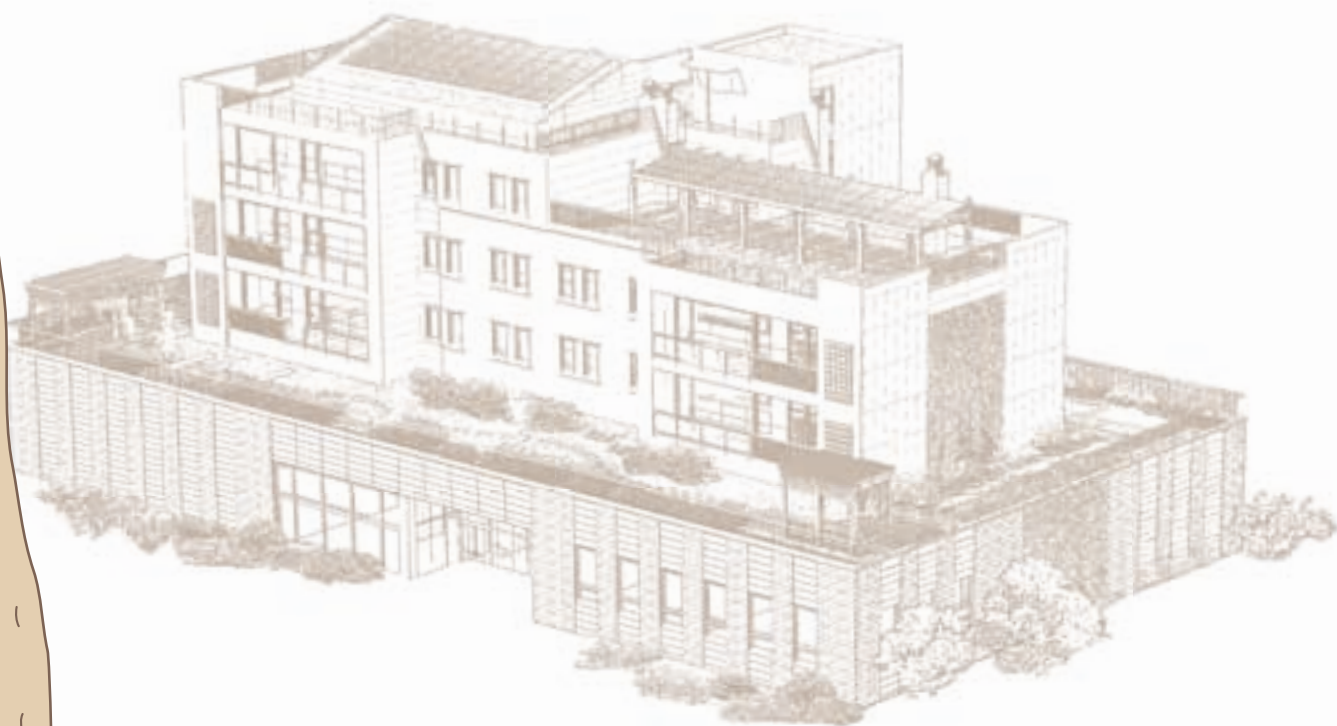




green home^{plus}

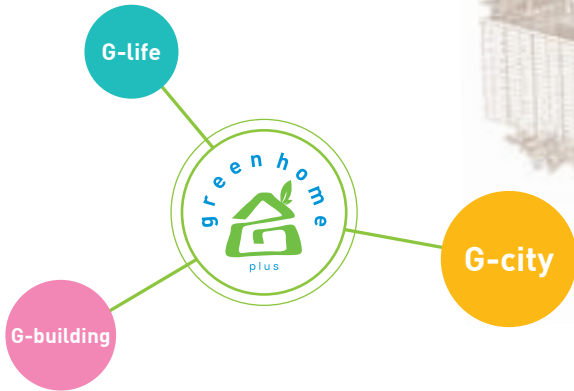
2010 **MAY** / Newsletter_특집호



저에너지 친환경 공동주택 연구단
Center for Sustainable Housing



‘저탄소 녹색성장’으로 새롭게 태어나는
대한민국 친환경 표준주택



국토해양부 R&D <저에너지 친환경 공동주택 기술개발>



(지원기관)



(건설교통 R&D 전문기관)



[저에너지 친환경 공동주택 연구단]

저에너지 친환경 공동주택 연구단
(Center for Sustainable Housing)

저에너지 친환경 공동주택 기술개발
(연구기간: 2006.9.29~2011.6.29)

연구과제 종료 후 연구센터 운영계획

저에너지 친환경 미래주택 모델

지속적인 연구개발과 검증된 결과의 홍보, 교육을 통한 기술
확산 세계시장 진출 기반 확보



Toward World Market

Research & Development
Exhibition & Education



green home^{plus}

2010 **MAY** / Newsletter_특집호

04 권두언: '저탄소 녹색성장'을 추구하는 저에너지 친환경 공동주택 연구단

06 소개: 저에너지 친환경 공동주택 연구단의 역할과 비전

08 축사: 국토해양부 장관

11 요소기술



61

통합기술

DESIGN

CONSTRUCTION

EVALUATION

87

정책

POLICY

96

연구단 주요소식

104

연구단 조직도





- 권 두 언 -

green home^{plus}

이 승 복 | 연세대학교 건축공학과 교수 | 연구단장 | sbleigh@yonsei.ac.kr

‘저탄소 녹색성장’을 추구하는 ‘저에너지 친환경 공동주택 연구단’

국토해양부 및 건설교통기술평가원에서 지원하고 있는 <저에너지 친환경 공동주택 기술개발> 연구는 건축 분야에서 기후변화에 대응하기 위하여 표준주택 대비 40~55%의 에너지 절감이 가능한 공동주택 모형의 개발을 목표로 2006년 9월에 출범하였다. 그러던 중 2008년 8월 정부에서는 ‘저탄소 녹색성장’이라는 새로운 국정목표를 설정하고, 향후 환경의 위기를 지혜롭게 극복하면서 지속적인 경제성장을 통하여 앞으로 인류가 나아갈 방향을 제시하였다.

이후 ‘저탄소 녹색성장’은 청와대를 비롯한 정부의 각 부처는 물론 각종 학회를 비롯한 관련단체, 그리고 민간기업과 개인에까지 이르는 국민 모두의 화두가 되었다. 연일 ‘친환경, 그린에너지, 녹색성장’ 관련 세미나와 포럼이 개최되고 있으며, 이는 각 분야의 전문가들을 포함한 전 국민들의 관심을 끌기에 충분했다.

지난 인류의 문명사를 되돌아보고, 장차 인류의 지속가능한 미래를 생각한다면 ‘저탄소 녹색성장’을 위한 친환경 녹색기술을 통하여, 새로운 성장동력을 추구하는 것은 분명 올바른 방향 설정이라고 판단된다. 그럼에도 불구하고 ‘저탄소 녹색성장’의 국정목표가 대한민국은 물론 인류의 미래를 책임질 수 있는 새로운 문명사의 첫 출발이 되기 위해서는 몇가지 관점에서 검토가 필요하다.

첫째, ‘저탄소 녹색성장’의 구체적인 목표의 설정과 체계적 접근이 요구된다. 현재 기후변화의 핵심은 CO₂ 발생이며, 이는 화석연료 시대의 불가피한 산물이다. 따라서, 새로운 에너지 시대를 열어가는 국가가 미래 사회의 주인공이 될 것이라고 말하고 있다. 현재 우리나라의 건물분야 에너지 소비 비중은 약 1/4에 달하나 미국은 이미 1/3을 넘어서고 있으며, 영국에서는 1/2에 이른다. 따라서, 우리의 경제모델이 선진국형 모델로 진화하면 할수록 건물분야에서의 에너지 소비 비중은 점차 증가할 것으로 예상된다. 녹색혁명을 주도하고 있는 영국에서는 이미 2016년부터 ‘제로에너지 주택’을 의무화하는 정책을 발표하였다. 지난 2009년 11월 우리나라에서도 오는 2020년까지 추정치의 30%에 해당하는 <온실가스 감축목표>를 설정·발표하였다. 따라서 이를 구체적으로 실천할 수 있는 건축물의 단계별 성능기준 강화가 수반되어야 한다.



둘째, 전문인력의 저변 확대이다. '저탄소

녹색성장'을 주도하는 것은 다름아닌 바로 사람이다. 에너지, 친환경·생태, 건축·도시 분야에 실질적으로 '친환경 건축'을 구현할 수 있는 인력양성과 이들의 저변확대가 이루어질 때 비로소 건축분야에서의 '저탄소 녹색성장'을 실현할 수 있다. 지난 10년 동안 에너지·환경 분야에서 다소 소홀하였던 미국에서 최근 'AIA Action Plan 2030'이나 '친환경 건축 시장에 대한 USGBC의 보고서' 등을 내놓은 것을 보더라도, 건축물의 설계·시공·운영 등 전과정에 걸친 전문인력의 저변확대가 매우 시급함을 알 수 있다. 최근 국토해양부에서는 건축설계 및 엔지니어링 분야에서 친환경 건축과 관련한 교육 프로그램을 출범시킨 바 있으며, 이를 통한 친환경 건축분야의 전문인력 양성은 그 의미가 매우 크다 할 수 있다.

셋째, 열정과 의지를 가지고 친환경 건축의 진정성을 추구하여야 한다. 이제 우리 건축전문인들의 나아갈 길은 '친환경 건축'이다. 모든 사회·경제적 여건이 여기에 맞추어지고 있다. 그럼에도 불구하고 '친환경 건축' 추구의 진정성이 없이 개인이나 집단의 기회로만 여긴다면 향후 사회적 책임으로부터 자유롭지 못할 것이다. '저에너지 친환경 공동주택 연구단'에서는 연구의 성과물로서 오는 2025년까지 단계적으로 '제로에너지 주택'을 현실화하기 위한 성능목표에 부합할 수 있는 실험주택을 구축하였다. 이제 실증실험 및 교육과 홍보, 그리고 이를 국토해양부 및 각종 지방자치단체의 정책으로 반영시킴으로써 최종적인 연구의 목표를 성공적으로 마무리함은 물론 장차 지속가능한 발전과 성장을 도모하는데 실질적으로 기여해야 할 것이다. ⑥

역할과 비전

저에너지 친환경 공동주택 연구단

Center for Sustainable Housing

저자 | 김지영 연구원 jjiyoeng@yonsei.ac.kr



2006년 9월 저에너지 친환경 공동주택 연구단이 출범했다. 2005년 연구과제 기획부터 시작해서 거의 1년 간의 준비 끝에 시작된 연구였다. 300여명의 연구진들과 함께 연구를 준비하면서 가장 중요하게 생각했던 것은 통합적 연구 체계의 구성과 장기적 비전이었다. 이전까지 연구개발이라고 하면 과학기술적 연구개발로 핵심적 기술 요소의 개발에 초점이 맞춰져 있었다. 그러나 건축분야의 연구개발은 과학기술분야와는 조금 다른 성격이 요구된다. 건축분야의 기술이 여러 분야의 공학적 기술들과 이를 통합하는 창의적 디자인 기술을 요하고 인간 삶에 대한 영향력이 크기 때문에 시장 적용을 위한 평가와 정책적 지원 기술 개발의 핵심 요소로 인식할 수 있어야 한다.

이러한 이유로 연구단은 3개의 세부과제를 갖도록 구성되었다. 제 1세부과제는 기존의 연구개발 체계와 같은 핵심 요소기술의 개발이다. 그러나 5년 동안의 연구수행기간 동안 각 기술의 완성보다는 전반기 2년 동안의 집중 개발 기간을 통해 개발된 기술을 후반기 통합 기술 개발에 적용시켜 여러 가지 기술이 통합된 모델에서 그 성능을 검증하도록 하는 것이 연구개발의 핵심적인 목표로 설정되었다. 제 2세부과제는 기술 요소들의 통합 설계 기술과 시공 기술을 통해 실제 통합 모델을 구축하고 이를 평가하는 기술로 이루어져 있다. 2세부과제의 통합 기술 분야는 국내에서는 아직 활발하게 행해지지 않고 있는 통합설계(Integrated Design) 개념을 도입한 것으로 1세부과제의 각 분야 기술 전문가들이 설계 과정에 참여하고 설계팀은 여러 가지 설계에 따르는 제약 요건을 고려하면서 이러한 기술들을 통합하여 각 모델의 목표를 달성할 수 있도록 하는 역할을 수행했다. 설계 과정에서 실제 시공을 담당한 연구팀의 역할도 중요하게 작용한다. 각 기술의

실제 적용 가능성을 판단하고 시공 과정에서 발생할 수 있는 문제점을 미리 지적하여 해결방법을 찾는 역할을 담당했다. 일반 건물의 구축 과정이었다면 설계와 시공으로 완료되었겠지만 실험적 모델을 구축하는 연구로 수행되었기 때문에 각 모델별, 각 기술별 성능을 검증할 수 있는 실험과 상시 모니터링, 이를 통합하는 평가 기술의 개발 또한 2세부과제의 핵심 연구 분야로 구성되었다. 마지막 제 3세부과제는 앞서 언급했던 것처럼 정책적 지원기술의 개발로 구성되었다. 건설시장, 특히 주택시장은 정책적 영향력이 큰 비중을 차지한다. 여기에 더해 연구의 주제로 삼은 “저에너지 친환경” 즉, 환경 문제는 정책적 지원 없이는 해결이 쉽지 않다. 또한 탄소 배출 저감이라는 국제적 책임의 이행은 장기적인 목표와 액션 플랜을 가지고 행해져야 하기 때문에 정책 개발이 연구단의 중요한 핵심 과제로 선정되었다.

이렇게 시작된 연구단의 5년간의 연구는 현재 4차년도가 끝나는 시점에 와 있다. 핵심 요소기술을 개발하고, 처음에 계획한 40% 에너지 절감 모델에 더해 장기적 모델을 제시하기 위한 60%, 80%, 100%의 냉·난방 에너지 절감 통합모델과 성능 비교를 위한 Base 모델을 포함한 5개의 테스트 베드가 실제로 구축되어 이제는 그 성능을 모니터링하고 검증하는 과정만을 남겨두고 있다.

연구를 진행하는 동안 주변 환경 또한 크게 변화하였다. 특히 2008년 8월 정부가 “저탄소 녹색성장”을 국가적 발전 전략으로 발표했을 때 “그린홈”이라는 이름으로 저에너지 친환경 주택의 중요성이 언급되기 시작했다. 2009년 10월에는 20세대 이상의 신축 공동주택은 친환경 주택으로 짓도록 하는 법규가 제정되었다. 대중들의 인식도 달라지고 있다. 연구단에서 2006년 1차년도 연구를 시작하고 시행했던 설문조사에서 ‘저에너지 친환경 공동주택’에 대해 잘 알고 있다는 3.6%, 이름은 들어본 것 같다가 36.5%, 전혀 들어본 적 없다고 응답한 응답자가 59.8%로 나타났었다. 2009년 4차년도 연구 수행 과정에서 실시한 설문조사 결과에는 잘 알고 있다는 9.6%, 이름은 들어본 것 같다가 65.2%, 전혀 들어본 적 없다고 응답한 응답자가 25.2%로 나타났다. 3년 사이에 긍정적인 답변을 한 응답자가 40.1%에서 74.8%로 증가한 것이다. 그 동안 지구 온난화 문제가 대중에 공유되고 정부의 정책적 움직임이 관심의 대상이 되고 있다는 하나의 증거가 되지 않을까 한다.

정부의 정책도 변화하고 있으며 국민들 또한 변화하고 있다. 세계의 선진국들은 훨씬 더 빨리 변화하고 있지만 지구는 어쩌면 변화를 기다리지 못하고 그보다 더 빨리 나빠지고 있는지도 모른다. 우리는 아직 출발선에서 한 걸음 정도를 내딛은 정도이다. 연구단에서 제시한 4개의 저에너지 친환경 공동주택 통합모델들이 이 긴 여정에서 어느 정도 가이드가 되지 않을까 한다. 현재 존재하는 기술을 사용해 구축된 모델이지만 앞으로 우리가 가야할 방향을 제시하고 있으며 말로만 듣고 막막해 했던 사람들에게 실체를 보여줌으로써 그 실현 가능성에 확신을 가지고 추진할 수 있도록 하는 것이 제시된 모델의 역할이라 할 수 있다.

친환경 주택 산업의 활성화는 기술적·경제적 효과뿐만 아니라 사회적·교육적 효과도 기대할 수 있다. “집”이라는 공간의 교육적 효과는 “학교”와 비교해 결코 덜하다고 말할 수 없다. 또한 모든 국민의 관심사 이기에 “친환경”에 대한 대중적 인식을 확보하는데 굉장히 효과적인 대상이라 할 수 있다. 주택에서 시작된 관심은 학교나 직장 등의 일반 건물로 확대될 수 있으며 도시 또한 그 확대 선상에 있다고 볼 수 있다. 이렇게 축적된 기술적·정책적 노하우는 국제 시장에서도 경쟁력을 가질 수 있을 것이다.

장기적 정책 목표와 건설시장의 확대, 교육 등의 사회적 효과 등의 장기적 비전을 가지고 있었기 때문에 연구단의 연구가 하나의 방향을 가지고 지금까지 수행되어 오지 않았나 생각한다. 연구단에서는 남은 1년 남짓한 연구기간 동안 기술별 성능 실험과 통합 성능실험, 상시 모니터링을 통해 각 모델의 성능을 검증하는 계획을 가지고 있다. 또한 각 모델에 대한 가이드라인을 작성해 국토해양부의 중장기적 친환경 주택 정책을 지원하고 적극적인 홍보활동을 통해 저에너지 친환경 주택에 대한 인식을 확대해 나가려 한다. 연구단의 이러한 노력들이 국민들에게는 쾌적한 삶으로, 건설산업에는 시장 활성화로, 국가적으로는 탄소 배출량 감축으로 모두가 win-win 하는 기회를 만들어 나갈 수 있을 것이라 생각한다. ⑥

친환경 주택 정책의 미래



「저에너지 친환경 공동주택의 표준주택: green home^{plus}」의 개관을 진심으로 축하드립니다.

최근 세계적 추세는 다양한 분야에서 저탄소 녹색성장이라는 새로운 패러다임을 주도하기 위해 많은 변화가 일어나고 있습니다.



건물분야는 총에너지 소비량의 24%를 차지하고 있으며, 주택이 건물의 54%에 달하는 상황에서 주택부문은 저탄소 녹색성장을 선도하는 중요한 역할을 해야 할 분야입니다.

이를 위해 건축·건설업계는 고성능·고효율 단열 및 창호 등의 녹색 건축기술을 지속적으로 개발하고 있으며, 설계 및 시공단계부터 녹색건물, 녹색도시로 발전하는 모델을 만들어 가고 있습니다.

정부도 주택분야가 선도하는 역할을 할 수 있도록 저에너지 친환경 공동주택 요소기술의 개발 및 친환경 주택 “그린홈” 건설 등을 적극적으로 지원하고 있습니다.

지나해 10월부터 ‘친환경주택 건설기준’을 마련하여 모든 주택을 그린홈으로 건설토록 하였고, 모든 공동주택에 대한 에너지절약 계획서 제출 의무화, 그린홈에 대한 취·등록세 감면 등 지원을 아끼지 않고 있습니다.

정부는 단계적으로 에너지를 절감하여 2025년까지 제로에너지 주택을 건설을 목표로 하고 있습니다.

이러한 정부의 시책에 발맞추어 「green home^{plus}」에는 에너지 40%저감 공동주택 모델인 ‘’부터 제로에너지 공동주택 ‘’을 제시하였습니다. 이를 통해 우리는 녹색성장시대 친환경 공동주택의 청사진을 미리 보여 드릴 수 있는 기회를 갖게 되었습니다.

향후 「green home^{plus}」가 저에너지 친환경 주택 교육·홍보관으로서, 미래 주택산업을 주도할 녹색 건설기술을 소개하고, 관련 산업 발전에 기여할 수 있기를 바랍니다. 여러분의 많은 관심을 통해 건축·건설 산업이 저탄소 녹색성장을 선도하는 계기가 만들어 지기를 바랍니다.

「green home^{plus}」의 성공적인 개관을 거듭 축하드립니다. 감사합니다.

2010년 5월 26일

국토해양부 장관 정종환





요소기술

SITE

- 도시의 녹화_ 12
- 다목적 분산형 빗물관리 시스템_ 16
- 물의 재생_ 19
- 열섬현상저감을 위한 외부환경계획_ 22

BUILDING

- Life-Cycle과 주택의 가변성_ 26
- 가변형 벽체시스템의 실현방안_ 30
- 열교방지를 위한 공동주택 외단열 시스템_ 33
- 저에너지 주택의 에너지 효율적 창호 시스템_ 36
- 친환경 기능성 건축자재의 적용기술_ 39

SYSTEM

- 환경친화적 주거건물을 위한 에너지 절약적 냉방 시스템_ 42
- 인공지능 제어로 인한 효과적인 온돌난방 시스템_ 47
- 저에너지 친환경 공동주택 환기기술개발_ 50
- 공동주택과 신재생 에너지_ 52
- 도시의 미활용, 지열 에너지_ 56

SITE : Green

도시의 녹화

한국건설기술연구원
연구원 **장대희**
zzan1113@kict.re.kr



산업발달에 따른 도시공간의 수요 증대와 가용공간의 부족 문제를 해결하기 위한 자연녹지의 훼손이 심각한 사회문제로 대두되고 있는 현실과 개발공간이 기후에 미치는 영향이 부각되면서 이를 해소할 대안의 하나로서 도시 내 녹지공간의 확보는 새로운 기술적 가능성과 신규 건설시장으로 주목받고 있다. 과거 도시의 생태적 문제는 가장 먼저 환경오염에 대한 인식에서 출발했으며, 대기오염, 수질오염, 토양오염 등에 대한 정량적인 평가가 가능해 지면서 일반인의 의식 수준 또한 상대적으로 높아지고 있다. 또한 최근에는 도시 열섬현상, 열대야, 도시홍수와 같은 도시 기후변화에도 민감하게 반응하고 있으며, 환경오염이나 도시 기후변화는 결과적으로 자연이 인간에게 제공하던 생태적 기능의 상실로부터 기인함을 인지하게 되었다. 따라서 도심지 내 녹지의 확보는 도시의 생태적 기능 유지와 기후변화 대응을 위한 구체적 대안이란 관점에서 그 의미가 더욱 커지고 있다.

옥상녹화 및 벽면녹화 등을 통한 근접녹지 확보

도심지 환경에서 녹지의 존재여부는 생태적 순환체계의 확보와 같은 거창한 명제의 거론을 피하더라도 말할 수 없이 커다란 이득을 주는 공간이라는 것을 우리는 상식적인 수준에서 감지하고 있다. 최근의 고층 고밀화된 주거단지에서도 조경분야의 조성 수준에 따라 단지를 평가하는 사례가 나타나고 있으며, 녹지 조성 이 주택의 상품가치 선전 수단으로 이미 자리잡고 있는 것 또한 현실이다.

주거공간 주변에서 비오톱 확보 및 보존을 위한 노력은 지면의 식재 면적을 우선적으로 확대하는 방향으로 진행되고 있으며, 옥상이나 벽면, 발코니 녹화 등의 건축물 녹화는 유용한 보정녹지로 이용되고 있다. 특히 녹지 면적을 확보하기 어려운 도심지 내에서 옥상녹화 및 벽면녹화는 대체녹지로서 도심지 비오톱 연계의 중요한 구성요소가 되고 있다. 이는 궁극적으로 건축을 통해 손상되었던 토양 및 녹지의 기능과 경관을 보상할 수 있는, 실용적이면서도 현실적인 방법이라 할 수 있다.

[그림1] 독일 하노버 야생주거단지 옥상녹화 전경



[그림2] 일본 후카사와 환경공생주택 단지내 벽면녹화



생태적 인공지반녹화 등을 통한 녹지 및 보행 순환체계 도입

녹지 순환체계는 주거단지의 환경이 주변의 자연환경과 유기적으로 연계될 수 있도록, 도심 주변의 녹지면적을 늘리고 도시 외곽의 녹지와 효과적인 소통을 유도하는 방안이라 할 수 있다. 이를 위해서는 지상의 녹화면적을 최대한 늘리는 것이 기존의 가장 보편적인 방법이었다. 지금까지 한정된 대지 안에 차량동선 및 주차공간을 확보하기 위해서 중요한 생태적 가치를 지니고 있는 자연지반의 훼손이 공공연히 이루어졌으며, 인공지반의 녹화는 이를 개선하기 위한 효과적인 대안으로 활용되어 왔다.

그러나 기술적으로 해결해야 할 문제로서 인공지반에 조성되는 식재의 뿌리에 의한 하부 시설물의 손상을 방지하는 방근기술의 적용이나, 인공지반에 침투된 우수의 자연지반과의 연계를 통한 침투시설 조성기술 등이 있다. 현재 이러한 문제점에 대하여 아무런 기술적 대응이 이루어지지 못하고 있으며 인공지반 조성 기술에 대한 다양한 접근과 투자가 필요한 상황이다.

한편, 녹지 면적의 단순한 확대 뿐만 아니라 도시조경 설계 차원에서, 녹지공간의 적절한 배치 및 생태식재 기법을 활용한 녹지대의 조성은 자연지반 못지않은 생태적 기능의 확보에 일조할 수 있다. 따라서 주변지역

의 자연이 도심지 내부로 연결될 수 있도록 녹지의 위치 및 규모를 조절하는 설계 기법의 발전이 이루어져야 한다. 또한 인공지반 녹화를 통한 지상부의 보차분리와 보행 네트워크의 실현으로 도심지 거주자들에게 양질의 녹지공간과 다양하고 흥미로운 보행환경을 제공하는 역할을 감당할 수 있다.

[그림3] 일본 마쿠하리 베이타운 내 인공지반녹화



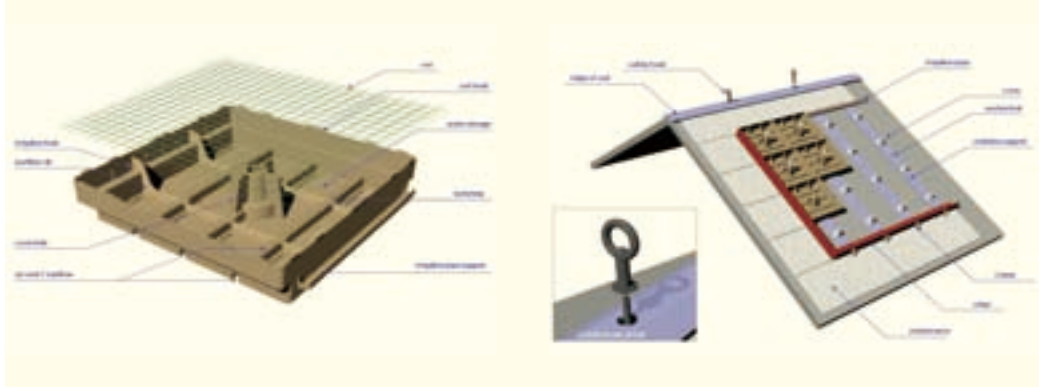
[그림4] 독일 Kronsberg 생태주거단지 외부녹지조성 단면



옥상녹화 신기술의 도입, 그리고 앞으로의 과제

기존의 도시조성 과정에서 상실된 자연의 생태적 순환 기능을 복원하기 위해 도시 및 건축 분야에서 다양한 생태적 건축기술의 적용이 시도되고 있으며, 건축물 녹화는 기술보급 단계를 점차 벗어나 시장 활성화 직전 단계에 이르렀다. 즉, 도입기를 거쳐 성장기로 전환 할 수 있는 모티브가 필요한 상황이다. 이를 위한 필수적인 요인은 적극적인 시민 참여의 유도과 교육, 홍보를 통한 인식의 저변확대와 이를 뒷받침해주는 안정화된 시스템 기술의 제공일 것이다.

[그림5] 유니트형 옥상녹화 시스템 구성 상세



[그림6] 유니트형 옥상녹화 시스템 적용 현장



도심지 내에서 생태적 순환체계 구축을 통한 토양의 생태적 기능 및 물순환 기능의 회복은 모든 생물의 생명활동을 가능하게 하는 서식지의 조성이라는 커다란 의미를 가진다. 그 서식지 안에 거주하는 우리도 자연의 일부인 동시에 우리가 사는 도시의 모습을 생태적으로 바꿀 수 있는 하나의 원동력이 되어야 한다. 이를 위해 도시민들이 주변에서 직접 관찰하고 체험할 수 있는 녹지공간의 확대는 지속되어야 하며, 특히 건축물 녹화 관련분야 기술기준의 마련과 업계의 적극적인 참여를 통한 관련 연구의 활성화, 지속적인 기술기준의 개정은 합리적인 정책 수행의 밑거름이 될 수 있을 것이다.

