

[논문] 한국태양에너지학회 논문집

Journal of the Korean Solar Energy Society

Vol. 26, No. 3, 2006

공동주택의 배치 및 블록별 재생에너지 시스템의 적용성에 관한 연구

이관호*

*울산과학대학 공간디자인학부(ghlee@mail.uc.ac.kr)

A Study on the Application Strategies of Renewable Energy Systems Considering Layout and Block Plan in Apartment Building

Lee, Kwan-Ho*

*School of Space Design, Ulsan College(ghlee@mail.uc.ac.kr)

Abstract

This study aims to presents the applicability of apartment building for renewable energy systems using method of uncomplicated calculation and computer simulation. According to the weather conditions (NASA Surface meteorology and Solar Energy) analysis, it has been found that photovoltaic and wind power system can be applied to apartment buildings application. In case study considering layout and block plan, adaptation of solar water heating, photovoltaic and wind energy system to apartment buildings was proved to produce a profit. And the application strategies of renewable energy systems can be used not only for the investment decisions for economic analysis but also for the comparative analysis of uncomplicated calculation and computer simulation.

Keywords : 재생에너지(Renewable Energy), 공동주택(Apartment Building), 태양광(Photovoltaic), 풍력(Wind Energy), 태양열급탕(Solar Water Heating)

1. 서 론

건축에서의 태양에너지 이용 기술의 개발은 에너

지 절약과 환경의 보존문제에 관심을 갖고 꾸준히 연구되어 왔지만, 아직도 일부 제한된 분야를 제외하고는 경제성뿐만 아니라 기술적 적용 문제 등으

로 인하여 만족할 만한 결과를 얻지 못하고 있다. 그러므로 우리나라의 기후조건과 제반 여건을 충분히 고려하여 재생에너지의 이용 및 시스템의 적용성은 최대의 에너지 효율의 시스템 구성 및 가장 유효하게 관리할 수 있는 적용분야의 검토가 요청된다. 특히 주택보급이 75% 이상을 차지하는 공동주택에서의 재생에너지의 적용은 국가적인 차원에서 볼 때 다량의 환경오염 물질을 줄일 수 있는 대책일 것이다.

지금까지 공동주택에서의 재생에너지의 연구들은 부분적이면서 개별적으로 진행되어 왔기 때문에 합리적인 대안의 선택이 이루어지지 못하는 경우가 많았다. 즉, 기존의 연구방법들은 태양광발전, 풍력발전시스템 및 태양열 시스템을 각각 분석하는데 반하여 본 연구에서 제시할 설계 Process 및 최적의 적용방안은 재생에너지를 위한 기술적 적용 문제뿐만 아니라 공동주택의 특성을 고려함으로써 설계대안의 평가 및 설계요소의 수정을 가능할 것이다.

따라서 본 연구에서는 우리나라 주거용 건물의 과반수이상을 차지하고 있는 공동주택에서 재생에너지의 사용을 열과 전기로 대별한 후 큰 범위의 열과 전기의 적용 분석을 통하여 활용방안을 제시하는 것을 목적으로 한다. 주요 연구내용 및 흐름도는 다음과 같다.

