

건물의 CO₂ 배출 저감 건축기술요소 제안에 관한 연구 (공동주택을 중심으로)

이종식*, 강혜진**, 박진철***, 이언구****

*중앙대학교 대학원 건축과(leeantz@wm.cau.ac.kr), **중앙대학교 대학원 건축과(chonakang@hotmail.com),
중앙대학교 건축학과(jincpark@cau.ac.kr), *중앙대학교 건축학과(ekrhee@cau.ac.kr)

A Study on the Proposal of Building Technologies for Reducing CO₂ Emission of Buildings (Focused on the Multi-Family Residential Buildings)

Lee, Jong-Sik*, Kang Hae-Jin**, Kim, Park, Jin-Chul***, Rhee, Eon-Ku****

*Dept. of Architecture, Graduate School, Chung-Ang University(leeantz@wm.cau.ac.kr),
**Dept. of Architecture, Graduate School, Chung-Ang University(chonakang@hotmail.com),
***Dept. of Architecture, Chung-Ang University(jincpark@cau.ac.kr),
****Dept. of Architecture, Chung-Ang University(ekrhee@cau.ac.kr)

Abstract

First, the base model of multi-family residential buildings are selected, and then the CO₂ reduction building technologies that are applicable for multi-family residential buildings are induced by analyzing the examples and then an optimal plan for when the CO₂ reduction building technologies can be integrated and applied to the base model was formulated. In the results of converting the energy consumption and reduction amount from the building technologies into CO₂ emissions to analyze the distribution ratio compared to the entire CO₂ emissions; the heat recovery ventilator is 0.5%, the photovoltaic system is 1.9%~5.9%, the solar hot water heating system is 6.3%~13.1% and the geothermal heat-pump system is 39.0% when both heating and hot water heating are applied. An optimally integrated application method for the building technologies is in charge of heating and hot water heating through the geothermal source heat pump system and in charge of the electricity load through the photovoltaic system(45.2%).

Keywords : 공동주택(Multi-Family Residential Buildings), 친환경 건축기술요소(Sustainable Building Technologies), CO₂ 배출량(CO₂ emission), 에너지플러스(EnergyPlus)

1. 서 론

최근 전세계적으로 지속가능한 발전이라는 명제 하에 환경보전에 대한 국제적인 관심이 고조되고 있으며, CO₂ 배출거래 시장이 확대되고 있다. 이에 세계 각국은 CO₂ 배출을 감소시키기 위해 각국에서의 구체적인 대책 수립을 위한 노력이 가시화되고 있다. 이산화탄소 배출량은 세계 10위(2003년 기준)¹⁾인 우리나라에서도 CO₂ 배출량의 감축은 중요한 정책사항으로 여겨지고 있다. CO₂ 배출요인 중 한 가지는 주거부분에서의 CO₂ 배출로 우리나라에서 주거건물의 CO₂ 배출량은 전체 CO₂ 배출량의 약 10%가 될 것으로 추정되고 있다.²⁾ 또한 2005년 기준 주택 형태별 분류에서 주거부분 중 공동주택(아파트)이 차지하는 비율이 전체의 53%로 가장 높은 비율을 차지하고 있다.³⁾ 따라서 공동주택에서의 CO₂ 배출량 저감은 건물부분에서의 그 파급효과가 매우 클 것으로 예상된다.

본 연구에서는 국내외 사례분석을 통해 공동주택에 적용 가능한 CO₂ 배출량을 저감할 수 있을 것으로 예상되는 친환경 건축기술요

소를 도출한 후, Base Model을 선정하여 Base Model과 도출된 친환경 건축기술요소의 에너지 성능을 분석하였다. 또한 이를 CO₂ 배출계수를 통해 CO₂ 배출량으로 변환하여 그 성능을 분석하였으며, 최적 통합 적용 방법을 제안하였다.

2. 공동주택에 적용 가능한 친환경 건축기술요소 도출

최근 10년 내에 준공되었거나 준공완료가 계획된 국내외 시범단지, 주거단지 및 생태도시 내의 주거지를 중심으로 국내외 사례를 통해 에너지 절감 및 CO₂ 배출절감을 위해 적용된 친환경 건축기술요소를 조사하였다. 조사결과를 바탕으로 국내 공동주택에 적용 가능한 친환경 건축기술요소를 도출하였다. 본 연구에서 분석할 건축기술요소는 국내외 모두에서 가장 많이 사용되고 있는 전열교환 환기시스템, 태양광 발전 시스템과 태양열 시스템을 선정하였으며, 추가적으로 국내 사례에서 적용이 많아질 것으로 예상되는 지열 히트펌프 시스템을 선정하였다.