따라서 도심지 내 녹지공간의 확보 및 이를 통한 생태적 순환체계의 개선은 도시 비오톱의 복원 기반을 제공하고, 궁극적으로 생물 및 경관 다양성의 증진에 기여할 수 있는 현실적이며 효과적인 수단으로서 자리매김 할 수 있을 것으로 전망한다. ⑥

SITE : Water

다목적 분산형 빗물관리 시스템

서울대학교, 건설환경공학부
빗물연구센터장
교수 **한 무 영**
myhan@snu.ac.kr



서론

기존의 도시물관리시스템은 댐, 대규모 유수지 등과 같은 중앙 집중식 시설을 이용하여 도시구역 전체를 관리해왔다. 그러나 국지성 집중호우와 같은 이상기후의 발생과 도시화에 따른 불투수면 증가는 이러한 물관리시스템의 존속을 어렵게 한다. 게다가 각 물관리시스템은 단일 목적만을 수행하기 때문에, 복잡하고 복합적인 도시의 물 순환체계에 적합하지 못하다. 홍수대비를 위하여 조성한 빗물펌프장은 연중 가동되는 일이 거의 없으며, 가뭄에 저수지가 말라붙어 사람들이 고통받는 일은 흔한 일이다. 이러한 기존의 도시물관리시스템의 단점을 보완하기 위해 다목적 분산형 빗물관리시스템을 적용한다면 도시에서의 물관리를 보다 안전하게 할 수 있을 것이다.

[그림1] 다목적 분산형 빗물관리시스템



다목적 분산형 빗물관리시스템

다목적 분산형 빗물관리시스템[그림1]이란 중소규모의 빗물관리시설을 분산적으로 배치하여 유출저감 효과를 달성할 뿐만 아니라 빗물의 이용을 통한 물 절약 효과, 침투시설과의 연계를 통한 지하수위 상승 및 물 순환개선 효과를 동시에 얻을 수 있는 다목적 빗물 관리시설을 말한다.

빗물 저류 및 이용시설은 강우 시 집수면을 통하여 유출되는 빗물을 저류조에 저장하여 유출을 제어하거나, 빗물을 수자원으로 이용할 수 있다. 특히 저장된 빗물은 평소 화장실 용수나 정원수로 사용하며, 약간의 소독 처리 시 음용수로도 사용할 수 있다. 또한 빗물의 이용은 물 절약을 의미하며, 나아가 절약한 물의 양만큼 상수 생산 비용 및 에너지를 줄일 수 있다.

침투시설은 빗물의 토양층 내 유입을 증진시키는 시설로 정의되며, 특히 불투수면이 대부분인 도시 지역에서 침투를 통한 지하수위 상승을 기대할 수 있으며, 하천의 건천화 방지 등 물 순환에 긍정적인 영향을 미칠 것으로 사료된다. 아울러 강우 지속시간 및 강우 강도에 따라 상대적인 유출량 제어 효과도 함께 가지고 있다.

이러한 다목적 분산형 빗물 관리시스템의 서울대학교 버들골, 대학원기숙사, 공과대학 39동 건물, 서울시 광진구의 스타시티 등에서 적용되어 사용되고 있으며 수원시의 경우에는 도시 전체를 다목적 분산형 빗물 시설을 적용하는 Rain-City로 거듭나기 위해 준비 중에 있다.

[그림2] 빗물저류 및 이용시설



[그림3] 침투시설



결론

다목적 분산형 빗물관리 시스템은 기후변화에 대비한 적응방안으로 집중형 시설에 비하여 사업의 계획과 실행의 단계적 진행이 가능하고 신속한 실현이 가능하기 때문에 다른 어떤 방법보다 경쟁력이 있다. 또한, 국내는 물론 선진국에도 적용할 수 있으며, 저비용으로 양질의 음용수도 확보할 수 있어 아세안 지역의 물 문제들을 쉽게 해결할 수 있으며 기술수출, 컨설팅 등 다양한 방법으로 국가의 수익창출이 가능하다. 그리고 마지막으로 물관리 정책을 교두보로 하여 다른 여러 가지 파생 프로젝트를 창출하고 수주하는데 유리한 위치를 점할 수 있으며, 이를 통하여 대한민국의 국가적 브랜드를 높일 수 있을 것이다. ⑥

SITE : Water

물의 재생

연세대학교 토목환경공학과
교수 정연규
choung@yonsei.ac.kr



세계의 물 이용현황

20세기의 국제 간 분쟁 원인이 석유에 있었다면, 21세기의 분쟁원인은 물이 될 것이라고 예상되어지고 있다. 이러한 대규모 물 분쟁과 재난이 예상되는 것은 인구증가에 따른 물 사용량의 급증과 물 자원의 지역적 편재 때문이다. 즉, 1940년에 23억 명이던 세계인구가 1990년에는 53억 명으로 2배 이상 증가하였으며, 2025년에는 인구가 83억에 이를 것으로 추산하고 있다. 또한, UN의 국제인구행동연구소(PIA)에서는 현재와 같은 물 소비 행태가 바뀌지 않는 한 2025년에는 세계인구의 44%에 해당하는 약 25억 명이 물 부족 문제에 직면할 것으로 추정하고 있다.

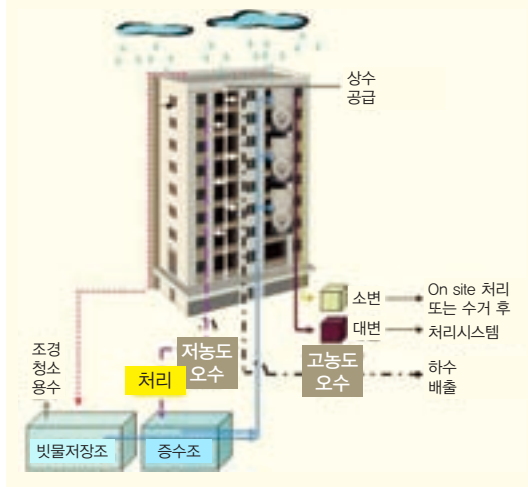
세계자원연구소(WRI)에서는 국민 1인당 연간 물이용 가능량 [그림2]이 1,667m³ 이하가 되면 물 부족국가(Water stress country)로, 1,000m³ 이하가 되면 물 기근국가(Water scarcity country)로 분류하고 있다.

친환경적 물의 재이용

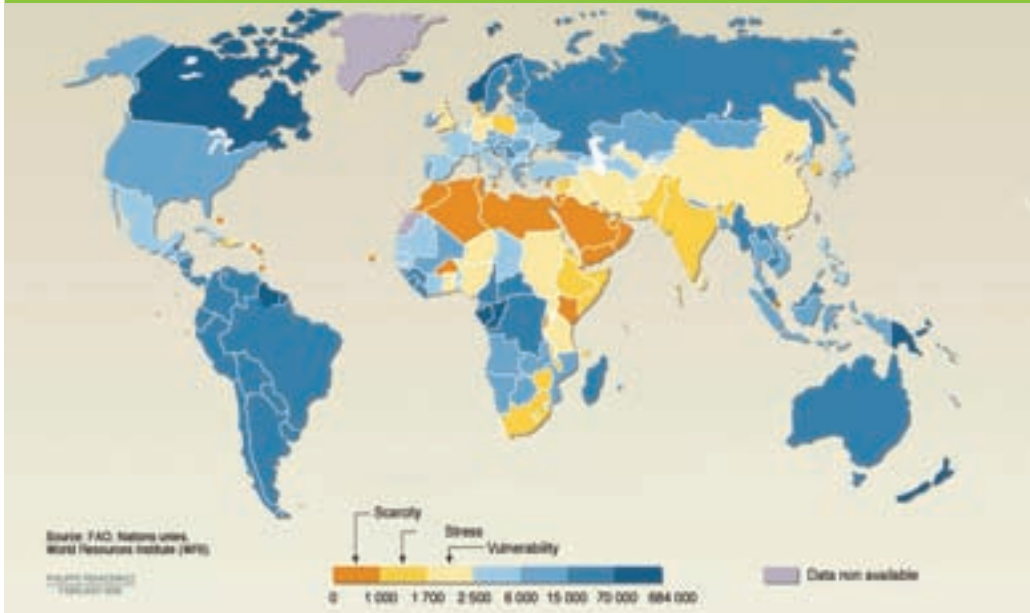
우리나라의 경우 1인당 물이용 가능량이 1,452 m³밖에 안 되어 리비아, 모로코, 이집트, 오만, 남아프리카, 폴란드등과 함께 물 부족 국가로 분류되었다. 우리나라는 1960년대 이후 계속된 경제개발 계획에 의해 대도시로 인구가 집중되는 현상이 가속화되고 경제 및 산업발전에 따른 생활수준의 향상으로 인하여 물 수요의 급격한 증가를 초래하였다. 이로 인해 수자원 확보를 위해서는 새로운 수자원을 개발하거나 현재 이용 가능한 수자원의 이용 촉진을 위해 오염으로부터 수자원을 보호하는 등 한정된 수원을 보다 효율적으로 이용하는 방안이 다각적으로 이루어지고 있다. 이러한 현 시점에서 국가 차원에서 수자원의 확보뿐만 아니라 배출되는 오염물질을 줄여 수질관리 방안으로 활용할 수 있는 중수도를 적극적으로 보급하고 활용하여야 하는 단계이다.

이에 우리나라의 물관리 부분 중 중수도의 재사용에 대한 새로운 시스템이 필요하다는 관점에서 중수도의 새로운 개념 정립으로부터 본 연구는 진행되어 왔다. 본 연구에서는 중수도를 크게 Blackwater(오수)와 Greywater(하수)로 분류하여 비교적 오염도가 낮은 Greywater를 친환경적으로 재이용함으로써 하수발생량의 감소 및 상수사용량의 감소라는 2가지 측면의 이익을 극대화하였다. 중수 처리시스템은 기존의 생물

[그림1] 단지내 종합적 물순환 기술(중수도 관련)



[그림2] Freshwater availability cubic metres per person and per year, 2007.



[그림3] 중수 처리시설의 종류

시설	시설사진	설명	시설	시설사진	설명
반응조		생물 반응조로서 Greywater가 들어온후 생물학적처리가 이루어지게 된다.	멤브레인		생물학적 처리를 통하여 멤브레인반응도로 이동하게 된Greywater는 멤브레인을통하여 오존반응조로 이동하게 된다.
티타늄볼		티타늄볼은 생물반응조의 상단에 설치되며 표면에 코팅되어진 티타늄이 광화학적 반응을 일으켜 유기물분해를 도와준다.	서클레이션관		생물학적반응조의 Greywater를 하부에서 상부로 이동시켜 주는 역할을한다.
오존반응조		마지막으로 멤브레인을 통과한 Greywater는 오존처리를하므로써 병원성 미생물을 제거하는데 그 목적이 있다.	웹시스템		IT를 이용한 원터치 시스템 구현

학적 처리시스템에서 나아가 티타늄볼(Titanium Ball)을 이용하여 처리효율을 높였으며 최종적으로 오존을 이용하여 살균함으로써 중수도 재이용시 인체에 무해하도록 설계되었다. 이렇게 처리된 중수도는 소방용수, 세차용수, 생태연못 유지용수, 조경용수, 기타용수 등으로 사용 가능하다.

중수도 재사용 기술도입의 문제점 및 나아갈방향

그러나 현재 중수도 보급 확대의 가장 큰 저해요인으로 너무 낮은 수도요금을 들 수 있다. 현재 우리나라의 수도요금은 지역과 사용수량에 따라 차이가 있지만 서울시를 기준으로 대략 가정용의 경우 톤 당 300~500원, 영업용의 경우 톤 당 500~700원 정도로 미국이나 일본 등 외국의 톤 당 1000~2000원에 비해 매우 낮은 수준이다. 따라서 중수도 시설을 설치함으로써 얻는 경제적 이득이 적기 때문에 중수도의 설치를 기피하는 것이 사실이다. 이를 해결하기 위해 수도요금 인상 등의 방안이 논의되고 있으나 현실적으로 적용되기에는 여러가지 어려움이 있다. 오는 2025년 경에는 전세계의 물 수요량이 약 40%증가할 것이며 급격한 물 수요의 증가로 심각한 물 부족 현상이 벌어질 것으로 예상되어진다. 따라서 환경부는 이러한 문제를 해결하고 중수도 시설 설치로 인한 경제적 이득을 늘리기 위해 여러 정책적 방안을 제시하여 중수도 시설의 설치를 권장하고 있다. 만약 현재와 같은 물소비 추세가 지속될 경우 생태계의 악화와 생물 다양성의 손실로 후세대의 생존이 위협받게 될 것이라고 생각되어진다. 그러므로 현 시점에서 친환경적으로, 사용한 물을 재사용할 수 있는 기술이 절실히 요구되며, 중수도의 재활용이 반드시 필요할 시기를 대비하여 위와 같은 연구가 필요하다고 할 수 있다. ⑥

SITE : Heat Island

열섬현상저감을 위한 외부환경계획

연세대학교 건축공학과
교수 김태연
tkim@yonsei.ac.kr



열섬현상과 외부단지계획

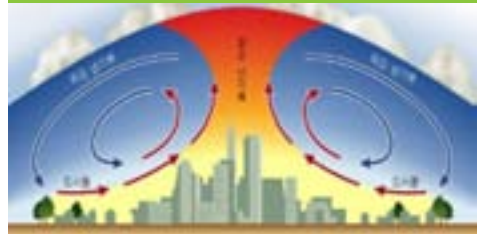
급격한 도시화 및 산업화로 인해 도심 지역은 건물이 밀집되고 인구밀도가 증가하고 있다. 그로 인하여 여러가지 환경문제가 야기되고 있는데 그 중 하나로 부각되는 것이 열섬현상이다. 도시 열섬현상이란 도시화와 고도의 토지이용이 진행되면서 나타나는 기후적 특성으로서 도시 안에서 발생하는 인공 열과 대기오염, 건축물, 포장된 도로 등의 영향으로 도심지 상공이 주변의 교외지에 비해 고온이 되어 공기가 섬 모양으로 뒤덮고 있는 상태이다. 이는 여름철 내·외부 모두 쾌적하지 못한 환경을 만들며, 냉방장치의 가동 시간과 에너지 소비를 증가시킨다.

열섬현상은 우리나라도 예외가 아니며, 서울시와 같이 고밀화된 도시에서는 이미 그 영향이 나타나고 있다.

열섬현상을 완화하기 위해서는 건축설계 및 단지설계 단계에서 도시 열환경 개선을 위한 방안들이 충분히 고려되어야 한다. 이러한 관점에서 보면 건축물뿐만 아니라 건축물 외부공간이 도시 열 환경에 미치는 영향 평가하여야 하며, 가능하면 도시 열환경을 완화할 수 있는 외부 공간 설계가 이루어져야 할 것이다.

현재 공동주택 단지의 친환경 설계에 있어서 거주민의 쾌적성 향상에 대한 관심이 고조되고 있으며 이는 수목이나 수공간을 통하여 자연 경관미를 향상시키는 방법으로 진행되고 있다. 외부공간의 친환경 설계를 통해서 단지 건설에 따른 환경부하를 줄여 토양환경 및 주변경관과 조화를 이룰 수 있다. 그리고 단지 배치계획에 따른 일조, 조망, 기류, 소음 등 실내외 환경을 고려함으로써 거주자의 쾌적을 향상시킬 뿐만 아니라 냉·난방비, 조명비, 공기청정비용 등 광열비의 공동주택 단지 전체의 에너지 소비량과 직결된다고 할 수 있다. 따라서 단지를 계획할 때에는 환경요소별 통합적인 환경 및 에너지 분석을 수행하고 각 환경성능에 대한 최적화 방안을 고찰해야 한다.

[그림1] 도시 열섬현상



[그림2] 여름철 서울 기온 (2009년 7월)



외부환경에서의 열섬현상 저감기술

온열환경에 영향을 주는 기후인자들로서는 온도, 기류속도, 상대습도, 강우량, 일사량 등이 있으며, 그 중 많은 연구가 외부 온도 상승에 의한 열섬현상 완화대책에 집중되어 있다. 기존 연구에 의하면 도시 내 기류에 의한 환기효율 향상에 따라 도시 열섬효과를 저감시킬 수 있으며, 특히 건물의 배치와 형태, 평면계획 등의 설계인자들이 외부 열환경을 제어하는 중요한 요소로 작용한다고 알려져 있다. 또한 식생 및 수공간에 대한 증발냉각 효과가 외부 열환경 완화에 많은 도움을 주고 있고, 외부 마감재 조절에 따른 여름 지표면 온도 저감 효과도 큰 것으로 나타났다.

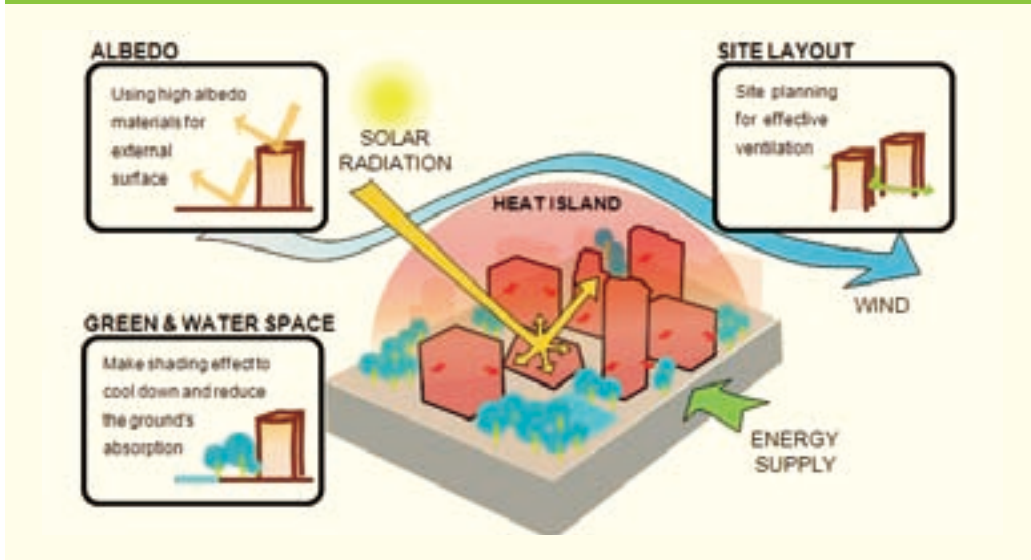
1. 표면 반사율

도시의 열 환경은 도시를 구성하는 외피 재료의 열적 특성, 에너지 집중에 따른 인공배열, 시가지 형태에 기인한 국지 공기유동 특성과 같이 주로 인공적 요소에 크게 영향을 받는다. 공동주택 단지 내의 미시기후 또한 단지 내의 각종 마감 재료의 특성에 따라 달라지게 된다. 일반적으로 바닥마감에 많이 쓰이는 벽돌블록이나 콘크리트, 아스팔트와 같은 재료는 축열과 복사에 의한 온도상승이 빨라 낮 동안 표면온도는 물론이고 주변의 공기온도 또한 녹지나 수공간에 비해 큰 폭으로 상승시키는 경향이 있다. 이는 수목공간이나 수공간에서 나무의 광합성과 수증기의 증발냉각 효과에 의해서 온도가 낮아지는 것과는 상반되는 현상 때문이다.

상대적으로 반사율이 낮은 바닥마감은 낮 동안에 잔디와 물에 비해 매우 높은 표면온도를 가지게 됨으로써 단지 내 열섬현상에 악영향을 미침을 알 수 있다. 표면 반사율(albedo)은 표면 재료의 색에 따라서 값이 매우 달라짐으로 같은 콘크리트 마감이라 하더라도 밝은 색상을 쓰면 반사효과를 더 높일 수 있다. 따라서 표

면온도를 낮추기 위해 높은 반사율 값을 지닌 재료를 이용하거나 표면에 증발냉각 효과를 고려한 환경설계 계획이 이루어져야 할 것이다.

[그림3] 열섬현상 저감 방법



2. 식재 및 수공간 조성

식재 및 수공간 조성을 통해서 다양한 생물서식환경 조성, 미기후 조절, 소음경감 등의 효과를 유도할 수 있다. 생태면적률은 개발로 인해 훼손되기 쉬운 도시공간의 생태적 기능(자연의 순환 기능)을 유지 또는 개선할 수 있도록 유도하기 위한 환경계획지표이며, 외부공간에 식재 및 수공간의 설치를 의무화하는 장치이다. 서울특별시 2008년 1월부터 공동주택단지 조성 시 외부공간에 생태면적률을 30% 이상 적용하도록 하는 제도를 추진하고 있다. 생태면적률은 공간계획 대상 면적의 생태적 기능을 고려하여 자연지반 녹지를 1, 콘크리트 포장면을 0으로 하고, 옥상녹화·투수포장 등에 대해 각각의 가중치를 부여하여 산출한 자연순환 기능의 비율을 의미한다. 생태면적률이 60%일 경우 전체 단지의 공기 온도 저감율이 가장 높았으나 실제 공동주택 단지의 경우 도로와 보행로, 주차장의 크기 등을 고려해 볼 때 60%는 과도한 수치로 판단된다. 그러나 현재 서울시 생태면적률 기준을 40% 수준으로 증가 시키는 것은 가능할 것이다.

3. 단지배치 방법

넓은 도로와 그 밖의 오픈 스페이스들은 공기의 흐름을 촉진시키고 도시 내부의 공기흐름을 유발시킨다. 고밀도 지역과 고층 건물이 있는 지역은 빈터에서의 풍속과 비교해 볼 때 지상의 공기속도가 더 느리다. 고밀도 혹은 폐쇄적인 형태의 단지 배치에서 느린 공기속도는 단지에서 발생된 열의 배출을 감소시키고, 낮은 환기성능에 의해 오염물질 배출에도 문제가 발생한다. 따라서 단지 내 필로티를 형성하고 ‘-’ 자형 단지 배치방법을 통하여 단지 외부로 잉여에너지 배출은 물론 오염물질 역시 제거하여 결과적으로 단지 내 열섬현상을 완화할 수 있도록 하여야 한다.

친환경 단지 형성을 위한 제언

식생과 토양 대신에 콘크리트 건물 및 아스팔트 포장 등의 불투수면이 대부분을 차지하고 있는 도시 구조는 주간에는 복사열을 흡수하고 야간에 서서히 방출하여 야간 온도를 높인다. 수목이나 지피식물은 외부 온도 조절에 깊이 관여하고, 그 결과 녹지로 둘러싸인 지역에서 대기온도의 상승이 억제되는 효과를 얻을 수 있다. 산업화로 인한 녹지파괴가 기온상승의 주된 역할을 하고 있기 때문에 이를 극복하기 위해 녹지 공간 확충 계획이 절실한 실정이다. 따라서 도시 미기후 개선효과에 따른 기온상승 완화라는 환경 조절적 측면에서 녹지의 기능을 부각시키려는 노력이 필요하다.

도시 내에서 녹지의 역할은 레크리에이션 시설로서의 오락적인 면뿐만 아니라, 환경적인 측면에서도 그 중요성이 강조되고 있다. 또한 도시 녹지 확보는 CO₂ 농도를 감소시키는데 있어 시간과 비용이 절약된다. 서울시의 예로 가로수 확충, 공원 등의 설치, 청계천 복개 및 친환경 사업의 대부분이 녹지 공간 확대를 위한 방안이라고 볼 수 있다. 또한 옥상정원이나 벽면 녹화 역시 공간이 좁은 도시 내에 녹지공간을 늘일 수 있는 효과적인 방안이다. 그리고 도시의 단지 배치를 효과적으로 함으로써 도시 내에서 산이나 바다로부터 신선한 공기가 흐르는 바람길을 만들어 도심에 신선한 공기를 받아들이도록 하는 것 또한 효과적인 계획기법이다. 이를 통해 숲에서 나온 신선한 공기가 도시로 유입되는 것을 원활하게 함으로써 도심 내의 뜨겁고 오염된 공기를 도시 바깥으로 몰아내도록 유도하여 열섬현상완화와 도시 열쾌적 성능을 향상시킬 수 있을 것이다. ⑥

연세대학교 건축공학과
교수 이상호
sanghoyi@yonsei.ac.kr



BUILDING : Flexibility

Life-Cycle과 주택의 가변성

서론

최근 가변성을 갖는 주거는 지구 차원의 환경보전의 움직임과 더불어 오픈 하우스(Open housing)이라는 이름으로 더욱 활성화되어 확대 적용되고 있다.

1920년대에 건설된 네덜란드의 슈뢰더 하우스(Schröder house)[그림1]는 한정된 거주공간을 효율적으로 활용하기 위하여 공간의 가변성을 활용하는 계획이 적용된 최초의 사례이다. 이를 계기로 한정된 주거공간을 효율적으로 이용하기 위한 가변성의 적용에 대한 관심이 고조되었다.

1960년대 이후 세계 각국에서는 경제발전예 따른 급격한 인구증가와 도시화로 인하여 공동주택이 대량 건설되어 양적인 주택공급이 만족됨에 따라 거주자의 다양한 요구를 만족시킬 수 있는 거주공간에 대한 관심이 고조되었다. 그 결과 획일화된 주택공급에서 벗어나 거주자의 개성을 반영하고 Life-

Cycle에 대응할 수 있는 가변형 주택의 건설이 활기를 띠게 되었다. 이에 국외 가변형 주택계획 이론의 종류와 그 특성, 나아가 국내·외 가변형주택의 동향을 간략히 소개하고자 한다.

국외 가변형주택 계획이론의 종류와 그 특성

1. 가변형 주택 계획이론의 종류

가변형 주택의 계획을 위한 이론으로는 네덜란드의 SAR 이론, Modular Coordination, 일본의 SI 주택, 격자계획(Grid Planning), 코어계획(Core Planning) 등 여러 방식의 이론이 논의되어 왔다. 이 중 여러 이론에 많은 영향을 준 SAR 이론과 가변형 주택의 주요개념인 호환성을 위한 연구의 기초가 되는 Modular Coordination, 그리고 기존의 여러 이론들을 자국의 특성에 맞게 발전시킨 일본의 SI 주택 이론을 중심으로 각 이론의 특성과 적용현황을 분석하였다.

2. 가변형 주택 계획이론의 특성

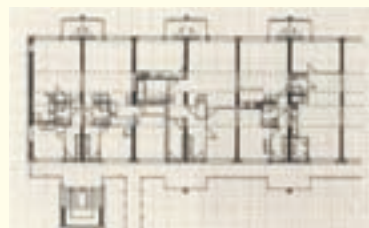
가) SAR 이론

1964년 하브라켄을 중심으로 하는 비영리 건축재단 SAR이 네덜란드에서 결성되어 본격적으로 가변성을 가지는 주거공간에 대한 연구를 시작하였다. 그들은 주택의 대량공급과 동시에 거주자의 개성화, 개별화를 도모하기 위하여 공공의 의사에 따라 제어되는 범위인 고정요소(Support)와 거주자에 의해 선택 결정되어 이동가능하게 되는 범위인 가변요소(Infill)의 개념을 도입하였다. SAR 이론은 1960년대의 실험적인 단계를 거쳐 몰렌블리트(Molenvliet, 네덜란드, 1977)[그림2] 프로젝트를 통해 최초로 실증되었으며 이후 케엔부르크(Keyenburg, 네덜란드, 1984)[그림3] 프로젝트에도 영향을 미쳤다. 몰렌블리트 프로젝트는 최초의 SAR 방식의 사례로 건축가는 건설 시작부터 그 지역에 상주하여 지역민의 요구와 애로사항 확인을 통해 내부의 가변요소들을 거주자의 요구에 최대한 맞게 하여 하나의 주거지를 만드는 오픈디자인을 실현하였다. 또한, 케엔부르크 프로젝트는 거주자 참여설계를 기본으로 하여 거주자 요구사항을 수렴할 수 있는 다양한 평면을 형성하였으며 주요 특징은 세대 경계벽에 개구부를 설치가능하다는 점이다. 이후 SAR의 연구성과는 더욱 급속하고 광범위하게 적용되어 일본의 SI 주택 등에 큰 영향을 주었다.

[그림2] 몰렌블리트(Molenvliet, 1977)



[그림3] 케엔부르크(Keyenburg, 1984)



[그림1] 슈뢰더 하우스



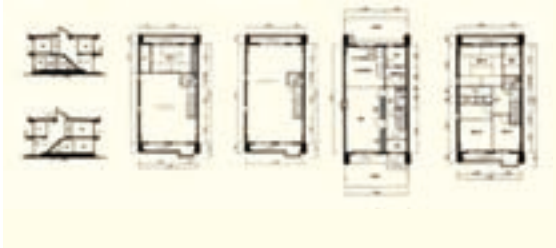
나) Modular Coordination (약칭 M.C)

Modular Coordination은 건축 구성재의 시스템화를 위해 범국가적으로 연구되고 있는 것으로서 건축 및 구성재의 치수관계를 모듈에 따라 조정하는 것이다. 가변형 공간을 효과적으로 계획하기 위해서 건축 구성재가 시스템화되어 상호 호환될 수 있는 체계로 구성되는 것이 필수적이다. M.C은 건축의 합리화와 공업화의 기본이 되며, 특정사례에만 적용되는 개념이라기보다는 모든 오픈시스템을 구성하기 위한 필수적인 설계방법으로 생각할 수 있다. 일본의 주택에 전승된 다다미 매트는 인체적도에 맞춰진 모듈화된 크기로서 방의 크기를 결정하는데 사용되었다. 이것은 M.C의 개념을 통한 주택설계방식으로 볼 수 있다.

