

혁신도시의 에너지수요절감 및 신재생에너지도입계획 분석연구

김지연[†], 홍성희^{*}, 박효순^{*}, 서승직

인하대학교 건축공학과, ^{*}한국에너지기술연구원

A Study on analyzing the Plan to save the Demand for Energy and introduce the Renewable Energy System in Innovation City

Ji-Yeon Kim[†], Sung-Hee Hong^{*}, Hyo-Soon Park^{*}, Seung-Jik Suh

Department of Architectural Engineering, Inha University, Incheon 402-751, Korea

^{*}High Efficiency Energy Research Department, Korea Institute of Energy Research, Daejeon 305-343, Korea

ABSTRACT: The innovation city, which meets the best innovation condition to cooperate with the public institution and the industry-university-researcher closely and the good environment of housing, education, health and culture, was promoted to make the local city characteristic and independent. The plan to make the locally independent base have to consider the economical condition, the quality of life and the sustainable development. First of all The balanced city-planning is demanded to build friendly environmental and sustainable city. energy-efficient buildings should be designed to deal with the energy and environment problem. So we analyze the energy demand plan and the method to introduce the renewable energy system. As a result, the reduction ratio of the energy demand are greatly imbalanced between innovation cities. and only the Gwang-ju · Jeon-nam innovation city is planed to apply the renewable energy to 5% of total energy demand.

Key words: Innovation city(혁신도시), 에너지수요(Energy demand), 신재생에너지(The renewable energy)

1. 서론

현재 에너지와 환경문제는 인류가 직면하고 있는 최대의 과제로 부각되고 있으며 지구온난화를 초래하고 있는 에너지 소비 문제에 대한 조속한 대응이 요구되고 있다. 전 세계 에너지원별 가채량을 살펴 보면 석유는 40년, 천연가스는 약 60년 정도로 자원의 고갈이 현실화 되어 가고 있으며 에너지 자원 확보는 갈수록 어려워지고 있다. 그러나 경제성장과 삶의 질적 수준 향상으로 인

한 에너지 소비수준은 지속적인 증가가 예상된다.

현 에너지 수급 상황은 2000년대 들어서면서 중동지역의 긴장으로 인하여 2006년 4월 현재 유가가 64달러(두바이유 기준)에 이르고 있으며 경제 전문가들에 의하면 향후 100달러 선까지 상승할 것으로 예측되고 있다. 이 같은 유가상승은 외화 소비를 더욱 증가시키며 석탄·석유의 과다사용은 국제적인 문제로 대두되고 있는 지구온난화 등 지구환경 문제에 대해 범국가적으로 대

처하기 위해서라도 지양해야 할 사안이다. 현재 우리나라는 이러한 지구환경문제에 대응하기 위하여 전체 에너지수요의 약 25%를 차지하고 있는 건물부문의 에너지를 절감시킬 계획이 있으며 전체 에너지수요의 5%를 신재생에너지로 대체할 계획이다.

혁신도시는 공공기관과 산·학·연이 긴밀히 협력할 수 있는 최적의 혁신여건과 주거·교육·의료·문화 등 수준 높은 정부환경을 갖춘 미래형 도시로 지방도시를 특성화시키고 도시의 지역자립적인 기반을 조성하기 위해 추진되었다. 그리고 이러한 지역자립적인 기반에 대한 방안은 경제적인 측면뿐만 아니라 삶의 질 개선과 도시의 지속가능한 발전을 고려하여 계획되어야 한다. 따라서 환경친화적이고 지속가능한 도시를 건설하기 위해서 우선적으로 균형잡힌 도시계획이 요구될 것이며 에너지 자립을 위한 기반이 조성되어야 하고 에너지효율적인 건물을 설계하여 에너지와 환경문제에 적극적으로 대처하여 국가정책에 부응할 수 있도록 계획하여야 할 것이다. 따라서 본 논문에서는 각 혁신도시의 에너지수요절감계획과 신·재생에너지도입계획을 분석하여 혁신도시의 에너지사용계획방안을 평가하고자 한다.

2. 연구방법

본 연구에서는 행정중심복합도시와 각 혁신도시의 에너지수요와 신·재생에너지시스템 도입계획을 비교·검토하여 적용타당성을 분석하고 보안의견을 제시하고자 한다. 본 연구는 다음과 같이 수행한다.

