

**탄소중립 실현을 위한 도시·환경계획
정책연구**

- 도시 개발·관리 관련 기후변화 대응방안 -

2024년 5월

**환 경 부
이 제 훈**

차 례

I. 국외훈련 개요	1
II. 훈련기관 및 훈련과정 개요	2
III. 훈련결과보고서 요약서	3
IV. 국외훈련 결과보고서	7

I. 국외훈련 개요

1. 훈련국 : 미국
2. 훈련기관명 : 텍사스 에이앤엠 대학교 (Texas A&M University)
3. 훈련분야 : 환경정책
4. 훈련기간 : 2022. 8. 10. ~ 2024. 6. 9.

II. 훈련기관 및 훈련과정 개요

□ 훈련기관

- 명칭 : Texas A&M University
- 위치 : 미국 텍사스 주 컬리지스테이션 시 소재
 - * 주소 : Administration Building, 400 Bizzell St, College Station, TX 77843
- 조직 : 농업·생명과학대학, 공과대학, 경영대학, 행정·공공서비스대학, 건축대학, 과학대학 등 10개 단과대학 및 18개 연구원으로 구성, 150개 이상의 학부과정, 240개 이상의 대학원 과정 운영 중

□ 훈련과정

- 과정 : Master of Land and Property Development (MLPD)
- 소속: 건축대학 조경·도시계획과
 - * College of Architecture, Department of Landscape Architecture & Urban Planning
- 주요 내용
 - 토지 및 단지개발 프로세스 및 시공, 경제성 분석 및 시장조사, 법률, 환경 등 개발사업 또는 관련 직종의 현장 실무적인 과정으로 구성
 - 학위취득 조건은 최소 36학점으로 학기당 3~4과목 이수, 비논문과정으로 인턴실습 및 포트폴리오 작성, 구술시험 등이 추가로 요구됨

LDEV 664 – Market Analysis for Development (aka FINC 664)
LDEV 667 – Design and Development Economy
LDEV 687 – Development Feasibility & Design I
LDEV 669 – Income Property Land Development
LDEV 661 – Development and Environment
LDEV 668 – Land Development Practice
LDEV 660 – Fundamentals of Entrepreneurial Real Estate
LDEV 651 – Property Development Agreements and Regulation
LDEV 684 – Professional Internship
LDEV 663 – Introduction to Project Management
LDEV 650 – Land and Property Development Analysis
LDEV 688 – Development Feasibility and Design II (Capstone)
LDEV 685 – Directed Studies (Online Portfolio)

Ⅲ. 훈련결과보고서 요약서

성 명	이제훈	직 급	기술서기관
훈 련 국	미국	훈련기간	2022.8~2024.6
훈련기관	Texas A&M University	보고서 매수	103 매
훈련과제	탄소중립 실현을 위한 도시 환경계획 정책연구		
보고서 제목	탄소중립 실현을 위한 도시 환경계획 정책연구 (도시 개발·관리 관련 기후변화 대응방안)		
내용요약	<p>1. 서론</p> <p>2015년 파리협약 채택에 따라 우리나라도 2021년 탄소중립기본법을 제정하고, 탄소중립위원회를 설립하여 ‘2050 탄소중립시나리오’를 수립하게 된다. 이후 이의 시행을 위한 탄소중립·녹색성장 국가전략 및 제1차 기본계획을 수립하여 각 부문별 배출가스 저감 및 기후변화 적응 대책을 추진하게 되었다. 도시의 개발 및 관리와 관련된 분야로는 건물 및 수송분야가 대표적이며, 기타 흡수원 분야 및 적응대책 중 재난분야 등이 있다.</p> <p>본 연구에서는 기존 부문별 감축 및 적응 대신 도시계획 및 개발, 관리 측면에서 관련 정책 및 제도를 조사하고, 미국의 도시개발 과정의 단계별로 기후변화 대응을 위한 설계 및 시공요소 등에 대한 분석을 진행하였다. 이와 함께 공공 및 민간 주도의 기후변화 대응에 유용한 우수 도시개발 및 관리 사례를 분석하여, 국내 적용이 필요한 과제 또는 제도 개선 방향에 대해 제시하였다.</p> <p>2. 국내외 도시 개발 및 관리 기후변화 정책현황</p> <p>국내 도시 분야의 기후변화 정책으로 탄소중립·녹색성장 국가전략의 건물, 수송, 흡수원 등 부문별 감축대책과 기후변화 적응 대책의 관련사항을 분석하였다.</p> <p>건물 및 국토·도시 분야의 온실가스 감축을 위해 신규 건축물을 대상으로한 제로에너지 건축물 의무대상을 확대하고, 기존 건축물의 그린 리모델링 사업의 확산을 기본으로 개별 건축물 단위를 넘어 국토·도시 단위의 탄소중립 실현을 위해 국토종합계획 등의 탄소중립 요소를 강화할 계획이다.</p> <p>수송분야에서는 전기·수소차 등 친환경차 보급과 함께 대중교통 활성화 및 자가용 통행량 감축 등 수요관리가 있으며, 이를 위한 기반시설 개선 등이 도시 분야의 과제로 추진될 것이다.</p> <p>흡수원 부문에서는 도시공간과 관련된 과제로 도시숲 조성, 댐홍수터</p>		

및 수변구역 매수 등이 포함되어 있으며, 정지주 등의 흡수원 통계개발 과제가 추진될 계획이다.

홍수·가뭄 등 이상기후에 따른 기후변화 적응대책에서 도시기반 시설과 관련된 과제로는 기후변화 위험도를 반영한 적응 인프라를 확대하여 물안보를 강화하고 폭염 및 한파에 대응, 기후탄력도시 표준모델 마련 등이 포함되어 있다.

미국의 기후변화 대응을 위한 친환경건축물은 LEED 등 인증시스템의 정착으로 연평균 약 11%의 성장세를 보이고 있으며, 이외 국제환경건축법, 국가친환경건축물기준 등 다양한 법적 규정 및 민간 인증시스템이 도입되어 운영되고 있다.

정책사례로는 연방정부 차원에서 2022년 건축물성능기준연합을 결성하여 70만여 가구의 에너지효율 개선 등을 위해 35억 달러를 투자하고, 2024년까지 관련 법률을 선진화하는 것을 목표로 하고 있다. 텍사스 주는 정부기관 및 교육기관이 자원 사용량 감축목표를 설정하도록 하였으며, 캘리포니아 주는 건축자재의 탄소배출량 감축을 위해 정보조달 자재 기준을 도입한 청정구매법을 제정, 뉴욕시는 2050 탄소중립 달성을 위해 2019년 지역법 97호를 제정하여 대형건물을 대상으로 새로운 에너지 효율 및 온실가스 배출한도 기준을 충족하도록 하였다.

도시계획 측면에서 미국은 20세기 초 도시인구 집중, 2차 세계 대전 이후 퇴역군인 지원 및 경제부양책 등으로 도시의 교외지역 확산 현상을 겪게 된다. 이로 인하여 저밀도의 교외주택 단지개발이 일반화되면서, 주택크기 증가, 교외부도심 확대 및 광역권 인구증가 등 현상이 발생하면서 무분별한 도시확산 및 난개발 등이 진행되었다. 이러한 문제의 반성으로 도시중심의 고밀개발 및 녹지확대, 대중교통 및 보행성 강조, 다양한 사회경제층의 조화 등을 주축으로 한 새로운 도시개발 개념이 확산되고 있다.

3. 개발사업 단계별 기후변화 대응방안

토지 및 단지의 개발사업 단계별로 친환경 및 기후변화 대응요소를 분석하였다. 타당성 조사 단계에서 가장 먼저 진행되는 토지환경성 평가(ESA)를 통하여 토지거래시 유해물질 및 습지, 야생동식물 등 조사와 완화방안을 추진하게 된다. 개발측면에서는 비용 및 기간 증가의 요인이나 개발 전 사전예방적 조치로 비용을 최소화하는 효과와 이에 전문화된 개발시장 양성도 가져온다. 홍수 지도검토 또한 타당성 조사단계에서 진행되는 토지의 홍수등급에 따라 개발 제한사항, 개선조치, 보험가입 등이 이루어지며, 기후변화로 인한 집중호우 등 이상기후에 따라 중요성이 더욱 강조된다. 마지막으로 교통영향분석의 경우 개발에 따라 증가될 교통량을 분석하여 혼잡도 완화 등 방법이 사전검토 및 승인되는 절차를 거치게 되며, 기후변화 측면에서는 차선증설 등 물리적 방법 외에 교통수요관리 같은 수요를 최소화하는 방안이 확대될 필요가 있다.

계획 및 설계 단계에서 지속가능한 개발 인증을 위해 건축물의 에너

지효율 등에 집중한 LEED, 사회기반시설의 지속가능성 등을 평가하는 Envision, 조경 및 야외공간의 지속가능한 설계를 평가하는 SITES 등의 인증시스템이 운영되고 있다. 도시 및 단지 설계에서 기후변화 대응을 위한 중요한 요소는 인공구조물 외 식생 및 조경분야를 들 수 있다. 미국의 경우 관할 지자체마다 다른 수목 관련 규정을 두고 있으며, 정부기관 외에 단지별로 주택소유주협의회(HOA)의 규정에서도 식생, 경관 등에 대한 설계 및 관리 근거를 두고 있다. 최근에는 가뭄 등 물부족 지역을 중심으로 건식조경이 확대되고 있으며, 내가뭄성 수종, 멀칭, 인조잔디 등 요소를 활용하여 조경용수 사용량을 줄이도록 법 개정 및 예산지원 등이 이루어지고 있다. 주요 사례로는 기존 식생을 활용하여 조경공간을 설계한 휴스턴시 버팔로 프리웨이 사무용 빌딩, 텍사스 우드랜즈 등을 조사·분석하였다.

건설단계에서 환경적 요소를 고려하기 위해 공사 중 강우에 따른 유출수 정화프로그램(SWPPP), 공사 후 우수지/저류지를 통한 강우 유출수량 및 수질의 관리를 기본으로 한다. 기본적으로 개발로 인한 강우유출량이 주변 지역에 증가되지 않도록 하는 것을 원칙으로 하며, 지역에 따라서는 개별 단지별 대책이 아닌 지역차원의 홍수방지 프로그램을 수립하고 개발자에게 비용을 부과하는 방식으로 추진되기도 한다. 최근에는 자연의 물순환 및 수질정화 기능에 착안하여 저영향개발기법(LID)이 확산되고 있다. 자연기능을 모방한 시설로는 생태우수지, 식생필터, 빗물정원 등이 사용되고 있다.

4. 기후변화 대응 주요 도시개발 및 관리 사례

이상기후에 따른 도시 침수관리, 녹지 등 흡수원 확보, 교통수요관리 등 측면에서 우수한 도시계획 사례로 뉴욕시, 텍사스 우드랜즈, 휴스턴시 사례를 조사·분석하였다.

뉴욕시 맨해튼 지역은 강과 바다에 접하여 수변의 저지대 침수위험도를 분석하여 빅유(Big U) 프로젝트를 추진하게 된다. 주요내용으로 수변 저지대의 고도를 2100년 기준 만조수위보다 높게 지반을 개선하고, 홍수벽, 홍수문, 하수처리시스템 증설 등을 통하여 도시의 홍수방어능력을 제고하는 등의 총 27억 달러의 투자계획을 담고 있다.

텍사스에 위치한 계획도시인 우드랜즈는 개발자의 비전에 따라 높은 비율의 녹지와 수변공간을 주축으로 설계되어 현재 인구 12만명, 2,200여개의 기업이 입지한 도시로 성장하게 된다. 마스터플랜 단계부터 기존 자연환경, 물길 등 조사를 기반으로 도로, 토지, 보전녹지 등을 설계하였으며, 주변도시보다 강화된 녹지 및 경관 설계기준을 도입하여 약 28%의 오픈스페이스를 유지하게 된다. 이로 인하여 특색있는 도시경관을 창출하고 미국 내 살기좋은 도시 1위를 유지하고 있다.

마지막 사례로는 휴스턴시 구도심에 위치한 백바이 스트리트 지역의 재개발 사업으로, 총 9.6백만 달러의 투자를 통해 보행자 친화적 설계, LID 기법을 활용한 우수관리 시스템 도입, 도로변 녹지확대 등이 추진되

었다. 그 결과 우수유출량 약 30% 감소 및 홍수예방 기능을 제고하고, 기온하락, 자전거 등 보행성의 개선, 3천만 달러의 지역 투자효과도 얻게 되었다.

5. 결론 및 정책제언

미국의 경우 우리나라와 마찬가지로 도시 차원의 기후변화 대응에 초점을 둔 정책 및 제도는 미비한 상황이나 민간 주도의 인증제도, 외부 기반시설에 대한 평가체계 확산 등의 차이점을 알 수 있었다. 또한 미국의 친환경 개발 사례 및 각 단계별 관련 제도·기술을 통해 다음과 같은 정책제언 및 추진과제를 도출하였다.

먼저 기후변화 적응을 위해 홍수·가뭄 등 기후변화 취약성에 대한 정보를 지속적으로 발굴하고 이에 대한 각 토지 및 부동산별 정보공개를 강화하고, 부동산등기 등 거래와 관련된 정보와 연계하는 방안이 필요하다. 민간 개발자 또는 소유주의 기후변화 대응과 관련된 사업 참여 확대를 위해서는 대폭적인 용적률 완화, 세제혜택 등 인센티브 확대와 함께 주택의 안전진단 및 증개축 기준 등의 개선도 필요하다. 마지막으로 도시차원의 기후변화 대응은 국내의 경우 기초지자체 행정단계에서 실현되어야 하므로 각 도시 유형별로 세분화된 설계 및 기술 기법의 보급과 지자체별 특성에 맞는 평가 기법 및 지원책이 마련되어야 한다.

IV. 국외훈련 결과보고서

**탄소중립 실현을 위한 도시·환경계획
정책연구**

- 도시 개발·관리 관련 기후변화 대응방안 -

2024년 5월

**환 경 부
이 제 훈**

목 차

I. 서 론	3
II. 국내외 도시 개발·관리 기후변화 정책 현황	6
1. 국내 도시 분야 기후변화 정책	6
2. 미국의 기후변화 관련 개발 정책 및 제도	13
3. 미국의 도시계획 및 개발 변화	19
III. 개발사업 단계별 기후변화 대응방안	26
1. 타당성 조사(Feasibility) 단계	27
2. 계획 및 설계(Planning and Design) 단계	44
3. 건설(Constructoin) 단계	59
IV. 기후변화 대응 주요 도시개발·관리 사례	68
1. Big U Project - 뉴욕 맨해튼	69
2. Woodlands 개발 - 텍사스 우드랜즈	79
3. Bagby Street 재개발 - 텍사스 휴스턴시	96
V. 결론 및 정책제언	100
VI. 참고 문헌	104

I. 서론

1. 연구배경

2015년 12월 파리협약 채택에 따라 지구평균 기온상승을 산업화 이전 대비 1.5℃ 이내로 제한하기 위해 2050년까지 각 국은 온실가스를 최대한 감축하고 흡수 및 저장량을 최대화하여 배출량과 흡수량이 같아지는 탄소중립을 실현하기로 하였다. 이에 따라 탄소중립 실현을 위한 중간단계로 중장기 온실가스 감축목표(NDC)도 상향하도록 되었다.

우리나라도 2020년 12월 2050 탄소중립 비전을 선포하고, 2021년 5월 탄소중립 이행을 위해 대통령 소속의 ‘2050 탄소중립위원회’를 출범하게 되었다. 장기적인 탄소중립 이행의 지속성을 위해 2021년 9월에는 ‘기후 위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법(탄소중립기본법)’을 제정하고 같은 해 10월에 화석연료 발전을 중단하고 무공해차를 대폭 확대하는 등 ‘2050 탄소중립 시나리오’를 수립, 이를 기반으로 2030년까지 2018년 대비 온실가스를 40% 감축하는 2030 국가 온실가스 감축목표를 상향하게 된다. 이후 청정에너지 확대, 산업 및 기술변화 상황 등을 감안하여 동일한 40% 감축 목표 하에 세부 감축량을 조정한 NDC를 포함하는 ‘탄소중립·녹색성장 국가전략 및 제1차 국가 기본계획’을 2023년 3월 수립하게 된다.

【 부문별 배출량 목표 】

(단위: 백만톤CO₂e, 괄호는 '18년 대비 감축률)

구분	부문	2018 실적	2030 목표	
			기존 ('21.10)	수정 ('23.3)
배출량(합계)		727.6	436.6 (40.0%)	436.6 (40.0%)
배출	전환	269.6	149.9 (44.4%)	145.9 (45.9%) ¹⁾
	산업	260.5	222.6 (14.5%)	230.7 (11.4%)
	건물	52.1	35.0 (32.8%)	35.0 (32.8%)
	수송	98.1	61.0 (37.8%)	61.0 (37.8%)
	농축수산	24.7	18.0 (27.1%)	18.0 (27.1%)
	폐기물	17.1	9.1 (46.8%)	9.1 (46.8%)
	수소	(-)	7.6	8.4 ²⁾
	탈루 등	5.6	3.9	3.9
흡수 및 제거	흡수원	(-41.3)	-26.7	-26.7
	CCUS	(-)	-10.3	-11.2 ³⁾
	국제감축	(-)	-33.5	-37.5 ⁴⁾

※ 기준연도('18) 배출량은 총배출량 / '30년 배출량은 순배출량 (총배출량 - 흡수·제거량)

전 세계적인 도시화 추세(세계 평균 50%)에 비해 우리나라는 도시화율이 90%에 육박하는 등 도시화가 세계 최고 수준이다. 즉, 전체 인구가 도시화 된 곳에 90% 수준이 거주하고 있으며, 도시 개발 또는 관리 방법의 개선 없이는 탄소중립 및 기후변화 적응은 실현이 매우 어려울 수 있다. 반면, 현재 방식의 온실가스 감축목표는 IPCC의 각 국의 온실가스 산정 방법에 따라 부문별로 전환(발전), 수송, 건물, 농축수산, 폐기물 등으로 구분하고, 각 부문별 감축 수단에 대한 정책을 수립 및 이행하는 방식으로 추진되고 있다.

일반적으로 도시 개발 및 관리와 연관된 것은 주거 및 상업용(사무, 도소매, 서비스 등) 건축물 및 도시기반 시설, 차량 및 대중교통 등에서 사용되는 에너지와 그로 인하여 발생하는 온실가스를 생각할 수 있다. 부문별로 나뉘어진 온실가스 배출원을 보면 건물 및 수송 분야가 대부분 도시에서 발생된다고 볼 수 있다. 나머지 전환 부분에서 2022년 기준 전력 판매량의 약 47.4%(가정용 14.3%, 공공용 4.8%, 서비스업 및 기타 28.3%)¹⁾가 도시 분야와 연관되어 있을 것이다. 향후 자동차의 전동화가 진행되면 수송분야의 온실가스 감축이 진행되지만 해당 부분의 전력수요 또한 올라가 전환부분의 온실가스 감축에 부담이 가중될 수 있다. 아울러 산업 구조 또한 제조업, 농축산업의 비율이 낮아지고 IT, 서비스업 등의 비중이 증가하면 도시 관리 측면에서 온실가스 대응전략이 필요한 부분이 많아지게 될 것이다.

2. 연구방향

앞서 설명한 각 분야별 배출량 감축 접근방식의 정책은 이미 많은 정책과제와 이행계획이 발굴되어 국가기본계획에 반영되어 있다. 예를 들어 건축물에서 발생하는 온실가스 감축을 위해 제로에너지빌딩 도입, 그린리모델링 의무화 등 제도가 시행 중이며, 자동차 배출가스 저감을 위해 전기·수소자동차 등 무공해 운송수단으로의 전환이 가속화 될 것이다.

1) KOSIS, 한국전력통계-용도별 판매전력량 추이, 2022

본 연구는 기존의 배출원별 구분을 통한 개별적, 통계적 접근 방식 대신 사회 및 일반 국민의 행동 등과 직접적으로 연결된 도시의 개발·관리 또는 지방자치단체의 행정 현장 측면에서 온실가스 발생을 최소화하고 이미 발생하고 있는 폭우, 국지성 호우, 고온현상 등 이상기후에 대한 적응력을 높일 수 있는 방안을 조사·분석하고자 한다. 기존 부분별로 정립된 정책과제에서 누락되거나 통계화하기 어려운 도시기반 시설에 대한 전략이나 부문간 통계의 이동에 영향을 줄 수 있는 분야가 도시 개발이나 관리와 연관된 요소가 많은 반면, 건축물, 도로, 사회기반시설, 토지용도 등 도시개발 및 관리 요소들의 장기적 영향성, 고정성 등을 감안하여 에너지 사용 및 환경영향을 최소화하고, 기후변화에 적응할 수 있는 제도적 과제들을 추가적으로 찾아볼 필요가 있기 때문이다.

이를 위해 본 연구에서는 한국과 미국의 건축, 도시, 탄소중립 등과 관련된 분야의 정책 및 제도 등에 대해 조사하고, 미국의 일반적인 도시 또는 토지 개발 과정에 따른 환경평가 제도나 기후변화 대응을 위한 온실가스 감축 및 이상기후 적응 분야와 관련된 계획·설계·시공 분야의 제도와 기술, 사례 등을 국내상황과 비교·분석하여 각각의 시사점을 도출하고자 한다. 각각의 개발단계 분석에 이어 대규모의 도시 단위부터 소규모 지역단위의 기후변화 대응에 유용한 공공 및 민간 주도의 우수 도시 개발 및 관리 사례를 조사·분석하고자 한다. 마지막으로 앞서 분석한 개발 절차별 시사점과 사례 분석결과를 토대로 국내 우선적으로 적용이 필요한 과제 또는 제도개선 방향 등을 발굴하여 제시하고자 한다.

본 연구의 진행에 있어 직접적인 온실가스 발생량 및 감축량에 기반한 제도개선 및 효과예측 등은 각 국의 통계방식의 차이점과 이미 설명한 바와 같이 IPCC 통계방식과 도시개발·관리 분야의 연계 한계점이 있다. 따라서 도시의 개발 또는 관리, 재생 등의 과정에서 에너지 사용량과 온실가스 배출을 최소화하거나 폭우 등 이상기후 상황에 도시의 회복탄력성을 증진할 수 있는 방향의 정책적·제도적 개선방안을 발굴하는데 초점을 두고 연구를 진행할 계획이다.

II. 국내외 도시 개발·관리 기후변화 정책 현황

1. 국내 도시 분야 기후변화 정책

우리나라의 도시의 개발 및 관리와 관련하여 기후변화 대응을 위한 정책은 탄소중립 녹색성장 국가전략의 건물, 수송, 흡수원 등 부문별 감축 대책과 기후변화 적응대책에서 관련사항을 발췌하여 조사·분석하였다.

가. 건물 및 국토·도시 분야

국내 건물 부문에서 배출되는 온실가스는 연간 52.1백만톤으로 2030년까지 35백만톤으로 감축하는 목표를 수립하고 있다. 이행방안으로는 신규 건축물을 대상으로 한 제로에너지 건축과 기존 건축물의 그린리모델링 등으로 건축물의 에너지 효율을 개선하고 국토·도시 단위의 계획에 탄소중립 요소를 확대해나가는 것을 골자로 하고 있다.

1) 제로에너지 건축물

제로에너지 건축물이란 ‘녹색건축물 조성 지원법’에 따라 건축물에 필요한 에너지부하를 최소화하고 신에너지 및 재생에너지를 활용하여 에너지 소요량을 최소화하는 녹색건축물로 정의되어 있다. 기술적으로는 건물 외피의 단열성능을 올리는 패시브기술, 고효율 기기·설비를 이용하는 액티브기술, 태양광·수열 등을 활용하는 신재생기술이 접목된 형태로 볼 수 있다.

인증기준도 이러한 기술적 고려사항을 반영하여 건축물에너지효율등급 1++이상, 에너지자립률 20% 이상, BEMS(Building Energy Monitoring System) 또는 원격검침계량기를 설치하도록 하고 있다. 건축물에너지효율등급은 일정 수준 이상의 단열성능을 확보하기 위하여 연간단위면적당 1차 에너지소요량(kWh/m²)을 의미하며, 주거용은 90kWh/m², 주거용 이외의 경우 140kWh/m²미만이어야 한다. 에너지자립률은 신재생에너지의 확대를

위한 기준으로, 단위면적당 1차에너지 소비량 대비 1차에너지생산량의 비율을 의미하며 최소 20% 이상을 만족하여야 한다. 이 비율에 따라 세부적인 제로에너지건축물(Zero Energy Building, ZEB) 1~5등급으로 인증받게 된다.

< 제로에너지 건축물 인증기준 >

기준01 건축물 에너지효율등급 1++ 이상	건물에너지 해석 프로그램(ECO2)평가 • 주거용: 90kWh/㎡년 미만 • 비주거용: 140kWh/㎡년 미만	• 냉방/난방/급탕/조명/환기 소요량 및 신재생에너지 생산량 평가 • 1차에너지소요량(kWh/m2·년)= 2용도별 에너지소요량 x 1차에너지 환산계수
기준02 에너지자립률 20%이상	건물에너지 해석 프로그램(ECO2)평가 • 건물에서 소비하는 에너지 중 신재생에너지 생산량 비율	• 냉방/난방/급탕/조명/환기 소비량 및 신재생에너지 생산량 평가 • 에너지자립률(%)= $\frac{\text{단위면적당 1차에너지생산량 (kWh/m}^2 \cdot \text{년)}}{\text{단위면적당 1차에너지소비량 (kWh/m}^2 \cdot \text{년)}} \times 100$
기준03 BEMS 또는 전자식 원격검침계량기 설치	체크리스트 평가항목별 적용여부 판단 • 에너지 소비량을 계측, 실시간으로 관리 하는 시스템	• (BEMS) 데이터 수집 및 표시, 정보감시, 제어시스템 연동 등 9개 항목 평가 • (원격검침) 데이터 수집 및 표시, 계측기 관리, 데이터 관리 등 6개 항목 평가 (추가 권장 3개)

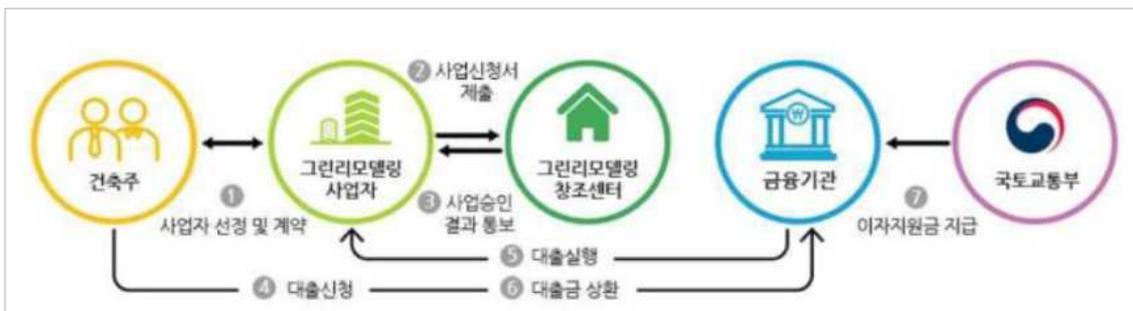
* 출처: 제로에너지건축물 인증시스템(zeb.energy.or.kr)

인증에 따른 인센티브로는 용적률, 건축물 높이 등 건축기준 최대 15% 완화, 취득세 감면, 주택도시기금 또는 에너지이용 합리화 자금지원 등 대출확대와 같이 다양한 경제적 인센티브가 부여된다. 인센티브와 함께 2050 탄소중립을 위해 2020년 1,000㎡ 이상의 공공건물을 시작으로 2024년에는 30세대 이상의 민간 공동주택 등이 ZEB 기준을 5등급을 만족해야 하는 등 의무대상과 적용기준을 점차 확대해나가고 있다.

2) 그린리모델링

그린리모델링 사업은 ZEB와 마찬가지로 건물의 구조적인 효율개선과 함께 고효율설비, 신재생에너지 등에 대해 기존 건축물을 대상으로 지원하는 사업이다. 공공건물의 경우 2013년부터 국고보조금을 통해 추진되고 있으나 민간건축물의 경우 공사비용에 대한 이차지원 방식으로 자율적 참여방식으로 진행되고 있다. 민간의 확산을 위해 지원을 현실화, 이차지원 방식 외 사업모델 발굴, 국가인정제 및 ESG 연계 등 과제가 탄소중립 추진 전략으로 진행될 예정이다. 그린리모델링과 함께 대형 건물의 에너지 효율 목표설정 및 에너지소비량 평가, 건물의 성능정보 공개 강화 등 건축물의 에너지 효율성에 대한 관리기반도 강화될 계획이다.

< 그린리모델링 이자지원 사업절차도 >



* 출처: 국토교통부

3) 국토·도시의 탄소중립화

개별 건축물 단위의 에너지 절감 및 탄소중립 실현을 넘어 국토 및 도시 단위 탄소중립 실현을 위해 국토종합계획, 도시계획에 탄소중립 요소를 강화할 계획이다. 기술적 뒷받침을 위해 탄소배출 공간지도를 구축, 정주지의 탄소 배출·흡수량을 산정하여 향후 개발사업 또는 지역별 탄소 배출에 대한 관리가 강화될 전망이다.

나. 수송 분야

자동차, 철도, 항공 및 해운 등 수송분야에서 배출되는 온실가스는 2018년 기준 98.1백만톤이며 2030년까지 61.0백만톤, 약 37.8%를 감축하는 것으로 중장기 목표가 설정되었다. 이행수단으로는 친환경차 보급, 대중교통 활성화 및 자가용 수요관리, 기타 내연기관차의 저탄소화 및 친환경 철도·해운·항공을 정책과제로 삼고 있다.

이 중 도시계획과 연관된 분야는 대중교통 연계, 자전거·보행체계와 관련하여 자동차 수요관리 분야가 가장 높은 연관성을 가지며, 친환경차 보급을 위한 충전소 등 기반시설 확충 또한 기후변화 대응을 위한 도시계획 분야에서 중요한 요소가 될 것이다.

1) 전기·수소차 등 친환경차 보급 촉진

2030년까지 전기·수소차 450만대를 보급하기 위해 구매보조금 지원, 세제혜택 및 공공부문 의무구매 등 전환을 가속화하는 한편, 전기충전기 123만기 등 2030년까지 충전기반을 마련하는 계획되어있다. 특히, 신축건물을 대상으로 전기충전기 의무설치 비율을 확대하고, 차고지 등 교통·물류거점에 수소충전소 660기도 구축될 전망이다.

도시의 개발 및 관리 측면에서 무공해차 보급은 개별 건축물의 충전 시설 설치 뿐만 아니라 전력망, 주차시설 등 도시계획시설 측면에서도 고려되어야 한다. 아울러, 차량무게 등 내연기관차와 전기차의 특성을 고려한 도로설계 및 신호체계 기준 등도 중장기적으로 검토되어야 할 것이다.

2) 대중교통 활성화 및 자가용 수요관리

대중교통의 수송분담률을 확대하기 위해 연결망 구축, 경제적 인센티브, 내연차프리존, PM(개인형이동수단) 및 자전거 등 관련 인프라 확대 등의 내용을 담고 있다. 신도시 뿐만 아니라 기존 도시의 관리계획에서도 대중교통 또는 자전거 통행 등은 탄소중립형 도시의 필수적 요소로 볼 수 있다.

다. 흡수원 분야

흡수원 부문은 산림분야의 조림, 숲가꾸기, 목재활용이나 해양분야의 갯벌, 습지, 바다숲 등 주로 자연환경 공간을 중심으로 정책과제가 설정되어 있다. 도시공간과 관련된 과제로는 2050년까지 1.7만 헥타르의 도시숲 조성, 댐 홍수터 및 수변구역 매수토지의 생태숲 조성 등이 포함되어 있다. 통계와 관련된 과제로는 토지이용 변화 현황을 통합관리하는 체계를 만들고 국가고유의 흡수원에 대한 계수 개발 등의 정책과제가 추진될 예정이다.

