

지속가능한 개발을 위한 그린빌딩 기술

朴相東 / 한국에너지기술연구소 책임연구원

1. 머리말

우리나라는 전체 소비에너지의 해외의존도가 97% 이상을 차지하여 1997년에는 272억불에 달하는 에너지를 수입하였으며 건물부문이 차지하는 비율이 전체 에너지 사용량의 1/4에 이르고 있다. 건물부문에서 10%의 에너지를 절약할 수 있다면 에너지 수입을 약 7억불 덜 해도 되며, 1996년에 100만대 이상을 수출한 자동차에서 벌어 들인 외화가 10억불이 안되었다고 하니 이는 실로 엄청난 액수이다.

건물에서의 에너지 절약을 위한 방법으로는 에너지 요구량(energy requirement)을 감소시키는 건축적인 방법과 에너지 사용기기 및 시스템의 효율을 향상(efficiency improvement)시키는 설비적인 방법의 2가지가 있으며 이러한 2가지의 에너지 절약적 기법에 관련이 있는 요소는 아래의 표 1의 내용과 같다.

또한 이러한 제요소로부터 개발·채용된 각 에너지 절약 기법이 실제 건물에 어떻게 영향을 미치는가에 대한 예측기술, 즉 건물에너지 해석기

〈표 1〉 건물에너지 절약을 위한 요소기술

건물신축시 주 대상요소		
직접적인 요소		간접적인 요소
건축적인 요소	설비적인 요소	
<ul style="list-style-type: none"> · 건물형상 · 표면성상 · 건물의 방위 · 개구물(창, 문등) · 일사 · 단열 등 	<ul style="list-style-type: none"> · 설비의 시스템 효율 · 기기효율 · 제어 · 자연 및 배에너지 이용 · 설정조건의 적부 등 	<ul style="list-style-type: none"> · 에너지해석기준 · 에너지소비기준 · 정책 · 제도 · 법규 등

↓
건물개수시 주 대상요소

술이 간접적인 에너지 절약 방법으로서 상당히 중요한 분야이다.

건물에너지절약기술이 제대로 보급되기 전 과거 수년동안 기계적인 냉·난방, 환기, 조명계획의 발전은 건물에서의 에너지 다소비를 유발시켰다. 즉, 커다란 유리창을 통해서 실내로 사입되는 일사를 정면으로 받으면서 강제로 냉방한다거나 인공조명에만 분별없이 의존해서 전기부하

가 크게 되는 등, 많은 건축물이 에너지 절약과는 무관하게 지어져 왔다. 이러한 에너지 다소비는 에너지 문제에만 그치는 것이 아니라 공기오염 등으로 과밀도시의 환경악화에 크게 영향을 주었다. 특히 IMF구제금융 이전까지의 최근에는 전기·가스과 같은 고급에너지의 선호경향과 소득증대로 인한 냉방수요의 급격한 증가와 노사문제, 고임금 등으로 인한 각 분야에서의 자동화 설비의 증가 등으로 인해 전력소비가 폭발적으로 증가하여 전력예비율이 4~5%정도 밖에 되지 않는 전력 수급상의 극도로 위험한 지경에 이르러 이에 대한 다방면에서의 대책 마련이 절실한 지경이었다.

건물에너지기술의 특징은 타 산업제품과는 달리 건물은 설계자와 소유자의 취향에 따라 형태와 성능을 달리하고 소유자와 사용자가 다르기도 하여 최소 초기투자과 최소 유지관리비라는 서로 케를 달리하는 면에서 입장의 차이가 있는 특징이 있으며 기술적용 효과가 건물 소유자 보다는 오히려 건물 사용자에게 장기간에 걸쳐서 미치는 기술이며 환경기술과 더불어 정부(국가) 이익과 민간(기업)의 이익이 서로 상반되는 기술로서 다른 어떤 기술 보다도 공공성이 크고 특히 국민복지와 삶의 질 향상 차원에서 대량 공급되어 크게 증가할 것으로 예상되는 주택에너지 소비를 감안할 때 정부예산에 의해 연구·개발되어야 한다는 것이다.

한편으로는 에너지를 적게 사용하는 것에만 몰두하거나 건물에너지 절약의 기본전제를 망각하게 되면 전혀 바람직하지 않는 결과를 초래하게 된다. 주택이나 건물, 특히 사무공간에서는 재실자의 1인당 급여, 사용공간의 임대료와 부수경비를 합한 것을 에너지 비용과 비교해 보면 에너지 비용은 아주 작은 부분을 차지하며, 주거(생활)환경을 악화시킴으로 인한 생산성 저하를 고려하면 생활환경의 질적 수준을 무시한 에너지

절약은 무의미하다.

미국의 30년 기간을 대상으로 연구·검토한 자료에 따르면, 초기건축비용이 대체로 총비용의 단지 2%에 불과하나, 반면에 운전과 유지·관리비는 6%, 인건비적 비용은 92%로 나타났으며 건물신축이나 개수에 실내·외 환경을 고려한 환경건축기술을 채용하여 건물의 유지·관리비 절약도 엄청나게 하였지만 종업원의 생산성도 크게 증가시켰다고 보고하고 있다. 따라서 건물관련 비용을 건물의 생애기간을 고려하여 분석할 때 각 비용들의 규모가 잘 나타나며 이해될 수 있을 것이다.

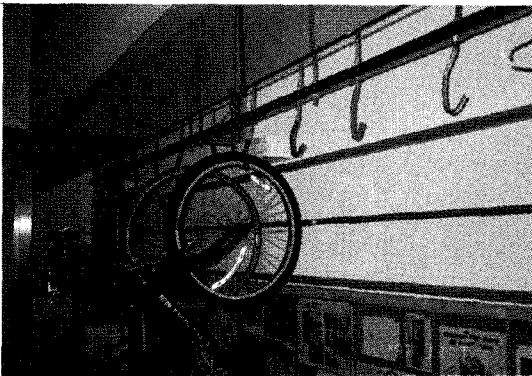
최근에 그 활용도가 점증하고 있는 건물의 사용가능한 기간 또는 예상수명기간 동안의 비용을 계산하는 분석방법인 생애비용분석방법(life-cycle cost analysis)에 의하면 건축초기단계에 자금 조달의 어려움으로 초기투자를 작게 한 건물은 건물이나 시스템의 수명기간 동안에 훨씬 높은 비용을 들이게 된다는 것을 보여주고 있다. 예를들면, 처음에 가장낮은 비용을 들인 공간조화시스템(space-conditioning systems)은 이용가능한 기간동안의 에너지비용이 분석에 포함되어 계산될 때, 그 시스템의 선택이 생애비용적 판단으로서는 잘못된 결정임을 증명해 보인다는 것이다.

이에 따라 오래전부터 에너지를 포함한 자원 절약에다가 인력절감을 가미한 총 투입자원절약(tangible savings + intangible savings)차원에서 건물에너지절약을 생각하기에 이르렀다.

아울러 에너지와 환경 등 여러 가지 면에서 세계사적으로 하나의 전환점이 된 1992년 6월 리우 환경정상회의 이후 거세게 불고 있는 ESSD(환경적으로 건전하고 지속가능한 개발, Environmentally Sound and Sustainable Development)라는 환경과 개발의 상충이 아닌 공존의 경제개발방식이 중시됨에 따라 등장하게

된 환경친화적 건물(Environmentally Friendly Building, Environmentally Responsible Building, Green Building, Sustainable Building, Ecological Building 등으로 불림)은 그 기술개발과 보급의 중요성이 국내에서도 최근에 크게 증대되고 있다.

