

# 그린빌딩 평가의 해외 동향 및 그린빌딩 사례

이광원 (현대환경연구원 선임연구원)

- I. 들어가는 말
- II. 그린빌딩의 개념
- III. 그린빌딩 평가 해외 동향
- IV. 그린빌딩 사례
- V. 맺는 말

## I. 들어가는 말

환경문제는 전지구적인 공동 노력을 통해서만 해결할 수 있다는 공동 인식을 바탕으로 1992년 브라질 리우데자네이로에서 세계정상들이 모여 지구 환경보호를 위한 “리우환경선언”을 발표하게 되면서 환경에 대한 관심은 전세계적인 공동의 화두가 되고 있다.

환경에 대한 관심이 확대됨에 따라 선진국을 중심으로 우리 생활공간의 하나인 빌딩분야에 환경을 접목하려는 노력과 연구가 진행되고 있으며, 이미 적지 않은 성과를 얻고 있다. 환경문제는 빌딩설계에서 점차 중요한 위치를 차지하고 있으며 성공적인 것으로 알려진 경험들이 빌딩 설계에 적용되고 있다.

이렇게 환경친화적인 요소를 설계단계에서부터 반영한 빌딩의 개념이 “그린빌딩”이다. 환경의 중요성에 대한 인식 확대로 그린빌딩에 대한 수요가 크게 늘어나면서 지난 10년간 빌딩의 환경성 혹은 환경영향을 평가하는 기법들은 연구분야뿐만 아니라 현장에서도 매우 중요한 분야가 되고 있으며, 선진 각 국에서는 자국 실정에 맞는 평

가기법들을 경쟁적으로 개발하여 적용하고 있다.

우리 나라에서도 세계적인 추세에 맞추어 점차 그린빌딩에 대한 관심이 높아지고 있는 가운데, 이미 일부 개념이 도입되어 적용된 사례도 있으나 아직은 도입초기 단계에 있어 해외동향에 대한 정보가 부족한 실정이다. 따라서 본고는 그린빌딩에 대한 최근 해외 동향을 소개하여 그린빌딩 개념의 국내 정착에 기초 자료를 제공하는데 목적을 두었다.

## II. 그린빌딩의 개념

그린빌딩은 지속가능한 사회를 이룩하기 위해 빌딩분야에 적용한 환경성 고양 노력의 산물로서 그린빌딩의 개념은 다음의 다섯 가지 인자로 구성되며, 각각은 서로 독립적인 의미를 갖지만 이들이 균형을 이루며 적용될 때 진정한 그린빌딩을 구현할 수 있다.

### ① 에너지 효율화와 재생 가능한 에너지 자원 사용

에너지 효율이 높은 설비와 장치가 설치되어야 하며, 태양 에너지와 같이 재생 가능한 에너지를 사용하여야 한다. 또한 빌딩의 위치나 배치는 에너지 효율에 많은 영향을 미치므로 에너지 효율을 높일 수 있는 위치의 선정과 배치가 필요하다. 에너지 효율을 높이기 위해서는 단열성능이 잘 고려되어야 한다.

### ② 환경영향

건설과정에서 자연 환경을 훼손하지 않아야 한다. 그린빌딩을 건설하기 위해서는 위치 평가를 통하여 지역의 특성을 보전하면서 주위와 조화를 이루도록 하여야 한다. 또한 적합한 조경과 그 지역에서 생산되는 물질을 건축자재로 이용할 경우 환경영향을 줄일 수 있다.

### ③ 천연자원 보호

천연자원 보호는 그린빌딩 기술의 기초가 되며, 에너지원인 화석연료의 보존도 포함된다. 건축재료는 물질의 채취와 가공과정에서 환경부하가 적은 재료, 가능하면 재

활용된 물질을 포함하고 있는 재료, 재활용이 가능한 재료를 사용하며, 건설과정에서 발생하는 폐기물을 최소화하고 발생된 폐기물을 재활용하도록 한다. 빌딩을 이용할 때의 자원 절약을 위하여 물을 절약할 수 있고 에너지 효율이 높은 설비를 설치하도록 한다.

#### ④ 건강한 실내 환경 조성

빌딩의 에너지 효율을 높이기 위해 외부공기와 실내공기의 교환을 차단하여 단열 효과만을 늘이다 보면 실내공기의 질을 악화시킬 수 있다. 깨끗한 근무환경은 질병의 방지뿐만 아니라 종업원의 생산성을 높이는데 중요한 인자이므로 상쾌한 실내환경은 그린 빌딩의 필수조건이다. 내장재는 화학물질이나 독성물질을 배출하지 않는 재료를 선정하고, 기계적인 공조시스템을 설치하여 신선한 실내공기를 유지하여야 한다.

#### ⑤ 지역사회 여건

지역사회의 여건도 그린빌딩을 조성하는데 중요한 가치를 가진다. 빌딩으로부터 대중교통, 의료시설, 쇼핑센터, 여가시설 등에 대한 접근 용이성은 자동차의 사용을 줄이고 자전거의 사용이나 도보를 장려하게 된다.

### Ⅲ. 그린빌딩 평가 해외 동향

미국, 유럽, 일본 등 선진국을 중심으로 그린빌딩 실현을 위한 많은 노력이 진행되고 있다. 여기서는 미국, 영국, 캐나다, 일본의 그린빌딩 평가기법에 대하여 간략하게 소개하고자 한다.

