

친환경 주택기술동향

친환경 건축기술동향을 주거를 중심으로 유럽의 사례를 들어 소개하고자 한다.

원 종 서

대림산업(주) 기술연구소(wonjs@daelim.co.kr)

이 진 호

대림산업(주) 건축사업본부(wonjs@daelim.co.kr)

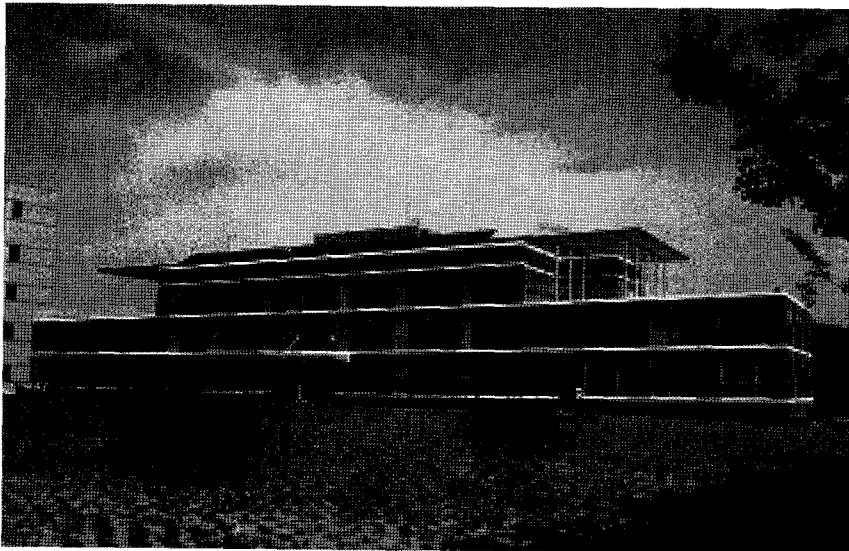
최근 전 세계적으로 건물에서 사용되는 에너지를 줄이고 환경오염을 방지하기 위한 노력들이 활발히 진행되고 있으며, 경제수준 향상에 따라 쾌적에 대한 높은 요구수준을 충족시키기 위한 방안들이 지속적으로 연구되고 있다.

이러한 환경변화에 대응하기 위하여, 건축/설비 계에서는 1970년대 에너지 쇼크 때 에너지 절약형 기법에 관한 활발한 연구 이후 1990년대에 와서는 환경보전의 측면에서 저환경부하, 에너지절약형 건축

에 대한 연구를 가속하고 있다. 우리나라에서는 2002년부터 친환경 건물인증 제도를 시행하고 있으며, 2006년부터 주택성능등급제도가 시행되고 있다.

당사에서는 저에너지 친환경 건축기술의 개발 및 적용을 위해 주거환경연구센터를 2006년에 준공하여 운영하고 있으며(그림 1참조), 연구분야 및 적용된 기술은 그림 2와 같다.

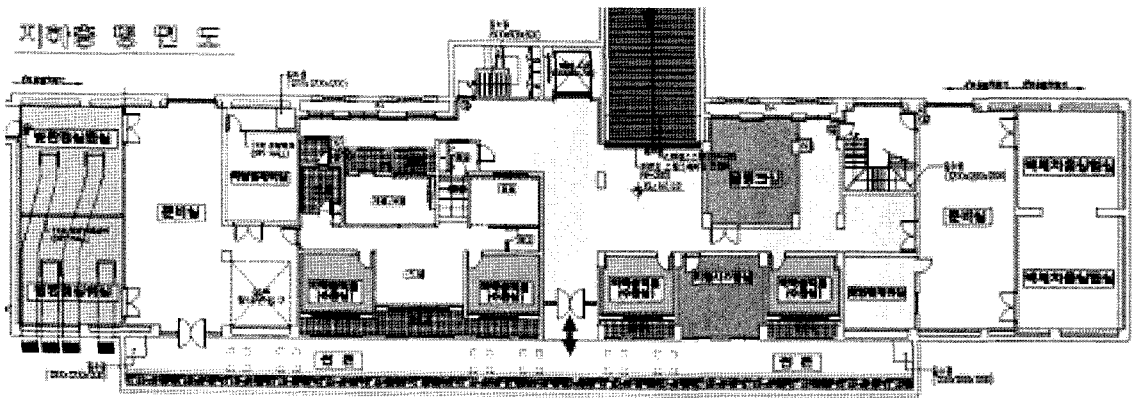
본 고에서는 해외주거사례를 통해 친환경 건축의 적용기술과 기술동향에 대해 살펴보고자 한다.



