

Global Report

북미관점에서 본 친환경 건축물 및 제품 인증 제도와 생애주기 평가 제도의 통합

1. 개요
2. 소개 - 건축물의 사회·환경적 영향
3. 친환경 건축물 인증 제도(GBRS)
4. 지속가능성 측정 및 생애주기평가(LCA)
5. LCA와 GBRS의 통합
6. LCA, LBC 및 레드리스트 자재에 대한 고려
7. LCA 및 건축 제품관련 사용단계 에너지 고려
8. 결론

1. 개요

친환경 건축물 인증 제도(GBRS - Green Building Rating Systems)와 건축 자재를 포함한 건축물의 지속가능성 측정기준에 대한 설정을 북미관점에서 검토코자 한다. 다양한 수준에서 GBRS에 대한 주요 사례로는 특별히 LEED와 LBC(Living Building Challenge)이 부각되고 있다. 지속가능성을 정량화하는데 선호되는 방법으로 생애주기평가(LCA - Life Cycle Assessment) 방법이 도입되었으며 현행 GBRS와의 통합과 관련된 것들에 대하여는 두각을 나타내는 건축 사례를 통해 살펴볼 것이다. 즉, GBRS와 연계하여 건축 제품인 카펫과 지붕 멤브레인(roof membranes)이 두 가지에 대한 LCA의 적용사례 정보가 제공될 것이다. 첫 번째 사례로는 기존의 카펫을 LBC의 자재 제외 기준(materials exclusion criteria)(Red List, via the Declare product labeling system - 제품 표시제도 선언을 통한 적색 리스트)에 해당하는 카펫과 비교하는 것이었다. 두 번째 사례로는 LEED 인증 획득에 도움이 되는 것 중 하나인 건축보수 공사용 지붕 멤브레인 대체재의 생산 및 사용단계에 LCA를 적용하는 것이다. Declare-listed 제품들이 모든 LCA 영향 부문에서 우수한 결과를 나타내는 것은 아니었으며 GBRS preferred 지붕 시스템은 모든 LCA 영향부문에 빈약한 성능을 나타내었으며, 한편 LCA 분야의 추가 필요성이 제기되었다. 두 가지 사례 모두 LCA의 정량적 관점과 GBRS의 정성적 관점을 통합하면서 발생하는 복잡성과 장단점을 설명하는데 도움이 되었다.

2. 소개 - 건축물의 사회·환경적 영향

건축 환경은 개인의 신체적 건강과 복지뿐만 아니라 자연계에 커다란 영향을 미친다. 2010년 미국의 건축부문은 총에너지 소비의 약 41%, 전 세계 에너지 소비의 약 7%를 차지했다. 1980년의 에너지 소비와 비교했을 때 2009년 건축물의 에너지 소비는 48% 더 커졌다. 미국 내 건축물 시공과 철거에 따른 폐기물 발생수치는 전체 미국 폐기물 발생량의 25%에서 65% 사이에 위치할 것으로 보고 있다. 일반적인 건축물의 경우, 환경 배출가스(environmental emissions)의 대부분은 건축물 사용단계, 특히 에너지 사용과 에너지 공급체계에서 발생한다. 따라서 그동안 에너지 효율 향상과 잠재적 비용절감에 초점을 맞추어 많은 연구들이 수행되어왔다.

새건물 증후군(sick building syndrome)과 같이 실내 환경과 연관된 건강관련 우려는 거주자의 건강과 복지에 건축설계가 미치는 직접적인 영향에 관한 연구가 급증하는 결과를 낳았다. 사람들은 실내에서 90%의 시간을 보내는데 실외의 오염물질에 비해 실내 오염물질에 노출되는 양이 2~5배에 이른다. 실내 공기품질(IAQ) 및 실내 환경품질(IEQ)은 근로자의 건강과 생산성에 관련이 있는 것으로 여러 연구결과에서 드러나고 있다. 거주자들에 대한 직접적인 영향을 보다 잘 평가하기 위하여 근로자 생산성과 같은 측정치 및 종업원 결근이나 병가와 같은 회사에서 수집한 데이터 등을 조사 분석하였다.