따라서 본고에서는 환경과 에너지절약, 그린빌딩 개념의 등장과 그린빌딩 요소기술, 특히 국내에서 처음으로 건설되는 한국에너지기술연구소 그린빌딩 중앙연구동의 에너지와 물 관련 설계 지침을 살펴보고 마지막으로 보급전망에 관하여 언급하고자 한다.



〈사진 1〉 미국의 NRDC 본부건물의 자전거 보관시설

2. 환경과 에너지절약

흔히 환경은 자연환경이든 인공적인 환경이든 사람의 느낌에 영향을 주는 물리적인 실체인 물리적 환경과 인간관계 등으로부터 사람에게 영향을 주는 사회적 환경으로 나누어 생각할 수 있으며 이를 상징하는 말로서 '따뜻한 아랫목'이나 '훈훈한 인정'이라는 말을 생각할 수 있다.

우리나라의 환경정책기본법에는 환경은 자연환경과 대기, 물, 폐기물, 소음 등 일상생활과 관련된 생활환경으로 구분되어 있다. 그러나 국제환경운동의 중추역할을 하고 있는 유엔환경계획(UNEP)은 환경의 범위를 자연환경(대기, 대양,

물, 암석권, 육상생태계)과 인간환경(인구, 주거, 건강, 생물계)으로 구분하고 있다.

최근에 많이 논의되고 있는 건물내·외에서의 환경이나 지역환경, 더 나아가서 지구환경은 주로 사람을 둘러싸고 있는 물리적 환경을 뜻하는 바, 이러한 환경을 조성하는 인자는 건물과 관련하여 크게 부지, 수목, 에너지, 물, 공기, 소음, 자재, 폐기물 등의 환경정책기본법에서 말하는 생활환경에 속하는 것들이며 이들로부터 사람은 감각기관을 통하여 접촉하거나 느낌으로서 환경의 良·不良을 판단한다.

한편 1987년 유엔환경개발위원회(UNCED) 보고서인 'Our Common Future'에서 전술한 'ESSD'를 '미래세대가 필요로 하는 것을 충족시킬 능력을 저해하지 않고 현재의 필요한 것을 충족시키는 개발방식'으로 정의하였으며 리우환경정상회의 기간중 UNCED에서 토의를 거쳐 채택된 것은 리우선언, 의제21, 산림원칙 성명이었으며 기후변화협약과 생물다양성협약은 미리 준비된 것을 서명하는 절차만 거친 것이다.

리우선언의 근간이 된 의제21(Agenda 21)은 지구환경문제의 실상을 다루고 있는 것으로 21세기를 향한 세계인의 지구환경보전 행동강령이라 할 수 있으며 총 4부 40장으로 되어 있다. 제1부는 7장으로 되어 있으며 사회경제문제를 다루고 있고 제2부는 14장으로 되어 있고 자원의 보존과 관리에 대해, 제3부는 10장으로 되어 있고 주요그룹의 역할강화에 대해, 제4부는 8장으로 되어 있고 이행수단에 대해 다루고 있다.

의제21에서 에너지문제가 언급되지 않은 것은 UNCED 이전부터 기후변화가 먼저 논의되었고 여기서 에너지를 이미 다루고 있었으며 기후변화협약은 이산화탄소의 배출량을 규제하는 것이 주내용이고 이산화탄소는 화석에너지소비율 억제함으로써 그 발생량이 줄어들므로 에너지절약은 지구환경보전에 직접적으로 기여하는 가장

중요한 분야임을 알 수 있다.

3. 그린빌딩 개념의 등장

이러한 세계적인 추세에 따라 대한건축학회는 1995년도 창립 50주년 기념 국제심포지엄의 주제를 '범세계적 환경건축(Green and Global Architecture)'으로 설정하였으며 1997년 12월 호 건축학회지를 '생태, 도시 그리고 건축'이라는 주제로 특집을 엮었을 만큼 건축분야에서의 환경보전에 대한 공감대는 충분히 형성되어 있는 것으로 보인다. 또한 한국과학재단은 중점기술연구회 지원사업의 일환으로 그린빌딩기술연구회(회장: 박상동)의 설립을 승인, 지원하고 있으며 연구회의 주관으로 지난 해 1월 22일과 7월 9일 두차례에 걸쳐 그린빌딩기술세미나를 성황리에 개최한 바 있으며, 동연구회는 현재 시공중에 있는 신축 중앙연구동을 그린빌딩으로 건축하는 것을 기술지원하기 위해 그린빌딩연구센터를 설립하여 운영한 바 있다. 김영삼 대통령도 1996년 3월 21일 '지구환경시대에 모범이 되는 환경공동체의 건설은 삶의 질을 높인데 가장 핵심적인 과제'라는 전제하에 환경복지 구상을 발표하고 또 '환경 대통령'이 될 것을 선언한 바 있다.

그러나 실제 건축현장에서의 환경보전을 위한 노력은 아직도 상당히 미흡한 수준에 머물러 있다. 아직도 많은 건축설계자나 건축주는 슬로건으로서의 환경문제에 대해서는 이의를 제기하지 않으나 정작 당사자가 관여하는 건축물의 건립과정에서는 에너지나 환경문제를 거의 도외시킨 채, 의장이나 경제성을 더욱 중시하고 있는 실정이다. 개개의 건물로부터 유발되는 환경오염은 비록 크게 문제삼을 정도까지는 아니더라도, 수많은 건물들 전체에서 배출되는 오염량은 상당한 수준에 달한다. 미국의 예를 들어보면 전체 CO₂ 발생량중 건물과 관련하여 배출되는 양은 약 50%로, 그 중에서도 35%는 건물의 냉난방,

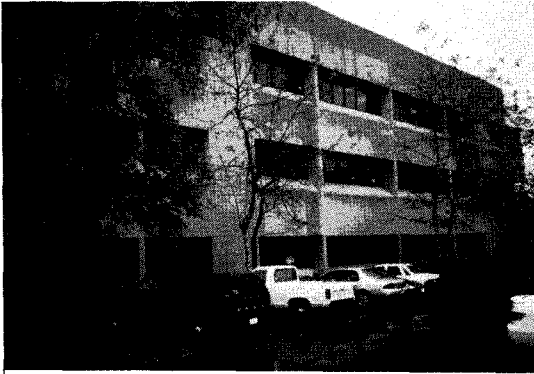


〈사진 2〉 미국의 Audubon House 외관

조명과 관련하여 배출되며, 15%는 건물의 부·자재생산이나 시공과정에서 발생된다고 보고된 바 있다. 특히 미국건축학회는 건축부·자재별로 이의 생산에 필요한 에너지(embodied energy)를 산출, 제공하여 건축생산에 활용케 하고 있으나 우리나라는 에너지통계의 어느 구석에도 이를 명시하지 않고 있으며, 건물로 인한 CO₂ 발생량을 건물의 유지·관리에 필요한 에너지소비로부터의 발생량인 국가 전체 발생량의 23% 내외로 발표하고 있으나 건축부·자재 생산과 이의 수송 및 공사에 소비되는 에너지까지를 감안하면 38% 내외가 될 것으로 추산되어 건물분야의 에너지 및 환경부하에 관한 인식전환이 필요하다.

따라서 건물의 건축 및 운용과 관련하여 환경오염방지를 위한 대안을 마련하는 일은 매우 중요하고도 시급한 실정임을 인식하고 모든 관련전문인들이 환경보전을 위한 임무를 게을리하지 말아야 할 것이다.

