

친환경 근린개발을 위한 도시설계 기법연구

A Study on the Urban Design Methods for the Environment-Friendly
Neighborhood Development

유광흠 Yu, Kwang Heum
조상규 Cho, Sang Kyu
오성훈 Oh, Sung Hoon
성은영 Sung, Eun Young

(a u r i

AURI-기본-2009-11

친환경 근린개발을 위한 도시설계 기법연구

A Study on the Urban Design Methods for the Environment-Friendly
Neighborhood Development

지은이: 유광흠, 조상규, 오성훈, 성은영

펴낸곳: 건축도시공간연구소

출판등록: 제385-2008-0005호

인쇄: 2009년 12월 26일, 발행: 2009년 12월 31일

주소: 경기도 안양시 동안구 관양동 1591 아크로타워 B동 301호

전화: 031-478-9600, 팩스: 031-478-9609

<http://www.auri.re.kr>

가격: 7,000원, ISBN: 978-89-93216-45-5

* 이 연구보고서의 내용은 건축도시공간연구소의 자체 연구물로서
정부의 정책이나 견해와 다를 수 있습니다.

연구진

Ⅰ 연구책임	유광흠 연구위원
Ⅰ 연구진	조상규 부연구위원 오성훈 부연구위원 성은영 연구원
Ⅰ 외부연구진	김세용 고려대학교 교수 이상문 협성대학교 교수 이재준 협성대학교 교수 정현옥 (주)두아건축 대표이사
Ⅰ 연구보조원	진현영 연구인턴 조진석 연구인턴

Ⅰ 외부연구심의위원	이규인 아주대학교 교수 민범식 국토연구원 선임연구위원 홍성덕 행정중심복합도시건설청 건설개발처장
------------	--

연구요약

제1장 연구의 배경 및 목적

도시의 물리적 환경은 단일 건축물에 대한 행위부터 대규모 신도시개발까지 다양한 규모의 건설행위를 통하여 갱신된다. 이러한 측면에서 국내에서 활발하게 벌어지는 도시계획사업은 기존의 도시구조 및 도시공간을 친환경적으로 개선할 수 있는 좋은 기회가 될 수 있다. 일례로 2007년말 기준으로 전국의 도시개발사업지구는 687개의 342,113,451㎡, 도시정비사업지구는 3,118개의 96,475,914㎡로 도시계획지구는 총 3,805개 438,589,365㎡이며, 이는 서울시 면적의 약 2/3에 해당하는 면적이다.

정부는 온실가스 감축을 위해 국가온실가스 감축목표를 30%로 설정하고, 건축물·도시·교통의 녹색화, 에너지 효율화, 녹색일자리 지원 및 인력양성 등 종합적인 정책을 추진하고 있다. 우리나라는 인구의 90%가 도시에 거주하고, 산업, 건물 등 도시민의 생활과 관련된 분야가 온실가스 배출량의 대부분을 차지하고 있다. 따라서 국가의 온실가스 감축 목표를 이행하고 저탄소 녹색성장을 구현하기 위해서는 도시, 건축물 분야의 역할이 중요하다. 이에 따라 도시설계분야에서는 친환경적 토지이용방안, 녹색교통체계, 신재생 에너지의 도입 등 친환경 도시설계요소 적용을 통한 온실가스 감축이 요구되고 있다. 또한 국가 온실가스 배출량의 25% 이상을 차지하는 건축물 분야의 역할 또한 매우 중요하다.

그동안 도시설계 및 건축분야에서 친환경성을 달성하기 위해 많은 이론적 논의와 제도적 노력이 있어 왔지만, 아직까지 온실가스 감축과 관련해서 구체적인 계량적 목표의 설정이나 실천방안이 마련되어 있지는 않은 실정이다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 기존의 친환경 관련 이론이나 계획 기법을 온실가스 감축이라는 새로운 목표에 적합하도록 계량화하고, 온실가스 감축을 위한 계획기법의 도입 비용을 파악하고, 온실가스 감축이 시장에서 자발적으로 이루어질 수 있는 정책적 지원체계의 마련이 필요하다.

본 연구는 도시의 물리적 환경의 친환경성을 강화하기 위한, 보다 구체적으로는 도시에서 발생하는 온실가스를 감축하기 위한 정부 정책 수립을 지원하기 위한 목적으로 수행되었다. 이를 위해 친환경 근린개발의 개념과 요건에 기반하여 현행 도시설계기법에 대한 검토와 국내외 사례조사를 시행하여, 온실가스 감축을 위한 친환경 도시설계요소를 도출하고, 이들 요소를 적용하는데 소요되는 비용과 감축효과에 대한 검증을 실시하여 정책적 지원방안을 제시하고자 한다.

제2장 친환경 근린개발의 이론적·정책적 배경

친환경성에 대한 기존의 논의는 리우선언에서의 ‘Environmentally Sound and Sustainable Development’, 즉 지속가능한 개발과 지속가능한 개발을 실현하기 위한 친환경 건축, 인간과 건축 그리고 인간과 사회공동체 등의 요소들을 복합적으로 고려한 생태건축·도시, 지속가능한 미래형 첨단 친환경 도시를 구현하고자 하는 U-ECO CITY, 온실가스의 감축과 환경자재를 성장동력이 되도록 하는 의미에서의 기후변화와 저탄소 녹색성장 등이 있다. 결과적으로 현재 온실가스 감축을 중심으로 하는 저탄소 도시개발 논의는 기존의 환경적 지속가능성의 연장선상에 있는 것으로 이해할 수 있으며, 보다 계량화되고 국내외적인 기후변화 위기인식에 따른 실천수단으로서 중요성을 가지고 있는 것으로 이해하는 것이 타당할 것이다.

본 연구에서 적용하고 있는 ‘근린(Neighborhood)’의 개념은 하워드나 페리가 제시했던 전통적인 근린개념과는 다소 차이가 있다. 기존의 연구들이 개별 건축물의 친환경 설계에 대한 기술적 발전, 설계방안에 집중하거나, 일정한 단지계획에서의 친환경성 구현방안에 한정되는 경향이 있으며, 다른 한편으로 도시계획 차원에서의 총량적 접근이 이루어지고 있는 실정이기에 개별건축물이나 단일한 단지차원에서의 연구를 포용하고, 이질적인 공간구성 속에서 친환경성을 달성하기 위해 ‘근린개발’의 개념을 채용하였다. 근린개발이라는 용어는 개발행위의 구체적인 규모를 특정하지는 않지만, 건축물과 주변 환경을 포괄하는 개발행위를 잘 표현할 수 있다고 판단된다.

이러한 관점에서 친환경성의 논의를 온실가스 감축이라는 보다 구체적인 목표에 집중하여 살펴보면, 세계적으로는 「97년 「교토의정서」에서 90년 대비 2012년 평균 5.2%를 줄이기 위해 38개 의무감축국의 감축목표(’08~’12)를 각각 명시하였고, 2007년

「발리로드맵」은 Post-2012 협상을 '09년말까지 완료하고, 선진국과 개도국 모두 측정·검증·보고 가능한 감축행동을 하도록 하고 있다. 이에 따라 세계 각국은 2020년 중기 감축목표를 국가별로 설정하여 추진하고 있으며, 더 나아가 중기감축목표와 연계하여 저탄소 녹색기술·산업을 육성하고 세계시장을 선점하려는 국가전략을 마련 중에 있다. 우리나라는 OECD국가로서 세계 9위의 온실가스 다배출국이나, 교토의정서 상 38개 의무감축국에 미가입 상태이지만, 에너지 다소비국가이면서도 에너지에 대한 대외의존도가 100%에 육박하며, 2013년 온실가스 의무감축국 포함이 확실시 되고 있다. 우리나라는 최근 온실가스 감축을 위해 국가온실가스 감축목표를 30%로 설정하고, 건축물·도시·교통의 녹색화, 에너지 효율화, 녹색일자리 지원 및 인력양성 등 종합적인 정책을 추진하고 있다.

이러한 국내외적인 여건 변화에 따라 우리나라는 기후변화협약대책위원회에서 “범지구적 기후변화대응 노력에 동참하고 녹색성장을 통한 저탄소사회 구현”을 비전으로 2008년 9월 “기후변화대응 종합기본계획”을 수립하였다. 그리고 다수 부처에서 개별 법률을 통해 부분적으로 실시하고 있는 각종 녹색성장관련 법을 유기적으로 연계 및 통합하여 추진하기 위하여 정부는 2009년 2월 녹색성장위원회를 구성하고 녹색성장기본법을 확정하였으며, 이와 함께 국가 에너지 기본계획 및 녹색성장 5개년 종합계획을 수립하여 현 정부의 핵심 국정과제인 “저탄소 녹색성장”을 제도적으로 뒷받침할 계획으로 있다. 또한 국토해양부에서 2009년 7월 “저탄소 녹색도시 조성을 위한 도시계획수립지침”을 마련하였으며, 그린홈 200만호 공급 등 8개 정책 25개 세부사업을 추진하고 있다.

외국의 경우를 살펴보면 영국은 탄소배출량 저감과 세계 경제 활성화를 위해서는 ‘녹색 경제 성장’이 필수적이며, 이를 위한 새로운 기반시설의 공급이 필요하다는 인식 하에 2008년 11월 ‘계획법’을 제정하였고, ‘계획법’의 주요 내용은 ‘국가정책지침(National Policy Statement)’ 및 ‘기반시설계획위원회(Infrastructure Planning Commission)’에 관한 것이다. 독일의 녹색성장 전략은 신재생에너지 개발 및 보급에 중점을 두고 있으며, 신재생에너지법(EEG)을 제정하여 풍력과 태양광, 바이오매스 등을 이용해 전기를 생산 및 판매할 계획이며, 지방 정부의 에너지 자립 및 지역 경제 활성화 노력도 주목할 만하다. 일본은 지난 2005년 2월 “지구온난화 대책의 추진에 관한 법률”의 개정법이 시행되어 이에 기초한 지구온난화대책본부를 내각에 설치하였으며, 국토교통성의 지구온난화 대응 추진정책은 저탄소형 도시구조를 목표로 한 도시 및 지역 조성을 종합적으로 추진하고 있

다. 또한 각 지방자치단체에서는 조례제정을 통해 저탄소형 사회 형성에 대한 지침을 마련하고, 저탄소 action area를 설정, 건축물 환경배려 평가제도 도입 등 저탄소형 도시만들기 사례를 추진하고 있다. 미국은 탄소세, 청정에너지 도입 등의 정책을 실시하고 있다.

국제 사회의 각 국가는 온실가스 저감을 위해 자국의 실정에 맞는 정책과 제도를 다양하게 마련하여 추진 중에 있다. 우리나라도 정부의 녹색성장 비전과 함께 관련 법제도가 수립 및 계획 중에 있다. 따라서 새로운 범국가적 패러다임으로서 대두되고 있는 온실가스 감축에 기여할 수 있도록 건축 및 도시설계분야에서 실질적으로 기여할 수 있는 방안이 마련되어야 할 것이다.

제3장 국내외 사례연구

국내외 사례조사를 위하여 도시부문에서는 UAE 마스다르 시티, 영국 베드제드(BedZED), 박람회도시 림(Riem), 스웨덴의 함마르비 등 4개의 국외 사례와 동탄2 신도시, 검단 신도시, 탕정 신도시, 행정중심 복합도시 등 4개의 국내 사례 총 8개의 사례를 분석하였다. 건축부문에서는 일본의 세키스이 하우스, 영국의 제로탄소주택, 국내의 경우 3리터 하우스, 그린 홈 제로 하우스 등 4개의 사례를 분석하였다.

국외 사례의 특징을 종합해보면 ① 복합용도계획과 직주근접을 통해 화석연료의 사용을 줄이며, ② 화석연료를 사용하지 않는 보행·자전거를 적게 사용하는 대중교통 활성화, 그리고 개인 차량의 소유를 최소한으로 하는 카셰어링 제도가 활성화 되어 있다. ③ 국외 저탄소 녹색도시의 경우 UAE 마스다르에서는 대학 및 연구기관, 독일 박람회도시 림에서는 제조업과 박람회를 통한 녹색산업을 살펴볼 수 있다. 또한 ④ 건물의 에너지 저감을 위해 다양한 패시브 솔라 시스템의 도입을 통해 부가적인 기계장치 없이도 효율적인 에너지 저감과 ⑤ 각 지역적 특색을 고려한 다양한 형태의 신재생에너지 도입을 통해 화석연료의 사용을 줄이고 있다.

국내 사례의 특징을 종합하면 최근 계획 중인 신도시의 경우 ① 복합용도계획과 대중교통 중심의 교통체계 계획을 통해 탄소발생을 저감하는 도시구조를 계획하고 있으나 ② 카풀 및 카셰어링 같은 개인의 자동차 사용을 줄이는 방안이 필요하다. ③ 신도시 내 연구개발 및 R&D 벤처단지 조성을 통해 첨단산업에 대한 연구가 진행중에 있으며, ④ 건

물의 고단열·고기밀 건축을 통한 다양한 형태의 에너지 저감은 이루어지고 있다. ⑤ 현재 태양광 및 태양열 에너지가 적극 도입되고 최근에는 바이오매스와 열병합 발전소에 대한 검토도 이루어지고 있다.

제4장 온실가스 감축을 고려한 친환경 도시설계 요소 평가

국내/외 사례 검토 및 문헌 연구 결과를 종합하면, 친환경 토지이용, 녹색교통체계, 에너지절약형 건축, 신재생에너지, 수자원 순환체계 부문의 도시설계 요소를 도출할 수 있다. 친환경 토지이용 부문은 근린개발의 열개를 친환경적으로 구성하기 위한 설계 요소로서 미기후 고려, 자연 순응형 개발, 복합 개발 등의 전략으로 나누어질 수 있다. 녹색교통체계 부문은 도시 내 자가용 이용을 억제하기 위한 전략들로 보행 및 자전거 활성화, 대중교통 활성화를 위한 계획적 배려, 친환경적 주차계획 수립 등을 통해 실현된다. 에너지절약형 건축은 건축물의 냉난방 에너지 절감을 목표로 하며, 고단열·고기밀 시공, 건축물 녹화, 건물 관리 시스템 도입 등으로 구현된다. 신재생 에너지는 주로 전기에너지와 열에너지를 대체하기 위한 태양광/태양열, 지열, 풍력발전 등의 대체에너지 시스템이 주된 요소이다. 마지막으로 수순환체계는 중우수 활용과 투수성 포장 등을 통해 도시 공간 내의 물 이용을 최대한 절감하는 설계 기법들로 구성되어 있다.

이러한 설계 요소들이 온실가스 감축을 위한 저탄소 도시설계 기법으로 전환되기 위해서는 우선 건축물과 도시 부문의 에너지 소비와 온실가스 배출 특성과의 관련성을 파악할 필요가 있다. 이를 위해 본 연구에서는 지식경제부의 2008년도 에너지 총조사 자료 및 IPCC 탄소환산계수 등을 적용하여 건축물 부문과 자가용 이용에 의한 온실가스 배출 특성을 분석했다. 분석 결과, 건축물과 도시 부문에서는 난방에너지 소비에 의한 온실가스 배출이 가장 높은 비중을 차지하며 부문 내 점유율로만 따지면 34%에 달하는 것으로 나타났다. 그 다음으로 높은 비중을 차지하는 부문은 전기에너지 소비 부문으로 나타나며 (31%), 뒤이어 자가용 이용에 의한 온실가스 배출이 전체 건축/도시부문 온실가스 배출의 약 23%를 차지하는 것으로 나타났다.

이러한 분석 결과는 온실가스 감축을 위한 도시설계 요소 적용의 우선순위에 있어서 에너지 절약형 건축과 신재생 에너지 부문 관련 요소의 적용이 가장 우선시 되어야 함을 보여주고 있다. 단, 각 신재생 에너지 요소 기술별로 고유의 제약 조건이 있음을 분

명히 인식해야 한다. 태양광·태양열 시스템의 경우 고밀 공동주택 중심의 우리나라 도시 환경에서는 적용이 제한적일 수 밖에 없다. 풍력발전이나 지열 히트펌프 시스템의 경우에도 도입 가능한 입지 조건이 매우 까다롭다. 또한 이들 요소의 경우 초기 투자 비용 부담이 상당하기 때문에 이를 완화할 수 있는 인센티브가 반드시 필요하다. 친환경 토지이용과 녹색교통체계 부문의 도시설계 요소도 중요하다. 단, 서구에서 많이 논의되고 있는 고밀 개발과 관련된 도시설계 요소는 이미 초고밀 도시화가 이루어진 우리나라 실정에는 적합하지 않을 수 있다. 이러한 부분은 대중교통 결절점에 대한 복합 개발 등을 중심으로 전략적인 실행이 이루어질 필요가 있다. 마지막으로 비 물리적인 에너지 절감 정책과 물리적인 도시설계 요소가 연계될 필요가 있다. 건축물 부문의 온실가스 배출에서 가장 큰 부분을 차지하는 전기에너지 소비는 냉난방에 의한 소비보다는 가전제품 이용 등에 의한 소비가 훨씬 큰 비중을 차지하기 때문이다. 도시 부문의 온실가스 감축을 위해서도 카풀이나 카셰어링 제도의 도입을 통해 적은 비용으로 큰 정책 효과를 낼 수 있다.

제5장 친환경 근린개발의 비용과 효과

친환경 근린개발을 실행하기 위해서는 비용과 효과에 대한 정량적인 근거 마련이 매우 중요하다. 이를 위해 본 연구에서는 약 50만 제곱미터 규모의 가상의 근린개발 계획안을 설정하여, 이에 대한 친환경 도시설계 요소 도입의 비용과 효과를 분석해 보았다.

이 장에서는 인구수 2140명, 세대수로는 856세대에 해당하는 가상의 근린 개발 단위를 설정하여, 온실가스 감축을 위한 도시설계 요소 도입에 따른 비용 및 효과를 추정했다. 온실가스 및 에너지 측면의 설계 지표로는, 단독주택, 도로, 공원녹지 및 주차장의 경우 패시브 하우스 및 신·재생 요소기술 도입 후 절감목표를 100%, 연립주택, 공동주택, 근린생활시설 및 종교시설은 10%, 그리고 공공청사, 학교 및 사회복지시설은 20%를 에너지 이용 절감 목표치로 설정했다. 수송부문에서는 자전거도로 설치에 따라 자동차 통행의 약 20%를 전환하는 것을 목표로 했으며, 생태녹지 계획에 있어서는 계획안 내에서 실현 가능한 최대 수준의 녹지 공급을 통해 온실가스를 감축하고자 할 때의 비용과 효과를 추정했다.

시범 대상지의 경우, 친환경 설계 요소 도입 이전의 건축공사비용은 약 6,486억원으로 추정되며, 연간 온실가스 배출량은 총 41,126이산화탄소톤이 될 것으로 추정되었다.

건축물 부문의 기준 온실가스 배출량은 35,240이산화탄소톤이며, 수송 부문은 약 5,886이산화탄소톤이 될 것으로 추정되었다.

이를 기준으로, 건축물 부문에 고단열, 고기밀 시공 등을 적용할 경우, 초기 투자 비용은 약 516억원의 증가가 있을 것으로 추정되며, 신·재생 에너지와 관련된 설계 요소가 추가로 도입될 경우 대상지 전체로 321.3억원의 추가적인 비용 증가가 발생하게 된다. 이러한 초기 투자 비용의 증가로 인한 온실가스 감축 효과는 연간 총 15,821이산화탄소톤에 달한다.

한편, 수송부문과 생태녹지 부문에 대한 친환경 설계 요소 도입의 비용과 효과를 분석한 결과, 온실가스 감축량은 연간 약 1055.4 tCO₂이었으며, 이를 위해 76.6억원의 초기 투자 비용이 발생할 것으로 추정되었다.

이러한 분석 결과를 종합하면, 에너지 절약형 건축, 신·재생 에너지, 생태 녹지 확충, 녹색 교통 체계 도입에 따른 초기 투자 비용의 순수 증가분은 세대당 약 1.07억원 정도로 예상되며, 이에 따른 온실가스 감축 효과는 친환경 설계 요소 도입 이전과 비교했을 때, 약 41% 정도의 온실가스 감축을 달성할 수 있을 것으로 예상된다.

제6장 친환경 근린개발의 실현을 위한 정책지원 방안

친환경 근린개발을 위한 국내외 정책·제도의 현황을 조사하고 국가별 정책지원 사례를 검토하여 시사점을 선정하였다. 전략적인 목표 설정, 다양하면서도 적절한 인센티브의 제공, 정부의 적극적인 지원정책이 친환경 근린개발을 성공적으로 추진하는데 가장 기본이자 핵심 요소라 하겠다. 실질적으로 각국은 자국의 실정에 적합한 친환경 기준과 이에 부합하는 방안을 선정하여 추진하고 있으며, 정부도 고용창출정책을 융합한 저탄소, 친환경, 자원절약 등 녹색성장 정책을 추진하고 있다.

세계 각국은 기후변화에 대한 대응을 동기로 하여 에너지 효율을 높이고 탄소배출을 줄이기 위하여 여러 제도를 운영하고 있다. 인센티브 적용기법은 집행방법에 따라 크게 보너스(또는 손실보상)부여를 통한 구조적 기법과 재정지원 기법으로 분류된다. 재정지원 기법은 ① 계획과 디자인 관련 보조금(Planning and Design Grants), ② 저리의 재정적 지원(Low-Interest Financing), ③ 저리의 재정적 지원(Low-Interest Financing), ④

맞춤식 장려금(Matching Grants), ⑤ 상·상금수여(Awards), ⑥ 허가 비용 절감 또는 허가비 환불(Reduced Permit Fees or "feebates") 등이 있다. 구조적 기법으로는 ① 용적률 및 건폐율 증가 지원(Density Bonuses), ② 신속허가(Expedited and Fast Track Permitting), ③ 공공공지 판매의 조건(conditioning of the sale of publicly-owned land), ④ 판매 촉진 마케팅(Marketing for Sale), ⑤ 자격표시제도(Logo Certification), ⑥ 무료 기술 보조(Free Technical Assistance) 등이 있다.

그 외 일반적인 방법으로 ① 탄소배출권 거래제(온실가스를 배출할 수 있는 권리를 하나의 상품으로 간주하여 시장에서 국가 간 또는 기업 간 탄소배출권을 구입 및 판매할 수 있는 제도), ② 청정개발체제(온실가스 감축목표를 부여받은 선진국들이 감축목표가 없는 개발도상국가에 자본과 기술을 투자하여 온실가스 감축사업을 실시한 결과로 획득하는 온실가스 감축분을 인정하는 제도), ③ 탄소시장과 탄소펀드(탄소배출권 거래제와 청정개발체제를 기반으로 한 탄소배출권 시장), ④ 에코마일리지(온실가스를 감축한 개인 및 단체에게 탄소마일리지, 저탄소를 위한 물품 등을 제공하여 온실가스를 줄이기 위한 제도) 등이 있다.

이러한 정책적 인센티브를 실현하는데 있어서 기반이 되는 연계적 인증제로 국내의 친환경 건축물 인증제도, 건물에너지효율등급제, 건물에너지합리화사업 등이 사용되고 있으며, 외국의 경우 미국 LEED-ND, LEED-NC, Cascadia Scorecard, 영국 BREEAM-communities, SEEDA Checklist, 일본 CASBEE-UD, 호주의 VicUrban Masterplanned Community Assessment Tool 등이 활용되고 있다.

제7장 결론

정부는 온실가스 감축을 위해 국가온실가스 감축목표를 30%로 설정하고, 건축물·도시·교통의 녹색화, 에너지 효율화, 녹색일자리 지원 및 인력양성 등 종합적인 정책을 추진하고 있다. 온실가스 감축은 구체적인 감축 목표 설정에 따른 기업활동 위축과 급격한 변화를 우려하는 시각이 만만치 않은 가운데, 최근의 국제적인 감축경향과 정부의 확고한 녹색성장 의지 표명으로 인해 이제는 적극적이고 현실적인 대안이 마련되어야 하는 문제로 대두되고 있다. 현재 온실가스 감축을 위한 도시설계 분야의 논의는 초기 수준으로 볼 수 있으며, 향후 보다 많은 연구와 구체적인 적용이 필요하다고 할 수 있다. 이러한 관점

에서 본 연구 또한 기존의 이론적 논의의 연속선상에 있는 것으로서 크게 세 가지 관점에서 연구의 의의를 제시할 수 있다.

첫째, 본 연구는 지속가능한 개발, 생태건축, 저탄소 개발 등 다양한 개념들의 관계와 특징을 파악하고 이들 논의를 온실가스 감축이라는 새로운 목표에 적합하도록 종합적으로 논의하고자 하였다. 이것은 현재 건축 및 도시분야에서 그동안 온실가스 감축의 실천수단이 주로 환경적 지속가능성 관련 요소를 중심으로 추진되어온 점을 감안할 때 향후 보다 다양한 전략과 실천수단이 개발·적용될 수 있는 토대가 될 것이다.

둘째, 본 연구는 온실가스 감축을 위한 도시설계기법들을 정리하고 그 중에서 정량적으로 산출가능한 지표를 제시한 점에서 후속연구를 위한 단초를 제공하였다는 점에서 의의가 있다. 온실가스 감축은 국가차원에서 구체적인 정책을 마련하고 지원책을 제공하기 위해서도 온실가스 배출량에 근거해서 추진되어야 하고, 특히 향후 배출권 거래제나 탄소세 등의 제도를 도입할 때도 온실가스 배출량이 기준이 된다는 점을 고려하면 정량적으로 산출이 가능한 설계요소의 발굴과 관련 지표의 개발은 지속적으로 이루어져야 할 것이다.

셋째, 본 연구는 제시된 설계요소 기술을 적용하여 가상의 근린개발 계획을 수립하여 가상 근린개발계획안의 총 개발비용, 친환경 요소기술 투입에 따른 초기투자비용, 비용회수기간, 에너지 효율, 탄소저감량에 대한 추정 등을 수행하였다. 설계요소의 적용 및 비용효과의 검증은 요소별 온실가스 배출량을 산정하고 온실가스 감축 목표 설정 및 실질적 수단을 강구하는 방법론을 적용하는 과정에 많은 시사점을 제공하게 된 점에서 연구의 의의를 찾을 수 있다.

그러나 본 연구는 우리나라 건축 도시설계 분야에서 구체적인 온실가스 감축논의가 이제 시작이라는 현실로 인해 한계를 지니고 있다. 온실가스 감축을 위해 가능한 도시설계 기법을 제시하는데 있어 정량적으로 계측 가능한 항목이 적어서 비용효과를 비교할 수 있는 요소기술이 제한적일 수밖에 없었다. 그리고 자료 수집 과정에서 부문별 통계가 서로 다른 형태로 작성되어 있는 경우가 많고, IPCC에서 제시한 틀을 사용하기 어려운 통계인 경우도 적지 않았으며, 요소별 성능 및 인증기준 등도 명확하지 않은 점이 많았다.

실제 근린개발에 있어 온실가스 감축을 위한 도시설계요소 적용이 제대로 이루어지기 위해서는 많은 문제들이 검토되고 실제 도입되어 검증되어지고 시행착오와 수정이 거

들되어야 할 것이다. 이러한 관점에서 본 연구는 근린개발에 있어 온실가스 감축을 가능하도록 하는 도시설계요소에 관한 기초연구의 성격을 갖는다고 할 수 있으며, 온실가스 감축을 위한 계획지침의 개발, 구체적인 계획지표와 계획기준을 체계화하고 실제적인 도시개발의 계획 수단으로의 활용, 온실가스 저감에 대한 평가인증 체계의 개발 등에 관한 지속적인 연구가 필요할 것이다.

주제어 : 친환경, 근린개발, 온실가스 감축, 도시설계요소, 저탄소, 비용효과

차 례

제1장 연구의 배경 및 목적	1
1. 연구의 배경 및 필요성	1
2. 연구 목적	3
3. 연구의 주요 내용	4
4. 선행연구와의 차별성	5
제2장 친환경 근린개발의 정책적·이론적 배경	7
1. 개관	7
2. 친환경 근린개발의 이론적 배경	8
1) 친환경성에 관한 기존의 논의	8
2) 친환경 관련 개념들의 관계	13
3) 근린개념의 설정	14
3. 친환경 근린개발의 정책적 필요성	16
1) 온실가스 감축의 필요성	16
2) 우리나라의 온실가스 배출 현황	18
3) 우리나라의 온실가스 관련 대응	20
4) 건축물과 도시공간에서의 온실가스 감축 필요성	20
5) 건축 및 도시 분야의 관련 정책 동향	22

제3장 국내 · 외 사례연구37

1. 개관	37
2. 국외 친환경 개발 사례 검토	37
1) 국외 도시부문 선진사례	37
2) 국외 건축 선진사례	50
3. 국내 친환경 개발 관련 동향	55
1) 친환경 도시개발 동향	55
2) 국내 친환경 건축기술 동향	56
4. 사례연구 종합	61
1) 국내 · 외 선진 사례의 친환경 도시설계 요소	61
2) 국내 · 외 주요 사례의 시사점	70

제4장 온실가스 감축과 친환경 도시설계 요소73

1. 친환경 도시설계 요소의 분류	73
1) 선행연구 및 사례검토를 통한 분류 기준 설정	73
2) 친환경 토지이용	76
3) 녹색교통체계	78
4) 에너지절약형 건축	80
5) 신 · 재생에너지 시스템	81
2. 건축물과 도시 부문의 에너지 소비와 온실가스 배출 특성	83
1) 개요	83
2) 주택 부문의 에너지 소비와 온실가스 배출 특성	84
3) 상업 · 공공 건축물 부문의 에너지소비와 온실가스 배출 특성	87
4) 자가용 이용 부문의 에너지 소비와 온실가스 배출 특성	88
3. 온실가스 감축을 고려한 친환경 도시설계 요소의 중요도 검토	90

제5장 친환경 근린개발의 비용과 효과93

1. 개요	93
1) 비용 효과 분석의 목적	93
2) 비용 효과 분석의 범위	93
3) 가상의 근린개발 계획(안)	93
2. 에너지절약형 건축 및 신·재생 에너지 도입의 비용효과 분석	98
1) 건축물 부문 에너지 감축 목표 설정	98
2) 가상 계획안의 건축물 부문 기준 에너지 수요 및 온실가스 배출량	99
3) 패시브하우스 요소기술 도입의 비용과 효과	103
4) 신재생 에너지 요소기술 도입의 비용과 효과	107
5) 초기 투자비용 회수 기간 분석	109
3. 녹색교통체계 및 생태녹지계획 도입의 비용효과 분석	111
1) 개요	111
2) 수송 및 토지이용 부문의 온실가스 발생량 분석 방법	111
3) 녹색교통 및 생태녹지 계획에 따른 온실가스 감축 효과 추정	113
4) 녹색교통 체계 도입 및 생태녹지 확충 비용 추정	116
4. 소결	119

제6장 친환경 근린개발의 실현을 위한 정책지원 방안121

1. 개관	121
2. 국내외 정책 지원 사례 검토	122
1) 친환경 기준 마련	122
2) 인센티브 부여	123
3) 각종 인증제도	134
4) 관련 기술 개발 지원	137
3. 소결	137

제7장 결론	141
1. 연구의 의의 및 기대효과	141
2. 연구의 한계 및 향후 추진과제	143
참고문헌	147
Summary	149
부록 1. 고강지구 에코시티 시범사업 사례연구	159

표차례

[표 1-1] 전국도시계획사업현황(2007년말기준)	3
[표 1-2] 주요선행연구	5
[표 2-1] 지속가능성의 세부 분류 항목	8
[표 2-2] 친환경의 두 가지 관점	11
[표 2-3] 녹색성장의 3대 요소	14
[표 2-4] 근린의 다양한 정의	15
[표 2-5] 국가 간 기후변화협약 체결 경과	18
[표 2-6] 온실가스 배출 관련 주요지표 (1990~2006)	19
[표 2-7] 2006년 부문별 온실가스 배출량	19
[표 2-8] 한국의 온실가스 배출 및 에너지 소비현황	20
[표 2-9] 저탄소 녹색도시 국내 정책 동향	23
[표 2-10] 녹색도시 조성 추진과제	24
[표 2-11] 녹색건축물 활성화 추진과제	24
[표 2-12] 지자체 시행 정책 및 제도	25
[표 2-13] 영국 중앙정부의 저탄소 관련 정책	26
[표 2-14] 영국 지자체의 저탄소 주요 정책	27
[표 2-15] 독일 중앙정부의 저탄소 관련 정책	28
[표 2-16] 프라이부르크의 저탄소 정책	29
[표 2-17] 일본 중앙정부의 온실가스 감축정책	30
[표 2-18] 일본 지자체의 저탄소 주요 정책	32
[표 2-19] 미국 연방정부의 저탄소 주요 정책	34
[표 2-20] 미국 지자체의 저탄소 주요 정책	34

[표 3-1] 국외사례 기본개요	38
[표 3-2] 계획요소에 따른 사례분석	39
[표 3-3] 계획요소별 해외 건축 사례 분석	50
[표 3-4] 국내사례 기본개요	55
[표 3-5] 국내 친환경 건축물 시범 사례 개요	56
[표 3-6] 국내외 저탄소 녹색도시 도입 계획요소	62
[표 3-7] 국내외 사례의 녹색 도시구조 요소	64
[표 3-8] 국내외 사례의 녹색교통 계획 요소	65
[표 3-9] 국내외 사례의 녹색산업 요소	67
[표 3-10] 국내외 사례의 녹색건축 요소	68
[표 3-11] 국내외 사례의 녹색에너지 요소	70
[표 4-1] 관련 선행 연구의 계획요소 종합	74
[표 4-2] 문헌 및 사례조사를 통한 일반 계획요소(60개)	75
[표 4-3] 사례 및 문헌에서 나타난 친환경 도시설계 요소 종합	76
[표 4-4] 건축·도시부문 온실가스 배출 추정치(2008년 기준)	84
[표 4-5] 주택부문 에너지소비 및 온실가스 배출(2008 에너지 총조사)	84
[표 4-6] 2008 에너지 총조사 표본 가구의 주택유형별 연간 에너지 소비량 (물량기준)	85
[표 4-7] 2008 에너지 총조사 표본 가구의 주택유형별 연간 온실가스 배출량	85
[표 4-8] 용도별 에너지 소비 및 온실가스 배출량 (주택부문)	86
[표 4-9] 상업·공공용 건축물 부문 에너지소비 및 온실가스 배출	87
[표 4-10] 상업·공공건축물 부문의 용도별 에너지소비와 온실가스 배출 특성	88
[표 4-11] 자가용 수송부문 에너지 소비량(2008, 지식경제부)	88
[표 4-12] 자가용 수송부문 온실가스 배출량 (2008 에너지 총조사)	88
[표 4-13] 2007년 기준 차종별 주 용도(2008 에너지 총조사)	89
[표 4-14] 자가용 이용 용도별 온실가스 배출(2008 에너지 총조사)	89
[표 4-15] 건축·도시부문 에너지 소비 목적별 온실가스 배출 특성 종합	90
[표 4-16] 온실가스 배출과 친환경 도시설계 요소의 관련성 분석	91
[표 5-1] 가상의 근린개발 계획(안) 토지이용 개요	94
[표 5-2] 5개 신도시 토지이용계획 용도별 면적 구성비와의 비교	95

[표 5-3] 가상의 친환경 근린개발 계획(안) 요소 기술 도입 범위	98
[표 5-4] 가상의 친환경 근린개발 계획(안) 건축물 에너지 절감 목표	99
[표 5-5] 시범단지 에너지사용량 예측	99
[표 5-6] 시범 대상지의 기준 이산화탄소 배출량	100
[표 5-7] 에너지원에 따른 이산화탄소 배출량	100
[표 5-8] 시범단지 에너지비용 예측	101
[표 5-9] 시범 대상지 전력 비용 산출 근거	102
[표 5-10] 공종별 평당 공사비	103
[표 5-11] 패시브하우스 적용시 용도별 추가 공사비	104
[표 5-12] 시범 대상지에 대한 패시브하우스 요소 도입 후 에너지사용량 예측	105
[표 5-13] 패시브하우스 도입 전후의 시범 대상지 에너지 사용량 비교	105
[표 5-14] 패시브 요소기술 도입 전후 시범 대상지 이산화탄소 배출량 비교	106
[표 5-15] 패시브하우스 도입 전후 에너지비용 예측	106
[표 5-16] 패시브하우스 도입 후 친환경 근린개발 단지의 에너지비용 예측	106
[표 5-17] 패시브 & 신·재생 요소기술 도입 후 에너지사용량 목표치	107
[표 5-18] 신재생에너지설비 설치비용 예측	108
[표 5-19] 신재생에너지 적용 후 이산화탄소 배출량	109
[표 5-20] 피분양자 신재생에너지설비 투자비용 및 회수기간 분석	110
[표 5-21] 차종별 연료소비	112
[표 5-22] 경기도 지역 수송부문의 차량 1대당 이산화탄소 배출량	112
[표 5-23] 나무연령 35세를 기준으로 한 임상별 탄소배출계수	113
[표 5-24] 경기도 지역 산림 1ha당 온실가스 흡수량	113
[표 5-25] 가상 계획안의 차량 대수 추정	114
[표 5-26] 가상 계획안의 수송부문 온실가스 배출량 예측	114
[표 5-27] 자전거 분담률에 따른 수송부문 이산화탄소 배출량의 변화 분석	115
[표 5-28] 공원 및 녹지 면적 증가에 따른 온실가스 흡수 효과 추정 결과	115
[표 5-29] 가상 계획안의 옥상녹화에 따른 온실가스 감축 효과 추정 결과	116
[표 5-30] 자전거 도로 설치에 따른 온실가스 감축 비용	117
[표 5-31] 공원녹지 구성에 따른 투입비용 추정 결과	117

[표 5-32] 옥상녹화 재료에 따른 조성비용	118
[표 5-33] 옥상녹화에 따른 비용과 효과 분석 결과	118
[표 5-34] 수송 부문 및 생태녹지 부문 온실가스 감축의 비용과 효과 종합	119
[표 6-1] 친환경 관련 인센티브제도 분류	124
[표 6-2] 국외 보조금 지원 사례	126
[표 6-3] 국외 세금공제 사례	127
[표 6-4] 국외 설치비 융자 사례	128
[표 6-5] 서울특별시 설치비 융자 사례	128
[표 6-6] 신재생에너지 관련 정부지원제도의 요약	129
[표 6-7] 용적률 인센티브 적용 사례	130
[표 6-8] 능동로·건대입구지구의 허용용적률 완화항목 및 내용	131
[표 6-9] 에코마일리지의 개요	133
[표 6-10] 친환경 건축물인증제도	134
[표 6-11] 건물에너지효율등급제	134
[표 6-12] LEED 인증제를 기준으로 한 인센티브 사례	135
[표 6-13] Cascadia Scorecard	136
[표 6-14] SEEDA Checklist	137
[표 6-15] VicUrban Masterplanned Community Assessment Tool	137
[표 6-16] 메릴랜드(Maryland, US)주의 인센티브 사례	138
[표 부록 1-1] 저탄소 녹색단지 조성 지표	164
[표 부록 1-2] 물 1m³ 생산·공급시 에너지 소비량(kwh)	171
[표 부록 1-3] 산림수목별 탄소흡수량(ha당 본수)	172
[표 부록 1-4] 산림수목별 탄소흡수량(ha당 본수)	172
[표 부록 1-5] 산림수목별 탄소흡수량(1000그루당)	172
[표 부록 1-6] 수종별 탄소 상쇄지표	173
[표 부록 1-7] 장래 수단별 유출입 통행량(계획년도 2021년)	176
[표 부록 1-8] 전국 차종 및 규모별 비율	177
[표 부록 1-9] 차량 유형별 평균 연료소비 비율	177
[표 부록 1-10] 연료별 평균연소율	177

[표 부록 1-11] TOE 환산표	177
[표 부록 1-12] 탄소배출계수	178
[표 부록 1-13] 활용 자원별 일자리창출 프로그램	183
[표 부록 1-14] 친환경 일자리 창출인원 총괄	184
[표 부록 1-15] 연차별 추진계획	185

그림차례

[그림 2-1] U-ECO CITY의 목표	10
[그림 2-2] 미국 47개 도시를 대상으로 분석한 밀도와 일인당 차량주행거리의 관계	13
[그림 2-3] 1961~2003년간 인류의 생태학적 발자국의 확대추이	13
[그림 2-4] 근린 개념의 상대적인 위치	15
[그림 2-5] IPCC(2007), Climate Change: The Physical Science Basis	17
[그림 2-6] 우리나라의 CO ₂ 배출량 현황	22
[그림 3-1] 마스다르 계획 조감도	40
[그림 3-2] 마스다르 계획 조감도	40
[그림 3-3] PRT	41
[그림 3-4] LRT	41
[그림 3-5] 세그웨이	41
[그림 3-6] 태양전지 패널이 설치된 도시전경	42
[그림 3-7] A Molten Salt System	42
[그림 3-8] 베드제드 전경	42
[그림 3-9] 베드제드 건물 형태	42
[그림 3-10] 열병합 발전 시스템 다이어그램	44
[그림 3-11] PSV	44
[그림 3-12] 태양광판	44
[그림 3-13] 박람회 도시 림	45
[그림 3-14] 박람회 도시 림	45
[그림 3-15] 박람회 도시 림	45
[그림 3-16] 박람회 도시 림 배치계획도	46

[그림 3-17] 박람회 도시 림 배치계획도	46
[그림 3-18] 함마르비 조감도	48
[그림 3-19] 함마르비 토지이용도	48
[그림 3-20] 함마르비 수변공간	48
[그림 3-21] 함마르비 산책로	48
[그림 3-22] Eco Cycle Model	49
[그림 3-23] 관로수송시스템 개념도	50
[그림 3-24] 관로수송시스템 적용사례	50
[그림 3-25] 세키스이 하우스 기술개발요소	53
[그림 3-26] 세키스이 하우스	53
[그림 3-27] 영국 제로탄소주택 기술개발	54
[그림 3-28] 탄소제로 주택	54
[그림 3-29] 주요계획요소	58
[그림 3-30] 난간식 태양열집열판	58
[그림 3-31] 옥상녹화와 옥상녹화에 의한 옥상부의 온도변화 감지기	59
[그림 3-32] 그린홈 제로주택 추진 단계	60
[그림 3-33] 외부공간 요소기술	60
[그림 3-34] 마스다르 계획 조감도	63
[그림 3-35] 박람회 도시 림 토지이용계획도	63
[그림 3-36] 세그웨이	65
[그림 3-37] 베드제드 카쉐어링	65
[그림 3-38] 박람회도시 림의 박람회장	66
[그림 3-39] 박람회도시 림의 박람회장	66
[그림 3-40] 베드제드 PSV	68
[그림 3-41] 베드제드 옥상녹화	68
[그림 3-42] 베드제드 열병합 발전소	69
[그림 3-43] 태양광집열판	69
[그림 4-1] 지형에 따른 에너지 저감 효과	77
[그림 4-2] TOD 개념	79

[그림 4-3] 환경친화형 교통체계 예시도	79
[그림 4-4] 자전거 전용도로(예시)	80
[그림 4-5] 보행우선구역(예시)	80
[그림 4-6] 열교환 환기시스템 모식도	80
[그림 4-7] 일조를 고려한 배치의 효과 개념도	80
[그림 4-8] 태양광 패널 설치 사진 1	81
[그림 4-9] 태양광 패널 설치 사진 2	81
[그림 4-10] 지열 히트펌프 시스템 모식도	82
[그림 4-11] 바이오매스를 이용한 난방·급탕 개념도	82
[그림 4-12] 도시 온실가스 배출량 산출의 기본 틀	83
[그림 5-1] 비용·효과 분석을 위한 가상의 근린개발 계획(안): 토지이용계획	96
[그림 5-2] 비용·효과 분석을 위한 가상의 근린개발 계획(안): 건축물 배치계획	97
[그림 5-3] 온실가스 배출량 분석 방법	111
[그림 부록 1-1] 에코시티계획의 목적	160
[그림 부록 1-2] 고강지구 에코타운 위치	161
[그림 부록 1-3] 고강지구 에코시티 시범사업의 기본 개념	163
[그림 부록 1-4] 고강지구 에코시티에 적용된 저탄소 환경설계 체계	164
[그림 부록 1-5] 바람길 활용을 통한 탄소저감 환경설계	165
[그림 부록 1-6] 고밀집적형 개발방식을 통해 탄소발생을 회피하는 방안	166
[그림 부록 1-7] 단지 내 도로설계를 통해 탄소발생을 회피하는 방안	167
[그림 부록 1-8] 저탄소 환경설계지표개발방법	167
[그림 부록 1-9] 저탄소 녹색도시계획 프로세스	168
[그림 부록 1-10] 옥상녹화로 인한 탄소저감량 산출방법	168
[그림 부록 1-11] 공동주택 외피시스템으로 인한 탄소저감량 산출방법	169
[그림 부록 1-12] 이중 외피	170
[그림 부록 1-13] 이중 외피	170
[그림 부록 1-14] 중수도 사용에 따른 탄소 저감량 산출방법	170
[그림 부록 1-15] 녹지확충에 따른 탄소상쇄량 산출방법	171
[그림 부록 1-16] 조경 수목에 인한 탄소상쇄량 산출방법	173

[그림 부록 1-17] 신재생에너지 사용으로 인한 탄소회피량 산출방법	175
[그림 부록 1-18] 대중교통이용에 따른 탄소회피량 산출방법	176
[그림 부록 1-19] 탄소감축 기법을 적용한 주거단지	181
[그림 부록 1-20] 탄소감축 기법을 적용한 주거단지	181
[그림 부록 1-21] 4000職 프로젝트 구성도	182
[그림 부록 1-22] 지역개발트러스트의 운영로드맵	185

제1장 연구의 배경 및 목적

1. 연구의 배경 및 필요성
2. 연구 목적
3. 연구의 주요 내용
4. 선행연구와의 차별성

1. 연구의 배경 및 필요성

기후변화에 따른 온실가스 감축이 전지구적인 문제로 부각됨에 따라 이에 대응하기 위한 정책 및 행동이 요구되고 있으며, 이미 선진국에서는 개별적인 환경 및 에너지 기술 뿐만 아니라 건물, 교통, 도시설계, 도시관리 등에 걸친 종합적인 대응전략을 시행하고 있다. 특히 EU 등 선진국의 경우 온실가스 규제를 무역장벽으로 활용함에 따라 온실가스 감축이 중요한 국가적인 경제적 문제로 부각되고 있다. 이에 따라 최근 정부는 2020년 국가온실가스 감축목표를 배출전망치(Business As Usual, BAU) 대비 30% 감축기로 결정하였고, 이는 IPCC(기후변화에 대한 정부 간 패널, Intergovernmental Panel on Climate Change)가 개발도상국에 권고한 감축범위(BAU 대비 15~30% 감축)의 최고수준으로 국내적으로 ‘저탄소 녹색성장’ 정책을 강력하게 추진하고 범지구적인 기후변화 대응 노력에 적극 동참하는 분위기를 조성하는데 기여하려는 의지를 표명하였다.

‘저탄소 녹색성장’은 온실가스 감축과 연계한 새로운 국가발전 패러다임으로, 저탄소, 친환경, 자원절약 등 녹색성장 전략에 고용창출전략을 융합하여 이를 통해 녹색경제로의 이행을 촉진하는 정책이다. 또한 격화되는 국제적인 녹색경쟁(Green Race)에 능동적으로 대응하기 위한 대안으로, 온실가스 감축은 개별 국가의 노력과 국가 간의 협력을 위해 1997년 「교토의정서」에서 90년 대비 2012년 평균 5.2%를 줄이기 위해 38개 의무감축국의 감축목표('08~'12)를 각각 명시한 이래로 2007년 발리 로드맵에서 선진국은 물

론 개도국도 측정·검증·보고 가능하도록 하는 등 온실가스 감축의 의무가 강화되고 있는 추세이며, 우리나라도 2013년부터 온실가스 의무감축국에 포함될 가능성이 높은 실정이다. 우리나라는 OECD가입국이면서도 1997년 IMF여파로 개발도상국 지위로 간주되어 의무감축대상에서 제외되었으나, 현재 에너지 소비 10위, 세계 CO₂배출량 세계 9위이며, 증가속도는 세계 1위를 차지하고 있다.

우리나라는 인구의 90%가 도시에 거주하고, 산업, 건물, 교통 등 도시민의 생활과 관련된 요소들이 온실가스 배출량의 대부분을 차지한다. 따라서 국가 온실가스 감축목표를 이행하고 저탄소 녹색성장을 구현하기 위해서는 도시 및 건축물 분야의 역할이 매우 중요하다. 특히 도시설계 분야에서는 친환경적 토지이용방안, 녹색교통체계, 신재생 에너지의 도입 등 탄소저감효과가 높은 친환경 설계요소 적용이 요구된다. 이와 관련되어 현재 국내에서 활발하게 벌어지는 도시계획사업은 기존의 도시구조 및 도시공간을 친환경적으로 개선하여 탄소배출량을 줄일 수 있는 좋은 기회이며, 실제로 2007년 말 기준으로 전국의 도시개발사업지구는 687개의 342,113,451m², 도시정비사업지구는 3,118개의 96,475,914m²로 도시계획지구는 총 3,805개 438,589,365m²이며¹⁾, 이는 서울시 면적의 약 2/3에 해당(2007년말기준)하는 면적이다.

선진국의 경우 UAE에서 추진되고 있는 마스다르(Masdar City) 프로젝트에서 보이는 것과 같이 온실가스 감축과 연계하여 도시차원의 저탄소 기술을 확보하고 이를 통해 세계시장을 선점하려는 전략을 추진 중에 있으며, 국내의 경우에도 최근 들어 도시수출이 주요한 국가전략으로 대두되고 있는 실정을 감안하면 저탄소 도시개발 모델이 구체화될 경우 이는 도시수출의 주요한 경쟁력이 될 수 있다. 또한 국가 온실가스 배출량의 25% 이상을 차지하는 건축물 분야의 역할 또한 매우 중요하며, 녹색건축물 보급 등 온실가스 감축을 위한 건축물 분야의 참여가 절실히 필요하다.

이러한 관점에서 온실가스 감축과 관련되어 국가정책과 저탄소도시 구성을 유기적으로 연계하여 원천기술을 개발하고 실제 도시조성에 적용하도록 하는 방안이 구체적으로 제시되어야 한다.

1) 국토해양부 홈페이지, 정보마당>통계정보>주요통계

[표 1-1] 전국도시계획사업현황(2007년말기준)

단위 : 백만㎡

구분	계		도시개발사업		정비사업	
	개소	면적	개소	면적	개소	면적
총계	3,805	438.59	687	342.11	3,118	96.48
서울	1,578	28.69	12	5.83	1,566	22.86
부산	390	19.77	3	0.10	387	19.67
대구	89	2.71	3	0.23	86	2.47
인천	201	85.79	82	81.39	119	4.40
광주	161	23.94	21	15.45	140	8.49
대전	79	22.42	20	18.63	59	3.79
울산	45	14.92	42	14.64	3	0.28
경기	300	45.15	62	37.60	238	7.54
강원	65	10.44	30	8.65	35	1.79
충북	66	25.92	40	25.21	26	0.71
충남	75	11.33	35	9.71	40	1.61
전북	205	24.69	90	18.27	115	6.39
전남	174	23.09	29	13.65	145	9.44
경북	134	39.94	86	37.90	48	2.04
경남	195	45.20	108	41.05	87	4.15
제주	48	14.61	24	13.78	24	0.83

※ 출처: 국토해양부 홈페이지, 정보마당>통계정보>주요통계

2. 연구 목적

이러한 현실을 바탕으로, 본 연구는 온실가스 감축과 관련한 구체적인 계량 목표설정과 실천방안을 마련하기 위해 도출된 변화대상 요소를 중심으로 한 친환경 녹색도시 설계기법을 제시하고, 이를 기준으로 현 수준에서 적용 가능한 탄소저감 정책수립을 지원하는 것을 목표로 수행되었다. 도시 물리적 환경의 친환경성을 강화하기 위해, 보다 구체적으로는 도시 내 온실가스 배출량을 감축하기 위해 친환경 근린개발의 개념과 요건을 기반으로 현행 도시설계기법에 대해 검토하여 변화대상 요소를 도출하였다. 이렇게 도출된 친환경 도시설계요소를 가상의 근린개발 단위에 적용하여 친환경 도시설계 기법 도입수준에 따른 탄소저감효과와 개발비용 상승정도를 산출하여 온실가스 감축을 위한 친환경 도시설계요소의 비용 대비 효과를 계량적으로 검증하였다. 이를 바탕으로 국내외 정책지원 사례를 종합적으로 분석하고, 사례분석 결과에 대응하며 현 수준에서 적용 가능한 정책지원방안을 제안하고자 하였다.

3. 연구의 주요 내용

본 연구는 친환경 근린개발의 이론적 배경 검토 및 정책적 필요성 고찰, 친환경 근린개발을 위한 도시설계요소 도출, 친환경 근린개발의 비용과 효과에 대한 검증, 그리고 친환경 근린개발의 실현을 위한 정책지원 방안 검토를 주요 내용으로 하고 있다.

친환경 근린개발의 이론적 배경 및 정책적 필요성을 검토하기 위해 관련 문헌 조사와 전문가의 자문을 통해 친환경 근린개발 개념과 요건에 대해 살펴보았다. 지속가능한 개발, 친환경 건축, 생태건축·도시, U-ECO CITY, 기후변화와 저탄소 녹색성장 등 친환경성에 관한 기존의 논의를 살펴보고 정리하였으며, 본 연구에서 다루고자 하는 공간적 범위로서의 근린에 대한 정의를 제시하였다. 그리고 검토된 내용을 바탕으로 온실가스 감축의 필요성, 온실가스 배출현황, 관련 대응현황, 건축물과 도시공간에서의 온실가스 배출현황 등을 통해 친환경 근린개발의 정책적 필요성을 제시하고, 국내외에서 진행되고 있는 건축도시 분야의 친환경 관련 정책동향을 분석하였다.

친환경 근린개발을 위한 도시설계 현황파악을 위하여 관련 국내외 사례를 도시부문 선진사례와 건축부문 선진사례로 구분하여 조사하였으며, 관련 요소기술의 적용현황 및 설정목표를 중점적으로 분석하여 친환경 근린개발을 추진하는데 있어 고려되어야 할 시사점을 도출하였다.

온실가스 감축을 위한 친환경 도시설계요소 도출을 위해 선행연구 및 사례분석에서 도출된 요소를 친환경 토지이용, 녹색교통체계, 에너지절약형 건축, 신재생에너지, 물순환체계 부문으로 나누어 정리하여 각 요소별 세부사항을 검토하였다. 또한 건축물과 도시부문의 에너지 소비와 온실가스 배출 특성을 조사하여 건축물과 도시 부문의 온실가스 배출 구조를 분석하였다. 사례 및 문헌 조사를 통해 도출한 친환경 도시설계 요소와 부문별 온실가스 배출량과의 관계를 교차 비교하여 온실가스 배출을 목표로 했을 때의 설계요소별 중요도를 도출하였다.

분석된 결과를 토대로 온실가스 감축량에 대해 계량적으로 측정이 가능한 도시설계요소를 가상의 프로젝트에 적용하여 친환경 근린개발의 비용과 효과에 대한 정량적인 평가가 수행되었다. 이 모의실험을 통해서 친환경 개발요소 적용에 따른 비용증가 및 탄소저감효과를 계량적으로 산출하였고, 친환경 도시설계기법의 도입수준에 차이를 두어 그에

상응하는 비용 대비 효과를 분석함으로써 적용 가능한 설계요소의 항목과 도입수준을 제시하였다.

최종적으로 친환경 개발을 위한 국내외 정책·제도 현황을 조사하고 실행되는 정책지원 수단을 분류하고, 국내외 정책에 대한 검토를 통해서 도출된 시사점과 사례분석 결과를 고려하여 통합적인 정책지원 방안을 제안하고자 하였다.

4. 선행연구와의 차별성

기후변화와 생태계보존에 관한 논의가 활발해짐에 따라 친환경에 대한 여러 분야의 연구가 꾸준히 진행되었으며, 특히 정부의 정책 패러다임과 맞물려 친환경에 대한 연구는 더욱 증가하는 추세이다. 그 중에서 이주형(2006)의 주거단지 친환경계획요소에 대한 만족도와 중요도를 평가한 연구와 이승민 외(2006)의 국내외 친환경 건축물 인증기준의 평가항목을 비교분석한 연구는 친환경 기술의 적용과 관리에 대하여 각 항목별 중요도를 분석하고 평가하였다. 또한 최영호(2002)의 전원형 생태주거단지계획연구와 이재준(2008)의 친환경적인 생태마을 조성방안 연구는 친환경의 적용 범위를 단지와 도시로 선정하였고 서태성(2008)의 기후변화에 따른 국토여건전망과 국토도시분야의 추진과제는 국토정책의 전략적 차원에서 친환경을 주제로 다른 연구로 타 연구와 연구범위를 달리하였다.

기존연구의 내용과 범위를 분석해 본 결과 선행연구는 개별적인 환경기술의 적용방안, 또는 특정용도의 개별단지계획에서 생태적 개선방안, 국토정책 차원의 친환경대책을 다루고 있다. 본 연구는 이와 같은 선행 연구의 논의에서 한 발 더 나아가 친환경 녹색도시를 구축하기 위해서 공간적 범위를 근린으로 설정하고, 근린개발에서 저탄소 설계요소를 적용하는 비용 및 효과를 계량적으로 검증하였으며 이 결과에 대응하는 적정 대안을 모색하는데 중점을 둬으로써 기존연구와의 차별성을 획득할 수 있었다.