다) SI 주택

일본에서는 SAR의 설계방식, M.C 방식 등을 혼합하여 일본의 특성에 맞춘 가변형 주택을 개발하였는데 이를 SI(Skeleton & Infill) 주택이라 부른다. S와 I를 가변성을 기준으로 구분하면 S는 불변, I는 가변에 의해 영향을 받는 것으로 구분할 수 있다. 즉, S는 주로 공급업체에 의한 구조체나 설비 등을 의미하며 I는 거주자에 의한 부분으로 주로 내장재나 가구 등을 의미한다. 이러한 개념을 바탕으로 하는 일본 SI주택의 설계방식은 주택도시정비공단의 KEP(Kodan Experimental Housing Project), 건설성의 NPS(New Planning System), CHS(Century Housing System) 등으로 발전하였고, 연구 및 평가의 단계를 거쳐 현재 공동주택에 확대 적용해나가고 있다. 1980년에 95호의 KEP 주택이 Idabashi의 Manochō에 건설되는 것을 시작으로 Estate Tsurumaki[그림4] 2층 29호 주택(1983), Free Space house(1983) 등이 일본의 주요 오픈 하우스의 사례이다. 그중에서 Estate Tsurumaki는 3가지 종류("All-Free", "Semi-Free", "All Set")의 주거 중 선택하는 방식으로 공간배치를 변경할 수 있는 칸막이 벽과 수납 유니트를 설치하였다.

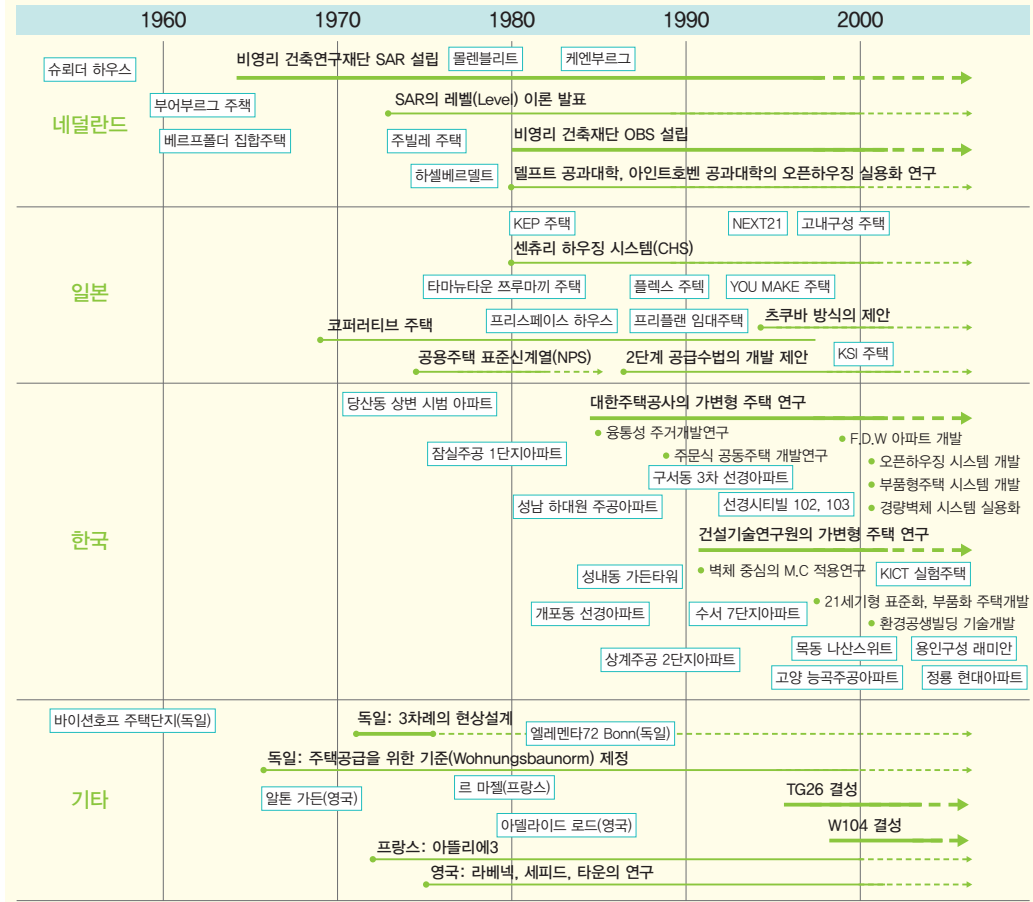
[그림4] Estate Tsurumaki (エステート鶴牧)



국내 가변형 주택의 동향

1970년대 국외의 가변형 주택 이론이 국내에 소개된 이후 거주자의 다양한 주요구(住要求) 및 변화된 Life Cycle에 대응할 수 있는 가변형 주택에 대한 관심과 시도가 지속적으로 이루어졌다. 특히, 당산동 강변 시범 아파트 이후 공동주택에 가변성을 적용한 평면계획이 꾸준히 적용되어 왔다. 최근에는 대한주택공사와 건설기술연구원을 중심으로 하는 연구들이 활발히 수행되고 있으며, 건설기술연구원에서 KICT 실험주택을 통해 이론적인 연구성과를 검증하였고, 이외에도 대한주택공사와 학계를 중심으로 친환경적인 주택건설을 위한 종합적인 연구가 체계적으로 이루어지고 있다.

[그림5] 국내·외 가변형 주택 계획의 동향



국내 가변형 주택 적용의 문제점 및 향후 과제

국내 가변형 주택은 평면형태를 유지하면서 내벽체에만 한정적으로 가변성을 부여하는 방법이 일반적이다. 또한, 공급적 측면에서는 대체로 입주 시 평면을 선택하는 방식으로 나타나고 있어, 입주 후 Life Cycle의 변화에 대응할 수 있는 용이성이 부족한 상황이다. 국내의 실정에 적합한 가변형 주택을 계획하기 위해서는 주생활의 다양성과 변화에 대한 이해를 바탕으로 가변성의 개념을 재정립해야 한다.

또한, 평면계획수법과 입체적인 가변수법, 다양한 구조방식의 적용에 대한 시도, 부품의 표준화, 구성재의 호환성을 위한 실질적인 기술 개발 등에 대한 노력이 필요할 것이며, 단계적인 개선을 통해 가변형 주택이 활발하게 연구될 수 있도록 체계적인 기준의 마련과 정책적 차원에서의 정부 지원이 필요할 것이다. ⑥

BUILDING : Flexibility

가변형 벽체시스템의 실현방안

포항산업과학연구원
책임연구원 **백 승 경**
beask@rist.re.kr

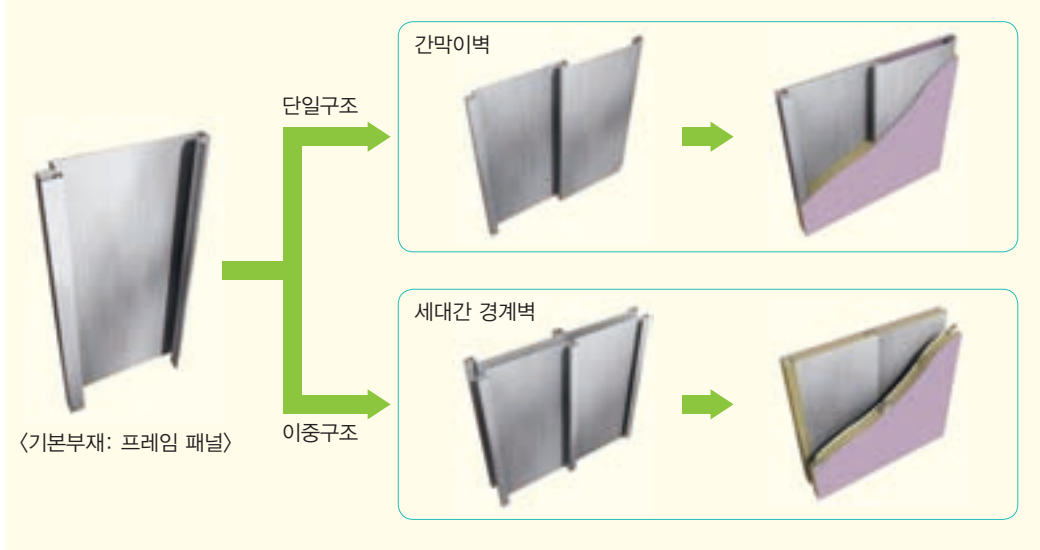


라이프스타일 반영한 Open Plan

주거공간의 효율적 활용을 위한 Open plan은 거주자들의 라이프 스타일에 따른 다양한 요구 수용 및 건물의 장기적 사용과 노후화에 따른 합리적 개·보수에 대한 요구 등 기술적 측면의 필요성에 의하여 최근 적용이 더욱 활발해지고 있다. 이러한 Open Plan을 구현하는 데에 있어 가장 주요한 기술적 요소의 하나는 가변형 벽체이다. 가변형 벽체는 설치 및 해체를 가능하게 하므로 공간 계획의 자유도 확보에 기여한다.

Open Plan에 있어 가변은 크게 세대 내 가변과 세대와 세대 간의 가변으로 구분할 수 있다. 세대 내 가변은 현재 많은 공동주택에서 그 사례를 찾아볼 수 있는 것으로서 통상 세대원 구성의 특성에 따라 침실의 개수, 거실면적의 확장 등을 선택하여 조정하는 예가 많다. 한편, 세대 간 가변은 분리된 2개의 단위 세대를 필요에 따라 통합하거나 또는 분할하는 것을 말한다. 현재 세대 간의 통합, 분할이 가능한 가변구조를 채택하

[그림1] 가변형 벽체시스템 개요도



는 공동주택은 그다지 많지 않으나, 향후 건축 구조물 자체의 보다 장기적이고 합리적인 사용을 위해서 더욱 적극적으로 고려해 볼 필요가 있다.

건식공법 기반의 가변형 벽체시스템

본 연구에서 개발한 가변형 벽체 시스템은 1.0mm 내외의 박판강재를 소재로 하여 제작되는 프레임 패널을 기본 구성요소로 하는 건식공법 기반의 기술이다. 이는 프레임 패널의 배열 방식에 따라 단일구조 및 이중구조 벽체로 구성 가능하며 용도적 특성에 따라 배열을 달리함으로써 간막이벽 및 세대간 경계벽용으로 사용할 수 있다. 통상적으로 간막이벽은 단일구조 형식을, 세대간 경계벽은 이중구조 형식을 기본으로 한다. 프레임 패널 내측에는 각종 흡음재류를 삽입 시공할 수 있으며, 프레임 외측으로는 보드 형태의 각종 마감재를 자유로이 시공할 수 있다. 연속되는 패널 형태로 시공되어 차음 성능이 우수하고 패널이 차폐면으로서의 역할을 함으로써 설비박스 시공에 따른 인접 실간의 소음전달 문제도 효과적으로 방지할 수 있다. 한편, 벽체를 설치, 해체할 때에는 천장, 바닥 등 인접 마감재의 훼손 최소화를 위하여 배선용 천공부가 가공된 가이드 러너 부재를 별도의 세트로 구비하거나, 천장면을 기준으로 상·하부의 벽체를 분할 구성함으로써 보다 용이하게 할 수 있다. [그림2]는 가변형 벽체시스템의 표준 시공법을 보여주고 있다. 이에 따라 자재의 특별한 훼손 없이 해체 및 설치가 용이하여 자재 재활용 등 자원의 합리적 사용과 폐자재 발생 저감 등 친환경적 효과를 기대할 수 있다.

한편, 벽체는 설치되는 부위에 따라서 특정 수준 이상의 성능 확보가 요구된다. 특히 세대간 경계벽의 경우에는 내화성능과 차음성능이 중요하다. 내화성능은 2시간 이상을 확보할 수 있어야 하며, 차음은 등급별로

[그림2] 가변형 벽체시스템 표준시공방법



1등급($Rw+C=58$) 이상의 성능을 가지는 것이 바람직하다. 본 가변형 벽체 시스템은 프레임패널이 연속적으로 시공되어 있는 구조로서 우수한 내화(2시간 이상) 및 차음성능($Rw+C=58$ 이상)을 확보할 수 있어 세대간 경계벽으로서 적용하는 데에도 매우 우수한 장점을 가진다. 또한 마감재로서 유해물질 방출이 적은 보드, 일정한 실내온도 유지에 도움이 되는 PCM(상변화물질) 소재를 이용한 보드 등을 복합적으로 사용함으로써 특정한 성능의 친환경, 에너지 저감형 벽체로서도 구현이 가능하다.

건식공법 기반의 가변형 벽체 시스템은 공동주택의 리모델링 용이성 확보 등 가변화와 이에 따른 구조형식의 구현 등 관련 기술에 대한 관심이 지속적으로 증가됨에 따라 향후 더욱 활발한 적용이 이루어질 것이라 예상된다. ⑥

BUILDING : Envelope

열교방지를 위한 공동주택 외단열 시스템

이화여대 건축학부
교수 송승영
archssy@ewha.ac.kr



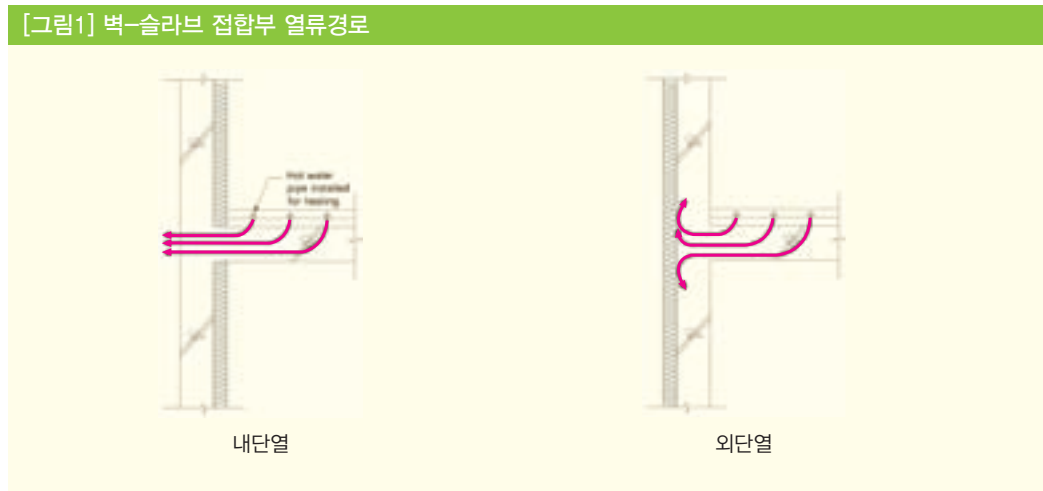
주택의 단열과 외단열 시스템

건축물은 외피에 단열을 함으로써 열손실과 획득을 감소시켜 이를 통해 냉·난방에너지 소비와 CO₂ 배출량 감소 등의 이점을 얻을 수 있다. 또한 실내 환경적인 측면에서 표면 결로 발생을 방지하고, 실내온도의 변동 폭을 줄여 쾌적한 열 환경을 유지시켜 거주자의 만족도를 높일 수 있다. 국내 공동주택은 내부 발열량이 적어 난방부하의 비중이 매우 크기 때문에, 에너지 절약을 위해서는 무엇보다 단열이 중요하게 된다.

국내 공동주택은 대부분 건물 외벽에 내단열 시스템[그림1]을 적용하고 있다. 벽과 바닥 접합부 등 각 구조체가 만나는 접합부에는 단열재가 설치될 수 없기 때문에 매우 큰 열손실·획득이 발생하고 있다. 이러한 열교(Thermal Bridge)부위는 공동주택 외피에서 반복적으로 발생하게 되며, 특히 난방용 온수배관이 바닥에 설치되는 국내 난방방식 특성상 열교부위를 통한 열손실은 매우 심각한 실정이다. 반면, 단열재를 구조체 외측

에 설치하는 외단열 시스템[그림1]을 적용하면 열교(Thermal Bridge)를 방지할 수 있고 콘크리트 벽체 등과 같은 축열재가 단열재 내측에 위치하게 되어 축열에 의한 난방 효율 향상이 기대된다.

열화상 장치를 이용하여 내·외단열 공동주택의 동계 난방 시 외표면 온도분포를 촬영한 결과, 내단열 공동주택은 외단열 공동주택에 비해 열손실이 매우 큰 것으로 나타났다. 동계 난방 시에는 열손실이 클수록 외표면 온도가 높아지게 되는데, [그림2]를 통해 내단열 공동주택은 외단열 공동주택에 비해 외표면 온도가 5~8°C나 높게 나타나 열교부위를 통한 열손실이 매우 큰 것을 확인할 수 있다. 또한 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 내·외단열 공동주택의 연간 난방부하를 비교해 본 결과 외단열 공동주택은 내단열 공동주택에 비해 연간 난방부하가 8.5%나 적게 나타나, 기존 내단열 공동주택에서 열교를 제거하는 것 만으로도 상당한 수준의 난방에너지가 절약됨을 확인할 수 있었다.



실험 주택에서의 외단열 시스템 적용

저에너지 친환경 공동주택 연구단의 외단열 연구 프로젝트를 통해 개발된 (주)케이씨씨의 외단열 시스템이 인천 송도 연세대학교 캠퍼스 부지내 실험주택에 적용되었다. 단열재는 순환 및 재생 자원을 사용하고, 제조 시 프레온이나 대체 프레온이 사용되지 않아 친환경적인 미네랄 울(Mineral Wool)과 글래스 울(Glass Wool)이 적용되었으며, EPS보드 등의 유기질 단열재에 비해 내화성능이 매우 우수하다. 외단열 시스템은 구조체의 외측에 부착되므로 외부 환경조건에 대한 내구성, 내충격성, 방수성 등 여러가지 성능이 요구된다. 본 시스템은 유럽의 외단열 시스템 관리규격인 EOTA(European Organization for Technical Approvals) 지침에 따라 주요 구성소재(접착물질, 마감물질 등)의 인장강도, 충격강도, 수분흡수성, 작업성 등의 물성평가를 실시하였고, 모두 EOTA의 관리기준을 만족하는 것으로 나타났다.

[그림3] 저에너지 친환경 실험주택의 외단열 시스템 적용



기대효과 및 발전방안

우리나라의 가장 대표적 주거용 건물인 공동주택은 건물 용도별 에너지 소비 현황에서 전체 건축물의 약 36%(2001년 기준)를 차지할 정도로 에너지소비 비중이 매우 크다. 이러한 공동주택에 외단열 시스템을 적용하게 된다면 열교제거를 통한 상당한 에너지절약 효과가 기대된다. 외단열 시스템의 보급 활성화와 공동주택에서의 효과적 적용을 위해서는 열교부위에 대한 단열성능 평가 기준 및 요구 단열성능 규정 마련, 부위별 상세 외단열 설계기술 개발과 더불어, 고층 공동주택에 적합한 시공법 개발, 외단열 시스템의 품질 및 유지관리에 대한 기준 마련 등이 필요할 것으로 판단된다. ⑥

BUILDING : Envelope

저에너지 주택의 에너지 효율적 창호 시스템

연세대학교 건축공학과
교수 이 승 복 / 연구원 정 창 현
sbleigh@yonsei.ac.kr
changheon@yonsei.ac.kr

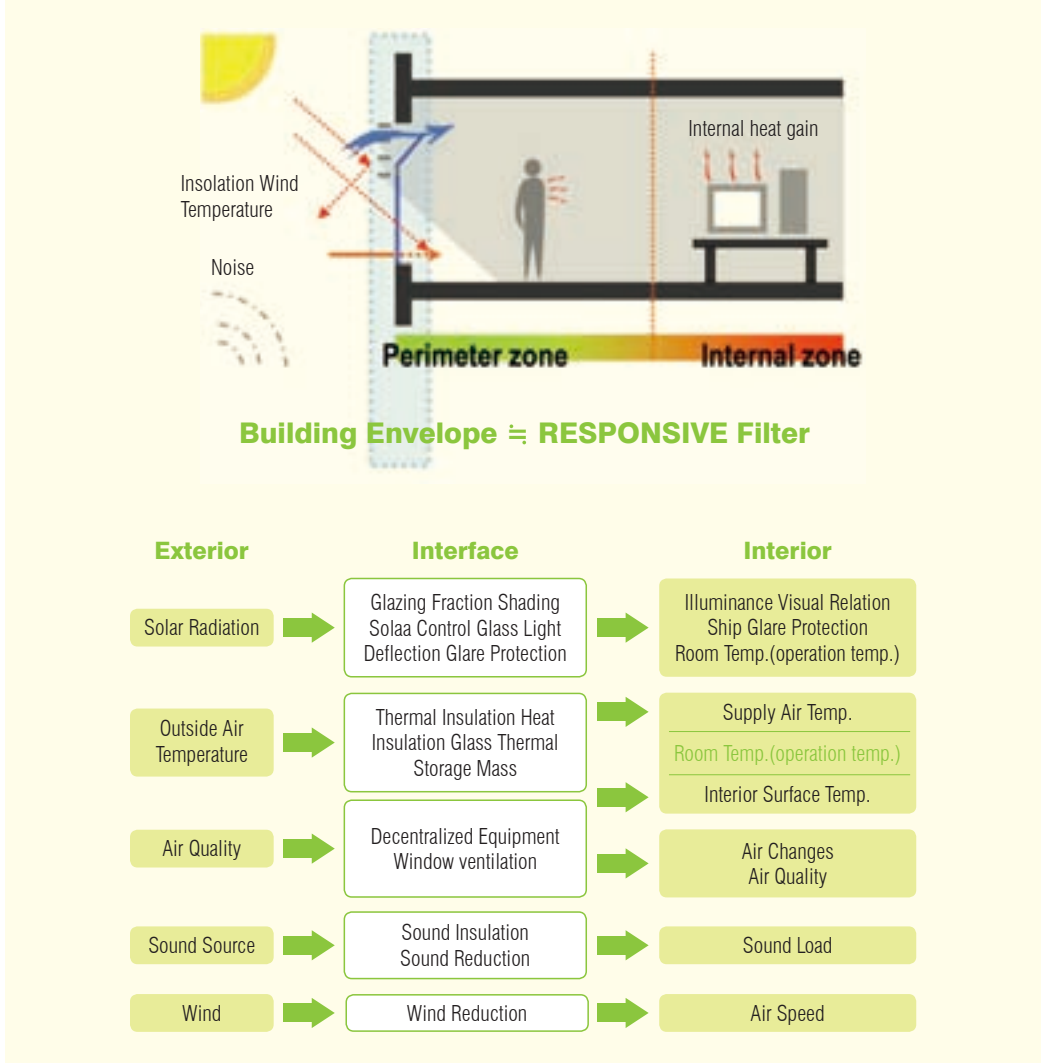


에너지 효율적 외피 시스템의 중요성

인간은 행복을 추구하는 존재이며 지금까지 인류는 스스로의 행복을 위하여 자연을 개발하고, 소진시켜왔다. 그러나, 기후 변화와 같은 급격한 생태계의 변화를 겪고 있으며 생태계와의 공존이 가능한 새로운 길을 만들어 가는 것은 인류의 생존을 위한 새로운 화두로 대두되고 있다. 이러한 측면에서 저에너지 주택으로의 전환은 비록 거창하지는 않지만 환경을 보호하는 손쉽고 멋진 일이 될 수 있다.

그렇다면, 저에너지 주택을 만들기 위해서 우선적으로 해야 할 일은 무엇이고, 가장 효과적인 일은 무엇일까? 일반적으로 가정에서 소비되는 전체 에너지 소비량 중 절반 정도는 전력이 차지하고 있으며, 나머지 절반 정도는 냉·난방에 소비되는 화석에너지로 구성되어 있다. 따라서 에너지 소비량 저감을 위해서는 사용자의 전기사용량을 줄이는 행위와 냉·난방에 소비되는 에너지를 줄이는 방법이 모두 고려되어야 한다.

[그림1] 외피 시스템의 기능



외피 시스템은 실내 환경에 미치는 외부환경의 영향을 조절하는 필터의 역할을 하기 때문에 외피의 성능은 건물 냉·난방 에너지 소비량에 큰 영향을 주게 된다. 그 중에서도 창호는 채광과 환기, 조망 등의 역할을 담당하기 때문에 가변적으로 설계되어 단열성과 기밀성이 일반 구조체에 비해 매우 낮다. 따라서 창호의 단열 성능과 기밀성을 향상 시키는 것은 주거용 건물의 에너지 소비량을 저감시키기 위해서 우선적으로 고려해야 할 요소들이다.

창호의 단열성을 높이기 위해서는 일반적으로 LOW-E 코팅이나 다층 유리를 적용한다. 이 경우 일반적으로 일사 투과율이 줄어들게 되는데 이는 겨울 난방에너지 저감 측면에서는 불리한 조건이다. 동일한 단열 성능을 가진 창이더라도 일사 투과율이 높은 창을 사용하면, 겨울에 난방에너지를 감소시킬 수 있는 장점이 있다. 또한 기밀성을 향상시키게 되면 차갑거나 더운 외기의 침입을 줄여 실내 온열감을 향상시킬 뿐만

아니라, 냉·난방 에너지를 감소시킬 수 있다.

창호는 단열과 기밀 이외에도 환기와 일사조절이라는 중요한 역할을 담당한다. 환기는 재실자의 건강과 쾌적감 향상에 매우 중요한 요소이다. 많은 사람들이 방에서 불편한 냄새가 난다든지, 습도가 높아 결로가 발생하게 되면 환기를 실시한다. 그리고 여름 저녁에는 창문을 활짝 열어 더운 실내 온도를 낮추고, 햇빛이 강할 땐 차양을 드리워 일사를 차단하기도 한다. 특히 자연환기는 기계환기에 비해 재실자의 쾌적감을 증가시킬 수 있어, 설계 단계에서 충분히 고려해야 할 요소이다.

주거용 건물을 보다 에너지 효율적이고 편리하게 만들기 위해서 창호 시스템은 앞서 언급한 다양한 기능들을 원활히 수행해야 한다. 언뜻 복잡해 보이는 이러한 기능들을 얼마나 간결하고 합리적으로 통합하느냐가 저에너지 주택의 창호의 성능과 건물전체의 에너지 효율을 결정하는 관건일 것이다.

이중외피 시스템의 적용사례

창호시스템에 대한 이러한 다양한 요구 조건을 고려할 때, 이중외피는 건물에너지 소비량 저감과 실내 쾌적도 향상 측면에서 매우 효과적이다. 선진국에서는 이미 이러한 이중외피 시스템을 다양한 방법으로 적용하고 있다. [그림2]는 노만 포스터가 설계한 30 St. Mary Axe(런던)에 적용된 이중창호의 사례이다. 이 건물에서는 이중창호를 통한 환기 개념을 건물 전체 디자인에 반영 하였으며 외주부에 설치된 아트리움을 통해 채광과 자연환기를 원활하게 수행할 수 있도록 하였다. 이 건물에서 이중외피는 건물의 형태와 구조적인 특징, 평면계획 등과 유기적으로 통합되어 심미적인 효과와 쾌적한 실내 환경을 함께 제공하고 있다.

[그림2] 30 St. Mary Axe (London) – Norman Foster



환기 개념

이중창호 시스템 전경

환기창호 세부

우리나라에서도 고효율 창호의 보급이 점차 활성화 되고 있지만 앞서 언급한 통합적인 성능 확보는 아직까지 요원한 상황이다. 이러한 고효율 창호 시스템은 한국 시장에서는 상당히 비싼 편이기 때문에, 지금까지는 기술적으로는 실현 가능하더라도 실제 적용에 있어서는 부진한 실정이었다. 그러나 최근 주거용 건물에너지 소비량을 저감하겠다는 정부의 확고한 의지 표명과 함께 건물 외피 성능 기준이 대폭 상향되었으며, 건설분야의 이해관계자들도 이러한 고효율 외피 시스템의 필요성에 대한 인식이 형성되어 가고 있는 상황이다. 따라서 중장기적인 관점에서 이러한 고효율 창호 시스템 시장은 점차 커질 것으로 판단된다.

이러한 맥락에서 효율적으로 주거용 건물에너지 소비량을 줄이고, 국가적인 탄소 배출량 저감을 달성하기 위해서는 중장기적인 국가적인 비전에 부합 할 수 있는 비용 효율적인 기술의 개발과 고효율 외피 시스템에 대한 사용자의 인식 향상이 함께 이루어져야 할 것이다. ⑥

BUILDING : Material

친환경 기능성 건축자재의 적용기술

한국건설기술연구원 건축환경계획연구실
책임연구원 **이윤규**
yglee@kict.re.kr



서론

새집증후군이란 용어와 그로 인한 인체유해성이 부각되면서 실내공기 오염에 대한 관심이 일반인에게도 크게 증가되었다. 실내공기환경에 영향을 미치는 요인은 건축자재, 가구류, 가전제품 및 실내에서 사용되는 생활용품 등에서 방출되는 폼알데히드 및 휘발성 유기화합물과 같은 각종 유해화학물질 뿐만 아니라 부유 박테리아, 곰팡이, 바이러스 등이며, 매우 다양한 오염원에서 배출되고 있다.