이러한 에너지와 환경문제를 동시에 해결하기 위한 방안으로, 이제까지의 건물에 대한 기본개념인 '인간이 거주하며 모든 쾌적한 생활을 영위



〈사진 3〉 미국 San Diego의 Ridgehaven Court Building 외관

하기 위한 공간'이라는 차원을 넘어, 현재와 후세에 걸친 인류의 생존과 지구환경 문제에 기여하기 위한 건축분야의 대안으로 그린빌딩(Green Building)이라는 개념이 제안되었다. 그린빌딩이란 에너지절약과 환경보전을 목표로 '에너지부하 저감, 고효율 에너지설비(energy), 자원재활용, 환경공해 저감기술(environment) 등을 적용하여 자연친화적(ecology)으로 설계, 건설하고 유지 관리한 후, 건물의 수명이 끝나 해체될 때까지도 환경에 대한 피해가 최소화되도록 계획된 건축물'을 말한다. 그린빌딩의 대표적인 기술로는 건물의 냉난방, 조명 등 건물의 유지·관리를 위해 필수적인 에너지의 사용은 변환과정에서 환경오염 물질의 발생이 동반되므로 건물에 필요한 에너지 부하를 줄이는 기술은 그린빌딩을 위한 가장 기본적인 기술요소이며 아울러 에너지소비를 줄이기 위한 설비의 효율향상이 필수적이다. 또한 건물로부터 유발되는 각종 오염원의 발생을 줄이고 발생된 오염원에 대해 주위환경에 미치는 피해를 최소화시키기 위한 환경공해 저감기술이 뒷받침되어야 하며, 건물로부터 나오는 폐자원을 재사용하거나 재생이 불가능한 자원의 경우에도 환경에 대한 피해가 최소화되도록 처리하는 기술 등이 중요한 기술로 되어 있다.

그린빌딩에 대한 연구와 실행은 미국이 가장 활발한 편이다. 미국의 클린턴 대통령은 1993년 '지구의 날' 행사에서 "자신의 임기동안 백악관이 '그린빌딩'의 상징으로 자리잡을 것"이라 선언할 정도로 솔선하여 에너지·환경문제의 해결을 위해 노력하고 있다. 실제 이러한 의지의 실천을 위해 'Greening of the White House' 프로그램을 수행하여 자신의 첫 임기중에 백악관을 그린빌딩으로 개수하여 놓았다.

또한 1989년에 완성된 NRDC(Natural Resources Defence Council) 본부건물(사진 1)은 건물전체가 아닌 4개층 만을 그린빌딩으로 개수한 미국 그린빌딩의 효시이며 미국 자연보호협회 건물(Audubon House, 사진 2)은 1993년에 완성된 대표적 그린빌딩의 예로서, 비록 신축 건물(1892년에 건축됨)은 아니나 그린빌딩 관련 기술들을 시범 적용하여 개수한 건물이다. 이외에도 San Diego 의 Ridgehaven Court Building(사진 3) 등 기존건물을 그린빌딩으로 개수한 사례가 많으며 New York의 Four Times Square Building(사진 4)은 현재 신축중인 48층으로 된 1,600,000sq.ft.의 대규모 건물이다.

또 그린빌딩 연구의 개발, 보급을 촉진하기 위하여 미국에는 USGBC(Green Building Council)라는 단체가 조직되어 운영되고 있다. USGBC는 회원제로 운영되는 비영리단체로서 1993년에 설립되어 제조업체, 환경단체, 건물소유주, 관리자, 임대자, 부동산 임차인 및 소유주, 시공업체, 설비업체, 지방 및 주정부, 대학, 연구기관이 회원으로 구성되어 있다. Council의 주요활동으로는 그린빌딩 관련기술 개발을 지원하고 국가 차원의 표준체계를 설정하며 관련 연구결과를 교환하고 또 활용하기 위한 활동을 벌이고 있는데 한국에너지기술연구소가 영국, 캐나다, 일본 등의 외국관련기관과 함께 이에 가입해 있다.

이외에 영국의 BRE내에 건립되어 있는 The Environmental Building(사진 5)도 오랜 연구의 결과로서 모습을 드러낸 건물이며 영국 뿐만 아니라 캐나다, 프랑스, 일본 등의 기술선진국들은 이러한 그린빌딩의 보급을 활성화하기 위하여 그린빌딩평가기준을 제정해 두고 있으며 이 같은 평가기준의 존재가 그 나라에서의 그린빌딩에 대한 실용적 관심과 보급을 용변적으로 설명해 주고 있다.

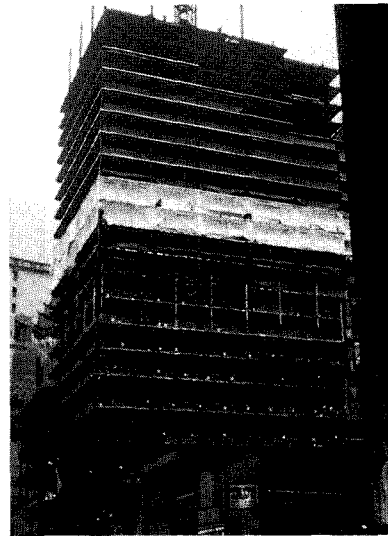
4. 그린빌딩 요소기술

건물을 신축하기 위해서는 일반적인 건축프로젝트의 과정인 초기설계계획 → 기본설계 → 실시설계 → 건설의 과정을 거치게 된다. 그러나 그린빌딩의 설계를 위해서는 종합적인 건축설계 요소들, 설계와 시공팀간의 협력 및 환경설계지침의 개발이 추가적으로 필요하게 되며 이러한 새로운 설계요소들은 건축프로젝트의 초기단계에서부터 건물입주에 이르는 전 과정을 통해 고려되어야 한다.

그린빌딩기술은 크게 에너지효율에 관한기술(energy efficiency)과 지속가능성(sustainability)에 관한 기술로 대별할 수 있으며 이를 다시 세분하면 에너지 부하저감기술, 설비효율향상기술, 공해저감기술 및 자원재활용기술로 나눌 수 있다.

이 기술의 기술체계를 구성하면 그림 1과 같은 데 환경정책기본법이 제시하는 생활환경에 속하는 요소와 매우 비슷하다. 이 그림을 보면 생활환경에 관한 요소기술은 결국 그린빌딩의 요소기술이 아닌가 하는 생각이 든다.

기술의 개요를 더욱 확실히 파악하기 위해서는 그린빌딩 평가기준에 나타난 평가항목을 살펴보는 것이 도움이 되리라 생각된다. 선진각국은 그린빌딩 건축을 장려하기 위하여 갖가지 정책을 발표하고 있으며 그 중에서도 가장 활발한 유인정책을 추진하고 있는 곳은 영국, 캐나다, 미

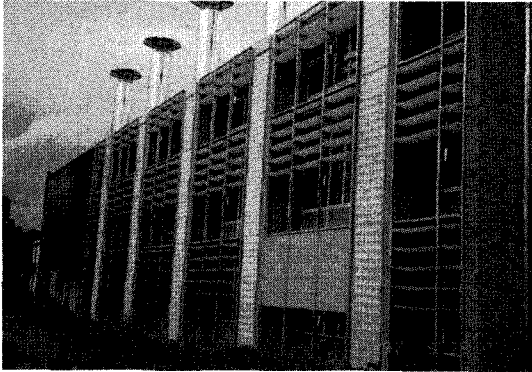


〈사진 4〉 미국 New York의 4 Times Square Building 시공모습

국이다. 이들 3국은 각자의 나라에 맞는 그린빌딩(등급)평가기준을 마련하여서 그린빌딩 기술의 건물에의 채용정도에 따라 적절한 등급을 부여하고 이를 그 기업의 홍보에 활용케 하거나 금융, 세제혜택 또는 그린빌딩 건축을 위한 추가 비용에 대한 리베이트 금액 결정에 활용하고 있다.

영국의 'BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method)', 캐나다의 'BEPAC(Building Environmental Performance Assessment Criteria)', 미국의 'LEED(Leadership in Energy and Environmental Design) Building Rating System(표 2~표 4 참조)'이 대표적인 그린빌딩(등급)평가기준이다.