[표 1-2] 주요선행연구

구 분		선행연구와의 차별성		
		연구목적	연구방법	주요 연구내용
주요 선행 연구	1	<ul style="list-style-type: none"> 과제명: 전원형 생태주거단지 계획연구 연구자(년도): 최영호(2002) 연구목적: 생태주거단지 모형 제시 	<ul style="list-style-type: none"> 선행연구 검토 국내외 사례조사 현지답사 	<ul style="list-style-type: none"> 생태주거단지 개념 정립 방법론적 고찰 기본계획 및 단지계획 방향 전원형 생태주거단지의 건축 계획방향
	2	<ul style="list-style-type: none"> 과제명: 에코시티개발 및 	<ul style="list-style-type: none"> 국내외 사례조사 	<ul style="list-style-type: none"> 이론적 에코시티 모델 개발

구 분		선행연구와의 차별성		
		연구목적	연구방법	주요 연구내용
		사례적용 연구 ▪ 연구자(년도): 환경부(2007) ▪ 연구목적: 에코시티의 개념 정립 및 적용모델 개발	▪ 선행연구 검토 ▪ 개념 및 모형 제시	▪ 사례적용 연구 ▪ 모형의 제시
	3	▪ 과제명: 건강문화생태회랑 구축전략 연구 ▪ 연구자(년도): 김명수(2008) ▪ 연구목적: 건강문화생태회랑의 개념 및 적용방안 제시	▪ 현장답사 ▪ 국내외 사례조사 ▪ 사례지역 적용	▪ 건강문화생태회랑의 개념적립 ▪ 건강문화생태회랑의 기능 및 유형 ▪ 사례대상지에의 적용을 통한 규모별 구축방안 ▪ 건강문화생태회랑 실현 전략을 제시
	4	▪ 과제명: 기후변화에 따른 국토여건전망과 국토도시분야의 추진과제 ▪ 연구자(년도): 서태성(2008) ▪ 연구목적: 국토의 기후변화에 대응하기 위한 국토도시조성을 위한 정책방향 도출	▪ 문헌조사 ▪ GIS 및 RS기법 활용 ▪ 공간계획의 기후변화 반영 사항에 대한 정성평가	▪ 기후변화 국내외 동향조사 ▪ 국내 기후변화 현황 및 국토공간 여건 검토 ▪ 기후변화 대응 국토도시분야 과제 발굴 및 정책건의
	5	▪ 과제명: 환경친화적 국토발전을 위한 전략 연구 ▪ 연구자(년도): 이용우 외(2001, 국토연구원) ▪ 연구목적: 환경친화적 국토발전을 위한 국가전략 수립(토지이용, 교통, 자원보전 및 이용 등 3가지 부분에서 수립)	▪ 문헌 및 인터넷 조사 ▪ 해외사례조사 ▪ 협동연구 ▪ 전문가 자문	▪ 개념정의 ▪ 환경친화적 국토발전을 위한 원칙과 과제 ▪ 외국사례검토(영국, 독일, 일본의 지속가능 발전전략) ▪ 환경친화적 국토발전 전략 및 시행방안 도출 ▪ 3개 부문별 전략 및 10개 시행방안 제시
	6	▪ 과제명: 도시형태와 에너지활용과의 관계 연구 ▪ 연구자(년도): 안건혁(2000, 국토계획) ▪ 연구목적: 한국도시의 형태와 에너지활용의 관계 제시	▪ 한국의 22개 중소도시에 대해 밀도, 면적, 규모, 인구 및 산업분포 분석을 통해 에너지소비량과 도시형태와의 관계 분석	▪ 밀도와 교통에너지소비는 반비례 ▪ 중심집중형이 바람직하나 과도한 집중은 오히려 지양해야 할 것으로 제시 ▪ 컴팩트시티 개념으로의 전환 필요성 제시
	7	▪ 과제명: 친환경 건축물 인증심사기준 개발 및 개정 연구 ▪ 연구자(년도): 조동우 외(2004, 한국건설기술연구원) ▪ 연구목적: 공동주택 및 학교건축물의 친환경인증 심사기준안 개발	▪ 해외사례검토 ▪ 전문가 자문	▪ 해외사례검토 ▪ 공동주택 및 학교시설 친환경인증기준
본 연구		▪ 과제명: 친환경 근린개발을 위한 도시설계기법 연구 ▪ 연구목적: 친환경 근린개발을 위한 도시설계기법의 적용 및 효과 검토	▪ 이론적 검토 ▪ 국내외 사례조사 ▪ 탄소배출을 고려한 도시설계요소의 재평가 ▪ 사례적용을 통한 비용과 효과 산출	▪ 근린개발의 개념 및 정책적 필요성 검토 ▪ 기존 사례의 설계기법에 대한 검토 및 요소의 종합 ▪ 친환경 근린개발을 위한 설계기법 제시 ▪ 저탄소 도시개발 요소기술의 적용 및 검증

6 친환경 근린개발을 위한 도시설계 기법연구

제2장 친환경 근린개발의 정책적·이론적 배경

1. 개관
2. 친환경 근린개발의 이론적 배경
3. 친환경 근린개발의 정책적 필요성

1. 개관

에너지·기후시대(Energy Climate Era, ECC)를 맞이하여 전 세계적으로 심화되고 있는 기후변화에 대응하기 위해 UN기후변화협약(United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC)은 선진국에 온실가스 감축 의무를 부과하고 있으며, 감축목표를 제시하도록 하며 동시에 구체적인 정책을 추진하도록 하고 있다. 이러한 온실가스 감축 노력은 그동안 전개되어온 친환경성에 관한 기존 논의의 연속선상에 있는 것으로 판단되며, 본 연구에서는 지속가능한 개발, 친환경 건축, 생태건축·도시, U-ECO CITY, 기후변화와 저탄소 녹색성장 등 친환경성에 관한 기존의 논의를 관련 문헌 조사와 전문가의 자문을 통해 살펴보고, 친환경 개발의 개념과 요건에 대해 정리하였다. 또한 공간적 범위로서 근린에 대하여 기존의 다양한 논의를 검토하고 본 연구에서 다루고자 하는 바를 제시하였다.

그리고 검토된 내용을 바탕으로 온실가스 감축의 필요성을 살펴보고, 우리나라의 온실가스의 배출현황을 개괄하였다. 또한 우리나라의 온실가스 관련 대응방향과 건축물과 도시공간에서의 온실가스 배출현황 분석 등을 통해 온실가스 감축의 필요성을 제시하고, 국내 정책 추진현황과 더불어 영국, 독일, 일본, 미국 등 해외에서 진행되고 있는 건축도시 분야의 저탄소 관련 정책동향을 분석하였다.

2. 친환경 근린개발의 이론적 배경

1) 친환경성에 관한 기존의 논의

□ 지속가능한 개발(ESSD)

1987년 브룬트란트 위원회²⁾ 「Our Common Future」 보고서에서 ‘지속가능한 개발(Environmentally Sound and Sustainable Development, ESSD)³⁾은 미래 세대의 요구를 충족시키는 능력을 손상하는 일 없이 현세대의 요구(needs)도 만족시키는 것’이라고 지속가능한 개발에 대한 개념을 정의하였다. 이와 유사하게 Goodland and Ledoc(1987)는 지속가능한 개발은 ‘재생가능한 자원(renewable resources)의 사용도 그 속도를 조절하여 자원에 관한 후손의 사용권리를 제한하지 않도록 하는 것’으로 정의하였고, O’Riordan(1989)은 개발과 환경보호의 겹을 연결하는 절충적 의미의 용어로 지속가능한 개발을 다루었다.

[표 2-1] 지속가능성의 세부 분류 항목

경제적 지속가능성	<ul style="list-style-type: none"> 지역의 지속가능한 발전 	지역산업의 밸런스, 주택수급의 밸런스, 시대의 유연한 대응가능성, 지구의 비교우위성, 지역의 매력 만들기
환경적 지속가능성	<ul style="list-style-type: none"> 환경오염방지 	대기오염, 수질오염, 토양오염 방지
	<ul style="list-style-type: none"> 폐기물삭감 · 자원의 재이용 · 장기 내용성 	폐기물분리, 폐기물삭감 · 재이용 · 재활용이 가능한 자재의 개발, 물순환, 빗물이용, 건축구조의 장기내용성, 유지관리
	<ul style="list-style-type: none"> 에너지 소비절감과 유효이용 	건물과 에너지소비, 패시브시스템, 일조의 계획적인 작성, 통풍성능을 배려한 주거동 배치, 컬렉션 시스템, 자가에너지주택, 교통과 에너지소비, 효율적 도시구조, 주행보행권내의 활동량을 의식한 컴팩트한 지구의 계획, 자전거 등 비동력계 교통기관 이용의 촉진 및 그것을 주축한 컴팩트한 도시구조
	<ul style="list-style-type: none"> 생태계의 다양성 	비오톱(다양한 생물의 안정된 생식환경)
	<ul style="list-style-type: none"> 도시기후의 완화 	도시열섬문제, 도시캐노피층, 알베드, 옥상녹화, 표상보전
사회적 지속가능성	<ul style="list-style-type: none"> 지구온난화방지 	이산화탄소배출량, 라이프 사이클 평가
	<ul style="list-style-type: none"> 도시활동의 밸런스 	적정한 인구 밸런스, 주택수급의 밸런스, 다양한 유형의 주택구조

2) WCED(World Commission on Environment and Development, 1987)의 ‘지속가능한 개발’: 미래세대의 필요를 충족할 능력에 손상을 주지 않으면서 현세대의 필요를 충족시키는 개발(Sustainable development that meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs.)

3) ESSD: Environmentally Sound and Sustainable Development

	▪ 도심가의 매력유지	도심의 품위 · 브랜드의 유지, 특색있는 역사 · 문화 · 연계성의 계승, 건물의 지역성
	▪ 주택지의 개선·변신의 용이성	관리·관계 조정의 가능성, 건립의 적정밸런스
	▪ 사회의 안전성	양호한 커뮤니티의 유지, 지속가능 커뮤니티

※ 출처: 정종대(2006), 「친환경 주거단지의 계획과 평가」, KSI한국학술정보(주).

1992년 브라질 리우환경회의에서는 지속가능한 개발(sustainable development)⁴⁾을 ‘현 세대의 자원이용과 환경의 개발이 과도하게 이루어져서 후세대에 필요한 복지를 위협하지 않도록 진행되는 개발’로 정의하고 ‘의제 21(Agenda 21)’을 채택하였고, 1996년 터키 이스탄불에서 개최된 제2차 유엔인간정주회의의(UN Conference on Human Settlements, Habitat II)에서 ‘Habitat Agenda’를 채택하여 전 지구적인 목표수립과 행동강령을 선정하여 지속가능한 개발이 추진되도록 제안하였다.

□ 생태건축 · 도시

생태건축·도시는 건축을 주변 자연환경적인 것과 건축과의 관계(시각환경 공학), 인간과 건축, 인간과 인간과의 관계(사회공동체), 건축과 건축, 건축과 건물, 건축과 구성요소들과의 관계를 고정적 관념이나 완결된 현상이 아닌 성장하고 살아 움직이는 조직(system)으로 이해⁵⁾하는 개념으로, 이는 생태학⁶⁾에서 출발하여 과학의 한계를 넘어 종교 철학·사회정치학·환경디자인 등 현대 사회의 모든 분야에 걸쳐 밀접하게 연계되어 있다.

P. und M. Krusche(1979)가 연방환경부에 제출할 연구보고서의 제목을 결정하면서 자연과 인간의 상호관계 및 생태계를 고려한 다양한 건축적 시도와 개념들을 종합하여 ‘생태건축(ökologisches bauen)’⁷⁾이라는 용어로 처음 사용하였는데, 여기에서 ‘생태건축’은 자연환경과 에너지 효율을 고려한 입지선정, 건물계획, 건물형태, 건물배치, 재료선택, 공간계획, 건물내부의 기능연계, 건축기술체계 그리고 수목과의 연계 및 이용을 의미한다. 그리고 생태건축의 의미는 자연의 생태적 원리와 고유한 정통양식을 이해하고 재해석하여 응용하며 주민들의 활동과 생활 속 전반에서 생태적인 삶을 자연스럽게 실천하는 마을로

4) 리우선언에서의 'Environmentally Sound and Sustainable Development'를 '지속가능한 발전, 지속가능한 성장 등'의 용어 대신 우리나라에선 '지속가능한 개발'로 해석하여 동일 의미로 사용함.

5) 정무웅(2006), “친환경·생태적 성전 건축의 개념과 실현”, 「사목」, v331, 한국천주교중앙협의회, pp.48-55.

6) 독일 생물학자 헤켈(E.Haeckel)이 1866년 처음 창안한 생물학의 한 분야로서 인간을 포함한 생물·생물군과의 그들의 생활에 영향을 주는 생활환경과의 관계를 연구하는 학문

7) 정종대(2006), 「친환경 주거단지의 계획과 평가」, KSI한국학술정보(주).

서 생태마을⁸⁾의 개념으로 확대되었다. 생태마을의 시초는 1960년대 덴마크의 코하우징 커뮤니티(Cohousing Community)로 마을은 생활과 생산의 공동체이며 주거지는 자연친화적이며 환경보전적인 생활공간으로서 생태적 용량이 고려되어 주변 환경과 조화되고, 주민활동은 주민 스스로가 자원절약, 자원순환, 저소비의 생태적 생활을 실천하며 의사결정은 의사교환, 의사수렴 등 주민합의에 기초해 이루어지는 것을 특징으로 한다.

□ U-ECO CITY

‘U-Eco’는 ‘ubiquitous’와 ‘ecologic’의 합성어로 첨단 IT기술을 집대성한 유비쿼터스 인프라를 바탕으로 도시 관리기술, 생태계 순환기능 유지, 에너지 순환 및 자원사용저감 기술 등을 통해 인간과 자연이 어우러지는 쾌적한 환경을 갖춘 미래형 첨단 친환경 기술을 의미하며, ‘U-ECO CITY’는 U-Eco 기술을 도시공간에 융·복합하여, 혁신적인 도시 가치를 창출하는 지속가능한 미래형 첨단 친환경 도시⁹⁾를 지칭한다.

U-ECO CITY는 물리적 공간인 도시 공간 내에 유비쿼터스 첨단정보통신기술인 RFID/USN과 광대역 유무선 네트워크 기술을 활용하여, 언제(anytime), 어디서(anywhere)나, 어떤 디바이스(any device)를 통해서 도시 내의 수많은 공간(space)과 사물(things) 그리고 사람(people)들 간에 정보 교환(communication)이 가능한 물리적 생활환경 공간으로서 생태 및 자연이 인간과 함께 살아 숨쉬는 IT 기반의 지능화된 21세기 친환경 미래복합도시 구현을 목표로 한다.



[그림 2-1] U-ECO CITY의 목표

8) 이재준(2008), “친환경적인 생태마을 조성방안”, 『건축』, v52(5), 대한건축학회, pp.42-45.

9) 문창엽(2007), “U-Eco City 사업단”, 『한국GIS학회 추계학술대회』, 한국GIS학회, pp.71-100.

□ 친환경 건축물

친환경 건축물은 인간과 자연이 서로 친화하며 공생할 수 있도록 계획·설계되고 에너지, 자원절약 등을 통하여 환경 오염부하를 최소화함으로써 쾌적하고 건강한 거주환경을 실현하여 궁극적인 목표인 지속가능한 개발의 실현을 이끄는 건축물을 의미한다.¹⁰⁾

현재의 환경문제는 인간중심주의적 관점에서 발생된 것으로 환경과 인간의 관계에 대한 근본적 문제해결 없이는 해결될 수 없다. 즉, 인간중심주의적 관점(anthropocentrism) [=환경주의(environmentalism)]에서 탈피하여 인간을 환경과 어우러진 통합체(강인호, 한필원;2000)로 보는 자연중심주의 관점(ecocentrism, ecologism)에서 접근이 필요하며 친자연적 건축은 자연중심주의적 관점을 반영하고 재현한다.

[표 2-2] 친환경의 두가지 관점

인간 중심주의적 관점		자연중심주의적 관점	
친인간적	환경주의	생태주의	친자연적
인간친화	환경공생		자연친화

□ 기후변화와 저탄소 녹색성장

기후변화는 과학적 불확실성이 있지만 화석연료의 과다 사용의 결과인 온실가스 배출총량이 지구의 생태적 자정능력 범위를 벗어나면서 대기 중에 축적되어 발생한 온실효과로 인해 지구기온이 상승하여 생기는 전 지구적인 기후의 이상변화¹¹⁾이다. 이러한 기후변화에 따라 1992년 브라질 리우회의에서 ① 공동의 차별화된 책임 및 능력에 따른 의무 부담, ② 기후 변화의 예측방지를 위한 예방적 조치 시행의 원칙, ③ 개발도상국의 특별한 사정을 배려, ④ 모든 국가의 지속가능한 성장의 보장 등을 기본원칙으로 하는 ‘유엔기후변화협약’(United Nation Framework Convention on Climate Change, UNFCCC)이 체결되었다. 기후변화에 대한 대응체계로서 온실가스를 줄이기 위한 탄소배출 억제(mitigation)와 완화(adaptation) 등의 온실가스 저감 대책에 대한 논의가 진행되었다.

성장과정에서 발생하는 온실가스와 환경오염을 줄임과 동시에 환경자체가 성장의 동

10) 임만택(2006), “지속가능한 발전을 위한 생태환경과 친환경 건축”, 「건축」, v50(3), 대한건축학회, pp.57-64.

11) 반영운 외(2008), “기후변화에 대응한 국토 및 도시개발전략”, 「도시정보」, v318, 대한국토·도시계획학회, pp.3-17.

력이 되도록 신재생에너지 기술을 포함한 그린에너지 산업을 성장의 핵심동력으로 활용하는 개념¹²⁾으로서 ‘저탄소 녹색성장’¹³⁾이 등장하였으며, 이는 지속적 경제성장의 패턴을 환경 친화적으로 전환시키는 개념으로 온실가스와 환경오염을 줄이는 지속가능한 성장을 의미하고 녹색기술과 청정에너지로 신(新)성장동력과 일자리를 창출하는 국가 및 도시발전 패러다임¹⁴⁾이다.

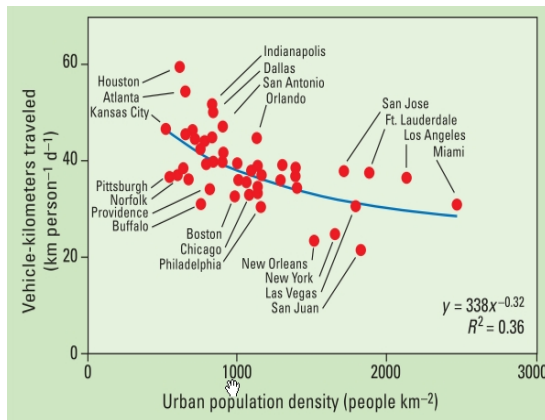
기후변화대책과 녹색성장에서는 다양한 요소가 고려되어질 수 있으며, 하나의 예로서 도시공간설계의 변경을 통해 에너지 이용행태를 변화시키는 것이 가능하다. [그림 2-2]는 밀도가 증가할수록 차량의 이용경향이 줄어드는 것을 보여주고 있으며, 이는 적정 밀도의 개발로 온실가스 감축을 유도할 수 있음을 의미한다.

이와 관련해 [그림 2-3]에서 화석연료 사용으로 인한 탄소 배출의 증가로 생태학적 발자국의 면적이 최근 40년간 비약적으로 급증하고 있는 것을 확인할 수 있다. 생태학적 발자국(ecological footprint)은 인간이 소비하는 모든 재생 가능한 에너지를 생산하고 발생하는 폐기물을 처리하는데 필요한 생물학적 생산을 위한 토지와 수체(water body)의 양을 측정하는 것이며, 생태학적 발자국은 생물학적인 생산에 필요한 토지와 수체에는 숲, 농장, 어업대, 건설된 지역 등을 포함하지만 사막, 산악, 대양 등의 한계적인 영역은 포함하지 않는다. 이러한 생태학적 발자국이 급증하고 있는 것은 탄소배출에 따른 영향이 비약적으로 증가하고 있는 것을 의미하며 동시 이에 대한 대책이 시급함을 보여준다.

12) 황기연(2009), “저탄소 녹색성장 구현을 위한 선제적 국가교통전략”, 「제2회 국정과제 세미나-일자리 창출과 녹색성장 전략 추진을 위한 대토론회 자료집」, 경제·인문사회연구회.

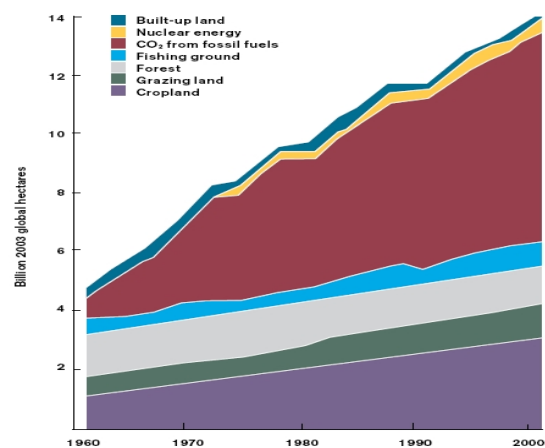
13) 녹색성장(Green Growth)은 환경적으로 지속가능한 경제성장을 의미하는 것으로서 지속가능한 경제·사회·환경의 성장을 보다 현실적으로 보완하기 위하여 도출된 용어임

14) 이재준 외(2008), “살고 싶은 도시 실현을 위한 미래도시 정책방향”, 「도시정보」, v332, 대한국토·도시계획학회, pp.3-13.



[그림 2-2] 미국 47개 도시를 대상으로 분석한 밀도와 일인당 차량주행거리의 관계

출처: D. Marshall Julian(2008), "Energy-Efficient Urban Form," Environmental Science & Technology (May 1), p.3134.



[그림 2-3] 1961~2003년간 인류의 생태학적 발자국의 확대추이

출처: CABE(2008), "What makes an Eco-Town?", p.7.

2) 친환경 관련 개념들의 관계

친환경, 생태, 저탄소 등과 관련한 공간 구성 개념은 모두 지속가능성을 염두에 둔 개념으로 볼 수 있으며 이와 같은 공간에 대한 다양한 친환경 관련 개념들의 궁극적인 목적은 사회의 '지속가능성(sustainability)' 구현에 있다. 건축부분에서는 '친환경건축', '생태건축' 개념이 환경적 지속가능성을 구현하기 위한 건축개념으로 발전되었으며, '친환경건축'과 '생태건축'은 에너지효율 증가 및 오염감소를 위한 건축으로서 보통 동일한 개념으로 사용되나, '생태건축'의 경우 건축물 자체를 구성요소와의 관계 속에서 성장하고 순환하는 체계로 간주한다는데 차이가 있다.

건축분야를 포함하여 사회 전 분야에서 환경적으로 지속가능한 성장개념인 '녹색성장(green growth)'이 사용되고 있으며, 성장 관련 패러다임으로서 '녹색성장'과 지속가능성을 실천하기 위한 방법으로서 '저탄소'전략이 추진되고 있다. 여기서 녹색성장의 개념은 에너지 및 환경 관련 기술과 산업 등에서 미래 유망품목과 신기술을 개발하고 기존 산업과 융합하면서 새로운 성장동력과 일자리를 얻는 것을 뜻하며 기존의 지속가능발전개념을 보완해 성장패턴을 보다 환경친화적으로 전환하고자 하는 것을 의미한다.¹⁵⁾

15) www.korea.kr/newsweb/resources/html/green/qna.html, 2009

[표 2-3] 녹색성장의 3대 요소

3대 요소	내용
견실한 성장을 하되, 에너지·자원 사용량은 최소화	<ul style="list-style-type: none"> 에너지 저소비형 산업구조 개편 (제조업 중심 → 지식서비스업 중심) 에너지 소비절약 및 사용 효율화 생태효율성 제고 정책
동인한 에너지·자원을 사용하되, CO ₂ 배출 등 환경 부하 최소화	<ul style="list-style-type: none"> 신재생에너지 보급 확대 원자력 등 청정에너지 개발 CO₂배출 규제 저탄소·친환경 인프라 구축 소비자 녹색제품 구매 활성화
신성장동력으로 개발	<ul style="list-style-type: none"> 녹색기술에 대한 R&D 투자 신재생에너지 등 녹색산업 육성 및 수출산업화 세계시장 선점 지원

※ 출처: 문화체육관광부(2008), 녹색성장, 대한민국의 그린오션 전략, p.16.

‘저탄소’개념은 지구의 기후변화에 대한 위기의식에서 온실가스를 줄이기 위한 노력으로서 등장하였고, 탄소를 줄이기 위한 방법으로서 탄소 배출의 ‘억제(mitigation)’와 ‘완화(adaptation)’개념이 사용되고 있다. 공간적으로는 탄소배출 자체를 억제하기 위한 개념으로서 ‘탄소저감’과 배출된 탄소를 줄이기 위한 ‘탄소흡수’ 개념이 사용되고 있으며, 이를 passive와 active의 개념으로 간주한다면 ‘친환경’과 ‘생태’의 개념으로 치환할 수 있다.

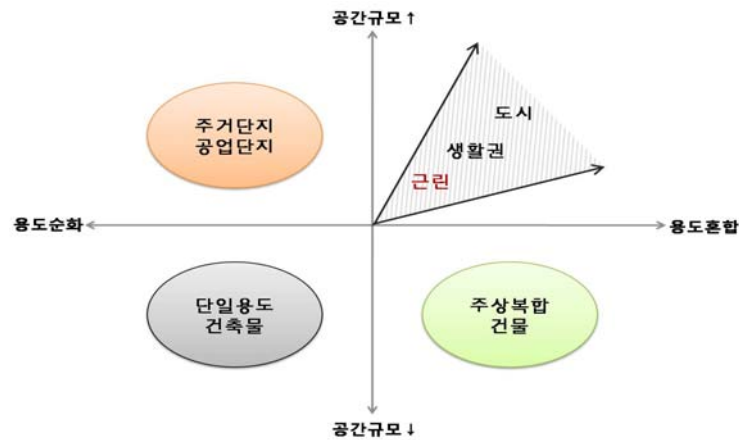
본 연구에서 ‘친환경’이라는 개념으로 반영하고자 하는 내용은 ‘생물다양성과 에너지 절약의 측면을 포괄하면서 탄소배출 저감을 달성하는 복합적인 것’으로 이해하는 것이 타당할 것이며 이러한 방향은 국내외적인 위기상황에 의해 제기된 것이라 할 수 있다.

3) 근린개념의 설정

일반적으로 ‘단지’라는 개념은 단일한 주체가 단일한 용도를 상정하고 일정한 공간적 범위 내에서 기획, 설계, 건설을 주도하는 내용을 담고 있고, 일반적인 단지계획 교과서들도 이러한 관점에서 서술되고 있음을 확인할 수 있다. 본 연구에서는 단지차원인 일반적 인 생태단지와와의 차별성을 두기 위하여 근린(Neighborhood)의 개념을 사용하였으며 이는 하워드나 페리가 제시했던 전통적인 근린개념과는 다소 차이가 있는 것이다.

특히 기존의 연구들은 개별 건축물의 친환경 설계에 대한 기술적 발전 및 설계방안에 집중하거나, 일정한 단지계획에서의 친환경성 구현방안에 한정되는 경향이 있으며, 다른 한편으로 도시계획 차원에서의 총량적 접근이 이루어지고 있는 실정이다. 그러나 현대

의 도시에서 특히 기존 도심을 재활용해야 하는 상황에서 친환경성을 구현하기 위해서는 보다 다양한 주체, 다양한 용도, 다양한 스케일이 뒤섞여 있는 현실에 대한 대안이 요구되고 있으며 생활권보다는 작으나, 보다 복합적인 상호작용이 예상되는 근린단위에 대한 대안이 요구된다고 판단하였다.



[그림 2-4] 근린 개념의 상대적인 위치

근린에 대한 다양한 정의를 살펴보면 ([표 2-4] 참고), 근린은 물리적이고 설계위주의 정의보다는 다양한 주체 간에 점차로 형성되는 사회적 실체임을 알 수 있으며 이러한 실체는 단지와는 달리 복합적인 관계, 용도, 물리적 여건 등을 내포하고 있다. 본 연구에서는 개별건축물이나 단일한 단지차원에서의 논의를 포용하고, 이질적인 공간구성의 특징을 포괄하는 개념정의를 토대로 친환경성을 달성하기 위한 대안을 모색하고자 하였다.

[표 2-4] 근린의 다양한 정의

분류	연구자	정의
사회학적 관점	National Commission on Neighbourhood (1993)	각 근린은 거주자가 무엇이라고 생각하고 있는 그것이며, 그 곳에서 살고, 일하고, 쉬고, 자신들의 터라는 자부심을 가지는 사람들에게 의해 정확히 정의될 수 있음
물리적 계획관점	Frey(1999)	도시근린은 가장 작은 '가구' 또는 도시가 구성되어 있는 단위임
	Keller(1968)	근린은 집에서 기본적인 시설과 서비스를 함께 이용하기 위해 편리하게 도보로 접근할 수 있는 한정된 지역임
다차원적 관점	Lachman and Downs (1978)	근린은 개인적인 상호작용의 초점으로 동일한 공간을 사용하며, 인근의 시설과 관련을 맺으며, 부동산인 동시에, 정체적인 단위며, 배제의 도구이기도 함
	Mcclaughry(1980)	근린은 도시내에서 주거가 우세한 지역으로, 경제적, 문화적, 사회

분류	연구자	정의
		적 시설들로 특화되고, 정체성과 연속성의 전통으로 유형화되며, 일상생활에서 거주자와 참여자로서 스스로를 인식하는 사람들이 거주하는 곳임
	Downs(1981)	근린은 일정한 사회적 관계가 존재하는 지리적 단위임, 이러한 관계의 강도와 중요성은 개인의 삶에 있어 편차가 큼
	Hallman(1984)	사회적인 상호작용이 일어나는 한정된 영역을 가진 주거지역임
	Barton(2000)	주거지역, 또는 혼합용도 지역으로 사람들이 편안하게 걸을 수 있는 영역으로 그 규모는 보행접근성과 장소성을 확보할 수 있음

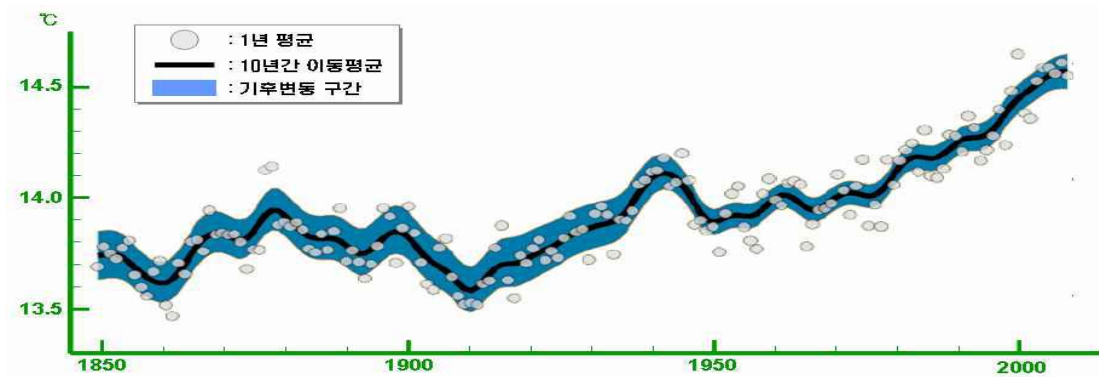
※ 출처: Kyung-Bae Kim(2002), Towards Sustainable Neighbourhood Design: General Principles, International Examples and Korean Applications, p.50.

3. 친환경 근린개발의 정책적 필요성

1) 온실가스 감축의 필요성

대기 중에 있는 가스가 지표로부터 방출되는 적외선을 흡수함으로써 지구가 더워지는 현상을 지구온난화라고 하는데, 이에 직접적인 영향을 주는 가스를 ‘온실가스’라고 하며 대표적인 온실가스는 CO₂(이산화탄소), CH₄(메탄), N₂O(아산화질소), HFCs(수소불화탄소), PFCs(과불화탄소), SF₆(육불화황)로 이 가운데 HFCs, PFCs, SF₆는 자연계에는 존재하지 않으며 인간이 합성한 가스로 알려져 있다. CO₂는 주로 에너지사용 및 산업공정에서, CH₄는 주로 폐기물, 농업 및 축산에서, N₂O는 주로 산업공정과 비료사용으로 인해 발생되며 PFCs, PFCs, SF₆ 등은 냉매 및 세척용도의 사용으로부터 배출된다. 특히 CO₂는 전체 온실가스 배출 중 80% 이상을 차지하고 있어 지구 온난화의 주원인으로 지목되고 있다.

인간의 인위적 행위로 인한 온실가스의 증가는 인류 생존을 위협하는 지구온난화 문제의 핵심원인이며, 산업혁명 이후 화석연료 사용의 급격한 증가와 이로 인한 온실가스 배출은 지구 평균온도의 지속적 상승을 초래하였다. [그림 2-5]에서 보이는 바와 같이 지난 100년간(1906~2005년) 전 세계 평균기온은 0.74℃ 상승하였고 금세기 말 6.4℃ 상승할 것으로 전망되고 있으며, 한반도는 지난 96년간(1912~2008) 1.7℃ 상승으로 세계 평균보다 높은 기온상승을 보였다.



[그림 2-5] IPCC(2007), Climate Change: The Physical Science Basis

지구온난화는 기상재해, 생태계 파괴 등 환경위기뿐만 아니라 경제에 대한 위협요인으로 작용하고 있으며, 가뭄·홍수·폭염 등 기상재해로 인한 피해는 향후 더욱 악화될 전망이다. 한국의 경우 기상재해인 태풍 루사('02)로 5조원의 피해가 유발되었으며, 유럽은 2003년도 폭염으로 3.5만 명의 인명피해가 발생하였고, 미국은 허리케인('05)으로 11조원의 피해가 발생하는 등 지구온난화로 인한 인명피해 및 경제적 손실이 매우 심각하며 향후 20년 내 아시아 농경지 30% 사막화가 전망된다.

지구온난화 문제를 해결하기 위해 「교토의정서」를 중심으로 글로벌 차원의 온실가스 감축방안이 마련·추진 중이며, '97년 「교토의정서」는 '90년 대비 2012년 평균 5.2%를 줄이기 위해 38개 의무감축국의 감축목표('08~'12)를 각각 명시하였다. 국제사회는 교토의정서의 1차 온실가스 감축 공약기간이 만료되는 2012년 이후의 새로운 온실가스 감축체제 논의 중인데, 2007년 「발리로드맵」은 Post-2012 협상을 '09년 말까지 완료하고, 선진국과 개도국 모두 측정·검증·보고가 가능한 감축행동을 하도록 하였다.

세계는 금세기말 지구온도 상승을 2°C 이내로 억제하는 글로벌 장기목표(shared vision)를 실현하기 위해 2020년 중기 감축목표를 국가별로 설정하여 발표 중이다. 주요국을 살펴보면 EU는 1990년 대비 20% 감축, 영국은 34% 감축, 독일은 40% 감축안을 제시하였고, 개발도상국인 대만은 2025년에 2000년 수준 동결, 멕시코는 2012년 5천만 톤을 감축할 것을 제시하였다. 실질적인 감축목표와 관련하여 '09.9월 UN정상회의를 전후로 선진국은 종전에 발표한 감축목표를 상향 조정하는 추세이다. 일본은 하토야마 신임총리 취임 이후 감축목표를 '90년 대비 25%('05년 대비 30%)까지 대폭 상향조정('09.9)하였

고, 미국도 하원(Waxman-Markey법안)에서 설정한 '05년 대비 17% 감축목표를 상원(Kerry-Boxer법안)에서는 20%로 상향조정('09.9)하였고, 스웨덴과 노르웨이는 IPCC의 선진국 권고 최대치인 '90년 대비 40% 감축목표를 설정하여 기존 독일이 제시한 40% 감축대열에 합류('09.10)하였다.

개발도상국도 감축목표 설정 자체를 반대하던 입장을 바꾸어 적극적인 목표를 코펜하겐 회의 전에 발표하는 방안을 신중하게 검토하고 있다. 중국은 原단위 방식으로 '05년 대비 '현저한 수준'으로 감축할 것임을 발표('09.9)하였고, 인도는 UN에서 미국과 유사하게 자국 국내법을 통해 감축목표를 자발적으로 설정할 것임을 표명('09.9)하였다. 인도네시아는 'BAU 대비 26%' 감축목표(선진국 지원 시 41% 감축까지)를 검토('09.10)하고 있다. 더 나아가 세계 각국은 감축목표 설정뿐만 아니라 중기감축목표와 연계하여 저탄소 녹색기술산업을 육성하고 세계시장을 선점하려는 국가전략을 마련 중이다.

[표 2-5] 국가 간 기후변화협약 체결 경과

연도	협약	주요 내용
2007	발리로드맵	<ul style="list-style-type: none"> ■ 포스트 교토의정서 체제에 대한 협상을 2009년 말까지 완료토록 함 ■ 선진국은 물론 개도국도 측정·검증·보고 가능하도록 감축 행동
2005	교토의정서 발효	<ul style="list-style-type: none"> ■ 온실가스 감축 1차 의무공약기간('08~'12) 이행준비 및 교토 메커니즘 활용
2001	마라케쉬 합의문채택	<ul style="list-style-type: none"> ■ 교토의정서의 구체적인 이행방안 마련
1997	교토의정서 채택	<ul style="list-style-type: none"> ■ 37개 선진국과 EU를 대상으로 온실가스 배출 감소 합의 * 한국은 감축의무국에서 제외
1992	리오 UN 환경개발회의	<ul style="list-style-type: none"> ■ 기후변화에 관한 UN 협약 (UNFCCC)¹⁶⁾

2) 우리나라의 온실가스 배출 현황¹⁷⁾

2009년 2월 지식경제부가 발표한 2006년도 국가 온실가스 배출통계에 의하면, 우리나라의 2006년 국가 온실가스 배출량은 이산화탄소 환산 기준으로 약 6억 톤(CO₂ 599.5백만톤)으로 나타났다¹⁸⁾. 이는 선진국의 의무감축 기준년도인 1990년 배출량 대비 약 2배의 배출량이며, 인구 1인당 연간 온실가스 배출량은 1990년 기준 6.95톤(6.95tCO₂ eq/인)

16) United Nation Framework Convention on Climate Change: '기후변화에 관한 유엔 기본협약' 으로 1992년 리우 정상회의에서 세계가 공동으로 기후변화에 대응하기 위한 목적으로 탄생

17) 지식경제부 보도자료(2009.2.3), '국가 온실가스 배출량 증가율, 소폭 증가세로 반전', p.3.

18) 우리나라의 국가 온실가스 배출에서 이산화탄소가 차지하는 비율은 89%로 추산됨

에서 2006년에는 12.41톤(12.41 tCO₂ eq/인)으로 증가했다. 반면 GDP 대비 온실가스 배출량은 1990년 100만원 당 0.93톤(0.93tCO₂/백만원)에서 2006년 기준 0.79톤(0.79tCO₂/백만원)으로 감소하였다. (단, GDP는 2000년 화폐 가치 기준)

[표 2-6] 온실가스 배출 관련 주요지표 (1990~2006)

	1990	1995	2000	2005	2006	'90-'06 증가율(%)
온실가스 총배출량 (A) (백만 tCO ₂ eq)	298.1	453.2	531.0	594.4	599.5	4.5
인구 (B) (천명)	42.9	45.1	47.0	48.1	48.3	0.7
GDP (C) (10억, 2000 PPP 기준)	320,696	467,099	578,665	723,127	760,251	5.5
1인당 온실가스 (A/B) (tCO ₂ eq/인)	6.95	10.05	11.30	12.35	12.41	3.7
온실가스/GDP (A/C) (tCO ₂ eq/백만원, 2000)	0.93	0.97	0.92	0.82	0.79	-1.0

※ 출처: 지식경제부 보도자료(2009.2.3), '국가 온실가스 배출량 증가율, 소폭 증가세로 반전', p.3.

부문별로는 에너지소비와 산업공정 부문이 총 배출량의 94.9%로 대부분을 차지하고 있고, 그 중에서도 에너지 소비는 전체의 84.3%를 차지하여 가장 주요한 온실가스 배출 원으로 나타난다.

[표 2-7] 2006년 부문별 온실가스 배출량

부 문	'90	'00	'04	증가율	'05	증가율	'06	증가율	'90~'06 증가율
에너지	247.7 (83.1)	438.5 (82.6)	489.0 (82.8)	1.6	498.5 (83.9)	1.9	505.4 (84.3)	1.4	4.6
산업공정	19.9 (6.7)	58.3 (11.0)	68.5 (11.6)	0.4	64.8 (10.9)	-5.3	63.7 (10.6)	-1.8	7.5
농 업	13.5 (4.5)	17.0 (3.2)	16.4 (2.8)	2.6	16.1 (2.7)	-1.9	15.1 (2.5)	-6.4	0.7
폐기물	17.0 (5.7)	17.2 (3.2)	16.5 (2.8)	-3.3	14.9 (2.5)	-9.5	15.4 (2.6)	2.9	-0.6
총배출량	298.1 (100.0)	531.0 (178.1)	590.4 (198.1)	1.4	594.4 (199.4)	0.7	599.5 (201.1)	0.9	4.5
토지이용 /임업	-23.7	-37.2	-31.5	-6.7	-32.0	1.5	-31.2	-2.5	1.7
순배출량	274.4 (100.0)	493.8 (180.0)	559.0 (203.7)	1.9	562.4 (205.0)	0.6	568.4 (207.2)	1.1	4.7

※ 출처: 지식경제부 보도자료(2009.2.3), '국가 온실가스 배출량 증가율, 소폭 증가세로 반전', p.4.

3) 우리나라의 온실가스 관련 대응¹⁹⁾

에너지 다소비국가이면서도 에너지에 대한 대외의존도가 100%에 육박하는 우리나라는 OECD국가로서 세계 9위²⁰⁾의 온실가스 多배출국이나 교토의정서 상 38개 의무감축국에 미가입 상태이나 2013년 온실가스 의무감축국 포함이 확실히 되고 있다. [표 2-8]

'90년 이후 제조업 중심의 경제성장으로 온실가스 배출량이 2배가량 급격히 증가(1990년~2005년간 증가율은 OECD 국가 중 1위)하였으며, 이는 전 산업 대비 에너지다소비업종인 철강·시멘트·석유화학 등의 비중이 2006년 기준으로 일본 4.6%, 미국 3.1%에 비해 우리나라는 8.0%로서 화석연료 의존도가 높은 에너지다소비 산업구조와 사회구조에 기인하는 것으로 분석된다.

우리나라는 교토의정서 상 非의무감축국이나, 국제사회는 우리나라가 선진국대열에 편입하거나 OECD 회원국으로서 중국·인도 등과 차별화된 감축행동을 요구할 것으로 예측되며, 우리나라는 선발개도국으로서 감축목표를 자발적으로 제시하고 국제사회에서 개도국이 참여 가능한 “국가 적정 감축행동 (Nationally Appropriate Mitigation Actions, NAMAs)” 등록부를 제안하는 등 글로벌 리더십을 발휘할 계획을 추진하고 있다.

[표 2-8] 한국의 온실가스 배출 및 에너지 소비현황

구 분		현 황	비 고
온실가스(2006)	배출량	6억톤	1990년의 2배
	1인당 배출량	12.4톤	연 평 균 증 가 율 ('90 ~ '06): 3.7%
에너지(2007)	총 소비량	2.3억톤	세계 9위
	1인당 소비('06)	4.48톤	일본 4.41톤
	대외의존도	96.6%	원유수입 세계 4위

※ 출처: 이안재, '탄소제로' 도시의 확산, SERI 경영노트 24호, 2009, p.3. 재인용

※ 출처: 에너지경제연구원(2009), 2008에너지통계연보; 에너지경제연구원(2008), 주요국의 에너지소비 비교

4) 건축물과 도시공간에서의 온실가스 감축 필요성²¹⁾

우리나라는 인구의 90%가 도시에 거주하고 있으며, 온실가스 부문별 배출량을 살펴보면 산업(52.0%), 건물(25.6%), 교통(16.7%), 기타(5.7%)로서 산업, 건물 등 도시민의

19) 녹색성장위원회(2009), “국가 온실가스 중기(2020년) 감축목표의 설정방안”, 「녹색성장위원회 6차회의 자료집」, 녹색성장위원회.

20) 에너지부문 CO2 배출량 기준('07년 기준, IEA)

21) 녹색성장위원회(2009), “녹색도시, 건축물 활성화 방안”, 「녹색성장위원회 6차회의 자료집」, 녹색성장위원회.

생활과 관련된 온실가스 배출량이 대부분을 차지하고 있는 상황이다.

건축물은 국가 온실가스 배출량의 25% 이상을 차지하여 녹색건축물 보급을 통한 온실가스 감축여력이 큰 분야이고, '08년 기준으로 건축물 부문의 에너지소비량은 국가 전체의 22.2%를 차지하고 있으며 건축물 전체 에너지사용량 중 가정에서의 소비가 53%를 차지하며, 상업 37%, 공공·기타 10% 순으로 분포하고 있다. 건물분야 에너지소비 비중은 영국 39.5%, 일본 33.2%, OECD 평균 36%로서 우리나라도 삶의 질 향상 및 건축물 수증가 등으로 인해 건축물의 에너지소비량은 지속적으로 증가할 것으로 예측되고 있으며, 주거에서의 에너지소비증가율을 살펴보면, 연평균증가율('00~'06, %) 기준으로 한국은 3.9으로 일본 -0.2, 독일 0.0, 미국 -1.6의 선진국에 비해 높은 편이다.

건물에서의 에너지용도별 평균 사용현황을 살펴보면, 가정에서는 난방(54%), 가전(19%), 급탕(14%), 취사(7%), 조명(3%), 냉방(3%) 순이며, 상업용 건물에서는 난방(36%), 사무기타(20%), 조명(15%), 취사(21%), 냉방(8%)으로 에너지 용도별로는 난방이 가장 큰 비중을 차지하고 있다. 에너지원별로는 건축물의 쾌적성·편리성 요구 증가로 인해 전력 및 도시가스 부문의 소비가 크게 증가하고 있으며, 최근 5년간 연평균증가율은 전력 6.4%, 도시가스 4.4%, 전체 1.3%로서 전력 부문의 상승이 두드러진다.

기존 주택의 연간 에너지사용량은 선진국에 비해 높지 않으나, 신규 주택의 에너지사용량은 2배 수준이다. 주택의 에너지원단위(kWh/m²)를 비교하면, 기존 주택의 경우 한국 260 대 독일 280으로 비슷한 수준이지만, 신규주택의 경우 한국 200 대 독일 90으로 신규 건축물의 에너지효율이 선진국 대비 낮은 편으로, 건축허가 시 에너지기준을 보다 적극적으로 강화할 필요가 있다.

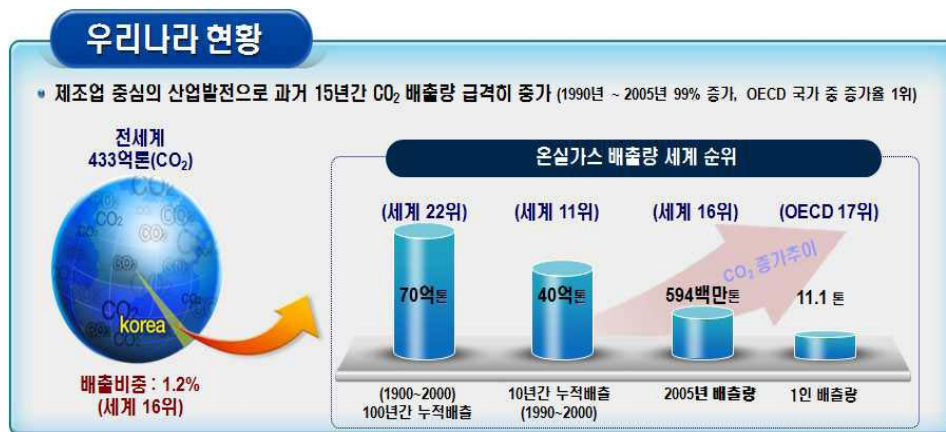
경제가 성장함에 따라 건축물은 에너지소비 증가요인으로 보다 크게 작용할 것으로 예상되고 이에 상응하여 저탄소형 녹색건축물 보급을 통해 건축물의 미래 에너지 수요를 원천적으로 저감하는 것이 필요하다. 또한 자원고갈과 기후변화 등에 선제적으로 대응하기 위해서는 도시지역을 자원순환형의 에너지 효율적 체계로의 전환이 시급하며, '녹색도시'는 녹색산업·기술 등을 구현하는 Test-Bed이자 대규모 산업 및 일자리 창출의 수요처 역할을 할 것이다. 결국 생산유발 및 고용유발효과가 타 산업에 비해 큰 건축도시분야를 통하여 녹색성장의 동력을 확보하고, 축적된 녹색건축물 및 도시 건설 Know-How을 통해 해외 수출기반을 다져 궁극적으로 국가경쟁력 제고의 기회로 활용해야 한다.

5) 건축 및 도시 분야의 관련 정책 동향

① 국내 정책

정부에서는 2009년도 11월 중 국가 온실가스 감축목표를 확정하여 발표할 예정이며, 2010년 이후에는 부문별·업종별 세부 감축목표 설정을 위한 후속작업을 추진할 계획이다. 이를 통해 부문별·업종별 감축잠재량을 정밀하게 분석하여 중기 및 단기(3~5년) 감축목표를 설정하고 관리하도록 하며, 단기 감축목표 실현을 위한 자원·제도 등 세부이행계획을 마련할 예정이다.

우리나라 저탄소 녹색도시 관련 정책은 입법 예고된 녹색성장 기본법을 기초로 녹색성장위원회를 비롯한 국토해양부, 환경부 등 중앙정부 부처별로 다양하게 시행되고 있다. 우선 녹색성장위원회는 2009년 ‘저탄소 녹색성장’을 국가적 의제로 추진하기 위해 대통령 직속으로 출범하였으며 국토공간의 녹색화 정책, 녹색기술산업의 신성장동력화 등 10개 정책을 발표하고, 탄소제로(Carbon-Free)도시 조성사업, 그린오피스·그린홈 프로젝트 등의 27개 세부사업을 추진코자 하고 있다. 또한 국토해양부는 녹색성장 도시기반조성 등 8개 정책을 발표하고, 그린홈 200만호 공급사업, 압축도시(compact city) 개발, 전기자동차 상용화 기반 마련 등 25개 세부사업을 마련하고 있다.



[그림 2-6] 우리나라의 CO₂ 배출량 현황

환경부는 국토와 도시, 건축 및 교통 개조 등 12개 정책을 발표하고, 압축도시(compact city)형 저탄소 공간구조 지향사업, 저탄소 공간구조 지향 등의 세부사업을 제시하였다. 또한 지식경제부는 기후변화 적응대책 추진 등 7개 정책을 발표하고, 저탄소

녹색교통체계 구축사업, 녹색소비촉진 및 실천운동, 녹색에너지 산업과 녹색기후 환경산업 등 다양한 녹색산업 육성을 추진하고 있다. 아울러 행정안전부는 온실가스 줄이는 저탄소 정책을 발표하고, 정부청사 그린빌딩화, 그린IT 등의 세부사업을 마련하고 있다. 따라서 저탄소 녹색도시는 이 같은 다양한 녹색성장 관련 정부정책과 연계하여 추진하는 것이 바람직하다.

[표 2-9] 저탄소 녹색도시 국내 정책 동향

구 분	주요내용
녹색성장위원회	<ul style="list-style-type: none"> 10개 정책 27개 세부사업 추진 국토공간의 녹색화: 탄소제로(Carbon-Free) 도시 조성사업, 그린오피스, 그린홈 프로젝트 및 공항, 항만 녹색화, 대중교통 비중 강화, 도시광업(Urban Mining) 활성화, 4대강 살리기 녹색기술, 산업의 신성장동력화: 녹색기술 글로벌 경쟁력 조기 확보, 그린홈 개발 및 차세대 녹색기술, 산업클러스터 구축 등 녹색성장기본법 입법예고(2009.1.15)
국토해양부	<ul style="list-style-type: none"> 8개 정책 25개 세부사업 추진 녹색성장 도시기반 조성: 그린홈 200만호 공급, Compact City 개발, 도시공원 확충, 도시철도·경량전철 확충 녹색성장 기반 강화: 경부·호남고속철도 조기 개통, 연안화물선에 대한 항만시설 사용료 감면, Green Port 구축 기본계획 수립, 전기자동차 상용화 기반 마련, 대중교통 전용지구(Transit Mall) 조성 등
환경부	<ul style="list-style-type: none"> 12개 정책 22개 세부사업 추진 국토와 도시, 건축 및 교통까지 개조: Compact City형 저탄소 공간구조 지향, 그린하이웨이 정착, 대중교통수단 및 자전거도로 확대, 그린카 상용화, 그린홈·그린빌딩 확대 새로운 일자리(Green Job) 창출: 신재생에너지 산업을 통한 일자리 창출 등
지식경제부	<ul style="list-style-type: none"> 7개 정책 25개 세부사업 추진 기후변화 적응대책 추진: 저탄소 녹색교통체계 구축사업, 녹색소비 촉진 및 실천운동 추진, 수송·가정 등 부문별 에너지 효율 향상, 국내외 산림조성 및 한반도 녹지화 녹색산업 육성: 녹색에너지 산업(신재생에너지), 녹색기후 환경산업(기상, 재활용), 녹색국토해양산업(물산업, 그린홈, 그린빌딩) 등
행정안전부	<ul style="list-style-type: none"> 9개 정책 17개 세부사업 추진 국토와 도시, 건축 및 교통까지 개조: U-Green 도시 구현, 공공청사 건축시 옥상녹지 확보 권고, 자전거이용 활성화, 4대강살리기 지원 강화 온실가스 줄이는 저탄소 정책: 정부청사 그린빌딩화, 공용차량 10부제 및 업무용 택시제도, 정보차원 통합을 통합전력절감 등 그린 IT 추진 등

또한 2009년 11월 개최된 녹색성장위원회 회의에서 국토해양부, 교육과학기술부, 행정안전부, 지식경제부, 환경부, 산림청 등 6개 정부부처가 공동으로 보고한 ‘녹색도시·건축물 활성화 방안’에서는 녹색도시 조성과 녹색건축물 활성화 방안이 각각 보고되었다. 녹색도시 조성방안에서는 ‘인간, 자연, 기술이 조화된 세계 일류 「저탄소 녹색도시」 구현’을 비전으로 제시하고, 이를 달성하기 위한 세 가지 추진과제로 에너지 절약형 도시계획 수립, 자원 순환형 도시기반 구축, 생태형 도시공간 창출 등을 선정하였다.

[표 2-10] 녹색도시 조성 추진과제

추진과제	주요 내용
에너지 절약형 도시계획	<ul style="list-style-type: none"> 도시구조의 개편: 직주근접형(Compact City) 도심 속 Intermodalism 의 실현 미래형 U-Eco City 조성 에너지소비 절약형 녹색교통망 확충 친환경 주택건설 기반 구축
자원순환형 도시기반구축	<ul style="list-style-type: none"> 폐자원 재활용 처리시설 확대 태양광, 태양열 등 다양한 에너지 관리시스템 개발 첨단 저에너지 물순환 도시 구현
생태형 도시공간 창출	<ul style="list-style-type: none"> 물과 함께하는 수변공간 조성 도심속 자연공간 녹지 네트워크 구축

녹색건축물 활성화 방안에서는 ‘녹색 건축물 활성화를 통한 녹색 선진국가 구현’을 비전과 그에 따른 ① 신규 건축물의 에너지기준 강화, ② 기존 건축물의 에너지효율 개선 촉진, ③ 건축물 사용자의 에너지 절약 유도, ④ 녹색건축 기술개발 및 인프라 구축 등의 4개 추진과제를 제시하였고, ① 공공 건축물의 친환경 인증 의무화(‘10년), ② 신규 건축물의 창호 단열성능기준 2배 강화(‘12년), ③ 모든 건축물의 연간 에너지소비량 표시 의무화(‘13년), ④ 신규 및 기존 그린홈 200만호 보급(‘09~‘18년), ⑤ 신규 건축물의 제로에너지 의무화 단계적 추진(‘25년~) 등 5개의 중점세부 추진과제를 제시하였다.

[표 2-11] 녹색건축물 활성화 추진과제

추진과제	주요 내용
신규 건축물의 에너지기준 강화	<ul style="list-style-type: none"> 에너지소비 요소별 설계기준 강화 연간 총 에너지소비량 기준 도입 및 단계적 강화 신규 공동주택 그린홈 100만호 공급 (‘09~‘18) 공공 건축물에 친환경기술, 신재생에너지 적용 확대
기존 건축물의 에너지효율개선 촉진	<ul style="list-style-type: none"> 민간의 자발적 참여 유도 에너지효율개선 지원 확대 공공건축물의 에너지효율 개선
건축물 사용자 절약 유도	<ul style="list-style-type: none"> 에너지절약 인센티브 확대 및 공공기관의 솔선수범 대형건축물의 상시관리 강화 및 가전제품의 효율 향상
녹색건축 기술개발 및 인프라 구축	<ul style="list-style-type: none"> 기술개발 지원 확대 등을 통한 국제경쟁력 제고 저탄소 건축물 활성화를 위한 인프라 구축

지자체 차원에서는 서울시, 부산시, 대구시, 울산시, 광주시, 안산시, 충청남도 등 많은 지자체가 온실가스 감축을 위한 정책 및 제도를 시행하고 있으며 구체적인 내용은 [표2-12]와 같다.

[표 2-12] 지자체 시행 정책 및 제도

지자체명		구분	사업내용
서울특별시		2007	<ul style="list-style-type: none"> 서울 친환경 에너지 선언
		2008	<ul style="list-style-type: none"> 서울시 기후·에너지 지도제작 서울시 온실가스 저감 기반구축 수립 중: 다양한 정책 시나리오 적용에 따른 저감 잠재량 분석
		2009	<ul style="list-style-type: none"> 서울시 기후변화 적응 종합계획 수립 예정
서울	성북구	2007	<ul style="list-style-type: none"> 2007년 CO₂다이어트 기후보호 계획수립을 위한 가이드라인 발간
	강남구	2007	<ul style="list-style-type: none"> 2010년까지 2006년 대비 에너지 10% 절약을 통해 29만 CO₂감축 추진 e-에너지 절약 실천 프로젝트
	영등포구	2007	<ul style="list-style-type: none"> “지구온난화방지 2013”이라는 영등포구 기후변화 대응 기본계획 및 행동계획 수립
부산광역시		2008	<ul style="list-style-type: none"> 신·재생에너지 보급 확산 저탄소 사회구현을 위한 기반구축 공공기관 배출권 거래제도 도입 추진 탄소포인트제도 도입예정
대구광역시		2008	<ul style="list-style-type: none"> 기후변화대응 기반 조성 신·재생에너지 보급 및 에너지이용 효율화 친환경 교통체계 구축 저탄소 생활양식 확산
울산광역시		2008	<ul style="list-style-type: none"> 에너지, CDM, 교통·수송, 인프라, 임업·생태하천, 시민실천분야로 구분하여 온실가스 감축 주요 추진사업 설정 에너지 효율혁신도시 추진 중 공익형 탄소배출권펀드 조성 생태산업단지 조성사업 추진중
광주광역시		2008	<ul style="list-style-type: none"> 기후변화 대응 저탄소 시범도시 조성 기후변화 홍보포털 운영 도심 공공시설 이전부지 공원조성 2025년 도시기본계획에 저탄소 개념 적용 수립 중
안산시		2007	<ul style="list-style-type: none"> 온실가스 배출원 및 배출량 조사 실시(2007.04 ~ 2008.03) 및 온실가스 저감방안 수립 중
충청남도		2008	<ul style="list-style-type: none"> 도청이전 신도시 에너지 저소비형 도시 건설 폐기물 에너지화 종합대책 및 기후변화 대응전략 수립 천연가스 자동차 보급 태양광발전소 건립 온실가스 배출권거래제 시범운영

※ 출처: 왕광익(2009), “저탄소 녹색도시의 국내외 정책 및 계획사례”, 한국도시설계학회, pp.53-54.

② 국외의 저탄소 관련 정책

□ 영국

영국은 2050년 CO₂ 배출량의 최소 60% 감축을 온실가스 감축목표로 정하고 목표달성을 위한 기후변화대응 3대법을 마련하였으며 이 3대법을 바탕으로 런던 등 지자체에서 자체적으로 온실가스 저감정책을 마련하고 있다. 우선, 중앙정부는 관련특별법과 그에 따

른 세부법안을 제정함으로써 국가적 차원에서 탄소감축이 이루어지도록 정책을 시행하고 있다. 「Climate Change Bill」(2007)은 감축목표를 정하고 각 부처에 감축 목표치를 할당하여 목표달성을 의무화하였다. 이와 관련하여 기후변화법, 에너지법, 계획법을 제정하고, 계획정책지침(Planning Policy Statement, PPS)은 탄소저감을 목표로 한 공간계획지침을 제공하여 개발계획과정에서부터 저탄소를 고려하도록 하였다. 즉, 탄소저감을 고려한 계획정책지침(PPS)은 지방정부가 시행하는 도시·근린개발이 국가정책 방향 안에서 적용되도록 제도적 유도한다. 아울러 재정지원을 위해 「Climate Change Levy」(기후변화부담금, 2001)을 신설하고, 감축목표를 달성한 기업에게는 기후변화부담금의 80%를 면제하는 등 조세정책을 통한 자발적 감축과 자원마련을 실시하고 있다.²²⁾

[표 2-13] 영국 중앙정부의 저탄소 관련 정책

정책 사례	주요 내용
「Climate Change Bill」(2007)	<ul style="list-style-type: none"> ■ 관련특별법: 2050년까지 1990년 대비 온실가스 배출량 80% 감축
기후변화법(Climate Change Act)	<ul style="list-style-type: none"> ■ 탄소예산 도입 → 배출 목표 달성방안 ■ 기업 보고서에 계획으로 반영 ■ 1회용 봉투 사용 금지
에너지법(Energy Act)	<ul style="list-style-type: none"> ■ 원자력 발전시설 개발을 보완 ■ 신·재생에너지 확대 ■ 탄소 포집 및 스마트 등 신기술 적용 지원 ■ 에너지 분산 정책 ■ EU 입법 및 에너지 감소정책
계획법(Planning Act)	<ul style="list-style-type: none"> ■ 주택의 에너지 효율 문제 ■ 대규모 에너지 기반시설사업 가속화 ■ 단열재 설치 등 주택 에너지 절약프로그램(68억 GBP)²³⁾
계획정책지침(Planning Policy Statement, PPS)	<ul style="list-style-type: none"> ■ 공간계획에 대한 국가정책지침 제공 ■ 개발계획과정에 저탄소 고려 ■ 지방정부의 계획이 국가정책 및 지역정책의 방향에 적용되도록 제도적 보완 장치 ■ PPS1(기후변화대응체계 수립지침), PPS13(교통), PPS22(재생가능에너지) 등
「Climate Change Levy」	<ul style="list-style-type: none"> ■ 탄소세 또는 기후변화부담금 도입

지자체의 경우 런던시는 에너지행동지역(Energy Action Area, EAA) 프로그램을 통하여 특정 지역을 대상으로 신재생에너지의 기술 및 에너지 유효이용기술을 활용한 저탄

22) 문기영(2008), “외국의 기후변화 대응 현황과 정책적 시사점(기획재정부 보도참고자료)”, 기획재정부.

