

저탄소 녹색도시를 위한 태양에너지 이용 선진사례 조사

김지수*, 이응직**, 이충식***

*세명대학교 대학원 건설공학과(hi-jisu@nate.com), **세명대학교 건축공학과(drlee@semyung.ac.kr)
***세명대학교 대학원 건설공학과(chunsam20@nate.com)

Best Practices Research Use of Solar Energy For Low Carbon Green City

Kim, Ji-Su*, Lee, Eung-Jik**, Lee, Chung-Sik***

*Construction Engineering, Graduate School, Semyung University(hi-jisu@nate.com)

**Dept. of Architecture, seymung University(drlee@semyung.ac.kr)

***Construction Engineering, Graduate School, Semyung University(chunsam20@nate.com)

Abstract

We are in search for many method at 21th century thinking about the environment internationally. One is among them low carbon green city. Consequently this dissertation put a system solar energy key point of low carbon green city and purpose of low carbon green city Besides system and technique about the solar energy best practices try to do the investigation analysis.

It's important of low carbon green city's environmental friendly system such as solar heat system, solar power generation, ecological greening, All these systems are connected each other and organize low carbon green city. A solar energy system uses pure energy of the situation directly most among the environmental friendly system.

Energy saving and environment-friendly city in the world must do not a choice. However, recognition conversion and infrastructure of the Korea still has not come true. But South Korea and the international best practices is not the same system. But plan to solar city, the concept of green city in Cheongju, Deagu local government. And many meetings are in progress.

Keywords : 환경친화적(Environmental friendly), 태양에너지(Solar energy), 저탄소 녹색도시(Low carbon green city), 태양 도시(Solar city)

1. 서 론

21세기 초입에서 세계적인 관심은 지구 온난화문제로 현재 국제적인 긴밀한 공조와 다각적인 대응으로 인류의 지속가능한 발전을 모색하고 있으며 ‘저탄소 녹색도시’¹⁾ 또한 그

대책의 일환이다.

지난 세기의 기후변화는 인류가 사용한 화석에너지에 의해서 급격한 증가를 가져온 온실가스가 주요 원인임은 IPCC²⁾보고서를 통

1)무공해에너지를 사용하고 자원을 절약하고 재사용하는 체계가 확립된 도시의 체계를 갖춘 도시.

해 이미 구체적으로 그 근거가 제시된바 있다.³⁾ 그리하여 이산화탄소(이하 CO₂) 등을 다른 나라에 비해 월등히 많이 배출한 EU를 비롯한 일본, 캐나다 등 선진국(38개국)의 온실가스 배출량 강제 감축을 규정한 교토의정서가 2005년 2월 발효되었다. 한편 온실가스 배출량이 538백만CO₂ 환산 톤⁴⁾으로 세계 10위, 연평균CO₂ 배출량 증가율은 4.3%로 OECD 국가 중 최고수준³⁾인 대한민국의 경우도 2013년 이후의 포스트-교토체제에서는 온실가스 감축의무를 부과 받게 될 것임이 일반적인 견해이다. 이러한 상황에 대비하기 위해서는 건축분야에서도 에너지 절약은 물론 이거니와 신·재생에너지를 활용한 저탄소 녹색도시 개발의 필요성이 대두되고 있다.

저탄소 녹색도시의 성패는 신·재생 에너지 기술과 그 기술을 도시 속에 어떻게 접목시키는가에 있다고 할 수 있다. 그 중에서도 태양에너지의 경우는 거의 무한에 가까운 태양의 빛과 열을 사용한 에너지원으로서 현재 인류문명에 있어서 가장 중요한 전기를 생산할 수 있는 에너지원이다. 이러한 태양에너지원이 ‘저탄소 녹색도시’를 위한 역할은 여러 선진국의 사례를 통해서도 확인되는 바이다.

따라서 본 논문에서는 시대적 이슈인 ‘저탄소 녹색도시’속에서 주요 에너지원중의 하나인 태양에너지에 중점을 두고, 저탄소 녹색도시의 도입목적 및 그 도시에 적용되는 태양에너지에 관련된 시설과 기술에 대한 선진사례를 조사하여 분석하고자 한다.