#### 3.1 미국 GBC

미국그린빌딩위원회(U.S. Green Building Council)는 미국 빌딩산업의 요구에 의해 1993년 설립되었으며, 빌딩 산업이 직면하고 있는 환경문제를 해결하는 선봉이 되고 있다. 이 조직은 그린빌딩의 정책, 프로그램, 기술, 표준 등의 연구, 개발, 보급 촉진을 목적으로 하는 비영리단체로서 제조업체, 환경단체, 건물소유주, 관리자, 임대자, 시공업체, 설비업체, 지방 및 주정부, 대학, 연구기관 등이 회원으로 활동하고 있다.

미국 GBC에서는 빌딩 등급표시 제도로 'LEED(Leadership in Energy and

Environmental Design) Building Rating System' 을 제안하였다. 이 제도는 그린빌딩 기술을 건물에 적용한 정도에 따라 적절한 등급을 부여하는 그린빌딩 등급기준으로, 평가결과를 기업의 홍보에 활용하고 하거나 금융, 세제 또는 그린빌딩 건축을 위한 추가 비용에 대한 리베이트 금액 결정에 활용하고 있다.

이 제도에 의하면 그린빌딩이 되기 위한 필수 조건으로 <표 1>과 같은 항목이 적용되고 있으며, <표 2>와 같은 평가기준에 따라 그린빌딩을 평가하여 획득점수에 따라 그린빌딩 등급을 구분하게 된다.

<표 1> U.S. GBC의 그린빌딩 인증을 위한 필수선행조건

항 목	내 용
1) 석면 사용금지	석면 사용금지. 단 이미 석면이 사용된 기존 건물은 관련기준에 맞는 석면처리계획을 제시
2) Building Commissioning	반드시 Building Commissioning 계획에 의해 건축행위 추진
3) 에너지효율	관련기준에 따른 에너지 효율성 확보
4) 실내공기 질	관련기준에 따른 실내공기 질(IAQ) 확보
5) 오존층 파괴물질 사용금지	CFCs 등 오존층 파괴물질 사용금지. 단 기존건물의 경우에는 5년 이내 이러한 물질 처리계획 제시
6) 금연	금연 건물일 것
7) 폐기물 재활용시설	관련기준에 따른 폐기물 재활용 시설 확보
8) 적정온도 유지 기준	관련기준에 따른 적정온도 유지 기준 만족
9) 수자원 보존시설	관련기준에 따른 수자원 보존시설 확보
10) 수질확보	관련기준에 따른 수질확보

### 3.2 영국 BREEAM

영국의 국립건물연구소(BRE : Building Research Establishment)에서 개발한 빌딩의 환경평가 방법이다. BRE는 수년간 지속가능한 건설분야에서 일을 하고 있으며, 신축, 개축 및 빌딩재료의 영향평가와 환경영향 및 그와 관련된 비용을 감소시키기 위한 빌딩 관리 수단을 제고하고 있다.

BREEAM(BRE Environmental Assessment Method)은 빌딩의 환경성을 평가하는 독립적이면서 권위 있는 방법으로 지속가능한 건설의 수단이 되고 있다. 이 방법은 빌딩의 환경 질 측정과 가시적인 설명 기회를 제공하며, 강력한 마케팅과 감사 수단을 제공한다.

〈표 2〉 U.S. GBC의 그린빌딩 인증을 위한 평가항목

항 목	내 용	배 점	비 고
1) 건축재료	VOCs 배제	2점	
	지역 특산자재 이용	1점	
	기 사용되었던 자재의 재사용	2점	
	재활용 재료 사용	2점	
2) 건설 폐기물 관리	건설폐기물 관리계획	2점	
3) 에너지 대책	에너지 절약	5점	
	패널 회수	1점	
	재생에너지 이용	3점	
4) 기존 건물 개수	기존 건물 개수	1점	
5) 실내공기의 질, IAQ	건설 중 IAQ관리	2점	보너스 배점
	영구적 공기의 질 감시장치 설치	1점	
6) 조경/외부 디자인	침식 및 호우대응 대책	1점	
	열섬(Heat Island) 방지대책	2점	
7) 사용자를 위한 의한 재활용 장치 설치	사용자를 위한 재활용 장치 설치	1점	
8) 운전 및 관리시설	청소용 화학제 저장 및 처리	1점	
	실내 청결을 위한 출입구에서의 조치	1점	
9) CFCs 등 오존층 파괴물질 사용금지	기계설비 장치에서의 CFCs의 배제	1점	
	건축재료에서의 CFCs 등 배제	1점	
10) 입지선정	토지이용물 제고, 원형보존물 제고 및 공사로 인한 장애저감	1점	보너스 배점
	성토한 대지 또는 유희지 활용	1점	
	황무지 개발	1점	
11) 교통 관계	대체 교통수단 이용을 위한 시설	2점	보너스 배점
	대중 교통수단 이용이 편리한 위치	1점	
	대체연료 공급시설 설치	1점	
12) 수자원 보존	물 소비절약 시설	1점	
	배수 재활용 및 우수(雨水) 이용시스템	1점	
	물소비 절약 쿨링타워 설치	1점	
	극한 조건에 강한 외부 조경	1점	
13) 수질	우수 등 지표수의 유·수 분리장치 설치	1점	보너스 배점
	비조경 대지에 우수 등 지표수의 침투성 재료사용	1점	
	생물학적 폐수처리 시설 설치	1점	

이 방법은 실내의 환경성을 향상시키면서 건물에 의한 실외의 대기오염물질 발생을 최소화하도록 하는 것을 목적으로 하며, 실내환경, 지역환경 및 지구환경으로 구분하여 평가한다. 이 평가방법은 설계초기단계에서 평가내용이 건축 설계자와 건축주에게 만족스럽지 않을 경우 환경친화적인 요소를 도입하므로써 등급을 향상시킬 수 있는 기회를 제공하고 있다.