표 1. 친환경 건축기술요소 적용사례 분석

구분	시스템	기술	국외					국내	
			①	②	③	④	⑤	①	②
건축설비 시스템	냉난방 시스템	바닥복사 냉난방							●
	환기	폐열 회수 시스템	●		●	●		●	●
에너지 시스템	고효율 장비	지역 난방	●	●					
		열병합 발전	●	●	●	●			
	신재생에너지	태양전지	●	●	●	●		●	●
		태양열	●	●	●	●	●	●	
		지열 히트펌프						●	●
		풍력	●	●		●		●	
		바이오매스	●		●	●			
		연료전지						●	
쓰레기 소각열									

- 국외사례 : ① 버방(Vauban) 주거단지, ② 크론스베르그, ③ BedZED, ④ DockSide Green, ⑤ Viikki 생태주거단지
- 국내사례 : ① 제로에너지 타운 시범 빌딩, ② 대림산업(주) 기술연구소 주거환경 연구센터

1) 한국환경정책 평가연구원, 탄소세 도입가능성에 대비한 조세·재정정책의 방향에 관한 연구, 2007.12, p.25

2) 에너지 관리공단 에너지 통계,

3) 통계청, 국가통계 포털(<http://www.kosis.kr/>)

3. CO₂ 저감성능분석 및 최적 통합 대안 제시

3.1 Base Model의 설정

도출된 친환경 건축기술요소의 CO₂ 저감 성능 평가를 위해 문헌조사를 통해 Base Model을 선정하고, 도출된 건축기술요소와 비교하였다.

표 2. Base Model 설정

요소	설정값
기상데이터	서울(TMY2)
냉난방기간 ⁴⁾	난방기 : 1월~3월, 11월~12월 냉방기 : 6월 11일~9월 10일
평형 ⁵⁾	32±1평형; 전용면적 85m ²
층수 ⁶⁾ , 향	15층(4호조합 : 60세대), 남향
코어 ⁷⁾ , 지붕	계단실형, 박공지붕(30°)
층고(천장고)	2800mm(2300m)
장단변비 ⁸⁾	1 : 0.96
발코니 ⁹⁾	전면발코니 확장, 후면발코니
창면적비 ¹⁰⁾	전면 80%, 후면 40%
설정온도 ¹¹⁾	난방 : 24℃, 냉방 : 26℃
침기량	0.5ACH(난방), 2.0ACH(비난방)
인체 ¹²⁾ 발열	현열70W, 잠열45W (4인)
기기 ¹³⁾ , 조명 ¹⁴⁾ 발열	314W, 68W

외피의 구성 및 물성치, 내부발열스케줄은

- 4) 석호태, 사무소 건물의 에너지 절약을 위한 부하 예측 방정식 및 설계 지침 개발에 관한 연구”, 서울대 박사학위 논문, 1995, 8, p.65
- 5) 서울특별시, 서울통계연보, X 주택 건설, 2007, p.264-268
- 6) 통계청, 국가통계 포털(<http://www.kosis.kr/>)
- 7) 김필현, 공동주택 에너지 소비의 적정성 분석 및 개선방안 연구, 한남대 정보산업대학원, 2000, p.12
- 8) 김민철, 아파트 발코니 확장을 대비한 단위주호 평면 변화 특성에 관한 연구, 경북대학교 대학원 석사학위논문, 2007, p.34
- 9) 김지연, 공동주택의 발코니 확장에 따른 열환경 성능 평가 및 개선방법에 관한 연구, 한국태양에너지학회 춘계학술발표회 논문집, 2006.04, p.67-72
- 10) 유호선, 한국형 아파트의 냉난방 에너지에 미치는 제 인자의 영향, 설비공학논문집, 제 14권 제 11호, 2002, p.972-980
- 11) 유호선 외, 한국형 아파트의 난방에너지 분석1: 위치의 영향, 설비공학논문집 제 16권 제 1호, 2004, p.101-100
- 12) ASHRAE Fundamentals 2001
- 13) 전력거래소, 가전기기보급률 및 가정용전력 소비행태 조사, 2006.12, p.50-75
- 14) 산업자원부, 건물의 에너지효율 등급 평가기준 및 정책개발에 관한 연구, 2007, p.340