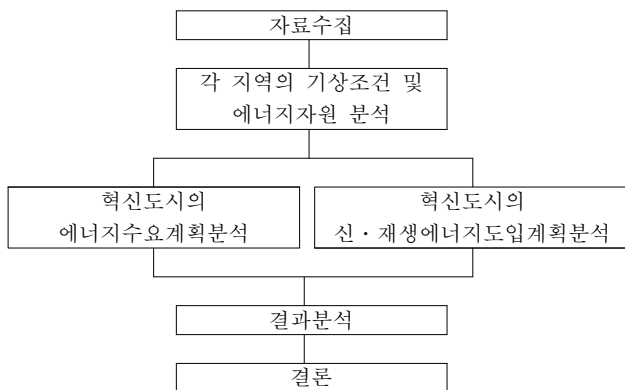


Fig. 1 연구 흐름도

3. 혁신도시의 에너지계획

3.1 혁신도시개요

혁신거점으로서의 발전 가능성, 도시개발의 적정성, 지역내 동반 성장 가능성 등의 내용을 기준으로 혁신도시입지선정위원회를 구성하여 혁신도시가 들어설 입지를 선정하였으며 2006년 2월 최종 입지 10곳을 확정하였다.

현재 사업진행 중인 행정중심복합도시와 10개의 혁신도시의 면적, 사업기간과 사업시행자는 Table1과 같다.

Table 1 혁신도시 개요

도시명	면적	사업기간	사업시행자
행복 도시	72,908,221	2005~2012	한국토지공사
부산	959,000	2007~2012	부산도시공사
대구 신서	4,216,496	2005~2012	한국토지공사
경북 김천	3,803,000	2006~2011	한국토지공사 경상북도개발공사
강원 원주	3,603,048	2007~2012	한국토지공사 원주시
경남 진주	4,062,670	2005~2020	대한주택공사
광주 전남	7,295,000	2007~2012	광주광역시개발공사 한국토지공사 전남개발공사
울산 우정	2,877,615	2007~2012	한국토지공사
충북 진천	6,914,000	2007~2012	대한주택공사
전북 전주	9,260,000	2007~2012	전북개발공사 한국토지공사
제주 서귀포	1,150,939	2007~2012	대한주택공사

3.2 기상데이터분석

신·재생에너지 이용과 에너지수요절감에 대한 계획을 구상하기 위해서는 해당지역의 기상자원에 대한 면밀한 검토가 중요하다. 우선적으로 신·재생에너지 자원으로 구분되는 여러 기후조건 중 가장 객관적인 평가가 될 수 있는 자원으로는 일사량 자원을 들 수 있으며, 그 이외에도 풍속이나 연평균 기온 등이 포함된다. 기상자료(일사량, 일조율, 기온, 상대습도, 풍량)를 구하지 못한 지역은 가장 가까운 지역의 기상자료를 조사하였으며 각 지역의 기상데이터¹⁾는 Table2와 같다.

