

탄소중립사회 달성을 위한 그린인프라 정보체계 개발방향 연구

A Study on the Development of Green Infrastructure Information
Systems for Carbon Neutral Society

허한결 Heo, Hankyul
박종훈 Park, Jonghoon

(a u r i

기본연구보고서 2024-17

탄소중립사회 달성을 위한 그린인프라 정보체계 개발방향 연구

A Study on the Development of Green Infrastructure Information
Systems for Carbon Neutral Society

지은이 허한결, 박종훈
펴낸곳 건축공간연구원
출판등록 제2015-41호 (등록일 '08. 02. 18.)
인쇄 2024년 12월 30일, 발행: 2024년 12월 31일
주소 세종특별자치시 가림로 143, 8층
전화 044-417-9600
팩스 044-417-9608

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

가격: 25,000원, ISBN: 979-11-5659-499-4

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

연구진

연구책임 허한결 부연구위원

연구진 박종훈 부연구위원

연구보조원 김지환 연구원
 황동규 연구원

연구심의위원 염철호 선임연구위원
 조영진 선임연구위원
 김영현 연구위원
 강정은 부산대학교 교수
 장요한 국토연구원 부연구위원

연구자문위원 김유점 루트릭스 대표
 김윤정 한국환경연구원 부연구위원
 김은섭 홍콩성시대학교 박사
 김은영 수원시정연구원 연구위원
 김지환 교토대학교 박사
 김호걸 청주대학교 교수
 류지은 인천연구원 연구위원
 모용원 영남대학교 교수
 박상진 한국행정연구원 부연구위원
 박진한 한국환경연구원 연구위원
 박현심 (주)랜드네이치 소장
 배채영 성남시정연구원 연구위원
 성선용 한국전통문화대학교 교수
 손학기 농촌경제연구원 선임연구위원
 안윤정 캔자스대학교 교수
 안정록 루트릭스 대표
 양병선 전북대학교 교수
 윤석환 한국환경연구원 부연구위원
 윤은주 국토연구원 부연구위원
 윤지동 조경설계디원 이사
 임영미 조경설계사무소 이든 소장
 정윤희 강원연구원 부연구위원
 현 주 이음디앤아이 실장

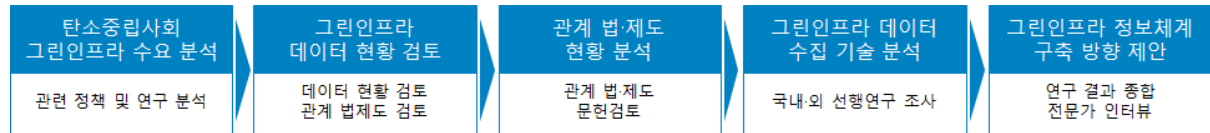
제1장 서론

기후변화 피해의 발생 빈도와 강도가 전 세계적으로 증가함에 따라 탄소중립 정책의 도입 필요성이 강조되고 있다. 우리나라 또한 2023년부터 시행된 「기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법」에 근거하여, 기후변화 완화와 적응을 모두 달성하는 탄소중립사회로의 전환을 추진하고 있다. 뿐만 아니라 ‘과학적인 탄소중립 이행방안 마련을 통한 녹색경제 전환’이 정부의 국정과제로 지정되는 등 탄소중립사회 달성을 위한 방안 마련에 국가적 노력이 기울여지고 있다.

기후변화에 관한 정부간 협의체인 IPCC에 따르면 그린인프라는 기후변화 완화와 적응에 모두 대응 가능한 요소이며, 지속가능한 기후변화 대응 방안이다. 특히, 그린인프라는 이미 건축물과 도로 등 물리환경 요소가 자리잡고 있는 도시에 적용 가능한 옵션이며, 가장 실현가능한 옵션 중 하나이다. 이에 따라 다양한 연구와 정책이 그린인프라를 이용하여 탄소중립사회를 달성하고자 노력하고 있다. 국내·외 정책에서 그린인프라를 탄소흡수원으로 사용하거나 기후변화가 야기하는 재난에 대응하기 위한 요소로 활용하고 있다. 관련하여 그린인프라 기반의 도시 열섬 현상 완화, 홍수 저감, 탄소 흡수 등의 효과를 분석하는 연구가 다수 진행되고 있다.

그러나 국내에서는 그린인프라 데이터 구축현황이 미흡하여 그린인프라가 탄소중립사회 달성 위한 도구로 충분히 활용되지 못하고 있다. 데이터가 부족하여 그린인프라에 대한 현황 파악이 어려우며, 추가적인 그린인프라 배치를 위한 계획 수립 또한 어려운 실정이다. 이에 본 연구는 1) 정책 및 선행연구 분석을 통해 탄소중립사회 달성을 위한 그린인프라 수요를 분석하고, 2) 국내 그린인프라 관계 데이터를 종합적으로 분석하여 향

후 구축이 필요한 그린인프라 데이터를 도출하며, 3) 그린인프라 관련 법·제도 분석을 통해 그린인프라 데이터를 구축하기 위한 관계법을 정리하고자 한다. 또한 4) 그린인프라 데이터 수집기술 관련 선행연구를 분석하여 그린인프라 요소별 데이터 구축을 위해 필요한 기술과 기초데이터를 도출하고, 5) 본 연구의 종합 분석 및 전문가 FGI 등을 통해 그린인프라 정보체계의 구축방향과 추진전략을 제안하고자 한다.



연구의 추진체계

제2장 탄소중립사회의 그린인프라 수요

□ 기후변화 완화를 위한 그린인프라 수요

국내 기후변화 완화 정책은 ‘국가 탄소중립·녹색성장 기본계획’과 그 세부과제에 대부분 제시되어 있다. 해당 계획에서 제시하고 있는 그린인프라 관련 내용을 정리하면 기후변화 완화를 위한 그린인프라 활용방안과 수요를 정리할 수 있다. 그린인프라와 관련하여 ‘국가 탄소중립·녹색성장 기본계획’은 탄소흡수원 확충과 같은 중장기 목표를 설정하였으며, 그린인프라 요소 중 산림, 도시숲, 녹지, 정수지 흡수원 구축 등이 세부과제로 추진되고 있다. 그린인프라 요소는 모두 면단위에서 산정되고 있다. 예를 들어 산림의 면적, 단위지역 내 수목개체 수, 단위지역 내 수관면적 등 개별 수목 단위가 아닌 면단위에서의 평균치 혹은 합계값을 활용하여 현황을 평가하거나 정책을 수립하고 있다.

국내 정책이 아닌 국내·외 그린인프라 관련 연구들 또한 비슷한 그린인프라 요소를 다루고 있다. 요약하면 산림, 녹지, 수목을 대상으로 탄소흡수원 확충 방안, 탄소 흡수량 및 저장량 분석 방법 등에 대한 연구가 추진되고 있다. 국내 정책에서 제시하는 그린인프라의 활용방안과 비교해볼 때 더 해상도가 높은 개별 수목 단위의 연구가 활발하게 진행되고 있으며, 개별 수목 단위에서 활용하는 속성정보 또한 흉고직경, 수고, 개체수 등 더욱 세밀하게 다루고 있다.

	구분	유형	속성정보
기후변화 완화	정책	산림	산림면적, 임상 등
		도시숲	도시숲 면적, 위성영상 등
		녹지	수관면적, 수목개체수, 수종 등
		정주지	수관면적, 수목개체수, 수종 등
	연구	산림	임상, 식재밀도, 수관면적 등
		녹지	수관면적, 녹지면적 등
		수목	흉고직경, 수고, 수령, 개체 수 등

기후변화 완화 관련 그린인프라 유형과 속성정보

□ 기후변화 적응을 위한 그린인프라 수요

기후변화 적응을 달성하기 위한 주요 정책으로는 ‘제3차 국가 기후변화 적응대책’이 있으며 정책 및 현황을 평가하기 위한 도구로 국가 기후변화 리스크 진단 방법 마련 연구를 진행하고, ‘기후위기 취약성 평가도구(VESTAP: Vulnerability assESsment Tool to build climate change Adaptation Plan)’를 개발하였다. 이에 따르면 홍수, 폭염, 생태계 피해 대응을 위한 그린인프라 요소로 산림, 녹지, 옥상녹화, 수목 등이 제시되고 있다. 그린인프라 현황 평가나 계획수립을 위한 단위로는 산림면적, 1인당 녹지면적, 옥상녹화 비율 등 면단위 정보가 주로 활용되고 있다.

그린인프라를 활용한 기후변화 적응 관련 연구에서는 산림이나 녹지와 같은 면단위 그린인프라 요소 뿐 아니라 개별 수목 단위의 그린인프라가 빈번하게 다루어지고 있다. 녹지와 같은 면단위 그린인프라 또한 녹지 내부 개별 수목의 흉고직경, 수고, 수종, 연면적 지수 등 세부정보가 활용되고 있다. 그린인프라의 기후변화 적응 효과 분석 및 계획 수립이 국내 정책이나 분석도구가 지자체 단위에서 이루어지는 반면 가로단위 및 개별 수목 단위에서도 정량적인 결과를 제시하고 있다.

	구분	유형	속성정보
기후변화 적응	정책	산림	산림면적, 임상 등
		녹지	1인당 녹지면적
		옥상녹화	옥상녹화 비율
		수목	행정구역 내 가로수 수
	연구	녹지	면적, 흉고직경, 수고, LAI 등
		수목	흉고직경, 수고, LAI 등
		벽면녹화	면적

기후변화 적응 관련 그린인프라 유형과 속성정보

□ 탄소중립사회 달성을 위한 그린인프라 수요

현재 국내 정책에서는 단위지역 내 산림의 면적, 녹지의 면적 등 그린인프라 정보를 면 단위에서 활용하고 있다. 반면 그린인프라의 효과를 분석하고 활용방안을 제시하는 연구들에서는 개별 수목 단위의 정보 기반의 결과를 제시하고 있다. 즉, 국내 정책에서는 상대적으로 낮은 해상도의 그린인프라 정보를 활용하고 있으며, 고해상도 그린인프라 자료나 속성정보는 활용하는 정책은 제시되지 않고 있다. 이에 따라, 탄소중립사회 달성을 위한 그린인프라 활용성 제고를 위해 현재 국내 그린인프라 정보 현황을 파악하여 향후 구축이 필요한 그린인프라 정보가 무엇인지 확인해볼 필요가 있다.

그린인프라 수요	유형	유형 통합	속성정보
	산림	산림	산림면적, 임상 등
	도시숲	녹지	면적, 수관면적, 수목개체수, 수종 혼고직경, 수고, LAI
	녹지		
	정주지		
	옥상녹화	벽면녹화	면적
	벽면녹화		
	수목	수목	혼고직경, 수고, 수형, 개체 수, LAI 등

탄소중립사회 대응을 위한 그린인프라 유형과 속성정보 수요

제3장 그린인프라 데이터 현황 및 한계

국내 그린인프라 데이터 구축 현황을 파악하기 위해 그린인프라 요소를 포함하고 있을 것으로 판단되는 공공데이터를 분석하였다. 이를 위해 공공데이터포털과 환경공간정보 서비스에서 제공하는 데이터 중 임상도, 토지피복지도, 도시생태현황지도, 생태·자연도, 식생도, 국토환경성평가지도, 가로수 데이터 등 10가지 데이터를 분석하였다. 각 데이터들에 대해 구축하고 있는 그린인프라 요소와 속성정보들을 정리하였다. 뿐만 아니라 구축 및 제공기관, 법적 근거, 구축범위 등에 대해서도 정리하여 향후 그린인프라 데이터 품질제고 및 추가구축을 위해 필요한 사항들을 정리하였다.

그린인프라 데이터 구축 현황을 조사한 결과, 대부분의 데이터는 전국 단위로 구축되고 있지만, 도시생태현황지도, 수생태계 건강성 평가지도, 가로수 데이터는 지자체 단위에서 주로 관리되고 있다. 그러나 지자체 단위로 구축된 데이터는 지역별로 구축 여부가 다르며, 구축된 경우에도 갱신 주기가 일정하지 않은 한계가 있다. 반면, 전국 단위로 구축

되는 데이터는 법적 강제력이 있어 정부 부처의 관리하에 비교적 체계적으로 수집 및 갱신되고 있다.

대부분의 그린인프라 데이터는 면 단위로 구축되고 있는 것으로 나타났다. 이는 전국 단위 데이터가 넓은 공간 범위를 포함하고 있어 현장 조사를 통해 개체목 단위 정보를 수집하거나 고해상도 및 3차원 데이터를 활용하기 어렵기 때문이다. 다만, 일부 속성 정보(홍고직경, 수종, 수고, 임령, 우점종명 등)는 면 단위에서 개체목들의 평균값 및 통계치 수준으로 구축되고 있는 경우도 확인되었다.

지자체 단위에서 구축된 데이터는 상대적으로 개별 수목 단위 수준의 고해상도의 정보를 포함하는 경향이 있다. 그러나 이러한 고해상도 데이터는 현장 조사에 의존하는 경우가 많아 전국적으로 일관된 방식으로 구축되지 못하고 있으며, 주기적인 갱신이 이루어지지 않는 경우도 있었다.

종합해보면 도시생태현황지도, 생태자연도, 토지피복도, 임상도 등에 많은 그린인프라 정보가 포함되어 있는 것으로 나타났다. 그러나 그린인프라 관계법에서 정의된 다양한 유형의 데이터를 비교해 보면, 소규모 그린인프라에 대한 데이터 구축은 상대적으로 미비한 상황이다. 면 단위 공원, 녹지, 숲 등은 주로 토지피복지도나 생태자연도를 통해 면 단위 정보로 구축되고 있으며, 일부 속성 정보는 도시생태현황지도와 생태자연도를 활용해 면 단위 개체목 수준의 해상도로 구축되고 있는 경우도 확인되었다.

탄소중립사회 달성을 위해 활용 가능한 그린인프라 요소를 규모 순으로 정리하면 산림, 도시숲, 녹지, 정주지, 옥상녹화, 벽면녹화, 수목 등으로 정리할 수 있다. 이 중 녹지를 포함하여 녹지보다 작은 수준의 데이터는 선행연구에서 제시한 것과 같이 기후변화 완화와 적응에서 활용가능성이 높고, 도시 내에서 적용 가능한 경우가 많다. 그러나 현재 국내 데이터 구축 현황은 상대적으로 미흡하여 향후 해당 그린인프라 요소와 관련된 데이터의 구축이 필요하다.

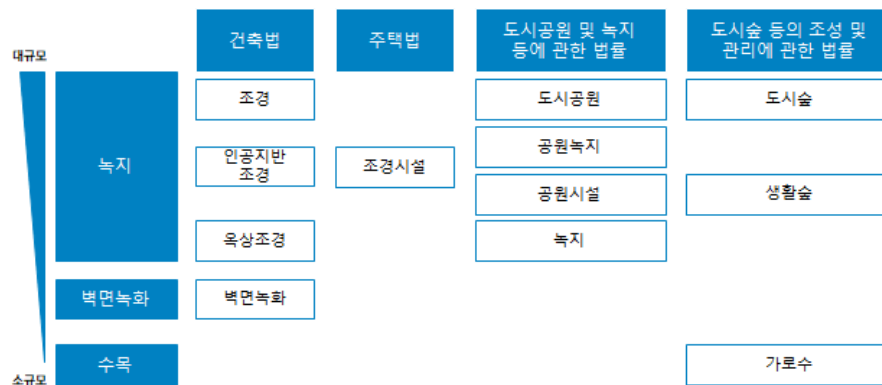
데이터 수요	유형	속성정보	구축필요	속성정보	유형	데이터 현황
	산림	산림면적, 임상 등	-	산림면적, 임상 등	산림	
	녹지	면적, 수관면적, 수목개체수, 수종 홍고직경, 수고, LAI	수관면적, 수목개체수, 수종 홍고직경, 수고, LAI	면적	녹지	
	벽면녹화	면적	면적	-	벽면녹화	
	수목	홍고직경, 수고, 수령, 개체 수, LAI 등	홍고직경, 수고, 수령, 개체 수, LAI 등	-	수목	

현행 그린인프라 데이터와 데이터 수요 비교에 따른 구축 필요 그린인프라 데이터 정보

제4장 그린인프라 관련 법·제도 현황

향후 그린인프라 정보를 생산 및 관리하기 위한 방안을 마련하기 위해 그린인프라 관련 법·제도를 분석하였다. 그린인프라와 관련된 법은 약 12개로, 각 법은 서로 다른 그린인프라 유형을 다양한 관점에서 규정하고 있다.

