

# 녹색건축 요소기술 소개

## 건물에너지 효율화로 최적 환경 제공하는 '녹색건축'

전 세계적으로 기후변화와 에너지 문제에 대응하기 위해 다각적으로 노력하고 있는 가운데, 우리나라에서도 '저탄소 녹색성장'을 국가적 비전으로 삼아 정책을 추진해 오고 있다. 국가적 '저탄소 녹색성장' 목표의 달성에 있어서, 온실가스의 주요 배출원이며 국가 전체 에너지 소비량의 큰 부분을 차지하는 건축물 분야의 역할이 중요하다. 건축 관련 업계에서 '녹색건축'의 필요성에 대한 논의는 오래 전에 시작됐으나 초창기에는 일반 국민들에게 '녹색건축'은 낯설고 먼 개념이었다. 하지만, 최근에 일반 대중들 사이에서도 '녹색건축'이라는 용어가 널리 확산되는 것은 긍정적인 변화이다.

누구나 한 번쯤은 들어보직한 용어이지만, '녹색건축이 무엇인가?'하는 질문에 대해서는 적절한 대답이 선풍 떠오르지 않는 분도 많을 것이다. 하지만, '건축'이라는 단어로부터 우리 삶의 공간인 집과 건물을 떠올리고, '녹색'이 주는 싱그러움과 친환경적 느낌, 건강과 쾌적 그리고 행복이라는 긍정적인 정서를 느껴본다면, '녹색건축'에 대한 실마리를 찾을 수 있다. '녹색건축'은 환경과 사람을 생각하는 건축으로서, 환경에 영향을 덜 미쳐서 지속가능할 뿐만 아니라 사람에게 건강하고 쾌적한 공간을 제공할 수 있는 건축을 말한다. 이러한 맥락에서 '녹색건축'에서는 자원과 에너지의 사용량 감소 및 사용효율 증가를 추구하면서도 건물 사용자가 쾌적할 수 있는 방안을 강구한다.

### 녹색건축 요소기술의 종류

위에서 설명한 '녹색건축'의 개념이 다소 추상적으로 다가올 수 있겠으나, 우리가 생활하는 공간 속에서 '녹색건축'이 구체적으로 어떻게 구현되는지 알아본다면 '녹색건축'에 대한 이해를 높일 수 있을 것이다. 녹색건축을 구현하기 위해 적용되는 기술 항목을 '녹색건축 요소기술'이라고 하는데, 이를 4개의 범주로 정리하여 <표 1>로 나타내보았다. 녹색건축물 구현을 위해서는 4개의 각 범주들을 복합적으로 검토해야 한다. 즉, 대지와 기후 등의 특성에 맞는 건축적 기술(Passive 기술)로 건물의 냉난방 부하를 최대한 줄여주고, 설비적 기술(Active 기술)과 제어 및 에너지관리 기술로 에너지를 효율적으로 공급 및 절감하며, 신재생에너지 활용기술의 적용도 계획단계부터 검토해야 한다.



글 김승진  
한국시설안전공단  
녹색건축본부장  
sjkim@kistec.or.kr

글쓴이는 서울대학교 건축학과 졸업 후 동대학원에서 석사, 박사학위를 받았으며 광주대학교 교수 등을 지냈다.

표1. 녹색건축 요소기술의 종류

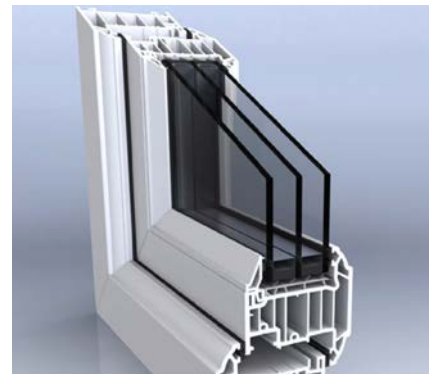
건축적 기술	설비적 기술	제어 및 에너지관리 기술	신재생에너지 활용기술
<ul style="list-style-type: none"> <li>고성능단열/기밀</li> <li>옥상녹화/쿨루프(Cool Roof)</li> <li>고성능창호</li> <li>자연채광</li> <li>차양·블라인드, 광선반</li> <li>자연환기/외기냉방</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>고효율 열원설비</li> <li>빙축열시스템</li> <li>하이브리드 환기</li> <li>폐열회수 시스템</li> <li>쿨튜브(Cool Tube)</li> <li>LED조명</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>열원설비/펌프 대수제어</li> <li>조명/전력 자동제어</li> <li>건물에너지관리시스템</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>태양광 발전(PV)</li> <li>풍력 발전</li> <li>지열 냉난방</li> </ul>