2. 저탄소 녹색도시

2-1. 저탄소 녹색도시의 개념

녹색도시는 “사람과 자연 혹은 환경이 조화를 이루며 공생할 수 있는 체계를 갖춘 도

2)세계기상기구(WMO)와 유엔환경계획(UNEP)이 공동으로 설립한 유엔 산하 국제 협의체이다.

3)삼성경제연구소 “기후변화 대응이 우리 경제에 미치는 영향 및 시사점” PP 23-62

4)IEA “CO₂ Emission from Fuel Combustion 2008”

시” 라는 사전적 정의를 가지고 있다.

따라서 저탄소 녹색도시는 환경 친화적인 도시로 정의되는 만큼 인간의 활동에 의한 자연부하를 최소화함으로써 지속가능한 도시발전 모델을 추구하게 된다. 특히 기후변화 문제의 중심에 있는 탄소발생을 억제내지는 제로화 할 수 있는 상황을 목표로 하는 도시 개념이다.

그러므로 도시의 기본 단위인 건축물에서의 에너지 절약과 태양에너지를 비롯한 탄소가 발생되지 않는 신·재생에너지의 활용은 필수요소로 대두되고 있음을 주목하게 된다.

2-2. 저탄소 녹색도시의 등장배경

인류의 화석연료 의존형 사회구조로 발전하면서 누적되어온 온실가스의 영향으로 기후변화가 심각해졌고, 도시의 과도한 대기오염과 열섬현상 등의 도시지역 기후변화 추세가 두드러지고 있는 실상이다.

특히, 건축물 소비에너지는 국가전체 소비량의 약 4분의 1정도이고, 도시건축물에서 배출되는 CO₂가 도시 전체 배출량의 38%를 차지하고 있어 건축물 및 도시에서 CO₂ 배출량을 줄이는 것이 문제해결의 주요 관건이라 할 수 있다.⁵⁾ 그림 36)은 지구 온난화에 따른 기온 변화의 전망 수치를 나타낸 것으로 온도의 변화가 2000년 이후로 급격히 증가하는 것을 볼 수 있는데 기온이 1.5℃~2.5℃ 상승하면 지구의 동·식물의 20~30%가 멸종 위기에 처하고, 3℃ 이상이면 지구의 자생적 한계에 다다르며, 6℃ 이상 상승하면 지구생명체의 대 멸종에 이른다⁶⁾ 것이다.

따라서 도시의 일상생활에서 탄소발생을 줄이기 위하여 산업, 건축물, 교통, 물순환, 폐기물처리 등의 복합적인 공조 아래에서 도시 전체의 에너지절약과 저탄소 정책실행이 이

5)국토해양부 행정중심복합도시 건설청 보도자료08.6.26

6)IPCC, Climate Change 2007

7)마크 라이너스, 6도의 악몽, 세종서적, 2008. 12.

루어질 수 있는 녹색도시계획이 태동하게 되었다. 본고에서는 태양에너지를 중심으로 건축물에 관한 내용만을 해당사항으로 한다.

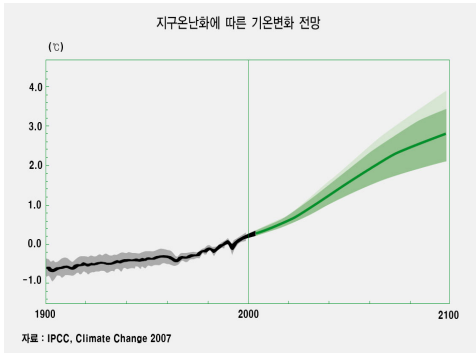


그림 3 지구온난화 따른 기온변화 추이

2-3. 저탄소 녹색도시의 주요 시스템

저탄소 녹색도시를 표방하는 도시구조이기에 그 시스템을 보면 건축물에서는 우선적으로 화석연료의 사용으로부터 탈피하기 위한 여러 친환경적 시스템이 도입되었다. 그 주요 항목은 표 1과 같다.