23) 전병목(2009), “녹색성장을 위한 최근 외국 정책동향”, 한국조세연구원.

소 지역사회 사업을 시행하고 있다. 그리고 토지이용, 교통, 생태 등에 대한 다양한 정책 시행으로 다방면에서 탄소배출을 감소시켜 결국 친환경 도시 건설로 이어지고 있다.

[표 2-14] 영국 지자체의 저탄소 주요 정책

지자체	주요내용
런던(London) ²⁴⁾	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Energy Action Area(EAA) -특정 지역을 대상으로 에너지 유효이용기술 활용 → CO₂배출량 적은 지역사회만들기 -신규 대규모 개발 및 개보수 포함
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 자원절약형 및 저탄소형 신도시 개발 ▪ 보행자 쉼터 공간계획 및 거리 조성 ▪ 그린빌딩 인증제 도입 및 개발 정책 ▪ 공간계획에 통합될 요소 -운송, 주택계획(탄소제로주택공급)
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 대중교통 이용확대 프로그램 ▪ 자전거타기 프로그램 ▪ 지하철 환경 개선 프로그램 ▪ National rail 공동 에너지 감축 프로그램 ▪ TfL(Transport for London) 투자 프로그램 ▪ 포장도로 개선 프로젝트 ▪ 혼잡통행료 정책/ 주차요금 상향조정 ▪ 첨단도로교통체계(ITS)구축
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 나무식재 프로그램 ▪ 강수질 개선 프로그램 ▪ 공원조성 및 녹지확충 프로그램 ▪ 대기질 오염도 현황파악
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ CAAP(Clean Air Action Plan) ▪ 탄소펀드 프로그램 ▪ 항공기 이산화탄소 배출 감축 프로그램 ▪ GHG감축 프로그램 ▪ RTFO(Renewable Transport Fuel Obligation)프로젝트
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 신재생에너지 프로그램 ▪ 저탄소 에너지 공급 ▪ 지역에 맞는 재생에너지 개발
뉴캐슬 (Newcastle upon tyne)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 시민, 기업, 단체의 CO₂감축 ▪ 탄소중립 회의와 기금 ▪ 재생가능에너지와 식림사업
커클리즈 (Kirkles District)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 에너지 절약 실행 프로젝트 -일반가정이 상담, 정보 제공 -업체와 제도 안내 중개센터
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 보·중개센터의 서비스 -난방 단열공사 비용에 대한 세금 혜택 -에너지 효율을 높이기 위한 주력 설비 공사 -정보제공 -자금보조제도 소개 -설비업체 등록과 소개 -홍보활동 -Follow-Up활동

24) 김병석(2008), 「기후변화에 대한 도시 적응방안에 관한 연구」, 중앙대학교.

또한 뉴캐슬은 ‘탄소중립도시’를 추진하고 이를 위한 기금적립 계획을 수립하였으며 재생에너지, 식림사업 등의 저탄소 녹색사업을 추진 중이다.²⁵⁾ 커틀리즈(Kirkles District)는 에너지절약 실행 프로젝트를 실시하여 에너지절약 기술에 대한 상담과 정보를 제공하며 시 차원에서 업체를 중개한다. 또한 보·중개센터서비스를 통해 단열공사에 대한 세금 혜택이나 자금보조제도 등의 정보를 제고해주며 정보와 설비업체에 대한 소개 및 홍보 업무를 대행하고 있다.

□ 독일

독일의 기후변화대책의 항목에서 저탄소도시 및 친환경 근린에 관한 정책을 살펴볼 수 있으며, 1차 대책은 건축물 부분의 에너지 효율과 신재생에너지 사용을 강조하였고 2차 대책에서는 보다 근본적인 기반시설구축을 시행하고 특히 주택부분에서는 에너지 효율을 개선하기 위한 실질적인 규제와 제도를 도입하였다. 또한 재정 30억 유로를 투입하여 건물에너지효율 향상을 이끌고 「친환경 조세개혁도입에 관한 법률」을 제정하여 환경세(Eco-Tax)를 석유세와 전기세에 부과함으로써 저탄소 사업을 위한 재정을 확보하였다.

[표 2-15] 독일 중앙정부의 저탄소 관련 정책

정책사례	주요내용
1차 대책	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 신·재생에너지 ▪ 난방수요의 14%를 재생에너지로 공급 → 신규건물 재생에너지 사용 의무화, 기존 건물 보조금 증액 ▪ 건물에 대한 에너지 효율화 요건 강화
2차 대책	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 기반시설구축 ▪ 신축주택 및 기존주택의 에너지효율 30%개선 ▪ 심야 저장 난방기구의 이용 배제 ▪ Smart Metering도입 ▪ 임대용 자산 난방비 배분 → 공동소비 비율축소
재정 지원	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 건물에너지 효율화 위해 30억 유로 투입
환경세 (Eco-Tax)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 「친환경 조세개혁도입에 관한 법률」 제정

‘환경수도’로 불리는 프라이부르크는 지자체 차원에서 성공적인 친환경 도시를 설립하여 전 세계적으로 많은 도시들의 벤치마킹 대상이다. 구체적인 실행방식을 살펴보면, ‘프라이부르크 기후행동’을 창설하여 촉진지역을 선정하고, 프라이부르크시는 건축물 에너지대책 가이드라인을 수립과 동시에 일정규모 이상의 건축물은 에너지대책에 대한 계획안을 제출하도록 하는 등 친환경 정책을 펼쳤다.

25) 이재준(2009), “저탄소 녹색도시를 위한 도시재생”, 「월간국토」, v332, 국토연구원, pp.26-27.

에너지, 교통, 녹지, 자원 등 분야에 대해서는 강제하거나 유도하는 행동계획을 수립하고 이를 뒷받침할 수 있는 제도를 갖추고 기반시설을 정비하였다. 에너지 부분을 살펴보면, ‘지역 자가발전’이라는 목표 하에 열병합발전과 태양열·태양광 발전을 보급하였으며 시에서 직접 절전형전구(meister lampe)를 개발하여 보급하여 시민들의 일상에서부터 에너지 절약이 가능하도록 하였다. 또한 건물 난방과 전기에너지 사용을 절약하기 위해서 ‘에코주택’, ‘에코오피스’, ‘솔라하우스’ 등의 프로젝트를 추진하거나 적극적으로 지원하였다.

교통 부분에서는 통합적 도시계획을 실시하여 자가용 사용을 감소시킴으로써 저탄소 도시의 구축에 큰 기여를 하였다. ‘No-Car Zone’(차량진입금지구역)과 속도제한 등의 규제로 자가용이동을 제한하였고, 동시에 불편 해소를 위한 보완대책으로 ‘Regiokarte’(지역정기권), ‘Park and Ride’(환승주차방식), ‘Mobile’(모빌레), 자전거 도로망 확충 등을 다각적으로 모색하여 성공적인 결과를 창출하였다. 또한 ‘에코은행’(ÖkoBank, 친환경 기업에만 투자)이나 ‘에코머니’(지역통화제도)와 같은 시민의 자발적 참여를 위한 기반구축도 함께 실시하였다.

[표 2-16] 프라이부르크의 저탄소 정책

주요내용
<ul style="list-style-type: none"> ■ ‘프라이부르크 기후행동’ <ul style="list-style-type: none"> -건물단체나 면적계획의 에너지대책 가이드라인 수립 -일정규모 이상의 건물 신축·증개축 시 에너지 대책에 관한 계획안 제출 -민·관협의로 대책 320축진지역 선정 ■ 분야별 실행계획 설립 <ul style="list-style-type: none"> -대중교통 수단 개선 7% -재생에너지 보급 14% -열병합발전설비보급 28% 등 ■ 에너지 행동 계획 <ul style="list-style-type: none"> -‘지역 자가발전’: 소비전력 80% 자급계획 -광역열병합발전 확산, 분산형 열병합발전 -절전형 전구(Meister Lampe) 개발 및 보급 -‘에코주택’과 ‘에코오피스’ ‘솔라하우스’ -공공건물 에너지 절약: 축정기, 단열재, 열재회수 -에너지 다양화: 태양광발전, 기타 재생에너지 보급 ■ 교통 행동 계획 <ul style="list-style-type: none"> -‘Regiokarte’(지역정기권) -‘Park and Ride’: 환승시스템의 도입 -노면전차 노선 확충, 시내버스 노선 정비, 자전거 도로망 확충 -자가용 이용 제한: ‘No-Car Zone’(차량진입금지구역), ‘Mobile’(모빌레), 주차요금 인상, 보행자 전용구역 설치, 주택지구 주차우선권제도 -주택가 제한 속도 ‘시속30km’ 이하 ■ 쓰레기 분리수거와 재활용화, 일회용품 사용금지

주요내용
<ul style="list-style-type: none"> ▪ '에코은행'(ÓkoBank): 친환경 기업에만 투자 ▪ '에코머니': 지역통화제도
<ul style="list-style-type: none"> ▪ 녹림 보호운동과 도심 녹화 ▪ 도심하천 살리기, 수로시설(베히레) 15km

□ 일본

‘지구온난화대책 추진에 대한 법률’(2008)을 제정하여 온실가스배출 감소를 위한 국가차제 등의 책무 및 배출량 공표 의무 등을 명시했다.²⁶⁾ 또한, 전 지구적으로 2050년까지 현재 수준 대비 50% 감축목표를 선언한 「Cool Earth 50 Initiative」 발표하였다. 이런 정책 비전의 발표와 함께 저탄소사회를 구현하기 위한 정부차원의 국가행동계획을 크게 세 가지로 제시하였다. 이의 내용은 첫째, 혁신기술의 개발과 기존 선진기술의 보급 촉진, 둘째 시장메커니즘을 이용한 CO₂거래제도의 도입과 CO₂배출에 관한 정보제공 촉진, 그리고 셋째 지방정부의 선도 활동과 국민 개개인의 실천 촉진이다.

또한 국토교통성은 ‘환경행동계획 2008’을 수립하여 건축물에 대한 개별대책과 도시정책을 포함한 종합적 대책을 제시하였다. 이 정책 중 하나로 ‘저탄소형 지역만들기’를 정하고, 이를 위해 크게 3가지 ‘집약형 도시구조의 실현’, ‘지구·가구 단위의 포괄적인 도시환경대책 마련’, ‘200년 주택보급 촉진’을 세부행동계획으로 정하였다. 그 외에 CO₂삭감은행, 친환경대출 등을 통해 시민들의 자발적 CO₂감축노력을 유도할 수 있는 제도도 추진하였다.

[표 2-17] 일본 중앙정부의 온실가스 감축정책

항목	주요내용
「지구온난화대책 추진에 관한 법률」	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 지구온난화대책 추진계획, 전국 지구온난화 방지 활동추진센터 (JCCCA) ▪ 산업 13~15%, 민생 21~24%, 운송 19~20%, 에너지전환 35~41%
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 태양광발전 <ul style="list-style-type: none"> -주택, 공공부문, 산업에 설치 -세제조치 및 용자제도
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 도시계획긴급정비 -미활용에너지 및 신재생에너지 공동기반시설정비 및 네트워크화 추진
에너지 면적 이용 촉진	
녹화, 녹지보전	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 녹색의 거점 창조 ▪ 사유지의 효과적인 녹색창출 ▪ 도시의 자연환경 보전
하수도 자원-에너지 유효이용	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 탄화오일을 석탄 대체연료로서 화력발전소에서 사용 ▪ 바이오 가스를 자동차의 연료로 공급
스쿨뉴딜	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 2020년경 태양광 발전을 20배 증가 목표

26) 문기영(2008), “외국의 기후변화 대응 현황과 정책적 시사점(기획재정부 보도참고자료)”, 기획재정부.

항 목		주 요 내 용
Cool Earth 에너지혁신기술계획		
「저탄소사회구축 행동계획」		<ul style="list-style-type: none"> ▪ 건축물 무배출(신축 공공건물 2030년까지 무배출화), 에코하우스(3년간 300만 호) ▪ 에너지 절약주택 보수공사 비용 세액공제, 에너지수급 구조개혁 설비투자 즉시상 각
저탄소형 도시지역 만들기 ²⁷⁾	▪ 집약형 도시구조	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 대규모 집객시설 등의 도시 기능 적정배치 ▪ 중심시가지에 도시기능을 집적 촉진 ▪ 도시·지역 종합 교통 전략 추천
	▪ 지구·가 구 단 위 의 포괄적인 환경대책	<ul style="list-style-type: none"> ▪ ‘선도적 도시환경 형성촉진사업’제도 ▪ 코디네이터 파견 ▪ 실험에 대한 재정 지원
	▪ 200년 주 택보급 추진	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 장수주택 보급을 위한 법제도 정비 ▪ 초장기주택시범사업 실시 ▪ 초장기주택에 대한 주택금융상품개발 ▪ ‘초장기주택추진 환경정비사업’의 창설

도쿄는 환경국(Bureau of Environment), 도시·지구환경과(Urban and Global Environment Division) 등 관련 부서뿐만 아니라 시정 전반에 걸쳐 친환경 관련 정책을 다루고 있다. 우선 책임부서에서 계획수립, 조정역할, 환경평가 등을 담당하고, 긴밀한 민관협의를 위해 민관 네트워크를 형성하여 기업협회 및 에너지 공급자와 긴밀한 협의가 가능한 시스템을 구축하였다.

그리고 토지, 에너지, 교통, 생태 등 분야별로 기준을 제시하고 이에 따라 각각에 적합한 프로그램 및 행동계획을 시행하였다. 예를 들면 중앙대로변 식재를 이용한 바람길 조성 등의 공간구조계획을 통해 탄소발생을 감소시키며 도시 내 미기후도 함께 보완하고 있고, 친환경 건축물에 대한 인증제 및 이와 연계된 인센티브 제도를 운영하여 건축주와 설계자의 자발적인 참여를 유도하고 있다. 대중교통이용과 자전거이용의 저변 확대를 위하여 기반시설을 구축해가며 탄소배출에 많은 영향을 미치는 자동차 공회전을 규제하거나 CNG(compressed natural gas)버스의 보급 등을 통해 교통부분에서 탄소저감과 친환경도시를 이끌고 있다. 생태환경의 보존을 위해 관련 데이터 수집시스템을 구축하거나 환경영향평가제도를 실시하고 있으며, 식재프로그램과 환경보존형 농업을 추진하여 환경보존과 탄소흡수를 동시에 달성하고자 하고 자원 활용, 환경회계 등 기업차원의 정책도 함께 전개시키고 있다.

27) 김진범(2008), “일본 저탄소사회 만들기 전략과 시사점”, 「국토정책 Brief」, n209, 국토연구원.

기마쿠라는 ‘환경지자체’를 목표로 독일의 프라이부르크를 벤치마킹하여 정책 전반에 걸쳐 환경을 배려하고 있다. 독일 프라이부르크의 ‘Regiokarte’(지역정기권)와 ‘Park and Ride’(주차환승방식)에서 아이디어를 얻어 ‘자유환경티켓’과 자동차 이용자를 철도와 버스로 쉽게 전환시키기 위한 역주변 주차환승 시스템을 도입하여 자가용 사용 억제를 유도하고 있다. 그리고 효율적인 자원활용을 위해 쓰레기 반감 운동인 ‘Eco-Office’, 소멸형 처리기 보급 등을 실시하고 있다.²⁸⁾

치요다구의 경우, 조례제정을 통하여 지침을 마련하고 동시에 ‘저탄소형 도시만들기’를 구체적으로 실행하고 있다. 구립시설을 지역 플랜트로서 활용하여 열원설비를 공유화하고, 건물 간 열을 유통하여 에너지를 효율적으로 이용한다.²⁹⁾³⁰⁾ 또한 아이다시는 도시재생과 저탄소 도시 만들기를 융합시켜 두 개의 목표를 동시에 이루도록 계획하고 있으며, 특히 효율적인 에너지 사용을 위해 ‘타운에코 에너지시스템’을 도입하여 지역특성을 고려한 에너지원을 선택하고 신 재생에너지를 바탕으로 한 에너지 지구를 정비하였다.³¹⁾

[표 2-18] 일본 지자체의 저탄소 주요 정책

지자체	정책 사례
도쿄 ³²⁾	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 열섬현상 대책 추진 ▪ 보행자 쉼터 공간계획 및 거리조성 ▪ 중앙대로변 식재 및 바람길 조성 ▪ 조망 및 역사적 문화적 환경 보전 ▪ 공장 또는 빌딩 주변환경 및 대기/수환경 특성 살리기
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 태양광 설치 프로그램 ▪ 그린빌딩 인증제도 도입 및 개발 정책 ▪ 공원, 공공시설(그린청사) 녹화 추진 ▪ 건물 옥상 녹화 시 용적률 할증제도
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 대중교통 이용확대프로그램 ▪ 자전거 타기 프로그램 ▪ Eco-Drive의 실천 프로그램 ▪ 포장도로 개선 프로젝트 ▪ CNG 버스 보급확대 ▪ 자전거도로 환경정비 및 보관대 설치 ▪ ITS구축 ▪ 여객과 화물 수송 효율향상 제도 개선 ▪ 공회전 규제 시행 ▪ 교통수요관리시책(TDM) 구축
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 나무식재프로그램

28) 김해창(2003), 「환경수도 프라이부르크에서 배우다」, 이후.

29) 고재경 외(2009), 「저탄소 사회 형성을 위한 지역의 실천전략(I)」, 경기개발연구원.

30) 왕광익(2009), 「저탄소 녹색도시의 국내외 정책 및 계획 사례」, 국토연구원.

31) ibid.

지자체	정책 사례
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 환경 보전형 농업 추진 ▪ 수변서식지 보전 및 복원 ▪ 전략적 환경영향평가 제도 도입 ▪ 목재자원의 유효이용추진 ▪ 환경데이터의 수집 시스템의 구축 및 멀티미디어 이용 ▪ 생태복원 및 보전체계 구축
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 환경회계에 대한 전개(GreenNotebook) ▪ 제품에 환경라벨링 부착 제도화
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ CBO(Community Based Organization Program) 프로그램 ▪ 그린에너지 개발 프로젝트(풍력, 태양력, 수소에너지) ▪ 지역 냉난방 사업추진
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 폐식용유의 연료화 사업추진 ▪ 산업폐기물 처리 지도계획의 추진
기마쿠라	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 환경지자체의 창조: 정책 전 분야에 환경 배려 ▪ 환경기본조례 → 환경기본계획 ▪ 쓰레기 반감 운동: 'Eco-Office', 소멸형 처리기 보급 ▪ 자동차교통 억제계획: 'Park and Ride'(자동차이용자를 철도, 버스로 전환), 자유환경티켓 ▪ 에너지 절약과 신재생에너지 도입
치요다구	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 조례제정을 통한 지침 마련 -건물단체나 면적계획의 에너지대책 가이드라인 수립 -일정규모 이상의 건물 신축증개축 시 에너지 대책에 관한 계획안 제출 -민관협의로 대책추진지역 선정
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 저탄소형 도시 만들기 사례 -구립시설을 지역플랜트로서 활용 -건물 간 열유통 -하수를 활용한 도시배열처리 -미사용 에너지 활용
아이다시	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 중심시가지 재생과 저탄소 도시 만들기 -신재생에너지 활용과 중심시가지 재생을 위한 도시 만들기 연계 논의
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 타운에코에너지 시스템 도입 -지역특성에 맞는 복수 에너지원 선택 -집중적 에너지 공급과 소규모 분산형 공급 계획 -에코 에너지 지구 정비
삿또로시	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 환경적 측면에서 지속가능한 도시구조로의 전환 -컴팩트 시티 형태 개발 -도시만들기 방향 설정 ▪ 대응방안사례 -도시재생 프로젝트 -도심부의 자동차 교통 적정이용 유도 -눈 대책에의 미사용 에너지 활용 -신에너지의 활용

□ 미국

연방정부에서 직접적으로 청정에너지, 그린카, 그린홈정책을 위해 1,500억 달러의

32) 김병석(2008), 기후변화에 대한 도시 적응방안에 관한 연구, 중앙대학교

재정지원을 하였으며, 신·재생에너지 보급 시설을 의무화하여 신·재생에너지 비율을 단계적으로 확대하고, 동시에 탄소세에 대한 논의를 진행하고 있다. 또한 건축물과 관련해 기존의 빌딩효율향상 프로그램뿐만 아니라 신규 빌딩에 대한 에너지효율 규제를 실시하여 궁극적으로 신규빌딩의 탄소배출을 ‘0’으로 낮추는 정책을 추진하고 있다.

[표 2-19] 미국 연방정부의 저탄소 주요 정책

주요 정책
▪ 2025년 온실가스 배출량 정점 후 감소 추진(2008)
▪ 2017년까지 휘발유 소비량 20% 감축을 위한 대체에너지 비중확대(3% → 15%) (2007)
▪ 청정에너지, 그린카, 그린홈정책
▪ 빌딩 효율 향상 프로그램
▪ 신재생에너지 보급 위한 설비의무화
▪ 탄소세 도입 논의

로스앤젤레스(Los Angeles)는 ‘Smart Growth’를 기조로 도시의 특색을 반영한 핵심부분을 선정하여 집중적인 투자를 실시하였다. 즉, 자가용 사용률이 높은 도시의 특색에 맞추어 교통부분을 핵심 분야로 정하고 대중교통지향형 도시개발(TOD개발), 첨단도로교통체계(ITS), 대중교통 이용확대 프로그램, 환승주차장 주차시설 계획 등을 실시하여 자가용 사용량 감축을 통한 탄소 저감을 추진하고 있다. 아울러 각종 시설물에 대해서 신재생에너지 사용하거나 Energy Star®의 인증 제품으로 교체하는 작업을 시행하고, 도시내의 대기환경을 개선하기 위해서 CAAP(Clean Air Action Plan)프로그램과 GHG(Green House Gas)감축 프로그램을 실시하고, 수목원 조성과 나무 식재 프로그램을 통해 도시녹지화, 자원재생 및 자연보호를 위한 노력도 함께 하고 있다.

[표 2-20] 미국 지자체의 저탄소 주요 정책

지자체	주요 정책
로스앤젤레스 (Los Angeles) ³³⁾	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 녹색에너지의 10%구매증대 ▪ Energy Star에 순응 제품으로 시설물 교체 ▪ 도시시설물 에너지 감축 프로그램 ▪ 태양광 설치 프로그램 ▪ 그린빌딩 인증제도 도입 및 개발 정책
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Smart Growth 전략 ▪ 대중교통 이용확대 프로그램 ▪ TOD개발 프로그램 ▪ 자전거 교통 순환 ▪ 직주불일치 ▪ 첨단도로교통체계(ITS) 구축

지자체	주요 정책
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 환승주차장 주차시설 계획
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ CAAP(Clean Air Action Plan)프로그램 ▪ GHG(Green House Gas)감축 프로그램
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 신재생에너지 사용 촉진 프로그램 ▪ 가로등 LED 교체 계획 ▪ 발전소 청정연료 사용 프로그램 ▪ 신재생에너지 개발 프로그램
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 수목원 조성 계획 및 open space 확보 ▪ 나무 식재 프로그램 ▪ 강 주변 녹색 열린공간 복원 프로그램 ▪ 지역주민들의 자연환경 보호 캠페인 ▪ 투수성 포장 확대
캘리포니아 (California)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 온실가스 해소법 -온실가스 배출을 2020년까지 25%까지 감축하는 법안 제정(2006) -감축 목표에 맞게 실천계획을 시행
포틀랜드 (Portland)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 실천계획 수립 -인터넷 카풀정보제공 등

33) 김병석(2008), 「기후변화에 대한 도시 적응방안에 관한 연구」, 중앙대학교.

제3장 국내·외 사례연구

1. 개관
2. 국외 친환경 개발 사례 검토
3. 국내 친환경 개발 관련 동향
4. 사례연구 종합

1. 개관

세계 각국은 온실가스 감축을 위해 다양한 요소기술을 적용하여 구체화하고 있다. 본 연구는 국내외 사례를 심층적으로 검토하여 현재 적용되고 있는 도시설계 요소를 조사하였다. 사례조사는 도시부문 선진사례로 UAE 마스다르 시티(Masdar City), 영국 베드제드(BedZED), 독일 박람회도시 림(Riem), 스웨덴의 함마르비(Hammarby Sjostad) 등 4개의 국외 사례와 동탄2 신도시, 검단 신도시, 탕정 신도시, 행정중심 복합도시 등 4개의 국내 사례 총 8개의 사례를 검토하였으며, 건축부문에서는 세키스이 하우스, 제로탄소주택 등 2개의 해외 사례와 대림 3리터 하우스, 그린홈 제로 하우스 등 국내의 2개 사례를 분석하였다.

2. 국외 친환경 개발 사례 검토

1) 국외 도시부문 선진사례

국외 도시부문 사례로는 마스다르(UAE), 베드제드(영국), 박람회도시 림(독일), 함마르비(스웨덴)를 검토하였다. 먼저, UAE 마스다르 시티(Masdar City)는 아랍에미리트(UAE)의 수도 아부다비 외곽에 조성되는 신도시로서 탄소(carbon)가 전혀 배출되지 않는

‘탄소제로(carbon zero)’ 도시를 목표로 2008년 2월에 착공하여 2016년까지 220억 달러를 투입하여 조성하고 있다, 영국의 포스터 앤 파트너스(Foster & Partners)의 기본계획에 기초하여 아부다비 미래에너지 회사(Abu Dhabi Future Energy Company, ADFEC)가 약 7km²의 면적에 약 5만 명의 계획인구를 목표로 사업을 진행하고 있다.

영국의 베드제드(BedZED)는 런던 남쪽 서튼(Sutton)에 위치한 주거단지로 과거에 오물처리장으로 사용되었던 토지를 1999~2001년까지 개발하였고 석탄, 석유, 가스 등 화석에너지를 사용하지 않는다는 의미에서 ‘베드제드(BedZED, Beddington Zero Energy Development)’로 명명하였다. BioRegional그룹과 저소득층을 위한 주택 협회인 패바디 트러스트(Peabody Trust)가 주축이 되고 베드팩토리(건축가 Bill Dunster)에 의해서 개발이 이루어졌다. 독일 박람회도시 림(Riem)은 뮌헨 공항이 이전함에 따라 공지가 된 뮌헨 공항부지를 생태적 개발과 경제적 부흥을 목표로 유에르겐 프라우엔펠드(Juergen Frauenfeld)와 길스 벅스라드(Gilles Vexlard)에 의해 설계 되었으며, 1994년 조성을 시작하여 1998년 최초의 주민이 입주하였고 2012년 완공을 목표로 조성 중에 있다. 스웨덴 함마르비(Hammarby Sjostad)는 90년대 초 신도시 건설계획 수립 초기에는 2004년 올림픽 유치를 위한 올림픽 선수촌으로 추진되었으나 이후 올림픽 유치가 무산됨에 따라 98년 ‘공생(symbiosis)’개념에 맞추어 자원보존과 효율적 활용을 위한 도시기능 및 기술시스템이 통합연계된 신도시 조성사업으로 추진되었다.

[표 3-1] 국외사례 기본개요

구 분	UAE 마스다르	영국 베드제드	독일 박람회도시 림	스웨덴 함마르비
위 치	UAE 아부다비 외곽	영국 런던시 서튼	독일 뮌헨	스웨덴 스톡홀름
면적 (인구)	약 7km ² , 5만 명	16,500m ² , 100세대	5,56km ² , 6,500세대	2,450천m ² , 7천 세대
주 체	ADFEC, Foster&Partner	Peabody Trust, Bill Dunster	Juergen Frauenfeld, Gilles Vexlard	스톡홀름 시청
특 징	220억 달러를 투입하여 2008년 2월부터 7단계에 걸쳐 2016년 완공 예정	영국 최초의 친환경, 탄소중립 복합개발	뮌헨 동부지역에 박람회 기능 및 산업, 주거를 창출하는 생태도시	스웨덴 스톡홀름 남동쪽의 항구 지역에 건설된 자원순환 생태도시

[표 3-2] 계획요소에 따른 사례분석

계 획 요 소		마스다르 (Masdar) UAE	베드제드 (BedZED) 영국	림 (Riem) 독일	함마르비 (Hammarby Sjostad) 스웨덴
친환경 토지 이용 계획	고밀도계획		◎	◎	
	복합용도계획		◎	◎	◎
	녹지축			◎	◎
	수변공원				◎
	생태서식지	◎			◎
	바람길 조성	◎		◎	◎
녹색 교통 체계	대중교통이용	◎	◎	◎	◎
	PRT(Personal Rapid Transit)	◎			
	LRT(Light Rail Transit)	◎			
	Car Share Program, 카풀제		◎		◎
	Mini-Transit				
	클린에너지차량		◎		
	바닷길 통한 요충지 연결				
	자동차 진입억제	◎	◎		
	오토바이 전면금지				
	근거리건축 자재이용		◎		
	직주근접		◎	◎	◎
	풍부한 문화 기반시설			◎	
	편의시설 단지 중심부 배치			◎	
신재생 에너지	액티브 솔라 시스템	◎	◎	◎	◎
	패시브 솔라 시스템		◎		
	풍력에너지	◎			
	지열에너지	◎		◎	◎
에너지 절감 건축	고단열 · 고기밀 건축		◎		◎
	고효율설비				
	충고증가 (복사열채광)		◎		
	(U)에너지계량기	◎			
	차양시설	◎	◎		
	온실		◎		
	자전거 및 보행도로 확보	◎	◎	◎	◎
	좁은 가로 이용 자연통풍 건물냉각	◎			
	저층 고밀도	◎			
	자연환기시스템		◎	◎	
	일조를 고려한 건물배치		◎		
	풍력에너지이용 후 건물냉방	◎			
	지붕 및 옥상녹화		◎	◎	
	발코니 녹화		◎		
	친환경 방음벽				
생태 순환 시스템	친환경 재료		◎	◎	
	지속가능한 지역자체재료	◎			
	폐기물 재활용		◎		◎
	오수·하수 재사용		◎		◎

① 마스다르 프로젝트(Masdar City)

마스다르 프로젝트는 아랍에미리트의 수도 아부다비 외곽에 약 7km²의 면적을 대상으로 약 5만 명의 계획인구로 시작되었으며, 영국의 노만 포스터(Foster & Partners)가 기본계획을 세웠다. 이를 바탕으로 아부다비 미래에너지회사(ADFEC)에서 개발을 담당하고 2008년 2월에 착공하여 7단계에 걸쳐 2016년까지 완공할 예정이다. 마스다르 시티(Masdar City)는 ‘탄소제로(carbon zero)’도시를 목표로 220억 달러가 투입되는 녹색도시로 복합시설을 수용하는 자족적 고밀도시이며, 아울러 그린에너지(green energy) 전문기업 1500개의 사업장을 수용할 계획이다. ‘탄소제로’도시 7개의 주요 컨셉 요소는 ① 탄소 제로(zero carbon), ② 폐기물 제로(zero waste), ③ 지속가능한 교통(sustainable transport), ④ 지역의 지속가능한 재료 사용(local and sustainable materials), ⑤ 지역의 지속가능한 음식(local and sustainable food), ⑥ 물의 재사용(sustainable water), ⑦ 자연 거주와 야생생물(natural habitats and wildlife)이다.



[그림 3-1] 마스다르 계획 조감도



[그림 3-2] 마스다르 계획 조감도

먼저 토지이용부분은 복합용도와 고밀도계획의 저층 고밀도 근린주구 개발하여 에너지 의존성을 낮추고, 도시 주변에 아랍 전통 양식의 성곽을 배치하고 건물을 좁은 골목 주변으로 밀집하는 아랍 전통의 도시계획을 채용하여 효율적 에너지 사용을 도모함과 동시에 지역적 특성을 살리는 기본배치를 구상하였다. 마스다르 시티 외부와 신도시 내부를 LRT³⁴⁾체계를 통해 결합하고, 내부교통은 PRT³⁵⁾과 세그웨이 등을 통해 보완하는 대중교통시스템을 갖추었다. 가로를 강한 햇빛으로부터 보호하기 위하여 그늘지게 조성하고 최

대 가로길이를 200m로 제한함으로써 도보하기 편리한 가로환경을 만들어 시민들의 보행을 유도한다. 또한, 도시 내 자동차 사용을 억제하기 위해 도시 외곽에 주차 빌딩을 설치하여 도심에서는 보행, 자전거, 자기부상열차, 신개념 1인승 이동수단인 ‘세그웨이’만 이용할 수 있게 하여 온실가스 발생을 줄인다.



[그림 3-3] PRT



[그림 3-4] LRT



[그림 3-5] 세그웨이

태양광 발전 단지는 대부분의 전력을 태양광으로 공급하며 건물 전면 및 지붕 소재로 박막 태양광판(thin-film solar cells) 설치하여 액티브 솔라시스템³⁶⁾을 갖춘다. 페르시아 만에서 불어오는 따뜻한 바람은 1차적으로 풍력발전기의 터빈을 돌려 전기를 생산하고 지하까지 연결된 관을 통하여 땅 속에서 식혀진 후 건물로 유입되어 건물을 냉방하는 무공해 냉방 시스템으로 활용된다. 냉방은 기존 압축기 대신 태양열로 돌아가는 흡수 냉각기를 사용하였으며, 밤이나 추운 날씨에 전력 문제가 발생하는 현상을 완화하는 시스템(a molten salt system)³⁷⁾을 도입하였다. 유비쿼터스 센서를 완비한 에너지 계량기를 도시 전역에 설치하여 시민들의 에너지 사용량을 지속적으로 공지하고 에너지 초과 사용 시 사용자에게 공과금 추가 지불을 바로 경고하여 에너지 절약 유도한다.

34) LRT(Light Rail Transit System): 경전철은 지하철보다 건설비가 적고, 출발지와 목적지를 직접 연결하고 환승을 최소화해서 환경오염을 최소화 함

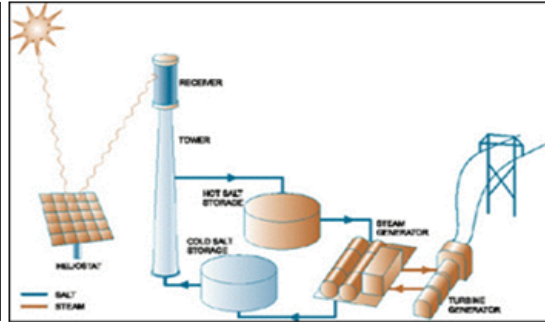
35) PRT(Personal Rapid Transit System): 자가용과 같이 운행 중에는 다른 승객의 방해 없이 자유롭고 편안한 시스템

36) 액티브 솔라시스템(Active Solar System): 태양열 이용방식 중 하나로 집열, 축열장치 등을 따로 설계하고, 펌프 등의 동력을 이용하는 등 적극적으로 태양열을 이용하는 방식

37) 사막에 매우 큰 거울과 같은 장치들을 설치해서, 소금을 약 1000도 가량으로 가열시키고, 이렇게 뜨겁게 액화된 소금을 이용해서 터빈을 돌리고, 다시 원래의 위치로 돌아와 가열시키는 동작을 반복하여 에너지를 생산하는 방식



[그림 3-6] 태양전지 패널이 설치된 도시전경



[그림 3-7] A Molten Salt System

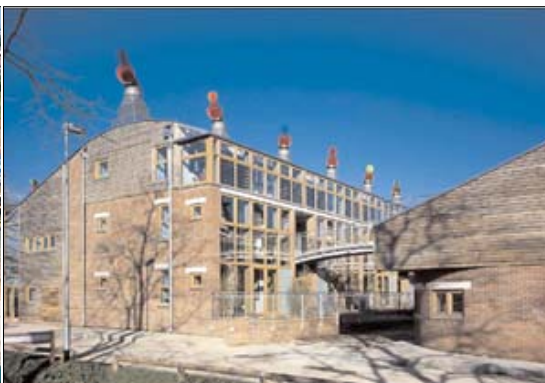
건축자재는 반경 56km이내에서 구할 수 있는 자연소재와 재활용 가능한 자재들을 이용하여 등 친환경 재료 사용을 위해 노력하고, 빗물과 오·하수에서 정화된 물을 화장실과 옥상정원의 관수용으로 재활용하여 자원을 효율적으로 이용하고자 한다. 기온이 높고 바람이 많은 지역적 특색을 최대한 이용하여 바람길을 조성하고 도시 북동에서 남서로 난 대로, 바람 타워(wind tower), 좁은 가로 등 자연통풍을 최대한 이용하여 건물 냉각을 도모한다.

② 베드제드(BedZED)

영국 런던 남쪽의 서튼(Sutton)에 위치하며 16,500m² 면적에 100가구를 목표로 하여, 던스터(Bill Dunster, Zedfactory)가 설계하고 BioRegional 그룹과 Peabody Trust가 1999년부터 2001년까지 개발하였다. 영국 베드제드는 영국 최초의 친환경 및 탄소중립 복합개발단지로 주거·업무·상업 공간을 단지 내에 공유시켰다.



[그림 3-8] 베드제드 전경



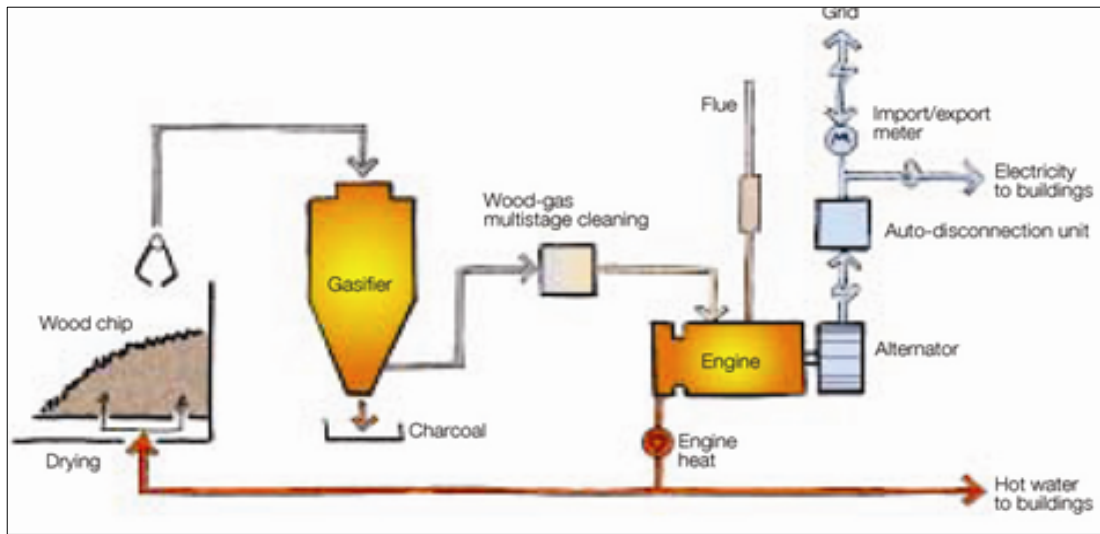
[그림 3-9] 베드제드 건물 형태

일조를 고려한 건물 배치로서 모든 가구 배치를 남향으로 하여 채광과 태양에너지 활용을 극대화하였으며 사무실의 위치는 각 건물의 북쪽에 위치시켜 직접 채광보다 간접 채광을 유도해 업무의 효율을 높이고, 직주근접 개념으로 거주와 사무공간을 단지 내에 공유시켜 출퇴근에 필요한 자가 차량의 운행을 최소화하고 대중교통 이용을 극대화시키도록 계획하였다. 자동차 사용 억제로 인해 주차면적을 줄일 수 있었으며 이로 인해 남는 공간을 주민들을 위한 공원으로 사용하고, Car Share 프로그램을 운영하는 시티 카 클럽을 통해 카풀을 활성화하였다. 남향 전면 창에 설치한 집열판에 모인 태양열을 전기로 전환하여 전기자동차 충전 시 이용가능 하도록 하여 청정에너지를 사용하는 차량을 지원하였다.

모든 건물 위에 태양열 전지판을 설치하여 청정 전기를 생산하는 액티브 솔라 시스템을 완비하고, 단지 한쪽에 바이오연료를 사용하는 열병합 발전기(combined heat and power plant)³⁸⁾를 설치하여 매일 100kW의 전력을 생산한다. 2중, 3중 유리, 온실, 차양 등을 설치하여 태양에너지를 채열한 뒤 활용하는 패시브 솔라시스템³⁹⁾과 에너지 낭비를 최소화하기 위해 벽에 300mm 단열재를 넣어 두께를 약 50cm 정도로 하여 열손실을 감소시키는 고단열·고기밀 건축으로 에너지사용을 저감한다. 또한, 건축계획단계부터 건물은 햇빛의 채광과 태양복사열의 활용을 극대화하기 위하여 일반 건물의 2배 높이로 이루어지게 하고 PSV(Passive Stack Ventilation, 지붕 위에 있는 닭벼슬 모양의 바람개비 팬)을 통해 자연환기 및 내부온도를 조절하며, 이중 외피로 온실을 만들어 여름에는 더운 공기가 상부창으로 빠져나가 시원하고 겨울에는 햇빛으로 데워진 공기를 받아들여 적절한 온도를 유지한다.

38) 열병합 발전기(Combined Heat and Power Plant, CHP-plant): 전력과 열을 동시에 발생시켜 에너지 이용률을 높이는 발전 체계. 즉 증기 터빈, 가스 터빈 등 각종 엔진으로 발전기를 구동해 전기를 생산함

39) 패시브 솔라시스템(Passive solar system): 부가적인 기계 장치없이 태양 에너지를 채열하여 활용하는 방식



[그림 3-10] 열병합 발전 시스템 다이어그램



[그림 3-11] PSV



[그림 3-12] 태양광판

□ 자원저감

단지 내 친환경 공원으로서 채소와 야채를 기를 수 있는 텃밭을 조성하여 이웃 간의 친목도 도모하며, 지붕 및 옥상녹화를 위해 전 세대를 대상으로 옥상정원 또는 옥외밭 코너 계획하였다. 그린루프(green roof)시스템은 지붕표면에 특수 식물을 심어 야생생물과 공유할 수 있는 기회를 제공하고, 각 건물의 지붕과 테라스는 태양에너지 흡열 패널, 정원, 조경시설 등을 배치하여 다양하게 활용한다.

③ 박람회 도시 림(Riem)

독일 뮌헨에 위치한 박람회 도시 림(Riem)은 뮌헨 공항의 이전으로 인해 공지가 된 부지를 생태적인 개발과 경제적인 부흥을 목표로 조성하였으며, 대상지의 면적은 556ha이며 6500세대 규모로 1994년 시작되어 2012년 완공을 목표로 하고 있다. 전체단지는 유에르겐 프라우엔펠드(Juergen Frauenfeld)에 의해 그리고 녹지는 길스 벅스라드(Gilles Vexlard)에 의해 설계되었다. 특히, 뮌헨 중앙 지역에 박람회 기능 및 산업, 주거지를 위한 공간부족현상이 나타났는데 이 문제를 해결하고자 동부지역에 주거와 여가, 일자리 창출을 목표로 한 새로운 도시 확장계획이 수립되었다. 또한, 림 개발의 주요 개념은 생태도시의 건설로 1990년 기본계획수립 후 환경영향평가를 비롯하여 충분한 사전조사와 연구를 바탕으로 장기간에 걸쳐 계획되어 현재 국제박람회장은 건설된 상태이고, 업무지구 및 주거지구의 건설이 진행 중이다.



[그림 3-13] 박람회 도시 림



[그림 3-14] 박람회 도시 림



[그림 3-15] 박람회 도시 림

단지를 배치 시는 바람길을 고려하고 기반시설과 건축물 배치 시에는 토지절감을 유도하도록 하고, 동시에 이와 같은 공간 배치에 상응하는 녹지계획을 진행하였다. 탄소배출을 저감하기 위하여 효율적 토지이용과 최소한의 이동거리, 주거와 업무공간을 연계한 복합단지개발 및 고밀도계획 등을 시행함으로써 에너지 절감형의 단지를 구성하게 되었다. 아울러 기존 도시기반시설과 시민여가시설을 공유하여 신규 개발면적을 줄이고자 하였으며, 고밀개발을 통해 확보된 토지를 녹지공간으로 조성함으로써 토지 자원의 효율적 이용을 꾀하였다.



[그림 3-16] 박람회 도시 림 배치계획도



[그림 3-17] 박람회 도시 림 배치계획도

경제활동 차량은 광역 기차 및 전철과 연계하고 단지 유형별로 차량도로 및 주차장을 계획하고, 지하철 연계는 보행 도달거리 600m로 버스 연계는 보행도로 300m로 설정하여 계획단계에서부터 대중교통과 녹색교통의 활성화에 중점을 두었다. 자동차 사용억제는 자가용 교통에 대한 수요를 줄이는 방향으로 진행되어 이를 위해 자가용이 없는 세대를 위한 인센티브제도와 카풀(car-pool)제도가 도입되었다. 또한, 주거와 주차공간이 효율적으로 분리되도록 주차장을 배치함으로써 보행을 활성화할 뿐만 아니라 조용하고 안전한 외부공간을 조성하였다.

신재생에너지 사용측면에서는 음식물 쓰레기를 이용한 바이오 가스(bio-gas)에너지를 생산하여 단지 내에서 사용하고 있으며, 전체 에너지 사용량의 대부분을 차지하는 난방 에너지를 효율적이고 친환경적으로 유도하기 위해 외부의 찬공기를 효과적으로 차단하는 에너지저감 건축을 시행하였다. 환경 부담을 최소화하고 쓰레기 문제를 해결하기 위해 친환경적인 건축자재를 활용하고, 폐기물 재활용을 위해 기존 포장재 등 건축 폐자재를 개발지 내에서 자체적으로 처리한다는 개념 하에 여가공간 조성을 위한 성토에 활용하였다. 오수·하수 재사용을 위해 우선적으로 빗물을 샤워나 세탁용수로 사용한 후 식물필터 처리과정을 거쳐 1차 정화된 후 화장실용수로 재활용하였으며, 빗물 재활용을 위해 강수량, 지붕의 크기, 옥상녹화 여부, 건물층수, 빗물이용에 대한 수요 등 여러 가지 요인을 고려한 우수 활용 계획을 작성하였다.

전체 개발면적의 약 50%를 녹지로 조성하였으며, 그중 남쪽에 위치한 경관공원이

대부분의 면적을 차지하는 400m 폭의 대규모 경관공원을 중심으로 동서 녹지축에 주거지와 박람회장을 연결하는 남북 녹지축을 조성하고, 경관공원 중심으로 공공녹지, 개인정원, 운동 및 놀이공간, 유보지 등이 유기적으로 연결되었다. 이러한 생태·녹지공원을 통한 녹지화와 더불어 녹지면적이 결여된 지역의 지붕을 녹화하며, 옥상녹화는 빗물을 일차적으로 정화하는 기능을 보유한다. 또한 남쪽과 동쪽에서 불어오는 서늘한 바람을 도심으로 유입시킴으로써 도시온도를 낮출 수 있게 하고, 오픈 스페이스 내 저밀 수목식재, 옥상녹화와 벽면녹화, 필로티 조성 등을 통해 바람의 흐름이 보다 원활하게 유도될 수 있도록 하여 단지 내 미기후를 고려하여 계획하였다. 수순환을 위해 적절한 지하수위를 유지하기 위해 포장면적을 최소화하고 투수성 포장⁴⁰⁾ 재료를 사용하고, 녹지축에 빈영양 초지식생이나 야생 덩굴과 같은 자연 경관적 요소가 도입되어 비오톱⁴¹⁾ 기능을 하여 자연보호계획도 동시에 실시되어 더욱 의미를 가진다.

④ 함마르비 허스타드(Hammarby Sjostad)

스웨덴 스톡홀름(Stockholm, Swenden) 함마르비(Hammarby) 호수 주변 지구에 건축연면적 1,080,000m², 주택건설 8,000호, 인구 17,500인의 규모로 개발된 함마르비 허스타드(Hammarby Sjostad)는 스톡홀름 도심 내 자연과의 경계지역에 새로운 건축과 현대기술이 접목된 지속가능한 주거지의 중심을 조성을 목표로 1992부터 2010년까지 약 19년 간 진행되었다.

40) 투수성포장: 빗물이 땅속에 침투할 수 있도록 간격을 두고 하는 포장으로 토양생태계의 파괴문제를 완화해주는 역할을 함

41) 비오톱(biotop): 야생생물이 서식하고 이동하는데 도움이 되는 숲, 가로수, 습지, 하천 등 도시에 존재하는 다양한 인공물이나 자연물로 지역 생태계 향상에 기여하는 작은 생물 서식 공간



[그림 3-18] 함마르비 조감도



[그림 3-19] 함마르비 토지이용도

복합용도개발로 편의시설, 학교, 도서관, 병원, 헬스센터가 들어와 단지 내에서 도시적 기능을 충분히 담당하도록 계획하였고, 지구의 중앙녹지대로 열리는 중정형의 단지배치를 특징으로 하며 통경축을 계획하여 수변과 녹지로의 아름다운 경관축이 확보하고 부분적으로 필로티를 설치하였다. 이와 더불어 함마르비 (Hammarby) 수변공간을 적극적으로 이용한 산책로를 조성하여 이 지역개발의 아이덴티티를 확보하고 수변공간을 주거공간으로 계획하여 자연환경에 밀접한 주거공간을 형성하였다. 트램(Tvarban tramline), 페리 (Ferries in Hammarby canal), 카풀제도(Car-Pooling arrangement) 등 대중교통체계를 확립하여 대중교통이용을 높이고, 보행도로와 자전거 전용도로 확보하여 녹색교통이 활성화되도록 계획하였다.

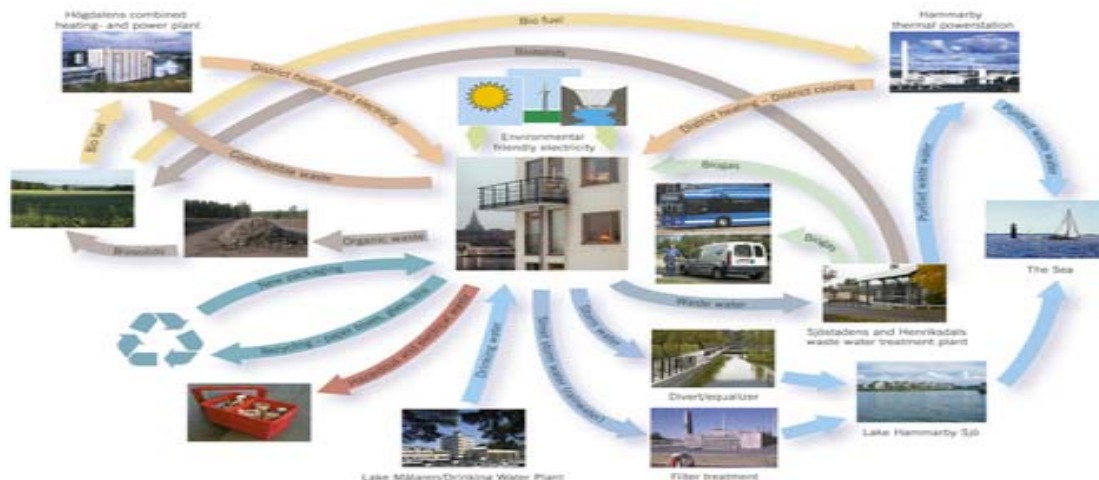


[그림 3-20] 함마르비 수변공간



[그림 3-21] 함마르비 산책로

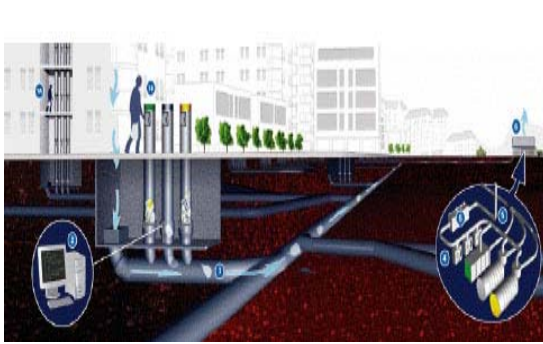
에너지는 지역열발전소에서 생산되며, 지역 내에서 발생된 가연성 쓰레기는 (난방) 열로 사용되고 음식물 쓰레기는 식물가스(메탄가스)로 재생되고, 자동차는 하수처리시설에서 나온 바이오 가스(biogas)를 주 연료로 사용한다. 특히 ‘The Hammarby Model’은 에너지, 쓰레기 그리고 물(폐수)을 대상으로, 지속가능한 자원을 사용하는 주거환경 조성을 목표로 에너지 소비와 쓰레기 배출을 최소화하고 자원의 절약, 재사용, 재활용을 최대화를 목표로 한다. 또한 ‘Eco Cycle Model’은 ‘The waste heats up the apartment’ 라 하여 eco-cycle의 예로, 이 지역에서는 가연성 쓰레기를 소각할 때 나오는 열에너지를 이용하여 지역난방과 전기를 생산하고, 물을 재사용하여 지역난방시스템의 급탕에 활용하는 것을 의미한다. 많은 사례에서 플렉시블 하우스 플랜(Flexible Housing Plan, 가변형 평면)을 계획하고 건축·단지개발의 환경 친화적 관리 요소 및 시스템을 실시하여 도시 환경 부하의 저감(Low impact)을 실행하였다.



[그림 3-22] Eco Cycle Model

도시적 차원의 재활용 모델 구축과 자체 지역 하수 처리시스템을 완비하여 이를 통한 Hammarby model 구축하고, 폐열을 이용하여 폐수를 정화시켜 농토로 환원시키는 것이 가능한 신기술을 이용하여 영양분을 회수할 수 있는 자체의 오수처리공장을 가진 특유의 재활용 모델을 보유하여 오수 및 하수를 재사용하며, 우수는 지역적으로 정화되어 특별히 정화과정에 대한 부하를 주지 않는다. 지역의 태울 수 있는 쓰레기를 열로 환원하며, 쓰레기 관로수송시스템은 생활폐기물을 수거, 처리하기 위한 인원과 예산 감축. 악취

및 침출수 발생 등의 환경오염 요인을 줄이는 방식으로, 모든 쓰레기를 지하의 깨끗한 공간으로 이송하여 3종류의 쓰레기 집하장을 안마당에 위치시킨 혁신적인 발상은 경제적 효과뿐만 아니라 사회통제와 환경인식 증진에 기여하였다.



[그림 3-23] 관로수송시스템 개념도



[그림 3-24] 관로수송시스템 적용사례

함마르비(Hammarby)의 중앙단지에 시각적인 공원(visual park)으로서 수변공간이 조성되고, 보전지역(Nacka Nature Reserve)이 새로운 녹지지역 부분에 이어지도록 계획하였으며, 수변공간의 물이 빠지고 들어오는 부분에 초지를 조성하여 넓은 오픈스페이스를 확보하였다.

2) 국외 건축 선진사례

국외 건축 부문 사례로는 일본의 세키스이 하우스와 영국의 탄소제로 주택에 대한 검토를 수행하였으며 두 사례 모두 신재생 에너지 기술, 에너지 절감 기술, 친환경 시공 자재 및 물질 순환체계를 도입하였으며 세부적인 기술 요소는 [표 3-4]와 같다.

[표 3-3] 계획요소별 해외 건축 사례 분석

계 획 요 소		일본 세키스이 하우스	영국 탄소제로 주택
신재생에너지	태양광 발전시스템	지붕과 일체화 한 기와형태의 발전시스템 14.5kW 설치함	남향 지붕에 태양전지판을 설치함
	풍력발전	초경량화, 저소음화 기술 및 풍속 50m/s까지 연속운전 가능한 제어기술을 가진 소형풍력 발전기를 설치함	풍력발전 이용함
	연료전지	연료에서 온수와 전기를 높은 효율로 제공하기 위한 가정용 연료전지시스템은 에너지 소비가 적고, 이산화탄소를	-

계 획 요 소		일본 세키스이 하우스	영국 탄소제로 주택
에너지 절감 기술		배출하지 않는 환경 친화적인 시스템	
	고단열·고기밀 건축	하이브리드 단열보드를 사용하여 기존의 경질 우레탄 보드와 비교하여 1/2의 두께로 동일한 단열성능을 가짐	두께 18cm으로 고성능 단열하며 바닥은 내부의 열을 간직하는 중량 콘크리트를 사용함. 또한 삼중유리창문은 부엌과 욕실에 발생하는 열을 다른 방으로 이전하는 역할 을 함
	바이오매스 보일러	-	우드펠릿을 태워 겨울에 난방을 제공함
	환기시스템	모든 방의 공기를 24시간 기계로 제어. 외기를 실온에 가깝게 유지시키는 열교환 방식으로 냉난방의 열손실을 억제하여 쾌적함	환기 조절 장치를 설치하여 실내의 더러워진 공기에서 열을 얻어 덥혀진 차고 신선한 공기 유입함
	조명시스템	유기EL(OLED) 조명을 도입하여, 에너지 효율이 높고 자연광에 가까운 특성을 가지고 있으며 수은과 백열등보다 뛰어난 발광효율을 실현함	-
	열펌프 급탕기	열펌프 유닛과 온수 저장 유닛이 하나로 이루어진 컴팩트한 고효율 자연냉매 열펌프임	공기 열펌프: 에어컨과 반대로 바깥의 따뜻한 공기를 실내로 빨아들여 더운물과 난방을 함
친환경건축	에너지 계량기	-	스마트 계량기가 설치되어 집의 에너지소비정보를 확인할 수 있음
	친환경재료사용	친환경 시멘트는 도시쓰레기의 소각재 등을 시멘트 1 ton당 500kg이상 사용하며 습도조절능력이 우수한 자재를 사용하여 습도 조절함	-
	폐기물 재활용	주택 해체 시 발생하는 폐목재를 재생하여 만든 목질재료임	-
	옥상녹화	-	지붕에 녹지를 조성해 천연 단열과 소규모 생태계를 조성함
	우수재활용	-	비가 오면 빗물을 지붕에서 뒤뜰로 이동시키는 파이프를 통해 2,000리터 용량의 탱크에 저장하며 저장된 빗물은 화장실이나 , 기계 세척 등에 사용됨

① 일본 세키스이 하우스

일본 경제산업성(The Ministry of Economy, Trade and Industry, METI)이 홋카이도 토야코 G8 정상 회담 부지에 건설한 제로 에미션 하우스(Zero Emission House)인 ‘세키스이 하우스’는 4인 가족을 위한 건축면적 196㎡의 단층주택으로, 사용되는 모든 에너지를 자연에너지에서 조달하는 ‘신에너지기술’, ‘에너지 절약 기술’, ‘환경기술’ 등 세 분야의 기술을 집결하였다. 생활에 필요한 에너지 전량을 주거 내에서 조달하고 온실가스를

전혀 배출하지 않는 주택으로, 태양광발전, 연료전지, 유기EL(OLED) 조명⁴²⁾ 등 선진기술을 도입하고 풍력발전기와 태양전지판으로 모든 에너지를 자체 조달로 일본 주택 평균 사용전력의 5배 수준인 15kW의 전력을 생산한다. 지속적인 친환경성을 최대화하여 환경부하에 최소한의 금액을 지불을 의도하였으며 이를 위해 시공을 위한 비용은 거의 2백만\$에 달한다.

지붕과 일체화한 기와형태의 태양광발전시스템을 14.5kW 설치하여 일반적인 생활에서 필요한 에너지를 발전하고, 설치된 소형풍력 발전기는 고강도 탄소섬유 재질의 날개로 구성된 초경량화, 저소음화 기술과 풍속 50m/s까지 연속운전 가능한 제어기술 등에 의해 도시에서 해안지역까지 다양한 장소에서 안정된 발전을 할 수 있다. 또한, 세이스키 하우스는 다양한 고효율 기술을 적용하여 실현화하고 있다. 적용된 기술은 살펴보면, 휴대용 리튬 전원장치는 콘센트가 없는 곳에서 전력 공급이 가능하며, 소음, 배기가스가 없는 환경 친화적인 휴대용 전원장치로 유도가열 히터를 내장한 대용량 장치이고, 환기시스템은 모든 방의 공기를 24시간 기계로 제어하여 외기를 실온에 가깝게 유지시키는 열교환 방식으로 냉난방의 열손실을 억제하여 쾌적함을 유지한다. 열펌프 유닛과 온수 저장 유닛이 하나로 이루어진 컴팩트한 고효율 자연냉매 열펌프 급탕기를 설치하였으며, 연료에서 온수와 전기를 높은 효율로 제공하기 위한 가정용 연료전지시스템은 에너지 소비가 적고 이산화탄소를 배출하지 않는 환경 친화적인 시스템이다.

