

해외 제로에너지타운 사례를 통해 본 제로에너지타운 정책 방향*

김민경** · 김민영***

Zero Energy Town: Concept and Policy Case Study*

Min-Kyeong Kim** · Min-Young Kim***

요약 : 전 세계의 도시는 탄소배출과 에너지소비 저감을 위하여 노력하고 있다. 탄소배출과 에너지소비의 가장 큰 원인이 되는 건물의 화석에너지 소비를 줄이는 것이 중요한 화두로 떠올랐으며, 각국은 제로에너지 주택 보급·확산 정책을 펼치고 있다. 이 중 가장 효과적인 방법인 제로에너지타운 조성은 1990년대 중반부터 진행되어 왔으며, 일부 국가에서는 시범단지 차원을 넘어 대규모 단지 조성이 본격화되고 있다. 본 연구는 제로에너지건물의 개념과 관련된 현재까지의 논의를 검토하고 각국의 제로에너지타운 정책을 비교하였다. 제로에너지타운은 건물에너지효율 향상에 따른 에너지 절약과 신재생에너지를 통한 에너지 생산이라는 두 가지 전략에 근거하고 있다. 제로에너지타운 정책을 비교한 결과는 다음과 같다. 첫째, 대부분의 제로에너지타운은 집단에너지와 저소득층 문제에 중점을 두고 있었다. 둘째, 대부분은 중앙정부나 지방정부의 통합적이고 일관된 장기 정책에 따라 조성되었으며, 모니터링 등의 사후관리 체계가 잘 갖추어져 있었다. 셋째, 과감한 지원을 바탕으로 한 공공·민간 협력이 이루어지고 있었다. 이에 서울시에 서도 현재 계획된 친환경 단지 등을 제로에너지타운으로 조성하는 등 모범이 될 만한 시범사업이 필요하며, 신규뿐 아니라 기존 주택 수리를 통한 제로에너지타운 사업에도 노력을 기울여야 할 것이다.

주제어 : 제로에너지건물, 제로에너지타운, 건물에너지효율, 신재생에너지

ABSTRACT : Cities in the world have strived to reduce carbon emission and save energy. As a means of reducing fossil fuel consumption, they have enacted policies to improve building energy efficiency. For this purpose, governments have initiated demonstration zero energy town projects from 1990s. This paper aims to review the definition of zero energy, and to compare zero energy town policies of exemplar cases. The research shows that most zero energy towns have focused on the usage of CHP(Combined Heat Power)-based de-centralized energy supply system and the energy efficiency of affordable housing. Second, most of the towns have been formed based on comprehensive and coherent long-term policies of central or local governments. As such, many zero energy towns included sophisticated monitoring and maintenance schemes. Third, the case study indicates the importance of public-private partnership and the needs for government's strong support. As the review of policy case study suggests, Seoul Metropolitan Government should initiate a demonstration zero energy town development by revising current eco new-town plans. In addition, the city government should develop policies to link building energy efficiency and housing affordability by developing zero energy towns through retrofit of old housing stock.

Key Words : zero energy building, zero energy town, building energy efficiency, renewable energy

* 본 연구는 서울시정개발연구원 연구보고서(2010-BR-06)의 내용 중 일부를 수정·보완하여 작성한 것입니다.

** 서울시정개발연구원 부연구위원(Associate Research Fellow, Seoul Development Institute), 교신저자(E-mail: min@sdi.re.kr, Tel: 02-2149-1046)

*** 서울시정개발연구원 연구원(Researcher, Seoul Development Institute)

I. 서론

1. 연구 배경 및 목적

탄소 배출 및 에너지 문제가 도시에서 중요한 문제로 떠오르면서 건축을 비롯한 도시 개발과 재생 사업에서도 환경 부문의 주요 쟁점이 구체화되고 있다. 세계적인 추세로 보면 기존에는 친환경이라는 개념이 주를 이루었으나, 갈수록 에너지소비와 탄소배출의 저감이 중요한 문제로 자리 잡고 있다. 나아가 탄소 제로나 제로에너지 도시계획이 증가하고 있는 추세이다.

이러한 추세에 따라 현재 세계 여러 도시에서는 에너지 소비저감 목표를 달성하기 위해 제로에너지타운을 적극적으로 조성 중이며, 그 규모를 확대하고 있는 반면, 국내의 제로에너지타운은 시작 단계에 불과하다. 제로에너지하우스나 타운에 관한 자료들 중 외국의 사례나 정책을 언급하는 경우는 많지만 매우 단편적인 사례 조사가 대다수이고, 에너지나 탄소에 관한 직접적인 정책보다는 이와 무관한 요소들을 나열하는 경우가 많다. 더욱이 주요 국가나 도시의 정책사례 모음은 전무한 상황이다. 본 연구는 저탄소 녹색단지 조성의 기초자료를 제공하기 위하여 세계 주요도시의 제로에너지타운 정책을 조사하고 분석하였다.

2. 연구 방법 및 범위

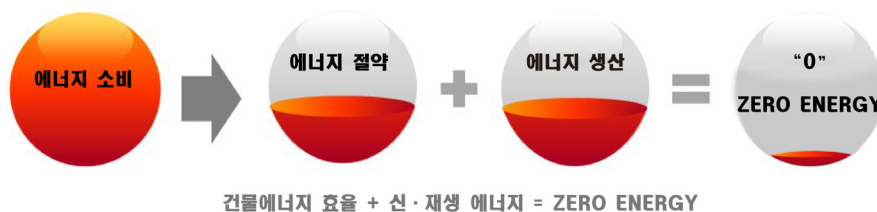
본 연구에서는 제로에너지타운 계획 요소 중 건물에너지와 신재생에너지 부분을 중점적으로 다룬다. 에너지 소비와 탄소 배출은 밀접한 관련이 있기 때문에 에너지 문제 외에 녹화와 관련된 탄소 흡수 지표 등을 논의에 포함하는 경우도 있지만, 본 연구에서는 에너지 관련 사항만을 다룬다. 또한 교통 분야도 논의에는 포함하지 않기로 한다. 일부 사례에서는 대중교통 활성화 방안 등을 계획 요소에 포함하고 있으나, 교통은 건물의 에너지 공급이나 생산과 별개의 분야라는 인식이 더 강하다.

II. 제로에너지타운의 개념과 정책요소

1. 제로에너지건물의 정의

1) 제로에너지건물

제로에너지건물은 건물에너지 효율 개선을 통해 절감한 소비량과 생산량이 균형을 이루는 건물로 정의한다. 이상적인 제로에너지건물은 화석에너지원의 공급이 전혀 없이 신재생에너지로만 에너지 수요를 충당해야겠지만, 에너지 소비가 많은 시간이나 계절에는 화석연료를 이용한 에너지원을 공급받고 차후 신재생에너지를 에너지망에 되



〈그림 1〉 제로에너지건물 개념

돌려주는 방식이 보편적이다. 이처럼 건물의 순 에너지 생산량과 소비량이 동일한 경우를 Net 제로에너지건물이라고 칭하며, 이것이 일반적으로 쓰이는 제로에너지건물 개념이다.

일부에서는 건물의 시공단계에 이용되는 에너지 등도 건물의 에너지 소비에 포함시키지만, 이는 측정과 실현이 어렵기 때문에 주요하게 다루지는 않는다.

제로에너지건물을 위해서는 건물 자체의 에너지 생산도 필요하지만 건물에너지 소비를 획기적으로 줄이는 것이 중요하다. 따라서 신재생에너지 뿐 아니라 건물에너지 성능이 핵심이다.

제로에너지건물의 개념은 아직 명확하게 정립되지 않은 상태이다. 미국 신재생에너지 실험기구(National Renewable Energy Laboratory, NREL)의 자료(Torcellini et al., 2006)는 “‘제로에너지’라는 용어에 대한 열광에도 불구하고, 이것이 무엇을 말하는지에 대한 정의는 물론 공통의 이해조차 없다(Despite the excitement over the phrase “zero energy,” we lack a common definition, or even a common understanding, of what it means.)”라고 제로에너지건물 개념 논의의 현 상황을 표현한다.

제로에너지건물의 개념에 대해 체계적으로 접근하려는 시도는 Marszal and Heiselberg(2009)의 논문에서 찾아볼 수 있으며, 제로에너지건물 개념 정의의 문제를 세 가지 측면에서 살펴본다.

- 균형의 단위(최종에너지, 1차 에너지, 엑서지(Exergy), 에너지비용, 탄소 배출)
- 에너지 이용 범위(건물 자체, 건물 내의 모든 활동을 위한 에너지 소비, 취사를 비롯한 행위에 의한 전기이용 등)
- 건축자재 및 건설 과정

다양하게 통용되는 제로에너지건물의 의미에서 가장 중요한 것은 균형의 단위이다. 국가나 기관 별로 제로에너지건물을 논할 때 기준을 1차 에너지 혹은 최종에너지로 보는지의 차이가 가장 크다. 1차 에너지의 관점을 포함한 개념은 유럽의회(European Parliament) 산업위원회(Committee on Industry, Research and Energy) 산하 에너지 위원회가 내리는 정의에서 나타나며, 이는 유럽 에너지효율경제위원회(European Council for Energy Efficient Economy, ECEEE)에서 에너지 관련 주요 국제기관과 단체들의 제로에너지건물에 대한 정의에서 나타난다.

(중략) 건물의 에너지 효율 향상에 따라 연간 1차 에너지 소비가 해당 건물에서 생산하는 신재생 에너지와 동일하거나 적은 것을 말한다(...where, as a result of the very high level of energy efficiency of the building, the overall annual primary energy consumption is equal to or less than the energy production from renewable energy sources on site.).

