

혁신도시 신재생에너지 도입 연구

김정욱^{1*}, 김호찬², 부창진³

¹상명대학교 에너지그리드학과, ²제주대학교 전기공학과, ³제주대학교 첨단기술연구소

A study on the introduction plan of the renewable energy in innovation city

Jeong-uk Kim^{1*}, Ho-Chan Kim² and Chang-Jin Boo³

¹Sang Myung University, ²Jeju University

³Jeju University Research Institute of Advanced Technology

요 약 본 논문은 혁신도시에 신재생에너지 도입계획을 수립하는 것이다. 최상의 혁신도시 계획은 경제성, 삶의 질, 지속가능한 개발을 가능하도록 하는 것이다. 균형잡힌 도시를 위해서는 환경 친화적이고 지속가능한 도시를 설계하여야 하고, 효율적인 빌딩을 위해서는 에너지 효율과 환경 문제를 고려하여 설계하여야 한다. 이 논문에서 우리는 다양한 건축물에 대하여 에너지 효율성을 분석하고 신재생에너지를 도입하기 위한 방법을 제시하였다. 결론적으로 각 혁신도시에 대하여 새로운 신재생에너지 계획을 제시하였고 분석하였다.

Abstract This paper presents the introduction plan of the renewable energy in innovation city. The introduction plan to make the condition of innovation city best should consider the economical efficiency, the quality of life and the sustainable development. The design of balanced city is demanded to build environment friendly and sustainable city. Energy efficient buildings should be designed to deal with the energy efficiency and environment problem. Therefore, in this paper, we analyze the energy efficiency and provide the method to introduce the renewable energy system, in various buildings. As a result, the renewable energy plans of each innovation city are suggested and analyzed.

Key Words : Innovation city, Energy demand, Renewable energy, Economical efficiency

1. 서론

현재 인류가 직면한 에너지 부문의 큰 난제는 화석연료의 한정된 매장량으로 인한 수급불안과 그 사용에 따른 환경오염이며, 그 심각성은 불안한 국제 유가 상황에서 여실히 드러나고 있다. 우리나라의 경우 세계 에너지 소비 10위, 석유소비 7위의 에너지 다소비 국가로서 에너지의 대부분을 해외에 의존하고 있으므로, 중장기적인 관점에서 석유의존도를 개선하고 신재생에너지 자원을 확보하는 등의 대책 마련이 시급한 실정이다[1].

혁신도시 건설은 국가의 균형발전을 위한 사업으

로, 효율적인 에너지 이용이 가능한 21세기형 도시건설을 목표로 추진되고 있다. 에너지 절약형 혁신도시를 건설하기 위해서는 에너지 효율이 높은 도시 및 건물 설계가 선행되어야 하며, 고효율 에너지 기자재의 설치, 신재생에너지의 도입, 도시에너지 수요관리의 강화가 필요하다.

본 논문에서는 부산을 제외한 9개 혁신도시(대구, 광주, 울산, 강원, 충북, 전북, 경북, 경남, 제주)에 효율적인 신재생에너지를 도입하여 에너지 절약형 혁신도시를 건설하는데 목표가 있다. 이를 위하여 혁신도시별 적용이 가능한 신재생에너지 자원을 파악하여, 효율적이면서 경

본 연구는 2010년도 지식경제부의 재원으로 한국에너지 기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다.
(No. 20103040010060)

*교신저자 : 김정욱(jukim@smu.ac.kr)

접수일 11년 02월 25일

수정일 (1차 11년 04월 16일, 2차 11년 05월 03일)

게재확정일 11년 05월 12일

제성이 높은 신재생에너지의 포트폴리오 제시와 비용대비 도입률을 높이는 방법 등을 제시하고자 한다.

2. 본론

2.1 혁신도시 에너지 현황조사 및 분석

혁신도시는 공공기관 지방이전을 계기로 지역의 성장 거점지역에 조성되는 미래형 도시이다. 이전된 공공기관과 지역의 대학·연구소·산업체·지방자치단체가 협력하여 새로운 성장동력을 창출하는 기반이 될 것이다[2].

혁신도시별 추진 상황은 표 1에 나타내었다. 2011년 현재 한국토지공사와 대한주택공사는 한국토지주택공사로 합병되어, 모든 혁신도시는 한국토지주택공사에서 시행하고 있다.