도시공원, 녹지, 정원 등을 주제로 다루는 법으로는 「도시공원 및 녹지 등에 관한 법률」, 「도시숲 등의 조성 및 관리에 관한 법률」, 「건축법」, 「주택법」 등이 있으며, 이 법들은 그린인프라의 기능뿐 아니라 도시 내에서의 편의 제공과 휴게 공간으로서의 역할도 포함하고 있다. 기반시설로서의 그린인프라를 다루는 법으로는 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」과 「하천법」이 있으며, 이는 하천과 유수지, 도시자연공원, 공원과 녹지 등 치수 기능을 담당하는 그린인프라를 규정하고 있다. 또한, 생태경관과 자연공원으로서 그린인프라를 다루는 법으로는 「자연환경보전법」과 「자연공원법」이 있으며, 이는 생태계 보전과 기반시설로서의 역할을 모두 포함하고 있다.



그린인프라 유형과 관계 법 간 관계

그린인프라 데이터 구축 현황과 비교할 때 현재 구축이 미비하며, 도시 내 그린인프라 요소로 활용 가능성이 높은 그린인프라 유형을 다루는 관계법은 「건축법」, 「주택법」, 「도시공원 및 녹지 등에 관한 법률」, 「도시숲 등의 조성 및 관리에 관한 법률」 정도로 정리할 수 있다. 「건축법」과 「주택법」은 옥상조경, 벽면녹화 그리고 조경시설 등 건축물과 연결되어있거나 대지내의 그린인프라 요소를 다루고 있다. 「도시공원 및 녹지 등에 관

한 법률」에서는 도시공원, 공원녹지 등의 그린인프라 유형을 다루고 있으며, 이는 기존의 데이터 및 연구와 비교해볼 때 녹지로 분류할 수 있는 그린인프라 유형들이다. 「도시숲 등의 조성 및 관리에 관한 법률」에서는 도시숲과 생활숲 이외에 가로수를 다루고 있다. 도시숲과 생활숲은 데이터 관점에서 규모에 따라 녹지나 산림으로 분류 가능하며, 가로수는 개별 수목으로 분류될 수 있는 데이터이다.

제5장 그린인프라 데이터 수집기술

그린인프라 데이터 수집 관련 선행연구를 분석하여 정책적으로 필요하나 미구축된 그린인프라 데이터가 구축 가능한지, 구축하기 위해 필요한 기술과 기초데이터는 무엇인지 확인하였다. 결과적으로 그린인프라 데이터는 규모에 따라 '국가 및 도시 단위', '면 단위', '개체목 단위'로 구분 가능하다. 그린인프라 데이터 수집기술을 종합해 보면, 탄소중립사회 달성을 위해 신규 생산 수요가 있는 그린인프라 데이터 중 '면 단위', '개체목 단위' 그린인프라 데이터 구축을 위해 항공사진, UAV영상 등 고해상도 이미지와 LiDAR와 같은 3차원 데이터, 그리고 스트리트 뷰 이미지 등 기초자료를 사용하고 있다. 면 단위 규모에 해당하는 그린인프라는 도시 공원, 녹지가 있다. 면단위 그린인프라 데이터는 국가 및 도시 단위 데이터보다 많은 양의 정보를 제공하며, 초분광 데이터와 LiDAR 데이터 같은 고해상도 및 3차원 데이터를 활용하여 데이터를 구축한다. 면단위 그린인프라 데이터 구축 시 일반적으로 수종, 흉고직경, 지상부 바이오매스, 탄소 저장량 등 정보가 포함되고 있다.

개체목 단위 데이터는 가로수 등 개별 수목의 위치와 속성을 정확히 나타내는 것을 목표로 한다. 이 데이터는 고해상도 기법을 활용해 나무의 위치, 수종, 흉고직경, 수고, 수관 크기 등 세부적인 정보를 분석하여 데이터로 수집한다. 면 단위 데이터와 마찬가지로 초분광 이미지, UAV 이미지 및 각종 LiDAR 센서를 사용하며, 추가적으로 구글 스트리트 뷰(Google Street View)와 이미지 기반 딥러닝 기술도 적용되는 사례가 있다.

	유형	구축필요 속성정보	필요 기초데이터	구축기술
구축 필요 데이터	녹지	수관면적, 수목개체수, 수종 흉고직경, 수고, LAI	항공사진, UAV사진, 항공 및 지상 LiDAR, 초분광영상	부록 3. 참조
	복면녹화	면적	-	
	수목	흉고직경, 수고, 수형, 개체 수, LAI 등	항공사진, 스트리트뷰, UAV 및 지상 LiDAR,	

구축 필요 그린인프라 데이터와 필요한 기초데이터 및 적용 기술 (자세한 기술 및 필요데이터는 부록 3. 참조)

제6장 그린인프라 정보체계 구축방향 및 추진전략

추진전략	추진과제
기존 그린인프라 데이터 내실화	- 데이터 표준화 및 통합 관리 시스템 강화 - 다양한 그린인프라 데이터의 표준화를 통한 일관성 확보 및 연계 강화 - 데이터 통합 관리 시스템을 구축하여 효율적인 데이터 관리 및 접근성 강화 - 데이터 정확도 및 신뢰성 제고 - 정기적 데이터 갱신을 통한 최신성 확보 - 유지 관리 계획 수립 및 시행 - 그린인프라 데이터 활용성 제고 - 구체적인 데이터 활용 수요 파악 - 그린인프라의 탄소중립 대응효과 정량화
탄소중립 대응 그린인프라 데이터 신규 구축	- 기존 데이터 고도화 - 탄소중립사회 대응을 위한 속성정보 추가 구축 및 개선 - 고해상도 그린인프라 데이터 구축 - 탄소중립사회 대응 데이터베이스 구축 - 대응 방안 마련을 위한 맞춤형 데이터 구축 및 제공 - 신규 데이터 구축 기술 상용화 - 데이터 구축을 위한 기술 상용화 - 기초데이터 확보로 기술 활용 및 데이터 구축 지원
그린인프라 데이터 정책 및 생태계 구축	- 데이터 구축 및 활용 정책 수립 - 데이터 관리를 위한 법·제도 수립 - 데이터 활용을 위한 데이터 공개 시스템 및 관계 법·제도 수립 - 데이터의 생산·유통·활용을 위한 제도적 기반 마련 - 데이터 공유 및 협력 네트워크 구축 - 공공기관, 민간기업, 연구기관 간의 협력 네트워크 구축 - 데이터 공유를 통한 협력 강화 및 시너지 창출

그린인프라 정보체계 구축 기본 방향

탄소중립사회 달성을 위한 그린인프라 정보체계 구축을 위해 구축방향, 추진전략, 추진 과제를 포함하는 정보체계 구축의 기본 방향을 제시하였다. 기본방향은 본 연구에서 검

또한 내용들과 전문가 의견 수렴 결과를 바탕으로 비전과 추진전략 그리고 추진과제를 도출하였고, 1차 구축된 초안을 바탕으로 전문가 FGI를 실시하였다. 전문가 FGI를 통해 수렴된 의견들을 바탕으로 최종 탄소중립사회 달성을 위한 그린인프라 정보체계 구축 방향을 제시하였다.

또한 다양한 그린인프라 데이터가 생산되고 관리 및 유통되어 활용되기 위한 탄소중립 사회 대응 그린인프라 정보 시스템을 제안하였다. 해당 정보시스템은 개별 기관에서 생산 및 관리하고 있는 기존 그린인프라 데이터를 통합하고, 신규 그린인프라 데이터를 구축하기 위한 기초데이터를 제공하며, 신규데이터 구축을 위한 주체와 그린인프라 데이터 통합DB를 포함하는 전반적인 체계를 제안한다. 뿐만아니라 해당 시스템을 통해 신규로 생산되는 그린인프라 데이터 유형과 속성정보들에 대해 설명하고, 해당 데이터가 구축될 경우 발생하는 탄소중립사회 대응 이점들에 대해 제시하였다.



탄소중립사회 대응 그린인프라 정보 시스템 구성도

또한 정보체계에 따라 그린인프라 정보가 지속적으로 생산되고 관리되기 위한 관련 법·제도 개선방안에 대해 일부 제시하였다. 본 연구의 주요 목적이 법·제도 개선안 제시는 아니나, 향후 탄소중립사회 달성을 위한 그린인프라 정보체계가 개발되기 위한 기초적인 법률 개정안을 두 가지 방향으로 제시하였다.

제7장 결론

본 연구의 주요 성과는 네 가지로 정리할 수 있다. 첫째, 탄소중립사회 달성을 위해 현재 우리나라에 부족한 그린인프라 데이터가 무엇인지 제시하였다. 둘째, 부족한 그린인프라 데이터의 구축을 위해 필요한 기술 및 기초데이터 등 관련 사항을 정리하고 관계법 개선방안을 제안함으로써 향후 그린인프라 데이터 구축을 위한 기초를 확립하였다. 셋째, 탄소중립사회 달성을 위한 그린인프라 정보체계의 구축방향과 추진전략 및 추진과제를 제시하였다. 마지막으로, 탄소중립사회 달성을 위한 그린인프라 정보체계 구축의 첫 단계라고 할 수 있는 개별 그린인프라들이 연계되어 통합적으로 활용되기 위한 기본 틀을 제시하였다.

향후 탄소중립사회 달성을 위한 그린인프라 정보체계가 개발될 경우 그린인프라 정보체계의 활용 방안을 대표적으로 세 가지 제시하였다. 1) 도시 기후 변화 적응 및 재난 대응, 2) 온실가스 흡수원 확보, 3) 지자체 환경 및 녹지 계획 수립, 4) 생태계 보전 및 휴식 공간 제공이다. 그린인프라 정보체계는 첫 번째와 두 번째의 기후변화 대응 효과 뿐 아니라 지자체의 환경 및 녹지 계획 수립과 같은 기존 업무에도 대응할 수 있는 시스템으로, 향후 활용가치가 높다.

본 연구의 한계 및 이를 개선하기 위한 향후연구로는 1) 그린인프라 데이터 구축을 위한 기초데이터 가용성 확인, 2) 전국단위 데이터 구축을 위한 소요예산 검토, 3) 실증사업 필요성을 제안하였다.

주제어

그린인프라, 정보체계, 탄소중립사회, 녹지, 수목

차례 CONTENTS

제1장 서론	1
1. 연구의 배경 및 목적	1
1) 연구배경 및 필요성	1
2) 연구목적	5
2. 선행연구 검토 및 연구 추진방향	7
3. 연구의 범위 및 방법	10
1) 연구의 범위	10
2) 연구의 방법	10
3) 연구의 흐름	11
제2장 탄소중립사회의 그린인프라 수요	13
1. 탄소중립사회와 그린인프라	13
1) 분석목적 및 방법	13
2) 탄소중립사회의 법적, 정책적 개념	14
3) 탄소중립도시 실현의 주요 공간요소로서의 그린인프라	18
2. 기후변화 완화를 위한 그린인프라 수요	21
1) 국가 탄소중립·녹색성장 기본계획	21
2) 세부과제에서 활용 중인 그린인프라 정보 활용 현황	25
3) 탄소흡수 관련 연구에서 활용 중인 그린인프라 정보 활용 현황	33
3. 기후변화 적응을 위한 그린인프라 수요	40
1) 국내 기후변화 적응 관련 평가 도구	40
2) 기후변화 적응을 위한 그린인프라 활용 연구	46
4. 소결	50
제3장 그린인프라 데이터 현황 및 한계	53
1. 국내 기초데이터 및 그린인프라 데이터 현황	53
1) 분석목적	53
2) 분석의 대상 및 방법	53
3) 국내 기초데이터 현황	54
4) 그린인프라 데이터 구축 현황	56

2. 그린인프라 데이터 관계법	71
3. 소결	85
제4장 그린인프라 관련 법·제도 현황	89
1. 탄소흡수원으로서의 그린인프라 관련 법·제도	89
2. 기반시설로서의 그린인프라 관련 법·제도	93
1) 국토·산림 단위의 그린인프라	93
2) 도시공간 단위의 그린인프라	104
3) 건축공간 단위의 그린인프라	122
3. 소결	125
제5장 그린인프라 데이터 수집기술	131
1. 그린인프라 데이터 수집기술 구분	131
1) 분석목적 및 방법	131
2) 규모별 그린인프라 데이터 수집 기술	132
3) 그린인프라 속성별 데이터 수집 기술	134
2. 그린인프라 데이터 수집기술 현황	137
1) 도시 및 국가단위 그린인프라 데이터 수집기술	137
2) 면단위 그린인프라 데이터 수집기술	143
3) 개체목 단위 그린인프라 데이터 수집기술	153
3. 소결	162
제6장 그린인프라 정보체계 구축방향	165
1. 구축방향 및 추진전략 도출 방법	165
1) 장별 연구결과 요약	165
2) 그린인프라 정보체계 구축 구축방향 초안 설정	167
3) 전문가 의견 수렴	170
2. 탄소중립사회 달성을 위한 그린인프라 정보체계 구축 기본 방향	177
1) 주요 추진전략 및 추진 과제	177
2) 탄소중립사회 그린인프라 정보 시스템 구축 방안	183
3) 신규 구축 그린인프라 정보와 기대효과	185
3. 관련 법·제도 개선 방안	187
1) 수치지도를 통한 그린인프라 정보 생산 방안	187
2) 그린인프라 유형별 데이터 생산 방안	189
제7장 결론	195

1. 연구 성과와 정책 제언	195
1) 연구 성과	195
2) 그린인프라 정보체계 활용 방안	196
2. 연구의 한계 및 향후 연구방향	199
참고문헌	201
Summary	209
부록	215
1. 약어표	215
2. 그린인프라 데이터 속성정보 현황	217
3. 그린인프라 데이터 수집기술 요약	239
4. FGI 설명자료 및 서면자문 자료	243

표차례 LIST OF TABLES

[표 1-1] 선행연구 검토	8
[표 2-1] 「기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법」에 담긴 지자체의 역할	16
[표 2-2] 기후탄력적 발전을 위해 전환이 요구되는 사회 시스템	18
[표 2-3] 그린인프라와 연계되는 도시인프라 유형과 세부 연결 내용	20
[표 2-4] 국가 탄소중립 녹색성장 기본계획 부문별 중장기 감축 대책에서 그린인프라 관련 과제 현황	23
[표 2-5] 국가 탄소중립 녹색성장 기본계획 세부과제 연관사업에서의 그린인프라 정보 활용 현황	26
[표 2-6] 조림사업의 종류와 주요 내용	30
[표 2-7] 그린인프라의 탄소흡수 관련 논문의 주제와 주요 내용	36
[표 2-8] 그린인프라의 탄소흡수 관련 논문에서의 그린인프라 정보 유형과 세부 내용	38
[표 2-9] 폭염에 의한 건강 취약성 평가 지표와 가중치	41
[표 2-10] 취약성 평가를 위한 그린인프라 지표 및 적용부문	42
[표 2-11] 국토연안 부문 리스크 및 중점리스크	45
[표 2-12] 건강 부문 리스크	45
[표 2-13] 생태계 부문 리스크	46
[표 2-14] 그린인프라의 기후변화 적응효과 및 그린인프라의 적용 규모	48
[표 3-1] 국내 활용가능 GIS/위성영상 데이터 현황(계속)	55
[표 3-2] 임상도 내 그린인프라 현황 및 데이터 정보	57
[표 3-3] 토지피복지도 내 그린인프라 현황 및 데이터정보	59
[표 3-4] 도시생태현황지도 제작을 위해 활용하는 기초자료 목록	60
[표 3-5] 도시생태현황지도 내 그린인프라 현황 및 데이터정보	61
[표 3-6] 생태·자연도 제작을 위해 활용하는 평가자료 목록	62
[표 3-7] 생태·자연도 내 그린인프라 현황 및 데이터정보	63
[표 3-8] 토양도 내 그린인프라 현황 및 데이터정보	64
[표 3-9] 식생도 내 그린인프라 현황 및 데이터정보	65
[표 3-10] 산림입지토양도 내 그린인프라 현황 및 데이터정보	66
[표 3-11] 국토환경성평가지도 내 그린인프라 현황 및 데이터정보	68
[표 3-12] 가로수 데이터 내 그린인프라 현황 및 데이터정보	68
[표 3-13] 수생태계 건강성 평가지도 내 그린인프라 현황 및 데이터정보	70
[표 3-14] 토지피복지도 분류항목	73
[표 3-15] 생태·자연도 제작을 위해 반영되는 조사사업(생태자연도 작성지침 별표 1)	77
[표 3-16] 그린인프라 관련 데이터 및 속성정보 현황	85
[표 3-17] 그린인프라 데이터 관계 법·제도와 구축 및 제공기관	87
[표 3-18] 그린인프라 유형별 데이터 수집 현황	128