〈표 3〉 BREEM 환경평가 요소

환경 구분	평가 요소
지구환경 및 자원이용	CO <sub>2</sub> 배출 산성비 오존층 파괴 천연재료 및 재생재료의 사용정도 재생가능 재료의 사용 정도
지역환경	냉각탑에서 발생하는 레지오넬라균 소음 건물에 미치는 음영 절수계획 대지의 생태학적 가치 자전거 이용자를 위한 부대시설
실내환경	급탕시스템의 레지오넬라균 환기, 간접흡연 및 습도 유해물질 조명 실내온도의 쾌적도 실내소음

### 3.3 캐나다

빌딩의 에너지 사용 및 환경성과에 대한 노력을 위하여 비영리단체인 그린빌딩정보위원회(Green Building Information Council)를 설립하였으며, 관련된 정보의 수집과 전달, 환경성과에 대한 여러 분야간의 협력 촉진 및 빌딩 산업의 의사결정자를 지원한다는 목표를 가지고 있다. 또한 다음과 같은 세부목적을 가지고 있다.

- 캐나다 빌딩 산업의 중장기 에너지 및 환경성과 목표 수립 및 목표 달성을 위한 전략 수립
- BEPAC(Building Environment Performance Assessment Criteria)와 같은 빌

〈표 4〉 BEPAC의 건축설계 및 유지관리 측면의 평가요소

평가요소	건축설계시 고려사항	건축물 유지관리시 고려사항	
오존층 보호	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 오존층 파괴물질에 대한 목록 작성</li> <li>- 냉매유출을 최소화 할 수 있는 장비의 선택과 설치</li> <li>- 오존층을 파괴하지 않는 물질로의 대체조항 명시</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 건축물로부터의 오존층 파괴물질 연간 배출량 평가</li> <li>- 오존층파괴 물질 사용억제</li> <li>- 오존층 파괴 물질배출을 최소화하기 위한 운전자 교육</li> </ul>	
에너지 소비에 따른 환경영향	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 지구온난화 가스(CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, NOX)연간 배출량 최소화</li> <li>- 환경오염물질(CO, NOX, SOX)의 연간배출량 최소화</li> <li>- 전기 소비량 연간 최소화</li> <li>- 피크전기부하 감소</li> <li>- ASHRAE/IES Standard 90.1의 기준이상의 외피 및 시스템 설계</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 연간건물 에너지 성능조사</li> <li>- 에너지절약요원 지정 교육</li> <li>- 입주자들에게 에너지절감방안 홍보</li> <li>- 기계/전기설비에 대한 에너지절약 관리 프로그램</li> </ul>	
실내환경	IAQ	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 효과적인 습도조절을 통한 오염가능물질의 감소, 독성이 적은 재료의 사용</li> <li>- 효율적인 여과장치의 사용으로 오염원의 차단, 냉각탑의 분리를 통한 실내오염물질의 확산차단</li> <li>- 독성이 적은 재료의사용</li> <li>- 최소한의 외기를 보장하는 시스템</li> <li>- 청정외기 도입이 가능한 인입구설치</li> <li>- 효율적인 제어시스템</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 실내공기환경을 잘 유지시킬 관리자 지정 및 교육</li> <li>- 스케줄에 따른 검토와 관리</li> <li>- 금연정책 등 실내공기 정화방안</li> <li>- 쾌적환경 유지</li> </ul>
	조명	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 자연채광 이용</li> <li>- 고효율조명과 고주파 안정기의 사용</li> </ul>	
	소음	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 실내에서의 소음발생과 음전달 감소</li> </ul>	
자원절약	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 폐자원, 재활용 재료의 사용</li> <li>- 환경에 피해를 적게 주는 재료의 사용</li> <li>- 효과적인 목재의 사용으로 목재사용 절약</li> <li>- 재생산이 지속적으로 이루어지는 산림으로부터의 목재사용</li> <li>- 효과적인 관개시설과 재순환시스템 활용에 의한 수자원절약</li> <li>- 재활용 저장시설과 설비시설</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 규칙적인 유리창 청소 및 전구의 적절한 교환 계획</li> </ul>	
대지 및 교통	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 대중교통시설을 이용할 수 있는 도보시설 제공</li> <li>- 자전거 이용자를 위한 시설 제공</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 폐기물 재활용 담당자 지정</li> <li>- 종이절약, 음식쓰레기 절약 등 실질적인 행동요구</li> </ul>	

- 당성능 라벨링 시스템의 지속적인 개발 장려 및 유사한 수단의 적용 지원
- 설계, 시공과정의 품질 관리와 빌딩 시스템 위탁에 대한 합의된 과정과 사양 개발 지원 및 적용 장려
  - 빌딩 위탁 관리자와 빌딩 라벨링 평가자를 위한 교육과 인증의 표준 개발을 통한 지원

빌딩의 환경성과평가 방법으로는 CSA(Canadian Standards Association)가 BREEAM을 캐나다 실정에 맞도록 개발한 방법이 기존 빌딩의 환경성능 평가 공식표준으로 채택되었다. 또한 신축 및 기존 사무실 빌딩의 환경성능을 평가하기 위해 캐나다에서 제안된 환경평가기법인 BEPAC는 건축설계 측면과 관리운영 측면을 평가하며, 오존층보호, 에너지소비에 의한 환경오염, 실내환경의 질, 자원절약 및 내지, 교통에 대하여 평가한다. 건축설계 측면과 유지관리 측면의 평가요소는 <표 4>와 같다.

