

신재생에너지 시범도시의 건설 전략

정금호, 박복재*

전남대학교 건축학과

*전남대학교 경상학부

Strategies for Renewable-Energy City

Kum-Ho Chung, Bok-Jae Park*

Department of Architecture Chonnam National University

**Division of Business & Commerce, Chonnam National University*

ABSTRACT

There are tasks that we have to develop the city, take vitality and make goods using renewable energies. Space planner awaked that the city should be developed to prepare climate change and environmental aggravation, so they seek the sustainable development.

Ultimately this paper pursuit the energy independent and zero carbon excreted city, so this paper's propose is to seek the city development wising renewable energies and to make strategies for sustainable city. As the results as follows: First, the south-east cost in our country is suitable to use wind power and tidal power. Solar power should be used only for zero energy building. Second, new facilities are needed for change power and energy exchange, and cooling load should be downed by solar passive system and radiant cooling system. Third, still renewable energy costs is very high, so to achieve the model city about renewable-energy should be supported by government and researchers.

Key words : Renewable energy, Urban development, Development strategy

1. 서론

인류의 필요에 의해 만들어진 도시는 계급과 거리와 밀도의 이익으로 신석기시대 이후 이제까지 발전해 왔다. 세계 인구의 50%가 도시에 살고 있으며, 전체 지구 에너지의 70%를 도시에 서 소모하면서 인류역사 발전과 함께 하고 있다.

그러나 급속한 도시성장과 인구성장의 동력으로 사용된 화석연료는 이산화탄소의 발생과 이에 따른 지구 온난화 등의 문제가 나타나 지구가 부양할 수 있는 이상의 통제 불능의 상황으로 치닫고 있다.

이에 문제의 심각성을 깨달은 유엔에서 지속 가능한 개발의 필요성을 말하면서 다음 세대의 발전에 필요한 자원에 영향을 미치지 않은 지속 가능한 발전에 대한 논의 내용을 1992년 'Agenda 21'로 발표하고 이행 여부를 점검하고 평가하기 위하여 '유엔지속가능한개발위원회 (UN Commission On Sustainable Development)'를 설치하였다.

또한 1980년대 대기 수준으로 돌아가기 위해 이산화탄소 양 배출량을 감축하여 지구온난화로 인한 자연재앙을 막으려는 노력 또한 1997년 도쿄의정서를 기점으로 현재까지 논의되며 각국의 각 산업체 및 개인생활의 방식에까지 영향을 미치고 있다.

그러나 지구 자원의 소비 없이 사람의 노동력만으로 도시를 유지하거나 생산력 유지, 재화를 만들어 낼 수 없기 때문에 지속적으로 도시를 발전시키면서 기후변화를 막고 환경의 악화를 막는 새로운 도시개발의 필요성이 대두되고 있다. 따라서 본 논문에서는 궁극적으로 에너지 자치와 이산화탄소 배출 제로 도시를 위한 재생에너지를 이용한 도시개발의 특성을 파악하고 개발 전략 수립의 기초적 자료를 제공하고자 한다.

2. 재생에너지

재생에너지(Renewable energy)는 태양, 바람, 비, 조류, 지열과 같은 자연적으로 재생 혹은 충전되는 자연자원(natural resources)으로부터 나오는 에너지를 뜻한다. 2006년 현재 지구 전체 에너지의 18%는 재생에너지이며, 이중 13%는 전통적인 바이오매스(biomass)이다. 수력발전(전 세계 전력량의 15%)은 3%를 차지하고, 태양열은 단지 1.3%만을 차지하고, 기타 지열, 태양열, 태양광, 대양에너지 등은 불과 0.8%의 비중을 차지하고 있을 뿐이다¹⁾.

기후변화문제, 고유가, 화석연료 사용의 증가 문제는 현 정부의 녹색성장정책 및 그에 따른 법안과 지원금 보조 등으로 점차 재생에너지문제에 대한 논의가 현실로 나타나고 있다. 기후변화 문제에 일찍이 준비한 유럽연합은 지구 온난화에 대한 대비로 이산화탄소 배출량을 2007년 3월 ~ 2020년까지 에너지의 20%를 재생에너지를 사용하기로 원칙적으로 합의 하여(European Parliament resolution of 25 September 2007 on the Road Map for Renewable Energy in Europe) 여타 선진국 및 개발도상국을 압박하고 있다. 현재 재생에너지 중 가장 성장력이 큰 것은 풍력으로 매년 30% 이상 미국과 유럽을 중심으로 성장하고 있다. 태양광발전은 독일이 중점적으로 재생에너지 자원으로 쓰고 있다.