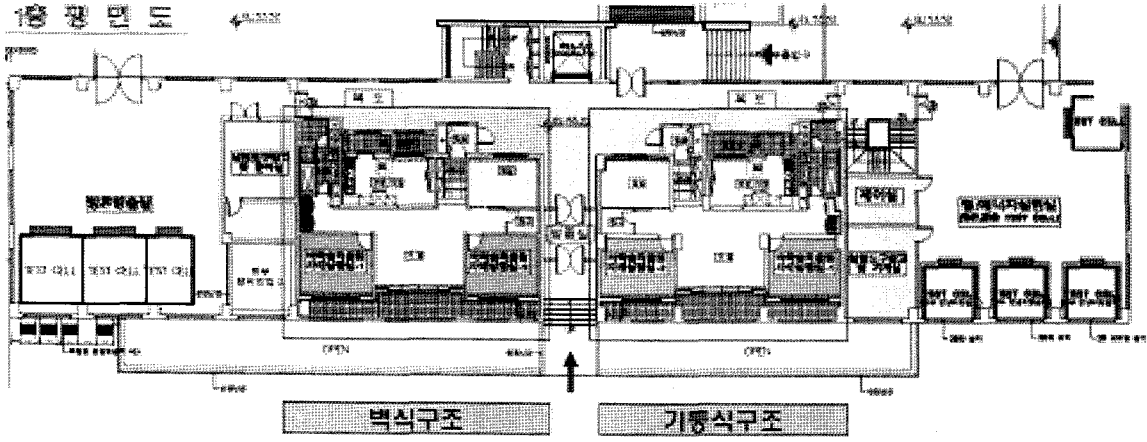
[그림 1] 대림산업 주거환경연구센터 전경



지하층 평면도



층 평면도



주거환경 연구센터 개요

- 건립배경 : 저에너지 친환경 공동주택 기술개발
- 건물규모 : 지하1층~지상3층, 연면적 3,196㎡
- 건물구성 : 40명 단위세대, 실험실
 - 실험세대 (기동식3세대/벽식구조4세대)
 - 열에너지 실험세대 : 초에너지 절약세대(3리터 하우스)
 - 음환경 실험세대 : 바닥충격음, 육실소음
 - 실내공기환경 실험세대 : 자재방출강도 실험
 - 설비 실험세대 : 환기설비, 유비쿼터스
 - 주요실험실
 - 열에너지 실험실 : Test Cell, 항온항습실
 - 빛환경 실험실 : 자연채광/ 인공조명
 - 음환경 실험실 : 벽체차음, 실내음향시스템
 - 다목적 실험실 : 공법 및 부재 실험

친환경 적용기술

- ① 태양광 시스템(PV, BIPV) : 발전용량 30Kwp
- ② 지열냉난방시스템(20RT) : 공용부위 및 실험용 열원 활용
- ③ 지중덕트(Subsoil Duct) : 세대 환기부하 저감
- ④ 자연채광 시스템 : 지하 빛환경 실험실 채광
- ⑤ 우수활용시스템 : 조경용수 및 생활용수 활용
- ⑥ 초에너지 절약세대(3리터 하우스) : 고단열, 고기밀
- ⑦ 다기능성촉매 외장 마감 : 건물 외벽 오염방지 및 항균작용

[그림 2] 주거환경연구센터에 적용된 기술요소

해외사례¹⁾

패시브하우스(카젤, 독일)

패시브하우스의 개념은 80년대 말에 개발되었으며, 높은 열패적과 낮은 에너지소비(약 15 kWh/m²a)를 구현하기 위해 수퍼단열(고단열/고기밀)과 폐열회수용 환기시스템이 설치된 주택을 말한다.

본 프로젝트는 지역주택공급업체(GWG)가 저소득층 가구에 주택공급을 목적으로 시행되었으며, 2개동 40세대로 세대별 바닥면적은 72 m²이다(그림 3 참조).