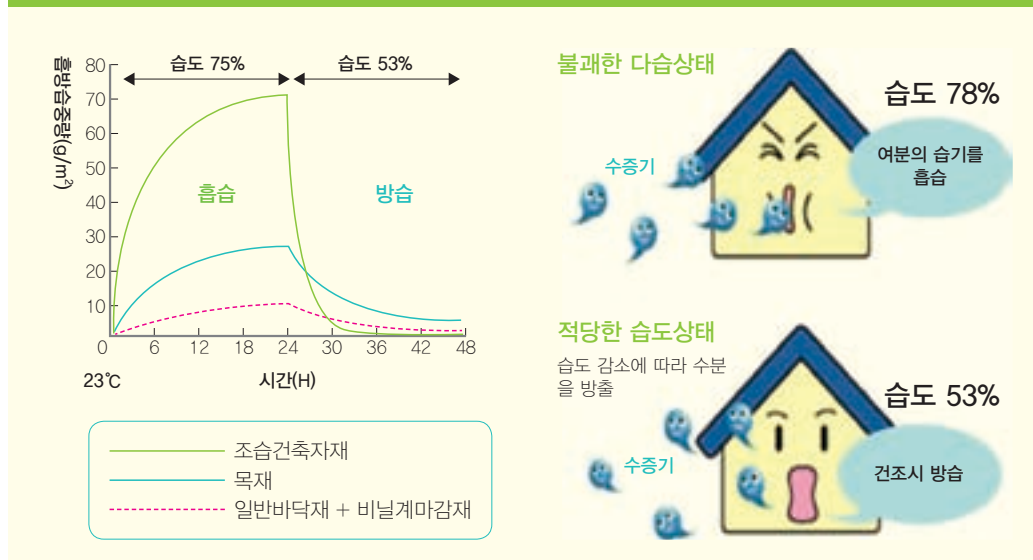
최근 환경부의 “다중이용시설 등의 실내공기질관리법”에 의하여 신축 공동주택의 경우는 입주 전에 휘발성 유기화합물과 폼알데히드를 측정하여 그 측정결과를 입주민들에게 고시해야 하는 의무와 개별 오염물질 권고기준이 설정되었을 뿐만 아니라, 시공되어지는 건축물에 대하여 오염물질 방출 건축자재의 사용제한 조치를 할 수 있게 되었다. 이와 더불어, 친환경 건축자재에 대한 인증제도가 한국공기청정협회 및 친환경상품진흥원 등에서 시행되어 건축자재의 환경친화성에 대한 소비자의 요구에 부응하고 있다.

그러나, 현재 국내 건축자재의 경우, 단순히 유해화학물질을 적게 방출하는 보건학적 측면에만 초점이 맞추어져 있으며, 실내의 습도를 적절하게 조절할 수 있는 흡방습 성능(조습성능)이나 유해화학물질의 흡착, 분해 성능 등 건축자재가 갖는 기능성 측면에 대한 관심은 상대적으로 미흡한 실정이다.

건강한 실내환경을 위한 친환경 기능성 건축자재

주거형태가 고기밀화 되어가면서 실내의 욕실, 조리기구 등에서 발생하는 습기가 실내에 보다 영향을 미치게 되었다. 사람이 쾌적하게 느끼는 상대습도는 40~60%정도이며, 건조시에는 바이러스가 활동하여 피부 및 호흡기에 영향을 준다. 또한 고습시에는 우리에게 불쾌감을 주며 결로가 발생하여 곰팡이, 진드기 등의 번식이 이루어지고, 이로 인하여 호흡기 등 인간의 건강에 유해한 영향을 준다. 이렇듯, 실내공기 중의 습도를 조절하는 것은 매우 중요한 일이며, 이는 건축자재의 흡·방습 성능으로 해결 할 수 있다. 건축자재의 흡·방습의 원리는 건축자재의 미세기공을 통하여 고습시 수분을 흡습하였다가 건조시 수분을 방출하여 실내의 습도를 일정하게 유지시켜주는 비교적 간단한 메커니즘에 기인하고 있다.

[그림1] 조습(흡방습) 건축자재의 효과 및 특성¹⁾

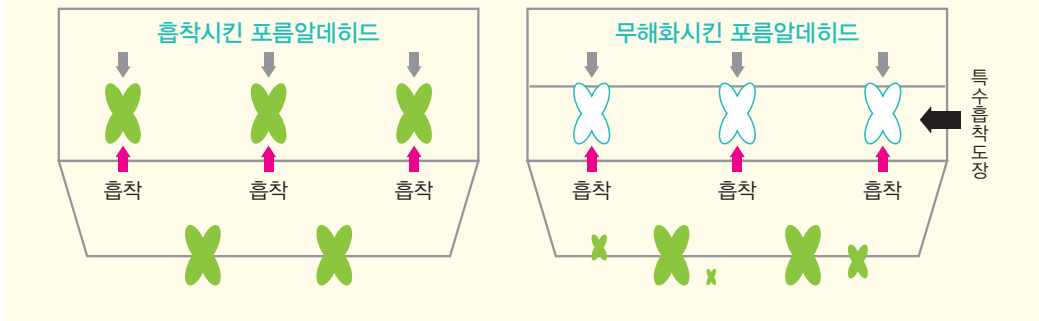


실내공기 중의 폼알데하이드 제거를 위한 흡착제로는 대표적 탄소질 흡착제인 활성탄, 대나무탄 등이 있으며, 여기에 실내의 유해 화학물질을 흡착하여 제거하는 건축자재의 기본적인 메커니즘은 [그림2]와 같다.

흡방습성능을 갖는 제품의 경우, 제품의 특성상 탈취성능과 폼알데하이드 등의 오염물질을 흡착하여 제거하는 성능도 갖고 있는 것으로 보고되고 있다. 특히, 우리나라에서 많이 사용되는 친환경 건축자재라는 용어는 단순히 오염물질을 저방출하는 자재가 아니라 실제로 거주자의 건강과 쾌적성 등도 고려하여야 한다

1) 高野敏克, 調濕建材を知る, 第3會調濕建材セミナー, 2006.3

[그림2] 오염물질 흡착 건축자재의 기본 메카니즘

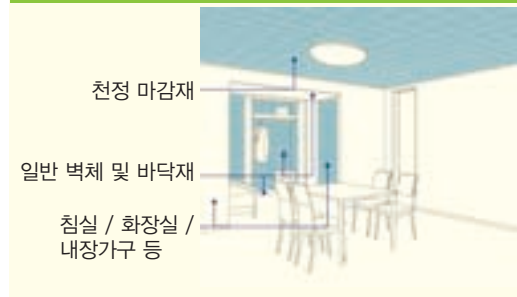


는 측면에서 건축자재의 흡방습성과 이에 부가적으로 나타나는 다양한 오염물질의 흡착제거 성능은 매우 중요한 환경요소들이라고 할 수 있다.

이와 같이 기능성 건축자재와 관련된 최근의 국제적 동향을 살펴보면 건축자재가 가질 수 있는 매우 다양한 기능 중에 실내습도를 적절하게 조절할 수 있는 흡방습성과 유해화학물질의 흡착 또는 분해성을 갖는 제품들의 연구개발 및 제품 생산에 초점을 맞추고 있다.

본 연구에서도 이에 초점을 맞추어 저에너지 친환경 공동주택에 적용될 수 있는 흡방습 건축자재, 무기질 도료, 흡착성을 갖는 마감재 등을 개발하였다. 주요 적용부위는 벽체 및 천정 마감재이며, 이를 실내에 효과적으로 적용할 경우, 약 20~30%의 오염물질 저감효과가 있는 것으로 나타났다.

[그림3] 기능성 건축자재 및 제품의 적용가능 부위



결론

최근 국내의 경우, 웰빙문화의 확산과 건강하고 안전한 실내공기환경에 대한 국민의 관심이 크게 증가하여 기능성 건축자재가 병원, 초등학교, 유치원, 주택 및 아파트, 호텔, 음식점 등 매우 다양한 곳에서 시공이 이루어지고 있으므로 소비자들이 보다 쉽게 성능이 좋은 제품을 선정할 수 있도록 제도적 뒷받침이 필요한 실정이다. 원적외선, 음이온 등 아직까지 인체에 대한 유/무해성이 객관적으로 입증되지 않은 기능이 적용된 건축자재가 다소 큰 비율을 차지하고 있는 것으로 나타났으며, 일본 등의 주요 선진국에서 최근 관심이 집중되고 있는 흡방습 및 흡착분해 기능을 갖고 있는 제품에 대한 관심과 수요도 증가하고 있는 것으로 판단된다.

따라서, 거주자의 건강 및 안전에 대한 배려뿐만 아니라 성능 및 기능이 우수한 자재의 적용을 활성화 시키는 측면에서 관련제품에 대한 성능평가와 저감효과를 분석할 수 있는 표준화된 측정방법의 정립이 요구된다.

이를 해결하기 위하여 국토해양부 및 환경부 등 관련부처에서는 국내에서 생산 및 판매되는 기능성 건축자재에 대한 실태조사와 객관적인 성능평가방법의 도출을 통하여, 기능성 건축자재의 효과적인 관리방안 및 향후 관련 정책대안을 제시할 계획이다. ⑥

SYSTEM : Heating & Cooling

환경친화적 주거건물 을 위한 에너지 절약적 냉방 시스템

서울대학교 건축학과,
초고층복합빌딩의 에너지저감 환경기술
연구개발단 단장

교수 김 광 우

snukkw@snu.ac.kr

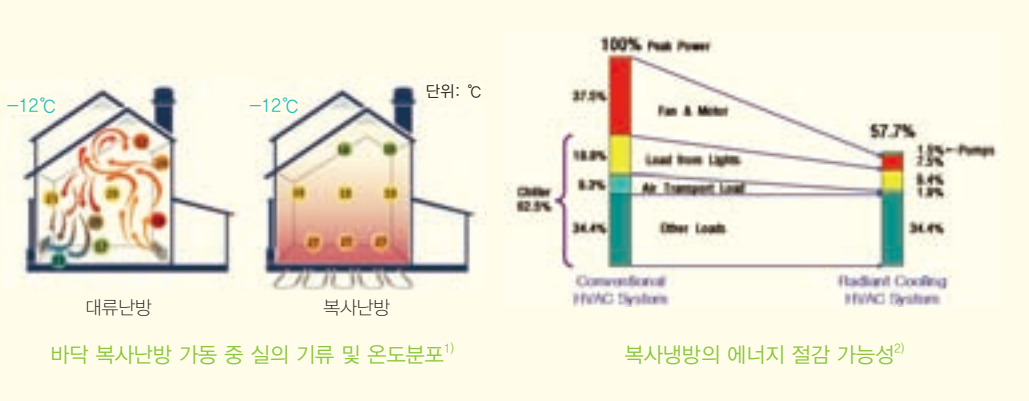


대류냉방과 복사냉방

복사냉·난방은 전도, 대류, 복사의 열전달 방식 중 복사에 의한 열전달 비율이 50% 이상인 냉·난방 방식을 의미하며, 국내 주거건물에 주로 사용되는 온수를 이용한 바닥 복사난방(온돌)이 대표적인 예라 할 수 있다. 복사냉·난방 시스템은 쾌적과 에너지 절약 측면에서 대류 방식에 비해 우수한 시스템으로 인정받고 있으며, 최근에 에너지 및 환경에 대한 국제적 관심이 고조되면서 더욱 주목을 받고 있는 시스템이다. 특히, 대류 냉방 시스템으로서 국내 주거건물에 주로 사용되는 패키지 에어컨(PAC)은 하절기 최대 전력 수요(peak load)를 상승시킬 뿐 아니라 실온 불균등·기류 발생 등 쾌적의 문제도 거론되고 있어, 주거용 냉방 시스템으로 복사냉방을 적용하고자 하는 움직임이 있다.

[그림1] 대류 방식과 비교한 복사냉난방 방식의 장점

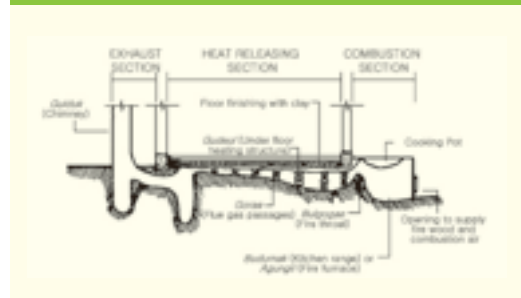
쾌적성 측면	에너지 절약 측면
<ul style="list-style-type: none"> ◦ 균일한 실내 온도분포(수직, 수평) ◦ 기류로 인한 불쾌적을 유발하지 않음 ◦ 소음이 적음 ◦ 먼지 비산 등의 문제가 없어 위생적 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 상대적으로 높은 온도의 냉수(열매체)를 사용하므로 냉동기 효율 높일 수 있음 ◦ 신재생 에너지 활용 가능 ◦ 공기보다 열용량이 큰 물을 이용하므로 열매체 운송 동력 절감 ◦ 상대적으로 높거나(냉방) 낮은(난방) 온도에서도 쾌적하게 느끼므로 에너지 절감 가능성 큼



복사냉방 시스템의 적용 현황

바닥 복사난방(온돌) 시스템은 고조선 말기 또는 고구려 초기에 만주나 연해주 지방을 중심으로 화로에서 발생하는 뜨거운 연기를 실내 바닥의 하부로 공급하여 뜨거워진 바닥면을 난방에 활용하는 데서 기원을 찾을 수 있다. 오늘날과 같이 온수를 이용하는 현대적인 바닥 복사난방 시스템은 1909년 영국에서 시작되었으며, 1970년대 후반 미국과 유럽에서는 복사난방 방식의 에너지 절감 성능, 새로운 부속 개발로 인해 복사난방 방식에 대한 관심이 재조명되며 관련 산업이 꾸준하게 증가하기 시작하였다.

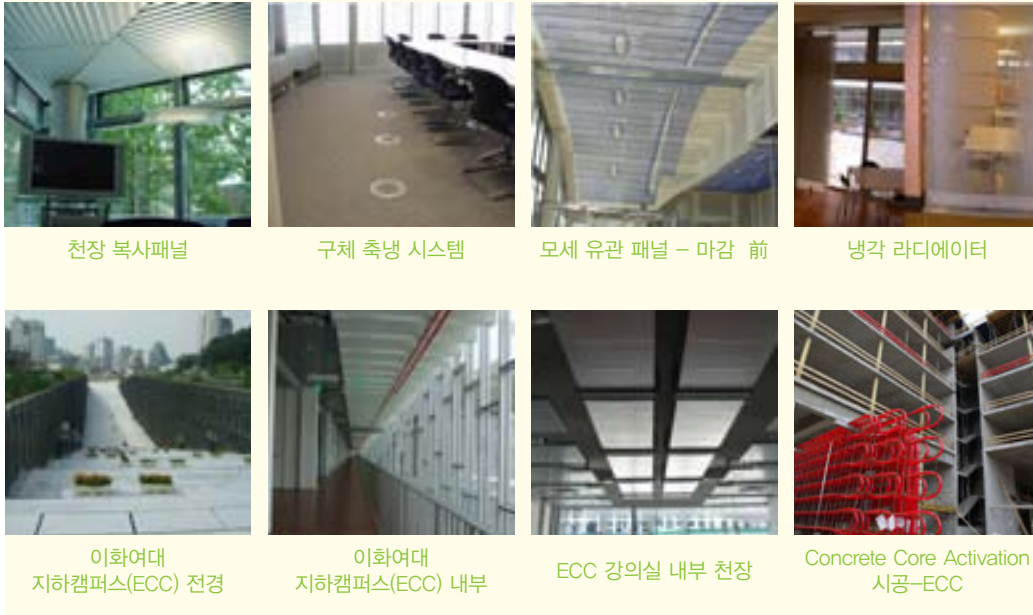
[그림2] 전통 온돌난방 시스템의 단면



1) Source : The Home Energy Company

2) Source : Lawrence Berkeley National Laboratory

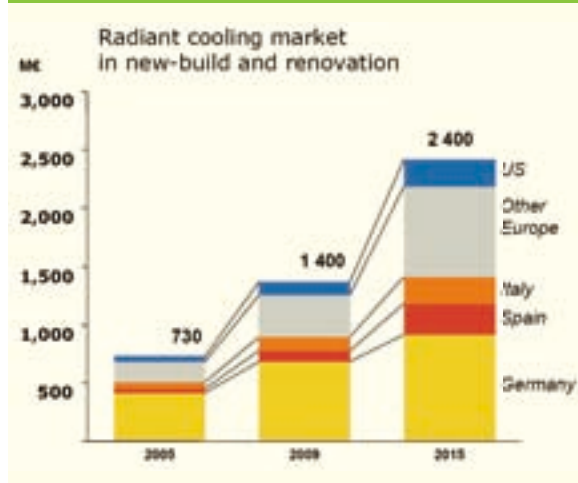
[그림3] 복사냉방 시스템의 적용현황



복사냉방 패널에 냉수를 공급하여 냉방을 하는 복사냉방 시스템은 1930년대부터 연구가 시작되었으며, 1990년대 들어서 독일을 중심으로 사무소 건물에 적용하기 시작하였다. 최근 들어 일본과 중국에서도 복사냉방을 활발하게 적용하고 있으며, 국내에도 이화여자대학교 지하캠퍼스(ECC)에 적용한 사례가 있다.

복사냉방 시스템은 높아진 냉방에 대한 요구 쾌적도, 에너지 소비량 및 환경부하 저감에 대한 요구에 적절하게 대응할 수 있는 시스템으로서 유럽을 중심으로 그 적용이 점차 증가하고 있는 추세이다. 유럽의 경우 냉방시스템 중 복사냉방이 차지하는 비율이 2005년 4%에서 2015년 12%를 차지할 것으로 전망하고 있다. 또한 복사냉방 시장도 점차 성장하는 추세로 유럽의 경우 매년 15% 정도의 성장을 유지하고 있으며, 미국도 현재 시장은 작은 편이지만 유럽과 비슷한 성장 속도를 유지할 것으로 기대된다.

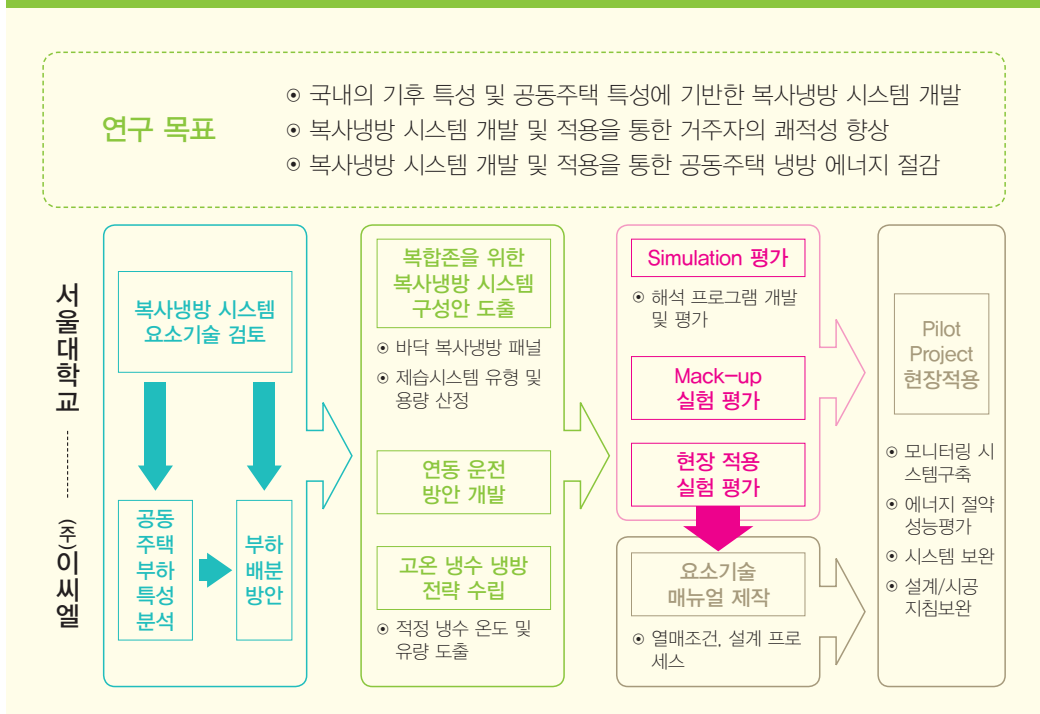
[그림4] 신축/개축 건물에서의 복사냉방 시장. Source: Uponor



저에너지 친환경 공동주택 요소기술로서의 복사냉방 시스템 기술 개발

복사냉방의 일반적인 장점뿐 아니라, 대부분의 국내 주거건물은 바닥 복사난방(온돌) 시스템을 사용하고 있으므로 기존의 난방배관에 냉수를 공급하여 냉방을 하면 냉방 시스템의 설치비용도 절약할 수 있어 유리하다. 기존 연구에서는 바닥 복사냉방 시스템이 주거건물에 적용되었을 때, 바닥 표면이 불쾌할 정도로 차지 않으면서도 충분한 냉방 능력을 발휘하는지와 찬 바닥 표면에 습기가 맺히는 것(표면 결로)을 해결하는 방법 등에 대해 연구하였다. 이를 통해 바닥 복사냉방 시스템이 주거건물에 적용 가능함을 검증하였으며, 연구 수준을 고려할 때 실용화를 눈앞에 두고 있는 상황이라 할 수 있다. 따라서 「저에너지 친환경 공동주택 기술개발」연구에서는 바닥 복사냉방 시스템의 실용화를 위해 다음과 같은 연구를 진행하였다.

[그림5] 「저에너지 친환경 공동주택 기술개발」연구에서 복사냉방 시스템 개발 연구 추진체계



복사냉방 시스템의 미래

환경 친화적이고 에너지 절약적인 냉방 시스템으로서 복사냉방 시스템이 주거건물에 활발하게 적용되어 그 효과를 발휘하기 위해 시스템의 효율을 향상시키기 위한 노력과 함께 건물 부하저감을 위한 노력도 병행되어야 한다.

1. 건물 부하저감을 위한 노력

건물 부하의 저감은 건물의 단열 성능을 향상시키고 일사를 효과적으로 차단할 수 있는 기술 등을 통해 가능하며, 냉방 에너지의 절대적인 소비량을 감소시킬 수 있는 기본적인 방법이라 할 수 있다. 그러나 복사냉방 시스템은 건물 부하의 저감을 통해 다음과 같은 추가적인 효과를 기대할 수 있어 복사냉방 시스템의 에너지 절약 성능은 더욱 향상될 수 있다.

[표1] 건물 부하 저감을 통해 기대되는 복사냉방 시스템의 추가 효과	
열원의 효율 향상	냉방 요구량 감소로 인해 공급 냉수의 온도를 높일 수 있어 열원 시스템(냉동기 등)의 효율 상승
신재생에너지 활용 가능성	생산해야할 냉열원(냉수)의 온도가 높아짐으로 인해 신재생에너지 활용 가능성과 효율이 더욱 높아짐
제습 운전 에너지 감소	상대적으로 높은 온도의 냉수를 공급하므로 바닥 표면온도가 높아져 제습의 필요성 감소
시스템 소형화 및 단순화	시스템의 용량 감소와 효율 향상으로 인해 시스템의 소형화 및 단순화가 가능

2. 냉방 시스템의 효율 향상을 위한 노력

냉방 에너지 저감을 위한 노력으로 냉방 시스템의 효율을 향상시키는 노력이 지속되어야 하며, 다음과 같은 영역에서의 연구 개발이 필요하다.

[표2] 냉방 시스템 효율 향상을 위해 지속적으로 필요한 연구	
열원 시스템	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 냉동기 등 열원 시스템의 효율 향상 기술 ◦ 신재생에너지 활용 기술
분배 시스템	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 난방 시스템과 연계된 효율적인 분배 시스템 구성 ◦ 열매체 수송 중 열손실을 줄이는 방법과 자재, 부품
말단 시스템	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 제습시스템의 제습 효율 향상 기술 ◦ 냉방 패널의 냉방능력 향상을 위한 설계, 재료, 구성 기술 ◦ 환기 유닛 등 다른 시스템과의 연계 기술
제어 시스템	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 측정 및 제어 단순화 ◦ 에너지 절약적인 운전 방안

앞서 언급한 특징들로 미루어볼 때, 복사냉방 시스템은 쾌적 향상 및 에너지 소비량 저감 요구에 부응할 수 있는 냉방 시스템이라 할 수 있으며, 특히 기존의 바닥 복사난방(온돌) 시스템과 일체화하여 구성한다면 냉방을 위한 시설 투자비를 크게 줄이면서 냉방 시스템의 성능을 향상시킬 수 있을 것으로 기대된다. 또한 건물 부하저감과 고효율의 냉방 시스템 개발이 함께 이루어진다면 미래에는 그 적용 타당성이 더욱 높아져 환경 친화적 주거건물을 위한 에너지 절약적 냉방 시스템으로서 적용이 활발해 질 것이다. ⑥

SYSTEM : Heating & Cooling

인공지능 제어로 인한 효과적인 온돌난방 시스템

연세대학교 전기전자공학부
교수 박민용
mignpark@yonsei.ac.kr



온돌난방시스템이란?

난방에 사용하는 장치로 방열기, 온풍난방, 공기조화, 바닥 난방 방법으로 분류할 수 있다. 온풍난방, 공기조화 방법은 대류열을 이용하여 따뜻하게 하지만 공기의 위부터 따뜻하게 되고 실내 습도를 건조하게 만든다. 방열기는 공기의 하단을 따뜻하게 하지만 극소부분만을 따뜻하게 하므로 쾌적한 환경을 만든데 시간과 에너지가 많이 사용된다. 그러나 사람이 주거하는 주거공간의 경우 인체 중 다리는 따뜻하며 머리는 차가운 온도분포가 가능한 복사난방이 가능한 바닥 난방 방식이 인체에 가장 유익하고 습도와 온도유지가 오래되는 바닥 난방이라 할 수 있다. 이 바닥난방은 우리 선조부터 내려온 온돌난방 시스템인 것이다.

과거 온돌난방은 불을 때어 방바닥 아래의 구들을 데움으로써, 이때 발생하는 복사열에 의하여 방안과의 열평형 상태가 유지되도록 하는 난방 방식이었다. 현재는 바닥에 불을 피우

지 않고 별도의 가정용 보일러를 이용하여 원하는 난방수의 온도를 맞추도록 되어 있어, 열원을 만들어 내는 수단만 바뀌었을 뿐, 기본적인 온돌난방의 메커니즘은 그대로이다. 다만, 보일러는 그만큼 효율적으로 온돌난방을 구현할 수 있도록 현대화된 기기이므로 그만큼 온돌의 특성과 잘 어우러져야만 하며, 에너지와 환경 등이 보다 중요하게 인식되고 있기 때문에, 보일러가 고효율 성능과 친환경적인 요소와 더불어 최첨단 제어 시스템을 동반하여야만 하는 것이 최근 추세이다.

현재의 온돌난방시스템의 문제점

최근 온돌난방시스템은 온도에 대류제어방식, 즉 바닥에 설치된 파이프에 온수를 보내어 난방온도를 조절함에 따라 발생하는 에너지 낭비와 난방부하로 인한 일부분만 따뜻해지는 편난방현상 및 설비수명 단축의 문제점을 해결했다. 그래서 국제온돌학회에서는 평균 41.9%에서 최대 57%까지 에너지 절감효과가 있다고 발표했다.

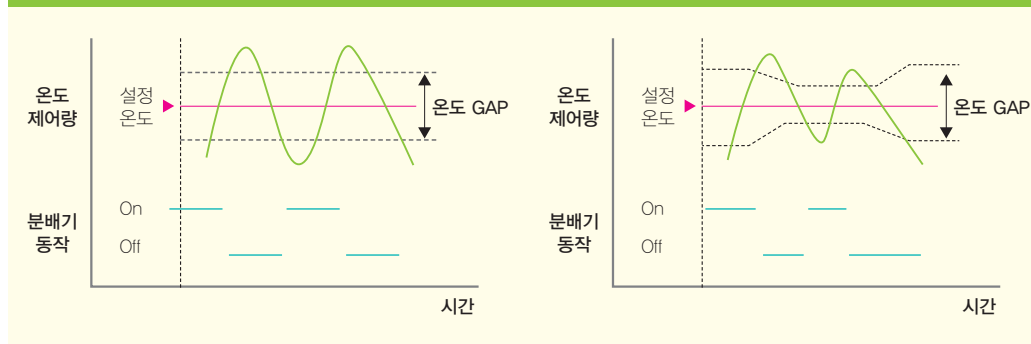
기존의 온돌난방시스템은 설정온도에 도달하여 그 온도를 유지하기 위해 온도 GAP을 일정하게 설정하여 그 온도 GAP 벗어났을 때 온수분배기의 밸브를 열었다 닫았다를 조절하는 시스템이다.

이로 인해 4계절이 있는 한국에서는 계절마다 외부온도의 변화로 실내온도 변화량이 달라짐에도 불구하고 고정된 온도GAP을 사용하여 온수사용이 불필요하게 오래 지속되고 온도의 차로 인해 쾌적한 온도를 조성하기 어려운 설정이다.