2.1 풍력발전

터빈(wind turbines)을 이용하여 전력을 생산하는 풍력발전은 터빈의 종류가 600 kW to 5 MW로 다양하지만 1.5~3 MW가 대부분 상용으로 이용되고 있다(GWEC, 2007). 안정된 전력

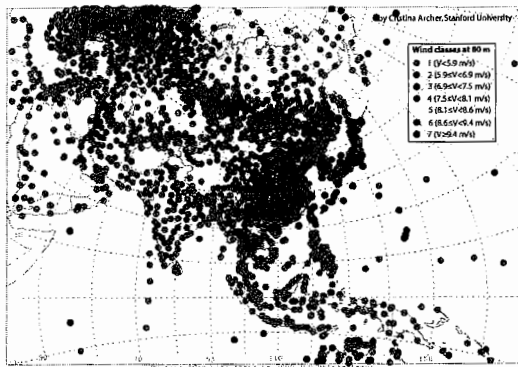


Fig. 1. Wind class in Asia : Source.

을 얻기 위해서는 지속적이고 일정한 바람이 필요하여 높은 곳에 프로펠러를 설치하여야 한다. Fig. 1에서 보는 바와 같이 우리나라의 경우는 남서해안의 풍속이 5.9~9.4 m/s로 풍력발전에 적합한 것으로 사료된다.

다만 풍력개발에 있어 효율의 문제가 남아 있어 사전 충분한 용량의 검토가 필요하다. 즉 블레이드가 다수 설치된 윈드팜(wind farm)의 연간 에너지 생산은 발전기 용량 곱하기 일 년 동안의 운영시간이 아니다. 이론적으로 최대치와 연간 실제 생산 비율은 용량 인자(capacity factor)라고 하고 일반적으로 용량인자 값은 20~40 %에 불과하다³⁾ 용량인자가 35%인 1메가와트 터빈은 일 년 동안 8,760메가와트의 전력을 생산하지 못하고, $0.35 \times 24 \times 365 = 3,066$ MWh의 전력을 생산하게 된다.

일반적으로, 풍력에너지에 대한 기술적 잠재력은 현재 모든 에너지 생산의 5배가 되거나, 현 전기 에너지 수요의 40배가 될 거라고 믿고 있다. 따라서 많은 지역의 땅에 터빈이 설치되어야 한다는 것을 의미한다. 앞바다의 바람은 내륙에서보다 최대 90%이상의 빠르다⁴⁾. 따라서 앞바다의 에너지 발전은 많은 잠재력을 가지고 있어 유럽의 많은 나라들이 바다에 윈드팜을 설치하

고 있다. 또한 지표면에서 올라갈수록 안정된 속도의 바람을 얻을 수 있어 높은 고도에 터빈을 설치하려고 하고 있다.

풍력은 운영과정에 이산화탄소와 메탄과 같은 온실가스(greenhouse gases)의 발생 없이 재생 가능한 에너지를 발생한다. 그러나 자연경관의 훼손에 따른 미관상의 문제, 블레이드 회전에 따른 소음의 발생에 대한 고려가 필요한 자원이다.

2.2 수력

물이 가진 운동 에너지, 온도차, 염분밀도차 등을 이용 에너지로 변환하는 것이다. 물은 공기보다 800배 이상 밀도가 높고, 흐름이 늦고, 팽창이 적지만 에너지 용량이 많은 물질이어서 많은 양의 에너지를 생산할 수 있다⁵⁾.

여러 형태의 수력발전이 있다. 첫째로 우리가 일상적으로 알고 있는 대규모의 수력발전은 거대한 규모 수력발전 댐에 물을 저장하여 중력에너지로 터빈을 돌려 전력을 발생한다. 마이크로 수력시스템(Micro hydro systems)은 일반적으로 100 kW의 전력 생산에 쓰이며, 수량이 풍부한 RAPS(Remote Area Power Supply)와 같은 지역에 설치된다. 솔로몬 군도(Solomon Islands)에 설치된 50 kW을 포함하여 전 세계에 널리 이 시스템을 채용하고 있다. 무댐수력발전(Damless hydro systems)은 댐을 이용하지 않고 바다나 강의 물의 흐름 즉 운동에너지를 이용하는 시스템이다. 대양에너지(Ocean energy, Marine current power)는 바다나 대양으로부터 동력을 만드는 모든 기술을 말한다. 유사하게 조력(tidal stream power)은 바다에서 일어나는 조수간만의 차를 이용하여 발전하는 것을 말한다.

해양온도변환기(Ocean thermal energy conversion)는 바다표면의 높은 온도와 수심의 저온차이를 열교환기(cyclic heat engine)를 이용하여 에너지를 발생한다. 그러나 기술적인 문제와 생산비용 때문에 아직까지 널리 사용되지 못하고 있다.