표 1 건물에 적용 가능한 친환경 시스템의 종류와 특징

친환경 시스템	특징
파시브 건축 공법	· 건물외피를 통한 열손실 최소화. · 고기밀 창호를 사용, 공기 흐름을 최소화.
부착온실	· 실내와 실외의 완충공간. · 기계설비를 이용하지 않고 태양열의 획득, 축열이 가능
지열 시스템	· 냉난방 겸용 시스템. · 설치비용 이외에 가동 시 비용이 없음.
태양광 조명	· 적외선, 가시광선, 자외선 모두를 이용하므로 효율이 높고 용도가 다양함. · 합선, 스파크 등의 화재연려가 없음.
태양열 집열판	· 무공해·무제한의 청정 에너지원임. · 난방용, 생활용 온수공급에서 발전용 온수까지 다양한 적용 및 이용성.
태양광 발전	· 태양열과는 다른 태양빛으로 전기를 직접 생산 가능. · 오염이 없는 친환경 에너지를 활용.

위의 표에서 언급된 시스템은 녹색도시에 사용되는 시스템 중의 건축물 자체에 적용 가

능한 시스템만을 언급한 것이고 그밖에 바람길, 물 순환, 녹지 등의 시스템이 존재한다. 이러한 모든 시스템이 결합, 상호 연계하여 지속가능한 저탄소 녹색도시를 구성하게 된다.

3. 태양 에너지와 건축

지구의 입장에서 태양은 에너지 공급원으로서 생명력과 온기를 제공하므로 태양 없이는 생명체의 존재는 불가능하다. 지표면에 도달하는 연간 에너지량은 약 10^{18} kWh정도이며, 이는 현재 지구에서 1년 동안 소비되는 1차 에너지의 약 10,000 배에 해당되는 어마어마한 양이다. 물론 태양에너지의 특성상 에너지 밀도가 낮아 대형 면적이 필요하다는 어려움이 있어 왔으나 기술력의 발달로 이러한 어려움도 점차 해소되는 과정에 있다.

에너지는 기존 형태에서 다른 형태의 에너지로 변환될 때마다 일정 수준의 손실을 가져와 효율이 떨어지게 되므로, 에너지 형태의 변환 단계가 많을수록 에너지 손실이 커지게 된다.⁸⁾ 그렇기 때문에 가장 순수한 상태의 에너지원인 태양에너지를 직접 사용하는 것이 가장 고효율의 에너지 활용이라 할 수 있다.

건축물의 태양에너지 이용은 일반적으로 자연형인 경우 건물의 남향 배치로 계절별 태양고도에 따른 가능한 최대한의 일사량 확보 및 과열 방지를 우선적으로 고려하여야 하므로 도시계획 차원에서도 단지계획에 적용시켜야 하고, 설비형 시스템의 경우에는 그림 3과 같이 주로 온수획득을 목적으로 하는 태양열 시스템과 태양광에서 직접 전기를 얻을 수 있는 태양광발전 시스템으로 나눈다. 이러한 시스템들은 건축물에 있어서 부가적요소로서 그 기능적인 면만으로 적용시키기 보다는 건축물과 통합화가 이루어질 때 성공적인 건축적 적용이라고 할 수 있을 것이다.

8)The Construction Business Journal 2008.8 PP 34-35

그러나 저탄소 녹색도시를 표방하는 입장에서는 단지 태양에너지만으로 소기의 목적을 달성하기에는 어려움이 있기 때문에 가능한 다른 신재생에너지 이용도 적극적으로 병행하여야만 한다.

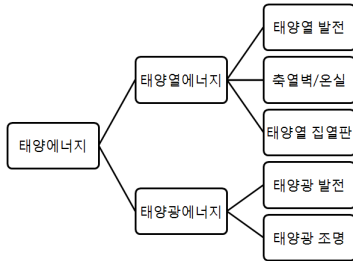


그림 4 태양에너지의 분류

4. 선진사례 조사

4-1. Nieuwland지구

네델란드 아메르스포르트시는 신도시로서 총 5000채의 주택과 70ha의 산업단지 규모로 시 외곽 Nieuwland지구에 지정하고 1995년 개발을 시작하여 2002년 완성하였다. 이 개발계획의 특징은 도시의 건물들이 탄소 저감 및 청정에너지 신기술을 실현하고 지속가능한 고품격 삶의 질 확보를 위한 Test bed 역할을 수행한다는 것으로서 태양에너지를 중심으로 한 생태주거단지의 실현에 목적을 둔 것이었다.