도시의 개발과 관리에 있어 흡수원 확대를 위해서는 도시공원, 가로수 및 녹지 등 기존 통계에서 누락되기 쉬운 정주지 부분에 대한 통계 개발과 도시기반 시설 등의 설계기준 개선 등의 흡수원 확대방안이 구체적으로 마련될 필요가 있다.

라. 적응 대책

기후변화 적응 대책은 ① 기후위기 감시·예측 및 적응정보의 고도화, ② 기후재난 안전사회 실현, ③ 지속가능한 사회실현, ④ 모두가 함께하는 기후적응 추진 등 크게 4가지의 단위과제로 구성되어 있다. 도시기반 시설과 관련된 과제는 주로 기후재난 안전사회 실현 분야에 포함되어 있으며, 나머지 분야에서도 정보 및 추진체계 등에서 기후변화 적응을 위한 도시 관리와 관련된 정책이 포함되어 있다.

‘기후재난 안전사회 실현’ 과제의 목표는 과거 빈도에 기반한 설계 기준 대신 기후변화 위협도를 반영한 적응 인프라를 확대하는 것을 주요 목표로 설정하고 있다. 부분적으로는 홍수·가뭄에 대비한 물안보 강화, 폭염·한파에 대한 선제적 대응, 자연재난 신속대응 체계 구축분야로 나누어 볼 수 있다. 도시관리 및 기반시설 등과 직접적으로 연관된 정책과제를 살펴보면, AI 및 디지털 기술 등을 활용한 홍수 및 가뭄 정보와 대응 체계를 고도화하고, 물 재이용 및 물 순환 정책을 강화하는 방안이 담겨 있다. 폭염·한파에 대비하기 위해서는 건축물의 설계기준을 개선하고, 쿨루프·쿨페이브먼트·쿨링포그 등 폭염에 대비한 지역단위의 취약성 개선 기술과 이를 조합한 ‘기후탄력도시 표준모델’ 마련 등이 도시의 기후적응 대책으로 볼 수 있다. 자연재난 분야에서는 지하철도 및 주차장 감시시스템, 하천지역 배수시스템 원격제어 등이 도시의 기반시설 차원에서 접근할 수 있는 과제로 포함되어 있다.

기타 ‘기후위기 감시·예측 및 적응정보의 고도화’ 분야에서는 폭염·홍수 등 위험요인별 기후위험지도를 구축하고, 자연기반 빗물저류 공간 등 자연기반해법(NBS)을 활용한 토지유형별 적응 기술개발을 추진한다. ‘지속가능한 사회실현’ 분야에서는 지역 중심의 기후탄력성 강화로 지자체의 재해대응력을 제고, 탄소공간지도 구축, 기후위기를 반영한 도시 계획 및 건축기술 개발 등이 추진된다. 마지막으로 ‘모두가 함께하는 기후적응 추진’ 분야에서는 도시 개발 및 관리행정과 맞닿아 있는 지자체의 적응대책 이행력 강화를 위해 탄소중립지원센터 설치, 중앙-광역-기초지자체 간 협력체계 구축 등이 추진될 계획이다.

마. 시사점

살펴본 바와 같이 기후변화 대응을 위한 온실가스 감축 및 적응 대책 분야에서 도시의 탄소중립화, 기후탄력성 강화를 위한 정책과제가 별도로 설정되어 있지는 않지만 각 분야별로 세부과제가 산재되어 포함되어 있다. 아울러, 국가기본계획의 특성상 구체적인 이행계획 대신 정책방향 및 중장기적인 추진계획 정도가 반영되어 있는 한계점은 불가피하다.

도시의 개발, 도시계획시설 등의 설치 및 관리 등 분야는 기본적으로 광역 또는 기초지자체 단위에서 실제 허가 및 관리·점검이 이행되기 때문에 향후 지자체가 공통적으로 또는 지역 특성에 맞도록 시행할 수 있는 계획의 수립과 이행이 필요하다. 이를 위해 중앙정부 단위에서 법적 규정을 신설 또는 강화하는 한편 지원을 위한 지속가능한 협력 체계가 기존 탄소중립 위원회 등을 통해 정착될 필요가 있다.

< 부문별 온실가스 감축목표(제1차 국가 기본계획) >

부문	현재	미래	
에너지	<ul style="list-style-type: none"> 화석연료 기반 에너지 생산 	<ul style="list-style-type: none"> 저탄소 신기술 기반 에너지 생산 	<ul style="list-style-type: none"> ·원전 발전 비중 (21) 27.4% → (30) 32.4% ·신재생에너지 발전 비중 (21) 7.5% → (30) 21.6%+α*
산업	<ul style="list-style-type: none"> 탄소 집약적 산업구조 	<ul style="list-style-type: none"> 산업의 저탄소 전환 	<ul style="list-style-type: none"> ·배출권거래제 배출효율기준 합당(BM) (21) 65% → (30) 75%
건물	<ul style="list-style-type: none"> 에너지 다소비 건물 다수 	<ul style="list-style-type: none"> 성능개선을 통한 에너지 효율 향상 	<ul style="list-style-type: none"> ·그린리모델링(누적) (22) 약 7.3만건 → (30) 약 160만건 ·제로에너지 건축물(누적) (22) 2,950건 → (30) 약 47,000건
수송	<ul style="list-style-type: none"> 내연기관 중심 수송체계 	<ul style="list-style-type: none"> 무공해차 중심 수송체계 	<ul style="list-style-type: none"> ·무공해차 등록 비중(전기차 및 수소차, 누적) (22) 1.7% → (30) 16.7% (43만대 보급) (430만대 보급)
농축수산	<ul style="list-style-type: none"> 농작물 재배, 가축 사육과정에서 온실가스 배출 	<ul style="list-style-type: none"> 저탄소 농축산 기술 개발·보급 어선의 연료전환 개선으로 온실가스 ↓ 	<ul style="list-style-type: none"> ·스마트농업 (22) 7,076ha → (27) 10,000ha ·스마트축사 (22) 6,002호 → (27) 11,000호 ·예천저감사로 보급률 (22) 0% → (30) 30%
폐기물	<ul style="list-style-type: none"> 일회용품, 포장재·용기 등 사용으로 폐기를 발생량 증가 	<ul style="list-style-type: none"> 전주기(생산·유통·소비) 원천 감량, 자원순환 활성화로 재활용률 향상 	<ul style="list-style-type: none"> ·생활 폐기물 재활용률 (21) 56.7% → (30) 83% ·사업장 폐기물 재활용률 (21) 84.4% → (30) 92.5%
수소	<ul style="list-style-type: none"> 수소수송차·연료전지 등 제한적 활용, 그레이수소 중심 생태계 	<ul style="list-style-type: none"> 모빌리티 등 수소 활용처 확장, 청정수소 중심 생태계 	<ul style="list-style-type: none"> ·수소차 (22) 29,733대 → (30) 300,000대 ·청정수소 발전 (22) 0% → (30) 2.1%
흡수원	<ul style="list-style-type: none"> 30~40년대생 숲이 전체 산림의 2/3 차지, 갯벌 복원 저조 	<ul style="list-style-type: none"> 산림 순환경영·보전으로 흡수능력 강화, 갯벌 복원 확대 	<ul style="list-style-type: none"> ·습기포기 면적 (21) 21만ha → (30) 32만ha ·갯벌 복원(누적) (21) 1.5㎢ → (30) 10㎢
CCUS	<ul style="list-style-type: none"> 선진국과의 높은 기술격차 및 투자 미비 	<ul style="list-style-type: none"> 기술혁신을 통한 탄소의 대규모 포집·저장 신산업 창출 	<ul style="list-style-type: none"> ·기술수준 최고국(美) 대비 (20) 80% → (25) 90%

* 태양광 등 청정에너지 확대

* 출처: 2050 탄소중립·녹색성장위원회

2. 미국의 기후변화 관련 개발 정책 및 제도

미국의 경우도 기후변화 대응 및 적응을 위한 도시 개발 및 관리방법으로 크게 건축물 부분과 외부공간에 대한 정책으로 구분하여 살펴볼 수 있다. 이에 따라 먼저 미국의 친환경건축물 관련 정책을 살펴보고 도시 발전의 패러다임 변화 등 관련 사항에 대해 알아보하고자 한다.

가. 미국의 친환경건축물 현황과 관련 정책

1) 친환경건축 개요

미국의 ‘친환경건축물(Green Building)’에 대한 정의를 살펴보면 건축물의 설계, 건설, 운영, 유지, 보수, 철거에 이르는 전 과정에서 환경적으로 책임감 있고 자원 효율적인 절차를 적용하는 것을 뜻하며, 지속 가능한 건축물 또는 고성능 건축물이라고도 한다. 이는 건축 환경(Built Environment)이 인간의 건강과 자연환경에 미치는 전반적인 영향을 완화하도록 에너지, 물, 기타 자원을 효율적으로 사용하고, 사용자의 건강 보호 및 생산성 향상 폐기물, 오염, 환경적 파괴를 지양하는 것을 말한다.

미국 친환경건축 시장 규모를 살펴보면 2023년 기준 998억 달러로 약 131조원에 이를 것으로 추산된다. 2019년 기준 미국이 글로벌 친환경 건축시장에서 차지하는 비중은 29.1%였으며, 주거용 친환경건축 시장의 성장으로 2018년부터 2023년까지 연평균성장률 10.89%에 이르는 것으로 나타났다.

미국의 대표적인 친환경건축 인증 시스템인 ‘리드(LEED)’의 인증을 받은 주거용 건축물은 2019년 기준 40만 가구에 달하며, 상업용·사무용 건물의 경우 미국 친환경건축 시장에서 차지하는 점유율은 21.2%였으며, 교육 부문은 17.2%의 비중을 차지하는 것으로 집계된다.²⁾

2) Mira Rakicevic, 26 Amazing Green Building Statistics, ComfyLiving, 2022

미국의 친환경건축물 제도의 역사를 살펴보면 1990년 미국건축사협회의 환경위원회 발족을 시작으로 LEED의 운영 주체인 친환경건축물위원회(USGBC)가 1993년에 설립되었다. 2000년 LEED 시범사업 착수를 시작으로 현재는 WELL, CITES, VISION 등 다양한 에너지 절감 및 친환경 건축물 관련 인증제도 등이 개발 및 보급되고 있다.

< 미국의 친환경건축물 관련 발전 개요 >

연도	주요 내용
1990년	미국건축사협회(American Institute of Architects, AIA)의 환경위원회(Committee on the Environment, COTE) 발족
1992년	건축자재에 대한 수명주기평가(Life Cycle Assessment, LCA)의 시초인 AIA 환경자원지침(Environmental Resource Guide) 발표
1993년	미국 친환경건축물위원회(U.S. Green Building Council) 발족
1997년	지속가능한 개발을 모토로 우수한 건축물을 선정하는 AIA의 'COTE Top Ten 프로젝트' 시작
1999년	에너지 효율성에 관한 미국 에너지부의 통계 프로그램인 'Energy Star Portfolio Manager' 실시간 제공
2000년	미국 친환경건축물 인증제도인 'LEED(Leadership in Energy & Environmental Design)' 시범 사업 착수
2002년	텍사트주 오스틴시의 첫 번째 친환경건축(Greenbuild) 프로젝트에 4,189개의 개인과 업체 참가
2004년	캘리포니아주의 유기화합물(VOC) 검사 방식을 기준으로 채택
2005년	전체 생산 라인에 대한 인증(Cradle to Cradle certification) 방식 적용
2006년	새로운 친환경건축 인증 방식인 'Living Building Challenge(LBC)' 발표
2010년	폼(foam)형태 단열재에 포함된 부유 입자의 지구온난화 유발 가능성에 대한 우려 제기
2011년	워싱턴 D.C.에서 미국 최초로 건축물의 연간 에너지 사용량을 측정하여 신고하는 것을 의무화하는 법안 도입
2013년	LEED 버전 4.0 도입을 통해 건축 자재의 투명성과 수명주기 평가 선진화
2014년	새로운 친환경건축물 인증 방식인 'WELL 건축물 기준(WELL Building Standard)' 도입
2015년	국제사회의 파리기후협약(Paris Climate Agreement) 채택
2018년	AIA 윤리강령에 "환경에 대한 책무" 조항 삽입
2020년	압출법 발포 폴리스티렌 단열판(XPS) 제조사에서 지구온난화 유발 가능성이 낮은 단열재 출시

* 출처: <https://www.buildinggreen.com/infographic/30-years>

2) 도입 기준 및 인증 체계

미국의 건축업계에서 일괄적으로 통용되거나 정의된 기준은 없으나 미국 환경보호청(Environmental Protection Agency, EPA)은 건축물의 설계, 시공, 유지보수에 대한 권위 있는 기관, 관행 또는 일반적으로 통용되는 기준법(model code)이나 등급 체계(rating system) 등을 통해 설립된 일련의 방식을 기준으로 사용하고 있다. 국제친환경기준법 등 법에 의한 경우 의무적으로 적용되나 LEED와 같은 인증체계는 자발적으로 도입되어 사용되고 있다.

< 미국의 친환경건축 기준 >

명칭	시행 주체	주요 내용	유형	적용 유형	주제 분야
국제친환경건축법 (International Green Construction Code, IgCC)	국제규범위원회 (International Code Council, ICC)	건축물, 부지, 구조의 환경 및 보건적 성능 제고를 위한 최소 기준을 포함하는 기준법으로, 일부 주거용 건축물을 제외한 모든 유형의 건축물 설계 및 시공에 적용됨.	기준법 /의무적	상업용: 모든 건축물 산업용: 제조 시스템과 설비를 제외한 모든 건축물 혼합용: 모든 건축물 주거용: 3층 이상의 다가구 주택	지속 가능한 개발부지, 에너지 효율성, 수자원 효율성, 자재 및 자원 사용, 실내 환경 품질, 탄소배출량, 운영 및 유지보수
저층 주거빌딩을 제외한 고성능 친환경 건축물 설계기준 (Standard for the Design of High-Performance Green Buildings Except Low-Rise Residential Buildings)	미국냉난방공조기술자학회 (American Society of Heating, Refrigeration and Air-conditioning Engineers, ASHRAE)	건축물, 부지, 구조의 환경적, 보건적 성능 개선을 위한 최소 기준을 포함하는 기준법으로, 일부 주거용 주택을 제외한 모든 유형의 건축물 설계 및 시공에 적용됨.	기준법 /의무적	상업용: 모든 건축물 산업용: 모든 건축물 혼합용: 모든 건축물 주거용: 3층 이상의 다가구 주택	지속 가능한 개발부지, 에너지 효율성, 수자원 효율성, 자재 및 자원 사용, 실내 환경 품질, 건설 및 운영 계획

명칭	시행 주체	주요 내용	유형	적용 유형	주제 분야
국가친환경건축물기준 (National Green Building Standard, ICC 700)	국제규범위원회(ICC)	주거용 건축물의 환경적, 보건적 성능 제고를 지향하기 위해 고안된 평가 및 인증 체계로, 주거용 건축물의 설계 및 시공에 적용됨.	인증 시스템 / 자발적	혼합용: 주거용 공간 주거용: 기관 사용을 제외한 모든 건축물	지속 가능한 개발부지, 에너지 효율성, 수자원 효율성, 자재 및 자원 사용, 실내 환경 품질, 운영 및 유지보수, 건축물 소유주 교육
그린 글로브 (Green Globes)	미국 친환경건축물 이니셔티브 (United States by the Green Building Initiative)	주거용 건축물을 제외한 모든 유형의 건축물의 향상된 환경적, 보건적 성능 개선을 장려하기 위해 도입된 일련의 평가 및 인증 체계로, 미국의 친환경건축물구상(Green Building Initiative)라는 단체에 의해 운영됨.	인증 시스템 / 자발적	상업용: 모든 건축물 혼합용: 모든 건축물 주거용: 다가구 주택	지속 가능한 개발부지, 에너지 효율성, 수자원 효율성, 자재 및 자원 사용, 실내 환경 품질, 탄소배출량, 프로젝트/환경적 관리
리드 (Leadership in Energy and Environmental Design, LEED)	미국친환경건축물위원회 (U.S. Green Building Council)	건축물, 부지, 구조, 근린 지역의 환경적, 보건적 성능을 향상하기 위해 도입된 일련의 평가 체계로, 모든 유형의 건축물 설계, 시공, 운영에 적용됨. 인증 단계는 탄소배출, 에너지, 물, 폐기물, 운송, 자재, 보건, 실내 환경 품질 분야 기준으로 포인트를 부여하며, 인증, 실버, 골드, 플래티넘으로 구분됨.	인증 시스템 / 자발적	상업용: 모든 건축물 산업용: 모든 건축물 혼합용: 모든 건축물 주거용: 모든 건축물	지속 가능한 개발부지, 에너지 효율성, 수자원 효율성, 자재 및 자원 사용, 실내 환경 품질, 탄소배출량, 운영 및 유지보수
리빙 빌딩 챌린지 (Living Building Challenge)	국제생활미래연구소 (International Living Future Institute)	건축물의 설계, 시공, 운영의 변화를 주장하는 인증 체계로, 환경적, 보건적 성능 향상을 장려하고, 지역의 생태계와 문화의 중추적 요소로서 회복과 재생이 가능한 건축구조를 지원함.	인증 시스템 / 자발적	상업용: 모든 건축물 산업용: 모든 건축물 혼합용: 모든 건축물 주거용: 모든 건축물	지속 가능한 개발부지, 에너지 효율성, 수자원 효율성, 자재 및 자원 사용, 실내 환경 품질, 평등, 심미성

* 출처 : Green Building Standards, EPA

3) 정책 사례

① 연방정부(Federal)

2022년 1월 21일 바이든 행정부는 콜로라도와 워싱턴 주를 비롯한 33개의 주 및 지방 정부와 ‘건축물성능기준연합(Building Performance Standards Coalition)’을 결성한다고 발표한 바 있다. 이 연합은 더욱 깨끗하고, 건강하며, 합리적인 가격대의 건축물을 제공하기 위한 미국 최초의 파트너십이라고 할 수 있으며, 참여 지역의 거주 인구는 미국 전체 인구의 22%를 차지하고 있다. 이 같은 발표는 바이든 대통령의 ‘초당파적 인프라법(Bipartisan Infrastructure Law)’에 따라, 70만여 가구의 에너지효율 개선과 소비자 전기세 절감 등 주거 환경 개선에 편성된 35억 달러의 투자금을 기반으로 하고 있다. 각 정부기관은 2024년 4월까지 건축물의 성능 기준과 관련된 법률 및 규제를 선진화하는 것을 목표로 하고 있다.

② 텍사스(Texas)주

텍사스주는 ‘텍사스주정부법(Texas Government Code)’에 따라, 주 정부 기관 및 고등교육기관이 물, 전기, 교통 연료 및 천연가스의 사용량 감축을 위한 목표를 설정하여 이를 주 당국에 신고하도록 하였다. 이 같은 목표는 포괄적인 ‘에너지 및 물 관리 계획(Energy and Water Management Plan, EWMP)’을 통해 매년 10월 텍사스주 에너지보조실(State Energy Conservation Office, SECO)에 제출되어야 한다.

③ 캘리포니아(California)주

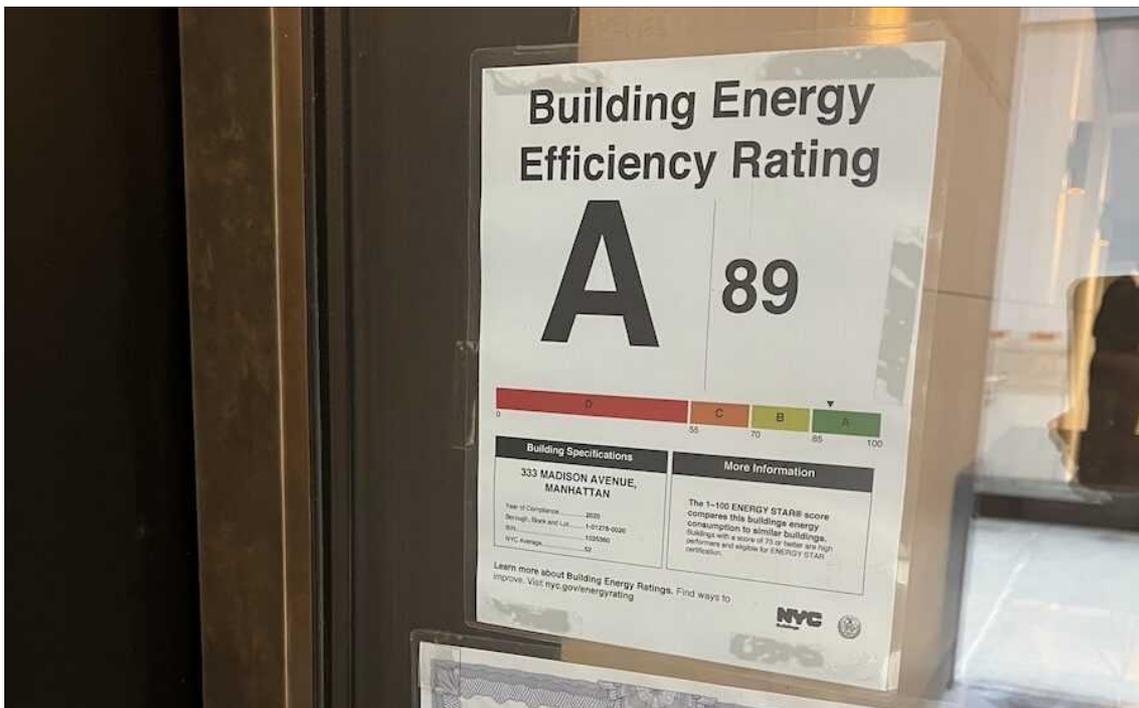
2017년 10월, 캘리포니아주는 미국에서 최초로 건축 자재의 탄소 배출량 감축을 위해 정부 조달에 대한 자재 기준을 도입하는 ‘청정구매법(Buy Clean California Act, BCCA)’을 제정하였다. 이 법에 따라, 캘리포니아주 조달국(Department of General Service, DGS)은 콘크리트 보강 철근, 건축용 강철, 판유리, 미네랄 목재보드 단열재 등 4개 항목에

대한 최대 허용 지구온난화지수(Global Warming Potential, GWP) 한도를 책정하여 2022년 해당 기준을 발표하였다.

④ 뉴욕(New York)시³⁾

뉴욕시는 2050년까지 탄소중립 달성을 목표로 내세웠으며, 이를 위한 노력의 일환으로 2019년 4월, ‘지역법 97호(Local Law 97)’ 를 제정하였다. 이 법에 따르면, 면적이 2만 5,000제곱피트 이상인 건물 대다수는 2024년까지 새로운 에너지 효율과 온실가스배출 한도 기준을 충족시켜야 하며, 이 같은 한도는 2030년까지 더욱 강화될 것이다. 뉴욕시는 이 법을 통해 뉴욕시 소재 대형 건물에서 발생하는 온실가스 배출량을 2030년까지 40%, 2050년까지 80% 감축하는 것을 목표로 설정하였다.

< 뉴욕시의 빌딩 에너지효율 등급 표기 >



* 출처: Citysignal(<https://www.citysignal.com/nyc-building-energy-efficiency-scores-explained/>)

3) <https://www.nyc.gov/site/sustainablebuildings/l197/local-law-97.page>

3. 미국의 도시계획 및 개발 변화

건물 외적 공간인 도시자체의 크기, 구조, 발전 방향성 등에 대한 미국의 역사적인 변화에 대해 알아보고, 그에 대한 반작용으로 발생하고 있는 새로운 도시개발의 개념 및 이론 속에서 환경 또는 기후변화 등에 대한 요소가 어떻게 반영되어 있는지 분석해 보고자 한다.

가. 도시의 확장(Urban Sprawl)

근현대의 미국 도시의 변화 과정은 20세기 초 공업발전과 함께 도시 인구의 집중현상을 시작으로 1929년부터 1939년까지 이어진 경제대공황까지의 도시집중 단계와 2차 세계 대전 이후 경제부양책과 자동차의 보급 등으로 도시의 교외개발(Suburban Development)의 확산으로 크게 두 가지로 요약될 수 있다. 이 중 다음 단락에서 논의할 최근의 도시계획 및 개발 트렌드의 배경이 되는 교외지역 개발로 인한 무분별한 도시 확장에 대해 보다 구체적으로 알아보고자 한다.

1) 교외 지역 개발 역사

美 노동부에서 2차 세계대전 이후 약 15백만명의 군 종사자가 실직상태에 이를 것으로 예상하게 되었다. 이에 따라 1943년 6월 국가자원계획회의(The National Resources Planning Board)에서는 일련의 교육 및 훈련 프로그램을 제안하게 되고, 1년 후인 1944년 6월 루즈벨트 대통령은 전역자 정착지원법률(Servicemen's Readjustment Act)에 서명하게 된다.

이 법과 함께 여러 경제부양책을 통해 약 7년 후 8백만명의 전역군인이 교육 혜택을 받게 되고, 학사 이상의 학위를 받은 인구가 1945년과 4.6%에서 반세기 후 25%로 증가하게 된다. 1955년까지 4.3백만명이 330억 달러의 대출을 받게 되었고, 전역군인의 경우 전쟁 후 새로 지어진 주택의 20%를 구매하게 된다.

전역군인에 대한 지원(VA)과 함께 연방주택관리청(Federal Housing Administration, FHA)은 금융기관의 주택담보대출에 대한 보증을 제공함에 따라 30년 모기지상품이 표준모델로 자리잡게 된다. 주택의 이격거리, 건설소재, 부지크기 등 FHA/VA 프로그램의 지원 기준은 폭발적인 주택수요에 빠르게 대응하고 과거 도시 인구집중에 따른 위생·환경문제 등을 감안하여 기존 도시 보다는 교외지역의 개발에 적절하도록 설정되었다.

이러한 주택공급 정책, 자동차 기술발전 및 도로 등 기반시설의 확대 결과 주택공급은 1944년 기준 가구 수 142천에서 시작하여 매년 1.5백만 개의 주택이 공급되었고, 이러한 속도에 맞추기 위해 교외지역을 대상으로 주택단지(Subdivision) 건설 방식의 개발이 지속되었다. 대표적으로 뉴욕 롱아일랜드 지역에 개발된 레비타운(Levittown)의 경우 매년 2천가구씩 총 17천 가구를 한 장소에 단지개발을 통해 건설·공급하였다. 급속한 개발사업의 확장으로 개발자는 단지 중 일부 토지기여의 역할만 하고, 시에서 도서관, 놀이터, 공원 등 주민시설을 건설하고 주택 입주자가 하수 시설 등에 대해 부담하는 상황도 발생하기도 하였다. 텍사스 주의 경우 교외지역 개발과 수요의 폭발로 인하여 Colonias로 불리는 불법적인 주택 단지의 개발도 성행하여 기초적으로 요구되는 상하수도, 도로, 배수설비 등 없이 부지만 개발하여 판매하는 문제도 발생하였다.

< **교외지역 난개발 사례 (Texas Colonias)** >



2) 교외 확산과 사회적 변화

교외지역을 중심으로 한 급속한 주택건설은 우리나라의 아파트 단지를 중심으로한 고밀도 개발방식과 달리 미국에서는 저밀도의 교외 주택단지(Subdivision) 개발이 일반화되었고, 이는 도시의 팽창, 광역화를 더욱 가속화하는 요인으로 볼 수 있다.

주택의 평균크기는 1950년 983평방피트에서 2015년 기준 2,687 평방피트로 2.5배 이상 커지게 되었고, 백화점 및 상점도 기존 도심지에서 교외지역으로 이동하게 되어 여러 상업지구도 함께 성장하게 된다. 노동인구의 교외지역 이동은 결국 회사의 본사 또는 사무공간도 교외지역으로 이동 또는 신설하게 되는 유인으로 작용하게 되었다.

< 교외지역의 주택단지 개발 전경(뉴욕 레비타운) >



* 저층 구조의 단독주택(Single-house)을 대단지 형태로 건설하는 주택단지(Subdivision) 개발방식이 현재 까지도 일반적으로 진행되고 있음

1940년대부터 2010년 간 미국의 인구 통계를 살펴보면, 총 인구는 2.5배 증가한 상황에서 광역권 인구는 4배 이상, 교외지역 인구는 9배 증가하여 도심지를 중심으로 한 교외 지역 확산 현상이 뚜렷하게 드러난다. 그 결과

2010년 기준 미국의 총 인구는 약 3억 9백만명이며, 이 중 83.7%가 주요 도시와 그를 둘러싼 교외 지역으로 구성된 광역권(Metropolitan)에 거주하고 있으며, 51.0%는 교외 지역에 거주하고 있다.

< 미국의 광역권 및 교외지역의 성장(1940~2010) >

(단위 : 천명, %)

연도	총인구	광역권 인구	총인구 대비 비율(%)	교외지역 인구	총인구 대비 비율(%)
1940	131,669	60,293	45.8	17,666	13.4
1970	203,302	139,500	68.6	75,500	37.1
2010	308,746	258,318	83.7	157,575	51.0

* 출처: U.S Census Bureau, 2010 Census

나. 도시개발의 추세 변화

1) 새로운 도시개발 개념

앞서 살펴본 미국의 도시의 확장에 따른 부작용에 따라 최근 다시 도시 집중화 현상과 이와 관련된 이상적인 도시개발을 위한 계획이론에 대해서 알아보려고 한다.

① 뉴어버니즘(New Urbanism)

뉴어버니즘은 무질서한 시가지의 확산 등으로 인한 문제해결을 위해 1990년대 이후 미국에서 발생한 도시계획 이론으로, 도시로 다시 모이는 새로운 흐름에 대비하여 차단문 또는 차단시설을 없애고 주변 동네와의 연결성, 단일의 우세한 토지이용보다 복합적인 토지의 개발 및 이용, 공동체 시설 및 시민 공간을 강조하고 있다. 즉, 공간에 대한 개방성, 복합적 이용과 사람들간 어울릴 수 있는 기능을 강조하고 있다. 이는 과거 토지 용도 또는 지가 등에 따라 지역이 계층화되고, 이로 인한 무분별한 확산 및 환경오염 등의 부작용에 반하여 도시 공동체의 중요성을 강조한 개념

이라고 볼 수 있다. 다양한 사회경제적 배경을 둔 사람들이 함께 공동체를 이루는 것을 목표로 하며, 보행성 확보를 위해 아이들이 고속도로나 자동차 전용도로의 방해받지 않고 다닐 수 있는 막대사탕 테스트(The Popsicle Test) 개념을 사용하고 있다.

② 지속가능한 성장(Sustainable Growth)

지속가능한 성장 개념은 환경적으로 건전한 성장을 핵심으로 하는 지속가능한 개발(Sustainable Development)와 비슷한 개념으로 도시 계획 분야에서는 뉴어버니즘의 한 부분으로도 볼 수 있다. 주요 내용으로는 도시 외곽으로의 확산을 줄이고, 자동차 통행량과 오염도를 낮추며 보행자 중심의 도시를 지향하는 개념이다. 이를 위해 일정정도의 고밀도 개발을 통해 자연상태의 토지를 보전하면서 도시면적의 무분별한 확산을 지양하는 방식의 성장을 강조하고 있다. 즉, 도시의 개발이 횡적방향이 아닌 종적방향이 되어야 한다는 개념으로 볼 수 있다.

③ 스마트성장(Smart Growth)

스마트성장은 지속가능한 성장과 마찬가지로 토지의 고밀도 이용을 지향하는 개념으로 1973년 오레곤에서 처음 시행되었다. 사회기반시설의 외적 팽창을 제한하여 지속적인 도시의 확산을 줄이고 오픈 스페이스를 확보하는 것을 목표로 한다. 이를 위해 새로운 기반시설에 대한 비용을 기존 거주민들에 부담지어서는 안 된다는 원칙을 강조하고 있다. 공간에 대한 수요는 도심(Core)의 재개발과 빈 공간을 채우는 방식의 개발(Infill)을 통해 충족하는 방향으로 설정하되, 보행자 친화적인 설계를 우선으로 하고 있다. 반면, 스마트성장은 도심지의 재개발 등으로 고소득자 중심의 거주민과 산업이 모이게 되면서 젠트리피케이션(Gentrification) 현상을 가속화시킨다는 논란을 일으키기도 하였다.