### 3.4 일본의 환경보존 평가법

<표 5> 환경공동주택의 평가항목 및 평가 지표

	평가항목	평가지표
지구환경의 보전	에너지의 소비감소와 유효이용	에너지소비계수 CO <sub>2</sub> 배출계수
	자연, 미활용 에너지의 유효이용	태양광발전 기여율 태양열 이용 기여율 미활용에너지 기여율
	자원의 유효이용	급수소비계수 우수충족률
	폐기물의 감소	분별회수율
주변환경의 친화성	생태적으로 풍부한 순환성의 고려	녹지율 우수침투율
	건물 내·외의 연관성의 고려	중간영역계수 개방가능 개구율
	지역자원 분화와의 조화	지형변동율 기존나무 보존율
	지역사회의 교류와의 배려	입주자 참가도
거주환경의 건강, 쾌적성	자연의 혜택을 받는 배려	동지임조계수
	안전, 건강에서의 쾌적한 실내환경	거실용적계수 습도조절가능 재료 고령자 대응도
	공동체 배려	공용부문 면적율



일본 건설성에서 환경공동주택 추진회와 주택·건설성 에너지기구가 공동으로 계획한 기법 가운데 자원·에너지절약과 이산화탄소 배출감소, 수자원의 유효이용, 폐기물의 감축 등 환경공동주택의 기본 성능에 관한 정량화된 평가기법을 제시하였다.

그린빌딩 평가방법들 외에 EU에서는 영국, 스웨덴, 네델란드, 핀란드 등이 참여하여 “유럽의 빌딩 재료와 부품 환경영향평가 개발”이라는 목적으로 프로젝트(Brite-EuRam project BE7840)를 진행하였다. 또한 스웨덴에서는 “빌딩의 환경평가 과제”를 수행하고 있다.

## IV. 그린빌딩 사례

### 4.1 Audubon house

미국자연보호협회(Audubon Society)의 건물은 대표적인 그린빌딩의 사례로 지목된다. 이 건물은 1891년에 건축된 8층 건물로 약 10년간 비어있던 것을 1989년에 미국자연보호협회가 부지가격과 비슷한 1,000만달러(130억원)에 구입하였다. 미국자연보호협회가 이 건물을 구입하여 사용하게 됨에 따라 1세기가 된 건축물의 역사성을 보전함과 동시에 재건축하지 않고 재사용함으로써 뉴욕시의 조경을 보호할 수 있었다.

1990년부터 1992년에 걸쳐 보수가 이루어졌으며, 약 1,400만달러(182억원)의 비용이 소요되었다. 내부는 에너지 효율이 높으면서 환경성이 높은 사무공간의 모델로 설계되어 보수되었으며, 외부는 세기말의 웅장함을 기념하기 위하여 원형 그대로를 보존하였다. Audubon House의 활동은 에너지 보존과 효율, 환경영향 저감, 천연자원 보존과 재활용, 건강한 실내 환경 조성 등 크게 네 가지로 구성되어 있다.

#### ① 에너지 보존과 효율

자연광에 의한 채광을 극대화하고 조명 시스템을 개선하여 조명에 사용되는 전기 에너지의 사용을 최소화하였다. 또한 Occupancy 센서를 설치하여 사람이 없는 곳의 조명은 자동으로 소등되도록 하였다.

에너지 보존과 효율을 높이기 위하여 CFCs 가 포함되지 않은 단열재를 벽과 지붕에 충분한 두께로 설치하여 열 손실을 최소화하였다. 또한 창문에 Heat-Mirror를 적용하여 열 손실을 최소화하였다.

## ② 환경영향 저감

가스연료를 사용하는 히터와 냉각장치를 설치하여 CFC가 전혀 사용되지 않았으며, 아황산가스(SO<sub>2</sub>)가 배출되지 않고, 질소산화물(NO<sub>x</sub>)은 기존에 뉴욕에서 사용되는 설비보다 60% 정도 적게 배출되었다.

가스를 사용하는 냉방은 여름철 최대 전력수요 동안의 요구를 줄임으로써 지역 전기사업자의 새로운 수력에너지 자원 개발에 따른 환경파괴를 저감시킬 수 있었다.

## ③ 천연자원 보존과 재활용

사용하지 않던 기존의 빌딩을 이용하는 것도 재활용으로 간주한다면, 이 건물의 이용은 철 360톤, 벽돌 9,000톤, 콘크리트 560톤을 절약하는 효과를 가지고 왔다.