1) 산업자원부, 한반도 태양에너지자원의 분석·평가 및 데이터신평향상 연구, 2006.5

Table 3 혁신도시의 에너지수요절감계획

		행복도시	대구신서	경북김천	강원원주	경남진주	광주전남	울산우정	충북진천	제주 서귀포	
에너지 이용향 상설비	건축	건물에너지효율인증	-	1,093	1,409	1,024	1,289	2,387	-	2,182	312
		창호단열강화	48,309	-	-	-	108	-	2,248	194	230
		벽체단열강화	11,292	-	-	-	-	-	-	-	-
		초에너지건물	440	-	-	-	-	-	-	-	-
	설비	고효율가스보일러	6,390	248	1,855	298	339	963	220	3,086	440
		밸런싱밸브	2,175	252	-	826	200	638	164	213	178
		GHP	630	-	-	-	30	52	54	-	-
		실별조절형 온수분배기	17,640	-	2,606	-	2,270	1,935	590	3,183	313
		응축기자동세척시스템	1,791	-	-	-	-	383	-	-	-
		VAV시스템	6,576	-	-	-	726	2,296	-	-	-
		절수형 수도기기	1,511	63	49	232	116	567	349	38	18
		난방용온도조절기	-	807	2,606	3,377	-	-	-	3,183	-
	건물자동제어	-	11,803	7,461	2,574	-	-	4,904	10,204	-	
	전기	VVVF	6,809	768	610	477	845	2,526	666	1,833	274
		고효율 전동기	12,200	2,347	1,421	1,340	1,435	3,507	2,068	2,730	413
		무정전 전원장치	1,517	207	157	220	55	565	216	206	125
		고효율가로등	2,439	82,198	157	158	161	256	137	233	-
	폐열	LED신호등	559	134	79	5	57	76	56	354	49
		고효율폐열회수환기장치	37,183	2,053	2,298	2,599	747	3,811	2,473	2,679	461
		히트펌프이용폐수열회수	205	33	19	33	53	139	267	19	30
		하수열원히트펌프	-	-	-	-	25	-	-	-	-
	집단에너지		141,334	23,360	-	31,527	10,632	4,144	14,057	231	-
	계[TOE/년]		299,000	125,366	20,727	44,690	19,088	24,245	28,469	30,568	2,843
절감율[%]		22.20	19.70	12.00	22.17	14.10	7.9	18.10	12.40	11.30	

1) 의무사항(고효율변압기, 고효율조명기기, FPL, 전구형형광등, 인체감지조명)에 대한 절감액 제외

Table 2 기상데이터

지역명	일사량 ²⁾	일조율 [%]	기온 [°C]	상대습도 [%]	풍량 [m/s]
대전	3.63	50.4	12.7	69.0	1.7
부산	3.66	53.6	14.7	65.5	3.7
대구	3.56	52.4	14.0	63.0	2.8
원주	3.48	49.0	11.2	70.3	1.1
진주	3.84	50.2	13.1	70.5	1.8
광주	3.67	49.4	13.7	70.1	2.2
포항	3.60	50.9	14.2	63.4	2.8
청주	3.57	51.4	12.4	69.1	1.9
전주	3.41	47.3	13.2	70.2	1.5
제주	3.43	41.8	15.7	71.1	3.6
평균	3.58	49.9	13.0	68.3	2.4

일조율은 태양광선이 구름이나 안개 등에 차단되지 않고 지표면을 비친 시간비율을 나타내는 것으로, 태양에너지 시스템이 효과적으로 작동할 수 있는 시간을 의미한다. 전주와 제주지역의 수평면 전일사량과 일조율은 전국 평균에 비해 낮은 수치를 나타냈으며 태양에너지이용에 무리가 없을 것으로 판단되나 타 지역과 비교하여 집열효율은 상대적으로 낮을 것으로 판단된다.

2) 연평균 1일 수평면 전일사량(kWh/m² · day)

풍속은 풍력발전이 사용될 위치에서의 풍력자원을 평가하는데 중요한 요소로 연간 평균풍속이 4m/s가 되는 곳에서 가능하다. 우리 나라의 연간 평균풍속은 4m/s이하로 풍력자원량은 부족하나 비슷한 수치를 나타내는 제주나 부산지역에 지상고도, 지형을 잘 고려하여 풍력발전기를 설치한다면 발전 가능성은 높아질 것으로 판단된다.

3.2 혁신도시의 에너지수요계획

혁신도시의 에너지절감수요계획은 Table3과 같으며 에너지절감을 위하여 혁신도시 전체가 고효율가스보일러, 절수형 수도기기, VVVF, 고효율전동기, 무정전 전원장치, LED신호등, 고효율폐열회수환기장치, 히트펌프이용폐수열회수를 채택하였다.

3.3 혁신도시의 신재생에너지도입 계획

3.3.1 행정중심복합도시

행정중심복합도시 내 태양열온수시의 도입은 단독주택, 공동주택, 중앙행정기관, 공공청사, 복

지시설, 문화시설 등을 대상으로 적용·계획하였다. 태양광발전시스템은 단독주택, 공동주택, 중앙행정기관, 공공청사, 교육시설, 복지시설, 문화시설 등을 대상으로 적용·계획하였다.