조력발전은 바다의 조수간만의 차를 에너지로 변환하는 것으로 2가지 타입이 있다. 첫째 조류의 수직운동 유형(Tidal motion in the vertical direction); 조수가 들어올 때 커다란 수조에 바닷물을 채우고 넣고 간조 때 방출하는 시스템으로, 조수간만이 적은 지역에서 이용되며 저장된 잠재 에너지인 위치 에너지를 이용하여 터빈을 돌려 에너지를 만들게 된다. 다른 하나는 조류의 수평운동 유형(Tidal motion in the horizontal direction) 혹은 조류 발전(tidal stream power)으로 조류가 흐르는 곳에 터빈을 설치하여 풍력 발전처럼 에너지를 만드는 것이다.

공기보다 800배나 높은 물의 밀도 때문에 조류는 많은 양의 운동에너지를 가지고 있다. 따라서 여러 상업모델이 개발 운영되고 있다. 파도 발전(Wave power)은 파도를 이용하는 것으로, 기본적으로 부력과 유동성을 이용하는 것으로 현재 상업화되어 있다. 또 다른 방법으로 염분밀도 발전(Saline gradient power) 혹은 삼투압발전(osmotic power)은 바닷물과 강물의 염분농도 차를 에너지로 변환하는 것이다. 그 외 Reverse electroanalysis (RED)와 Pressure retarded osmosis(PRO)가 있으나 이들은 아직 연구 단계에 있다.

이와는 별도로 전력을 생산하지 않고 물이 가진 잠재열을 직접 사용하는 방법이 있다. 여름에 깊은 호수의 찬물은 비록 기술적으로 발전방식이 없지만 그 자체는 많은 에너지를 가지고 있다.

따라서 기후조절시스템(climate control systems)으로 활용할 수 있다. 즉 호수바닥수온이 대략 4°C를 항상 유지하기 때문에, 매립된 파이프(submerged pipes)에 물을 흘려보내 원하는 온도를 얻을 수 있다.

2.3 태양력

태양력(solar energy)은 태양으로부터 오는 무한한 에너지를 말한다. 태양으로부터 오는 에너지를 얻는 방법에 따라 다음과 같이 분류된다. 태양에 의해 더워진 상승기류를 터빈을 돌려 전기를 발생하는 방법, 태양력 위성을 이용하여 전기를 발생시키는 방법, 태양광 발전 셀(photovoltaic solar cells)을 이용하여 전기를 발생시키는 방법, 태양을 모아 전기를 발생하는 방법(solar thermal power), 물 분해와 유사하게 photoelectrochemical cells를 이용하여 수소를 발생하는 방법, 태양굴뚝(solar chimneys) 이용하여 공기를 덥히거나 식히는 방법, 솔라 패시브(solar passive) 시스템의 건물디자인을 통하여 태양으로부터 직접 건물을 난방 하는 방법, solar ovens를 이용한 음식물 조리, solar-thermal panels를 이용한 온수 및 난방, 태양공기조화(Solar air conditioning) 등이 있다.

무한한 에너지인 태양을 이용한 다양한 방법들은 실제 많은 기술적인 발전이 이뤄져 적은 규모부터 대규모에 이르기까지 많이 이용되고 있다. 정부에서도 태양광주택을 적극 장려하여 가구당 12-30㎡, 최대 3 kW까지 지원을 하고 있다.

2.4 바이오매스

식물은 광합성을 이용하여 성장하고 바이오매스를 만들며 또한 바이오가스(Biogas)는 현재 쓰레기로부터 기술적으로 쉽게 채취할 수 있다.

다양한 쓰레기 침출수는 슬러리가 되며 자연 발효하게 된다, 그 과정에서 메탄가스를 발생한다. 이는 현재 하수설비에서 바이오가스설비의 변환을 통해 이루어진다. 바이오가스 설비에 의해 메탄이 추출되었을 때, 그 잔류물은 보다 친환경적인 비료 부산물로 만들어지게 된다.

또한 기계 생물학적 처리 (mechanical biological treatment)와 같은 진보된 쓰레기 처리시스템을 통하여 만들어 지기도 한다. 이러한 시스템들은 가정 쓰레기의 재활용을 높이고 혐기성 세균에 의한 미생물의 분해과정을 통한 친환경적 설비의 발전을 가져온다.