보수과정에서 발생하는 건축폐기물을 재활용시키고 가능하면 재활용된 물질을 함유하고 있는 재료를 사용하였다. 또한 빌딩의 이용단계에서 모든 사무실의 직원에게 재활용 상자나 폴더를 나누어주었으며, 빌딩 내에 자체 재활용시스템을 구축하였다.

## ④ 건강한 실내 환경 조성

실내에 사용되는 내장재는 독성이 적은 물질과 천연 재료로 만들어진 것을 사용하였다. 페인트는 VOC를 포함하지 않은 것을 사용하였으며, 가능하면 포름알데히드나 다른 VOC를 배출하지 않는 가구를 사용하였다. 카펫은 염색을 하지 않은 100% 천연의 wool을 사용하였다.

히터와 냉방장치는 오염원과 거리가 먼 옥상에 위치시켜 신선한 공기를 공급하도록 하였으며, 높은 효율의 필터를 사용하여 유입되는 먼지를 제거하였다. 또한 대부분의 빌딩에서 공기조절장치를 전체 건물에 1개를 설치하는 반면 Audubon House에서는 공기 조절 장치를 각 층에 필터장치와 함께 설치하여 신선한 공기를 충분히 공급하였다.

이러한 노력을 통하여 Audubon House는 그린빌딩을 실현하였으며, 그에 따른 성과는 다음과 같이 요약할 수 있다.

- 보수와 설계비용은 122달러/ft<sup>2</sup>로 뉴욕의 평균비용인 120~128 달러/ft<sup>2</sup>와 유사하게 소요
- 뉴욕의 기존 사무빌딩과 비교하여 62% 이상 에너지 사용이 적도록 설계하였으

- 기존 다른 빌딩에 비하여 매년 약 10만달러(1.3억원) 절약 가능
- 기존 다른 빌딩의 경우 조명에 사용되는 전기는 2.4 W/ft<sup>2</sup> 이었으나, Audubon House는 전기사용을 0.6 ~ 0.7 W/ft<sup>2</sup>로 감소시킴
- 가스를 사용하는 냉각장치와 히터는 SO<sub>2</sub>를 배출하지 않고 NO<sub>x</sub>는 기존 다른 설비보다 60% 정도 적게 배출
- 자체 재활용시스템을 구축하여 폐기물의 80%를 수집 및 재활용
- 천연 물질과 재활용된 물질을 포함한 재료 사용
- 건축내장재는 오염물질 배출이 최소화되는 것을 선정하였으며, 높은 효율의 공조와 결합되어 깨끗한 실내환경 조성
- 기존의 구조를 그대로 사용

## 4.2 EPA

미국 EPA는 기구의 성장에 따라 효율적인 업무처리를 위하여 새로운 본부 빌딩과 연구단지가 필요하게 되었다. 따라서 그린빌딩 개념을 적용한 'EPA 본부 과제(EPA's Federal Triangle Project in Washington, DC)' 와 'EPA 연구단지 과제(EPA's Office and Research Campus Triangle, North Carolina)' 를 수행하였다. 두 과제의 차이점은 <표 6>과 같다.

이들 과제를 통하여 대형 빌딩에도 비용면에서 효율적으로 환경문제를 접근할 수 있다는 유용성과 환경문제와 평가에 사용되는 방법은 사안에 따라 차이가 있다는 것을 확인할 수 있었다. 또한 빌딩의 환경영향은 그린빌딩 기법을 적용함으로써 어떤 상

<표 6> EPA 두 과제의 차이점

구 분	본 부 과 제	연구단지 과제
특 징	새빌딩 건축과 기본빌딩의 보수	신축
의사결정자	GSA <sup>7)</sup> 소유이므로 협조를 유지하면서 진행	EPA 소유이므로 단독으로 추진
참여 시기	빌딩에 대한 기본적인 사항이 결정된 후에 참여하였으므로 참여 범위가 제한적이었으며 따라서 재료, 기계적인 시스템, 용수 보존 등 빌딩의 몇 가지 기본적인 결정에 영향을 줌	빌딩 건축의 전반적인 부분에 영향을 줌
빌딩 위치	역사적으로 중요한 지역에 위치하고 있으므로 지역의 역사성 보존	산림 지역에 위치하고 있으므로 산림, 습지, 야생동식물 서식지, 기존의 물 흐름 보존

주) GSA : U.S. General Services Administration

황(소유 혹은 임대, 보수 혹은 신축, 도시 위치 혹은 외곽에 위치)에서도 최소화 될 수 있다는 사실을 보여 주었다.

### 1) EPA 본부 과제

신축되는 Ronald Reagan Building은 현대적인 기능을 갖는 르네상스 양식으로 설계되었으며, 석회암으로 외부를 장식하였다. EPA가 이 빌딩 신축에 참여하기 전에 기본적인 빌딩 건축이 시작되었으며, 이 빌딩은 EPA뿐만 아니라 다른 부처도 함께 사용하므로 그린빌딩 개념을 적용하도록 영향을 미치는데 제한이 있었다. 그러나 GSA와의 긴밀한 협조를 통하여 수많은 지속가능한 설계 내용을 반영하도록 설계를 변경하였다.