### 에너지 절감과 쾌적성 확보를 동시에 달성하는 '건축적 기술'

'녹색건축 요소기술' 중 건축적 기술에는 기후와 대지조건에 맞게 건물 배치와 형태 및 재질, 구조, 공간구성을 통해 건물에서 요구되는 부하량을 줄이는 기술이 포함된다. 만약 건축적 기술이 적절히 적용되지 못하면 요구 부하량이 증가해 에너지 절감이 곤란하며, 일단 건물 디자인을 결정해 시공이 완료된 후에는 추후 변경이 곤란하다는 점에서 '녹색건축 요소기술' 중에서도 건축적 기술의 중요성이 크다. 건축적 기술에는 고성능단열 및 기밀, 옥상녹화 및 쿨루프, 고성능창호, 자연채광, 차양·블라인드, 자연환기 및 외기냉방 등을 비롯한 다양한 종류가 있으며, 자연환경 및 건축요소를 효과적으로 활용하여 에너지 절감과 쾌적성 확보를 동시에 달성하는 것을 목표로 적용된다.

고성능단열은 건물에서 겨울철 난방열 또는 여름철 냉기(에어컨 등)의 손실을 막기 위한 기술로서, 추운 겨울철 실외에서 사람이 두꺼운 외투를 입고 온기를 유지하는 것과 동일한 맥락이다. 고성능 단열재는 일반 단열재에 비해 전도, 대류, 복사에 따른 열전달의 차단 성능을 크게 높인 제품이다. 특히, 진공단열재의 경우 내부를 진공으로 유지하여 얇은 두께로도 높은 단열 성능을 나타낸다. 단열과 더불어 기밀성은 건물의 요구 부하량 절감을 위한 중요한 요소이며, 밀실한 기밀 시공 및 품질관리를 통해 높은 수준의 기밀성을 확보해야 한다.

건물의 단열성능을 더 높일 수 있는 방법에는 옥상녹화 및 쿨루프 기술이 있다. 옥상녹화는 옥상에 식물을 심어 녹화함으로써 단열성과 경관을 향상시키는 이점이 있고, 쿨루프는 햇빛과 태양열에 대한 반사 및 방사효과가 높은 밝은색 도료를 건물 지붕에 칠해 적은 비용으로 여름철 일사 열 획득을 저감시키는 이점을 가진다. 특히, 쿨루프는 비용이 저렴하고 시공방법이 간단하여 적용이 용이하며 대규모로 진행된다면 도시 열섬효과의 감소를 기대할 수도 있다.



▶ 고성능 단열재(좌), 옥상녹화(중), 고성능창호(우)

**자연환경의 효율적 활용을 위한 방안**

건물 요구 부하량 절감만을 고려하여 공간이 대부분 벽체로 막혀 있다면 신선한 외부공기와 햇살 및 외부전망을 실내로 들여올 수 없다. 때문에 창호는 건물에 있어 필수적인 요소인데, 창호를 구성하는 유리창과 프레임은 열전도율이 대체로 높으므로 창 면적이 넓은 건물은 에너지 손실이 많이 발생한다. 이와 같은 상황에서 단열 및 기밀성능을 높인 고성능창호 기술이 효과적이는데, 예를 들면 진공복층유리, 삼중유리, 로이유리 등이 있다.

진공복층유리는 두 장의 유리 사이를 진공상태로 제작한 것이고, 삼중유리는 3장의 유리를 겹쳐 열전도율을 낮춘 제품이다. 또한, 로이유리는 유리 표면에 금속산화물 등을 얇게 코팅한 것으로, 창을 통한 열 출입을 감소시켜 에너지 절감에 기여한다.

쾌적한 실내공간 조성을 위해 자연환경을 적극적으로 이용할 수 있는데, 자연채광 기술도 그 중 하나로서 햇빛을 건물 안으로 들여서 인공조명으로는 충족하기 어려운 시각적 쾌적성을 제공한다. 하지만, 자연채광을 그대로 받아들이는 경우 특히 여름철에는 창을 통해 상당량의 일사열이 실내로 유입되어 냉방부하가 높아지며 과도한 태양광이 눈부심을 일으키는 등의 단점이 있다.