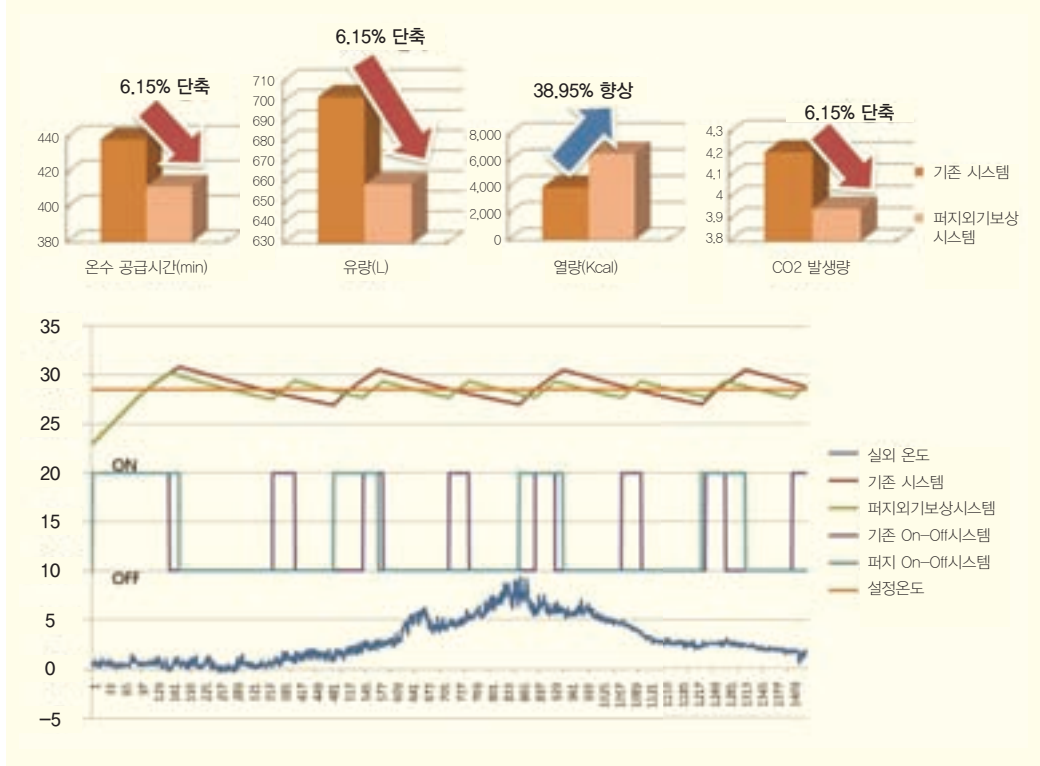
퍼지외기보상시스템을 통한 성능 향상

기존의 온돌난방시스템에 좀더 인공지능적인 제어를 통해 보다 효과적인 에너지 절감과 쾌적한 온도를 유지하기 위해서 퍼지외기보상시스템을 부착한다. 퍼지외기보상 시스템이란, 여러 내외부적인 요인들을 고려하여 스스로가 효율적인 제어를 하는 시스템을 말한다. 그로 인해 외부 온도의 변화를 측정하여 실내온도 변화를 예측할 수 있어서 온도GAP을 가변시켜 불필요한 온수 사용과 설정온도유지를 지속시킴으로써 기존의 온돌난방시스템보다 효율적인 난방시스템을 실현할 수 있다.

[그림1] 기존 시스템(좌)과 퍼지외기보상시스템(우)의 온도GAP의 변화



[그림2] 기존 바닥난방시스템과 퍼지시스템과의 성능비교



성능 향상 인한 기대효과 및 추후 연구 방향

퍼지외기보상시스템의 성능평가를 위해 단일온돌방에서 82m의 길이로 64회 구부러진 파이프를 설치하고 55℃의 온수 공급과 45℃의 환수되도록 파이프를 설치하고 1.65lpm의 유량으로 공급할 수 있는 시스템을 구축하였다. 이 때, 단일 온돌방에서 바닥 온도는 25℃이고, 실내 설정온도는 23℃로 설정한 후에 실험하였다. 그 결과로 퍼지외기 보상시스템은 사용시간을 기존 시스템보다 6.15% 단축하였고 실내 유량이 6.15% 적게 들어오는데 불구하고 실내 열량을 38.95%까지 상승시켜 고효율을 보여주고 있다. 또한 CO₂배출량을 6.15%를 감소시켜 환경오염을 축소시킨다. 이러한 효과는 실외온도를 측정하여 실내온도의 변화를 예측하고 밖으로 빠지는 열량을 보호하기 위해 온도가 떨어지기 전에 가동시켜 설정온도를 보다 효과적으로 유지시켜주기 때문에 발생한다.

대중적으로 사용되는 온돌난방시스템에 인공지능을 적용시켜 보다 효율적이고 친환경적인 난방시스템을 구축할 수 있다. 이를 실현하기 위해서는 난방 시스템의 다양한 요인들을 고려한 시스템을 구축해야 한다. 이번 연구에는 내부, 외부 온도를 이용하여 온도차이를 설정하였으나 내부, 외부 습도, 바닥 재질, 창호의 위치와 특성을 고려한다면 열효율을 향상시킬 수 있을 것이다. ⑥

SYSTEM : Ventilation

저에너지 친환경 공동주택 환기기술 개발

국민대학교 기계자동차공학부
웰빙환경기술연구소 소장

교수 **한 화택**

hhan@kookmin.ac.kr

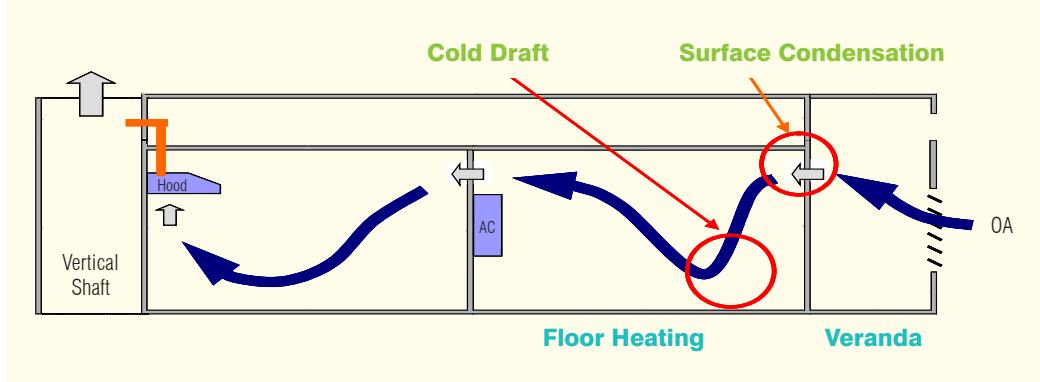


환기에너지 소비 VS. 절감

사람이 숨을 쉬는 것과 마찬가지로 건물도 숨을 쉬어야 한다. 환기를 통해서 공간에 생명을 불어넣고 사람들에게 건강하고 쾌적한 실내공간을 제공한다. 환기란 오염된 실내공기를 바깥의 신선 공기로 대체하는 매우 단순한 기술이지만, 에너지 절약을 피하면서 효율적으로 외기를 공급하기 위해서는 여러 가지 기술들을 필요로 한다.

옛날 토담집과 같이 기밀하지 않은 건물에서는 흠벽이나 문풍지 틈새를 통한 침기만으로 평상시 필요한 환기량 이상을 확보할 수 있었다. 기계적인 환기장치가 불필요 하였으며, 꼭 필요한 경우에 창문을 여는 행위만으로 추가적인 환기량을 확보할 수 있었다. 그러나 건축기술이 발달하고 에너지 절약을 위하여 건물이 밀폐화되고 창문의 개폐가 자유롭지 못하게 되면서 인위적인 환기 장치가 필요하게 되었다. 이러한 시스템의 적용에는 실내에 필요한 환기량을 지속적으로 공급하되 그에 따라 소비되는 에너지량을 최소화하는 것이 문제의 핵심이다.

[그림1] 환기 개념도



여러가지 환기기술

1. 폐열회수 환기 기술

가장 대표적인 기술이 폐열회수 환기 기술이다. 겨울철 찬 외기가 직접 실내로 들어오는 것을 막고 밖으로 버려지는 에너지를 일부 회수하기 위한 것이다. 여러 가지 형태의 폐열회수 환기장치가 개발되고 있으며 열 전달 매질의 최적설계를 통하여 성능 향상을 꾀하고 있다. 이러한 환기장치에서 열회수 효율이 중요하지만 그밖에 덕트를 통한 유동 소음을 줄이고, 터교체, 덕트 청소 등 유지관리 상의 문제점을 해결할 수 있어야 한다.

2. 무덕트 환기 기술

다음으로 바람이나 온도차가 가지고 있는 자연환기력을 활용하는 무덕트 환기기술이다. 자연환기구를 이용하는 경우 건물내 환기 덕트를 설치할 필요가 없고, 주방 후드 등 배기장치의 배기력을 이용하여 자연스럽게 외기를 실내로 유도할 수 있다. 이 경우에 외기도입구 부근의 기류를 적절히 분산시켜 특히 겨울철 표면 결로나 콜드드래프트를 방지하도록 설계하여야 한다.

3. 하이브리드 환기 기술

또한 자연환기와 기계환기를 그때그때 번갈아 활용하는 하이브리드 환기기술도 적용되고 있다. 계절에 따라서 또는 외기 조건에 따라서 자연환기를 활용하는 것이 유리할 때가 있고 반대로 폐열회수 환기장치를 가동하는 것이 유리할 때가 있다. 또 실내에 머물고 있는 사람의 수 또는 실내 오염발생 정도를 감안하여 실내에서 요구되는 만큼의 환기량으로 운전함으로써 환기에 소요되는 에너지를 더욱 절감할 수 있다. 하이브리드 환기기술은 현재 건물의 환기 에너지를 저감할 수 있는 매우 중요한 기술로 주목 받고 있으며, 시스템의 구성 뿐만 아니라 우리나라 기후와 생활습성 등을 고려한 에너지 절약적인 제어 알고리즘을 지속적으로 개발해 나가는 것이 필요하다. ㉔

SYSTEM : Renewable Energy

공동주택과
신재생 에너지

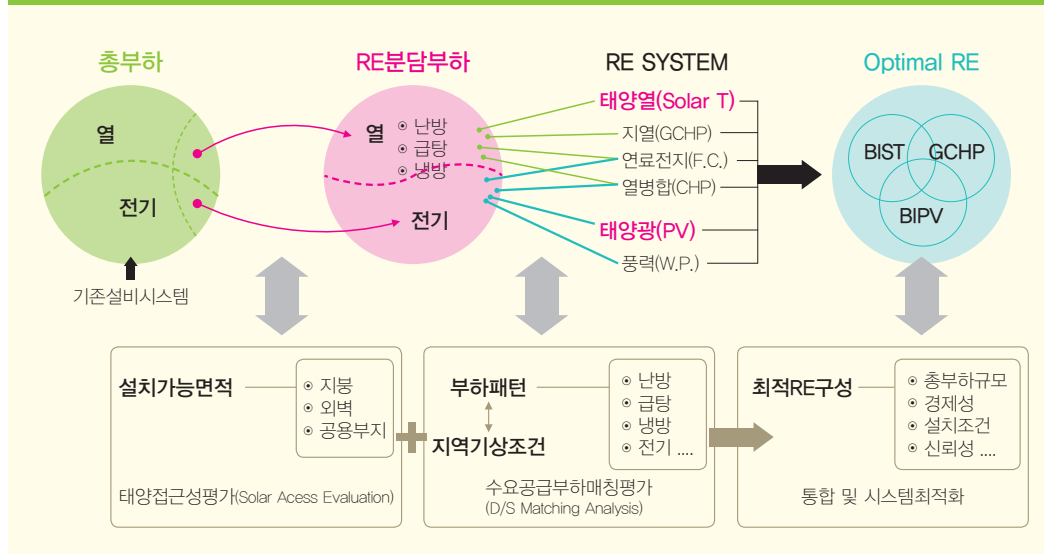
한밭대학교 건축공학과
교수 윤종호
jhyoon@hanbat.ac.kr

에너지 자립을 위한
신재생 에너지의 필요성

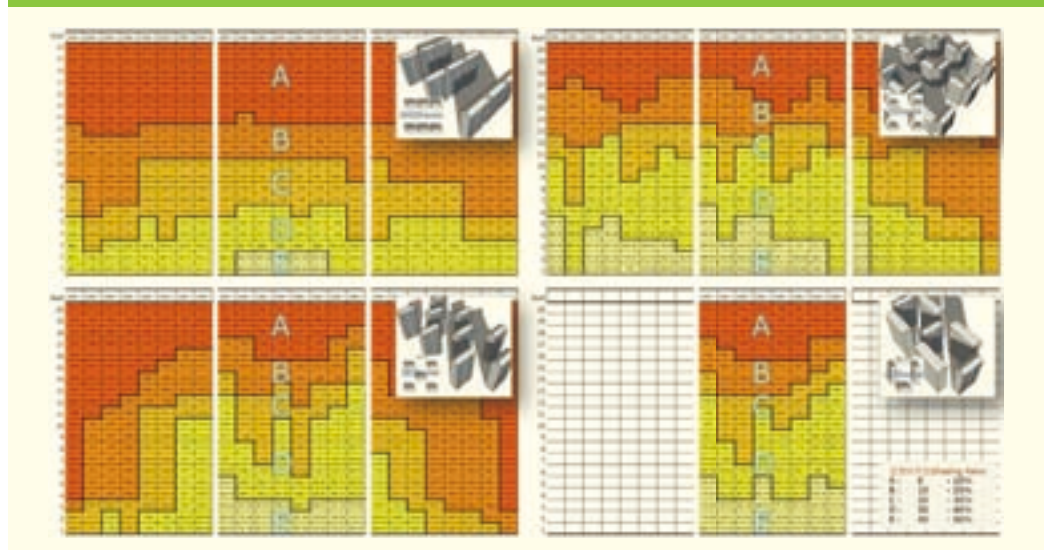
전세계적인 저탄소 녹색성장 물결의 영향은 건설시장에도 많은 변화를 요구하고 있다. 일례로 2016년부터 영국내 신축되는 모든 주택은 화석에너지를 전혀 사용하지 못하는 제로에너지주택 또는 탄소제로주택으로만 건설해야 한다. 이를 위해서는 기존까지 행해오던 에너지절약 및 에너지효율 중심의 단순 독립적 기술의 부분적용을 통해서만 구현이 불가능하다. 통합설계기술의 기반하에 에너지절약, 효율은 물론 각종 신재생에너지 기술을 모두 포괄한 종합적 접근방법을 통해서만 화석에너지원으로 부터의 독립이 가능한 것이다. 유럽 미국을 포함한 대다수의 선진국가가 2020년을 전후해 탄소제로주택의 의무화를 계획하고 있으며, 우리나라 또한 2025년에 의무시행을 선언하였기에 향후 건설시장은 탄소제로건축이라는 새로운 패러다임으로의 대변혁이 예상된다.

이 과정에서 상대적으로 경제성이 떨어지는 신재생에너지의 경우 과거에는 선택적 포함사항이었지만 전체 에너지를 자립해야 하는 탄소제로건축에 있어서는 잔여부하를 책임져야하는 필수불가결한 기술로 자리잡고 있다. 한편 최근 건설되는 주거건물의 70% 이상을 차지하는 공동주택의 경우도 친환경성능인증제도를 포함해 각종 친환경 기술의 적용에 대한 시도가 활발히 진행되고 있다. 특히 최근 들어서는 태양열과 태양광 시스템으로 대표되는 신재생에너지 시스템의 공동주택 적용을 위한 시도가 다양하게 추진되고 있으나, 단독주택과 달리 고층의 인접 건물간 밀도가 높기 때문에 근본적으로 태양에너지 시스템을 적용하는데 많은 제약사항이 따른다.

[그림1] 공동주택의 신재생에너지 최적공급을 위한 접근개념



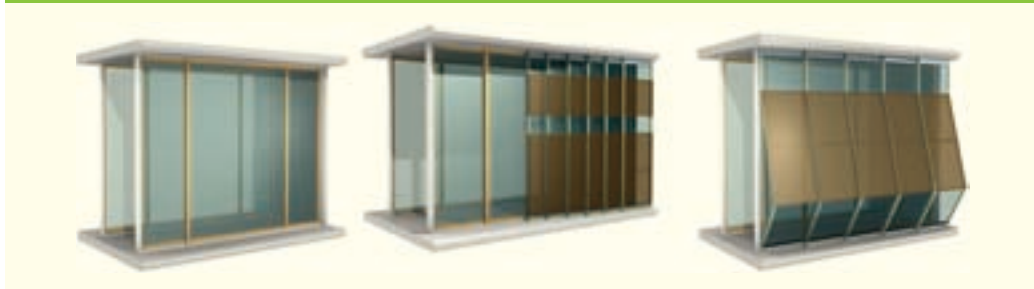
[그림2] 공동주택 배치형태 및 인동간격에 따른 동전면의 연간 음영면적비



공동주택의 신재생 에너지 적용

[그림1]은 재생에너지(RE ; Renewable Energy)를 이용하여 공동주택 단지의 열 및 전기에너지를 효과적으로 공급하기 위해 요구되는 체계적 접근방법을 개념화한 것이다. 공동주택의 에너지 부하는 열부하 및 전기부하로 대별될 수 있으며, 단위세대, 동 및 단지 규모로 합산되어 총부하를 구성하게 된다. 신재생에너지를 통해 공동주택 총부하의 일정부분을 담당하고자 할 경우 열 및 전기부하로 구분하여 접근되어야 하며, 열의 경우는 급탕, 난방 및 냉방으로 세분하여 고려하여야 할 것이다. 이 과정에서 신재생에너지를 어느 정도 공급할 수 있을 것인가의 문제가 가장 먼저 선결되어야 하며, 경제성 문제와 함께 공동주택의 경우 단지 내 여건에 따른 설치가능면적에 의해 공급가능량이 결정될 것이다. 한편 공동주택은 단지내 인동간격 및 배치형태, 방위에 따른 단위세대내의 음영영향이 크게 변화되며, 이는 태양열 및 태양광 시스템 적용시 매우 큰 영향요소가 된다. 따라서 본 연구에서는 공동주택 배치유형 중 대표적인 4개 유형을 선정하고, 방위변화에 따른 공동주택 단위세대 및 동단위의 음영영향 평가를 수행하였으며, 그 결과의 일례로 [그림2]에 도식된 각동 전면의 연간 적산일사량에 근거한 음영면적비 분석도를 제시하였다. 이 결과는 공동주택 단지 내 세대 또는 동의 지붕, 외벽 및 발코니 전면 창호에 어느 정도 규모로 어떠한 시스템을 어느 위치에 어떻게 적용할 것인가에 대한 판단 과정에 활용될 것이다.

[그림3] 발코니형 태양광발전 차양시스템 설계사례(안)



한편 공동주택 단지에서 재생에너지의 부담은 난방 및 급탕에 의한 요구와 조명 및 기타 전기기구 사용을 위한 전기의 요구가 있다. 열에너지는 태양열 에너지시스템과 지열 및 연료전지, 열병합발전 등을 이용하여 해결할 수 있고 전기에너지는 PV패널, 풍력, 연료전지 및 펠렛 열병합 등을 통해서도 공급가능하다. 이들 시스템은 단일 종류로도 적용가능하며, 여러 시스템을 조합해서 공급하는 것도 가능하다. 이때 어떻게 시스템을 구성할까의 문제는 해당 지역의 풍력, 일사, 지중조건 등 활용가능한 자연에너지의 가용조건과 부하의 전체규모 및 시간별 변동에 따라 달라질 것이다. 효과적인 시스템의 구성을 위해서는 수요와 공급의 부하매칭에 대한 평가과정을 통해 최적의 시스템을 구성하는 것이 바람직할 것이다. 물론 이때의 판정기준은 경제성과 부하규모, 부하종류, 시스템 가용성과 신뢰성 등의 판정기준이 고려되어야 한다.

공동주택을 위한 최적의 신재생에너지 시스템 종류 및 규모와 구성이 결정되면, 각기 시스템의 적용을 위한 상세설계 및 최적화과정이 진행되어야 한다. 연료전지나 지열 히트펌프, 펠렛보일러, 열병합 등 지하기계에 설치되는 시스템과 달리 태양열 및 태양광 시스템의 경우는 건물외피에 설치되기 때문에 설치방법과 위치, 외관, 크기, 배관방법, 기존 외피기능과의 복합화 등 다양한 추가적 검토요인과 최적화 설계가 필요하다. [그림3]은 이러한 해결안의 일례로 본 연구에서 제안된 투광성 태양광 PV모듈을 이용한 발코니형 접이식 PV차양장치 예를 나타낸 것이다. 본 연구를 통해 발코니 공간을 활용한 태양열 및 태양광 시스템의 적용을 위한 관련 특허도 다수 출원하였다.

향후 공동주택 조건을 고려한 다양한 형태의 태양광 및 태양열 시스템의 장치 개발이 후속되어야 할 것이며, 특히 계간열저장을 포함한 신재생에너지 중앙공급시스템의 도입도 공동주택의 특성을 살린 효과적 시스템으로 주목받을 것이다. 곧 다가올 에너지자립 탄소제로주택 시대에서 차지하는 신재생에너지 시스템의 중요성을 고려할 때 보다 많은 관심과 노력을 가지고 미래시장을 준비해야 할 것이다. ⑥

SYSTEM : Renewable Energy

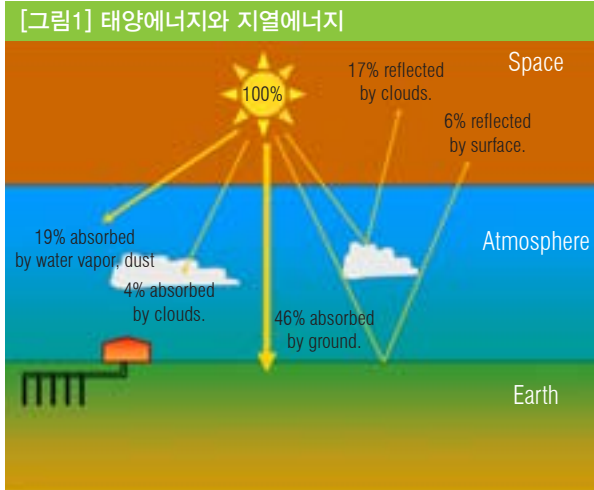
도시의 미활용,
지열 에너지

에너지기술연구원
연구원 이 의 준
ejlee@kier.ac.kr



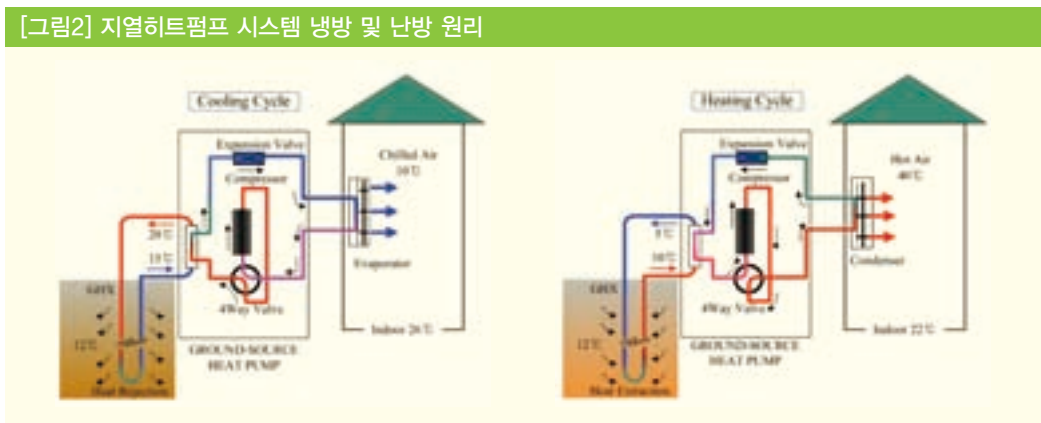
지열 에너지의 활용

지열이란 지표면의 얇은 곳에서부터 수km 깊이에 존재하는 뜨거운 물과 암석을 포함하여 땅이 가지고 있는 에너지를 말하며, 통상 후자에 있어 뜨거운 물을 온천, 녹아 있는 암석을 마그마라고 부른다. [그림1]에서와 같이 태양열의 약 46%가 지표면을 통해 지하에 저장되며, 이렇게 태양열을 흡수한 땅속의 온도는 지형에 따라 다르지만 지표면(100~200m) 가까운 땅속의 온도는 개략 10~20℃정도로 연중 큰 변화가 없으나 지하 수km의 지열온도는 40℃~150℃이상을 유지한다. 이렇듯 지열은 태양과 지구가 존재하는 한 계속 생성되는 에너지의 보고로 지열에너지원은 무궁무진하다 할 수 있다. 우리나라인 경우 일본, 이태리 등과 같은 화산지대가 거의 존재하지 않아 심층지열 이용은 매우 어려운 것으로 나타나고 있으며, 이에 따라 현재는 지하 100~200m 깊이의 지열을 이용하는 지열히트 펌프 시스템의 개발 보급이 점차적으로 활성화되고 있다.



지열히트펌프 시스템

지열히트펌프 시스템[그림2]은 크게 지중열교환기와 히트펌프 유닛으로 구성된 시스템으로 냉·난방 기능을 냉매의 흐름을 조절함으로써 하나의 단일 시스템으로 운전이 가능하다. 냉방 운전시에는 히트펌프의 열침으로 지열을 이용하고 난방 운전시에는 히트펌프의 열원을 지열로 이용함으로써 기존의 냉·난방 설비(에어컨디셔너, 보일러)보다 에너지소비량이 적다.



지열히트펌프 시스템은 다른 열원을 사용하는 히트펌프 시스템에 비하여 효율이 높은 시스템으로써 특히 다른 신재생에너지 설비(태양열, 태양광, 풍력 등)에 비해 실외로 노출되는 기기가 없어 설치공간 면적에 대한 이점이 있다. 냉방 운전시 에어컨디셔너 실외기나 냉동기 냉각탑과 같이 응축열을 대기중이 아닌 지중으로 버리기 때문에 도시지역의 열섬현상을 차단 할 수 있으며 실외기가 없기 때문에 건물미관을 해치지 않는

다. 이와 같은 이점은 많은 건물이 밀집되어 있는 도심에 매우 적합한 시스템이라 할 수 있으나 지열히트펌프 시스템은 [그림3]과 같이 가장 많이 보급되고 있는 수직형 지중열교환기 적용하기에는 설치를 위한 부지와 설치비용 면에서 제약을 받는다. 특히 도심속은 건물과 건물의 간격이 좁고 대형의 건물이 주를 이루고 있어 용량이 커질수록 지중열교환기 설치 면적도 늘어나 적용에 많은 애로사항이 있다. 이러한 문제점을 해소하기 위한 방법으로 많은 대안이 제시 되고 있으며 다음은 그에 대한 다양한 예를 제시한다.



[그림3] 수직형 지열히트펌프

[그림4] 건물 구조체 이용하는 방식 (기초파일, 슬라브, 벽)



[그림5] SCW 방식



1. 건물구조체를 이용하는 방식

[그림4]는 신축 건물에 적용이 용이한 방법으로 건축물의 구조체를 이용하는 방식으로 기초파일 내부, 슬라브, 벽에 열교환기를 삽입하거나 지중열교환기로 사용하는 방식이다.

2. SCW 방식

[그림5]는 SCW(Standing Column Well)방식으로 양질에 지하수 열원이 있을 경우 적합한 방식으로 우리나라의 서울과 같이 한강이 주변에 있을 경우 한강의 풍부한 수량을 활용 할 수 있는 방식이다. [그림5]는 뉴

육의 실제 적용된 건물사진을 보여 주고 있으며 뉴욕의 경우 주변에 허드슨강과 이스트강이 있어 풍부한 수 자원을 보유하고 있다.

3. 지열 및 우수열원을 이용한 히트펌프 시스템

[그림6]의 지열 및 우수열원을 이용한 히트펌프 시스템은 보다 상세하게는 지열은 물론 우수저장조의 우수를 보조열원으로 사용하는 지열 및 우수열원을 이용한 히트펌프 냉·난방시스템이다. 물 부족국가인 우리나라에서는 우수를 저장하고 저농도 오수의 재이용을 통해 물 사용량 절감 및 실제 현장 적용을 통해 그 효과가 입증되고 있다. 이와 같이 우수를 물리적 수자원 뿐만 아니라 열적자원으로 활용하는 것이다. 이처럼 우수를 열원으로 활용함으로써 지중열교환기 천공비를 줄일 수 있으며 지열히트펌프

[그림6] 지열 및 우수 열원 하이브리드 시스템



시스템의 가장 약점인 초기투자비의 저감 효과 및 시스템 성능 개선이 가능 할 것으로 예상되어진다. ⑥

참고문헌

1. IGSHPA CGD 교육자료 (공인강사 이익준)
2. <http://www.enercret.com/index.html>



통합기술

DESIGN

- 당신의 집의 무게는 얼마입니까?_ 62
- green home**^{plus} 외부환경설계_ 64
- green home**^{plus} 통합설계_ 69
- green home**^{plus} 설비설계_ 72

CONSTRUCTION

- green home**^{plus} 통합구축_75

EVALUATION

- 친환경 주택 평가의 현황과 발전방향_ 79
- 건축물의 친환경 평가의 역할과 활용_ 83

Design

당신의 집의 무게는 얼마입니까?

연세대학교 건축공학과
교수 이상준
sjohn@yonsei.ac.kr



우리가 살고 있는 지구환경은 하루가 다르게 변화하고 있으며, 그 방향은 불행하게도 우리가 살아가는 데에 좋지 않은 방향으로 흘러가고 있다. 현재 지구의 평균기온이 서서히 증가하고 있으며 이러한 지구 온난화 현상으로 인한 이상기후현상이 나타남으로써 각종 피해가 발생하고 있다. 최근 들어 그 피해가 가시적으로 나타남에 따라, 이러한 지구환경의 변화에 대응하기 위해 각 나라는 다방면으로 노력하고 있다. 기후변화의 전문가들은 기온의 한계치를 정해놓았으며, 기온상승을 최소한으로 억제하기 위해 세계의 각 나라 및 여러 분야의 산업계는 지속가능한 발전 및 환경 보호를 추진하고 있다.

