

‘탄소제로 도시(Carbon Zero City)’ 건설을 향한 영국 베드제드(BedZED)의 혁신사례와 시사점

- 온실가스 감축을 위한 기법들은 선진국을 중심으로 대규모 주거단지 조성이나 도시 계획 차원에서 적극 도입되고 있으며 EU, 중국, 일본, 심지어는 아랍에미리트연합 등 세계 각국은 이미 ‘탄소제로 도시’ 건설 경쟁에 돌입
- 향후 고유가와 기후변화협약 시대에 신·재생에너지 개발과 이를 이용한 탄소제로 도시의 건설은 기술적·경제적·사회적 측면에서 매우 중요해질 전망
- 최근 우리나라도 새로운 택지지구 및 도시개발에서 탄소제로 도시의 건설을 표방하고는 있으나, 아직 실증시범화 시작단계에 머물고 있음

‘한국형 탄소제로 도시’ 개발을 위한 시사점

- 도시 개발이나 택지지구 조성 시 계획의 초기단계부터 탄소제로 개념을 도입하고, 녹색기술의 핵심인 신·재생에너지를 이용한 다양한 기법의 적용 필요
- 신·재생에너지 사용 시 일반주택이나 도시 건설보다 상대적으로 많은 비용이 든다는 점을 감안하여 개별주택 건축에서부터 생태 주거단지나 환경도시 조성에 보조금, 인센티브 등 다양한 형태의 실질적인 보전방안 마련 필요
- 고도의 건축기술과 에너지기술이 요구되는 탄소제로 도시 개발의 성공을 위해서는 전(全) 계획과정에서 공공기관, 대학 및 연구소, 개발업자, 건축사무소, 엔지니어설계사무소 등 다양한 주체의 공동작업과 지역공동체의 협력이 매우 긴요
- 탄소제로 도시는 해당지역의 자연적 특성과 인문사회적 특성을 모두 감안하여야 하며, 우리 여건에 적합한 탄소제로 도시 모델의 정립과 기법 개발이 중요

1. 21세기의 제1화두, 지구온난화와 온실가스 감축

- 2007년 12월 인도에서 열린 기후변화협약 제13차 당사국총회는 발리로드맵 발표와 함께 2009년까지 포스트교토체제에 대한 합의 도출을 결의
- 올해부터는 교토의정서에 의하여 38개국의 이산화탄소 의무감축이 본격화
 - 온실가스 배출규모 세계 10위인 우리나라의 경우 이번 감축기간에는 대상에서 제외되었으나, 2차 감축기간(2013~2017)에는 강제 감축대상국에 포함될 가능성 높음
 - 우리나라 산업구조는 에너지 다소비형으로 감축대상국 포함 시 많은 어려움 예상
- 지난 7월 7~9일 일본 홋카이도 도야코에서 열린 G8 정상회담에서도 '2050년까지 전 세계 온실가스 배출량을 현재의 절반으로 감축할 것'에 전격적으로 합의
 - 국가별 이행 방안 및 감축 목표 등 구체적인 합의에는 미치지 못했지만, 2007년 독일 하일리겐담에서 열린 회담결과보다 진일보한 의미 있는 성과
- 이러한 시대적 흐름 속에서 우리 정부도 1993년 기후변화협약 가입, 2003년 교토의정서 비준, 1998~2007년까지 총 네 차례 기후변화협약 종합대책 수립 등 노력을 경주
 - 또한 정부는 지난 8월 15일 대한민국 건국 60주년 기념식에서 '저탄소 녹색성장'을 새로운 국가비전의 축으로 제시하고, 9월에 기후변화대응 종합기본계획도 발표
 - 여기서는 그린홈 10만 호(2012년) 및 100만 호(2020년) 공급, 모든 지자체의 기후변화 대책 수립(2012년), 기후변화 R&D 투자규모 증대(2012년 5조 원) 등을 포함
- 이렇듯 최근 고유가와 기후변화협약에 대비하는 세계의 노력들은 기후변화 완화(Mitigation) 정책을 중심으로 지구온난화의 주범인 이산화탄소를 저감하는 것에 집중
 - 이는 곧 인류생존과 경제발전의 근원이었던 화석연료를 대체할 신·재생에너지 개발로 귀착)