[표 5-1] 세 종류의 공원 구역 분류 기준과 각 구역별 통계 수치	147
[표 5-2] 9개의 ITD와 공원 구역 분류에 따른 탐지 수목 수의 RMSE와 bias. 표 중 Total 열은 전체 정확도를 나타냄	148
[표 5-3] WST-Ncut 알고리즘을 통해 도출된 개별목 탐지 정확도	150
[표 5-4] 원격탐사 데이터 선택에 따른 수종분류 전체 정확도 비교	150
[표 5-5] 초분광영상 기반 식생지수와 이를 활용한 기존 선행연구들 및 결과 보고	156
[표 6-1] 전문가 그룹 구성	170
[표 6-2] 해상도 개선, 갱신 및 관리 관련 의견반영 결과	171
[표 6-3] 효과 정량화 및 데이터 표준화 관련 의견반영 결과	172
[표 6-4] 데이터 활용성 강화 관련 의견반영 결과	173
[표 6-5] 통합관리체계 관련 의견반영 결과	174
[표 6-6] 법적 기반 마련과 정책적 연계 관련 의견반영 결과	175
[표 6-7] 지역 특성에 맞춘 맞춤형 정보체계와 정책 수립 관련 의견반영 결과	176
[표 6-8] 도시숲 등의 조성 및 관리에 관한 법률 개선(안)	190
[표 6-9] 도시공원 및 녹지 등에 관한 법률 개선(안)	191
[표 6-10] 기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법 시행령 개선(안)	193

그림차례 LIST OF FIGURES

[그림 1-1] 그린인프라의 기후변화 대응 기여도	2
[그림 1-2] 그린인프라 속성정보 기반의 대응효과 산정 사례	3
[그림 1-3] 경기도 RE100 플랫폼의 고해상도 탄소저장 및 흡수원 지도 구축 계획	4
[그림 1-4] 연구 추진 방향	7
[그림 1-5] 연구의 흐름도	11
[그림 2-1] 탄소중립사회를 위한 기후탄력적 발전 개념도	16
[그림 2-2] 도시 내 그린인프라 개념도	19
[그림 2-3] 국가 탄소중립 녹색성장 기본계획 추진과제	22
[그림 2-4] 국토교통부 탄소공간지도 시스템의 탄소흡수량 산정방식(상)과 탄소흡수지도 (세종시 어진동) 사례(하)	28
[그림 2-5] 제3차 탄소흡수원 증진 종합계획 추진전략 및 기대효과	31
[그림 2-6] 토지이용·토지이용변화 MRV체계 구축 연구(2차) 제안요청서 주요내용	33
[그림 2-7] 75개의 논문 중 도시 폭염 완화를 위한 수단의 제시 비율	47
[그림 2-8] 기후변화 완화 정책 및 연구에서 다루는 그린인프라 유형과 속성정보	51
[그림 2-9] 기후변화 적응 정책 및 연구에서 다루는 그린인프라 유형과 속성정보	52
[그림 2-10] 기후변화 적응 정책 및 연구로 보는 그린인프라 수요	52
[그림 3-1] 안양시 토지피복지도의 데이터 형태(왼쪽:대분류, 가운데:중분류, 오른쪽:세분류)	72
[그림 3-2] 그린인프라 데이터 수요와 실제 데이터 현황 비교 요약	88
[그림 4-1] 그린인프라 규모별 관계 법·제도 현황	127
[그림 5-1] 도시단위 그린인프라 구축 사례	132
[그림 5-2] 면단위 그린인프라 데이터 구축 사례	133
[그림 5-3] 개체목 단위 그린인프라 데이터 구축 사례	134
[그림 5-4] ①스펙트럼 특성(Spec), ② 환경 특성(Env), ③ 스펙트럼 모델과 스펙트럼-환경 결합 모델 (SpecEnv-Spec) 간의 정확도 변화, 그리고 ④ 스펙트럼-환경 모델과 텍스처 메트릭을 포함한 모델(SpecEnvTxt-SpecEnv) 간의 정확도 변화에 기반한 분류의 사용자 정확도와 생산자 정확도	137
[그림 5-5] 하부식생 밀도에 대한 관측값과 모델링 통한 예측값 1:1 비교 그래프	138
[그림 5-6] 랜덤포레스트 분류기를 통해 도출된 변수 중요도. (a): TLS 라이다 데이터, (b): ULS 라이다 데이터, (c): TLS와 ULS 데이터 융합 사용.	139
[그림 5-7] 개별 GSV로부터 추출된 PGVI 대상 영역과 도시 녹지 특징에 따른 PGVI 값. (a1) 작은 캐노피는 PGVI를 낮게 만들 (0.192); (a2) 큰 캐노피는 PGVI를 높게 만들 (0.412); (c) 동일 식생의 밀도가 충분하지 않은 곳은 비연속적 녹지 영역을 형성함 (0.275); (d) 동일 식생 밀도가 높은 곳은 연속적 녹지 영역을 형성함 (0.420)	140

[그림 5-8] 개별 나무 매핑 및 나무 종 감지에 대한 전체 흐름도	142
[그림 5-9] Mixed 시나리오: 클래스별 F1 정확도 및 예측 맵에서 계산된 클래스별 면적 비율	142
[그림 5-10] 아열대 도시 수종 분포도, A) 타이포 워터프론트 공원, B) 구룡 성벽 도시 공원 및 목수도로 공원, C) 라이치록 공원	143
[그림 5-11] 2021년 2월 27일에 획득한 UAV 기반 초분광 이미지를 사용하여 묘사된 나뭇가지의 픽셀 자동 분류. (A) RGB 구성에서 묘사된 나무의 수관 (B) NIR 대역(850nm)에서 해당 나무의 수관 (C) NIR 히스토그램 곡선 및 분류를 위한 가우스 피팅 (D) 나무의 수관 분류 결과 (E) 다양한 종류의 평균 반사율	144
[그림 5-12] 연구 진행의 Conceptual Framework	145
[그림 5-13] (a) 도시 공원별 지상부 바이오매스량의 분포; (b) 바이오톱 유형별 탄소 저장 효율성 및 지상부 바이오매스의 관계	146
[그림 5-14] WST-Ncut 알고리즘을 활용한 개별 수목 분류 흐름도	149
[그림 5-15] UAV LiDAR 데이터(왼쪽)와 RGB 영상으로 통해 도출된 점군데이터(오른쪽)	151
[그림 5-16] 도시공원에서 취득된 항공 LiDAR 데이터(a), TLS 데이터(b), MLS 데이터(c)	152
[그림 5-17] 수고에 대한 현장측정 데이터와 LiDAR 데이터 비교. (a): 가로수, (b): 도시공원수목	153
[그림 5-18] 흉고직경에 대한 현장측정 데이터와 LiDAR 데이터 비교. (a): 가로수, (b): 도시공원수목	153
[그림 5-19] 밴쿠버 지역의 가로수(빨간색), 사유지 나무(녹색), 모든 나무(파란색)에 대한 절대 위치 정확도	155
[그림 5-20] 학습된 모델을 통해 위성 이미지에서 가로수를 탐지한 모습 (노란색 박스가 모델을 통해 예측된 바운딩 박스를 나타냄)	158
[그림 5-21] 수목 크기, 건강 상태, 층위 구조 및 사회 개발 요인 특징 사이의 PCA 분석 결과	159
[그림 5-22] 각각의 분류기를 통한 수종 분류 결과. (a) false-color로 표현된 위성 영상과 분류된 수목 캐노피 별 수종; (b) RF 분류기를 통한 수종 분류 결과; (c) SVM 분류기를 통한 수종 분류 결과; (d) LDA 분류기를 통한 수종 분류 결과	160
[그림 5-23] 그린인프라 데이터 구축 기술 현황 및 활용 기초데이터	162
[그림 6-1] 그린인프라 정보체계 구축방향 제안을 위한 장별 연구내용 종합	166
[그림 6-2] 그린인프라 정보체계 구축 기본 방향(안)	169
[그림 6-3] 그린인프라 정보체계 구축 기본 방향(수정안)	177
[그림 6-4] 수치지도 지형지물 표준코드(안)	188

제1장 서론

1. 연구의 배경 및 목적
 2. 선행연구 검토 및 연구 추진방향
 3. 연구의 범위 및 방법
-

1. 연구의 배경 및 목적

1) 연구배경 및 필요성

□ 탄소 배출로 인한 기후변화는 이미 다가온 위기이며 국가 대응책 마련 시급

기후변화는 전 지구적인 위협요인으로 대두되고 있다. 기후변화의 영향과 피해는 국제 사회의 주요 이슈일 뿐만 아니라, 국내에서도 그 피해가 빈번히 발생하고 있어 기후변화에 대한 탄소중립 정책의 수립과 실행이 절실히 요구된다. 2021년 발표된 IPCC AR6 보고서에 따르면, 국제적으로 설정된 지구 온난화 1.5℃ 억제 목표의 달성 가능성이 매우 희박해졌으며, 이에 따라 기후변화 대책 마련이 시급한 상황이다.

탄소중립을 달성하기 위해 기본법 제정 및 국정과제 지정이 이루어졌다. 2023년에 시행된 「기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법」은 탄소중립 사회로의 이행과 녹색성장을 기후변화 대응의 기본원칙으로 설정하고 있다¹⁾. 또한, 새로운 정부는 국정과제로 '과학적인 탄소중립 이행방안 마련을 통한 녹색경제 전환'을 지정하여 기후변화 완화를 위한 현실적인 감축수단을 법정 국가계획에 반영하고 있다²⁾.

1) 「기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법」 제3조(기본원칙)

2) 대통령직인수위원회, 2022, 윤석열정부 110대 국정과제, p.147

먼저, 「기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법」 제29조에 따라 4개의 탄소중립도시 지원기구가 지정되었다. 지정된 기관은 건축공간연구원, 국토연구원, 한국수자원공사, 한국임업진흥원이며 해당 기관들은 탄소중립도시의 구축을 위한 컨설팅 및 연구추진 등 지원을 담당하고 있다. 또한 탄소중립도시 달성을 위해 도시·군 기본계획 수립지침을 통해 도시 내 탄소흡수원을 확충하고, 탄소중립 달성을 위한 공간구조 개편이 요구되고 있다.

□ 그린인프라는 탄소중립 도시 달성을 위한 실현가능성 높은 옵션4)

Figure 2 is a dot plot comparing the degree of realization of smart city implementation between the city and the smart city system. The figure is divided into two main sections: '도시 및 인프라 시스템' (City and Infrastructure System) on the left and '스마트 시티 시스템' (Smart City System) on the right. The top row lists various categories: '시스템 전환' (System Transition), '대표적 주요 리스크' (Representative Main Risks), '기후 대응 및 적응 옵션' (Climate Response and Adaptation Options), '스마트 시티 실현가능성' (Smart City Realizability), '원화 조치와의 시너지' (Synergy with Local Government), '경제적' (Economic), '기술적' (Technological), '제도적' (Policy), '사회적' (Social), '환경적' (Environmental), and '기후물리학적' (Climatological). The bottom row shows the degree of realization for each category, represented by colored dots: dark blue for '높음' (High), medium blue for '중간' (Medium), light blue for '낮음' (Low), and white for '매우 낮음' (Very Low). The 'Smart City System' generally shows higher realization across most categories compared to the 'City and Infrastructure System'.

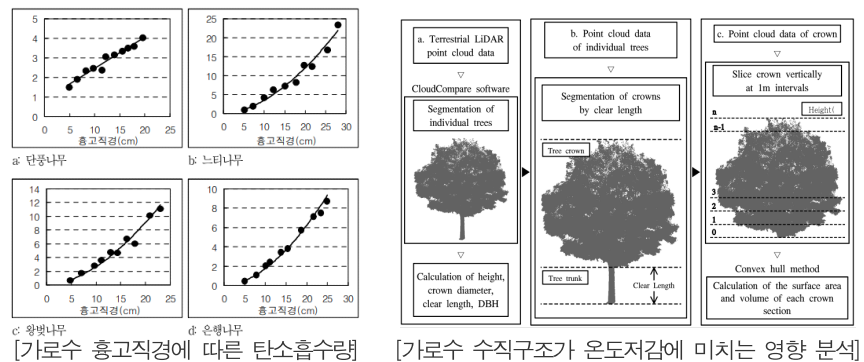
출처: IPCC, 2022, 기후변화 2022 영향, 적응 및 취약성 정책결정자를 위한 요약본 p. 20으로부터 재편집

4) IPCC, 2022, 기후변화 2022 영향, 적응 및 취약성 정책결정자를 위한 요약본

뿐만 아니라 그린인프라는 특히 잠재적 실현 가능성 측면에서 매우 높은 평가를 받고 있으며, 기후변화 완화를 위한 다른 조치들과의 시너지 효과를 고려했을 때도 가장 효율적인 옵션으로 제시되고 있다. 즉, 그린인프라를 통해 탄소중립사회 달성 뿐 아니라 도시의 지속가능성을 강화하고, 기후변화로 인한 다양한 환경적, 사회적 문제들을 효과적으로 해결할 수 있는 방안이 제시되고 있다.

□ 탄소중립사회 달성의 위한 그린인프라 효과 산정 연구⁵⁾

시뮬레이션 및 실증연구를 통해 그린인프라의 탄소 흡수, 도시열섬 완화, 홍수 저감 등 기후변화 대응 효과가 입증되고 있다. 구체적으로, 가로수의 흉고직경에 따른 탄소 흡수 및 저장량, 가로수의 식재 간격에 따른 도시열섬 완화 효과, 벽면녹화의 도시열섬 완화 효과, 가로수의 LAI(Leaf Area Index)에 따른 홍수 저감 효과 등 연구결과가 정량적으로 제시되고 있다. 그린인프라의 유형, 크기 등 속성에 따라 기후변화 대응 효과가 다른 것으로 것으로 제시되고 있다.



[그림 1-2] 그린인프라 속성정보 기반의 대응효과 산정 사례

출처: 조현길과 안태원, 2012, 도시 낙엽성 조경수종의 탄소저장 및 흡수, 한국조경학회지, 40(5), p. 166

이수빈 외, 2021, 열쾌적성에 대한 가로수 수직적 구조의 영향 분석, 한국환경복원기술학회지, 24(4), p. 20

즉, 그린인프라의 속성에 따라 탄소중립 현황, 효과 및 이행 평가 결과가 달라질 수 있다. 거시 규모에서는 녹지의 크기, 식재 수종, 녹지 비율, 다층 식재 여부, 녹지의 형태 등의 속성이 탄소중립 효과 산정에 사용된다. 미시 규모에서는 가로수의 수종, 흉고직경, 수고, LAI, 식재 간격 등의 정보가 탄소중립 효과 산정을 위해 사용된다. 향후 이 같은 그린인프라 정보를 데이터화하여, 그린인프라의 기후변화 대응 효과를 정확히 평가하고 이에 기반하여 정책을 수립할 수 있을 것이다.

5) 한국환경정책평가연구원. 2012. 기후변화 적응형 도시구현을 위한 그린인프라 전략 수립

□ 그린인프라 데이터 부재로 탄소중립사회 달성 계획 수립 어려움

데이터 부재로 인해 탄소중립도시 등 탄소중립사회 달성을 위한 그린인프라 부문 현황 평가가 불가능한 상황이다. 현재 높은 수준의 그린인프라 현황 데이터를 확보하지 못해 탄소중립도시 달성을 위한 그린인프라 현황 평가 및 개선이 필요한 지역을 정밀하게 도출하기 어려운 실정이다⁶⁾. 그린인프라 데이터가 구축된 경우에도 평가에 필요한 속성 정보의 구축이 미흡하거나, 구축 이후 갱신이 제대로 이루어지지 않아 현황 평가에 어려움이 있다. 이러한 데이터 부재 문제로 인해 지자체별로 그린인프라 데이터 구축 용역을 수행하거나, 고해상도 데이터가 없는 상태로 계획을 수립하고 있는 상황이다.

경기도의 경우, 기후 및 에너지 데이터 포털인 '경기 RE100 플랫폼'을 개별적으로 구축하여 탄소중립도시 수립을 지원하고 있다. 경기도는 전체 지역의 LiDAR 데이터를 수집하여 이를 이용한 고해상도 그린인프라 데이터를 구축하여 제공할 예정이다. 그러나 관련 데이터 수집을 위한 예산과 인력이 부족한 지자체의 경우, 국가 단위에서 구축된 저해상도 데이터에 의존할 수밖에 없는 현실이다. 이로 인해 많은 지자체가 탄소중립사회 달성을 위한 효과적인 계획 수립이 어려운 실정이다.



[그림 1-3] 경기도 RE100 플랫폼의 고해상도 탄소저장 및 흡수원 지도 구축 계획

출처: 한국경제. <https://www.hankyung.com/article/202308164994Y>. 2024.02.03. 접속

6) 건축공간연구원의 '폭염대응을 위한 도시 가로녹지계획 연구' 결과를 활용하여 현행 가로녹지의 폭염 대응 현황을 파악할 수 있는 지자체는 매우 적은 실정

□ 탄소중립 정책 수립 및 현황평가를 위한 그린인프라 정보체계 필요

탄소중립도시 계획 수립을 지원하기 위해 그린인프라 데이터의 생산 및 제공이 필수적이다. 역량이 부족한 지자체의 계획 수립을 지원하기 위해 국가가 데이터의 생산, 관리, 제공 역할을 맡아야 한다. 이를 위해 표준화된 그린인프라 데이터를 구축하고 제공하여 개별 지자체가 체계적인 계획을 수립할 수 있도록 정부 차원에서 지원할 필요가 있다.