친환경 시멘트는 도시쓰레기의 소각재 등을 시멘트 1ton당 500kg이상 사용하여 환경적인 측면을 고려한 새로운 시멘트와 주택 해체 시 발생하는 폐목재를 재생하여 만든 목질재료를 사용하였다. 습도조절 건축자재는 우수한 습도 조절능력을 가지고 있어 겨울에 이슬 맺힘과 여름철 축축함을 억제하고, 또한 특별히 에너지를 사용하지 않으면서 포름알데히드 및 악취물질을 흡착하는 기능을 가진다. 단열재로는 하이브리드 단열보드를 사용하였는데 이는 기존의 경질 우레탄 보드와 비교하여 1/2의 두께로 동일한 단열성능을 갖는 건축자재이다.

42) 유기EL(OLED) 조명: 에너지 효율이 높고, 자연광에 가까운 특성을 가지고 있으며, 수은 등과 같은 유해물질을 포함하고 있지 않기 때문에 형광등을 대신할 차세대 조명임



[그림 3-25] 세키스이 하우스 기술개발요소



[그림 3-26] 세키스이 하우스

② 영국 제로탄소주택

영국에서 가장 큰 주택건설업체중 하나인 바라트 개발에서 계획한 ‘제로 탄소 주택’(Zero Carbon House)프로젝트로 런던 인근에 실험 주택이 밀집한 ‘BRE 이노베이션 파크’에 건설되었다. 또한 2011년까지 브리스톨에 ‘탄소 제로 주택’ 200채를 지을 예정이며 영국의 모든 신축 주택은 2016년까지 탄소를 배출하지 않는 주택으로 건설할 계획이다. 영국 정부로부터 지속가능성 최고 등급인 6등급을 획득한 ‘제로 탄소 주택’은 풍력과 태양열 발전을 이용한 주택 건설 계획으로 가정에서 사용되는 모든 에너지에서 배출되는 이산화탄소의 총량이 전무한 것을 의미하며, 이를 통해 영국 내 전체 이산화탄소 배출량의 27%를 차지하는 주택들의 이산화탄소 배출량을 2050년까지 최소 60% 줄일 것으로 예상된다.

남향 지붕에 태양전지판을 설치해 전기를 공급하는 태양광발전설비를 갖추고, 패시브 하우스를 위해서 두께 18cm의 고성능 단열물질을 이용하여 초단열을 설치하였으며, 내부의 열을 간직하는 중량 콘크리트를 사용한 바닥으로 축열도를 높였다. 더운 물과 난방을 위해서 에어컨과 반대로 바깥의 따뜻한 공기를 실내로 빨아들이는 공기 열펌프를 설치하고, 환기조절장치를 통해 실내의 더러워진 공기에서 열을 얻어 차고 신선한 공기를 유입하는데 사용한다. 중앙컴퓨터가 각 방의 온도를 모니터하면서 집을 운영하는 자동제어 시스템을 갖추고, 동시에 각 방은 콘트롤 패드를 통해 집의 중앙 컴퓨터시스템과 연결한 쌍방향 주택을 실현했으며, 여름에 온도가 오르면 자동으로 열리는 자동셔터를 완비하였다. 이러한 유비쿼터스 시스템과 함께 지붕에 녹지를 조성해 천연 단열과 소규모 생태계

를 조성하여 옥상녹화도 시행하였다.



[그림 3-27] 영국 제로탄소주택 기술개발

[그림 3-28] 탄소제로주택

3. 국내 친환경 개발 관련 동향

1) 친환경 도시개발 동향

최근 신도시 개발사업을 중심으로 친환경 계획·설계 기법의 도입이 활발하게 이루어지고 있으며, 본 연구에서는 국내 친환경 신도시 개발 사례 중 동탄2신도시, 검단신도시, 탕정신도시, 행정중심 복합도시 사례를 검토하였다.

[표 3-4] 국내사례 기본개요

구 분	동탄2신도시	검단신도시	탕정신도시	행정중심복합도시
위 치	화성시 동탄면 영천리, 청계리 일원	인천광역시 서구 검단, 당하 일원	충청남도 천안시 불당동, 백석동 일원	충남 연기군 금남면, 남명, 동면 일원
면적(인구)	21,804천㎡, 282천인	11,200천㎡, 177천인	17,646천㎡, 173천인	72.91km ² , 500천인
주 체	한국토지공사, 경기도시공사	인천광역시, 인천광역시 도시개발공사, 한국토지공사	대한주택공사	행정중심복합도시 건설청, 한국토지공사
특 징	수도권 남서부 자족도시	수도권 북서부 자족도시	아산만 광역권을 지원하는 중심도시	행정기능을 중심으로한 자족형 복합도시
친환경근린 개발내용	-탄소중립을 위한 자전거 등 녹색교통 체계 추진 -탄소중립 시범마을 추진 및 서늘한 도시만들기 추진 -재생에너지 활용	-에너지 저감도시 조성: 지하철역을 중심으로 10분 내 대중교통센터 도착 -분산집중형 개발, 녹색교통계획으로 도시구조 구축 -제로에너지 타운 추진	-저탄소도시, 물 순환도시, 녹색교통 도시, 자원순환도시 컨셉 추진 -건축물의 에너지효율을 향상시키고 태양광 등의 신재생에너지 도입 -녹색교통이용 활성화로 수송에너지 부담저감 -저탄소녹색마을 조성	

동탄2신도시와 검단신도시는 수도권 주거환경 여건 개선을 위하여 조성되는 신도시로서 각각 경기도 화성시(수도권 남서부), 인천광역시 서구(수도권 북서부)에 위치하고 있으며, 기후변화 시대에 대응하기 위한 ‘저탄소 도시’와 ‘에너지 자립도시’로 계획 중이다. 탕정신도시는 충청권의 주거환경 여건 개선 및 아산만 광역권을 지원하는 중심도시로서 충청남도 천안시에 위치하고 있으며, 'Net Zero City'로 명명된 저탄소 녹색마을을 계획하여 지구온난화 문제에 적극적으로 대응하고자 추진중이다. 행정중심복합도시는 서울시의 행정기능을 분산하고자 충청남도 연기군 일원에 조성되고 있는 신도시로서 국내의 대표적인 신도시 모델로서 저탄소 녹색도시로 진행되고 있다.

평택 소사별 지구는 CDM 사업 등록을 통해 신재생에너지 도시로 추진하고 태양광, 태양열, 지열, 연료전지 등 신재생에너지를 도입(전체에너지 5%이상)하였으며, 환경처리 시설 집적화를 통해 에너지 이용을 효율화하고, 남악 신도시는 태양열, 태양광 등을 통해 신재생에너지를 공급하고 공동주택, 중소기업지원센터, 전시홍보관 등에 신재생에너지를 적용하였으며, 지구단위계획 작성 시에 신재생에너지 도입을 고려하여 진행 중이다.

국내 친환경 녹색도시들은 기본적으로 온실가스 배출을 최소화하고 배출된 온실가스는 최대한 흡수하는 컨셉을 가지고 있으며, 동탄2, 검단, 탕정 신도시에서는 저탄소 시범단지 조성을 계획하고 있으며, 국내 친환경 녹색도시들의 공통된 계획요소는 ① 친환경토지이용(대중교통중심 개발, 복합용도 개발), ② 녹색교통체계(자전거도로, 바이오버스), ③ 에너지절감형 건축(패시브하우스, ④ 고효율기자재), ⑤ 신재생에너지(태양광, 지열, 연료전지, 바이오매스), ⑥ 수순환 체계구축(중우수이용, 생태복원) 등을 들 수 있다.

2) 국내 친환경 건축기술 동향

최근 들어 국내에서도 저에너지 건축물 부문의 기술개발이 가속화되는 상황을 고려하여, 본 연구에서는 국내 친환경 주택 기술 부문의 대표적 시범 사례인 대림 3리터 하우스와 그린홈 제로하우스의 계획·설계 요소를 검토했으며, 세부적인 계획요소는 아래 [표 3-6]과 같이 요약된다.

[표 3-5] 국내 친환경 건축물 시범 사례 개요

계 획 요 소		대림 3리터 하우스	그린홈 제로 하우스
신재생에너지	태양광발전시스템	태양광 보안등, 난간식 태양열 집열판	태양광 전지판/ 태양열 진공관/ 박막형 태양전지
	풍력발전시스템	수직형 풍력 발전시스템의 개발로 공동주택 풍력발전 실용화	-
	지열 시스템	지열시스템으로 냉난방비용을 50%이상 절감	지열 냉난방 시스템으로 지중이나 지하수의 일정한 온도를 이용하는 기술
	수소 연료전지	-	도시가스와 수소를 변환시키고, 이를 대기중의 산소와 반응시켜 전기와 열에너지를 생산하는 시스템
에너지저장 건축	고단열	300mm단열재를 사용, 에너지 손실 10%를 저감함	외단열공법/이중 중공층 시멘트 블록/블럭형 단열재/열반사 단열재/3중 유리/초에너지 절약형 창호/단열문/옥상녹화

계 획 요 소		대림 3리터 하우스	그린홈 제로 하우스
	고성능 창호	로이유리, 삼중유리 등 고성능 유리와 기밀성 등이 확보된 시스템창호로 성능 향상시킴	기밀 성능 강화 - 벽체와 창호간 기밀 시공 / 벽체와 문 접합부 기밀 시공
	환기시스템	실내공기와 신선한 외기를 CO2 센서에 의해 자동 운전함	배기열 회수 환기장치, 자연채광, 자연환기 - 유리창 / 천장 / 보이지 않는 환기창
	지중덕트시스템	동결심도 이하의 지열을 공기로 열교환하여 활용함	-
친환경건축	옥상녹화	식생을 활용한 건축물의 단열효과, 빗물 저장기능 향상시킴	-
	벽면녹화	수직벽면 녹화기술을 개발하고, 경량으로 간단한 시공법 개발함	-
	우수이용시설	옥상으로부터 흘러 모이는 빗물을 지하에 저장하고, 모아진 빗물은 정화과정을 거친 후 조경용수와 청소용수로 재활용함	-

① 대림 3리터 하우스

대림산업이 시행한 ‘에코 3리터 하우스’는 2005년 국내 최초의 3리터 하우스로 건설되었으며 지속적인 연구 개발 진행 중이다. 이 ‘에코 3리터 하우스’의 컨셉은 m^2 당 냉·난방 연료를 1년에 3리터만 소비는 것으로, 단열, 창호기밀, 고효율 신재생에너지를 고려한 실험주택이며 소비되는 에너지는 일반 공동주택의 1/8정도이다. 냉·난방 에너지 소비량에 가장 큰 영향을 미치는 열, 빛, 음, 공기질 등의 요인들을 제어 가능한 친환경·저에너지 건축 기술들이 적용되었다. 에너지 자립형 주택 기술의 집약체로 계획된 ‘에코 3리터 하우스’는 기술을 완벽하게 적용할 경우 냉·난방 에너지 소비량 이상으로 자체 생산한 전기를 한국전력에 되팔아 냉·난방 에너지 소비량을 마이너스 수준으로 만들 수 있는 플러스하우스 개발이 가능하다.⁴³⁾

□ 기술적용사례

태양광을 반도체로 활용하여 발전하며 태양광 보안등, 난간식 태양열 집열판 등 태양광 시스템을 적용하였다. 바람의 힘을 회전력화하여 유도전기력으로 발전하는 풍력발전 시스템으로, 기존 대형 풍력발전시스템의 문제점인 기류소음과 풍향에 따른 내구성을 보

43) 기술적용사례: ① 2005년 12월 용인 대림산업 연수원 내 국내 최초 3리터 하우스를 건립함, ② 2006년 9월 대전 대덕연구단지 내 3리터 하우스 공동주택을 건립함, ③ 2006년 9월 대전 대덕연구단지 내 3리터 하우스 공동주택을 건립함, ④ 2006년 12월 대구 수성 e-편한세상 관리동 준공, ⑤ 2008년 4월 국내최초 30% 냉난방 에너지 절감형 아파트를 공급함, ⑥ 2010년 50% 냉난방 에너지 절감형 e-편한세상 공급예정임, ⑦ 2012년 이후 Active 개념의 ECO-3L House 기술 개발계획 예정임

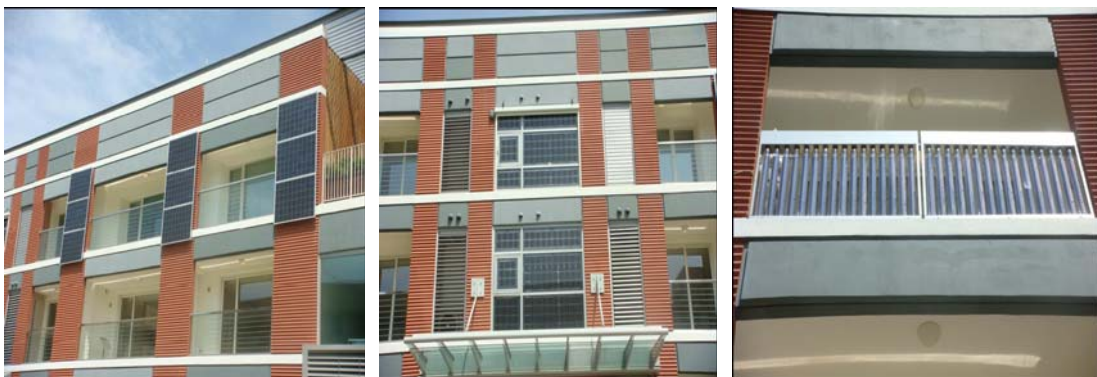
완하였다.



[그림 3-29] 주요계획요소

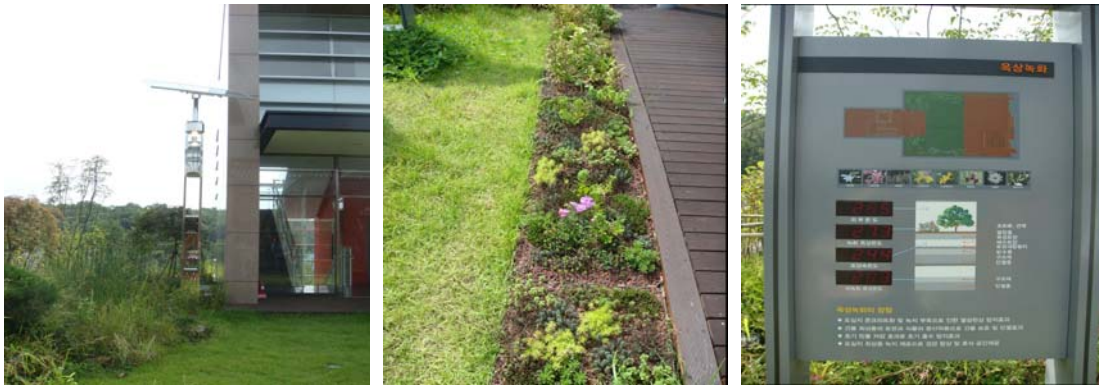
① 태양광 시스템 ② 풍력 발전 시스템 ③ 지열시스템 ④ 지중 덕트 시스템 ⑤ 녹화 ⑥ 빗물이용시설 ⑦ 자연채광시스템 ⑧ 슈퍼 외단열 ⑨ 고성능 창호 ⑩ 공기질 환경 제어 시스템 ⑪ LED조명 ⑫ 음환경 제어 시스템

또한 수직형 풍력발전시스템의 개발로 공동주택 단지 및 공동주택 옥상부, 그리고 공동주택 바람길을 활용한 풍력발전을 실용화하였다. 에코 3리터 하우스에 적용된 지열시스템은 지하수 등의 열을 활용하는 에너지 기술로서, 여름에는 지상보다 상대적으로 시원한 지중열로 냉방하고, 겨울에는 지상보다 따뜻한 지중열을 흡수하여 난방하여 냉난방비용을 50%이상 절감한다.



[그림 3-30] 난간식 태양열집열판

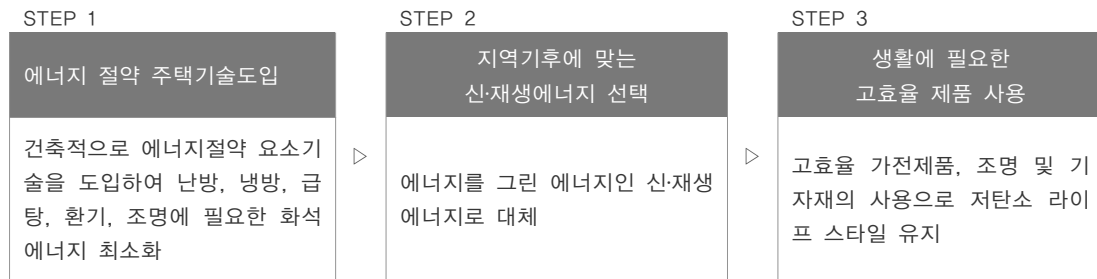
300mm단열재를 사용하여 결로·열교현상을 최소화하고 단열성능을 대폭 향상하여 에너지 손실을 10% 저감하도록 외단열을 설치하고, 로이유리, 삼중유리 등 고성능 유리와 기밀성 등이 확보된 고성능 시스템창호로 단열성능을 향상시켰다. 또한 실내공기와 신선한 외기를 CO₂ 센서에 의해 자동 운전하는 환기시스템을 적용했으며, 차세대 조명기구로 조색이 가능하고 에너지 효율이 기존 등기구 대비 최대 20배 향상된 LED조명과 동결심도 이하의 지열을 공기로 열교환하여 활용하는 지중 덕트시스템을 설치하여 건축물의 효율을 향상시켰다. 그리고 식생을 활용한 건축물의 단열효과와 빗물 저장기능을 향상시키는 옥상녹화를 실시하고, 수직벽면 녹화기술 및 경량 시공법을 개발하였다. 우수를 옥상의 빗물 우수관을 통해 하천으로 방류하는 대신 지하에 저장하고 모아진 빗물은 정화과정을 거친 후 조경용수와 청소용수로 재활용한다.



[그림 3-31] 옥상녹화와 옥상녹화에 의한 옥상부의 온도변화 감지기

② 그린홈 제로 하우스

건물에서 에너지 사용 및 이산화탄소 배출이 제로인 주택인 ‘그린홈-제로하우스’(Green Home Zero House)는 지식경제부가 경기도 과천시 대공원광장길에 조성된 시범 주거로 에너지 손실을 최소화하는 건축기술 도입, 청정한 신재생에너지 이용, 에너지 소비가 적은 고효율 제품 사용을 특징으로 하며 CO₂ 배출량 제로, 화석에너지 수입량 제로, 기후온난화 예방을 목표로 건설되었다.



건축물 에너지 성능을 최대화하기 위해 남향 및 남동향으로 건축물을 배치하고, 향을 고려하여 개구부 크기를 조절하였다. 더불어 단열성능강화를 위해 외단열공법, 이중중공층 시멘트 블록, 블럭형 단열재, 열반사 단열재, 3중 유리, 초에너지 절약형 창호, 단열문, 옥상녹화 기술 등을 도입하였으며, 구조체의 축열성능을 최대한 활용하기 위해 조적조, 외단열, 치장벽돌 마감을 실시하였다. 벽체와 창호 간 기밀 시공과 벽체와 문 접합부를 기밀 시공하여 기밀 성능을 강화하고, 처마와 전동 블라인더를 통해 효과적으로 외부차양을 하며 유리창, 천장, 보이지 않는 환기창 등 자연채광과 자연환기를 배려하였다.

태양광 전지판, 태양열 진공관, 박막형 태양전지 등을 이용해 태양광발전시스템을 갖추었으며, 지중이나 지하수의 일정한 온도를 이용하는 지열발전은 여름철 실내 높은 온도를 지중으로, 겨울철에는 지중으로부터 열을 흡수하여 냉난방을 수행한다. 도시가스와 수소를 변환하고 이를 대기 중의 산소와 반응시켜 전기와 열에너지를 생산하는 수소 연료 전지를 설치하고, 목재 펠릿을 연료로 하여 난방과 온수를 공급하는 펠릿 보일러와 배기열 회수 환기장치 등의 설비를 통해 신재생에너지 사용을 활성화하였다.

4. 사례연구 종합

1) 국내·외 선진 사례의 친환경 도시설계 요소

UAE 마스다르 시티(Masdar City), 영국 베드제드(BedZED), 독일 박람회도시 림(Riem), 스웨덴의 함마르비(Hammarby Sjostad) 등 5개의 국외 사례와 동탄2 신도시, 검단 신도시, 탕정 신도시, 행정중심 복합도시 등 4개의 국내 사례 총 9개의 사례를 분석한 결과 시사점을 다음과 같이 도출하였다.

국외 사례의 특징을 종합해보면 ① 복합용도계획과 직주근접을 통해 화석연료의 사용을 줄이며, ② 화석연료를 사용하지 않는 보행·자전거와 화석연료를 적게 사용하는 대중교통 활성화, 그리고 개인 차량의 소유를 최소한으로 하는 카셰어링(Car Sharing)제도가 활성화 되어 있다. ③ 저탄소 녹색도시의 경우 UAE 마스다르에서는 대학 및 연구기관, 독일 박람회도시 림에서는 제조업과 박람회를 통한 녹색산업을 살펴 볼 수 있다. 또한 ④ 건물의 에너지 저감을 위해 다양한 패시브 솔라시스템의 도입을 통해 부가적인 기계장치 없이도 효율적인 에너지 저감과 ⑤ 각 지역적 특색을 고려한 다양한 형태의 신재생에너지 도입을 통해 화석연료의 사용을 줄이고 있다.

국내 사례의 특징을 종합하면 최근 계획 중인 신도시의 경우 ① 복합용도계획과 대중교통중심의 교통체계 계획을 통해 탄소발생을 저감하는 도시구조를 계획하고 있으나 ② 카풀 및 카셰어링 같은 개인의 자동차 사용을 줄이는 방안에 대한 보완이 필요하다. ③ 신도시 내 연구개발 및 R&D 벤처단지 조성을 통해 첨단산업에 대한 연구가 진행 중에 있으며, ④ 건물의 고단열·고기밀 건축을 통한 다양한 형태의 에너지저감이 이루어지고 있다. ⑤ 현재 태양광 및 태양열 에너지가 적극 도입되고 최근에는 바이오매스와 열병합발

전소에 대한 검토도 이루어지고 있다.

[표 3-6] 국내외 저탄소 녹색도시 도입 계획요소

구 분		국외				국내			
		UAE 마스다르	영국 베드제드	독일 박람회 도시 림	스웨덴 함마르비	동탄2 신도시	검단 신도시	탕정 신도시	행정중심 복합도시
녹색 도시 구조	복합용도 계획	○	○	○	○	○	○	○	○
	직주근접 개발	-	○	○	○	○	○	○	○
	녹지 및 수공간 조성	-	○	○	○	○	○	○	○
	미기후 관리	○	○	○	○	○	○	○	○
녹색 교통	자전거 및 보행자 전용도로	○	○	○	○	○	○	○	○
	대중교통 중심 개발	○	-	○	○	○	○	○	○
	신교통수단 도입	○	○	-	○	○	○	-	○
	카풀 및 카셰어링	-	○	○	○	-	-	-	-
녹색 산업	1차 녹색산업	-	-	-	-	-	-	-	-
	2차 녹색산업	-	-	○	-	○	○	-	-
	3차 녹색산업	-	-	○	-	-	-	-	○
	관련 연구소 설립	○	-	-	-	○	○	○	○
녹색 건축	패시브 하우스	○	○	○	○	○	○	○	○
	자연환기 시스템	-	○	○	-	-	-	-	○
	건물녹화	-	○	○	-	○	○	○	○
	인근지역에서 생산되는 자재사용	-	○	-	-	-	-	-	-
녹색 에너지	태양광 및 태양열 에너지	○	○	○	○	○	○	○	○
	지열에너지	-	-	○	-	○	-	○	○
	풍력에너지	○	-	-	-	-	-	-	-
	기타 신재생에너지	○	○	○	○	○	-	○	○

① 녹색도시구조

녹색도시구조는 도시 내에서 화석연료의 사용을 줄여 탄소발생을 저감하기 위한 도시구조로, 통근거리 등 이동거리 최소화화를 위한 방안으로 복합용도계획 및 직주근접개발이 있으며, 도심 열섬현상 방지 및 탄소흡수 능력을 확보를 위한 녹지 및 수공간 조성,

미기후 관리로 에너지 효율적인 도시구조를 지향한다.

국외 선진사례의 경우, UAE 마스다르 내 저층 고밀도의 근린주구 이론을 도입하여 에너지 의존성을 낮추고 지역의 기후특성을 고려한 바람타워(Wind Tower) 설치, 좁은 가로를 활용한 바람길 조성으로 도시 열섬현상을 완화하여 중동지역 기후조건에서 최적의 보행여건을 마련하였으며, 영국의 베드제드는 100세대 주거공간과 뒷면에 작업실 103개실을 조성하여 직주근접을 통해 차량의 이용을 줄이도록 계획하였다. 저층부에 상업시설 및 사무공간시설을 배치하고 상부층의 주거시설을 배치하여 복합용도 계획을 수립한 스웨덴의 함마르비, 독일 박람회도시 림의 경우 직주근접 개념도입과 고밀개발을 통해 확보된 토지를 녹지공간으로 조성, ‘Compact city’ 개념 도입 등을 통해 효율적인 토지이용계획 수립 및 이동거리 최소화를 통한 탄소배출을 저감하였다. 국내의 경우, 수도권에 위치한 동탄2신도시와 검단신도시는 대중교통 환승시설을 중심으로 교통-문화-상업 기능의 복합화를 모색하였으며, 충청권에 위치한 탕정신도시와 행정중심복합도시시는 도시중심부의 상업·업무 복합화를 통해 도시 내 이동거리 최소화를 계획하였다.

모든 사례대상지에서 R&D 기능과 첨단지식기반산업 등을 도시 내에 입지시켜 직주근접체계를 마련하였으며, 아울러 빗물의 적극적 이용과 바람길 확보 등을 통해 도시의 열섬현상을 완화하고자 하였다.



[그림 3-34] 마스다르 계획 조감도



[그림 3-35] 박람회 도시 림 토지이용계획도

[표 3-7] 국내외 사례의 녹색 도시구조 요소

구 분		복합용도 계획	직주근접 개발	녹지 및 수공간 조성	미기후 관리
국 외	UAE 마스다르	저층 고밀도 계획	-	-	Wind Tower 및 좁은 가로를 활용한 바람길 조성
	영국 베드제드	주택, 상가, 홍보시설 등이 혼재한 토지이용	거주와 사무공간 단지내 공유	전세대 옥상정원 또는 옥상발코니 설치	건물 지붕에 식물 식재
	독일 박람회 도시 림	주거, 산업, 녹지, 박람회장으로 구성된 컴팩트 시티	주거와 업무공간을 연계	400m 폭 경관공원 건물의 옥상 및 벽면녹화	남북 녹지축을 통한 바람길 조성
	스웨덴 함마르비	상업시설 및 사무공간 시설 주거를 혼합	사무공간과 주거시설을 연계	4개의 물길을 통한 수변공간 조성	단지 내 통풍축 통한 바람길 조성
국 내	동탄2 신도시	복합환승센터(교통·문 화·상업·정보의 중심지) 건설	330만㎡ 이상의 첨단 IT 및 R&D 산업이 연계된 클러스터 조성	분산형 빗물관리시스템	바람길 확보
	검단 신도시	상업·환승시설로 구성된 4개의 특별계획구역 (개발면적의 23%)	대학과 연계한 R&D 벤처타운 등 3만2천여개 일자리 창출	생태숲 조성 및 근린공원내 탄소흡수증 식재	계절별 풍향고려, 투수성 포장으로 열섬현상 저감
	탕정 신도시	상업·업무 등 기능복합화	반도체단지(산업)와 트라펠리스(주거) 연계 강화	인공습지 조성, 분산식 빗물관리시스템	매곡천을 중심으로 바람통로 확보
	행정중심 복합도시	문화·국제교류기능, 상업·업무 등 복합용도 개발	대학, 의료, 복지, 첨단지식기반 등 15만개 일자리 창출	빗물의 이용 및 침투환경조성, 광역중수도시스템	장남평야, 금강 등을 연계한 바람길 조성

② 녹색교통체계

녹색교통체계는 교통수단에서 사용하는 화석연료의 사용을 최소화하며 CO₂배출을 저감하는 방안으로 보행·자전거·신교통수단 도입과 차량의 공유를 통해 개인 소유의 차량을 줄이는 카풀제와 카셰어링 제도가 있다.

스웨덴의 함마르비의 경우 자전거 전용도로 및 보행자 가로와 대중교통의 연계를 통해 자전거 및 보행을 활성화시키며, 독일 박람회도시 림은 지하철역까지 보행거리 600m 이내, 버스정류장까지 보행거리 300m 이내로 조성하여 대중교통 이용 활성화를 도모하고자 한다. UAE 마스다르의 경우 도심 외곽에 주차장을 설치하고 내부로는 LRT(Light Rail Transit), PRT(Personal Rapid Transport), 세그웨이 등을 통해 개인차량의 이용을 억제하도록 계획하였으며, 이러한 차량의 이용을 줄이는 방안과 더불어 개인 차량의 소유를 줄일 수 있도록 영국 베드제드는 2대의 공용차량을 활용하여 개인차량 9대의 절감효과가 있었다. 국내사례는 자전거 도입을 적극적으로 추진 중에 있는데, 동탄2신도시의 지능형 임대자전거, 검단신도시의 경인운하 연계, 행정중심복합도시의 자전거 고속도로 등 기

반시설을 확장하여 자전거 사용을 유도한다. 대중교통 및 신교통수단은 지역의 특성을 고려하여 동탄2신도시의 대심도, 행정중심복합도시의 BRT 등을 적극적으로 도입하고 있지만 개인차량의 이용억제를 위한 카풀 및 카셰어링 제도는 도입되지 않고 있는 실정이다.



[그림 3-36] 세그웨이



[그림 3-37] 베드제드 카셰어링

[표 3-8] 국내외 사례의 녹색교통 계획 요소

구 분		자전거 및 보행 활성화 시스템	대중교통중심 개발	신교통수단 도입	카풀 및 카셰어링
국 외	UAE 마스다르	보행로에 그늘막 설치 최대 보행로 길이 200m로 제한함	도심 외곽에 주차장 설치	LRT(Light Rail Transit) PRT (Personal Rapid Transport) 세그웨이 도입	-
	영국 베드제드	단지 내 일반 자동차 통행금지	-	전기자동차 도입	시티카 클럽 운영을 통한 카풀제 도입
	독일 박람회도시 림	자전거 전용도로 및 보행자 전용도로 설치	지하철역 보행거리 - 60m 이내 버스정류장 보행거리 - 300m 이내	-	자가용 없는 세대 인센티브 제공 카풀제도 활성화
	스웨덴 함마르비	대중교통과 자전거보행 가로 연계	도심 관통하는 트램 및 버스 노선	바이오 가스 및 전기, 에탄올 연료 자동차 도입	신교통수단을 통한 카풀제도 도입
국 내	동탄2 신도시	지능형 임대자전거, 250km 자전거전용차로 건설	대중교통 전용지구 사업 추진	대심도 급행철도(GTX), 트램 등 도입	-
	검단 신도시	자전거 전용도로 88km 건설, 경인운하와 연계	인천도시철도 1·2호선 연장	바이모달 트램, 경전철, 자기부상열차 도입	-
	탕정 신도시	자전거 전용도로 적극적 설치	경부고속철도, 수도권 광역전철 연계	-	-
	행정중심 복합도시	자전거고속도로 건설, 자전거도로 400km 및 보관소 315개 설치	환상형 대중교통중심도로(약 23km)를 따라 BRT 운행	BRT(온라인 전기자동차 및 수소연료전지 자동차 100% 도입), 지선버스(CNG, 하이브리드)	-

③ 녹색산업

녹색산업은 친환경적인 신기술 산업에서부터 지역의 문화와 자연을 활용한 녹색관광 산업에 이르기까지 탄소를 발생시키지 않고 환경적으로 부하를 주지 않는 다양한 산업을 의미한다. 녹색산업은 ① 신재생에너지 기술, 하이브리드 자동차 관련 산업 등의 녹색기술산업, ② 스마트그리드 시스템 구축, 풍력발전, 태양광 발전 등 시설물 일자리 창출을 통한 녹색성장산업, ③ 박람회장 등을 통한 녹색관광산업, 마지막으로 ④ 관련 연구소 등으로 구분할 수 있다.

독일 박람회도시 림은 도시의 동부와 서부에 산업단지 및 박람회장을 입지시켜 13,000개의 새로운 일자리를 창출했으며, UAE 마스다르의 경우 미 MIT와 협력하여 마스다르 기술대학 및 관련 연구소를 설립하여 신기술을 위한 테스트 베드와 미래 에너지 기술의 메카로서의 역할을 수행할 수 있는 체계를 마련하였다. 국내의 경우 동탄2신도시, 검단신도시, 탕정신도시 등은 R&D 연구기반을 공통적으로 도입하고 있으며, 지역의 특성을 고려하여 동탄2신도시는 첨단 IT산업, 검단신도시는 기존공장을 집결시키는 산업단지, 탕정신도시는 LCD 등 첨단산업단지 등을 유치하고 있다. 아울러 행정중심복합도시는 국제과학비즈니스 벨트를 조성하고 문화·국제교류, 의료·복지, 첨단지식기반 산업 등의 도입 계획을 수립하였다.



[그림 3-38] 박람회도시 림의 박람회장



[그림 3-39] 박람회도시 림의 박람회장

[표 3-9] 국내외 사례의 녹색산업 요소

구 분		녹색기술산업	녹색성장산업	녹색관광산업	관련 연구소 설립
국 외	UAE 마스다르	-	-	-	MIT와 협력하여 관련 대학 및 연구소 설립
	영국 베드제드	-	-	-	-
	독일 박람회도시 림	-	동부와 서부지역에 산업단지 입지	박람회 개최	-
	스웨덴 함마르비	-	-	-	-
국 내	동탄2 신도시	첨단 IT산업	-	-	연구개발(R&D)
	검단 신도시	-	산업용지, APT형 공장, 임대산단 등	-	R&D 벤처단지
	탕정 신도시	첨단산업단지	-	-	R&D 시설
	행정중심 복합도시	첨단지식기반	의료·복지	문화·국제교류	행정업무, 국제과학 비즈니스벨트

④ 녹색건축

녹색건축은 건축에서 발생하는 탄소저감을 최소화하는 방안으로 이를 위해서는 고단열·고기밀 자재 사용을 통한 단열효과 증대, 자연환기를 통한 내부공기 순환, 옥상 및 벽면녹화를 통해 외부 복사열 방지 등 건물에서 사용하는 에너지 저감과 인근지역에서 생산되는 자료를 사용하여 건축 자재 운송에서 발생하는 탄소를 저감하는 방안이 있다.

UAE 마스다르는 건물에 축열벽을 사용하여 낮에 유입된 태양에너지로 실내온도를 조절하도록 설계하였고, 영국 베드제드의 경우 고단열 벽체(벽체500mm, 이중 단열재 300mm)와 고기밀 창호(모든 창호는 삼중창) 설치를 통해 패시브 하우스를 계획하였으며, 또한 PSV(Passive stack ventilation)를 통해 자연환기 및 내부온도 조절이 가능하도록 자연환기 시스템을 조성하고, 건축자재는 반경 56km 이내에서 구할 수 있는 친환경 자재를 통한 건축으로 자재의 운송에서 발생하는 탄소를 저감하도록 계획하였다. 이러한 패시브 솔라시스템 이외에도 전세대에 옥상정원 및 옥외발코니를 계획하여 실내 온도조절 및 탄소흡수 기능을 갖추도록 조성하였다.

동탄2, 검단, 탕정신도시에서도 다소간 차이는 있으나, 패시브하우스, 건물녹화 도입계획을 수립하였으며, 행정중심복합도시는 단열재·창호 등을 강화하고 건물에너지 관리

시스템(BEMS) 도입, 하이브리드 공조시스템, 지붕녹화, 벽면녹화 등의 계획이 수립되고 있으나, 국내의 녹색건축은 해외 사례와 비교했을 때 아직 계획수립단계로 이해할 수 있다.



[그림 3-40] 베드제드 PSV



[그림 3-41] 베드제드 옥상녹화

[표 3-10] 국내외 사례의 녹색건축 요소

구 분		패시브 하우스	자연환기시스템	건물녹화	인근지역에서 생산되는 자재사용
국 외	UAE 마스다르	축열벽 사용 외부차양 설치	-	-	-
	영국 베드제드	벽체 두께 500mm (단열재 300mm) 모든 창호 삼중창 설치	PSV(Passive stack ventilation)를 통해 자연환기 및 내부온도 조절	전세대 옥상정원 및 옥외발코니 계획	반경 56km 구할 수 있는 자재 사용
	독일 박람회도시 림	외부차양 설치	자연환기시스템을 통해 내부온도 조절	지붕녹화	-
	스웨덴 함마르비	외부차양 설치	-	-	-
국 내	동탄2 신도시	패시브하우스 적용, LED 조명 등	-	건물외피녹화	-
	검단 신도시	패시브하우스 적용, LED 조명 등	-	건물외피녹화	-
	탕정 신도시	LED 조명	-	건물외피녹화	-
	행정중심 복합도시	단열재창호 등 강화, 건물에너지관리시스템 (BEMS) 도입	하이브리드 공조 시스템	지붕녹화, 벽면녹화 등 도입	-

⑤ 녹색에너지

녹색에너지는 태양광, 태양열, 지열, 바이오에너지 등의 재생에너지와 연료전지, 수소에너지 등의 신에너지 등을 활용하여 기존 사용되는 화석연료를 대체하고 화석연료에서 발생하는 탄소를 최소화하는 에너지를 의미한다.

UAE 마스다르의 경우 태양광 82%, 풍력 1%, 폐기물에 의한 전환에너지 17% 등 신재생에너지를 통해 전력의 100%를 공급하도록 체계를 마련하였으며, 또한 지역적 특성을 고려하여 사막의 바람을 이용한 건물 냉난방 시스템의 활용과 유비쿼터스 센서를 통한 에너지 절약을 유도하도록 계획했다. 독일 박람회도시 림의 경우 동쪽 산업단지는 지열을 이용하여 에너지를 공급하고 서쪽 산업단지는 동부에 있는 지열발전소와 열병합시스템을 연계하여 에너지 저장 및 공급이 이루어지도록 관련 시설을 설치하였으며, 그 밖에 쓰레기 연소를 통해 에너지를 생산하는 스웨덴의 함마르비와 영국의 베드제드의 경우 모든 건물 위에 태양열 전지판을 설치하여 청정에너지를 생산하며, 단지 한쪽에 바이오 연료를 사용하는 열병합 발전기(Combined Heat and Power Plant, CHP)를 설치하여 매일 100kW의 전력을 생산한다.

국내 신재생에너지 도입은 동탄2·검단·탕정신도시에서 태양광 및 태양열, 바이오매스, 폐기물 등을 중심으로 도입이 검토되고 있으나 지열 및 풍력발전은 국내 자연환경, 소음 등의 문제로 인해 도입이 어려운 것으로 나타났으며 아울러 행정중심복합도시의 신재생에너지 사용비율 15%를 목표로 구체적인 신재생에너지 도입규모(태양광, 하수열, 폐기물, 바이오, 연료전지 등)를 산정한 상태이다.



[그림 3-42] 베드제드 열병합 발전소



[그림 3-43] 태양광집열판

2) 국내 · 외 주요 사례의 시사점

UAE 마스다르 시티, 영국 베드제드(BedZED), 독일 박람회도시 림(Riem), 스웨덴의 함마르비 등 4개의 국외 사례와 동탄2 신도시, 검단 신도시, 탕정 신도시, 행정중심 복합도시 등 4개의 국내 사례 총 8개의 사례를 분석한 결과 시사점은 다음과 같다.

[표 3-11] 국내외 사례의 녹색에너지 요소

구 분	태양광 및 태양열	지열에너지	풍력에너지	기타 신재생에너지
국 외	UAE 마스다르 전력의 82% 태양광으로 공급 태양열로 돌아가는 흡수 냉각기 사용하여 냉방	-	전력의 1% 풍력에너지로 공급 지역적 특색을 고려한 바람으로 건물 냉난방 시스템 활용	폐기물에 의한 전환에너지로 전력의 17% 공급
	영국 베드제드 모든 건물에 태양열 전지판 설치	-	-	바이오 연료를 활용한 열병합 발전기로 에너지 생산
	독일 박람회도시 림 건물의 옥상에 태양광 집열판 설치	산업단지 내 지열을 이용한 에너지 공급	-	지열발전소와 연계한 열병합발전소 설치
	스웨덴 함마르비 건물의 옥상에 태양광 집열판 설치	-	-	쓰레기 연소를 통한 에너지 생산
국 내	동탄2 신도시 도입(구체적인 도입규모 산정단계)	도입가능성 검토	-	바이오매스, 폐기물 소각 도입
	검단 신도시 도입(구체적인 도입규모 산정단계)	-	-	-
	탕정 신도시 도입(구체적인 도입규모 산정단계)	도입(구체적인 도입규모 산정단계)	-	바이오매스, 폐기물 소각 도입
	행정중심 복합도시 태양광 특화단지 등 75,384 toe 공급	하수열, 하천수 등 40,384 toe 공급	-	폐기물 40,384 toe , 바이오 13,461 toe, 연료전지 33,653 toe 공급

첫째, 저탄소 녹색도시는 미래지향적이고 구체적인 계획의 목표를 설정하고 그 목표에 기초하여 실천전략을 추진하는 것이 필요하고, 우리나라는 2050년까지 온실가스 50% 감축목표와 최근 32개 지방자치단체가 설정한 평균 감축목표를 참고로 저탄소 녹색도시를 위한 구체적인 온실가스 감축목표를 설정하고 이를 위한 세부목표의 설정이 절실하다.

둘째, 저탄소 녹색도시를 위해 도시를 압축적으로 이용하고 이동거리를 최소화 하는 계획이 필요하고, 도시 내 차량이동을 최소화하여 탄소배출을 최대한 줄이기 위해 도심중심을 복합용도로 압축개발해야 한다. 또한 도시중심부와 근교의 이동거리를 최소화하는

에너지 절감형 도시공간구조를 가져야 하며, 도심중심으로부터 보행을 통해 모든 생활이 가능한 도시의 계획이 필요하다.

셋째, 교통에 의한 탄소배출을 줄이기 위해 주거지역 중심으로 지하철, 노면전차 등의 대중교통 연계하고, 통학, 쇼핑, 레저 등 생활환경은 보행 및 자전거에 의한 녹색교통을 지향해야 할 것이다. 아울러 카풀제와 카셰어링과 같은 프로그램의 활성화가 필요하고, 이는 개인 소유의 차량을 줄이고 화석연료사용을 저감하는 방법으로 시민들의 자발적인 참여에 의해서 실현된다.

넷째, 저탄소 녹색도시 관련 산업 육성을 통해 탄소저감을 위한 기술개발 및 연구가 필요하고, 신재생에너지 관련 산업과 패시브 하우스 관련 산업부터 1차 산업을 통한 에너지 생산까지 녹색산업의 도입이 필요하다.

다섯째, 저탄소 녹색도시를 위해서는 다양한 형태의 저탄소 녹색건축모델을 개발하고 적용하는 것이 필요하고, 현재 대림산업의 3리터 하우스, 남양주 동양건설의 연료전지 아파트 등 다양한 형태의 녹색건축모델이 개발되고 있다. 이러한 녹색건축모델을 기반으로 에너지 저감을 위한 다양한 패시브 하우스 도입 기술을 적용시켜 국내에 적용 가능한 모델을 개발하고 적용할 필요가 있다.

마지막으로, 저탄소 녹색도시를 위해 화석연료를 줄이는 차원에서 주변의 여건을 고려한 다양한 신재생에너지 활용으로 에너지 저감 및 재활용 방안 모색이 필요하다. 현재 우리나라의 경우 평택 소사별지구에서는 5%, 행정중심복합도시에서는 10%의 신재생에너지 활용비율을 고려하고 있으며, 이를 토대로 태양광, 태양열, 지열, 풍력, 열병합 발전소 등 다양한 신재생에너지를 적극적으로 도입이 필요하다.

제4장 온실가스 감축과 친환경 도시설계 요소

1. 친환경 도시설계 요소의 분류
2. 건축물과 도시 부문의 에너지 소비와 온실가스 배출 특성
3. 온실가스 감축을 고려한 친환경 도시설계 요소의 중요도 검토

친환경 도시설계 요소에 대해서는 지금까지 많은 연구가 이루어져 왔으며, 많은 계획·설계 요소에 대한 연구 자료가 축적되어 왔다. 그러나 이러한 친환경 도시설계 요소가 온실가스 감축이라는 목표와 어떻게 관련되어 있으며, 정책적 우선순위를 어떻게 설정해야 할 것인지에 대해서는 아직까지 충분한 논의가 이루어지지 못했다. 그래서 이 장에서는 이러한 관점에서 선행연구 및 사례에서 나타나는 친환경 도시설계 요소와 건축물과 도시 공간의 온실가스 배출 특성을 비교·분석하여 여러 가지 친환경 도시설계 요소들의 온실가스 감축 측면에서의 중요도와 우선순위를 검토해보고자 한다.

1. 친환경 도시설계 요소의 분류

1) 선행연구 및 사례검토를 통한 분류 기준 설정

친환경 도시설계 요소에 대해서는 여러 연구자가 다양한 분류 기준을 제시하고 있다. 본 연구에서는 기존 국내 관련 연구 중, 이재준(2004), “신행정수도 생태도시 조성방안 연구”, 이재준(2005) “한국형 생태도시 계획지표 개발에 관한 연구”, 국토연구원(2006) “환경친화적인 도시건설을 위한 생태도시기술 적용방안”, 건설교통부(2007) “지속가능한 신도시 계획기준” 등을 중심으로 친환경 도시설계 요소에 대한 검토를 수행했다.

이들 선행연구에서 나타난 계획요소는 토지이용 및 교통, 생태 및 녹지, 물 및 바

람, 에너지, 환경 및 폐기물, 어메니티 등 총 6개로 구분이 가능하며, 세부적으로는 97개의 계획요소가 언급되고 있었다.

[표 4-1] 관련 선행 연구의 계획요소 종합

구 분		계획요소
토지이용 및 교통	토지이용	- 환경친화적 배치, 적정밀도 개발, 자연자원 보전 분야 등 (총 6개)
	교통	- 보행활성화, 자전거 활성화, 대중교통 활성화 분야 등 (총 11개)
생태 및 녹지	그린 네트워크	- 자연보전을 위한 단지녹화, 환경공생을 위한 건물녹화 분야 등 (총 9개)
	공원녹지	- 그린네트워크를 위한 녹지계획, 공원녹지 조성 분야 등 (총 10개)
	생물과 공생	- 바이오톱, 생태네트워크, 생물이동통로 분야 등 (총 8개)
물 및 바람	수자원 활용	- 중수활용, 우수활용, 수순환, 친환경 하수처리 등 (총 7개)
	수자원 절약	- 절수형 기구설치(수고) 등 (총 1개)
	수경관 조성	- 친수공간 조성 등 (총 2개)
	바람의 이용	- 바람길 확보, 풍향을 고려한 계획 등 (총 3개)
에너지	에너지 저감	- 에너지 저감을 위한 건축설비, 에너지 소모 최소화 등 (총 6개)
	에너지 활용	- 태양광에너지, 태양열에너지, 패시브 솔라시스템, 자연에너지 활용 등 (총 9개)
환경 및 폐기물	환경오염 억제	- 수질오염 방지, 대기오염 방지, 토양오염 방지, 소음저감, 리사이클 재료 등 (총 7개)
	폐기물 관리	- 자연친화적 쓰레기처리, 재활용 시스템 등 (총 6개)
어메니티	경관	- 생태경관 조성, 도시경관 조성 등 (총 4개)
	문화	- 역사성 보전, 문화여가시설 등 (총 2개)
	커뮤니티	- 커뮤니티 활성화 등 (총 3개)
	자원활용	- 어메니티 자원 활용 등(총 3개)

토지이용 및 교통 분야의 계획요소는 도시 차원의 3차원적 기능 배분을 효율화함으로써 통행에 의한 에너지 소비를 줄이기 위한 설계 요소이다. 토지이용 부문에는 환경친화적 배치, 적정밀도 개발 등 총 6개 계획기술이 포함되며, 교통부문에는 대중교통 활성화, 보행활성화, 자전거 활성화 등 총 11개 항목이 포함된다.

생태 및 녹지 분야는 자연보전을 위한 단지녹화, 환경공생을 위한 건물녹화 분야 등의 공원녹지 부문, 그린네트워크 녹지계획, 공원녹지 조성 등의 공원녹지 부문, 바이오톱, 생태네트워크 등의 생물과 공생 부문의 3개 부문 27개 세부 항목으로 분류할 수 있었다.

물 및 바람 분야에는 우수활용, 중수활용 등의 수자원 활용 부문과 수자원 절약 부문, 수경관 조성 부문, 바람의 이용 부문 등 네 개 부문 총 13개 세부 요소를 찾아볼 수 있었다. 에너지 부문에서는 에너지 저감 건축설비 등의 에너지 저감 부문과 태양광 에너지 등의 신재생에너지 활용 부문 2개 부문 15개 세부항목이 도출되었으며, 환경 및 폐기

물은 환경오염 억제와 폐기물 관리 부문에서 13개의 계획요소를 발견할 수 있었다.

마지막으로 어메니티 부문에서는 경관과 문화, 커뮤니티, 자원활용 4개 부문에서 12개의 계획요소를 발견할 수 있었다. 그러나 어메니티 부문의 경우 온실가스 감축 측면에서의 중요도는 크지 않으며, 세부적인 내용을 살펴보면 일반적인 계획·설계 원칙을 강조하기 위한 목적으로 다루어지고 있는 경우가 많다.

한편, 앞 장의 국내외 친환경 근린개발 사례 분석을 통해서 나타난 계획요소를 종합하면, 다음과 같이 토지이용, 교통, 신재생에너지, 에너지 저감 건축, 자원순환, 녹지 및 생태, 수자원 부문에서 총 60개의 계획요소를 도출할 수 있다.

[표 4-2] 문헌 및 사례조사를 통한 일반 계획요소(60개)

구 분	계획요소
토지이용(6)	집약적 도시공간구조, 복합용도계획, 일조량, 풍향 등을 고려한 시설물 배치, 직주근접 및 접근성 고려, 친환경적 밀도 등
교통(8)	보행자 전용도로 및 전용구역, 보행자도로 네트워크, 자전거 전용도로, 자전거 네트워크, 대중교통 전용지구, 탄소저감형 신교통수단 도입(BRT, 경전철, 전기자동차 등), 대중교통 중심 교통계획, 카풀제도 활성화 등
신재생에너지(8)	태양광 발전, 태양열 온수, 지열 냉난방, 바이오매스, 풍력발전, 바이오 에너지 활용, 연료전지, 열병합 발전 등
에너지 저감 건축(12)	고기밀 자재, 고단열 유리, 폐열회수 시스템, 차양, 부착온실, 아트리움, 개구부계획(남측 확대, 북측 축소), 자연채광, 축열벽, 패시브솔라 시스템, 일조를 고려한 건축물 배치, 탄소 사용량 측정 계량기 설치 등
자원순환(6)	중수 활용, 우수 활용, 폐기물 재활용, 친환경 음식물쓰레기 처리, 건축물 재료의 재활용, 자연재료 사용 등
녹지·생태(12)	탄소흡수 공원, 단지내 텃밭, 지붕녹화, 옥상녹화, 벽면녹화, 그린매트릭스, 그린웨이, 탄소 흡수림 식재, 녹지와 비오톱 연결, 인공지반 녹화, 풍부한 도시공원녹지, 생물서식처 확보, 가로 녹화 등
수자원(8)	생태연못 조성, 저습지 조성, 인공 수로 및 실개천, 잔디도랑, 자연정화 연못, 투수성 포장, 생태면적을 확보, 자연지반녹지율 확보 등

선행연구와 사례분석에서 나타난 친환경 도시설계 요소를 좀 더 단순화하면, 친환경 토지이용, 녹색교통체계, 에너지절약형 건축, 신재생에너지, 순환체계 부문으로 정리할 수 있다.

[표 4-3] 사례 및 문헌에서 나타난 친환경 도시설계 요소 종합

항목	특징
친환경토지이용	<ul style="list-style-type: none"> - 바람길 및 대기 순환을 고려한 시설물 배치 - 거점지역의 압축·복합고밀 개발을 통한 접근성 제고 - 기존 지형 보호 등을 통한 자연순응형 개발
녹색교통체계	<ul style="list-style-type: none"> - 보행 및 자전거 활성화 시스템 도입 - 대중교통의 활성화 및 녹색교통수단의 확대 - Transit Mall(대중교통전용지구)을 이용한 차량 이용 억제 - 공용주차공간의 녹지화 등 친환경적인 주차계획 수립
에너지절약형건축	<ul style="list-style-type: none"> - 고단열고기밀의 패시브하우스 및 신재생 에너지를 활용한 건축물 도입 - 건축물 녹화, 자연 채광 및 통풍 등의 자연에너지 활용이 가능한 건축물 도입 - 건축물 관리 시스템을 통한 냉·난방 에너지 소모의 최소화
신재생에너지	<ul style="list-style-type: none"> - 태양광/태양열 발전 시스템을 활용한 건축물 도입 - 지열발전소를 이용한 에너지 공급 - 폐기물을 이용한 에너지 공급 - 풍력을 이용한 에너지 공급 - 스마트 그리드를 이용한 에너지 공급
수순환체계	<ul style="list-style-type: none"> - 높은 생태 면적률 및 자연지반 녹지율의 적용 - 우수를 활용한 친수환경과 비오톱 조성 - 투수성포장을 통한 토양기능 복원 및 수자원 순환시스템 구축

2) 친환경 토지이용

토지이용은 직접적인 에너지 절감이나 대체 효과는 없지만, 교통 부문이나 건축물 부문의 에너지 소비에 간접적으로 작용하여 온실가스 배출에 영향을 미칠 수 있다. 온실가스 감축을 위한 토지이용은 기능의 배치, 자연적 조건, 건축물 배치에 의한 미기후를 고려하는 관점의 접근 방식으로 나뉘어진다.

① 복합적·집약적 공간 구조

첫 번째 접근 방식은 복합적·집약적 공간 구조를 형성하여 통행 수요를 억제하는 것이다. 이는 다양한 용도의 토지수요를 예측하여 용도 간 상호관계를 고려한 합리적 계획을 통해 에너지 사용 저감을 위한 효율적인 토지이용 및 공간구조를 도모하는 것이다.

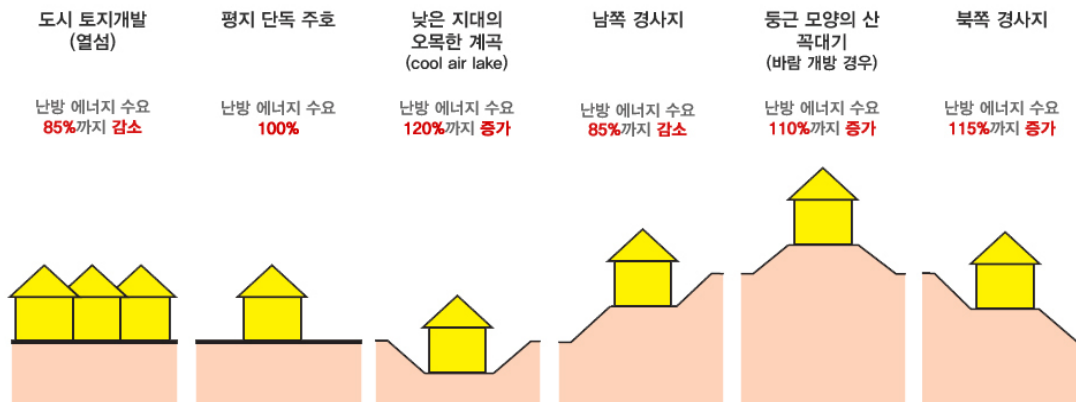
이러한 접근 방식은 국가 온실가스 배출에서 통행 부문이 차지하는 비중이 매우 높은 미국에서 크게 주목받고 있다. 그러나 우리나라의 경우 도시 지역의 밀도 자체가 매우 높기 때문에, 압축적 토지이용을 통한 통행 수요 억제 효과를 도모하는 데에는 한계가 있으며, 오히려 주거지의 밀도 자체는 정책적으로 억제해야 할 필요도 있을 것이다.

② 일조와 지형을 고려한 시설물 배치

두 번째는 대상지의 자연 조건이나 기후를 고려한 건축물 배치를 통해 냉·난방을 위한 에너지를 절감하는 것이다. 여기에 가장 중요한 영향을 끼치는 요인은 일조와 지형지세라고 할 수 있다.

건축물의 에너지 절감을 위해서는 충분한 일조량과 채광이 확보되는 것이 매우 중요한데, 우리나라의 경우 남향을 확보하는 것이 에너지 측면에서 유리하다는 것은 주지의 사실이다.

일조 이외에도 지형 조건이 건축물 에너지 소비에 미치는 영향은 상당히 크다. 예를 들어 도시의 열섬에 위치하는 건축물의 경우 난방에너지 수요의 절감을 기대할 수 있다. 산자락 아래의 오목한 저지대의 경우 차가운 공기가 연못처럼 고이기 때문에 난방에너지가 20%정도 더 소비된다.



[그림 4-1] 지형에 따른 에너지 저감 효과

※ 출처: Ministerium fuer Verkehr, Energie und Landesplanung des Landes Nordrhein-Westfalen, Planungsleitfaden, 2002, p.16.

③ 바람길 및 대기 순환을 고려한 시설물 배치

세 번째는 건축물 배치 등으로 인공적인 바람길 등을 형성하여 에너지 절감에 도움이 되는 방향으로 이용하는 것이다. 이를 위해서는 계절별 주 풍향과 대향 건축물 군에 의한 바람의 영향을 예상하여 시설을 배치해야 한다. 가급적 바람 생성지역과 직각을 이루는 형태로 시설을 배치하고, 바람통로 주축의 주변에 조성하는 시설물은 바람의 방향과

나란하게 조성한다.

그러나 이와 같은 바람길 이용 등의 효과나 실효성은 국가별 기후 특성에 의해 크게 영향을 받는다는 점에 주의할 필요가 있다. 어느 정도의 바람길 확보는 도시 공간의 대기 질 관리 측면에 있어서 일반적으로 긍정적인 효과를 예상할 수 있다. 그러나 에너지 소비 측면에 있어서의 효과는 여름철 냉방 에너지 부하와 겨울철 난방 에너지 부하의 상대적인 비중에 따라서 상반된 결과가 나타날 수 있다. 즉, 여름철 냉방 에너지 부하의 절감이 더 효과적인 상황이라면 바람길 조성 등을 통해 전체적인 온실가스 감축 효과를 기대할 수 있을 것이나, 반대로 겨울철 난방에너지 부하가 더 큰 경우 바람길 조성이 온실가스 배출을 증가시키는 역작용이 있을 수 있기 때문이다.

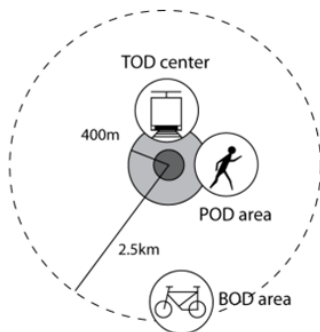
3) 녹색교통체계

녹색교통체계 부문은 앞서 살펴 본 친환경 토지이용 부문과 마찬가지로 자동차 이용에 따른 에너지 소비 및 온실가스 배출을 줄이기 위한 설계 기법들이 포함되어 있으나 토지이용 부문과 비교했을 때, 교통 시스템의 직접적인 개선과 관련된 설계 요소들로 이루어져 있다. 여기에는 대중교통중심개발, 자전거 이용 활성화, 보행 활성화가 포함된다.

① 대중교통중심개발(Transit-Oriented Development, TOD)

대중교통중심개발은 활동이 밀집되는 상업이나 공공시설에 대한 대중교통 수단의 접근성을 제고함으로써 도시 전체의 자가용 이용 수요를 줄이기 위한 도시 개발 방식을 말한다.