또한 미국의 텍사스주 오스틴 시에서는 자체적으로 'Green Building Program'을 개발하여 이의 건축을 장려하고 있고 '지속 가능한 건축설계 점검표'를 만들어 설계과정에서의 조력자(guide to aid)로 활용케하고 있으며 우수한 그린빌딩에 대해서는 BEST Award(Businesses for Environmentally Sustainable Tomorrow



〈사진 5〉 영국 BRE의 The Environmental Building 외관

상)를 수여할 뿐만 아니라 지속가능성보너스 신청(Sustainability Bonus Application)을 제출한 프로젝트를 평가하여 현금보너스도 지급하고 있다.

평가기준으로 미루어 보건데 비록 그린빌딩이 그 개념이나 여기에 적용된 기술들이 전혀 첨단 기술들로만 이루어진 것은 아닐지라도 우리의 일상적인 건축행위에 에너지와 환경이라는 개념을 접목시켜 인간의 삶의 질을 개선키 위한 관련인들의 진지한 노력이 결집된 완성체임을 알 수 있다.

이러한 기준을 바탕으로 하여 만들어진 한국 에너지기술연구소의 신축 그린빌딩 중앙연구동의 설계지침 중 에너지와 물에 관련된 지침을 소개한다.

5. 한국에너지기술연구소의 신축 그린빌딩 설계지침

1) 일반지침

(1) 필수지침

- ① 에너지 관련 법규의 준수여부를 검토할 팀을 만들어 검토를 받아야 한다.
- ② 프로젝트 예산에 커미셔닝(Commissioning)을 포함시켜야 한다(커미셔닝은 기기나 시스템이 설계 및 운전 요구성능에 따라 설치, 작동될 수 있도록 하는 검증공정임)

- ③ 설계에서부터 시공까지 건물주를 대신해서 설계기술자와 긴밀히 작업하고 모든 문서화작업과 인수테스트 작업을 조직적으로 수행할 커미셔닝 대행자를 선정해야 한다.
- ④ 조명, HVAC 및 여타 기기 효율을 극대화해야 한다.
- ⑤ 에너지 성능을 분석하고 최적화해야 한다.
- ⑥ 장래의 변화에 대처하기 위한 유연성을 가지도록 설계해야 한다.
- ⑦ 고효율의 에너지 기자재를 지정해야 한다.
- ⑧ 기기나 시스템에 대해 커미셔닝(Commissioning) 계획절차를 개발해야 한다.

(2) 권장지침

- ① 법이행 여부를 판단하는 소프트웨어 및 재생에너지 평가 소프트웨어를 입수한다.
- ② 지열, 태양열, 풍력 및 바이오메스와 같은 재생에너지를 사용한다. 아울러 지역냉·난방이나 폐열회수와 같은 지역적으로 이용 가능성이 있는 에너지자원을 이용한다.
- ③ 태양열의 냉·난방에의 직접이용을 고려한다.
- ④ 태양열의 급탕이용을 고려한다.
- ⑤ 태양열의 토중축열 등의 저온집열(계간축열)을 고려한다.

2) 에너지소비 목표량 설정

- (1) 우리연구소 그린빌딩 연구동의 목표에너지 소비량은 $240 \text{ Mcal} / \text{m}^2 \cdot \text{y}^{1)}$ 하되
- (2) 상기 목표에너지소비량을 달성하기 위하여 각종 에너지 기술을 우리연구소 그린빌딩에 적용한다.

1) 목표에너지소비량의 결정(잠정적임)은 1996년도 우리연구소 에너지소비량 평균 ($309.4 \text{ Mcal} / \text{m}^2 \cdot \text{y}$)을 20% 절감시킨 값 ($247.5 \text{ Mcal} / \text{m}^2 \cdot \text{y}$), 1996년 미국의 'Green Building of the year'상을 수상한 Ridgehaven 건물의 목표에너지소비량 ($245 \text{ Mcal} / \text{m}^2 \cdot \text{y}$)과 우리연구소 연구보고서 '고층 건물의 에너지성능기준 시행에 관한 연구의 내용중 대전·충청 지역의 EBL 값 ($270 \text{ Mcal} / \text{m}^2 \cdot \text{y}$)을 10% 정도 강화시킨 값 ($243 \text{ Mcal} / \text{m}^2 \cdot \text{y}$)을 감안한 것임.

- (3) 채용기술의 경제성 분석을 통하여 경제적 타당성이 있는 한도내에서 상기 목표에너지 소비량을 유지, 증가 또는 감소시킬 수 있다.

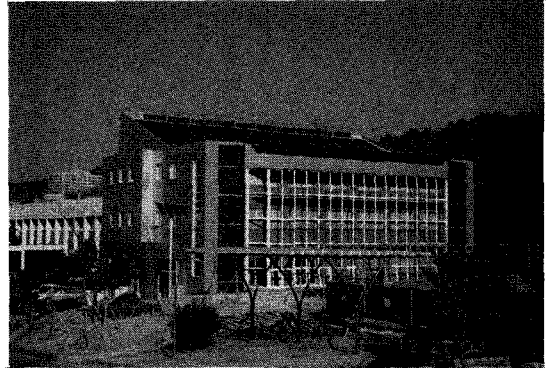
3) 외피 및 건축분야

(1) 필수지침

- ① 건물의 형태에 대한 내·외부 부하의 관계를 분석해야 한다.
- ② 창문틀의 기밀성, 단열성을 강화해야 한다.
- ③ 출입문의 단열성능과 기밀성능을 강화해야 한다.
- ④ 북측면에 특수 Pair Glass를 사용해야 한다.
- ⑤ 외벽의 단열을 강화해야 한다.
- ⑥ 대류로부터 열전달을 줄이기 위해서 침기를 최소화해야 한다.
- ⑦ 지중 단열 시공을 해야 한다.
- ⑧ 반투명 / 투명 / 낮은 내부 칸막이를 이용할 뿐만 아니라 수직창, 광선반, 클리어스토리(고창) / 모니터 창 / 및 건물형태의 이용을 통해서 주광의 집성을 극대화해야 한다.
- ⑨ 벽, 지붕, 창 시스템에서 열교영향을 극소화해야 한다.
- ⑩ 출입구에는 전실(베스티블)을 계획해야 한다.
- ⑪ 장래의 PV 또는 태양열 집열기 설치를 용이하게 하거나 설치를 할 수 있도록 지붕을 설계해야 한다.
- ⑫ 태양열을 기하학적으로 평가하여 빌딩내부에 대한 태양열의 취득은 난방장치, 냉각장치에 이익되게 타당한 외피설계를 해야 한다.

(2) 권장지침

- ① 자연형 태양열 난방, 차양이나 하절기 미풍의 통풍을 이용한 자연냉방 및 주광이용을 위한 부지의 자연환경 이용을 최적화한다.
- ② 옥상면의 일사차폐를 고려 한다.
- ③ Double Skin 채용을 고려한다.
- ④ Double Skin의 열선 반사유리 사용을 고



〈사진 6〉 초에너지절약형 건물기술 실험연구동

려한다.

- ⑤ Louver에 의한 일사차폐를 고려한다.
(Double Skin내)
- ⑥ 창면적의 감소를 고려한다.
- ⑦ 단열창호의 사용(단열Shutter)을 고려한다.
- ⑧ 자연환기 채용을 고려한다.
- ⑨ 건물 외벽의 색채 계획을 고려한다.
- ⑩ 하계 태양열 취득을 최소화하기 위해 남, 동, 서쪽면에 차양설비를 설계한다.
- ⑪ 하계 태양열 취득을 최소화하기 위해 고성능 창 시스템을 사용한다.
- ⑫ 일광, 난방장치 및 환기장치를 고려하여 외피에서 문, 창문 및 통기구멍들의 크기 및 위치를 조절한다.
- ⑬ Twin Core 채용을 고려한다.
- ⑭ 방풍벽의 설치를 고려한다.