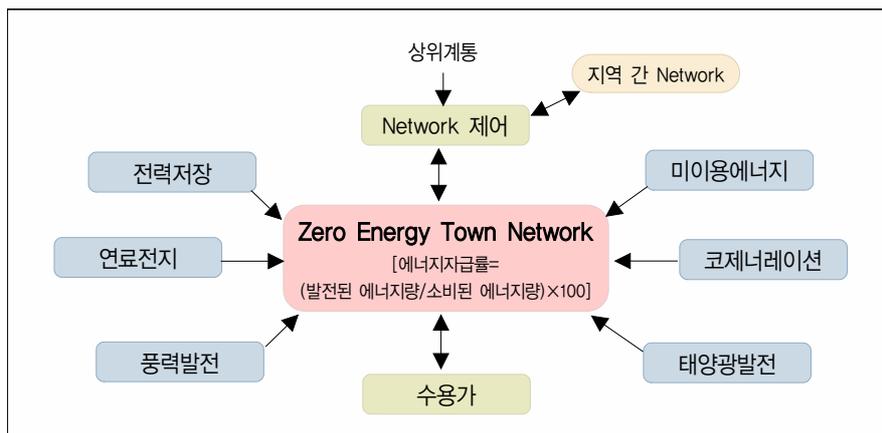
[그림 1] 기후변화에 대응하는 두 가지 방식



2. '제로에너지 개발' 또는 '탄소제로 도시'란

- 20세기가 '탄소 경제시대'였다면 21세기는 '탄소제로 경제시대'로 세계 각국은 지금 이산화탄소 감축을 위한 녹색기술(Green Technology) 개발과, 이것을 이용한 제로에너지 개발(Zero Energy Development) 개념을 도시계획에 적극 도입하고 있음
- 그 일환으로 EU, 아랍에미리트연합, 중국, 일본 등에서는 이미 탄소제로 도시(Carbon - Zero City) 또는 탄소중립 도시(Carbon - Neutral City) 건설 경쟁에 돌입
- 제로에너지 개발이란 신규 개발 시 주택, 건물 및 기타 기반시설로부터의 이산화탄소 배출량을 감축하는 저(低)탄소 개발을 시작으로 궁극적으로는 탄소제로 개발이 이루어 지도록 하는 기법을 의미
 - 이는 계획체계, 그린홈 코드부여정책, 건물규제 등 다양한 수단을 통해 가능
- 제로에너지 개발기법이 도입된 탄소제로 도시 또는 탄소중립 도시란 화석연료를 쓰지 않아 배출하는 이산화탄소가 없거나, 이산화탄소 배출량만큼 청정에너지를 자체 생산함으로써 탄소배출효과를 상쇄하는, 즉 온실가스가 '0'인 친환경도시를 의미

[그림 2] 탄소제로 도시의 개념도



자료: 박순철 외. 2005. 제로에너지 타운 - 에너지 자급도시의 비전. 한국태양에너지학회 학술대회논문집. p4에서 발췌.

- 1) 2004년 12월, 우리나라도 전문개정을 통해 「대체에너지 개발 및 이용·보급 촉진법」을 「신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법」으로 변경하여 이에 대비. 「신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법」 제2조는 신·재생에너지를 기존 화석연료를 변환시켜 이용하거나 햇빛, 물, 지열, 강수, 생물유기체 등을 포함하는 재생가능한 에너지를 변환시킨 에너지라고 정의.
 - ▶ 신에너지(3개 분야): 연료전지, 석탄액화가스화, 수소에너지
 - ▶ 재생에너지(8개 분야): 태양열, 태양광발전, 바이오매스, 풍력, 소수력, 지열, 해양에너지, 폐기물에너지