2.5 지열

지열에너지는 지표면에서 수십 킬로미터 아래의 지구 내에서 나오는 지열을 모아 에너지로 이용한다. 현재의 기술로는 발전소를 짓는 데는 많

은 비용이 들지만 운영비용은 매우 낮아 결과적으로 비용이 적게 드는 에너지이다. 극단적으로 이 에너지는 지구의 중심에 있는 열로부터 얻는다. 아이슬란드에서는 현재 140 MW의 에너지를 생산하지만 이후 100년 동안 1700 MW의 전력을 지열로부터 얻으려는 계획을 가지고 있다⁶⁾. 지구 표면에서 방사하는 방사능 요소는 지속적으로 감소하고 있지만, 지구 중심에서 발생하는 에너지는 방사능의 문제가 남아 있다. 국제 에너지청(The International Energy Agency)에서는 지열을 재생에너지로 분류하고 있다.

지열을 이용하여 발전하는 발전설비는 3가지 유형(dry steam, flash, and binary)이 있다. 건천설비(Dry steam plants)는 지표면의 온천 등으로부터 수증기를 얻고, 이 증기로 전기를 발생하는 터빈을 직접 돌려 전력을 얻는다. 증발설비(Flash plants)는 200°C이상의 온수를 지하로부터

Table 1. Energy cost

	Energy cost(2001)	Potential future energy cost
Electricity		
Wind electricity	4~8 ¢/kWh	3~10 ¢/kWh
Solar photovoltaic electricity	25~160 ¢/kWh	5~25 ¢/kWh
Solar thermal electricity	12~34 ¢/kWh	4~20 ¢/kWh
Large hydro energy	2~10 ¢/kWh	2~10 ¢/kWh
Small hydro energy	2~12 ¢/kWh	2~10 ¢/kWh
Geothermal energy	2~10 ¢/kWh	1~8 ¢/kWh
Biomass energy	3~12 ¢/kWh	4~10 ¢/kWh
Coal	4 ¢/kWh	
Heat		
Geothermal heat	0.5~5 ¢/kWh	0.5~5 ¢/kWh
Biomass-heat	1~6 ¢/kWh	1~5 ¢/kWh
Low temp solar heat	2~25 ¢/kWh	2~10 ¢/kWh
All costs are in 2001 US\$-cent per kilowatt-hour.		
Source: World Energy Assessment, 2004 update		

재생에너지 시스템은 범위의 확대, 기술의 다양성, 지속적으론 변화하여야 하는 특성의 문제를 가지고 있다. 지열과 수력은 경제적으로 경쟁력이 있으며 기술적으로 성숙되어 있다. 그러나 다른 재생에너지들은 외부의 보조금 없이 설치 운영될 수 있는 경쟁력을 갖추려면 부가적인 개량을 필요로 한다. 이런 문제는 발전기의 성능 개선과 같은 기술적인 발전을 요한다.

Table 1은 재생에너지 기술의 비용을 보여준다. Table에서 보는 바와 같이 전통적인 화석연료를 이용한 설비로부터 전기를 얻는 비용은 선진 G8국가들은 15¢/kWh이고 세계 평균 대략 4¢/kWh이다. 미래의 비용 감소는 기술의 개발, 시장 확장, 대량생산, 탄소세(carbon tax), 탄소

2.6 생산비용 및 재생에너지 이용의 장점

재생에너지 시스템은 범위의 확대, 기술의 다양성, 지속적으론 변화하여야 하는 특성의 문제를 가지고 있다. 지열과 수력은 경제적으로 경쟁력이 있으며 기술적으로 성숙되어 있다. 그러나 다른 재생에너지들은 외부의 보조금 없이 설치 운영될 수 있는 경쟁력을 갖추려면 부가적인 개량을 필요로 한다. 이런 문제는 발전기의 성능 개선과 같은 기술적인 발전을 요한다.

Table 1은 재생에너지 기술의 비용을 보여준다. Table에서 보는 바와 같이 전통적인 화석연료를 이용한 설비로부터 전기를 얻는 비용은 선진 G8국가들은 15¢/kWh이고 세계 평균 대략 4¢/kWh이다. 미래의 비용 감소는 기술의 개발, 시장 확장, 대량생산, 탄소세(carbon tax), 탄소

터 받아들여 증가의 물품 분류하는 과정에서 터빈을 물리적으로 된다. 이진식(binary plants)는 또

가공 물품을 열 교환기에 통과 시켜 유체의 흐름으로부터 열을 물리적으로 하는 방식이다.