4) 기계설비분야

(1) 필수지침

- ① 효율적인 배관 시스템 배치를 해야 한다.
 - 오수 펌프가 없는 빌딩에서의 배출물의 중력 유동
 - 필요하다면, 분배와 부스터 펌프를 위해 필요한 최저압의 계산
- ② 오염원을 조절해서 기계환기 필요성을 극소화해야 한다.

- ③ 신선공기 취입구의 크기를 최적화하고 위치는 오염원이나 과열지역으로부터 멀리 떨어진 곳으로 위치 시켜야 한다.
- ④ 특이한 스케줄이나 설계조건에서 작동되는 구역(zone)을 담당하는 HVAC 시스템은 분리시켜야 한다.
- ⑤ 부분부하를 고려한 설계를 위하여 부하 조건이 넓은 범위에 걸쳐 높은 효율이 유지되는 장치를 선택해야 한다.
- ⑥ HVAC 시스템을 구성하는 압축기, 펌프, 냉각탑, 냉·난방코일과 분배 덕트 등 각각의 구성요소의 성능에 대해 최적화해야 한다.
- ⑦ 덕트 시스템의 압력 손실을 감소시켜야 한다.
- ⑧ 효율 등급이 높은 기기를 사용하고, 불필요 시 기기가 꺼지는 제어를 사용하고, 열회수에 의해 기기·장비로부터의 실내 열취득을 최소화해야 한다.
- ⑨ 고효율 냉·난방 시스템을 지정 기입해야 한다.
- ⑩ 고성능 급탕 시스템을 지정 기입해야 한다.
- ⑪ 효율과 쾌적성을 개선하기 위해 시스템 점검, 조정과 밸런싱(TAB)을 수행해야 한다.
- ⑫ 먼지가 쌓이는 것과 미생물의 성장을 최소화할 수 있게 내표면이 매끄러운 기기와 덕트제품을 설계에 반영해야 한다.
- ⑬ 재실자가 없을 때는 HVAC 시스템을 끄든지 제어설정점을 상·하로 조절하는 제어를 해야 한다.
- ⑭ 냉동기 대수제어를 채택해야 한다.
- ⑮ 최소 외기 취입량 제어를 해야 한다.
- ⑯ 예냉, 예열시 외기량 제어를 해야 한다.
- ⑰ Pump의 대수제어를 해야 한다.
- ⑱ 배관계의 저항감소를 검토해야 한다.
- ⑲ 외기냉방시스템을 도입해야 한다.
- ⑳ 열회수 시스템을 채용해야 한다.
- ㉑ No Leakage Damper를 설치해야 한다.
- ㉒ Duct 계의 Leakage를 방지해야 한다.

- ㉓ 축열조의 단열강화를 해야 한다.
- ㉔ 기기류의 단열강화를 해야 한다.
- ㉕ 배관계의 단열강화를 해야 한다.
- ㉖ Duct 계의 단열강화를 해야 한다.

(2) 권장지침

- ① 열취득을 줄이기 위해서, 건물 외부의 태양열 제어장치를 결합시킨다.
- ② 모든 구성물의 운영을 통합하고 프로젝트 전반에 걸쳐 집중화된 컴퓨터 인터페이스를 설치한다.
- ③ 최적 기동제어를 고려한다.
- ④ 효율적인 운용을 위해 다른 HVAC 구성품과 연계 작동하는 통합제어를 이용하도록 해야 한다.
- ⑤ HVAC 제어 시스템은 다음의 기능들을 고려한다.

- 기초 특징

- a. 쾌적성 제어 (온도, 습도)
- b. 스케줄 운영 (매일, 주말과 계절적 변화)
- c. 작동의 순차제어
- d. 경보와 시스템 상태 보고
- e. 조명과 주광 통합성

- 추가 기능

- a. 유지 관리
- b. 실내 공기 상태 보고
- c. 원격감시 및 제어
- d. 작동 유연성

- ⑥ 냉각탑과 AHU용 펌핑 시스템과 팬은 가변속 작동이 되게 한다.
- ⑦ 급탕비용을 줄이기 위해 콘덴서 열, 폐열, 태양열 이용 가능성에 대해 분석 평가한다.
- ⑧ 내부발열을 최소화하고 고효율장비선택 등에 의해 장비의 용량을 최소화한다.
- ⑨ 온수 공급 온도를 낮게하는 것은 초기 가열 에너지와 배관손실을 감소시키므로, 필요한 최저의 온수 공급온도를 결정한다.

- ⑩ 적절한 제어는 에너지 이용을 최적화하므로 온수 시스템 제어장치를 설치 한다.
- ⑪ 외부 공기 재가열을 최소화하기 위해 페리미터지역의 난방시스템과 환기의 이용을 고려한다.
- ⑫ 공조공간에 공조된 공기를 운반하기위한 적절한 공기분배 시스템을 고려한다.
- ⑬ 순환수식 펌핑 시스템을 검토한다.
- ⑭ Double Skin 내부 통풍제어를 고려한다.
- ⑮ Cool Tube System을 고려한다.
- ⑯ 대 온도차 방식이용을 고려한다.
- ⑰ VAV 방식의 채용을 고려한다.
- ⑱ 냉동기 냉수 온도의 상승을 고려한다.
- ⑲ 축열 시스템의 채용을 고려한다.
 - 태양열용 고온축열조를 고려한다.
 - 온도성층형 축열조를 고려한다.
 - 냉각수 축열 방식의 채용을 고려한다.
- ⑳ 기계실의 자연환기를 고려한다.
- ㉑ 탕비실의 자연환기를 고려한다.
- ㉒ 국소환기를 고려한다.
- ㉓ 공조공기의 2단활용(기계실에 이용)을 고려한다.
- ㉔ 실내조건을 완화한다.
- ㉕ 에너지 절약형 조명방식에 의한 냉방부하의 절감을 고려한다.
- ㉖ 주광 조명에 의한 냉방부하 절감을 고려한다.

5) 전기설비분야

(1) 필수지침

- ① 최고수준의 효율을 갖는 모터를 지정기입해야 한다.
- ② 반사율이 높은 색깔이나 마감재료를 선정해서 빛이 표면에 흡수되는 것을 감소시켜야 한다.
- ③ Task and Ambient Lighting 방식을 채택해야 한다.
- ④ 사용빈도가 낮거나 간헐적으로 이용되는

- 곳에는 재실자 센서를 사용해야 한다.
- ⑤ 방향성 기구를 이용해서 외부조명에서의 조명분산을 방지해야 한다.
- ⑥ 외부 조명계획에서 조명의 중복을 최소화해야 한다.
- ⑦ 에너지 효율적인 램프를 사용해야 한다.
 - 관경 26mm / m 형광램프
 - 소형 형광 램프
 - 소비전력이 낮고 밝은 색을 발하는 고압방전 램프
 - 소형 반사체 고압방전 램프
 - 적외선 반사체가 있는 할로겐 램프
 - 유황 전구
- ⑧ 전자식 안정기를 사용해야 한다.
- ⑨ 전기효율의 극대화를 위해서 인공조명을 주광이용과 통합시켜야 한다.
- ⑩ 점심시간, 휴식시간 등에 강제소등 제어를 해야 한다.
- ⑪ 저소비 전력형 형광등을 사용해야 한다.
- ⑫ 초절전형 유도등을 사용해야 한다.
- ⑬ 조명 Pattern 제어를 해야 한다.
- ⑭ 역율 개선을 해야 한다.
- ⑮ 고반사, 저휘도의 반사재를 사용해야 한다.
- ⑯ 저손실형 변압기 사용을 해야 한다.
- ⑰ 변압기의 대수제어를 해야 한다.