3. 영국 베딩톤의 ‘제로에너지 생태주거단지(BedZED)’ 조성사업

● 추진배경

- 이산화탄소 발생원 중 특히 주택이나 건물에서 발생하는 양은 전체 발생량의 4분의 1이나 차지하여 이 부문에서의 에너지 효율성 제고 및 절약이 각국의 당면과제로 등장
- 이러한 현실을 인식하고 2000년대 초부터 영국은 공공기관, 사기업, 개발업자들이 상호 협력하여 에너지 절약형 생태도시와 주거단지 개발을 시도
- 탄소제로 도시개발의 출발은 런던 남부 월링톤(Wallington)에 조성된 베드제드(Beddington Zero Energy Development : BedZED) 사례에서 찾을 수 있음
- 생태주거단지의 표본이자 친환경 건축의 가장 성공적인 사례로 손꼽히는 베드제드는 런던 남부 외곽에 위치한 우수처리시설 부지의 재생사업을 통해 조성
- 친환경 주거단지 조성을 목적으로 런던 자치구 Sutton으로부터 시세보다 싸게 브라운필드를 매입한 Peabody Trust는 BioRegional Development Group과의 파트너십과 Bill Dunster Architects의 설계를 통해 영국에서 최초이자 가장 규모가 큰 탄소제로 주거단지를 개발

● 사업 개요

- 가동이 중단된 우수처리시설 부지(전체 면적 1만 6500m²)에 에너지제로 개발기법을 도입하여 조성된 베드제드는 태양열과 풍력 등을 이용한 에너지 효율성 제고와 단지의 미적 아름다움을 동시에 추구하도록 설계
 - 특히 알록달록한 닭벼슬 모양의 환풍기가 인상적
- 조성사업은 2000년에 시작하여 2002년 9월에 완료

[그림 3] 베드제드의 주택과 광장 전경



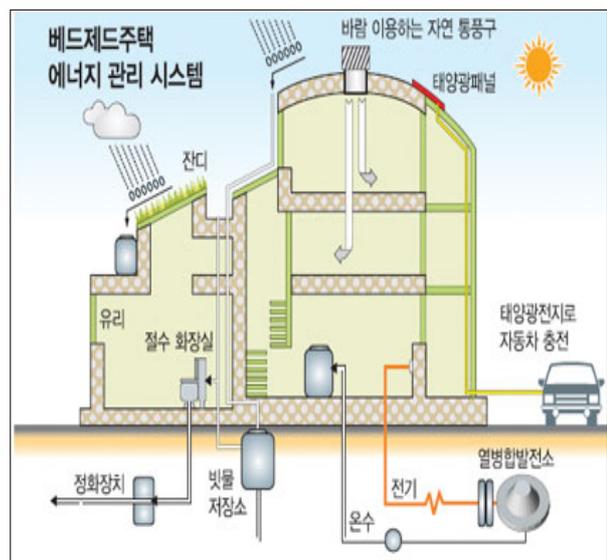
출처: <http://www.bioregional.com/>

- 2001년 5월 6가구에 대한 첫 분양 이후 2002년 3월에 입주를 시작하여 현재는 100여 가구의 단독·연립주택과 재택근무자를 위한 사무 및 커뮤니티 공간(2500㎡) 조성
- 베드제드 사업은 저소득층 자선단체, 지역환경단체, 건축사무소, 견적회사, 엔지니어설계회사 등 다양한 주체들의 친환경 도시개발 및 건축에 대한 열정과 협력에 의해 가능
 - 사업주체들로는 Peabody Trust, BioRegional Development Group, Bill Dunster Architects,²⁾ Gardiner & Theobald, Arup, Ellis and Moore 등이 있음
- 이렇게 조성된 베드제드 생태주거단지는 주택 중 3분의 1이 저소득층에게 임대되고, 30%는 Peabody Trust와 입주자가 공동 소유하며, 나머지 40%만 일반에게 분양