이를 위해 기존의 일회성 데이터 생산 방식에서 벗어나, 지속적으로 데이터를 생산하고 관리하는 프로세스로의 변화가 필요하다. 그린인프라는 건물이나 도로 같은 그레이 인프라와 달리 시간에 따라 성장하며, 전정과 같은 지자체 관리에 따라 형태가 변하기 때문에 이러한 변화를 반영할 수 있는 체계적인 관리가 필요하다. 즉, 탄소중립 달성을 위해서는 그린인프라 데이터의 생산, 관리, 갱신 등의 체계가 필요하다.

탄소중립도시 등의 그린인프라 데이터 활용 방안을 고려하여 데이터 생산 목록과 구축 속성 정보를 설정하고, 생산과 관리 방식을 정립할 필요가 있다. 이를 통해 모든 지자체가 최신의 데이터를 바탕으로 효율적이고 체계적인 탄소중립사회 달성 및 탄소중립도시 계획을 수립할 수 있을 것이다.

2) 연구목적

□ 그린인프라 정보 구축 현황과 한계 도출

- 그린인프라 데이터 조사 및 분석을 통한 미구축 그린인프라 데이터 도출

□ 그린인프라 정보체계 구축방안 제안

- 그린인프라 정보체계의 개념, 목표 제안
- 그린인프라 정보체계 구축을 위한 추진전략 및 추진과제 제안

□ 지속적 그린인프라 정보 구축을 위한 법·제도 개선방안 제안

- 「기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법」 등 탄소중립 관련 법률 개정을 통한 그린인프라 도입 근거 마련
- 「공간정보의 구축 및 관리 등에 관한 법률」 및 「수치지형도 작성 작업 및 성과에 관한 규정」등 관계 법령 제·개정을 통한 지속적 데이터 구축 방향 제안

수치주제도

공간정보의 구축 및 관리 등에 관한 법률

제2조(정의) 이 법에서 사용하는 용어의 뜻은 다음과 같다. <개정 2012. 12. 18., 2013. 3. 23., 2013. 7. 17., 2015. 7. 24., 2020. 2. 18., 2022. 6. 10.>

10. “지도”란 측량 결과에 따라 공간상의 위치와 지형 및 지명 등 여러 공간정보를 일정한 축척에 따라 기호나 문자 등으로 표시한 것을 말하며, 정보처리시스템을 이용하여 분석, 편집 및 입력·출력할 수 있도록 제작된 수치지형도 [항공기나 인공위성 등을 통하여 얻은 영상정보를 이용하여 제작하는 정사영상지도(正射映像地圖)를 포함한다]와 이를 이용하여 특정한 주제에 관하여 제작된 지하시설물도·토지이용현황도 등 대통령령으로 정하는 수치주제도(數値主題圖)를 포함한다.

출처: 공간정보의 구축 및 관리 등에 관한 법률. 법률 제19047호, 2022. 11. 15., 일부개정

제4조(수치주제도의 종류) 법 제2조제10호에 따른 수치주제도(數値主題圖)의 종류는 별표 1과 같다.

■ 공간정보의 구축 및 관리 등에 관한 법률 시행령 [별표 1] <개정 2013.3.23>

수치주제도의 종류(제4조 관련)

1. 지하시설물도
2. 토지이용현황도
3. 토지적성도
4. 국토이용계획도
5. 도시계획도
6. 도로망도
7. 수계도
8. 하천현황도
9. 지하수맥도
10. 행정구역도
11. 산림이용기본도
12. 임상도
13. 지질도
14. 토양도
15. 식생도
16. 생태·자연도
17. 자연공원현황도
18. 토지피복지도
19. 관광지도
20. 풍수해보험관리지도
21. 재해지도
22. 제1호부터 제21호까지에 규정된 것과 유사한 수치주제도 중 관련 법령상 정보유통 및 활용을 위하여 정확도의 확보가 필수적이거나 공공목적상 정확도의 확보가 필수적인 것으로서 국토교통부장관이 정하여 고시하는 수치주제도

출처: 공간정보의 구축 및 관리 등에 관한 법률 시행령, 대통령령 제33847호, 2023. 11. 7., 일부개정

2. 선행연구 검토 및 연구 추진방향

□ 선행연구 검토

탄소중립도시, 그린인프라, 정보체계 관련 선행연구를 살펴보았다. 탄소중립도시 관련 선행연구 검토를 통해 그린인프라가 탄소중립 달성을 위한 수단이며 지속적으로 활용 방안을 검토하고 있음을 확인하였다. 그린인프라와 관련된 연구는 도시문제 해결을 위해 그린인프라를 활용하기 위한 계획모형과 조성전략 수립에 중점을 두고 있다. 정보체계 구축을 위한 연구들은 대상 정보체계의 개념, 해당 분야 현행 정보체계의 문제 발굴을 통해 새로운 정보체계의 방향성 도출, 정보체계 기본구상, 전략제안 등의 연구를 수행하였다. 탄소중립을 위한 수단으로써 그린인프라가 이용되고 있다는 것을 확인하였으나, 이를 효율적으로 수행하기 위한 그린인프라 정보체계는 미비함을 알 수 있다. 따라서 본 연구는 탄소중립을 위한 그린인프라 계획에 활용할 수 있도록 그린인프라 정보체계 연구를 수행하고자 한다.

□ 연구 추진방향

본 연구의 주요 목적은 그린인프라 정보체계 개발 방향 도출이다. 이에 관련 정보체계 구축 연구들이 일반적으로 적용하는 연구흐름을 도출하여 본 연구에 적용하고자 하였다. 정보체계 구축 연구의 공통적인 흐름은 크게 네 단계로 구분할 수 있다. 1) 탄소중립 사회의 그린인프라 수요 분석, 2) 그린인프라 데이터 현황 검토, 3) 관계 법·제도 현황 분석, 4) 그린인프라 정보체계 구축 방향 도출로 구분된다. 또한, 연구에 따라 정보체계 구축 방향 단계는 세부적으로 기본구상, 추진전략, 기술검토 등 심도있는 연구를 수행하였다. 총 네 단계에 걸쳐 연구를 수행하고자 한다.



[그림 1-4] 연구 추진 방향
출처: 연구진 작성

[표 1-1] 선행연구 검토

구분	연구과제명	연구목적	연구방법	주요연구내용 및 분석결과
탄소중립도시	도시공간개선사업의 저탄소 계획요소 적용에 관한 연구(유광흠 외, 2012)	- 기존 도시공간의 저탄소 녹색도시 전환을 목표로 기존 도시공간 개선사업에 저탄소 계획요소 도입 활성화를 위한 정책방향과 정책과제를 제안하고자 함	- 국내·외 문헌 및 사례 조사 - 해외 저탄소 녹색도시공간 전환 사례 분석 - 저탄소 계획요소 적용가능성 검토 - 인증제를 통한 저탄소 계획요소의 탄소저감 효과 분석	- 도시공간 저탄소 계획요소 인벤토리 구축 - 해외 저탄소 녹색도시공간 전환 사례분석을 통한 저탄소 계획요소의 적용과정 - 도시공간개선사업의 저탄소 녹색도시화 추진방안 도출
	탄소중립 친환경도시 조성 추진계획 연구(왕광익 외, 2013)	- 지속가능한 도시, 생태도시, 저탄소 녹색도시 등 개념을 종합하여 탄소중립 친환경도시의 새로운 개념을 정립하고 계획요소를 도출	- 국내·외 문헌 및 정책사례 조사 - 탄소중립 친환경도시 사례 조사 - 정책 제안	- 탄소중립 친환경도시와 관련된 선행연구를 검토하여 탄소중립 친환경 도시의 개념 정의 - 탄소중립 친환경도시와 관련된 국내외 사례를 검토하여 탄소중립 친환경도시의 계획요소 도출 - 탄소중립 친환경도시 시범사업 추진방안 제시
	그린뉴딜을 통한 도시 기후변화 정책 개선방안(이은석 외, 2020)	- 기후변화에 따른 국제사회의 강도 높은 목표에 대응하기 위해, 그린뉴딜을 통한 도시의 기후변화 정책 개선방안 제시	- 국내·외 문헌 및 정책사례 조사 - 국가 기후변화대응 기본계획 분석 - 지자체 기후변화 적응대책 분석	- 국가 기후변화대응 기본계획 분석 내용을 바탕으로 도시·건축 분야의 기후변화 대응 중요성 및 고려사항 도출 - 지자체 기후변화 적응대책의 계획특성과 주요 계획내용 분석하여 한계점 및 개선방향 도출
그린인프라	포스트 코로나19 시대의 도시 그린인프라 계획모형 구축방안 연구(윤은주 외, 2021)	- 코로나19로 변화한 도시민의 수요에 대응할 수 있는 도시 그린인프라의 계획모형 구축	- 문헌연구 - 국내·외 그린인프라 계획사례 조사 - 계획모형 분석	- 그린인프라 계획모형 개념 정립 - 그린인프라 계획모형 구축 - 그린인프라 계획모형 시범적용 - 그린인프라 계획모형 실효성 제고 방안 제안 - 그린인프라 계획모형 활용을 위한 제도적 개선방안 제안
	기후변화 적응형 도시 구현을 위한 그린인프라 전략 수립(강정은 외, 2012)	- 기후변화 적응을 위한 계획모형 개발 및 그린인프라 전략 제시	- 문헌연구 - 관련 법·제도 현황 조사 - 국내·외 그린인프라 계획 사례 조사 - 계획모형 구축 - 계획모형 적용 - 정책제언	- 기후변화 적응형 도시의 개념 정립 - 그린인프라 계획모형 개념 정립 - 그린인프라 계획모형 구축 - 그린인프라 계획모형 시범적용 - 정책제언
정보체계	국토종합정보체계 구축 및 추진전략 수립 연구(김영표 외, 2003)	- 국토정보의 개념 재정립 및 국토종합정보체계 구축을 위한 추진전략과 추진방안 제시	- 문헌연구 - 관련 법·제도 현황 조사 - 국토정보 구축 사례조사 - 여건변화 및 수요분석	- 국토정보 개념 정립 - 국토정보화 추진현황 및 문제점 도출 - 국토정보 수요 파악 - 국토종합정보체계 기본구상 제안

구분	연구과제명	연구목적	연구방법	주요연구내용 및 분석결과
				- 국토종합정보체계 추진전략 제안 - 국토종합정보체계 추진방안 제안
	해양공간관리를 위한 정보체계 확립방안 연구(최희정 외, 2016)	- 해양공간의 효과적 이용 지원 및 해양생태계 서비스 유지를 위한 정보체계 구축	- 문헌연구 - 해양공간정보 정책 조사 - 관련 정보 구축 현황 조사 - 공간 정보체계 사례 분석	- 해양공간관리 정보체계 개념 정립 - 해양정보체계 구축 현황 및 현안 도출 - 사례조사를 통한 공간정보체계 구축 방향 도출 - 해양공간관리 정보체계 확립방안 제안
	농업환경자원 관리 정보체계 구축 기초연구(손학기 외, 2018)	- 농업환경자원 관리 정보체계 현황 진단 및 농업환경보전 인식 고조에 맞는 정보체계로의 전환 방안 모색	- 문헌연구 - 관련 정보 구축 현황 조사 - 관련 기술 발전 동향 조사	- 농업환경자원 관리 정보체계 개념 도출 - 농업환경자원 관리 정보체계 구축 현황 및 한계 도출 - 기술 발전 동향 및 적용방안 제안 - 농업환경자원 관리 정보체계 구축 기본방향 제안

출처: 연구진 작성

3. 연구의 범위 및 방법

1) 연구의 범위

본 연구는 탄소중립사회 달성을 위한 그린인프라 요소를 대상으로 하며, 그린인프라 정보체계 구축을 위해 관계 데이터 수집기술, 정책, 법을 고려하여 연구를 수행한다. 또한, 그린인프라 정보체계를 구축하기 위해 그린인프라 정보체계의 개념, 위상 등 기본구상과 추진전략, 그리고 탄소중립사회 달성을 위한 그린인프라 정보체계 활용방안을 다루고자 한다.

그린인프라의 개념

자연, 생태적 요소의 구조와 기능을 최대한 활용하여, 인간 삶의 영위와 질적 향상을 도모할 수 있는 도시공간 요소

출처: 한국환경연구원. 2012. 기후변화 적응형 도시구현을 위한 그린인프라 전략 수립. p. 23

2) 연구의 방법

□ 탄소중립사회의 그린인프라 수요 분석

- 탄소중립사회 관련 정책 및 연구를 검토하여 그린인프라 수요를 분석하고 해당 결과를 바탕으로 전문가 자문 수행

□ 그린인프라 데이터 현황 검토

- 탄소중립사회 달성을 위한 그린인프라 수요 분석과 비교하여 부족한 데이터는 무엇인지, 관계 법·제도는 무엇인지 조사

□ 탄소중립사회의 그린인프라 관계 법·제도 검토

- 탄소중립 및 그린인프라 관련 법·제도 및 정책 관련 전문가 자문 및 관계 선행연구 조사

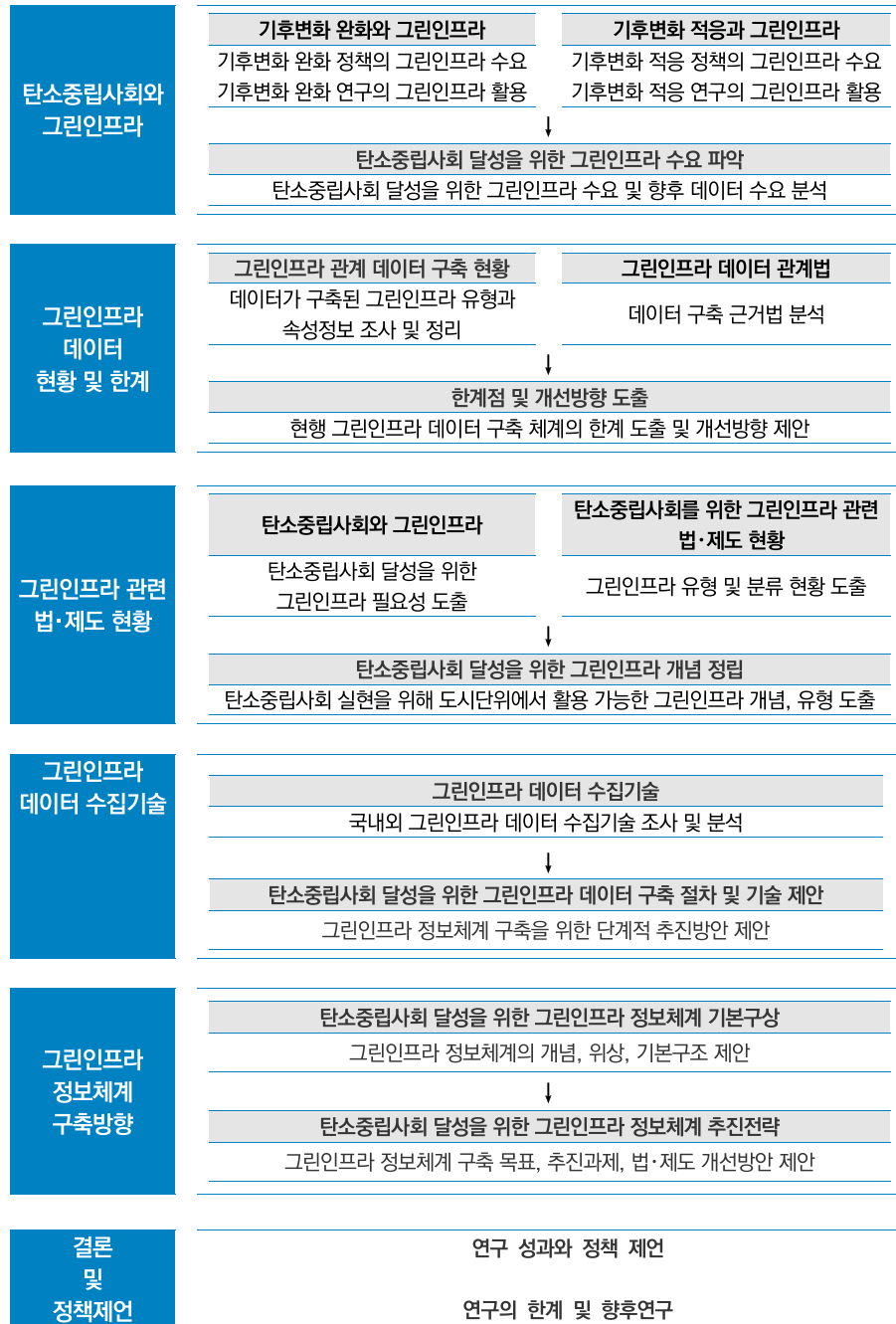
□ 그린인프라 정보체계 기본구상 및 추진전략 제안

- 관련 법·제도 및 선행연구 분석을 통한 초안 도출 및 관계 전문가 FGI를 통한 기본구상 및 추진전략 도출

□ 지속적 그린인프라 정보 구축을 위한 법제도 개선방안 제안

- 관계 법·제도 분석 및 전문가 자문회의 수행

3) 연구의 흐름



[그림 1-5] 연구의 흐름도

출처: 연구진 작성

제2장 탄소중립사회의 그린인프라 수요

1. 탄소중립사회와 그린인프라
 2. 기후변화 완화를 위한 그린인프라 수요
 3. 기후변화 적응을 위한 그린인프라 수요
 3. 소결
-

1. 탄소중립사회와 그린인프라

1) 분석목적 및 방법

본 연구의 목적은 탄소중립사회에서 그린인프라의 역할을 도출하고, 탄소중립사회 달성을 위한 그린인프라의 유형을 도출 및 분류하는 것이다. 이를 위해 탄소중립 및 그린인프라 관련 법·제도를 조사 및 분석하고, 본 연구에서 그린인프라 정보체계 구축을 위해 다루고자하는 그린인프라 유형을 도출하고자 한다.