다음과 같다.¹⁵⁾

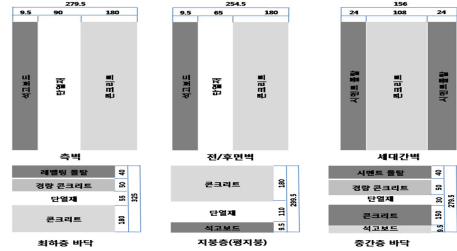


그림 3. 외피구성

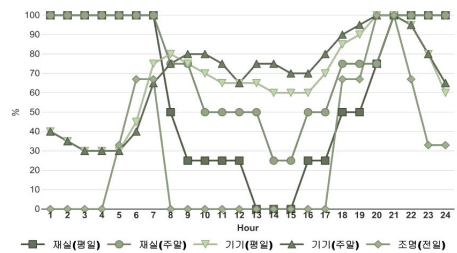


그림 4. 내부발열 스케줄

표 3. 재료별 물성치 및 창호의 구성

재료	열전도율 (W/m℃)	비열 (J/kg℃)	비중 (kg/m ³)
콘크리트	1.376	879	2198
기포 콘크리트	0.1376	1092	600
몰탈	1.204	1130	2019
시멘트벽돌	0.516	836	1922
단열재	0.030	837	30
석고보드	0.155	1130	910
공기층	5.56	1004	1.3
창호 구성	열관류율 (W/m ² ℃)	차폐계수 (0-1)	태양열획득 (0-1)
5mm복층+ 6mm공기층	3.1	0.85	0.76

3.2 건축기술요소의 설정

Base Model에 적용한 건축기술요소 및 친환경 건축기술요소의 설정은 표 4와 같다.

Base Model에 적용한 난방, 냉방시스템은

- 15) 건축물의 설비기준 등에 관한 규칙 [부록A], 건축물 에너지 절약 설계기준 [부록B]

표 4. 각 건축기술요소의 설정

System	변수		설정	
바닥복사난방 (중앙난방)	보일러 효율		80%	
	펌프 Control		간헐운전	
패키지에어컨	냉방효율(COP) ¹⁶⁾		4.11W/W	
	용량, 유량, 현열비		자동조절	
급탕시스템 ¹⁷⁾ (개별식)	탱크볼륨 및 용량		72 ℓ, 1000W	
	시수온도, 공급온도		15℃, 55℃	
Unit 환기	열효율		90%	
	환기량		최대 0.7ACH(비난방 공간 제외)	
전열교환환기	환기량		최대 0.7ACH(비난방 공간 제외)	
	효율	Heating	100%	Sensible : 0.76, Latent : 0.68
			75%	Sensible : 0.81, Latent : 0.73
		Cooling	100%	Sensible: 0.76, Latent : 0.68
			75%	Sensible : 0.81, Latent : 0.73
태양광	가용유효면적비율		Roof : 65%, Wall : 80%	
	설치가능 층		Roof : 지붕층, Wall : 상부 60%	
	최종 설치면적		Roof : 63.0m ² × 4호 조합 × 0.65 = 163.8m² , Wall : 18.5m ² × 60세대 × 0.8 × 0.6 = 532.8m²	
태양열	설치가능면적		Roof : 163.8m ² , Wall : 532.8m ² , Both : 693.8m ²	
	실제설치면적		Roof : 144.0m ² , Wall : 432.0m ² , Both : 568.0m ²	
	축열조용량		Roof : 7.2m ² , Wall : 21.6m ² , Both : 28.4m ²	
	집열기 내 유량		0.000045m ³ /s	
지열히트펌프	Borehole 천공 가능면적		건물면적 + 건물높이(15층×2.6m)에 따른 인동간격 0.8m 고려 = 504m ² + 1,248m ² = 1,752m ²	
	Borehole 간격 및 천공수		5m, 42개	
	COP 및 용량		3.5, 579,202W	

국내 공동주택에서 일반적으로 사용하는 바닥복사난방과 패키지에어컨을 적용하였으며, 난방방식의 경우, 지열시스템과의 비교를 위해 중앙난방방식을 적용하였다. 급탕시스템은 난방과 급탕에서의 가스소비량을 분리하여 분석하기 위해 개별식으로 적용하였다. 환기시스템은 전열교환 환기시스템과의 비교를 위해 열교환기가 없는 Unit 환기시스템을 적용하였으며, 환기횟수는 최대 0.7ACH로 설정하였다.

전열교환 환기시스템의 환기횟수는 최대 0.7ACH로 설정하였으며, 열교환기 Type은 Rotary 방식을 적용하였다.