ECEEE는 나아가 1차 에너지의 개념을 포함한 정의가 탄소 중립에 가깝다는 평가를 내리고 있다. 전송을 통해 손실되는 에너지까지 신재생에너지를 이용하는 경우 화석연료 사용 가능성이 현저히 낮아진다.

반면 미국 에너지부(Department of Energy, DOE)나 국제에너지기구(International Energy Agency, IEA)의 정의는 최종에너지나 1차 에너지에 관한 언급을 하고 있지 않다. 다음은 DOE의 정의이다(Torcellini et al., 2006).

Net 제로에너지건물은 건물에너지 효율화를 통

해 에너지 소요를 극소화한 주거나 상업용 건물이며, 필요한 에너지는 신재생에너지로 충당할 수 있다(A net zero-energy building(ZEB) is a residential or commercial building with greatly reduced energy needs through efficiency gains such that the balance of energy needs can be supplied with renewable technologies.).

IEA는 제로에너지건물의 정의를 한 가지로 내릴 수 없다는 것을 인정하면서도 Net 제로에너지 건물의 개념을 다음과 같이 서술한다(Laustsen, 2008).

Net 제로에너지건물은 (에너지) 중립적이다. 즉 공급망으로부터 에너지를 이용하는 만큼 공급한다(Zero Net Energy Buildings are buildings that over a year are neutral, meaning that they deliver as much energy to the supply grids as they use from the grids.).

DOE와 IEA에서는 1차 에너지(primary energy)는 화석연료 이용을 허용하는 입장으로, 에너지 공급망에서 가정으로 공급되는 에너지의 생산 방식과 관계없이 그만큼을 신재생에너지로 되돌려주면 된다는 해석이 가능하다. 이 과정에서 발생하는 한 가지 문제는 에너지 전송과정에서의 손실이다. 위의 두 정의에서는 손실에 관한 고려가 없는 반면, 유럽에서는 손실이 커져도 생산만 늘면 의미가 없으므로 패시브하우스 기준 이상임을 원칙으로 한다.

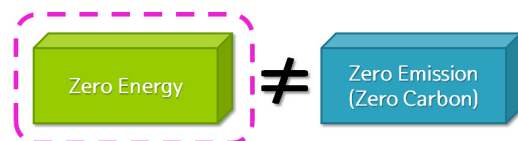
1차 에너지를 감안하여 에너지 손실까지 계산하기는 어렵기 때문에 유럽에서도 에너지소비량 측정 시에는 대부분 실제 건물에서 이용하는 최종 에너지를 기준으로 한다.

종합해보면, 탄소 배출의 입장에서는 1차 에너지에 대한 고려가 중요하나, 개별 가구의 에너지 소비나 요금 측면에서는 최종 에너지가 중요하다. 국가나 대도시의 차원이 아닌 단지 차원에서는 탄소 배출 자체보다 주민들의 실제 에너지 요금, 에너지 소비저감 성과 등을 중시하는 경향이 강하며, 제로에너지건물 개념 역시 최종에너지 소비를 바탕으로 하는 사례가 많다. 1차 에너지를 바탕으로 할 경우에는 효과 측정이 매우 어렵다는 점도 최종에너지 개념 이용의 중요한 이유이다.

Marszal and Heiselberg(2009)에서 언급한 나머지 두 가지 측면인 에너지 이용 범위와 건물에너지 역시 1차 에너지-최종 에너지 문제와 비슷하다. 건물과 관련되어 이용한 모든 에너지나 건물을 짓는 데 소비한 에너지를 측정할 수 있는지의 여부가 불투명하다.

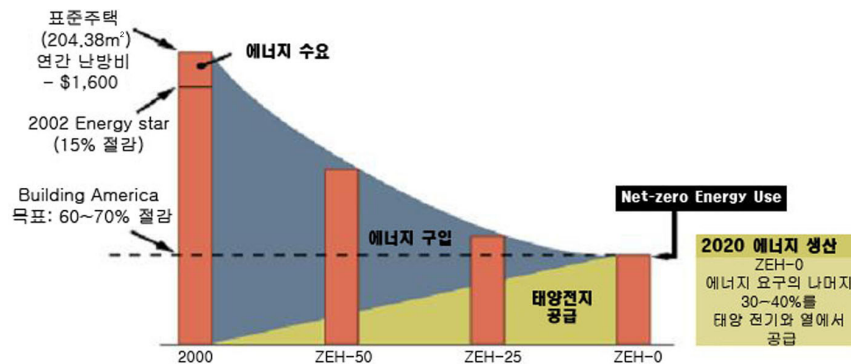
2) 제로에너지건물과 제로카본건물의 정의

제로에너지와 제로카본(Zero Emissions)이라는 용어는 혼용해서 쓰는 경우가 많다. 화석에너지 이용과 탄소배출은 형태와 단위가 다르다는 점이 근본적인 차이이다.



〈그림 2〉 제로에너지와 제로카본의 의미

그러나 제로에너지건물 개념에 관한 논의에서 언급했듯, 화석에너지의 이용이 탄소 배출의 상당 부분을 차지하기 때문에 제로에너지건물과 제로카본건물의 개념은 겹치는 부분이 많다. 따라서 1차에너지 소비나 건물의 시공과정에서 이용되는



〈그림 3〉 제로에너지빌딩 목표 달성 과정(Goldsteen, 2006)

화석에너지까지 고려할수록 제로에너지 개념은 제로카본의 개념에 가까워진다. 그러나 위에서 보았듯, 일반적으로 최종에너지에 기반한 Net 제로에너지건물 개념이 통용되기 때문에 제로에너지건물과 제로카본건물이 구분된다. 둘의 차이는 〈표 1〉과 같다.

〈표 1〉 제로에너지건물과 제로카본건물 비교

	제로에너지건물	제로카본건물
기본 개념	건물의 에너지 소비 비용 '0(zero)'	건물의 CO ₂ 배출량 '0(zero)'
구분 기준	최종에너지 소비량(주로 요금으로 산정)	1차에너지의 탄소배출 시공 중의 탄소배출 기타 모든 형태의 탄소배출
특징	평가가 비교적 쉽고 기준이 명확 탄소배출을 획기적으로 줄이지만 탄소 배출이 0이라는 보장은 없음.	평가가 어려움. 제로에너지 개념을 상당부분 포함

자료: 강혜진 외(2010)

3) 단계적 정의: “제로에너지로 가는 과정”

제로에너지건물의 정의는 위에서 설명한 바와 같지만, 실제 정책에 적용할 때는 변형된 개념도 등장한다. 현재는 건물에너지의 효율과 신재생에

너지에 의한 에너지 생산 비용이 상당히 높기 때문이다. DOE에서는 제로에너지건물과 주택에 관한 목표를 설정하면서, 완전한 제로에너지건물 외에 제로에너지빌딩을 위한 기술을 이용한 건물에도 제로에너지라는 명칭을 사용하여 제로에너지에 도달하는 과정이라는 개념을 도입하였다(Goldsteen, 2006).

〈그림 3〉에서 보듯, 신재생에너지 등으로 건물에서 이용하는 에너지를 모두 충당할 수 있는 경우를 ZEH-0(Zero Energy Home-0, 제로에너지하우스 0)로 놓고 ZEH-50, ZEH-25 등의 용어를 사용한다. ZEH-50은 건물에너지 효율향상과 신재생에너지를 통해 기준 연도(2000년)에 비해 화석연료를 50%만 사용하는 주택이고, ZEH-25는 화석연료 사용량이 기준의 25%인 주택이다.

ZEH-50이나 ZEH-25와 같은 개념은 엄밀한 의미의 제로에너지주택은 아니지만 분류상 제로에너지주택으로 보는 것이 타당하다. ZEH-50과 같은 단계적 정의는 제한된 기간에 목표를 달성해야 하는 상황을 잘 반영한다는 점에서 가치가 있다.

2. 제로에너지타운

위에서 살펴본 제로에너지건물의 정의에서는

개별 건물과 주택에 대해서만 설명하고 있으며, 제로에너지주택단지나 타운을 다루지는 않는다. 하지만 제로에너지타운은 제로에너지건물 보급 목표 달성을 위해 취할 수 있는 가장 합리적인 방법이다.

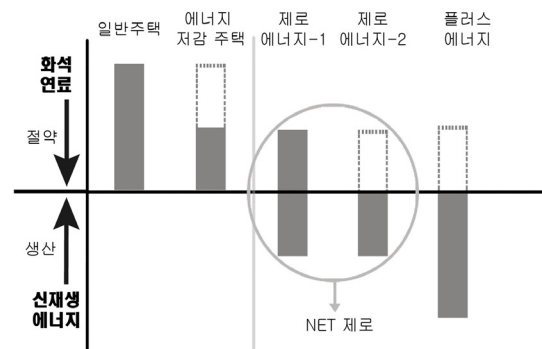
제로에너지타운은 제로에너지건물에서 말하는 에너지 중립의 단위를 개별 건물에서 단지 차원으로 확대한 것이다. 즉 일정한 단위를 이루는 건물군이 화석에너지 사용의 중립상태를 이루는 것이 제로에너지타운이다.

그러나 제로에너지타운은 제로에너지주택의 집합이 아니다. 즉, 동일한 타운을 조성했다고 가정할 때 모든 건물을 제로에너지로 만들지 않아도 제로에너지타운을 조성할 수 있다. 자체 에너지(on-site energy) 생산방식이 개별 주택에 비해 다양해지기 때문이다.