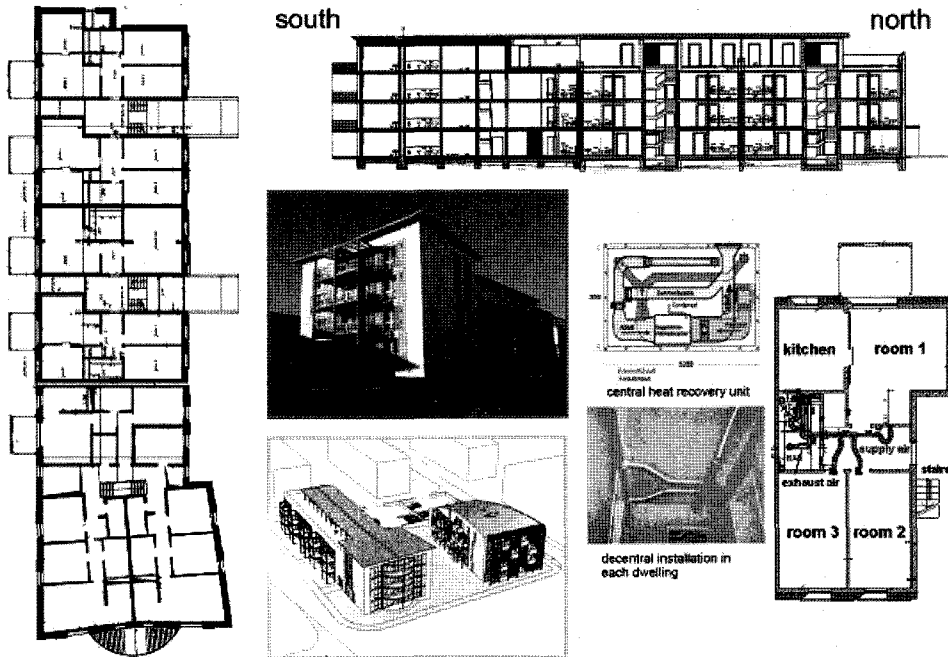
건물외벽, 지붕, 바닥의 단열재두께(eps, λ=0.040 W/mK)는 각각 300 mm, 350 mm, 335 mm로 시공되었으며, 공사비절감을 위해 지하실은 없애고, 환기시스템은 세미중앙방식(semi-central)으로 설치하였다. 세미중앙방식 환기시스템은 6 ~ 8 세대마다 중앙 열교환기를 1대씩 평지붕 위에 설치하여 거주 공간을 극대화 하였으며, 소음문제도 줄일 수 있었

고, 실내에서는 각 거주자들이 환기량과 실내온도를 제어할 수 있게 하였다.

모든 거주자들은 환기시스템의 사용법을 교육받게 되어있으며, 유지관리는 에어필터만 정기적으로 교환하도록 하였다.

환기시스템의 급배기 제어를 위해 건물외피의 기밀도는 패시브 하우스 기준(50 Pa에서 0.6회/h 이하)을 만족해야한다. 건물외피의 기밀도는 블로우 도어 테스트(blower door test)에 의해 체크하며, 카젤 공동주택의 환기회수는 50파스칼 기준으로 0.35회/h(자연상태[4 pal로 환산시 약 0.018회/h)로 측정되었다.

이 공동주택의 시공비용은 단위 세대당 약 1억 1천만원 (90,000 유로)으로 일반주택에 비해 약 1천만원(8,000 유로)의 비용이 추가된 것으로 나타났다. 따라서 에너지절약분(기존주택대비 80% 절감)에 대한 비용회수 기간이 약 8년 정도로 충분한 가격 경쟁력도 지닌 것으로 나타났다.



[그림 3] 독일 카젤의 패시브하우스

1) IEA-SHC Task 28/ECBCS Annex38: Sustainable Solar Housing

저에너지친환경 공동주택(트론헤임, 노르웨이)

노르웨이 중부 트론헤임시에 위치한 저에너지 공동주택은 2005년 가을에 완공되었으며, 2개동 총 51세대(세대별 평균 바닥면적은 72 m²)로 구성되었다.

이 프로젝트는 배리어프리(barrier free)디자인이 적용되었으며, 51세대 전세대가 남향이며, 언덕이나 다른 건물에 의해서 음영이 생기지 않도록 단지설계가 되었다.

본 프로젝트의 목적은 저에너지수요를 통한 친환경성 확보(low energy demand and low environmental impact)이며, 실제 일반아파트(노르웨이 건축법기준)보다 50% 이하의 에너지절감을 하도록 설계되었다. 따라서, 난방부하 및 급탕부하가 매우 작아서 신재생에너지 사용만으로도 에너지공급이 충분하도록 계획되었다.

건물외벽, 지붕, 바닥의 열관류율값은(W/m²K)는 각각 0.16, 0.10, 0.11로 설계되었으며, 유리창은 아르곤가스가 충전된 양면 로우이(Low-e)코팅 3중 유리가 적용되었고, 창틀은 우드프레임(wood frame)을 사용하여 총 열관류율은 1.0(W/m²K)으로 설계되었다.