풍속된 증가와 지열을 풍은 액체로부터 에너지

3.1 정의 및 제도

3. 연구방법

시범도시를 급속한 도시정장이 가져온 획일적인 도시환경을 조성하는 도시사업이라고 정의할 수 있다. 즉, 폐쇄하고 정제성 있는 미래의 도시 환경조성을 추구하고자 소정의 지정처를 거쳐 지방자치단체가 중앙정부의 지원을 받아 시범적으로 시행하는 도시사업으로서 경관, 생태, 정보통신, 과학, 문화, 관광, 교육, 안전, 교통, 도시정비 등의 분야를 중심으로 시범도시, 시범지구, 시범단지 등의 공간적 범위로 다양하게 지정할 수 있다.

시범도시에 대한 규정은 “국토의 계획 및 이용에 관한 법률”의 법률 제 127조, 시행령 126조에서 제 130조, 그리고 시행규칙 제 31조에 명시

장점이 있다. 2000년 아이슬란드에서는 170 MW를 지열에서 연이 86%의 주택의 난방에 이용되고 있다. 호주에서는 대지에 최소 3 km의 구멍을 뚫고, 한 구멍에 지상의 물을 삽입하고 다른 구멍에서 온수를 배출하는 방식으로 에너지를 얻고 있다.

또한 신재생에너지 장점으로서는 첫째, 열, 연료, 전기의 생산을 위한 인프라, 기술, 에너지 수송에 대한 다각적인 투자확대를 얻을 수 있다. 둘째, 청정에너지 자원을 개발·발전시킬 수 있다. 셋째, 화석연료 사용의 감소와 이에 따른 환경수요에 대처할 수 있다. 넷째, 전력수요 변화에 따른 전력시스템의 용동성을 증가시킬 수 있다. 다섯째, 전통적인 에너지 시스템으로부터 공해 배출을 감소시킨다. 여섯째, 연료의 수입 부담에서 연료 소비의 최소화와의 의존성을 감소시킨다. 마지막으로 새로운 일자리 창출 등의 장점이 있다.

배출거래(emissions trading) 정책의 수립 등에 따라 화석연료 대비 재생에너지의 비용은 점차 감소할 것으로 보인다.

되어 있다. 법률 제 127조에서는 "시법도시의 지정·지령"을 규정하고 있고, 시행령 제 126조에 "시법도시의 문모(127)", "시법도시사업계획의 수립·시행(128)", "시법도시의 지원기준(129)", "시법도시사업의 평가·조정(130)", 그리고 시행규칙 제 31조에서는 "시법도시공모의 문고"에 대한 내용이 규정되어 있다.

그 외에도 시법도시 관련기관은 문화관광부, 행정자치부, 산업자원부, 환경부, 건설교통부 등 이 있다. "문화산업진흥기본법" 제 22조에 문화 산업단지의 조성, "국제회의산업육성에 관한 법률" 제 6조에 국제회의도시의 지정과 제 7조 국 제회의도시의 지원에 관한 규정이 시법도시와 관련되며 "산업기충단지지원에 관한 특별법" 제 6조에 산업기충단지의 조성설치자를 제 11조에 시 설비용의 지원, "자연재해대책법시행규칙" 제 16 조에 재해예방을 위한 사업에 관한 규정, "자연환경보전법" 제 47조에 도시의 생태적 건전성 향상에서 환경시법도시 또는 시법단지를, 제 55 조에 이에 대한 국고보조, "교통체계효율화법시행령" 제 11조에 교통체계지능화사업의 시행에 관한 규정이 시법도시사업과 관련이 있다.

자연환경 보전법은 자연환경을 인위적 훼손으로부터 보호하고, 다양한 생태계를 보전하며, 야생 동·식물의 멸종을 방지하는 등 자연환경을 체계적으로 보전·관리함으로써 국민이 쾌적한 자연환경에서 여유 있고 건강한 생활을 할 수 있도록 함을 목적으로 1991년 처음 제정된 이후 1997년 8월 전문이 개정되고, 1999년 관련법령의 개정에 따라 여러 차례 개정되었다.

이중 47조 도시의 생태적 건전성 향상에 관한 하여 환경부장관은 도시의 생태적 건전성을 향상 시키기 위하여 관계중앙행정기관의 장에게 롬·에너지를 적게 사용하거나 폐기물이 적게 발생하

도록 하는 기술 또는 생물다양성을 높이기 위한 생태적 기술의 개발과 이를 위한 제도의 개선 등 을 권고할 수 있으며, 건설교통부장관에게 생태 적으로 건전한 시법도시 또는 시법단지의 조성 을 요청할 수 있다고 명시하고 있다. 또한 환경 부장관은 도시의 생물다양성 증진 등을 위하여 녹지와 소생태계의 조성 등을 관계중앙행정기관 의 장 및 지방자치단체의 장에게 요청할 수 있다 고 명시하고 있다. 또한 55조에서는 국가는 예산 의 범위 안에서 제55조의 규정에 의한 자연보호공 의 범위 안에서 제55조의 규정에 의한 자연보호공 등, 제42조의 규정에 의한 자연환경보전·이용 시설의 설치 및 제52조 각호의 사업 등 자연환경 보전을 위한 사업을 집행하는 지방자치단체 또는 자연보호 관련단체에 대하여 그 비용의 전부 또 는 일부를 보조할 수 있다고 명시하고 있다.