〈표 2〉 탄소제로를 위한 에너지원별 적용기술

에너지원	기술
태양에너지	태양열 온수
	태양광 패널
수력	소규모 수력
풍력	풍력 터빈
바이오매스	싱글 룸 히터/스토브
	보일러
	바이오매스를 이용한 가열방식
	CHP
폐열(발전소 등)	지역난방 장치를 통해 전달
지열	수자원을 포함한 흙 자원 열펌프(GSHPs)
	지열
천연가스(mains gas)	CHP
하수가스와 다른 바이오가스	CHP
수소	재생에너지 이용 수소연료전지

영국 부총리실(Office of Deputy Prime Minister, 2005)에서는 저탄소 또는 탄소제로를 위한 에너지원과 적용기술로 〈표 2〉에 나온 사항들을 제시한다. 표의 내용 중 개별 가구 혹은 공동주택 건물 한 동에 손쉽게 적용할 수 있는 것은 태양에너지와 지열, 수소 정도이다. 수력, 풍력, 열병합(CHP) 등은 생산시설 규모와 에너지 생산 규모가 크기 때문에 개별세대에는 적용하기 어렵다.



〈그림 4〉 제로에너지타운 조성 개념

신재생에너지를 거론할 때 자주 등장하는 것이 태양에너지이다. 그러나 서울의 경우는 태양에너지를 주된 에너지원으로 이용하기는 힘들 것이다. 태양에너지가 풍부한 일부 지역(미국 서부, 중부, 중동지역)에서는 태양광과 태양열을 이용하여 단독주택 중심의 제로에너지타운을 조성하기가 상대적으로 쉽다. 그러나 나머지 지역에서 태양에너지를 이용할 경우에는 비용이 상당하면서 효율은 낮다. 또한 에너지 생산 효율성 측면에서 CHP를 통한 집단 에너지 공급 방식을 이용하여 제로에너지타운을 조성하는 사례가 많다.

3. 제로에너지타운 조성 전략

위에서 살펴봤듯, 제로에너지타운은 타운의 에

너지 요구량과 청정에너지나 신재생에너지를 통한 공급량이 평형상태일 때 가능하다. 평형 상태를 만들기 위한 전략은 크게 절약과 생산으로 요약할 수 있다.

제로에너지타운 개발의 역사를 볼 때 현재 많이 알려진 초기 타운 모델은 그 규모가 매우 작다. 제로에너지타운으로 가장 많이 언급되는 BedZED의 경우 86세대이며 미국 최초의 제로에너지하우스 단지인 비스타 몬타나 프로젝트(Vista Montana Zero Energy Homes) 역시 177세대 규모이다. 이러한 단지들은 1990년대 후반에서 2000년대 초반 계획에 착수하여 3~4년 후에 마쳤으며, 정부 차원의 지원을 받았다. 이렇게 조성된 시범단지들의 에너지 소비저감과 생산 관련 자료들은 차후 지방자치단체와 정부정책에 반영되어 제로에너지하우스 장기정책 수립과 시행에 기여했다.

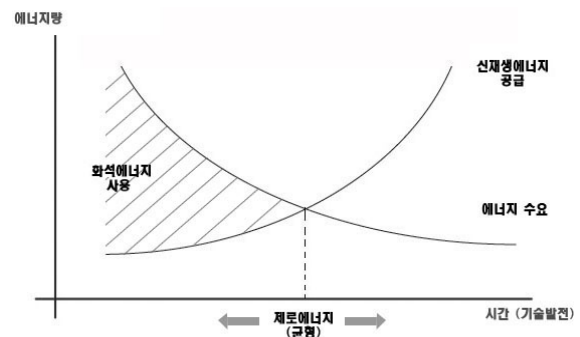
선진국에서는 제로에너지하우스 확산 보급을 목표로 오래 전부터 시범단지 조성을 위한 노력을 해온 반면, 우리나라의 제로에너지하우스와 관련한 실험은 역사가 짧은데다 소수 단독건물 중심이다. 제로에너지하우스 확산을 빠르고 효율적으로 하기 위한 방법은 시범타운 조성이지만, 이와 관련한 정책이 미비하다.

4. 제로에너지타운 정책

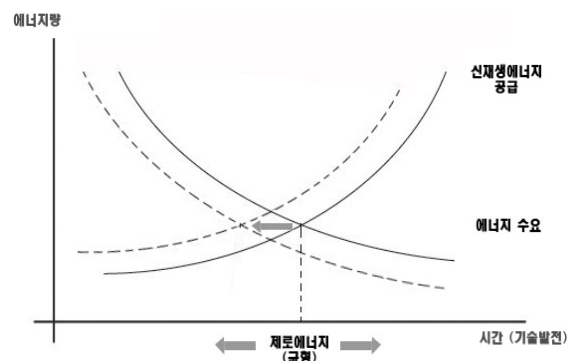
제로에너지와 관련해서 정책의 역할은 매우 중요하다. 건물의 단열성능 개선이나 신재생에너지 생산효율 상승은 기술발전을 통해 언젠가 이루어지겠지만 현재의 탄소배출 저감이라는 시급한 문제를 고려하면 기술발전만을 기다릴 수 없다. 또한 현재의 기술발전은 정책적 지원을 통해 가속화되어온 측면도 있다.

제로에너지타운 조성 정책은 크게 규제와 지원,

정보(계획)로 나눌 수 있다. 이들은 독립적인 항목이라기보다는 상호작용 속에서 정책 효과를 발휘한다(〈그림 7〉). 규제, 지원, 정보는 각각 채찍, 당근, 안내(Guidance)로 표현(Bemelmans-Videc et al., 1998)하는데, 국제에너지기구(International Energy Agency, IEA)에서도 이 3요소를 활용하여 신재생에너지 정책에 관한 보고서(IEA, 2009)를 작성한 바 있다.



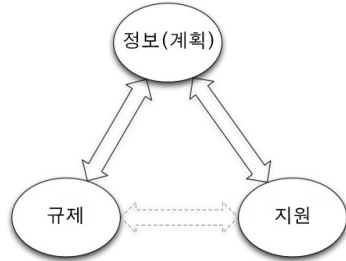
〈그림 5〉 에너지 수요와 공급을 통해 본 제로에너지 개념



〈그림 6〉 정책과 제로에너지하우스 보급

국제에너지기구의 보고서는 정보(계획)를 규제의 하위 개념으로 보고 있으나, 실제로 사례를 검토해보면 정보(계획)의 주된 역할은 규제와 지원을 적절히 활용하여 목표를 달성하는 것이다. 따라서 본 연구에서 중점적으로 다룰 제로에너지타운

시범단지 조성은 정보(계획)로 분류할 수 있다.



〈그림 7〉 제로에너지 관련 정책의 3요소

Ⅲ. 세계 주요도시의 제로에너지타운 사례

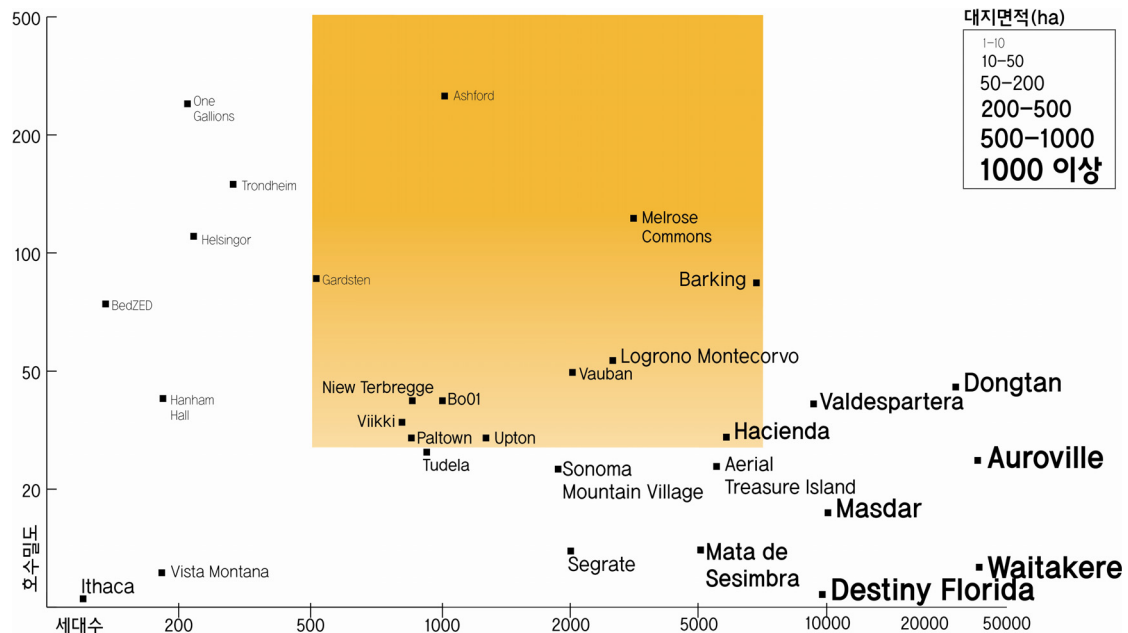
1. 분석대상 선정

본 연구에서는 환경 부문에서 선도적인 역할을 하는 각 국가의 3대 도시를 중심으로 대상을 선정 하였으며, 이 외에도 여러 우수한 정책과 사례를 통해 제로에너지의 선도적인 역할을 할 수 있는

잠재성과 모범적 시도가 있는 도시의 사례를 분석 하였다.