내용적으로는 태양에너지 이용에 대한 5개의 서로 다른 프로젝트를 수행한바, PV를 적용한 3개의 저에너지 초등학교, 단지 총MW급 PV프로젝트, 복합적인 태양에너지시스템 적용 임대주택(표2-그림 2, 3), 태양광시스템을 이용한 단독주택(표2-그림 1, 4), 연립형태의 초 에너지주택이 그에 해당된다. 표2-그림 5의 저에너지 초등학교의 경우에는 PV장치 이외에도 에너지 절약 기법으로 자연채광과 단열보강에 역점을 두었고, PV장치로는 1996년 완성된 학교에 192개의 지붕일체형 모듈, 1997년에 완성된 학교에는 124개의 AC PV 모듈을 적용하였다. 두 학교에서는 연간 8,000kWh

의 전기를 생산하고, 연간 3.392ton의 CO₂를 절감한다. MW급 PV프로젝트의 의미는 단지 내 주거건물에 총 출력이 1MWp PV를 적용하여 표준화된 성능과 제도개발을 목표로 한다는 것이다. 따라서 전체 주택 중 500가구에 가구당 2kW급(100Wp x 20매)이 설치되었고, 이 경우 총 CO₂ 절감량은 0.424ton에 이른다.

또한 총114가구의 임대주택 중 50가구에는 5.6m² 태양열 온수 집열기와 22.5m² PV모듈을 혼합 설치했고 PV에서의 연간 발전량은 82,500 kWh이며 이를 통해 연간 약 34.98ton의 CO₂를 절감한다.

표 2 네델란드 아메르스포르트 설치사례.



표2-그림 6의 초 에너지 모델주택은 Balanced Energy House⁹⁾에 입각한 더블 하우스로 태양열 온수집열기, PV모듈, 이중유리투명모듈, 루버차양 장치 등을 설치하였다. 설치된 PV모듈은 총 90m²이며 연간 약 7,500kWh의 전력을 생산하고 CO₂ 절감량은 연간 약 3.18ton이다.

9)연간 에너지 사용량 전부 태양에너지에 의해 충당한다는 컨셉.

4-2. Schlierberg 및 Vauban단지

독일 프라이부르크시는 에너지와 교통, 주거단지에 생태개념을 접목하여 만든 환경도시의 메카로 면적은 153.06km², 서울의 25.2% 정도 크기로 전형적인 중·소도시이다.

Schlierberg단지의 경우 설계에서 시공까지 철저히 에너지 절약 기술을 적용했다. 전체 주택은 자연채광과 일사획득이 가능하도록 하였으며, 유리창 사이에 아르곤가스를 넣은 단열 창을 시공했고, 환기설비에 열 회수 장치를 설치하여 배기되는 폐열을 회수하도록 하였다.

Schlierberg단지의 한 주택 지붕에 설치한(표 3-그림 1) BIPV모듈은 최고 출력 7.5kWp로 단지 전체로는 연간 40만kWh의 전력생산과 CO₂ 절감효과는 연간 169.6ton에 달한다.

Vauban단지의 주택들은 태양열 집열기에서 나오는 온수로 난방을 하며, 벽체에 30cm의 단열재를 사용해 열 손실이 거의 없도록 하였다.

표 3 독일 프라이부르크 설치사례.



하우스37¹⁰⁾의 경우 지붕 200m² 면적의 태양광 전지판은 최고 26.4kWp 출력으로, 연간

10) Vauban 주민들이 커뮤니티센터로 사용하는 곳

평균 2만2천kWh의 전력을 생산하고 아울러 연간 약 0.933ton의 CO₂를 절감한다. 이 단지에서는 태양에너지뿐만 아니라 다른 신·재생에너지와의 상호 연계적용으로 저탄소 녹색도시의 효과를 극대화하고 있다.

4-3. Pichling 단지

오스트리아 린츠시의 Pichling 단지는 시남쪽외곽에 위치하고 약 36ha 규모로 현재 약 1300여 가구에 약 3,000여 주민이 거주하는 솔라시티로서, 1992년부터 2005년까지 조성되었다.

표 4 오스트리아 린츠 설치사례.



