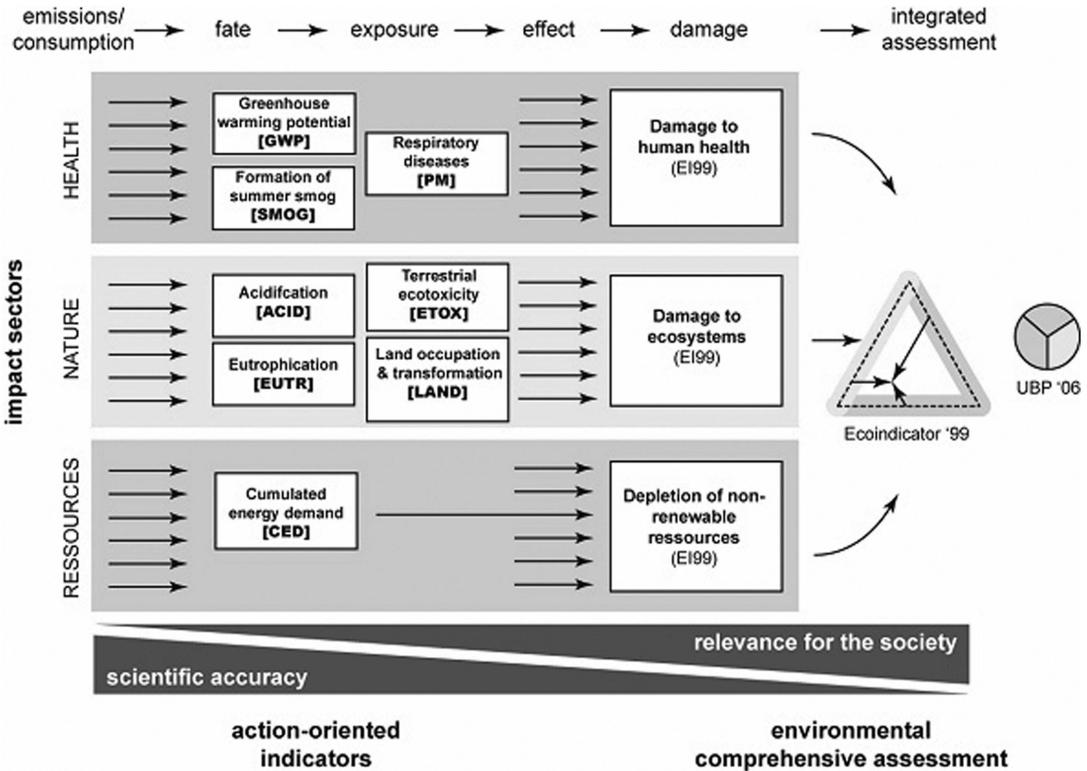
## 2. 본론

### 2.1 전과정평가 (LCA, Life Cycle Assessment)란?

전과정평가(LCA, life cycle assessment)는 안전한 공산품(Green Product)을 생산하기 위하여 하나의 공산품을 만드는 데 사용된 원료에서 제조과정에서 발생하는 부산물의 위해성 및 최종 처리시의 위해물질 발생 등을 총괄적으로 평가하는 것이다. 최근 들어 산업기반, 원자재, 에너지, 폐기물 발생이 생태학적 유기적인 연관성을 가지고 있음을 인지하여 '산업생태'란 개념이 도입되고 있으며



(그림 1) 산업, 자연생태, 인간생활의 유기적인 연관성<sup>2)</sup>



〈그림 2〉 Biofuels의 전과정평가(LCA, Life Cycle Assessment)<sup>3)</sup>

2005년부터 지식경제부에 의한 '생태산업단지(EIP, Eco-Industrial Park)구축사업'을 수행해 오고 있다. 각 산업에서 사용된 원자재가 하나의 제품 및 결과물로 생산되기까지의 전과정을 평가하여 에너지 변환 및 회수, 폐기물 발생 모니터링 및 회수를 극대화하기 위한 노력을 경주하고 있다.

그림 1은 모든 산업기반과 생태기반이 인간생활과 유기적인 연관성을 가지고 있으며 거시적인 전과정평가(LCA, life cycle assessment)의 대표적인 예다. 그림 1에서 보는 바와 같이 산업적인 생산활동에서는 원자재, 생산과정, 제품소비의 세 가지 그룹으로 나누어 전과정평가(LCA, life cycle assessment) 요소를 설정할 수 있다. 산업생산공정에서 발생된 부산물은 직접 및 간접적으로 환경에 영향을 미치게 되며 공산품을 사용하는 인간 또한 부산물을 생산하여 환경에 영향을 주게 된다.