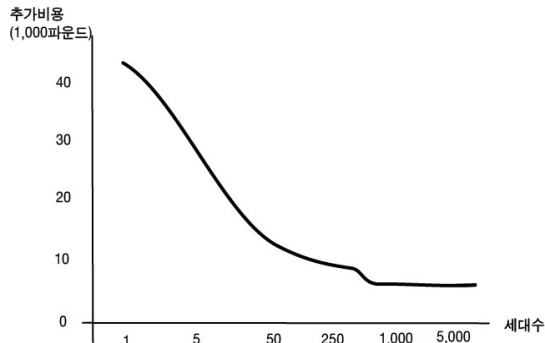
제로에너지타운의 적정 규모에 대해서는 다양한 논의가 가능하다. 일반적으로 타운이라는 용어는 근린주구보다 크고 도시보다 작은 주거지역을 의미하며, 맥락에 따라 의미가 다르다. 경우에 따라 소도시이기도 하고 근린분구(500세대) 규모의 지역일 수도 있다. 본 연구에서 정의하는 타운의 범위는 500~7,000세대이다.

〈그림 8〉은 사례를 선정하기 위하여 현재 진행 중인 친환경 및 제로에너지타운의 자료를 종합하여 밀도와 규모별로 분류한 것이다. 밀도가 지나치게 낮은 경우는 서울과 비교가 불가능하기 때문에 호수밀도 30 이하의 사례를 제외하였으며, 고밀도의 기준은 2010년 국토해양부 지속가능 신도시 기준에서 고밀도로 규정한 ha당 200명(가구당 2.5인)에 맞추어 ha당 80세대 이상인 사례를 고밀도로 규정하였다.



〈그림 8〉 제로에너지타운의 규모별 분포

사례 조사 대상 제로에너지타운의 규모는 500~7,000세대로 한정하였다. 대부분의 제로에너지타운은 열병합발전을 이용한 집단에너지 공급 시스템을 적용하기 때문에 규모의 경제가 적용된다. Twinn(2008)은 제로에너지타운의 경제성이 최대화되는 규모를 약 500세대 이상으로 규정하고 있으며, 그 이상은 규모가 늘어나도 건축비용 절감 효과가 없다고 보았다(〈그림 9〉). 최대 규모는 현재 서울의 최대 단일단지 세대수인 7,000세대로 설정하였다.



〈그림 9〉 단지 규모에 따른 제로카본주택 건설 추가비용 (Twinn, 2008)

사례의 단지들 중 실제 화석에너지 사용이 없는 경우는 일부이지만, Goldsteen(2006)의 정의에 따라 제로에너지타운으로 간주하였다.

2. 제로에너지타운 사례

선정한 제로에너지타운을 밀도와 건축 형태에 따라 나누면 〈표 3〉과 같다.

1) 핀란드 Viikki

핀란드 환경부와 건축협회가 공동으로 해당 지역에 친환경 단지를 조성하겠다는 계획을 세웠다.

구상을 확정한 1994년에 바로 현상 설계를 시작하여 1995년과 1996년에 걸쳐 부지 전체 기본 계획과 주거단지 계획 부문의 당선작을 선정하였으며, 이후 정부와 민간 전문가들이 장기간의 논의를 거쳐 자체 가이드라인(PIMWAG) 제정 후 규제와 지원의 잣대로 사용되었다.

비키(Viikki)에서는 일반적인 보조금보다는 연구개발 지원을 더욱 장려하였다. 이러한 방향은

〈표 3〉 제로에너지타운 사례 목록

사례	유형 및 규모	적용기술	사례	유형 및 규모	적용기술
1) 핀란드 Viikki	신규, 중·저밀도, 800세대	건물에너지효율, 태양광, 태양열, 지역난방	2) 영국 Upton	신규, 중·저밀도, 1,400세대	건물에너지효율, 태양광, 태양열, 열병합 집단에너지
3) 영국 Ashford	신규, 고밀도, 1,000세대	건물에너지효율, 태양광, 태양열, 열병합 집단에너지, 풍력	4) 독일 Vauban	재개발, 저밀도, 2,000세대	건물에너지효율, 태양광, 태양열, 열병합 집단에너지
5) 미국 Melrose Commons	재개발, 고밀도, 3,500세대	건물에너지효율, 태양광, 태양열, 열병합 집단에너지, 풍력	6) 영국 Barking	재개발, 고밀도, 10,000세대	건물에너지효율, 태양광, 집단에너지
7) 스웨덴 Bo01	재개발, 고밀도, 1,000세대	건물에너지효율, 태양광, 태양열, 해수력, 풍력	8) 일본 Paltown	리모델링, 저밀도, 800세대	태양광
스웨덴 Gårdsten	리모델링, 고밀도, 500세대	건물에너지효율, 태양열			



〈그림 10〉 핀란드 비키 전경(City of Helsinki Ministry of Environment, 2005)

사업 진행 과정 중에 설정되었으며, 국립 기술원과 환경부가 공동으로 방안을 마련하였다. 핀란드 정부에서 비키(Viikki)와 같은 시범사업이 제로에너지타운 확산의 초석이라고 판단한 것이다.

건물의 난방에너지는 $120\text{kWh}/\text{m}^2$ 를 사용하여 일반 주택에 비해 평균 30% 정도를 절약하였으며 전기사용은 $45\text{kWh}/\text{m}^2$ 로 25% 정도를 줄였다. 난방에너지를 최대 70% 줄이면서 태양열 지역난방을 사용한 일부 주택은 제로에너지 상태를 이루었다고 할 수 있다.

2) 영국 Upton

업튼(Upton)은 BEDZed의 실험을 확장하여 현실화한 사례라는 면에서 중요하다. 이 지역은 신규 개발지라는 면에서 비키(Viikki)와 유사하지만 밀도가 더 높고 개발 당시의 정책 상황이 달랐다. 업튼(Upton)은 영국의 주택 공급문제 해결을 위한 뉴타운에 에너지 요소를 더한 단지이며, 환경에 관한 정책적 규제와 지원이 종합적으로 잘 이루어져 있다. 현재 절반 이상이 완공되어 주민이 입주하였으며, 일부 구간은 공사 중이다.

법적으로 최소 44% 이상 에너지 소비를 줄이도록 주택 설계가 이루어졌으며, 여기에 주택에 따



〈그림 11〉 업튼 계획(Energy Saving Trust, 2006)

라 PV 시설과 소형열병합 등이 추가되는 방식으로 개발되었다.

업튼(Upton)은 영국 최초로 제로카본 주택을 선보였다는 점에서 의미가 크며, 이 주택은 저소득층을 위한 임대주택으로 사용된다는 점에서 에너지와 복지의 연계를 고려하고 있다.

3) 영국 애시포드(Ashford)

애시포드(Ashford)는 2003년에 영국 부총리가 지정한 성장지역(Growth Area)의 하나이다. 애시포드 ZED주택(Ashford Zedhomes) 프로젝트는 이러한 지역 개발 정책의 일환으로, 고속도로변 공지를 고밀도 중심지형 지구로 개발하는 사업이다. 최근에 계획 승인이 완료되어 착공하였다.

착공 초기 단계이기 때문에 구체적인 성과는 없으나, 기존 제로에너지타운 중 밀도가 가장 높으며, 현재 승인된 민간 주도 계획 중 영국 최대 규모라는 점에서 의미가 크다. Zedhomes라는 개발업체가 중심이 되어 개발 중이다.

애시포드 ZED주택(Ashford Zedhomes)은 모든 주택을 BREEAM 기준 최우수 등급으로 건설한다는 계획을 세웠다. 현재는 BREEAM 제도가 지속가능주택기준(Code for Sustainable Homes)



〈그림 12〉 애시포드 계획(www.zedhomes.com)

으로 바뀌었지만, 최우수 등급 주택 건설 계획은 유지되고 있다. 따라서 애시포드 ZED주택은 모두 제로카본 주택이 될 계획이다.

애시포드 ZED주택 역시 CHP를 주요 시설로 도입하고 있으며, 우드칩을 이용하여 난방 1.2MW, 전력 1.1MW의 시설을 운영할 계획이다. 이 외에 소형 풍력과 태양에너지를 활용하여 에너지를 공급할 계획을 갖고 있다.

기존의 제로에너지타운이 저층 건물 중심이었던 것에 반해 애시포드와 같은 고밀도 형태의 제로에너지타운 개발은 주거밀도가 높은 국내 상황에서 주목할 부분이다.

4) 독일 보봉(Vauban)

독일 프라이부르크시의 보봉(Vauban)은 1991년에 프랑스군이 철수하면서 프라이부르크시가 주택단지 개발을 위해 독일 정부로부터 2천만 유로에 토지를 매입하면서 개발이 시작되었다. 잘 알려진 바와 같이 프라이부르크는 세계 환경수도라고 불릴 만큼 친환경 도시 조성 사업에 적극적이다. 보봉의 재개발 역시 이런 흐름을 반영하여 친환경 도시 개발에 중점을 두었다.

보봉은 지방자치단체 정책뿐 아니라 주민 참여 부문에서도 특수한 사례로, 주민 단체가 주택의



〈그림 13〉 보봉의 모습

종류와 단지의 성격을 결정하는 데 큰 역할을 하였다. 주민 참여의 핵심은 ‘포럼 보봉(Forum Vauban)’이라는 단체이며, 보봉(Vauban) 조성 추진단이 주축이 되어 사업을 진행하였다.

기본계획은 1996년에 확정되었으며, 이듬해인 1997년부터 단계별로 공사를 시작하여 2000년에 1차 사업이, 2006년에 전체 공사가 마무리되었다. 태양광 시범 단지인 쉴러태양단지(Schieler Solar Settlement) 같은 사업은 후반기에 진행되었다.