[표 1] 혁신도시별 추진 상황

혁신도시	개발계획 실계계획	주요내용	면적 (㎡)	수용 인구	사업 기간
대구 신서	07.05.30	11개기관이전(산업진흥,교육 학술진흥,가스산업 관련)	4,216	26,683	2005~ 2012
	07.09.05				
울산 우정	07.05.30	11개기관이전(에너지산업, 근로복지,산업안전 관련)	2,797	25,000	2007~ 2012
	07.09.03				
강원 원주	07.05.31	13개기관이전(한국관광공 사,국립공원관리공단 등)	3,603	31,200	2007~ 2012
	07.10.31				
충북 진천	07.05.31	12개기관이전(정보통신,인 력개발,과학기술 관련)	6,914	42,000	2006~ 2012
	07.12.17				
전북 전주	07.09.04	13개기관이전(국토개발관 리,농업생명,식품연구 관련)	10,145	29,000	2006~ 2012
	08.03.04				
광주 전남	07.05.31	18개기관이전(전력산업,정 보통신,농업기반 관련)	7,295	50,000	2007~ 2012
	07.10.26				
경북 김천	07.05.31	13개기관이전(도로교통기 능,농업지원기능 관련)	3,803	25,000	2006~ 2012
	07.09.03				
경남 진주	07.05.31	12개기관이전(주택건설관 련,산업지원관련,기타기관 관련)	4,172	40,000	2006~ 2012
	07.10.26				
제주 서귀 포	07.07.16	9개기관이전(국제교류,교 육연수,기술연수 등 관련)	1,150	5,000	2007~ 2012
	07.09.05				

혁신도시는 2003년 6월 국가균형발전을 위한 공공기관 지방이전 방침을 발표하며 시작되었고, 2007년 9월부터 혁신도시별 공사가 착수되었다. 9개 혁신도시의 에너지 현황 분석을 위하여 에너지사용계획과 지구단위계획을 분석하였다. 에너지사용계획에서 수립된 신재생에너지 계획이 강제성을 가지기 위해서는 지구단위계획에 반영되어야 한다. 즉, 지구단위계획에 반영되어 있지 않은

에너지사용계획의 계획 내용은 실행이 담보되지 않으며, 반면 지구단위계획에 의무사항으로 반영이 된 경우에는 주민 민원 등의 문제가 발생할 소지가 있다[3].

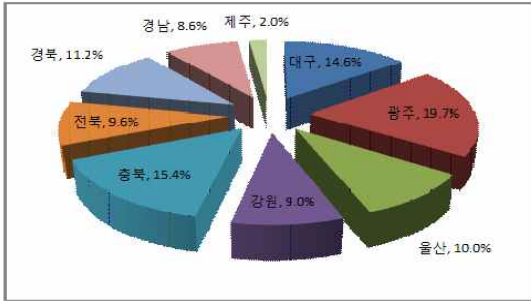
9개 혁신도시별 에너지사용계획을 분석한 결과 설비 규모의 제시 근거가 없었고, 공공의무화 대상 기관인 이전공공기관과 공공청사, 교육시설의 용적률 기준이 일괄적으로 적용되었다. 지열 시스템에 대하여는 설계기준이 없어, 혁신도시별로 설비용량의 결정, 전력사용량, 투자비 산정방식이 각각 다르게 적용되었다. 아울러, 태양에너지자원 분석기준인 일사량의 기준, 태양열 열량산정 계산식, 발전량 산정 계산식, 설비 효율, 전력비와 가스비 등이 9개 혁신도시별로 동일한 기준이 적용되지 않았다.

[표 2] 혁신도시 지구단위계획 분석

	단독주택	공동주택	기타
광주 전남	-태양광시범 단독 주택용지 ·태양집광판 : 3kWp 이상 설치 (의무) ·태양집열판: 평판 형 12㎡이상, 진공 관형 6㎡이상 설치 (권장) -그 외의 단독주택 용지는 태양집광판 및 태양집열판은 권장	-태양광시범 공 동주택용지 ·전용면적 60㎡ 이하 : 세대당 0.1kWp 이상 설치(의무) ·전용면적 60㎡ 초과 : 세대당 0.2kWp 이상 설치(의무)	이전공공기관·공공 시설·학교 - 총건축비의 5%이 상에 해당하는 에너 지 재활용 설비 - 기타 비주거용건 물 : 권장
대구 신서	-태양집광판 : 2kWp이상 설치 ·태양집열판: 평판 형12㎡이상, 진공 관형 6㎡이상 설치	-전용면적 60㎡ 이하 : 세대당 0.1kWp 이상 설치 ·전용면적 60㎡ 초과 : 세대당 0.2kWp 이상 설치	상업용지(특별계획 구역) 혁신클러스터/공공 시설 - 총건축비의 5%이 상에 해당하는 에너 지 재활용 설비

9개 혁신도시별 지구단위계획 분석 결과 광주·전남 혁신도시와 대구신서 혁신도시에만 표 2와 같이 단독주택과 공동주택에 의무사항으로 규정하였으며, 다른 혁신도시는 규정하지 않았다.