자연광의 시각적 쾌적성은 취하는 한편 원치 않는 일사열의 실내유입을 막는 방법은 없을까? 차양 및 블라인드, 그리고 광선반은 일사의 유입 및 차단율 조절할 수 있어서 이에 대한 대안이 될 수 있다. 차양 및 블라인드는 일사의 빛과 열을 적절히 차단하여 실내로의 과도한 유입을 막는 기술이며, 광선반은 창을 통해 입사되는 자연광을 광선반 상부면과 실내 천장면에 차례로 반사시켜 햇빛이 잘 들어오기 어려운 실내의 안쪽 부분까지도 자연채광을 도입시키는 기술이다.

자연환기 및 외기냉방도 자연환경을 이용하는 기술이다. 자연환기는 신선한 공기를 실내로 유입해 실내공기질을 쾌적하게 유지하게 하는 한편 재실자에게 개방감도 제공할 수 있으며, 외기냉방은 적정한 조건의 외기를 냉방에 활용하여 냉방부하 저감 및 환기 효과를 달성한다. 하지만, 자연환기의 경우 건물 환기시 자연적인 구동력이 부족하기 쉽고 실내외 공기가 교환되면서 열손실이 발생한다는 단점이 있는데, 추후 설명할 설비적 기술 중 하이브리드 환기와 폐열 회수 시스템은 이를 보완한다.



▶ 자연채광(좌), 외부 블라인드(중), 자연환기(우)

### 설비적 기술에서 필수적인 고효율 열원설비

위에서 살펴 본 건축적 기술을 통해 건물의 요구 부하량을 상당부분 낮춘다 하더라도, 여전히 건물에서는 냉난방 및 환기, 조명 등 사용자의 쾌적을 위한 다양한 부문에서 에너지가 필요하다. '녹색건축 요소기술' 중 설비적 기술에는 건물의 기계설비를 활용하여 건물에서 요구되는 에너지를 높은 효율로 공급하거나 에너지 손실을 줄이는 기술이 포함된다. 설비적 기술은 고효율 열원설비, 빙축열시스템, 하이브리드 환기, 폐열회수 시스템, 쿨튜브(Cool Tube), LED 조명 등을 예로 들 수 있으며, 이들은 에너지 사용량 및 비용의 절감을 추구한다.

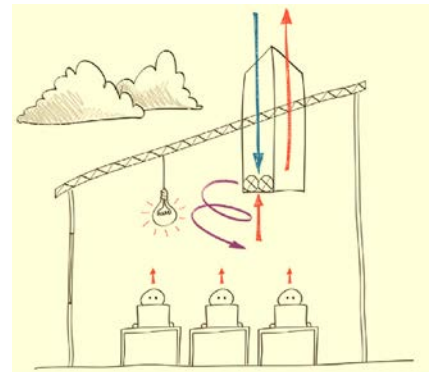
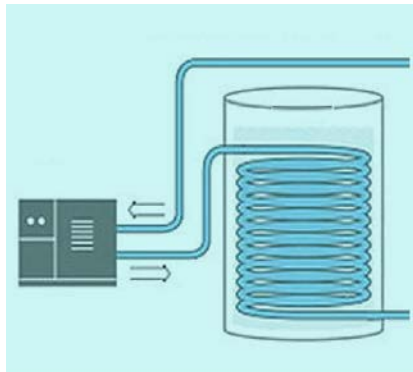
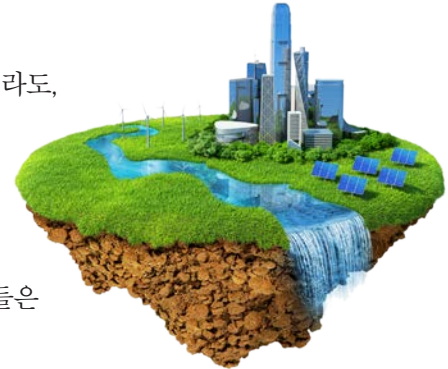
고효율 열원설비는 녹색건축물 구현을 위한 설비적 기술에 있어서 가장 많이 사용되는 기술 중 하나이며, 건물을 신축하는 경우뿐만 아니라 기존 건축물의 에너지 리모델링 시에도 열원설비의 효율 개선은 필수적인 사항이다. 기존의 열원설비가 노후된 경우에는 고효율 열원설비로 교체하면 기존에 비해 에너지 손실을 많이 줄일 수 있으며, 반송·공조·환기 설비에 있어서도 고효율설비의 사용이 에너지 절감에 효과적이다.