보봉(Vauban)의 주택들은 일반 독일 주택에 비해 에너지를 최소 70% 정도 절감하도록 지어졌으며, 당시의 신규 주택과 비교해도 40% 정도 절감하였다. 건축 당시 난방에너지 소비기준은 65kWh/m^2 였으나 실제로는 45kWh/m^2 를 소비하여 목표한 수치보다 에너지 사용이 더 적었다. 특히 난방에너지 소비 기준이 15kWh/m^2 인 패시브 하우스도 150호이다.

단지 전체적으로는 CHP 지역난방이 보급되었다. 에너지원은 우드펠렛 80%, 천연가스 20%이다. 단열이 잘된 주택의 경우 CHP 지역난방을 이용할 시 난방에너지를 60%까지 절감하였다.

후기에 지은 쉴러태양단지(Schieler Solar Settlement)에서는 태양에너지를 통해 전기를 100% 생산하는 것은 물론 남는 전기를 판매하는



〈그림 14〉 멜로즈 커먼즈 주택(www.equusdesign.com)

플러스 에너지 주택이 60호 이상이다. 일부 가구에 사는 전기 판매로 연 평균 4,000유로의 소득을 올리기도 하였다. 쉴러태양단지(Schieler Solar Settlement)는 2000년부터 현재까지 독일뿐 아니라 국제사회의 (태양)에너지 관련 우수사례로 꼽히고 있다.

주민의 주도적인 참여로 전체적인 사업기간이 연장된 점에서 보봉(Vauban)과 같은 모델을 모든 상황에 적용할 수는 없지만, 다양한 유형의 제로에너지타운을 조성할 경우 주민참여를 통한 계획(Participatory Planning)을 고려할 필요가 있다.

5) 미국 멜로즈 커먼즈(Melrose Commons)

멜로즈 커먼즈(Melrose Commons)는 미국 뉴욕의 대표적인 노후주택 지역이자 빈곤지역인 Bronx에 있다. 이 지역은 공공주택의 비율이 30%로 높은 편이었으며 시에서 토지의 60%를 소유하고 있어, 1980년대부터 시에서 재개발을 고려하였다.

1990년대 중반부터 공사가 시작되어 점진적으로 재개발이 진행 중이던 이 프로젝트는 또 한 번의 전환기를 맞는다. 뉴욕시는 2007년에 용도지역 변경과 용적률 상향 계획을 발표하였고, 이것은 재개발을 촉진시키는 요인으로 작용하였다. 변경된 계획은 에너지와 관련한 제도적, 사회적 변화

에 발맞추어 에너지 효율이 높고 신재생에너지를 활용하는 주택의 건설을 촉진하게 되었다.

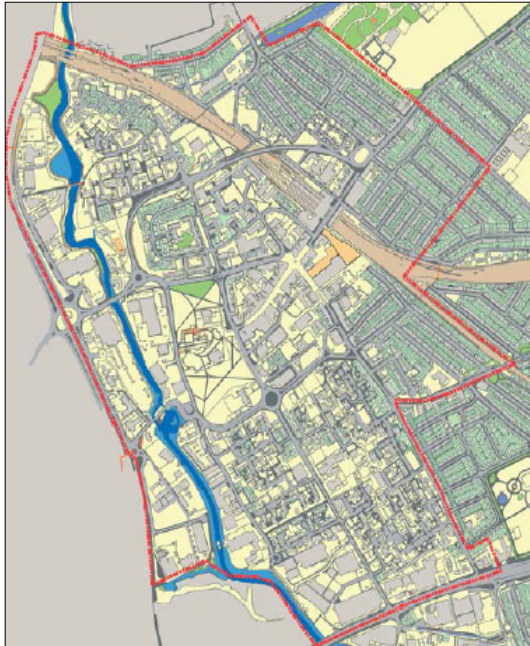
멜로즈 커먼즈(Melrose Commons)는 초기부터 제로에너지를 목표로 가졌던 것은 아니지만 민간 개발업체의 혁신을 통해 친환경 단지로 거듭난 사례로 꼽힌다. 이 지역의 대표적 제로에너지하우스는 블루씨(Blue Sea Development)라는 부동산개발업체에서 건설을 주도하였고, 에너지 효율이나 신재생에너지와 관련하여 시 정부나 주 정부에서 기술적, 금전적 지원을 하였다. 멜로즈 커먼즈(Melrose Commons)는 미국 내 여러 기관에서 우수 사례로 지정되어 다양한 종류의 상을 받았다. 주택 및 도시개발부의 우수 사례로 선정되기도 하였고, LEED를 주관하는 미국녹색건축물협회(USGBC)에서 LEED 마을부문(LEED Neighborhood Development) 사례로 채택하였다.

6) 영국 바킹 중심가(Barking Town Centre)

바킹(Barking)은 오래된 공업 및 주거지역으로, 주택의 대부분이 공공임대 주택이다. 훌륭한 대중교통망에도 불구하고 런던에서 주택 가격이 가장 낮을 만큼 주거 선호도가 떨어졌으며, 현재 바킹 중심가(Barking Town Centre)와 인접 주거지인 바킹 강변(Barking Riverside)의 대규모 재개발 사업이 진행 중이다.

바킹(Barking Town Centre)의 제로에너지타운 사업은 2004년에 이 지역이 재개발과 함께 런던의 에너지 지역(Energy Action Area) 네 곳 중 한 곳으로 지정되면서 시작하였다. 에너지 지역은 일종의 에너지 혁신 시범사업지구로, 에너지 소비 저감 및 신재생에너지 생산, 집단에너지 보급을 주요 내용으로 하며, 런던의 에너지 및 탄소목표를 이루기 위한 한 수단이다.

Barking을 비롯한 런던 사례에서 가장 눈에 띄는 것은 에너지 및 환경 전문 공공조직인 London Energy Partnership의 활동과 공공 주도의 ESCO 사업이다.



〈그림 15〉 바킹 계획(London Borough of Barking and Dagenham, 2006b)

국내에서도 집단에너지 사업이나 소규모 집단 에너지 공급시스템(CES, Community Energy System) 사업 등이 이와 유사하지만, 공공과 민간의 협력 수준이 낮고 보급률도 낮다. CES는 최근 들어 뉴타운계획을 중심으로 도입되고 있으나, 뉴타운 외의 지역에 확대하는 방안을 모색해야 한다. 특히 에너지 요금 절감이 중요한 저소득층 가구 밀집 지역에 집단에너지 도입을 비롯한 에너지 소비저감 대책을 마련해야 하며, Barking 재개발은 이런 면에서 좋은 예이다.

7) 스웨덴 말뫼시 Bo01

말뫼(Malmö)시의 Bo01은 과거 자동차 공장 부지였다. 공장이 철수하고 토양오염이 심각한 상태로 버려져 있었으나, 1996년에 스웨덴 주택, 건축물, 도시계획위원회 산하 단체인 SVERBO가 해당 지역을 유럽 주택 엑스포의 초대 개최지로 선정하면서 사업이 시작하였다.



〈그림 16〉 말뫼 전경(www.cooltownstudios.com)

엑스포 개최지로 선정된 후 5개월 만에 가이드 라인을 작성하였고, 2001년 엑스포 당시 일부 세대를 완공하였다. 애초 계획인 559세대는 2003년에 완공하였으며, Bo01 프로젝트 자체는 이것으로 완료되었지만 말뫼(Malmö)시는 제로에너지 단지 개발을 인근 지역으로 확산하였고 터닝 토르소(Turning Torso) 같은 건물도 추가로 지었다.

Bo01에서는 건물에너지효율이 매우 높으며, 패시브하우스 기준의 에너지효율을 갖춘 주택이 많다. Bo01의 에너지 소비목표는 연간 105kWh/㎡였으나, 실제로는 120~150kWh/㎡를 소비했다. 일반적인 스웨덴 주택의 에너지 소비량이 평균 200kWh/㎡라는 것을 감안하면 25~40% 저감한 수치이다.

Bo01은 소요 에너지 전체를 지역에서 생산한 신재생에너지로 공급한다. 해안에 있기 때문에 풍력과 해수에너지를 이용했다. 2MW급의 풍력 발전장치가 전기의 대부분을 공급하고, 나머지 전력은 120㎡ 규모의 PV시설로 공급한다. 난방에너지의 15% 가량은 태양열로 공급하며, 지역에 설치된 집열판의 크기는 1,400㎡이다. 또한 CHP 방식의 집단에너지를 이용하여 이후 제로에너지 지역을 쉽게 확장하였다.

Bo01은 공업용지를 고밀도 주거지역으로 바꾼 성공사례(Industrial Land Reclamation, Brown-field Regeneration)이다. Bo01은 신재생에너지를 적극 활용하였다는 점이나 업무·상업, 컨벤션 등을 포함한 복합형 제로에너지타운을 조성했다는 점에서도 성공적이라 할 수 있다.

그러나 이보다 더 중요한 점은 시범단지의 확장이다. Bo01의 성공을 통해 인근 지역에 제로에너지빌딩 및 타운이 증가하였으며, 시 정부에서는 Bo01 완성 후인 2009년에 CHP 집단에너지 공급 시설을 도입하였다.

8) 일본 팰타운(Paltown)

일본 정부에서는 2002년에 가정용 태양광 발전 시설을 클러스터화하고 전력망 시스템을 시험하기 위한 사업을 기획하였다. 정부 기관인 신에너지 및 산업기술 개발기구(New Energy and Industrial Technology Development Organization, NEDO)가 시범단지를 공모하여 오타(Ota)시의 단독주택단지인 팰타운(Paltown)을 선정하였다. 이곳을 선정한 이유는 평탄한 지형과 상대적으로 많은 일조시간 때문이었다. 이 사업의 목표는 수백 세대 단위의 가정용 PV 시스템을 원활히 운영하는 것이었으며, 빈 땅에 대규모시설을 설치하여

에너지망에 공급하는 경우는 있어도 가정의 지붕을 이용하여 클러스터 시설을 조성하는 경우는 전례가 없었다.