혁신도시별로 에너지수요에 대한 분석결과 그림 1과 같이 광주가 19.7%로 가장 높았으며, 뒤를 이어 충북 15.4%, 대구 14.6%, 경북 11.2%, 울산 10%, 전북 9.6%, 강원 9%, 경남 8.6%, 제주 2% 로 조사되었다. 공공의무화기관에서의 에너지 수요는 혁신도시 전체의 15.9%를 차지하고 있다.



[그림 1] 혁신도시별 에너지수요 분석

2.2 혁신도시별 도입가능 에너지원 분석

신재생에너지 자원별로 도입 가능한 자원을 분석하기 위하여 산출되는 에너지 형태, 보급정도, 정부지원 규모, 경제성, 설비규모, 적용대상 등으로 분석을 하였다[4].

[표 3] 신재생에너지자원 도입을 위한 분석

구분	태양광	태양열	연료전지	지열
에너지원	태양	태양	도시가스 메탄올	지표열
산출 에너지	전기	열	열 전기	열
보급도	높음	높음	낮음	중간
정부지원	60%이내	50%이내	90%이내	50%이내
회수년수 (정부지원)	40~70년	10~20년		5~12년
설비규모	중형	중형	소형	대형
적용대상	아파트 일반건물	공동생활시설	아파트 일반건물	오피스 공동생활시설
비고	발전차액 지원	금탕설비대체 (보조열원필요)	시범보급	경제성 높음
적용성	상	하	상	상

표 3에서 분석한 바와 같이 태양광과 태양열은 보급정도가 높은 반면, 경제성면에서 크게 떨어지며, 연료전지는 열과 전기에너지가 공급되며, 적용성과 경제성면에서 좋은 에너지원이긴 하나 아직은 시범보급단계이다[5]. 지열은 보급정도와 정부지원, 투자비 대비 절감률, 경제성 효과 등이 우수한 시스템이다.

아울러, 경제성과 상징성, 적용성 측면에서 분석한 결과 태양열은 적용성에서 우수하고, 태양광은 상징성 및 적용성에서 우수하며, 지열과 연료전지는 경제성에서 우수한 것으로 판단된다.

2.3 신재생에너지 표준화

혁신도시에 신·재생에너지 도입 계획을 수립하기 위해

여는 신·재생에너지원의 도입 전략과 표준화가 필요하다. 전술한대로 기존의 신·재생에너지 도입계획은 도입 기준과 적용원칙에 일관성이 결여되어, 혁신도시간 적용 방식에 차이가 발생하였다. 본 연구에서는 경제성 분석에 활용될 에너지 가격지표를 산정하고, 이를 토대로 신·재생에너지의 이론적 고찰을 수행하여, 신·재생에너지 도입전략을 수립하였다. 또한, 신·재생에너지원별, 건물별 적용 기준을 제시하였다. 연구의 수행방향은 다음과 같다.

경제성 분석을 위한 전제로 건물 용도별 표준 전기요금과 가스요금을 산정하였다.

신·재생에너지 설비의 투자비 산정은 투자비 증분만을 고려하였다. 태양열과 태양광 설비는 설치비가 신·재생에너지 투자비이다. 지열 설비는 지열의 설치 유무와 관계없이 냉난방 배관 등의 설치비가 필요하므로, 지열 설비의 투자 증분만을 고려하였다.

신·재생에너지 표준화 대상은 태양열, 태양광, 지열, 연료전지로 한정하도록 한다. 표준화 대상은 용량별 설치비와 에너지 생산량, 설치면적이다.

건물별 적용 기준 수립의 원칙은 에너지관리공단 등에 기준이 제시되고 있는 경우에는 그 기준을 채택하였다. 일사량 등 혁신도시별로 차별적인 수치 적용이 가능한 경우에는 그 기준을 채택하였다. 에너지사용계획상 혁신도시별로 다른 기준이 적용되었으나, 기준 제시가 어려운 경우는 적용값의 평균치를 채택하였다.