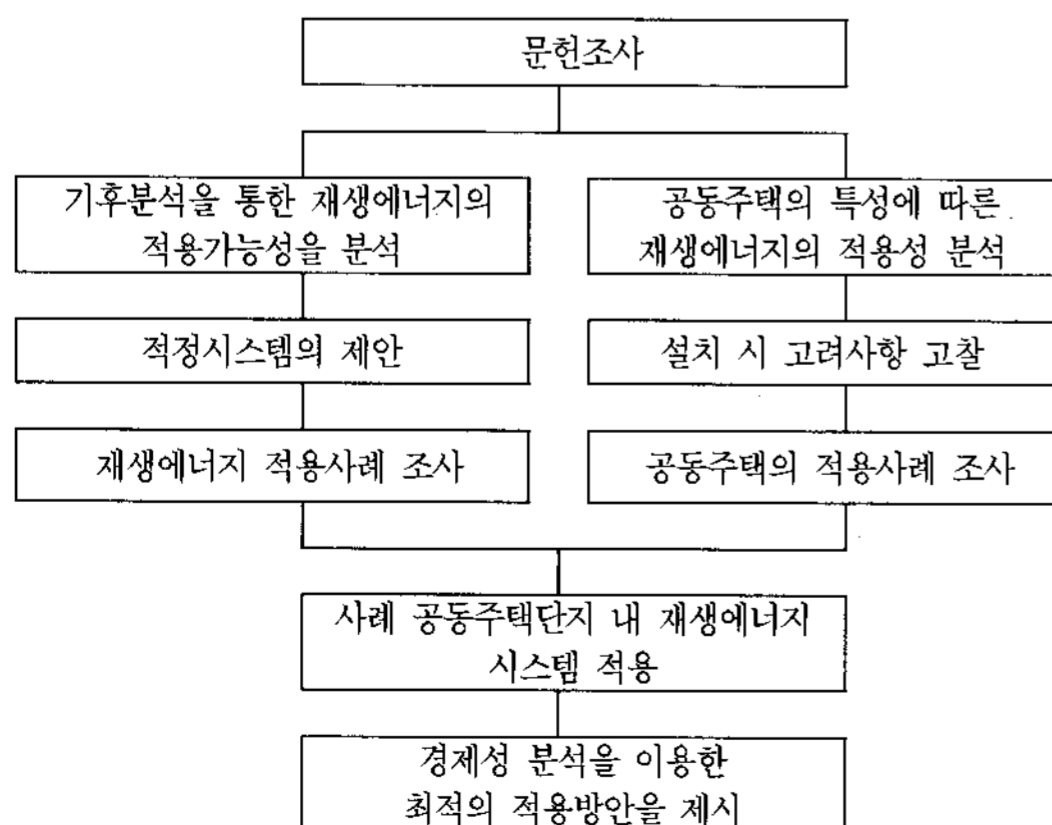


그림 1 연구의 흐름도

2. 재생에너지의 특징 및 동향

공동주택단지의 적용성을 위하여 재생에너지의 특성 및 기술동향 등에 관해 고찰하였으며, 각 내용은 다음과 같다.

2.1 재생에너지의 특징

우리나라가 미래에 사용될 대체에너지로 화석연료 및 원자력이 아닌 11개 분야를 지정하였고(대체에너지개발 및 이용·보급촉진법 제 2조), 이 중에서 재생에너지는 태양열 태양광발전, 바이오매스, 풍력, 소수력, 지열, 해양에너지, 폐기물에너지 등 8개 분야가 있다. 우리나라의 총에너지 사용량 가운데 재생에너지가 차지하는 비율은 아직 2.1% 정도이며, 국내에서 쓰이고 있는 재생에너지는 태양에너지를 이용하는 태양열 및 태양광을 비롯하여 풍력, 소수력, 바이오에너지 정도이다. 우리나라의 재생에너지 사용률은 주요 선진국의 재생에너지 공급비중과 비교해 볼 때 낮은 수준이며, 기술개발 투자는 2~4%, 기술수준은 50~70%에 불과하다.

기술적 면이나 자원 면에서 볼 때 이용효율만 증대된다면, 재생에너지는 모든 추가 에너지 수요를 충족할 수 있을 것이다. 재생에너지의 저효율 및 간헐성이 비경제적이고, 비실용적인 문제를 제기하지만, 기술의 발달 및 에너지 자원의 다양성을 위한 보급의 확대에 의하여 이러한 단점들이 보완될 것이다. 또한 재생에너지원의 비 고갈성, 비 위험성, 지리적 제한이 없는 등의 특성을 고려하면 유효한 신·재생에너지원이 될 것이다.

2.2 재생에너지의 국내외 기술동향

재생에너지 기술동향을 살펴보면 우리나라 뿐 아니라 여러 선진국들이 신·재생에너지 개발 기술을 역점을 두고 연구들을 진행하고 있으나 기술동향은 다음의 표와 같이 건축물에 적용하는 연구는 부족한 것을 알 수 있다.

표 1. 재생에너지의 국내외 기술동향

기술별	국 내	국 외
태양열	저온용 주택용 태양열 온수기 상용화 연구중 중온용 집열장치 개발중 발전용 기반기술 연구중	저온용 저가 고효율 집열기상용화 보급중 중온용 집열장치 상용화 발전, 우주용 실용화
태양광	변환효율 15% 단결정 Si태양전지 개발(실트론) 주변장치국산화	변환효율 18% 단결정 Si태양전지 상용화 다결정, 비정질태양전지 상용화
바이오	연료형 알콜 생산기술 매탄가스전환기술 개발 미래 바이오에너지기술 기초연구	전분질계 연료용알콜, 메탄발효기술 상용화 바이오 디젤 상용화 바이오 수소 응용기술
풍 력	750kW급 풍력발전시스템 개발중	MW급 대형시스템 상용화 보급
폐기물	산업폐기물 소각장치 상용화 페프라스틱열분해 시험중 도시폐기물 고행연료화 장치개발	유동층 소각로, 페타이어 페프라스틱 처리 기술 상용화 고형화 기술개발 상용화

신·재생에너지활용문제는 이론적으로만 해결 될 수는 없으며, 실용화가 전제 되어야만 일반인에게 보급이 확대 될 것으로 보인다. 특히 정부에서도 공공건물에 신·재생에너지 사용을 의무화하고 있으나 아직은 실용화에 대한 연구가 부족하여 형식 인 절차로 되는 경우가 있어 재생에너지를 건축물에 적용하는 실용화 연구가 시급한 실정이다.

3. 공동주택의 적용성 검토

3.1 공동주택의 재생에너지 적용성

공동주택에 이용할 수 있는 재생에너지 시스템을 열과 전기로 구분하여 가장 적합한 재생에너지를 선정하기 위하여 설치조건과 장단점 등을 비교한 것이 다음 표와 같다.

이상의 표에서 설치조건 및 장단점에 따라 공동주택에 적용 가능한 최적의 재생에너지 시스템은 전기에서는 태양광이고, 열에서는 태양열임을 알 수 있었다. 따라서 태양광, 태양열, 및 설치조건에 따라 풍력, 바이오 및 폐기물 시스템을 공동주택에 적용하여 계획 또는 설계단계에 재생에너지의 적극적인 사용에 도움을 줄 수 있다.