3.2 지정 및 지원

시법이란 원연을 통해 상대방에게 보여주는 행위이다. 시법도시 사업도 신속 정확한 의사전 달을 목적으로 한다면 시법도시의 경관, 생태, 정 보통신, 과학, 문화, 관광, 교육, 안전, 교통, 도시 정비 등의 분야를 중심으로 지정할 수 있다. 지정 분야별로 각각 지정하거나 2개 이상의 분야를 묶어서 복합적으로 지정할 수 있다.

시법도시 지정기준은(국토의 계획 및 이용에 관한 법률 시행령 제126조 제2항)시법도시의 지 정이 지역균형발전에 기여할 수 있을 것, 시법도시의 지정에 대한 주민의 호응도가 높을 것, 시법 도시의 지정목적 달성에 필요한 사업에 주민이 참여할 수 있을 것, 시법도시사업의 재원조달체 획이 적정하고 실현가능할 것 등 4가지 항목으로 규정되어 있다. 시법도시에 대하여 보조 또는 용 자할 수 있는 금액은 시법도시사업계획의 수립에 소요되는 비용의 80퍼센트 이하이거나, 시법도시

시사업의 시행에 소요되는 비용(보상비를 제외한다)의 50 % 이하로 되어있다. 지원은 시범도시사업의 성격에 따라 직접적인 지원방식인 보조금지원(Grants-in-aid system), 융자지원이 있

으며, 간접적 지원방식으로 지방채발행 지원(Municipal Bonds), 조세감면지원, SOC 지원 등과 그 외 행정·제도적 지원, 기술지원 등을 예상할 수 있다⁹⁾.

Table 2. Energy source and devices for the near, medium, and long term

	Present	Near term	Medium term	Long term
Source Electricity	• Grid or no electricity	• Biomass-based eneration • Internal combustion engines coupled to generators • Wind • Geothermal • Small hydro • PV	• Biomass-based generation through micro-turbines and integrated gasifier combined cycle (IGCC) turbines	• Fuel cells for baseload power • Solar thermal electricity
Fuels	• Wood/charcoal/ dung/crop residues	• Biofuels • Natural gas/LPG/producer gas/biogas • Vegetables oils	• Biofuels • Liquid petroleum gas (LPG) • Synthetic gas (syngas) • Dimethyl ether (DME)	• biofuels
Co-generation(combined heat and power or CHP)	• Diesel engines	• Internal combustion engines • Turbines	• Micro-turbines and • IGCC turbines	
Task Cooking	• Woodstoves	• Improved woodstoves • LPG stoves	• LPG/biogas/producer gas/natural gas/DME stoves	• Gaseous bio-fuelled stoves/ • electric stoves/catalytic burners
Safe Water	• Surface/tubewell water	• Filtered/treated water/ultraviolet filtration	• Safe piped/ treated water • (De)centralised water treatment	• Ultra-safe piped/treated water
Lighting	• Oil/kerosene lamps	• Electric lights	• Fluorescent/compact • fluorescent lamps	• Fluorescent/compact • fluorescent lamps
Motive Power	• Human/animal powered devices	• Internal combustion engines/electric motors	• Biofuelled prime movers • Improved motors	• Biofuelled prime movers • Improved motors • Fuel cells
Appliances		• Electric appliances	• Efficient appliances	• Super-efficient appliances • Biofuels
Process heat	• Wood/biomass	• Biomass-based generation • Electric furnaces • Co-generation • Producer gas/natural gas-fuelled/solar thermal furnaces	• Induction furnaces • Biofuels • Solar thermal furnaces	• Solar thermal furnaces • Solar thermal furnaces
Transport	• Animal-drawn vehicles/humanpowered bicycles	• Petroleum/natural gasfuelled vehicles • Compressed natural gas (CNG) and LPG	• Biomass-fuelled vehicles	• Fuel-cell powered vehicles

Source: World Energy Assessment, 2007

4. 결과 및 고찰

4.1 자원별 전략

신재생에너지 도시개발을 위해서는 크게 전기/연료/발전/조리/물/조명/동력/설비/난방/교통 등의 자원이용에 대한 고려와 이에 대한 단계별 발전 전략에 대한 고려가 필요하다. 신재생에너지 발전전략에 대한 정리 내용은 Table 2와 같다. 신재생에너지에 대한 기술이 날로 발전하고 있어 도시개발 계획 수립에 있어 미래 수요에 대한 충분한 고려가 필요한 융통성 있는 통합계획이 필요로 함을 보여 준다.