(2) 권장지침

- ① 에너지효율과 전력절약 특성을 갖게 하기 위해 플러그 접속상태의 부하(plug-in loads)를 평가한다.
- ② 간단한 타이머와 광전지를 사용하여 적절한 시간에 조명을 온·오프(on-off) 할 수 있게 한다.
- ③ 빌딩의 다른 에너지 관리 시스템들과 아울러 제어 장치들의 통합을 고려한다.
- ④ 과도한 밝기의 태양직사광선을 피하도록 고려한다.

- ⑤ 축벽채광창을 고려한다.
- ⑥ 최적의 천창對 바닥비는 5-10% 범위로 하든지, 유리의 투과도, 천장설계의 효율, 요구된 조도수준, 천창높이, 그리고 공간이 역학적으로 통풍이 잘 되는지 안되는지 확인하고 천장을 설계한다.
- ⑦ 가구 배열과 조명계획의 조화를 고려한다.
- ⑧ 사무용 장치, 기구, 전반 조명과 국부 조명으로부터의 발열 감소를 고려한다.
- ⑨ 열 제거 및 열 회수 능력을 갖춘 조명 기기를 사용한다.
- ⑩ 실내공간의 광반사를 효율적으로 활용할 수 있도록 한다.
 - 반사된 빛을 유용하게 활용하기 위한 빛이나 중간색 표면
 - 자연적인 빛의 도입과 제어를 위한 광선반
 - 그늘과 어두운 곳을 피하기 위한 낮은 사무실 칸막이
- ⑪ 컴퓨터 모델링이나 물리적 모델링을 통해서 주광과 인공조명을 통합한 것을 양적으로 평가한다.
- ⑫ 계단실, 화장실의 자연채광을 고려한다.
- ⑬ 화장실의 개실제어를 고려한다.
- ⑭ Solar Cell 사용을 고려한다.
- ⑮ Tablet Type Switch 채용을 고려한다.

6) 물 분야

(1) 필수지침

- ① 저장탱크, 연못 또는 저수지에는 물이 중력 방향으로 흐르게 하여 모으도록 해야 한다.
- ② 스프링쿨러 헤드에 의한 적당한 중복, 헤드와 헤드가 담당하는 지역을 점검해야 한다.
- ③ 대·소변기 및 싱크에 적외선 감지센서를 사용해야 한다.
- ④ 절수기구를 사용해야 한다.
- ⑤ 양변기의 급수압력 절감방식(Low Tank 방식)을 채택해야 한다.

- ⑥ 국소급탕 시스템을 채택해야 한다.
- ⑦ 배수의 자연방류를 채택해야 한다.
- ⑧ 우수의 자연방류를 채택해야 한다.

(2) 권장지침

- ① 관개나 다른 적절한 사용을 위해 지붕으로부터 우수를 채집한다.
- ② 샤워 및 다른 관개용 공정용수를 중수(greywater)로 이용한다.
- ③ 부지에 관개하도록 사용할 수 있는 저장용량을 갖는 저류연못을 설계한다.
- ④ 우수이용은 물의 필요량에 따라 적절한 저장 또는 저수 시스템으로 설계한다.
- ⑤ 상수도와 중수도의 이중 배관을 고려하고 중수도관은 내부식재료를 사용한다.
- ⑥ 스프링쿨러 시스템의 적절한 작동 확인을 위하여 용수공급(관개) 지역의 가시권 내에 관개 제어기를 설치한다.
- ⑦ 비교적 낮게 설치된 스프링쿨러 헤드부분에 체크밸브를 설치해서 폐수의 역류를 방지한다.
- ⑧ 수압이 제조업자가 추천한 작동압력을 초과한다면 압력조절기를 사용해서 적절한 스프레이 분배를 보장한다(고압력은 물을 미세하게 분무시켜서 바람에 날려보내는 아주 미세한 스프레이를 발생시킨다)
- ⑨ 비나 바람 차단 장치를 설치한다.
- ⑩ 물이 필요치 않는 소변기의 사용을 검토한다(이들은 건물의 물 사용을 8-10% 절감할 수 있고 물 절약뿐만 아니라 결과적으로 소형의 저렴한 계량기를 사용할 수 있게 할 것이다)
- ⑪ 물이 바람에 흩날려 가는 것과 증발을 감소시키기 위해 경계(한계) 장치가 된 냉각탑을 사용한다.
- ⑫ 전층 상수도 직결급수방식을 고려한다. 이외에도 자재 / 재활용 / 폐기물, 실내·외 공기

의 질, 부지/조경 등 많은 항목에서의 지침이 있으나 지면관계상 생략한다.

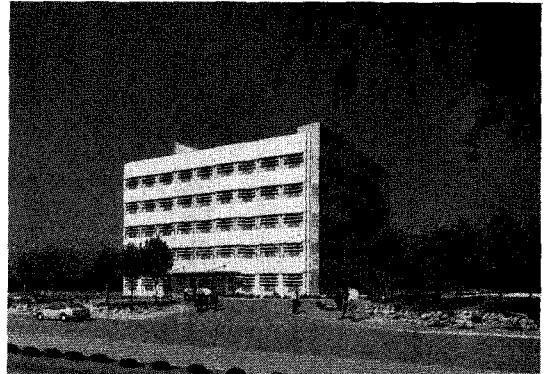
6. 보급전망과 맺음말

지구의 기후를 연구하는 과학자들은 1990년대 들어 지구촌 곳곳에서 발생하는 이상기후에 대해 '더 이상 환경이 파괴된다면 지구는 인류가 생존할 수 있는 환경을 보장하지 않을 것'이라고 전망하고 있다.

우리나라에서의 그린빌딩에 대한 기술개발이나 실현을 위한 노력은 아직 태동기라고 할 수 있다. 그러나 이의 실현을 위한 노력은 미룰 수 없는 단계에 이르러 있으며 목전의 이해관계에만 매달려 이런 기술의 개발이나 도입을 도외시할 것이 아니라 적극적인 실현을 위해 힘을 모아 야만 할 단계이다. 또한 방대한 관련기술의 적용을 위해서는 정부의 적극적인 정책적 지원과 함께 그린 프로젝트에 대한 관련 산업의 육성이 병행되어야만 실효를 거둘 수 있을 것이다.

즉, 이러한 에너지절약과 환경공해저감을 동시에 만족시키는 그린빌딩의 보급 활성화를 위해서는 우선 제도 도입을 위한 연구와 아울러 기술수준 향상을 위한 기술개발이 정부주도로 이루어지고 이 연구·개발 결과로서 나온 각종 지원 정책에 의한 그린빌딩 건축의 유인·장려 정책을 범국가적으로 전개할 필요가 있다.

한국에너지기술연구소는 건물에서의 에너지 유효이용으로 인해 그만큼 에너지 소비를 적게 함으로서 에너지 절약은 물론 연소 배기가스에 의한 환경공해를 줄일 수 있는 점을 들어 '초에너지 절약형 건물 기술개발 및 시범화'라는 연구과제('94-'98)를 통해 연간 단위면적당 에너지 소비가 일반건물의 1/5수준인 $74.3\text{Mcal}/\text{m}^2\cdot\text{y}$ 의 건물을 시범건축(사진 6)하였으며 1994년 11월에 작성한 연구소 자체 중장기 중점연구 추진 프로그램인 'Enertech 21 연구 프로그램'과 1996년 5월에 완성한 '에너지 기술개발에 관한



〈사진 7〉 그린빌딩 중앙연구동

기획연구'를 통하여 그린빌딩 기술 연구개발 중장기 계획을 수립하여 이 기술의 체계적이고 종합적인 연구를 위한 만반의 준비를 갖추고 있다.