표 2. 재생에너지의 장단점 및 설치장소

구 분	설치조건	장점	단점	
전기	태양광	햇빛이 잘드는 곳	반영구적, 증설용이 유지보수 용이	설치장소 한정 시스템비 고가 일사량에 의존
	풍 력	일정한 풍향 넓은 부지	무한한 자원 설치기간 짧다 대규모 단지	설치장소 한정 발전기 소음 시스템 고가
열	태양열	햇빛이 잘드는 곳	다양한 적용과 이용성 유지보수 저가	밀도가 낮고 간헐적 겨울철 일사에 불리
	바이오	매립지 주위	연료비 절감 매립지 환경개선	공급이 불안 유지보수비
	폐기물	폐기물 처리장소	높은 발열량 환경문제 해소	초기설치비용

3.2 공동주택의 재생에너지 적용성

공동주택의 배치에 따른 음영의 발생을 고려한 강부성¹⁾(2005)의 연구와 울산지역에 설치한 태양전지의 시간당 전력 발생량을 배치에 따라 비교한 것은 다음 그림과 같다.

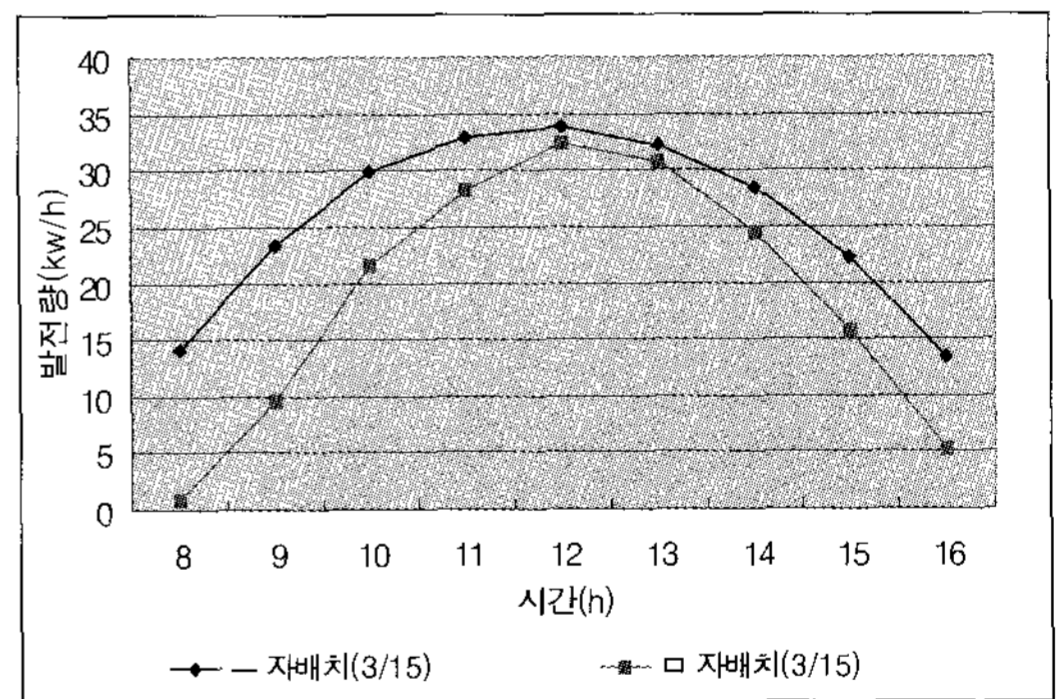


그림 2. 배치별 효율성 비교

정남의 □자 배치가 —자 배치보다 벽면에서 30% 내외의 전력 발생량의 감소가 있었다. 따라서 □자 및 ▨자 배치시의 개략적으로 각각 30%, 15%의 효율 감소의 고려가 필요할 것이다.

최재필(2004)의 연구²⁾에 따르면 공동주택의 블록별 분포는 최초의 대규모 아파트 단지, 대규

1) 강부성·장진우, "일조를 고려한 가구형 집합주택 계획에 관한 연구", 대한건축학회논문집 21권 2호 2005. 2, p.81
2) 최재필외 3인, "국내 아파트 단위주호 평면의 공간 분석", 대한건축학회논문집 20권 6호 2004. 6, p.160

모 민영 아파트 단지, 신시가지 개발, 신도시 개발 및 IMF 외환위기의 시기로 나눌 수 있고 다음 표와 같다.

표 3. 공동주택 블록별 분포

구분	3LDK형 공동주택(%)		
	편복도	계단실	기타(탑상등)
1966-1975	3(13%)	2(81%)	0(0%)
1976-1985	144(55%)	111(42%)	8(3%)
1986-1989	128(39%)	202(61%)	0(0%)
1990-1997	90(21%)	330(77%)	6(1%)
1998-2002	294(28%)	728(65%)	39(3%)
합계	659(31%)	1,392(66%)	53(3%)
	2,104		

3LDK형 공동주택의 블록별 편복도, 계단실 및 기타(탑상형)형의 분포는 각각 31%, 66% 및 3%이고, 최근에 탑상형의 평면이 증가됨을 알 수 있다. 이러한 공동주택의 블록별 재생에너지 시스템의 유용성은 다음 표와 같다.