보수되는 빌딩은 Ariel Rios Building, ICC Building, U.S. Customs Building 이었으며, 이들 빌딩은 완전히 다른 기준과 요구에 의해 설계되었으므로 현재의 기준에 비교하여 매우 비효율적인 구조로 이루어져 있었다. 기계적인 환기 시스템이 구축되어 있지 않으며, 단지 지붕창과 채광창을 이용하여 공기를 순환시키고 있었다. 보수에서 고려하여야 할 사항 중에 중요한 점은 빌딩의 역사적인 가치로 인하여 기본적인 구조와 일반인들이 이용하는 많은 부분의 외형을 보전해야 했다. 이들 빌딩은 EPA만이 사용할 것이므로 그린빌딩 개념 적용에 EPA의 영향력을 비교적 많이 미칠 수 있었으며, 요구되는 빌딩의 모든 변경사항은 GSA 지역역사보전사무국의 승인 절차를 거쳤다.

과제의 초기에는 GSA와 EPA 사이에 많은 개념의 차이가 있었으며, 이를 극복하기 위하여 GSA의 건축 과제의 전형적인 의사결정 과정과 다른 새로운 의사결정 과정을 마련하였다. 의사결정과정은 기술적인 빌딩 평가, EPA의 요구사항 정리, 공간계획 수립, 이전계획 수립 등의 절차에 따라 이루어졌다.

공간설계, 재료 선정 지침 및 과제 관리에서 EPA는 다양한 부서의 기능적인 조직화, 공간의 효율적인 이용, 직원의 건강, 안전 및 편의성, 기존의 구조, 예산 및 역사성 보전이라는 제한 조건 안에서 이들 목적의 수행 등 기능, 환경, 비용을 중요하게 고려하였다.

환경적인 측면에서는 특히 실내공기 질과 에너지 및 자원 보존을 중요한 인자로 고려하였다. 열악한 실내공기 질을 국가의 가장 중요한 보건문제의 하나로 취급하여 건

강한 실내공기 질을 확보하기 위한 방법으로 다음과 같은 세 가지 방법을 적용하였다.

- 배출원 관리 : 낮은 VOC<sub>s</sub>를 포함하는 페인트와 도장재와 4-PC(4-phenyl cyclohexene)이 포함되지 않은 카펫을 사용 및 엄격한 카펫 설치조건 적용, Vinyl chloride가 포함되지 않는 고무로 된 바닥재료 사용 등
- 기계적인 시스템 설계 : 공기의 흡입구와 배출구를 원거리에 배치, 복사실, 주차장 등에 독립적인 배출구 설치, GWP<sup>1)</sup>, ODP<sup>2)</sup>를 고려한 냉매 선정 등
- 건축 관리 : 건축 먼지, 약취, VOC<sub>s</sub> 및 소각 먼지에 대한 건축과정의 지침서 개발

에너지 및 자원 보존을 위하여 에너지와 자원에 효율적인 설비 적용, 재료의 재활용과 재사용, 재활용 물질 함유 재료 사용, 직원들의 교통수단 등을 고려하였다.

## 2) EPA 연구단지 과제

EPA 연구단지는 North Carolina의 연방정부 부지 536,201m<sup>2</sup>에 수용인원 2,200명의 5층 실험동 4개, 3층 사무동 3개 및 본관을 신축하는 과제이다. 이 지역은 2차 극상 숲(second growth forest)으로 주로 50년 이하의 나무들로 구성되어 있으며, 100년 이상된 오크 나무를 포함하여 몇몇의 오래된 나무로 구성되어 있다.

EPA는 빌딩 과제에 대한 경험부족으로 GSA 및 미육군 공병대와 협력관계를 구축하였으며, 이 연구단지는 EPA의 소유이므로 그린빌딩 개념이 자유롭게 적용될 수 있었다. 이 지역은 위의 본부건물과 달리 숲에 위치하고 있으므로 다루는 환경 이슈에서 차이가 나타난다.

먼저 설계 목표로 기능, 환경친화성, 유지 용이성, 자연 채광, 직원간의 의사소통 용이성, 요구에 따른 변경에 대한 융통성, 주차장과 사무실과의 거리, 안전성 등 8가지를 결정하였다. 환경설계의 특징은 실내공기 질 보호, 에너지, 용수, 빌딩재료의 보존, 재활용과 사전오염예방 촉진, 자연환경 보전 등의 고려이며, 모든 의사결정과정은 기능, 환경 및 비용을 고려하여 서로 균형이 이루도록 하였다.

위에서 살펴본 EPA 본부 과제와 여러 면에서 차이가 있지만 특별히 구분되는 부분은 물질 보존, 건축과정 관리, 자연환경 보호 측면을 들 수 있다.

1) GWP : Global Warming Potential, 지구온난화라는 환경영향을 표현하는 지수

2) ODP : Ozone Depletion Potential, 성층권의 오존층파괴라는 환경영향을 표현하는 지수

물질보존에서는 재활용된 물질의 사용과 환경친화적인 재료를 사용하는 것보다 더 중요한 것은 요구되는 재료의 양을 줄이는 것이라는 판단아래 다음과 같은 내용의 활동이 이루어 졌다.

- 진입로 : 안전성과 교통량에 대한 고려 없이 4차선으로 설계된 것으로 2차선으로 축소
- 틈새공간(Interstitial space) : 실험실 위에 있는 공간을 실험실 옆에 위치시켜 빌딩 높이의 50% 감소
- Modular 설계 : 실험실은 요구에 따라 여러 번 개·보수가 이루어지며, 이 때 폐기물이 발생하고 새로운 재료를 요구하게 된다. 이러한 경우에 modular 설계는 이러한 작업을 용이하게 할 수 있다.