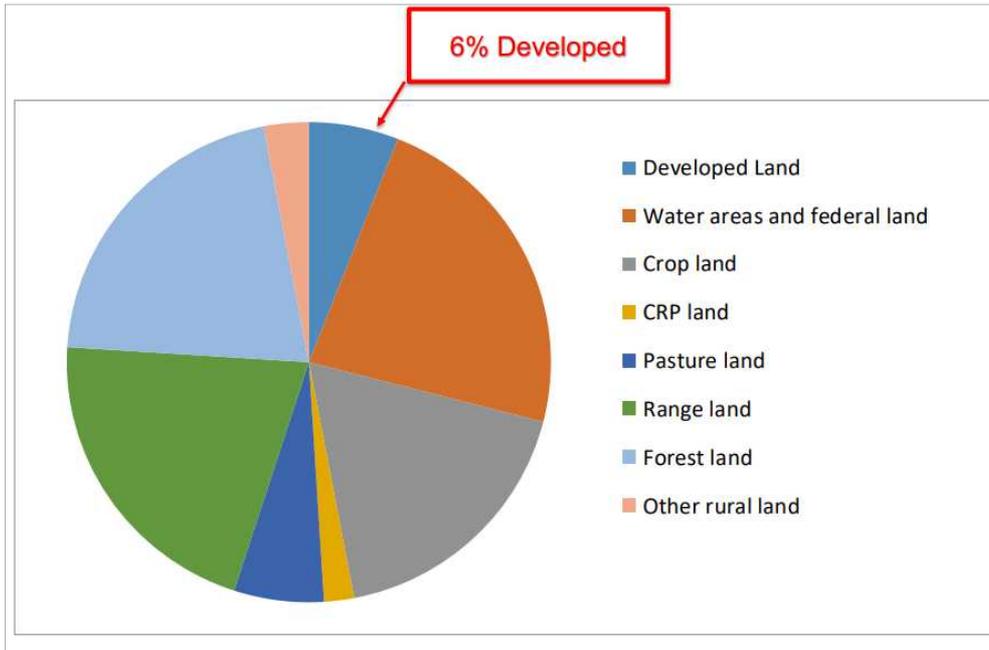
다. 시사점

20세기 초반 산업발달로 도심지로 인구가 집중되면서 발생한 위생 및 거주공간 부족 등의 도시문제는 교외 확산으로 인해 많은 부분이 해소된 측면이 있으나, 토지이용의 효율 및 자연환경에 대한 영향 측면에서는 부정적 효과가 커진 것으로도 볼 수 있다. 특히 기후변화 대응 측면에서는 녹지 등 탄소흡수원의 감소, 자연의 물 순환 시스템 기능저하, 자동차 통행량 및 이동거리 증가와 같이 여러 가지 부정적인 영향을 가져올 수 밖에 없는 도시의 발전과정을 보여주게 된 것이다.

이러한 환경적 영향과 함께 도시 라이프스타일을 선호하는 인구계층의 세대적 변화, 고령화에 따른 의료서비스 수요확대 등의 다양한 요인으로 인하여 다시 도시로의 회귀를 위한 추세가 대두되면서 과거의 도시 인구 집중에 따른 문제가 반복되지 않도록 하는 다양한 도시계획 개념과 이론이 진행되고 있다. 공통적인 요소로는 저밀도의 토지 개발방식에서 고밀도 재개발 및 보행자 중심의 도시설계가 기본이 되고, 복합적인 토지이용과 건축물의 구성으로 다양한 사회경제적 인구가 공동체를 이룰 수 있도록 하는데 초점을 두고 있다.

반면, 최근 COVID-19, 자율주행차 개발, 원격근무 등 도심 집중과는 반대되는 외부요인 및 기술개발도 함께 진행되고 있는 상황이다. 특히, 미국의 경우 넓은 국토 면적 대비 개발된 면적은 6% 수준으로 여전히 경제상황에 따라 토지의 신규 개발 가능성은 높을 수 있기 때문에 뉴어버니즘과 같은 새로운 도시계획 트렌드가 정착되기 위한 정책적 수단과 논의가 강화되어야 할 것으로 보인다.

< 미국의 토지용도별 분포(2007년 기준) >



* 출처: R. Peterson, Introduction to Market Analysis, TAMU, 2022

국내의 경우 아파트를 중심으로 한 주택건설 시장의 특성이 있으나 도시화율이 90% 이상 진행되면서 대도시를 주변으로 광역화, 교외지역 개발도 지속적으로 병행되고 있으며, 지방 균형발전 또한 신규 토지개발의 부담으로 작용할 것이다. 이러한 경제 및 개발 수요를 경제성의 이유로 수평적인 토지개발 방식으로 대응하지 않고 수직적인 고효율의 토지이용 방식이 되도록 하는 도시계획 기법과 관리기준이 기본개념으로 도입되어야 할 것이다.

Ⅲ. 개발사업 단계별 기후변화 대응방안

개발사업과 관련되어 명확한 정책목표가 설정된 것은 주로 대형 건축물, 공공기관 차원에서 에너지 절약 및 효율성 제고와 관련된 제도가 도입되어 있어, 실제 미국의 토지 및 부동산 개발 사업의 세부적인 절차를 알아보고 각 단계별로 기후변화 대응 및 적응, 친환경 개발과 관련된 제도 및 개발 기법 등에 대해 알아보하고자 한다.

개발 절차는 개발 대상의 종류, 규모, 사업 주체 등에 따라 다양하지만 대표적인 모델로 8단계의 과정⁴⁾으로 요약될 수 있다. 이 중 환경 관련 분야는 주로 타당성 조사, 건설 및 시공 단계에서 구체적으로 검토된다고 볼 수 있다.

< 부동산 개발 8단계 모델 >

단 계	주요 내용
1. 초기 구상 (Idea Inception)	<ul style="list-style-type: none"> • 개발 아이디어 구상 • 초기 타당성 검토(법적 제한, 수익분석 등)
2. 계획 구체화 (Idea Refinement)	<ul style="list-style-type: none"> • 개발 대상 및 장소 등 구체화 • 초기 디자인 구상, 물리적 타당성 검토
3. 타당성 조사 (Feasibility)	<ul style="list-style-type: none"> • 시장조사(수요·공급, 자본율, 수익분석 등) • 법적, 물리적, 재정적 타당성 검토
4. 사전 계약 협상 (Contract Negotiation)	<ul style="list-style-type: none"> • 시공, 대출, 정부기관 등 사전 협의 • 입찰조건, 이자·대출한도, 승인조건 등
5. 공식 계약 (Formal Commitment)	<ul style="list-style-type: none"> • 투자, 시공, 대출, 토지구매, 보험, 사전임대 등 관련자 계약 동시 진행
6. 건설·시공 (Construction)	<ul style="list-style-type: none"> • 건설·개발계획 승인, 입찰, 기초시설 및 구조물 설치, 준공검사 등
7. 완공·승인 (Completion & Formal Opening)	<ul style="list-style-type: none"> • 시의 사용승인, 운영관리자 채용, 마케팅, 건설대출 종료 등
8. 운영·관리 (Property, Asset & Portfolio Mangement)	<ul style="list-style-type: none"> • 유지관리, 리모델링, 판매·임대 등

4) Mike E. Miles, Real Estate Development - 5th edition, ULI, 2015

1. 타당성 조사(Feasibility) 단계

개발사업과 관련된 환경적인 요소, 영향은 개발부지에 대한 타당성 검토 단계에서 중요한 사항이다. 재정적인 수익 타당성 뿐만 아니라 법적 허용가능성, 구상된 사업의 물리적 실현가능성을 검토하기 위해 사전 현장조사(Due Dilligence), 토지 및 부동산의 공식 기록(Title Record) 등에 대한 조사가 진행된다.

조사항목 중 환경 및 기상조건과 관련성이 높은 항목으로는 토지 환경성 평가(ESA, Environmental Site Assessment), 홍수위험지역(SFHA, Special Flood Hazard Area) 등급 제도를 들 수 있다. 아울러 도시 내 건물의 냉난방 시설과 함께 이산화탄소 배출량이 가장 많은 교통 분야이기 때문에, 자동차 통행량의 수요관리를 위한 교통영향분석(TIA, Traffic Impact Analysis)도 타당성 조사 단계에서 기후변화에 대비하기 위한 요소로 알아보고자 한다.

< 사전 현장조사(Due Dilligence) 고려사항 >

구 분	고려사항
환경적 요소	경관, 습지, 식생, 기후, 공기질, 수자원 및 수질, 습지, 보호종, 토양오염, 홍수위험도, 재해 등
사회적 요소	지역사회 수용도, 학군, 공원 및 레크레이션, 주변지역과 조화, 공간감 등
위치적 요소	접근성(학교, 일자리, 상권, 오락시설 등), 도로 인접 및 접근성, 사회기반시설 등
물리적 요소	배수 및 수리, 토양, 경사도, 표층수 및 지하수 등
법적/규제적 요소	토지사용권(Easement), 사적 규제, 토지용도(Zoning), 개발 규정, 기타 행정적 고려사항 등
재정적 요소	토지가, 개발비용, 부대비용, 어메니티, 수수료 및 징수금, 대출 등

가. 토지 환경성 평가(ESA, Environmental Site Assessment)

1) 제도 개요

ESA는 美 EPA CERCLA(Comprehensive Environmental Response, Compensation, and Liability Act)에 따라 석유류, 중금속 등과 같은 유해 물질로부터 인간의 건강과 환경에 대한 위해성 관리를 위한 제도로, 국내 토양환경보전법에 따른 토양환경평가 제도와 유사한 성격을 가진다. 다만, 실제 개발현장에서는 ESA와 함께 각 법에 따라 규제되는 습지, 야생동 식물 등 조사도 함께 이루어지기 때문에 국내 환경영향평가제도와 유사한 조사·평가도 동시에 진행된다.

제도의 목적은 부동산 거래와 관련된 실사 평가과정에서 소유주, 구매자, 임차인 등의 법적 무결성(Innocent landowner)을 입증하기 위한 것으로, 국내 토양환경평가 제도와 달리 모든 상업적 토지 거래에 대하여 1단계 ESA가 요구되며, 모든 잠재적 책임당사자(PRP, Potential Responsible Party)에게 적용된다. 여기서 잠재적 책임당사자는 현 소유주, 과거 소유주, 임차인, 관리인, 담보권리인 등을 모두 포함한다. 반면, 농경지, 목장 등 오염가능성이 낮고, 토지용도 변경 없이 거래되는 등의 경우 의무가 제외된다.

당사자 간 책임성의 배분과 관련해서는 표준규정은 없으나, 조사방법은 주로 표준조사법(ASTM standard E-1527)을 따르며 주로 전문엔지니어링 업체를 통해 현장 및 부동산 기록 조사, 채굴 시료분석 등을 거쳐 발주자(개발자 또는 구매자)에게 보고서가 제출된다.

2) 환경평가(Environmental Assessment)와의 차이점

개발사업과 관련된 유사한 제도로는 연방정부 사업 대상의 환경평가 제도(EA, Environmental Assessment)가 있으며, 개발사업의 환경영향과 대안 평가를 위한 제도목적은 국내 환경영향평가 제도와 유사하나 사업 대상 등에서는 차이점을 보인다.

ESA와 EA 간 주요 차이점으로는 제도의 목적, 대상 등으로 구분할 수 있다. EA의 경우 고속도로, 공공주택 사업(Affordable Homes) 등 환경에 뚜렷한 영향을 주는 대규모 연방정부 주관 사업, 연방정부의 지원 또는 자금을 받는 사업을 대상으로 한다.

절차에 있어서도 당사자간 법적 책임성을 위한 ESA와 달리 EA는 공적 사업을 대상으로 하기 때문에 공청회(Public review), 환경영향조사서(Environmental Impact Statement) 등이 요구된다.

< ESA와 EA 주요 특징 비교 >

구 분	Environmental Site Assessment	Environmental Assessment
근 거	CERCLA	CERCLA
주 체	거래당사자(주로 판매자)	연방정부(Federal Agency)
목 적	현재 또는 과거의 위험물질로 인한 토지영향 조사, 거래시 법적 책임성을 명확히 하기 위한 목적	사업 등의 환경영향을 정의 및 평가 하기 위해 사업계획 및 대안 등을 분석
대 상	모든 상업적 부동산 거래 (예와: 농업 목적의 농지, 목장 거래 등)	연방정부 사업, 지원허가, 보조사업 등
기 타 특 징	모든 잠재적 당사자 대상 당사자간 책임분배에 대한 규정은 없음 ASTM standard E-1527 등 조사규정 인용	공청절차 포함 Environmental Impact Statement 필요 일반적으로 장기간 소요

3) ESA 세부절차

ESA는 주로 토지거래 계약 전에 실시되는 실사 과정(due diligence) 중 하나의 요소로 실제 오염, 환경영향 등에 따라 1단계부터 3단계까지 진행된다.

1단계(Phase 1 ESA)는 모든 상업적 부동산 거래(Commercial real estate transactions)를 대상으로 진행된다. 이는 상업용 건물이나 토지의 매매를 의미하는 것이 모든 토지의 건물 등을 사고 파는 행위를 말한다. 구체적인 방법은 대상지의 과거기록, 토지용도 등에 따라 달라질 수 있으나 일반적으로 ASTM standard E-1527-2000을 1단계 조사방법으로 채용한다.

1단계 ESA의 목적은 인지된 환경적 상태(REC, Recognized Environmental Conditions)를 정의하기 위한 것으로, 주로 석유류, 습지, 멸종위기종 등의 현재 또는 과거 상태, 존재여부 등을 조사하게 된다. 조사절차는 기록 리뷰, 현지 조사(표면조사 수준), 관계자 인터뷰, 보고서 작성 등 4가지 단계로 진행되며, 토지 및 부동산의 환경관련 기록은 주로 공공기관에서 관리 및 보존되고 있으며, 텍사스 주의 경우 TCEQ(Texas Commission on Environmental Quality)에서 환경이슈와 관련된 기록을 관장하고 있다. 조사결과에 따른 보고서는 보통 6개월의 유효기간을 갖는다.

2단계(Phase 2 ESA)에서는 1단계에서 추가조사가 필요한 우려사항(REC, Recognized Environmental Condition)이나 잠재적 영향이 확인될 경우 실시하여, 오염물질이나 보호 대상의 동식물 등이 실제 해당 토지, 토양 등에 존재하는지를 확인하게 된다. 토양오염 대상물질의 경우 지하수 모니터링, 토양채취·분석 등 표층면 이하 수준의 조사가 요구된다.

3단계(Phase 3 ESA)는 2단계 조사결과 인간의 건강과 환경에 위협이 될 수준의 오염물질이 확인된 경우에 구체적으로 영향을 받는 토양, 지하수 등의 양과 범위를 정하고, 지하수 및 토양정화 작업 등 시정조치(Remedial Action Plan, RAP)를 포함한다.

경우에 따라서는 시정조치 계획까지를 3단계 ESA, 계획의 이행 및 감독기관으로부터 최종 완료 승인까지를 4단계 ESA로 구분하기도 한다.

3) 개발 측면에서 ESA의 장단점

토지개발자(Land/Site developer) 입장에서 ESA는 실사과정에서 상당한 비용과 시간이 요구되는 제도이나 향후 발생가능한 환경적 영향에 대한 법적 책임성 측면에서는 불가피한 측면의 의미를 갖는다. 특히, 노후화되거나 좌초자산화 된 산업단지 부지(brownfield) 등의 경우 오염정화 사업 등을 포함한 ESA에 전문화된 개발자에게 큰 이익을 기대할 수 있는 대상으로 인식되기도 한다.

공공개발 및 공익적 측면에서 도심재개발, 치안·환경개선 등 공공 목적과 결합된 PPP(Public-Private Partnership) 형태의 다양한 개발 또는 재개발 사례가 있으며, 향후 도심 재집중 경향에 따라 슬럼화된 도시 지역의 개발소요 증가 가능성이 커질 수 있다.

4) 국내 제도와외 비교 및 시사점

美 ESA의 경우 우리나라 토양환경보전법에 따른 토양환경평가제도와 제도의 목적과 절차, 평가방법 등은 유사하며, 모든 토지거래를 대상으로 강제성을 띄고 있다. 조사·평가 대상이 중금속, 유류 등에 의한 토양오염만이 아닌 멸종위기종, 습지 등 환경관련 법률에 따른 요소들을 모두 포함하여 시행되기 때문에 환경영향평가 또는 소규모 환경영향평가와도 비교될 수 있다.

국내의 경우 토양환경평가제도는 경제성을 고려하여 일부 지역을 대상으로 자율적 참여에 기반하고 있으며, 환경영향평가 등도 일정 규모 또는 사업종류에 따라 적용되고 있다.

제도의 대상과 관련하여 국내도 관련 시장의 확대상황, 비용효과적인 평가방법의 보편화 등에 따라 점진적인 대상확대와 함께 시장자율적인 확대방안도 함께 검토될 필요가 있다. 가령 미국의 경우 토지나 부동산 거래시 환경관련 문제가 없다는 보고서가 공식적인 기록(Title)에 등재되어야 이를 기반으로 보험이나 대출 등 재정 확보 및 개발 관련 비용 측면에서 불이익을 받지 않게 된다.

한편, 오염된 토지를 정화하여 개발·이용을 촉진하기 위해 텍사스주에서는 자발적 정화프로그램(VCP, Voluntary Cleanup Program)을 운영 중이며, 지방세 세제혜택 등과 함께 정부가 토지 및 거래자들의 무결점을 인증하는 등 인센티브를 주고 있다.

기후변화 측면에서도 대규모 개발 및 건축사업에 대한 에너지 절감이나 환경영향을 평가하는 관련 제도의 한계를 넘어 모든 소규모 개발사업도 탄소배출을 저감하거나 탄소흡수원을 많이 확보할 수 있도록 설계나 시공, 운영방법을 개발자가 스스로 확대할 수 있는 ESG 등에 대한 가이드라인, 정부주관의 인증제도 및 세제혜택이 함께 진행되어야 할 것이다.

아울러 국내의 높은 토지개발 수요 대비 낮은 토지가용성을 고려할 때 기존 도심지, 산업단지 등의 재개발은 환경오염 정화 측면 뿐만 아니라 토지의 효율적 사용으로 도심 녹지의 보전과 확대, 기존 녹지의 개발 압력 완화에 기여할 수 있다. 따라서 공공기관 주관의 토양정화, 중소규모 토지개발(In-fill Development)을 위한 지원책도 검토해볼 필요가 있다.

나. 홍수 지도(Floodplain Map)

1) 제도 개요

홍수 지도(Floodplain Map)는 도입 주체 및 배경에 따라 FEMA Map(Federal Emergency Management Agency, 美 연방재난관리청) 또는 홍수 보험 등급 지도(Flood Insurance Rate Maps, FIRM)로 불린다. 역사적으로 개발은 강, 호수, 바다 등 수변을 중심으로 발생해왔다. 이 과정에서 자연상태의 범람원(Floodplain)과 그 주변지역에 건축물, 구조물, 도로 등이 개발되면서 수류(水流)의 흐름에 대한 장애효과가 증가하게 되고, 상류유역의 불투수층 증가로 하류나 인접지역의 홍수의 강도(수량 및 유속)가 강해지게 된다.

이에 따라 FEMA에서는 범람지역 내 개발의 책임성을 강화하고 고위험 지역을 대상으로 보험을 제공하기 위해 국가 홍수보험 프로그램(National Flood Insurance Program, NFIP)을 도입하게 된다. 즉, 개발 이후에도 자연상태 또는 개발 전 상태의 홍수위를 유지하도록 하는 것이 제도의 기본목적이다. 등급에 따라 각 시에서는 개발승인을 검토하게 되며, FEMA와 연계된 조사 시행사(Study Contractor) 및 보험사를 통하여 등급 조정 또는 보험가입 등의 후속조치를 하게 된다.

2) 홍수 등급 및 제한

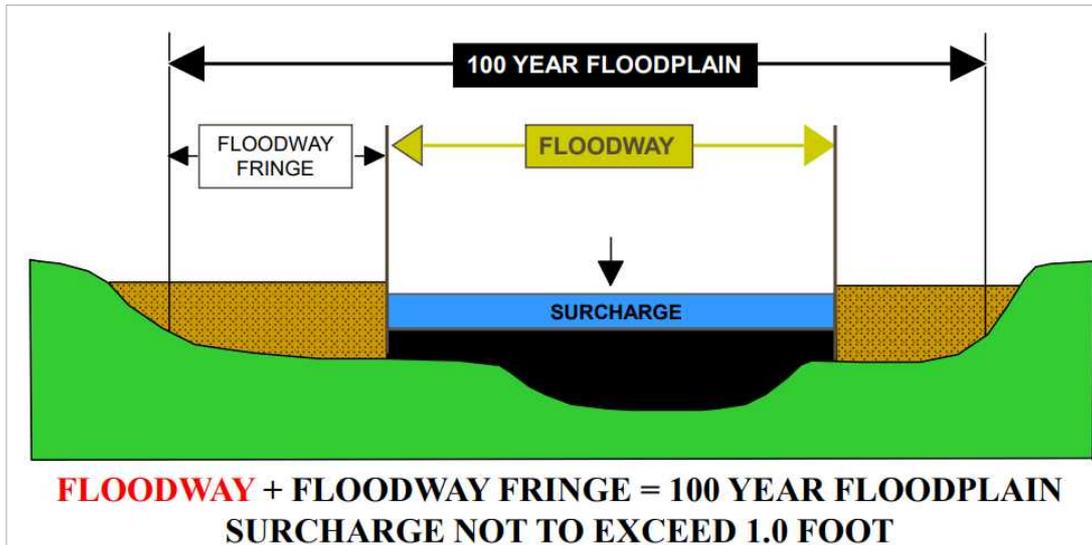
홍수 등급은 100년 빈도의 기본 홍수위(BFE, Base Flood Elevation) 및 해당 수위 이내의 특별 홍수위험지역(SFHA, Special Flood Hazard Area)을 기반으로 구성된다. 기본적으로 100년 빈도 수위보다 낮은 곳은 Zone A, 500년 빈도 이내는 Zone B, 그 밖의 지역은 Zone C 또는 Zone X로 분류된다. 미국 전역의 홍수 등급은 FEMA 또는 각 주, 카운티, 시에서 지리정보시스템(GIS) 등을 통하여 누구나 확인할 수 있으며, 부동산 거래시 기본적으로 확인하는 항목이다.

< 홍수지역 등급 구분 >

등 급		내 용
SFHA 내	Zones A, AE, AO, AH, AI-A30, A99	100년 빈도 홍수위 이내로 기본 홍수위, 위험도 등 세부사항에 따라 세부등급 조정
SFHA 외	Zone B	500년 빈도 홍수위 이내
	Zone C or X	기타 지역
해안지역	V, VE, V1-V30	파도 등 영향 고려

Zone A 지역의 경우 기본적으로 개발사업 등으로 홍수로(Floodway)의 수위상승이 1피트가 넘지 않아야 한다. 이는 개발사업으로 인한 주변 토지·부지의 홍수위험도를 증가시키지 않기 위한 것으로 주로 개발사업 부지에 체류지 또는 저류지 등을 설치하여 불투수성 면적의 증가효과를 상쇄한다.

< Floodway 및 홍수위 제한 모식도 >



* 출처: Y.Noh, 「Environmental Issues and Regulations Affecting Land Development」, TAMU, 2022

3) 홍수 등급 지도 수정(FIRM Amendments and Revisions)

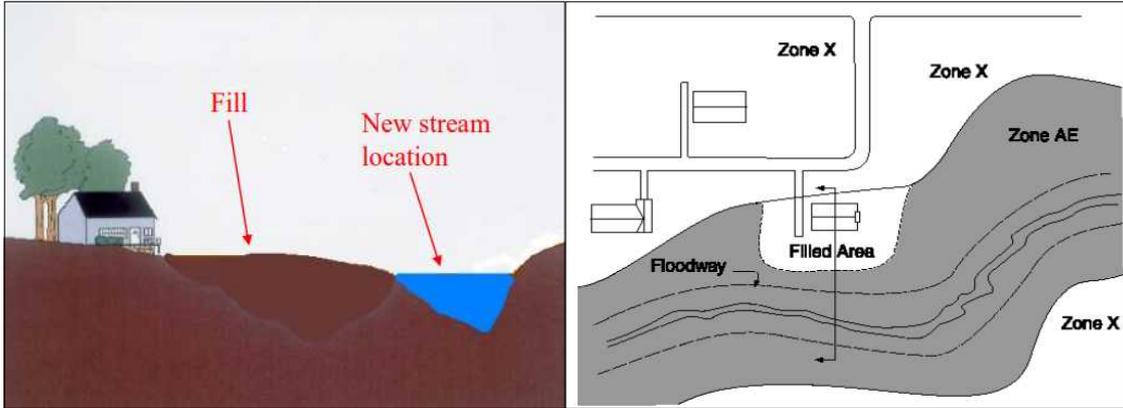
앞서 살펴본 바와 같이 100년 홍수 빈도 이내 지역인 Zone A의 경우 개발 허가에 있어 제약사항이 크기 때문에 개발 또는 판매 등을 위해 FIRM의 수정 절차를 거칠 수 있다. 수정절차는 수정사유와 방법 등에 따라 크게 2가지로 구분된다.

LOMA(Letter of Map Amendment)는 주로 토지소유주의 요청에 의해 해당 토지 또는 부동산이 특별홍수위험지역(SFHA)에서 제외되는 것을 말한다. 이는 기본 홍수위(BFE)가 결정되어 있지 않았거나 축적 등에 의해 지도가 부정확한 경우 FEMA로부터 현존하는 구조물 또는 토지가 특별한 조치없이 100년 빈도 확률의 홍수에 노출되지 않는다는 것을 인정받게 됨으로써 Zone A에서 제외된다.

LOMR-F(Letter of Map Revision Based on Fill)는 주로 관할 시(City) 또는 개발자의 발의로 시작되며, 기존 구조물 또는 토지가 매립작업 등에 따라 홍수에 범람되지 않는 경우에 해당된다. 매립과 같은 별도의 개선조치가 있는 것이 LOMA와 차이점을 두고 있으며, 매립작업을 포함한 토지개발 사업을 위해서는 CLOMR(Conditional Letter of Map Revision)을 받아 관련 인허가 등을 진행하게 된다. 기본적으로 기존 상태의 물 흐름을

유지해야 하기 때문에 매립 위치 등에 따라 새로운 물길을 만들어 주는 조치가 병행될 수 있다.

< 매립에 의한 홍수위 변경 모식도 >



* 출처: Y.Noh, 「Environmental Issues and Regulations Affecting Land Development」, TAMU, 2022

홍수등급의 조정은 개발 관련 인허가, 부동산 거래 등 영향 뿐만 아니라 연방정부의 지원을 받는 사업에 대한 조건인 보험구매 요구도 제외된다. 다만, 등급조정으로 특별 홍수위험지역(SFHA)에서 제외되는 것이 홍수로부터 완전히 안전하다는 의미는 아니기 때문에 은행 등 담보대출 기관에게는 대출조건으로 홍수보험을 고려할 것을 권고하고 있다.

4) 시사점

국내의 경우 이미 하천법 제12조에 따라 계획홍수위 아래에 있거나 홍수범람의 우려가 있는 곳 등을 대상으로 홍수관리구역으로 지정하도록 되어있다. 해당구역은 특별 홍수위험지역(SFHA)와 마찬가지로 행위 또는 개발 등에 제약을 받게 된다. 홍수관리구역에 대한 토지세목, 지형도면 등 공식적인 정보와 상세한 도면은 관할 하천관리청을 방문하여 열람하도록 되어있다. 일반 국민의 정보접근성 향상을 위해 2021년부터 홍수위험지도 정보시스템을 통하여 하천범람지도 외에 일부 지자체의 경우 도시침수지도 까지 제작·공개하고 있다. 이를 통해 각 지역의 홍수빈도, 침수심 등에 대한 정보를 쉽게 얻을 수 있게 되었다.

FIRM과 중요한 차이점은 정확한 주소 또는 필지별 정보에 대한 공개는 여전히 방문열람 또는 개별 필지에 대한 토지이용정보를 통해 접근할 수 있다는 점이다. 미국의 경우 앞서 살펴본 바와 같이 부동산 거래시 해당 자산에 대한 기록(Title) 조사가 대출, 보험 등 금융권의 기본적인 요구 조건으로 정착되어 있다. 나아가 텍사스 주의 경우 2022년부터 주거 목적의 임대시 소유주가 임차인에게 홍수위험도를 의무적으로 공지하도록 하고 있다. (아래 그림 참고)

기후변화로 인한 집중호우와 같은 이상기후 현상에 대해 안전한 도시 및 주거기반을 만드는 것은 기후변화 적응대책 중 시급히 추진되어야 할 과제이다. 2021년 기준 국가하천의 정비율은 95%, 지방하천은 77.5% 수준이며 피해액도 지방하천이 국가하천의 5배가 넘는다.⁵⁾ 여름철 집중강우 발생시 즉각적인 피해가 발생하는 도심지역은 인근 하천정비 부실과 함께 하수도 설비의 문제가 지적된다.

따라서 지방자치단체의 홍수관리에 대한 정책적 우선순위가 높아져야 하며, 이에 대한 관심을 제고하기 위해서는 홍수위험도 정보가 개인자산에 대한 영향이 크지만 부동산 거래, 투자 및 개발 계획 등 단계에서 쉽게 정보를 확인하고 자산가치에 반영될 수 있도록 하여야 한다. 특히, 임대주택의 경우 소유주의 관련 정보의 고지 의무화, 공공차원의 보험개발 및 의무가입 등도 검토해볼 필요가 있다. 아울러 LOMA, LOMR-F와 같이 홍수위험 등급의 오류가 있거나 개선되었을 경우 소유주 또는 관리청이 쉽게 수정할 수 있도록 투명하고 간소화된 절차도 준비되어야 할 것이다.

이와 같이 공간적으로 큰 규모의 범위에서는 거래 시장과 토지이용 규제 방식에 의해 홍수 또는 침수 위험이 높은 지역의 개발을 지양하거나 하천 및 하수도 정비 등을 통해 위험도를 낮추어야 한다. 반면, 개별적인 주택건설, 소규모 택지개발 등의 경우 소유주 또는 개발자가 홍수 또는 침수위험에 대해 인지하고 완화대책을 세울 수 있도록 하는 것이 정보의 접근성 제고의 일차적인 목표가 되어야 할 것이다.