또한, 열교값(thermal bridge value)은 0.03 W/mK 이

하로, 기밀도는 0.8회 이하(50 Pa 기준)로 설계되었다.

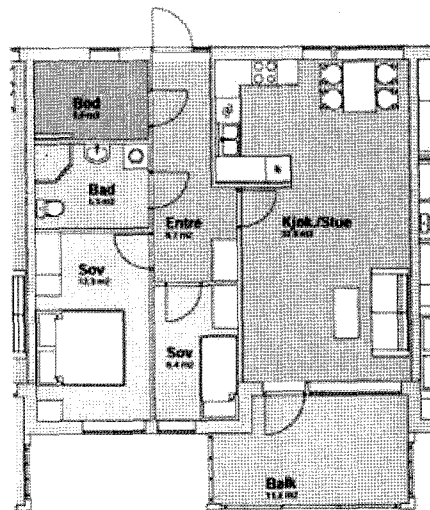
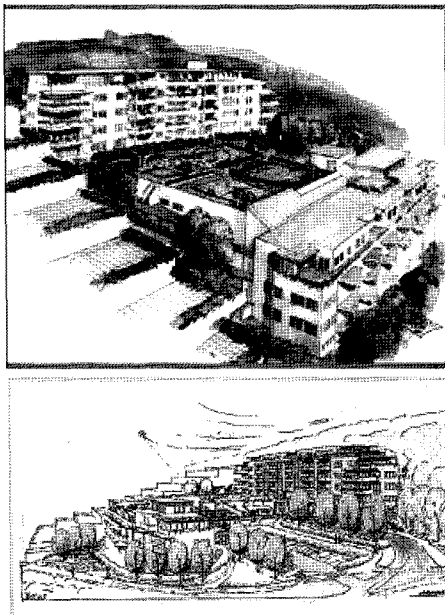
모든 아파트에는 전열교환기(효율75% 이상)가 부착된 환기시스템(팬 파워; 2.0 kW/m³/s)이 설치되어 있으며, 전기수요를 줄이기 위해 A등급의 세탁기, 드라이기, 냉장고, 조명기기가 사용되었다.

건물 위치는 남향으로 자연형태양열을 최대한 이용할 수 있으며, 남은 열은 천장과 내벽의 노출콘크리트에 축열하도록 계획하였다.

여름철 과열을 방지하기 위해 외부차양(exterior shading and overhang)이 설치되었으며 맞통풍(cross ventilation)이 가능하도록 벽의 상부에 환기창을 설치하였다.

또한, 사용자 중심의 “home”, “not home” 모드의 단순한 제어시스템이 현관에 설치되어 있는데, 외출시 “not home” 모드로 설정하면 온도와 환기시스템이 최소조건으로 운영되며, 조명기기는 꺼지도록 설계되어 있다. 제어판에서는 설계시 계산된 에너지사용량과 실제 사용량을 비교할 수 있도록 디스플레이 장치가 설치되어 있다.

난방을 위한 에너지는 매우 적으므로 난방시스템을 최소화 할 수 있어 거실에는 전기히터 1개만이 설치되



[그림 4] 노르웨이 트론헤임의 저에너지친환경 공동주택

어 있는데, 환기시스템이 모든 방에 열을 공급하고 고 단열창호시스템이 설치되어 있어, 이러한 간단한 난방장치만으로 충분히 난방부하를 대처할 수 있었다.

급탕공급을 위해 열교환기와 중수(목욕용)로부터 폐열을 회수하는 히트펌프가 사용되었으며, 이 시스템은 일반 급탕용 전기히터에 비해 80%의 전기를 절약할 수 있었다.

이 저에너지 친환경 공동주택의 시공비용은 일반 아파트에 비해 4~6%의 추가 비용이 발생하였으며, 추가비용 회수기간은 약 5~10년으로 계산되어 시장경쟁력이 있는 것으로 판단되었다.

미네기 하우스(버티스홀츠, 스위스)

미네기 하우스란 Minnum + Energy House의 합성어로 독일의 패시브 하우스 인증과 비교되는 스위스의 저에너지 친환경 주택인증이라 할 수 있다.

버티스홀츠 프로젝트는 스위스 루체른 칸톤지역에서 미네기 하우스 인증을 처음받은 단독주택이다. 이 주택의 특징은 남서면의 경사지에 위치하여 주변 건물과 충분한 인동간격으로 자연형 태양열이용과 주광이용을 최대한 할 수 있도록 계획되었다. 이 주택의 외관 및 내부모습은 그림 5와 같다.