● 단지설계 원칙 및 특징

- 제로에너지(Zero Energy)에 도전
 - 소비되는 난방과 전력은 단지 내에서 생산되는 신·재생에너지를 활용
 - 모든 주택의 지붕 위에 태양광패널(777㎡)을 설치하고, 단지 내 열병합 자가발전소에서는 산업폐기물(목재)을 소각하여 에너지를 생산
- 에너지 효율성(Energy Efficient) 제고
 - 단지 내 모든 주택의 난방수요가 일반 주택의 10분의 1 수준이 되도록 설계
 - 미세한 바람을 이용할 수 있도록 특수 제작된 굴뚝을 설치하여 실내 환기와 건물내부의 온도를 조절하고, 건물 외벽에는 300mm의 슈퍼단열재를 사용하여 열손실을 최소화
 - 모든 주거용 공간은 남쪽에 배치하고, 3중 유리를 설치하여 태양에너지 이용을 극대화

[그림 4] 베드제드 내 주택의 에너지관리 시스템



출처 : <http://www.budaeco.org/>

2) Bill Dunster Architects는 표준화된 탄소중립 건축물 생산을 위하여 ZedFactory를 설립.

- 절수(Water Efficient) 및 재활용성 증진(Low - impact Materials)
 - 에너지 효율이 높은 세탁기를 사용하고, 빗물과 오수의 정화수는 화장실과 옥상정원 관리에 활용하며, 화장실에는 물절약 변기와 수도꼭지를 설치
 - 건축물 자재는 재활용이 가능한 자원을 활용하되, 건축부지에서 35마일 이내에 있는 로컬자재를 공급받음으로써 지역경제 활성화와 운송에 따른 연료소비를 최소화
- 탄소 저배출 교통수단(Eco - friendly Transport) 활용
 - 거주와 사무공간의 연계로 자가차량 운행을 최소화하고, 단지 내 주차장은 세대당 1대꼴로 배정하며, 모든 도로는 보행자와 자전거 통행자에게 우선권을 부여
 - 대중교통 이용을 극대화하고, 렌터카 개념의 공동차량제도(City Car Club) 및 카풀제(Car Pool)를 도입하였는데 이는 주민들의 활발한 교류와 공동체 형성에도 도움
 - 전기 또는 액화석유가스 차량에 우선권을 부여하고, 전기차의 에너지충전소도 제공

● 성과와 파급효과

- 단지조성 다음해부터 생태적 영향을 최소화하도록 설계된 베드제드의 성과에 대한 모니터링 결과, 이미 일부항목에서 목표치를 달성했거나 근접하고 있음([표] 참조)

[표] 베드제드의 자원 절감효과

항목	감축목표	2007년 기준 절감효과
실내난방	90% (전국평균 140kWh/m ² /년 대비)	48.0kWh/m ² /년 (Sutton 자치구 평균의 81% 수준)
온수	33% (1가구당 1일 전국평균 사용량 14.1kWh 대비)	6kWh (목표치의 57% 감축)*
전력	33% (1인당 1일 전국평균 사용량 4kWh 대비)	3.4kWh (Sutton 자치구 평균보다 약간 낮은 수준)
수도	33% (1인당 1일 전국평균 사용량 150ℓ 대비)	72ℓ (빗물 사용량 15ℓ를 합치면 총 87ℓ)
개인화석연료 차량운행	50% (1인당 연간 전국평균 대비)	1대당 연간 2304마일 (전국평균의 64%)
건축자재	<ul style="list-style-type: none"> • 단지 내 건축자재의 15%가 재활용 또는 재생자원 사용 • 단지 내 건축자재의 52%가 건축부지로부터 35마일 이내에서 조달 • 친환경적 건축자재의 사용으로 전체 환경영향의 약 25% 감소 	

주: *2003년 현재 모니터링 자료임.

자료: BioRegional Development Group 웹사이트(<http://www.bioregional.com>)를 참조하여 재구성.

- 2006년 12월 영국 정부는 베드제드 생태주거단지를 모델로 2016년까지 전국의 모든 신규주택을 탄소제로로 건축할 것을 제안하였고, 이듬해 5월에는 친환경주택 10만 호 건설 계획도 발표하기에 이룸³⁾