5) 국회예산정책처, 재정분권 정착 및 지방이양 사업 평가(2023)

< 아파트 임차계약서 내 홍수위험도 관련 공지문 표준안 >

	<p>APPROVED BY THE TEXAS REAL ESTATE COMMISSION (TREC) LANDLORD'S FLOODPLAIN AND FLOOD NOTICE NOTICE: For Use With a Residential Lease, Including a Temporary Residential Lease</p>	<p>08-08-2022</p> 		
<p>CONCERNING THE PROPERTY AT: _____ (Street Address and City)</p>				
<p>A. Landlord <input type="checkbox"/> is <input type="checkbox"/> is not aware that the dwelling you are renting is located in a 100-year floodplain. If neither box is checked, you should assume the Property is in a 100-year floodplain. Even if the dwelling is not in a 100-year floodplain, the dwelling may still be susceptible to flooding. The Federal Emergency Management Agency (FEMA) maintains a flood map on its Internet website that is searchable by address, at no cost, to determine if a dwelling is located in a flood hazard area. Most tenant insurance policies do not cover damages or loss incurred in a flood. You should seek insurance coverage that would cover losses caused by a flood.</p>				
<p>B. Landlord <input type="checkbox"/> is <input type="checkbox"/> is not aware that the dwelling you are renting has flooded at least once within the last five years.</p>				
<p>C. For purposes of this notice:</p>				
<p>(1) "100-year floodplain" means any area of land designated as a flood hazard area with a one percent or greater chance of flooding each year by the Federal Emergency Management Agency under the National Flood Insurance Act of 1968 (42 U.S.C. Section 4001 et seq.).</p>				
<p>(2) "Flooding" means a general or temporary condition of partial or complete inundation of a dwelling caused by:</p>				
<p>(a) the overflow of inland or tidal waters;</p>				
<p>(b) the unusual and rapid accumulation of runoff or surface waters from any established water source such as a river, stream, or drainage ditch; or</p>				
<p>(c) excessive rainfall.</p>				
<p>(3) "Dwelling" means one or more rooms rented for use as a permanent residence under a single lease to one or more tenants.</p>				
_____ Landlord	_____ Date	_____ Date		
<p>The undersigned Tenant hereby acknowledges receipt of the foregoing notice.</p>				
_____ Tenant	_____ Date	_____ Date		
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%; text-align: center; vertical-align: middle;">  </td> <td style="width: 85%;"> <p>This form was prepared by the Texas Real Estate Commission in accordance with Texas Property Code §92.0135 and is to be used in conjunction with a residential lease, including a temporary residential lease, entered into or renewed on or after January 1, 2022. Texas Real Estate Commission, P.O. Box 12188, Austin, TX 78711-2188, 512-936-3000 (http://www.trec.texas.gov) TREC NO. 54-0</p> </td> </tr> </table>				<p>This form was prepared by the Texas Real Estate Commission in accordance with Texas Property Code §92.0135 and is to be used in conjunction with a residential lease, including a temporary residential lease, entered into or renewed on or after January 1, 2022. Texas Real Estate Commission, P.O. Box 12188, Austin, TX 78711-2188, 512-936-3000 (http://www.trec.texas.gov) TREC NO. 54-0</p>
	<p>This form was prepared by the Texas Real Estate Commission in accordance with Texas Property Code §92.0135 and is to be used in conjunction with a residential lease, including a temporary residential lease, entered into or renewed on or after January 1, 2022. Texas Real Estate Commission, P.O. Box 12188, Austin, TX 78711-2188, 512-936-3000 (http://www.trec.texas.gov) TREC NO. 54-0</p>			

TREC NO. 54-0

다. 교통영향분석(Traffic Impact Analysis)

1) 제도개요

교통체계는 도시 성장 패턴에 직접적으로 영향을 주는 기반시설로 개인 차량에 의존하는 방식으로 도시팽창이 이루어진 것에 반하여 최근에는 신도시이론(Neo-urbanism) 등에 따라 보행성, 대중교통, 교통수요 관리 측면이 강조되고 있다.

교통영향분석(Traffic Impact Analysis)도 이러한 목적을 두고 개발사업이 주변 지역의 교통체계에 미치는 영향을 사전에 분석하여 그 영향을 줄이기 위한 제도이다. 일반적으로 개발사업의 영향분석은 다음 4단계의 시나리오 분석으로 진행된다.

< 교통영향분석 시나리오 분석절차 >

구 분	고려사항
현재 교통량 (Existing Conditions)	주/시의 교통량 산정결과(Traffic Counts) 등 참고
미래 배경 교통량 (Future background volumes)	시의 종합개발 계획 등 참고 (주요 개발사업, 간선도로 계획 등)
유발 교통량 (Site generated traffic)	개발 계획에 따라 교통량 모델링 수행
총 미래 교통량 (Total future traffic)	상기 시나리오에 따른 교통량 총 합산

분석결과에 따른 평균 일일교통량, 첨두시간 교통량, 교차로 등의 흐름 등을 종합하여 도로의 서비스 등급을 정하게 되고, 결과에 따라 크게 영향을 완화하는 대책(Mitigation Requirements) 또는 재정적 기여(Financial contribution) 등으로 구분하여 개발자가 조치해야 할 권고사항을 정하여 승인조건으로 제시하게 된다.

우리나라도 이미 1987년부터 「도시교통정비 촉진법」에 따라 도시개발 사업 등을 대상으로 교통영향평가를 의무화하는 유사한 법적 제도를 가지고 있다. 따라서 미국과의 제도 비교보다는 영향 완화(mitigation) 방법과 그 사례를 찾아보고 기후변화 대응 관점에서 시사점을 도출하고자 한다.

2) 교통영향 완화(mitigation)

개발사업으로 인하여 발생하는 교통량 증가영향을 완화하는 방법으로 교통체계 개선, 재정적 기여, 교통수요관리 등이 개발자에게 요구된다. 교통체계 개선은 주변 교통흐름의 영향이 최소화되도록 개발자가 직접 도로 건설 등을 시행하는 것을 말하며 주요 방법으로는 다음과 같다.

- 기존 도로의 차선 재구획(restripe)
- 개발부지 진입로의 가감속 차선 추가
- 진입조절을 위한 중앙차로(median) 설치
- 진입로 또는 영향을 받는 교차로의 신호등 설치
- 개발부지 인근도로 또는 주요 고속도로와의 연결도로의 확장
- 주요 고속도로와 개발지 간 신규 도로 건설
- 고속도로 나들목 건설

주변지역에 대한 영향을 최소화하는 조치와 함께 개발지역 통과차량 및 내부 이동차량의 동선을 고려하여, 부지 및 건물, 도로의 배치 등을 변경하는 방법을 택할 수도 있다. 이를 통하여 단지 내 주민 또는 이용자의 교통 접근성을 제고함과 동시에 정체 해소를 통해 통행시간 및 온실가스 배출량을 최소화할 수 있다.

< 교통 동선을 고려한 단지 배치도 변경 예시 >



* 출처: Mixed Use Development of Lone Tree, Colorado, Toward Legacy, 2007

재정적 기여방법은 공공차원의 교통시설 개선비용을 관할기관에 납부하는 Impact Fee Program을 들 수 있다. 개발자가 직접 도로건설 등 물리적 조치를 하는 대신 개발사업이 주변 도로에 미치는 통행량의 비율을 기초로 관할기관에서 도로건설에 필요한 자금을 징수하는 방법이다. 아래 예시와 같이 개발로 인하여 증가될 통행량을 개발자가 엔지니어링 업체를 통해 차도의 증설, 부지의로의 진입로 설치, 신호등 추가 또는 조정 등에 필요한 비용을 산정하여 승인을 받게 된다. 관할기관에서는 이에 대한 검토 및 승인을 통해 비용을 개발자에게 청구하고, 개발자를 대신하여 공사 또는 작업을 진행하게 된다.

< 교통영향평가 Impact Fee 산정 예시 >

1. The submitted analysis and subsequent HNTB re-analysis indicates that several intersections within the study area have level of service deficiencies. Improvements to the questionable intersections are not feasible due to the urban nature of the corridor, rights-of-way constraints, and cost feasibility. Therefore, the applicant will mitigate their impact through a "fairshare contribution" to be used by the City of Bradenton for multi-modal improvements. The applicant's recommended proportionate share mitigation are as follows:

Intersection of SR 64 WB & US 41/US 301
 Westbound Approach: 29 project trips/2296 approach volume = 1.26%

Required Improvements =

• Add Westbound/Eastbound Through Lane (FDOT 2004 Cost: \$3,087,400 per mile x .40 mile x 1.26%= \$15,560)	\$15,560
• Add Northbound Through Lane (FDOT 2004 Cost: \$3,087,400 per mile x .25 mile x 1.26%= \$9,725)	\$9,725
• Adjust signal timing	\$5,000

Intersection of SR 64 EB & US 41/US 301
 Eastbound Approach: 22 project trips/2155 approach volume = 1.02%

Required Improvements =

• Add Northbound Through Lane (FDOT 2004 Cost: \$3,087,400 per mile x .40 mile x 1.02%= \$12,596)	\$12,596
• Adjust signal timing	\$5,000

TOTAL PROPORTIONATE SHARE **\$47,881**

City Of Bradenton
EXHIBIT P
 PR.06.0021

* 출처: Tarpon Pointe Traffic Impact Study Review, City of Bradenton, 2006

마지막으로 교통수요관리(Transportation Demand Management, TDM)는 개발사업으로 발생하는 교통량 자체를 최소화하기 위한 것으로 물리적인 교통체계 개선이나 재정적 기여 방법보다 선호도가 높아지고 있는 방법이다.

카풀과 같은 차량 공유 프로그램이나 대중교통 비용인하, 카풀 참여자 대상 우선 주차장 제공, 자전거 또는 보행을 통한 통근 촉진 등 차량운행을 줄이는 다양한 프로그램이 있다. 이러한 프로그램은 개발자가 사업부지에서 TDM을 실현시키도록 조건부 사업승인 형태로 진행된다.

3) 시사점 및 정책방향

2020년 기준 국내 온실가스 배출량은 569.9백만톤이며, 이 중 수송분야는 96.2백만톤으로 16.9%를 차지하고 있다. 실제 산업용으로 사용되는 대형·특수차량 등은 수송분야의 배출량으로 산정되지 않고 해당 산업분야의 배출량으로 산정되는 경우가 많기 때문에 실제 교통분야의 배출량은 더 많은 부분을 차지할 수 있다.

앞서 설명한 교통영향분석에 따른 완화방법은 기본적으로 교통정체를 해소하기 위한 것으로 시작되었으나 온실가스 배출량의 감소효과도 기대할 수 있다. 차량운행 자체를 줄이는 교통수요관리 뿐만 아니라 정체해소를 통한 통행속도의 개선 또한 온실가스 배출감소에 기여하는 것이다. 그 예로 교통량이 적고 평균적인 속도로 운행할 경우 마일당 0.7파운드(197g/km)의 이산화탄소를 배출하지만, 속도가 시간당 15마일 정도 낮아지면 배출량은 마일당 1.2파운드(338g/km)로 증가하며, 시간당 10마일 정도로 정체가 심할 경우에는 마일당 2파운드(564g/km)로 정상 운행시보다 약 3배의 이산화탄소 배출량을 나타낸다.⁶⁾ 즉, 고속운행으로 인한 공기역학적 마찰이 심해지는 경우를 제외하고는 교통정체로 인하여 운행속도가 낮아질수록 연료효율은 낮아지고, 공회전 및 온실가스 배출량은 증가하게 된다. 따라서 도시계획 또는 개발사업 계획시 원활한 교통흐름을 확보하는 것은 교통 이용자의 이동시간 단축 뿐만 아니라 온실가스 저감 측면에서도 중요한 의미를 갖는다.

반면, 도시의 교통 정체 해소를 위한 방법으로 도로를 확장하는 것에 대한 논란은 계속되어 왔다. 기본적인 통행, 물류 등 경제기반으로써 일정 용량 이상의 도로는 필요하지만 정체구간의 해소를 위해 도로를 확장하는 것은 문제를 더 악화할 수 있다는 것이다.⁷⁾ 도로 확장 후 초기에는 정체 감소의 효과가 있지만 개인 차량 이용의 증가, 이용자의 통행노선 변경, 통근거리의 증가, 대중교통 이용자의 개인 차량 이용 등 다양한 통행량 증가요인을 불러일으킬 수 있기 때문이다.

6) Brian Palmer, 「The Speed Sweet Spot」, Natural Resources Defense Council, 2015

7) Martin Mogridge, 「The self-defeating nature of urban road capacity policy」, Transport Policy, 1998

2015년 로스앤젤레스는 10억 달러를 투자하여 405번 주간 고속도로의 10마일 구간을 확장하였으나 초기에 혼잡완화 효과가 있었으나 다시 통근 시간 교통혼잡 상황이 되돌아왔고, 2023년에는 도로확장 설계 및 계획에 약 6천만 달러가 투자된 710번 고속도로의 확장사업도 취소된 바 있다.⁸⁾ 또한 일정 시간대의 교통혼잡을 이유로 도로를 확장하거나 신설하는 것은 토지이용의 효율 측면에서도 부정적 영향을 가져오게 된다.

장기적으로는 교통량 자체에 대한 수요관리가 기반이 되어야 한다. 국내도 서울시의 교통혼잡료, 대중교통의 편의성 제고 등 수요관리 정책이 추진되고 있으나 매년 자동차 등록대수도 증가하여 2022년에는 25백만대를 돌파하였다. 전기차 등 친환경자동차의 비율도 매년 증가하고 있으나 자동차 전체의 수요관리 없이는 국가 전체 에너지 사용량과 온실가스 배출량의 저감은 한계가 있을 수 밖에 없다.

통근 통행을 중심으로 대중교통이나 차량공유 등 교통량을 줄일 수 있도록 경제적 인센티브와 패널티를 강화하고, 도로에 편중된 교통인프라 시설 및 예산을 대중교통이나 보행자 중심으로 전환하는 것이 필요하다. 예시로 뉴욕시의 경우 2023년 9월부터 5개의 버스노선에 대해 무료로 운행하는 시범사업에 착수하였다. 이는 기본적으로 저소득층의 고정지출 비용을 줄이기 위한 것이지만, 상하차 시간 단축 및 대중교통 이용률 증가로 도로 혼잡도 완화효과도 기대되고 있으며, 이용객 증가로 안전성에 대한 체감도 개선될 것으로 보고 있다. 대중교통 외 자전거 통근을 활성화 시키기 위한 예로 콜로라도 주 볼더 시(Boulder)는 모든 사무용 건축물 개발시 승인 조건으로 자전거 보관 및 샤워 시설을 의무화하고 있다.⁹⁾

8) Eden Weingart, 「Widening Highways Doesn't Fix Traffic」, New York Times, 2023

9) R.Peiser, 「Professtional Real Estate Development」, ULI, 2023

2. 계획 및 설계(Planning and Design) 단계

사업에 대한 타당성 조사(Due Diligence)가 완료되면 조사결과를 반영하여 토지개발 또는 건축 승인을 위한 개발계획(Development Plan)과 건설 계획(Construction Plan) 등을 수립하게 된다. 모든 구조물 및 기반설비 등의 계획은 개발계획과 건설계획을 수립하는 설계 단계에서 진행되지만 건설 과정에서 주안점을 두는 우수(雨水) 관련 시설 설치 부분은 다음 단계에서 설명하고자 한다.

가. 미국의 주요 지속가능개발 관련 인증제도

지속가능한 개발(Sustainable Development)은 1987년 UN에서 현 세대와 미래 세대의 수요를 동시에 충족시키기 위한 개념으로 채택되었다. 미국에서도 2차 세계 대전 이후 폭증한 교외지역 개발과 도시 팽창, 기후 변화 및 에너지 문제 등에 따라 여러 가지 지속가능한 개발의 이행을 위한 프로그램이 마련되었다.

1) LEED (Leadership in Energy and Environmental Design)

미국 녹색건축 위원회(the US Green Building Council, USGBC)에 의해 고안된 인증제도로, 이미 국제적으로 널리 통용되고 있어 국내의 많은 대형 건축물이 인증에 참여하고 있다.

인증기준은 주로 건축물 또는 커뮤니티의 에너지 절감, 물 이용 효율성, 탄소배출 저감, 실내 환경의 질 개선, 사회적 책임 등으로 구성되어 있으며, 인증 전문가는 녹색건축 인증 연구소(Green Building Certification Institute, GBCI)에서 주관하는 교육 프로그램인 LEED Professional Accreditation program을 통해 인가되고 있다.

초기에는 주로 건축물의 에너지 효율과 같은 설계에 집중되어 있으나 현재 건축물 실내외 설계 및 시공, 유지관리 분야 뿐만 아니라 지구 또는 시 단위까지 평가영역을 확장하고 있다.

2) Envision

하버드 대학 설계 연구소*와 지속가능한 기반시설 연구소(ISI**)의 협력으로 개발된 평가체계로, 주로 건축물에 집중된 LEED와 달리 토목 기반 시설의 지속가능성, 탄력성(resiliency), 형평성에 대해 평가를 하고 있다. 기본적으로 사회기반 시설의 개발에 있어 지속가능성에 대한 성능향상에 주안점을 두고 있다.

LEED와 마찬가지로 자체 전문 자격증(ENV SP, Envision Sustainability Professional) 제도와 개발 프로젝트에 대한 등급 검증(Verification) 절차를 운영하고 있다.

* Zofnass Program for Sustainable Infrastructure at the Harvard University Graduate School of Design

** Institute for Sustainable Infrastructure: American Public Works Association, American Council of Engineering Companies, American Society of Civil Engineers에 의해 공동 설립된 비영리 교육 및 연구단체

3) SITES (Sustainable Sites Initiative)

조경 및 야외공간(Landscapes)의 지속가능한 설계, 시공 및 유지관리를 평가하는 등급체계로 녹색사업인증주식회사(Green Business Certification Inc.)에 의해 운영되고 있다. 이는 LEED 인증 기능과 병행하고 있으나 건축물 외 토지, 야외공간을 대상으로 하는 점에서 차별화를 두고 있다.

4) 시사점

역사가 오래된 LEED를 중심으로 건축물 에너지 효율개선, 친환경 에너지 사용, 단열성능 향상 등 기술발전과 현장적용이 지속적으로 확대되어왔다. 국내에서도 이와 유사한 녹색건축인증, 제로에너지빌딩과 같이 건축물 등의 에너지 사용과 탄소배출량을 줄이기 위한 제도가 도입되어 발전해오고 있으며, 최근에는 공공기관을 넘어 신규 건설되는 공동주택을 대상으로도 의무화하는 등 강화되는 추세이다.

양국의 큰 차이점은 제도의 도입주체와 확산 방법에서 살펴볼 수 있다. 미국의 경우 관련 협회, 학회, 대학 등 민간 중심의 연구와 인증시스템의 확산을 기반에 두고 있으나 국내는 주로 정부인증 또는 규제에 의해 진행되고 있다. 개발자 입장에서 LEED 인증은 막대한 개발 예산 증가를 요구하는 요소이지만, 운영비 절감에 따른 건물 등 개발 결과의 시장 가치 향상, 지역별 세제 및 금융혜택, 마케팅 효과 등으로 유사한 인증시스템이 지속적으로 개발되고 있다.

아울러 앞서 살펴본 주요 인증제도 사례와 같이 기존에 건물 내부의 에너지 및 탄소배출에 초점을 두고 시작되었으나 건물 외부의 조경, 녹색공간, 도시 기반시설 등까지 대상이 확대되고 있다. 우리나라도 탄소중립기본법 제정에 따라 탄소인지예산제도, 각 지자체의 탄소중립 이행점검 및 지원의 기반이 마련되게 되었다. 실질적인 탄소배출 감축과 기후변화 적응의 현장도입은 지자체 행정현장에서 이루어져야 하나 평가 또는 인증제도의 한계점을 넘기 위해 개발 또는 리모델링 관련 금융, 조세, 감정평가 분야에 확실한 유인효과를 기대할 수 있는 정책개발이 필요하다.

나. 식생 및 조경 설계

개발지역 또는 기존 도심지에서 가로수, 녹지 등 식생은 전통적인 심미적 기능에 중심을 둔 조경 효과 뿐만 아니라 기후변화에 필요한 여러 중요한 기능을 한다. 동식물 서식처 및 탄소흡수원 등 기본적인 기능 뿐만 아니라 도시열섬 완화, 공기질 개선, 휴식공간 등 생태서비스 기능을 가지고 있다.

< 수목 및 개방공간의 효과 >

심미적 기능	강우 유출수 완화
조망 개선	토양 안정화
건축물 보완 및 완화	빛 반사 저감
건물 간 조화성 제공	소음 저감
토지용도 간 완충작용	산소 발생
야생생물 서식·이동	공기 및 수질오염 저감
리크레이션 기능	홍수 완화

* 출처: Y.Noh, 「Environmental Issues and Regulations Affecting Land Development」, TAMU, 2022

따라서 도시 계획 및 관리 분야에서 충분한 Blue-Green Space를 확보하고 식생을 보전하는 것은 도시지역의 온실가스 저감 및 기후변화 적응에 핵심적 요소라 할 수 있다.

1) 탄소저감 및 기후적응 효과

식생은 광합성 작용을 통해 식생 자체와 토양에 탄소를 저장하는 기능을 하며 자연상태에서 탄소 순환의 중추적인 역할을 한다. 식생의 종류별 탄소저장량을 보면 냉대림, 열대우림, 열대초원 순으로 높게 나타나며, 단위면적당 기준으로 보면 습지, 냉대림, 열대우림 순으로 높은 저장량을 보인다.

< 식생 및 토양 내 탄소 저장량(심도 1m 이내) >

Biome	Area (10 ⁹ ha)	Vegetation	Global Carbon Stocks (Gt C)	
			Soil	Total
Tropical forests	1.76	212	216	428
Temperate forests	1.04	59	100	159
Boreal forests	1.37	88	471	559
Tropical savannas	2.25	66	264	330
Temperate grasslands	1.25	9	295	304
Deserts and semideserts	4.55	8	191	199
Tundra	0.95	6	121	127
Wetlands	0.35	15	225	240
Croplands	1.60	3	128	131
Total	15.12	466	2 011	2 477

* 출처: IPCC Special Report, Land Use, Land-use Change, and Forestry, 2000

주목할 만한 점은 단위면적당 탄소 저장량을 보면 온대지방의 초지가 열대우림과 비슷한 수준이며, 토양에 저장된 탄소량 기준으로 보면 온대 지역의 초지 또한 높은 수준이다. 농지 개발 등으로 열대우림 파괴가 주목을 받고 있으나 도시 및 토지 개발 압력이 가장 높은 온대지역의 초지와 산림 지역만 식생 및 토양에 의한 탄소 저장량의 19%이며 습지, 농경지까지 감안하면 더 높은 비율을 차지하게 된다. 우리나라를 비롯한 도시화율 또는 개발수요가 높은 지역에서 식생의 보전 및 흡수원 확보가 중요하다고 할 수 있다.

산림, 수목 등은 탄소흡수 및 저장기능 외 열섬 완화, 공기질 및 실내 환경개선 등 기후변화 적응에 필요한 기능도 가지고 있다. 미 농업부 등에서 평가한 수목의 생태적 기능은 아래 표와 같다.

< 수목의 생태 서비스 기능 >

구 분	기능 및 수치
온실가스 흡수	1 에이커의 숲은 이산화탄소 6톤 흡수, 산소 4톤 생산, 연간 18명 필요량 총당 (U.S. Department of Agriculture)
에너지 절감	<p>나무의 냉각효과는 10개의 냉방기를 하루 20시간 운영하는 것과 맞먹음 (U.S. Department of Agriculture)</p> <p>빌딩 주변의 적절한 수목식재로 에어컨 수요량의 30%, 난방 에너지의 20~50%를 절약가능 (USDA Forest Service)</p>
수질·수자원	수목식재로 유출수 저감 및 침식예방으로 수질개선, 지하수 충전에 기여, 침식물질과 화학물질 등의 유출저감 (USDA Forest Service)

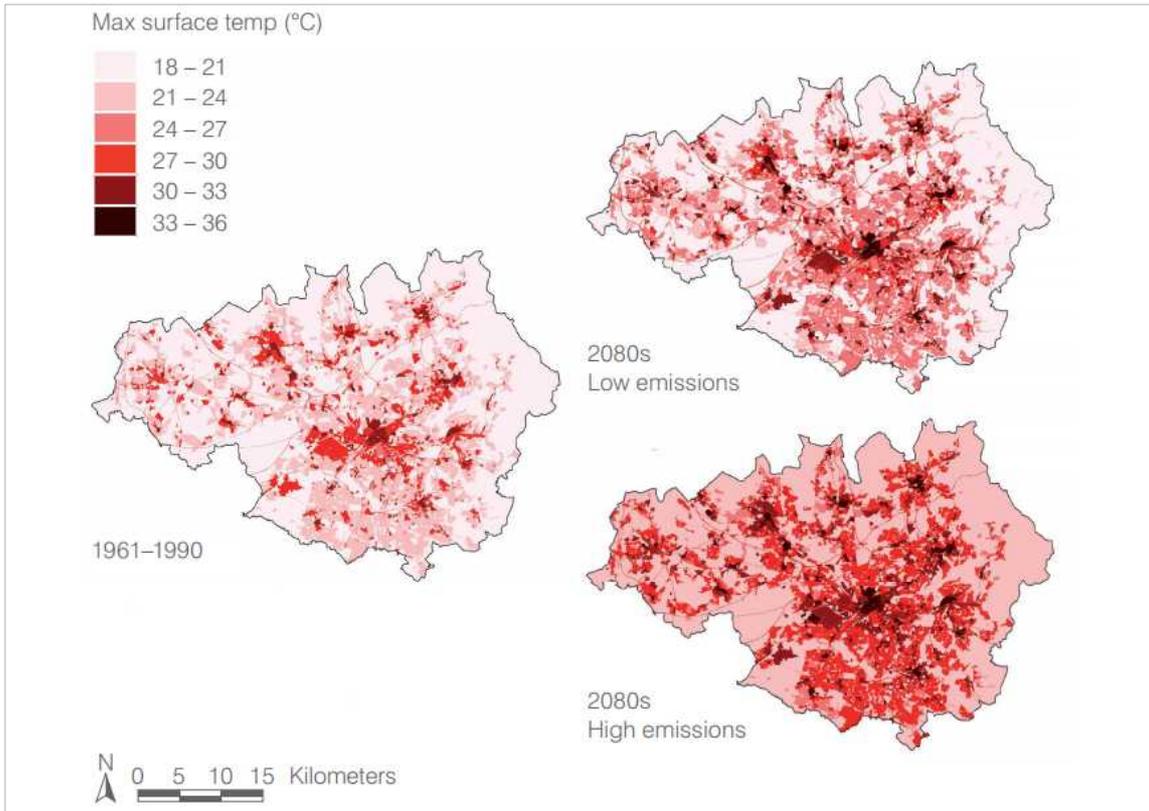
* 출처: William Winslow, 「Sustainability/Low Impact Development/Landscape」, TAMU, 2023

특히 기후변화 적응과 관련하여 도시의 기온상승은 열병질환, 냉방에너지 수요증가, 보행성 저하 등 여러 가지 문제와 직결된다. 따라서 건물 외부 공간에 대한 그림자(Shade) 확보가 도시 및 단지 설계의 중요한 요소가 되어야 한다. 차양막이나 인공 구조물을 통한 방법도 있으나 수목이 갖는 홍수 및 공기질 조절기능, 탄소흡수 등을 고려하였을 때 수목을 통한 방법이 우선되어야 할 것이다. 인공구조물이 불가피할 경우 태양광 발전과 같은 기술을 함께 적용하는 방안이 고려되어야 한다.

맨체스터 대학의 도시 녹색공간이 맨체스터 지역의 지표 온도에 미치는 영향 연구¹⁰⁾에 따르면 약 10%의 녹색공간이 추가될 경우 주거밀집 지역의 지표면 최고온도가 1990년대 이전 수준으로 유지될 수 있다는 예측결과를 보이고 있다.

10) Adaptation Strategies for Climate Change in the Urban Environment, J Handley and J Carter, University of Manchester, 2006

< 영국 맨체스터 광역권의 지표 온도 예상도 >

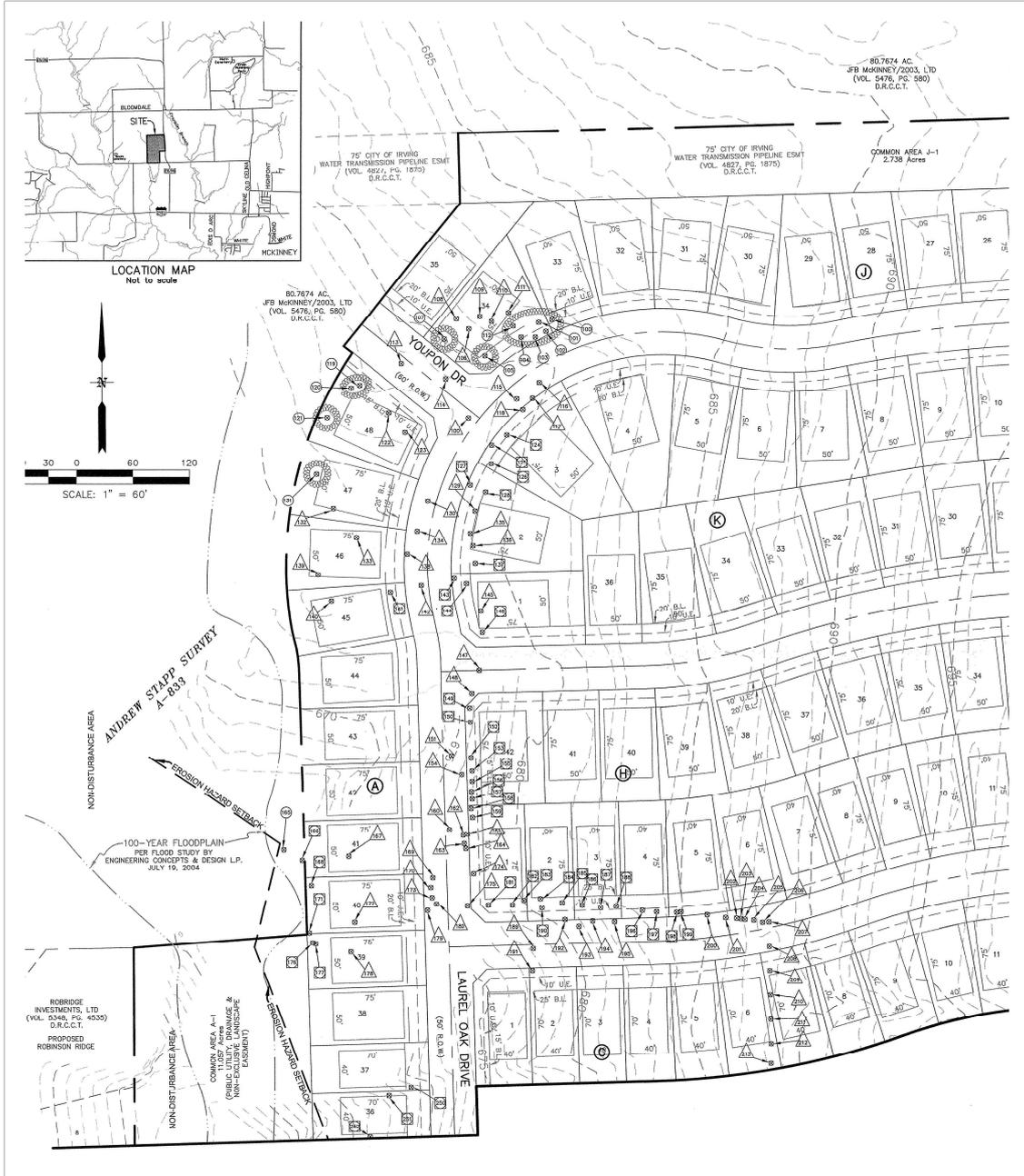


2) 개발사업과 식생 보전 및 기준

토지개발과 관련하여 기존 식생을 보전하고, 새로운 식재를 규정하기 위해 관할 지자체(Municipality)의 수목 관련 규정(Tree Ordinance)에서 보전 대상 수목의 종류, 대체 방법, 승인 조건 등을 정한다. 개발자는 해당 규정에 따라 현장조사(Tree Survey)와 보전계획을 수립하여 관할기관으로부터 공사 허가(Construction Tree Permit)를 받게 된다.

아래 개발 지역의 현장조사 결과 사례와 같이 허가를 받기 위한 계획 도면에는 규정 대상이 되는 수목위치와 부지 개발계획을 비교하여 보호 대상, 이전 대상, 제거 대상 수목을 구분하고 보호 대상의 경우 보호펜스 계획 등이 포함되어 있다.

< 수목조사 결과 및 보전 계획 도면 예시 >



* 출처: Tree Survey & Preservation Plan, Heatherwood Phase one, 2004

개발사업 관련 수목 보호 규정은 관할 지방정부마다 세부적인 규정의 명칭 또는 대상, 방법 등이 다르기 때문에, 본 보고서에서는 美 텍사스 주 휴스턴(Houston), 콜로라도 주 오로라(Aurora)의 주요 경관 규정(Landscape Ordinance)을 살펴보고 특징을 분석해보기로 한다.

휴스턴의 경우 개발 관련 경관규정(Landscape Regulations for Development)에서 수목 규칙(Tree and Shrub Ordinance)을 정하고 있다. 기본적으로 특정 수목은 제거를 금지하고 있으며, 기존 식생 보호에 대한 인센티브를 제공한다. 규정의 대상으로는 모든 상업시설과 다가구 주택 개발사업의 신규 개발 또는 1천 제곱피트 이상의 증축, 신규 단독주택 개발, 주차장 신규 또는 확장시 적용받게 된다. 도로의 종류 또는 수목 특성 등을 고려하여 아래 표와 같은 수목은 보호 대상으로 제거 금지대상이 된다. 공공 가로수 외에도 도로와 인접한 개인 토지 내 일부 구간의 수목 또한 규제 대상이 된다. 이는 시의 전반적인 경관의 통일성과 함께 생태적 통로 등 환경적 기능에도 기여할 수 있다.