이 주택의 난방면적(외벽포함)은 257 m²이며, 1, 2층 평면 및 단면 상세는 그림 6과 같다.

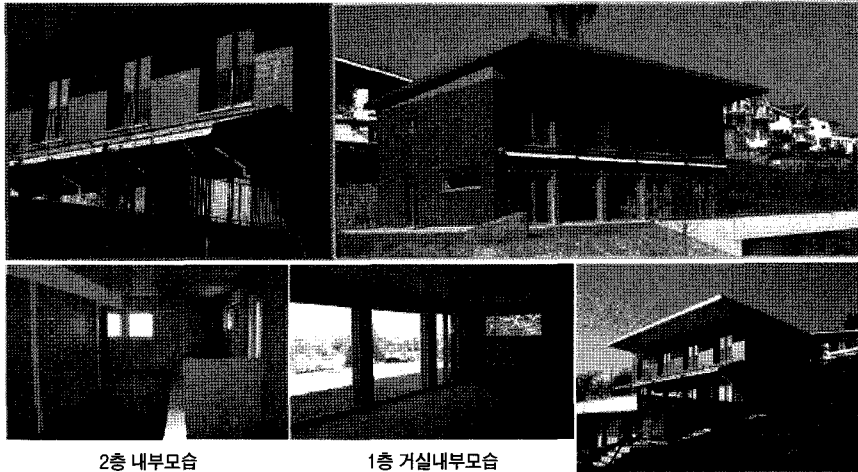
건물외벽, 지붕, 바닥의 단열재두께는 각각 350 mm(암면), 300 mm(폴리우레탄), 238 mm(방진재+암면)로 시공되었으며, 창호시스템은 우드-메탈 프레임의 3중 유리가 설치되었다. 부위별 열관류율을 정리하면 표 1과 같다.

미네기 하우스에 적용된 기술로는 공급공기의 예열을 위한 지중파이프(PE-pipe, 2EA, 직경160 mm, 길이 43 m)가 매설되어 있으며, 지중파이프를 통과한 공기는 환기시스템(대항류형 전열교환기; 260 CMH at 100 Pa, 3-step operation)을 통해 실내로 공급된다.

또한, 4.5 m² 태양열집열판(효율 80%)이 설치되어 있는데, 이는 필요급탕량의 71%를 담당하며 나머지 29%는 전기히터로 백업시스템을 갖추었다(그림 7 참조).

여름철 과열을 방지하기 위해 태양센서로 제어되는 차양장치를 설치하였으며, 옥상녹화의 우수활용 시스템이 생태건축적 요소기술로 적용되었다.

따라서, 버티스홀츠 프로젝트는 새로운 스위스 미네기 하우스 기준²⁾을 완벽하게 충족하였으며, 에너지성능평가는 표 2와 같다.