이러한 환경에 대한 경각심과 직접적인 보건/생산성에 대한 영향은 건축물의 시공과 운영에는 최소한의 자원을 사용하고 그러한 건물 내의 거주자의 건강과 안전은 증대시키는 보다 지속가능한 건축물의 사회적 수요증가로 이어졌다. 이러한 수요를 해결하기 위한 시도로 친환경 건축물 인증 제도(GBRS)가 등장하였으며, 건축물 지속가능성과 시장성 측면에 대해 이해당사자들 관점에서의 새로운 인식이 생겨

나게 되었다. GBRS는 지식의 배경을(knowledge base)쉽게 이해해주도록 하며, 제품시장을 활성화하고 소유주, 설계자 및 건축업자들에게 관념적 또는 실제적으로 환경측면에서 바람직한 건축물을 보다 용이하게 만들 수 있도록 해준다.

3. 친환경 건축물 인증 제도(GBRS - Green Building Rating Systems)

GBRS는 일반적으로 건축물의 설계, 시공, 사용 및 철거단계들을 고려하면서도 자재, 에너지 소비, 물 소비, 실내 환경품질, 건축물의 현장 및 위치 그리고 그 운영 및 관리에 중점을 둔다. 잘 알려진 GBRS에는 영국의 BREEAM, 미국의 LEED, 호주의 그린스타(Green Star), 독일의 DGNB 시스템 그리고 아랍에미레이트의 Estidama 등이 있다. 대부분의 GBRS는 개보수공사, 학교공사, 신축공사, 상업용 건축, 주거용 건축 및 의료시설 등과 같이 특정 건축 프로젝트에 적합한 다양한 세부 부문들이 있다. GBRS의 또 다른 중요한 요소는 건축물의 위치와 기후에 대한 인식이다. 많은 나라들이 전반적인 기후여건에 따라 그들 고유의 인증 제도를 개발하는 것처럼 기후와 지역 이슈들은 대단히 중요한 요소이다.

LEED는 미국 친환경건축위원회(USGBC)에 의해 개발된 친환경 건축물 인증제도 중 하나이다. LEED는 1998년 시범적으로 시도되었고 이후 여러 버전으로 발전을 거듭하였는데, 현재 버전은 LEED v4로서 2013년 11월에 시작되었다. LEED는 현재 미국시장에서 친환경 건축물 인증 제도를 주도하고 있으며 전 세계 많은 시장에 적용되고 있다. LEED는 미국에서 시작되었지만, 현재 국제적으로 통용되는 설계, 시공 및 운영지침 및 표준을 전 세계에 제공하면서 국제적으로 그 입지를 다지고 있다. 2013년에 친환경 건축물 프로파일을 포함한 4,900개의 도시가 GBIG(친환경 건축물 정보 게이트웨이 - Green Building Information Gateway)에 등록되었다. 오늘날에는 135개국에서 LEED 인증된 건축면적이 100억 평방피트 이상인 상태이다.

4. 지속가능성 측정 및 생애주기평가(LCA)

건축부문이 지난 이십년 동안 GBRS의 발전을 거듭해오는 동안에 다양한 부문에서 인간 활동의 보다 폭넓은 지속가능성을 평가하는 방법들이 개발되었다. 이러한 방법들을 개발하는데 적용된 지침들은 미래의 니즈를 손상시키지 않으면서 현재의 니즈를 충족시키는 개념과 환경적, 사회적 및 경제적 관점에서의 니즈와 영향에 대한 평가방법 등에 의해 획득되었다. 제품과 프로세스의 지속가능성을 평가하는 포괄적인 방법은 생애주기평가(LCA - Life Cycle Assessment)이다. LCA는 요람에서부터 무덤까지 그 생애주기 동안 건축용 자재와 프로세스(상품과 서비스)의 환경적 영향과 자원소비를 평가하는데 사용된다.

LCA는 ISO 14040 및 14044에서 국제표준화기구(ISO)가 제정한 4단계 절차를 따른다. ISO에는 LCA의 4단계 절차를 다음과 같이 기술하고 있다.

- 1) 목표 및 범위 정의(Goal and Scope Definition) - LCA의 목표(예 : 제품 비교 또는 개선지향), 시스템 경계 및 기능적 단위(functional unit) 등이 식별되고 제정된다.
- 2) 생애주기비용항목(LCI - Life Cycle Inventory) - 문헌 및 생애주기 데이터베이스로부터 배출물과 자원 사용데이터를 수집한다. 비용항목은 시스템 경계(system boundaries)에 따라 수집된다. 이것은 LCA 결과가 LCI의 품질에 의존하기 때문에 포괄적이며 중대한 단계이다.