신재생에너지의 적극적인 이용과는 별도로 에너지 효율적(energy efficient)인 측면에서의 접근 또한 필요로 한다. 즉 건물, 공기조화, 설비, 조리, 조명, 모터 등과 같은 부분에서 에너지 부하절

감과 고효율설비, 자연에너지 이용, 실내쾌적성 확보, 주광의 적극적인 이용 등이 그것이다(Table 3). 에너지의 근원이 되는 에너지의 소비를 줄이는 방법으로 에너지 손실을 최소화 하는 에어로젤(Aerogel)을 이용한 초단열 설비, 열용량이 높은 물질로 열관류를 줄이는 외피녹화의 방법이 있다. 또한 에너지의 효율을 높이는 라디언트쿨링(Radiant cooling) 설비는 물의 잠재열을 이용하는 설비로 에너지 효율적인 측면에서 독일에서는 적극 권장되는 설비이다. 또한 물의 재활용의 측면에서는 중수도 이용, 우수의 적극적 이용을 고려한 저장시설 및 저장방법 개발과 더불어 오수처리를 통한 물의 재활용과 친환경적 처리기술을 요한다. 제로 에너지, 에너지 독립 도시, 저탄소 도시가 되기 위해서 자연 재생에너지 즉 신재생에너지

Table 3. Selected energy-efficient technologies and practices for buildings

	ENERGY-EFFICIENT TECHNOLOGIES
Building Envelope	• Energy-efficient windows • Insulation (walls, roof, floor) • Reduced air infiltration
Space Conditioning	• Air conditioner efficiency measures (e.g., thermal insulation, improved heat exchangers, advanced refrigerants, more efficient motors) • Centrifugal compressors, efficient fans and pumps, and variable air volume systems for large commercial buildings
Appliances	• Advanced compressors, evacuated panel insulation (refrigerators) • Higher spin speeds in washing machines/dryers
Cooking	• Improved efficiency biomass stoves • Efficient gas stoves (ignition, burners)
Lighting	• Compact fluorescent lamps • Improved phosphors • Solid-state electronic ballast technology • Advanced lighting control systems (including day-lighting and occupancy sensors) • Task lighting
Motors	• Variable speed drives • Size optimisation • Improvement of power quality
Other	• Building energy management systems • Passive solar use (building design) • Solar water heaters

Source: World Energy Assessment, 2007

의 활용과 더불어 에너지 효율을 높이는 기술의 이용 또한 그 무엇보다도 우선되어야 할 것이다.

4.2 단계별 신재생에너지 도시건설 전략

신재생에너지 시범도시는 단계별로 추진하더라도 2012 여수 엑스포와 연계, 개발방식 및 공급방식, 참여주체의 다양화를 유도하는 방향에서 전략을 수립하여야 할 것이다. 사업비 운용의 효율성 확보 및 사업성 위험을 분산시킨다는 측면과 계획의 평가와 그에 따른 목표 수정의 측면에서 단계별 추진은 중요하다.

1단계, 기반구축 및 조사: 1단계에서는 크게 지역, 기술, 법규적인 측면에서 전략 구축의 기초 자료를 확보 하는데 그 목적이 있다. 지역적인 측면에서는 기본계획, 지역현황 검토, 지역의 강점 및 약점의 검토 내용이 포함된다. 더불어 외국의 사

례에 대한 조사 분석 또한 포함한다. 기술적인 측면에서는 국내외 재생에너지 활용기술을 검토하여 도시개발에 적용할 수 있는 가능한 기술을 발굴하고 사업성 검토를 하게 된다. 법규적 측면에서는 국토계획 및 이용에 관한 법, 시범도시 지정 관련 법규를 검토하고, 시범도시로서의 지정 선점을 위한 조례제정을 검토하게 된다.

2단계, 전략적 사업추진: 시범도시 지정을 위해서는 1단계 기반구축 및 조사·분석을 통하여 전략적인 시범사업을 수행하게 된다. 가시적이고 빠른 성과를 낼 수 있는 사업을 우선적으로 선정 집중 육성해야 한다. 대표적인 방법으로는 다음과 같은 사업을 추진할 수 있다. 재생에너지를 이용한 Zero Energy Town 건설, 지역별 재생에너지 할당제, 재생에너지를 이용한 도시기반시설 정비 등은 현실적이면서도 실행 가능한 전략이라 여겨진다.