Table 4. 신·재생에너지시스템적용 개요

구분	총설치용량	절감량 [Gcal/년]	절감액 [천원/년]
태양열	9,944 대	5,595	3,519,677
태양광	16,709 kWp	19,511	2,404,874
지열	2,454,214 m ²	112,020(30,943)	9,964,119
계	-	137,126	15,888,670

1) ()안의 수치는 지열히트펌프적용시 전력증분량(Mwh/년)

행정중심복합도시는 충남 공주시와 연기군에 위치하며 일조시간은 2,143.6hr/년으로 전국평균치인 2,747.3hr/년보다는 적은 수치이나 일사량이 평균보다 높기 때문에 태양에너지를 이용한 시스템을 적용하는 안은 적합하다고 판단된다.

지열냉난방시스템은 중앙행정기관, 공공청사, 교육시설, 복지시설, 문화시설, 체육시설, 기업연수시설, 청소년수련, 농업기술센터, 장묘공원을 대상으로 적용·계획하였다.

3.3.2 대구신서혁신도시

블록형 택지구에 단독주택 83세대를 대상으로 6m² 규모의 태양열급탕시스템을 설치하고 교육시설과 공공청사에 각각 70m² 와 40m² 규모로 설치할 계획이다.

Table 5. 신·재생에너지시스템적용 개요

구분	총설치용량	절감량 [Gcal/년]	절감액 [천원/년]
태양열	998 m ²	765	359,280
태양광	1,210 kWp	2,318	301,857
지열	6,800 RT	39,636(723)	1,406,431
계	-	42,719	2,067,568

1) ()안의 수치는 지열히트펌프적용시 전력증분량(Mwh/년)

이전공공기관, 문화시설과 사회복지시설에 지열히트펌프시스템과 태양광발전시스템을 포함하여 신·재생이용 의무사용비율이상을 설치할 계획이며 총 3개 학교에 지열히트펌프시스템을 300RT씩 도입할 예정이며 공공청사, 문화복지시설과 이전공공기관은 신·재생이용 의무사용비율을 고려하여 도입토록 계획이다.

3.3.3 경북김천혁신도시

지구내 학교 7개소에 태양열 온수기를 도입할

것이며 3,000 l의 온수를 생산할 수 있는 태양열집열기를 적용할 계획이다.

Table 6. 신·재생에너지시스템적용 개요

구분	총설치용량	절감량 [Gcal/년]	절감액 [천원/년]
태양열	416 m ²	263	123,426
태양광	1,170 kWp	1,322	149,089
지열	9,310 RT	32,663(8,978)	1,562,218
계	-	34,248	1,834,733

1) ()안의 수치는 지열히트펌프적용시 전력증분량(Mwh/년)

태양광발전시스템은 14개의 이전공공기관에 공공청사에 적용할 계획이다. 지열히트펌프시스템을 이전공공기관, 공공청사, 학교에 도입할 계획이다.

3.3.4 강원원주혁신도시

지구 내 남동측부 단독주택 298세대에 3m², 공공청사에 138m²(3m²×46매)의 진공관형 태양열온수기를 적용할 계획이다.

Table 7. 신·재생에너지시스템적용 개요

구분	총설치용량	절감량 [Gcal/년]	절감액 [천원/년]
태양열	1,032 m ²	822	51,843
태양광	126 kWp	252	17,665
지열	-	6,309(856)	241,393
계	-	7,383	310,901

1) ()안의 수치는 지열히트펌프적용시 전력증분량(Mwh/년)

이전공공기관에 각 10kWp급, 근린공원 2개소에 각 3kWp급인 태양광발전시스템을 도입할 계획이며 지열히트펌프시스템을 교육시설, 문화복지시설, 교육연구시설에 도입할 계획이다.

3.3.5 경남진주혁신도시

지구 내 단독주택, 이전공공기관, 산학연클러스터, 공공청사, 학교, 문화체육시설 등을 대상으로 태양열온수기를 도입할 예정이다.

Table 8. 신·재생에너지시스템적용 개요

구분	총설치용량	절감량 [Gcal/년]	절감액 [천원/년]
태양열	3,670 m ²	2,610	199,273
태양광	1,850 kWp	2,229	274,854
지열	741,951 m ²	19,876(2,636)	965,768
계	-	24,715	1,439,895

1) ()안의 수치는 지열히트펌프적용시 전력증분량(Mwh/년)

단독주택 100세대에 태양광발전시스템 시범보

급단지를 지정하고 이전공공기관과 산학연클러스터, 고등학교에 시스템을 적용할 계획이며 지열히트펌프시스템을 이전공공기관, 산학연클러스터, 공공청사, 학교, 문화체육시설에 도입토록 계획하였다.