3) 생애주기영향평가(Life Cycle Impact Assessment - LCIA) - 이해가능하고 정량화 가능한 환경영향 측면에서 LCI 데이터를 제공한다. LCIA를 수행하기 위한 세 가지 단계에는 영향부문 정의(impact category definition), 분류(classification) 및 특성분성(characterization)이 있다. 또한 LCIA 결과의 현실성을 개선하기 위하여 LCIA 결과들은 표준화, 그룹화, 계량화 및 분석될 수 있다.

4) 해석 및 개선 분석(Interpretation and Improvement Analysis) - LCI 및 LCIA 결과는 결정된 목표와 범위에 부합하는 의사결정을 가능하게 하면서 의미 있는 정보를 제공하기 위해 해석되고 개선되고 있다. 해석 또는 해설(interpretation)은 업체와 의사결정자들에게 결과 및 제약사항을 알릴 수 있도록 해야 한다.

5. LCA와 GBRS의 통합

건축부문에서 평가도구로서 LCA의 사용은 1990년경에 시작되어 그 이후 성장 및 확장을 거듭하였다. 세계 각지의 건축물에 대한 LCA 연구사례 들이 관련문헌에 수록되어왔다. LCA의 적용은 건축물과 건설 프로세스의 지속가능성과 개선에 필수적일 수 있다. 건축물의 사용기간이 평균적으로 50~60년 정도라는 것을 고려해 볼 때 환경에 가장 큰 영향을 미치는 것은 사용단계에서 일어난다는 것을 알 수 있다. 환경에 영향을 주는 부문들의 70~90%는 건축물의 사용단계에서 발생한다. 에너지 소비의 85%는 건축물의 사용단계에서 그리고 약 15%는 건축용 자재의 제조단계에서 각각 발생한다. 일반적인 LCA 방법론은 잘 정의되어 있지만 건축 산업에서의 그 적용은 특히 미국의 경우 부문별 특정 표준화 및 특정부문의 활용 부족으로 여전히 어려움을 겪고 있다. 현재 대부분의 건축물 LCA는 아주 다른 양상을 보이고 있는데 그 이유는 각기 서로 다른 경계와 범위를 기반으로 하고 있기 때문이다.

LCA와 LEED : LEED와 LCA의 통합은 2006년에 시작한 USGBC의 워킹그룹과 패널 토론에서 처음 등장하였다. LEEDv2009는 LEED 크레딧(credits) 가중치에 근본적인 변화를 도입하였다(예 : 온실가스 배출량에 물 사용량 보다 더 많은 가중치를 적용). 2009년 가중치를 살펴보면 건축물의 영향부문들에는 미국 EPA(환경보호국)에서 개발되고 NIST(국립표준기술연구소 - the National Institute of Standards and Technology)가 개발한 도구인 BEES(환경적, 경제적 지속가능성을 위한 건축 - Building for Environmental and Economic Sustainability)에 따라 상호 비교 검토된 TRACI(화학 및 기타 환경영향 감소 및 평가용 도구 - the Tool for the Reduction and Assessment of Chemical and other environmental Impacts)의 13가지 영향 부문들이 포함되어 졌다. 가중치 이외에도 LCA는 환경적으로 바람직한 건축자재 및 부재사용을 권장하는 건축부재 및 자재용 LCA 시범 점수(Pilot Credit)를 통해 LEED와 통합되었다.

LCA는 LEED의 현재 버전에 명시적으로 그리고 묵시적으로 통합되어 있으며, 제품 환경성 선언(Environmental Product Declarations)의 중요성을 고려하여 차기 버전에서 확장될 가능성이 있다. LEED의 최신 버전인 LEED v4에는 자재 및 자원 부문에 LCA를 우선적으로 포함하고 있다. 여기에는 건축물 수명주기에 대한 영향 감소, 건축물 및 자재의 재사용이나 전체 건물 수명주기 평가에 대한 점수(Credit)도 포함되어 있다. LEED v4에는 또한 ISO 표준 14025, 14040, 14044, 21930 및 26000 규정에 따른 제3자 검증에 의해 확인되도록 제품 환경성 선언, 원재료 출처 및 재료 성분에 대한 점수를 부여한다.