표 4. 공동주택 블록별 재생에너지 시스템의 유용성

구분	편복도	계단실	기타(탑상등)
태양광	대 면적 이용 BIPV: 벽 PVIB: 지붕	중간 면적 이용 BIPV: 지붕, 벽 PVIB: 지붕	소 면적 이용 BIPB: 벽
태양열	급탕 : 대면적 자연형: 남측면	급탕 : 중간면적 자연형: 남측면	급탕 : 소면적 자연형: 남측면
풍력	설치개소 적음 설치높이 낮음	설치개소 중간 설치위치 중간	설치개소 많음 설치위치 높음

공동주택의 블록별 재생에너지 시스템의 유용성은 태양광 및 태양열에는 편복도형이 우수하고, 풍력에는 탑상형이 유리함을 알 수 있었다. 또한 2/3 이상의 공동주택의 블록인 계단실형은 BIPV에 유리하고 태양광, 태양열 및 풍력이 함께 설치 가능함을 알 수 있다.

3.3 재생에너지 적용성 평가방법

공동주택의 재생에너지 적용성을 열과 전기로 대별한 후 태양열, 태양광 및 풍력발전에 대하여 간이계산법 및 컴퓨터를 이용한 시뮬레이션방법으

로 나누어 평가하였다.

(1) 간이계산법

태양열의 경우 연간 태양열 생산열량은 효율을 50%인 경우, 집열면적(m²)당 550,986kcal/m²년 이고, 화석연료(등유) 절감량은 99ℓ/m²년 이며 집열면적(m²)당 약 800,000원/m²이 지출된다.3) 현재 유통되는 평판형 태양광의 총 효율은 30%내외 이므로 태양열 생산열량은 효율은 집열면적(m²)당 330,592kcal/m²년이다. 또한 에너지 절약에 따른 환경개선기여 효과(온실가스 저감효과)는 다음 표와 같다.

표 5. 환경개선 효과

구분	단위	원유환산계수	TOE	TC
등유	1ℓ	0.87	0.00087	0.00073
경유	1ℓ	0.92	0.00092	0.00077
도시가스	Nm ³	1.1	0.0011	0.00085
전력	kwh	0.25	0.00025	0.00021

지구온난화의 사회적 비용은 지구온난화로 인해 사람들이 입게 되는 피해비용이다. 배출권 거래가격이 주어질 경우 에너지원별 단위당 지구온난화의 사회적 비용은 다음과 같은 과정을 통해 산출된다. 즉, 에너지원별 지구온난화의 사회적비용 = 에너지단위당발열량 ÷ 10⁷ × 탄소배출계수 × 배출권가격4) (원/탄소톤)

표 6. 지구온난화의 사회적 비용

구분	단위	연료단위당 비용		비고
		단위당 비용		
		\$20/CT	\$200/CT	
경유	원/ℓ	15.77	157.72	
등유	원/ℓ	14.47	144.70	
도시가스	원/Nm ³	9.13	91.33	
전력	원/kwh	4.75	47.47	

3) 김홍우 외7인, "울산지역 그린빌리지 타당성 연구 용역", 울산광역시, 2004. 3, pp.69~85

4) <http://ecos.bok.or.kr> 배출권가격은 미 \$20~200/TC로 예상하였고, 원화가격으로는 2005년 종가 평균 기준 환율을 적용하여 US1\$ = 1,024.13원으로 산정

전기의 경우 태양광 필요출력(kW)을 10배하면 태양전지의 필요면적이 되고, 태양전지의 면적을 10으로 나누면 정격출력이 된다. 지출은 고정비가 880~1,000만원/kW이고, 변동비(유지관리비⁵⁾)는 매년 고정비의 1%가 발생한다. 풍력발전의 경우 다양한 지형조건에 따른 지상에서 50m의 풍속⁶⁾은 다음 표와 같다.

표 7. 지형조건별 지상 50m의 풍속

시가지	평지	해안	비다	언덕 및 산마루
6.0초과	7.5초과	8.5초과	9.0초과	11.5초과
5.0-6.0	6.5-7.5	7.0-8.5	8.0-9.0	10.0-11.5
4.5-5.0	5.5-6.5	6.0-7.0	7.0-8.0	8.5-10.0
3.5-4.5	4.5-5.5	5.0-6.0	5.5-7.0	7.0-8.5
3.5미만	4.5미만	5.0미만	5.5미만	7.0초과

풍력의 지출은 고정비가 170~500만원/kW이고, 변동비(유지관리비⁷⁾)는 매년 고정비의 2.5%가 발생한다. 기타 입력지표는 다음 표와 같다.

표 8. 경제성 분석 입력지표

구 분	단 위	입력지표
할인률	%	7.0
투자보수율	%	7.0
설치비	만원/kW	880-1,000(태양광) 170-500(풍력)
운전유지비용	%	1.0(태양광), 2.5(풍력)

(2) 컴퓨터를 이용한 시뮬레이션방법

재생에너지 시스템의 타당성을 평가하기 위해서 캐나다의 NRCAN에서 만든 RETScreen⁸⁾을

5) 현재 국내 태양광 운전유지비 실적은 보급초기 단계의 결과로 향후 보급이 확산될 경우 추가 하락이 예상되므로 보급이 어느 정도 진행된 유럽지역의 설비비 대비 운전유지비 평균인 1.0%를 적용한다.
6) Godfrey Boyle, *Renewable Energy : Power for Sustainable a Future*, Oxford University Press, 2004 p. 269
7) 국내실적의 부족으로 해외지표를 토대로, 국내 적용 가능한 유럽 Band2 카테고리인 3.5%와 미국 하와이 평균인 1.6%의 중간값인 2.5%를 기준으로 적용한다.