3.3.6 광주전남혁신도시

광주·전남혁신도시는 사업지구 내 단독주택 200세대를 대상으로 300ℓ급 태양열온수기를 도입할 계획이며 문화복지교육연구시설은 10,000ℓ급 태양열온수기 1기를 설치할 예정이다. 그리고 집단에너지시설 지붕에 대규모 중앙집중식 태양열시스템을 설치할 예정이다.

Table 9. 신·재생에너지시스템적용 개요

구분	총설치용량	절감량 [Gcal/년]	절감액 [천원/년]
태양열	4,400 m ²	3,488	274,843
태양광	30 kWp	36	3,896
지열	1,987,266 m ²	49,617(6,724)	2,463,387
계	-	53,141	2,742,126

1) ()안의 수치는 지열히트펌프적용시 전력증분량(Mwh/년)

3.3.7 울산우정혁신도시

단독주택을 대상으로 88세대에 300ℓ급 태양열온수기를 도입할 계획이며 이전공공기관, 공공청사업무시설, 사회복지 및 문화교육연구시설에 태양열 온수기를 적용할 계획이며 공동주택, 이전공공기관, 공공청사, 교육시설에 태양광발전시스템을 도입토록 계획하였고 지열히트펌프시스템을 이전공공기관, 공공청사 및 교육시설에 도입토록 계획하였다.

Table 10. 신·재생에너지시스템적용 개요

구분	총설치용량	절감량 [Gcal/년]	절감액 [천원/년]
태양열	2,278 m ²	2,281	134,943
태양광	1,021 kWp	1,342	165,516
지열	1,083,595 m ²	31,523(8,703)	1,035,948
계	-	35,146	1,336,407

1) ()안의 수치는 지열히트펌프적용시 전력증분량(Mwh/년)

3.3.8 충북진천혁신도시

학교 8개소에 5,000ℓ 태양열 온수기와 복지 및 가족친화시설에 2,000ℓ 태양열 온수기를 도입할 계획이며 태양광발전시스템은 단독주택 100세대와 12개의 이전공공기관 및 공공청사에 도입할 계획이다.

Table 11. 신·재생에너지시스템적용 개요

구분	총설치용량	절감량 [Gcal/년]	절감액 [천원/년]
태양열	1,059 m ²	560	262,808
태양광	1,060 kWp	1,278	148,569
지열	8,840 RT	2,991(5,412)	1,375,908
계	-	4,829	1,787,285

1) ()안의 수치는 지열히트펌프적용시 전력증분량(Mwh/년)

3.3.9 제주서귀포혁신도시

지구의 서북쪽에 입지할 블록형 단독주택 71세대에 태양열온수기를 도입할 수 있도록 계획하였으며 이전공공기관, 산학연클러스터, 학교 및 문화체육시설에는 태양열온수기로 강담할 수 있도록 태양열급탕설비를 적용할 계획이다.

Table 12. 신·재생에너지시스템적용 개요

구분	총설치용량	절감량 [Gcal/년]	절감액 [천원/년]
태양열	4,771.74 m ²	2,640	196,352
태양광	1,615 kWp	1,845	227,434
계	-	4,485	423,786

1) ()안의 수치는 지열히트펌프적용시 전력증분량(Mwh/년)

단독주택에 호당 3kWp용량의 태양광발전기를 설치하고 이전공공기관 및 문화체육시설은 총 전력소요량의 3%, 산학연클러스터와 학교는 전력소요량의 1%를 태양광발전으로 충당하도록 계획하였다.