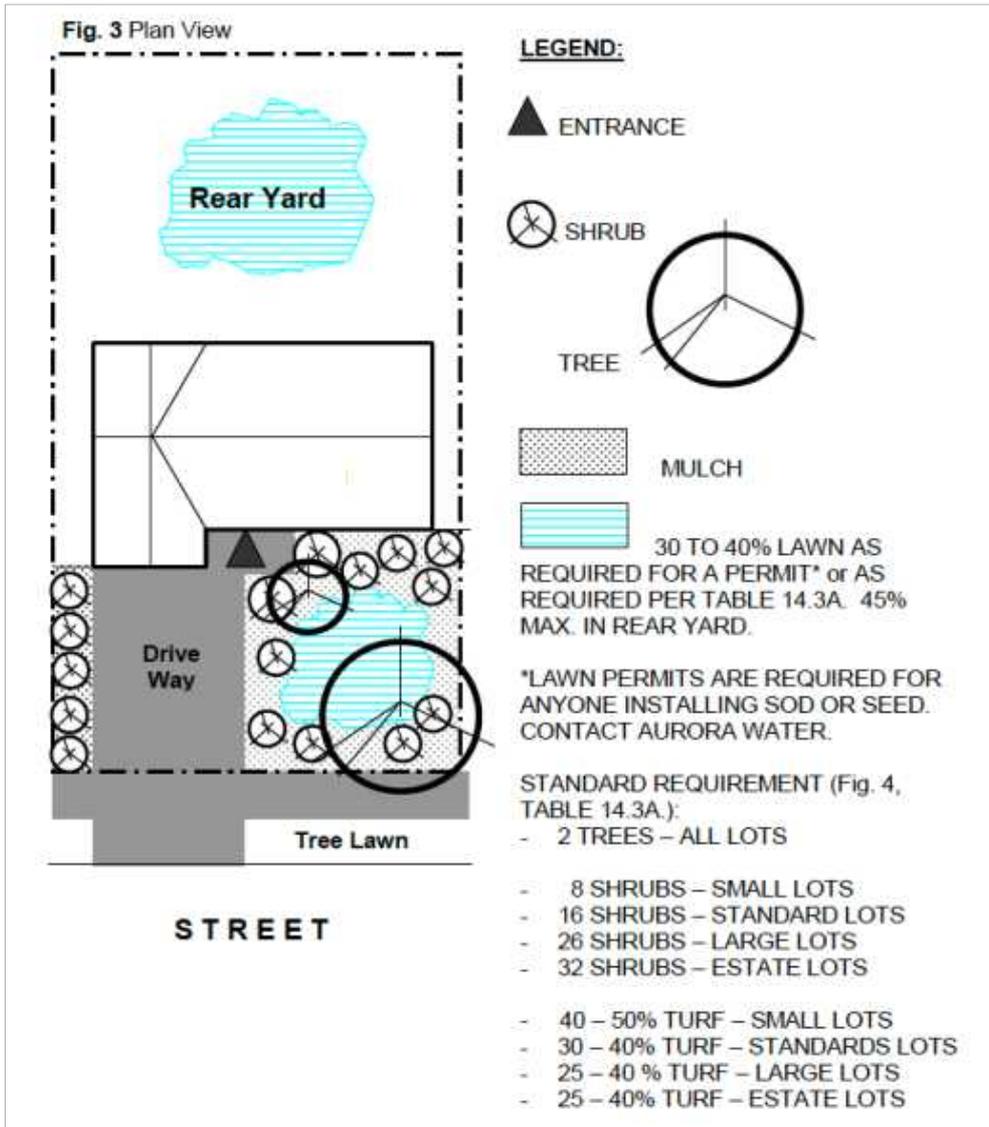
< 휴스턴 시 보호 수목 대상 >

구 분	주 요 내 용
Right-Of-Way	공용도로를 따라 식재된 가로수
Corridor Tree	지역도로 또는 주요 간선도로에 인접한 건축물 이격공간 내 직경 20인치 이상의 수목
Green Corridor	시 의회에서 정한 1마일 이상의 주요 간선도로 일부 구간 내 직경 15인치 이상의 수목
Designated Tree	시 의회에서 역사적 또는 수목적 중요성에 따라 지정한 수목

콜로라도 주 오로라는 경관규정을 통해 개인 단독주택에 대한 수목규정 수준까지 구체화되어 있다. 부지 내 최소 나무 수량, 부지 크기별 필요 관목 수량과 함께 마당 잔디, 멀칭 등 세부 사항까지 요구기준이 정해져 있다.

일반적으로 공공기관 차원에서 녹지공간에 대한 규정은 도로 설계기준 또는 용도구역 규정(Zoning)을 통해 이격거리, 녹지공간 비율 등을 정하는 수준으로 정해진다. 개별 주택의 녹지공간에 대한 기준은 개발자가 단지(Subdivision)의 설계 및 관리 규정을 법적으로 구속력이 있는 문서를 관할 카운티 등에 기록하거나 소유주 협의회(HOA, Home Owner Association) 등에 의해 규정되지만, 오로라 시의 경우 시의 규정(Ordinance)를 통해 규제하고 있다는 점에서 특이한 사례로 볼 수 있다.

< 오로라 시 단독주택 경관규정 모식도 >



* 출처: Landscape Ordinance, Aurora, CO, 2003

3) 건식 조경 (Xeriscaping)

수목은 앞서 살펴본 바와 같이 홍수 및 가뭄 조절 등 기후변화 적응에 있어서 핵심적인 역할을 하지만, 인공적인 경관용 식재는 물 부족 상황이나 기후가 건조한 지역의 경우에는 역효과를 가져오기도 한다. 특히 미국의 경우 1950년대 이후 교외지역 확산으로 단독주택 보급이 확대됨에 따라 각 가정별 조경관리수가 수자원 사용량의 상당부분을 차지한다.

美 환경보호청(EPA, Environmental Protection Agency)에 따르면 평균적으로 가구당 하루 320갤런(약 1,211 리터)이며, 이 중 약 30%는 야외 공간에서 사용되며, 그 중 절반 이상이 잔디관리 등 조경목적으로 사용되는 것으로 나타난다. 국가 전체적으로 보면 조경용 관개수 하루 90억 갤런(약 3,400 백만톤)이 사용되며, 주거용 물 사용량의 1/3에 해당한다.

텍사스 주의 경우는 주택 및 도시의 조경공간 면적이 관개 농경지의 약 2.5배이며, 전체 물 사용량 또는 관개 용수량 기준에서 모두 농업 다음으로 많이 차지하고 있다. 이에 따라 가뭄 발생시 가장 먼저 조경용 사용을 제한하기도 하고 있으나, 각 주택단지(Subdivision)의 조경 유지관리 문제와 상충되는 문제가 발생하기도 한다.

< 텍사스 주 2010년 용도별 물 사용비율(좌), 주요 관개용수 사용면적 및 사용량(우) >



* 출처 : Raul I. Cabrera, Urban Landscape Water Use in Texas, Texas A&M University, 2013

이러한 조경용수와 관련된 물 문제에 대비하는 방법 중 하나로 건식 조경(Xeriscaping)이 있다. 이는 관개용수를 적게 사용하거나 사용하지 않도록 하는 조경 방법으로 내가뭄성 수종을 식재하거나 멀칭, 자갈, 인조 잔디 등 다양한 조경 요소를 활용하는 방법을 말한다. 특성에 따라 물 보전 조경(Water-conserving landscaping), 내가뭄성 조경(Drought-tolerant landscaping), 스마트 경관(Smart scaping) 등으로도 불리기도 한다.

< **건식조경 활용 사례** >



건식조경의 효과로는 일반적으로 조경용수의 50~60%를 절약할 수 있고, 그에 따라 유지관리 비용 또한 절감된다. 건조한 지역의 나대지 등에 활용될 경우 일반적인 식생과 마찬가지로 생물다양성 제고, 지표면 기온상승 완화 등의 부대적인 효과도 기대할 수 있다.

반면, 미국 다수의 단독주택은 단지 개발(Subdivision Development) 방식으로 건설되어 소유주 협의회(HOA, Home Owner Association)에서 정한 조경관리 규정이나 관할 지방정부의 조경규정 등에 의해 제약을 받게 되어, 일정 비율 이상을 잔디로 식재하도록 의무화되어 있는 경우가 많다. 반면 텍사스, 아리조나, 캘리포니아, 네바다 등 고온건조한 지역의 주(州)는 이러한 법적 문제를 해결하기 위해 집 소유주가 건식 조경을 선택할 수 있도록 주 법(State Code)을 통과시켰으며, 기존 천연잔디 조경을 인공잔디 등으로 대체할 경우 일정 비용을 지원하는 프로그램(Artificial Lawn Rebate Program)을 운영하기도 한다. 연방정부에서는 EPA 주관으로는 주택 소유주가 효율적인 관개 시스템의 도입하도록 Water Sensed Program을 통하여 약 15%의 관개용수 절약을 유도하고 있다.

건식 조경으로의 전환 외에도 조경용수의 과도한 사용을 줄이고 가뭄 등 이상기후에 적응력을 높이기 위해 강우 센서를 이용한 스마트 관개 조절 시스템을 도입하거나 대체 수자원을 개발하는 방안 등이 제안되고 있다. 대체 수자원으로는 하천수, 호수 등 표층수 외에 기수, 간척수, 냉방 시스템의 응축수, 중수도(하수 처리수) 등이 있다.

우리나라도 이미 ‘물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률’에 따라 빗물이용시설(체육시설, 아파트, 학교, 골프장, 대규모 점포 등), 중수도 설치 대상(목욕탕, 폐수배출시설, 대형건축물, 도시개발사업 등)이 정해져 있어 의무화되어 있다. 반면, 물통합관리 및 하절기 집중되는 국내 강우 특성을 고려하였을 때 가뭄에 취약한 지역을 대상으로 농업용수의 대체 자원 확보, 중수도 사용 확대, 조경용수 사용에 대한 모니터링 등 극한 가뭄 상황에 대비한 준비가 필요해 보인다.

4) 식생 기준의 개발영향 및 사례

개발 과정에서 수목에 대한 규정은 기본적으로 비용 증가의 요인으로 인식된다. 보호 대상 수목의 위치로 인하여 토지 설계, 용도, 시설배치의 제한을 받게 되어 택지 숫자가 계획보다 감소하거나 개발구역 내 공원 및 녹지 공간이 최소 요구 기준보다 많이 차지하는 등 최종 판매수익을 제한할 수 있기 때문이다. 시공과정에서도 기존 수목, 식생 등을 일괄적으로 제거(Clearing & Grubbing) 후 필요한 조경요소를 식재하는 방식보다 더 많은 공정시간과 노동력을 요구하기 때문에 개발비용을 증가시키는 요인이 될 수 있다.

반대로 기존 수목을 보전함으로써 개발가치가 상승되는 효과를 기대할 수 있다. 앞서 설명한 수목의 생태적·환경적·심미적 기능이 개발 초기부터 확보될 수 있고, 휴스턴 시의 수목규칙 사례처럼 일부 인센티브 지원을 받는다면 개발지역의 마케팅 측면에서도 긍정적인 효과를 얻을 수 있기 때문이다.

구체적 사례 중 하나로 2015년에 건설된 텍사스 휴스턴에 위치한 3737 Buffalo Speedway 사무용 빌딩을 들 수 있다. 건축물의 고효율 에너지 기술 도입을 통한 LEED 인증과 더불어 외부공간에는 1에이커 이상의 녹색 공간을 확보하여 해당 자산의 중요한 임대전략으로 내세우고 있다. 외부 공간 설계 및 개발 과정에서 주요 특징을 알아보면, 고밀도로 개발되는

도심지에 위치한 특성을 감안하여 법적으로 요구되는 우수저류지는 지하에 설치하고 지상 공간을 오픈 스페이스로 할당하였으며, 해당 공간의 조경을 기존 수목을 보전하는 방법으로 추진하였다. 이에 따라 보행자 동선계획 등의 변경, 수작업의 조경공사 등이 요구되었으나 빌딩 입주자 외 일반 보행자에게 휴식공간을 제공함으로써 지역의 랜드마크로 건축물의 가치가 평가될 수 있다. 또한 일반적인 사무용 빌딩과 달리 저층의 녹색 조망으로 인하여 높은 임대료 수입 효과를 가져온 것으로 평가된다.¹¹⁾

< 기존 식생을 활용한 조경설계 사례(3737 Buffalo Speedway, Houston, TX) >



(개발 중) 기존 수목구간을 보전한 상태에서 건설작업 진행



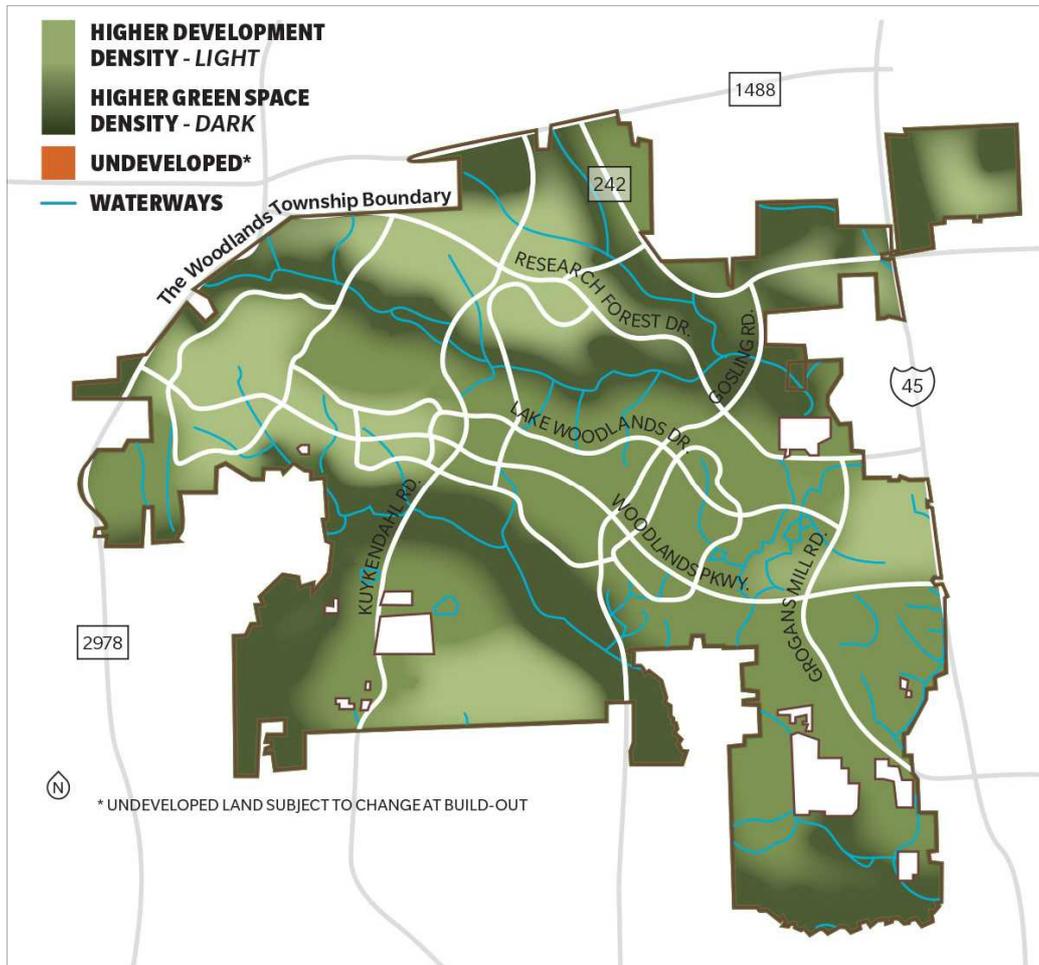
(개발 후) 부지 녹색공간 및 도시 공원으로 기능

* 출처 : PM Realty Group(2014), Google Map(2023)

11) Dan Leverett, Income Property Development, TAMU, 2023.11.09

기존 산림, 수목 등을 보전하여 도시개발에 활용한 사례로 텍사스 주 휴스턴 북부에 위치한 우드랜즈(Woodlands)를 들 수 있다. 1974년 기본적인 도시 개발 방향을 기존 숲 공간을 최대한 보전하면서 수목 및 수공간을 도시 디자인 요소로 활용하는 방식의 신도시 개발계획을 수립하였다.

< Woodlands의 그린-블루축 모식도 >



2021년 현재 약 12만명이 거주하는 휴스턴 광역권에서 대표적인 도시로 성장하였다. 약 2,200여개의 기업, 7만여 개 일자리 창출 등 경제적 효과 뿐만 아니라 전체 개발면적의 28%를 녹색 공간으로 현재까지 보전되고 있다. 전체적으로 높은 보전지역의 비율 외에도 내부도로와 부지 사이에는 인근 도시보다 강화된 이격거리와 기존 수목 등을 보전하는 자체 설계 규정을 두고 있어 녹색 도시에 걸맞는 경관 및 공간감을 창출하고 있다.

최초 개발자의 비전에 따라 현재까지 유지되고 있는 보전구역과 도시의 녹색디자인 요소 도입으로 탄소흡수, 생태 서식지, 경관 등 기능을 확보하고, 2022년에는 전 세계에서 가장 큰 계획도시 분야에서 LEED의 사전인증 (Pre-certification)을 받기도 하였다. 우드랜즈의 경우 규모가 큰 신도시 수준의 개발 사업이기 때문에 구체적인 개발 목표 및 과정, 설계 규정, 도시 계획 및 관리 요소 등은 주요 사례 부분에서 보다 상세히 다루기로 한다.

3. 건설(Construction) 단계

미국의 일반적인 주택 및 사무용 빌딩을 위한 토지개발 사업은 기존 식생정리, 평탄화 등 토지정리 단계를 시작으로 저류지 설치, 상하수도 매립, 도로 포장, 전기·통신설비, 경관공사 순으로 진행된다.

건설과정 또는 시공 이후의 토지 및 구조물은 이상강우 등 기후변화 적응에 있어 재난방지 차원에서 중요한 의미를 가진다. 따라서 건설 단계 중 배수 및 수질관리 등과 직접적 연관성을 가지면서 개발 후 반영구적으로 영향을 미치는 우수 관리와 관련된 규정과 저영향개발기법(LID, Low Impact Development) 등에 대해 알아보하고자 한다.

가. SWPPP(Storm Water Pollution Prevention Plan)

미국의 우수오염방지계획(SWPPP)은 국내 비점오염원관리와 유사한 제도로 개발사업시 토양, 유류 등의 유출로 인한 수질오염을 방지하기 위해 사전에 방지대책을 관련기관으로부터 승인받아 현장에서 시행, 모니터링 및 보고하는 과정을 거치게 된다.

미국은 청정수질법(Clean Water Act)에 따라 국가오염배출체거체계(NPDES, National Pollutant Discharge Elimination System)의 허가 없이 모든 점오염원으로부터 공공수역(Water of the U.S.)에 오염물질 배출을 금지하고 있다.

국내 비점오염원 관리와 달리 미국의 경우 개발사업시 발생하는 토양 등의 유출도 점오염원*으로 취급하기 때문에 일반적인 건축물 또는 시설과 마찬가지로 토지개발도 SWPPP를 준비하여 NPDES의 허가를 받도록 규정하고 있다.

* 청정수질법 상 점오염원(Point Source) 정의: 파이프, 도랑, 수로, 터널, 암거 등 인지가능하고, 범위가 정해져 구분되는 모든 배출원을 의미함

일반적으로 건설 단계(Construction Phase)의 초기에 수목 및 부지 정리(Clearing and Grubbing), 굴착 작업 등이 진행되므로 강우시 토양 유실에 가장 취약한 단계이다. 청정수질법에 따라 1에이커 이상의 토지 또는 큰 규모의 계획에 따른 소규모 토지의 개발시 건설현장 운영자는 SWPPP를 준비하여 NPDES의 허가를 받아야 한다. 텍사스 주의 경우 美 연방 환경청(EPA)로부터 권한을 위임받아 TCEQ(Texas Commission on Environmental Quality)가 허가업무를 관장하며, 허가를 위해 개발자는 NOI(Notice of Inetent)를 TCEQ에 제출하게 된다.

보통의 토지개발 사업의 경우 강우시 토양유실을 예방하기 위한 SWPPP를 수립하여 이행하게 되며, 구체적인 방법으로는 실트펜스(Silt Fence), 현장출입구 세륜시설 등이 있으며, 향후 개발 단지의 저류지(Detention Pond)가 설치될 굴착지역 등을 함께 활용하기도 한다. 시설의 위치, 종류 등을 담은 도면 등을 포함한 허가문서인 NOI는 현장에 비치하여 공지하도록 하고 있다.

< SWPPP 현장적용 예시 >



* 출처: C.Winslow & T.Early, 「Site Analysis and Construction」, TAMU, 2023

SWPPP에 따라 설비를 설치하고 나면 공사가 완료될 때까지 측정 및 보고의무를 이행하게 된다. 측정은 ① 강우유무와 관계 없이 매 7일마다 시행하거나 ② 14일마다 측정 및 0.5 인치 이상강우 시 24시간 이내 측정하도록 되어 있다. 공사가 완료된 이후에는 현장 토양 등이 안정화 되었다는 내용의 NOT(Notice of Termination)를 TCEQ에 제출함으로써 개발사업에 따른 SWPPP 절차가 완료된다.

나. 우수지/저류지(Detention/Retention Pond)

실트펜스 등을 포함하는 SWPPP는 공사 단계에서 토지개발에 따른 강우시 토사유출로 인한 수질오염 예방을 목적으로 한다면, 우수지 또는 저류지는 개발 이후 동 기능과 함께 강우시 유출 수량의 관리에 주 목적을 두고 있다.

미국의 우수지 및 저류지 관련 법적 기반은 연방정부 EPA의 NPDES 규정에 근거를 두고 있으나 지역별 기후조건의 차이에 따라 실질적인 설치방법 및 대상 등에 대한 규정은 각 주 법(State Law)에 따른다. 기본적으로 강우 유출수는 기존 자연적인 물의 흐름을 따르는 것을 원칙으로 한다. 따라서 상류에 위치한 토지소유주는 하류 지역에 유출수량을 증가시켜서는 안되며, 하류지역 또한 상류로부터의 흐름을 막아서는 안 되도록 규정하고 있다. 개발사업은 도로포장, 건축물 등으로 인하여 필연적으로 불투수면이 증가하며 이는 강우 유출량 또는 흐름의 변화를 동반하게 되므로 강우 유출 관리를 위한 시설을 설치하게 된다.

일반적인 강우 유출수 관리를 위한 시설형태로 우수지(Detention Pond)와 저류지(Retention Pond)를 들 수 있다. 두 가지 모두 개발지역으로부터 배수되는 일정 강우량(예. 25년 빈도 강우의 24시간 수량)을 저류하였다가 유출시킴으로써 인근 지역 및 공공수역의 홍수량을 조정하기 위한 시설이다.

차이점은 우수지의 경우 별도의 배수구를 두고 설계유량만큼 흘러 보내는 형태이며, 저류지는 토양으로 침투 또는 증발시키는 형태를 갖추고 있다. 따라서 일반적으로 우수지는 비강우시에는 비어있는 초지 형태의 건식 연못(Dry pond)이라고도 불리며, 저류지는 연못 또는 습지 형태로 습식 연못(Wet pond)으로 불리기도 한다. 다만, 우수지도 저류지와 혼합한 형태로 일부 수심까지는 연못 형태로 친수시설로 활용하고 여유 수심은 우수지 기능을 하도록 설계되기도 한다.

< 우수지/저류지 개념도 및 전경(예시) >

<p>우수지 개념도</p>	<p>저류지 개념도</p>
<p>우수지 전경(예시)</p>	<p>저류지 전경(예시)</p>

* 출처: T.Early, 「Introduction to Project Management」, TAMU, 2023 / Joel L. Tax, 「Funding for White House City, TN, 「Types of Stormwater Control Measures」 / Retention & Detention Ponds - Home Owners Associations」, Resereve Data Analyst, 2016 /

지역에 따라서는 아래 Little Cypress Creek의 홍수방지 프로그램 사례처럼 개별적인 개발사업별로 우수지 등을 설치하는 대신 공공주도의 지역 전체의 배수시스템을 개선하기 위한 프로그램을 운영하기도 한다.

국내 중앙정부 또는 지자체에서 홍수 방지를 위한 우수지/저류지 설치, 우수관거 정비 등과 비슷한 방식이나 공공기관의 채권발행 등을 통한 공공자금 조달 외에 지역 내 민간 개발사업에 직접적으로 비용을 부과하거나 지역차원의 설비 설치 또는 토지 기여 등의 방식으로 개발자가 여러 가지 참여방법을 선택할 수 있도록 하고 있다. 이러한 사례로 미국 텍사스 주 휴스턴 시 북부에 위치한 Little Cypress 유역의 홍수 방지를 위한 프로그램으로 개발자에게 에이커당 4천 달러를 부과하거나 지역 설비 공사에 직접적으로 참여 또는 필요한 부지를 기여하도록 하고 있다.

< Little Cypress Creek Frontier Program 사례(요약) >

○ 도입배경

- 텍사스 주 해리스카운티(휴스턴시 포함)에 위치한 Little Cypress Creek 유역은 52 제곱마일의 면적에 약 3만명이 거주
- Grand Parkway 건설로 높은 개발 수요가 지속됨에 따라 자연적인 배수의 한계 문제 예상으로 공공차원의 지역 배수사업을 위한 프로그램 도입

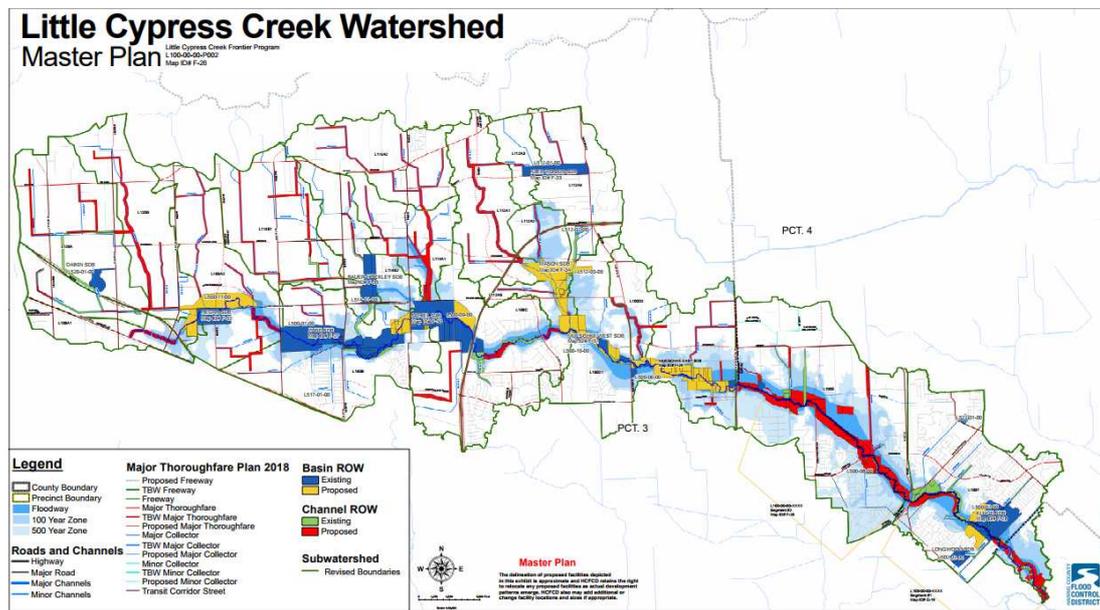
○ 사업목표 및 주요내용

- 토지 소유주 또는 개발자별로 해당 부지의 배수 기반시설을 설치하는 기존방식 대신 지역적 접근방식을 통해 기존 및 신규 개발지를 모두 보호하기 위함
- 전 유역에 걸쳐 9개의 대형 우수지와 배수시스템 개선
- 약 2만 에이커-피트(약 2,500만 톤)의 저수용량을 확보하고, 홍수도를 5~7피트 저감

○ 사업추진 방식

- 채권 등을 통한 공공자금 조달 외 개발자에게 여러 가지 옵션의 형태로 의무를 부과하여 사업비용 및 토지 등을 확보함
- 개발자의 의무이행 옵션: ① 1에이커 당 \$4,000 부과, ②지역 배수설비의 굴착, ③배수로 등을 위한 토지기여

< 홍수예방 프로그램 마스터 플랜 >



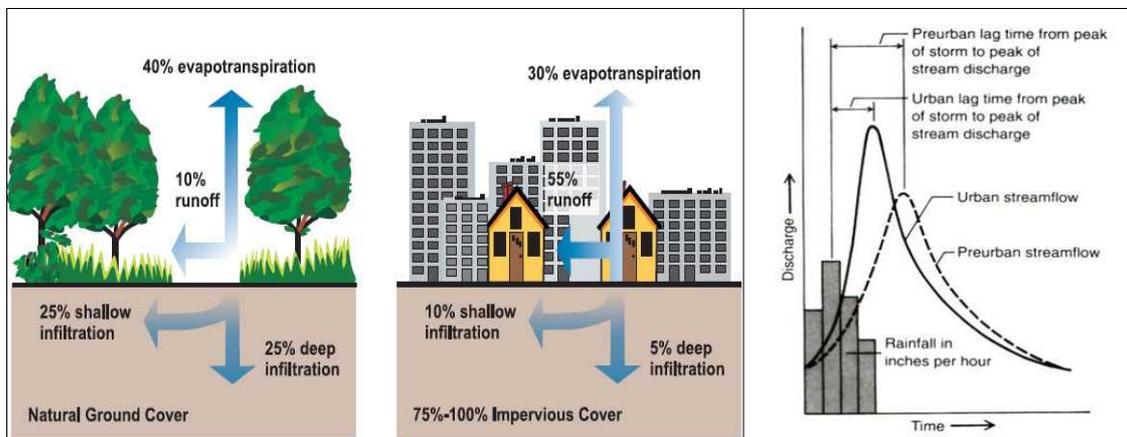
다. 저영향개발(LID, Low Impact Development)

저영향개발은 토지개발로 인한 수질, 수량, 생태계에 대한 불가피한 영향을 최소화하기 위한 방법으로, 앞서 설명한 SWPPP와 우수지/저류지와 같은 전통적인 물리적·인공적인 방법에서 자연적인 수질정화 및 수량조절 기능을 모방한 개발 방법이다.

개발 및 도시화가 환경에 미치는 영향으로는 야생생물의 서식처 손실 뿐만 아니라 깨끗한 수원 확보 제한, 지하대수층 저하, 수온증가, 천변침식, 홍수 빈도·강도 증가, 수생태계 교란, 토양손실 등이 있다. 이 중 수량과 관련된 부분을 살펴보면 개발 이후 도로포장, 건물 등으로 불투수층이 증가하고, 그 결과 토양침투량 감소 및 표면유출량 증가하여 홍수위험도가 커지게 된다.

일반적으로 자연상태의 토지는 강우량의 약 50%는 토양으로 스며들고, 10% 정도는 유출수로 바로 하천으로 흘러나가지만, 도시화 진행으로 불투수층이 증가하면 약 15% 정도만이 토양에 흡수 또는 체류되며, 55%는 그대로 유출된다. 결과적으로 아래 그래프와 같이 강우시 더 빠른 시간 내에 더 많은 양의 유출수가 발생하여 하수관거, 하천 및 제방 등에 더 큰 부하를 주게 된다.

< 도시화 전·후 불투수층 변화 및 침투유출량-시간 비교 >



* 출처: Marsh.M.W, 「Landscape Planning 4th edition」, John Wiley & Sons, 2005

기후변화로 인한 집중호우 증가는 도시화로 인한 홍수위험도를 더욱 가중시키게 된다. 이에 대비하여 우수배제 시스템, 하천제방, 댐 등 홍수제어를 위한 시설의 설계기준을 강화하고 시설 보강 및 확충이 필요하나 인공적인 배수방식을 위한 시설확장의 한계 등으로 도시의 빗물 관리에 대한 패러다임 변화가 필요함에 따라 대두된 것이 저영향개발기법이라고 할 수 있다. 빗물 관리의 방향변화는 연석, 도로변 배수로, 관거 등 배수중심의 구조에서 개방형 집수 및 침투로 전환, On-site 방식의 우수관리, 자연의 수리체계를 모방하는 것을 기본으로 한다.