4. 기타 세계 각국의 노력들

- 독일 프라이부르크(Freiburg)의 ‘태양의 도시’
 - 독일 남서부에 위치한 프라이부르크는 인구 20만 명의 도시로 재생에너지원 사용 필요성에 대한 시민들의 인식과 협조 속에 태양을 모토로 한 환경도시 구축
 - 도시 내 많은 건물들이 솔라타워라는 태양전지판을 부착하는 것에서부터, 공공건물들도 태양광을 이용하고 있으며, 심지어는 태양에너지 레스토랑이나 소시지 가판대가 있는 등 태양에너지 자체가 아예 시민들의 생활 속에 공존
- 네덜란드 아메르스포르트(Amersfoort)의 ‘뉴랜드(Nieuwland) 친환경주거단지’
 - 6천 가구가 거주하는 친환경주거단지, 계획 초기단계에서부터 태양광 발전시스템을 도입하였고, 풍력, 바이오 등 다양한 재생에너지와 연계되도록 설계
- 중국 상하이의 ‘동탄 생태도시(Dongtan Eco-City)’
 - 2050년 인구 50만 명 규모로 계획 중인 동탄 생태도시는 태양열과 풍력 및 쌀겨·뱃짚 등 바이오에너지로부터 전력을 공급받고, 전기자동차, 수소연료 전지자동차 등 탄소제로 교통수단을 사용하도록 설계
- 아랍에미리트연합 수도 아부다비의 ‘마스다르 시티(Masdar City)’
 - 2013년을 목표로 건설 중인 마스다르 시티(면적 6km²)는 인구 5만 명과 1500여 개 기업이 입주할 수 있도록 계획
 - 태양열, 풍력, 쓰레기 재활용을 통한 재생에너지부터 전력을 공급받고, 자기부상열차 등 탄소 무배출 교통수단을 사용하며, 거리는 보행자 위주로 설계

3) 영국은 교토의정서상 1차 의무감축기간에 1990년 이산화탄소 배출량 대비 8%를 감축해야만 함

5. 정책적 시사점

- 선진국을 중심으로 온실가스 감축을 위한 기법들은 이미 개별 건물 수준에서 더 나아가 대규모 주거단지 조성이나 도시계획 차원에서 적극 도입되고 있음
- 향후 고유가 및 기후변화협약 시대에 신·재생에너지 개발과 이를 이용한 탄소제로 도시의 건설은 기술, 경제, 사회 등 다양한 측면에서 매우 중요해질 전망
- 이에 우리나라도 본격적인 신·재생에너지 시범도시 구축사업 계획을 발표하기 시작
 - 2005년 10월 준공된 대덕연구개발특구 내 ‘제로에너지 타운’을 시작으로, 화성동탄 신도시, 세종도시, 검단신도시, 마곡지구, 무안 기업도시 등이 탄소제로 도시를 표방
- 다만 우리 현실은 아직 탄소제로 도시의 실증시범화 시작단계로 실용화와 상용화를 위해서는 외국의 에너지 절약형 개발사례가 시사하는 바 큼
 - 도시개발이나 택지지구 조성 시 계획의 초기단계부터 탄소제로 개념을 적극 도입하고, 녹색기술의 핵심인 신·재생에너지를 이용한 다양한 기법을 적용할 필요가 있음
 - 신·재생에너지 사용을 전제할 때 일반 주택이나 도시를 건설하는 것보다 상대적으로 비용이 많이 든다는 점을 감안하여 근린홈 등 개별주택 건축에서부터 생태 주거단지나 환경도시 조성 시 보조금, 인센티브 등 다양한 형태의 실질적인 보전방안 마련이 요구됨
 - 고도의 건축기술과 에너지기술이 함께 요구되는 탄소제로 도시 개발이 성공하기 위해서는 전(全) 계획과정에서 공공기관, 대학 및 연구소, 개발업자, 건축사무소, 엔지니어설계회사 등 다양한 주체의 공동작업과 지역공동체의 협력이 매우 긴요함
 - 탄소제로 도시형태는 해당지역의 입지여건, 지형, 기후 등 자연적 특성뿐만 아니라 인문사회적 특성까지 감안하여 계획되어야 하며, 우리나라의 경우에도 우리 여건에 적합한 탄소제로 도시모델의 정립과 기법 개발이 중요한 과제임

● 국토연구원 국토·지역연구실 이순자 책임연구원 (031-380-0250, sjalee@krihs.re.kr)