사용하였다. 이 프로그램의 장점은 시스템의 연간 에너지 생산량, 설치비용, 경제성분석, 민감도분석 등을 종합적으로 평가하는 것이다. 그러나 기후 데이터의 한계⁹⁾(서울, 제주, 목포, 대구)와 설치 및 운영관리비의 차이점 등을 고려하여야 한다. 따라서 태양열, 태양광 및 풍력에 관하여 이 프로그램을 이용하여 발전용량만을 산정하였다.

경제성 분석은 이관호(2004)의 이전의 연구를 이용하여 순현재가(NPV), 투자에 대한 절감율(SIR), 내부수익율(IRR) 및 B/C 비율, 할인율 고려한 회수기간(DPB), 및 대안 선정 및 선정안의 민감도를 분석하였다.¹⁰⁾

3.3 사례 연구

사례연구의 공동주택단지는 울산광역시 남구 무거동의 834세대로 구성되는 15-18층형의 11개동으로 구성되어 있다. 사례 공동주택의 블록형은 과반수이상의 공동주택에 적용된 계단실형으로 구성되어 있으며 정남향으로 ㄷ자 및 一자로 배치되어 있다.

사례 공동주택에서 2005년도의 전기사용량 및 요금은 다음 표와 같다.

표 9. 사례 공동주택의 전기사용량 및 요금

구 분	사용량(kWh)	단가(원)	금액(원)
공용전기	667,384	210	140,150,640
산업용전기			5,404,080
가로등용	20,706	76.95	1,593,370

사례공동주택의 공용전기의 1년 전기량 및 전기료는 각각 667,384kWh, 140,150,640원이고, 한달 평균 전기량 및 전기료는 각각 55,618kWh,

8) <http://www.RETSscreen.net>
9) 기후 데이터의 한계로 국내의 4개 지역이외의 경우 위도와 경도를 NASA의 지표면 기상학 및 태양에너지 : RETScreen Data에 입력하여 도출하였다.
10) 이관호, "환경비용을 고려한 재생에너지의 경제성 분석도구의 적용가능성에 대한 연구", 태양에너지학회논문집, 24권 3호, 2004. 9, p. 96

11,679,220원 이었다. 공동주택의 특성을 고려하여 본 사례연구에서는 열부분에 대하여 태양열 급탕 및 난방과 전기부분에서 태양광 및 풍력발전 에 대하여 분석하였다.

1) 단순계산법에 따른 적용성 분석

태양광의 경우 남향의 지붕면적을 고려하여 다음 표와 같이 필요면적, 비용 및 연간 전기발생량을 산출하였다.

표 10. 태양광발전 필요면적, 비용 및 전기발생량(단순계산법)

필요출력	개소	필요면적 (m ²)	초기비용(원)	연간 전기 발생량(kWh)
15kW	2	300	300,000,000	39,420
20kW	3	600	600,000,000	78,840
30kW	3	900	900,000,000	118,260
계	8	1,800	1,800,000,000	236,520

정부보조 70%의 경우, 540,000,000원의 초기 투자비가 필요하고, 연간 230,520kWh¹¹⁾의 재생 에너지가 발생한다. 공용전기의 단가 210원을 곱한 값에 유지보수비를 차감한 연간 44,269,200원을 절약할 수 있으며, 단순투자비 회수기간¹²⁾은 12.20년이다. 따라서 수명기간을 25년으로 가정할 경우 13년에 투자비를 회수하며 투자비 회수 후 531,230,400원의 수익을 창출한다.

풍력발전의 경우 사례공동주택의 배치를 고려하여 풍력¹³⁾에너지가 주변건물에 크게 영향을 받지 않고 풍력에너지 밀도 값도 우수한 18층 높이의 옥상에 주풍향¹⁴⁾을 고려하여 다음 그림과 같이 4개소에 설치하였고, 다음 표와 같이 비용 및 연간 전기발생량을 산출하였다.