도시화에 따른 우수유출 변화를 경감하기 위한 전략은 크게 지역차원의 기술적 접근방식과 큰 규모의 계획 접근방식으로 나눌 수 있다. 아래 도표와 같이 LID는 지역차원의 기술적 접근방식이나 기존 우수지/저류지와 같은 물리적 기능을 포함하여 토양 및 식생의 생물학적, 화학적 기능이 더해진 기법으로 볼 수 있다.

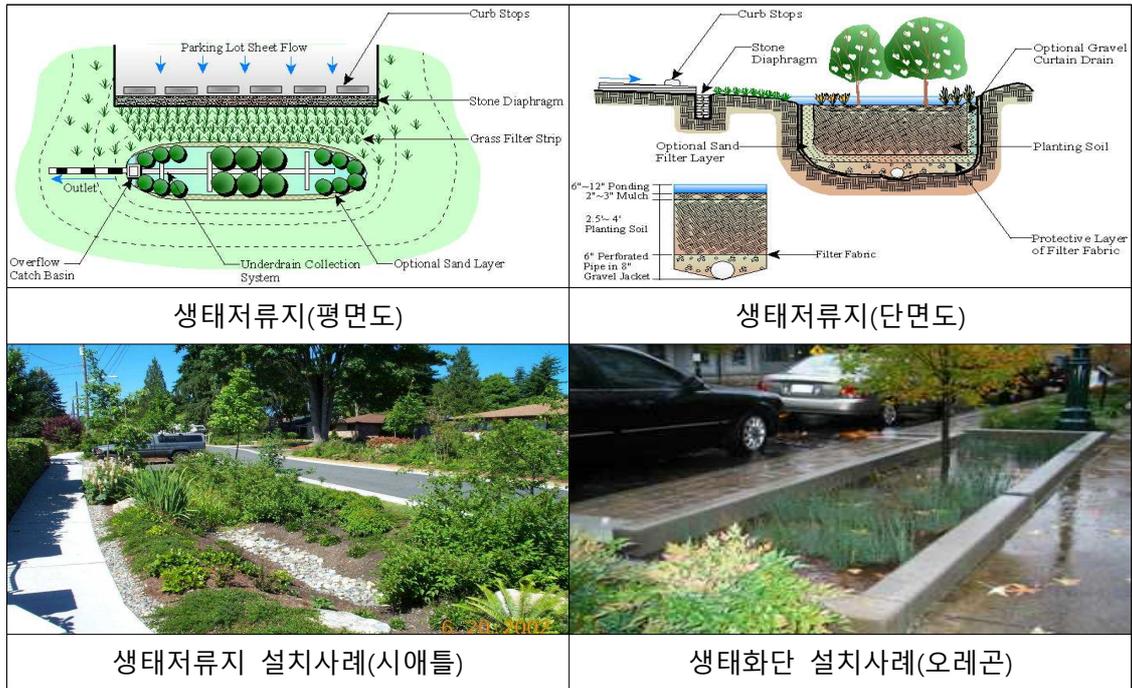
< 도시화에 따른 우수유출의 환경영향 완화 전략 >

기술기반·지역단위	<ul style="list-style-type: none"> • 우수지/저류지 • 저영향개발기법 <ul style="list-style-type: none"> - 생태우수지/생태저류지 - 녹색지붕 - 식생필터 - 침투성 포장 - 식생도로 구조물 • 토양의 생물공학적 관리
계획기반·광역단위	• 보전계획 / 지속가능 개발 관련 계획

* 출처: William Winslow, 「Sustainability/Low Impact Development/Landscape」, TAMU, 2023

구체적인 시설의 종류로는 생태우수지/생태저류지, 식생필터, 빗물정원, 투수성포장, 생태습지, 포켓습지 등 다양한 설계형태와 명칭으로 개발·도입되고 있다. 공통적인 특성으로는 식생과 토양, 인공구조물의 조합을 통해 빗물의 유출관리 외에도 수질정화, 경관, 생태공간 등 복합적 기능을 제공하며 중소규모의 분산 설치로 앞서 설명한 빗물관리의 방향변화(Paradigm Shift)를 반영하고 있다.

< LID 시설 모식도 및 설치 사례 >



* 출처: Seattle Public Utilities / Bureau of Environmental Services, Portland, Oregon

라. 시사점

우리나라도 이미 자연재해대책법, 하천법, 물환경보전법, 하수도법 등에 따라 도시개발, 택지개발 사업 등을 대상으로 우수유출저감시설, 비점오염저감시설 등을 설치하여 개발로 인하여 증가하는 우수유출량을 저감하거나 침투유출 시간을 지연시키도록 제도화되어 있다. 다만 이는 개발로 인하여 증가되는 우수유출량을 상쇄시키기 위하여 신규 또는 재개발 사업 등을 대상으로 하며, 현 시점에서 발생하는 우수유출량의 저감은 대부분 공공 목적으로 설치되며, 지역 외(Off-site) 저류시설의 형태로 설치되는 것이 일반적이다.¹²⁾

신규 개발사업으로 대지 및 도로의 면적이 지난 10년간 477km²(16%) 증가하였으나, 신규 개발지역의 약 5배 이상은 이미 개발된 지역으로 볼 수 있다.

12) 우수유출저감시설의 종류·구조·설치 및 유지관리 기준, 행정안전부, 2018

< 최근 10년간 지목별 면적 변동추이 >

【단위: km²】

연도	2013	2015	2017	2019	2021	2023	증감(비율)
전	7,796	7,716	7,637	7,610	7,555	7,501	-295(-3.8%)
답	11,690	11,518	11,357	11,223	11,099	10,986	-704(-6.0%)
임야	64,216	64,081	63,918	63,711	63,558	63,427	-789(-1.2%)
대지	2,827	2,930	3,041	3,143	3,243	3,343	516(18.3%)
도로	2,976	3,093	3,199	3,307	3,386	3,453	477(16.0%)

* 출처: 지난해 국토면적 11.7km² 증가했다, 국토교통부 보도자료, 2023.3.30

기후변화에 따른 이상강우 현상에 적응하기 위해서는 공공 차원에서 대책을 추진해야 할 부분이 현 시점에서 80% 이상을 차지하지만, 관련 예산 확보 및 정책의 우선순위 등으로 신속한 이행은 한계가 있을 수 밖에 없다. 공공주도의 사업의 경우 공간확보, 사적토지 사용의 제약 등으로 대부분 하천변 또는 대규모 시설 중심으로 우수지 또는 저류지를 설치하게 되기 때문이다. 이는 On-site 방식의 관리수단을 확보하는데 한계를 보일 수 밖에 없으며, 구도심 지역의 침수 또는 붕괴 등 피해가 지속되거나 강우 현상 변화로 더 커질 우려가 있다.

따라서 신규개발 외 재개발 및 재건축 사업, 도시재생 사업 및 기타 공공사업 등과 연계하여 설치대상 및 설계기준 등을 강화하면서, 공공주도의 사업도 대규모 시설설치 중심에서 도로, 소규모 공원, 학교 등 공공건물을 활용한 분산형 관리 시스템을 갖춰야 한다. 일례로 휴스턴시의 백바이 스트리트의 경우 도시 재개발 사업을 하는 과정에서 해당 구역의 도로변을 따라 경관요소를 생태저류지 형태로 설치하는 저영향개발 기법을 도입하고, 이를 해당 지역의 주요 설계 및 홍보 포인트로 사용하고 있다. 국내도 재개발 사업 등 진행시 도보 확대와 함께 경관 또는 도로 설계 기준에 우수관리를 위한 시설을 의무하는 방안과 함께, 민간부지의 참여시 세제, 건폐율 등에 대한 인센티브 방안도 검토해볼 필요가 있다.

IV. 기후변화 대응 주요 도시개발·관리 사례

기후변화 대응의 관점에서 온실가스를 덜 발생시키거나 흡수를 많이 하거나 이상기후에 높은 탄력성(resiliency)을 갖출 수 있는 도시설계, 토지의 활용 및 기반시설 등을 적용한 도시개발 및 관리 사례를 조사하였다. 규모 측면에서는 시 또는 국가 차원에서 접근가능한 종합적인 도시의 전반적인 구조개선 사업부터 소규모 지역 일부를 재개발한 사례까지, 내용적 측면에서는 녹지공간 및 흡수원을 최대화하여 근본적인 녹색도시를 개발한 사례부터 이상기후에 적응하기 위한 재해예방 사업이 주를 이루는 사업을 기준으로 사례를 선정하였다.

뉴욕시의 빅유 프로젝트(Big-U Project)는 맨하탄 지역 서부에서 시작하여 남부를 거쳐 동부까지 이어지는 대규모 방재시설을 중심으로 기후변화에 따른 이상기후에 적응(Adaptation)하기 위한 사업으로 뉴욕시 주도로 진행되는 사업이다. 두 번째 사례인 텍사스 주 우드랜즈(Woodlands) 개발사례는 민간 개발자 주관으로 진행된 계획도시(MPC, Master Planned Community)로 상업, 주거지역을 개발하는데 있어 기존 녹지 및 생태공간을 적극 활용하여 수목의 탄소흡수원 및 생태기능을 적극 이용 및 보전하고 있는 사례이다. 마지막 사례는 휴스턴시의 구도심 지역 중 일부구간을 재개발한 일종의 도시재생 사업으로 도로를 중심으로 보행성 개선 및 저영향개발기법 도입을 통해 온실가스를 감축하고 이상기후 적응에 기여할 수 있는 도심지의 모델을 보여주고 있다.

< 기후변화 대응 주요 도시개발 및 관리 사례 특징 비교 >

구 분	사업주체	사업규모
Big-U Project (뉴욕주 뉴욕시 맨해튼)	공공(뉴욕시)	맨해튼 해안지역 일대 약 10마일 구간 / 약 27억 달러
The Woodlands (텍사스주 몽고메리 카운티)	민간(조지 미첼)	휴스턴 북부 약 2.8만 에이커
Bagby Street (텍사스주 휴스턴시)	공공(휴스턴시)	휴스턴 도심지 약 1km 구간 / 9.6백만 달러

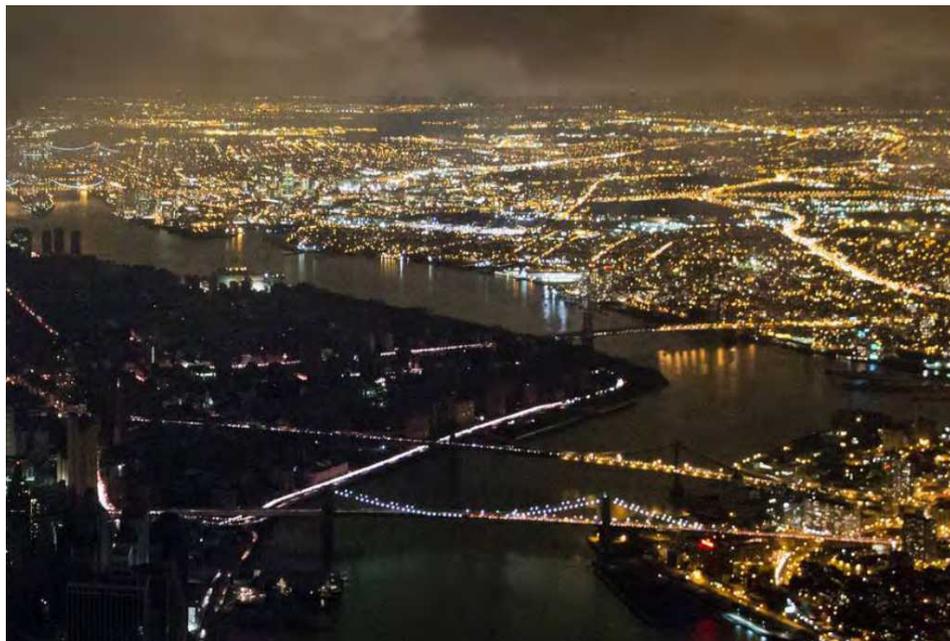
1. Big U Project - 뉴욕 맨해튼

가. 사업 배경

2012년 허리케인 샌디(Hurricane Sandy)로 인하여 미국 13개 주에 막대한 피해와 경제적 손실을 입게되자, 버락 오바마 전 미국 대통령은 허리케인 샌디 재건 TF(Hurricane Sandy Rebuilding Task Force)를 구성하여 ‘디자인을 통한 재건(Rebuild by Design)’이라는 혁신 디자인 공모를 진행했다. 허리케인 샌디의 피해 복구, 지속가능성, 거주적합성에 중점을 둔 지역 재건을 목표로, 향후 홍수 및 태풍으로부터 맨해튼 남부 지역을 보호하기 위해 추진되기 시작하였다.

허리케인 샌디로 인해 44명의 사망자 발생했으며, 총 피해 및 경제적 손실 규모는 190억 달러에 이르는 것으로 나타났다. 특히 남부 맨해튼 인구 22만 명 중 저소득층, 고령층, 장애인 등 약 9만 5천 명이 큰 피해를 입었으며, 물가로부터 약 18km 이내 지역 인프라가 손상되어 일대의 전력과 수도 공급이 중단되는 사태가 발생하기도 했다.

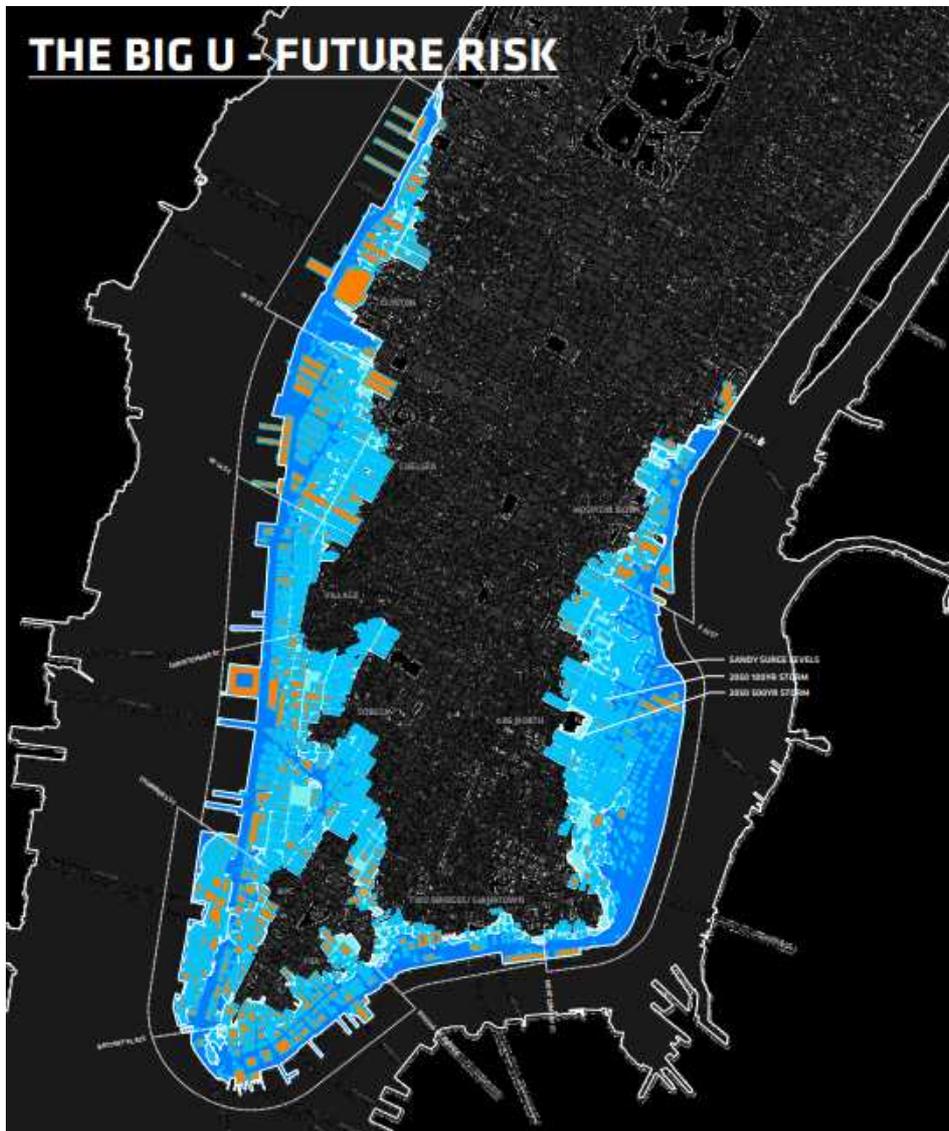
< 허리케인 샌디로 전력 및 수도 공급이 중단된 맨하탄 지역(좌측) >



* 출처: BIG. The Big "U". Rebuild by Design, 2011.12

맨해튼의 웨스트 57번가부터 배터리파크(The Battery Park), 파이낸셜 디스트릭트(Financial District)에 이르는 맨해튼 남부 수변 지역은 지대가 낮아 홍수에 취약하고 이로 인한 피해가 큰 특성이 있다. 해수면 상승과 홍수 및 강력한 태풍의 위험이 점증하는 가운데 뉴욕시는 인구 밀도가 높고 경제 활동이 집중된 맨해튼 남부를 기후 관련 영향으로부터 보호하기 위해 인프라 강화 방안을 모색하게 되었다.

< 해수면 상승 및 홍수 등으로 인한 향후 맨해튼의 침수 위험 >



* 주: 진한 파랑 - 2012년 허리케인 샌디, 연한 파랑 - 2050년 기준 100년 빈도 강우, 주황 - 2050년 기준 500년 빈도 강우(BIG. The Big "U". Rebuild by Design, 2021.12)

나. 프로젝트 개요

2016년 덴마크 디자인 회사인 ‘비야케 잉겔스 그룹(Bjark Ingels Group, BIG)’을 주축으로 맨하탄 남부를 홍수보호구역으로 구분하여 기후변화에 대응하기 위해 일대에 길이 약 18km(10mile)의 보호 시설을 설치하는 등의 계획이 포함된 일명 ‘BIG U 프로젝트’가 공모에 최종 선정되었다.

Big U 프로젝트는 해당 지역을 세부 구역으로 구분하고, 이를 2단계로 나누어 추진할 것을 제안했다. 첫 번째 단계는 ‘동부연안복원사업(East Side Coastal Resiliency, ESCR)’으로 이스트리버주립공원(East River Park) 일대를 포함하는 지역이 해당된다. 두 번째 단계는 몽고메리 스트리트에서 브루클린 브릿지, 브루클린 브릿지에서 배터리파크, 배터리파크에서 배터리파크시티 등에서 추진되는 ‘맨해튼남부연안복원사업(Lower Manhattan Coastal Resiliency, LMCR)’이다.

총 추진 예산은 27억 900만 달러로, 이 중 10억 4,500만 달러가 ESCR에 투입되고, 16억 6,400만 달러가 LMCR에 투입될 예정이다.

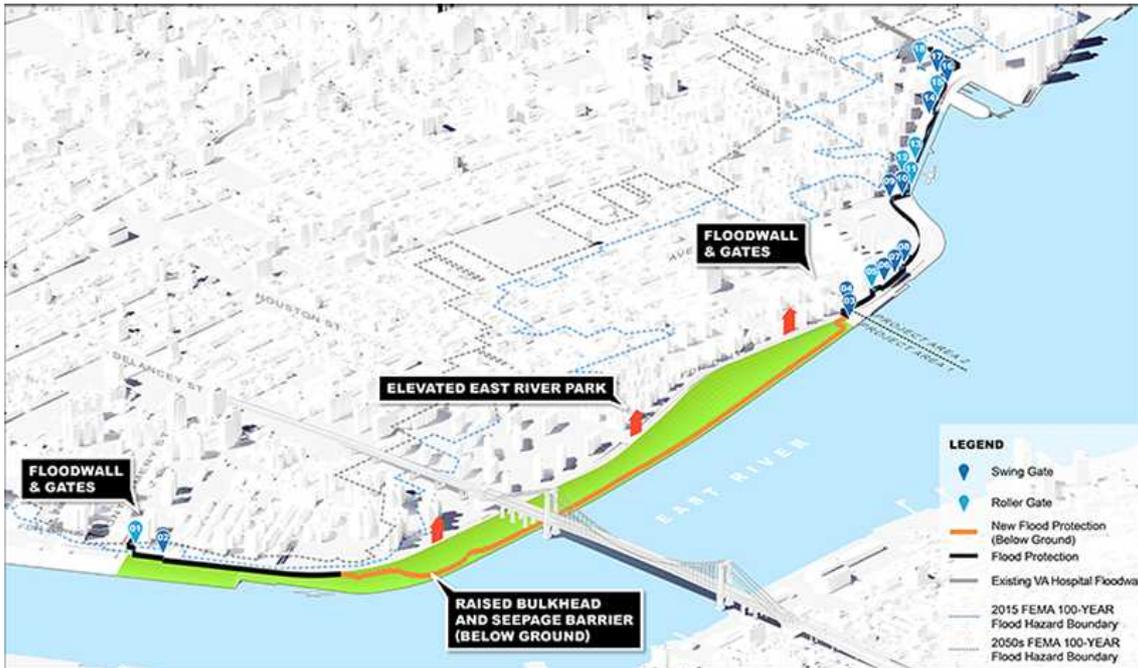
다. 사업별 주요내용 및 추진 현황

뉴욕시는 Big U 프로젝트의 제안을 바탕으로 맨해튼 동부 24번가에서부터 서부의 체임버 스트리트(Chamber St.)에 이르는 지역의 홍수 인프라 재건 계획을 추진 및 시행 중이다.

1) 동부연안복원사업(East Side Coastal Resiliency, ESCR)

ESCR은 맨해튼 동부의 연안 지역의 홍수 위험을 낮추기 위해 길이 2.4마일에 이르는 공원 지대를 인위적으로 높이고 제방, 유사시 개폐가 가능한 홍수벽 및 홍수문 등을 주요 지점에 설치하는 통합 방재시설물 계획을 골자로 2022년 가을 착공에 들어갔으며, 2026년에 완공될 예정이다.

< ESCR Project 조감도 >

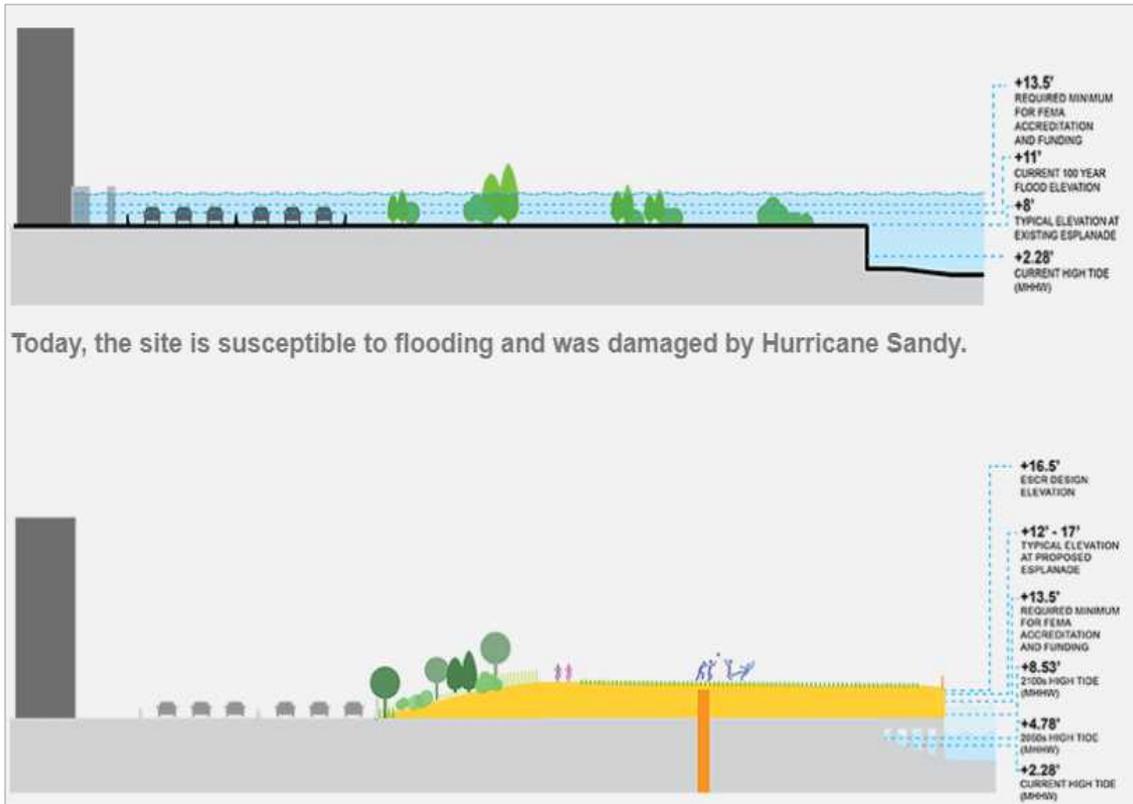


가) 둔치 상향(Design Height)

ESCR 프로젝트는 시민들을 보호하기 위해 과학 및 공학적 접근을 바탕으로 두고 계획됐다. 기본적으로 동부연안 지역에 공원 및 운동장 공간을 설치하면서 전반적인 지대를 높이는 작업이 사업의 기본 주축이다. 일종의 녹지 및 오픈스페이스를 통한 방파제 또는 댐과 같은 도시구조를 만드는 작업으로 볼 수 있다.

뉴욕시 기후변화자문단(New York City Panel on Climate Change, NPCC)에서 제공한 향후 기후변화 전망에 근거하여 2050년대 해수면 상승 수준을 극단적으로 산정하고, 이에 따라 가장 보수적인 기준을 도입했다. 기후 변화전문가들이 2100년경 이를 것으로 전망하는 해수면 상승선을 기준으로 산정하여, 현재 홍수위에서 약 2.4~2.7m(8~9ft) 높은 수위까지 홍수 보호가 가능하도록 설계 높이를 산정하였다. 이는 기후변화 영향의 정확한 예측의 한계성, 피해발생시 그 영향의 범위와 강도 등을 고려하여 일반적인 설계 기준치보다 2피트 이상 더 높은 수위로 제안된 결과이다.

< 미래 해수면 상승예상 및 지대 상향 설계높이 >

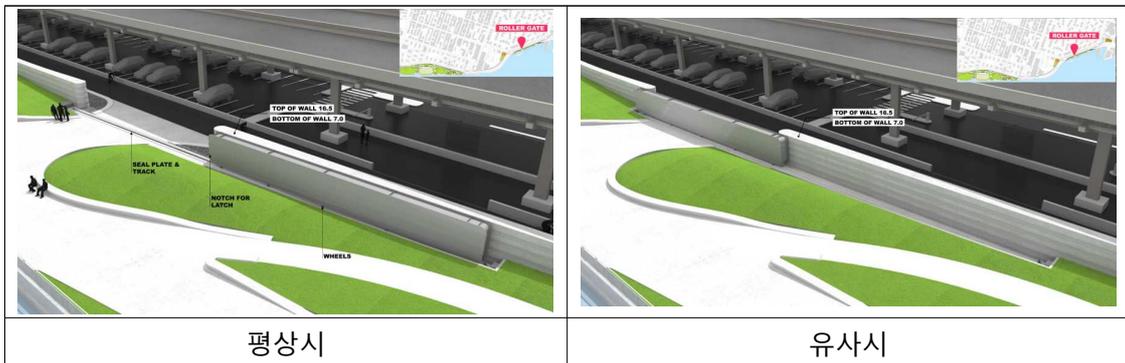


* 주: +13.5' FEMA 허가 및 지원 기준선 / +11' 현재 기준 100년 빈도 홍수위 / +8' 현재 산책로의 해발고도 / +2.28' 현재 만조 수위
 +16.5' ESCR 설계 수위 / +12-17' 산책로 제안(설계) 고도 / +13.5' FEMA 허가 및 지원 기준선
 +8.53' 2100년 기준 만조수위 / +4.78' 2050년 기준 만조 / +2.28' 현재 만조 기준선

나) 홍수벽(Floodwalls)

ESCR에는 FDR 드라이브부터 몽고메리 스트리트에 이르는 수변에 공원 및 산책로 등과 결합한 홍수벽을 설치하는 방안이 포함된다.

< 홍수벽 (게이트 포함) 설치 예시 >



다) 홍수문(Floodgates)

평상시에는 수문을 열어 도로나 인도 진입이 가능하게 하고, 태풍과 같은 유사시에는 수문을 닫아 해당 지역을 보호할 계획으로, 18개의 미단이 또는 개폐식 수문이 설치될 예정이다.

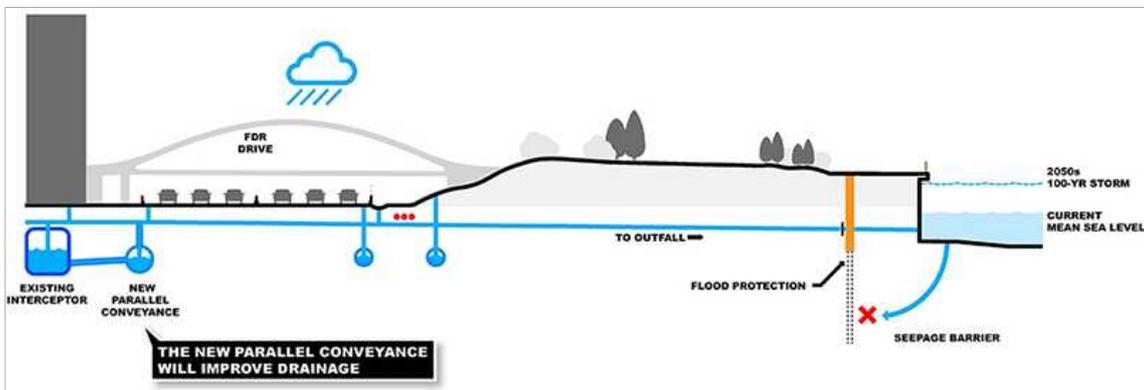
< 홍수문 설치 예시 >



라) 통합식 하수처리 시스템(Combined Sewer System)

하수처리관을 신규로 설치하여 강우로 인한 내륙의 홍수 범람 위험을 낮추고, 처리 용량을 증가시켜 과잉 공급된 하수를 펌프장으로 이동시킬 수 있도록 할 계획이다. 신규로 설치될 평행 수송 시스템을 통해 폐수가 하수처리 시설로 이동할 수 있도록 설계하였다. 또한 프로젝트 지역의 북단과 남단에 각각 인터셉터(interceptor)를 신규로 설치하여, 유사시 인근 지역으로부터의 하수 유입을 막는 기능을 추가할 예정이다.

< 하수관거 개선사업과 홍수방어시스템 연계 모식도 >



* 출처: NYC, The East Side Costal Resiliency Project(<https://www.nyc.gov/site/escr/index.page>)

마) 지속가능한 설계(Sustainable Design)

지속가능한 설계 요소로 녹색지붕을 활용한 주민 휴게공간, 투수성 포장, 태양광 발전 및 전기차 충전시설, LED 조명, 목재 재활용 소재사용 등을 도시 전반의 인프라시설에 적용하였다. 이 결과 2022년 8월, ESCR은 지속가능한 인프라 연구소(Institute for Sustainable Infrastructure, ISI)에서 인프라 개발사업의 지속가능성을 평가하여 주관하는 Envision Gold Award를 수상했다. 또한 2022년 11월, 수변 얼라이언스(Waterfront Alliance)에서 수립한 자발적인 평가 시스템인 수변 설계 가이드라인(Waterfront Edge Design Guidelines, WEDG)에 따라 인증을 받기도 하였다.