건축과정 관리 측면에서는 계약업자에게 건축 폐기물의 재활용을 요구하였으며, 안전과 함께 환경 교육을 실시하였다.

자연환경 보전 측면에서는 자연을 훼손해야 하는 주차 공간을 제한하고 카-풀과 대중교통을 장려하였으며, 식생에 대한 정밀조사를 통하여 시설, 진입로 및 인도의 배치에 고려하였다. 실험실 주변의 조경은 관리가 용이한 토종의 잔디와 야생화를 도로 주변에 식재하였으며, 자연적인 조경이 되도록 하였다.

### 4.3 일본 교토 시청 : 에코-오피스 계획

사업체를 감독하는 것과 동시에 가장 큰 소비자인 교토 시청에서는 환경 훼손을 줄일 수 있는 전략을 설계하고 수행해야하는 것이 필요하며, 정부의 활동이 환경적으로 건전한 것이라는 사실을 확인할 필요가 있다고 생각하였다.

1997년에 발표한 에코 오피스 계획은 실천계획과 2000년 계획으로 크게 나뉘어지며, 실천계획은 다음과 같이 다섯 가지의 세부계획으로 분류된다.

첫 번째, 제품 구매에서는 환경친화적인 제품을 구매하기 위하여 다음과 같은 기준을 설정하였다.

- 추천 제품의 목록 작성 : 환경친화 제품을 목록화하여 우선 순위 부여
- 재활용 종이 구매 : 100% 재활용 종이 구매(복사용), 50% 이상 재활용된 종이 구매(화일 등), 35%이상 재활용된 종이 구매(출판용)
- 오피스 소모품 구매 : 환경친화적인 사무용품 구매, 세제는 일반 비누 구매 등

- 오피스 설비 및 전기 기구 구매 : 에너지 효율적인 설비와 전기 기구 선정, 최소한 환경영향을 미치는 제품 구입 등
  - 자동차 구매 : 적은 NOX 배출 자동차 구매, 저공해 자동차 구매를 위한 협력
- 두 번째 항목은 사무공간 관리와 직원 관리에 대한 지침을 제시하고 있다.
- 천연자원 보존
    - 시청과 오피스 : 100% 재활용된 화장지 설치, 가능한 가장 낮은 수준으로 수압 설정, 세척용 화장실 물 절약, 수도꼭지에 물 절약 밸브 설치 등
    - 개인의 행위 : 사무용품을 절약하고 효율적으로 사용하여 폐기물 발생 저감, 사무실내의 서류 교환시 봉투 재사용, 이면지 사용, 물의 사용 절약 등
  - 에너지 보존
    - 시청과 사무실 : 사무실 온도 설정(여름-28℃, 겨울-20℃), 낮은 에너지를 사용하는 형광등으로 교체, 방문자에게 대중교통 이용 장려 등
    - 개인 행위 : 점심 및 초과 근무시간에 최소의 조명 사용, 계단 이용 장려, 대중교통 이용, 차량 대기시 엔진 정지, 자동차의 정기적인 점검과 정비 등
  - 녹화와 조경 : 시설의 지면 녹화 등
  - 기타 : 대기 및 수질오염물질 배출 감소, 소각설비에 환경영향이 적은 연료 사용, 화학제품과 화학비료 사용 최소화

세 번째는 건설, 토목 및 설비 관리 측면에서의 지침이다.

- 건설, 토목 및 설비
  - 건설폐기물과 해체 폐기물이 적정 처리 확인 및 재활용 촉진
  - 자연에너지 사용 설비 구축 및 병합발전 시스템 구축
  - 콘크리트 주형을 만들 때 열대 목재 사용 최소화
  - 시설 지면의 녹화 강화 및 물이 스며들 수 있는 피트와 포장
  - 심야 전력을 이용하는 에어컨 시스템과 설비 구축
  - 우수를 이용하는 설비 구축
  - 엘리베이터와 에어컨 시스템을 높은 기술로 통제할 수 있는 설비 적용
  - 환경적으로 안전한 빌딩의 건축과 보수를 위한 지침서 작성
- 기타
  - Halon이 없는 소화기로 교체, CFC를 사용하지 않는 에어컨디션 시스템 구축

네 번째는 폐기물 저감, 재활용 및 폐기에 대한 지침이다.

- 폐기되는 폐기물양의 최소화, 보안문서 재활용 촉진
- 효율적인 재활용 시스템 설치
- 자동차, 전기 기구 및 가구의 재사용
- 폐자동차 프레온 가스의 적절한 수집과 처리
- 회수된 냉장고의 프레온 가스 제거

다섯 번째는 직원 교육 항목이다.

- 직원들이 환경보호에 대한 지식을 습득할 수 있도록 세미나 개최
- 환경정보 제공에 정부 간행물 이용
- 환경보호 행위와 세미나에 직원의 참여를 장려하는 사무공간 창조

교도 시청에서 계획한 에코 오피스의 2000년 목표는 다음과 같다.