건축 분야에서는 최근 우리나라를 포함하여 가장 큰 이슈가 되는 것이 바로 친환경 건축이다. 에너지 소비를 최소화 할 수 있는 건물을 만들기 위해 에너지 저감형 설계 기법이 고안되고 있으며, 고효율 설비 기기들이 끊임없이 개발되고 있다. 뿐만 아니라 제로에너지 건물을 보급 및 확산하기 위한 정책이 생겨나고 있다. 우리가 눈여겨봐야 할 것은 설비나 시스템의

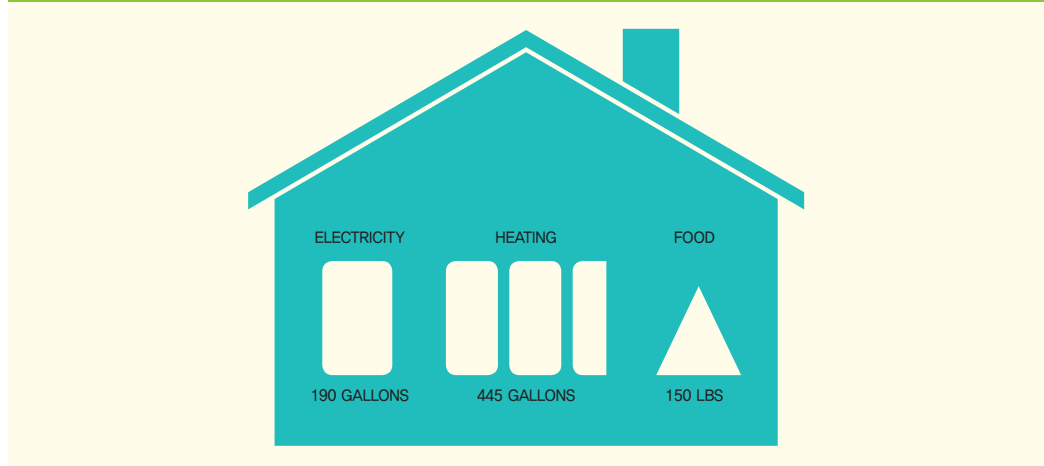
효율을 높이는 것은 친환경 건축의 진정성을 담고 있지 않다는 것이다. 근본적으로 건물 자체에서 소비하는 에너지를 줄임으로서 환경 부하를 줄이는 것이 진정한 의미의 친환경 건축이라 할 수 있을 것이다.

친환경 건축을 이해하는데 가장 먼저 알아야 하는 것은 바로 집무게이다. 간단히 말하자면 집무게란 건물의 무게뿐만 아니라, 그 집을 이용하는 데 드는 에너지, 식량, 물, 가구, 집기 등의 총합을 의미한다. 건물을 짓는 데에 자원을 최소한으로 소비했다고 하더라도, 그 건물이 부적절한 단열이나 설계 등으로 건물을 운영하는 단계에서 에너지나 집기들을 많이 필요로 하게 된다면 집의 무게는 늘어나게 될 것이다. 건물은 한번 짓고 나면 적어도 20년 이상을 사용하기 때문에 초기 비용보다도 전체적인 라이프 생애 주기 비용(LCC : Life Cycle Cost)을 고려하여 지어져야 할 것이다. 마찬가지로 친환경 건축을 목적으로 최적화된 설계를 했다 하더라도 건물의 사용자가 무분별하게 집기와 에너지를 사용하게 된다면 결국 집무게는 또다시 늘어나게 되는 것이다. 결국, 집무게라는 것은 초기에 집을 짓는 데에 필요한 것부터 그 집을 사용하며 생활하는데 까지 고려해야 할 것이다. 친환경 건축을 만들기 위해서는 설계자부터 실제 이용자까지 모든 사람들이 자원을 절약하고 에너지 소비를 최소화하려는 의식과 노력이 있어야만 할 것이다.

[그림1] 집무게



[그림2] 집 운영단계의 무게



우리의 생활은 자연환경과 밀접한 관계를 맺고 있으며, 우리가 생활에 필요한 모든 것들은 모두 자연에서 가져오고 있다. 이를테면 집을 한 채 짓는데 필요한 재료가 1톤이라면 1톤 혹은 그 이상 만큼의 자연환경이 훼손된다는 것이며 우리가 사용하는 에너지도 자연의 훼손을 바탕으로 제공되고 있다는 것을 인식해야 할 것이다. ⑥

Design: Site

green home^{plus}

외부환경설계

(주)한설그린 부설 조경생태디자인연구소

팀장 강진영

hsgreen@paran.com



저에너지 친환경 공동주택 목표실현을 위해서 외부공간설계는 매우 중요한 부분을 차지하고 있다. 세상의 모든 건축물은 외부공간에 속해있는 것이며 햇빛과 바람, 빗물과 녹지 등에 의해 가장 많은 영향을 받는다. 이런 이유로 공동주택의 에너지저감과 친환경적 조성을 위해서는 가장 근본적인 요소인 외부인자들에 대한 고려와 계획이 매우 중요하다.

건축물녹화의 중요성

녹지의 기능과 중요성은 이미 널리 알려진 사실이지만 도시화에 따른 불투수면적의 증가로 녹지는 점점 줄어들었으며 이에 따라 에너지소비는 더욱 증가하였다. 또한 녹지부족이 도시열섬현상 및 도시형홍수 등 여러가지 환경문제의 근본적인 원인으로 파악되면서 도심녹지확대에 관한 노력을 하고 있지만 경

제성 논리에 밀려 충분한 녹지면적을 확보하는 데는 많은 어려움이 있는 것이 현실이다.

이런 문제의 해결을 위해 건물 벽면이나 옥상 등의 인공지반을 이용한 입체녹화기술이 각광을 받고 있으며 최근에는 부족한 도심녹지면적 확보에 매우 중요한 기술 및 요소가 되고 있다. 또한 단순한 녹지확보를 넘어 건축물의 냉·난방비 절감 및 수명연장은 물론 도시열섬현상 완화에 기여하는 등 에너지저감과 주변환경 개선효과까지도 기대할 수 있다.

1. 옥상녹화

옥상녹화는 건축물 옥상에 녹지공간을 조성하여 시각적이고 환경적인 효과를 가질 뿐 아니라, 토양층과 식물층을 통한 단열효과로 냉·난방비를 절약한다. 또한 산성비나 자외선 등 유해한 환경으로부터 건축물을 보호하여 지붕 방수층의 기대수명을 연장시키는 효과가 있다.

옥상녹화의 유형은 관리방식, 적용방식, 대상건물의 상태 등을 고려하여 결정하며, 특히 옥상녹화에 의한 무게를 건축물이 얼마나 견딜 수 있는가를 고려하여 결정해야 한다. 일반적으로 저관리 경량형, 관리 중량형, 혼합형 등의 유형으로 분류할 수 있다.

근래에는 저렴하면서도 관리가 적고 에너지저감 효과가 있는 저관리 경량형 세덤녹화와 설치 및 관리가 편리한 모듈형 옥상녹화 시스템이 많이 이용되는 실정이다. 또한 최근에는 빗물저장이 가능한 모듈형 빗물저류블록 기술 등도 개발되어 빗물층을 이용한 단열효과를 최대화할 수 있으며, 저류된 빗물을 식물의 유지관리에도 사용함으로써 관리에 들어가는 에너지도 최소화할 수 있다.

[그림1] 경사지붕 저경량 세덤형녹화사례(독일)



[그림2] 모듈형 빗물저류 녹화블록(GBR: Green Block Rain)



2. 벽면녹화

건축물 벽면은 경관적, 시각적으로 미치는 영향이 매우 크며 옥상면보다도 외부에 노출되어 있는 면적이 많아 벽면녹화를 통한 태양열차단 및 녹지확보 측면에서 저에너지 건축물에 매우 중요한 요소이다. 벽면녹화 기법에는 와이어 타입과 메쉬타입, 플랜터 타입과 패널 타입 등이 있다. 이러한 기술을 도입하여 건축물의 냉·난방비를 절감하는 한편, 경관적으로도 친환경적인 건축물의 이미지를 높이도록 계획할 수 있다.

[그림3] 벽면녹화 조성기술사례

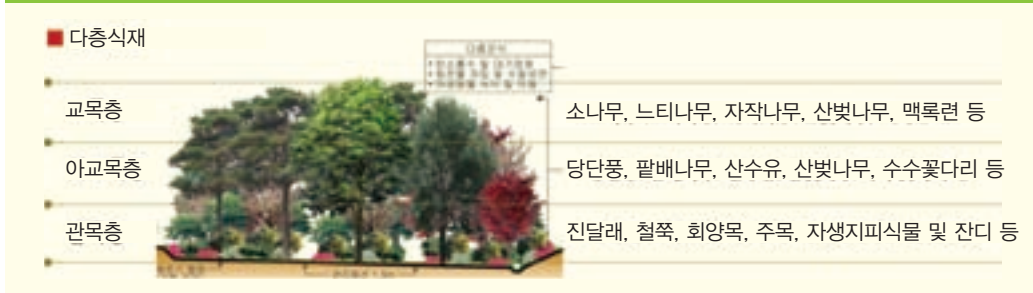


외부공간 식재계획

외부공간조성에 있어 수목과 숲의 기능과 효과는 아무리 강조해도 지나치지 않을 만큼 중요하다. 이미 오래 전부터 인간은 거주지 주변에 식재를 통해 겨울철에는 북풍을 막고 여름철엔 그늘에서 얻었으며 여러 가지 재해로부터 보호와 열매를 통한 식량조달까지 인간의 삶과는 떨어질 수 없는 중요한 요소였다. 하지만 화석 에너지를 통한 냉·난방기술이 발전하면서 근래의 녹지조성은 경관적인 기능에만 초점을 맞추어 온 것이 사실이다.

하지만 최근의 전 지구적인 기후변화와 생태계 파괴에 따른 자연재해 발생이 빈번해지자 숲의 기능에 대한 관심이 매우 높아졌다. 이런 이유들로 최근에는 수목식재시 경관만을 강조하지 않고 기능중심적으로 변하고 있으며 특히 관목과 초화류를 혼합식재하는 다층식재기법 등을 통해 다양한 생물서식환경 조성, 미기후 조절, 소음경감 등의 효과를 볼 수 있다. 또한 최근에는 저탄소 녹색성장에 따라 이산화탄소 저감에 효과가 높은 느티나무와 백합나무 등 저탄소형 수종을 선정하여 식재하고 있다.

[그림4] 다층식재 개념도



외부공간 수순환 계획

수순환은 외부공간에서 에너지 체계 개선에 매우 중요한 요소이며, 특히 저에너지 공동주택 단지 내에서는 최대한의 빗물을 저류, 침투, 이용하고 외부 유출을 감소시킬 수 있도록 설계하여 에너지 사용과 열환경 개선효과를 극대화 하도록 계획하여야 한다.

물을 귀하게 여긴 유럽 등의 여러 국가에서는 빗물의 집수 및 활용에 대해 오래 전부터 고민해 왔으며 외부 공간에 레인가든(Rain Garden)이란 개념을 발전시켜 빗물의 자연적 집수 및 처리, 재활용에 대한 여러 기법들이 자연스럽게 발전해 왔다.

하지만 우리나라는 실질적인 물 부족 국가임에도 불구하고 국민들의 물 부족 인식은 낮은 편이며, 저렴한 상수도 요금 등으로 인하여 빗물활용의 중요성에 대한 인식이 부족한 실정이다. 하지만 최근 국내에서도 빗물의 중요성에 대한 공감이 커져가고 있으며 빗물사용의 법제화 및 인센티브 등이 도입되어 관련 기술이 발전되고 있다.

옥상에서 집수되는 빗물뿐 아니라 건물에서 이용한 중수는 처리과정을 거쳐 저장조로 모아지고 생태연못 유지용수와 조경용수로 사용함으로써 상수사용량을 절감하고 지속가능한 관리체계를 구축할 수 있다. 또한 지표면에 떨어지는 우수를 활용하기 위해서는 침투화단을 설치하여 빗물을 정화 후 침투시키거나 이를 생태연못으로 자연스럽게 연계할 수 있다.

빗물을 활용한 생태연못은 미생물여재와 정화식물을 적용한 자연정화방식으로 지속적이고 생태적으로 수질이 유지될 수 있도록 하며, 계류를 통한 단지 내 순환은 빗물의 증발산 과정을 통해 여름철 지표면 온도 상승저하와 대기정화에 도움을 준다. 또한 다양한 수생식물식재를 통해 동식물의 서식처인 습지비오톱(Biotope)으로 조성하도록 하여 생물환경을 위한 중요한 핵심지역이 될 수 있다.

[그림5] 빗물을 이용한 외부공간계획



생태연못(Bio-Pond)



순환형 계류



빗물침투 화단

결론

생태적이고 에너지적으로 건전한 외부공간은 부지 내에서의 완결이 아닌 지역과 도시로 확장되어 갈 때 그 효과가 증대될 것이다. 도시개발 과정에서 상실된 자연의 생태적 순환기능을 복원하기 위해서 토양기능과 물순환 기능을 고려한 공동주택 개발은 에너지 저감을 위한 가장 근본적인 계획이며, 도시 비오톱의 복원기

반을 제공하여 생물 및 경관 다양성의 증진에 기여할 수 있는 최소한의 기반이 될 것이다. 생태적으로 건전한 도시공간만이 기존 도시에 내재하고 있는 환경문제를 개선할 수 있으며 결과적으로 에너지 저감이 가능하기 때문이다.

이번 저에너지 친환경 공동주택 프로젝트에서는 여러가지 현실적인 문제들로 공동주택의 건축물 중심의 에너지개선 기술개발 중심으로 진행된 아쉬움이 있지만 최종 실험주택에서는 어려운 상황임에도 불구하고 건축물 입체녹화와 외부공간 저에너지 친환경적인 요소들에 관심을 가지고 적극적으로 도입될 수 있도록 노력해주신 이승복 사업단장 외 2세부의 연세대학교, 대림산업, 공간건축, 한일엠이씨의 모든 연구원님들에게 깊은 감사의 뜻을 전한다. ⑥

Design: Building

green home^{plus}

통합설계

(주)공간종합건축사사무소
도시본부 팀장 이진욱
julee@spacea.com



며칠 전 실험주택(Pilot Project)의 준공을 위한 사전점검을 위해 인천 송도 현장을 방문하였다. 지난 10개월 동안 수도 없이 왔다 갔다 하면서 보아 왔던 건물이었지만 당일 마침 송도 지역에 가시거리가 채 10m도 안 되는 아주 짙은 안개가 끼어서 현장 인근까지 다가가서야 갑작스럽게 나타난 실험주택의 모습을 보게 되었다. 실험주택을 보면서 지난 2006년 이 프로젝트를 시작하면서 ‘과연 실험주택을 지을 수 있을까?’ 하는 의구심을 가졌던 것을 떠올리며 이제는 ‘드디어 실험주택이 완공 단계에 들어구나!’ 하는 감회에 젖었다.

그 동안 저에너지 친환경 공동주택 연구 성과의 일환으로 실험주택을 구현하기 위한 설계를 진행하면서 많은 어려움에 처하기도 하였다.

먼저 연세대학교 송도 캠퍼스내 부지 위치가 여러 가지 사정으로 확정이 되지 않아서 실험주택이 여기저기 옮겨다니다가 캠퍼스 1차공사분 범위내에 겨우 자리 잡게 되었고, 설계 과정에서 공사비 문제로 건물규모가 최초로 12세대 규모의 대칭

[그림1] 실험주택 투시도



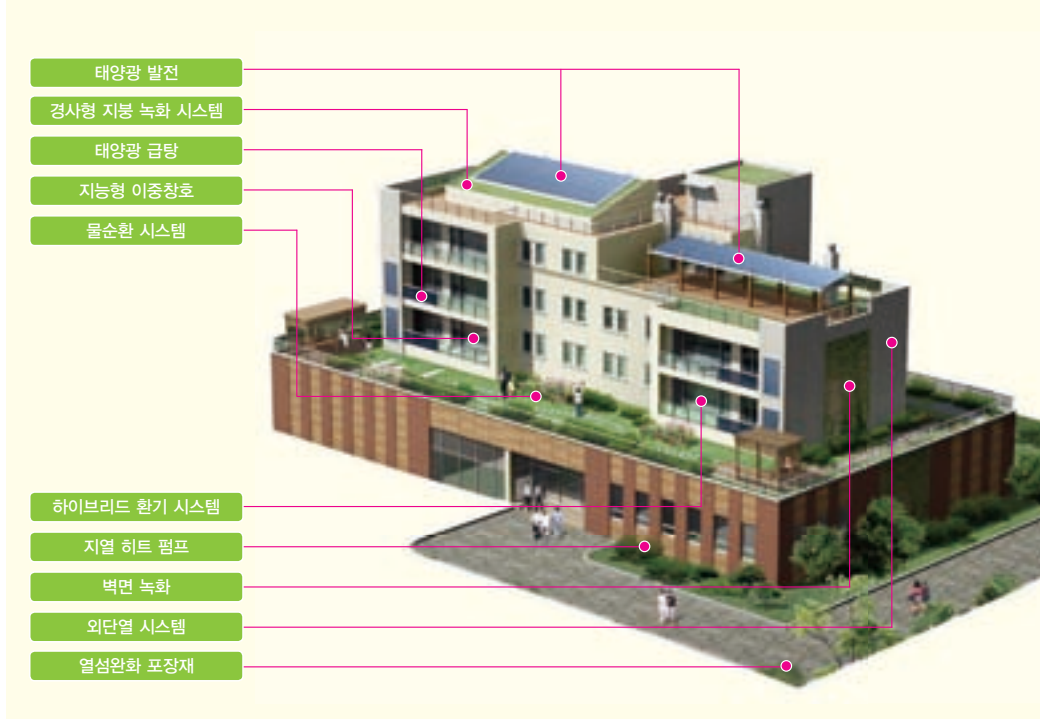
형으로 이루어져 여러 가지 조건에 실험이 가능하도록 하였으나 8세대 규모로 검토되었다가 다시 최종 5세대 규모의 계획안을 적용하여 현재의 안이 결정되었다.

설계의 내용면에서도 최초 공사비 10%증가, 에너지 40% 절감의 연구 내용이 정부 정책의 변경 등으로 인하여 에너지 절감 40%, 60%, 80%, 제로에너지 등의 다양한 목표치로 변경되어 각각의 단위세대가 설계 목표치에 적합하도록 서로 다른 설계 조건을 요구하게 되면서 적용기술을 구현하기 위해 각각의 단위세대에 창호, 외벽, 단열, 마감등 모두 다르게 적용되어 설계 난이도가 높아지기도 하였다. 무엇보다도 연세대학교 송도 캠퍼스 내에 부지가 위치하여 있는 관계로 기존 캠퍼스 설계가 진행되고 있는 상황에서 본 프로젝트가 추가됨으로 인해 인허가 단계에서 많은 어려움이 있었다. 이를 해결하기 위해 연구단을 비롯한 통합설계팀과 대림산업이 많은 노력을 기울여 왔으며, 본 실험주택이 무사히 지어질수 있도록 많은 도움을 준 연세대학교 송도캠퍼스 설계를 담당한 건원건축, 정림건축, 그리고 CM단에 지면을 통해 감사의 말씀을 전하고 싶다.

본 실험주택의 설계를 진행하면서 2세부 과제에서 연구 진행하고 있는 통합설계의 중요성을 많이 느꼈다. 저에너지 친환경 공동주택의 실현을 위해서는 통합설계팀이 설계단계에서 어떻게 하느냐에 따라 성과물의 질이 달라질 것으로 예상되어진다. 1세부 과제에서 연구 개발한 요소 기술을 설계에 반영하기 위해 1세부 담당자들과 많은 회의를 통해 설계 도면에 반영될 수 있도록 통합설계팀이 노력하였다. 이 과정에서 실수도 많았으나 이를 개선하여 최종 결과물을 만들어낸 것이다.

저에너지 친환경 실험주택은 1세부에서 개발한 요소기술을 가장 최적의 상태에서 실험이 가능하도록 설계하는 것이 통합설계팀의 목표이다. 실험주택은 1층에 실험한 데이터를 취합하고 분석하는 모니터링실과 저

[그림2] 실험주택의 요소기술 적용



에너지 친환경 실험주택을 홍보하고 교육하기 위한 전시교육시설, 기계, 전기실이 위치하고 각 모델별로 2~3층에 각 2세대, 4층에 1세대로 총 5세대로 구성된 지상4층 규모의 건물이다.

저에너지 친환경 공동주택의 구현을 위해 실험주택에 적용된 요소기술은 단위세대에서 친환경자재, 경량벽체시스템, 냉·난방시스템등을 적용하였고 건물전체에서는 태양광 발전, 태양열 급탕, 지열 히트펌프등의 신재생에너지를 사용하였으며, 저에너지 건축물이 가능하도록 외단열시스템, 지능형 이중창호, 하이브리드 환기시스템, 옥상 인공지반녹화등의 기술을 적용하였다.

저에너지 친환경 공동주택의 연구결과를 구현할 실험주택을 건설하기 위해 요소기술 연구팀, 통합설계팀, 시공팀, 그리고 모니터링팀등의 많은 분들이 노력을 기울여 왔다. 이제 그 결과가 곧 세상에 나오게 될 시점이 되었다. 조금은 설레이는 마음으로 연구성과의 성공을 기원하고 앞으로 이 실험주택이 좋은 모델로서 평가되어 지기를 바란다. ⑥

Design: System

green home^{plus}

설비설계

(주)한일엠이씨

대표 정 차 수 / 팀장 조 진 균

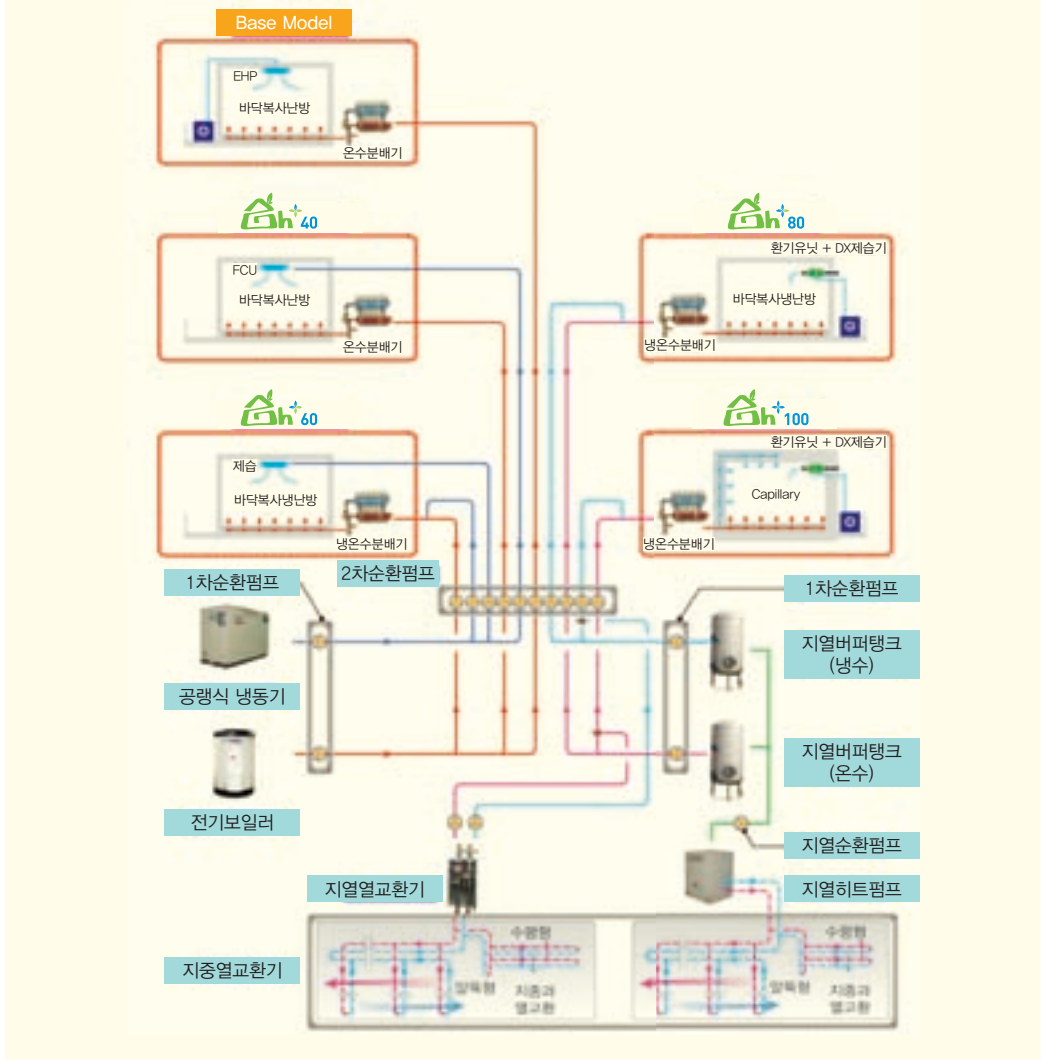
j2life@himec.co.kr

jinkyun.cho@himec.co.kr



본 연구는 2006년부터 건설분야의 연구과제로는 적지 않은 연구비를 가지고 시작되었다. 또한 국내외 유수의 대학교, 연구소 및 기업들이 참여하여 우리나라도 체계화된 친환경 공동주택의 본격적인 보급에 대한 가능성을 기대할 수 있게 되었다. 연구를 시작한지 4년이 지난 지금, 우리 연구단은 수많은 시간과 노력 그리고 첨단기술이 담긴 저에너지 친환경 실험주택의 개관을 앞두고 있다. 한일엠이씨는 각 연구기관에서 개발한 친환경 설비시스템을 에너지 절감목표에 부합하도록 구성 및 통합설계를 하는 역할을 수행하고 있다. 물론 건축기술, 조경기술 통합설계를 담당하는 공간건축과 한설그린과의 협력적인 업무수행으로 친환경 공동주택의 윤곽을 만들어갔다. 총 5세대로 구성된 본 실험주택의 큰 특징은 각 세대마다 에너지 목표치를 차별화하여 향후 단계별 친환경 공동주택의 표준모델을 제시하는 데 있다. 2012년에서 2025년까지 멀지 않은 미래의 공동주택의 방향성을 제시하는데 큰 역할을 할 것으로 생각된다.

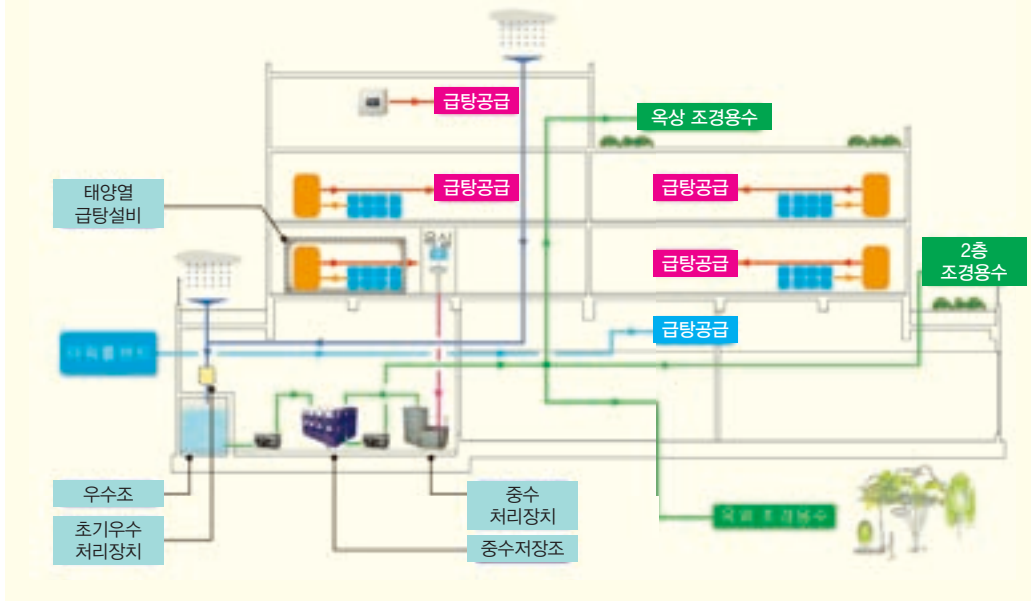
[그림1] 실험주택의 에너지 공급체계



통합설계를 진행하면서 순탄한 여정만을 밟아온 것은 아니었다. 어떻게 보면 작다면 작은 5세대의 이 건물에 다양한 시스템 조합으로 복잡하게 구성되어 설계에 어려움이 많았다. 하지만 실험 목적으로 여러 가지 상황을 고려하여 연구결과를 도출해야하는 목표가 있었기에 고민 끝에 설계를 마무리하였다. 통합된 열원에서 세대마다 상이한 조건으로 열원을 공급해야하는 실험목적이 우선이 되어야 했기 때문에 이 실험주택에 적용된 에너지 공급체계가 친환경 공동주택을 위한 정답이 아님을 인지해야한다. 대규모 단지에서 저에너지 요소기술을 구현하기 위한 합리적인 열원공급 방법은 지속적인 연구가 요구된다.