2) 맨해튼남부연안복원사업(Lower Manhattan Coastal Resiliency, LMCR)

LMCR은 2019년 발표된 ‘맨해튼 남부 기후 복원 연구(Lower Manhattan Climate Resilience Study)’를 기반으로 ① 브루클린 브릿지-몽고메리연안 복원사업(Brooklyn Bridge-Montgomery Coastal Resilience, BMCR), ② 배터리 연안 복원사업(The Battery Coastal Resilience, The Battery), ③ 배터리파크시티 복원사업(Battery Park City Resilience, BPCR), ④ 파이낸셜 디스트릭트 및 항구 기후 복원 마스터플랜(Financial District and Seaport Climate Resilience Master Plan, FiDi/Seaport) 등 총 4개의 하위 프로젝트로 추진 중이다.

가) 브루클린 브릿지-몽고메리연안 복원사업

(Brooklyn Bridge-Montgomery Coastal Resilience, BMCR)

뉴욕시의 설계건설국(Department of Design and Construction, DDC)은 브루클린 브릿지부터 몽고메리 스트리트에 이르는 수변 공간을 따라 개폐가 가능한 방재시설물과 홍수벽을 설치해 2050년 기준 100년 빈도의 강우로부터 인근 지역을 보호하는 동시에 수변 공간의 접근성과 가시성을 유지하는 것을 목표로 뉴욕시 경제개발공사(New York City Economic Development Corporation, NYCEDC)가 2021년 가을 설계안을 마무리하여, 2026년 완공 예정이다.

이 프로젝트를 통해 홍수 위험을 낮출 뿐만 아니라 수변 공간에 대한 주민들의 접근성과 개방감을 보존할 수 있을 것으로 기대된다. 개폐식 방재 설치물을 영구적인 인프라로 도입하여 태풍과 같은 유사시를 제외한 평상시에는 눈에 띄지 않도록 했으며, 홍수벽의 설치 위치는 기존의 지면 인프라와의 충돌을 최소화하고 노천 공간, 야외 운동 설비, 운동 경기장 등과 같은 공공 시설과 어우러질 수 있도록 설계했다.

< 수변공간과 조화를 이룰 수 있도록 하는 홍수벽 설계 예시 >



* 출처: NYC. Brooklyn Bridge-Montgomery Coastal Resilience

<https://www.nyc.gov/site/lmcr/progress/brooklyn-bridge-montgomery-coastal-resilience.page>

나) 배터리 연안 복원사업

(The Battery Coastal Resilience, The Battery)

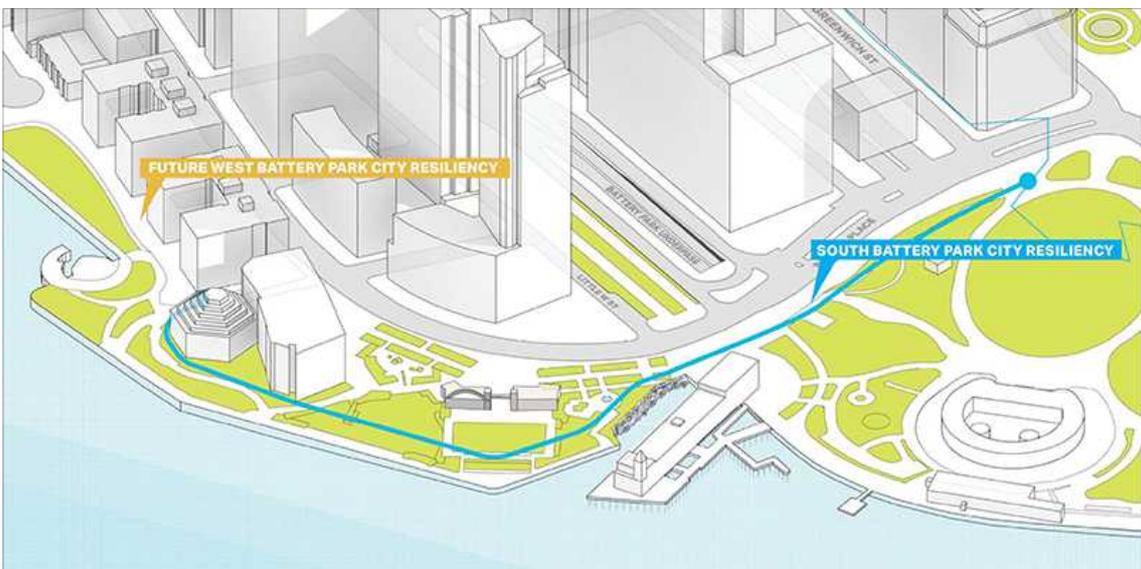
배터리 연안 복원사업(The Battery)은 뉴욕시 경제개발공사(NYCEDC)와 뉴욕시 공원들의 파트너십을 통해 추진되는 프로젝트로 부둣가 산책로의 지대를 약 1.8m(6ft) 높여 2100년의 예상 해수면 상승 수준으로부터 해당 지역을 보호하고자 하는 재건 계획이다. 2022년 가을 최종 설계안이 확정 되었으며, 시공은 두 단계로 나뉘어 1단계가 2024년 봄, 2단계가 2025년 여름까지 완성될 예정이다.

추진 목표로는 낙후된 부둣가의 재건, 향후 80년 동안 상승하는 해수면 으로부터 더배터리 보호, 여객선 페리 이용 환경 마련, 배터리파크 고유의 특성과 정원 보존 및 개선, 누구나 접근 가능한 산책로를 도입하여 보편적인 접근성을 확보된 설계 도입, 배터리파크의 역사적, 문화적 자원 보호 등이 있다.

다) 배터리파크시티 복원사업 (Battery Park City Resilience, BPCR)

배터리파크시티개발공사(Battery Park City Authority, BPCA)는 새로운 기후 조건에 적응하고자 2018년부터 연안 보호 사업을 추진해 왔으며, 2022년부터 방제 설치물 건설이 시작되었다.

이 사업은 크게 두 부분으로 나뉘어 진행되고 있다. 첫 번째는 ‘배터리파크시티 남부 복원사업(South Battery Park City Resiliency Project)’ 으로 유대인헤리티지박물관부터 와그너 공원, 피어(Pier) A 플라자, 히스토리 배터리파크 북부 경계선에 이르는 일대에 홍수 방제 설치물을 설치하는 것이고, 두 번째는 ‘배터리파크시티 북서부 복원사업(North & West Battery Park City Resiliency Project)’ 으로 태풍으로 인한 범람과 홍수의 위험이 가장 큰 배터리파크시티 북부 산책로 등에 이동식 방제 설치물을 설치하고 수변 공간 인근에 홍수 보호 시스템을 적용하는 계획이다.



* 출처: NYC. Battery Park City Resilience Projects.
<https://www.nyc.gov/site/lmcr/progress/battery-park-city-resilience-projects.page>

라) 파이낸셜 디스트릭트 및 항구 기후 복원 마스터플랜 (Financial District and Seaport Climate Resilience Master Plan, FiDi/Seaport)

2021년 12월 발표된 파이낸셜 디스트릭트 및 항구 기후 복원 마스터플랜(FiDi/Seaport)은 규모 70억 달러의 사업으로, 이스트리버의 연안에 다층 수변 공간을 도입하는 것을 골자로 한다. 상부층은 4.5~5.4m (15~18ft) 이상 지대를 높이고, 개방형 공공 공간을 두 배 확대하여 뉴욕시와 항구에 대한 조망권을 확보할 것이며, 수변 산책로인 하부층은 지대를 1~1.5m(3~5ft) 이상 높여 해수면 상승으로부터 보호하고 시민들이 수변가에 접근할 수 있도록 할 계획이다. 해당 설계안이 완공될 경우, 뉴욕시 및 인근 지역을 해수면 상승과 심각한 태풍 피해로부터 보호하여 약 110억 달러의 경제적 손실을 예방하는 효과가 있을 것으로 기대된다.

추진 지역은 더배터리부터 브루클린 브릿지에 이르는 길이 약 1.6km(1 mile) 가량의 수변 지대이다. 주요 추진 계획은 자연경관과 조화된 홍수벽과 지면 상승, 신규 펌프시설 및 녹색 인프라 시설, 회복탄력성이 높은 페리 터미널 도입, 수변공간 및 자연서식처 등을 포함하고 있다.

< FiDi/Seaport 마스터플랜 도입 예상도 >



* 출처: NYC. The Financial District and Seaport Climate Resilience Master Plan.
<https://www.nyc.gov/site/lmcr/progress/financial-district-and-seaport-climate-resilience-master-plan.page>

2. Woodlands 개발 - 텍사스 우드랜즈

가. 사업개요

우드랜즈(The Woodlans Township)는 텍사스주 휴스턴시 북부 27마일 거리에 위치한 계획도시(MPC, Master Planned Community)로써, 1974년 조지 미첼(George Mitchell)이라는 민간 개발자에 의해 개발되었다. 최초 약 2,800에이커의 토지를 시작으로 주변 토지를 지속 매입·합병하여 전체 28천여 에이커의 규모로 중심상업지구와 주변 9개의 거주단지로 구성되어 있다.

일반적인 미국의 커뮤니티 개발사업과 다른 점은 녹지에 대한 개발자의 비전에 따라 자연상태의 녹지를 보전 및 활용하여 도시 전체에 걸친 높은 녹색공간을 조성하여 현재까지 미국 내 살기좋은 도시로 명성을 이어가고 있는 점이다. 개발자는 커뮤니티의 개발비전으로 단지를 둘러싼 자연의 숲 환경을 보전하여, 주민의 삶이 자연환경 속에서 이루어지도록 설정하고, 이를 위한 개발 프로세스, 설계기준 등을 정립하였다.

보통의 토지개발 사업은 사업 후 빠른 수익환원을 위해 넓은 면적을 차지하는 주택용 부지(Residential lot)를 우선 개발 및 판매하는 방식으로 추진된다. 우드랜즈의 경우 장기적인 도시의 발전 전략에 따라 먼저 중심상업지구를 조성한 이후 주거지역을 단계별로 개발하는 방식으로 추진되었다. 그 결과 중심지구에는 쇼핑, 아파트, 병원, 사무실, 호텔 등 복합적인 토지이용형태의 사무 및 상업시설로 구성된 타운센터와 1.8마일 구간에 걸친 워터웨이로 이루어져 있다. 워터웨이는 전체 우드랜즈의 랜드마크적인 공간감을 창출하면서 주민과 방문객에게 수변공간을 제공하고 있다. 이와 동시에 대중교통의 주요축을 이루며 주거지와 중심상업지구간 연결 기능을 갖추고 있다. 중심상업지구 주변으로는 총 9개의 주택단지가 개발되어 현재 주민 약 118,000명이 거주 중이며, 중심지구 및 부도심 지역에는 약 70,000명의 일자리를 포함한 2,200여개의 기업이 입지하여 주거기능과 경제기능을 동시에 만족하는 하나의 도시적 기능을 하고 있다.

나. 녹지 중심의 개발계획

우드랜즈의 대표적인 특징으로는 개발단계부터 녹지보전 및 오픈스페이스 등에 대한 명확한 철학을 비전에 담아 높은 비율의 자연 및 인공의 녹색공간을 통해 우드랜즈만의 공간감(Sense of Place)을 갖게 되고, 자연기능에 기반한 홍수 등 물관리와 동식물 서식지 등 생태적 기능, 경관기능 등을 갖게 된 것이다. 실제 우드랜즈 전체 약 28.8천 에이커의 면적 중 7,665 에이커가 그린벨트, 오픈스페이스, 공원 및 골프코스 등 녹색공간으로 구성되어, 녹색공간 비율이 전례없이 높은 28% 정도를 유지하고 있다.

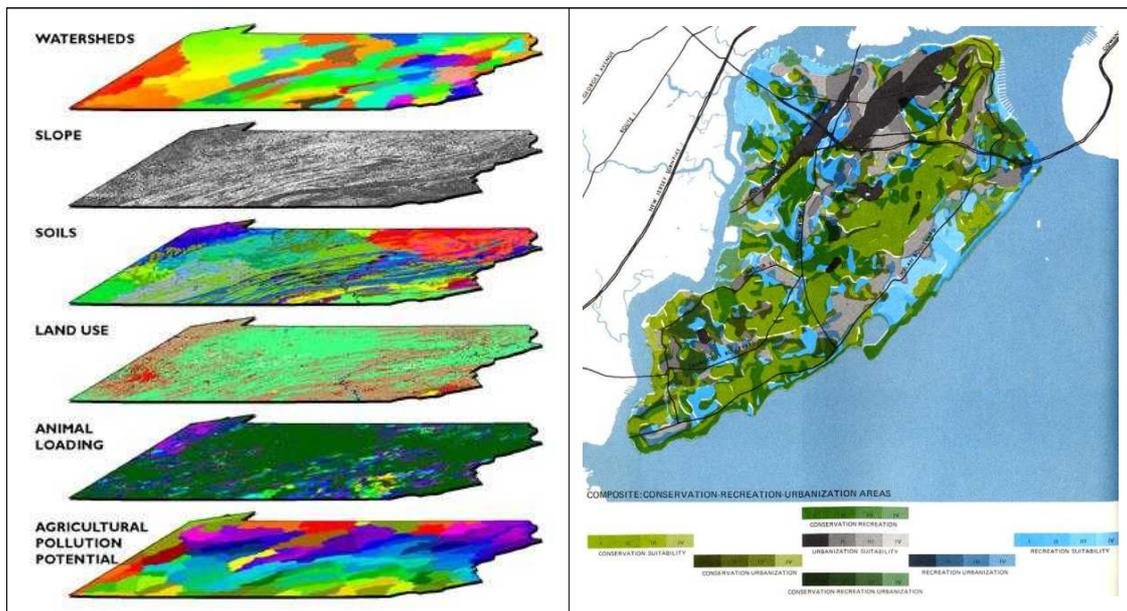
이러한 녹지계획은 개발 초기 사업자문단 중 Ian Macharg의 제안에 따라 도입되었다. 신도시의 토지이용계획과 관련하여 자연을 보전하고 그 기능을 단지개발에 활용하기 위해 다음과 같은 7가지 목표를 제시하게 된다.

1. 지면과 지하수층의 교란을 최소화
2. 부지 전체 약 25%의 환경을 보전
3. 홍수터, 습지, 연못, 충전토 등을 이용한 자연배수 시스템 확립
4. 생물다양성, 높은 품질의 경관, 안정성 및 독특성을 고려한 식생 보전
5. 야생동물의 서식처 및 이동경로 공급
6. 개발비용의 최소화
7. 생명 및 건강에 대한 위해성 방지

실제 개발계획 단계에서 마스터플랜의 목표달성을 위해 개발자는 ① 침식과 퇴적 조절에 필요한 기존 수목 및 초지식생을 최대한 보전, ② 내부 호수 및 지류, 주변 홍수지역 등에 예상치 못한 홍수 및 수질 오염에 대비 홍수조절 및 수처리 시스템 도입, ③ 개발로 인한 물 순환 시스템의 영향을 최소화하고, 갑작스런 홍수의 위협성을 제거하기 위한 물 관리 시스템을 개발계획 및 설계의 기본으로 시행하게 된다. 실제 개발과정에서 수목보호를 위해 도로설계를 변경하거나, 골프장처럼 수목

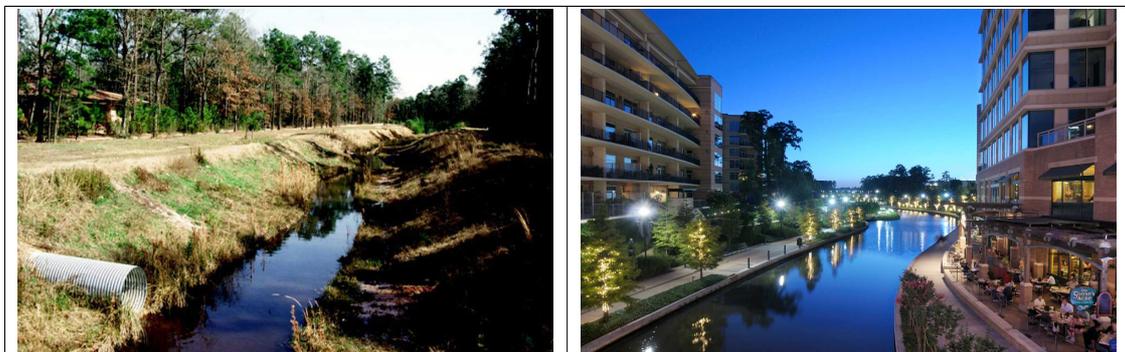
피해가 불가피한 사업을 진행하는 경우 별도의 조림작업을 진행하는 등 녹지 보전 및 조성을 위한 노력이 지속되어 왔다. Ian의 목표달성을 위해 기존 식생, 토양, 지하수 및 수로 등 다층기법(Multi-layer)을 활용하여, 개발비용을 최소화하면서 녹지를 최대한 확보하는 토지이용계획, 도로계획 등을 담은 마스터플랜을 수립하게 된다.

< 다양한 환경요소를 고려한 토지설계 기법 모식도 >



개발 계획에 있어 기존의 지형, 자연상태를 활용한 것 중 대표적인 것은 중심상업지구의 수로(Waterway)이다. 현재는 인공수로 형태의 모습을 보이지만 이는 자연지형과 기존 배수로 체계 및 호수를 이용 및 확장한 형태로 설계되었다.

< 자연 배수로를 활용하여 설계된 Waterway의 개발 전·후 비교 >



Waterway는 우드랜즈의 랜드마크이자 도시계획의 주요 축을 담당하는 요소로, 주요 대형상업 건축물, 수변산책로 및 공원, 고급 주택 등이 이를 따라 위치해 있고, 배수 등 물관리의 핵심적 기능을 하고 있다.

< Waterway 및 호수 주변 대형건축물 및 공원 >



다. 건설 및 건축 설계기준

미국에서 주택단지(Subdivision), 계획도시(MPC) 등 민간 개발자에 의해 대단위로 개발된 지역은 정부기관의 관계 법률에 따른 규정 외에 개발자의 비전, 디자인의 통일성, 주민 삶의 질 등을 위해 별도의 구속력 있는 문서를 만들어 단지 내부의 토지개발 및 건축 등에 적용한다.

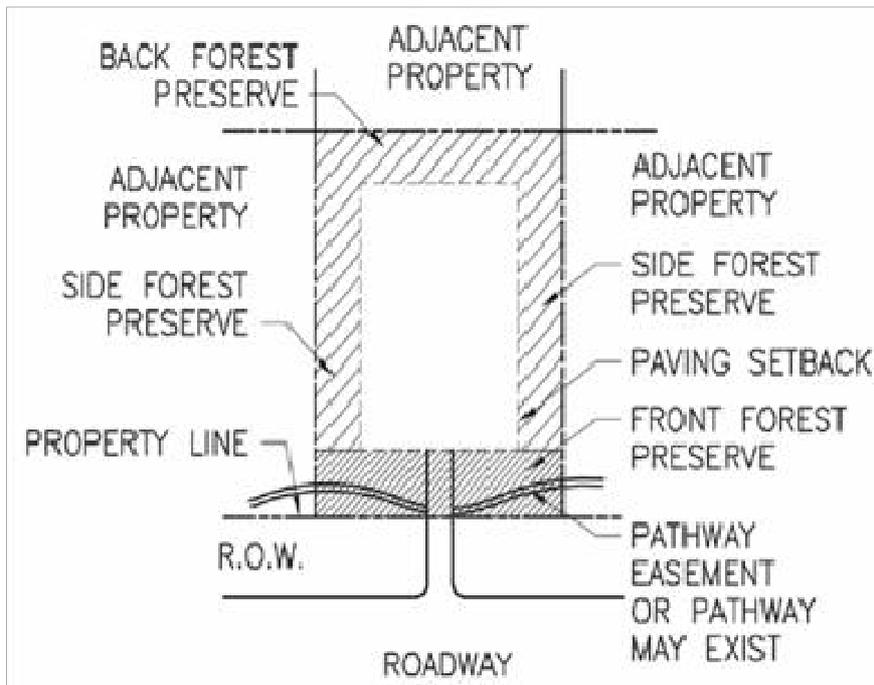
우드랜즈 내 각 부지의 경우 위치에 따라 각 단지별 설계기준을 두고 있기 때문에 본 연구에서는 상업용 건축의 계획 및 설계기준(Commercial Planning and Design Standards, 2011)을 기초로 하여 실제 각 부지의 개발 및 건축시 녹지 및 경관이 어떻게 규정되어 있는지 조사·분석하였다.

1) 녹지보전구역

설계기준의 특징적인 부분으로는 일반적인 이격거리, 건폐율 등과 별도로 녹지보전/구역(Forest Preserve/Forest Reserve)을 정의하여 부동산 경계선과 함께 부지의 이격거리 등 설계의 중요한 기준점으로 삼고 있다는 것이다.

우드랜즈의 상업용 계획 및 설계 기준상 녹지보전구역은 계획검토 위원회(Plan Review Committee)의 요청에 따라 기존 자연식생을 유지 및 증진하거나 재조림하기 위한 부지경계와 포장경계 사이의 일련의 토지공간으로 정의된다. 아래 각 부지별 녹지보전구역에 대한 표준 모식도를 보면 일반적인 개발부지와 달리 우드랜즈의 경우 부지의 사면을 둘러싼 구역을 녹지로 할당하도록 되어 있다.

< 우드랜즈의 부지 내 녹지보전구역 개념도 >



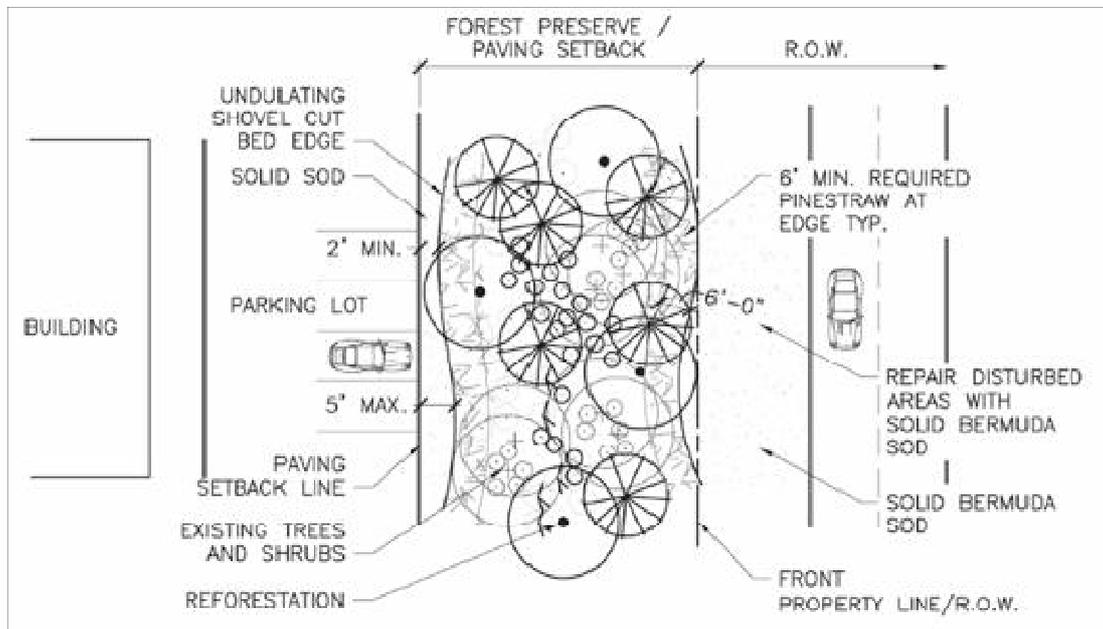
2) 수목제거 제한(Clearing Limits)

우드랜즈의 경우 기존 수목을 최대한 보전 및 활용하기 위해 각 부지의 공사 시작단계인 기존 수목제거(Clearing and Grubbing)를 할 수 있는 구간에 대해 제한을 두고 있다. 구체적으로 주차장 등 포장구역으로 3피트 이상, 건축물로부터 10피트 이상, 내부 조경공간(Landscape Pocket)은 공사단계부터 수목제거를 제한하고 있다. 최종적으로 건축물 및 부속시설 등에 필요한 최소한의 구역만 수목을 제거하고 공사를 진행하도록 규정한 것이다. 이에 더하여 상하수도, 전기, 가스 등 유틸리티 라인 또한 녹지보전구역의 영향을 최소화하기 위해 통합하여 매설하도록 규정되어 있다.

3) 이격기준(Setbacks)

이격기준은 앞서 설명한 녹지보전구역을 위한 공간을 확보하기 위한 규정이다. 구체적으로는 녹지보전구역 내 수목제거 뿐만 아니라 굴착, 포장, 건설, 자재보관 등의 행위를 제한함과 동시에 부지가 인접해 있는 도로의 종류별로 포장구역으로부터 30~60피트, 건축물로 40~70피트 이격거리를 두도록 하였다. 전면 뿐만 아니라 측면 또한 포장면에서 15피트, 건축물로부터 25피트의 이격거리를 두도록 하여 인접한 부지 간에도 녹지보전구역을 두도록 하였다.

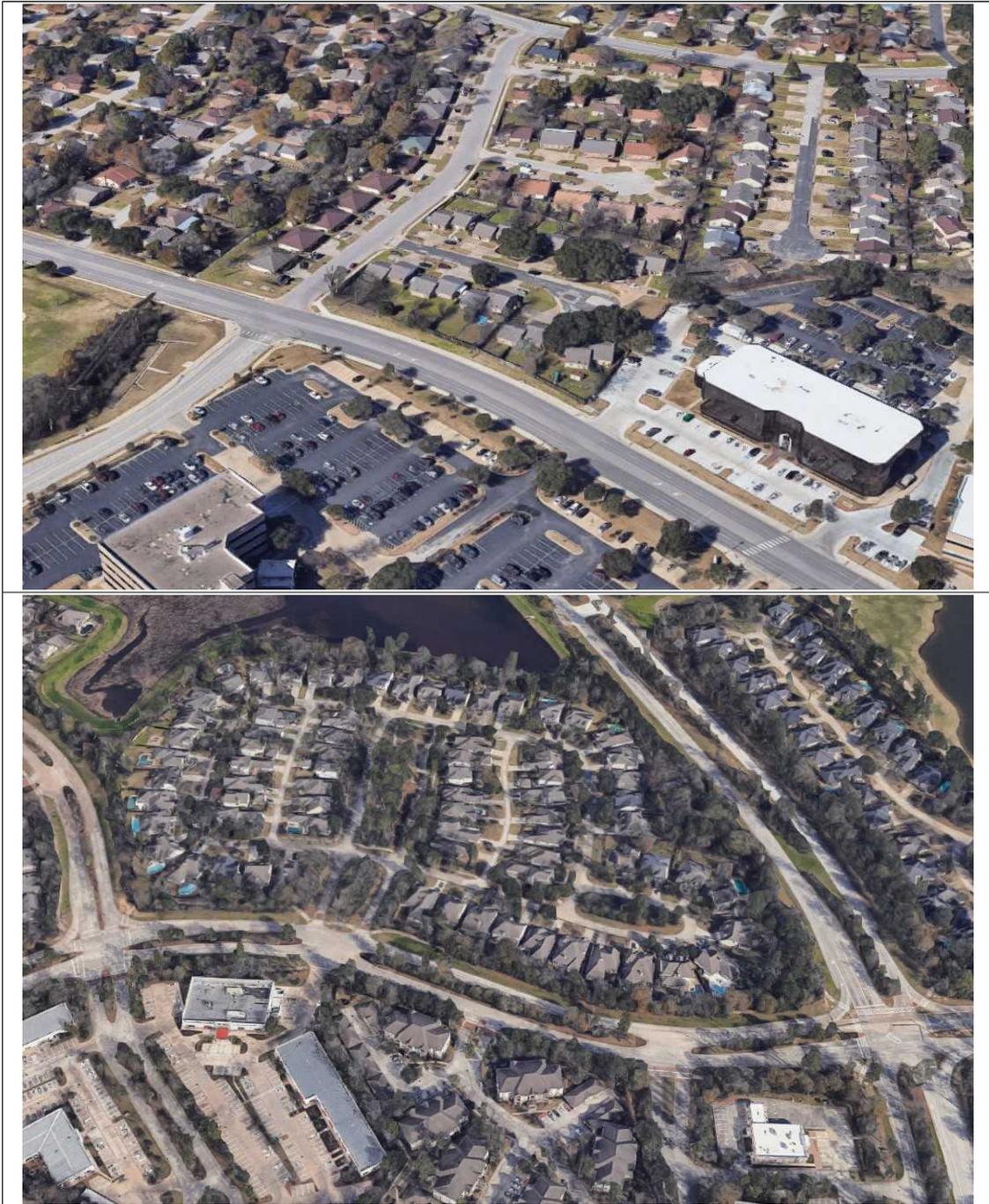
< 녹지보전구역을 위한 부지경계와 이격거리 규정에 대한 모식도 >



4) 적용결과

개발 초기의 비전실현은 마스터플랜부터 세부 설계지침까지 일관된 방향으로 반영된 결과 우드랜즈의 경우 아래 그림과 같이 독특한 도로 및 단지 경관을 창출하게 된다. 위 쪽은 텍사스 주 다른 도시의 일반적인 상점 및 주택단지의 모습을 보인 것으로 아래 우드랜즈의 경관과 대조적인 모습을 보이고 있다. 전형적인 상업시설 형태인 도로를 따라 건설되는 쇼핑몰(Strip mall)의 경우 도로 접근성 및 시인성 등 이유로 수목이 거의 없거나 제한적으로 식재하지만 우드랜즈는 도로와 부지 간

녹지공간이 분리와 보호의 기능에 중점을 두고 보전·식재되어 있다. 주택단지의 경우도 우드랜즈의 수목의 밀도 및 면적이 높은 것을 확인할 수 있다.



<주택단지>

텍사스 주 내 주변 도시(예. 컬리지스테이션)의 일반적인 주택단지(위)에 비해 우드랜즈(아래)의 경우 단지 주변부 및 내부에 높은 녹지비율을 보이고 있으며, 인접도로와 차단 및 분리 기능을 기대할 수 있음



<상업시설 및 도로>

일반적으로 주요 도로의 진입 및 시인성 등을 이유로 상업시설 전면에는 녹지비율이 적거나 잔디 같은 제한된 조경을 이용(위), 우드랜즈(아래)의 경우 설계기준에 따라 도로 중간 및 부지-도로 간 경계를 따라 녹지보전구역을 설정하여 숲길과 같은 독특한 도시경관을 창출하고 있음

있다. 4.1마일의 구간에 걸쳐 중심상업지구 내부를 순환하고, 인근 아파트 단지로 구성된 고밀주거지구까지 연결된 노선으로 운행되고 있다. 방문객의 쇼핑물 간 이동시 차량을 운행하지 않을 수 있도록 편의를 제공함과 동시에 지역주민도 일상생활에서 무료 교통수단으로 이용하고 있다. 이는 불필요한 차량이동을 최소화하여 차량혼잡 및 배출가스 저감에 기여할 뿐만 아니라 해당지역의 방문객 유인에 주요한 홍보 수단으로도 활용되고 있다.

2) 공유 주차장 시스템

미국의 호텔, 쇼핑몰, 공연장 등 대형 건축물의 경우 일반적으로 해당 건축물 내부 또는 동일 부지에 독립적인 주차시설을 갖추고 있으며, 도심지의 경우 공공주차장(Public Parking)을 이용하는 형태로 주차공간을 확보하게 된다. 우드랜즈의 중심지인 Waterway 지역의 경우 토지의 효율적인 이용을 위해 건설 계획 단계부터 여러 건축물 간 주차장을 공유하는 시스템을 도입하였다. 이는 복합토지이용 개발(Mixed Use Development)시 각 용도별 건축물의 방문객, 주민, 근로자 등의 이용 시간대가 다른 점을 활용한 것으로, 주차장을 공유하여 해당 구간의 전체 주차장 면적과 이용되지 않는 주차공간을 최소화하고, 매매·임대가 가능한 건축물 면적을 최대화하기 위한 전략이다. 실제 미국의 이용되지 않는 주차장 공간이 문제되면서 이를 활용하기 위한 많은 방법들이 논의·시행(아래 첨부 참고)되고 있는 점에서 과잉 공급되는 주차장 문제에 대해 사전예방적 접근방법이자 토지이용의 효율성을 극대화하는 효과를 가져올 수 있다.