그림 2는 Biomass를 이용하여 만들어진 Biofuels (화석연료-석유)를 사용할 때 발생하는 부산물과 이를 이용한 환경에 미치는 영향을 전과정평가(LCA)를 행한 모식도를 보여주고 있다. 화석연료의 사용은 천연자원, 인간 그리고 환경에 영향을 미칠 수 있으며 이는 자원고갈, 인간 건강 위해, 생태파괴 등으로 그 결과가 얻어진다. 인간 건강에 영향을 인자로는 온실가스와 스모그에 노출되는 것으로 나타난다. 생태계 측면에서는 산성비와 부영양화가 생태계를 파괴하는 원인으로 작용하며 에너지 측면에서는 에너지 요구량이 증가됨에 따라 천연자원고갈이 가속화되어 대체에너지원의 필요성이 증대됨을 알 수 있다.

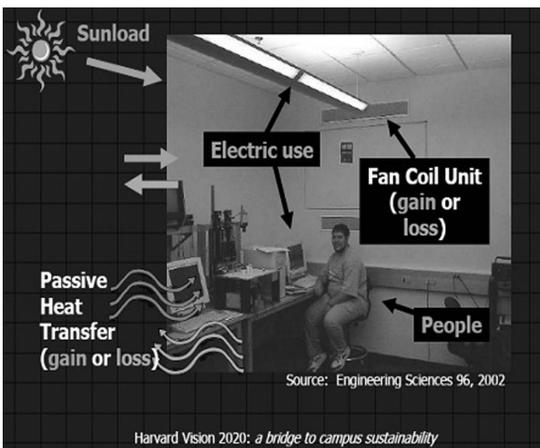
그림 2와 같이 대체에너지원에 대한 요구도가 증가되므로 녹색에너지(Green Energy) 기술개발을 위한 전과정평가(LCA)를 태양, 수력, 풍력, 지열, 폐열 회수 등으로 세분화하여 수행할 수 있다. 각각의 녹색에너지원을 분석하

는 동안 도출된 중요인자(기술개발 수준, 기반시설, 지속 가능성, 에너지 효율 등)의 영향을 분석하고 상호 연관성을 평가하게 된다.

## 2.2 하버드의 LEED(Leadership in Energy and Environment)를 통한 그린캠퍼스 조성

LEED (Leadership in Energy and Environment) 프로그램은 1998년 USGBC (US Green Building Council)에 의하여 시작되었다. 'Green Building'은 빌딩의 유지 및 관리에 사용되는 에너지량을 천연 에너지원(태양열, 지열, 폐열 회수 등)을 용하여 감소시켜 CO<sub>2</sub> 배출량을 저감시키고 건물을 짓는 자재 재활용율을 높인 빌딩을 말한다<sup>1)</sup>.

하버드 대학 자체가 환경에 미치는 영향을 요약하여 나타낸 것으로 하버드 캠퍼스에는 500개의 빌딩이 있으며 이 빌딩에서 2003년 배출한 CO<sub>2</sub>량은 300,000톤이며 이는 1992년에서 2003년 사이에 대기중으로 배출된 GHGs의 43%를 차지하고 있다<sup>2)</sup>. 그림 3은 빌딩에서의 에너지 흐름을 보여주는 것으로 LEED(Leadership in Energy and Environment)를 수행하기 전에는 태양열이나 다른 천연 에너지원의 사용은 거의 없으며 전기에너지를 주로 소모하고 있음을 알 수 있다.