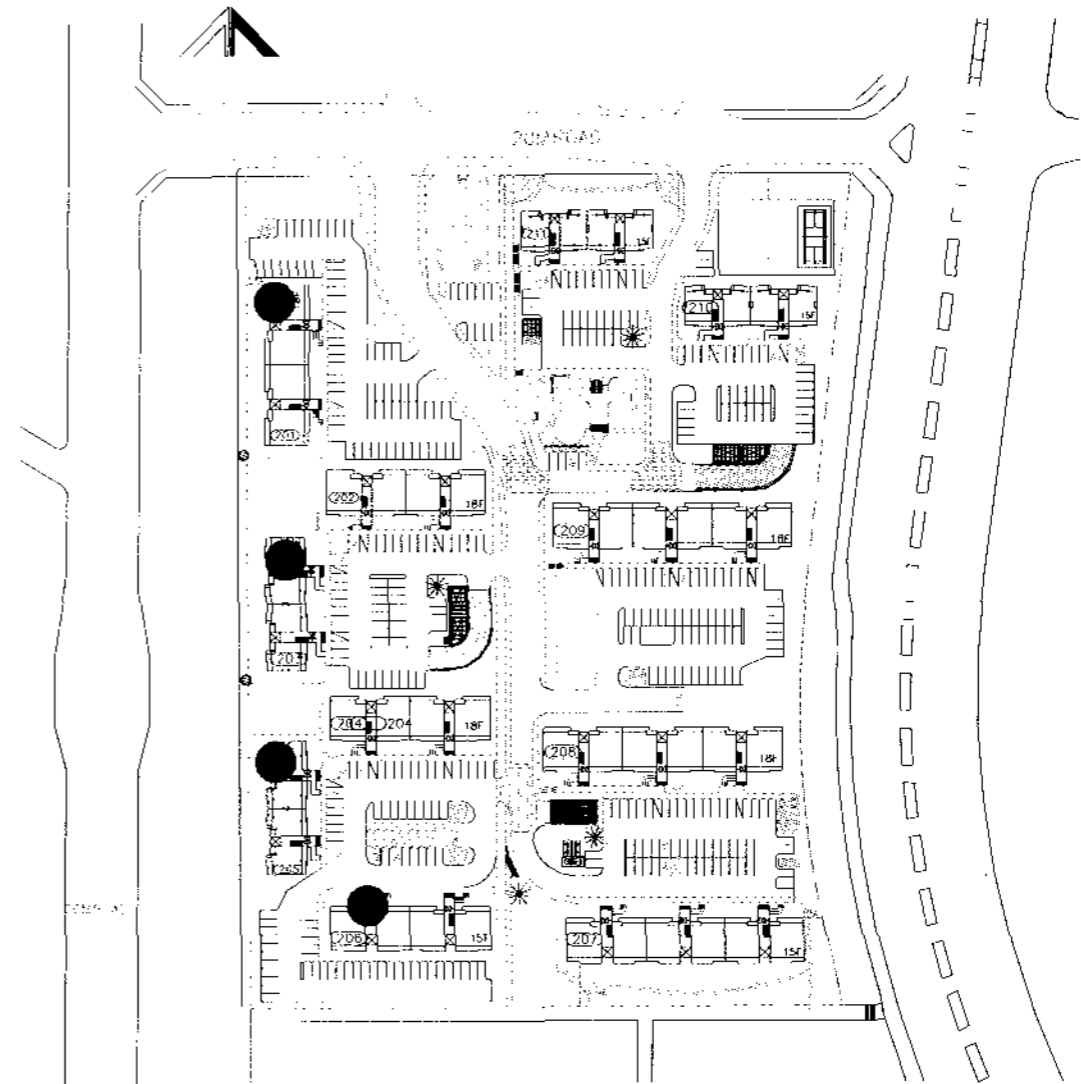


그림 3. 배치도 및 풍력발전 설치위치

표 11. 풍력발전 비용 및 전기발생량(단순계산법)

필요출력	개소	설치위치	초기비용(원)	연간 전기 발생량(kWh/년)
10kW	4	계단실 옥상	200,000,000	39,690

정부보조 70%의 경우, 60,000,000원의 초기 투자비가 필요하고, 연간 39,690kWh¹⁵⁾의 재생 에너지가 발생한다. 태양광의 경우와 동일한 방법으로 계산하면 연간 8,334,900원을 절약할 수 있으며, 단순투자비 회수기간은 7.17년이다. 따라서 수명기간을 25년으로 가정할 경우 8년에 투자비를 회수하며 투자비 회수 후 141,693,300원의 수익을 발생한다.

태양광 및 풍력발전을 동시에 설치할 경우 단순투자회수기간은 11.4년이고, 투자비 회수 후 683,853,300원의 수익을 얻을 수 있다.

태양열의 경우 남향의 지붕면적을 고려하여 다음 표와 같이 면적, 개소, 초기비용 및 연간 발생

11) 180kW × 0.15(효율) × 8,760(hour/year)
 12) 540,000,000 ÷ 44,269,200 = 12.20년
 13) NASA의 지표면 기상 및 태양에너지 자료를 이용하여 지상에서 50m 지점의 평균풍속 6.24m/s를 산출하여 표 9의 지형조건별 풍속을 고려한 결과 년 평균 4.3m/s의 값을 구하였다.
 14) 2005년도 기상연보에 따르면, 주풍량이 4월~8월까지는 남서향이고, 10월~1월까지는 북서향이다.

15) Godfrey Boyle, op. cit., p.269
 3.2 × 4.33(년 평균 풍속의 3제곱) × 39(회전자 면적) × 4(설치 개소)

량을 산출하였다.

표 12. 태양열 난방 및 온수급수 비용 및 발생량(단순계산법)

면적	개소	설치위치	초기비용(원)	연간 발생량(kcal/년)
50m ²	36	지붕	1,440,000,000	595,084,610

정부보조 70%의 경우, 432,000,000원의 초기 투자비가 필요하고, 연간 595,064,610¹⁶⁾kcal의 재생에너지가 발생한다. 또한 연간 49,072,428원을 절약할 수 있으며, 단순투자비 회수기간은 8.8년이다. 따라서 수명기간을 25년으로 가정할 경우 9년에 투자비를 회수하며 투자비 회수 후 785,158,848원의 수익을 발생한다.