태양열과 태양광 설비에 대하여는 비교적 많은 연구가 수행되어 와서 표준화가 수월하나, 지열 설비에 대하여는 아직 기준 제시가 미비한 실정이다. 지열 설비는 대용량 설비의 설치 후에 시간이 많이 경과되지 않아 축적된 자료가 충분하지 않기 때문이다. 본 연구에서는 지열 설비를 주택용과 일반용으로 구분하여 지열 설비 기준을 적용하였다. 주택용에 대하여는 지식경제부의 자료를 기준으로 채택하고, 일반용에 대하여는 벤치마크 건물을 대상으로 실제 데이터를 이용하여, 경제성을 분석하였다.

2.4 혁신도시별 신재생에너지 도입 잠재량

혁신도시별 신·재생에너지 도입 잠재량을 태양열과 태양광을 이용하는 단독주택과 태양광과 지열을 이용하는 공동주택을 대상으로 산정하였다. 단독주택에 신·재생에너지자원을 도입하기 위하여 혁신도시별 부지면적, 세대수, 설치가능한 면적, 세대당 설치가능한 용량을 표 4와 같이 분석하였는데, 단독주택 용지에 평균적으로 세대당 49.1(m²)의 태양집열판이나 4.9(kWp)의 태양집광판이 설치가능하다.

[표 4] 혁신도시별 단독주택 태양열, 태양광 도입 잠재량

구분	부지면적 (㎡)	세대수	설치가능 면적(㎡)	세대당 설치가능 용량 집열판용량 (㎡/세대)	태양광 용량 (kWp/세대)
대구 신서	241,289	866	36,193	41.8	4.2
광주 전남	606,853	2,049	91,028	44.4	4.4
울산 우정	227,816	629	34,172	54.3	5.4
강원 원주	270,644	925	40,597	43.9	4.4
충북 진천	348,064	973	78,748	80.9	8.1
전북 전주	272,320	912	40,848	44.8	4.5
경북 김천	150,575	479	22,586	47.2	4.7
경남 진주	383,564	1,339	57,535	43.0	4.3
제주서귀포	79,676	250	11,951	47.8	4.8
합 계	2,580,801	8,422	413,658	49.1	4.9

공동주택에 신재생에너지자원을 도입하기 위하여 혁신도시별 세대수, 설치가능한 면적, 세대당 설치가능한 용량을 분석하였다. 공동주택 용지에 세대당 1.1(kWp)의 태양집광판이 설치가 가능하다고 판단되며 표 5와 같이 태양광 도입 잠재량을 산정하였다.

[표 5] 혁신도시별 공동주택 태양광 도입 잠재량

구분	세대수	태양광		세대당 설치가능 용량 (kWp/세대)
		설치가능 면적(㎡)	최대설치 용량(kWp)	
대구 신서	8,335	78,398	7,840	0.9
광주 전남	16,950	292,017	29,202	1.7
울산 우정	5,514	46,177	4,619	0.8
강원 원주	10,271	125,085	12,509	1.2
충북 진천	13,678	124,274	12,427	0.9
전북 전주	8,227	87,904	8,790	1.1
경북 김천	8,980	72,829	7,283	0.8
경남 진주	10,444	61,135	6,113	0.6
제주서귀포	1,550	24,976	2,498	1.6
합 계	83,949	912,795	91,281	1.1

아울러 공동주택에 지열로만 설치했을 때 잠재량을 표 6과 같이 분석하였는데, 지열설치를 위해서는 수요량과 잠재량이 필요하다. 혁신도시별 용지에 지열로 냉난방을 공급하기 위해서는 설치가능 면적의 40.5%가 필요하며, 전체면적을 활용 했을 때 세대당 7.8RT를 설치 할 수 있는 것으로 분석되었다.

혁신도별 공공기관에는 “신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진 법”에서 정한 총건축비의 5%이상을 신재생에너지를 도입하는 것으로 되어있다[7,8]. 이에 따라 신재생에너지 전체 투자비로 각각 신재생에너지자원(태양열, 태양광, 지열)별로 투자했을 때의 용량을 표 7과 같이 분석하였다. 태양열에만 투자한 경우에는 급탕수요의 141.3%를 제공가능하며, 태양광에만 투자하였을 경우에는 전력수요의 1.9%가 제공이 가능하고, 지열에만 투자에만 투자한 경우에는 난방수요의 70.3%까지 제공

이 가능하다.