대중교통중심개발의 계획 원칙은 대중교통 결절점과 상업·공공 기능이 복합된 대중교통 중심지역(TOD Center)을 구성하고, 도보로는 400m, 자전거로는 2.5km 이내의 범위에 위치하도록 구성하는 것이다. 대중교통 중심의 도시계획(TOD)으로 대상지의 모든 곳에서 도보(POD)나 자전거(TOD)로 10분 이내에 대중교통 센터에 도착할 수 있도록 교통체계를 구축하는 것이다. 또, 트랜짓 몰의 구성은 대중교통만으로 접근이 용이하도록 해야 한다.



[그림 4-2] TOD 개념



[그림 4-3] 환경친화형 교통체계 예시도

② 자전거 이용 활성화

도시 내 근거리 이동의 경우 자전거로 다닐 수 있는 도로 및 시스템을 구축하여 자동차의 이용을 억제할 수 있다. 자전거 이용 활성화를 위해서는 자전거 전용도로 뿐 아니라 자전거를 주차할 수 있는 주차시설 및 자전거 이용자들을 위한 편의시설의 계획이 통합적으로 고려되어야 한다.

자전거 이용이 활성화되기 위해서는 개발 대상지 전체를 연결하는 네트워크가 형성되어야 한다. 자전거 이용 목적에 따라 교통수단형 자전거 도로와 레저형 자전거 도로로 구분할 수도 있다. 또한 도시 내 공용자전거 이용시스템(U-Bike)의 도입을 통해 자전거 이용을 활성화 할 수도 있다.

③ 보행 활성화

주거지에서 보행자 도로는 거주자의 일상생활 공간으로서 기능한다. 보행자 도로를 제공하는 것을 통해 차량 통행의 감소 및 주거환경의 개선 효과를 기대할 수 있다. 보행자 도로 계획을 생태 녹지 계획 및 생물 이동 통로 계획 등과 연계하는 것을 통해 시너지를 창출하는 것도 가능하다. 또한 보행로 주변의 녹화를 통해 도시 공간에서 부족한 탄소 흡수원을 확충할 수도 있다.

보행 활성화를 위해서 보행자 전용도로를 설치하거나, 보행자 우선구역을 설정하는 것 등을 고려해 볼 수 있다. 자전거 이용 활성화를 위한 설계 기법과 마찬가지로, 보행 활성화를 위해서도 특정 지역의 보행 환경을 아름답게 조성하는 것 보다는 도시 전체의 중심 공간 및 주요 시설을 연결하는 보행 네트워크를 구축하는 것이 더욱 중요하다.



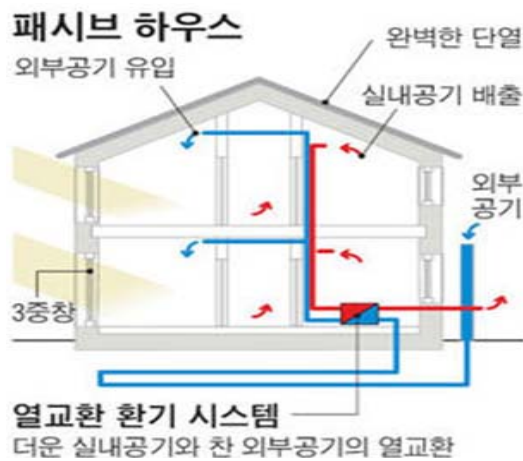
[그림 4-4] 자전거 전용도로(예시)



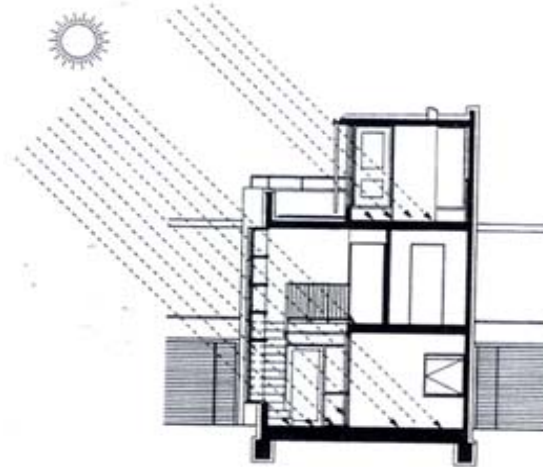
[그림 4-5] 보행우선구역(예시)

4) 에너지절약형 건축

건축물 부문의 온실가스 감축을 위해서는 냉·난방에 소비되는 에너지를 절감하는 것이 가장 중요하다. 이를 위해서는 건축물의 단열 성능 및 기밀성 향상을 위한 조치, 자연 채광 시스템의 도입, 폐열회수 환기장치 도입 등을 고려해 볼 수 있다. 신·재생 에너지 설비 등이 없이도 고단열, 고기밀 시공 및 폐열회수 환기장치를 도입하는 것만으로도 난방 에너지를 90% 가까이 절감할 수 있는 것으로 알려져 있다.



[그림 4-6] 열교환 환기시스템 모식도



[그림 4-7] 일조를 고려한 배치의 효과 개념도

건축물의 단열 성능 및 기밀성 향상을 위해서는 에너지 손실이 많은 건축물의 천정, 바닥, 벽개구부 등의 단열 및 기밀성을 향상시키는 것이 중요하다. 특히, 우리나라의 경우 창호 부분의 에너지 손실이 높다. 창호 이외의 부분에 대한 단열 성능 개선을 위해서 단열재의 두께를 늘리고, 외단열 시공 등을 통해 단열성능을 향상시킬 수 있다.

열 교환 환기 시스템 및 자연 채광 시스템을 도입하는 등의 방법으로도 건축물의 난방에너지 소비를 크게 절감할 수 있다. 또한 건축물 벽면과 옥상을 녹화함으로써 냉·난방 에너지의 절감을 기대할 수 있다.

5) 신·재생에너지 시스템

최근 들어 가장 주목받고 있는 친환경 설계 요소는 아마도 신·재생 에너지 활용 부문이라고 할 수 있다. 신·재생 에너지는 청정 에너지원인 태양, 풍력 등을 활용한 신에너지 기술과, 폐기물을 활용한 재생에너지 기술로 대별되며, 태양에너지, 지열에너지, 바이오매스, 풍력발전 등을 꼽을 수 있다.

태양을 에너지원으로 하는 에너지 생산 시스템은 태양광 계열 시스템과 태양열 계열 시스템으로 나눌 수 있다. 태양광 계열 시스템은 광전효과에 의해서 태양광을 직접 전기 에너지로 변환하는 시스템으로, 보통의 발전시스템과 달리 발전기를 따로 가동할 필요가 없어 무연료, 무공해, 무소음, 무진동을 특징으로 한다.



[그림 4-8] 태양광 패널 설치 사진 1

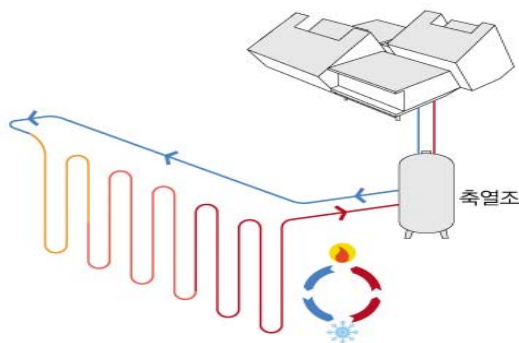


[그림 4-9] 태양광 패널 설치 사진 2

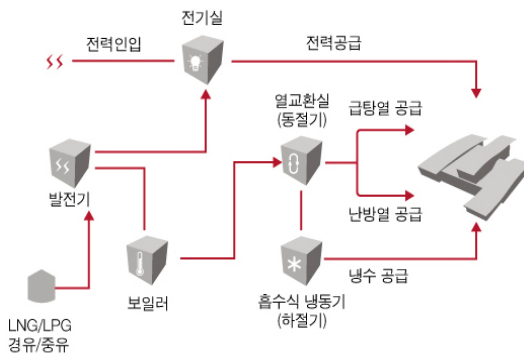
태양열 시스템은 집열기를 통해 빛 에너지를 열에너지로 전환시키며 집열, 축열, 공급을 통해 에너지를 생산하는 방식이다. 태양열 온수 시스템의 경우, 집열판에서 뜨거워진 물을 펌프를 이용하여 지하실에 있는 축열 탱크에 저장하여 사용한다. 태양열 시스템은 태양광 시스템과 마찬가지로 무연료, 무공해, 무소음, 무진동의 친환경에너지로 생산 및 설치의 경제성이 높다.

지열 에너지를 활용하는 시스템은 지중에 저장된 열에너지를 이용해서 냉·난방 등에 활용하는 시스템이다. 지열은 토양, 지하수, 지표수 등에 저장되어 있으며, 지구에 도달하는 태양 복사에너지의 약 47%를 차지한다. 지열은 지표면으로부터의 깊이에 따라 일정한 온도를 유지하게 되는데 우리나라의 경우 지하 200m 이내에 저장된 10~20℃의 지열을 이용하여 에너지를 생산할 수 있다. 지열 에너지를 활용하면, 냉·난방 에너지의 약 30% 정도를 절감할 수 있을 것으로 기대된다. 지열에너지의 이용은 히트펌프를 이용한 지열 냉난방 시스템과, 지열 발전소 시스템으로 대별된다.

이 외에, 바이오매스(생물 유기체)를 각종 가스, 액체 혹은 고형 연료로 변환하거나 연소시켜 열, 증기, 전기를 생산하거나, 바람의 힘을 이용한 풍력 발전 시스템을 도입할 수도 있다. 하지만 바이오매스나 풍력 시스템을 도입하고자 할 때에는, 경제적 타당성이나, 입지 여건에 따른 도입 가능성에 대한 검토가 반드시 선행될 필요가 있다.



[그림 4-10] 지열 히트펌프 시스템 모식도



[그림 4-11] 바이오매스를 이용한 난방·급탕 개념도

2. 건축물과 도시 부문의 에너지 소비와 온실가스 배출 특성

1) 개요

어떤 재화에 의한 온실가스 배출은 생산 과정에서 소모되는 에너지와 자원 소비에 의한 온실가스 배출량(CO₂ Capital)부분과 재화의 생애주기를 통해 지속적으로 배출되는 온실가스 배출량(CO₂ Revenue)으로 나누어진다. 건축물과 도시 역시, 건설 과정에서 소비되는 에너지와 재화에 의한 온실가스 배출량과 멸실될 때 까지 건축물과 도시 공간에서 발생하는 온실가스 배출 부문을 나눠서 살펴 볼 필요가 있다. 하지만 현재 우리나라에서는 건설 과정의 온실가스 배출량을 검토하기 위한 자료 기반이 취약하기 때문에, 본 연구에서는 이용 기간 동안의 배출량에 한정하여 논의를 진행하고자 한다.

왕광익(2009)에 의하면 건축물과 도시의 이용 과정에서 온실가스 배출은 크게 교통 부문, 건물부문, 녹지부문에 나누어 볼 수 있다. 각 부문별로 활동량, 에너지원단위, 온실가스 배출계수 등을 자료를 이용해서 이산화탄소 배출량으로 환산된 온실가스 배출량을 산출할 수 있다.

CO ₂ 배출	=	활동량 Activity	X	에너지소비 원단위	X	CO ₂ 배출계수
교통부문		통행횟수 통행거리		이동수단의 연비 등		연료종별 계수
건물부문		건물연상면적		에너지소비 원단위		연료별 계수
녹지부문 (흡수)		CO ₂ 흡수		도시기후 완화		바이오매스 공급

[그림 4-12] 도시 온실가스 배출량 산출의 기본 틀(왕광익, 2009)

2008 에너지총조사 자료와 2006년도 국가온실가스 배출통계를 비교 분석하여 건축·도시부문의 에너지 소비 및 온실가스 배출량을 추정한 결과, 연간 1억5964만 이산화탄소 톤에 해당하는 온실가스가 배출되는 것으로 나타났다. 이는 우리나라 총 온실가스배출의 약 27%에 해당한다.

주택의 에너지 소비로 인한 온실가스 배출은 연간 약 5,800만 이산화탄소톤으로, 이는 국가 온실가스 배출의 약 9.7%에 해당한다. 상업 및 공공건축물의 에너지 소비로 인한

온실가스 배출은 연간 약 6,034만 이산화탄소톤으로 이는 국가총배출의 약 10.1%에 해당한다. 자가용 이용으로 인한 온실가스 배출은 연간 약 4,111만 이산화탄소톤으로 이는 국가총배출의 약 6.9%에 해당하는 양이다.

[표 4-4] 건축·도시부문 온실가스 배출 추정치(2008년 기준)

부문	이산화탄소배출량	국가온실가스 배출 기준 점유율
가구(주택)부문	58,193,379	9.7%
상업·공공건축물	60,341,894	10.1%
자가용 이용	41,113,085	6.9%
합계	159,648,358	26.7%

2) 주택 부문의 에너지 소비와 온실가스 배출 특성

가구(주택) 부문의 온실가스 배출량은 2008년 에너지소비량 기준 약 5,819만 이산화탄소톤으로 국가온실가스배출(2006년 기준)의 약 9.71%를 차지하며, 에너지 소비량으로는 원유 1,889만 톤 분량에 해당하는 양이다.

[표 4-5] 주택부문 에너지소비 및 온실가스 배출(2008 에너지 총조사 기준)

구분	에너지소비	온실가스배출	온실가스배출비율
	단위: TOE	단위: tCO ₂ ,eq	단위: %
연탄	322,100.0	1,285,163.6	2.2%
등유	2,070,190.0	5,743,390.9	9.9%
중질중유	265,870.0	805,596.2	1.4%
프로판	1,042,920.0	2,500,270.5	4.3%
도시가스	1,346,280.0	2,846,404.4	4.9%
도시가스-난방용	7,791,570.0	16,473,523.0	28.3%
전력	4,676,100.0	24,185,202.0	41.6%
열에너지	1,285,020.0	4,083,793.6	7.0%
온수:급탕	16,370.0	52,023.9	0.1%
임산연료	68,600.0	218,010.8	0.4%
합계	18,885,020.0	58,193,378.8	100.0%
국가총에너지소비/ 온실가스배출량 대비	11%	9.71%	

에너지원별로는 전력 이용에 의한 온실가스 배출이 41.6%로 가장 높게 나타났으며, 뒤이어 난방용 도시가스 사용에 의한 온실가스 배출이 28.3%를 차지하는 것으로 나타난다.

가구당 온실가스 배출량은 연평균 3.7이산화탄소톤으로 나타나며, 그 중 약 42%가 전력 소비에 의한 것으로 추정되었다. 연간 에너지 소비량은 도시가스 소비가 연간 466입방미터, 전력 소비가 연간 3.4MWh, 지역난방 등에 의한 열에너지 소비가 연간 812백만 칼로리인 것으로 나타났다.

주택 유형별로 에너지 소비량에 있어서는 큰 차이가 없지만, 단독주택의 경우 난방용 열에너지에 대한 석유류 의존도가 높은 반면 아파트의 경우 도시가스 이용이 높게 나타나는 등의 세부적인 차이가 있는 것으로 나타났다.

[표 4-6] 2008 에너지 총조사 표본 가구의 주택유형별 연간 에너지 소비량 (물량기준)

구분	평균	단독주택	아파트	연립주택	다세대주택	상가주택
연탄: kg	43.5	114.7		17.6	7.4	86.5
등유: L	146.6	355.5	9.6	107.2	49.8	282.6
중질중유: L	17.0	1.6	38.9	1.6		
프로판: kg	54.1	90.5	35.9	33.1	26.5	82.2
도시가스(취사용): m ³	80.6	37.3	114.8	85.4	91.7	24.9
도시가스(난방용): m ³	466.6	276.8	548.2	655.9	622.9	279.5
전력: Kwh	3424.4	3265.3	3541.2	3515.5	3378.9	3597.7
열에너지: Mcal	812.6		1933.9			
온수(급탕): Mcal	10.3	0.2	24.1	0.6	0.8	
임산연료: kg	15.0	41.4				35.6

[표 4-7] 2008 에너지 총조사 표본 가구의 주택유형별 연간 온실가스 배출량

구분	평균		단독주택	아파트	연립주택	다세대주택	상가주택
	tCO ₂ .eq	%	tCO ₂ .eq	tCO ₂ .eq	tCO ₂ .eq	tCO ₂ .eq	tCO ₂ .eq
연탄	0.08	2.2%	0.21	0.00	0.03	0.01	0.16
등유	0.36	9.8%	0.87	0.02	0.26	0.12	0.69
중질등유	0.05	1.4%	0.00	0.12	0.00	0.00	0.00
프로판	0.16	4.3%	0.26	0.10	0.10	0.08	0.24
도시가스(취사용)	0.18	4.9%	0.08	0.26	0.19	0.20	0.06
도시가스(난방용)	1.04	28.4%	0.62	1.22	1.46	1.39	0.62
전력	1.52	41.6%	1.45	1.58	1.56	1.50	1.60
열에너지	0.26	7.0%	0.00	0.61	0.00	0.00	0.00
온수(급탕)	0.00	0.1%	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
임산연료	0.01	0.4%	0.04	0.00	0.00	0.00	0.03
합계	3.66	100.0%	3.54	3.92	3.61	3.31	3.40

이러한 에너지원에 따른 온실가스 배출 특성과 실제 계획·설계 요소의 관련성을 찾기 위해서는 에너지원별 분석 결과를 에너지 용도에 따라 다시 분석해 볼 필요가 있다. 이를 위해 2008 에너지 총조사의 가구부문 에너지소비 자료 및 녹색위(2009)의 자료를 참고하여 용도별 에너지 소비 및 온실가스 배출량을 추정한 결과는 다음과 같다.

우선, 주택 부문에서 건축물의 성능과 관련된 냉·난방에 의한 온실가스 배출량의 비율은 주택 부문 전체 대비 약 64%로 추정되며, 이는 국가총배출량 대비 6.2%에 해당한다. 이 중에서 난방에 의한 온실가스 배출은 54%로 가장 큰 비중을 차지하며, 이는 2006년도 기준 국가 온실가스 배출량의 5.2%에 해당한다. 이 외에 냉방, 조명, 급탕에 의한 온실가스 배출은 주택 부문 전체의 10% 정도로 난방에 의한 온실가스 배출에 비하면 1/5에 불과한 것으로 나타났다.

이 외에 가전제품 이용에 의한 온실가스 배출(냉방 제외)은 주택 부문 총 배출의 약 31.5%로 추산되었다. 이는 주택 부문 온실가스 감축을 위해서는 건축물 성능 향상 이외에도 탄소 마일리지 제도 등의 도입이 중요함을 시사한다고 할 수 있다.

[표 4-8] 용도별 에너지 소비 및 온실가스 배출량 (주택부문)

구분			에너지소비		온실가스배출		국가온실가스배출량(2006)대비
			TOE	비율	tCO ₂ .eq	비율	
건축물성능관련부문 탄소배출량비율64% (국가총배출대비6.2%)	난방	연탄	322,100.0	1.7%	1,285,163.6	2.2%	0.2%
		등유	2,070,190.0	11.0%	5,743,390.9	9.9%	1.0%
		중질중유	265,870.0	1.4%	805,596.2	1.4%	0.1%
		프로판	1,042,920.0	5.5%	2,500,270.5	4.3%	0.4%
		도시가스(난방용)	7,791,570.0	41.3%	16,473,523.0	28.3%	2.7%
		열에너지	1,285,020.0	6.8%	4,083,793.6	7.0%	0.7%
		임산연료	68,600.0	0.4%	218,010.8	0.4%	0.0%
		난방소계	12,846,270.0	68%	31,109,748.6	53.5%	5.2%
	냉방	냉방전력	566,550.6	3.0%	2,930,249.7	5.0%	0.5%
	조명	조명	566,550.6	3.0%	2,930,249.7	5.0%	0.5%
생활에너지소비부문 탄소배출량비율26% (국가총배출대비3.5%)	온수	온수·급탕	16,370.0	0.1%	52,023.9	0.1%	0.0%
	가전	가전제품 전력	3,542,998.8	18.8%	18,324,702.6	31.5%	3.1%
	취사	도시가스(취사용)	1,346,280.0	7.1%	2,846,404.4	4.9%	0.5%
합계			18,885,020.0	100.0%	58,193,378.8	100.0%	9.7%

* 냉방 및 조명에너지 소비 비중은 녹색위(2009) 자료를 참고하여 각각 3%로 가정

3) 상업·공공 건축물 부문의 에너지소비와 온실가스 배출 특성

2008년 에너지 총조사 결과를 온실가스 배출량으로 환산한 결과, 주택부문 이외의 상업·공공부문 건축물에서 배출되는 온실가스는 연간 약 6,034만 이산화탄소톤으로 추정된다. 이는 2006년 기준 국가총배출의 약 10.1%에 해당한다.

[표 4-9] 상업·공공용 건축물 부문 에너지소비 및 온실가스 배출

구분	에너지소비		온실가스배출	
	TOE	%	tCO ₂ .eq	%
연탄	105624.4	0.7%	421436.3	0.7%
기타석탄	97.1	0.0%	387.4	0.0%
휘발유	8133.0	0.1%	21598.3	0.0%
등유	794239.7	5.4%	2203483.3	3.7%
경유	136410.0	0.9%	390886.3	0.6%
경질중유	3393.4	0.0%	10243.0	0.0%
중유	3679.1	0.0%	11130.6	0.0%
중질중유	152781.1	1.0%	462932.5	0.8%
프로판	775165.6	5.3%	1858362.8	3.1%
부탄	9506.2	0.1%	22859.7	0.0%
도시가스	3350586.2	22.9%	7084056.2	11.7%
전력	9166173.9	62.6%	47408260.6	78.6%
열에너지	136140.0	0.9%	432652.9	0.7%
기타	4280.8	0.0%	13604.4	0.0%
총합계	14646210.5	100%	60341894.24	100%
국가총소비대비		8.5%		10.1%

에너지 용도별로는 상업·공공건축물 온실가스 배출의 60.6%가 건축물의 성능과 관련된 냉·난방, 급탕, 설비용 에너지 소비에서 발생하며, 이는 국가총배출 대비 6.1%에 해당한다.

이 중에 가장 큰 비중을 차지하는 것은 난방용 에너지 소비에 의한 온실가스 배출로, 상업·공공건축물 부문 온실가스 배출의 약 23.2%를 차지한다. 주택 부문과 달리 상업·공공건축물의 경우에는 난방용 에너지 소비에 의한 온실가스 배출이 18%로 상당히 높은 비중을 차지하는 것으로 나타났다.

[표 4-10] 상업·공공건축물 부문의 용도별 에너지소비와 온실가스 배출 특성

구분		에너지소비		온실가스배출		국가총배출(2006)대비
		TOE	%	tCO ₂ .eq	%	
건축물성능부문 온실가스배출비중 60.6% (국가총배출대비6.1%)	난방용	4,291,564	29.3%	13,992,225	23.2%	2.3%
	냉방용	2,424,916	16.6%	10,860,381	18.0%	1.8%
	온수용	913,371	6.2%	2,766,800	4.6%	0.5%
	설비용	1,743,256	11.9%	8,956,902	14.8%	1.5%
건축물 내 활동부문	조명/기타	3,910,539	26.7%	20,149,214	33.4%	3.4%
기타	조리용	1,355,531	9.3%	3,599,857	6.0%	0.6%
에너지소비부문	자가발전	7,034	0.0%	16,514	0.0%	0.0%
합계		14,646,211	100.0%	60,341,894	100.0%	10.1%

4) 자가용 이용 부문의 에너지 소비와 온실가스 배출 특성

자가용 수송부문의 에너지 소비량과 온실가스 배출량을 추정한 결과, 연간 약 4,111만 이산화탄소톤의 온실가스가 발생하는 것으로 나타났으며, 이는 국가총배출의 약 6.9%에 해당한다.

[표 4-11] 자가용 수송부문 에너지 소비량(2008, 지식경제부)

구분	합계	휘발유	경유	LPG
	100TOE	100TOE	100TOE	100TOE
승용일반	93,519.0	81,040.4		12,478.6
1500cc 미만	31,423.8	27,140.2		4,283.6
1500~1999cc	41,326.6	35,443.9		5,892.7
2000cc 이상	20,768.6	18,466.3		2,302.3
승용 다목적형	44,850.7		37,132.3	7,718.4
승합차 15인 이하	19,561.3		12,810.3	
합계	157,931.0	81,040.4	49,942.6	20,197.0
비율	100%	51%	32%	13%
국가총소비대비	9.2%	4.7%	2.9%	1.2%

[표 4-12] 자가용 수송부문 온실가스 배출량 (2008 에너지 총조사 기준)

구분	합계	휘발유	경유	LPG
	tCO ₂ .eq	tCO ₂ .eq	tCO ₂ .eq	tCO ₂ .eq
승용일반	24,784,021.6	21,521,700	-	3,262,322
1500cc 미만	8,327,432.0	7,207,556	-	1,119,876
1500~1999cc	10,953,297.5	9,412,749	-	1,540,548
2000cc 이상	5,505,947.8	4,904,050	-	601,898
승용 다목적형	12,658,229.6	-	10,640,383	2,017,847
승합차 15인 이하	3,670,833.6	-	3,670,834	-
합계	41,113,084.8	21,521,700	14,311,216	5,280,169
비율	100.0%	52.3%	34.8%	12.8%
국가총배출대비	6.9%	3.6%	2.4%	0.9%

도시 구조의 효율화 등을 통해 통근 및 가사 목적의 통행은 줄일 수 있지만, 업무용 통행은 거의 줄일 수 없다. 따라서 자가용 이용 부분의 온실가스 배출량을 차량 이용 용도에 따라서 세분해 볼 필요가 있다.

2008 에너지 총조사 결과를 온실가스 배출량으로 환산한 결과, 통근 및 가사 활동에 의한 자가용 이용에 의한 온실가스 배출량은 이산화탄소 환산 시 약 3080만t에 달하며, 이는 2006년도 기준 국가 온실가스 배출량의 5.2%에 해당한다.

[표 4-13] 2007년 기준 차종별 주 용도(2008 에너지 총조사)

구분	출퇴근용 (%)	업무용 (%)	가사용 (%)
승용일반	50.2	16.0	33.8
1500cc 미만	50.8	15.5	33.7
1500~1999cc	50.9	15.4	33.7
2000cc 이상	46.5	19.0	34.5
승용 다목적형	51.0	21.0	28.0

[표 4-14] 자가용 이용 용도별 온실가스 배출(2008 에너지 총조사 기준)

구분	합계 (tCO ₂ .eq)	출퇴근용 (tCO ₂ .eq)	가사용 (tCO ₂ .eq)	업무용 (tCO ₂ .eq)
승용일반	24,784,022	12,441,579	8,376,999	3,965,443
1500cc 미만	8,327,432	4,230,335	2,806,345	1,290,752
1500~1999cc	10,953,298	5,575,228	3,691,261	1,686,808
2000cc 이상	5,505,948	2,560,266	1,899,552	1,046,130
승용 다목적형	12,658,230	6,455,697	3,544,304	2,658,228
합계	41,113,085	18,897,276	11,921,304	6,623,672
비율	100.0%	46.0%	29.0%	16.1%
국가총배출 대비	6.9%	3.2%	2.0%	1.1%

3. 온실가스 감축을 고려한 친환경 도시설계 요소의 중요도 검토

이 장에서는 온실가스 감축이라는 정책 목표를 설정했을 때, 이들 설계 요소들의 중요도와 우선순위를 도출하기 위해서, 선행 연구와 사례에서 나타난 친환경 도시설계 요소와 건축물과 도시 공간의 온실가스 배출 특성을 각각 검토해 보았다. 각각의 분석 결과를 종합한 결과 몇 가지 의미 있는 결과를 이끌어낼 수 있었다.

우선 건축·도시부문의 온실가스 배출 특성을 에너지 사용 용도에 따라 분석해 보면 다음과 같은 결과를 얻을 수 있다.

우선, 건축물과 도시 부문의 온실가스 배출량 중에서 취사용 에너지 소비, 업무용 차량 이용 등 감축이 곤란한 부분을 제외하고 실제로 온실가스 감축의 대상이 될 수 있는 부분은 냉·난방, 온수, 전기에너지 이용, 출퇴근·가사용 자가용 이용에 의한 온실가스 배출 부분이라고 할 수 있다. 이 중에서 건축물과 도시 부문에서는 난방에너지 소비에 의한 온실가스 배출이 가장 높은 비중을 차지하며, 부문 내 점유율로만 따지면 34%에 달하는 것으로 나타난다. 그 다음으로 높은 비중을 차지하는 부문은 냉·난방 이외의 전기에너지 소비 부문이며, 건축물과 도시에서 발생하는 온실가스 배출의 총 31%를 차지한다. 또한, 출퇴근 및 가사용 자가용 이용에 의한 온실가스 배출은 건축·도시분야 전체 배출량의 23%로 나타났다.

[표 4-15] 건축·도시부문 에너지 소비 목적별 온실가스 배출 특성 종합

구분	건축물부문		도시부문	합계	건축·도시분야 내 점유율
	주택부문	상업/공공	자가용		
	tCO ₂ .eq	tCO ₂ .eq	tCO ₂ .eq	tCO ₂ .eq	
난방	31,109,749 (5.19%)	13,992,225 (2.33%)	N/A	45,101,974 (7.52%)	33.67%
냉방	2,930,250 (0.49%)	10,860,381 (1.81%)	N/A	13,790,631 (2.30%)	10.30%
온수	52,024 (0.01%)	2,766,800 (0.46%)	N/A	2,818,824 (0.47%)	2.10%
전기	21,254,952 (3.55%)	20,149,214 (3.36%)	N/A	41,404,167 (6.91%)	30.91%
출퇴근용 자가용			18,897,276 (3.15%)	18,897,276 (3.15%)	14.11%
가사용 자가용			11,921,304 (1.99%)	11,921,304 (1.99%)	8.90%
합계	55,346,974 (9.23%)	47,768,621 (7.97%)	30,818,580 (5.14%)	133,934,175 (22.34%)	100.00%

※ 부문별 점유율(%)는 국가온실가스배출(2006년 기준)에서 차지하는 비율로 환산한 값임

[표 4-16] 온실가스 배출과 친환경 도시설계 요소의 관련성 분석

구분		난방	전기	냉방	온수	출퇴근 자가용	가사용 자가용	합계
건축·도시분야 내 점유율		33.7%	30.9%	10.3%	2.1%	14.1%	8.9%	100.0%
친환경 토지이용	바람길 및 미기후 고려 시설배치	△	-	●	-	-	-	-
	거점지역 압축/복합개발	-	-	-	-	△	△	-
	자연순응형 개발	△	-	△	-	-	-	-
녹색교 통체계	보행 및 자전거 활성화녹색교통체계	-	-	-	-	△	○	-
	대중교통 활성화	-	-	-	-	○	○	-
에너지 절약형 건축	고단열·고기밀 건축/ 패시브 솔라에너지절약형건축	●	-	●	-	-	-	-
	건축물 에너지 관리 시스템	-	-	-	-	-	-	-
신재생 에너지	태양광·태양열 발전 시스템	-	●	-	-	-	-	-
	지열 히트펌프	●	-	-	●	-	-	-
	바이오매스	●	-	-	●	-	-	-
	풍력발전	-	●	-	-	-	-	-
	스마트그리드	-	○	-	-	-	-	-
비물리 적 에너지 절약 정책	탄소마일리지 제도	-	●	-	-	-	-	-
	카셰어링/카풀	-	-	-	-	○	○	-

※ ●: 관련성 높음, ○: 관련성 있음, △: 관련성 낮음, -: 관련 없음

이러한 에너지 용도별 온실가스 배출 비중과 친환경 설계 요소를 교차 분석하면, 설계 요소별 중요도와 우선순위에 대한 대강의 판단이 가능하게 된다. 이러한 분석을 통해 도출할 수 있는 몇 가지 시사점을 정리하면 다음과 같다.

□ 에너지 절약형 건축과 신재생 에너지 부문: 금전적 인센티브 필요

온실가스 감축 측면에서 가장 유망한 도시설계 요소는 고단열·고기밀 건축을 유도하는 부분이라고 할 수 있다. 신재생 에너지 부문은 전기에너지를 대체하고 난방에너지 이용에 의한 온실가스 배출을 줄일 수 있기 때문에 향후 유망한 설계 요소로 부상될 수 있을 것이나, 공동주택 위주의 우리나라 도시 환경에서는 설치 조건 등의 확보에 있어 다소

어려움이 있을 수 있을 것이다. 풍력발전이나 지열 히트펌프 시스템 등의 경우에도, 도입 가능한 입지 조건이 매우 까다롭기 때문에 일반적인 도입은 어려움이 있다.

또한, 신·재생 에너지 시스템의 도입을 위해서는 초기 투자비용 증가에 따른 부담을 완화할 수 있는 금전적 인센티브가 확보될 필요가 있으며, 경제적 타당성에 대한 부분에 대해서도 정책적 검토가 이루어질 필요가 있다.

□ 친환경 토지이용과 녹색교통 체계: 적정 밀도 내에서 전략적 토지이용 유도 필요

친환경 토지이용이나 녹색교통 활성화 부문은 추가적인 설비비용 등이 거의 발생하지 않기 때문에 신규 도시 개발이나 도시 정비 사업에서 널리 채용할 수 있는 설계 요소이다. 그러나 이 부문의 경우 온실가스 감축 효과를 정량적으로 입증하는 데 있어 어려움이 있기 때문에 관련된 계획 지표나 검증 수단의 개발이 선행될 필요가 있다.

또한 우리나라의 경우 밀도 측면에 있어서는 서구와 비교했을 때 이미 과밀 상태라고 볼 수 있기 때문에 온실가스 감축을 명분으로 고밀 개발을 장려하는 것은 지양해야 한다. 특히, 태양광 시스템 등의 경우 지나친 고밀 개발에서는 적용이 거의 불가능하다는 점에도 주의해야 한다.

□ 비 물리적 에너지 절감 정책과의 연계 필요

물리적 환경 계획의 측면 뿐만 아니라, 건축물의 전기에너지 이용을 주민 행동을 통해서 절감하도록 하는 탄소 마일리지 제도 등이 병행 시행될 필요가 있다. 카쉐어링이나 카풀제도 등의 도입으로 도시 내 자가용 이용을 줄이기 위한 정책적 노력도 중요하다. 또한, 단기적인 에너지 절약 운동뿐만 아니라 도시 및 근린 차원에서의 녹색 일자리 창출⁴⁴⁾을 통해 장기 지속적인 온실가스 감축 기반을 마련하는 것이 필요할 것이다.

44) 부록 1의 고강지구 에코타운 시범사업 사례 참조

제5장 친환경 근린개발의 비용과 효과

1. 개요
2. 에너지절약형 건축 및 신·재생 에너지 도입의 비용효과 분석
3. 녹색교통체계 및 생태녹지계획 도입의 비용효과 분석
4. 소결

1. 개요

1) 비용 효과 분석의 목적

친환경 근린개발과 관련된 구체적인 정책 제안을 위해서는 친환경 근린개발에 따른 비용 및 효과의 추정이 필요하므로 이 장에서는 가상의 근린 개발 단위를 상정하여 친환경 도시설계 기법 도입 수준의 변화에 따른 탄소 저감 효과와 개발 비용 상승 정도를 산출하고, 이를 통해 친환경 도시설계 기법 도입의 사회적 비용과 효과를 추정할 수 있는 실증적 근거를 마련하고자 했다.

2) 비용 효과 분석의 범위

약 500,000m² 내외 규모의 가상 근린 개발 대상지를 선정하여 현재 우리나라에서 활용 가능한 친환경 근린개발 요소기술의 비용, 효과 및 적용 조건 검토하고 위 요소 기술을 적용한 가상의 근린개발 계획 수립을 하였다. 가상의 근린개발 계획안의 총 개발비용, 친환경 요소 기술 투입에 따른 초기투자비용, 비용 회수 기간, 에너지 효율, 탄소저감량 등에 대한 추정을 하였다.

3) 가상의 근린개발 계획(안)

대지면적 68만m², 인구 2140명, 주택 856세대의 가상의 대지를 대상으로 선정하였으며 대상지 입지 특성은 도시 환경과 자연 환경이 고루 갖추어져 있고 동시에 친환경 단

지 조성을 위한 인근 녹지와 수자원이 풍부하고 이들 자연 환경을 단지 내로 끌어들이 수 있는 지역으로 가정하였다.

[표 5-1] 가상의 근린개발 계획(안) 토지이용 개요

구 분	면적(㎡)	구성비
총 계	680,023	100.00%
단독주택용지	138,454	20.4%
연립주택용지	144,414	21.2%
중층아파트용지	59,323	8.7%
근린생활시설	32,355	4.8%
공공청사	10,513	1.5%
학교	32,039	4.7%
종교시설	8,592	1.3%
사회복지시설	8,592	1.3%
도로	141,959	20.9%

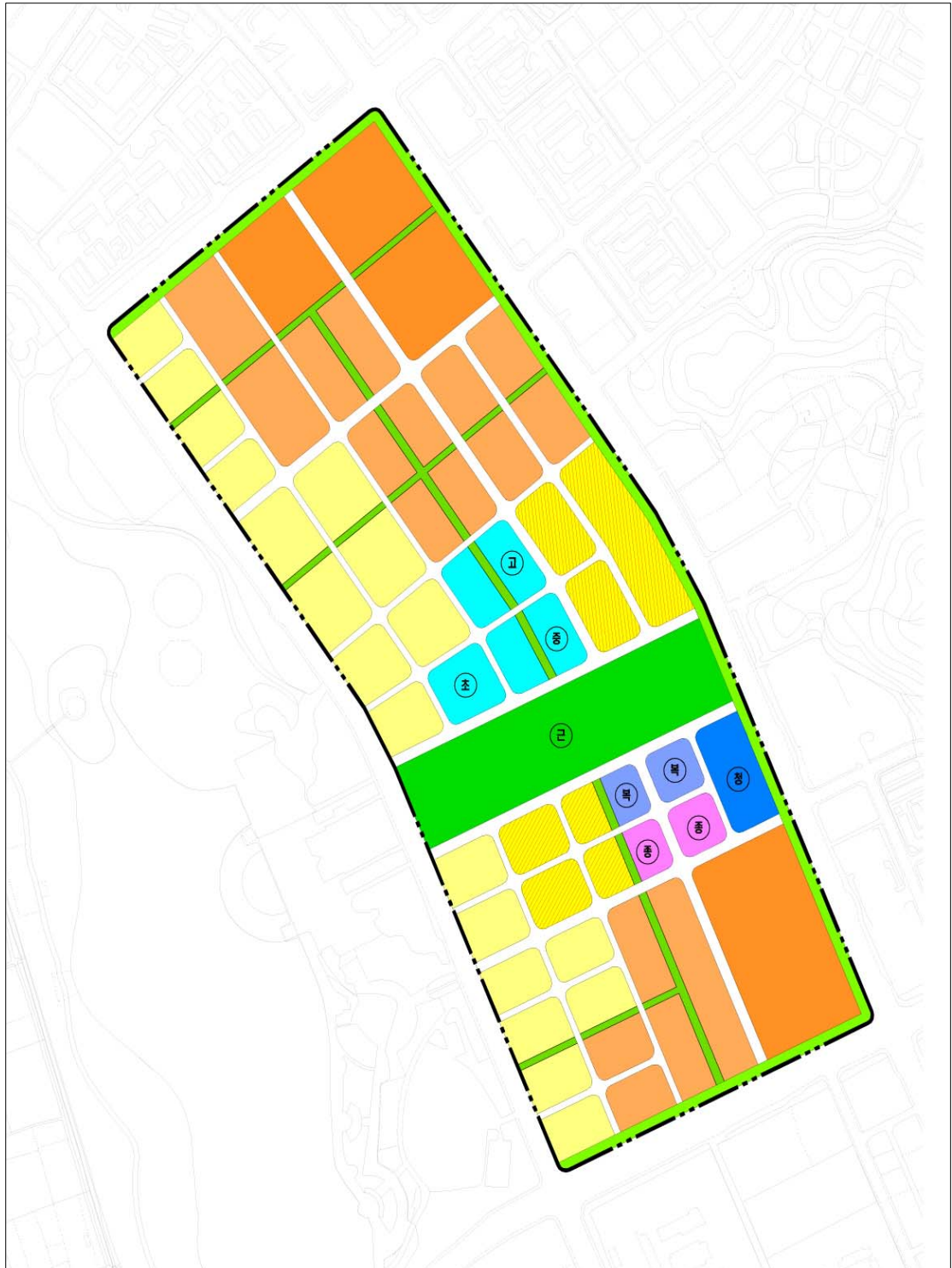
단독주택 및 중저밀도 공동주택 위주의 주택용지를 계획하였으며 그 구성은 단독주택(18.5%), 연립주택(21.2%), 중층아파트(8.7%)로 계획하였다. 단지 중앙을 가로지르는 중앙공원이 형성되어 있으며 단지 외곽은 도로에 면해서 완충녹지가 조성되고 각각 비율을 공원 및 녹지가 14.2%, 도로가 20.9%, 인구는 2140명으로 구성하였다.

가상 계획안의 토지이용계획 용도별 면적과 구성비는 평촌, 분당, 일산, 동탄, 파주 5개 신도시의 구성비를 기준으로 했으며, 대상지 면적 등을 고려해서 세부적인 가감을 통해 설정했다.

5개 신도시의 토지용도별 비율값을 평균하여 계산한 결과 주거지역 34%, 상업지역 4%, 업무지역 2%, 도로 20%, 공원 및 녹지 22%, 기타 18%의 구성비를 가지는 것으로 나타났다. 주거지역의 경우 신도시의 비율은 34%에 불과하나 가상의 대상지의 경우 주거 중심의 근린개발이라는 특성을 고려하여 주거지역의 구성비율을 높여 전체의 50%로 책정했다. 상업지역과 업무지역과 도로의 경우 신도시의 비율값을 근거로 토지이용계획을 작성하여 상업지역의 구성비는 4.8%, 업무지역의 경우 1.5%, 도로는 20.9%로 책정했다. 또한 가상 계획안의 공원 및 녹지 면적 비율은 14.2%로서 기존 신도시의 평균적인 비율 보다는 낮게 설정했으나, 친환경적인 환경을 조성하고 주변지역에 쾌적함을 주기에 충분한 면적이라고 판단된다.

[표 5-2] 5개 신도시 토지이용계획 용도별 면적 구성비와의 비교

	5개 신도시 면적 비율(%)					평균(%)	친환경 타운(%)
	평촌	분당	일산	동탄	파주		
주거지역	37.8	32.4	33.4	29.6	34.5	34	50
상업지역	3.6	4.7	2.8	4	4.4	4	4.8
업무지역	1.2	3.7	5			2	1.5
도로	24.1	19.7	20.9	16	15.4	20	20.9
공원 및 녹지	13	19.3	23.1	24.3	30.3	22	14.2
기타	10.5	15.7	10.5	26.1	15.4	18	8.6
총계	100	100	100	100	100	100	100



[그림 5-1] 비용·효과 분석을 위한 가상의 근린개발 계획(안): 토지이용계획



[그림 5-2] 비용·효과 분석을 위한 가상의 근린개발 계획(안): 건축물 배치계획

2. 에너지절약형 건축 및 신·재생 에너지 도입의 비용효과 분석

1) 건축물 부문 에너지 감축 목표 설정

주택, 학교 및 공공시설 거의 모든 부분에 패시브하우스 및 태양광·태양열 발전 시스템을 적극 채용하였다. 신재생에너지 중 지열냉난방, 바이오발전, 풍력, 스마트그리드 등은 친환경에너지단지를 특징짓고 태양열·광 위주의 기존 단지와 차별화할 수 있는 요소로서 에너지 저감률 및 CO₂ 저감량을 고려하여 도입을 검토하였다.

[표 5-3] 가상의 친환경 그린개발 계획(안) 요소 기술 도입 범위

항목		도입 범위						
부문	용도	패시브 하우스	신재생에너지					
			태양열	태양광	지열 냉난방	바이오 발전	풍력	스마트 그리드
전체부문		○	○	○	○	-	-	-
주거	단독주택	○	○	○	-	-	-	-
	연립주택	○	○	○	-	-	-	-
	공동주택	○	○	○	-	-	-	-
비주거	근린생활시설	○	-	○	○	-	-	-
	공공청사	○	○	○	○	-	-	-
	학교	○	○	○	○	-	-	-
	종교시설	○	-	○	○	-	-	-
	사회복지시설	○	○	○	○	-	-	-
	도로	-	-	○	-	-	-	-
	공원 및 녹지	-	-	○	-	-	-	-
	주차장	-	-	○	-	-	-	-

□ 패시브하우스 및 신재생에너지 도입 기준

패시브하우스 및 신재생에너지 도입은 단독주택의 경우 가구당 태양광 2~3kWh를 설치, 태양열 발전 기구는 최소 12m² 설치하였다. 패시브하우스를 도입을 위해 요구되는 주택의 난방에너지량은 15kWh/m²·a이하이며, 주택을 포함한 학교, 공공시설의 벽체 열관류율은 0.15W/m²·K 이하, 창호 열관류율은 0.8W/m²·K 이하이다.

[표 5-4] 가상의 친환경 그린개발 계획(안) 건축물 에너지 절감 목표

항목		도입 범위		
부문	용도	패시브 하우스	신재생에너지	
			태양광	태양열
주택부문	단독주택	난 방 에 너 지 요 구 량 15kWh/m ² a이하	2~3kWh/세대	12m ² /세대
	연립주택	난 방 에 너 지 요 구 량 15kWh/m ² a이하	0.4kWh/세대	-
	공동주택	난 방 에 너 지 요 구 량 15kWh/m ² a이하	0.2kWh/세대	-
공공시설 부문	학교	벽체 열관류율 0.15W/ m ² K 이하 창호 열관류율 0.8W/ m ² K 이하	연간전력사용량의 10%이 상을 공급할 수 있는 태 양전지판 설치	연간전력사용량의 10%이상 을 공급할 수 있는 태양열 집열판 설치
	공공청사	벽체 열관류율 0.15W/ m ² K 이하 창호 열관류율 0.8W/ m ² K 이하	연간전력사용량의 10%이 상을 공급할 수 있는 태 양전지판 설치	연간전력사용량의 10%이상 을 공급할 수 있는 태양열 집열판 설치
	공원	-	전력사용량의 100%태양 광 이용	-

2) 가상 계획안의 건축물 부문 기준 에너지 수요 및 온실가스 배출량

① 시범 대상지 총 에너지 수요

[표 5-5] 시범단지 에너지사용량 예측

구 분	연간 에너지사용량			
	난방 (MWh/년)	급탕 (MWh/년)	냉방 (MWh/년)	전력 (MWh/년)
단독주택	16,558	4,020	-	869
연립주택	15,566	5,242	-	1,912
아파트	13,952	5,075	-	6,584
근린생활시설	5,210	625	7,059	19,335
공공청사	1,091	241	1,951	2,656
학교	1,765	350	5,477	5,543
종교시설	1,141	57	1,119	1,084
사회복지시설	1,323	244	1,595	2,170
도로	-	-	-	560
공원·녹지	-	-	-	76
주차장	-	-	-	31
합계	56,606	15,854	17,201	40,820

친환경 근린개발 단지의 에너지수요는 난방 56.6GWh/yr, 급탕 15.8GWh/yr, 냉방 17.2GWh/yr, 전력 40.8GWh/yr으로 총 130.5GWh/yr로 예측되었으며, ISO 13790에 따라 취사에너지수요는 고려하지 않았다.

② 시범 대상지의 기준 이산화탄소 배출량

시범 대상지에 대해 친환경 도시설계 요소를 적용하지 않았을 경우를 기준으로 이산화탄소 배출량(건축부문)은 연간 총 35,240 이산화탄소톤으로 추정된다. 교통 부문 이산화탄소 배출량 등을 고려할 경우 실제 기준 배출량은 현재의 추정치보다 상향 조정될 필요가 있다.

[표 5-6] 시범 대상지의 기준 이산화탄소 배출량

구 분	이산화탄소 배출량				
	난방 (tonCO ₂ /년)	급탕 (tonCO ₂ /년)	냉방 (tonCO ₂ /년)	전력 (tonCO ₂ /년)	합계 (tonCO ₂ /년)
온실가스 배출량	11,321.2	3,170.8	3,440.2	17,307.7	35,239.9

이산화탄소톤(tCO₂) 배출량은 [에너지소비량 X 순발열량 X 탄소배출계수]로 계산하였다. 전기의 tCO₂는, 전력사용량(MWh)에 0.424tCO₂/MWh를 곱하여 산출하고 이산화탄소배출량 산정 시 난방, 급탕, 냉방의 경우 LNG를 적용하였다.

[표 5-7] 에너지원에 따른 이산화탄소 배출량

에너지원	ton CO ₂ /toe1)	ton CO ₂ /toe2)		
휘발유	2,871	2,656		
등유 (실내등유, 보일러등유)	2,977	실내등유	보일러등유	
		2,774	2,778	
경유	3,069	2,866		
중유 (B-A, B-B, B-C)	3,208	B-A	B-B	B-C
		3,019	3,025	3,030
LPG	2,614	2,405		
무연탄 (국내, 수입)	4,033	국내	수입	
		3,990	3,941	
유연탄 (연료용, 원료용)	3,883	연료용	원료용	
		3,726	3,744	
LNG	2,336	2,114		

비고 1) toe를 순발열량으로 계산한 경우

2) toe를 총발열량으로 이미 계산한 경우 사용하며, 1)의 값에 (순발열량/총발열량)의 비율을 곱한 값임

※ 출처: 에너지관리공단 www.kemco.or.kr

③ 시범 대상지의 기준 에너지 비용

친환경 근린개발 단지의 연간 에너지비용은 난방 35.0억 원, 급탕 9.8억 원, 냉방 11.4억 원, 전력 44.3억 원으로 총 100.5억 원으로 예측되었다.

[표 5-8] 시범단지 에너지비용 예측

구 분	연간 에너지비용			
	난방 (억원/년)	급탕 (억원/년)	냉방 (억원/년)	전력 (억원/년)
단독주택	10.2	2.5	-	1.3
연립주택	9.6	3.2	-	2.8
아파트	8.6	3.1	-	9.6
근린생활시설	3.2	0.4	4.7	19.9
공공청사	0.7	0.15	1.3	2.3
학교	1.1	0.2	3.6	4.7
종교시설	0.7	0.04	0.7	1.3
사회복지시설	0.8	0.2	1.1	1.8
도로	-	-	-	0.5
공원·녹지	-	-	-	0.07
주차장	-	-	-	0.03
합계	35.0	9.8	11.4	44.3

열에너지 비용 산출 근거는 공급량 산출 시 천연가스 고위발열량 10,500kcal/Nm³를 적용하여 난방, 급탕의 경우 2009.07.15 시행 한국도시가스의 주택용 난방 도시가스요금 722.18원을 적용하였으며 냉방의 경우 공동주택 열병합 하절기(6~9월) 요금인 664.27원을 적용하였다.

[표 5-9] 시범 대상지 전력 비용 산출 근거

구 분	연간 전력에너지 사용량 및 전력비용		
	전력 (MWh/년)	전력 비용 (억원/년)	비 고
단독주택	869.4	1.3	- 월 전력사용량 312kWh/세대 - 주택용 저압
연립주택	1911.9	2.8	- 월 전력사용량 345kWh/세대 - 주택용 저압
아파트	6583.8	9.6	- 월 전력사용량 281kWh/세대 - 주택용 저압
근린생활시 설	19335.3	19.9	- 계약전력2,280kW(전력부하0.13kVA/m ² 연면적, 수용률60%적용) - 월 전력사용량 727,875kWh - 역률 90% - 수전전압 : 일반용(갑), 고압 A, 선택 I
공공청사	2655.6	2.3	- 계약전력546kW(전력부하0.06kVA/m ² 연면적, 수용률40%적용) - 월 전력사용량 176,675kWh - 역률 90% - 수전전압 : 교육용, 고압 A, 선택 I
학교	5542.7	4.7	- 계약전력546kW(전력부하0.06kVA/m ² 연면적, 수용률40%적용) - 월 전력사용량 176,675kWh - 역률 90% - 수전전압 : 교육용, 고압 A, 선택 I
종교시설	1084.3	1.3	- 계약전력161kW(전력부하0.06kVA/m ² 연면적, 수용률40%적용) - 월 전력사용량 35,208kWh - 역률 90% - 수전전압 : 일반용(갑), 고압 A, 선택 I
사회복지시 설	2170.3	1.8	- 계약전력546kW(전력부하0.06kVA/m ² 연면적, 수용률40%적용) - 월 전력사용량 176,675kWh - 역률 90% - 수전전압 : 교육용, 고압 A, 선택 I
도로	559.6	0.5	- 계약전력68kW(전력부하1.25VA/m ² 연면적, 수용률100%적용) - 월 전력사용량 17,742kWh - 역률 90% - 수전전압 : 가로등(을)
공원·녹지	75.9	0.07	- 계약전력29kW(전력부하0.25VA/m ² 연면적, 수용률100%적용) - 월 전력사용량 7,717kWh - 역률 90% - 수전전압 : 가로등(을)
주차장	31.3	0.03	- 계약전력1.0kW(전력부하1.25VA/m ² 연면적, 수용률100%적용) - 월 전력사용량 242kWh - 역률 90% - 수전전압 : 가로등(을)
합계	40,820.1	44.2	

3) 패시브하우스 요소기술 도입의 비용과 효과

① 패시브하우스 요소기술 도입에 따른 건축비 증가분 산출

□ 시범 대상지의 용도별 건축비용⁴⁵⁾

[표 5-10] 공종별 평당 공사비 (단위: 원)

	공동주택 (연립주택)	단독주택	학교	공공청사	근린생활 시설	종교시설	공동주택 (아파트)
건축공사	3,013,661	3,667,644	2,349,219	2,259,845	1,807,129	2,344,196	2,158,705
설비공사	637,639	776,011	497,055	478,145	382,358	495,992	575,962
전기공사	535,245	651,396	417,236	401,362	320,957	416,344	350,295
통신소방	158,246	192,587	123,357	118,664	94,892	123,093	87,573
토목공사	202,462	246,398	157,824	151,820	121,406	157,487	87,413
조경공사	107,049	130,279	83,447	80,272	64,191	83,269	85,813
계	4,654,303	5,664,315	3,628,138	3,490,109	2,790,933	3,620,380	3,345,761

□ 패시브 하우스 요소기술 적용에 따른 추가 비용

패시브 하우스 적용하는 요소로서 고단열을 위한 단열재로 변경, 고기밀의 창호 시스템으로 변경과 폐열 회수기를 적용할 때 기존 건축비에 대하여 추가되는 비용은 단독주택은 12%내외, 공동주택(연립주택포함)은 7%내외, 기타 일반 건축물은 5%내외이다.⁴⁶⁾

단독주택의 경우 외피 및 지붕 면적이 넓어 건축비 추가비용이 가장 높게 나타나며, 공동주택의 경우 외피면적은 적으나 발코니 창호 면적이 넓어서 상대적으로 일반건축물 보다는 높게 나오며 단독주택 보다는 낮게 나타난다. 시범 대상지의 건축물 전체에 패시브 하우스 기술을 적용할 시, 전체 공사비 대비 516억 원 정도의 추가 비용이 발생하며 전체 건축 공사비 6,486억과 비교했을 때, 약 7.96% 정도가 증가할 것으로 예상된다.

45) 이는 현재 건설사에서 시공을 위해 준비하는 실행예산을 준비하는 과정에서 얻어지는 평균적인 견적 금액이다.

46) 단열재 및 삼중유리는 기존 건축물의 견적내역에서 대체하여 계산하며, 폐열회수기는 추가로 산입하여 계산한다.

[표 5-11] 패시브 하우스 적용시 용도별 추가 공사비 (단위: 원)

	공동주택 (연립주택)	단독주택	학교	공공청사	근린생활 시설	종교시설	공동주택 (아파트)
평당 공사비	4,654,303	5,664,315	3,628,138	3,490,109	2,790,933	3,620,380	3,345,761
m ² 당 공사비	1,407,920	1,713,448	1,097,507	1,055,753	844,253	1,095,160	1,012,088
m ² 당 추가 건축비	7%	12%	5%	5%	5%	5%	7%
	98,554	205,614	54,875	52,788	42,213	54,758	70,846
연면적	122,752	110,763	64,078	21,026	64,710	17,184	118,646
전체 건축비 (억원)	1,728	1,898	703	222	546	188	1201
추가 건축비 (억원)	120,978	227,744	35,163	11,099	27,316	9,410	84,056
합계	515,765(억원)						

② 에너지 소비 절감 효과 추정

패시브 하우스 요소기술의 도입 시 일반적으로 주택의 경우 난방 90%, 냉방 50%, 기타 건물의 경우 난방 90%, 냉방 30% 절감효과⁴⁷⁾가 있으므로, 일률적으로 이 값을 적용하여 에너지절감량을 예측하였다. 단, 실제 건물설계 시 요소기술의 도입방식에 따라 에너지절감량에 차이가 발생할 수 있으므로 에너지절감량에 대한 정량적 정산과정을 요구된다. 위와 같은 기준에 따른 시범 대상지의 에너지절감량은 총 56.1GWh/yr로 예측되었다.

47) 용도별 절감효과에 대한 비율은 국내외 전문가들이 제시하는 데이터 값으로서 추후 용도별 실험건축물의 활성화를 통한 누적 데이터를 활용하여 정확한 비율을 추정할 수 있을 것이다.

[표 5-12] 시범 대상지에 대한 패시브 하우스 요소 도입 후 에너지사용량 예측

구 분	연간 에너지사용량			
	난방 (MWh/년)	급탕 (MWh/년)	냉방 (MWh/년)	전력 (MWh/년)
단독주택	1,656	4,020	—	869
연립주택	1,557	5,242	—	1,912
아파트	1,395	5,075	—	6,584
근린생활시설	521	625	4,941	19,335
공공청사	109	241	1,366	2,656
학교	177	350	3,834	5,543
종교시설	114	57	783	1,084
사회복지시설	132	244	1,117	2,170
도로	—	—	—	560
공원·녹지	—	—	—	76
주차장	—	—	—	31
합계	5,661	15,854	12,041	40,820

[표 5-13] 패시브하우스 도입 전후의 시범 대상지 에너지 사용량 비교

구 분	연간 에너지사용량			
	난방 (MWh/년)	급탕 (MWh/년)	냉방 (MWh/년)	전력 (MWh/년)
도입전 합계	56,606	15,854	17,201	40,820
도입후 합계	5,661	15,854	12,041	40,820
절감 비율	90%	0%	30%	0%

③ 온실가스 배출 감축 효과 추정

패시브 하우스 요소기술 도입 후 시범 대상지의 이산화탄소 배출량은 24.018ton으로, 요소기술 도입 전에 비해 31% 저감될 것으로 추정되었다. 여기에 이산화탄소 가격 15 유로/tCO₂을 적용 시 이산화탄소 저감량 11,000ton은 2.8억 원/년 에 해당된다.⁴⁸⁾

48) 1 유로=1,700원 적용

[표 5-14] 패시브 요소기술 도입 전후 시범 대상지 이산화탄소 배출량 비교

구 분	이산화탄소 배출량				
	난방 (tonCO ₂ /년)	급탕 (tonCO ₂ /년)	냉방 (tonCO ₂ /년)	전력 (tonCO ₂ /년)	합계 (tonCO ₂ /년)
도입전 합계	11,321.2	3,170.8	3,440.2	17,307.7	35,239.9
도입후 합계	1,132.1	3,170.8	2,408.1	17,307.7	24,018.7
절감 비율	90%	0%	30%	0%	31.8%

④ 에너지 비용 절감 효과

패시브 하우스 요소기술 도입을 통한 친환경 근린개발 단지의 총에너지절감비용은 35억 원/년에 달한다. 에너지 사용 용도별로는 난방 3.5억 원, 급탕 9.8억 원, 냉방 8.0억 원, 전력 44.3억 원이고 총 금액은 65.6억 원으로, 패시브 하우스 기술 도입 이전에 비해 연간 에너지비용은 35% 절감 될 것으로 추정되었다.