LBC가 ISO 14040 기준에 따른 완벽한 LCA를 요구하지는 않지만, LBC도 넷포지티브 에너지(net-positive energy), 넷포지티브 워터(netpositive water), 자재 소싱(materials sourcing) 및 내재 탄소 배출량(embodied carbon footprint - 건축 자재의 내재 탄소배출량과 동일한 탄소 상쇄를 구매할 수 있는 프로젝트 필요) 등과 같은 많은 요건을 통해 생애주기 개념(life cycle thinking)을 포함하고 있다. 탄소 상쇄(carbon offsets)란 배출된 이산화탄소의 양만큼 온실가스 감축활동을 하거나 환경기금에 투자하는 것을 말한다. 또한 LBC는 특정 자재의 사용에 관한 제한사항이 포함되어 있다. 특정 자재를 부문별로 제외하도록 하는데 이를 레드리스트라 하며, 일부 LCIA 부문의 영향을 잠재적으로 증가 또는 감소시킬 수 있는 자재를 말한다. 레드리스트에 있는 자재는 대체자재가 없는 경우를 제외하고 LBC인증을 받는 프로젝트에서 사용할 수 없다.

다음 2개의 장에서 LCA와 GBRS의 통합이 직면한 지속적인 문제점들을 조명한 간단한 사례연구에 대해 언급하고자 한다. 먼저 우리는 기존의 카펫 및 몇 가지 LBC 레드리스트 호환 대체 카펫에 초점을 맞춘 LCA 비교사례를 제공코자 한다. 둘째 우리는 LCA와 GBRS 필요요건을 적용하여 기존 건물 지붕의 에너지 효율관련 업그레이드에 대한 것을 분석코자 한다. 우리는 GBRS에 사용된 나머지 정성적 접근방식과 아주 불확실한 LCA의 정량적 접근방식을 통합하기 위한 지속적인 노력의 필요성을 언급코자 한다.

6. LCA, LBC 및 레드리스트 자재에 대한 고려

반드시 지켜야 할 LBC의 적색 리스트 자재의 중요성은 LBC에서 일하는 팀을 위해 특별히 설계된 사용하기 쉽고 투명한 도구를 제공하는 것을 목표로 하는 새로운 자재 라벨링 시스템인 ILFI의 Declare 데이터베이스에 의해 지원을 받는다. Declare는 자재정보표시 라벨(nutrition label) 인터페이스를 사용하는데 건축 제품의 구성성분과 제조된 상태 등이 나열되어 있다. Declare-listed products는 적색 리스트 준수 또는 적색 리스트 프리 상태를 표시(declaired)하는데 후자의 두 부문을 LBC 프로젝트에서 사용할 수 있다. Declare 데이터 세트에 잘 표현된 공통 건축 자재에 적색 리스트 표준을 적용한 결과를 확인하기 위하여 기존의 나일론 카펫(일반 카펫)과 3개의 Declare-listed 카펫(Ecoworx, Superflor 및 Nexstep) 이렇게 4개의 카펫을 비교하였다. 3개의 카펫 모두는 적색리스트 프리이거나 준수하는 제품이다. 기존의 나일론 카펫의 제조 데이터는 EPA의 폐기물 감소 모델에서 얻은 데이터였다. 데이터에는 재료, 용도, 총중량에 대한 비율 및 중량 등이 포함되었다. 3개의 Declare-listed 카펫에 대한 데이터는 각 제품의 Declare 성분 리스트에서 얻은 자료였다. 성분 리스트는 포함된 재료나 화학 성분 식별 CAS 번호, 중량비율 그리고 원산지 등의 정보를 제공한다.