태양광 발전 시스템 적용시 PV Cell의 설치가 가능한 위치는 지붕과 외벽면이며,

설치가능위치의 가용유효면적비율을 제시한 기존의 연구¹⁸⁾와 적산일사량 감소율을 분석한 기존 연구문헌¹⁹⁾를 참고하여 가용면적을 산출하였으며, 적용한 PV Cell의 효율은 12%이다.

태양열 급탕시스템에 적용한 집열기의 종류는 평판형과 진공관형을 모두 적용하였으며, 집열기의 면적(3m²)과 효율은 SRCC²⁰⁾에 등록된 자료를 바탕으로 적용하였다. 축열조용량 및 집열기내 유량은 설비공학편람(제2권 공기조화, 6.2-9)을 참고하여 설정하였다.

지열 히트펌프 시스템은 지중열교환기를

16) 에너지관리공단에 등록된 1등급 제품의 평균값

17) 산업자원부, 건물의 에너지효율 등급 평가기준 및 정책개발에 관한 연구, 2007, pp.335-336

18) 윤중호 외, 공동주택의 태양광시스템 적용성 평가를 위한 전기부하 매칭 해석연구, 한국태양에너지학회 춘계학술발표회 논문집, 2008.04, p49-54

19) 박재성, 단지규모 태양광 및 태양열 시스템의 최적공급 방안 연구, 한밭대학교 산업대학원 석사학위논문, 2008. 02, p47-48

20) SRCC(Solar Rating and Certification Corporation), Summary of SRCC Certified Solar and Water Heating System Ratings, 2008.09

구성한 후, 보조열원으로 보일러를 같이 적용하였다. Borehole의 천공 가능면적과 Borehole 간격을 결정하여 적용한 결과, 최대 42개의 Pipe를 설치할 수 있는 것으로 파악되었다.

3.3 건축기술요소별 CO₂ 배출 성능 평가

본 연구에서는 전도전달합수법을 사용하는 EnergyPlus를 통해 Base Model의 냉난방 및 급탕, 환기에서의 에너지 소비량을 파악하였으며, 기기 및 조명, 공용부에서의 전기 소비량은 문헌조사를 통해 설정하였다.

분석된 에너지 소비량을 CO₂ 배출량으로 환산하기 위해 적용한 연료의 종류에 따른 CO₂ 배출계수는 표 5와 같다.

표 5. CO₂ 배출계수

종류	단위	단위 CO ₂ 배출량(TCO ₂)			
		TOE	탄소 배출계수	CO ₂ 배출계수	CO ₂ 배출량
전력	Kwh	-	-	0.424	0.000424
가스	Nm ³	0.001055	0.6370	44/12	0.002464

CO₂ 배출계수를 이용하여 Base Model의 연간 CO₂ 배출량을 분석한 결과는 표 6과 같다. 분석결과, 난방에서 156.0 CO₂ ton/yr으로 가장 많은 CO₂ 를 배출했으며, 급탕에서의 CO₂ 배출량 43.6 CO₂ ton/yr, 기기 소비전력에 의한 CO₂ 배출량 38.8 CO₂ ton/yr

의 순으로 나타났다.

표 6. 표준모델의 에너지 소비량 및 CO₂ 배출량

	가스		전력	
	소비량 (m ³)	CO ₂ (ton/yr)	소비량 (KWh)	CO ₂ (ton/yr)
난방	63,324	156.0	-	-
순환펌프	-	-	260	0.1
냉방	-	-	57,155	24.2
급탕	17,674	43.5	-	-
환기	-	-	1,356	0.6
조명 ²¹⁾	-	-	42,382	18.0
기기 ²²⁾	-	-	91,500	38.8
공용부 ²³⁾	-	-	54,420	23.1

Base Model 및 친환경 건축기술요소의 에너지 소비량 및 CO₂ 절감량, 분담률을 분석한 결과는 표 7과 같다. 분석결과, 가스사용량을 절감하는 기술요소가 전력을 생산하는 기술요소에 비해 CO₂ 절감량이 많은 것을 알 수 있다. 이는 에너지원별 CO₂ 배출계수의 차이에 의한 결과로 판단된다.

3.4 통합 적용 최적 대안 제시

앞서 분석된 각 건축기술요소의 CO₂ 절감량을 바탕으로 친환경 건축기술요소의 조합 방법에 따른 최적 대안을 제시하였다.