[표 5-15] 패시브 하우스 도입 전후 에너지비용 예측

구 분	연간 에너지비용				
	난방 (억원/년)	급탕 (억원/년)	냉방 (억원/년)	전력 (억원/년)	합계 (억원/년)
도입전 합계	35.0	9.8	11.4	44.3	100.5
도입후 합계	3.5	9.8	8.0	44.3	65.6
절감 비율	90%	0%	30%	0%	34.7%

[표 5-16] 패시브 하우스 도입 후 친환경 근린개발 단지의 에너지비용 예측

구 분	연간 에너지비용				
	난방 (억원/년)	급탕 (억원/년)	냉방 (억원/년)	전력 (억원/년)	합계 (억원/년)
단독주택	1.02	2.5	—	1.3	4.8
연립주택	0.96	3.2	—	2.8	7.0
아파트	0.86	3.1	—	9.6	13.6
근린생활시설	0.32	0.4	3.29	19.9	23.9
공공청사	0.07	0.15	0.91	2.3	3.4
학교	0.11	0.2	2.52	4.7	7.5
종교시설	0.07	0.04	0.49	1.3	1.9
사회복지시설	0.08	0.2	0.77	1.8	2.9
도로	—	—	—	0.5	0.5
공원·녹지	—	—	—	0.07	0.07

구 분	연간 에너지비용				
	난방 (억원/년)	급탕 (억원/년)	냉방 (억원/년)	전력 (억원/년)	합계 (억원/년)
주차장	-	-	-	0.03	0.03
합계	3.5	9.8	8.0	44.3	65.6

4) 신재생 에너지 요소기술 도입의 비용과 효과

① 분석의 전제

현재 국내외 기술요소 및 신재생 에너지 사업의 전개 상황을 고려하면 친환경 근린개발 단지에는 태양광, 태양열, 지열, 바이오펠릿을 이용한 열병합발전시설의 도입이 가능할 것으로 판단된다. 비용 분석 시 정부 보조금은 고려하지 않았으며 참고로 현재 정부 보조금은 태양광 60%, 태양열 50%, 지열 50%이다. 태양광발전시스템의 설치비용은, 친환경 근린개발 단지처럼 1 MW 이상의 대규모 시설을 단일 설치사업자가 설치하는 경우 2010년 공급 가능한 비용을 기준으로 산정한 것이므로, 실제 설치비용과 다소 차이가 발생할 수 있다.

[표 5-17] 패시브 & 신·재생 요소기술 도입 후 에너지사용량 목표치

구 분	연간 에너지사용량				비고
	난방 (MWh/년)	급탕 (MWh/년)	냉방 (MWh/년)	전력 (MWh/년)	
단독주택	0	0	-	0	100%절감
연립주택	1,401	4,718	-	1,721	10%절감
아파트	1,256	4,568	-	5,926	10%절감
근린생활시설	469	563	4,447	17,402	10%절감
공공청사	87	193	1,093	2,125	20%절감
학교	142	280	3,067	4,434	20%절감
종교시설	103	51	705	976	10%절감
사회복지시설	106	195	894	1,736	20%절감
도로	-	-	-	0	100%절감
공원·녹지	-	-	-	0	100%절감
주차장	-	-	-	0	100%절감
합계	3,563	10,567	10,205	34,319	

② 신재생 에너지 기술 도입 비용

단독주택, 도로, 공원녹지 및 주차장의 경우 패시브 & 신재생 요소기술 도입 후 절

감목표를 100%, 연립주택, 공동주택, 근린생활시설 및 종교시설은 10%, 그리고 공공청사, 학교 및 사회복지시설은 20%를 목표치로 설정하여 신재생에너지 설치비용을 산정하면 시범 대상지 전체로는 약 321.3억 원의 초기 투자비용이 발생할 것으로 추정되었다.⁴⁹⁾

[표 5-18] 신재생에너지설비 설치비용 예측

구 분	열 에너지		열 또는 전기	전기 에너지	비 고
	난방 (억원)	급탕 (억원)	냉방 (억원)	전력 (억원)	
단독주택	22.1	53.6	—	25.7	<ul style="list-style-type: none"> - 난방, 급탕은 태양열에너지로 공급 - 냉방, 전력은 태양광에너지로 공급 - 태양광1.35MWh/kWp, 태양열0.75MWh/m² - 태양광400만원/kWp, 태양열100만원/m²
연립주택	2.1	7.0	—	5.7	<ul style="list-style-type: none"> - 난방, 급탕은 태양열에너지로 공급 - 냉방, 전력은 태양광에너지로 공급 - 태양광1.35MWh/kWp, 태양열0.75MWh/m² - 태양광400만원/kWp, 태양열100만원/m²
아파트	1.9	6.8	—	19.5	<ul style="list-style-type: none"> - 난방, 급탕은 태양열에너지로 공급 - 냉방, 전력은 태양광에너지로 공급 - 태양광1.35MWh/kWp, 태양열0.75MWh/m² - 태양광400만원/kWp, 태양열100만원/m²
근린생활 시설	0.4	0.4	8.5	57.3	<ul style="list-style-type: none"> - 난방, 냉방, 급탕은 우선 지열에너지로 공급하고, 부족한 부분은 태양광에너지로 공급 - 지열 0.58MWh/kW(냉방), 1.47MWh/kW(난방), 태양광 1.35MWh/kWp - 태양광 400만원/kWp, 지열 100만원/kW
공공청사	0.1	0.6	4.7	15.7	<ul style="list-style-type: none"> - 난방, 냉방, 급탕은 우선 지열에너지로 공급하고, 부족한 부분은 태양광에너지로 공급 - 지열 0.58MWh/kW(냉방), 1.47MWh/kW(난방), 태양광 1.35MWh/kWp - 태양열 0.75MWh/m² - 태양광 400만원/kWp, 지열 100만원/kW
학교	0.2	0.9	13.2	32.8	<ul style="list-style-type: none"> - 난방, 냉방, 급탕은 우선 지열에너지로 공급하고, 부족한 부분은 태양광에너지로 공급 - 지열 0.58MWh/kW(냉방), 1.47MWh/kW(난방), 태양광 1.35MWh/kWp - 태양열 0.75MWh/m² - 태양광 400만원/kWp, 지열 100만원/kW
종교시설	0.08	0.04	1.4	3.2	<ul style="list-style-type: none"> - 난방, 냉방, 급탕은 우선 지열에너지로 공급하고,

49) 에너지 절감 목표치를 100%, 10% 및 20%로 나눈 것은 용도별 에너지 사용량의 편차에 따라 적절한 비용 산정을 위해 가정한 것임

구 분	열 에너지		열 또는 전기	전기 에너지	비 고
	난방 (억원)	급탕 (억원)	냉방 (억원)	전력 (억원)	
					부족한 부분은 태양광에너지로 공급 - 지열 0.58MWh/kW(냉방), 1.47MWh/kW(난방), 태양광 1.35MWh/kWp - 태양광400만원/kWp, 지열100만원/m ²
사회복지 시설	0.2	0.7	3.9	12.9	- 난방, 냉방, 급탕은 우선 지열에너지로 공급하고, 부족한 부분은 태양광에너지로 공급 - 지열 0.58MWh/kW(냉방), 1.47MWh/kW(난방), 태양광 1.35MWh/kWp - 태양열 0.75MWh/m ² - 태양광 400만원/kWp, 지열 100만원/kW
도로	-	-	-	16.6	- 태양광 1.35MWh/kWp - 태양광 400만원/kWp
공원·녹지	-	-	-	2.3	- 태양광 1.35MWh/kWp - 태양광 400만원/kWp
주차장	-	-	-	0.9	- 태양광 1.35MWh/kWp - 태양광 400만원/kWp
합계	27.0	70.0	31.7	192.6	321.3

③ 이산화탄소 감축 효과 추정

패시브 하우스와 신재생에너지 기술을 모두 적용할 경우 시범 대상지 전체의 연간 온실가스 감축량은 15,821tCO₂이 될 것으로 예상되었으며, 이는 이산화탄소 가격 15 Euro/tCO₂를 적용하고, 1유로의 가치를 1700원으로 가정할 시, 4억 원/년에 해당한다.

[표 5-19] 신재생에너지 적용 후 이산화탄소 배출량

이산화탄소 배출량				
난방 (tonCO ₂ /년)	급탕 (tonCO ₂ /년)	냉방 (tonCO ₂ /년)	전력 (tonCO ₂ /년)	합계 (tonCO ₂ /년)
712.6	2,113.4	2,041.0	14,551.3	19,418.3

5) 초기 투자비용 회수 기간 분석

시범 대상지의 신재생에너지설비 투자비용의 회수기간은 단독주택의 경우 8.9년으로 가장 짧고, 도로의 경우 19.9년으로 가장 길게 나타났는데, 이러한 차이는 건물용도에 따른 에너지 단가의 차이로 인해 발생하는 것으로 판단된다.

[표 5-20] 피분양자 신재생에너지설비 투자비용 및 회수기간 분석

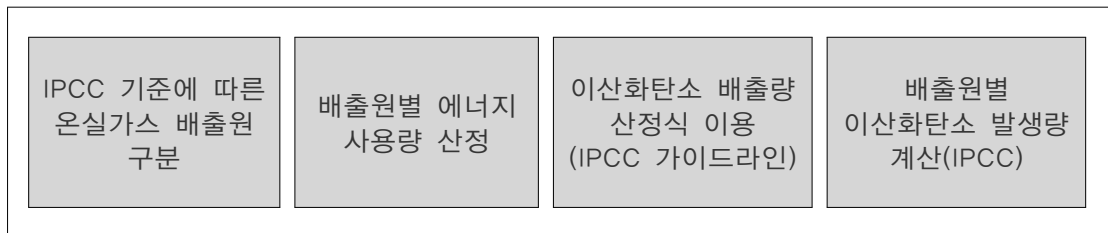
구 분	열에너지		열 또는 전기	전기 에너지	신재생 에너지 투자비용 (억원)	투자비 회수기간 (년)	비고
	난방 (억원)	급탕 (억원)	냉방 (억원)	전력 (억원)			
단독주택	22.1	53.6	—	25.7	48.1	10.0	정부보조금: 태양광 60%, 태양열 50% 1116만원/세대 초기투자비용발생
연립주택	2.1	7	—	5.7	6.8	9.8	정부보조금: 태양광 60%, 태양열 50% 143만원/세대 초기투자비용발생
아파트	1.9	6.8	—	19.5	12.2	8.9	정부보조금: 태양광 60%, 태양열 50% 63만원/세대 초기 투자비용발생
근린생활 시설	0.4	0.4	8.5	57.3	27.6	11.5	정부보조금: 태양광60%, 지열50%
공공청사	0.1	0.6	4.7	15.7	9.0	13.2	정부보조금: 태양광60%, 태양열50%,지열50%
학교	0.2	0.9	13.2	32.8	20.3	13.5	정부보조금: 태양광60%, 태양열50%,지열50%
종교시설	0.08	0.04	1.4	3.2	2.0	10.7	정부보조금: 태양광60%, 지열50%
사회복지 시설	0.2	0.7	3.9	12.9	7.6	13.0	정부보조금: 태양광60%, 태양열50%,지열50%
도로	—	—	—	16.6	10.0	19.9	정부보조금: 태양광 60%
공원·녹지	—	—	—	2.3	1.4	19.7	정부보조금: 태양광 60%
주차장	—	—	—	0.9	0.5	18.0	정부보조금: 태양광 60%
합계	27	70	31.7	192.6	145.4		

3. 녹색교통체계 및 생태녹지계획 도입의 비용효과 분석

1) 개요

앞 절에서 가상의 대상지에 대한 에너지절약형 건축 기법 및 신·재생 에너지 시스템 도입을 통해 일정한 수준의 에너지 절감 및 탄소발생 저감 효과를 거둘 수 있음을 확인했다. 이 절에서는 추가적으로 녹색교통 및 생태녹지계획 도입의 비용 및 온실가스 감축 효과를 추가적으로 분석하고자 한다.

온실가스 감축량 산정은 경기개발 연구원(2007)의 시군단위 온실가스 배출량 산정 방법을 기초로 했다. 경기개발연구원(2007)의 이산화탄소 배출량 산정은 <표 50>에서 보는 바와 같이 크게 3단계로 요약할 수 있다. 1단계로는 IPCC 배출원 분류와 국내 자료구득 등을 고려하여 이산화탄소 배출원을 구분한다. 2단계로는 각종 통계자료로부터 배출원별 에너지 사용량을 산정한다. 3단계로는, 산정된 에너지 사용량을 IPCC 가이드라인에서 제시하고 있는 이산화탄소 배출량 산정식에 적용하여 각 배출원별 이산화탄소 배출량을 계산한다.



[그림 5-3] 온실가스 배출량 분석 방법(출처: 경기개발연구원, 2007)

2) 수송 및 토지이용 부문의 온실가스 발생량 분석 방법

가상 대상지의 수송부문, 폐기물 부문, 흡수부문의 온실가스 발생량을 추가로 분석하기 위해서 경기도 지역의 온실가스 배출량을 기준으로 분석을 실시했다. 각 부문별로 세부적인 분석 방법은 다음과 같다.

수송부문에서 발생하는 이산화탄소 배출량은 CORINAIR(1999)와 김운수(2006)에서 제시한 차종별 차속을 이용하여 산정했다. 차종별 연료별 CO₂ 산출량은 아래의 표에 제시된 차종별 차속에 따른 연료 소비식을 이용해 단위 거리당 연료 소비량과 우리나라 대

도시 평균주행속도를 이용하여 산정했다. 여기서 우리나라 대도시 평균주행속도는 김운수 (2006)가 제시한 20km/h를 적용했다.

[표 5-21] 차종별 연료소비 (출처: CORINAIR, 1999)

차종		단위 거리당 연료소비식	
승용차	휘발유	$0.01090 \times v^2 - 1.5100 \times V + 93.672$	
	LPG	45	
택시		45	
승합차	소형	휘발유	$0.01870 \times v^2 - 2.6974 \times V + 156.77$
		경유	$0.00790 \times v^2 - 1.3123 \times V + 83.660$
		LPG	45
	중형		$1425.2 \times v^{(-0.7593)}$
	대형		$1919.0 \times v^{(-0.5596)}$
버스		$1919.0 \times v^{(-0.5596)}$	
소형트럭		$0.00790 \times v^2 - 1.3123 \times V + 83.660$	
중형트럭		$1068.4 \times v^{(-0.4905)}$	
대형트럭		$1595.1 \times v^{(-0.4744)}$	

경기도 지역 수송부문의 차량 1대당 이산화탄소 배출량은 아래 표와 같이 나타난다. 차량 1대당 이산화탄소 배출량이 가장 큰 차종은 버스로 버스 1대당 64.917tCO₂의 이산화탄소가 배출된다. 택시는 1대당 33.080tCO₂, 화물차는 1대당 8.959tCO₂의 이산화탄소가 배출되는 것으로 나타난다.

[표 5-22] 경기도 지역 수송부문의 차량 1대당 이산화탄소 배출량 (출처: 경기통계연보, 2007)

구분	이산화탄소 배출량(tCO ₂ /년)	차량수(대)	원단위 (tCO ₂ /대)
승용차	10,270,423	2,404,909	4.271
택시	1,495,075	45,196	33.080
승합차	1,249,519	264,881	4.717
버스	1,362,160	20,983	64.917
화물차	5,77,049	622,505	8.959

생태녹지 계획에 의한 온실가스 흡수 효과는 산림청 및 경기도에서 제시하고 있는 원단위를 활용했다. 산림청(2005)에서 제시하고 있는 우리나라 평균 나무연령인 35년 기준의 임상별 탄소흡수계수는 아래 표와 같으며, 대체로 상수리나무와 신갈나무와 같은 활

엽수의 탄소흡수량이 높게 나타난다.

[표 5-23] 나무연령 35세를 기준으로 한 임상별 탄소배출계수 (출처: 산림청, 2005)

임상	강원도지 방소나무	중부지방 소나무	잣나무	낙엽송	리기다 소나무	편백	상수리 나무	신갈나무
탄소배출계수	1.51	2.27	2.68	2.92	2.53	1.96	3.3	3.51

한편, 경기도 지역의 산림으로부터 흡수되는 산림 1ha당 이산화탄소 흡수량은 아래 표와 같으며, 평균적으로 산림 1ha가 흡수하는 이산화탄소는 연간 8.272tCO₂로 나타난다.

[표 5-24] 경기도 지역 산림 1ha당 온실가스 흡수량(출처: 경기통계연보, 2007)

구분	이산화탄소 환산톤 (천tCO ₂)	산림면적 (ha)	원단위 (tCO ₂ /ha)
흡수부문	4,646,713	561,732	8,272

3) 녹색교통 및 생태녹지 계획에 따른 온실가스 감축 효과 추정

① 수송부문의 온실가스 감축 효과

가상 계획안의 수송 부문에서는 승용차 사용 억제, 대중교통수단 및 자전거 이용 확대 등의 정책을 시행함에 따라 기존 개발 방식의 경우 보다 온실가스 배출이 저감될 것으로 추정된다.

정확한 온실가스 감축량을 추정하기 위해서는 우선 계획 대상지 내 차량 대수에 대한 추정이 필요하다. 본 연구에서는 경기도의 세대당 차종별 차량대수와 가상 계획안의 계획세대수를 이용하여 차종별 차량 대수를 계산했으며, 그 결과는 아래 표와 같다. 차종별 승용차가 758대로 가장 많았으며, 다음으로 화물차가 196대로 추정되었다.

[표 5-25] 가상 계획안의 차량 대수 추정

차종	계획세대수	경기도 세대당 차량대수	예상 차량대수
승용차	856	0.885	758
택시		0.017	15
승합차		0.098	84
버스		0.008	7
화물차		0.229	196
합계			1,059

위 표에 제시된 차종별 차량 대수와 앞에서 제시한 차종별 탄소배출 원단위를 이용하면 가상의 근린개발에 의한 수송부문 이산화탄소 배출량을 계산할 수 있다.

추정 결과 수송부문의 이산화탄소 배출량은 연간 약 5,886이산화탄소톤 환산톤에 달한다. 차종별은 승용차에서 배출되는 이산화탄소량이 3,237tCO₂로 가장 큰 비중을 차지하며, 다음으로 화물차 1,756tCO₂, 택시가 496tCO₂의 순으로 추정되었다. 단, 버스는 탄소배출이 없는 친환경 버스(크린버스) 도입을 가정하여 온실가스 배출이 없을 것으로 예측했다.

[표 5-26] 가상 계획안의 수송부문 온실가스 배출량 예측

차종	차량대수	이산화탄소 배출원단위(tCO ₂ /대)	이산화탄소 배출량(tCO ₂)
승용차	758	4.3	3,237
택시	15	33.1	496
승합차	84	4.7	396
버스	7	0.0	—
화물차	196	9.0	1,756
합계	1,059		5,886

자전거 도로 설치 등에 따른 수송부문 탄소배출 저감량은 수단분담율의 변화를 가정하여 추정할 수 있다. 분석 결과, 일반도로 대비 자전거도로 비율이 약 38% 수준일 때 자전거의 수단 분담률이 10% 수준에 도달한다고 가정하면, 수송 부문에서 연간 약 483이산화탄소톤에 해당하는 온실가스 감축 효과를 예상할 수 있다. 자전거 도로 비율을 약 64% 수준으로 높이고, 그에 따른 자전거의 수송 분담률이 20% 수준이라고 가정하면 연간 약 970이산화탄소톤에 상당하는 온실가스 감축 효과가 있을 것으로 추정된다.

그러나 수송 부문의 계획 요소 도입 효과는 실제 수송 부담률의 변화에 대한 보다 엄밀한 통계적 분석을 필요로 하기 때문에, 위와 같은 분석 결과는 잠정적인 것임을 주지할 필요가 있다.

[표 5-27] 자전거 부담률에 따른 수송부문 이산화탄소 배출량의 변화 분석

구분	자전거 수단 부담률			비고
	기본	10%	20%	
자전거도로/일반도로 비율(%)		37.53	63.98	
자전거 도로 연장(km)		5.3km	9.1km	대상지 전체 도로 연장 약14.2km
승용차 통행변화율		-15%	-30%	
승용차 대수(대)	758	645	531	
승용차 이산화탄소 배출량(tCO ₂)	3,237	2,755	2,268	
다른 교통수단의 이산화탄소 배출량	3,103			
총 이산화탄소 배출량(tCO ₂)	6,340	5,858	5,371	
저감된 이산화탄소 양(tCO ₂)	0	483	970	

② 흡수부문의 온실가스 감축 효과

가상 계획안의 생태녹지 계획에 따른 온실가스 흡수 효과는 나무가 심어진 공원 및 녹지 면적의 증가와 건물녹화로 인해 증가된 녹지면적에 따른 온실가스 흡수량을 합산하여 추정할 수 있다. 우선 공원 및 녹지 면적 증가는 녹지 면적에 온실가스 흡수 원단위를 적용하여 산정할 수 있다. 추정 결과 가상 계획안의 연간 온실가스 흡수량은 79.7tCO₂ 정도로 추정되었다.

[표 5-28] 공원 및 녹지 면적 증가에 따른 온실가스 흡수 효과 추정 결과

구분	면적(ha)	이산화탄소흡수원단위 (tCO ₂ /ha)	이산화탄소 흡수량(tCO ₂ /yr)
공원	6	8,272	49.8
가로변 녹지	3.6	8,272	29.9
합계	9.6	8,272	79.7

건물녹화의 경우, 단독주택의 옥상녹화에 따른 녹지면적 증가를 전제로 분석을 실시했다. 여기서 단독주택의 건폐율은 50%로 설정했으며, 전체 단독주택 중 옥상녹화를 실시

한 단독주택 비율을 10%로 간주했다. 이는 옥상녹화와 태양광 발전시설이 함께 설치되기 어렵기 때문에, 옥상녹화 비율이 현실적으로 높아지기 어려움을 고려한 것이다.

이러한 조건에서 건축물 녹화를 통한 온실가스 흡수 효과를 추정한 결과, 대상지 전체로 연간 5.7이산화탄소톤의 추가적인 온실가스 감축이 가능한 것으로 나타났다.

[표 5-29] 가상 계획안의 옥상녹화에 따른 온실가스 감축 효과 추정 결과

구분	단독주택 옥상녹화 비율
	10%
단독주택용지(m ²)	138,454
건폐율 50%적용(m ²)	69,227
옥상녹화 면적(ha)	0.69
이산화탄소 흡수원단위	8,272
옥상녹화에 따른 이산화탄소 흡수량(tCO ₂ / yr)	5.7

4) 녹색교통 체계 도입 및 생태녹지 확충 비용 추정

앞에서는 가상 계획안의 수송 및 녹지 부문의 온실가스 감축 효과를 추정했다. 다음에서는 이러한 온실가스 감축 효과를 거두기 위한 비용 부분을 추정해보도록 하겠다.

① 수송부문의 온실가스 감축 비용

수송부문 온실가스 감축을 위한 조성비용은 자전거 도로 조성에 따른 비용을 중심으로 추정했다. 자전거도로의 경우 1m² 당 조성비용을 약 55,000원으로 가정했다. 자전거 수단 분담률에 따른 자전거 도로 조성비용은 분담률이 10%일 때, 자전거 도로 연장이 5.3km 이므로, 조성비용은 약 5.8억 원으로 추정된다. 분담률이 20%일 때에는 자전거 도로 연장이 약 9.1km이며, 조성비용은 10.0억 원으로 추정된다. 이를 탄소 1kg 당 투입비용으로 환산하면 약 1,030원 정도 수준으로 추정된다.

[표 5-30] 자전거 도로 설치에 따른 온실가스 감축 비용

구분	자전거 수단 부담률		비고
	10%	20%	
자전거 연장(km)	5.3km	9.1km	친환경 타운 일반도로 길이 약14.2km
자전거 도로 면적(m ²)	10,600m ²	18,200m ²	폭 원 2m로 조성
조성비용(억원)	5.8억원	10.0억원	1m ² 당 55,000원
저감된 이산화탄소 양(tCO ₂)	483tCO ₂	970tCO ₂	
탄소 1kg 저감시 조성비용(원/kg)	1,200원/kg	1,030원/kg	

② 흡수부문의 온실가스 감축 비용

가상 계획안의 흡수부문 탄소저감을 위한 조성비용은 공원 및 녹지를 위한 비용 그리고 옥상녹화를 위한 비용으로 나눌 수 있다. 우선 공원 및 녹지 조성비용의 경우, 공원 조성비용과 가로변 녹지 조성비용으로 나누어 볼 수 있다. 이 때, 공원의 조성비용은 1m² 당 약 72,000원⁵⁰⁾, 가로변 녹화를 통한 녹지 조성비용은 1m² 당 약 61,000원⁵¹⁾으로 가정했다.

[표 5-31] 공원녹지 조성에 따른 투입비용 추정 결과

구분	면적(ha)	조성단가 (원/m ²)	조성비용 (억원)	이산화탄소 흡수량 (tCO ₂ /yr)	탄소 1kg당 조성비용(원/kg)
공원	6	72,000원/m ²	43.2	49.8	87,000원/kg
가로변 녹지	3.6	61,000원/m ²	21.9	29.9	73,000원/kg
합계	9.6	-	65.1	79.7	81,700원/kg

흡수부문의 온실가스 감축 비용 추정 결과, 공원의 경우 증가된 면적이 6ha일때 조성비용은 43.2억 원이었으며, 이때 온실가스 감축 효과는 연간 49.8tCO₂으로 추정된다. 가로변 녹지의 경우 증가된 면적이 3.6ha일때 조성비용은 21.9억 원이었으며, 이때 온실가스 감축 효과는 연간 29.9tCO₂으로 추정된다. 위 결과를 종합하면, 공원 및 녹지 조성을 통한 온실가스 감축을 위해서는 이산화탄소 1kg 감축 시 약 81,700원이 소요됨을 알 수 있었다.

한편, 건물 옥상녹화의 경우 녹화재료에 따라 비용의 차이가 크지만 여기서는 일반

50) '07 기반시설 표준시설비용 고시 등(건설교통부 보도자료)

51) '07 기반시설 표준시설비용 고시 등(건설교통부 보도자료)

적으로 많이 사용하는 재료인 세덤녹화와 롤잔디 그리고 야생롤메트를 적용하여 옥상 녹화비용을 산출했다.

[표 5-32] 옥상녹화 재료에 따른 조성비용

옥상녹화 재료	조성비용(㎡당)
세덤블럭	약 90,900원/㎡
세덤녹화	약 21,200원/㎡
롤잔디	약 21,200원/㎡
야생롤메트	약 21,200원/㎡
한국잔디	약 10,600원/㎡

옥상녹화의 경우 조성 면적이 0.69ha일 때 약 1.5억 원이 소요되며, 이 때 온실가스 감축량은 연간 약 5.7tCO₂으로 나타난다. 또한, 이산화탄소 1kg 감축 비용으로 환산하면 약 25,000원/kg 수준인 것으로 분석되었다.

[표 5-33] 옥상녹화에 따른 비용과 효과 분석 결과

구분	면적(ha)	1㎡ 조성단가 (원/㎡)	조성비용 (억원)	이산화탄소 흡수량 (tCO ₂)	탄소 1kg당 조성비용 (원/kg)
옥상녹화	0.69	21,200원/㎡	1.5	5.7	25,000원/kg
합계	0.69	—	1.5	5.7	—

4. 소결

이 장에서는 인구수 2140명, 세대수로는 856세대에 해당하는 가상의 근린 개발 단위를 설정하여, 온실가스 감축을 위한 도시설계 요소 도입에 따른 비용 및 효과를 추정했다. 온실가스 및 에너지 측면의 설계 지표로는, 단독주택, 도로, 공원녹지 및 주차장의 경우 패시브 하우스 및 신·재생 요소기술 도입 후 절감목표를 100%, 연립주택, 공동주택, 근린생활시설 및 종교시설은 10%, 그리고 공공청사, 학교 및 사회복지시설은 20%를 에너지 이용 절감 목표치로 설정했다. 수송부문에서는 자전거도로 설치에 따라 자동차 통행의 약 20%를 전환하는 것을 목표로 했으며, 생태녹지 계획에 있어서는 계획안 내에서 실현 가능한 최대 수준의 녹지 공급을 통해 온실가스를 감축하고자 할 때의 비용과 효과를 추정했다.

시범 대상지의 경우, 친환경 설계 요소 도입 이전의 건축공사비용은 약 6,486억 원으로 추정되며, 연간 온실가스 배출량은 총 41,126 이산화탄소톤이 될 것으로 추정되었다. 건축물 부문의 기준 온실가스 배출량은 35,240 이산화탄소톤이며, 수송 부문은 약 5,886 이산화탄소톤이 될 것으로 추정되었다.

이를 기준으로, 건축물 부문에 고단열·고기밀 시공 등을 적용할 경우, 초기 투자비용은 약 516억 원의 증가가 있을 것으로 추정되며, 신·재생 에너지와 관련된 설계 요소가 추가로 도입될 경우 대상지 전체로 321.3억 원의 추가적인 비용 증가가 발생하게 된다. 이러한 초기 투자비용의 증가로 인한 온실가스 감축 효과는 연간 총 15,821 이산화탄소톤에 달한다.

[표 5-34] 수송 부문 및 생태녹지 부문 온실가스 감축의 비용과 효과 종합

구분		면적(ha)	조성단가(원/㎡)	조성비용 (억원)	온실가스 감축효과 (tCO ₂ /yr)	이산화탄소 1kg당 감축비용 (원/kg)
수송 부문	자전거 도로	1.82	55,000원	10.0	970	1,030원/kg
	공원	6	72,000원	43.2	49.8	87,000원/kg
흡수 부문	경관변 녹지	3.6	61,000원	21.9	29.9	73,000원/kg
	옥상 녹화	0.69	21,200원	1.5	5.7	25,000원/kg
합계		12.1	-	76.6	1055.4	-

한편, 수송부문과 생태녹지 부문에 대한 친환경 설계 요소 도입의 비용과 효과를 분석한 결과, 온실가스 감축량은 연간 약 1055.4tCO₂이었으며, 이를 위해 76.6억 원의 초기 투자비용이 발생할 것으로 추정되었다.

이러한 분석 결과를 종합하면, 에너지 절약형 건축, 신·재생 에너지, 생태 녹지 확충, 녹색 교통 체계 도입에 따른 초기 투자비용의 순수 증가분은 세대당 약 1.07억 원 정도로 예상되며, 이에 따른 온실가스 감축 효과는 친환경 설계 요소 도입 이전과 비교했을 때, 약 41% 정도의 온실가스 감축을 달성할 수 있을 것으로 예상된다.

제6장 친환경 근린개발의 실현을 위한 정책지원 방안

1. 개관
2. 국내외 정책 지원 사례 검토
3. 소결

1. 개관

저탄소 계획기법은 신재생에너지 시스템과 에너지 절약 시스템, 대중교통시스템의 개선, 생태환경시스템 등 다양한 계획기술과 기법을 적용하기 때문에 초기투자비용의 증가와 오랜 투자회수기간이 필요하므로 온실가스 저감을 위한 도시·건축물을 조성하기 위해서는 일반적으로 기존과 비교하여 많은 초기투자 비용을 동반한다. 따라서 친환경 근린개발을 성공적으로 추진하기 위해서는 전략적인 목표 설정과 다양하면서도 적절한 인센티브의 제공, 그리고 정부의 적극적인 지원정책이 필요하다.

현재 정부는 저탄소, 친환경, 자원절약 등 녹색성장 전략에 고용창출정책을 융합하여 정책을 추진하고 있다. 또한 전지구적으로 각 나라는 나라마다 자국의 실정에 적합한 방안을 선정하여 추진하고 있다. 본 연구에서는 국내외에서 추진되고 있는 정책지원방안들을 심층적으로 검토하여 친환경 근린개발을 활성화하기 위한 정책지원방안들을 살펴보고자 하며, 국내에서 적용 가능한 방안에 대한 구체적인 제안은 국내여건 및 기술수준에 대한 검토가 선행되어야 하기에 후속연구를 기대하도록 한다.

국내외 사례검토 결과 정책지원은 크게 친환경 기준마련, 인센티브 부여, 각종인증제도, 관련 기술개발 지원 등에 걸쳐 다양하게 나타나고 각 지역의 특성에 따라 구체화되며, 대개의 경우 복합적으로 사용되어진다.

2. 국내외 정책 지원 사례 검토

1) 친환경 기준 마련

□ 국내 현황

국토해양부는 기후변화에 따른 자원·환경위기를 극복하고, 저탄소 녹색도시 조성을 위한 제도적 기반을 마련하기 위해 광역도시계획, 도시기본계획, 도시관리계획 수립시에 고려해야 할 도시계획적 요소를 정리한 「저탄소 녹색도시 조성을 위한 도시계획수립지침」을 7월 15일자로 제정·시행하고 있다. 지침제정안은 크게 온실가스 배출현황 조사 및 장래 예측, 온실가스 감축계획 기간 및 감축 목표량 제시, 온실가스 저감을 위한 도시계획 기법 활용 등의 내용을 담고 있다.

온실가스 배출현황 조사 및 장래예측을 위해 자치단체는 지역 여건을 고려하여 과거 5년 이상의 온실가스 배출현황 자료를 조사하여 온실가스 장래 예측 및 저감 목표설정의 기초자료로 활용하며, 자료조사는 에너지 부문을 기본으로 하고 지역별 여건 등을 고려하여 IPCC(기후변화에 관한 정부 간 패널)의 교통의정서에서 제시된 기초조사 부문(산업공정, 농업, 폐기물, 에너지 등)을 감안할 수 있도록 하고 있다. 더불어 온실가스 감축계획 기간 및 감축 목표량 제시를 위해 자치단체는 온실가스 장래 예측을 바탕으로 기준년도 대비 목표년도 온실가스 배출저감 목표량을 제시하도록 하며, 다만, 지역별로 온실가스 배출현황 및 장래 예측이 곤란한 지역은 정성적인 지표를 제시할 수도 있도록 한다.

온실가스 저감을 위한 도시계획 기법 활용을 위해 자치단체는 온실가스 배출과 연계한 기존 공간구조의 문제점을 종합적으로 분석하고, 온실가스 배출을 저감할 수 있는 도시 공간구조의 개편방향을 제시하도록 하고 있다. 기존 생활권 단위에 치중한 공간구조 계획에서 벗어나, 생활·편익시설과 교통계획이 연계되어 보행자, 녹색·대중교통 중심으로 에너지에 대한 효율적 공간구조를 수립하고, 에너지 위기에 적극 대처하기 위해 태양력·풍력 등 신재생에너지 시설을 확대 보급하고, 빗물처리에 대한 대응계획 등 기반시설 계획도 제시토록 한다.

지침의 제정은 신재생에너지 확대 보급 등 온실가스 저감을 위한 각종 정책들을 도시 공간구조에 반영할 수 있는 기반을 조성하였다는 데 큰 의의가 있으며, 2013년 이후 우리나라가 온실가스 의무감축국으로의 편입될 경우를 감안할 경우, 이에 적극적으로 대

응할 수 있는 도시 계획적 실천수단을 확보하는 계기를 마련한 것이다. 또한, 자치단체별로 온실가스 감축 목표량을 제시할 수 있어, 자치단체로 하여금 ‘저탄소 녹색도시 조성’을 위한 이니셔티브를 제공할 것으로 기대된다.

□ 국외 현황

영국의 경우 개별 지방정부의 계획이 국가정책 및 지역정책의 방향에 적용될 수 있도록 제도적 보완장치로 PPS/PPG를 마련하여 공간계획에 대한 국가정책지침을 제공하고 있다.⁵²⁾ PPS1의 부록으로 계획과 기후변화(Planning and Climate Change)를 통해 기후변화대응체계 수립지침을 제공하고, PPS13 교통(Transportation)에서는 토지이용과 교통과의 통합적 사고의 필요성에 대해 언급하고, 계획정책, 교통수요관리, 달성을 위한 방법론에 대해 언급하고 있다. PPS22 재생가능한 에너지(Renewable Energy)에서는 재생가능한 에너지를 활용하는 동시에 고려해야할 사항으로 지역적 초점, 지역공간전략 및 지방개발문서의 정책, 지역적 고려사항 등을 언급하고 있다.

2) 인센티브 부여

① 인센티브 개요

세계 각국은 기후변화에 대한 대응을 동기로 하여 에너지 효율을 높이고 탄소배출을 줄이기 위하여 여러 가지 제도를 운영하고 있으며, 특히 광범위한 참여를 위해서 인센티브 제도를 적극적으로 활용하고 있다. 인센티브 적용기법은 집행방법에 따라 크게 재정지원과 보너스(또는 손실보상)부여를 통한 구조적 기법으로 나눌 수 있다.

재정지원기법은 친환경 개발을 촉진하기 위해 보조금을 지급하거나 세금 감면하는 방법으로, 계획과 디자인 관련 보조금(Planning and Design Grants), 저리의 재정적 지원(Low-Interest Financing), 저리의 재정적 지원(Low-Interest Financing), 맞춤형 장려금(Matching Grants), 상·상금수여(Awards), 허가비용 절감 또는 허가비 환불(Reduced Permit Fees or "Feebates") 등이 있다. 보스턴(Boston)의 경우에는 기금을 조성하여 적합한 프로젝트에 대하여 보조금을 지급하여 성과를 거두었고, 샌프란시스코, 시애틀, 시카고 등에서 실시한 저리융자프로그램은 성공적으로 평가되었다. 맞춤형 장려금(Matching

52) 왕광익(2009), 「저탄소 녹색지향형 도시계획 수립방안 공동연구(착수연심회자료)」, 국토연구원.

Grants)의 경우에는 시카고에서 실시되었으며 역사적 보존가치가 있는 건물의 에너지효율을 향상시키는 경우에 재정적인 지원을 하였다.

구조적 기법으로는 도시설계 시에 친환경적인 방향으로 유도하기 위해 용적률 및 건폐율 증가 지원(Density Bonuses), 신속허가(Expedited and Fast Track Permitting), 공공공지 판매의 조건(Conditioning of the sale of publicly-owned land), 판매 촉진 마케팅(Marketing for Sale), 자격표시제도(Logo Certification), 무료 기술 보조(Free Technical Assistance) 등이 있다. 예를 들어, 프로젝트가 일정수준의 LEED 인증등급을 획득하면 용적률을 높여주고, 신속허가제도는 그린빌딩 프로그램을 시행할 당시 아주 효과적으로 작용하였다. 또한, 미국의 시카고(Chicago)와 산타 바바라(Santa Barbara) 등의 도시에서는 시정부에서 그린 프로젝트에 대한 판매 촉진 마케팅을 실시하기도 한다. 더불어 그린프로젝트임을 알려주는 자격표시제도(Logo Certification)는 많은 도시에서 효과적으로 평가되었다.⁵³⁾

[표 6-1] 친환경 관련 인센티브제도 분류

분류	방향
재정지원기법 (Financial Incentives)	계획과 디자인 관련 보조금 (Planning and Design Grants)
	저리의 재정적 지원 (Low-Interest Financing)
	맞춤식 장려금 (Matching Grants)
	상·상금수여 (Awards)
	허가 비용 절감 또는 허가비 환불 (Reduced Permit Fees or "feebates")
구조적 기법 (Structural Incentives)	용적률 및 건폐율 증가 지원 (Density Bonuses)
	신속허가 (Expedited and Fast Track Permitting)
	공공공지 판매의 조건 (conditioning of the sale of publicly-owned land)
	판매 촉진 마케팅 (Marketing for Sale)
	자격표시제도 (Logo Certification)
	무료 기술 보조 (Free Technical Assistance)

53) University of Massachusetts Lowell, "The Benefits of Building Green", 「Center for Family, Work and Community at UMass Lowell」, <http://www.uml.edu/centers/CFWC>.

② 보조금 지급

영국의 경우 보조금 제도를 통한 인센티브 적용을 통해 저탄소 녹색도시 조성을 실현하고 있다. 영국 스코틀랜드의 SCHRI(Scottish Community and Householder Renewables Initiative)는 스코틀랜드 정부가 자금을 지원하고 EST(Energy Saving Trust)와 HIE(Highlands and Islands Enterprise)라는 기관이 공동 운영하는 프로그램이다. SCHRI는 가정에 신재생에너지 시스템 설비 설치비의 30%, 최대 £4,000을 지원하며, 연구에 대한 기술적 보조금을 최대 £10,000까지 지원한다. 영국 저탄소건물 프로그램(Low Carbon Building Program)은 에너지절약재단과 영국환경농촌식품부의 합동펀드를 통해 신재생에너지를 설치하고 주택의 건축주에게 보조금을 지급하는 프로그램이다. 태양광발전, 풍력터빈, 소수력, 태양열온수, 지열펌프 등 계획기술에 따라 설치비의 30~50%, 최대 £2,500까지 지원한다.

캐나다는 건축물의 용도에 따라 다른 인센티브 프로그램을 만들어 시행하고 있다. 상업건물을 대상으로 하는 CBIP(Commercial Building Incentive Program)와 산업건물을 대상으로 하는 IBIP(Industrial Building Incentive Program) 지원 프로그램이 있다. CBIP의 경우 MINECB를 기준으로 25% 이상 에너지 효율이 향상된 상업건물에 최대 \$60,000을 지급하며, IBIP는 15% 이상 에너지 효율이 향상된 산업건물에 최대 \$80,000의 보조금을 지원한다.

미국은 연방정부와 주정부 및 지방정부에서 개별 인센티브제도를 마련하여 건물의 에너지 소비량과 이산화탄소 배출량을 감축시키기 위한 보조금 지원 방안을 추진하고 있다. 시애틀의 경우 LEED(Leadership in Energy and Environmental Design) 인증제도는 그린빌딩 평가적용 대상의 성능 달성도에 따라 플래티넘, 골드, 실버, 브론즈의 4등급으로 나눈다. 5000ft² 이상의 신축 건축 또는 리모델링 프로젝트 등급에 따라 Certificated 등급은 최소 \$15,000, 실버 등급 이상은 최소 \$30,000을 건물소유자나 개발업자에게 지원한다. 오레곤주도 LEED 기준에 의해 인증획득한 등급에 따라 실버 등급은 ft² 당 \$5.71을 지급하고, 플래티넘 등급에는 \$14.29을 지급한다. 보스턴의 경우 기금을 조성하여 적합한 프로젝트에 대하여 보조금을 지급하고 있다.

일본은 환경세 등에 의하여 재원을 확보하여 친환경 프로젝트에 대한 보조금을 지급하고 있다. Iwate현은 고단열 사양을 채용한 주택 건축시 1호당 10만엔보조, 현에서 생산

된 목재 사용시 1㎡당 2만 엔, 최대 40만 엔까지 지원하며 신재생에너지 도입 주택은 1호당 15만 엔을 보조하고 있다. 독일은 에너지 저감시설의 설치에 대한 보조금을 지원하며, 국가가 태양에너지로 생산된 전력을 일반 에너지로 생산된 전력가격의 3배에 해당하는 가격으로 매입한다.

[표 6-2] 국외 보조금 지원 사례

방법	구분		주요 내용	지원 범위
보조금 지원	영국	■ SCHRI	주택에 신규 신재생에너지 시스템 설치하는 것에 자금 지원, 어디바이스 및 프로젝트 지원 서비스 제공	-설치비의 30%, 최대 4,000파운드 지원
		■ 영국 저탄소건물 프로그램 (Low Carbon Building Program)	신재생에너지를 설치하는 주택의 건축주에게 보조금을 지급하는 프로그램	-태양열발전: 최대 £ 2,500 -풍력터빈: 최대 £ 2,500 -소수력: 최대 £ 1,000 -태양열 온수: 최대 £ 400 -지열펌프: 최대 £ 1,200 -공기열 펌프: 최대 £ 900
	캐나다	■ CBIP	MINECB를 기준으로 25%이상 에너지 효율이 향상된 상업건물 소유자에게 보조금지원	-최대 \$60,000 지급
		■ IBIP	MINECB를 기준으로 15%이상 에너지 효율이 향상된 산업건물 산업 혁신자에게 인센티브 제공	-최대 \$80,000 지원
	미국	■ 시애틀 LEED 파일럿 인센티브 프로그램	5,000ft² 이상의 신축 또는 리모델링 프로젝트(상업건물)에 LEED 등급에 따라 건물소유주 또는 개발사업자에게 보조금을 지원	-LEED Certificated 등급은 최소 \$15,000 지원 -LEED 실버 등급 이상은 최소 \$30,000 지원
		■ O r e g o n Programs	LEED 기준에 따른 인증등급에 따라 보조금 차등 부여	-LEED 실버등급 획득: ft2당 최대 \$5.71 지급 -LEED 플래티넘등급 획득: ft2당 최대 \$14.29 지급
	일본	■ 환경공생주택 모델사업	환경부하를 줄이는 일정요건을 만족하는 주택단지나 정비	-사업비의 1/3 지원
		■ Iwate현 환경친화주거조성 프로젝트	고단열화 사양 채용	-1호당 10만엔 보조
			현에서 생산된 목재 사용	-1㎡당 2만엔 보조 -40만엔 한도
			태양광발전, 태양열 이용, 지중열 이용 히트펌프 시스템을 도입하는 주택의 경우	-1건당 15만엔 보조
		■ 주택용 태양광 발전 시스템	태양광발전을 도입하는 개인에 대해 설치비 보조	-85만엔

③ 세금공제

미국의 메릴랜드주와 뉴욕은 세금공제를 실시하고 있으며, 메릴랜드는 Maryland's Green Building Tax Credit 제도를 통해 지원한다. 일정 규모와 일정 지역 내에 있는 상업건물과 다세대 주택건물, 주상복합건물이 지원 대상으로 건물면적은 ft²당 최대\$120, 주거면적은 ft²당 최대\$60까지 공제혜택이 주어진다. 뉴욕은 그린빌딩 세금공제 프로그램

(New York's Green Building Tax Credit Program)을 통해 신축 개축한 건물소유주와 개발자에게 세금공제혜택을 부여한다. 공제금액의 최대한도는 비거주공간에 대하여 \$150/ft²까지 세금을 공제하고, 거주공간에 대하여 \$75/ft²까지 세금을 공제한다.

[표 6-3] 국외 세금공제 사례

방법	구분	주요 내용	지원 범위
세금 공제	미국	■ 메릴랜드 그린 빌딩 세금공제	그린빌딩을 위한 시공을 하거나 대체 에너지시설을 설치하는 비용에 대하여 세금공제 혜택 -건물면적 ft2당 최대 \$120, 주거 면적 ft2당 최대 \$60까지 공제
		■ 뉴욕 그린빌딩 세금공제	대형상업, 주거건물의 경우 그린빌딩을 신·개축한 건물소유주와 개발자에게 세금공제혜택 부여 -비거주공간 최대 \$150/ft ² -거주공간 최대 \$75/ft ²

④ 저리대출 등의 융자지원

독일의 이산화탄소 건물보수프로그램은 2001년부터 기존주택 및 신축주택에 적용하고 있으며, 열펌프, 태양열설비, 태양광 설비, 바이오매스, 바이오가스설비에 대한 투자시 규모에 따라 최대 500만 유로, 투자금액의 100%까지 융자를 지원한다. 패시브 하우스(Passive House)의 경우 독일정부는 세대 당 5만 유로를 장기 저리로 지원하고 있으며, 2006년 말 독일에 약 6,000여개의 패스브 하우스가 건립되었다.

일본은 개발업자의 분양성에 도움을 줄 수 있는 자금을 낮은 이율로 장기 대출하는 융자지원을 하고 있다. 1993년부터 환경공생주택모델사업에 대하여 일정 조건을 만족하는 경우 사업비의 1/3 지원하고, 단열재를 통한 에너지 절약 공사는 1가구당 50만엔을 융자하고, 패시브솔라 주택이나 태양전지 설치의 경우 1가구당 150만엔 융자를 지원한다. 태양광 발전 시스템 설치 시 85만엔 설치비용을 보조하고, 빗물이용시스템의 경우 1가구당 최대 50만엔의 융자를 지원한다.

[표 6-4] 국외 설치비 융자 사례

방법	구분	주요 내용	지원 범위
설치비 융자	독일	■ 독일 CO ₂ 건물보수 프로그램	기존주택 및 신축주택에서 재생가능에너지에 대한 투자 시 융자비용(열펌프, 태양열설비, 태양광설비, 바이오매스, 바이오가스 설비)
		■ 독일 패시브 하우스	냉난방 부하가 최대 10W/㎡를 넘지 않는 주택 건축
	일본	■ 환경공생주택 모델사업	일정한 두께 이상의 단열재를 넣는 경우
		■ 빗물이용 시스템	태양에너지 주택 설치시
		빗물이용설비 공사 할증 융자	

서울시는 건물에너지 합리화사업에 의해 기존 건물에 대해 초기투자비에 대해 융자를 실시하고 있다.⁵⁴⁾ 건물에서의 열, 전기 등 에너지손실 및 비효율적·낭비적 부분을 조명, 냉난방, 공조시스템, 단열, 지붕, 창문 등을 고효율 에너지설비로 개선하여 에너지비용절감 및 온실가스 배출 감축하고자하는 사업으로 서울시에서 유일하게 시행하는 친환경 정책이며 지식경제부에서는 2010년부터 고시하여 전국적으로 실시할 예정이다.

[표 6-5] 서울특별시 설치비 융자 사례

평가기관	인센티브	평가대상
서울특별시	<ul style="list-style-type: none"> ■ 신축: 취득·등록세 면제 ■ 기존: 초기투자비용자 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 건물외피 단열재 두께 강화 및 건물 기밀성 확보(복층 유리,기밀성 창호 사용) ■ 고효율 에너지 기자재로 인증 받은 보일러로 교체 ■ 대기전력 저감 우수 제품 (에너지관리공단 인증) 설치 ■ LED 조명기기 설치: 실내조명기기를 고효율 형광등 또는 LED 조명등으로 교체 ■ 노후 보일러 개체 또는 버너 개체 ■ 공동주택의 경우 중앙난방용 보일러 개체사업은 ESCO투자사업에 한하여 지원. ■ 폐열회수열교환장치, 폐열회수형 히트펌프(공기열원 및 지열원은 제외) ■ 건물자동화 제어장치(건물에너지절약관련 자동운전제어장치) ■ 에너지절약형 공기조화시스템 ■ 흡수식 냉방시설 ■ 최대수요관리 감시제어장치 ■ 축냉식 냉방기기 <p>*위 각호에 설비를 설치하는 대상</p>

54) 신축건물의 경우에는 취득등록세 면제 등의 세금공제 인센티브를 제공

⑤ 상응보조금(Matching Grants)

국내의 경우는 신재생에너지 사업에 적극적으로 도입하고 있다. 신재생에너지 보급과 관련하여 기획재정부는 2010년까지 재생에너지 적용비율을 5%로 늘리는 것을 목표로 하여, 공공기관이 발주하는 연면적 3,000㎡ 이상의 신축건축물에 대해서 총 공사비의 5% 이상을 대체에너지 설비설치에 투자하도록 의무화하며, 2009년 3월 15일부터 공공부문의 선도적 신재생에너지 보급을 활성화하기 위해 공공기관 설치의무화제도의 대상건축물을 확대 시행하고 있다.

국토해양부는 판교, 김포 등 신도시를 에너지절약 도시로 건설하고, 계획단계부터 신·재생에너지 사용을 의무화하며, 시범단지의 경우 신·재생에너지 (태양열, 풍력, 연료전지, 수소발전, 지열, 조력 등)의 사용비율을 5%까지 끌어올릴 계획을 가지고 있다. 특히 최근 계획이 수립된 평택 소사별 지구의 경우 태양광, 태양열, 지열, 연료전지 등 신재생에너지 도입을 전체 에너지의 5%이상으로 계획하고 있다.

[표 6-6] 신재생에너지 관련 정부지원제도의 요약

구 분		지원비율
1. 일반보급사업	■ 시범보급사업	최대 80%
	■ 태양광발전설비	최대 70%
	■ 풍력발전설비	
	■ 소수력발전설비	
	■ 지열이용설비	최대 50%
	■ 태양열이용설비	
	■ 바이오이용설비	
2. 태양광주택 10만호보급사업	■ 공동주택	최대 70%
	■ 일반주택	최대 70%
3. 국민임대주택태양광보급사업		최대 70%
4. 신재생에너지 지방보급사업	■ 기반구축사업 -교육, 연수, 홍보 -자원 및 타당성조사 -정책개발 및 보급계획 -통계조사 -모니터링사업	최대 100%
	■ 설비보급사업	최대 70%
5. 융자지원사업	■ 신재생에너지설비의 설치 또는 생산시설 및 운전자금	최대 100%
	■ 공용화품목의 개발, 제조 및 수급조절사업	최대 80%
	■ 기술의 사업화지원	최대 100%

※ 출처 : 김세웅(2009), “저탄소 신도시/시범단지 조성방안”, 「저탄소 녹색성장 도시건축 추진 방향 세미나 자료집」, 한국도시설계학회. p.36.

현재 신재생에너지 보급과 관련하여 정부지원금의 적용은 크게 일반보급사업, 태양광주택 10만호 보급사업, 국민임대주택 태양광보급사업, 신재생에너지 지방보급사업, 융자지원사업 등의 항목으로 구분되어 적용되고 있으며 세부사업과 지원비율은 아래표와 같다. 또한 서울시의 경우 기후변화기금을 통해, 공동주택의 경우 모든 태양광, 태양열, 바이오, 소형풍력 등의 분야에 대해 전체 사업비의 20%를 지원한다.

⑥ 용적률 완화

서울특별시는 친환경 계획수립 및 에너지 절약 계획 시 용적률을 통해 인센티브를 제공하고 있다. 대전광역시도 2006년부터 ‘그린빌딩 인증기준’⁵⁵⁾을 마련하여 등급에 따른 용적률 인센티브를 적용하고 있다. 한국에너지기술연구원과 함께 자원소비 및 환경부하, 실내환경, 서비스의 질 및 관리, 입자·교통 및 생태환경 등 크게 4가지의 자체 평가기준을 토대로 60점 이상은 2%, 65점 이상은 3%, 70점 이상 4%의 용적률 인센티브를 제공하고 있다.

[표 6-7] 용적률 인센티브 적용 사례

구분		주요내용		지원방법	지원범위
서울특별시	친환경지구단위계획실현조성	친환경계획(5%)	자연지반 보존	용적률완화	-기준용적률×(보존면적/대지면적)×2%이내
			옥상녹화		-기준용적률×(보존면적/대지면적)×5%이내
			녹색주차장, 투수성포장		-기준용적률×(보존면적/대지면적)으로서 기준용적률×5% 이내
			중수도 시설설치		-기준용적률×4%이내
			빗물이용 시설설치		-기준용적률×4%이내
			신재생에너지사용		-기준용적률×5%이내
		에너지절약계획(5%)	1등급	용적률완화	-에너지절감율 33.5% 이상, 에너지성능지표 81점 이상, 친환경 건축물 인증 85점 이상: 기준용적률×8%이내
			2등급		-에너지절감율, 23.5% 이상, 에너지성능지표 74점 이상, 친환경 건축물 인증 75점 이상: 기준용적률×5% 이내
대전광역시	그린빌딩인증기준	건물의 전 생애를 고려한 그린빌딩에 대하여 등급에 따라 용적률 인센티브 제공		용적률완화	-그린빌딩 인증점수 60점 이상: 2% -그린빌딩 인증점수 65점 이상: 3% -그린빌딩 인증점수 70점 이상: 4% ※빗물저장시설 설치의무

서울특별시 광진구청에서는 친환경건축물의 기술을 채용하기 위해 능동로 건대입구

55) 대전광역시(2007), 「2010 대전광역시 도시및주거환경정보기본계획운영관리지침」 참고

지구단위계획에 항목별로 완화기준을 설정하여, 용적율을 완화시켜 인센티브를 부여하였다.

[표 6-8] 능동로·건대입구지구의 허용용적율 완화항목 및 내용

항 목	내 용	완화조건	완화용적률	비고
획지	공동개발 (규제)	준수시 (동일소유자 필지 제외)	기준용적율 $\times a$	-2필지: $a=0.1$
	공공개발 (권장/선택적)	준수시	기준용적율 $\times 0.5a$	-3~4필지: $a=0.2$
	맞벽건축	맞벽건축시	기준용적율 $\times a$	-5필지이상: $a=0.3$
	획지분할 (합병)	토지교환에 따른 정형화	30	-구도시계획위원회 가 인정하는 경우
	-	블록단위의 공동개발	40	
대지내공지	공개공지 삼지공원	조성시	기준용적율 \times (추가조성 면적 \div 대지면적) $\times a$	-피로티구조: $a=1.0$ -지상형구조: $a=1.0$ -침상형구조: $a=1.0$ -설치의무면적 이외 추가조성시
	공개공지 위치	준수시	기준용적율 $\times 0.1$	
용도	권장용도	권장용도 준수시	기준용적율 \times (권장용도 면적 \div 총연면적) $\times 0.3$	-총연면적에 20% 이상시
도시계획시 설 결정 후 대지처리	잔여대지	인접필지와 공동으로 개 발시	20	
			30	
	전면수용대지		30	
보행동선	보행통로	공공보행통로 보차혼용도로 조성시		-피로티구조: $a=2.0$ -공공보행통로: $a=3.0$ -보행자 혼용도로: $a=4.0$ -지정외에 추가조성 시 구도시계획위원회 에서 인정하는 경우 에 한하여 적용
		입체공공 보행통로	캐노피형	기준용적율 \times (조성면적/ 대지면적) $\times 3.0$
			개방형	기준용적율 \times (조성면적/ 대지면적) $\times 4.0$
		지하철 연결통로 (지하콘코스 등)		80

내 용		항 목	완화조건	완화용적률	비고
건축물배치	건축한계선	준수시		기준용적률 \times (제공면적/제공전면적) \times 3.0	
	벽면한계선 벽면지정선			기준용적률 \times (제공면적/제공전면적) \times 2.0	
환경친화적	투수성 바닥처리	투수성 재료(잔디포함)로 조성시		기준용적률 \times (조성면적/대지면적) \times 0.5	-조경공간 제외
	중수도	중수도시스템 설치시		30	-서울시 설치기준에 의함 (빗물이용시설제외)
	빗물이용	빗물이용시설 설치시		20	-서울시소위원회에 서 인정하는 경우 (최대 1건, 차후는 기준에 따라 처리- 서울시 기준)
	광고물설치계획	광고물설치계획 반영시		10	
	공공기여 리모델링	공공기여시		20	-구도시계획위원회 에서 인정하는 경우 -변압기, 공공시설 등 의 설치시
	옥상녹화	옥상부 녹화시		기준용적률 \times (조성면적/대지면적) \times 0.5	서울시 보급형 옥상 녹화기법 적용시
	벽면녹화	벽면녹화 조성시		기준용적률 \times (녹화면적/전체벽면적) \times 0.5	서울시 지침에 의 거 조성시
건축물관련	경사지붕	5층이하 건물에 설치시		20	
	고층부탑상형	고층부탑상형 구조로 건 축시		40	6층이상 부분의 장 단변의 비율이 1/4 이상
	야간경관조명	야간경관조명 설치시		20	
	건폐율	40%이하		40	
외부공간 환경	보도율	보행자전용도로 전용시		기준용적률 \times (보도면적/대지면적)	콘크리트 포장 및 아스팔트 포장은 제외
	조경비	추가조경면적을 확보시		기준용적률 \times (추가조경면적/대지면적)	
차량동선 주차	공동주차장	설치시		기준용적률 \times a	-30m이상 도로변 : a=0.2
	공용주차장			기준용적률 \times [(대지내주차대수 - 법정주차대수) \times a] \div 법정주차대수	-30m미만 도로변 : a=0.1

⑦ 기타

배출권 거래제(Emissions Trading)는 온실가스를 배출할 수 있는 권리를 하나의 상

품으로 간주하여, 시장에서 국가 간 또는 기업 간 탄소배출권을 구입 및 판매함으로써 할 당받은 온실가스 감축목표를 달성하는 제도를 말한다. 이 제도를 통해서 각국은 최대한으로 배출량을 줄여 배출권 판매수익을 거두거나, 상대적으로 고비용을 통해서 배출량을 감소시키는 국가는 다른 국가의 저렴한 배출권을 구입하여 감축비용을 줄여 전체적으로 감축 비용을 최소화할 수 있다.⁵⁶⁾

청정개발체제(Clean Development Mechanism, CDM)는 온실가스 감축목표를 부여 받은 선진국들이 감축목표가 없는 개발도상국가에 자본과 기술을 투자하여 온실가스 감축 사업을 실시한 결과로 획득하는 온실가스 감축 분을 선진국의 감축실적으로 인정하는 제도이다. CDM의 주목적은 개발도상국의 지속가능한 개발을 돕는 동시에 선진국의 온실가스 감축의무를 비용 효과적으로 달성하는 것이다(교토의정서 12조 2항). 선진국은 후진국에 기술과 자본을 투자하고 배출권(Certified Emission Reduction, CERs)을 확보함으로써 저비용으로 온실가스 감축을 달성하고, 개발도상국은 선진국으로부터 기술과 재정 지원을 받아 국제적인 온실가스 감축 노력에 동참하며 신기술을 확보한다.