본 연구의 대상은 탄소중립과 관련된 법·제도, 그리고 그린인프라와 이를 규정하고 있는 관련 법률들이다. 구체적으로, 탄소중립과 관련하여 「기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법」과 탄소중립을 다루는 관련 연구들을 대상으로 조사 및 분석을 시행하였다. 또한, 그린인프라를 탄소흡수원, 도시공원, 녹지, 정원, 기반시설, 생태경관 등으로 다루고 있는 약 12개의 법률들을 조사 및 분석하였다.

이같은 관련 법·제도 및 정책 분석을 통해 탄소중립사회에서 그린인프라의 역할에 대해 정의하고, 본 연구에서 다루고자하는 그린인프라의 범위를 설정하고자 한다. 또한, 그린인프라 관련 법·제도에서 제시하는 그린인프라의 유형에 따라 그린인프라가 위치하고 있는 지역적 위치와 가로수부터 대규모 국립공원까지 그린인프라의 공간규모적 특성에 따른 유형을 분류하고자 한다.

2) 탄소중립사회의 법적, 정책적 개념

□ 「기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법」 상 탄소중립사회 정의

탄소중립사회는 기후변화에 따른 기후위기 최소화를 위해서 사회적 수단을 통한 완화와 적응으로 탄소중립을 실현하는 사회를 의미를 가진다. 「기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법」 제2조제3호에서 제시하고 있는 탄소중립의 정의는 온실가스 배출량과 흡수량이 상쇄되어 영(0)이 되는 상태를 의미한다. 동법 제2조제4호에서는 탄소중립사회의 정의를 제시하고 있는데, 화석연료 의존도를 감소시키고, 기후적응 정책기반(재정·기술·제도)을 통해 탄소중립을 달성하며, 탄소중립사회 이행과정에서 발생하는 피해와 부작용을 예방하고 최소화하는 사회를 의미한다.

탄소중립 사회로의 이행과 녹색성장은 기후위기 대응을 위해 공동 노력이 수반되는 지속가능발전 전략으로서 탄소중립 공간환경 발전방향을 제시하고 있다. 「기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법」 제2조제14호에서 녹색성장의 정의를 보면, 탄소중립 실천수단으로서 에너지 효율화와 자원절약, 기후완화와 환경훼손 최소화를 위한 청정에너지, 녹색기술 개발을 통해 경제와 환경이 조화를 이루는 성장이 녹색성장임을 제시하고 있다. 동법 제3조제3호를 보면, 온실가스 감축과 기후위기 적응 정책 수립을 위해서 기후변화 연구를 수행하고, 사회 전분야에 미치는 기후위기 영향을 분석해야 함을 제시하고 있다. 또한, 동법 제3조제4호에서는 기후위기 취약계층과 취약지역에 대한 대응방법을 모색하여 탄소중립의 정의로운 전환을 실현을 강조하고 있다.

■ 「기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법」에서의 탄소중립사회 개념

제2조(정의)

3. “탄소중립”이란 대기 중에 배출·방출 또는 누출되는 온실가스의 양에서 온실가스 흡수의 양을 상쇄한 순배출량이 영(零)이 되는 상태를 말한다.
4. “탄소중립 사회”란 화석연료에 대한 의존도를 낮추거나 없애고 기후위기 적응 및 정의로운 전환을 위한 재정·기술·제도 등의 기반을 구축함으로써 탄소중립을 원활히 달성하고 그 과정에서 발생하는 피해와 부작용을 예방 및 최소화할 수 있도록 하는 사회를 말한다.
14. “녹색성장”이란 에너지와 자원을 절약하고 효율적으로 사용하여 기후변화와 환경훼손을 줄이고 청정에너지와 녹색기술의 연구개발을 통하여 새로운 성장동력을 확보하며 새로운 일자리를 창출해 나가는 등 경제와 환경이 조화를 이루는 성장을

말한다.

〈개정 2022. 12. 31.〉

제3조(기본원칙)

3. 기후변화에 대한 과학적 예측과 분석에 기반하고, 기후위기에 영향을 미치거나 기후위기로부터 영향을 받는 모든 영역과 분야를 포괄적으로 고려하여 온실가스 감축과 기후위기 적응에 관한 정책을 수립한다.
4. 기후위기로 인한 책임과 이익이 사회 전체에 균형 있게 분배되도록 하는 기후정의의 추구함으로써 기후위기와 사회적 불평등을 동시에 극복하고, 탄소중립 사회로의 이행 과정에서 피해를 입을 수 있는 취약한 계층·부문·지역을 보호하는 등 정의로운 전환을 실현한다.

□ 탄소중립사회와 기후탄력적 발전은 같은 개념

IPCC(2023)⁷⁾에서는 탄소중립사회를 기후탄력적 발전(CRD, Climate Resilient Development)을 실현하는 사회로 제시하고 있다. 기후탄력적 발전은 기존의 탄소중심 사회를 벗어나 온실가스 배출저감, 기후위기 적응, 지속가능한 발전(SDGs) 등이 함께 만드는 탈탄소 사회로의 발전방향을 의미한다. 기후탄력적 발전의 목표는 지구평균온도를 1.5℃ 이하로 유지하는 것이며, 이를 위해 필요한 전략으로 2100년까지 현재의 모든 사회시스템을 기후탄력적 발전으로 전환해야 한다. 기후탄력적 발전의 핵심개념은 고배출 시스템이 저배출 시스템으로 바뀌어야 기후위험이 감소하고, 지속가능한 개발 목표(SDGs) 실현이 가능해지는 것이다. 이는 완화와 적응으로 탄소중립을 이루고, 녹색 성장을 통한 사회발전을 추구하고 있는 탄소중립사회의 개념과 일치하는 것이다.

□ 탄소중립사회 실현을 위한 실험장인 탄소중립도시 그리고 그린인프라⁸⁾

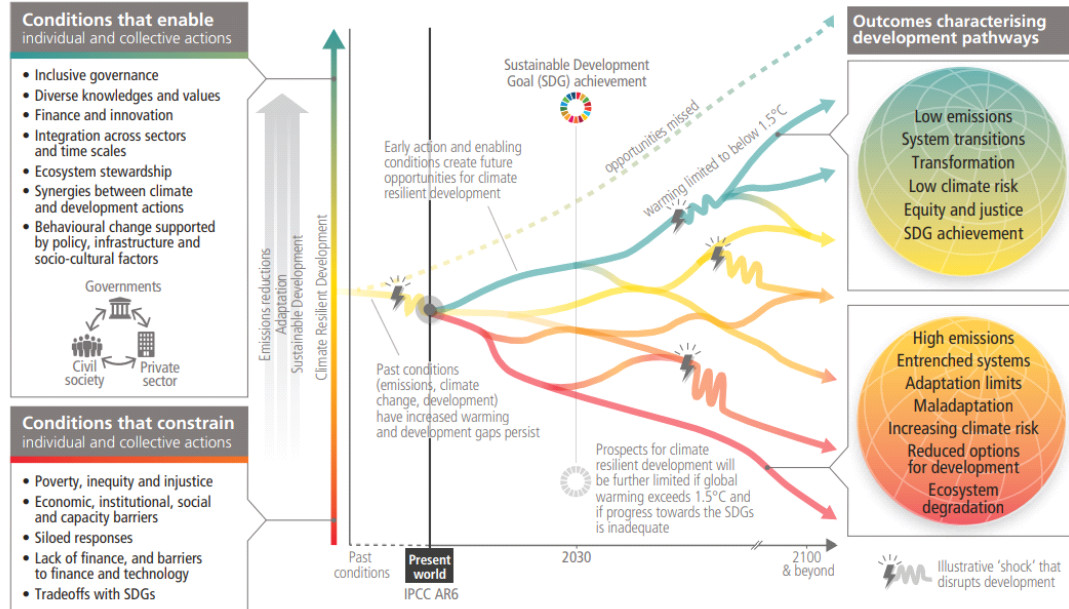
국가 탄소중립사회를 실현하는 법적 주체로서의 지자체 역할은 「기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법」 상의 여러 조항에서 의무와 권고를 통해 강조되고 있다. 지자체에서는 국가기본계획을 준수하여 지역에 맞는 탄소중립 기본계획을 수립·시행할

7) IPCC, 2023: Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 184 pp., doi: 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.

8) 「기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법」을 참고하여 재구성

There is a rapidly narrowing window of opportunity to enable climate resilient development

Multiple interacting choices and actions can shift development pathways towards sustainability



[그림 2-1] 탄소중립사회를 위한 기후탄력적 발전 개념도

출처: IPCC, 2023: Climate Change 2023: Synthesis Report. p.25.

의무를 지니고 있으며, 관련 정책으로 지역 에너지 전환정책, 기후위기 대응대책, 기후 위기 대응사업, 전환센터, 실천연대 등을 설립 운영함으로써 탄소중립 사회로의 이행을 추진해야 한다. 특히, 지자체에서는 탄소중립을 공간적으로 구현하는 탄소중립 도시를 조성하기 위한 정책의 수립·시행을 맡고 있으며, 탄소중립도시 조성사업 계획의 수립·시행 의무를 지닌다. 또한, 탄소중립도시의 지역단위 실현주체로서 탄소중립 지원센터를 설립하고 운영하도록 권고해야 한다.

[표 2-1] 「기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법」에 담긴 지자체의 역할

조	주요내용	비고
제11조 (시·도계획의 수립 등)	국가기본계획과 관할 구역의 지역적 특성 등을 고려하여 10년을 계획기간으로 하는 시·도 탄소중립 녹색성장 기본계획을 5년마다 수립·시행하도록 의무	의무
제12조 (시·군·구 계획의 수립 등)	국가기본계획, 시·도계획과 관할 구역의 지역적 특성 등을 고려하여 10년을 계획기간으로 하는 시·군·구 탄소중립 녹색성장 기본계획을 5년	의무

조	주요내용	비고
립 등)	마다 수립 · 시행하도록 의무	
제22조 (2050 지방탄소중립 녹색성장위원회의 구 성 및 운영 등)	탄소중립 사회로의 이행과 녹색성장의 추진을 위한 주요 정책 및 계획과 그 시행에 관한 사항을 심의 · 의결하기 위하여 지방자치단체별로 2050 지방탄소중립녹색성장위원회 구성 및 운영 권고	권고
제29조 (탄소중립 도시의 지 정 등)	국가와 지방자치단체는 탄소중립 관련 계획 및 기술 등을 적극 활용하여 탄소중립을 공간적으로 구현하는 도시인 “탄소중립도시”를 조성하기 위한 정책을 수립 · 시행하도록 의무 탄소중립도시 조성사업 계획의 수립·시행 의무	의무
제30조 (지역 에너지 전환의 지원)	지방자치단체의 에너지 전환을 지원하는 정책을 수립 · 시행 의무	의무
제36조 (온실가스 종합정보 관리체계의 구축)	시 · 도지사 및 시장 · 군수 · 구청장은 온실가스 종합정보관리체계가 원활히 운영될 수 있도록 지역별 온실가스 통계 산정 · 분석 등을 위한 관련 정보 및 통계를 매년 작성하여 제출하는 등 적극 협력의 의무	의무
제40조 (지방 기후위기 적응 대책의 수립·시행)	시 · 도지사, 시장 · 군수 · 구청장은 기후위기적응대책과 지역적 특성 등을 고려하여 관할 구역의 기후위기 적응에 관한 대책(이하 “지방기후위기 적응대책”이라 한다)을 5년마다 수립 · 시행하도록 의무	의무
제42조 (지역 기후위기 대응 사업의 시행)	국가 또는 지방자치단체는 기후 취약 지역 및 계층 등을 중점적으로 보호 · 지원하기 위하여 지역 기후위기 대응사업을 시행 권고	권고
제48조 (정의로운전환 특별 지구의 지정)	정부는 고용환경이 크게 변화되었거나 그럴 것으로 예상되는 지역, 사회적·경제적 환경의 급격한 변화가 예상되거나 변화된 지역 등 특구 지정이 필요하다고 인정되는 지역을 정의로운전환 특별지구로 지정 권고	권고
제53조 (정의로운 전환 지원 센터의 설립 등)	탄소중립 사회로의 이행 과정에서 일자리 감소, 지역경제 침체 등 사회적 · 경제적 불평등이 심화되는 산업과 지역에 대하여 그 특성을 고려한 정의로운전환 지원센터 설립 · 운영을 권고	권고
제65조 (탄소중립 지방정부 실천연대의 구성 등)	자발적인 기후위기 대응 활동을 촉진하고 탄소중립 사회로의 이행과 녹색성장의 추진을 위한 지방자치단체 간의 상호 협력을 증진하기 위하여 탄소중립 지방정부 실천연대의 구성 · 운영을 권고	권고
제68조 (탄소중립 지원센터 의 설립)	지역의 탄소중립 · 녹색성장에 관한 계획의 수립 · 시행과 에너지 전환 촉진 등을 통해 탄소중립 사회로의 이행과 녹색성장의 추진을 지원하기 위하여 지역에 탄소중립 지원센터의 설립 또는 지정하여 운영을 권고	권고
제79조 (탄소중립이행책임 관의 지정)	탄소중립 사회로의 원활한 이행과 녹색성장의 추진을 위하여 시도 및 시군 구 소속 공무원 중에서 탄소중립이행책임관을 지정을 권고	권고

출처: 「기후위기 대응을 위한 탄소중립 · 녹색성장 기본법」을 바탕으로 연구진 재구성

도시는 기후탄력적으로 시스템 전환이 요구되는 지자체의 탄소중립 대상이 된다. 탄소중립사회 이행을 위한 전략으로서 기후탄력적 발전을 추구해야 할 시스템으로는 에너

지 시스템, 육지·해양·생태계, 도시 및 인프라 시스템, 산업 시스템 등 4가지 시스템의 전환이 요구되고 있다⁹⁾ 여기서, 시스템들의 전환이 이루어져야 할 주된 공간대상은 도시로서, 건물과 교통, 생산과 소비에 따른 온실가스 배출량 증가가 지속적으로 증가해 왔으며, 생태계가 파괴되어 왔으므로 탄소중립사회 이행을 위해 기후탄력성이 매우 요구되는 시스템이라고 해야 할 것이다. 도시 내 그린인프라 도입은 생태계 복원이 가능하게 하며, 열섬저감, 도시 물순환 회복, 기후영향에 대한 적응력 증가, 사회·경제적 생태계 서비스 제공 등 도시의 기후 회복탄력성을 증가시키는 전환도구로 작용하게 된다.