2,026파운드에 해당하는 기능단위(functional unit)가 사용되었는데 여기에는 1톤의 카펫과 발생폐기물을 합한 양이다. LCI(생애전과정 목록분석 - Life Cycle Inventory)는 에코인벤트(Ecoinvent) v2와 US LCI 데이터베이스를 사용하여 설정되었다. 환경영향은 EPA 도구인 TRACI 2 V3.0을 사용하여 산정되었다. 데이터 가용성으로 인해 이 분석은 재료의 운반을 제외하고 자재와 처리과정 만을 입력자료(processing inputs)로 포함하였다. 나일론은 중량과 환경영향 측면에서 대단히 중요한 재료로서 카펫 업계에서 널리 재활용되고 있다. 이 분석을 위해 카펫 당 나일론의 양은 카펫의 재활용 함량 백분율에 따라 감소되었다. 유지관리 및 수명종료 활동(end of life activities - 재활용을 위한 재료 해체, 처분 및 재료 매립)은 제외되었다. 따라서 재활용된 내용물은 환경영향이 없는 것으로 가정하였고 사용단

계에서의 배출물도 제외되었다.

Nexstep 카펫 제품은 대부분의 부문에서 환경영향이 가장 컸으며, 그 뒤를 기존 카펫, Ecoworx, 및 Superflor 카펫 제품 순으로 나타났다. Nexstep은 중량비로 28%의 나일론을 함유하고 있는데 Ecoworx 및 Superflor 제품에 비해 함유비가 큰 것이다. 또한 Nexstep 제품은 어떤 다른 카펫 제품보다 더 많은 유리섬유와 산화 마그네슘도 함유하고 있다. 이러한 재료의 조합이 Nexstep 제품을 환경에 가장 큰 영향을 미치도록 하는 원인이 되고 있다. 반면에 Superflor 카펫 제품은 4개의 카펫 중 가장 환경영향이 적은 것으로 나타났다. 이것은 Superflor 제품이 중량비로 나일론 함유비가 18%에 불과하기 때문이다. 이 외에도 Superflor 제품은 중량비 45%의 탄산칼슘 또는 석회석으로 구성되어 있다. 탄산칼슘은 일반적으로 다른 재료에 비하여 가장 환경영향이 적은 재료이다. 재활용 자재는 제품에 요구되는 천연재료와 동등한 비율로 대체한다고 가정하여 분석을 실시하였으며, 데이터는 재활용 과정에 에너지 사용 또는 재료 사용이 가능하지 않은 것으로 가정하였다. 즉 재활용 구성재는 제조단계에서 환경적 부담을 일으키지 않는 것으로 가정한 것이다.

이 분석의 한계는 재활용 에너지 및 재료사용을 포함하여 사용 및 수명종료(use and end of life)와 같은 세부단계를 생애주기 단계에서 제외한 것이다. 그러나 대체간격이 유사하다면 전통적인 LCIA 부문(예 : TRACI)에서 건축자재의 환경영향 대부분이 제조와 관련이 있는 경향이 있다. 건축 제품에 대한 LCA의 주요 단점은 가스배출 또는 제품 열화로 인해 사용단계에서의 실내 배출물에 관한 데이터가 부족(만일 수치를 파악할 경우 이러한 배출물의 영향을 LCA에 포함시키는 방법들도 존재하기는 하지만)하다.

7. LCA 및 건축 제품관련 사용단계 에너지 고려

아래에 설명된 사례는 미국 북동부 지역에 위치한 1942년에 지어진 기존 상업용 건물에 대한 두 가지 지붕재 시나리오에 대한 것이다. 에너지 모델 및 GBRs의 맥락에서 생애주기평가의 유용성을 설명하기 위한 실질적 사례 연구로서 이러한 건물의 지붕재료가 선정되었다. 또한 기존 건물의 개보수 공사는 매우 흔한 일이며, 북동부의 상업용 건물 중 약 85%는 1990년 이전에 건설되었다.

이 사례 연구를 위해 우리는 기존 건물 지붕재의 환경영향과 에너지 소비를 정량화하여 어떤 지붕 옵션이 환경적으로 선호되는지를 파악하였다. 두 가지 공통적인 옵션으로는 EPDM(고무발포보온재 - ethylene propylene diene monomer) 멤브레인 시스템의 검은색 지붕과 PVC(폴리염화비닐) 멤브레인 시스템의 밝은색 지붕("cool roof")이었다. 이 연구의 대상이 된 전체 지붕면적은 10,212평방피트였으며 지붕제품의 수명과 건물 에너지 사용을 20년으로 가정하였다. EPDM과 PVC 지붕 제품에 대한 데이터는 간행물, 업체 데이터 및 기타 데이터베이스에서 수집되었다. EPDM과 PVC 멤브레인 제품 정보는 멤브레인 복합체에 관해 자세한 정보가 담긴 간행물 보고서에서 발췌한 것이었다. 두 멤브레인 모두 지붕 단면 구성은, 4.72인치 두께의 콘크리트, 방습층(vapour barrier), R-30 경질우레탄폼보드 단열재(polyisocyanurate rigid board insulation) 그리고 상부에 멤브레인(membrane)이 있는 0.5 " Dens Deck 지붕 보드로 구성되어 있었다. EPDM 멤브레인은 Dens Deck와 멤브레인 사이에 크라프트지가 붙어 있다. 이 경질 단열재 보드 데이터는 업체에서 얻어진 것이며, Dens Deck 방습층과 크라프트지 재료는 에코인벤트 데이터베이스(ecoinvent database)에서 가져온 것이었다. 수집된 데이터는 건축 및 건설을