이 프로젝트에는 노먼 포스터 경을 비롯한 여러 명의 세계적인 건축가가 계획과정에 참가하여 미래지향적인 저탄소 녹색도시를 위한 다양한 솔라시티 모델을 제시하고 있다. 특히 도시계획의 주안점을 도시 전 지역구성 및 주민생활스타일을 대상으로 생태기법 도입과 저 에너지 공법에 둬으로써 친환경적인 저탄소 녹색도시의 최초 태동을 가능케 했다. 결국 단지의 주거건물뿐만 아니라 전반적인 사회기반시설인 자연공원, 교통, 폐수 및 폐기물처리, 생태건축에 입각한 구성 재

료까지도 지속가능한 도시시스템으로 담으려는 의지를 나타내고 있다.

따라서 표4-그림 4처럼 2~4층 규모의 건물이 주로 남향으로 배치되어 사계절 태양광 및 태양열 이용에 최적으로 남측에 온실을 설치하였다. 동·서향 배치의 경우에는 건물 폭을 넓히고 창문면적을 크게 하여 자연채광 등을 원활케 하는 변화를 주고 있다.

단지의 열 에너지공급은 건물지붕에 설치된 (표4-그림 1, 4) 총 3,500㎡의 태양열시스템이 34%정도를 담당하는 것으로 계획되었으나 실제적으로는 약 50%에 이르며 나머지는 에너지 효율이 높은 열병합발전소로부터 공급된다.

주거용 건물의 연간 난방에너지소비량은 37[kWh/㎡]로서 계획기준인 44[kWh/㎡]와 오스트리아 평균 연간소비량 65[kWh/㎡]보다 작다.¹¹⁾ 이러한 결과는 건축적 측면에서 대형 창 면적으로 자연식 통풍과 채광, 겨울철 난방의 효과를 높였고, 표4-그림 1과 2처럼 외부차양 장치를 설치하여 여름철 과도한 일사부하를 차단하였으며 파시브하우스 공법에 따른 에너지 절감효과가 극대화되었음을 의미한다.

5. 결 론

근래의 태양에너지 이용활성화는 화석에너지원의 연소 시 발생하는 CO₂에 의한 지구 온난화라는 범지구적 문제에 대한 대책의 일환인 측면이 강하다. 아울러 세계적인 경향은 저탄소 친환경 도시가 대세로서 이는 인류와 지구를 위한 필수요소로 대두되며 국내에서도 정부의 적극적인 의지 속에서 관심이 폭증하고 있다.

이에 본고에서는 외국의 성공적인 저탄소 녹색성장 사례를 조사 소개하고 그 과정과 기법을 국내에서도 응용할 수 있는 길을 찾

고자 다음과 같이 정리해보았다.

- 태양에너지 시스템은 독자적인 설비도 충분한 가능성이 있으나 효과의 극대화를 위해서 다른 친환경 시스템과의 상호연계형태가 더욱 바람직하다.

- 태양에너지 시스템의 경우 건물의 최상부 또는 벽면 등의 외부에 위치하기 때문에 건물의 디자인적 측면을 고려한 의장성을 높여 건물 및 도시경관과 조화시킨다.

- 건축물 설치 PV모듈은 전력발생뿐만 아니라 PV모듈로 인해 생성되는 그늘 막 효과 등의 부수적인 요소까지 연계되는 치밀한 계획이 필요하다.

- 저탄소 녹색도시는 계획 단계부터 건물 및 단지의 컨셉과 목적을 명확히 정하여 그에 상응하는 도시 전반적인 대응기법과 그 지역에서 가능한 신·재생에너지 선별적용·도입을 추진해야한다.

- 무엇보다 중요한 것은 에너지 절약의식과 실천이다.

참고문헌

1. 지속가능한 에너지 저감형 첫마을 생태주거 단지 실현방안 연구. 2008.4
2. 국회 신·재생에너지 정책연구회 “우리나라의 신·재생에너지 기술개발 및 보급현황
3. 삼성경제연구소 “기후변화 대응이 우리 경제에 미치는 영향 및 시사점” PP 23-62
4. 국토해양부 행정중심복합도시 건설청 보도자료. 08.6.26
5. 솔라테크 이길송 “PV를 적용한 도시의 국내외 설치 및 운영사례” 2007.11
6. IPCC, Climate Change 2007
7. Eric Martinot. “Renewable Energy Information Market, Policy, Investment, and Future Pathways”
8. <http://www.kofac.co.kr>

11) Eric Martinot. “Renewable Energy Information Market, Policy, Investment, and Future Pathways”