[표 2-2] 기후탄력적 발전을 위해 전환이 요구되는 사회 시스템

시스템	전환의 주요내용	전환부문
에너지 시스템	(전환대상) 온실가스 배출량 증가를 야기하는 배출원, 소비원 (전환방식) 에너지 효율화와 탈탄소화 추진	산업부문, 건물부문, 교통부문
육지·해양·생태계	(전환대상) 토지이용 변화로 인해 파괴된 생태계 (전환방식) 자연기반 방식으로 회복	생태계부문, 농축산부문
도시 및 인프라	(전환방식1) 에너지 시스템, 생태계 회복, 산업 시스템의 종합적인 전환 추진 (전환방식2) 그린인프라 도입을 통한 회복탄력성 증가	건물부문, 교통부문, 에너지부문, 생태계 부문, 산업부문
산업 시스템	(전환대상) 화석연료 사용시설과 산업시스템 (전환방식) 산업시스템의 탈탄소화와 비물질화, 산업 생태계의 온실가스 배출량 저감기조로 전환, 탄소세 등을 통한 온실가스 배출기술 개선압력 증가	산업부문

출처: 이은석 외(2021) 탄소중립사회 실현을 위한 기후 탄력적 발전 경로(CRDPs) 연구. p.31-37를 연구진 재구성

3) 탄소중립도시 실현의 주요 공간요소로서의 그린인프라

□ 탄소중립이 고려된 그린인프라의 개념

그린인프라는 녹지가 기본적 요소가 되며 그린인프라의 네트워크가 도시에 펼쳐지면서 탄소중립에 기여하고 있다. 그린인프라는 도시와 주변부 녹지의 다기능적인 네트워크(multi-functional network)를 의미하며, 환경적이며 경제적인 이익은 인간 뿐만 아니라 자연과 기후, 지역사회에 까지 미치고 있다.¹⁰⁾ 탄소중립도시에서의 그린인프라의 탄

9) 이은석, 박성남, 남성우, 허한결, 송유미, 지석환. 2021. 탄소중립사회 실현을 위한 기후 탄력적 발전 경로(CRDPs) 연구. 건축공간연구원 일반연구보고서 2021-3. p.31-37

10) Department for Levelling Up, Housing and Communities (2023) National Planning Policy Framework. p70

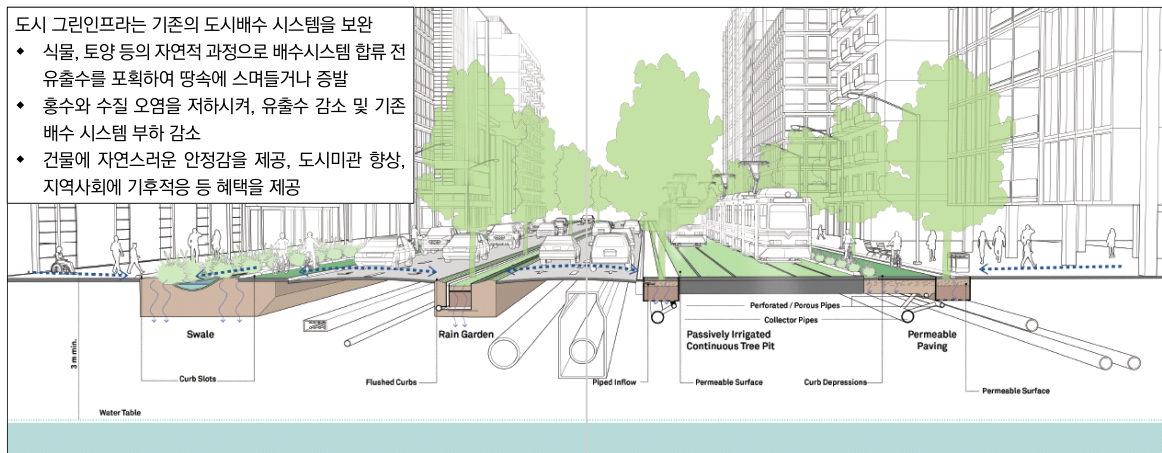
소저감 효과는 다른 탄소저감정책들(자전거타기, 걷기 등)과 결합하여 시행했을 때, 더 확대되며, 탄소흡수 뿐만 아니라 탄소배출 저감에도 기여¹¹⁾하게 된다.

이러한 그린인프라의 종류는 맡고 있는 인프라적 역할에 따라 적용기술과 적용위치가 다양하다. 도시 침수에 유출수 저감 및 배수부하 저감을 위해서 우수침투시설, 레인가든, 녹지, 투수포장 등이 적용되며, 폭염에 대한 그늘제공 및 온도저감 등의 기능을 위해서 교목식재, 층위식재 등을 활용하게 된다.

□ 탄소중립도시에서의 그린인프라 역할

그린인프라는 도시 내 다른 인프라와의 연계로 기후탄력적 도시에 기여하고 있다. 주요 연계 인프라로는 교통, 교육, 보건, 에너지 및 전기, 수도 인프라 등이다. 연계방식은 각 인프라 시설이 위치하고 있는 지점의 상부나 주변에 그린인프라가 연계되고, 해당 인프라에서 부가적으로 요구되는 기능들을 그린인프라가 제공하게 된다.

연계로 인해서 공통적으로 제공하게 되는 그린인프라의 편익은 소음 및 오염저감, 그늘 제공, 기후적응력 제공 등이다. 교육인프라나 보건인프라에 경우에는 환경개선과 인간의 공격성 및 반사회적 행동 감소 역할을 갖는다. 수도나 급수 인프라와 연계되면, 저수, 여과, 정화 기능의 역할을 제공한다.



[그림 2-2] 도시 내 그린인프라 개념도

출처: Global Designing Cities Initiative, 2016. Global street design guide. p.156-157. 연구진 재작성

11) 54개 주요 유럽연합 도시들을 대상으로 NBS(Nature Based Solution, 자연 기반 솔루션) 정책을 대표적인 탄소농도경로 시나리오에서 설정한 다른 정책들과 결합하여 분석한 결과 2030년에 총 탄소 배출량을 57.3% 감소시킬 수 있는 것으로 추산(Pan et al (2023) Contribution of prioritized urban nature-based solutions allocation to carbon neutrality, nature climate change(13):862-870).

[표 2-3] 그린인프라와 연계되는 도시인프라 유형과 세부 연결 내용

도시인프라 유형	주요 연계시설	연계방식	연계의 편익
교통인프라	보도, 사이클을 위한 도로 네트워크	통행 노선 상의 녹도, 식생이 도입된 교각 공공교통 주요지점에 그린인프라 설치 보도, 자전거로 등	소음 및 오염저감 침수방지 노면에 그늘제공 기후적응력(침수 또는 침식예방)
교육인프라	환경교육 인프라	숲 학교, NGO 교육시설, 자연보전 봉사활동	소음 및 오염저감 침수방지 공격성/반사회적 행동 감소 교육환경 개선 학교건물 그늘제공
보건인프라	자연녹지가 주는 공중보건 이익	자연 속 실외 체육시설 및 체육활동, 자연활동, 자연 속 산책, 자연보호활동, 병원시설 조성, 자연환경을 통 한 건강 서비스, 걷기 및 자전거 타기 등 건강한 생활양 식 촉진	소음 및 오염저감 침수방지 공격성/반사회적 행동 감소 교육환경 개선 신체활동 제공 질병예방 및 재활 병원건물 자연 냉기
기타인프라(쓰레기 처리 등)	-	인프라 주위에 그린인프라 조성	시각차폐, 악취나 소음경감
에너지와 유틸리티 (전기, 수도) 인프라	바이오에너지 수질	에너지 및 유틸리티 시설통로에 녹도조성 수질관리와 침수방지를 위한 하천주변	목재 재생에너지 시각적 후각적 차폐 저수, 여과, 정화 기후적응력(침수 또는 침식예방)
침수대응 및 급수인 프라	폭우관리시스템 및 침수 위험 저감시설	주택개발시 지속적인 폭우관리시스템* 설치 상류지역 토지이용 변화	저수 및 여과, 수질정화 기후적응 침수위험 저감

*지속적인 폭우관리시스템 : SUD(Sustainable Urban Drainage System)

출처: Oxfordshire county council (2020) Making the case for investment in Green Infrastructure in Oxfordshire. p. 81-82 연구진 재구성

2. 기후변화 완화를 위한 그린인프라 수요

본 절에서는 기후완화 수단으로서의 그린인프라가 활용되고 있는 현황을 탄소중립 정책과 연구를 통해서 파악하고자 한다. 검토된 탄소중립 정책은 국가정책으로서 국가 탄소중립·녹색성장 기본계획 상의 추진과제, 부문별 감축대책의 단위과제, 세부과제가 포함되었다. 그린인프라 정보가 해당 과제들이 현실화되면서 어떻게 활용되고 있는지를 검토하였다. 그린인프라의 탄소중립 관련 연구들은 탄소흡수 산정을 주제로 한 연구들을 주로 검토하였다. 주된 검토의 초점은 탄소흡수 산정에 주로 쓰이고 있는 그린인프라 정보들이었다.

1) 국가 탄소중립·녹색성장 기본계획

□ 그린인프라 정보와 연관된 추진과제 현황

- 국가 탄소중립 녹색성장 기본계획 상 그린인프라의 탄소흡수 반영

국가 탄소중립 녹색성장 기본계획(관계부처합동, 2023)은 기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법의 실행계획으로서 동법 제10조에 의거해서 마련되었으며, 2023년부터 2042년까지 20년 동안 5년마다 연동계획을 수립하고 시행하도록 하고 있다. 이 계획은 상위로는 「국가 탄소중립·녹색성장 전략」을, 하위로는 「국가 기후위기 적응대책」, 「시·도계획」, 「시·군·구 계획」을 두고 있다. 관련계획은 「중앙 지속가능발전 기본계획」, 「전력수급기본계획」 등의 탄소중립법에 명시된 중장기 행정계획들이다. 이와 같이 국가계획으로서 기후위기 대응과 지속가능발전을 도모하는 철학과 비전을 제시하고, 지자체에게 관련 정책을 위한 방향성을 또한 제시하고 있다. 탄소중립에 핵심인 온실가스 감축, 지구온난화 적응, 에너지원 다각화 등의 정책과제들을 담고 있다.

VI. 국가 기본계획 추진과제

【 국가비전, 전략 및 기본계획 주요과제 】



[그림 2-3] 국가 탄소중립 녹색성장 기본계획 추진과제

출처: 관계부처합동(2023). 국가 탄소중립 녹색성장 기본계획 p23.

4대 전략 및 12대 과제 중 그린인프라와 직접적으로 관계되는 과제는 국토의 저탄소화 (1-3)로서 세부적으로는 탄소흡수원 확충 등의 내용에서 다루어지고 있다. 중장기 감축 목표를 10가지 부분별로 제시하고 있는데 그린인프라와 직접적으로 관련된 감축부문은 흡수원 부문으로 판단되며, 산림과 정주지 등 흡수원 복원과 신규 흡수원 확대, MRV 고도화와 같은 정책 방향을 제안하고 있다(환경부, 2023).

□ 그린인프라 정보와 연관된 중장기 감축 부문 현황

• 건물 부문의 그린인프라 정보 관련 과제들

국가 탄소중립 녹색성장 기본계획의 부문별 중장기 감축대책에서 그린인프라 정보와 직접적으로 관계된 과제들을 찾을 수 있었으며, 대체적으로 그린인프라의 탄소완화(탄소흡수) 기능제고를 제시하고 있다.

건물부문의 과제들은 건축물의 온실가스 감축을 위해 건축물의 에너지 성능강화를 위한 정책, 건축물 이외의 공간에서의 탄소중립화 정책으로 분류할 수 있었다. 이 중 그린인프라와 직접적으로 연관되는 과제는 ‘계획수립 단계부터 공간조성 탄소중립화’를 제시하고 있는 과제번호 1-3-4, 1-8-1, 1-8-3, 1-8-4에서 다뤄지고 있다.

과제번호 1-3-4는 ‘계획수립·공간조성 탄소중립’화로서 탄소중립의 대상을 건물단위에서 국토단위, 도시단위, 정주지 단위로 확대하고, 각 단위에서의 탄소흡수를 증진하기 위한 세부과제들이 포함되어 있다. 구체적으로는 도시단위에서는 탄소중립요소를 도시계획에 반영하고, 이를 탄소배출 공간지도화하는 세부과제가 제시되고 있다. 또한, 정주지에서는 온실가스 배출과 흡수량 통계산정 체계를 통해서 탄소흡수량 산정에 대한 과제가 제시되어 있다.

• 흡수원 부문의 그린인프라 정보 관련 과제들

과제번호 1-8-1에서는 조림, 숲가꾸기, 목재수확 등의 임업활동을 통해서 그린인프라의 탄소흡수 기능유지를 도모하고 있다. 또한, 1-8-3에서는 산림생태축이나 습지를 복원하고, 신규 흡수원 확충을 통해서 그린인프라의 탄소흡수기능을 증대하고자 세부과제들이 제시되고 있다.

1-8-4에서는 흡수원의 산정, 보고, 검증(MRV) 체계를 고도화하기 위해서 흡수원으로서의 그린인프라 정보가 요구되는 세부과제들이 있었다. 구체적으로는 토지이용 현황 정보 구축을 위해서 그린인프라 정보의 활용, 그린인프라의 탄소저감 고유계수 개발, 그린인프라 탄소흡수량 정보의 관리, 흡수량의 평가 등을 제시하고 있었다.

[표 2-4] 국가 탄소중립 녹색성장 기본계획 부문별 중장기 감축 대책에서 그린인프라 관련 과제 현황

부문	과제번호	단위과제명	세부과제명	주관부처(협조부처)	그린인프라 정보 활용 내용
건물	1-3-1	신규 건축물의 에너지 성능 강화	제로에너지 건축물 확대 및 성능 강화	국토부(산업부)	
		소형 건축물 에너지 성능 강화 방안 마련		국토부	
	1-3-2	기존 건축물에 대한	제로에너지 건축물 확산을 위한 제도 개선	국토부(산업부, 환경	

부문	과제번호	단위과제명	세부과제명	주관부처(협조부처)	그린인프라 정보 활용 내용
흡수원	1-3-3	건물의 에너지 사용 효율 향상	그린리모델링 추진	부) 국토부	
			총량제와 연계한 노후건축물 그린리모델링 로드맵 마련	국토부	
			공공건축물 그린리모델링 사업 지원대상 확대 및 의무화 단계적 추진	국토부	
			민간건축물 그린리모델링 확산	국토부	
	1-3-4	계획수립·공간조성 탄소중립화	건물 에너지사용설비·관리시스템 효율혁신 R&D 및 실증	산업부	
			건물 에너지효율 평가관리기반 강화 및 효율 개선 유도	산업부(국토부)	
			공공부문의 선도적 온실가스 감축 강화	환경부	
			국토단위 탄소중립을 위해 국토종합계획에 탄소중립 가치 반영	국토부	탄소흡수원 확충
			도시단위 탄소중립을 위해 도시계획 등에 탄소 중립 요소 도입	국토부	
			도시단위 탄소중립 지원을 위한 탄소배출 공간 지도 구축	국토부	흡수원 시각화
			정주지 온실가스 배출·흡수량 통계산정 체계 구축	국토부	흡수량 산정
			계획·개발사업의 탄소중립 내재화를 위한 기후 변화 영향평가 추진	환경부	
	1-8-1	산림순환경영으로 탄소흡수·저장 기능 증진	건물 분야 에너지 전환 및 재생에너지 확대	국토부(산업부, 환경부 등)	
			조림, 숲가꾸기, 목재수확 확대를 통한 흡수기능 강화	산림청	흡수원 확보 지속
			임도, 임업기계 등 산림순환경영 기반 구축	산림청	
			고부가가치 목재이용 활성화로 탄소 저장고 확대	산림청	
	1-8-2	해양 흡수원의 체계적 복원 관리 및 흡수력 규명 확대	연안습지 복원·보호를 통한 탄소흡수력 확대	해수부	
			바다숲 확대 조성 및 조성방안 다각화	해수부	
			신규 블루카본 발굴 및 온실가스 통계 활용도 제고	해수부	
			산림의 생태적 복원 및 보호지역 확대	산림청	산림생태축 복원
	1-8-3	산림흡수원의 보전·복원 및 신규 흡수원 확대	산불, 산사태, 병해충 등 산림재해 예방 및 최소화	산림청	
			내륙습지의 가치평가 및 내륙습지 보호지역의 탄소 흡수 증진	산림청	습지 복원
			도시숲 조성, 유휴토지 조림 등 신규 탄소 흡수원 확충	산림청(국토부, 환경부, 농식품부)	신규 흡수원 확충
			토지이용·토지이용변화 매트릭스 작성체계 구축	환경부(농식품부, 국토부, 해수부, 산림청)	토지이용 현황정보에 그린인프라 적용
	1-8-4	흡수원 MRV(산정·보고·검증) 체계 고도화	흡수원별 국가고유계수 개발	환경부(농식품부, 국토부, 해수부, 농진청, 산림청)	그린인프라 탄소 저장 고유계수 개발
			탄소흡수원 통계 산정체계 고도화 및 정보 통합관리	환경부(농식품부, 국토부, 해수부, 산림청)	흡수량 정보 관리
			탄소·생물다양성 공편의 증진을 위한 평가체계 마련	환경부(농식품부, 국토부, 해수부, 산림청)	그린인프라 흡수량 평가체계

출처: 관계부처합동(2023). 국가 탄소중립 녹색성장 기본계획을 참고하여 연구진 정리

2) 세부과제에서 활용 중인 그린인프라 정보 활용 현황

□ 개요

앞서 건물부문과 흡수원 부문의 감축을 위한 과제들 중 현재 사업으로 진행되고 있다고 판단되는 과제들에 대해서 그린인프라 유형과 관련 정보들이 어떻게 활용되고 있는지 파악하였다.