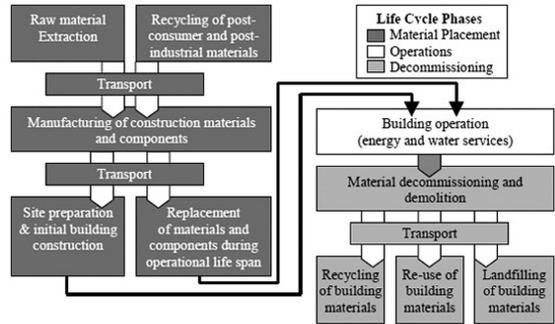
(그림 3) 건물에서의 에너지 흐름<sup>3)</sup>

그림 4는 LEED(Leadership in Energy and Environment) 프로젝트를 수행하기 위한 전과정평가(LCA) 구성을 보여 주고 있다. 그림 4(a)는 전과정평가(LCA)는 LEED를 수행하기 위한 사이트 선정, 선정된 사이트에 적용할 녹색에너지원 도출 및 설계, 완성된 설계를 기준으로 한 건설, Green Building으로써의 효율성 평가의 4단계로 단계적으로 수행된다. Green Building을 건설하기 위한 기초설계에는 기존 건물의 재활용도와 적용 가능한 녹색에너지원(태양열, 지열, 풍력 등) 이용에 의한 CO<sub>2</sub> 배출 저감량을 평가하게 된다. 각 건물에 적용한 천연 에너지원을 설치하기 위한 건물의 리모델링이 시작된다. 그림 4(b)는 단계적인 전과정평가(LCA)를 거쳐 도출된 최종 설계안을 기준으로 건물을 리모델링하거나 건설하는 동안 필요한 건축자재 종류에 따른 전과정평가(LCA)를 수행하여 경비를 평가한다. 건축자재를 재활용하거나 재사용하는 경우에는 건물의 용도와 구조특성에 따른 평가를 반드시 수행하여야 한다.

미국의 LEED(Leadership in Energy and Environment)와 같이 우리나라의 경우도 국토해양부에서 CO<sub>2</sub> 배출량을 저감시킨 녹색건설을 유도하고 있으며 이에 대형 건설사별로 녹색아파트 상품을 내놓고 있다. 좁은 국토와 녹색에너지의 효율성과 CO<sub>2</sub> 배출량의 효율적인 제어를 고려할 때 신도시개발의 기획 단계에서부터 선정된 지역에 적용할 수 있는 녹색에너지원을 평가하고 최적 녹색에너지원을 도출하여 필요한 기반시설을 동시에 설치하는 Green City 건설이 최적일 것이다. Green City 건설 기획단계에 적용 가능한 녹색에너지원 전과정평가(LCA)에는 그 지역의 최근 10년간의 기후변화 특성을 반영하게 하여 이상 집중호우, 돌풍 등에 의한 재해 가능성이 기초설계에 반영하여 건설기간 중의 재해 방재 및 도시건설 종료 후의 구조물의 안전성이 확보되도록 하여야 한다. Green Building 또는 Green City의 평가는 에너지 저감 효율(녹색에너지 이용율), CO<sub>2</sub> 배출량, 상수 사용량 등으로 평가할 수 있으며 등급별 인센티브제도(개인별 인센티브 지급이 아닌 건물 또는 도시 단위의 인센티브 적용)를 도입하여 활성화 할 수 있을 것이다.

High Performance Building Services   LEED Project Management	
Pre-Design	Client Consultation
	Site Selection
	Architect Selection
	Engineer Selection
	Commissioning Agent Selection
Design	Charrette Facilitation
	Life-Cycle Costing, Green Campus Loan Fund Consultation
	LEED Strategy, Scorecard, Responsibilities and Schedule
	Consultation, Review and Approval of Design-Phase LEED Submittals
	Materials Database Development
	Specification Review
	Submittal Review and Approval for Design-Phase Credits
Construction	General Contractor Selection
	Erosion and Sedimentation, Construction I/Q, Construction and Demolition Waste Recycling, Materials Purchasing
	Submittal Review and Approval for Construction-Phase Credits
	Building Flush-out or Air Quality Testing
	Green Design Communications
Occupancy	Submittal Review and Approval for Occupancy-Phase Credits

(a) LEED(Leadership in Energy and Environment)의 전과정평가(LCA)구성<sup>3)</sup>



(b) Green Building 건설의 전 과정평가<sup>1)</sup>

(그림 4) 하버드 대학의 전과정평가(LCA)를 이용한 LEED (Leadership in Energy and Environment)평가

### 3. 맺음말

미국의 LEED (Leadership in Energy and Environment) 프로그램과 우리나라의 녹색건설 촉진과 같이 녹색건설에 전과정평가(LCA, Life Cycle Assessment)를 통해 얻어진 녹색에너지(태양열, 수력, 풍력, 지열, 폐열 등)의 적용은 녹색에너지 효율을 증대시킬 수 있을 뿐만 아니라 CO<sub>2</sub> 배출을 효과적으로 집중적으로 제어할 수 있음을 알 수 있다.

### 참고문헌

1. Chris W. Scheuer and Gregory A. Keoleian (2002). "Evaluation of LEED™ Using Life Cycle Assessment Methods", National Institute of Standards and Technology (NIST), GCR 02-836, USA.
2. Rainer Zah, Heinz Böni, Marcel Gauch, Roland Hischer, Martin Lehman and Patric Wäger (2007). "Life Cycle Assessment of Energy Products: Environmental Assessment of Biofuels (Executive Summary)", www.empa.ch/biofuels.
3. Nathan Gauthier and Michael Crowley, "Harvard Vision 2020-Building Green at Harvard", www.greencampus.harvard.edu.