아울러 1997년 초부터 현재 가용한 기술만으로 연구소의 그린빌딩중앙연구동을 신축할 예정으로 예산을 확보하고 '그린빌딩 신축을 위한 설계·시공 지침서 작성 연구'에 따른 설계를 완료하고 시공(사진 7)중에 있는데 이는 선진국 수준의 그린빌딩에는 미치지 못하겠으나 우선 수준이 낮은 그린빌딩을 건축해 놓고 연구·개발이 끝나는 3~5년 후에는 더욱 수준이 높은 그린빌딩으로 개수하겠다는 전략이며, 미국의 대표적 그린빌딩인 Audubon House나 San Diego의 Ridgheaven Court Building도 바로 이러한 절차에 따라 그린빌딩을 건축한 사례이며 후자는 1996년도 최고수준의 그린빌딩에 수여되는 '1996 Green Building Award'를 수상한 건물이다.

정부출연기관인 한국에너지기술연구소가 이러한 그린빌딩의 시범화 건축, USGBC를 통한 선진기술의 도입, 조기 토착화 및 국내 그린빌딩 기술연구회 운영과 국책과제로서의 그린빌딩 기술·제도 연구개발을 통한 그린빌딩 기술의 선진화, 조기 실용화를 선도하고 산·학·연·관이 힘을 모은다면 21세기 우리의 그린빌딩(생활환경)기

술은 국가경쟁력 확보의 초석이 되고 전 인류의 비교우위기술로서 자리 매김이 될 것이다.
절대명제인 지구환경 보전에도 크게 기여하는

〈표 2〉 USGBC의 그린빌딩 인증제도(LEED Building Rating System) 요약

	획득점수(credits)	등급구분
총배점 48점 (일반배점 44점, 보너스배점 4점)	일반 배점 44점 기준 81%이상	LEED Building Platinum™
	일반 배점 44점 기준 71-80%	LEED Building Gold™
	일반 배점 44점 기준 61-70%	LEED Building Silver™
	일반 배점 44점 기준 50-60%	LEED Building Bronze™
비 고	한해 최고 점수를 얻은 건물은 'Green Building of the Year'상을 수상하게 됨.	

〈표 3〉 USGBC의 그린빌딩 인증을 위한 필수선행조건

항 목	내 용
1) 석면 사용금지	석면 사용금지, 단 기존건물로서 이미 석면이 사용된 건물이며 관련기준에 맞는 석면처리계획 제시
2) 빌딩 커미셔닝	반드시 빌딩 커미셔닝 계획에 의해 건축행위 추진
3) 에너지효율	관련기준에 따른 에너지 효율성 확보
4) IAQ	관련기준에 따른 IAQ 확보
5) 오존층 파괴물질 사용금지	오존층 파괴 물질/CFCs 사용금지, 단 기존건물이면 5년 이내 이러한 물질처리 계획제시
6) 금연	금연 건물일 것
7) 폐기물 재활용시설	관련기준에 따른 폐기물 재활용 시설 확보
8) 열적 쾌적기준	관련기준에 따른 열적 쾌적기준 만족
9) 수자원 보존시설	관련기준에 따른 수자원 보존시설 확보
10) 수질확보	관련기준에 따른 수질확보

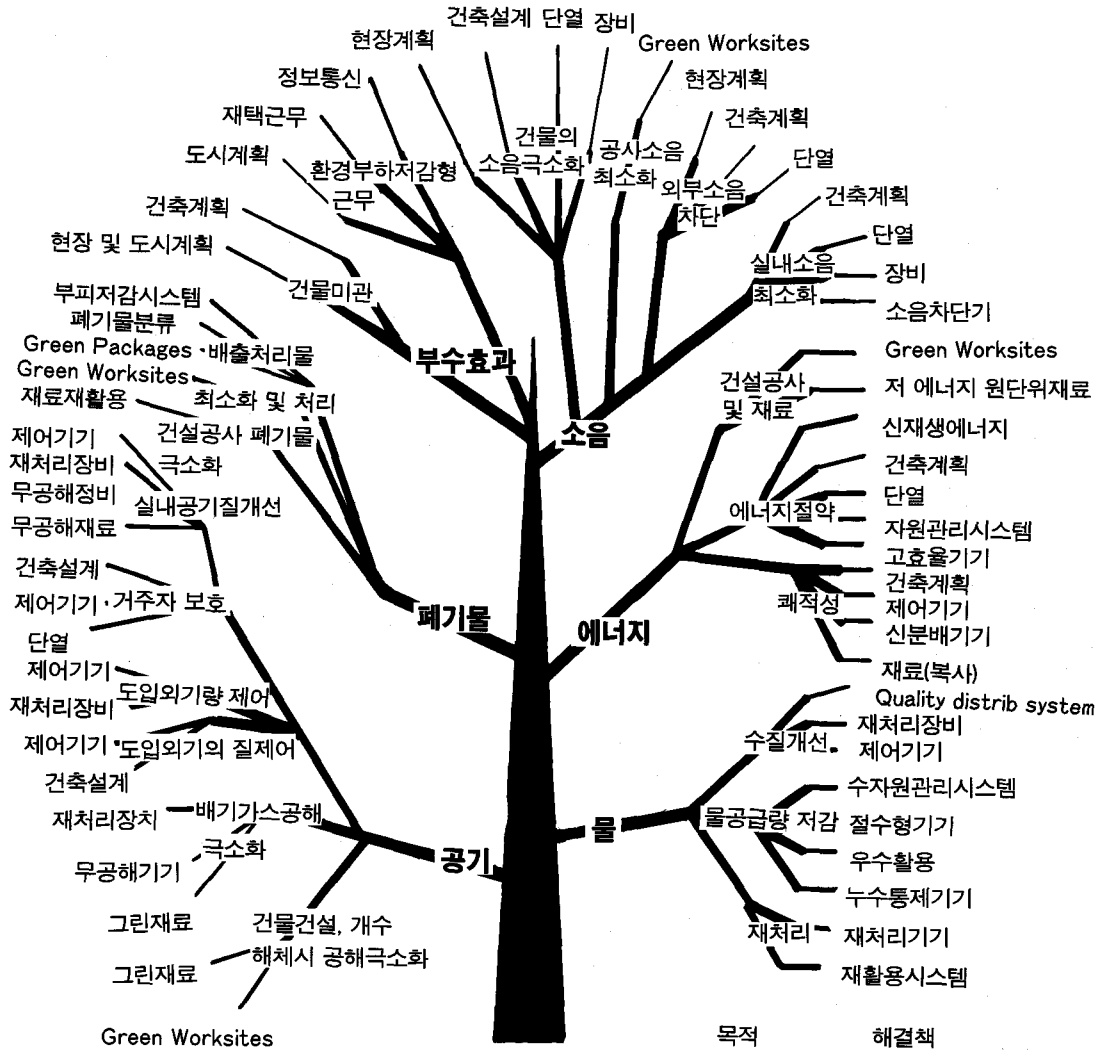
〈표 4〉 USGBC의 그린빌딩 인증을 위한 기술적조치 내용

항 목	내 용	배점	비 고
1) 건축재료(7점)	① VOCs 불포함 조치	2점	
	② 지역 특산자재 이용	1점	
	③ 기 사용되었던 자재의 재사용	2점	
	④ 재활용 재료 사용	2점	
2) 건설폐기물 관리(2점)	① 건설폐기물 관리계획	2점	
3) 에너지 대책(10점)	① 에너지 절약 조치	5점	
	② 자연환기 및 자연형 에너지설계	1점	
	③ 폐열회수	1점	
	④ 재생에너지 이용	3점	
4) 기존 건물 개수(2점)	① 구조체 75% 사용	1점	
	② 구조체 100% 사용	1점	보너스 배점