Table 4. Three stage strategies for the model city

Step 1: make a foundation	Step 2: develop a model	Step 3: realize a model city
• schematic design • check the present condition • check the codes • make a virtual city • select renewable energies for new growth • new adaption technology for renewable energy	• make pilot town of zero energy • build model house • use it in renewal of inner city • build pilot power plant of renewable energy • regional renewable energy allocation	• extend it to all of the city • maintenance • build power plant of renewable energy • make the research center of renewable energies

3단계 사후관리 평가 및 인증: 전략사업의 수행결과에 대한 지속적 사후관리와 관련 산업 유치 및 기술 확산을 위한 과정이며 향후 보다 발전적인 도시개발 전략 확보를 위한 경험적 자료를 확보 할 수 있다.

5. 결 론

화석연료와 같은 한정된 자원의 소비 없는 재

생에너지를 이용한 도시의 생명력 생산력 유지, 재화의 생산을 이끌어 내는 것이 시대적인 사명이 되었다. 따라서 물리적 계획가는 지속적으로 도시를 발전시키면서 기후변화를 막고 환경의 악화를 막는 새로운 도시개발의 필요성을 느껴 지속가능한 개발을 추구하고 있다. 궁극적으로 에너지 자치와 이산화탄소 배출 제로 도시를 위한 재생에너지를 이용한 도시개발의 특성을 파악하고 개발전략 수립의 기초자료 제공을 목적으로 문헌 연구한 결과는 다음과 같다.

첫째, 재생에너지의 특성을 파악한 결과 남서 연안을 중심으로 풍력과 조력을 이용한 발전 설비가 적합할 것으로 사료되며, 태양광 및 태양열 발전은 발전 설비 보다는 개별 건축물의 체로 에너지 빌딩 건설에 적합한 것으로 파악됐다.

둘째, 전력과 에너지 변환에는 설비를 필요로 하므로, 설비가 필요 없는 패시브 솔라 시스템, 라디언트 쿨링 시스템, 도시 녹화, 도심내 하천의 적극적인 이용을 통하여 냉난방 부하를 감소시키는 기술의 발전을 도모해야 한다.

셋째, 신재생에너지가 아직은 생산 비용이 높은 관계로 시범도시의 지정을 받기 위해서는 단계별 도시개발 전략, 다양한 법률의 해석, 해당부서의 이해관계에 따른 주안점 분석과 더불어 지자체의 조례 제정과 행정적 지원을 통한 시범사업을 통한 기술적 경험을 습득하여 환경도시로서의 선점을 필요로 한다.

참 고 문 헌

1. Renewable Energy Policy Network for the 21st Century, RENEWABLES 2007 GLOBAL STATUS REPORT, Renewable Energy Policy Network for the 21st Century(2007).
2. Global Wind Energy Council, Global wind energy markets continue to boom - 2006 another record year (2007).
3. Energy Research Laboratory, Wind Power: Capacity Factor, Intermittency, and what happens when the wind doesn't blow? Renewable, University of Massachusetts at Amherst.
4. Cristina L. Archer and Mark Z. Jacobson, Evaluation of global wind power, Journal of Geophysical Research(2005).
5. Richard Shelquist (18 October 2005), "Density Altitude Calculator", http://wahiduddin.net/calc/calc_da_m.htm, Retrieved on 2007-09-17.
6. Allan Clotworthy, Response of Wairakei geothermal reservoir to 40 years of production, Proceedings World Geothermal Congress (2000).
7. International Energy Agency, World Energy Outlook 2004(2004).
8. World Energy Assessment, Energy and the challenge of sustainability(2000).
9. 충북개발연구원, 충북 오성생명과학 시범도시 추진방안 (2002).
10. Charles J. Kibert, Sustainable Construction: Green building design and delivery, John Wiley & Sons(2005).
11. <http://www.awea.org>
12. http://www.stanford.edu/group/efmh/winds/global_winds.html
13. <http://www.un.org/esa/desa.htm>
14. <http://www.undp.org/energy>
15. <http://www.worldenergy.org>
16. SOLAR ENERGY, Scaling Up Manufacturing and Driving Down Costs
17. United Nations Development Programme, World Energy Assessment Overview: 2004 Update(2005).
18. WIND ENERGY THE FACTS- AN ANALYSIS OF WIND ENERGY IN THE EU-25, European Wind Energy Association. Retrieved on (2007) .

19. World Energy Assessment, Overview 2004 Update(2004).
20. 산업자원부, 그린빌딩 보급촉진을 위한 기획 연구(2000).
21. 이광국, 김청원, 생태시범도시 조성을 위한 계획모형 구축에 관한 연구, 주거환경논문집 3권 (2005).