태양열 난방 및 온수급수와 풍력 발전을 동시에 설치할 경우 단순투자회수기간은 8.57년이고, 918,517,248원의 수익을 얻을 수 있다.

2) 컴퓨터 시뮬레이션을 이용한 적용성 검토

RETScreen과 다음 표의 기상자료를 이용하여 태양열 난방 및 온수급수, 태양광발전, 그리고 풍력 발전을 시뮬레이션하여 열 및 전기 발생량을 구하여 경제성 분석하였다.

표 13. 울산지역의 기상자료

구분	수평면 일사량(kWh/m ² /d)	월평균 기온(°C)	월평균 상대습도(%)	월평균 풍속(10m)(m/s)	월평균 풍향
1월	3.00	4.3	58	3.9	NW
2월	3.58	4.9	59	3.9	WNW
3월	4.26	7.9	61	3.5	WNW
4월	5.35	12.2	68	3.2	SSW
5월	5.68	15.9	77	2.9	S
6월	5.05	19.6	85	2.7	SW
7월	4.45	23.4	86	2.8	SSW
8월	4.48	25.1	81	2.8	SW
9월	3.70	22.2	71	2.9	NNW
10월	3.83	17.2	59	3.2	NW
11월	3.07	11.9	57	3.5	NNW
12월	2.69	7.1	59	3.9	WNW

16) 김홍우 외7인, op. cit., p.72
 $1800\text{m}^2 \times 3.019.1\text{kcal/일} \times 0.3(\text{효율}) \times 365\text{일}$

태양광 발전을 시뮬레이션 한 결과 다음 표와 같이 초기비용 및 연간 전기발생량을 산출하였다.

표 14. 태양광발전 필요면적, 연간 전기발생량(RETScreen 시뮬레이션)

필요 출력	개소	필요면적(m ²)	초기비용(원)	전기발생량(kWh/년)
15kW	2	315.8	300,000,000	42,224
20kW	3	631.5	600,000,000	84,447
30kW	3	947.4	900,000,000	126,669
계	8	1,894.7	1,800,000,000	253,340

정부보조 70%의 경우, 540,000,000원의 초기 투자비가 필요하고, 연간 253,340kWh의 재생에너지가 발생하였고, 공용전기의 단가 210원을 곱하면 연간 53,201,400원을 절약할 수 있었다. 태양광의 경제성 분석결과는 다음 표와 같다.

표 15. 태양광발전에 대한 경제성 시뮬레이션 결과

분석과정	\$20/CT	\$200/CT
NPV 계산	기준 : 1,670,175천원 절약 : 1,639,103천원	기준 : 2,002,438천원 절약 : 1,845,239천원
B/C 계산	B/C : 1.058	B/C : 1.291
DPB 계산	22년	15년

풍력 발전을 시뮬레이션 한 결과 다음 표와 같이 연간 전기발생량을 산출하였다.

표 16. 풍력발전 전기발생량(RETScreen 시뮬레이션)

필요 출력	개소	설치위치	초기비용(원)	전기발생량(kWh/년)
10kW	4	계단실옥상	200,000,000	32,000

정부보조 70%의 경우, 60,000,000원의 초기 투자비가 필요하고, 연간 32,000kWh의 재생에너지가 발생하여 연간 6,720,000원을 절약할 수 있으며 경제성 시뮬레이션 결과는 다음 표와 같다.

표 17. 풍력발전에 대한 경제성 시뮬레이션 결과

분석과정	\$20/CT	\$200/CT
NPV 계산	기준 : 1,670,175천원 절약 : 1,667,573천원	기준 : 2,002,438천원 절약 : 1,983,905천원
B/C 계산	B/C : 1.043	B/C : 1.309
DPB 계산	23년	15년

태양광 및 풍력발전을 동시에 설치할 때 투자 회수기간은 각각 22년, 15년이고, 투자비 회수 후 각각 33,673,655원, 175,732,890원의 수익을 얻었다. 태양열 난방 및 온수급수의 시뮬레이션 결과 다음 표와 같이 연간 발생량을 산출하였다.

표 18. 태양열 난방 및 온수급수 비용 및 발생량 (RETScreen 시뮬레이션)

면적	개소	설치위치	초기비용(원)	연간 발생량 (kcal/년)
50㎡	36	지붕	1,440,000,000	336,844,800

정부보조 70%의 경우, 432,000,000원의 초기투자비가 필요하고, 연간 336,844,800kcal의 재생에너지가 발생하여 연간 27,778,147원을 절약할 수 있으며 경제성 시뮬레이션 결과는 다음과 같다.

표 19. 태양열 난방 및 온수급수에 대한 경제성 시뮬레이션 결과

분석과정	\$20/CT	\$200/CT
NPV 계산	기준 : 5,163,533천원 절약 : 5,128,639천원	기준 : 6,190,763천원 절약 : 6,052,969천원
B/C 계산	B/C : 1.081	B/C : 1.319
DPB 계산	21년	15년

태양열 및 풍력발전을 동시에 설치할 경우 투자 회수기간은 각각 21년, 15년이고, 투자비 회수 후 37,496,210원, 156,326,635원의 수익을 얻었다.