우드랜즈 워터웨이로(Waterway Ave.) 사례를 살펴보면, 해당블록은 호텔, 사무실, 상업시설 및 야외공연장 등이 밀집한 복합적 토지이용 구간으로 중심상업지구 내에서도 가장 혼잡한 지역 중 하나이다. 해당 건축물의 방문객, 투숙객, 사무실 근로자 등을 고려하면 막대한 주차시설이 필요하며, 각 건물별로 이를 위한 공간을 만들기 위해서는 매우 낮은 건폐율 또는 막대한 개발비용이 필요한 지하주차장 또는 건물의

접근성이 떨어지는 필로티 방식의 주차장 등 건설이 불가피하다. 이에 따라 사무실, 상점, 식당, 공원, 콘도, 호텔 등 종류별로 피크시간대 및 이용량을 주중, 주말, 월별로 분석한 결과, 호텔과 사무실은 이용시간대가 상반되며 상점은 주로 낮시간대, 식당은 점심시간과 저녁시간 이후로 이용객이 집중되는 등의 특징을 얻게 되었다.

조사결과를 바탕으로 아래 그림과 같이 호텔 뒤편 주차장을 인근 사무용, 상업용 빌딩의 이용객까지 함께 쓸 수 있도록 개발되었다. 아울러, 왼쪽에 위치한 야외공연장의 경우 주차시설이 있으나 이용객이 많을 경우 호텔 주차장까지 이용할 수 있도록 연결통로를 설치하였다. 반대로 호텔의 경우도 컨퍼런스 등 이벤트가 진행될 경우 주차공간 부족 문제를 공연장의 주차장을 이용할 수 있도록 하여 완화시킬 수 있었다.

주차장의 건설 및 운영비용은 호텔, 사무용 빌딩, 상업시설 등의 각 방문객 비율에 따라 할당하여 분담하는 방식으로 진행되며, 비용분담의 핵심인 이용객의 숫자는 주차티켓을 방문하는 곳에서 무료 인증 받도록 하거나 각 건물의 고용인 수 등을 기반으로 추산하게 된다.

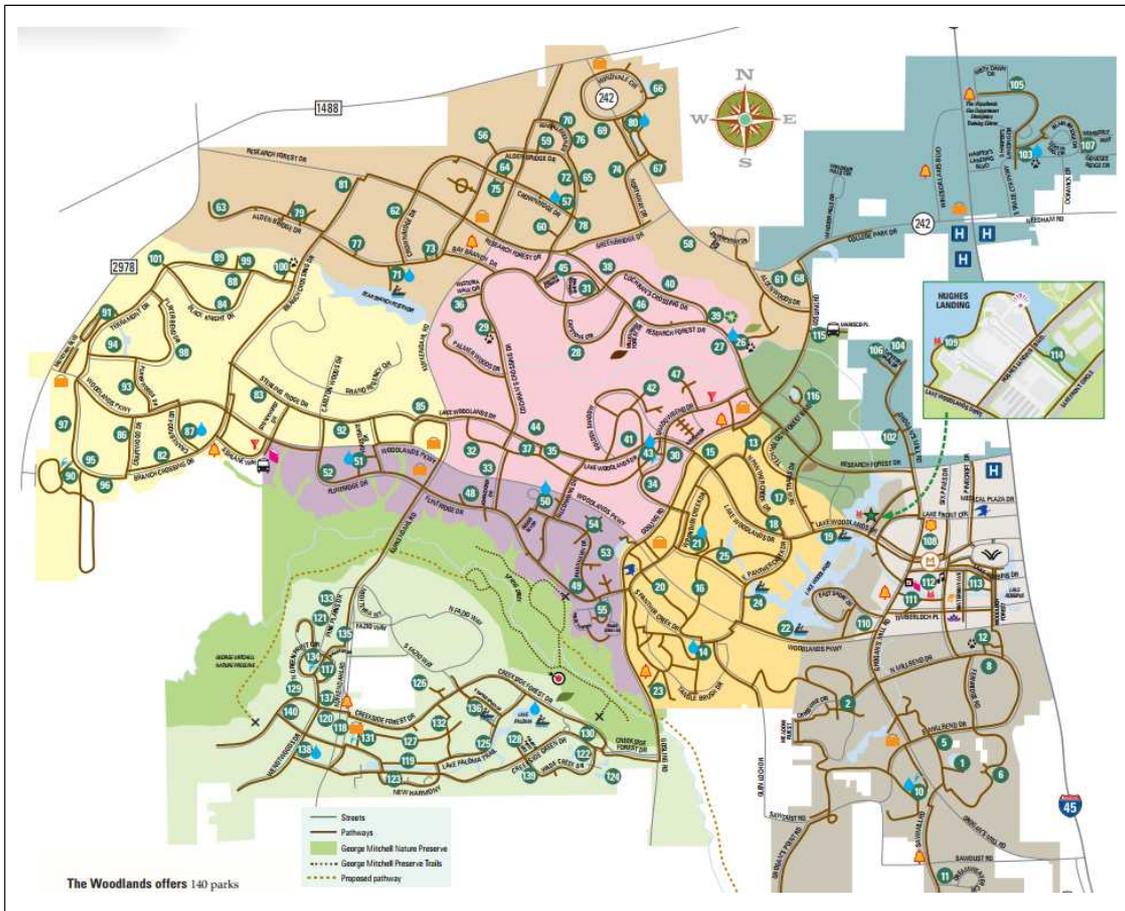
< Woodlands Waterway Ave. 주변 건축물 및 공유주차장 위치 >



마. 사업효과

우드랜즈의 독창적인 녹색경관 요소와 높은 녹지비율은 약 6,700에 이커의 오픈스페이스와 보전지역을 유지하고 있으며, 물길을 이용한 오픈스페이스 및 교통체계 등을 특징으로 한 중심상업지구의 높은 수요와 맞물려 2023년 기준 미국 내 주택구매 선호도 1위, 2021년~2022년 살기 좋은 도시 1위(Niche 조사결과)를 기록하고 있다. 이외에도 계획도시(MPC)로서 세계 최대규모의 LEED 사전인증을 받기도 하였다.

< Woodlands Township 녹지공간 지도 >



- 우드랜즈 내부에 개발자 명칭을 딴 조지 미첼 자연보전구역(연두색) 외 140개의 도시공원, 220 마일(약 354 km)의 산책로를 조성
- 약 28%의 녹색공간을 영구적으로 보전·이용함

* 출처: The Woodlands Township Map(www.thewoodlandstowship-tx.gov/89/The-Woodlands-Township-Maps)

< (첨부) 미활용 주차장의 재개발 및 활용사례 >

○ 조사배경

- 주변 상권변화, 원격근무 확산 등으로 도심지 내 이용되지 않는 주차 공간 증가
- 수익저하 및 도시 안전·미관 문제 등에 따라 다른 용도로 활용하거나 재개발하기 위한 논의사례 확산

○ 주요 재개발 및 재활용 방안

미사용 주차공간은 크게 ①다른 용도의 건물·공간으로 전환(재개발), ②빈 공간을 주차 외 다른 용도로 활용(재활용)하는 두 가지로 구분

① 주차장 전체 또는 일부공간의 재개발

- 주택으로 개조하여 도심지 내 부족한 거주공간 창출
- 이용률이 저조한 옥상층의 도시공원으로 전환
- 기타 기후변화 대응을 위한 공간으로 전환(전기차 충전소, 연료전지, 실내정원, 태양광 발전소 등)

② 여휴공간의 재활용

- 팝업스토어, 푸드트럭 등 상업용 공간으로 활용
- 택배 등 물류공간, 배달전문점(Dark Kitchen) 등 임시시설물 설치

○ 시사점

- 뉴어버니즘, 스마트성장 등 개념에서 볼 때 도심지로 다시 집중하는 상황에서 도심녹지 등 오픈스페이스를 보전하면서 기존 건물, 개발된 토지의 이용효율성을 높일 수 있음
- 재개발 또는 이용방법에 따라 부족한 녹지공간을 확보
- 저렴한 임대공간 등 확보로 다양한 경제계층이 도시 내 공존, 탄소배출권, 임대 전환 등 추가수익 등 가능

< 옥상 주차면 활용 도시공원 조성(호주) >



< 옥상 주차면 활용 태양광 발전설비 설치(듀크대) >



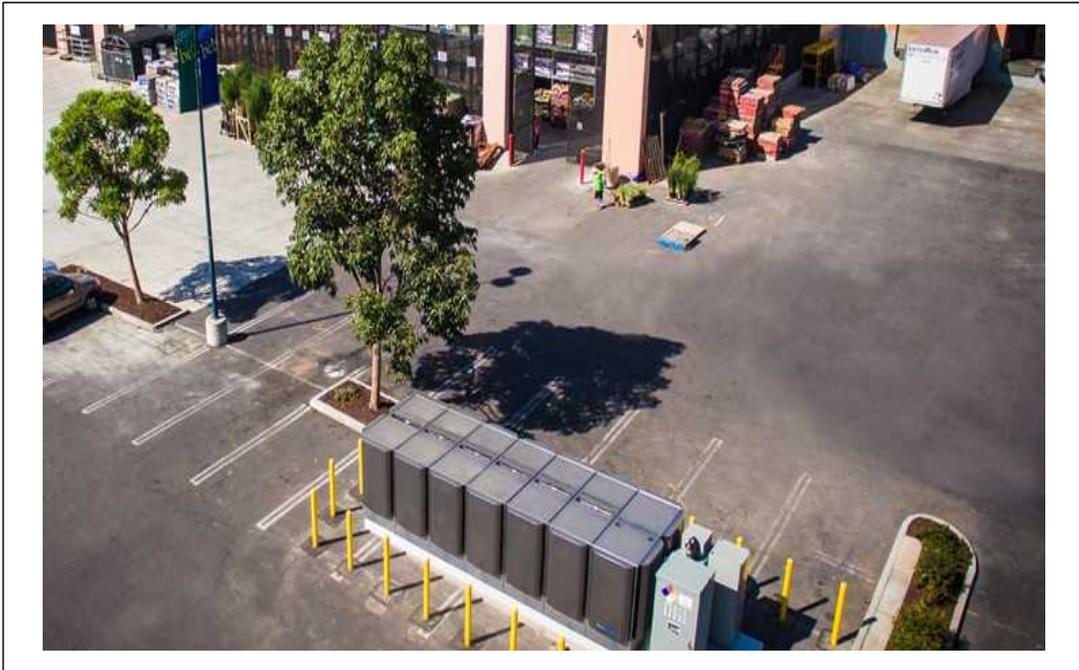
< 주차빌딩 전면 공간을 활용한 아파트 개발(캔자스주 위치토시) >



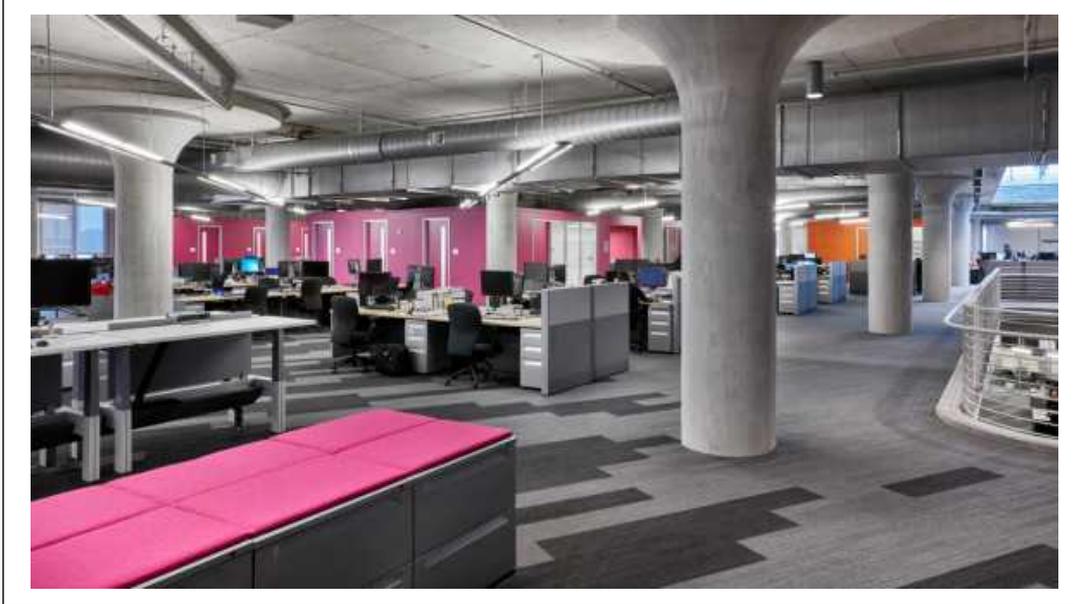
< 실내주차장 내 배달전문 식당 설치사례(Murch) >



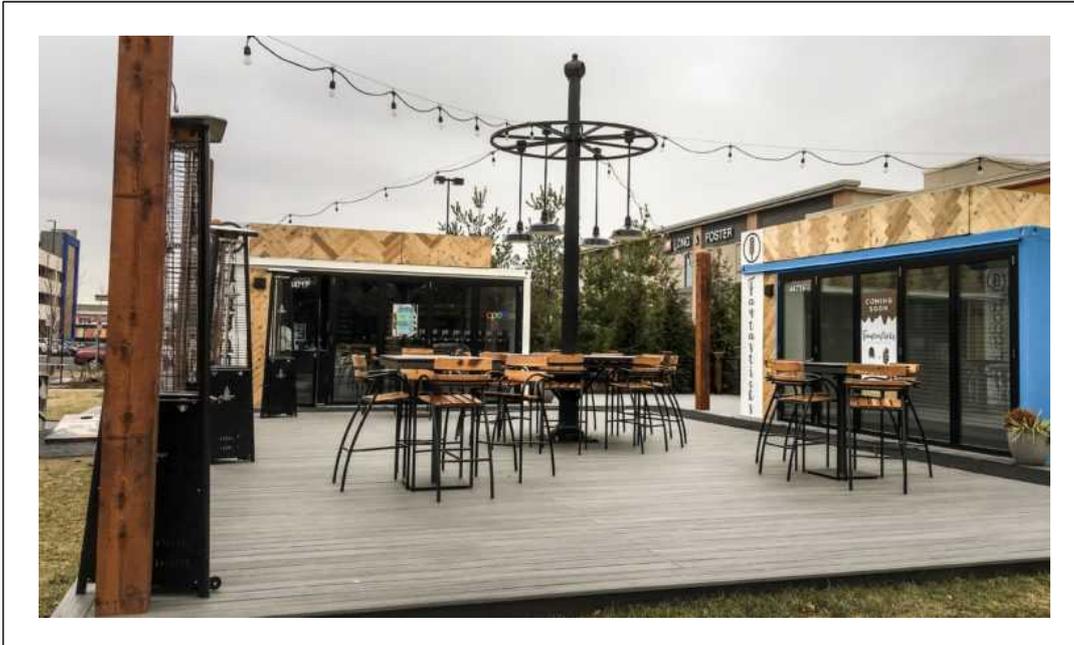
< 주차장 내 연료전지 설치(Home Depot) >



< 실내주차장 사무실 전환 >



< 야외주차장 팝업스토어 설치 >



3. Bagby Street 재개발 - 텍사스 휴스턴시

가. 사업개요

백바이 스트리트 사업(The Bagby Street Project)는 텍사스 주 휴스턴시 내 기존 구도심 지역 13개 블록(약 1km 연장)에 걸친 도로의 재개발 사업으로 2014년부터 총 사업비 약 9.6백만 달러의 공공투자으로 진행된 사업이다.

4개의 지속가능한 녹색도로 인증사업 중 첫 번째로 추진되어, 보행자 친화적 설계를 통해 도심지의 안전성을 확보하고, 주변 상권 및 공원 시설 등에 대한 도보 접근성을 향상시키기 위한 목적을 두고 있다. 여기서 녹색도로 인증사업은 지속가능한 교통의회(Sustainable Transport Council) 주관으로 도로의 환경적, 사회적, 경제적 요소를 평가하여 인증하는 것을 말한다.

나. 주요 사업내용

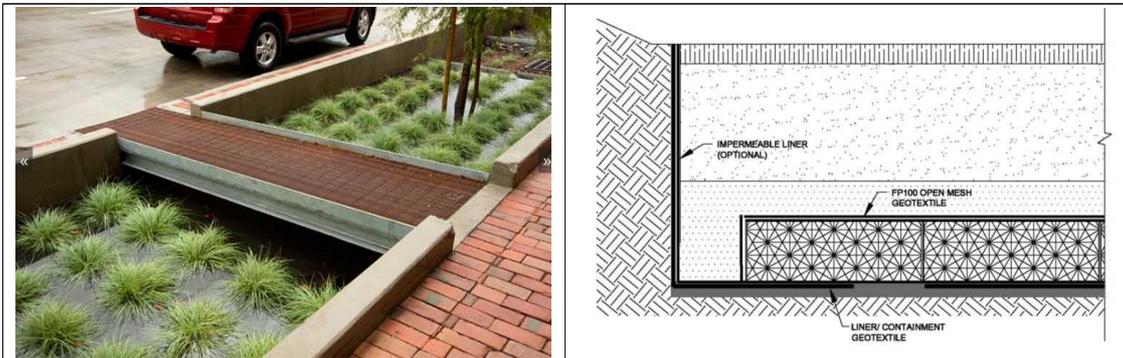
< Bagby Street Reconstruction Site Plan by Design Workshop >



백바이 스트리트 사업은 크게 이상강우 현상 등 기후변화에 대비한 도로의 지속가능성을 확대하고, 기존의 자동차 중심의 도로구조에서 보행자, 자전거 등 중심으로 전환하는 두 가지로 구분된다.

기후변화 대응 차원에서는 빗물정원 등 저영향기법(LID, Low Impact Development)의 기반시설을 도입하여 강우시 수질을 개선함과 동시에 폭우, 태풍 등 발생시 유출수량을 조절하는 기능을 확대하였다. 이와 함께 온실가스 흡수, 열섬현상 완화, 빗물조정 등을 위해 도로를 따라 녹지공간을 대폭 확대하였다.

< 빗물정원(Rain Garden) 설치현장 및 설계 단면도 >



빗물을 이용하여 가로수 및 화단을 유지함과 동시에 인접 도로의 강우유출수를 정화 및 조절

< 사업 전후 가로 녹지공간 비교 >



차도 접근성(승하차 등)에 치중한 전형적인 보행로(사업 전)와 건물-보행로-건물 간 완충 녹지공간을 도입한 보행로(사업 후)

차량 중심의 도로에서 보행자 및 자전거 중심의 체계로 전환하기 위해 도로신호 체계를 개선하고, 자전거 전용도로 및 환승설비를 신설하였다. 아울러 야간에도 안전한 도보이용을 위해 LED 조명과 휴식공간 등의 디자인 요소를 도입하였다.

< 사업 전후 차로 및 보행로 비교 >



기존 4~5차선 도로를 2~3차선으로 줄이고 자전거 전용도로 신설 및 보행로 확대

다. 사업효과

백바이스트리트 재개발 사업으로 발생한 효과는 우선 재해예방 및 환경적 측면에서 확인된다. 빗물정원 등 배수시스템 개선으로 관거를 통한 우수유출량의 약 1/3이 감소하였고, 관개용수 등 절약으로 물 사용료의 10%가 절감되는 효과를 보였다. 전체 설치된 빗물정원의 처리용량은 2년 빈도 홍수 전량에 해당하는 437,600 갤런 (1,656톤)에 해당하며, 실제 2017년 태풍 하비 등 주요 홍수시 주변 휴스턴 도심지는 침수를 겪었으나 빗물정원과 가로녹지 등 확대로 해당지역은 침수가 발생하지 않은 효과를 얻기도 하였다.

< Bagby St. 빗물정원 설치현황 및 처리용량 >

Station	Length (ft)	Width (ft)	Depth (ft)	Volume(cf)
4+40, RT	57	9	2	1,026
6+18, RT	86	9	2	1,548
6+65, RT	43	9	2	774
8+50, RT	59	9	2	1,062
9+67, LT	138	7	2	1,932
21+08, LT	160	9	2	2,880
23+20, LT (1)	89	5	2	890
23+20, LT (2)	7	9.25	2	30
23+20, LT (3)	8	13.5	2	216
23+25, RT	74	8	2	1,184
24+90, RT	43	8	2	688
29+63, RT	98	11.5	2	2,254
TOTAL				14,584

이상강우 대응에 더불어 온실가스 저감 및 기후변화 적응 측면에서 수목식재 등으로 주변 기온 14% 하락, 그늘 42% 증가 등 보행자 환경 개선효과를 가져왔으며, 이산화탄소 약 3.6톤을 흡수하게 되었다.

도보를 따라 설치된 녹지 및 휴식공간과 함께 신호체계 개선, 자전거 도로 등 설치 후 도로를 횡단하는 거리는 45% 줄어들게 되었다. 차량에 대한 도로의 서비스 수준은 유지되는 반면, 보행통행량은 약 2배 증가하는 결과를 가져올 수 있었다.

경제적 측면에서 보면 구도심 지역의 재개발로 사업 후 민간자본 약 3천만 달러 투자효과와 함께 부동산 가치 25% 및 임대료 20% 상승 등 효과를 보였다.

V. 결론 및 정책제언

우리나라와 미국의 탄소중립을 위한 온실가스 저감 정책 및 기후변화 적응 관련 개발정책을 살펴본 결과 도시 전체의 기후변화 대응에 초점을 둔 정책은 아직까지 미비한 상황이다. 다만, 미국의 경우 건축물의 에너지 사용 및 온실가스 발생저감을 위한 LEED 등의 인증제도가 외부공간으로 확장되어 사회기반 시설 및 도시전체를 평가하는 체계로 변화해가는 과정에 있는 것을 알 수 있었다. 우리나라의 경우도 탄소중립 및 기후변화 적응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본계획을 통하여 향후 국토·도시계획에 있어 기후변화 대응요소를 강화해 나갈 전망이다. 실질적인 정책발전을 위해서는 개발절차별 환경·재해·건강 등과 관련된 규정들이 기후변화 측면에서 개선될 사항이 없는지 진단해볼 필요가 있으며, 각 기초지자체 및 개별 개발사업자까지 실행에 옮길 수 있는 제도적 장치와 설계기준 등이 마련되어야 할 것으로 보인다.

앞서 서술한 미국과 우리나라의 개발사업과 관련된 기후변화 정책, 미국의 개발단계별 온실가스 저감 및 이상기후 적응과 관련된 제도, 마지막으로 살펴본 3가지 친환경 개발사례 등을 통하여 아래와 같이 정책제언 및 추진필요 과제를 도출하였다.

1. 기후변화 대응을 위한 기상-토지정보 확대

타당성 조사 단계에서 살펴 본 미국의 FEMA Map 사례처럼 국내에도 각 개별 토지의 홍수정보, 침수위험도, 기상정보 등 기후변화 적응과 관련된 정보에 대해 일반인의 접근성을 향상할 필요가 있다. 국지성 호우와 같은 현상이 증가함에 따라 지방하천 및 지류 등 소유역, 마을단위 등 소규모 지역별로 강도 높은 홍수대응 기반이 필요한 반면, 국가단위의 정비사업의 대상, 각 지자체의 정책 우선도 등은 신속한 대응에 한계가 있을 수 밖에 없다. 따라서 토지 및 자산의 가치와 연결될 수 있도록 기후변화 적응, 재해 등과 관련된 부분의 정보를 개발 규제사항과 관련된 각종 토지구제 정보 수준으로 관련 서류에 정보명시를 의무화거나 일반국민들이 쉽게 조회하고 이해할 수 있도록 할 필요가 있다.

관련 정보들을 발굴·수집함과 동시에 우선적으로 홍수위험도에 대한 정보를 우선적으로 각 토지지번별 등기부등본 등에 공개를 의무화하고, 특히 텍사스주 사례와 같이 임대계약시 임차인에게도 별도 의무고지를 하는 방안이 추진되어야 할 것이다. 토지 및 부동산 등의 가치가 위치적 특성 뿐만 아니라 환경·재해 등의 요소가 반영되도록 하여, 해당 자산의 소유주부터 관할 지자체까지 이러한 문제 해결에 우선순위를 두도록 유도하기 위함이다.

자산 거래시 매매당사자 간 의무적 고지 규정과 함께 LOMA, LOMR-F와 같이 해당정보를 쉽게 수정할 수 있는 절차와 체계를 갖추어야 하며, 토지소유주 등의 비전문성을 고려하여 토지 및 기반정비 등과 관련된 전문기업을 통한 지원서비스, 보험체계 등도 필요할 것으로 보인다.

일정 규모의 지역단위로 토지매립 및 관거정비 등이 필요하지만 정부기관의 예산 투입이 곤란한 경우 미국의 TIRZ(Tax Increment Reinvestment Zone) 제도와 유사한 방식을 검토해볼 필요가 있다. 이 제도는 일정 구역 안의 기반시설 정비, 도시 정비 등을 위한 채권발행을 위해 이에 대한 이자조달을 위한 세율 조정을 위한 제도로 텍사스 주의 경우 주 법(State law)에 근거를 두고 있다. 동 제도는 사업을 통한 부동산 가치 증가로 기대되는 세수확대의 예상치를 통하여 자금을 조달하는 것으로 수혜자 부담원칙을 기초로 한다. 이러한 방식은 앞서 설명한 홍수 정보와 부동산 가치가 연결되도록 하는 기반이 앞서 수행되어야 추진의 타당성이 확보될 수 있다.

2. 민간의 기후변화 대응 프로그램 참여혜택 확대

도시전체의 기후변화 대응을 위해서는 개별 건축물의 에너지 및 배출가스저감부터 사회기반시설의 정비, 교통체계의 변화, 녹색공간의 확장 등 전반적인 개선이 필요하다. 신규 개발지역 또는 공공주관 사업의 경우

제도정비 및 예산 투자 확대에 정책의지에 따라 추진가능성이 높을 수 있으나, 기존 건축물 및 단지 등의 경우 재건축사업 또는 도시 재정비사업 등 기한이 정해지지 않은 방법에 의존할 가능성이 크다. 2050 탄소중립 실현과 이에 앞서 이미 발생하고 있는 이상기후의 위기에 대응하기 위해서는 공공의 투자확대 및 제도강화 뿐만 아니라 기존 건축물 및 시설, 토지에 대한 민간의 자발적인 참여확대가 불가피한 시점이다.

제로에너지건축물(ZEB), 그린리모델링, 친환경건축인증 등 각 부처별로 민간참여를 위한 다양한 인증 및 인센티브가 있으나 참여에 한계가 있다. 미국의 경우 민간에서 운영하는 인증제도를 정부기관에서 예산 및 세제 혜택 기준으로 활용될 정도로 활발하게 운영되고 있다. 국내도 기업이나 건축주의 홍보효과 뿐만 아니라 세제혜택, 대출지원, 건축규제 완화 등의 범위가 실질적인 효과를 얻을 수 있도록 확대되어야 한다. 예를 들어, 제로에너지건축물의 경우 이미 용적률 완화, 세제혜택, 기금을 통한 관련 건축비 대출 등의 지원책이 있으나 의무대상 외 건축물의 경우 참여율은 여전히 저조하다.

제로에너지빌딩, 녹지비율 확대 등 민간개발자의 자발적인 참여와 그 정도에 따라 과감한 용적률 완화, 부동산세 감면 등 제도 완화가 필요하며, 지원 및 혜택에 맞는 사후관리·감독 체계도 동반되어야 한다. 특히, 기존 단독주택으로 구성된 도심지의 경우 재개발 사업 등에 대한 기대심리 또는 건축주의 자금조달 한계 및 혜택 미비로 그린리모델링의 확산이 저조한 상황이다. 공동주택의 경우도 세대별 소유방식의 한계로 보일러 교체, 온수관거 정비 등 단지단위에서 필요한 그린리모델링 사업도 한계점을 보이고 있다.

단독주택의 임의 증·개축 부분을 그린리모델링 추진시 합법화해준다거나, 공동주택의 비구조적 시설교체에 대해서는 안전진단 및 내구연한 기준 등을 제외하는 방식 등 건축주 또는 소유주의 소득을 직접 또는 간접적으로 창출할 수 있는 방안이 기존 이차지원 등 그린리모델링 혜택과 함께 검토되어야 할 것이다.

3. 도시 설계·계획기법 보급 및 지자체별 평가 기법 확립

마지막으로 도시 단위의 기후변화 대응을 위한 온실가스 감축 및 적응 대책의 수립과 이행은 앞서 기술한 바와 같이 우리나라의 경우 기초지자체의 행정체계에서 구현되어야 한다.

각 지자체별로 기상, 산업, 인구 및 교통 등의 현황과 제반여건이 다르기 때문에 일률적인 대책으로는 2050년이라는 정해진 목표기간 내에 효과적인 추진이 어렵다. 예를 들어 인구밀집도가 높고 교통량이 많으며 주로 사무용·주거용 빌딩이 많은 대도시와 인구는 적지만 농공업 분야의 배출량이 많은 도시는 차별화된 정책이 필요하다. 반면, 각 지자체별 맞춤형 대책의 경우 관할기관의 역량, 해당지역의 산업구조 등의 영향이 클 수 있다. 따라서 중앙-지방-전문기관의 협력을 통해 도시의 유형을 세분화하고 각 유형에 따른 도시계획 및 관리에 있어 기후변화 대책을 개발하고, 이에 필요한 설계 및 기술 등 기법을 보급할 필요가 있다.

아울러 탄소중립기본법에 따른 지자체의 이행대책을 평가하고 온실가스 감축량을 산정하는데 있어 각 도시의 유형에 따라 그 평가 기법을 세밀화할 필요가 있다. 예를 들어, 온실가스 배출량이 많은 중공업 시설 등이 위치한 지자체와 농업이 주를 이루는 지자체의 평가는 다른 방식으로 이루어져야 하며, 지자체가 독자적으로 추진할 수 있는 부분과 주민 또는 산업계와 함께 추진가능한 부분을 나누어 평가하는 등 세밀한 평가기법과 그에 맞는 지원책 강화가 함께 이루어져야 한다.

※ 참고문헌

- 탄소중립녹색성장위원회, 「탄소중립·녹색성장 국가전략 및 제1차 국가 기본계획」, 2023
- 행정안전부, 「우수유출저감시설의 종류·구조·설치 및 유지관리 기준」, 2018
- 환경부, 「국가 온실가스 인벤토리(1990-2020)」, 2023
- Bjarke Ingels Group, 「THE BIG “U”, REBUILD BY DESIGN」, 2014
- City of Aurora, CO, 「Landscape Ordinance」, 2003
- City of Bradenton, 「Tarpon Pointe Traffic Impact Study Review」, 2006
- City of Houston, 「Tree and Shrub Ordinance」, 2022
- Colorado, 「Mixed Use Development of Lone Tree, Toward Legacy, 2007
- George T. Morgan Jr., 「The Woodlands: New Community Development, 1964-1983」, Texas A&M University Press, 1987
- J Handley, 「Adaptation Strategies for Climate Change in the Urban Environment」, University of Manchester, 2006
- Mike E. Miles, Real Estate Development - 5th edition, ULI, 2015
- M.Miles, 「Real Estate Development, Principles and Process」, ULI, 2001
- Raul I. Cabrera, 「Urban Landscape Water Use in Texas」, Texas A&M University, 2013
- Roger Galatas, 「The Woodlands: The Inside Story of Creating a Better Hometown」, ULI, 2004
- R.Peiser, 「Professtional Real Estate Development」, ULI, 2023
- Stephen F.Fanning, 「Market Analysis for Real Estate」, Appraisal Institute, 2005
- The Woodlands, 「Commercial Planning and Design Standards」, 2011

- o Transportation, Technology & Infrastructure (TTI) Committee of Houston, 「Bagby Street Improvement Project」, 2018
- o ULI Case Studies, 「Mercantile place」, ULI, 2016
- o Marsh.M.W, 「Landscape Planning 4th edition」, John Wiley & Sons, 2005
- o Mira Rakicevic, 「26 Amazing Green Building Statistics」, ComfyLiving, 2022
- o Y.Noh, 「Environmental Issues and Regulations Affecting Land Development」, TAMU, 2022
- o Y.Noh, 「Due Dilligence」, TAMU, 2022