위해 주로 개발된 LCA 소프트웨어인 Athena에서 합성된 것이었다.

건축물의 에너지 소비에 대한 환경영향도 포함되었다. 분석대상 건물의 에너지 소비를 분석하는데 E-Quest가 사용되었다. 에너지 소비는 냉방과 난방부하로 나뉘어졌는데, 즉 성능계수(coefficient of performance) 3.4인 전동유리창용 냉방부하와 천연가스를 사용하는 난방부하로 정의되었다. 지붕재의 수명이 20년 인 점을 고려하여 건물의 에너지 소비기간도 20년으로 고려하였다.

LCA 결과 에너지 소비, 특히 냉방부하는 모든 환경영향 부문에 크게 영향을 미쳤다. PVC 멤브레인을 사용하면 EPDM 멤브레인에 비해 약 1% 정도 냉방부하가 낮아졌으며 난방부하는 거의 동일하였다. 그러나 PVC 생산으로 인한 제조영향은 모든 환경부문에서 감소된 냉방부하로 인한 이점을 상쇄하였다. PVC의 제조에는 염소, 염화비닐모노머(발암물질) 그리고 독성 첨가물이 포함된다. 또한 PVC는 대량의 폐기물을 발생시킨다. 해당 건물이 LEED 점수 2점을 받게 되지만 LCA 결과로는 EPDM이 더 좋은 선택인 것으로 나타났다.

8. 결론

LCA는 지속가능성에 대한 정량적 평가를 위한 중요한 도구로 널리 인식되고 있으며, GBRS는 친환경건축시장에서 지속적으로 압력을 가할 것이다. 그러나 두 방법의 단점이 분명히 존재하고 두 가지 접근방법에 의한 공통적 영향은(Confluence) 미래 작업을 위한 중요한 토대가 될 것이다. 이 보고서를 통해 우리는 이러한 병렬적 방법의 개발을 검토하고, GBRS관련 건축자재에 대한 LCA 평가의 두 가지 간단한 사례를 제공하였다. 첫 번째 사례에서 GBRS 인증(선언된) 건축자재가 모든 영향 부문에서 기존 대안에 비해 점수가 더 높을 필요는 없다. 두 번째 사례에서 모든 LCA 영향부문의 경우 GBRS 승인(예 : LEED 포인트 획득)을 받은 쿨한 지붕재료(a cool roof material)가 최악의 점수를 기록하였다. 그러나 도시 열섬 감소와 관련된 LCA 부문은 존재하지 않았는데 이는 잠재적인 단점(potential shortcoming)이다. 자재 선택과 에너지 분석은 획득한 잠재적 포인트의 큰 구성요소를 차지하기 때문에 사용단계의 에너지 소비를 GBRS 제품에 대한 LCA에 연결해야만 가능한 많은 제품의 환경적 영향과 재정적 영향을 정렬시킴으로서 보다 광범위하게 건물 소유주들을 끌어들이는 것이다. 제품 선택과 관련된 에너지 절약을 평가하면 GBRS 점수(credits)이면의 과학적 이점도 증대시킬 수도 있다. GBRS와 LCA의 통합을 보다 확대한다면 양적 비교(quantitative comparisons)에도 도움이 되는 한편, GBRS가 LCA의 지표 또는 영향부문의 보다 완벽한 세트의 개발을 알릴 수 있을 것으로 보인다.

<원문제목> Integrating life cycle assessment with green building and product rating systems – North American perspective

<원문출처> University of Pittsburgh – ELSEVIER