팰타운(Paltown) 사업은 기존 주택에 집합 태양광 발전 시설을 설치하고 전력망과 연동하는 것이 목표였기 때문에 건물에너지효율이나 난방 부문과는 관련이 없다. 프로젝트 시작 당시 팰타운(Paltown)의 총 PV 용량은 2,160kW로 가정당 평균 3.85kW시설을 갖추었으며 가정마다 2.6kW에서 5.0kW짜리 시설이 분포한다. 각 가정의 태양광 발전시설은 가정용 전기의 100%를 공급한다.



〈그림 17〉 팰타운(www.solarelectricpower.org)

팰타운은 수익성 부문의 성과가 없었음에도 불구하고 막대한 지원이 있었다. 또한 정부는 이후 유사 사업을 위한 예산을 3배 가까이 늘렸다(97억 엔 → 240억엔). 이렇게 늘린 예산은 기후조건이 팰타운보다 좋지 않은 환경에서 더욱 큰 규모의 실험을 하는 데 사용되고 있다. 중앙정부에서 예산을 증액한 이유는 보급과 시험, 관리까지 모두 정부에서 진행하여 성공한 사례를 만들어 향후 관련 지식과 기술을 미리 축적하기 위함이다. 이를 통해 장기적으로 해당 기술의 보급·확산과 비용 절감에 기여할 수 있다.

9) 스웨덴 가드스텐 태양주택(Gårdsten Solhusen)

가드스텐(Gårdsten)은 1970년대 스웨덴에서 진행한 주택 건축 사업에 따라 생긴 임대주택 아파트로, 단지 전체는 총 2,700세대이다. 1990년대 들어 노후화로 인해 매우 높은 공실률을 보였고, 1997년에 임대사업자가 바뀌면서 리모델링을 추진하였다. 이 중 500세대는 건물에너지효율을 높이고 태양에너지를 활용하도록 수리하여 솔하우스(Solusen, Solar House)이라고 하였다. 사업은 1차와 2차로 나누어 진행하였으며 1차는 2000년에, 2차는 2003년에 완료되었다. 리모델링 비용은 EU와 스웨덴 에너지국으로부터 지원받았으며, 금액은 총 30% 정도이다. 1차는 주로 EU의 SHINE 프로젝트에서, 2차는 EU의 Regen-Link 프로젝트에서 지원하였다. 가드스텐 프로젝트는 2000년에 '스웨덴 올해의 리모델링 건축상'과 2002년에는 '스웨덴 정부 에너지상'을 받았다.



〈그림 18〉 가드스텐 태양주택(Gårdstensbostäder, 2005)

리모델링을 통해서 에너지를 총 40~50% 정도 절감하였으며, 항목별 절감 수준은 아래와 같다.

- 난방 및 온수용 에너지 45%
(연간 5,000MWh → 2,700MWh)
- 지역난방 : 연간 270kWh/m² → 145kWh/m²

- 전기 : 연간 50kWh/m² → 35kWh/m²
- 물 : 2.36m³ → 1.63m³

3. 정책 특성

앞에서 살펴본 사례들의 정책적 특징은 〈표 4〉와 같다.

항목 중 주민참여는 주민의 적극적인 참여를 통해 기존의 계획이 긍정적인 방향으로 발전한 경우이다. 주민 참여가 없었다면 현재와는 전혀 다른 형태로 개발될 단지들이었다.

정부정책 항목은 정부에서 규제나 지원 외에 타운 개발에 관한 정책을 갖고 있었던 경우이다.

저소득층 항목은 저소득층을 위한 저가주택에 대한 계획을 포함한 단지이다. 이러한 계획요소는 많이 도입하고 있지만 에너지에 중점을 두면서 저가주택 정책을 동시에 적극적으로 펼치고 있다.

집단에너지 역시 많은 제로에너지타운에서 도입하고 있었다. 2장에서 언급했듯 난방이 불필요하고 태양에너지원이 풍부한 일부 지역을 제외하면 현재의 기술로 가장 효과적인 건물에너지 절약 및 생산 방식은 집단에너지의 도입이다. 과거 북유럽에서 적극적으로 도입하던 집단에너지는 여러 국가 및 도시로 확산되는 추세이다.

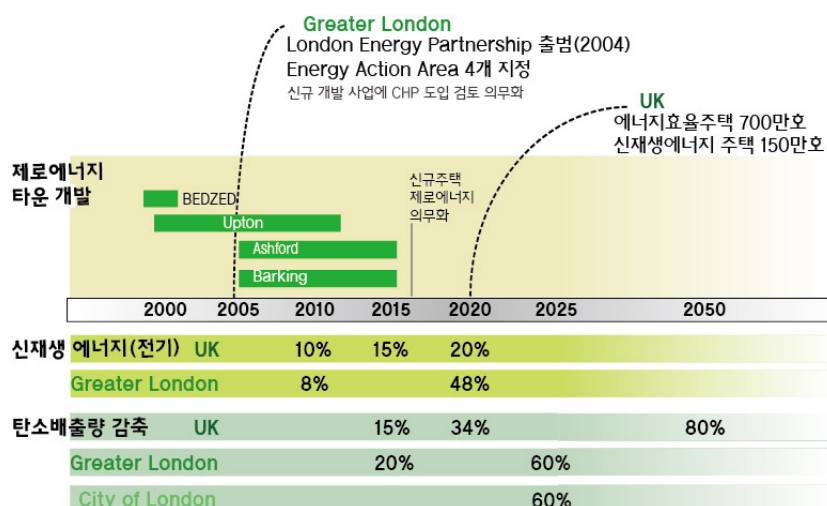
공공-민간 협력은 정책사업의 기본적인 요소로서, 제로에너지타운 조성에 있어서는 특히 중요한 역할을 한다. 공공이나 민간 모두 단독으로 제로에너지타운을 조성하기는 극히 어렵다. 단순히 공공이 규제와 지원책만을 마련해놓는다고 해서 민간이 에너지문제에 적극적인 관심을 보이는 것은 아니다. 또한 주거단지 조성은 기본적으로 민간의 참여가 많은데, 제로에너지와 같은 경우는 다양한 적용기술이 포함되며 계획요소도 복잡하기 때문에 민간의 혁신도 중요하다.

〈표 4〉 제로에너지타운 사례의 정책 비교

구분	초기 실험 (정부)	정부 정책	주민참여	저소득층	집단 에너지	공공- 민간 협력	민간혁신
비키(Viikki), 핀란드	친환경 시범 단지 사업				태양열 지역난방	규정 작성	
업튼(Upton), 영국		성장지역 지정		25%	소규모 열병합	기술개발, 규정작성	
보봉(Vauban), 독일		도시개발 조치법	포럼 보봉	S.U.S.I 제노바조합	지역난방	태양광 시범단지	
Bo01, 스웨덴	주택 엑스포				열병합 집단 에너지		
펠타운(Paltown), 일본	태양광 시범사업					기술연구	
에시포드(Ashford), 영국		성장지역 지정			열병합 집단 에너지		ZED homes
멜로즈 커먼즈 (Melrose Commons), 미국			Nos Quedamos	대부분 저가주택	일부 건물 지역난방	프로젝트 발굴,지원	Blue Sea Develop- ment
바킹(Barking), 영국		에너지 지역 지정		50%	열병합 집단에너지	ESCO 사업	
가드스텐(Gårdsten), 스웨덴							임대업자 주도

민간혁신은 정부의 주도가 있기 전에 민간에서 자발적으로 사업을 주도한 사례 혹은 더욱 적극적으로 에너지와 관련한 시도를 한 경우이다. 그러

나 이러한 경우에도 역시 민간에서 단독으로 사업을 진행하지는 않았으며, 정부에서 추후에 사업에 동참하거나 적극적인 지원을 제공하였다.



〈그림 19〉 영국 및 런던의 정책 목표와 제로에너지타운 진행상황

IV. 시사점 및 서울의 제로에너지타운 정책 방향

1. 시사점

1) 통합적이고 일관된 정책 시행

모든 사례는 각각의 시사점이 있으나, 특히 영국의 사례는 서울과 유사점이 많기 때문에 주목할 만하다. 뉴타운이나 임대주택 확장과 제로에너지타운을 연계한다고 가정할 때, 정부보다는 민간 주도 개발이 중심인 미국의 사례나 개발 형태와 방식이 상이한 독일과 달리 영국의 고밀도, 공공 주도 제로에너지타운 개발을 참고할 만하다.

영국에서는 뉴타운 조성과 재개발의 필요성이 제기된 상황에서 친환경주택에 대한 관심 증대와 함께 제로에너지타운의 규모도 커졌다. 정부가 기존 사업을 통해 축적한 경험과 강력한 정책 의지가 조화를 이루어 대규모 제로에너지타운 조성에 좋은 환경을 만들었다. 에너지정책과 주택정책이 유기적으로 연계되어 있으며, 정부와 지자체의 정책이 일관성 있게 이루어지고 있다.

이를 위해 런던 에너지기구(London Energy Partnership)와 같은 지자체 수준의 종합관리기구의 역할도 중요하다. 런던 에너지기구는 각종 도시개발 사업의 에너지 부문 계획과 실행을 전담하는 전문기구의 역할뿐 아니라 자치구의 공공 주도 ESCO 사업을 지원함으로써 공공이 에너지 공급과 관리 등의 종합적인 서비스 시행을 하도록 돕는다.