각 세대별 통합시스템을 간단하게 살펴보면 [그림1]에서와 같이 요약될 수 있다. 열원공급은 지역열원공급을 기본 전제하고 신재생 에너지원인 지열을 사용하였다. 지열은 히트펌프를 이용하는 액티브 시스템과 바

[그림2] 실험주택의 수자원 흐름체계



로 지중과 열교환하여 열원을 공급하는 하이브리드 시스템으로 구성하였다. 세대별 냉방시스템은 팬코일 유닛(FCU)과 고온 바닥복사냉방 및 모세관(Capillary Tube) 복사냉방 시스템을 반영하였으며, 한국의 하절기 습한 기후에서 실내 쾌적성을 확보하기 위해 제습시스템과 연계하였다. 그리고 고효율 환기시스템, 태양열/태양광 설비, 우수 및 중수시스템을 적절하게 적용하여 $Green+40$, $Green+60$, $Green+80$, $Green+100$ 의 4단계 에너지 저감목표를 달성하도록 계획하였다. [그림2]는 수자원 저감전략을 바탕으로 설계되었다. 지금까지 연구단은 각자 맡은 위치에서 열심히 달려와 실험주택을 구축하였으며, 앞으로 달려온 기간보다 더 많은 시간을 투입하여 실험결과, 문제점 그리고 해결방안과 저에너지 공동주택의 구체적인 방향을 제시해야 할 임무를 갖고 있다.

실험주택의 윤곽을 구체화하고 현실화하는 작업에서 적지 않은 시행착오를 겪었으며, 앞으로 완공 후 운영 및 실험단계에서도 이러한 시행착오를 이겨내야지 비로소 한국형 저에너지 친환경 공동주택으로 진화하지 않을까 생각된다. ⑥

Construction

green home^{plus}

통합구축

대림산업(주) 기술연구소
 선임연구원 배상환 / 부장 백기성
 sanghwan@daelim.co.kr
 baik725@dic.co.kr



배경과 필요성

지구온난화와 고유가로 인해 요즘 건설업계의 화두는 탄소 중립 및 저에너지 친환경 건축분야로 관심이 집중되고 있다. 건축물에 사용되는 에너지는 다른 산업과는 달리 인간의 쾌적한 환경 창출을 위해 소비되며, 일반 제품과 달리 내구연한(Life span)이 50년에 이르므로 에너지절약 설계가 이루어진 건축물이 건설된다면, 그 파급효과는 매우 크다고 할 수 있다.

유럽의 경우 전체 에너지소비 중 건물부분에서 차지하는 비율은 40% 정도이고, 이는 이산화탄소 배출의 36%에 해당된다. 우리나라의 경우 전체 에너지소비 중 건물부분에서 차지하는 비율은 약 25%정도이며, 이 중 57%가 주거건물에서 소비되고 있다. 특히, 경제수준 향상에 따라 보다 높은 쾌적성이 요구되고 있으며, 이로 인한 냉·난방 비용의 증가가 예상되고 있는 실정이다.

저에너지 친환경 공동주택 개발과 보급

[그림1] 대림산업의 저에너지 친환경주택 보급계획



이러한 시기에 정부에서는 새로운 60년을 이끌어 나갈 신 성장 정책으로 저탄소 녹색 성장(Low Carbon, Green Growth)을 제시하고 있다. 서울시(건물부분은 총에너지의 60%이상 차지)의 경우에는 2020년까지 온실가스 25% 감축, 에너지 사용량 15% 저감 및 신재생 에너지 10% 보급을 목표로 설정하였다. 또한 민간부에서도 대림산업(주)를 필두로 '저에너지 친환경 공동주택' 보급에 매진하고 있다.

일례로 당사는 지난 2005년 국내최초로 용인 대림산업 연수원에 기존대비 냉난방 비용이 20~30%

밖에 들지 않는 패시브 하우스(Passive House) 개념의 "3Liter하우스"를 건설한 바 있다. 그리고 지속적으로 친환경 건축기술을 개발 및 실용화하고 있으며, 상용화 모델로서 2008년에 확장형 평면기준 냉난방 에너지 30% 절감형 공동주택을 공급한 이래, 2009년에는 40% 절감형 공동주택을 공급하면서, 에너지 절감형 아파트의 상용화를 선도하고 있다. 올해에는 지난 2008년 비전 선포식에서 3개년 추진계획의 일환으로 냉난방 에너지 50% 절감형 아파트를 공급하기에 이르고 있다.

우리나라 공동주택의 특수성과 전망

우리나라의 경우 고층, 고밀도 공동주택의 특성으로 인해 외국과는 다른 건설환경을 가지고 있다. 중고층 공동주택이라는 특성으로 인해 외단열시스템 적용에 상대적인 어려움이 있으며, 철근콘크리트 벽식구조가 일반적으로 적용됨으로써 기밀성능에 대해서는 상대적으로 유리하지만, 이로 인해 구조체를 통한 열교측면에서는 단점을 가지고 있다. 뿐만 아니라 고밀도, 고층 공동주택의 건설로 인해 태양열, 태양광 발전시스템 및 지열시스템 등의 신재생에너지 적용에 있어서도 많은 제약 받고 있다. 이러한 건설환경의 특수성으로 인해 저에너지 친환경 공동주택 통합구축을 위해서는 '한국형 저에너지 친환경 공동주택' 설계와 시공이 이루어져야 한다.

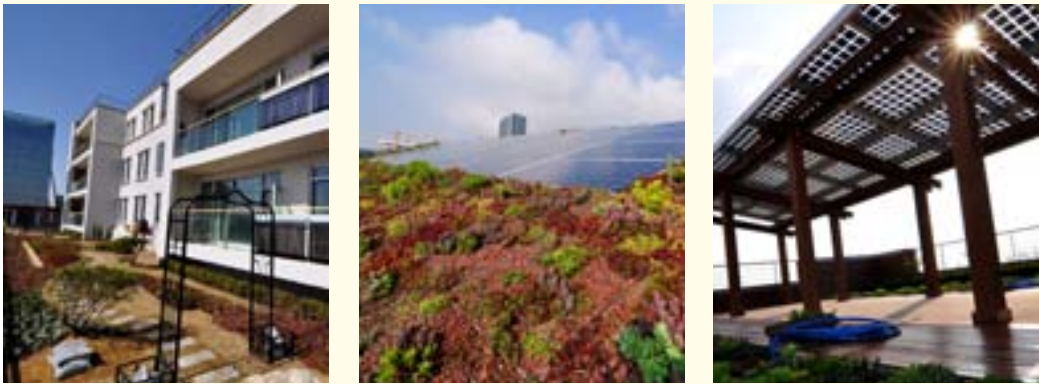
그러나, 우리나라는 '저에너지 친환경 공동주택' 보급 활성화에 대한 전망은 매우 밝다. 정부는 '녹색성장' 비전을 통해 에너지 절약형 친환경 주택인 '그린홈'의 보급과 기술개발촉진을 위해 많은 정책적 지원과 의

지를 나타내고 있고, 또 비교적 표준화된 평면 및 구조형식을 갖는 우리나라 공동주택은 '저에너지 친환경 공동주택' 표준모델 개발이 이루어지는 경우 단기간에 커다란 성과를 이룰수 있을 것이다.

그린홈 플러스 건립의 의의

이러한 측면에서 '저에너지 친환경 공동주택' 연구단을 통해 그린홈플러스(green home^{plus})의 등급별 실험주택 건립의 의미는 실로 매우 크다고 할 수 있다. 경제성과 에너지 절약 성능을 고려한 단계별(gh⁴⁰, gh⁶⁰, gh⁸⁰, gh¹⁰⁰) 실험주택 건립을 통해 우리나라 공동주택에 적용 가능한 현재와 미래의 실제적인 모델을 제시하고, 실증을 통해 그 가능성을 확인하는 과정이 될 것이기 때문이다. 세대 내 부하 절감 뿐만 아니라 단지 내 부하 절감, 수순환 시스템 및 고층 공동주택에 적합한 다양한 유형의 신재생 에너지 적용 모델을 제시하였음은 물론, 운영단계의 에너지 절약을 위한 제어시스템 부분까지 포함하고 있다. 실험주택의 통합모델 구축 과정을 통해 당사와 같은 종합건설사 입장에서는 각 요소기술의 통합적용에 따른 문제점을 파악하고 세부 시공기술을 확보하는 계기가 되었으며, 관련 요소기술을 보유한 참여기업에게는 실제 건축물에 적용되기 위한 실용화 모델 개발의 계기가 되었을 것이다.

[그림2] 친환경 옥상녹화 및 건물 일체형 태양열 급탕, 태양광발전 시스템



[그림3] 반건식 외단열시스템 및 열교차단부재 시공사례



[그림4] 진공단열재 및 Capillary Tube 시공사례



또한 '저에너지 친환경 실험주택'의 통합구축 과정을 통해 우리나라 저에너지 친환경 건축기술의 과제도 발굴되었다. 외단열 시스템 적용 시의 접합부 및 구조체를 통한 열교차단 등을 위한 설계디테일 및 부재개발, 고기밀 시공을 위한 시공디테일 및 부재개발 등이 대표적인 사례일 것이다. 향후 요소기술 전문기업 및 설계사와의 협업을 통해 도출된 과제들을 실용적으로 풀어가는 노력을 경주할 계획이며, 금번 프로젝트를 표준모델로 실용화된 프로젝트가 조만간 착수되길 기대해 본다. ㉔

Evaluation

친환경 주택 평가의 현황과 발전방향

아주대학교 건축학부
교수 이규인
kyuinlee@ajou.ac.kr



건축분야의 환경에 미치는 부하에 대한 관심이 확산됨에 따라 친환경건축, 생태건축, 지속가능한 건축 등에 대한 논의가 다양하게 확대·발전되고 있으며, 건축 분야의 환경부하 저감을 목표로 건축행위에 대한 전반적인 기준을 마련하고 이를 활성화시키기 위한 노력이 세계적으로 확산되어가고 있다.

해외의 친환경 주택 평가

영국 친환경건축연구기관인 BRE(Building Research Establishment)는 1991년 건축물의 환경성을 평가하기 위한 기준인 BREEAM을 개발하여 건축주와 개발자, 설계자 등에게 환경부하 저감 및 친환경적인 건축방법에 대한 정보와 구체적인 기준을 제공하고, 건축물 운영 비용을 줄이면서 주거환경을 향상시킬 수 있도록 유도하고자 하였다. 영국을 중심으로 유럽 및 페르시아 만의 일부 국가들에 이르기까지 현재 110,000개

이상의 건축물들이 BREEAM의 기준에 따라 진행되었으며, 2007년에는 신축주택에 대한 기준인 Ecohomes를 토대로 단계적 제도화를 위한 기준인 Code for Sustainable Homes를 발표하여 시행하고 있다.

미국은 1993년 미국그린빌딩협회의(USGBC)를 창설하여 LEED v1.0 발표(1998)를 시작으로 현재 LEED v3.0을 통해 다양한 건축형태에 대한 그린빌딩인증기준을 개발·운영하고 있다. USGBC는 미국 내의 활성화뿐만 아니라 LEED를 전 세계적으로 보급하고자 하는 노력을 통해 전 세계 78개 지역에 2만 이상의 회원사 및 기관, 10만 명 이상의 LEED 인증 전문가를 확보하고 있다. 국내에서도 포럼 개최 등의 홍보 활동을 펼치는 한편 국내에도 LEED 인증을 받은 건축물들이 증가하고 있는 상황이다.

[그림1] Code for Sustainable Homes 단계별 건물을 전시한 Innovation Park



국내 친환경건축물 인증제도 현황

우리나라도 1996년 건설교통부와 환경부에서 친환경건축물 인증에 대한 준비과정을 거쳐 2002년부터 공동주택을 중심으로 친환경건축물인증제도를 시행하였으며, 2005년 건축법에 “친환경건축물의 인증”의 근거를 마련한 것을 토대로 다양한 건축물로 확대되어 본격화되었다. 토지이용 및 교통, 에너지, 자원, 환경부하, 생태환경, 실내환경에 대하여 계획내용을 중심으로 환경성능을 평가하고 있으며, 2009년까지 987개(본인증 291/예비인증 696)의 건축물이 친환경건축물 인증을 획득하였다.

이렇듯 국내의 친환경건축물에 대한 관심의 증가와 더불어 정부의 인센티브 정책 및 신도시 건설 확대 등과 맞물려 친환경건축물은 공동주택을 중심으로 많이 활성화되었으며, 이와 더불어 인증제도의 운영 또한 안정기를 맞이하게 되었다. 이러한 시점에서 평가방식 및 내용을 개선해야한다는 목소리가 높아지고 있으며, 이를 위한 연구가 활발히 진행되고 있다.

친환경건축물 인증단지 거주자 만족도 조사

본 연구자 역시 친환경 건축물 인증을 받은 공동주택에 대한 계획내용 및 인증평가 내용을 조사·분석하고 이를 토대로 실제 친환경 인증을 받은 공동주택에 거주하고 있는 주민들을 대상으로 친환경건축물 인증에

대한 인식수준과 인증과 관련된 계획 내용에 대한 만족도 조사를 진행하였다.

조사는 인천지역에 위치한 친환경 건축물 본인증을 획득한 공동주택 단지에 거주하는 주민들에게 설문지와 개별 면담을 통해 이루어졌다. 또한 같은 지구 내 인증을 받지 않은 단지 중 개발 시기와 밀도, 규모 등이 유사한 단지에 거주하는 주민에게도 같은 방식으로 조사하여 비교하여 보았다. 먼저 친환경 건축물 인증제도에 대하여 어느 정도 알고 있는지에 대하여 조사해 본 결과 인증을 받은 단지에 거주하는 주민들이 그렇지 않은 단지에 비하여 친환경 건축물 인증제도에 대해 잘 알고 있었으며, 현재 거주하고 있는 단지가 인증을 받았는지에 대한 여부에 대해서도 잘 알고 있는 것으로 나타났다. 또한 현재 거주하는 단지로 이주를 결정할 때 친환경 건축물 인증 여부가 고려되었는지에 대한 질문에 대해서는 인증을 받은 단지에 거주하는 응답자의 42.3%정도(비인증단지 13.3%)가 고려하였다고 답변하였다.

또한 인증을 받은 단지와 받지 않은 단지의 주민 모두가 친환경 건축물 인증제도에 대한 필요성에 대해서는 대다수(90.3%)가 필요하다고 답하였으며, 추후 다른 단지로 이주 시에 친환경 건축물 인증여부를 고려할 것 인지에 대해서는 88.4%의 응답자가 고려하겠다고 답변한 것으로 미루어 볼 때 친환경 건축물 인증에 대한 인식이 좋게 형성되어있음을 알 수 있었다.

현재 이루어지고 있는 친환경 건축물 인증제도의 평가항목 및 기준에 대해 실제 조성된 내용을 기반으로 만족도에 대하여 조사해본 결과 기존 자연자원 보존, 커뮤니티 시설, 보행자 전용도로 등의 토지이용부분과 녹지축, 녹지공간, 인공환경녹화기법, 육생·수생비오톱 등의 생태환경 부분의 평가항목들에 대하여 본인증을 획득한 단지 주민들의 만족도가 높은 것으로 조사되었다.

하지만 에너지분야와 교통부문, 수자원, 실내환경 등의 분야에서는 인증을 받은 단지와 받지 않은 단지 간의 만족도 차이가 크지 않은 것으로 나타나 이 분야에 대한 인증항목 및 기준에 대한 개선이 필요한 것으로 나타났다. 또한 잘 계획된 내용에 대해서도 운영 및 유지관리가 잘 이루어지지 않는 것에 대한 불만족이 높은 것으로 나타나 이에 대한 고려가 필요함을 알 수 있었다.

[그림2] 저에너지 친환경 공동주택 성능 평가도구의 예시(좌) 및 모니터링 시스템에 의한 디스플레이 예시(우)



저에너지 친환경 공동주택에 대한 평가방향

이러한 친환경 건축물 인증에 대한 평가의 개선방향에 대하여 기존의 평가항목들이 초기의 평가지표인 만큼 계획내용에 대한 양적(Quantity) 위주의 포괄적이고 단순한 항목으로 평가가 이루어지고 있다는 점에서 한 단계 발전적인 평가항목 및 기준이 개발되어야 할 필요가 있으며, 더불어 거주자의 삶의 질과 친환경 계획요소들의 운영 및 유지관리 측면도 구체적으로 고려되어야 한다.

이러한 필요성에 근거하여 공동주택 분야의 한 단계 도약적인 발전을 목표로 진행 중인 저에너지 친환경 공동주택에 대한 연구의 일부로서 공동주택의 계획내용에 대한 단편적인 평가에서 한 단계 더 나아가 종합적인 성능을 평가하고 검증하기 위한 평가방법 및 지표 개발에 대한 연구를 진행하고자 하였다. 여기서 저에너지 친환경 공동주택의 종합적인 성능이란 환경성능, 경제적 효과, 거주자의 쾌적함 및 건강 등에 관한 것이며 에너지, 수자원, 재료, 투자회수, 쾌적성, 건강성 등으로 구체화될 수 있다.

자세히 살펴보면 공동주택에서 소비되는 에너지를 최소화하고 탄소배출량을 저감하는 등 건축으로 인한 환경부하를 최소화시키는 성능과 이러한 노력이 에너지 생산 및 유지관리를 포함한 운영비용 저감 등으로 초기 투자를 회수함으로써 경제성을 확보하도록 하는 것이다. 또한 주민이 거주하는 실내환경 및 실외환경이 쾌적하고 건강한 환경으로 계획될 수 있도록 하는 거주자의 삶의 질에 대한 고려도 평가 내용에 포함하였다.

또한 저에너지 친환경 공동주택의 단지계획 및 외부공간에 대한 평가에 있어 환경부하, 에너지 및 거주환경에 초점을 둔 기존의 인간 중심의 친환경적인 평가에서 나아가 순환성, 안정성, 자립성, 다양성으로 대표되는 생태계의 원리를 적용하여 생태계를 보존하고 자연과 공생하는 생태적 기능공간으로서의 평가하기 위한 기준을 연구하였다.

이러한 연구결과에 따라 저에너지 친환경 공동주택의 평가는 Energy/CO₂, Sustainability, Comfort/Health, Cost/Value 네 가지의 성능범주에 대하여 개발된 평가지표와 기준에 의해 실험주택의 종합적인 성능을 점검하게 되며, 구축된 모니터링 시스템에 의해 수집된 데이터와의 비교분석 과정을 거쳐 구체적인 기준 값에 대한 수정 및 보완 연구가 진행될 것이다. ⑥

Evaluation

건축물의 친환경 평가의 역할과 활용

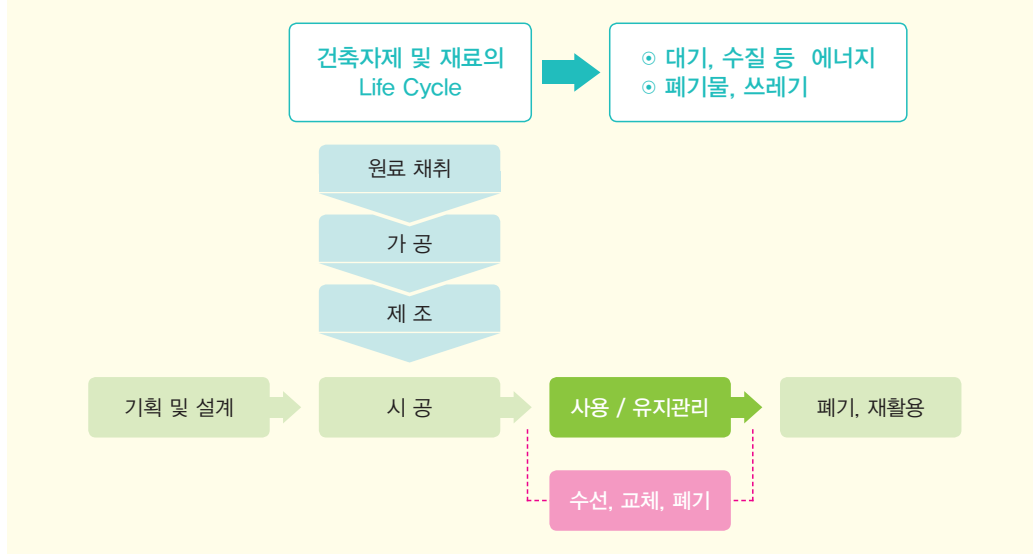
안동대학교 건축공학과
교수 이강희
leekh@andong.ac.kr



서론

지금까지 과학기술은 지속적인 혁명을 이룩한 반면, 인구의 폭발적인 증가, 한정된 자원의 고갈 및 소비, 자연환경 오염과 파괴, 생태계 교란, 기상이변 등으로 인한 환경문제를 발생시키고 있다. 산업화와 도시화에 따른 인구 증가는 생활수준향상을 요구함에 따라 개발 중심의 경제사회를 필요로 하게 되었다. 다른 한편으로 소비 중심 사회는 유한한 자원과 에너지 등의 소비를 증가시킴에 따라 자원과 에너지 고갈을 예상하게 되었고 결과적으로는 쓰레기, 폐기물 등의 증가와 환경폐해를 발생하기에 이르렀다. 따라서 현재의 무절제한 자원이용과 환경의 손상 등이 더 이상 방관하는 자세에 대한 인식전환을 요구하고 있으며 환경과 조화를 이루는 개발이 절실히 요구되고 있다.

[그림1] 환경영향평가 범위



건물의 환경영향 저감

이와 같은 인간생활수준 향상은 환경을 파괴, 훼손하는 결과로 나타나고 있는 반면, 역으로는 환경이 인간 생활환경에 영향을 미치는 형태로 순환성을 띄고 있다. 이러한 환경 속에서 건축은 환경영향을 저감하는 다양한 기술을 개발하기 시작하고 있다. 이를 위해 사전에 건물이 지니고 있는 환경영향 정도를 평가하는 것이 선행되어야 한다. 환경영향 평가는 지구온난화, 산성우, 오존층 고갈, 건강 위해성 등 다양한 측면에서 접근할 수 있다.

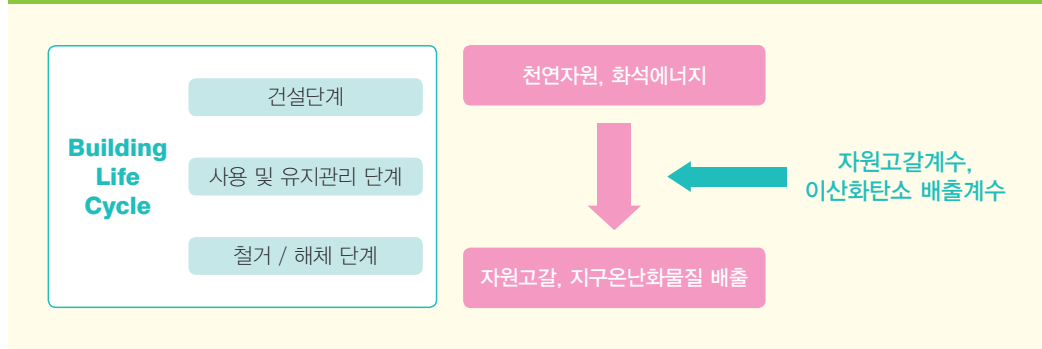
[그림1]은 환경영향 평가 범주를 설명하는 것이다. 친환경 평가는 계획 및 설계단계에서부터 최종 폐기, 재활용 단계에 이르는 전생애를 대상으로 한다. 전생애기간 동안 들어가는 각종 자재, 재료, 에너지, 자원 등으로 인해 발생하는 이산화탄소, 질소화합물, 황화합물 등의 대기오염물질, 오폐수 등의 수질오염물질, 건설폐자재 등의 고형폐기물 등의 발생을 분석대상으로 한다. 이와 같은 다양한 환경영향 범위는 현실적으로 수행하기에는 많은 어려움이 따른다. 따라서 전과정평가(LCA)에서는 이산화탄소 등의 특정 환경영향물질을 대상으로 설정하고 계획 및 설계 단계 등의 분석범위를 설정하여 수행하는 것이 일반적이다.

이와 같은 전과정평가를 활용하여 건물을 대상으로 평가할 때는 크게 건설 단계, 사용 및 유지관리 단계, 철거·해체 단계로 구분하여 접근하고 있다. 건물의 라이프사이클(Life Cycle) 단계별로 각각의 환경영향 분석 대상 물질을 설정하고 분석범위를 설정하는 것이 중요하다. 건물은 일반소비재와는 달리 긴 수명을 가지고 있으므로 전과정을 모두 평가하기란 한계가 있다. 따라서 각각의 단계별 분석을 통해 완성된 결과를 통합적으로 전개하는 것이 적합하다.

평가결과를 통해 나타난 환경영향수준을 개선하기 위해서는 라이프사이클 단계별 기술적 개선방안을 찾는 것이 필요하다. 그러나 건물의 환경영향물질 저감을 위한 기술적인 방안은 하나 혹은 두 개로 범주가 정해

지는 경우는 매우 드물다. 따라서 환경영향저감을 위한 기술적 개선 대안을 조사, 수집하여 종합적으로 대응하는 전략이 바람직하다. 이러한 기술적 개선 대안 가운데에서 우선순위가 높은 것을 순차적으로 선별하여 집중적으로 연구하는 흐름으로 전개하는 것이다.

[그림2] 라이프사이클 단계별 평가내용



결과

앞서 기술한 바와 같이 건물의 환경영향 저감은 그 과정, 범위 등이 매우 다양함으로 목적이 분명히 설정되는 것이 중요하다. 명확한 목적설정을 통해 평가하고자 하는 내용을 도출하게 된다. 그러나 현재, 이와 관련된 다양한 분석기초 자료, 평가프로세스 등이 명확하게 설정되어 있지는 않고 계속적으로 연구를 확대, 진행하는 과정이다. 이 가운데 이산화탄소 등의 지구온난화 물질에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다. 최근 들어서는 자원고갈 측면의 환경영향평가에 대한 연구가 시도되고 있다. 이와 같은 연구는 건물의 라이프 사이클 과정에서 환경영향을 저감할 수 있는 기술을 개발하는 동기로서 역할을 할 뿐만 아니라 궁극적으로 국가 자원을 효율적·효과적으로 활용할 수 있는 계기가 될 것이다. ⑥



정 책

POLICY

- 저탄소 녹색성장기본법과 녹색건물_ 88
- '저에너지 친환경 공동주택' 현장적용_ 91

Policy

저탄소 녹색성장기본법 과 녹색건물

글로벌 온실가스 감축을 위한 각 국의 정책 이행 속도가 급격히 빨라지고 있다. 과거의 온실가스 감축에 대한 각국의 대응은 주로 방어적 측면에서 진행되는 감이 없지 않았지만, 최근 각 국가들은 경쟁적으로 중장기 목표를 선언하고 구체적 이행 방안을 강화하고 있다.

글로벌 기후변화협약에 대한 교토체제(2008~2012)는 OECD 국가를 중심으로 한 선진국이 주도하여 왔으나, 2013년 이후의 포스트 교토체제에서는 중국을 포함한 대부분의 국가가 어떠한 형태로든 참여할 것으로 예상된다. 여전히 감축 목표의 설정 및 할당에 있어 선진국과 개도국 간의 입장 차이는 첨예하지만 분명한 것은 국제적 약속과 관계없이 대부분의 국가가 온실가스 감축을 자국의 최우선 정책으로 채택하고 구체적 방안을 확대하고 있다는 점이다.

2013년부터의 온실가스 감축은 국제적인 감축 목표에 대한 합의점을 새롭게 도출하고(예를 들면 지구 온도 상승을 2℃, 대기 중 온실가스 농도를 450ppm 이내), 각 나라는 국가적인

한국건설기술연구원 건축환경계획연구실
선임위원 **이승언**
selee2@kict.re.kr

[그림1] 정부의 저탄소 녹색성장 비전과 건축물 부문 추진 대책



차원에서 배출저감 의무를 이행할 것으로 전망된다. 탄소배출 거래에 대해서도 종래의 국가간의 거래만이 아닌 자국 내에서 산업간, 지역간 거래 단위로 세분화되어 탄소배출 크레딧 거래를 활성화하는 방안으로 전환되고 있는 추세이다. 즉 탄소배출이라는 것이 일상 산업행위에서 반드시 고려하여야 하는 필수 요인으로 자리 잡게 된다는 것이다.

온실가스 이행의 실제적 이행을 위해 가장 중요한 것은 목표를 설정하고, 목표를 이행할 수 있는 정책 수립 그리고 이러한 정책들이 실현될 수 있도록 유인 수단들을 제공하는 것이다. 이러한 수단들은 명확한 경제 지표들과 연계될 경우에만 시장을 제대로 움직이게 할 수 있다. 이에 정부는 과거의 온실가스 감축에 대한 수동적 대응에서 저탄소 녹색성장(Low Carbon Green Growth)이라는 적극적 대응으로 국가 정책 방향을 선회하였고, 2010년 저탄소 녹색성장기본법의 발효로 그 본격적인 추진이 착수될 예정에 있다. [그림1] 온실가스 감축에 대한 과거의 개념은 "저탄소"에 중점을 두었으나, 이제 "녹색성장"이라는 또 하나의 목표를 부가함으로써 이제 탄소배출 저감은 기업과 국민의 생활을 포함한 사회 전반을 지배하는 가장 우선적인 국가 목표로 부각되고 있다.

2010년 4월부터 시행이 확정된 「저탄소 녹색성장기본법」은 우리나라의 온실가스 감축을 위한 제반 조치를 관장하는 최상위 법으로서의 위치를 갖고 있다. 이 중 건물 관련 주요 내용을 살펴보면 다음과 같다.