도시단위 탄소중립 지원을 위한 탄소배출 공간지도 구축(국가 탄소중립 녹색성장 기본 계획 1-3-4-③) 과제와 연관되는 사업으로 국토교통부 주관 탄소공간지도 시스템 개발이 실행되고 있었다. 본 시스템에는 침엽수림, 활엽수림, 혼효림 등 산림 유형에 따른 그린인프라 유형이 포함되었으며, 임상도와 탄소흡수량 산정식에서 그린인프라 정보들이 활용되고 있었다.

정주지 온실가스 배출흡수량 통계산정 체계 구축(1-3-4-④)과 연관된 사업으로서 국토교통부 주관으로 정주지 부문 국가 온실가스 통계산정 및 탄소흡수 증진방안이 연구되고 있었다. 연구대상으로서 그린인프라의 주요 유형은 산림과 녹지이며, 그린인프라 정보는 정주지 관련해서는 녹지를 구성하는 수목의 수관면적, 수목개체수가 포함되며, 적용되는 탄소흡수계수도 그린인프라 정보로 활용되고 있었다.

조림, 숲가꾸기, 목재수확 확대를 통한 흡수기능 강화(1-8-1-①)와 관련된 사업으로는 산림청에서 조림사업, 숲가꾸기 사업, 목재수확 사업 등 지속사업들이 이루어지는 것으로 파악되었다. 이중 그린인프라 정보와 직접 연관되는 사업은 조림사업으로 판단된다.

산림흡수원의 보전·복원 및 신규 흡수원 확대(1-8-3-①,③,④)와 관련된 사업으로 제3차 탄소흡수원 증진 종합계획 수립(2023-2027)이 완료되었다. 향후 5년간의 탄소흡수원 증진의 방향을 제시하고 있으므로 그린인프라 정보에 대한 구체적인 내용을 등장하지 않고 있다. 그러나, 계획이 구현된다면 위성영상, 기상 빅데이터, 산림자원통합관리 시스템, 산림탄소 통계 및 계수 등에서 그린인프라 정보가 요구될 것으로 예상된다. 그린인프라 유형은 산림, 유흥지 녹지화, 도시숲 등으로 구분되고 있다.

토지이용 토지이용 변화 매트릭스 작성체계 구축(1-8-4-①)과 관련해서는 환경부가 추진 중인 토지이용 토지이용변화 MRV체계 구축연구(2차)¹²⁾가 추진 중에 있다. 연구대

12) 1차 연구(환경부, 2022)에서는 정주지 부문 온실가스 인벤토리 산정 현황에서 산림지, 농경지, 초지, 습지, 정주지의 세부유형, 배출흡수계수, 세분류 토지피복도 분류기준에서 그린인프라 정보를 활용(출처: 환경부, 2022. 국가 탄소흡수원 관리를 위한 토지이용·토지이용변화 MRV체계 개선방안)

상인 그린인프라 유형으로는 습지, 농경지, 산림지, 정주지에서의 그린인프라이다. 그린인프라 정보는 아직 알 수 없으나 다양한 주제도를 작성하기 위한 그린인프라 관련 공간 속성정보가 포함될 것으로 판단된다.

[표 2-5] 국가 탄소중립 녹색성장 기본계획 세부과제 연관사업에서의 그린인프라 정보 활용 현황

과제번호	세부과제명	주관부처	연관사업	그린인프라 유형	그린인프라 활용 정보
1-3-4 ③	도시단위 탄소중립 지원을 위한 탄소배출 공간지도 구축	국토교통부	탄소공간지도 시스템 개발 ¹³⁾	- 침엽수림 - 활엽수림 - 혼효림	- 임상도(1:5,000)(침엽, 활엽, 혼효) - 탄소흡수량산정식 $CO_2 \text{ removals} = Vol \times WD \times BEF \times (1+R) \times CF \times 44/12$ $-CO_2 \text{ removals(수종별탄소흡수량)} (CO_2 /ha/yr)$ $-Vol(수종별정기평균생장량)(m^3 /ha)$ $-WD(목재기본밀도)(t.d.m/m^3)$ $-BEF(바이오매스확장계수)$ $-R(뿌리함량비)$ $-CF(탄소전환계수)$
1-3-4 ④	정주지 온실가스 배출량 통계산정 체계 구축	국토교통부	정주지 부문 국가 온실가스 통계 산정 및 탄소흡수 증진방안 ¹⁴⁾	- 산림 - 녹지	- 정주지 수관면적 - 정주지 수목개체수 - 수관면적당 탄소흡수계수 - 단목연평균탄소흡수계수
1-8-1 ①	조림, 숲가꾸기, 목재 수확 확대를 통한 흡수기능 강화	산림청	산림청 조림사업 등 ¹⁵⁾	- 바이오메스 용 - 조림용	- 바이오메스용 수종 6개 - 조림수종 78개
1-8-3 ①-④	산림흡수원의 보전·복원 및 신규 흡수원 확대	산림청	제3차 탄소흡수원 증진 종합계획(2023~2027) ¹⁶⁾	- 산림 - 유휴지 녹지화 - 도시숲	- 구체적인 그린인프라 정보 부재 - 위상영상, 기상 빅데이터, 산림자원통합관리시스템 등에 활용할 것으로 예상 - 전산화 중인 산림탄소 통계, 계수 등 관련 데이터 구축시 그린인프라 정보 포함 예상
1-8-4 ①	토지이용 변화 매트릭스 작성 체계 구축	환경부	토지이용 토지이용 변화 MRV체계 구축 연구(2차) ¹⁷⁾	- 습지 - 농경지 - 산림지 - 정주지	그린인프라 관련 다양한 공간 속성정보를 활용할 것으로 예상

출처: 관계부처합동(2023). 국가 탄소중립 녹색성장 기본계획을 참고하여 연구진 정리. 각 과제번호별 사업은 하단 각주(7)~11) 참조

□ (1-3-4-③) 도시단위 탄소중립 지원을 위한 탄소배출 공간 정보지도 구축에서의 그린인프라 정보 활용현황¹⁸⁾

13) 국토교통부, 탄소공간지도 시스템. <https://www.carbonmap.kr/index.do>. 2024.11.1. 접속

14) 국토교통부. 2024. 2024년 정주지 부문 국가 온실가스 통계산정 및 탄소흡수 증진방안

15) 산림청 조림사업. https://forest.go.kr/kfswb/kfi/kfs/cms/cmsView.do?cmsId=FC_000781&mn=AR01_02_03. 2024.11.1. 접속

16) 산림청. 2023. 제3차 탄소흡수원 증진 종합계획(2023~2027)

17) 환경부. 2023. 환경부공고 제2023-672호 「토지이용·토지이용변화 MRV체계 구축 연구(2차)」 입찰 공고(긴급). https://me.go.kr/skin/doc.html?fn=20231110143852.hwp&rs=/upload_private/preview/. 2024.11.1. 접속

이 세부과제는 단위구역별 탄소 흡수원 시각화를 통한 그린인프라 탄소지도 시스템 구축과 운영이다. 현재 탄소공간지도 시스템으로 운영 중에 있으며, 2023년부터 2027년까지 시스템을 고도화하여 탄소 흡수 예측 기능을 추가함으로써 그린인프라 확충에 따른 효과분석을 목표하고 있다.

단위구역별 탄소흡수원 시각화는 우선 구역 설정, 즉 도시를 3 × 3km 격자 또는 읍면동 단위로 나누어 각 구역 내 그린인프라를 분석한다. 이후 그린인프라 내 탄소흡수 능력을 정량적으로 평가하고 이를 시각화하여 도시 내 탄소 흡수 구조를 한눈에 파악할 수 있게 한다. 시각화 시스템을 구축하여 각 구역별로 그린인프라 요소의 분포와 탄소 흡수 능력을 지도상에 표시한다.

탄소지도 시스템 구축과 운영에 있어서 단계를 구분하고 있는데 1단계는 시스템 구축으로서 2022년 12월까지 완료하여 현재 그린인프라의 탄소 흡수원을 시각화하는 시스템¹⁹⁾이 구축되어 있다. 이 시스템은 전국단위로 그린인프라 요소를 분석하고, 각 구역별 탄소 흡수원을 지도에 반영하고 있다. 그린인프라 요소분석에 활용되고 있는 정보는 임상도(1:5,000)이며, 정보유형은 침수엽림, 활엽수림, 혼효림이다. 이 세 가지 유형은 IPCC에서 제공하는 탄소흡수원의 대표적인 수목유형이다.

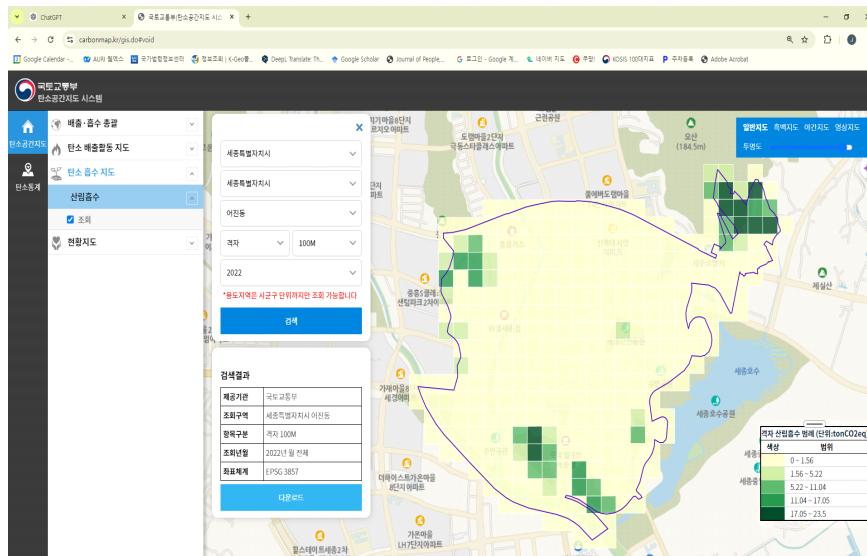
그린인프라 탄소흡수 시각화가 되는 격자는 격자 단위(100m, 500m, 1km)이며, 격자는 0 ~ 23.5 tonCO₂ eq 범위에서 흡수량이 산출되며, 산림 밀집도가 높은 구역일수록 더 많은 탄소를 흡수하는 것으로 확인된다. 이와 같은 결과는 해당 분석지역 내 산림 흡수량 편차를 시각적으로 확인할 수 있으며, 추가적인 흡수원 구성에 대한 전략수립의 근거로 활용할 수 있다.

그린인프라의 구체적인 정보는 탄소흡수량 산정식(CO₂ removals)에 쓰이고 있는 변수를 통해서 확인된다.

$$\text{CO}_2 \text{ removals} = \text{Vol} \times \text{WD} \times \text{BEF} \times (1 + \text{R}) \times \text{CF} \times 44/12$$

18) 국토교통부, 탄소공간지도 시스템. <https://www.carbonmap.kr/index.do>. 2024.11.1.접속

19) 탄소공간지도 시스템(<https://www.carbonmap.kr/method3.do>)은 격자 단위(100m, 500m, 1km)로 구분된 지역별 탄소 배출량과 흡수량을 시각화하여 도시 계획 및 정책 수립에 활용하는 플랫폼이다. 배출원에는 주로 건물, 교통, 토지 이용 등이 포함되며, 흡수원으로는 산림과 같은 그린인프라 요소가 주요하게 다루어진다.



[그림 2-4] 국토교통부 탄소공간지도 시스템의 탄소흡수량 산정방식(상)과 탄소흡수지도(세종시 아진동) 사례(하)
출처: 국토교통부 탄소공간지도 시스템. <https://www.carbonmap.kr/index.do>. 2024.11.1. 접속

CO₂ removals은 수종별 탄소 흡수량 (CO₂/ha/yr), Vol은 수종별 정기평균생장량 (m³/ha), WD는 목재 기본밀도 (t.d.m/m³), BEF는 바이오매스 확장계수, R은 뿌리함량비, CF은 탄소전환계수, 44/12는 탄소-이산화탄소 변환율을 각각 의미한다. 여기서 그린인프라의 정보인 것은 수종별 정기평균생장량, 목재기본밀도, 바이오매스 확장계수 뿌리함량비, 탄소전환계수 등이다.

□ (1-3-4-④) 정주지 온실가스 배출·흡수량 통계산정 체계구축에서의 그린인프라 정보 활용현황²⁰⁾

세부과제의 목표는 정주지에서 발생하는 온실가스 배출 및 흡수량을 산정하는 체계를 구축하여 국가온실가스 인벤토리(NIR)에 반영하고, UN 기후변화협약(UNFCCC)에 제출할 데이터를 제공하는 것이다. 기간은 2020년부터 2024년까지 해당 체계를 구축하고, 2024년 UNFCCC에 제출될 계획이다. 이를 주관하는 국토교통부에서는 정주지 부문 국가 온실가스 통계산정 및 탄소흡수 증진방안에 대한 연구를 수행 중이다.

그린인프라 정보는 산림부문의 탄소흡수량 산출시 변수로 활용²¹⁾되었다. 탄소흡수량 산출식은 보통 IPCC²²⁾에서 방법론으로 제공하는 기본식²³⁾을 활용하되, 국토교통부(2024)에서는 후박나무를 대표수종으로 한 탄소흡수계수를 만들었고, 이에 준한 탄소흡수량 산정식을 개발하였다.

$$\text{탄소흡수량} = (\text{연간 재적 증가량} \times D \times \text{BEF}) \times (1+R) \times \text{CF}$$

연간재적 증가량은 현재 바이오매스에서 전년도 바이오매스를 차감하여 산정²⁴⁾하였다. D는 목재 기본밀도(t.d.m/m³), BEF는 바이오매스 확장계수, R은 뿌리함량비, CF은 탄소전환계수를 의미한다.

□ (1-8-1-①) 조림, 숲가꾸기, 목재수확 확대를 통한 흡수기능 강화에서의 그린인프라 정보 활용현황²⁵⁾

산림청에서 사업화하여 추진하고 있는 조림, 숲가꾸기와 목재수확 확대의 구체적인 내용을 파악하였다.

20) 국토교통부. 2024. 2024년 정주지 부문 국가 온실가스 통계산정 및 탄소흡수 증진방안

21) 정주지 탄소흡수 산정 방법론으로서 Tier 2a 방법론을 활용하고 있다. Tier 2a는 국가별 데이터를 사용해서 수관 면적당 탄소흡수량을 산정하는 방법론으로, 중간 수준의 정확도를 갖는다(국토교통부. 2024. 2024년 정주지 부문 국가 온실가스 통계산정 및 탄소흡수 증진방안 최종보고서(안). 발간 전).

22) IPCC, 2006: 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 4: Agriculture, Forestry and Other Land Use (AFOLU). Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T., and Tanabe K. (eds). Published by the Institute for Global Environmental Strategies (IGES), Japan.

23) 탄소흡수량 = 정주지 수관면적(ha) × 수관면적당 탄소흡수계수(tC/ha)

24) 현재 바이오매스는 총 바이오매스에서 잎 바이오매스의 25%를 차감한다. 여기서 독립변수는 흉고직경이다. 전년도 바이오매스는 전년도 총 바이오매스에서 전년도 잎 바이오매스의 25%를 차감한다. 여기서 독립변수는 전년도 흉고직경으로 현재 흉고직경에서 연간 직경 생장률을 차감해서 얻어진다(국토교통부. 2024. 2024년 정주지 부문 국가 온실가스 통계산정 및 탄소흡수 증진방안 최종보고서(안). 발간 전).

25) 산림청 조림사업. https://forest.go.kr/kfswb/kfi/kfs/cms/cmsView.do?cmsId=FC_000781&mn=AR01_02_03. 2024.11.1. 접속

조림사업의 경우 경제림 조성, 유�휴토지 조림, 큰나무 공익조림, 산림재해방지 조림, 섬 지역 산림가꾸기 등으로 구분되어 있었다. 여기에 포함되고 있는 그린인프라의 유형은 경제림, 유�휴토지 조림, 생활권 주변 숲, 섬지역 산림 등으로 구분될 수 있으며, 그 주요 기능은 탄소의 장기간 저장, 녹지를 통한 도시환경 개선, 경관개선, 재해방지, 생태계 서비스 제고 등으로 판단된다. 그린인프라 정보로 판단되는 것은 주요 조림사업시 적용되는 수종정보, 식재된 면적 정보, 식재지 위치 등으로 예상된다.