2) 정책지속성 확보

현재 국내의 그린홈 보급사업 등 신재생에너지 사업은 지속적이고 장기적인 관리보다는 보급에만 중점을 두는 경향을 보인다. 국내의 몇몇 지자

체에서는 신재생에너지를 무상 보급하거나 할인을 해주는 등 수혜의 의미로 진행하면서 추후 유지관리에 대하여는 방관하는 입장이 크다. 이는 5년 서비스 기간이 만료되면, 신재생에너지 시스템은 더 이상 무용지물이 되어 폐기하여야 하는 사태에 이르기도 한다.

이에 반해 외국의 사례들 중에는 현재 계획 중이거나 공사 진행 단계인 경우를 제외하면 대부분 에너지 이용에 대한 모니터링을 꾸준히 시행하여 실제 성과를 확인할 수 있는 경우가 많았다.

뉴욕주는 에너지연구개발기구(NYSERDA)를 통해 종합 지원체계를 구축하고 각종 사업을 진행 중이다. 이 중 Energy Smart 프로그램을 통해 에너지효율 증대, 저소득층 에너지복지, 연구개발, 교육·홍보 사업에 주력하고 있다. 이보다 더 중요한 점은 사업 평가와 사후관리 체계이다. NYSERDA는 전문적이고 일관적인 사업 평가를 위해 평가조직을 별도로 구성하여 각 사업과 에너지 정책의 성과를 꾸준히 모니터링하고 평가한다.

또한 태양광시설 임대사업을 이용할 경우 시설을 설치할 용지가 부족한 이용자도 태양광 전기를 이용할 수 있다. 또한 외국의 사례들 중에는 현재 계획 중이거나 공사 진행 단계인 경우를 제외하면 대부분 에너지 이용에 대한 모니터링을 꾸준히 시행하여 실제 성과를 확인할 수 있는 경우가 많다.

신재생에너지설비가 무용지물이 되지 않기 위해서는 공공기관과 전문업체가 민간기업 건물의 지붕 등 부지를 임대하는 체계의 구축이 요구된다. 신재생에너지 부문에서 독일의 태양광 시설 임대 사업은 신재생에너지 생산 시설의 보급뿐 아니라 지속적인 유지관리를 가능하게 해준다. 개인에게 보조금을 지급하여 설치와 관리를 일임하는 것이 아니라 개인은 시설을 임대하거나 이용료를

내는 정도이며, 운영과 유지보수는 전문 업체가 맡아서 하기 때문이다. 또한 법적으로 20년 이상은 시설에 대한 이용권을 보장하여 토지나 건물의 소유주가 바뀌어도 시설은 계속 운영될 수 있다. 민간사용자는 태양광 등 신재생에너지설비 전문 업체와 시설임대에 대한 계약을 체결하여 장기간에 걸쳐 사용권이 보장되어야 안정적인 사업 구도가 확보될 것이다. 민간건물뿐 아니라 공공건물을 이용하는 경우도 마찬가지이다.

이러한 정책은 현재 에너지관리공단에서 시행하고 있는 신재생에너지 시스템에 대한 사후관리(A/S)에 유용하게 활용할 수 있으며, 안정적인 시장(Guarantee Market) 조성 차원에서도 중요하다. 이러한 장치를 통해 지속적인 신재생에너지원의 공급을 장려하고 나아가 제로에너지타운 조성방식의 주요한 요소로 자리 잡아야 할 것이다.

3) 과감한 지원과 공공-민간의 협력

(1) 지원 강화

제로에너지타운 정책의 특징은 목표의 구체성과 과감한 지원 덕분에 쉽게 구현할 수 있었다는 점이다. 사례에서 살펴본 제로에너지타운들은 계획 당시의 기술 수준을 반영하여 구체적인 목표와 실현 계획을 제시한다. 또한 최근의 제로에너지타운은 중앙정부나 지방자치단체 에너지 정책의 일부로 자리 잡기도 한다. 에너지 지역(Energy Action Area) 정책과 함께 진행되는 바킹 중심가(Barking Town Centre) 재개발이 좋은 예이다.

세계 주요도시 제로에너지 관련 정책의 또 다른 특징은 강력한 지원이다. 대다수 정부에서 제로에너지타운을 미래를 위한 투자로 인식하는 경향을 보이고 있다. 단기적인 수익성을 따지기보다

는 실험적인 대규모 프로젝트를 과감히 지원하여 신재생에너지 사업에서 선도적인 역할을 하기 위해 노력한다. 일본의 팰타운(Paltown)도 가정용 태양광 전기 생산시설을 대규모로 적용하기 위한 기술실험의 성격이 강하다. 비용만으로 보면 수익성이 없었지만 정부에서는 오히려 관련 기술개발 예산을 대폭 증액해 사업을 추가로 진행하였다.

(2) 공공-민간 협력

또한 제로에너지타운 정책 사례들은 공공과 민간 협력의 중요성을 잘 보여준다. 공공과 민간의 협력 방식 중 가장 일반적인 형태는 정부에서 민간 기업의 혁신 노력을 적극적으로 지원하는 것이다. 큰 틀에서는 절약과 생산 두 가지 전략 부문에서 다양한 인센티브를 제공하는 것도 공공과 민간 협력이라고 볼 수 있지만, 대부분의 사례는 이보다 더욱 강화된 협력 관계가 드러난다.

핀란드나 영국의 초기 제로에너지타운에서는 정부 차원의 가이드라인이 부재했기 때문에 민간과 정부가 함께 가이드라인과 규정을 개발하였으며, 일본의 팰타운(Paltown)과 같이 기술적인 요소의 비중이 큰 경우에도 민간기업이 적극 참여하였다. 기업과 정부 차원의 협력만 있는 것은 아니다. 프라이부르크 보봉(Vauban)이나 뉴욕 멜로즈 커먼즈(Melrose Commons)는 주민이 적극적으로 참여하여 성공한 예이다. 정부가 기존에 제시한 계획에 비해 더욱 혁신적으로 계획하였다.

2. 서울시의 정책방향

위의 사례에 비추어보았을 때 서울시 정책에 특히 필요한 것은 통합적인 에너지정책과 선도적인 제로에너지타운 시범사업 시행이다. 서울시는

이미 '서울 친환경 계획 2030'을 통해 에너지 저소비형 도시, 에너지 순환형 도시, 에너지 복지도시라는 세 가지 기본 방향을 제시하였다. 그러나 저탄소 도시라는 궁극적인 목표 달성을 위해서는 일부 지역에 한해서라도 제로에너지와 같은 뚜렷한 목표를 설정할 필요가 있다.

제로에너지타운은 건물에너지 소비 저감을 위해 선도적이면서 홍보효과가 큰 실증사업이 될 것이며, 기술 발전과 자료 축적의 측면에서 제도적 기반 정착을 위한 장기적인 관점에서의 전략 마련의 발판 역할을 한다.

1) 뉴타운의 에너지기준 강화, 신재생에너지와 집단 에너지 보급 확대

현재 서울에서는 뉴타운 및 신규 개발 지역을 중심으로 신재생에너지를 도입하여 저탄소타운을 조성하려는 움직임이 일어나고 있다. 특히 마곡은 연료전지와 집단에너지를 통해 에너지 공급에서 신재생에너지의 비율을 높이기 위한 계획을 도입하였다. 그러나 스웨덴이나 영국 등의 국가에서는 제로에너지주택과 단지가 시범단계를 넘어 확산 보급되는 상황에서 저탄소타운보다 강력한 제로에너지타운 시범사업을 통해 모범확산의 모델을 제시할 필요가 있다.

현재의 마곡 계획 등의 시범단지에는 제로에너지타운의 두 가지 핵심 전략인 절약과 생산 중 절약 전략이 부족해, 건물에너지효율에 관한 대책을 마련해야 한다. 현재의 에너지효율등급 제도는 건물에너지효율 제고에 큰 기여를 하지 못하고 있는데, 정창현 외(2010)에 따르면 에너지소비효율 1등급인 주택의 난방에너지 사용량은 연간 48kWh/m²에서 120.3kWh/m²로 편차가 매우 크다. 따라서 건물에너지효율등급은 적절한 기준으로서의 기능을 하기 어렵다. 별도의 기준을 통해

서라도 에너지효율을 높인다면 제로에너지타운 조성이 용이할 것이다.

2) 다가구매입 임대주택의 에너지효율 향상 의무화를 통한 제로에너지타운 조성

외국에서는 저소득층 주택 및 노후주택의 제로에너지화를 시도하고 있으며, 국내에서도 기존 주택의 리모델링 등을 통한 제로에너지타운 조성이 중요하다. 이를 위해 현재 서울시에서 시행 중인 다가구 매입 임대주택 제도와 제로에너지타운을 연계하는 방안을 고려할 수 있다.

특히 에너지효율 개선효과 및 비용대비 효율이 높은 부분에 대한 리모델링을 중점적으로 진행할 필요가 있으며, 주요 적용기술은 <표 5>와 같다. 이 외에도 건물이나 설비의 상태를 진단한 뒤 보일러 설치, 개별 온도제어시스템 등 다양한 기술을 적용할 수 있다. 이러한 방식으로 건물에너지 효율을 높이고 지열과 태양에너지 등을 효과적으로 적용한다면 기존의 단지에서도 제로에너지타운을 구현할 수 있을 것이다.