열원설비에서의 에너지 절감 기술의 또 다른 예로서 빙축열 시스템이 있다. 빙축열 시스템은 전력요금에 저렴한 심야시간대에 냉동기로 물을 얼려서 축열조에 저장했다가 주간냉방에 활용하는 방식이다. 빙축열 시스템을 통해 전력 사용시간을 심야로 옮김으로써 주간시간대의 피크부하 감소 효과가 있으며, 빙축열조는 얼음의 동결잠열을 활용하므로 수축열조에 비해 설치공간이 적다.

다음으로, 하이브리드 환기 기술은 자연적인 구동력(자연환기)과 기계적인 구동력(기계환기)을 통합해 에너지 소비를 최소화하면서 적정 환기량을 확보하도록 하는 기술이다. 자연환기에서 환기의 구동력은 불충분하거나 수시로 변동하는 특징이 있는데, 하이브리드 환기 기술은 이러한 자연환기의 한계에 대해 기계적 구동력으로 보완하여 적정 환기량을 확보하고자 하는 목적으로 검토된다.

### 쾌적성 확보하는 에너지 절감 시스템

실내공기의 쾌적성 확보를 위해 일정량의 환기는 필수적이지만, 환기는 실내외 공기가 교환되는 과정인 만큼 환기시에는 실내의 난방열 및 냉기가 외부로 손실될 수밖에 없다. 그렇다면



▶ 고효율 열원설비(좌), 빙축열시스템(중), 하이브리드 환기(우)

실내의 오염된 공기를 배출하면서도 열손실을 줄일 수 있는 방법을 강구하게 되는데, 폐열회수 시스템은 이에 대한 대응책이 된다. 폐열회수 시스템은 실내에서 배출하는 오염된 공기가 포함된 열을 열교환기에서 회수하여 외부로부터 유입되는 공기에 재공급함으로써 냉난방에너지를 절감한다.

외부공기의 실내 유입시 에너지를 절감할 수 있는 또 다른 기술로서 쿨튜브가 있다. 지중 온도는 연평균 거의 일정한 특성이 있으므로 여름철에는 지중온도가 외기온도보다 낮는데, 쿨튜브는 이 특성을 이용한 것으로서 실외공기를 땅 속에 매설한 관대로 통과시켜 온도를 낮춰 실내로 공급하는 기술이다. 관내 공기 이동시 자연대류만을 이용하는 경우 패시브 기술로 간주되지만 통상 공기 이동의 구동력을 높이기 위해 송풍기를 활용하는 경우에는 설비적 기술로 볼 수 있다.

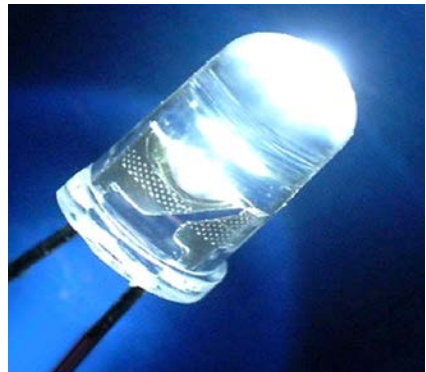
건물에서 업무 등 활동을 위해서는 항상 일정한 조도의 빛을 제공해주는 인공조명이 필요한데, 조명도 또한 건물 에너지 소비량의 큰 부분을 차지한다. 최근에는 LED조명 기술이 많이 발전하고 대중화되어 조명에 쓰이는 에너지 소비량을 상당부분 줄일 수 있게 되었다. 특히, LED 조명 교체에 대한 비용이 당장 없더라도 에스코(ESCO)사업을 통해 투자비를 지원받고 LED조명으로 교체한 이후 전기료 절감액으로 투자비를 상환하는 방법도 있다.

**에너지 효율화 위한 소프트웨어 부분 ‘제어 및 에너지관리 기술’**

에너지 절감에 있어 앞에서 살펴 본 냉난방·공조·환기설비 등 하드웨어적인 부분도 중요하지만 소프트웨어적인 부분인 제어·에너지관리 등도 매우 중요하다. 아무리 에너지 성능이 우수한 설비를 적용해도 비효율적으로 운전하면 에너지가 낭비된다. 효율적 에너지 사용을 위한 제어·에너지관리 기술에는 열원설비 및 펌프의 대수제어, 조명 및 전력의 자동제어, 건물에너지관리시스템 등이 있다.

열원설비 및 펌프에 대수제어 방식을 적용하면 냉난방 부분 에너지 절감에 효과적이다. 대수제어란 열원설비나 펌프 등을 복수대 설치하고, 부하의 변동에 따라 그 운전 대수를 바꾸는 제어 방식을 말한다. 큰 규모의 건물은 특히 각 시점마다 요구되는 부하량이 큰 폭으로 변동할 수도 있는데, 대수 제어를 적용하면 필요한 수만큼의 설비만 점차적으로 가동하므로 에너지 절감 효과가 크다.