[표 6] 혁신도시별 공동주택 지열 잠재량

구분	세대수	부지면적 (㎡)	수요량		잠재량		잠재량 --- 수요량 [%]	세대당설치 가능 용량 (RT)
			난방 면적 (㎡)	난방 규모 (RT)	천공 수 (개)	지열 규모 (RT)		
대구 신서	8,335	522,656	632,419	19,164	16,733	50,199	38.2	6.0
광주 전남	16,950	1,946,781	2,452,002	74,303	62,308	186,924	39.8	11.0
울산 우정	5,514	384,806	495,390	15,012	12,322	36,966	40.6	6.7
강원 원주	10,271	833,902	1,045,979	31,696	26,693	80,079	39.6	7.8
충북 진천	13,678	1,122,670	1,458,722	44,204	35,935	107,805	41.0	7.9
전북 전주	8,227	586,027	779,754	23,629	18,760	56,280	42.0	6.8
경북 김천	8,980	606,906	728,287	22,069	19,428	58,284	37.9	6.5
경남 진주	10,444	635,036	890,748	26,992	20,330	60,990	44.3	5.8
제주서귀포	1,550	166,506	255,030	7,728	5,332	15,996	48.3	10.3
합계	83,949	6,805,290	8,738,332	265,798	217,841	653,523	40.5	7.8

[표 7] 혁신도시별 투자비 대비 신재생에너지원별 도입가능

구분	연면적 (㎡)	총건축공사비 (천원)	신재생 투자비 (천원)	태양열 집열판 (㎡)	태양광 집광판 (kWp)	지열용량 (RT)
대구 신서	518,232	411,113,129	20,555,656	21,638	2,225	9,318
광주 전남	605,492	472,880,313	23,644,016	24,888	2,559	10,596
울산 우정	556,442	425,486,871	21,274,344	22,394	2,302	10,143
강원 원주	419,459	329,495,139	16,474,757	17,342	1,783	7,367
충북 진천	222,540	174,221,544	8,711,077	9,170	943	4,395
전북 전주	923,502	652,882,882	32,644,144	34,362	3,533	14,088
경북 김천	640,394	482,927,167	24,146,358	25,417	2,613	10,939
경남 진주	484,092	370,365,503	18,518,275	19,493	2,004	8,256
제주서귀포	270,825	204,528,836	10,226,442	10,765	1,107	4,341
합 계	5,103,643	3,870,113,294	193,505,665	203,690	20,942	86,912

2.5 혁신도시별 신재생에너지 도입 방안

1) 단독주택 도입 검토

현행 지구단위계획 및 에너지사용계획에는 표 8과 같

이 부산을 제외한 9개 혁신도시의 단독세대(8,500세대) 중 태양광 16.9% (1,440세대), 태양열 14.3%(1,217세대)를 도입하도록 하고 있다.

[표 8] 신재생에너지 도입현황(단독주택)

구분	지구단위계획	에너지사용계획
광주 태양광	804kW(3kW×268세대)	-
전남 태양열	-	1,824㎡ (6㎡×304세대)
대구	태양광	2,118kW (2.5kW×847세대)
	태양열	1,800㎡(6㎡×300세대) 평균형12㎡이상, 진공관형6㎡이상 설치
울산 태양열	-	528㎡ (6㎡×88세대)
강원 태양열	-	894㎡ (3㎡×298세대)
전북 태양열	-	160.4㎡ (5.9㎡×27세대)
충북	태양광	300kW (3kW×100세대)
	태양열	594㎡ (5.94㎡×100세대)
경남	태양광	300kW (3kW×100세대)
	태양열	1,800㎡ (18㎡×100세대)
제주	태양광	375kW (3kW×125세대)
	태양열	422㎡ (5.94㎡×71세대)
계	태양광	1,404kW (568세대)
	태양열	1,800㎡ (300세대)
총계	태양광	3,897kW (1,440세대)
	태양열	8,022.4㎡ (1,288세대)

그러나 정부 및 지자체의 지원을 감안해도 신재생에너지 설비투자비의 회수기간이 최소 8년 이상으로 경제성이 상당히 낮은 편이다. 일반적으로 단독주택의 경우 투자회수기간을 태양광은 35.1년(정부지원시 14.1년)과 태양열은 16.3년(정부지원시 8.2년)으로 예상하고 있다.