3.4 혁신도시의 목표절감율

에너지수요절감계획과 신·재생에너지도입계획을 종합한 절감율은 Table 13과 같으며 총에너지절감율은 행정중심복합도시가 24.50%로 가장 높았으며 경북 김천이 13.40%로 가장 낮은 수치를 나타냈다. 신·재생에너지절감율은 광주·전남공동혁신도시가 16.00%로 높았으나 폐기물에너지가 차지하는 비율이 약 14%이상인 것을 감안했을 때, 전체 수요의 5%를 신·재생에너지로 대체하는 국가정책에 준하는 수준에 미치지 못하였다. 에너지수요도 행정중심복합도시와 강원원주혁신도시를 제외하고는 모두 20%대 미만인 것으로 나타났다. 다만 혁신도시 중 광주전남공동혁신도시는 타도시와는 다르게 연구용역을 통해 신·재생에너지도입방안과 에너지수요절감방안을 마련하였으며 신·재생에너지공급정책과 법률을 기반으로 도시전체에너지 중에서 에너지수요부분(약

25%절감)을 제외한 부하의 약 5%를 신·재생에너지로 공급할 수 있는 방안을 마련하였으며, 지구 안에 건설하는 전체 공동주택에 대하여 건물 에너지효율등급 1등급을 취득할 것을 권장하고 이전공공기관은 25.0% 이상, 그 외 비주거용 건물은 20% 이상이 되도록 냉난방 부하저감기술과 에너지절약기술을 계획하였다.³⁾

Table 13. 각 혁신도시의 절감율

구 분	에너지수요 절감율 [%]	신·재생에너지 절감율 [%]	총에너지 절감율 [%]
행복도시	22.20	2.30	24.50
대구 신서	19.70	2.80	22.50
경북 김천	12.00	1.40	13.40
강원 원주	22.17	0.43	22.60
경남 진주	14.10	1.70	15.80
광주·전남	7.90 (25.00)	16.00 (5.45)	23.90 (30.45)
울산우정	18.10	1.20	19.30
충북 진천	12.40	1.00	13.40
제주서귀포	11.30	2.43	13.73

1)()의 수치는 전라남도, 광주·전남공동혁신도시의 에너지생태도시조성을 위한 타당성조사 연구상의 수치

4. 결 론

본 논문에서는 행복도시와 8개의 혁신도시의 에너지사용계획을 분석·평가하였다. 절감계획은 최고 12.30%의 지역적 편차가 있었으며 신·재생에너지공급 5%를 충족한 도시는 없었다. 하지만 광주·전남공동혁신도시는 연구용역을 통해 국가 신·재생에너지 도입 목표 5%를 충족하여 계획하였다. 에너지사용계획은 지구단위계획에 반영되는 중요한 자료이다. 따라서 지속가능한 발전과 친환경적인 도시 건설을 위해 지역적 조건과 경제적 자금확보방안 등을 고려하여 에너지사용계획을 세우고 시행하여야 할 것이며 국가에너지정책에 부응할 수 있도록 하여야 할 것이다.

참고문헌

1. Korea Land Corporation, 2007.07, The energy plan for the development project of Kang-won · Won-ju innovation city

2. Korea Land Corporation, 2007.07, The energy plan for the development project of Gyeong-nam · Jin-ju innovation city
 3. Korea Land Corporation, 2007.07, The energy plan for the development project of Gwang-ju · Jeon-nam innovation city
 4. Korea Land Corporation, 2007.06, The energy plan for the development project of Dae-gu · Shin-seo innovation city
 5. Korea Land Corporation, 2007.07, The energy plan for the development project of Ul-san · Woo-jeong innovation city
 6. Korea Land Corporation, 2007.07, The energy plan for the development project of Gyeong-buk · Gim-cheon innovation city
 7. Korea Land Corporation, 2007.07, The energy plan for the development project of Chung-buk · Jin-cheon innovation city
 8. Korea Land Corporation, 2007.04, The energy plan for the development project of Multifunctional administrative city
 9. Korea Land Corporation, 2007.07, The energy plan for the development project of Je-ju · Seogwipo city
 10. Ministry of Commerce, Industry and Energy, 2006.05, Analysis and Evaluation of Solar Radiation Resources and Reliability Enhancement on Insolation Data in Korea
 11. Jang, Y. S., Kim, J. Y., Hong, S. H., Park, H. S. and Suh, S. J., 2005, An Envelope Database of a Non-residential Building to Cope with Framework Convention on Climate Change, Koean Sola Energy Society, pp. 109-114.

3) 전라남도, 광주·전남공동혁신도시의 에너지생태도시조성을 위한 타당성조사 연구, 2007.08, pp114