3) 단순계산과 시뮬레이션의 비교

태양열, 태양광 및 풍력발전에 대한 단순계산

과 시뮬레이션을 비교하면 다음 표와 같다.

표 20. 단순계산과 시뮬레이션의 비교

구분	단순계산			시뮬레이션(\$20/CT)		
	회수 기간	발생량 (kWh/년) (Kcal/년)	수익 (천원)	회수 기간	발생량 (kWh/년) (Kcal/년)	수익 (천원)
태양열	9년	595,064	785,158	21년	253,340	34,894
태양광	13년	236,520	531,230	22년	253,340	31,072
풍력	8년	39,690	141,693	23년	32,000	2,602
태양열 + 풍력	9년	595,064 39,690	918,517	21년	253,340 32,000	37,496
태양광 + 풍력	12년	276,210	683,853	22년	285,340	33,673

태양열을 제외하고 태양광 및 풍력의 발전량은 근소한 차이를 보이지만 회수기간 및 수익은 상당한 차이를 보였다. 따라서 할인율과 환경비용을 고려한 경제성 분석이 요청된다. 열과 전기를 발생시키는 태양열, 태양광 및 풍력의 재생에너지 시스템이 현재 상황에서는 경제성이 부족하지만 에너지 가격의 불안 및 상승을 고려할 때 지속적인 정부의 지원과 연구개발이 필요할 것이다. 지역적으로 균일한 일사량을 받는 태양광 및 태양열 시스템이 공동주택에 적용성이 좋지만 풍력발전의 경우 지역의 풍속에 따라 발전량의 차이가 현저하고 유지보수비가 상대적으로 크기 때문에 단순계산 보다 시뮬레이션을 통하여 정확한 발전량 및 비용을 산출하는 적용성 검토가 요구된다.

4. 결론

공동주택의 특성에 따른 재생에너지의 사용을 열과 전기로 대별한 후 큰 범위의 열과 전기의 적용 분석을 통하여 활용방안을 제시한 본 연구의 결론은 다음과 같다.

- (1) 전 지구적으로 경제적인 관점에서 재생에너지는 현재 지속가능한 경제 및 사회적으로 이점을 제공한다. 특히 고유가에 대처하는

적극적인 방법으로 절박한 환경변화에 친화적이고 비용적인 면에서 효율적인 대안일 것이다.

- (2) 공동주택의 배치에 따른 음영의 발생을 고려할 때 정남의 口자 배치가 一자 배치보다 벽면에서 30% 내외의 전력 발생량의 감소가 있었다. 따라서 口자 및 ㄷ자 배치시의 개략적으로 각각 30%, 15%의 효율 감소의 고려가 필요할 것이다.
- (3) 공동주택의 특성상 블록별 재생에너지 시스템의 유용성은 태양광 및 태양열에는 편복도형이 우수하고, 풍력에는 탑상형이 유리했고, 계단실형은 태양광, 태양열 및 풍력이 함께 설치 가능함을 알 수 있다.
- (4) 단순계산법 및 컴퓨터 시뮬레이션 방법을 비교하여 공동주택의 재생에너지 적용성을 분석한 결과 할인율과 환경비용을 고려한 경제성 분석이 요구되며 태양열, 태양광 및 풍력 발전 모두 수명기간 내에 투자비를 회수하고 수익을 발생하였다.
- (5) 풍력발전의 경우 지역의 풍속에 따라 발전량의 차이가 현저하고 유지보수비가 상대적으로 크기 때문에 단순계산 보다 시뮬레이션을 통하여 정확한 발전량 및 비용을 산출하는 적용성 검토가 요구된다.

본 연구는 공동주택의 재생에너지 적용성에 대한 고찰로 주동의 배치 및 블록별 유용성을 평가하였지만, 설치위치 및 기상상태에 따라 재생에너지의 발생량의 차이와 구체적인 시스템 성능 요소 등을 규명하는 후속 연구가 요청된다.

“이 논문은 2005년도 정부(교육인적자원부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된

연구임”(KRF-2005-003-D00428)

참 고 문 헌

1. 강부성·장진우, “일조를 고려한 가구형 집합주택 계획에 관한 연구”, 대한건축학회논문집 21권 2호 2005. 2
2. 김홍우 외7인, “울산지역 그린빌리지 타당성 연구 용역”, 울산광역시, 2004. 3, pp.69~72
3. 이관호, “환경비용을 고려한 재생에너지의 경제성 분석도구의 적용가능성에 대한 연구”, 태양에너지학회논문집, 24권 3호, 2004. 9, pp. 93~100
4. 최재필외 3인, “국내 아파트 단위주호 평면의 공간 분석”, 대한건축학회논문집 20권 6호 2004. 6, pp.155~164
5. Godfrey boyle, *Renewable Energy : Power for Sustainable a Future*, Oxford University Press, 2004
6. Hermann Scheer, *The Solar Economy : Renewable Energy for a Sustainable Global Future*, Earthscan Publication, 2004.
7. Thomas B. Johansson et, *Renewable Energy : Sources for Fuels an Electricity*, Island Press, 1993
8. Walter Short et al., “A Manual for the Economic Evaluation of Energy Efficiency and Renewable Energy Technologies”, National Renewable Energy Laboratory, 1995. 3
9. <http://www.RETSscreen.net>
10. <http://ecos.bok.or.kr/>