2) 공동주택 도입 검토

현재 혁신도시 전체 공동세대(84,949세대) 중 15%가 신재생에너지 설비를 표 9와 같이 도입할 예정이다. 그러나 태양광의 경우 투자회수기간이 45.1년(정부지원을 감안하여도 회수기간이 18년) 이상으로 경제성이 떨어진다.

[표 9] 신재생에너지 도입현황(공동주택)

구분	지구단위계획	에너지사용계획
광주 전남 태양광	370kW (0.1kW×3,037세대)	-
대구 태양광	1,259kW (0.1kW-0.2kW×8,335세대)	2,544kW(0.3kW×8,479세대)
계 태양광	1,629kW (12,038세대)	2,544kW (8,479세대)
총계 태양광	2,871kW (12,038세대)	

3) 공공의무화 도입 검토

이전공공기관, 공공청사, 학교시설 등 연면적 3천㎡ 이상 국가, 지자체, 정부투자기관 등이 신·증·개축하는 건물은 “신재생에너지개발이용보급촉진법”에 의거 총 건축공사비의 5%이상의 신재생에너지 설비를 설치해야 한다.

[표 10] 신재생에너지 설치비용 및 에너지절감률(공공의무화)

구분	태양광	태양열	지열	계
투자비용 (비율)	1,292억원 (52.8%)	76백만 (3.1%)	1,080백만 (44.1%)	2,448억원
에너지절감률 (비율)	0.25% (21.2%)	0.04% (3.4%)	0.89% (75.4%)	1.18%

[표 11] 신재생에너지 설치비 조정내역(공공의무화 기관)

구분	조정전	조정후	증감
총표준건축공사비	72,747억원	38,701억원	감)34,046억원
신재생 설치비	3,637억원	1,935억원	감)1,702억원

그러나 현행 에너지사용계획에서는 표 10과 같이 경제성이 가장 낮은 태양광 위주로 계획이 수립되어 있으며, 신재생설치비 및 총 건축공사비 산정 기초자료인 건축연면적 또한 과다 계산되어 있는 실정이다[9]. 이러한 문제점으로 인해, 본 논문에서는 총 건축공사비 산정은 표 11과 같이 현황에 맞는 건축연면적을 적용하여 실제에 가깝게 조정할 것을 제안한다. 도입하고자 하는 신재생에너지 구성은 이전기관 설문조사 및 경제성 검토 등을 참고하여 재구성하였다. 여기서 학교 냉난방의 100%를 지열로 공급했을 때에는 90억원의 초과 투자가 예상된다.

4) 집단에너지 도입 검토

집단에너지사업은 9개 혁신도시중 4개 도시(대구, 강원, 광주전남, 경남)에서 추진되고 있다. 이 중 신재생에너지 시설은 광주전남 혁신도시에서만 도입된다. 광주전남 혁신도시의 신재생에너지 시설은 태양열 3,000㎡로, 사업비는 약 28억이며 지역난방공사가 시행한다. 이 시설을 통한 에너지 절감률은 0.09% 수준으로 추정된다. 전북 혁신도시의 경우 지구 외에 전주시, 전북개발공사 및 지역난방공사가 별도법인 설립 쓰레기소각열 및 바이오가스를 이용 혁신도시 공동주택(전주시 부분)에 열공급을 추진중이다. 쓰레기소각열은 재생에너지이며, 에너지절감률이 전북 혁신도시의 7.91%(전체의 0.74%)에 달

하여 적극적으로 유치를 추진하고 있다.

5) 간접투자 유치 검토

RPS(Renewable Portfolio Standards, 의무할당제) 도입에 따라 발전사업자는 2012년에는 공급량의 3%, 2020년에는 공급량의 10%를 신재생에너지로 공급하여야 한다. 혁신도시는 RPS 대상 사업자인 발전회사를 상대로 혁신도시 내에 투자를 유치할 것을 제안한다. 연료전지 250kWe급을 가정하면 이에 대한 투자회수기간은 8.2년 정도로 추정된다[10]. 단, 설치 장소는 자치단체와 발전회사와의 협의에 의하며, 전기와 열을 필요로 하는 장소를 선정해야 한다.

6) 혁신도시별 신재생에너지자원별 도입방안

전술한 신재생에너지 실행계획에 따른 신재생에너지 도입량, 에너지절감률 및 이에 소요되는 투자비용을 정리하면 표 12, 표 13과 같다.