- 사용되는 종이의 양을 1998년의 90%이하 수준으로 저감
- 단위 면적당 사용하는 물과 전기의 양을 1998년의 90%이하 수준으로 저감
- 에너지 공급에 사용되는 연료의 양을 1998년의 90%이하 수준의 저감

## V. 맺는말

그린 빌딩은 에너지효율화와 재생 가능한 에너지 자원 사용, 환경영향 최소화, 천연자원 보호, 건강한 실내 환경 조성, 지역사회 의견 등이 조화를 이루어 구축될 수 있다. 이러한 개념은 환경보호와 자원 보존에 대한 필요성을 인식하고 있는 선진국을 중심으로 널리 적용되고 있는 개념이다. 그러나 그린 빌딩의 환경측면만을 강조할 수는 없는 것이며, 경제성과 균형을 이루어야 한다.

미국 NIST(National Institute of Standards and Technology)의 건축재료에 대한 LCA와 LCC<sup>3)</sup> 연구에 의하면 적은 건설비 투입은 높은 운영비를 유발한다는 사실을 보여 주고 있다. 이러한 사실은 위의 사례에서도 볼 수 있듯이 환경성과 경제성이 조화를 이룬 그린빌딩을 구현하기 위해서는 소유자 및 사용자의 협력과 의사결정이 매우 중요하다는 사실을 알 수 있다.


3) 전과정비용분석(LCC : Life Cycle Costing) : 재료의 구매와 설치에서 시작하여 미래 특정 시점까지의 비용을 분석하는 기법



빌딩의 위치, 구조, 설비, 시스템에 대한 대부분의 결정과 건설비용 투자는 소유자에 의해 이루어지므로 초기 투자비용이 증가할 수도 있다. 그러나 미국 Chet Holifield 연방 빌딩 등의 사례에 의하면 투자비용은 운영비의 절감을 통하여 비교적 단시간내에 회수할 수 있다는 사실을 보여 주고 있다. 또한 해외동향에서 볼 수 있듯이 선진국들이 그린빌딩에 대한 평가기준을 경쟁적으로 마련하고 있다는 사실을 주의 깊게 살펴볼 필요가 있다. 이들 평가방법들은 빌딩에 대한 마케팅 수단으로 사용된다는 사실을 공언하고 있기 때문이다. 빌딩에 대한 수요와 공급 균형이 공급과잉 상태로 넘어갈 경우 빌딩의 품질은 경쟁력의 중요한 인자가 될 것으로 여겨지며, 유지관리비와 실내 공기 질 등의 사무환경은 빌딩의 품질을 평가하는 척도로 사용될 것으로 판단된다. 따라서 빌딩의 소유자는 장기적인 관점에서 그린빌딩에 대한 고려가 필요할 것으로 판단된다.

소유자와 사용자가 일치할 경우 그린빌딩에 대한 의사결정은 보다 용이하게 이루어 질 수 있을 것이며, 이를 위한 평가기준 마련이 필요할 것이다.

미국 EPA의 사례는 여러 상황에서도 그 여건에 적합한 그린빌딩 개념을 적용할 수 있다는 사실을 보여주고 있다. 신축, 보수, 혹은 설비의 교체시에도 면밀한 검토를 통하여 그린빌딩 개념에 접근할 수 있을 것으로 판단된다. 따라서 그린빌딩에 대한 개념을 인식하고 있을 때 그린빌딩은 실현될 수 있을 것으로 여겨진다.

그린빌딩의 일반화를 위해서는 정부의 역할이 매우 중요할 것으로 여겨진다. 위에서도 언급했듯이 소유자들은 그린빌딩을 위한 투자의 성공 가능성에 대한 불확실성으로 인하여 투자를 망설일 수도 있을 것이다. 이러한 불확실성은 정부의 투자와 사례 개발을 통하여 감소시킬 수 있을 것으로 여겨진다. 미국 정부에서는 그린빌딩 개념을 먼저 정부의 빌딩에 적용하여 사례를 개발하고 보급함으로써 이러한 불확실성을 감소시켰으며, 미국 EPA에서는 “EPA의 그린빌딩 비전 및 정책”을 통하여 ‘... EPA 시설에 지속가능한 설계와 건축을 적용하여 환경 행위에 대한 모범을 보이고 나아가 빌딩 산업이 그린빌딩을 촉진하는 방향으로 전환할 수 있는 구조를 만드는데 도움을 주었다’ 라고 말하고 있다. 이와 같이 국내에서도 그린빌딩에 대한 사례를 정부에서 먼저 개발하여 보급함과 동시에 민간 빌딩에서 적용된 사례들을 수집·보급하여 그린빌딩에 대한 개념과 기술이 확산될 수 있도록 한다면 초기단계인 우리 나라의 그린빌딩 개념 정착에 크게 기여할 수 있을 것으로 여겨진다. 

■ 참고문헌

1. 김종덕, 그린빌딩개발의 필요성과 국내외적 동향, 에너지경제연구원, 1998
2. Kyoto City Hall: Eco-Office Plan, Kyoto City, 1997
3. Sustainable Building Technical Manual, U.S. GBC, 1996
4. Green Building Case Study, EPA
5. Babara C. Lippiatt, The BEES Model for Selecting Environmentally and Economically Balanced Building Products, NIST, 1997
6. Internet website
  - 영국 BRE : <http://www.bre.co.uk>
  - 캐나다 GBIC : <http://greenbuilding.ca>
  - 스웨덴 왕립기술연구소 : <http://pcsib7.bmg.kth.se>
  - 미국 U.S. GBC : <http://www.usgbc.org>