항 목	내 용	배점	비 고
5) 실내공기의 질, IAQ(4점)	① 건설중 IAQ 관리	1점	
	② 첨단기술에 의한 IAQ 관리	2점	
	③ 영구적 공기의 질 감시장치 설치	1점	
6) 조경/외부 디자인(3점)	① 침식 및 호우대응 대책	1점	
	② 열섬 방지대책	2점	
7) 재실자에 의한 재활용 장치 설치(1점)	① 재실자에 의한 재활용 장치 설치	1점	
8) 운전 및 관리시설(2점)	① 청소용 화학제제 저장 및 처리	1점	
	② 실내 청결을 위한 출입구에서의 조치	1점	
9) 오존층 파괴물질/CFCs등 사용금지(2점)	① 기계설비 장치에서의 CFCs의 불사용	1점	
	② 건축재료에서의 CFCs등 불사용	1점	
10) 입지선정(4점)	① 성토한 대지 또는 기존건물 재이용	1점	
	② 통행장애 저감 또는 기존건물 재이용	1점	
	③ 부지보존/복구	1점	
	④ 황무지 개발	1점	보너스 배점
11) 교통관계(4점)	① 대체 교통수단 이용을 위한 시설	2점	
	② 공중 교통수단 이용이 편리한 위치	1점	
	③ 대체연료 공급시설 설치	1점	보너스 배점
12) 수자원보존(4점)	① 물 소비절약 시설	1점	
	② 배수 재활용 및 우수 이용시스템	1점	
	③ 물소비 절약 콜링타워 설치	1점	
	④ 극한 조건에 강한 외부 조경	1점	
13) 수질(3점)	① 우수 등 지표수의 유류 분리장치 설치	1점	
	② 비조경 대지에 우수등 지표수의 침투성 재료사용	1점	
	③ 생물학적 폐수 처리시설 설치	1점	보너스 배점

☐ 참고문헌

1. 朴相東 : “그린빌딩”, 건축, Vol.40, No.2, 대한건축학회, 1996.2.
2. 윤용진 외 : “그린빌딩 기반기술 및 건설타당성 연구”, 한국에너지기술연구소 보고서, 1996.4.
3. 朴相東 外 : “초에너지 절약형건물의 기술개발 및 시범화사업(II)”, 한국에너지기술연구소 보고서, 1996.6.
4. 박원훈 : “환경친화적 산업에너지구조”, 에너지협의회보, No.40, 1997.1.
5. 朴相東 外 : “지속가능한 건축기술”, 지속가능한 에너지소비를 위한 전략개발 지도자 워크샵 논문집(UN ESCAP·소비자문제를 연구하는 시민의 모임 공동 워크샵), 1997.1.
6. 朴相東 : “빌딩커미셔닝”, 건축, Vol.41, No.2, 대한건축학회, 1997.2.
7. 朴相東 外 : “그린빌딩 설계 및 시공지침 작성연구”, 한국에너지기술연구소 보고서, 1997.4.30.
8. 朴相東 外 : “환경친화적 건물기술과 보급활성화 방안”, 한국에너지위원회·에너지경제연구원 공동 에너지 절약세미나 논문집, 1997.6.
9. 朴相東 外 : “KIER 그린빌딩 중앙연구동 설계 체크리스트”, 공기조화·냉동공학회 하계학술발표회 논문집,



〈그림 1〉 그린빌딩 Tech Tree

1997.6.

10. 김현수 : “생태도시의 실현을 위한 기반기술의 개발”, 건축, 1997.12.
11. 신기식 외 : “그린빌딩 기술체계 제1회 그린빌딩기술 세미나 강연집(그린빌딩기술 연구회), 1998.1.22.
12. 박相東 : “환경친화적 건축기술의 개발과 보급”, 한국생활환경학회 춘계학술발표회 논문집, 1998.3.21.
13. 박相東 : “건물부문의 에너지절약과 온실가스 저감대책 온실가스 최소비용 저감전략 수립에 관한 워크샵 (에너지경제연구원), 1998.4.6.
14. 박相東 외 : “초에너지절약형 건물기술개발 및 시범화사업”, 한국건축설비학회(학회지 창간호), 1998.4.

15. 신기식 외 : “그린빌딩 국내설계사례”, 공기조화·냉동공학회 하계학술발표회 논문집, 1998.6.
16. 朴相東 외 : “그린빌딩 기술지원사업”, 한국에너지기술연구소 보고서, 1998.6.30.
17. 朴相東 : “건물에너지관리의 필요성”, 계간 빌딩교보 창간호, 1998.7.1.
18. 신기식 외 : “한국의 그린빌딩 사례와 정책방향”, 제2회 그린빌딩기술 세미나 강연집(그린빌딩기술 연구회), 1998.7.9.
19. 신기식 외 : “그린빌딩 구현사례”, 공기조화·냉동공학, 1998.8.
20. 朴相東 : “그린빌딩 요소기술 건축학회지, 1998.9.
21. 朴相東 : “그린빌딩의 개념과 우리나라의 현황”, 영남대학교 생활과학대학 특별강연회, 1998.12.7.
22. 朴相東 외 : “건물에너지절약 및 환경보존을 위한 그린빌딩기초기술 개발연구”, 한국에너지기술연구소 보고서, 1998.12.31.
23. 朴相東 : “지속가능한 개발을 위한 건축기술”, 건축산업교육원 강연자료, 1999.1.21.
24. C-2000 Program for Advanced Commercial Buildings, CANMET, Natural Resources Canada, 1993.10.
25. BEPAC(Building Environmental Performance Assessment Criteria), Environmental Research Group at the School of Architecture, University of British Columbia, CANADA, 1993.
26. BREEAM(Building Research Establishment Environmental Assessment Method), BRE, UK, 1993.
27. Audubon House, National Audubon Society and Croxton Collaborative, Architects, John Wiley & Sons, Inc. N.Y., 1994.
28. William D. Browning and Dianna Lopez Barnett : “Greening the White House”, Proceedings of US Green Building Conference – 1994, NIST, 1994.6.
29. Harry T. Gordon : “Green Buildings – Achieving Your Design Objectives”, Proceedings of Second International Green Building Conference and Exposition – 1995, NIST, 1995.8.
30. Roger G. Courtney : “Sustainable Architecture and Building Technology”, 대한건축학회 창립 50주년 기념심포지움 발표집, 대한건축학회, 1995.10.
31. Sustainable Building Technical Manual, Public Technology, Inc., 1996.
32. LEED(Leadership in Energy and Environmental Design) Building Rating System, USGBC(United States Green Building Council), 1996.9.
33. David A. Gottfried : “The City of San Diego’s Ridgehaven Green Building Demonstration Project”, Draft Report, Prepared for City of San Diego, San Diego Gas and Electric and the Electric Power Research Institute, 1996.10.

멋대로 살면서 최고로 성공하기 10계명

- | | |
|------------------------------------|---|
| 1. 시련을 두려워하지 말자. | 7. 사랑의 눈으로 이웃과 세상을 보자. |
| 2. 만나는 사람 모두를 삶의 스승으로 여기자. | 8. 과거를 후회한다면 미래를 걱정하지 말자. 오직 현재를 소중히 여기자. |
| 3. 뿌리 깊은 고정관념을 버리자. | 9. 사랑한다면, 상대를 있는 그대로 인정하고 사랑하자. |
| 4. 집착할수록 멀어진다. 얻으려면 집착하지 말자. | 10. 세상을 변화시키려 하지 말고 먼저 나 자신을 변화시키자. |
| 5. 세상일은 생각대로 된다. 상황을 늘 긍정적으로 생각하자. | |
| 6. 삶은 투쟁이 아니다. 마음가는 대로 살며 삶을 즐기자. | |