[표 12] 신재생에너지 도입 규모

구분	제안			
	태양광(kW)	태양열(㎡)	지열(RT)	민간/전체 투입금(억)
단독주택	3,897 (0.08%)	8,022 (0.05%)	-	150 / 357 (0.13%)
공동주택	1,276 (0.03%)	-	-	47 / 118 (0.03%)
	1,842 (0.05%)	-	-	0 / 170 (0.05%)
	-	-	5,350 (0.09%)	91 / 181 (0.09%)
이전기관	2,031 (0.04%)	1,953 (0.01%)	50,650 (1.15%)	0 / 1,389 (1.20%)
공공청사	382 (0.01%)	-	4,430 (0.07%)	0 / 123 (0.08%)
교육시설	120 (0.00%)	129 (0.00%)	28,353 (0.48%)	0 / 574 (0.48%)
집단 에너지	-	3,000 (0.02%)	-	0 / 29 (1.00%)
	소각열 : 106,911Gcal (0.98%)			
근린공공	11 (-)	-	100 (0.002%)	0 / 3 (0.002%)
환경기초시설	59 (0.001%)	-	-	0 / 5 (0.001%)
사회복지, 체육 등	155 (0.003%)	641 (0.004%)	1,085 (0.021%)	0 / 43 (0.03%)
산학연 클러스터	500 (0.01%)	2,120 (0.01%)	6,700 (0.15%)	224 / 224 (0.17%)
합계	10,273 (0.22%)	15,865 (0.09%)	96,668 (1.98%)	512 / 3,217 (3.26%)
	소각열 : 106,911Gcal (0.98%)			

[표 13] 혁신도시별 신재생에너지 자원별 도입방안

혁신도시	구분	설치규모	TOE/년	도입률(%)	투자비
대구 신서	소계		3,892.7	2.00%	55,869,910
	태양열(㎡)	1,800	143.2	0.07%	1,710,000
	태양광(kWp)	4,067	1,136.3	0.58%	33,281,388
	지열(RT)	9,553	2,613.2	1.34%	20,878,522
광주 전남	소계		5,610.1	2.20%	54,031,839
	태양열(㎡)	5,024	411.8	0.16%	4,772,800
	태양광(kWp)	1,471	423.7	0.17%	11,962,692
	지열(RT)	16,515	4,774.5	1.87%	37,296,347
울산 우정	소계		2,859.5	2.39%	28,792,588
	태양열(㎡)	540	44.2	0.04%	513,000
	태양광(kWp)	426	122.4	0.10%	3,939,012
	지열(RT)	9,867	2,692.9	2.25%	24,340,576
강원 원주	소계		2,348.9	1.82%	20,904,131
	태양열(㎡)	894	69.6	0.05%	849,300
	태양광(kWp)	291	76.6	0.06%	2,691,612
	지열(RT)	7,808	2,199.7	1.71%	17,363,219
충북 진천	소계		4,277.6	2.02%	45,985,446
	태양열(㎡)	673	52.4	0.02%	639,540
	태양광(kWp)	793	216.7	0.10%	6,722,016
	지열(RT)	12,285	4,008.5	1.89%	38,623,890
전북 전주	소계		17,755.5	12.27%	35,935,276
	태양열(㎡)	160	12.2	0.00%	152,000
	태양광(kWp)	298	79.7	0.06%	2,751,672
	지열(RT)	14,260	4,299.8	2.97%	33,031,604
	소각열		13,363.9	9.25%	-
경북 김천	소계		3,568.1	2.58%	34,504,960
	태양열(㎡)		-	-	-
	태양광(kWp)	280	78.2	0.06%	2,589,972
	지열(RT)	11,382	3,489.8	2.53%	31,914,988
경남 진주	소계		3,260.7	2.51%	31,612,773
	태양열(㎡)	2,320	199.3	0.16%	2,204,000
	태양광(kWp)	1,016	278.2	0.22%	7,921,368
	지열(RT)	9,649	2,729.2	2.13%	21,487,405
제주 서귀 포	소계		777.4	2.43%	19,381,330
	태양열(㎡)	4,454	330.1	1.03%	4,231,300
	태양광(kWp)	1,722	447.3	1.40%	15,150,030
합계	소계		44,296.5	3.27%	327,018,252
	태양열(㎡)	15,865	1,262.9	0.093%	15,071,940
	태양광(kWp)	10,366	2,862.1	0.211%	87,009,762
	지열(RT)	96,668	26,807.6	1.980%	224,936,550
	소각열		13,363.9	0.987%	-

3. 결 론

본 논문에서는 9개 혁신도시에 최적의 신재생에너지 원을 도입하기 위한 계획을 수립하였다. 신재생에너지의 낮은 경제성으로 인하여 신재생에너지 도입률을 높이기 위해서는 많은 투자가 필요하지만, 본 연구는 혁신도시의 토지 활성화 및 분양률을 높이기 위하여 혁신도시의 조성원가 절감이라는 한계를 가지고 있다.