교토의정서에 의해서 채택된 배출권 거래제도, 청정개발체제, 공동이행제도 중에서 가장 활발하게 진행되고 있는 것이 배출권 거래제도를 기반으로 한 탄소배출권 시장과 탄소펀드이다. EU 국가들은 2005년부터 자체적으로 탄소배출 거래제를 운영하고 있으며, 허용치를 초과하여 이산화탄소 배출 한 후 탄소배출권을 구매하여 상쇄하지 않은 국가나 기업은 t당 40유로의 벌금을 매겼다. 전 세계 탄소배출권 시장 규모는 2007년 600억 달러로 2010년에는 1,500억 달러에 달할 것으로 예상된다. 그 외 에코마일리지는 온실가스를 감축한 개인 및 단체에게 탄소 마일리지, 저탄소를 위한 물품 등을 제공함으로써 온실가스를 실질적으로 줄이기 위한 제도이다.

[표 6-9] 에코마일리지의 개요

평가기관	인센티브	평가대상
서울특별시	1.기업과 가정에 각각 다른 형태로 지원된다. 가정의 경우 연 2회 지급되는데 6개월 평균 온실가스를 10%이상 감축하면 물품 또는 저탄소활동을 위한 서비스 등의 혜택이 주어진다. 2.기업이나 단체는 최근 2년간 기준 사용량대비 감축량 상위학교, 아파트단지, 상업건물 각각 20개씩을 선정해 1천만원 상당의 녹화조성비를 지원한다.	개인 및 단체

56) 윤영채(2009), “지구온난화 방지를 위한 실효적 방안 연구-이산화탄소 감축방안을 중심으로”, 『사회과학연구』, v20(1), 충남대학교 사회과학연구소, pp.85-114.

3) 각종 인증제도

① 국내의 친환경 정책 및 제도

‘친환경건축물’이라 함은 지속가능한 개발의 실현을 목표로 인간과 자연이 서로 친화하며 공생할 수 있도록 계획·설계되고 에너지와 자원 절약 등을 통하여 환경오염부하를 최소화함으로써 쾌적하고 건강한 거주환경을 실현한 건축물을 말한다.⁵⁷⁾ 국내의 친환경건축물 인증제도의 경우 평가 범주는 크게 9가지 즉, 토지이용, 교통, 에너지, 재료 및 자원, 수자원, 환경오염, 유지관리, 생태환경 그리고 실내환경으로 분류할 수 있다.

[표 6-10] 친환경 건축물인증제도

평가기관	인센티브	평가대상
4개기관(대한주택공사, 한국에너지기술원, 크레비즈인증원, 한국교육환경연구원)	인증마크 부여 (단, 지자체 별로 자체심의에 따라 용적율과 건폐율의 완화 등 도시개발행위에 대한 인센티브를 적용하고 있다.)	공동주택, 주거복합(주거, 비주거)건축물, 업무용건축물, 판매 및 숙박시설, 학교시설

건물에너지효율등급제는 고효율에너지기자재 등의 사용 및 종합에너지 시스템과의 연계성 등을 고려하여 일정 성능 이상의 에너지효율을 높이는 건물에 대하여, 효율등급 기준에 필요한 사항을 규정하여 에너지 효율 및 절약이 우수한 건물을 보급 촉진하고자 하며 등급은 3단계로 나뉜다.⁵⁸⁾

[표 6-11] 건물에너지효율등급제

평가기관	등급	총 에너지절감율	인센티브	평가대상
3개기관 (한국건설기술연구원, 한국에너지기술원, 에너지관리공단)	1	33.5% 이상	에너지효율 2등급 이상을 획득한 건물에 대하여 에너지이용합리화자금을 지원	에너지 효율을 높이기 위한 설비를 설치한 단일건축물
	2	23.5 ~ 33.5% 미만		
	3	13.5 ~ 23.5% 미만	인증마크부여	

② 국외의 친환경 정책 및 제도

□ LEED-ND와 LEED-NC

2007년부터 시범운영 중인 LEED-ND(Leadership in Energy and Environment

57) 친환경건축물인증제도 세부지침, 국토해양부

58) 지식경제부(2008), 「건물에너지 효율등급인증에 관한 규정(고시 제 2008-14호)」, 지식경제부.

Design-Neighborhood Design)는 미국그린빌딩협회(USGBC, U.S. Green Building Council)에서 주관하며, 크게 ① 대지선택 ② 근린디자인 ③ 그린인프라시설과 건축물 ④ 혁신적 디자인으로 분류하여 각각에 대한 평가지표를 정하고 각 지표에 따라 필수와 선택이 결정되며 가중치에 따라 차별된 배점을 주고 있다.

[표 6-12] LEED 인증제를 기준으로 한 인센티브 사례

인센티브	도시	내용
보조금 (Grant)	Pasadena, CA	■ 최소 기준을 통과한 자격의 개발업자들은 수도와 전기 사용에 대한 환불
	El Paso, TX	■ 상업 건물 및 공동 주택이 LEED 인증 취득시 인증 등급에 따라 Grant 지급. 최고 \$400,000
	Oregon Seattle	■ 일반 건물에 비해 최소 20%의 에너지효율이 향상된 적격 건물은 프로젝트 당 \$10,000,000까지 지급 ■ LEED 기준에 따른 인증등급에 따라 보조금 차등 부여 예) Certified LEED 최소 \$15,000 지급, Silver LEED \$20,000 지급
장려금 (Financial Incentives)	Kentucky	■ LEED의 인증과정에서 사용되는 재정과 행정 지원
세금 감면 (Tax Credit)	New Mexico	■ LEED 등급에 따라 세액 공제 혜택
	Oregon	■ LEED에서 높은 등급을 획득할수록 많은 세금 감면 예) Silver LEED 기준을 충족 시 ft ² 당 \$5.71, Platinum LEED 충족 시 ft ² 당 \$14.29를 지급
	New York	■ 20,000 ft ² 이상의 상업건물과 주거건물에 적용 적격 건물에 대해 \$25,000,000까지 할당
세금 우대 (Tax Break)	Cincinnati, OH	■ 적합한 LEED 인증 기준을 통과 시 자동적으로 100% 재산세 면제
저리대출 (Low Interest Loans)	New York	■ 시장 이율 보다 4% 낮은 이율로 건축 자재와 그린홈 관련 측정에 대한 대출
	San Jose	■ 주택 금융에 있어서 저리융자
용적률 및 건폐율 증가 지원 (Density Bonus)	Acton, MA	■ 용적률 및 건폐율 증가 지원(Density Bonus)
	Seattle, WA	■ LEED Silver 이상 인증 취득 시 높이제한(height)와 용적률 보너스(density bonus)를 부여
신속 허가 (Expedited Permitting)	Arlington County, VA	■ 그린홈 설계 시공 시 검토 허가 과정에서 우선권을 부여
수수료 감면 (Fee Reduction)	Babylon, NY	■ 공동주택이 LEED 인증 취득 시 인증 비용을 환급
무료자문 /프로모션 (Free Consultation/Pro motional Services)	Oakland, CA	■ 자격을 갖춘 프로젝트에 대해서 무료 자문과 대중을 대상으로 프로모션 시행
무료 기술 지원 (Free Technical Assistance)	Pasadena, CA	■ 무상의 기술적 지원

LEED-NC는 미국그린빌딩협회(USGBC, U.S. Green Building Council)에서 주관하며, 건축물의 평가에 대한 기준이다. 크게 ① 지속가능한 대지의 계획 ② 효율적 물의 이용 ③ 에너지와 공기(대기) ④ 재료와 자원 ⑤ 환경의 질 ⑥ 디자인 향상으로 분류하여 각각에 대한 평가지표를 정하고 각 지표에 따라 필수와 선택이 결정되며 가중치에 따라 차별된 배점을 주고 있다.

미국 각 주정부와 시는 LEED 인증제도와 연계하여 친환경 건축물에 대한 인센티브 제도를 실시하고 있다. 분류된 대표적인 인센티브 기법을 각 도시별로 채택하여 실시하고 있으며, 보조금, 세금 혜택과 용적률 완화 등을 많은 주들이 활용하여 친환경 프로젝트를 유도하고 있다. LEED 인증등급에 따라 용적률과 건폐율을 완화하여 주고, 기준에 적합한 건축물은 보조금을 지급하며 면적당 비율을 정하여 세금 혜택도 부여한다. 또한 무료로 기술 자문이나 기술 지원을 통해 직접적으로 기술이 활용되도록 노력하고 있다.

□ 그 외 인증제도

영국의 BREEAM-communities는 2008년부터 교통-지방정부(DETR, Department of the Environment, Transport and the Regions)에서 시행하며, ① 기후와 에너지 ② 장소 ③ 커뮤니티 ④ 생태와 종다양성 ⑤ 교통과 이동 ⑥ 자원 ⑦ 경제 ⑧ 건축물로 분류하여 세부 평가항목을 설정하였다. CASBEE-UD는 일본 국토교통성에서 2006년부터 시행하고 있으며, ① 자연환경 ② 대지 내 서비스기능 ③지역커뮤니티에 대한 기여 ④미기후에 대한 환경적 영향 ⑤ 사회 인프라 ⑥ 지역 환경관리의 분류기준을 가지고 있다.

Cascadia Scorecard는 지속가능성을 평가하기 위해 매년 정기적으로 시행되는 제도이다. 이 평가제도는 미국의 서부 Seattle에서 2004년에 시작되었지만, 일반적으로 사용하는 데이터를 이용하여 넓은 적용력을 가지고 있으며 주거지 프로젝트에 대한 적합성 여부를 장기적으로 평가할 수 있다.

[표 6-13] Cascadia Scorecard

구분	수행주체	환경보호	자원고갈	사회적 복리	경제자생력
Cascadia Scorecard	비영리기관 (Sightline Institute)	<ul style="list-style-type: none"> ■ 에너지 사용 ■ 도시 팽창 ■ 야생의 복원 ■ 오염 정도 		<ul style="list-style-type: none"> ■ 건강 ■ 인구성장 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 경제적복리

SEEDA Checklist는 지역 특성을 고려한 실행과 지속가능한 계획에 대해 강조한다. 이 Checklist는 대지선정에 대한 지침은 이미 대지 선정 시에 지속가능성에 대한 평가가 이루어졌다고 판단하며, 주로 디자인 단계에서 사용되지만 준공 후에 거주하는 단계에서도 사용된다.

[표 6-14] SEEDA Checklist

구분	수행주체	환경보호	자원고갈	사회적 복리	경제자생력
SEEDA Checklist	정부기관	<ul style="list-style-type: none"> ■ 기후변화와 에너지 ■ 교통과 보행 ■ 생태환경 ■ 고효율건축물 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 자원보호 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 커뮤니티지원 ■ 장소만들기 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 비 지 니 스 지원

호주의 VicUrban Masterplanned Community Assessment Tool 평가제도는 적어도 500가구 이상의 지속가능한 커뮤니티의 계획과 개발에 대한 기본적인 틀을 제공한다.

[표 6-15] VicUrban Masterplanned Community Assessment Tool

구분	수행주체	환경보호	자원고갈	사회적 복리	경제자생력
VicUrban Masterplanned Community assessment Tool	정부기관	<ul style="list-style-type: none"> ■ 에너지사용최소화 ■ 물사용최소화 ■ 교통통합 ■ 종다양성보호 ■ 대기보호 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 지속가능재료 ■ 물 사용 최소화 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 커뮤니티 웰빙 ■ 도시 설계 우수성 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 주택 가격 적절성 ■ 사업적 성공

4) 관련 기술 개발 지원

정부는 2012년까지 석·박사 전문인력 1만5000명을 육성하는 인력양성 마스터 플랜을 수립하고 녹색산업 세제지원, 그린에너지 투자펀드 조성, 녹색기술인증제도 등 지원체제를 마련할 계획을 수립하였으나 구체적 지원 방안 및 제도 개선은 이루어지지 않고 있다. 현재까지 유일한 지원책은 기존의 제도를 활용한 중소기업진흥청의 '생산환경혁신기술개발사업'이다. 이 지원책은 기술개발과제의 수행을 조건으로 무담보·무이자의 자금을 지원하고, 기술개발 성공 시 지원 금액의 일부를 기술료로 납부 받는 사업이다.

3. 소결

현재 국내외에서 친환경 근린개발을 위해 시행하고 있는 다양한 정책지원방안을 살펴보았다. 크게는 친환경 관련 지침이나 기술표준 등을 제시하여 친환경 근린개발을 활성화하기 위한 기준 마련, 민간의 자발적인 참여를 유도하여 규제보다는 촉진의 성격을 가지는 인센티브제도, 각종 인증제도의 시행, 관련기술 개발 지원 등으로 구분할 수 있다.

이러한 인센티브 제도는 각 지역의 특성에 따라 적용되어야 하며, 대개의 경우 복합적으로 사용되어진다. 미국 메릴랜드 주의 사례를 살펴보면 다양한 에너지와 관련된 부분을 세분화하여 세액공제 프로그램을 시행하고 있으며, 그 예로 주거 재생에너지, 바이오디젤 난방, 청정에너지 생산 등으로 나누어 해당 적용기술을 선정하고 생산 및 사용량에 대한 비율을 근거로 세액 혜택을 제공한다. 그리고 태양열에너지에 대해서 세금을 면제하고, 주거에너지 보존과 재생에너지 장치, 목재의 이용에 대한 비과세를 실시하는 프로그램도 동시에 시행한다. 또한 각 신재생에너지의 사용전력비율에 따라 각각 보조금 비율을 정하여 보조금을 지급한다. 또한 연간 사용전력의 최소 50% 이상을 청정에너지로 사용할 경우 사용 전력량에 대한 환불도 실시하고, 신재생에너지장치와 기타 에너지감사 비용을 합한 금액에 대하여 각 가정에 대출 프로그램도 운영하고 있다.

[표 6-16] 메릴랜드(Maryland, US)주의 인센티브 사례

프로그램	적용기술	방법과 장점
주거 재생에너지에 대한 세액 공제 (Residential Renewable Efficiency Tax Credit)	<ul style="list-style-type: none"> ■ 태양열온수 ■ 태양전지 ■ 태양공간열 ■ 풍력 ■ 연료전지 ■ 지열펌프 ■ 기타 태양전지 기술 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 비용의 30% ■ 금액제한 없는 대상들: 태양전력, 태양온수, 풍력터빈, 지열펌프 ■ \$500/0.5kWh: 장비와 노동에 사용된 연료전지 ■ 추가 공제는 다음 년도로 이전가능 ■ 기존의 에너지 시스템이 존재 시에는 평가가 달라짐
바이오디젤 난방 세액 공제 (Bio-Heating Oil Tax Credit)	<ul style="list-style-type: none"> ■ 바이오디젤 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 바이오 디젤 구입 시 \$0.03 / gallon마다 수입에 대한 세액 공제 ■ 적어도 난방의 5%는 바이오디젤(B5) 사용해야함
청정에너지 생산에 대한 세액 공제 (Clean Energy Production Tax Credit)	<ul style="list-style-type: none"> ■ 태양열전기 ■ 태양전지 ■ 매립지 가스 ■ 풍력 ■ 바이오매스 ■ 수소전력 ■ 지열전력 ■ 고체쓰레기 ■ 동시연소 ■ 혐기소화 	<ul style="list-style-type: none"> ■ \$0.85/kWh 비율로 소득세 공제 ■ 시설물들은 2011년 1월까지 체제를 바꾸어야 한다.

프로그램	적용기술	방법과 장점
태양열 에너지 세금 면제 (Solar Energy Systems Tax Exemption)	<ul style="list-style-type: none"> 태양열온수 태양전지 	<ul style="list-style-type: none"> 태양전지와 태양열온수에 대한 100%의 재산세 면제
주거 에너지 보존 세액 공제 (Residential Energy Conservation Tax Credit)	<ul style="list-style-type: none"> 태양열온수 태양공간열 태양전지 지열펌프 	<ul style="list-style-type: none"> 난방과 전열 생산을 위해 사용된 비용의 50%까지 세액 공제 온수 생산에 사용된 경우는 최대 \$1,500까지 공제
주거 에너지 보존 위한 보조금 비과세 (Residential Energy Conservation Subsidy Exclusion)	<ul style="list-style-type: none"> 태양열온수 태양공간열 태양전지 	<ul style="list-style-type: none"> 보조금에 대한 100% 비과세 재생용품에 대한 구입 및 설치를 위한 공공재 보조금은 모두 비과세
태양열·지열 관련 장치에 대한 비과세 (Solar & Geothermal Equipment Tax Exemption)	<ul style="list-style-type: none"> 태양열온수 태양공간열 태양열전력 태양전지 지열펌프 	<ul style="list-style-type: none"> 관련된 장치에 대한 메릴랜드 주의 판매 및 사용세 없음
목재 이용한 난방 비과세 (Wood Heating Fuel Exemption)	<ul style="list-style-type: none"> 바이오매스 	<ul style="list-style-type: none"> 나무와 “refuse-derived” 연료 사용에 대한 메릴랜드 주 비과세
지열 펌프 보조금 (Geothermal Heat Pump Grants)	<ul style="list-style-type: none"> 지열펌프 	<ul style="list-style-type: none"> 톤당 \$1,000의 환불
태양 에너지 사용 보조금 (Solar Energy Grant Program)	<ul style="list-style-type: none"> 태양열온수 태양열 태양전지 	<ul style="list-style-type: none"> 태양열온수 난방 이용 시 \$3,000 미만이나 비용의 30% 환불 태양전지: \$2,500 per kW당 \$2,500 비율로 최대 \$10,000까지 환불
풍력 에너지 사용 보조금 (Windswept Grant Program)	<ul style="list-style-type: none"> 풍력 	<ul style="list-style-type: none"> kW 당 \$2,500
청정에너지 사용 시 환불 (Clean Energy Rewards Program)	<ul style="list-style-type: none"> 태양전지 풍력 바이오매스 	<ul style="list-style-type: none"> 청정에너지 사용 시 kWh 당 \$0.005 환불 최소한 연간 사용 전력의 50%이어야 함
가정 에너지에 대한 대출 (Home Energy Loan Program County Bill 06-09)	<ul style="list-style-type: none"> 태양열 풍력 지열 	<ul style="list-style-type: none"> 15년간 저리로 대출 실시 재생에너지장치와 기타 에너지감사 비용을 합한 금액에 대해 대출

국내의 경우 인센티브 기법 중 건설비용 지원 및 설치비용 융자의 경우 지식경제부와 에너지관리공단에서 시행하고 있으나, 그 금액이 충분하지 않아 적용하는데 어려움이 있다. 또한 저탄소 녹색도시의 경우 아직까지 조성단계에 머무르고 있기 때문에 입주민을 위한 지방세 감면이나 거주자 세금감면의 경우 조성이 완공된 이후에 적용될 수 있다.

저탄소 녹색도시 실현을 위한 계획요소의 경우 복합용도계획, 직주근접, 바람길 고려, 자연지반 녹지율과 같은 조성비용이 필요하지 않는 계획요소의 도입 시 공공택지 우선 분양권 등을 통한 인센티브를 적용할 수 있으며, 자전거 및 보행자 전용도로, 우수활용, 벽면녹화, 고성능 창호, 단지 내 텃밭 등 비교적 낮은 비용이 필요한 경우 입찰시 가

점부여를 통해 적용방안을 모색할 수 있다.

신재생에너지 도입 및 패시브 하우스 도입처럼 높은 비용이 필요한 경우 보조금 지급이나 세금 공제 등의 인센티브를 적용할 수 있다. 인센티브 적용 시 분양가와 건축비, 토비매입비, 토지조성비, 기타비용 등을 고려한 순편익을 산출하여 산출한 비용을 토대로 보조금의 지급이나 세금공제 등을 통해 유인할 수 있으며, 용적률 완화 등의 기법은 국내 실정을 면밀히 분석하여 도입을 검토하여야 할 것이다.

우리의 경우 저탄소 개발을 위해서는 다양한 측면에서 활성화 방안이 제시되어야 하며, 현재의 국내여건과 기술수준에 적합하고 실천 가능한 정책을 발굴하고 실제 적용이 이루어지도록 하며, 적용사례에 대한 자료를 구축하여 지속적으로 환류 발전시킬 때 성공적 추진이 가능할 것이다.

제7장 결론

1. 연구의 의의 및 기대효과
2. 연구의 한계 및 향후 추진과제

1. 연구의 의의 및 기대효과

정부는 온실가스 감축을 위해 2020년 국가온실가스 감축목표를 배출전망치(BAU) 대비 30% 감축기로 결정하고, 건축물·도시·교통의 녹색화, 에너지 효율화, 녹색일자리 지원 및 인력양성 등 종합적인 정책을 추진하고 있다. 온실가스 감축은 구체적인 감축 목표 설정에 따른 기업활동 위축과 급격한 변화를 우려하는 시각이 만만치 않은 가운데, 최근의 국제적인 감축경향과 정부의 확고한 녹색성장 의지 표명으로 인해 이제는 적극적이고 현실적인 대안이 마련되어야 하는 문제로 대두되고 있다.

이에 따라 정부에서는 인구의 90%가 도시에 거주하고 있고, 산업, 건물 등 도시민의 생활과 관련된 온실가스 배출량이 대부분을 차지하고 있는 현실을 감안하여 건축물 및 도시 부문에서 상당 수준의 온실가스 감축이 가능할 것으로 기대하고 있다.

최근 녹색성장위원회는 국가 온실가스 배출의 25%를 차지하고 있는 건축물 부문에서 온실가스를 '20년까지 배출전망치 대비 31% 감축하기로 목표를 설정하였다. 또한 신규 건축물의 에너지성능 기준을 강화하여, 주택은 '12년부터 냉난방의 50%를 절감하도록 하고 '17년부터는 패시브 하우스(Passive House) 수준(에너지성능 60%이상 개선), '25년부터는 제로에너지하우스 수준(외부에서 유입되는 에너지가 없는 수준)으로 짓도록 하는 계획을 추진하고 있다. 이와 함께, 에너지소비총량제를 '10년부터 시행하고, '11년부터는 에너지를 많이 쓰는 대형 건축물을 상시적으로 관리하도록 하며, '12년부터는 건축물 매매·

임대시 에너지소비증명서를 첨부하도록 의무화할 예정이다. 한편, 녹색도시는 '10년부터 검단·동탄2지구 등에 시범사업 지구를 지정하여 녹색도시 계획요소를 적극 적용하고, 시범사업을 통해 검증된 녹색도시 요소들은 기존도시에 반영하여 '기존도시의 녹색화'를 실현하는 한편, 녹색도시 기술 및 산업을 해외로 적극 수출할 예정이다.

그동안 건축 및 도시 분야에서 친환경성을 달성하기 위해 많은 이론적 논의와 제도적 노력이 있어 왔다. 그러나 온실가스 감축은 실행의 결과가 구체적인 정량적 수치로서 제시되기에 배출량 예측과 감축 방안에 대해 계량적 목표의 설정과 실천 방안이 마련되어야 한다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 기존의 친환경 관련 이론이나 계획기법을 온실가스 감축이라는 새로운 목표에 적합하도록 계량화하고 온실가스 감축을 위한 새로운 계획기법의 도입비용과 효과를 파악하여, 온실가스 감축이 시장에서 자발적으로 이루어질 수 있는 정책적 지원체계가 마련되어야 한다.

현재 온실가스 감축을 위한 도시설계 분야의 논의는 초기 수준으로 볼 수 있으며, 향후 보다 많은 연구와 구체적인 적용이 필요하다고 할 수 있다. 이러한 관점에서 본 연구 또한 기존의 이론적 논의의 연속선상에 있는 것으로서 크게 세 가지 관점에서 연구의 의의를 제시할 수 있다.

첫째, 본 연구는 지속가능한 개발, 생태건축, 저탄소 개발 등 다양한 개념들의 관계와 특징을 파악하고 이들 논의를 온실가스 감축이라는 새로운 목표에 적합하도록 종합적으로 논의하고자 하였다. 결과적으로 현재의 저탄소 도시개발 논의는 기존의 지속가능성 논의의 연장선에 있는 것으로 이해할 수 있으며, 보다 계량화되고 구체적인 실천수단으로서 온실가스 감축에 역점을 두고 있는 것으로 이해하는 것이 타당한 것으로 판단하였다. 이러한 관점은 현재 건축 및 도시분야에서 그동안 온실가스 감축의 실천수단이 주로 환경적 지속가능성 관련 요소를 중심으로 막연하게 논의되어온 점을 감안할 때 향후 보다 다양한 전략과 실천수단이 개발·적용될 수 있는 토대가 될 것이다.

둘째, 본 연구는 온실가스 감축을 위한 도시설계기법들을 정리하고 그 중에서 정량적으로 산출가능한 지표를 제시한 점에서 후속연구를 위한 단초를 제공하였다는 점에서 의의가 있다. 온실가스 감축을 중심으로 친환경 정책을 수립하고 집행하기 위해서는 개별 정책이나 요소기술의 도입에 따른 효과가 계량적으로 제시되는 것이 필수적이기 때문에 기존의 도시설계 기법을 온실가스 감축이라는 틀에 맞추어 재편하는 작업이 요구된다. 기

존의 선행연구를 살펴보면 저탄소 개발과 관련된 요소들을 분류하고 제시한 예는 있지만, 설계요소들의 정성적, 정량적 특성들이 구분되어지지 않은 상태로 제시되었다. 온실가스 감축을 위한 도시설계기법의 적용과 효과에 대한 상관관계가 계량적으로 제시되는 것이 필요하다는 점을 고려하면 정량적으로 측정가능한 요소를 특정하는 것은 필수적인 사항이 될 것이다. 제시된 요소들은 우리나라에서 현재까지의 논의수준에서 온실가스 감축을 위해 활용 가능한 친환경 근린개발 요소기술로 판단된다. 국가차원에서 구체적인 정책 마련과 지원책의 제공은 온실가스 배출량에 근거해서 추진되어야 하고, 특히 향후 배출권 거래제도나 탄소세 등의 제도를 도입할 때도 온실가스 배출량이 기준이 된다는 점을 고려하면 정량적으로 산출이 가능한 설계요소의 발굴과 관련 지표의 개발은 지속적으로 이루어져야 할 것이다.

셋째, 본 연구는 제시된 설계요소 기술을 적용하여 가상의 근린개발 계획을 수립하여 가상 근린개발계획안의 총 개발비용, 친환경 요소기술 투입에 따른 초기투자비용, 비용회수기간, 에너지 효율, 탄소저감량에 대한 추정 등을 수행하였다. 이러한 일련의 과정 및 산출결과는 특정 요소기술의 적용 수준에 따른 비용의 증가 및 이에 따른 탄소저감의 효과를 예측하는데 활용될 수 있다. 특히 산출과정에서 온실가스 배출량을 추산하는 과정을 상세하게 소개하여 관련 연구에 도움을 주고자 하였으며, 우리 실정에 적합하도록 최대한 수정 보완하도록 함으로써 후속연구의 진행에 시사하는 바가 클 것으로 생각된다. 또한 이러한 과정을 상세히 소개하는 것은 각 요소기술의 현재 기술수준을 비교하고 판단할 수 있는 중요한 단초를 제공할 수 있을 것이다. 설계요소의 적용 및 비용효과의 검증은 요소별 온실가스 배출량 추계를 산정하고 도시설계 부문에서 온실가스 감축의 목표 설정 및 실질적 수단을 강구하는데 기초적 정보와 방법론의 적용에 대하여 많은 시사점을 제공하게 된다는 점에서 연구의 의의를 찾을 수 있다.

2. 연구의 한계 및 향후 추진과제

본 연구는 도시의 물리적 환경을 개선하여 친환경성을 강화하기 위한 정부 정책 대안 수립을 지원하기 위한 목적으로 수행되었으며, 보다 구체적으로는 정부에서 추진중인 온실가스 감축 정책에 기여할 수 있는 도시설계 기법을 제시하고 이를 실제적으로 검증하

고자 하였다. 그러나 본 연구는 우리나라 건축 도시설계 분야에서 구체적인 온실가스 감축논의가 이제 시작이라는 현실로 인해 한계를 지니고 있다.

우선 온실가스 감축을 위해 가능한 도시설계 기법을 제시하는데 있어 비용효과를 추정할 수 있는 요소기술이 제한적이라는 점이다. 실제 감축효과를 검증하기 위해서는 요소기술을 적용할 때 비용 상승분이 추산되어야 하고, 온실가스 배출량의 산출과 기술적용으로 인한 감축량이 산출될 수 있어야 한다. 이를 위해서는 기술적용에 따라 추가되는 비용에 대한 산출방법과 배출계수의 적용기준 등이 객관성을 담보하여야 하지만, 이를 만족시키는 요소기술이 많지 않은 실정이다. 보다 많은 요소기술의 적용과 구체적인 비용효과의 검증은 후속연구에서 다루어질 수 있을 것으로 기대한다.

두 번째로는 자료구축의 임의성이다. 자료 수집 과정에서 부문별 통계가 서로 다른 형태로 작성되어 있는 경우가 많고, IPCC에서 제시한 틀을 사용하기 어려운 통계인 경우도 적지 않다. 따라서 연구 진행과정에서 전문가의 자문 및 연구진의 판단에 따라 재가공하여야 하는 경우가 많았다. 그러나 이러한 한계와 시행착오는 진행과정을 상세하게 기술하였기에 후속되는 유사한 연구에 도움을 줄 수 있으리라 생각되며, 향후 해소되어질 수 있을 것으로 판단된다.

세 번째로는 도시설계요소 적용에 따른 요소별 성능 및 인증기준을 구체화 하지 못한 점이다. 성능 및 인증기준이 구체화되기 위해서는 요소기술별로 현재 국내기술수준과 국내외 적용사례, 추가비용 및 온실가스 배출량 등에 대한 종합적인 분석이 필요하다.

본 연구는 근린개발에 있어 온실가스 감축을 가능하도록 하는 도시설계요소에 관한 기초연구의 성격을 갖는다. 실제 근린개발에 있어 온실가스 감축을 위한 도시설계요소 적용이 제대로 이루어지기 위해서는 많은 문제들이 검토되고 실제 도입되어 검증되어지고 시행착오와 수정이 거듭되어야 할 것이다. 이러한 관점에서 향후 몇 가지 방향에서 지속적인 연구가 이루어지기를 기대한다.

첫째는 온실가스 감축을 위한 계획지침의 개발에 관한 것이다. 공간위계별, 개발유형별로 고려되어야 하는 계획요소를 제시하고 실제 계획에 적용하기 위한 지침 마련에 대한 연구이다. 광역도시계획, 도시기본계획, 도시관리계획, 각종 개발계획 등 계획의 수립시에 고려해야 할 도시계획적 요소들을 정리하여 이를 적용하도록 하는 방법에 대한 연구이다.

둘째는 정량적으로 계측가능한 지표들의 개발과 산출방법 및 적용범위 등에 대한 종합적인 연구이다. 구체적인 계획지표와 계획기준을 체계화하고 실제적인 도시개발의 계획 수단으로 활용될 수 있도록 하는 것이다.

셋째는 온실가스 저감에 대한 평가인증 체계의 개발이다. 성능 및 인증기준 마련은 계획안을 평가하고 검증하기 위한 중요한 도구를 확보하는 것으로서, 향후 온실가스 감축을 위한 제반 활동의 기준이 되며, 규제 또는 유인 등의 정부 정책을 수행하는 주요한 평가근거로 활용할 수 있다.

참고문헌

- 고재경 외(2009), 「저탄소 사회 형성을 위한 지역의 실천전략(I)」, 경기개발연구원.
- 국토해양부(2005), 「친환경건축물인증제도 세부지침」, 국토해양부.
- 김병석(2008), 「기후변화에 대한 도시 적응방안에 관한 연구」, 중앙대학교.
- 김세용(2009), 「저탄소 신도시/시범단지 조성방안」, 「저탄소 녹색성장 도시건축 추진 방향 세미나 자료집」, 한국도시설계학회.
- 김진범(2008), 「일본 저탄소사회 만들기 전략과 시사점」, 「국토정책 Brief」, n209, 국토연구원.
- 김해창(2003), 「환경수도 프라이부르크에서 배운다」, 이후.
- 녹색성장위원회(2009), 「국가 온실가스 중기(2020년) 감축목표의 설정방안」, 「녹색성장위원회 6차회의 자료집」, 녹색성장위원회.
- 대전광역시(2007), 「2010 대전광역시 도시 및 주거환경정보 기본계획운영관리지침」, 대전광역시.
- 도시환경연구센터(2008), 「부천시 에코시티 시범사업 기본계획」, 환경부.
- 문기영(2008), 「외국의 기후변화 대응 현황과 정책적 시사점(기획재정부 보도참고자료)」, 기획재정부.
- 문창엽(2007), 「U-Eco City 사업단」, 「한국GIS학회 추계학술대회」, 한국GIS학회, pp.71-100.
- 반영운 외(2008), 「기후변화에 대응한 국토 및 도시개발전략」, 「도시정보」, v318, 대한국토·도시계획학회, pp.3-17.
- 배상환 외(2007), 「초에너지절약 시범주택」, 「지반환경」, v8(3), 한국지반환경공학회, pp.56-61.
- 왕광익(2009), 「저탄소 녹색도시의 국내외 정책 및 계획 사례」, 국토연구원.
- 왕광익(2009), 「저탄소 녹색지향형 도시계획 수립방안 공동연구(착수연심회자료)」, 국토연구원.
- 윤영채(2009), 「지구온난화 방지를 위한 실효적 방안 연구-이산화탄소 감축방안을 중심으로」, 「사회과학연구」, v20(1), 충남대학교 사회과학연구소, pp.85-114.
- 이규인(1998), 「환경적 측면에서의 현 국내 주거단지 지속성 평가연구」, 「대한건축학회논문집」, v 14(8),

- 대한건축학회, pp.3-14.
- 이재준 외(2008), “살고 싶은 도시 실현을 위한 미래도시 정책방향”, 「도시정보」, v332, 대한국토·도시계획학회, pp.3-13.
- 이재준(2008), “친환경적인 생태마을 조성방안”, 「건축」, v52(5), 대한건축학회, pp.42-45.
- 이재준(2009), “저탄소 녹색도시를 위한 도시재생”, 「월간국토」, v332, 국토연구원, pp.26-27.
- 임만택(2006), “지속가능한 발전을 위한 생태환경과 친환경 건축”, 「건축」, v50(3), 대한건축학회, pp.57-64.
- 전병목(2009), “녹색성장을 위한 최근 외국 정책동향”, 한국조세연구원.
- 정무웅(2006), “친환경·생태적 성전 건축의 개념과 실현”, 「사목」, v331, 한국천주교중앙협의회, pp.48-55.
- 정운익 외(2006), 「물순환형 공동주택단지를 위한 생태적 외부공간 조성기술」, 쌍용건설 기술연구소.
- 정종대(2006), 「친환경 주거단지의 계획과 평가」, KSi한국학술정보(주).
- 지식경제부(2008), 「건물에너지 효율등급인증에 관한 규정(고시 제 2008-14호)」, 지식경제부.
- 한국디자인진흥원(2006), 「지자체 디자인행정 매뉴얼-디자인 행정조직 구축을 중심으로」, 한국디자인진흥원.
- 한무영(2008), “적극적인 빗물관리에 의한 기후변화 적응방안”, 「기후변화 대응 물순환 신도시 조성을 위한 분산형 빗물관리 세미나 자료집」, 대한주택공사.
- 황기연(2009), “저탄소 녹색성장 구현을 위한 선제적 국가교통전략”, 「제2회 국정과제 세미나-일자리 창출과 녹색성장 전략 추진을 위한 대토론회 자료집」, 경제·인문사회연구회.
- University of Massachusetts Lowell, “The Benefits of Building Green”, 「Center for Family, Work and Community at UMass Lowell」, <http://www.uml.edu/centers/CFWC>.

A Study on the Urban Design Methods for the Environment-Friendly Neighborhood Development

Yu, Kwang-Heum
 Cho, Sang-Kyu
 Oh, Sung-Hoon
 Sung, Eun-Young

Chapter 1. Purpose and Background

The built environment in a city has been renewed by various constructions from a single building to the development of a new city. In this aspect, the urban planning projects which animately occur in Korea would be a great opportunity to improve the urban structure and urban space and make it more environment-friendly. For instance, the amount of area of the urban development of 687 districts in 2007 is 342,113,451m², and the amount of the area of the urban planning of 3,118 districts is 96,475,914m², which almost is the two-thirds of Seoul's area.

For a long time, there have been a bunch of theoretical discussions and systemic efforts to achieve the environment-friendliness in urban design and architecture, but it hasn't begun to establish a quantitative target or a specific action plan yet in terms of the reduction of greenhouse gas emission. For solving this problem, it is required to quantitate the previous theories and planning methods of the environment-friendliness being appropriate with the new goal, which is the reduction of greenhouse gas emission. Moreover, it is necessary not only to figure out the cost for formulating the method of urban planning which reduces the emission of greenhouse gas, but also to have the support system of policy so that it makes the reduction of greenhouse gas occur voluntarily on the market.

The goal of this study is to reinforce the environment-friendliness on the built environment in a city, and more specifically, to support the constitution of the government policy in terms of the reduction of the greenhouse gas which occurs in a

city. For this goal, we did look at current city planning methods and searched for foreign as well as national precedents based on the environment-friendly neighborhood development's concept and conditions. We were able to find out the environment-friendly city planning indicators from this research, and we intended to suggest the action of supporting policy verifying the cost of applying these indicators and the effect of reduction.

Chapter 2. Theoretical and Policy Background of the Environment-Friendly Neighborhood Development

There have been various discourses about the environment-friendliness, which include; 'Environmentally Sound and Sustainable Development'(ESSD) in Rio de Janeiro Declaration on Environment and Development, 'environment-friendly architecture' realizing the sustainable development, 'eco-architecture and city' complicatedly considering factors such as human, architecture, social community etc., 'U-ECO city' making both high technology and sustainable city, 'Green Growth' meaning the environment as the engine of growth for the future as well as the reduction of greenhouse gas. In conclusion, the discussion about the 'Low Carbon City Development' exists on the extension of the previous environmental sustainability and is important as a practical tool based on measured and a perception of climate change crisis.

The definition/concept of 'neighborhood', which is used in the study, has a little difference in the traditional concept of 'neighborhood' by Howard or Perry. While previous studies tend to focus on either technical developments or design methods on environment-friendly design or plans which are able to realize about specific community planning, this study required 'neighborhood development' to achieve the environment-friendliness in heterogeneous spaces accepting either a single building or a community considering the situation, which approaches the total amount in urban planning. Furthermore, the concept of 'neighborhood' doesn't mean the development in the specific scale, but it represents the development including buildings and the surrounding environment.

The Commission on Framework Convention on Climate Change(FCCC) sets

up total plans for responding to the Korean master plan for climate change in September 2008 and had the vision of “participating in global efforts about the response for climate change and making low-carbon society through green growth.” Also, the Korean government composed the green growth commission and confirmed the law of green growth for integrating separate and individual laws about green growth, and they plan to support ‘low carbon and green growth’ as the Korean government’s main issue in a systemic way by establishing an energy plan and 5 years of green growth. Also, the Ministry of Land, Transportation and Maritime formulated “The Guideline of Devising City Plan for Low Carbon and Green City” in June 2009, and are working on 8 policies and 25 projects such as ‘green home 2 million’ etc..

In foreign cases, understanding that green growth is necessary for the reduction of carbon and the economic activation, and for this, the provision of new infra facilities is crucial, Great Britain legislated the law of planning in November 2008, which is about ‘National Policy Statement’ and ‘Infrastructure Planning Commission’. The strategy of Germany’s green growth focuses on the development and the distribution of renewable energy, and EEG was legislated for producing and selling electricity by wind, solar light and biomass gas. And, local governments try to activate the independence of energy. And, Japan founded ‘the Global Warming Countermeasure Headquarters’ in the Cabinet based on the amendment of “The Law of Promoting Global Warming Countermeasure” in Feb 2005, and the policy responding to global warming in the Minister of Land and Transportation is carried out by the composition of city and region aiming at the urban structure of low carbon. Also, local governments have guidelines for low carbon society by legislating regulations and carry out ‘making a low carbon city’ through selecting low carbon action areas as well as adapting the certification system for green building. Eco-tax/environmental taxes and adaption of clean energy are enforced in the United States. Like this, each nation based on their conditions operates a variety of policies and systems in order to reduce the emission of greenhouse gases in the world. With this situation, the Korean government set up and planned laws and regulations related to green growth, thus, the field of architecture and urban design should prepare for practical actions/plans about the reduction of greenhouse gas, which is a new national

paradigm.

Chapter 3. Domestic and Foreign Case Studies

We investigated four foreign cases, which are Masdar City in UAE, BedZED in Britain, Riem in Germany, Hammarby Sjostad in Sweden and four domestic cases, which are Tongtan 2nd new city, Gumdan new city, Tangjeong new city and complexcity focused on administration. We also estimated architecture cases such as, Sekisui House in Japan, Zero-Carbon House, 3 Liter House, and Green Home Zero House in Korea.

After summarizing the foreign cases, we came to the following conclusions; ① decreasing the use of fuel by mixed use planning and the proximity between office and house, ② animating public transportation and a car-pooling program and diminishing the possession of vehicles, ③ there are a university and research institutes in the case of Masdar City in UAE, and manufacture industry and green industry by exhibitions, ④ effective energy reduction by adapting various passive solar system, and ⑤ the adaption of various renewable energy resources considering local characteristics.

Summarizing the domestic cases, new cities that have been planned recently have the following: ① the urban structure for reducing carbon emission by mixed use planning and transportation system oriented to public transportation, ② but they need to have a car-pool and car-sharing program to reduce the usage of vehicles, ③ there is a research about high technology industries by research and development ventures in districts in new cities, ④ buildings reduce the use of energy by installing high performance insulation and keeping the buildings airtight, and ⑤ currently accommodating solar heat and light, also considering biomass and combined heat and power plants.

Chapter 4. The Evaluation of Environmental-Friendly Urban Design Indicators Considering the Reduction of Greenhouse Gas

Synthesizing not only foreign and domestic cases but also researches on

written materials, we are able to select urban design indicators on environment-friendly land use, green transportation, energy saving buildings, and the circulation system of water. The environment-friendly land use is the element that composes the neighborhood development in environment-friendly way and it could be categorized into several strategies, such as the consideration of micro-climate, the development of nature-adapted and mixed use development. Green transportation would be realized by the strategy for restraining the usage of vehicles in a city: the activation of pedestrians and bicycles, planning the invigoration of public transportation, and the plan of parking in environmental-friendly areas. Next, an energy-saving building that has a goal to regulate the energy use about cooling and heating system, for this purpose, has high performance thermal insulation and airtight, green walls, green roofs, and the management system of a building. Renewable energy is composed with solar heat and light, the earth heat, wind plant etc. instead of electricity and heat energy. Lastly, the circulation system of water is focused on the reduction of water usage in a city both by the usage of stormwater and rainwater and by permeable cover.

To transfer these urban design indicators to the method of low-carbon city design for decline in greenhouse gas, it is necessary to comprehend the relationship between energy consumption in a building and a city, and the characteristic of greenhouse gas emission. For this, the study analyzed the characteristics of greenhouse gas emission on a building and vehicle usage by implementing resources, such as the total amount of energy in the Ministry of Knowledge Economy in 2008 and IPCC carbon conversion coefficient. According to the result of the analysis, the greenhouse gas emission by heat energy is charged as 34% in building and city, which is the highest proportion. Next, electricity takes a charge in 31%, and the usage of personal vehicle is 22%.

From the result of the analysis, it is concluded that elements related to energy saving building and renewable energy should have a priority in applying urban design elements for the reduction of greenhouse gas, however, we should recognize that there are limited conditions in accordance with individual technology of renewable energy. For instance, a solar heating system is difficult to apply in Korean urban environment concentrating on high dense apartments, and wind, plant and earth

heat pump systems have very specific conditions about a location. Since these elements have high investment costs, incentive systems are crucial to mitigate the economic burden.

Next, environment-friendly land use and green transportation are important, however, urban design indicators related to high dense development are not appropriate in Korea because Korean cities have evolved through super dense urbanization. Mixed development on the node of public transportation is strategically needed in a relation to high density. Last, the connection between non-physical energy saving policies and physical urban design elements is indispensable.

Electronic energy consumption, which is mainly charged in the emission of greenhouse gas in buildings, is caused by the use of electronic products rather than heating and cooling system. A carpool and car sharing program could be effective with low cost in the emission of greenhouse gas in a city.

Chapter 5. Cost and Effectiveness of Environment-Friendly Development

It is significant to prepare for evidence about cost-effectiveness for conducting the environment-friendly neighborhood development, and, for this, we assumed a 500,000 m² neighborhood development and analyzed the cost-effectiveness about environment-friendly urban design indicators.

The assumed site for the neighborhood development is the virtual mixed-use development, which is about 2,140 residents and 856 households. The location for this simulation is a complex area that has nature factors like water and space within regular urban environment, and it not only includes housings, but also public facilities and commercial functions. The goal of saving for energy consumption in an imaginary planing is 100% in single-attached housings, road and parks, plus that is 10% in townhouses, apartment housings, neighborhood community facilities, religion facilities, and about 20% of public facilities.

With this goal, it is predicted that the increase of 13% in construction cost when environment-friendly urban design elements are implemented, and the anticipation of greenhouse gas reduction is 45%(annual 15,821 COt). The economic

effect from energy saving and the right of greenhouse gas emission rights is 3.9 billion Won in one year.

We expect that the result from this analysis is able to be quantitative standards when policies about low carbon neighborhood development are being made.

Chapter 6. The Plan of Supporting Policies for Realizing Environment-Friendly Neighborhood Development

We selected several implications contingent on both the search of current foreign and domestic policies, systems and precedents of policies for encouraging environment-friendly neighborhood development. The basic keys for the success of the environment-friendly neighborhood development are strategic goals, various and suitable incentives, and government support policies.

Many countries operate a variety of systems for increasing the energy efficiency and reducing the carbon emission from the motivation of reacting to climate change. The incentive application method would be categorized into structural method and financial method based on the way of operation. There are structural methods : ① Density Bonuses, ② Expedited and Fast Track Permitting, ③ Conditioning of the sale of publicly-owned land, ④ Marketing for Sale, ⑤ Logo Certification, ⑥ Free Technical Assistance. Financial methods include ① Planning and Design Grants, ② Low-Interest Financing, ③ Low-Interest Financing, ④ Matching Grants, ⑤ Awards, ⑥ Reduced Permit Fees or "feebates".

There are also general methods for stimulating the reduction of greenhouse gas emission: ① The Emissions Trading Scheme (countries or companies can sell and buy the allowance of carbon emissions), ② Clean Development Mechanism, CDM (industrialized countries with a greenhouse gas reduction commitment to invest in ventures that reduce emissions in developing countries as an alternative to more expensive emission reductions in their own countries) ③ Carbon market and Carbon fund (carbon emission trading based on the emission trading scheme and CDM), ④ Eco-mileage (providing carbon mileage or products for low carbon with persons or organizations which successfully decline the emission of greenhouse gas).

Korea has several certifications involved in realizing these incentive policies:

Green Building Certification Criteria(GBCC), Building Energy Performance Standard, Building Retrofit Project. The United States has LEED-ND, LEED-NC, Cascadia Scorecard, and Great Britain has BREEAM-communities, SEEDA Checklist. Also, Japan has CASBEE-UD, and Australia has VicUrban Masterplanned Community Assessment Tool.

Chapter 7. Conclusion

The Korean Government erects the national goal to decrease the emission of greenhouse gas as 30%, and will drive forward the comprehensive policy such as the green of the building, city, transportation, energy efficiency, green jobs and green man power. While the reduction of greenhouse gas evokes several concerns such as the depression of business and the drastic change, it is time actively to solve the problem by practical plans regarding the tendency of the global reduction of greenhouse gas and the concentered will of the Korean government. It is the beginning that urban design explains and considers the reduction of greenhouse gas, and more researches and practical applications are required. With this point, this study would find out the meaningful conclusion on the same line with previous studies.

First, this study made an effort both to discuss a variety of concepts and to figure out characteristics such as sustainable development, eco-architecture, low-carbon development, focusing on new goal, the reduction of greenhouse gas emission.

Second, this study analyzed urban design methods for the reduction of greenhouse gas emission and examined the potential factors, which have quantitative characteristics and will be the clue for following researches.

Third, this study simulated neighborhood development by applying the urban design indicators which we mentioned as having a potential to reduce the emission of greenhouse gas. This simulation also evaluated the total cost of development, the initial cost by adaption of environment-friendly indicators, the period of withdrawal cost, energy efficiency, and the amount of carbon reduction etc.

However, this study has its limitations due to the fact that specific discourse about the reduction of greenhouse gas has just started in Korean urban design field.

There are limited elements because of the lack of quantitative characteristics suggesting the urban design method of greenhouse gas reduction. During collecting sources, we recognized there were conflicting forms in partial statics, some frameworks by IPCC were impossible to use, and the function of elements and the standard of certification are not clear.

It is necessary to investigate many problems and to have a feedback process when practically adapting with test-error and modification in order to execute the urban design indicators for the reduction of greenhouse gas in neighborhood development. In this point, this study is the fundamental research in relation to the urban design elements which makes the reduction of greenhouse gas possible in neighborhood development. It is demanded that we would study the planning guidelines on greenhouse gas reduction, specific planning factors and planning standards as practical tools for urban development, the development of evaluation and certification about greenhouse gas reduction etc.

Keywords: Environment-friendliness, Neighborhood development, The reduction of greenhouse gas emission, Urban design indicators, Low-carbon, Cost-effectiveness

부록 1. 고강지구 에코시티 시범사업 사례연구

1. 고강지구 에코시티 시범사업 개요
2. 저탄소 녹색주거단지 조성 지침 작성
3. 환경기반을 활용한 녹색일자리 창출 구상
4. 고강지구 에코시티 사례의 시사점

고강지구 에코시티 시범사업은 기존의 정성적 친환경 계획 지표를 다양한 분석 기법과 결합하여 온실가스 배출 지표화하는 과정과 원리를 잘 보여주며, 또한 녹색 일자리 창출 등과 같이 주민과 함께하는 지속가능한 저탄소 도시설계의 원리를 적용한 선도적 사례로서 저탄소 도시설계 기법의 핵심 요소를 도출할 수 있는 수범 사례라고 할 수 있다. 본 부록에서는 고강지구 에코시티 시범사업의 핵심 내용 및 시사점을 검토해보고자 한다.

1. 고강지구 에코시티 시범사업 개요

1) 계획의 배경

① 사업의 목적

에코시티 시범사업은 2006년부터 환경부가 지원하는 시범정책사업으로 개발이 용이하지 않은 환경규제지역에서 환경보전과 경제활성화를 동시에 도모하기 위해 상수원보호구역의 규제를 받는 가평군을 대상으로 처음 추진했다. 이 사업은 지속가능한 도시발전을 추구하되 현 시점에서 도시환경 문제해결의 핵심이슈인 저탄소 환경기반을 구축하는데 주력하는 계획지원 사업이며, 저탄소 환경기반을 바탕으로 녹색일자리 창출, 녹색문화 및 지역공동체의 활성화를 이루기 위해 지역사회의 참여를 적극 유도하는 주민 자발적 계획을 측면에서 지원하는 사업이다.

부천고강지구는 김포공항 비행기 이착륙으로 인한 건축고도 제한으로 도시개발에 애로를 겪어 왔고, 또한 항공기 소음, 녹지부족, 건물노후화 등 주거환경도 열악한 지역으로, 이러한 환경을 개선하는 동시에 저탄소 녹색도시 기반을 구축할 목적으로 부천시에서 환경부 에코시티사업을 지원하여 선정되었다. 또한 경기도에서 추진하는 뉴타운사업지구(도시재정비촉진지구)로 지정되어 도시재생과 함께 생태환경 창출, 생태복원, 자원순환 및 에너지 자립 등 저탄소 녹색도시 방식을 전면 도입하고 여기에서 조성될 환경기반을 적극 활용하여 친환경 일자리를 창출하자는 취지에서 시작되었다.

본 계획은 환경과 경제가 공존하면서 지역의 문화와 공동체 활기를 재창출하는 새로운 도시개발 모델을 만드는 것이 목적으로 도시재생사업 현장에서 환경성, 경제기획, 주민 참여, 지역문화계승 등이 실현된 지속가능한 도시만들기의 모델로써 파급효과가 기대된다.



[그림 부록 1-1] 에코시티계획의 목적

② 계획의 범위

부천시 오정구 고강동, 원종동, 은행단지 일원을 대상으로 계획수립 기준연도는 2007년, 사업완료 목표연도는 2020년으로 계획하고, 2008년에 수립된 에코시티 기본계획은 에코시티 비전과 기본구상, 에코시티 핵심사업 선정과 핵심사업계획, 핵심사업의 경제·사회적 타당성 검토, 핵심사업 추진계획 등이다. 그리고 2009년의 에코시티 상세계획에는 저탄소 환경설계 지표개발, 생태주거단지 계획목표·분야지표 설정, 지표별 친환경 설계기준 제시를 포함한다.



[그림 부록 1-2] 고강지구 에코타운 위치

고강지구에 적용가능한 저탄소 환경설계의 상세계획으로는 에너지절감 및 에너지자립 촉진계획 작성, 에너지 수급분석에 의한 신재생에너지 도입 실행계획, 단지발생 수자원, 폐기물 등 자원순환 실행계획, 보행, 자전거 등 녹색교통 및 대중교통의 도입 적용, 기반시설로서 유비쿼터스 기능 도입방안 검토, 단지별 생태녹화에 대한 상세계획, 저탄소 실현을 위한 생태건축 실천계획이 있다.

그리고 사업지구 기후환경 조사 및 분석, 도시기후지도 작성, 미기후 시뮬레이션 분석, 기후생태기반 조성, 세부바람통로계획, 열섬차단벨트 계획, 도시기후 오아시스 및 냉기저류대 계획, 열섬방지를 위한 단지배치계획 및 건축계획에 대한 지침이 있다.

2) 계획수립의 추진체계

에코시티 계획수립을 위하여 2007년 10월부터 2009년 11월까지 1년간에 걸쳐 환경부 협의회, 부천실무협의회, 주민참여계획포럼, 자문회의단을 구성하여 운영했다. 환경부협의회는 주요 계획사항과 사업과제를 결정하는 협의체로서 환경부, 부천시, 연구진, 자문그룹

등이 참여하였다. 그리고 부천실무협의회는 기본구상 및 핵심사업안을 선정하고 기술적 검토를 시행하는 현장협의체로서 부천공무원, 뉴타운개발계획 담당 엔지니어, 연구진 그리고 마스터플래너(MP)가 참여하였으며 상세계획 및 공원프로그램, 친환경일자리 창출을 위한 사업들의 내용을 유기적으로 연계하고 공원 및 생태건축 리모델링팀이 실무자와의 의견교환을 위한 총괄실무협의회를 운영하고 있다. 고강지구는 MP(Master Planner)⁵⁹⁾제도에 의해 재정비촉진계획을 수립하도록 되어 있어 MP회의를 현장협의체로 운영하였고, 여기에 관련 실무진이 참여하여 개발계획과 본 계획이 긴밀히 연계되도록 조정하고 있다.

주민참여계획포럼은 다양한 지역주민 의견을 수렴하고, 주민재정착률을 높이기 위한 친환경일자리 창출, 에코시티 운영프로그램 작성과정에 직접 아이디어를 개발하여 반영하도록 구성된 개방형 주민계획 포럼이며, 본 계획과정 중에 ‘고리울 에코시지기’(www.ecogogang.org)로 발전하여 향후 에코시티 조성과정 모니터링은 물론 프로그램 개발 및 운영에 직접 참여하기로 합의하였다.

2. 저탄소 녹색주거단지 조성 지침 작성

1) 저탄소 환경계획의 도입

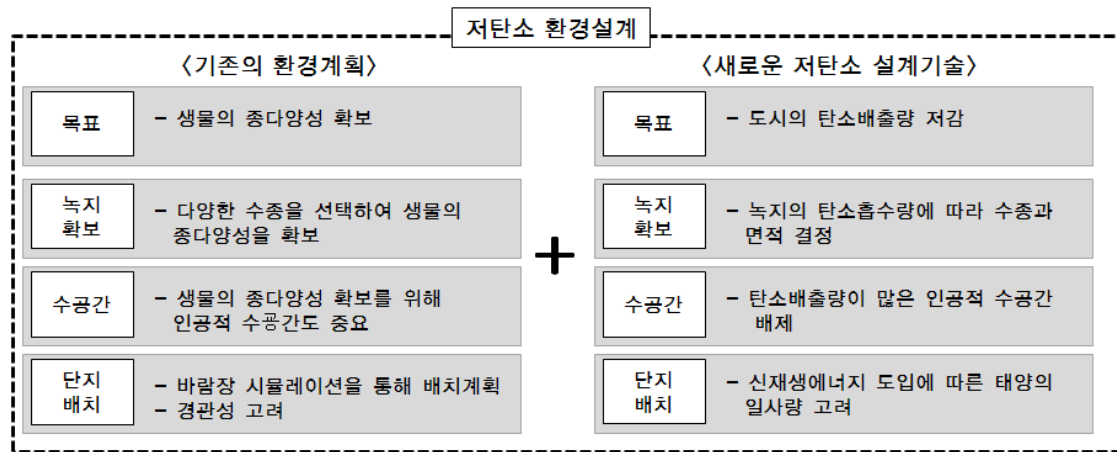
① 저탄소 환경계획의 개념

도시는 탄소가 배출되는 공간단위로서, 탄소저감의 핵심인 시민, 기업 등의 활동이 이루어지는 공간이 도시이며, 도시라는 공간을 바탕으로 탄소배출이 이루어지고 있다. 도시 내 주거용지, 산업용지, 도로 등 각 토지용도별로 탄소배출의 특성이 상이하므로 각각의 특성에 맞추어 탄소저감계획이 가능하다. 도시 또는 사업지구별로 특성에 맞는 탄소저감계획을 수립하고 이를 통해 얻을 수 있는 효과를 탄소저감량으로 확인할 수 있다면 향후 추진되는 저탄소정책이 탄력을 받을 것으로 판단된다.

도시 또는 사업지구별로 수립되는 저탄소 녹색계획을 ‘저탄소 환경계획’으로 규정하고 있다. 저탄소 환경계획은 저탄소 녹색도시 조성을 목표로 에너지절감 내지 생태적 도시계획이나 설계기법을 통하여 도시구조에서 발생할 수 있는 탄소를 저감하고 주민들의 적극적 참

59) MP(Master Planner)제도는 신도시 및 뉴타운개발사업 등의 경우 전문가를 MP위원으로 위촉하여 기본계획에서 건설에 이르기까지 전과정을 관라감독하게 하는 제도

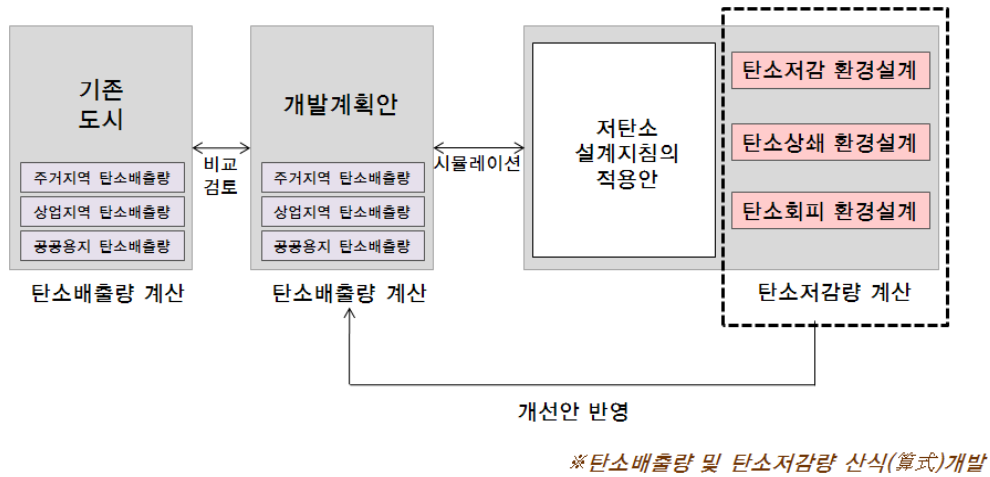
여를 이끌어내는 것이 목표이다. 기존의 환경계획과 저탄소 환경계획의 차이점을 살펴보면 기존의 환경계획의 목표가 생물의 종다양성 확보였다면 ‘저탄소 환경설계’는 여기에 덧붙여 도시의 탄소배출량 저감을 최종 목표로 하고 있다. 녹지확보의 경우 기존의 환경계획이 다양한 수종을 선택하여 생물의 종다양성을 확보하는 것이었다면 ‘저탄소 환경설계’는 여기에 덧붙여 녹지의 탄소흡수량까지 고려하고 있다. 수공간은 기존의 환경계획에서는 인공적 수공간도 중요하였으나 ‘저탄소 환경설계’에서는 탄소배출량이 많은 인공적 수공간을 배제하고 있다. 더불어 단지배치에 있어서 기존의 환경계획은 바람장 시뮬레이션을 통한 배치계획이나 경관성 등을 고려하였다면 ‘저탄소 환경설계’는 여기에 덧붙여 신재생에너지 도입에 따른 태양의 일사량까지도 고려하고 있다.