조명 및 전력의 자동제어 기술을 통해 건물 사용패턴에 따라 조명과 전력을 제어하고 관리하



▶ 폐열회수 시스템(좌), 쿨튜브(중), LED조명(우)

면 에너지 절감 효과를 얻을 수 있다. 화장실, 복도, 계단 등 일시적으로만 사용하는 공간에 대해서는 출입에 따른 자동 점소등을 적용한다거나, 공용구역에서는 사람의 수를 헤아려 전원을 제어하는 방식의 자동절전을 적용하면 에너지 절감에 효과적일 것이다.

제어 및 에너지관리 기술과 관련하여 보다 더 통합적으로 접근한 것은 건물에너지관리시스템이다. BEMS(Building Energy Managemet System)라고 지칭하기도 하는데, 빌딩 내 에너지 관리 설비의 다양한 정보를 실시간 수집·분석해 에너지 사용 효율을 개선하는 시스템이다. BEMS가 관리해 주는 항목에는 에너지사용량·설비운전 현황·실내환경 및 탄소배출량 등이 포함된다.

### 제로에너지 목표 달성 '신재생에너지 활용기술'

이제까지 언급한 기술들은 에너지 사용량을 줄이는 방법인데, 에너지를 전혀 사용하지 않는 방법은 없을까? 신재생에너지 활용기술은 마이너스의 크기를 줄여보자는 고민을 넘어서 새로운 플러스를 만들어 냄으로써 제로에너지 목표 달성을 가능하게 한다. 신재생에너지는 신에너지와 재생에너지를 통합하여 지칭하는 것이며, 대표적으로는 태양에너지, 풍력, 지열 등을 예로 들 수 있다.

태양에너지, 풍력, 지열 등 재생가능한 자원 그 자체는 무공해, 무한정, 무료이지만, 이러한 자연자원을 건물에서 활용하기 위해 발전 및 반송 설비를 시공하려면 초기투자비용이 많이 들 뿐만 아니라 비용의 회수기간이 상당히 길다. 그럼에도 불구하고 한번 시공한 이후에는 유지비의 부담이 없이 지속적으로 에너지를 획득할 수 있으며 탄소를 배출하지 않는다는 매력 때문에 경제성을 높이기 위한 연구개발이 계속해서 진행되고 있는 분야이다. 향후 시공비용이 줄어들고 에너지 생산 효율이 높아져 비용 회수기간이 줄어든다면 녹색건축에도 보다 널리 활용될 수 있을 것이다.

### 녹색건축의 확산을 기대하며

이상에서 개략적으로 살펴보았듯이 녹색건축물을 구현하기 위한 '녹색건축 요소기술'은 알고 보면 생활 속에서 친숙하게 접할 수 있는 경험과 맞닿아 있다. '녹색건축'이라는 분야는 우리 삶의 공간인 집과 건물을 통해 건강하고 쾌적하면서도 환경과 조화롭게 살아가기 위한 고민에서 시작되었기 때문일 것이다. 건축적 기술, 설비적 기술, 제어 및 에너지관리 기술, 신재생에너지 활용기술 등 '녹색건축 요소기술' 관련 용어 자체는 비전문자에게 생소할지 모르나 그 안에 담긴 개념을 살펴보면 우리가 대부분의 시간을 보내고 있는 공간을 더 건강하고 행복하게 하기 위한 것인 만큼, 모든 대중들이 함께 공유하고 활용하면 좋을 유익한 내용이라고 본다.

전 세계적으로 지속가능한 미래에 대해 고민하고 있는 흐름 속에서, 국내에서도 환경과 건축에서 '녹색'을 생각하는 크고 작은 인식의 변화가 일어나고 있다. 기존에는 건물의 경제적 가치와 비용 효율성에 많은 비중을 두었으나, 점차 건강과 행복 그리고 지속가능성의 가치에도 시선을 돌리기 시작하는 최근의 변화는 희망적이다. 많은 사람들이 '녹색건축'이라는 용어에 대해 인식하는 차원에서 더 나아가 조금씩 더 관심을 가지고 알아가며 내 집과 우리 마을부터 '녹색건축'이 구현되고 향후에는 건강하고 지속가능한 공간이 국가 전체적으로 확산되어 가는 미래를 기대해 본다. **ST**