혁신도시의 환경은 비교적 평탄한 지형에 위치하고 있어서, 태양광과 태양열 등 태양에너지의 활용은 비교적 양호하다. 태양열과 태양광의 경우는 많은 축적된 경험으로 인하여 설계 기준의 제정이 비교적 수월하다.

지열의 경우에는 제주도를 제외한 전체 혁신도시에서 양호한 환경을 가지고 있어서, 혁신도시별로 도입 비율을 높였다. 지열의 도입 가능성 여부는 열전도계수에 근거하여 판단할 수는 있으나, 적합성 여부는 실제 공사에야 알 수 있다는 한계가 있다.

연료전지는 용량 대비 좁은 면적에 설치가 가능하여 도시형 신재생에너지원으로 적합하나 아직은 설치사례가 많지 않아서, 관리자가 상주할 수 있는 경우 등으로 한정하여 도입하였다. 연료전지는 열수요가 있는 곳에 설치되어야 하므로, 집단에너지 시설 등과의 연계가 필요하다. 다만, 연료전지는 LNG를 연료로 이용하고 있으므로, 가스에 연동되어 운영비가 변동된다는 단점이 있다.

참고문헌

- [1] 신재생에너지 백서, 산업자원부, 8월, 2005.
- [2] 권영섭, “외국의 혁신도시 유사사례와 정책적 함의”, 2006 한국도시행정학회 춘계학술세미나 자료집, p28, 2006.
- [3] 김춘환, “지방화시대에 있어서 환경보호정책의 과제”, 환경법연구 제26권 4호, 환경법학회, p.91, 2004.
- [4] 김유진, 손양훈, 김수덕, “신·재생에너지보급과 발전산업”, Journal of Energy & Climate Change, p 43, 2006
- [5] 노동운, 김수이, “저탄소 경제시스템 구축 전략 연구”, 에너지경제연구원, pp.1-3, 2008.
- [6] 기후변화협약과 교토의정서, 산업자원부, 에너지경제연구원, p.26, 9월, 2003.
- [7] 권오상, “지역에너지정책과 에너지 조례제정의 의미와 효과”, 한국행정학회 발표논문집, p.186, 2003.
- [8] 오진규 오인하, “에너지부문의 기후변화 대응과 연계한 녹색성장 전략연구 기본보고서”, 에너지경제연구원, 2009.
- [9] 공공기관 에너지이용합리화 추진지침 및 해설서, 에너지관리공단, 3월, 2010.
- [10] 최현경, “신·재생에너지의무할당제도(RPS)와 발전차액지원제도(FIT)의 비교와 시사점”, KIET 산업경제, 산업연구원, 1월, 2009.

김 정 옥(Kim JeongUk)

[정회원]



- 1989년 2월 : 한국과학기술원 전기전자공 (공학석사)
- 1993년 2월 : 한국과학기술원 전기전자공 (공학박사)
- 2010년 3월 ~ 현재 : 상명대학교 에너지그리드학과 교수
- 정보관리기술사 / 정보통신기술사 / 정보시스템감리사

<관심분야>

스마트그리드, 신재생에너지, u-City 건설

김 호 찬(Kim HoChan)

[정회원]



- 1989년 2월 : 서울대학교 제어계측공학과 졸업(공학석사)
- 1994년 2월 : 서울대학교 제어계측공학과 졸업(공학박사)
- 1995년 9월 ~ 현재 : 제주대학교 전기공학과 교수

<관심분야>

신재생에너지, 풍력발전

부 창 진(Boo ChangJin)

[정회원]



- 2003년 2월 : 제주대학교 전기공학과졸업(공학석사)
- 2007년 2월 : 제주대학교 전기공학과졸업(공학박사)
- 2011년 3월 ~ 현재 : 제주대학교 공과대학 첨단기술연구소 연구원

<관심분야>

Grounding 시스템, 신재생에너지