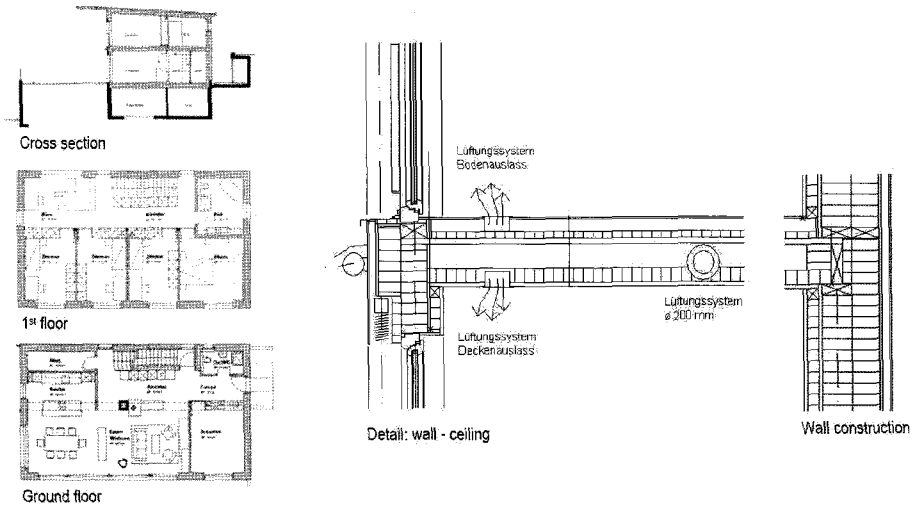


2층 내부모습

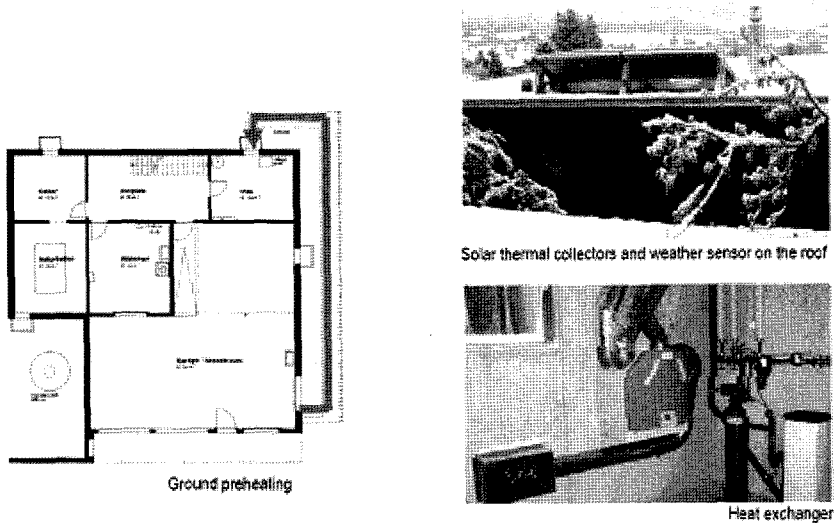
1층 거실내부모습

[그림 5] 스위스 버티스홀츠의 미네기하우스

2) 미네기하우스 인증건물은 스위스에서 지어지는 통상적인 주택의 에너지사용량의 10% 정도 사용으로 쾌적한 주거환경을 창출할 수 있다.



[그림 6] 스위스 버티스홀즈 미네기하우스의 평면 및 단면상세



[그림 7] 열교환기와 연결된 지중파이프와 태양열집열판

<표 1> 미네기하우스 부위별 열관류율값

열관류율값	(W/m ² K)
지붕	0.071
외벽	0.146
바닥	0.124
창호시스템 (유리+프레임)	0.8
유리(g-value)	0.7(65%)

<표 2> 미네기하우스 에너지성능

난방/환기 부하	13.3 kWh/m ²
급탕부하(태양열 71%, 전기히터29%)	13.7 kWh/m ²
기밀테스트(측정치)	0.3회/h(50 Pa)
최대난방부하	10.0 W/m ²

친환경건축의 전망

지금까지 유럽(독일, 노르웨이, 스위스)의 친환경 건축기술을 사례를 통해 살펴보았다. 적용된 친환경 건축기술을 정리하면 건축물의 부하를 저감하는 기술과 액티브(active) 시스템의 용량을 최소화하고 이를 통해, 비교적 효율이 낮은 신재생에너지 사용을 가능케 하여 환경부하를 최소화시키는 기술로 나눌 수 있다.

또한, 친환경건축물이 시장에서 경쟁력을 갖추기 위해서는 추가비용이 10% 이하, 비용회수기간 (payback period)이 8년(5 ~ 10년) 이하로 결정될 때 사업성이 있는 것으로 나타났다.

저에너지 친환경 공동주택에 대한 연구는 현재 선진국에서 성과와 신뢰성이 확인되어 실용화단계에 접어들었지만, 우리나라의 경우는 실용화를 위해 2006년 10월 건설교통부 건설기술 핵심사업으로 “저에너지 친환경 공동주택기술개발”³⁾ 연구과제가 시작되었으며, 연구목표는 공사비 110%이내, 이산화탄소 40% 절감을 목표로 하고 있다.

앞으로 실용화를 위해서는 해결되어야 할 여러 가지 문제점들이 남아 있지만, 저에너지 친환경 공동주택의 모델이 완성 될 2010년 이후에는 지속가능한 국가 균형발전 및 개발의 시발점이 될 수 있는 밑그림 될 전망이다. ●

3) “저에너지 친환경 공동주택 기술개발” 과제는 5년(2006.10 ~ 2011.7)동안 총 연구비 250억원, 참여연구원 330여명 규모의 건설핵심과제로 크게 3세부로 연구 진행되며, 1세부 과제에서는 요소기술개발(연세대), 2세부과제에서는 적용성평가 및 모델개발(대림산업), 3세부 과제에서는 지원정책개발(한국건설기술연구원)을 맡고 있다. 연구단장으로는 연세대학교 이승복 교수가 맡고 있다.