친환경 건축기술요소의 통합 적용결과, 급탕에서의 CO₂ 를 절감하기 위해서는 태양열 급탕 시스템을 적용하는 것이 지열 히트펌프

표 7. 친환경 건축기술요소 적용시 에너지 소비량 및 CO₂ 절감량, 분담률

	에너지 소비량		CO ₂ 절감량(ton/yr)	분담률		
	가스소비량(m ³)	전력소비량(KWh)				
Base Model	80,998	247,074	-	-		
전열교환환기 시스템	77,925	261,595	1.4	0.5%		
태양광	Roof	80,998	233,176	5.9	1.9%	
	Wall	80,998	218,194	12.3	4.0%	
태양열	평판	Roof	73,108	247,070	18.1	6.4%
		Wall	73,216	247,067	19.4	6.3%
	진공	Roof	72,723	247,070	19.2	6.4%
		Wall	72,724	247,070	38.6	6.7%
지열 히트 펌프	난방	36,766	279,104	19.6	31.4%	
	급탕	63,324	326,892	20.4	3.2%	
	난방+급탕	19,092	326,634	40.0	39.0%	

시스템을 적용하는 것보다 유리하나, 지열 히트펌프 시스템을 적용하여 난방과 급탕을 하는 경우, 추가적으로 태양광 발전 시스템을 적용할 수 있어 최종적으로는 지열 히트펌프 시스템이 난방과 급탕부하를 담당하며, 태양광 발전 시스템을 통해 전력부하를 담당하는 것이 가장 유리한 것으로 나타났으며, 이때의 분담율은 45.2%였다.

표 8. 통합 적용 Case별 CO₂ 절감량 및 분담률

	Case1	Case2	Case3	Case4
전열교환 환기	●	●	●	●
태양광	Roof	●	●	●
	Wall	●		●
태양열	Roof		●	●
	Wall		●	●
지열 히트펌프	난방	●	●	●
	급탕	●		
CO ₂ 절감량 (ton/yr)	137.4	136.8	123.1	128.7
분담률(%)	45.2	45.0	40.5	42.3

5. 결론

본 연구에서는 공동주택에 적용 가능한 친환경 건축기술요소의 CO₂ 저감 성능을 평가하고, 통합 적용 시 최적 대안을 제시하였다.

본 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 국내외 사례분석을 통해 도출된 국내 공동주택에 적용 가능한 친환경 건축기술요소는 전열교환 환기시스템, 태양광 발전 시스템, 태양열 시스템, 지열 히트펌프 시스템이었다.

2) 각 건축기술요소의 전체 CO₂ 배출량 대

21) 산업자원부, 건물의 에너지효율 등급 평가기준 및 정책개발에 관한 연구, 2007, p340

22) 전력거래소, 가전기기보급률 및 가정용전력 소비행태 조사, 2006.12, pp.50-75

23) 박재성, 단지규모 태양광 및 태양열 시스템의 최적공급 방안 연구, 한밭대학교 산업대학원 석사학위논문, 2008.02, pp.64-65

비 분담률을 분석한 결과, 전열교환 환기시스템 0.5%, 태양광 발전시스템 1.9%~5.9%, 태양열 급탕 시스템 6.3%~13.1%, 지열 히트펌프 시스템의 경우 난방과 급탕 모두 적용 시, 39.0%로 가장 높은 분담률을 보였다.

3) 친환경 건축기술요소의 전체 CO₂ 배출량 대비 분담률 분석 결과를 바탕으로 한 통합 적용 최적 대안은 지열 히트펌프 시스템을 통해 난방과 급탕부하를 담당하고 태양광 발전 시스템을 지붕과 외벽에 설치하여 공용부 전력을 담당하는 경우로 45.2%의 분담율을 보였다.

그러나 이와 같은 결과는 본 연구에서 사례분석을 통해 가장 많이 적용될 것으로 여겨지는 4가지 친환경 건축기술요소만을 대상으로 하였다. 따라서 공동주택에 적용 가능한 더 다양한 친환경 건축기술요소의 적용에 대한 고려와 각 건축기술요소의 변수 변화에 의한 성능평가 연구가 필요할 것이다.

후기

이 연구는 국토해양부 건설핵심기술연구개발사업의 연구비지원(06건설핵심B02)에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

1. 한국환경정책 평가연구원, 탄소세 도입가능성에 대비한 조세·재정정책의 방향에 관한 연구, 2007.12
2. 산업자원부, 건물의 에너지효율 등급 평가기준 및 정책개발에 관한 연구, 2007
3. 이종식, 공동주택 건축기술요소의 친환경 성능평가에 관한 연구, 중앙대학교 대학원 석사학위논문, 2008.02
4. SRCC(Solar Rating and Certification Corporation), Summary of SRCC Certified Solar and Water Heating System Ratings, 2008.09