- ◉ 녹색산업 지원·육성을 위한 시책 정비(제23조)
- ◉ 자원순환 촉진을 위한 기술·제도 구축(제24조)
- ◉ 녹색기술, 녹색산업의 표준화(제32조)
- ◉ 가정·상업 등 부문별 에너지 목표관리제 도입(제42조 4항, 5항)
- ◉ 기후변화 대응 탄소통계, 통계관리 및 배출권 제도 도입(제49조)
- ◉ 녹색국토 기본원칙에 대응, 에너지·자원 자립형 탄소중립도시 조성(제51조)
- ◉ 녹색건축물 확대 관련 녹색건축물 설계기준, 등급제 및 배출량 관리(제54조)

저탄소 녹색성장기본법은 기존 추진하던 제반 정책적 사항들을 망라하여 담고 있지만, 그 중 주목하여야 하는 것은 목표관리제 도입이다. 목표관리제는 2가지 의미가 있는데 하나는 에너지 다소비형 업체에 대한 개별 목표관리이며, 또 하나는 국가가 산업별로 할당된 목표에 대하여 그 이행 여부를 부처단위로 철저하게 관리하게 하는 것이다. 건물 부문의 경우, 할당된 목표의 실효성 있는 관리를 위해서는 영역별 또는 개별 건축물에 대한 에너지 소비에 대한 모니터링이 필요하다. 개별 건축물의 에너지소비는 국가단위의 에너지 통계 시스템과 연계되어 향후 목표 이상의 탄소 과배출 건물에 대해서는 경제적 불이익을 부과하는 등 강도 높은 정책 이행이 시행될 것으로 전망된다. 이미 과다 에너지 소비 건물에 대한 재산세 증과세 등이 검토되고 있다.

탄소배출 억제를 위한 시책 중, 또 하나 주목하여야 할 것은 배출권 거래제도 도입이다. 탄소배출 감축은 의무 이행 사항인 동시에 탄소 배출 자체가 경제 메커니즘의 일부로 자리 잡게 되어, 과도한 탄소 배출 기업은 불이익을 받게 하며 반대로 선도적 탄소 감축 기업은 혜택을 받도록 하는 것이다. 이는 건물 부문에도 적용되어 직간접적으로 건축물의 에너지효율화에 대한 강력한 영향을 미치는 요인으로 작용할 것이다.

지금까지는 온실가스 감축에 대한 구체적인 목표가 없었기 때문에 다분히 느린 속도의 “저속 저탄소 정책”이 시행되었다고 볼 수 있다. 그러나 이제 우리나라도 국가 차원의 탄소배출 감축 목표가 선언되었고 이를 구체적으로 이행하기 위한 저탄소 녹색성장 기본법도 확정되었다. 이제 남은 것은 분명하고 탄탄한 이행 수단을 강구하는 것이다.

건축물 부문의 탄소배출 감축 목표는 타 산업보다 높은 수준으로 설정되어 있다. 그리고 정부는 주택부문은 2020년부터 제로에너지 주택을, 2025년 부터는 제로에너지 건물 보급을 의무화하겠다는 목표를 제시한 바 있다. 이는 유럽 등 선진국과 거의 같은 수준의 목표이다. 10~15년 뒤 제로에너지 건축물을 전면 보급하겠다는 것은 당연히 어렵다. 그러나 목표 설정은 중요하다. 목표설정이 된다면 단계별 목표가 나오고 단계별 추진계획과 필요 기술의 우선순위 그리고 필요한 예산이 책정될 수 있기 때문이다. 기술개발의 속성상, 언젠가는 제로에너지건축물이 시장에서 일반화되는 것은 분명한 사실이다. 문제는 속도이다. 50년 후에 될 것을 30년, 20년, 10년으로 단축하여야 한다는 것의 결정, 그것을 실현하기 위한 정책 수단과 예산 지원, 그것이 정책의 역할이다. 제로에너지 건축물이 시장에서 자율적으로 보급되기 위해서는 소비자의 차원에서 일단 경제성, 신뢰성이 확보되어야 한다. 현재 그렇지 않다면 그 갭을 어떻게 비용 효율적으로 빠른 시간에 해소할 것인지에 대한 구체적 수단과 방안이 면밀하게 설정되어야 한다. ⑥

Policy : Into the market

‘저에너지 친환경 공동주택’ 현장적용

연세대학교 건축공학과
교수 이승복 / 연구원 심아람
sbleigh@yonsei.ac.kr
aramshim@yonsei.ac.kr



강동구와 관·학 협약 체결

우리 연구단은 2009년 8월 10일 강동구과 관·학 협약(MOU, Memorandum of understanding; 양해각서) 체결을 통해 우리 과제에서 개발된 요소기술과 통합설계안을 현실화 할 수 있는 기회를 마련하였다. 강동구는 저에너지 친환경 공동주택을 건설하기 위해 관련정보의 교류 및 연구내용 적용에 대한 필요성을 공감하고, 이러한 목표달성을 위하여 재건축 정비 사업에 대한 친환경 공동주택 가이드라인을 마련하였다.

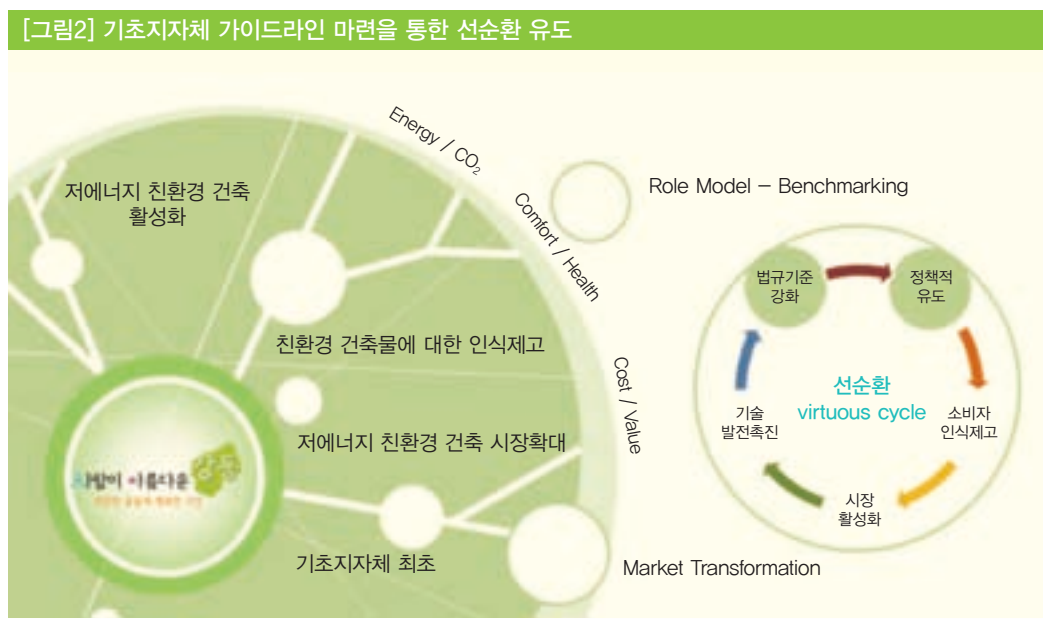
강동구 저에너지 친환경 공동주택 가이드라인 수립

이러한 노력의 결과로써 2010년 2월 23일, 기자설명회를 통해 전국 기초자치단체로서는 최초로 수립된 ‘저에너지 친환경 공동주택 가이드라인’을 발표하였다. 이는 저에너지 친환경 공

[그림1] 가이드라인 주요내용


구분	주요내용	평가지표
SITE	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 생태면적율 40% 확보 ◦ 수순환 체계 구축 ◦ 열섬현상완화 	<ul style="list-style-type: none"> Sustainability Energy / CO2 Comfort / Health Cost / Value
BUILDING	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 창호 및 외벽 단열강화 ◦ 기밀성능 테스트 ◦ 환기시스템 	
SYSTEM	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 고효율 기기 및 설비 사용 ◦ 합리적인 조명 조닝 및 제어 ◦ 공용건물의 제로에너지화 ◦ 신재생에너지 3%이상 사용 	

동주택의 구축 및 보급을 위한 첫걸음을 내딛었다는 의미를 가진다. 이를 통해 정부의 ‘그린홈 100만호 프로젝트’를 민간재건축사업에 도입하는 첫 사례로써, 13개단지 30,169세대의 친환경적 에너지 절약형 아파트가 탄생하게 된다. 이러한 재건축단지는 친환경공동주택단지로서는 국내 최대 규모이며 재건축사업이 완료되는 2014년쯤 첫 모습을 드러낼 예정이다.



[그림3] 기초자치단체 재건축정비사업 조감도 예시



강동구의 저에너지 친환경 공동주택 가이드라인은 연세대학교 송도캠퍼스에 마련된 실험주택의 모델 중,  을 기준으로 했다. 최종적인 가이드라인은 기존 아파트보다 냉난방에너지 부하를 40% 저감, 40% 이상의 단지 내 생태면적을 확보 및 총 에너지 소비량 3% 이상에 해당하는 신재생에너지 시설 설치 등을 주요 내용으로 하고 있다.

가이드라인의 예상 에너지 절감 효과를 국토해양부에서 2009년 10월에 발표한 「친환경주택」기준과 비교했을 때 총 에너지 소비량을 5~10% 추가적으로 저감할 수 있는 것으로 나타났다. 또한 이 가이드라인은 에너지 소비량 및 CO₂ 배출량을 저감할 뿐만 아니라 주거단지의 친환경성 및 거주민의 건강과 쾌적성을 향상시킬 수 있도록 고려했다. 또한, 이해관계자의 자문 및 의견수렴을 거쳐 요소기술의 적용으로 인한 비용 상승, 시공성, 설계·시공 사용자들의 의견을 충분히 반영하도록 노력하였으며, 최대한 합리적이고 현실 적용 가능한 내용으로 가이드라인을 구성하였다.

가이드라인의 기대효과

가이드라인에 포함된 52개의 요소기술을 적용함으로써 기존주택 대비 전체 에너지 소비량을 25%(신재생 에너지 및 정성적 부분 제외)까지 줄일 수 있을 것으로 연구단은 내다보고 있다. 이를 통해 현재 실현 가능한 에너지 저감 요소기술을 기초자치단체에 적용함으로써 선진 저에너지 친환경 주거 기술의 상용화 및 시

[그림4] 재건축 적용사례-녹지, 물길 등



장을 확대 할 수 있는 시금석이 될 것이라고 생각한다.

기초자치단체에서 에너지 성능이 향상된 가이드라인을 마련하여 주거부분의 에너지 사용에 대한 소비자들의 인식이 제고 될 것으로 예상된다. 또한 저에너지 주거 관련 기술 및 연구들이 활성화 되어 시장 확대 및 기술의 발전을 촉진하는 계기가 될 것이다. 장기적인 관점에서는 이러한 자치단체의 자발적인 노력이 다른 자치단체의 롤 모델이 되어 건축 성능이 향상된 기준이 확산되면, 지속가능한 발전을 위한 선순환의 촉매제가 될 것으로 확신한다.

마지막으로 강동구 저에너지 친환경 공동주택 가이드라인을 마련함으로써 기후변화 및 녹색성장에 발 빠르게 대응하여 거시적으로는 우리나라 건물분야의 탄소 배출 저감을 위한 여정에서 한걸음 앞서 나갈 수 있기를 바란다. ⑥

연구단 주요소식

International Conference on Sustainable Building **Asia**

SB10 SEOUL



한양대학교 건축공학과 교수 신 성 우

교육과학기술부 지정 우수공학연구센터인 친환경건축 연구센터(ERC)는 연세대학교 저에너지 친환경 공동주택 연구단과 공동으로 2010년 2월 24~26일에 「친환경건축국제회의: SB10 SEOUL」를 개최하였습니다.

본 대회는 세계적인 국제친환경건축협회(iSBE)가 3년마다 주최하는 World Sustainable Building Conference (2011년: 핀란드 헬싱키 개최)에 앞서 아시아지역에서 개최되는 것으로, 21세기 패러다임 변화의 핵심인 '지속가능'에 대한 인류의 고민에 대해 국내외 전문가가 머리를 맞대고 해결책을 모색하고자 마련된 자리입니다.

이번에 개최되는 SB10 SEOUL에서는 건축/토목분야에서 지구환경부하저감(CO₂ 저감) 및 삶의 질 향상을 목적으로, 친환경건축 건축기술과 지속가능한 사회구현에 관한 11명의 세계적인 전문가 초청강연과 함께 15개국 150여 편의 학술논문 발표, 건설회사 및 연구단체의 친환경건축 전시회 등이 성황리에 열렸습니다.

본고에서는 SB10 SEOUL에서 세계적인 전문가와 함께 논의되었던 세 가지 주제, 즉 친환경건축 교육 방향, 지속가능 초고층건축, 친환경건축물 성능평가 기술에 대해 간단히 소개하고자 합니다.



교육, 지속가능한 패러다임의 기본

정부가 추진하는 녹색성장이란 패러다임이 매력적인 상품 브랜드로 자리 잡기 위해서는 신 융합 커리큘럼을 통한 인력양성이 뒷받침돼야 한다고 생각합니다.

녹색성장 패러다임의 정착을 위해 새로운 융복합형 학문시스템부터 만들어야 한다는 데는 해외 전문가들 역시 강조하는 부분입니다.

제이 골든 애리조나 주립대학 교수는 “국제적으로 ‘지속가능성’이란 이론 자체가 하나의 학문으로 자리 잡기 시작했다”며 “떠오르는 차세대 핵심 학문으로 성장한 만큼 기존의 시스템에서 탈피한 복합적인 학문 커리큘럼의 정비가 필요한 시점”이라고 설명하였습니다.

로널드 로버스 네덜란드 주이드 대학 교수 역시 “세계는 환경에 영향을 덜 끼치는 개발에서 아무런 영향도 주지 않는 개발을 모색하기 시작했다”며 “이를 위해 에너지와 자재, 건축, 도시건설이 함께 발을 맞추는 시점에서 학문 간 교류는 필수적”이라고 강조했습니다.

SB10 SEOUL이 ‘교육’을 첫 번째 주제로 선택한 이유가 역시 여기에 있습니다. 지속가능성의 바탕에는 ‘융합’이 있고, 이 융합의 첫 출발은 교육부문에서 출발해야 한다는 뜻입니다.

도시의 생존을 위한 21세기 인류의 대한 ‘초고층 건물’

초고층 건물은 지속가능한 성장 및 메가시티 수준으로 진화하는 도시생태의 대안이며 도시 디자인 수준에서 초고층 건물의 가치를 다시 생각하고 적극적으로 정부가 대처해야 합니다.

초고층 건물에 친환경적 사고를 도입해 일명 ‘생태주의 건축가’로 불리는 켄 양은 이날 ‘녹색디자인을 향한 전략’이라는 주제로 강연하였습니다. 켄 양은 “그린 디자인이란 기존의 반환경적으로 불렸던 인프라들을 배척하는 것이 아니라 모두 포괄하는 개념”이라며 “단순히 엔지니어링 혹은 건축에 국한된 개념이 아닌 전체 에코 인프라 건설 구축을 바라보는 관점에서 초고층 건물을 조망해야한다”고 밝혔습니다. 덧붙여 그는 “그

연구단 주요소식



안드레아 모노 iiSBE 회장이 지속가능한 초고층건물에 대한 주제발표를 하고 있다.

린 디자인을 통해 지역 혹은 전 세계적인 수준의 에코 인프라 구축을 논의해야 한다.”고 지적했습니다.

마주브 엔니메이리 교수(일리노이 공과대학)는 앞으로 다가오는 초고층 시대를 이끌기 위해 구조설계와 건축의 화합이 필수적임을 지적했습니다.

그는 “초고층건물은 바람의 저항과 높이에 따르는 부담을 견디기 위해 구조설계의 역할이 매우 중요해졌다”며 “현재 총 건설비용의 40%가 건축에 소모된다면 30%는 구조설계에 투자될 만큼 그 비중이 점점 커지고 있다”고 설명했습니다.

그렇기 때문에 초고층 건물 건설의 부흥기를 맞이한 현재 구조설계자와 건축가 사이에 긴밀한 협업 관계가 필요하다는 뜻입니다.

이날 강연에서는 초고층 건물이 앞으로 나아갈 길을 제시했습니다. 경제위기를 몰고 오는 징조, 혹은 인간의 욕망을 상징하는 '바벨탑'이라는 오명은 이날 모인 세계 석학들에게 더 이상 중요한 이슈거리가 아니었습니다. 이들에게 가장 큰 관심거리는 단 하나입니다. 바로 도시의 기능을 파괴하지 않는 선에서 도시인과 환경이 공존하기 위해 초고층 건물이 담당해야할 역할은 무엇인가입니다.

21세기 초고층건물은 하늘을 향한 인간의 욕망이 아닌, 땅을 향한 인류의 절박한 대안으로 등장했습니다.

친환경 건축 인증제도

‘그린 시대’의 서막이 오른 현재 세계 선진국은 각자 친환경성을 평가하는 제도를 만드는 데 많은 역량을 투입하고 있습니다.

SB10 SEOUL을 찾은 레이몬드 콜 교수는 “현재 건물의 환경지수를 평가하는 것은 하나의 주요한 사업으로 성장했다”며 “건물의 친환경등급을 평가하고 자격증을 발급해주는 과정 하나가 괄목할만한 국가적 이익을 가져옴은 물론 시장을 선도하는 고삐 역할을 하고 있다”고 지적했습니다.

콜 교수가 지적한 세계 시장을 주도하는 두 가지 인증제도는 미국의 LEED와 영국의 BREEAM입니다. 이 두



친환경건축 인증제도에 대한 세계 석학들의 토론포럼.



초청강연자들이 첫째 날 공식행사를 마치고 포즈를 취하고 있다.

인증제도는 단순한 '제도'를 넘어서 하나의 국제적인 '브랜드'로 떠올랐습니다. 특히 LEED는 현재 공격적으로 세계 시장을 장악하고 있는 제도입니다.

캐나다와 인도의 그린 빌딩 협회는 얼마 전 LEED제도 도입을 승인했고, 브라질과 아르헨티나, 이탈리아도 LEED 제도 도입을 고려중입니다.

국내 대형 건축물들도 LEED 인증 보유를 서두르고 있습니다. 이러한 국내 움직임에 대해 콜 교수는 "친환경 건축이 국제적 화두가 되면서 LEED가 기업(건설사)의 효과적인 홍보수단이 되고 건물 매매에서 유리한 조건을 갖출 수 있기 때문"이라며 "결국 시스템을 중심으로 세계의 거대한 건축 시장이 재편성되고 있다"고 설명했습니다.

문제는 이렇게 한 국가에서 제정한 각 국가의 실정에는 맞지 않을 수도 있다는 점입니다.

SB10 마지막 날 강연을 맡은 닐 라슨 iSBE 사무국장은 "현재 인증제도의 가장 큰 문제는 전체 건물의 인증을 포괄적으로 평가하는데 비용이 많이 든다는 점과 지역적인 특수성을 반영하기가 쉽지 않다는 점"이라며 "기존 제도의 바탕을 흐리지 않는 선에서 유연해지고 건물 하나만이 아닌 지역 도시를 고려할 수 있는 제도로 성장하는 것이 관건"이라고 밝혔습니다.

SB10 SEOUL의 마지막 날 건축물 인증제도에 대해 강연하는 세계 석학들은 인증제도의 개발과정과 앞으로의 개선점 등 다양한 문제를 지적했지만 공통된 의견은 하나였습니다.

친환경건축 인증제도가 앞으로의 건설시장을 이끈다는 것입니다. 또한 그린 기술을 인정해주고 뒷받침해주는 제도의 중요성에 대해 의견을 같이 했습니다.

누구나 '그린'을 말합니다. 모두가 환경보호를 주장하고, 이산화탄소 감축을 찬성하고, 지구온난화를 막기 위해 노력하자고 입을 모읍니다. 그러나 아무나 '그린'을 행동으로 옮길 수는 없습니다. '그린'의 또 다른 이름이 바로 '기술력'이기 때문입니다. 기술이 확보되지 않는 한 '그린'은 남의 나라 얘기에 불과합니다. 그리고 이 기술이 적용되는 시스템이 없는 한 남의 나라 틀에 맞춰 녹색정책을 추진해야 합니다.

이번 SB10 SEOUL에서는 세계 석학들의 지속가능한 기술과 방향에 대한 고심이 있었으며, 우리나라의 지속가능한 건축의 방향에 대해 고찰해 볼 수 있는 뜻 깊은 자리였습니다. ⑥

연구단 주요소식



강동구 가이드라인 기자설명회,
강동구청장 이해식

강동구 저에너지 친환경 공동주택 가이드라인 시행, 기자설명회

장소: 서울시청 별관 2층 브리핑룸 / **일시:** 2010. 2. 23(화)

강동구(구청장 이해식)는 저탄소녹색성장과 지구온난화 등 기후변화에 발빠르게 대응하기 위해 전국 기초자치단체로서는 최초로 '저에너지 친환경 공동주택 가이드라인'을 확정했다고 23일 밝혔다.

강동구가 연세대 친환경건축연구센터와 손잡고 국토해양부와 협의하여 마련한 '저에너지 친환경 공동주택 가이드라인'은 기존 일반아파트보다 냉난방에너지를 40%이상 절감하고 아파트 단지 내 생태면적률을 40% 이상 확보하는 한편 총 에너지 소비량의 3% 이상을 담당하는 수준의 신재생에너지 시설 설치 등을 주요 골자로 담고 있다.

특히, 빗물관리시스템, 외피단열 및 창호단열, 공공시설 에너지 제로화 등 외부환경조성기술(SITE) - 22개, △저에너지 건물기술(BUILDING) - 11개, 고효율 설비기술(SYSTEM) - 19개의 적용사항을 확정함으로써 총 에너지 소비량을 25%까지 줄일 수 있을 것으로 강동구는 내다보고 있다.



기자설명회 인터뷰,
연세대학교 친환경 건축 연구센터장 이승복



저에너지 친환경 요소기술

강동구의 저에너지 친환경공동주택 가이드라인이 2월부터 본격 시행되면, 강동구에 지어지는 모든 재건축 정비사업의 공동주택은 이 가이드라인 내용을 반영하여 친환경 공동주택으로 건설되며, 300세대 이상 신축 되는 공동주택(주상복합아파트 포함)도 적용대상에 포함된다.

이에 앞서 강동구는 이미 재건축이 활발히 진행되고 있는 고덕지구 7개 단지(11,530세대)에도 종합적인 재건축정비계획 가이드라인을 마련하여 바람길과 물길 조성, 녹지축 연결, 자전거도로망 확충 등의 내용을 반영·추진하는 등 '저에너지 친환경공동주택 가이드라인'의 밑그림을 그려왔다.

이로써, 강동구가 추진하고 있는 재건축 공동주택 고덕지구 1,224,699㎡ 19,962세대와 둔촌지구 626,235㎡ 9,090세대, 길동 신동아 1·2차아파트를 비롯한 기타지역 110,052㎡, 1,117세대 등 총 13개 단지 1960,986㎡ 30,169세대가 자연 친화적이면서 에너지 절약형 아파트로 탄생하게 된다. 친환경공동주택단지로서는 국내 최대 규모다.

이는 정부의 '그린홈 100만호 프로젝트'를 민간재건축사업에 도입하는 첫 사례이며, 고덕4단지 재건축사업이 완료되는 2014년쯤 첫 모습을 드러낼 예정이다.

이를 위해 강동구는 지난해 8월 10일, 국토해양부(주관 건설교통평가원)의 지원으로 저에너지 친환경 공동주택 기술개발 연구를 수행하고 있는 연세대 친환경건축연구센터(센터장 이승복 교수)와 친환경공동주택 조성을 위한 관·학 협약을 체결한바 있다. 이어 친환경건축연구센터 연구진과 강동구 재건축과를 비롯한 9개 부서장과 건축위원회 위원, 설계자, 건설사, 재건축조합장 등의 자문과 의견수렴 및 10여 차례에 걸친 회의 끝에 강동구 지역여건과 특색에 맞고 실제 공동주택에 적용 가능한 '저에너지 친환경공동주택 가이드라인'을 2월 20일 최종 확정했다.

이해식 강동구청장은 이번에 수립한 '저에너지 친환경 공동주택 가이드라인'은 세계적으로 이슈가 되고 있는 '저탄소 녹색성장'에 대한 강동구의 실천의지를 담은 것으로 올해 3대 구정 운영 방향 중 하나인 '지속가능한 행복도시'로 가는 첫걸음이자, 강동구가 저탄소 녹색도시로 새롭게 태어나는 전기가 될 것"이라고 말했다. ⑥

연구단 주요소식



강동구청 부구청장(오른쪽)이 연세대학교 친환경건축 연구센터장 이승복(왼쪽)에게 감사패를 수여하고 있다.

서울특별시 강동구청 감사패 수여식

장소: 강동구청 부구청장실 / **일시:** 2010. 3. 11(목)

연세대학교 친환경 건축 연구센터와 강동구는 관·학 협약을 체결(2009년 8월 10일)하여 저에너지 친환경 공동주택 가이드라인을 마련했고, 2010년 2월 23일 강동구 저에너지 친환경 공동주택 가이드라인의 시행을 발표하였다.

강동구는 저에너지 친환경 공동주택 가이드라인을 수립함으로써 주거부문의 에너지효율 향상과 온실가스 감축에 기여하는 동시에 국가적인 '저탄소 녹색성장'에 앞장서게 되었다.

이에 따라 강동구에서는 가이드라인 마련에 대한 감사의 마음으로 연세대학교 친환경 건축 연구센터에 감사패를 수여(2010년 3월 11일)했다.

감사패의 내용은 아래와 같다.

「저탄소·녹색성장 및 지구온난화 등 기후 변화에 적극 대응하고 쾌적한 주거환경과 지속가능한 행복도시 및 ECO-강동을 구현하기 위하여 강동구의 특색을 살린 저에너지 친환경 공동주택 가이드라인을 마련하여 주신 공이 크므로 감사의 마음을 이 패에 담아드립니다.」 ⑥



연구단 운영조직

연구단장

이승복
연세대학교 건축공학과

총괄간사

김태연
연세대학교 건축공학과

연구지원팀

황석호
심아람

김지영
백정현

정창현
박라연

김주수

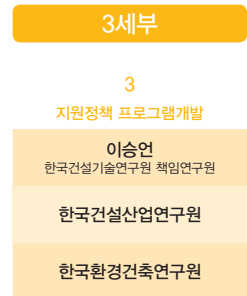
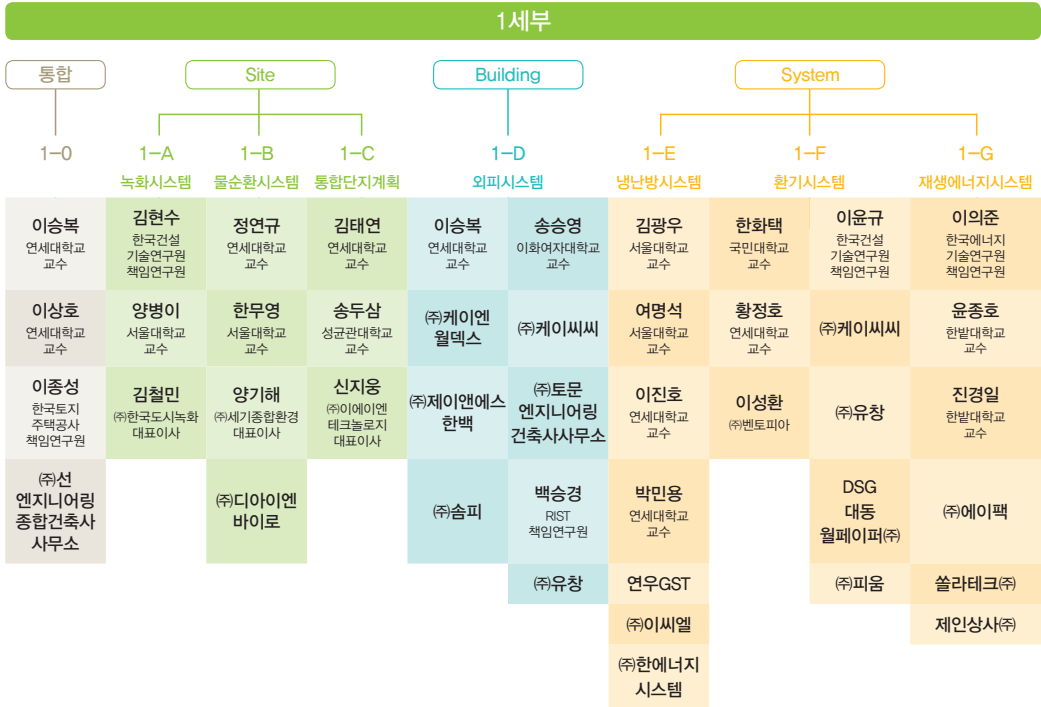
행정지원팀

송정윤

이미영



연구단 수행조직





2010 **MAY**
Newsletter_특집호

발행처 저에너지 친환경 공동주택 연구단
서울특별시 서대문구 성산로 262
연세대학교 산학협동연구관 524호
T. 02-2123-7830, 7831 F. 02-313-7831
www.csh.re.kr

발행인 이승복

편집인 황석호, 김지영, 정창현, 김주수,
심아람, 송정윤, 박라연, 백정현

e-mail csh2006@yonsei.ac.kr

디자인 아미고디자인(02-517-5043)
www.amigodesign.co.kr