[그림 부록 1-3] 고강지구 에코시티 시범사업의 기본 개념

② 저탄소 환경계획의 적용

저탄소 환경계획을 실제 부천고강 뉴타운 사업지구에 적용하여 기존도시의 탄소배출량을 계산하고 개발계획안의 탄소배출량을 계산하여 비교검토 후, 저탄소 설계지침을 적용하여 탄소를 저감하는 녹색주거단지를 조성하고 있다. 이와 관련되어 기존도시와 개발계획상의 탄소배출량은 주거지역, 상업지역, 공공용지 등 토지이용별로 계산하여야 하며 저탄소 설계지침을 적용하여 탄소배출을 줄이고 실제 탄소저감량을 계산하여 이를 다시 개발계획안에 반영시키는 과정을 거치고 있다. 아울러 실제 사업지구에 적용할 경우 저탄소 환경설계는 탄소저감, 탄소상쇄, 탄소회피를 위한 설계기법으로 구분한다.



[그림 부록 1-4] 고강지구 에코시티에 적용된 저탄소 환경설계 체계

③ 저탄소 녹색단지 조성지표의 설정

사업구역별 제시될 저탄소 녹색단지 조성지침은 생태녹지, 저탄소 환경조성, 에너지 절감, 신재생에너지 도입, 자원순환, 오염예방, 어메니티 향상으로 구분되며 단지 내 건축물 배치를 통해 에너지를 절감하는 설계기법으로 바람장 시뮬레이션 및 열환경분석을 통하여 단지 내 건축물 배치를 조정하여 여름의 열섬현상을 방지하고 외부 온도를 낮추어 에너지를 절감한다.

[표 부록 1-1] 저탄소 녹색단지 조성 지표

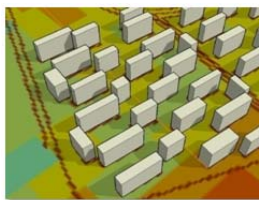
대분류	중분류	소분류
생태녹지	생태면적률	생태면적률
	생태녹화	생물서식처조성
	생태망구성	생활권-단지생태네트워크 구축
저탄소환경조성	단지녹화	탄소흡수림 조성
	공원, 녹지조성	탄소흡수림 조성
	미기후관리	바람통로 열환경관리
에너지절감	공동주택외피 시스템	창호시스템
		옥상·벽면녹화
		단열
		환기시스템
	조명	LED조명
신·재생에너지도입	재생에너지도입	녹색교통
		자전거도로 설치
		자전거 플랫폼 설치
		단지내 교통
		단지내 진출입구 조정
신·재생에너지도입	재생에너지도입	태양광발전 및 공급설비
		태양열 집열 및 열공급설비
		지열 지하층 확보 및 지열회수시스템

대분류	중분류	소분류
자원순환	수공간	실개천조성
	우수	우수저류 및 침투시설
		우수재활용
	중수	상업업무시설 중수체계 공공시설중수체계
	자연수	자연용출수 활용
오염예방	생활폐기물 재활용	생활쓰레기 분리수거
		완충녹지설치
	소음·진동	항공기 소음저감 주택외피시스템
		교통정온화구간지정
		차량속도저감시설설치
어메니티 향상	교통정온화	차도·바닥포장재료 재질
	자연체험공간	환경교육거점 설치
	도시경관과 자연경관조 화	통경축 확보 건물의 형태 및 색채
	생태문화공간	녹도를 중심으로한 생태문화디자인

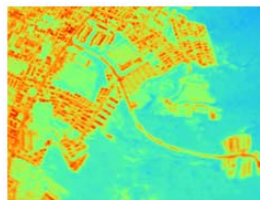
④ 저탄소 녹색단지 지표 적용방안

□ 탄소저감 환경계획 지표의 적용

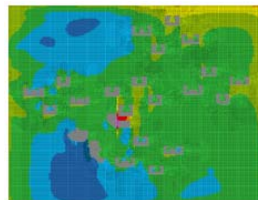
공동주택의 외피시스템을 도입하여 에너지사용량을 절감하기 위해 옥상벽면녹화, 환기시스템, 창호시스템을 도입하여 공동주택의 에너지사용량을 절감하여 탄소배출량을 줄인다. 이와 함께 탄소저감을 위한 주민행동계획지침으로 가족과 함께 탄소 다이어트 가계부 작성을 통해 친환경 생활실천, 각 가정에서 에너지, 물소비절약, 쓰레기 절감운동을 실시하고 친환경적 소비패턴을 창출, 환경공동체 교육, 훈련 등을 통해 친환경 도시환경에 기여하고 있다.



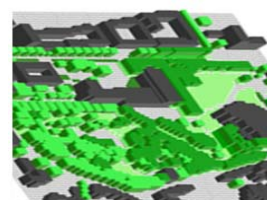
3차원 열환경정보조사



열적외 영상촬영



3차원 열환경 모델링



3차원 열환경정보지도

[그림 부록 1-5] 바람길 활용을 통한 탄소저감 환경설계

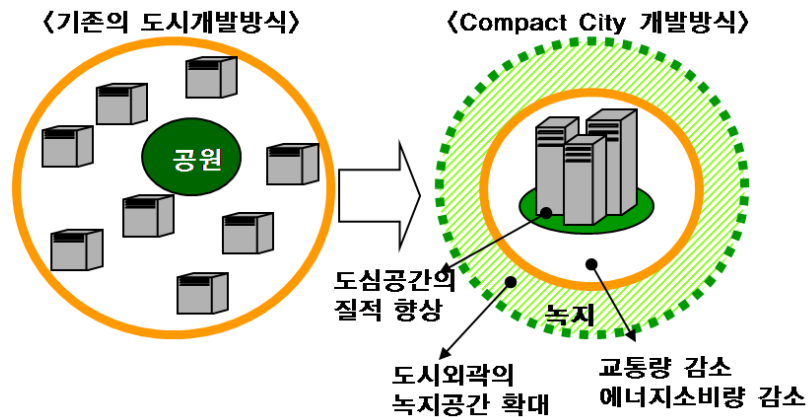
□ 탄소상쇄 환경설계

탄소상쇄를 위하여 공원계획을 통해 공원은 물론 녹도 등을 조성하여 녹지면적을 확

대하고, 수종별 탄소상쇄지표를 활용하여 적절한 수종을 선택하여야 한다. 단지 내 조경 등 민간부분에 일정비율 이상의 조경식재를 하도록 지침을 제시하거나 유도지구단위계획 또는 건축기준을 활용하여 용적률 등에서 인센티브 제공, 민간조경부분에서도 탄소상쇄효과가 큰 수종을 선택할 수 있도록 하여 민간의 조경식재 비율이 상향되게 유도한다. 더불어 습지 등에 식재된 갈대 및 수생식물(갈대, 수생식물 $3.6\text{kg}/\text{m}^2$)과 식물플랑크톤($0.5\text{kg}/\text{m}^2$)의 광합성 작용으로 탄소상쇄효과 기대할 수 있으므로 생태연못 및 습지계획을 실시한다.

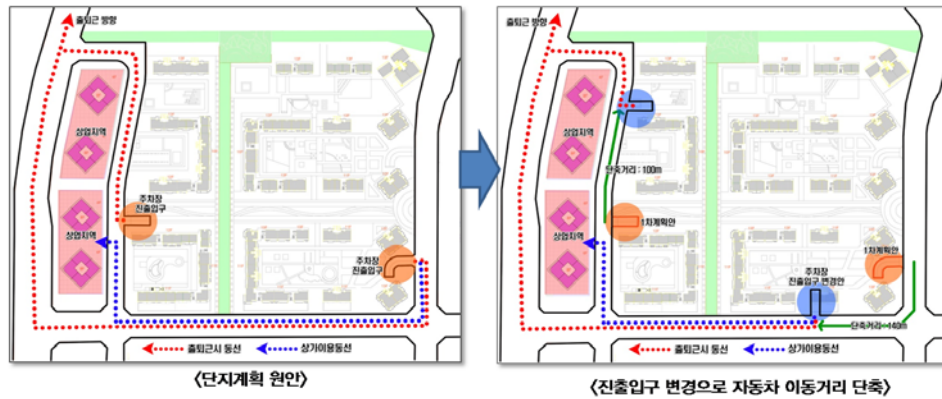
□ 탄소회피 환경설계

교통계획을 통해 대중교통분담률을 높여 탄소배출을 회피하는 방안도입하며 특히 대중교통분담률을 높였을 경우는 자동차의 평균운행거리를 단축하는 효과가 있어 탄소배출을 회피할 수 있다. 또한 토지이용계획을 통해 직주근접배치를 유도하고 고밀집적형 개발방식을 통해 자동차 이동거리를 단축하여 탄소배출을 회피할 수 있는데, 도시 내 산업 및 상업 시설과 주거지를 근접배치하여 자동차이용률을 낮추고, 고밀집적형 개발방식(Compact City)을 도입하여 불필요한 교통수요를 줄임으로써 지역에너지 시스템을 효율화시킨다.



[그림 부록 1-6] 고밀집적형 개발방식을 통해 탄소발생을 회피하는 방안

단지 내 주차장과와 진출입구 위치, 주요 근린시설의 배치 등의 시뮬레이션을 통해 자동차의 이동거리를 단축하여 탄소발생을 회피할 수 있고, 통근, 통학, 생활이용 등을 위해 자동차를 운행할 때 100m의 거리를 단축할 경우 탄소 발생량 500kg을 회피할 수 있다.

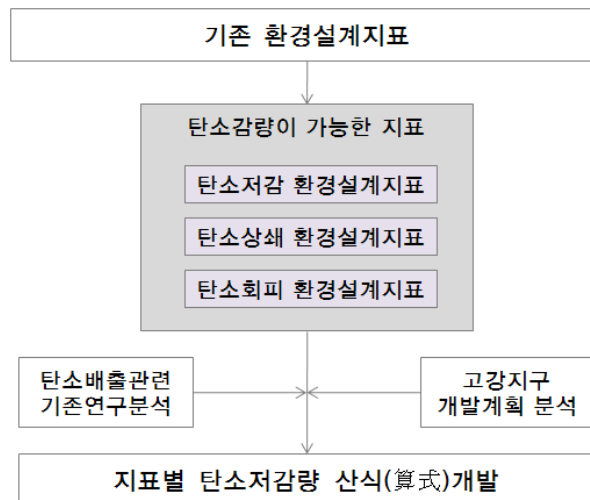


[그림 부록 1-7] 단지 내 도로설계를 통해 탄소발생을 회피하는 방안

2) 계획지표별 탄소배출량 산정방법

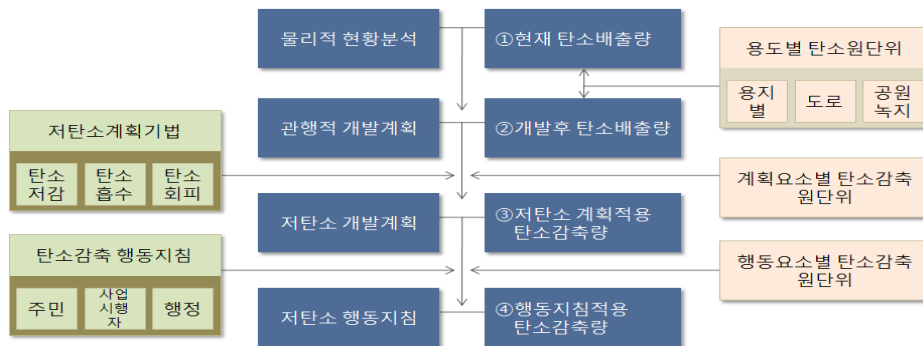
① 탄소배출량 산정 방법

기존의 환경설계지표를 바탕으로 탄소저감이 가능한 지표들을 선정하고 탄소저감, 탄소상쇄, 탄소회피로 구분하고, 탄소배출 관련 기존연구와 고강지구 개발계획을 분석하여 지표와 관련된 탄소저감량 산식(算式)을 개발한다. 현재 고강지구 내 탄소배출량과 개발 후 탄소배출량을 검토하고 저탄소 환경설계를 통해 저감되는 탄소량을 산출할 수 있도록 산식을 개발할 경우 이 탄소저감량 계산은 향후 다양한 저탄소 환경설계가 실현될 수 있는 수단으로 활용하는 것이 가능하다.



[그림 부록 1-8] 저탄소 환경설계지표개발방법

■ 저탄소 녹색도시 계획 프로세스

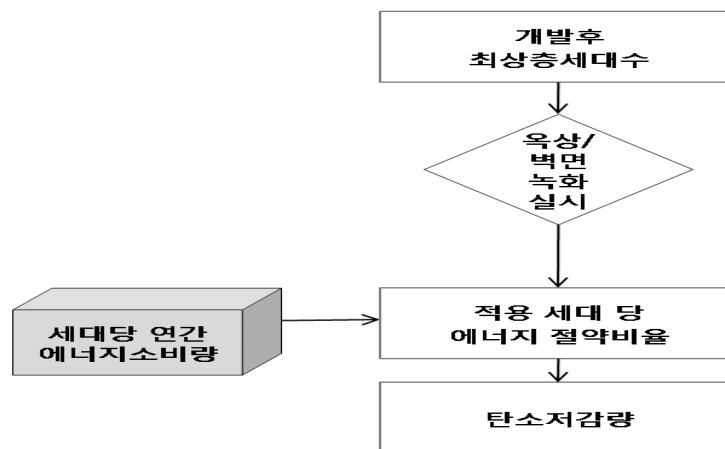


[그림 부록 1-9] 저탄소 녹색도시계획 프로세스

② 탄소저감 계획지표

□ 옥상벽면녹화

건축물 옥상부와 벽면부 녹화를 실시하여 여름철과 겨울철에 최상층 세대 내부의 온도 상승 및 온도 저하를 방지하여 에너지 소비량을 줄이는 것이 가능하다. 구체적으로 옥상 및 벽면녹화 시 여름철에 약 2~3℃ 정도 건물 외부에 비해 내부의 온도가 낮게 나타나며, 옥상 및 벽면녹화 시 건물 냉난방에너지 사용량은 연간 약 16.6% 정도 절감이 가능하고⁶⁰⁾ 세대 당 연간에너지소비량은 12,074kWh로 나타났다.⁶¹⁾



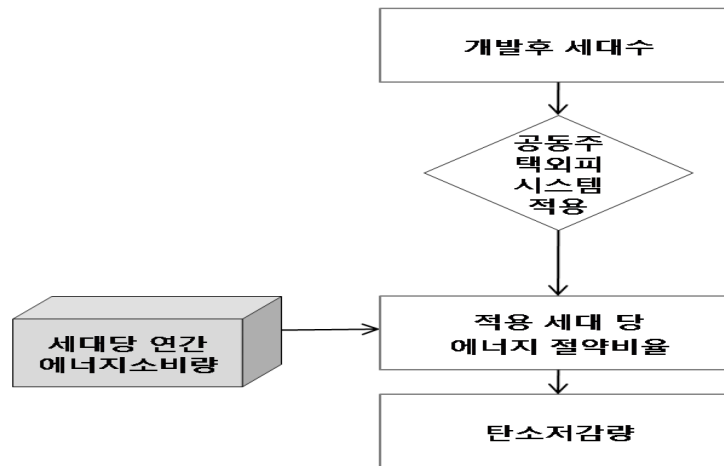
[그림 부록 1-10] 옥상녹화로 인한 탄소저감량 산출방법

60) 정운익·전우태(2006), “물순환형 공동주택단지를 위한 생태적 외부공간 조성기술”, 쌍용건설 기술연구소

61) 25℃ 기준 (에너지경제연구원 통계자료, 2008)

□ 공동주택외피시스템 적용

공동주택외피시스템은 에너지가 밖으로 방출되는 것을 방지하여 에너지를 절감시키는 것으로 친환경 고단열 복합 창호, 이중 외피구조, 고기능성 유리코팅기술, 고단열복합제 커튼월 프레임 등에 의해 복사 및 전도열손실을 제어하는 방식이다. 공동주택에 외피시스템을 적용한다면 일정량 탄소배출량을 저감하는 것이 가능하고, 복층 유리 및 이중창 설치 등의 건축물 외피시스템의 적용 시 냉난방에너지 사용량은 미설치 시에 비해 4% 저감되는 것으로 나타났다.⁶²⁾ 외피시스템 적용 시 여름철에 약 2~3℃ 정도로 건물 외부에 비해 내부의 온도가 낮게 나타나고, 겨울철의 경우 건축물 내부 온도가 18~23℃로 유지된다. 옥상 및 벽면녹화의 경우 건축물의 최상층 세대수만 작용 가능하나, 외피시스템의 경우 옥상 및 벽면녹화에 비하여 에너지 사용량 감소의 폭은 적지만 건축물 전체에 적용할 수 있다는 장점이 있다.



[그림 부록 1-11] 공동주택 외피시스템으로 인한 탄소저감량 산출방법

62) 배상환, 주재휘(2007.9), “초에너지절약 시범주택”, 지반환경 8(3), 한국지반환경공학회



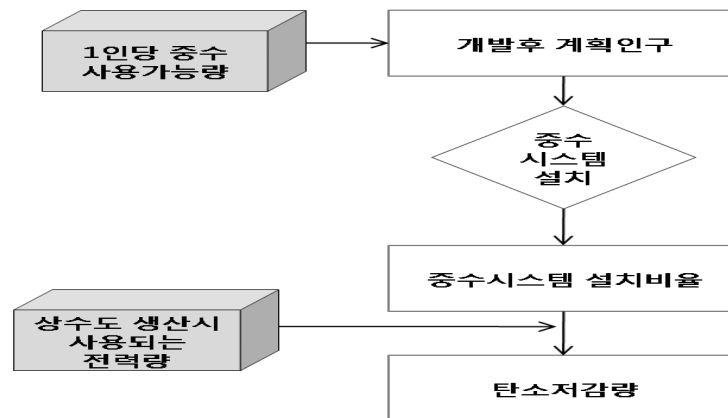
[그림 부록 1-12] 이중 외피



[그림 부록 1-13] 이중 외피

□ 중수활용

중수활용은 조경용수, 분수 및 실개천과 공용 화장실용수로 사용하는 물을 빗물이나 중수도 등을 활용하여 에너지가 많이 필요한 상수의 이용을 최대한 줄이는 방법으로, 상수도 사용이 중수도 및 빗물이용에 비해 물 1m³ 생산·공급 시 에너지 소비량(kwh)이 많으므로 탄소발생량도 많다. 1인당 중수사용가능량은 ‘건축물의 용도별 오수발생량 및 정화조 처리 대상인원 산정기준⁶³⁾’에 따라 1일 오수발생량(공동주택:200 L/인)을 기준으로 사용하며 상수도 생산·공급 시 에너지 소비량(kwh)은 1.8kwh/t⁶⁴⁾로 계산한다.



[그림 부록 1-14] 중수도 사용에 따른 탄소 저감량 산출방법

63) 환경부고시 제2007-178호('07.11.28)기준

64) 한무영(2008), “적극적인 빗물관리에 의한 기후변화 적응방안”, 기후변화 대응 물순환 신도시 조성을 위한 분산형 빗물관리 세미나 자료집, 대한주택공사

[표 부록 1-2] 물 1㎥ 생산·공급시 에너지 소비량(kwh)

구분	전력/톤(kwh)	CO ₂ (Ton)	탄소발생량(Ton C)
상수도	1.8	0.763	0.2081
중수도	1.10	0.466	0.1272
빗물이용시설	0.0012	0.001	0.0001

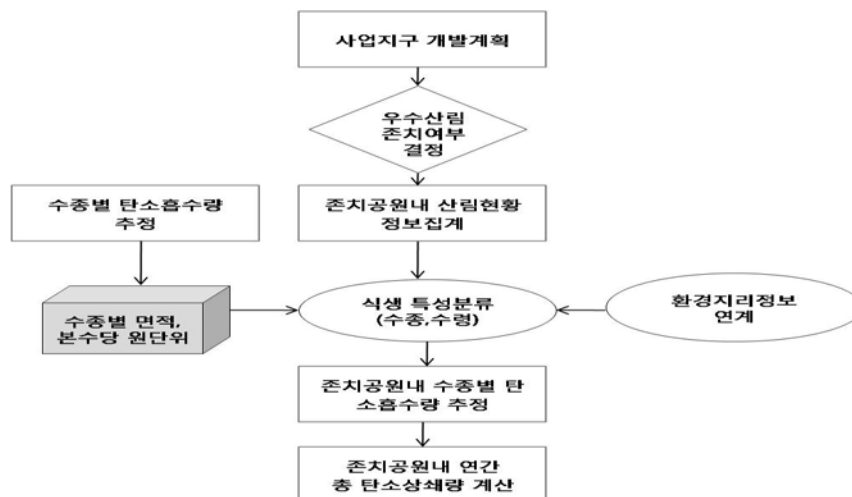
* CO₂발생량 = 전력량×0.424,

* 탄소량 = CO₂×12/44

③ 탄소상쇄(흡수) 계획지표

□ 존치공원 내 수목량 탄소흡수

계획지구 대비 총 탄소배출량을 정량화하고 이를 녹지조성계획 및 기타 탄소저감 대책과 연계하여 탄소 배출량 저감 도시를 조성하기 위해 주요 산림수목에 생장추정식을 적용한 국가 표준연구자료(국립산림과학원)를 활용하여 수종별 년 평균 탄소흡수량을 산정하며, 주요 수목에 생장추정식에 의한 원단위 흡수량을 산정하고 이를 활용한 존치공원 내 총 탄소흡수량을 계산한다. 계획 대상지역인 부천고강 지역에 산림수목에 따른 생장특성에 대한 연구가 이루어져 있지 않아 일부 연구자료를 활용하여 탄소흡수량을 산정하고, 부천고강지구에 연간 관목에 의한 탄소흡수량이 조사되어 있지 않아 2008년 작성된 국립산림과학원에서 제시 중부지방소나무 기준으로 한다.



[그림 부록 1-15] 녹지확충에 따른 탄소상쇄량 산출방법

[표 부록 1-3] 산림수목별 탄소흡수량(ha당 본수)

연평균 ha당 탄소흡수량 (단위: 탄소 톤, tC/ha)													
임령 수종	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
강원지방소나무	2.02	2.13	2.17	2.21	2.21	2.21	2.17	2.17	2.13	2.10	2.06	1.98	1.94
중부지방소나무	1.59	2.10	2.33	2.37	2.33	2.21	2.06	1.94	1.82	1.71	1.59	1.47	1.40
잣나무	2.36	2.56	2.64	2.68	2.68	2.64	2.60	2.56	2.52	2.48	2.41	2.37	2.33
낙엽송	3.09	3.09	3.05	2.92	2.84	2.72	2.64	2.52	2.44	2.36	2.27	2.19	2.11
리기다소나무	2.25	2.37	2.45	2.53	2.57	2.57	2.57	2.57	2.57	2.57	2.57	2.53	2.49
편백	2.06	2.03	2.00	1.96	1.93	1.93	1.90	1.90	1.86	1.86	1.86	1.86	1.83
상수리나무	3.13	3.24	3.30	3.30	3.24	3.13	3.02	2.91	2.75	2.64	2.53	2.42	2.31
신갈나무	4.23	3.95	3.73	3.51	3.34	3.12	2.95	2.84	2.67	2.56	2.45	2.34	2.23

[표 부록 1-4] 산림수목별 탄소흡수량(ha당 본수)

ha당 본수 (단위: 그루/ha)													
임령 수종	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
강원지방소나무	1,063	818	657	545	463	399	350	310	277	249	226	206	188
중부지방소나무	1,648	1,497	1,283	1,082	917	786	684	606	544	496	457	426	401
잣나무	1,294	929	719	589	503	444	403	373	352	336	325	316	310
낙엽송	1,048	716	545	447	388	351	327	312	303	298	295	294	294
리기다소나무	2,144	1,555	1,182	930	753	622	524	447	387	338	298	264	235
편백	1,780	1,542	1,372	1,243	1,141	1,058	989	930	880	836	797	762	731
상수리나무	1,068	976	861	757	666	587	519	460	410	367	330	298	271
신갈나무	2,382	1,793	1,345	1,061	868	731	629	551	490	441	401	368	339

[표 부록 1-5] 산림수목별 탄소흡수량(1000그루당)

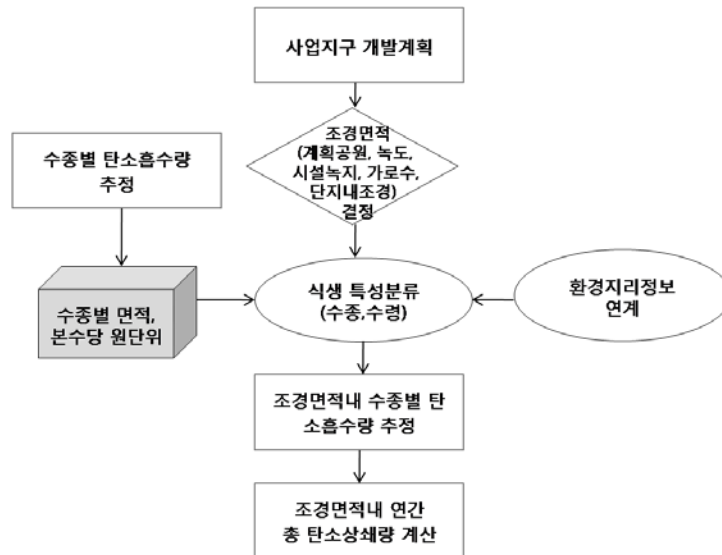
1000그루당 탄소흡수량(tc)													
임령 수종	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
강원지방소나무	1.90	2.60	3.30	4.06	4.77	5.54	6.20	7.00	7.69	8.43	9.12	9.61	10.32
중부지방소나무	0.96	1.40	1.82	2.19	2.54	2.81	3.01	3.20	3.35	3.45	3.48	3.45	3.49
잣나무	1.82	2.76	3.67	4.55	5.33	5.95	6.45	6.86	7.16	7.38	7.42	7.50	7.52
낙엽송	2.95	4.32	5.60	6.53	7.32	7.75	8.07	8.08	8.05	7.92	7.69	7.45	7.18
리기다소나무	1.05	1.52	2.07	2.72	3.41	4.13	4.90	5.75	6.64	7.60	8.62	9.58	10.60
편백	1.16	1.32	1.46	1.58	1.69	1.82	1.92	2.04	2.11	2.22	2.33	2.44	2.50
상수리나무	2.93	3.32	3.83	4.36	4.86	5.33	5.82	6.33	6.71	7.19	7.67	8.12	8.52
신갈나무	1.78	2.20	2.77	3.31	3.85	4.27	4.69	5.15	5.45	5.80	6.11	6.36	6.58

*국립산림과학원 탄소상쇄기준 활용 (2007년 수확표 재 작성에 따른 산정량 반영)

□ 조경수목의 탄소흡수

탄소흡수량이 많은 조경수목을 주로 식재한다면 사업지구 내에서 수목에 의한 탄소흡수량이 증가되는데, 계획공원(녹도 및 시설녹지 포함), 단지 내 조경, 가로수 식재를 포함한

조경수목에 의한 총합을 계산한다. 조경수목의 탄소흡수량은 단지, 공공시설, 가로수 식재로 나누어 조사를 하며, 도시재정비 계획에 의해 계획된 계획본수에 의한 수목별 탄소흡수량 계산이 가능하고 민간부문인 단지 내 조경의 경우에도 권장수종을 정하여 탄소흡수량을 높일 수 있도록 유도한다.



[그림 부록 1-16] 조경 수목에 인한 탄소상쇄량 산출방법

탄소 흡수를 위한 조경식재 본수 당 일년간 탄소상쇄량은 아래 제시된 표와 같다.

[표 부록 1-6] 수종별 탄소 상쇄지표

수 종	연간탄소흡수량 (C ton/year)	비 고	수 종	연간탄소흡수량 (C ton/year)	비 고
느티나무	0.00367	도심수목	소나무	0.00097	산림수목
벚나무	0.00415	도심수목	잣나무	0.00182	산림수목
목련	0.00287	도심수목	낙엽송	0.00295	산림수목
향나무	0.00009	도심수목	리기다소나무	0.00105	산림수목
상수리나무	0.00296	산림수목	신갈나무	0.00178	산림수목
편백	0.00115	산림수목			산림수목

* 도시수목 탄소상쇄표준 수립기초연구(국립산림과학원 국제세미나자료(2009)를 바탕으로 재작성

수종별 특징으로는 활엽수가 침엽수보다는 탄소상쇄효과 높은 것으로 나타났고 경관 수목이 수관폭 성장 등으로 임상을 이루는 용재 수목보다 생장이 뛰어남을 유추할 수 있다. 성장량이 비교적 떨어지고 수목에 가격이 비싼 도심 내 조경수목으로 활용도가 낮은 것으로 판단되는 편백나무, 향나무, 소나무를 제외한 수목에 평균 연간탄소흡수량(C ton/year)은

약 0.00266(C ton/year)으로 나타났고, 조경수목의 1본의 연간탄소흡수량은 산림에서의 수목보다 대부분 높은 것으로 조사됐다.

부천고강지구의 관목에 독립적인 생장 및 과다 수관폭 생장 등을 임상실험을 통해 조사되어있지 않아 소나무, 잣나무 낙엽송, 리기다소나무, 신갈나무의 기준은 산림을 식재를 기준으로 재작성했으며, 조경수목은 도심재정비촉진계획에 의해 새로 조성되는 것을 감안하여 20년생 관목을 기준으로 탄소저감지표를 작성한다.

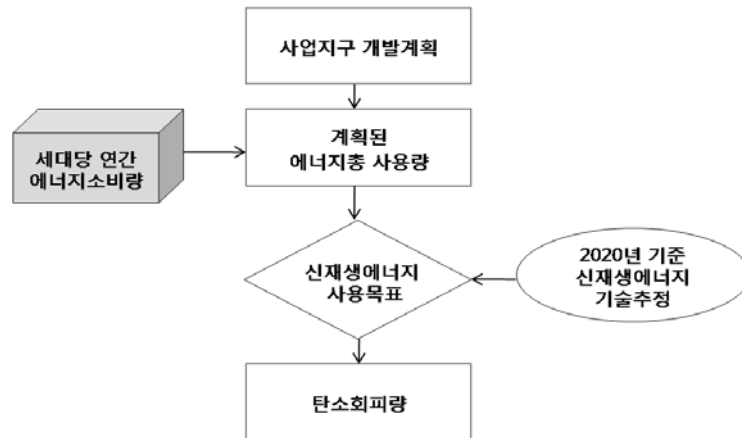
④ 탄소회피 환경설계지표: 신재생에너지, 탄소발생 회피 교통계획

□ 신재생에너지: 태양광, 태양열, 지열 등

현 부천 고강지구의 연간 건축물 총 전력사용량 중 신재생에너지사용 목표치(%)를 활용하여 연간 탄소회피량 산정하는 것이 가능하며, 고강지구에 적용가능한 신재생에너지는 태양광, 태양열, 지열 등으로 분석된다.⁶⁵⁾ 태양광은 미래 친환경에너지로서 무연료, 무공해, 무소음, 무진동의 태양광 발전설비를 지붕 혹은 옥상 및 건물외피 등에 설치하여 직접 전기를 생산·이용하는 것이 가능하다. 태양열은 태양광선의 파동성질을 이용하는 태양에너지 광열학적 이용분야로 태양열의 흡수·저장·열변환 등을 통하여 건물의 냉난방 및 급탕 등에 활용하는 기술이다. 지열은 우리나라에 화산지대가 거의 존재하지 않아 심층지열 이용은 매우 어려운 것으로 나타나고 있으며, 이에 따라 현재는 지하 100~150m 깊이의 지열을 이용하는 시스템의 개발 보급이 점차적으로 활성화되고 있는 상황으로 지열을 이용한 지열냉난방시스템 구축이 가능하다.

연간총전력사용량은 고강지구 개발계획에 따른 세대수와 세대 당 연간에너지소비량(12,074kWh)으로 산출하며 신재생에너지사용목표치(%)는 현재의 신재생에너지 기술수준과 부천 고강지구의 계획 목표연도인 2020년도의 기술수준 및 경제적 타당성을 고려하여 산정하도록 한다.

65) (사)도시환경연구센터(2008), “부천시 에코시티 시범사업 기본계획,” 환경부



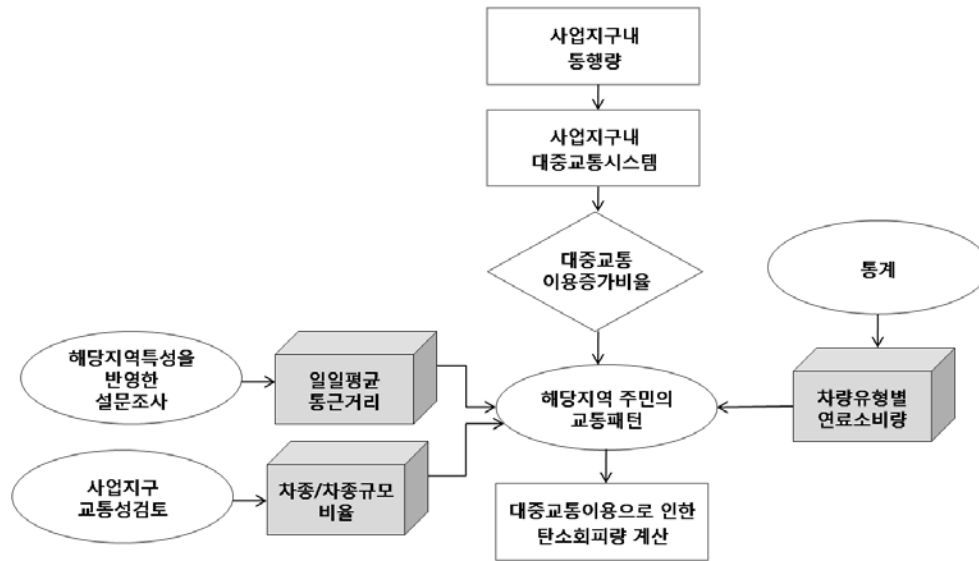
[그림 부록 1-17] 신재생에너지 사용으로 인한 탄소회피량 산출방법

□ 탄소발생 회피 교통계획: 대중교통분담

대중교통분담은 출퇴근 시 자동차를 이용하던 사람들을 대중교통 이용을 유도하여 탄소배출을 회피하는 방안으로 자동차 이용자를 대중교통시스템으로 유도한다면, 자동차 이용으로 배출되던 탄소량을 대중교통을 이용하는 비율만큼 회피하는 효과를 거둘 수 있다.

지역별 특성에 맞는 일일평균통근거리, 통행량, 차종비율, 차량규모비율 등을 산정하는 것이 관건인데, 고강지구의 경우 향후 뉴타운으로 개발될 것을 예상하여 현재 고강지구 주민과 부천시 중동신도시 주민들을 대상으로 일일평균 통근거리, 대중교통이용의향 등에 대한 설문을 실시하였다.⁶⁶⁾ 주거시설을 출발점으로 1일 승용차로 이동하는 통행량은 59,212대로 추정되었으며 특히 통근 시 승용차를 이용하는 비율은 전체 통행량의 41%를 차지하는 것으로 나타났다.

66) 2009년 4월1일~4월 20일 고강지구와 중동신도시에서 1차 설문실시



[그림 부록 1-18] 대중교통이용에 따른 탄소회피량 산출방법

[표 부록 1-7] 장래 수단별 유출입 통행량(계획년도 2021년)

(단위: 통행/일)

구분		승용차	택시	버스	지하철	도보 및 기타	합계
주거시설	통근	25,732	4,284	15,388	12,568	4,836	62,808
	통학	3,900	862	10,734	9,130	11,456	36,082
	기타	9,760	2,426	8,216	7,794	6,550	34,746
	이용	19,820	6,094	14,470	11,290	5,178	56,852
근린생활 시설	상근인구	8,998	1,382	6,558	5,076	3,594	25,608
	이용인구	63,998	13,662	53,188	28,558	102,344	261,750
소 계		132,208	28,710	108,554	74,416	133,958	477,846

* 자료: 고강재정비촉진지구 재정비촉진계획(안) 교통성 검토서(2008)

대중교통이용증가량(%)을 추정하기 위해서 고강지구 현 주민과 부천 중동신도시 주민을 대상으로 설문을 실시하여 자동차이용자들에 대해 뉴타운개발 후 대중교통시스템, 녹색교통에 대해 설명하고 대중교통으로 전환할 의향을 설문하였으며, 교통안전공단의 통계자료에 따라 각각의 비율을 적용하였다.

[표 부록 1-8] 전국 차종 및 규모별 비율

(단위: %)

구분		소형차 (1,500cc미만)	중형차 (2,000cc미만)	대형차 (2,000cc이상)
승용차 (휘발유)	86.3	47.4	41.0	11.5
벤/다목적 (경유)	13.7	0.7	43.8	55.5

* 자료: 교통안전공단, 2006년도 자동차 주행거리 실태조사

차량 유형별 평균 연료소비 비율(km/L)은 통계자료를 적용한다.

[표 부록 1-9] 차량 유형별 평균 연료소비 비율

(단위: %)

구분		가솔린	디젤	LPG
일반승용	소형	12.16	12.16	9.18
	중형(중소형)	9.14	9.14	7.07
	대형	6.32	6.32	5.24
벤/다목적 승용차	소형	-	15.5	-
	중형(중소형)	-	11.3	-
	대형	-	9.8	-
기타	RV	9.95	9.95	6.78
	승합	6.62	6.62	6.72
	화물	6.00	6.00	6.46

* 자료: 에너지경제연구원/교통안전공단, 2006년도 자동차 주행거리 실태조사

연료별 평균연소율과 순발열량 환산치, 탄소배출계수를 적용한다.

[표 부록 1-10] 연료별 평균연소율

(단위: %)

연료구분	연소율
석탄	0.98
원유 및 석유제품	0.99
가스	0.995
발전용 Peat	0.99

* 자료: IPCC 1996년 가이드라인

[표 부록 1-11] TOE 환산표

제품	단위	순발열량		석유환산 계수
		Kcal	MJ환산	
휘발유	L	7,400	31.0	0.74
경유	L	8,450	35.4	0.845
LPG	Nm3	13,800	57.8	1.380

* 자료: 에너지 열량환산기준(에너지 기본법 제5조 제1항관련)

[표 부록 1-12] 탄소배출계수

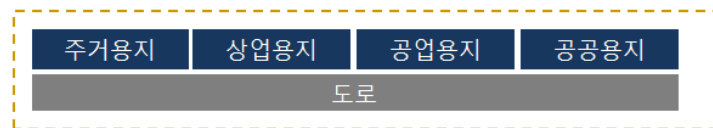
연료구분			탄소배출계수	
			C kg/GJ(열량)	C Ton/TOE(소비량)
액체화석연료	2차연료	휘 발 유	18.90	0.783
		경 유	20.20	0.837
		L P G	17.20	0.713

* 자료: IPCC, 산업자원부 고시(2006)

3) 개발 전후 탄소발생량 추정

① 개발전(현재) 탄소발생량 산정

현재 고강지구의 탄소배출량은? 6만3천 TC(23만 T CO₂)/년



<탄소배출량>

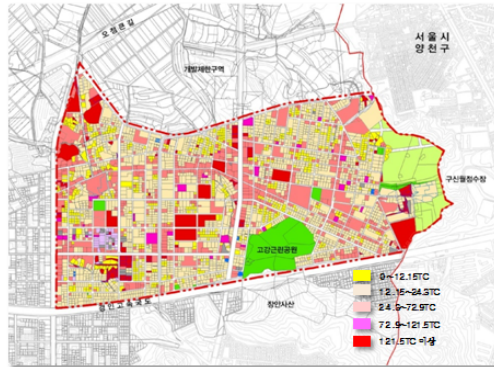
- 토지용도별 탄소배출량 : 42,832.55 TC/year
 - 현재 고강지구의 지적도를 활용하여 용도별 탄소배출원단위와 건축물연면적을 활용하여 탄소 발생량을 산출
- 도로(교통) 분야 탄소배출량 : 20,547.3 TC/year
 - 현재 고강지구의 자동차 보유대수와 자동차의 일일평균통행거리를 기준으로 산출하였음
 - 현재 고강지구 세대수(26,420세대)에 부천시 세대당 자동차 등록대수(0.8대)를 활용하여 산정
 - 경기도 자동차 일일평균통행거리(55.5km/대)

현재 고강지구의 탄소배출량은? 6만3천 TC(23만 T CO₂)/년

〈토지용도별 탄소발생량〉

토지용도별	기준지표 (co2/kg)	건축연면적 (m2)	발생량 (TC)
주거 용도	단독주택	63.30	115,121.70
	공동주택	48.50	1,123,772.00
상업 용도	일반상업	163.40	427,793.30
	중심상업	83.00	40,031.40
공업 용도	공업 및 물류시설	147.00	5,123.10
공공 용도	공공시설	59.60	20,715.70
	교육시설	193.60	32,176.94
기타 용도	기타시설	119.00	37,493.9

*기후변화에 대응한 지속가능한 국토관리 전란, 국토연 지표활용



〈토지용도별 탄소흡수량〉

토지용도별	기준지표 (TC/주)	연면적 (m2)	흡수량 (TC)
공원	0.00266	95995.79	6.64

*공원내 교목식재량은 서울시 근린공원 사례를 조사 평균값을 적용함(관목, 초화류제외) *준치임야지역에 임상은 대부분 침엽혼효림으로 리기다소나무림이 군락을 이루고 있음

토지용도별	기준지표 (TC/ha)	연면적 (m2)	흡수량 (TC)
준치임야	2.25	74,758.75	16.82

뉴타운 개발이후 고강지구의 예상 탄소배출량은? 7만 TC(25만 T CO₂)/년

■ 개발 이후 고강지구의 탄소배출량 계산 : 69,872.7 TC/year (= 256,199.8t co₂)

- 토지이용별 탄소배출량 : 51,106.4 TC/year
- 도로(교통)분야 탄소배출량 : 18,766.6 TC/year
 - 고강지구의 계획 자동차 보유대수와 자동차의 일일평균통행거리를 기준으로 산출하였음
 - 개발후 고강지구 세대수(24,130세대)에 부천시 세대당 자동차 등록대수(0.8대)를 활용하여 산정

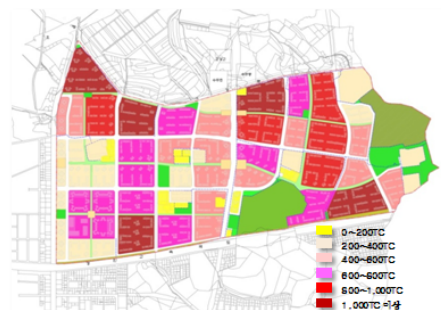
〈토지용도별 탄소발생량〉

토지용도별	기준지표 (co2/kg)	건축연면적 (m2)	발생량 (TC)
주거 용도	공동주택	48.50	1,986,581.52
	단독주택	63.30	115,121.70
상업 용도	일반상업	163.40	427,793.30
	중심상업	83.00	40,031.40
공업 용도	공업 및 물류시설	147.00	5,123.10
공공 용도	공공시설	59.60	20,715.70
	교육시설	193.60	32,176.94
기타 용도	기타시설	119.00	37,493.9

*기후변화에 대응한 지속가능한 국토관리 전란(2009), 국토연 지표활용

〈토지용도별 탄소흡수량〉

토지용도별	지표(TC/주)	연면적(m2)	흡수량(TC)
공원	0.00266	95995.79	11.11



토지용도별	지표(TC/ha)	연면적(m2)	흡수량(TC)
준치임야	2.25	74,758.75	16.82

■ 관행적 방식으로 개발할 경우 탄소배출량약 7천톤 증가

- 인구는 현재 70,959명에서 계획인구는 65,500명으로 약 5,459명 감소
- 주거용지 면적은 약 140,756m² 감소하였으나, 공원녹지 부분이 약 82,082m² 증가
- 건축물 연면적에 있어서는 재정비 계획 수립으로 상업지 및 기타 용도의 건축물 연면적은 줄어들었으나, 주거용도에 있어서는 현재 세대당 15평 미만→ 28평으로 계획하여 공동주택의 건축물 연면적이 늘어났음
- 건축물 연면적은 도시재정비 촉진계획에서 제시된 평균 용적율을 기준으로 건축물 연면적을 추산하였음

탄소저감 계획기법의 도입하며 관행적 개발보다 탄소감축은 30% 이상 달성할 수 있으며, 사업구역(4-5개 블록의 집합)별로 탄소감축량 산정했다.

원중 1B-2,3블록의 탄소감축량?

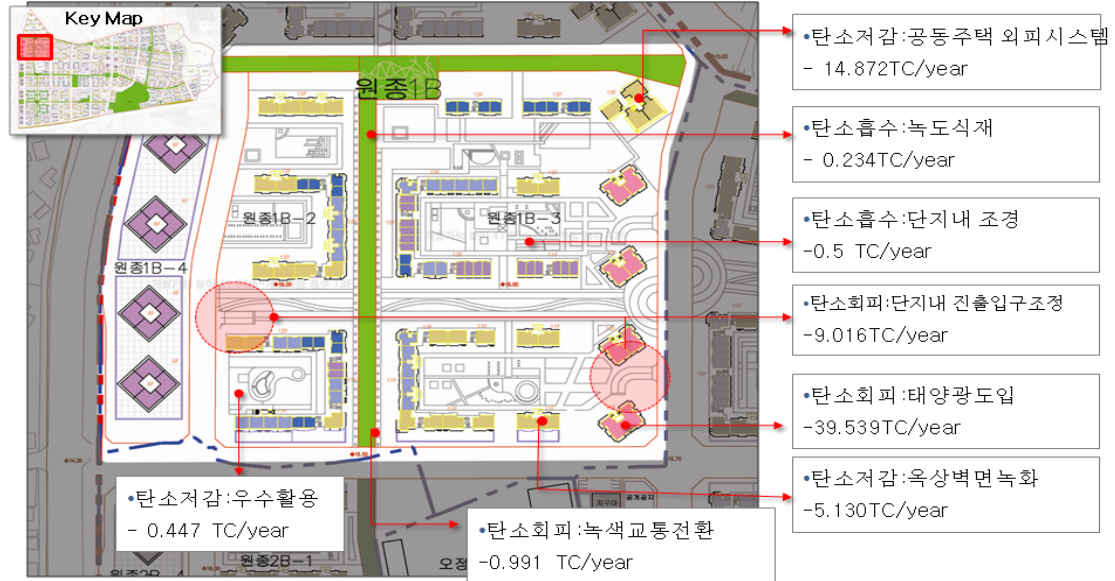
70 TC(259 T CO₂)/년

- 환경상세계획만을 통한 탄소저감효과로 향후 주민행동지침을 통한 에너지절감 등 탄소감축량은 추후에 산정할 예정

구분	원중 1B-2,3블록 도입내용	탄소감축량(TC/year)
탄소저감	옥상벽면녹화	5.130
	공동주택외피시스템	14.872
	우수활용	0.447
탄소흡수	단지내 조경	0.5
	녹도식재	0.234
탄소회피	태양광도입	39.539
	단지내 진출입구조정	9.016
	녹색교통전환	0.991
총계		70.729

원종 1B-2,3블록의 탄소감축량?

70 TC(259 T CO₂)/년



[그림 부록 1-19] 탄소감축기법을 적용한 주거단지 (원종 1B-2,3블록)

[그림 부록 1-20] 탄소감축기법을 적용한 주거단지 (원종 1B-2,3블록)

3. 환경기반을 활용한 녹색일자리 창출 구상

1) 녹색일자리 창출의 방향과 목표

① 친환경 일자리 창출의 기본방향

친환경 일자리 창출의 기본방향으로 ① 현주민의 생업특성과 소득수준을 감안하고 주민 재정착을 제고하기 위해 비록 파트타임일자리라도 생계형 저소득 일자리 창출에 주력하기 ② 주민조직을 사업주체로 육성하되 외부기관과 비즈니스망을 구성하기 ③ 지역에 존재하는 사회적 자본을 최대한 활용한 일자리 아이템을 설정하기 ④ 도시건설 과정의 토목건축공사에서 발생하는 일시적이고 외부인중심 일자리가 아닌 도시건설 이후에도 항구적으로 존재하는 도시소프트 자원을 활용한 주민중심의 일자리를 창출하기이다.

이러한 방향 하에 에코인프라를 활용한 생태서비스를 통해 4,000여개 사회적 일자리(일명 4000職 프로젝트) 창출을 목표로 설정한다. 이러한 일자리 창출과 새롭게 조성될 생태공간의 운영을 담당할 주체로서 지역사회개발 트러스트를 설립하고 향후에는 이것이 사회적 기업의 역할을 하도록 한다.



[그림 부록 1-21] 4000職 프로젝트 구성도

② 생태문화자원 및 소프트자원 활용 일자리창출 구상

친환경 일자리 창출은 사업지구에 부존하거나 새롭게 조성될 생태 및 문화자원을 먼저 활용하고 여기에 소프트자원인 인적자원과 사회자원까지 적극 활용하여 부천시민, 수도권, 더 나아가 전 국민에게 콘텐츠형 서비스를 제공하여 수익창출을 도모하는 사업이다.

[표 부록 1-13] 활용 자원별 일자리창출 프로그램

구 분		운영 프로그램	조성 시설
환경자원 프로젝트	2160 기후시계 프로젝트	-기후변화를 시각·청각·촉각으로 체험 -기후와 문명생활, 기후와 사회문화 등 테마 -기후변화 시뮬레이션, 남극동물과 세종기지 테마 -생활속 에너지 절약 주제 -환경교재, 온난화 테마상품 등을 제조/판매 ** '2160'은 남극 평균 얼음두께 2,160m를 상징	고리울초교 재활용 -스톱온난관 2,500㎡ -공예공방관 1,500㎡
	Eco Bugs Life프로젝트	-유용곤충의 상품화 및 체험학습장 마련 -애완곤충 체험학습관, 교육프로그램, 곤충동호인 미니엑스포	고리울초교 -실내 1,172㎡(355평) -실외 로그하우스 363㎡ (101평)
	물품가재 분양사업	-생태연못 이용 수생식물 재배 및 분양 -물방개경주, 가재기르기 등 생태체험과 판매 -기후공원, 꿈나무강, 올빼미거리 위탁판매소 운영	공원 및 생활가로 -생태연못 6개소(최소 100㎡ 이상) -판매부스 30개소
문화자원 프로젝트	올빼미 스튜디오 및 연관사업	-부천의 만화특화사업 효과 극대화 차원 -올빼미스튜디오(만화인 작업실), 대형만화할인도매점, 인형&피규어숍, 대형할인문구점, 출력&팬시용품점, 만화카페, 아마추어 만화페스티벌 등	고강복지관 리모델링 -올빼미스튜디오 등 총 3,465㎡(1,050평)
인적자원 프로젝트	도시살림꾼 인력송출사업	-전국의 도시시설을 운영하는 인력양성 및 송출 -자전거 등 대여사업, 주민문화제 등 행사대행, 도시브랜드 상품개발, 도시시설 운영대행, 도시홍보 안내 u-city 등 콘텐츠사업, 도시모니터링 등 지식사업, 생태공원 등 시설유지관리사업 등	고강복지관 리모델링 -운영사무실, 교육실 등 약 495㎡(150평)
사회자원 프로젝트	하늘장터 (Eco Free Market)	- 재래시장 및 영세상가 주민들의 재정착 유도 - 아파트형 농장, 취미농업아카데미, 친환경제조업체, 창작스튜디오, 생태문화사업장, 친환경상설전시장, 골목장터(골목식당가) 등 -도시농업의 전시, 체험, 교육, 상담, 교류 -상인대학 설립과 운영 (소상공인 창업교육 및 컨설팅)	고강아파트 단지 재활용 -부지 29,998㎡ (9,090평)

환경자원을 활용하여 2160 기후시계프로젝트, Eco Bugs Life 프로젝트, 물풀가재분양사업을 전개하고, 문화자원으로는 올빼미 스튜디오와 연관된 사업을 펼치며 인적자원으로는 도시살림꾼 인력송출사업을, 사회자원은 하늘장터사업을 실행하는 것으로 계획했다.

위에 언급한 ‘4,000職’ 프로젝트를 통해 2020년까지 새롭게 창출될 일자리는 총 4,270명으로 추산되고, 환경자원을 활용한 3개 프로젝트에서 194명, 문화자원 활용 프로젝트 254명, 인적자원 934명, 사회자원 2,888명의 일자리 창출이 예상된다. 뿐만 아니라 소요될 일자리를 전문성 및 숙련도 정도에서 보면 전문가 608명, 숙련 노동자 1,082명, 비숙련 노동자 2,580명이 필요한 것으로 추정된다.⁶⁷⁾

[표 부록 1-14] 친환경 일자리 창출인원 총괄

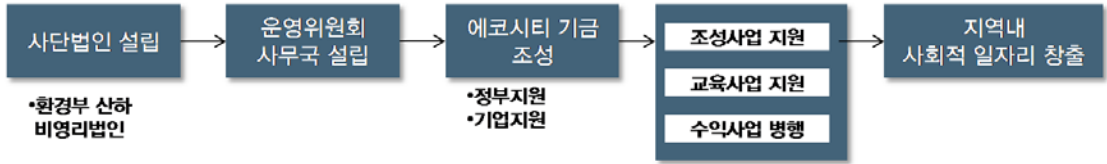
구 분		창출인원				비 고
		전문가	숙련	비숙련	계	
환경자원 프로젝트	2160 기후시계프로젝트	12	3	79	94	환경교재, 캐릭터 상품 등 제조공 방포함
	Eco Bugs Life프로젝트	3	2	30	35	
	물풀가재분양사업	1	1	63	65	
문화자원 프로젝트	올빼미 스튜디오 및 연관사업	50	20	184	254	대형서점, 인형&피규어샵, 할인문 구점, 출력&팬시용품점, 만화카페, 아마추어 만화페스티벌 포함
인적자원 프로젝트	도시살림꾼 인력송출사업	325	16	593	934	
사회자원 프로젝트	하늘장터 (Eco Free Market)	217	1,040	1,631	2,888	식당가, 골목장터, 친환경상품 상 설전시장, 상인대학, 취미농업아카 데미, 체험학습장, 도시농업전시 관, 도시농업 및 친환경업체, 운영 진 포함
총계		608	1,082	2,580	4,270	

③ 일자리 창출 추진계획

친환경 일자리 창출 프로그램을 운영하기 위한 주체로는 주식회사의 형태와 기금조성을 통한 비영리법인설립을 검토결과, 주식회사보다 비영리법인이 조성사업, 교육사업지원, 수익사업 등 다양한 사업이 가능한 것으로 분석됐다.

67) 본 글에서는 지면제약상 일자리 개요만을 제시하였으나, 그간 추진된 계획과정에서는 세부 사업항목별로 일자리 직급, 직급별 소요인원, 직무 등을 상세히 분석하여 인원수를 예측하였고 이에 따라 소요예산과 연차별 추진과제를 제시하였다.

비영리법인으로서 가칭 ‘지역개발트러스트’를 설립하고, 사업초기에 환경부 산하 사단 법인을 설립하여 운영위원회와 사무국을 중심으로 사업을 추진할 계획하고 향후 조성사업 및 교육사업을 지원하기 위한 에코시티 기금을 조성하게 되면 재단법인 설립이 가능해 질 것으로 판단되며, 향후 「사회적 기업 육성법」에 의해 사회적 기업으로 인증을 받는다면 노동부의 지원도 가능하다.



[그림 부록 1-22] 지역개발트러스트의 운영로드맵

고강지구 내에서 친환경 일자리창출사업의 연차별 추진계획은 뉴타운건설사업 추진일정에 따라야 하지만, 주민재정착률을 높이고 에코시티로서 고강뉴타운 조성의 기반을 확립하기 위하여 인력양성프로그램을 중심으로 우선적으로 실시하는 것으로 계획했다.

[표 부록 1-15] 연차별 추진계획

사업연도	사업내용	대상지
2009년	-인력양성 교육프로그램 운영 (고강복지관) -지역사회개발트러스트 설립	고강복지관
2010-2011년	-도시살림꾼인력송출사업 -상인나라 교육서비스사업	뉴타운개발전에는 고강복지관에서 시작하여 뉴타운개발이후 상인나라교육서비스는 하늘장터로 이전
2012년 이후	-2160 시계프로젝트 체험관 -공예공방, 도자기 공방, 환경 친화상품제조공방 등 제작실	에코고리울 기후시계공원 (고리울초교)
	-BUGS LIFE프로젝트	에코고리울 기후시계공원 (고리울초교)
	-물풀가재분양사업	에코고리울 기후시계공원
	-울빼미 스튜디오	고강복지관
	-하늘장터	유보지

2009년 10월 현재 고강복지관을 중심으로 에코맘 주부대학을 개설, 인력양성 프로그램을 운영하여 54명의 사회적 기업 설립을 준비하는 예비 기술자를 양성하고자 한다. 또한 친환경 식품요리, 수제 인형제작, 친환경 생활용품 디자인 3개 분야에서 기술을 연마하여 시제품을 만들고 판매사업에 돌입하고, 각종 전시회, 축제, 문화이벤트 등 행사에 참여하여

판매부스를 열어 제작된 시제품(인형, 가방, 학용품, 액세서리, 신발, 장식품 등)이나 즉석에서 요리된 음식(반찬, 떡, 한국식 케이크 등)을 판매하거나 배달하여 향후 주요 고객층, 영업전략, 수익화 방법 등을 검증받고 있다. 향후 기후시계공원이 완성되면 주민들이 주도로 운영하는 것을 목표로 각종 어린이, 청소년 대상 탄소감축 게임도구(카드게임)를 발명하여 의장 및 상품등록을 마치고서 친환경 상품 유통전문업체인 (주)홀씨의 도움을 받아 시제품의 판매에 나선 상태이다.

4. 고강지구 에코시티 사례의 시사점

고강지구 에코시티 사례를 검토한 결과, 도시재생사업을 친환경적으로 추진하기 위해서는 다음 사항이 제도적으로 선결되어야 함을 알 수 있다. 첫째, 도시재정비, 주택재개발·재건축, 도시환경정비 등 각종 도시재생사업에서 환경계획 혹은 생태도시계획의 수립을 의무화해야 하며 이를 위해서는 기존 개발계획 중심의 조사설계 용역관행을 개편하여 별도의 과업으로 환경생태계획 작업이 추가되어야 할 것이다. 둘째, 친환경적인 토지이용계획이나 단지계획을 수립하기 위해서는 환경 계획팀과 개발 계획팀 간의 협력 작업이 필수적이며 환경을 공간 계획적 관점에서 이해하고 환경문제 해결을 위한 계획적 수단을 강구하여 이를 개발 계획팀과 원활하게 소통할 수 있는 환경계획가의 도움은 필수적이라 할 수 있다.

또한, 도시재생은 다양한 일자리를 창출할 수 있는 절호의 기회이기 때문에 새롭게 조성될 생태문화공간이나 자원을 인적·사회적 자원 즉 소프트자원과 융합하여 항구적인 일자리를 창출하는 계획을 수립해야 한다. 넷째, 뉴타운 등 행정이 주도하는 도시재생사업은 중국에는 주민이 사업주체가 되기 때문에 초기부터 주민참여를 적극 보장해야 하고, 특히 생태도시를 지향하는 사업이라면 환경NGO 등 지역의 환경여론을 수렴하는 체제를 갖추는 것이 바람직하다.