<표 5> 다가구 매입 임대주택 적용기술

기술	건축물						설비		
	지붕 단열	옥상 녹화	지붕 반사율	벽체 단열	벽면 녹화	창문 효율	공간 구성	개별 온도 제어	보일러 효율
중요도	●	○	△	●	○	●	△	○	◎

● 긴급, ◎ 매우 권장, ○ 권장, △ 유의미
주: 창문 효율 개선, 현관문 단열 성능 개선 포함

V. 결론

향후 탄소배출 저감과 에너지소비 저감 목표를 달성하기 위해서는 건물의 화석에너지 이용을 줄

이는 문제가 시급하며, 따라서 주거지의 제로에너지화가 중요한 문제로 부각된다. 세계 여러 나라에서는 이 점을 인식하여 1990년대 중후반부터 제로에너지타운을 조성하였으며, 제로에너지타운에 대한 지원을 강화하고 있다. 이에 비해 국내에서는 최근 들어서야 제로에너지타운의 한 부분인 제로에너지하우스가 시범적으로 선보였고, 신규 개발 지역을 중심으로 제로에너지타운의 계획요소 정도가 선보인 상황이다.

제로에너지타운 정책에서 드러나는 유사점은 각국 정부가 시범단지를 매우 중요하고 시급한 사업이라 생각한다는 점이다. 시범단지는 정책과 기술적인 실험을 위하여 반드시 필요한 과정으로 인식되고 있으며, 정부와 지자체에서 적극적으로 참여한 사실을 확인하였다. 시범단지라고 해서 소규모 단지만 있는 것은 아니다. 핀란드에서는 처음부터 대규모로 시범단지를 조성하였으며, 스웨덴이나 영국에서는 소규모 시범단지의 성공을 바탕으로 정책과 법규를 보강하여 제로에너지타운을 확장하였다. 그리고 각 제로에너지타운 사례들은 정부에서 시범단지의 중요성을 인식하여 뚜렷한 거시 및 세부 목표 하에 조성되었으며, 다양한 형태의 공공-민간 협력이 있었다.

세계의 제로에너지타운 정책에서 건물에너지 효율이나 신재생에너지 관련 정책의 일반적인 내용은 국내의 정책과 크게 다르지 않았다. 차이는 일반 정책이 아니라 이러한 일반 정책을 종합하여 시행하는 방식에 있다. 성공적인 제로에너지타운 사례에서 정부와 지자체가 특수한 형태로 지원을 추가하거나 기존의 정책을 제로에너지타운에 적극적으로 집중 적용하였다. 제로에너지타운은 에너지 복지 차원에서 중요한 문제이기 때문에 신규 단지 외에 기존 주택 리모델링이나 저소득층을

위한 주거지역의 제로에너지타운화에 노력을 기울여야 한다.

참고문헌

- 강해진 · 강수연 · 박진철 · 이언구, 2010, "ZEB(zero emission building) 디자인 프로세스에 관한 연구", 『한국태양에너지학회 논문집』, 30(2): 39~45.
- 국토해양부, 2010, 『지속가능한 신도시 계획기준』.
- 박상호 · 김광호, 2009, "Zero Energy Building(ZEB) 개념 및 설계 모델링에 관한 연구", 『대한전기학회 학술대회 논문집』, 40: 2186~2187.
- 서울시, 2009, 『서울 친환경에너지 기본계획 2030』.
- 정창현 · 김지영 · 김태연 · 이승복, 2010, "패시브 하우스와 건물에너지효율등급인증 건물의 특성 비교를 통한 건물에너지효율등급인증제도 개선점 분석", 『대한건축학회 논문집』, 26(3): 235~243.
- 조항문, 2007, "서울시 에너지 소비특성 조사", 『SDI 정책 리포트』, 서울시정개발연구원.
- 조항문 · 진상현 · 김민경, 2009, 『저탄소사회를 향한 서울시 건물에너지 저감전략』, 서울시정개발연구원.
- Ashford Borough Council, 2009, *Ashford Local Development Framework: Town Centre Area Action Plan*.
- Bernelmans-Videc, M., Rist, R. C. and Vedung, E. (eds), 1998, *Carrots, Sticks, and Sermons: Policy Instruments and Their Evaluation*, New Brunswick, New Jersey: Transaction Publishers.
- City of Helsinki, Ministry of Environment, 2005, *Eco-Viikki: Aims, Implementation and Results*.
- Clark II, W. (ed), 2010, *Sustainable Communities*, New York, NY: Springer.
- Department for Communities and Local Government, 2007, *Eco-towns Prospectus*, Communities and Local Governments Publications.
- Energy Saving Trust, 2006, *Creating a sustainable urban extension: a case study of Upton, Northampton*.

- European Commission, 2010, *DIRECTIVE 2010/31/EU OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 19 May 2010 on the energy performance of buildings*.
- Gårdstensbostäder, 2005, *Solar buildings in Gårdsten*.
- Goldstein, D., 2006, "Zero Energy Buildings and Zero Energy Homes", Presented at The Workshop on Energy Efficient Buildings Meeting the Gleneagles Challenge.
- International Energy Agency, 2009, *Cities, Towns & Renewable Energy: Yes In My Front Yard*.
- Joss, S., 2010, "Eco Cities: A Global Survey 2009", *WIT Transactions on Ecology and The Environment*, 129: 239~250.
- Laustsen, J., 2008, *Energy Efficiency Requirements in Building Codes, Energy Efficiency for New Buildings*, Paris: OECD/IEA.
- London Borough of Barking and Dagenham, 2006a, *Barking Town Centre Energy Action Area Implementation Plan*.
- _____, 2006b, *A Guide to Barking Town Centre Energy Action Area*.
- _____, 2007a, *Establishing a Community Heating Network in Barking Town Centre*.
- _____, 2007b, *Tackling Climate Change in Barking and Dagenham*.
- London Energy Partnership, 2007, *Making ESCOs Work: Guidance and Advice on Setting Up & Delivering an ESCO*.
- London Thames Gateway Development Corporation, 2009, *Regenerating East London*.
- Marszal, A. J. and Heiselberg, P., 2009, "A Literature Review of Zero Energy Definitions", *DCE Technical Report*, vol. 78.
- New Energy and Industrial Technology Development Organization, 2008, *Introduction of the Demonstrative Project on Grid-Interconnection of Clustered Photovoltaic Power Generation Systems*.
- New York City, Department of Housing Preservation and Development(HPD), 2007, *Melrose Commons Urban Renewal Amendments*.
- _____, 2008, "HPD Green: Greening Affordable", Presentation to Miami-Dade County Housing Authority.
- Office of the Deputy Prime Minister, 2005, *Low or Zero Carbon Energy Sources: Report 4. Final Report*.
- Partnership for Advancing Technology in Housing, 2005, *Tech Practices: Melrose II - Bronx, NY Affordable Housing*.
- Richards, K., 2002, "Home Swede Home: Bo01: The City of Tomorrow Apartment Block by Moore Ruble Yudell Architects & Planners and FFNS Arkitekter", *Archnewsnow*(2002/06/04).
- Scheurer, J., 2007, "Bridges to Utopia? A Sustainable Urban District in Freiburg, Germany", in *Urban ecology, innovations in housing policy and the future of cities: towards sustainability in neighbourhood communities*, Murdoch University.
- Short, S., 2007, "Upton: Partnering, Chronology, Delivering Mechanism", *Poundbury Series 2: Traditional Construction & Eco Towns: Upton Exemplar Project*.
- The European Council for an Energy Efficient Economy, 2009, *Steering through the Maze #2. Net Zero Energy Buildings: Definitions, Issues and Experience*.
- Torcellini, P. and Crawley, D., 2006, "Understanding Zero-Energy Buildings", *ASHRAE Journal*, 48(9): 62~69.
- Torcellini, P., Pless, S., Deru, M., and Crawley, D., 2006, *Zero Energy Buildings: A Critical Look at the Definition*, Conference Paper NREL/CP 550~39833, Golden, CO: National Renewable Energy Lab.
- Town and Country Planning Association, 2007, *Eco-towns: Scoping Report*.
- Twinn, C., 2008, "The Road to Zero Carbon Construction", Presented at Renewable Energy

Association On-site Renewable Conference.
Wilford, C., and Ramos, M., 2009, *Zero Carbon Compendium: Who's doing what in housing worldwide*, NHBC Foundation.
<http://greenhomenyc.org>(뉴욕시 친환경건물 정보 모음)
<http://showcase.homesandcommunities.co.uk>(유럽 에코타운 사례)
<http://web.phys.tue.nl>(Vauban 사례)
<http://www.berlin.de>(베를린시 지붕임대사업)
<http://www.buildingforlife.org>(Vauban 사례)
<http://www.city.ota.gunma.jp>(Ota시 사업 및 정책)
<http://www.cooltownstudio.com>(Malmö 이미지)
<http://www.ekostaden.com>(Malmö 정보)
<http://www.equusdesign.com>(뉴욕 Melrose Commons 사진)

<http://www.rolfdisch.de>(Solar settlement in Freiburg, Vauban 태양주택단지)
<http://www.ruralzed.com>(RURALZED: The zero carbon house is ready, 주택형 제로카본하우스 ZED 소개)
<http://www.secureproject.org>(Sustainable Urban Communities in Urban Areas in Europe, 유럽사례 자료)
<http://www.solarelectricpower.org>(펠타운 사진)
<http://www.susi-projekt.de>(Vauban 프로젝트 소개)
<http://www.zedhomes.com>(Ashford 이미지)

원 고 접 수 일 : 2011년 1월 14일
1차심사완료일 : 2011년 2월 10일
최종원고채택일 : 2011년 2월 25일