[표 2-6] 조림사업의 종류와 주요 내용

사업명	대상지	식재 수종 및 방법	식재 밀도 (그루/ha)	조림 비용 (만원/ha)	보조율 (국고:지방 비:자부담)
경제림 조성	경제림육성단지, 불량림 수 종갱신지 등	소나무, 잣나무, 낙엽송, 편백 등 수종을 식재	3000	720	60% : 30% : 10%
유�휴토지 조림	한계농지, 마을 공한지 등 자투리땅	특용수, 유실수 등을 식재	800	720	60% : 30% : 10%
큰나무 공익조림	주요 도로변, 관광지 및 생 활권 주변	경관수종을 식재 (수고 1.0~1.5m)	350	1205	50% : 50% : 0%
산림재해방지 조림	재해 피해지 및 위험지	대묘(분뜨기묘)를 식재	1500	1205	50% : 50% : 0%
섬지역 산림가꾸기	도서지역 산림 훼손지	큰나무를 식재하고, 객토 및 유기질 비료 등을 활용하여 토양 개선	350	2082	50% : 50% : 0%

출처: 조림사업 종류를 연구진 재작성.

https://forest.go.kr/kfswb/kfi/kfs/cms/cmsView.do?cmsId=FC_003403&mn=AR01_02_04. 2024.11.1. 접속

숲가꾸기는 산림청의 지속사업으로서 인공조림지나 천연림 대상으로 가지치기, 어린나 무가꾸기, 솎아베기, 천연림 가꾸기 등의 작업을 통해서 숲은 건강하게 유지관리하는 사 업이다²⁶⁾. 그린인프라의 기능유지와 연관되나 그린인프라 정보가 직접적으로 활용되 고 있는지 여부를 확인하기 어려웠다. 목재수확은 조림지에서의 벌채를 통해서 목재를 생산하는 일련의 사업을 의미한다. 그린인프라를 구성하는 목재와 연관되고 있어 살펴 본 바, 탄소흡수량과 연관되는 목재공급량 통계를 제공하고 있었다. 이런 통계에 활용되 는 그린인프라 정보를 직접적으로 확인하기 어려웠다.

□ (1-8-3-①) 산림흡수원의 보전·복원 및 신규 흡수원 확대에서의 그린인프라 정 보 활용현황²⁷⁾

이 세부과제는 제3차 탄소흡수원 증진 종합계획(2023~2027)을 통해서 구체화되고 있

26) 산림청 숲가꾸기 사업. https://forest.go.kr/kfswb/kfi/kfs/cms/cmsView.do?cmsId=FC_000900&mn=AR01_03_01. 2024.04.14. 접속

27) 산림청. 2023. 제3차 탄소흡수원 증진 종합계획(2023~2027)

었다. 이 계획의 주요 추진 전략은 산림 탄소흡수 능력강화, 신규 산림탄소흡수원 확충, 목재 및 산림바이오매스 이용 활성화, 산림 탄소흡수원 보전 및 복원, 국제협력 기반 감축량 확보, 산림 탄소정책 지원체계 구축 등으로 구성되고 있다.

주로 적용되고 있는 그린인프라로서 도시숲, 유허토지를 활용한 녹지, 산림 등이 있다. 도시숲의 경우 대규모 기후 대응 도시숲, 미세먼지 저감 숲, 도시 바람길 숲 등을 조성하여 도시 내 오염물질 순환을 촉진하고 대기질을 개선하고, 학교숲, 수직녹화 등 다양한 공간에 신규 탄소흡수원을 확대하고 있다. 유허토지 녹지화를 위해서는 폐철도, 하천변, 군부대 이전지 등이 공한지, 새만금 간척지 등을 사업대상지로 설정하고 있었고, 대상지에는 연간 1,000ha의 조림을 추진하고 있다. 산림 탄소흡수원을 확보하기 위해서 도서 지역, 산림훼손지역에 자생 수종을 중심으로 생태복원을 실시하고, 산림유전자보호구역으로 지정된 지역의 보전을 추진하고 있다.



[그림 2-5] 제3차 탄소흡수원 증진 종합계획 추진전략 및 기대효과
출처: 산림청. 2023. 7. 10 보도자료 붙임1, 붙임2

그린인프라 정보와 관련하여 직접적인 언급은 없지만, 위성영상 수집을 기반으로 하는 산림 모니터링 시스템 구축과 국가온실가스 감축통계 인벤토리 구축에 필요한 MRV 체계에서 그린인프라 흡수량 정보가 활용될 것으로 판단된다.

□ (1-8-4의 ①) 토지이용·토지이용 변화 매트릭스 작성체계 구축에서의 그린인프라 정보 활용현황²⁸⁾

본 세부과제를 사업화하고 있는 연구과제²⁹⁾는 현재 진행 중에 있으므로 사업 제안서 내용에 기반하여 주요 제안서 상의 세부 주제별로 예상되는 그린인프라 정보들을 제시해 보았다.

- 과거 토지이용 지도 제작에서의 그린 인프라 정보 활용

제안서의 세부 연구주제 중 과거 그린 인프라 정보를 기반으로 토지의 자연적 변화와 인위적 변화를 구분하여 지도화하는 내용이 포함되고 있다. 과거의 산림지, 농경지, 습지 등 생태계 데이터를 통해 해당 지역의 그린 인프라 변화 여부를 분석하고, 이를 시계열적 공간정보에 반영하게 하는 것으로 판단된다. 주로 활용이 예상되는 그린인프라 정보 들로는 산림 성장률 정보로서, 특정 지역의 연도별 산림 면적, 나무의 성장 상태, 식생 밀도 등의 변화 등이다.

- 토지이용 분류체계 개선에서의 그린 인프라 정보 활용

제안서 세부 주제로서 토지 유형별 분류체계 개선에 활용하여 그린 인프라 정보를 각 유형의 생태적 가치를 반영하도록 설정가능 할 것으로 판단된다. 습지의 내륙 및 연안 구분, 농경지의 논과 밭, 산림지의 활엽수림과 침엽수림 등의 세분화 작업에서 기존의 그린인프라 정보가 참고가 가능할 것이다.

구체적으로는 식생 구역도 작성에 있어서 특정 토지 유형별로 세분화된 식생 분포와 그 밀도, 토양 유기 탄소량 정보를 통한 탄소 흡수와 배출에 중요한 토양 유기물의 양적 변화 제시, 산림, 습지, 초지 등의 연결 상태와 생물 이동 경로를 제시하는 생태 네트워크 연결성 정보 등을 들 수 있다.

- 토지이용 지도 정확성 검증 기준 및 통계 개선에서의 그린 인프라 정보 활용

현재의 토지이용 상태와 과거 상태의 차이를 검증하여 지도의 정확성을 높이는 것도 제안서 세부 주제에 해당되고 있다. 이 주제에서는 그린인프라가 보존되거나 변화된 부분을 지도화하고 통계화하여, 기존 데이터의 신뢰성 확보와 변화된 환경의 영향력을 파악할 수 있을 것으로 판단된다.

28) 환경부. 2023. 환경부공고 제2023-672호 「토지이용·토지이용변화 MRV체계 구축 연구(2차)」 입찰 공고(간접). https://me.go.kr/skin/doc.html?fn=20231110143852.hwp&rs=/upload_private/preview/. 2024.11.1. 접속

29) 환경부. 2023. 환경부공고 제2023-672호 「토지이용·토지이용변화 MRV체계 구축 연구(2차)」 입찰 공고(간접). https://me.go.kr/skin/doc.html?fn=20231110143852.hwp&rs=/upload_private/preview/. 2024.11.1. 접속

주요 예상가능한 그린인프라 정보로는 위성 및 항공 촬영을 통한 연도별 고해상도 이미
지 정보, LIDAR 및 레이더 기반 그린인프라 형상정보 등일 것으로 판단된다.

토지이용·토지이용변화 MRV체계 구축 연구(2차) 제안요청서(환경부, 2023) 주요 내용

1. 과업의 배경 및 목적

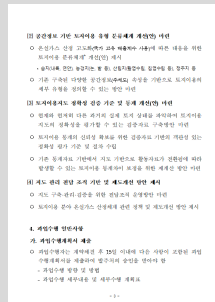
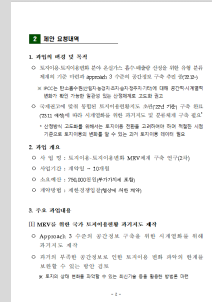
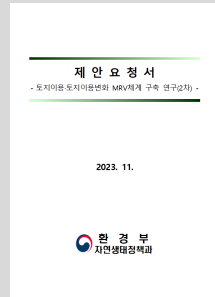
- 토지이용·토지이용변화 분야 온실가스 흡수·배출량 산정을 위한 유형 분류체계의 기준 마련과 approach 3 수준의 공간정보 구축 추진 중('22.12~)
- 국제권고에 맞춰 통합된 토지이용현황지도 초판('22년 기준) 구축 완료('23.11 예정)에 따라 시계열화를 위한 과거지도 및 분류체계구축 필요

2. 과업 개요

- 사업명 : 토지이용·토지이용변화 MRV체계 구축 연구(2차)
- 사업기간 : 계약일 ~ 10개월
- 소요예산 : 750,000천원(부가가치세 포함)
- 계약방법 : 제한경쟁입찰(협상에 의한 계약)

3. 주요 과업내용

- MRV를 위한 국가 토지이용현황 과거지도 제작
 - Approach 3 수준 공간정보 구축용 시계열화 과거지도 제작
 - 과거 공간정보 부족으로 인한 토지이용 변화 한계 보완 방안
- 공간정보 기반 토지이용 유형 분류체계 개선(안) 마련
 - 온실가스 산정 고도화(국가 고유 배출계수 사용) 대응 토지이용 분류체계* 개선(안)
 - * 습지(내륙, 연안), 농경지(논, 밭 등), 산림지(활엽수림, 침엽수림 등), 정주지 등
 - 기존 구축 공간정보(주제도) 속성에 기반한 토지이용 세부유형의 정의 방안 마련
- 토지이용지도 정확성 검증 기준 및 통계 개선(안) 마련
 - 현재와 다른 과거 토지 상태 파악을 통해 토지이용 지도의 정확성 평가 및 검증자료 구축방안
 - 토지이용 통계 신뢰성 확보 위한 검증자료 기반의 객관성 있는 정확성 평가 기준 및 절차 수립
 - 지도 기반으로 활동자료가 전환되면서 발생가능한 토지이용 통계차이 보정 방안 마련
- 지도 관리 전담 조직 기반 및 제도개선 방안 제시
 - 지도 구축·관리·검증을 위한 전담조직 운영방안 마련
 - 토지이용 분야 온실가스 산정체계 관련 정책 및 제도개선 방안 제시



[그림 2-6] 토지이용·토지이용변화 MRV체계 구축 연구(2차) 제안요청서 주요내용

출처: 환경부(2023). 토지이용·토지이용변화 MRV체계 구축 연구(2차) 제안요청서를 참고하여 연구진 재작성

3) 탄소흡수 관련 연구에서 활용 중인 그린인프라 정보 활용 현황

□ 그린인프라의 탄소흡수 관련 논문의 주제 및 주요 내용

연구들은 주로 도시 그린인프라의 탄소흡수 능력에 초점을 맞추고 있으며, 스페인 및 중국의 연구들 성과들이 다수 검토되었다.

- 도시녹지 및 조경 수목 등 그린인프라의 탄소 흡수량 평가

도시녹지나 조경수목의 탄소 흡수량 평가 연구들은 도시 내 그린인프라를 양적 측면에

서 고려하고 도시의 탄소흡수량을 산정한다. 대부분의 나라들이 이같은 방식으로 탄소 흡수량을 산정하며 유럽, 중국, 우리나라도 연구를 추진하고 있다.

Jin et al. (2023)은 중국 정저우에서 주요 조경 수종의 탄소 흡수량을 분석하였다. 포플러 등의 주요 수종이 탄소 흡수 잠재력이 높은 것으로 나타났으며, 해당 분석을 위해 LCpro SD 장비로 동화량을 계산하였다.

Ariluoma et al. (2021)은 헬싱키 주택 정원 내 녹지의 탄소 흡수와 저장량을 평가하였다. 분석에는 i-Tree를 사용하였으며, 이에 따르면 정원 내 나무가 50년 동안 약 38톤의 CO₂를 흡수할 수 있다. 또한, 바이오차와 같은 기술을 병행할 경우 208톤의 CO₂를 저장 가능한 것으로 도출되었다.

Choi et al. (2021)은 그린인프라의 기후변화 적응효과와 더불어 완화 효과를 검토하였다. 그린인프라의 탄소 흡수 및 저장에 대한 역할을 정리하였으며, 수목의 흉고직경과 수고를 통해 탄소 흡수량을 계산하였다.

Lahoti et al. (2020)은 도시 녹지의 식생 구조, 종 다양성을 바탕으로 탄소 흡수 능력을 평가하였다. 탄소흡수 능력은 수목의 흉고직경과 수고를 이용하여 추정하였으며, 연구 결과 도시 내 녹지의 생물량은 334.61t/ha 수준인 것으로 분석되었다.

Jo et al. (2019)은 서울 내 공원녹지 수목의 탄소 흡수량과 저장량을 분석하였다. 평균 탄소 흡수량은 3.5 ± 0.2 t/ha/year로 연간 약 20.2 kt의 CO₂가 도시공원 내 수목에 의해 흡수되는 것으로 나타났다.

Emad Kavehei et al. (2018)은 다양한 그린인프라의 탄소 저감능력을 평가하였다. 분석은 단순히 수목만을 평가한 것이 아닌 생애 주기 평가(LCA) 방식을 사용하였으며, 연구 결과 빗물 정원이 가장 높은 탄소저감 능력을 가진 것으로 나타났다.

Strohbach et al. (2012)은 독일 라이프치히 도시 내 녹지에서 탄소 발자국을 평가하였다. DBH와 생장률을 기반으로 생체량 모델링 결과 50년간 기간 동안 최소 29 MgCO₂/ha에서 최대 218 MgCO₂/ha의 탄소 흡수를 하였을 것으로 분석되었다.

• 스페인의 도시 그린인프라 탄소 흡수 기여도 평가

연구 관련 자료들을 검색한 결과, 스페인은 국가적인 그린인프라 탄소흡수량 산정 가이드라인과 관련 연구들을 제공하고 있었다.

Ministerio para la Transición Ecológica (2024)는 스페인에서 다양한 식생 종류별 CO₂ 흡수량을 산정하기 위한 표준지침을 제시하였다. 사전 추정과 사후 추정 방식을 사

용하여 흡수량을 산정하였으며, 지침에 따르면 식생은 30년 후 약 0.3~3.4 t CO₂를 흡수할 수 있다.

De la Sota et al. (2019)은 스페인 루고에서 도시그린인프라 프로젝트(UGI project)의 기후변화 완화 가능성을 평가하였다. 스페인 농림수산부의 CO₂-eq 지침을 기준으로 계산한 연구에 따르면 연간 CO₂ 흡수량은 0.26 tC/ha로 나타났다.

Muñoz-Vallés et al. (2013)은 도시 녹지의 탄소 흡수량을 광합성 성능과 수분 사용 효율을 기반으로 평가하는 연구를 진행하였다. 연구에 따르면 스페인 도시 녹지는 월평균 0.97 t CO₂/ha를 흡수하는 것으로 나타났다.

- 중국의 도시 그린인프라에 대한 탄소흡수량 평가

중국도 도시에서의 그린인프라의 탄소흡수원으로서의 역할과 효과를 제시하는 연구를 진행하고 있다. 탄소흡수량 측정 방법을 다양하게 적용해보고자 하며, 단일 도시가 아닌 35개 도시를 대상으로 연구한 사례도 있는 등 다양한 측면에서 연구가 진행되고 있다.

Shi et al. (2023)은 중국 시안의 도시 녹지 패턴이 탄소 흡수에 미치는 영향을 분석하였다. CASA 모델과 원격 감지 데이터를 이용하여 분석하였으며, 연구에 따르면 전체 녹지의 연간 총 생산량(NPP)은 4.11 MtC이다.

Zhao et al. (2023)은 도시 내 공공녹지의 탄소 흡수와 저장 능력을 분석하였다. 샘플 플롯 측정, 동화법, 미기후적 방법, 원격 센싱 등 다양한 측정 방법으로 탄소 흡수량을 평가하여 방법 간 차이를 비교하였다.

Zhang et al. (2022)은 중국 도시 녹지공간이 탄소 흡수원인지 배출원인지 확인하는 연구를 수행하였다. 연구 결과, 교목과 관목은 각각 11,972.08 MgCO₂e/ha와 5,758.07 MgCO₂e/ha를 흡수하는 것으로 나타났다.

Chen (2015)은 중국 35개 주요 도시 그린인프라의 탄소 흡수능력이, 도시의 배출량을 얼마나 상쇄할 수 있는지 분석하였다. 현장 조사와 생물량 방정식을 이용하여 추정하였으며, 연구에 따르면 총 탄소 저장량은 약 1,870만 톤이며, 연간 탄소 흡수량은 1.895백만 톤 수준이다.

- 그린인프라의 탄소중립 기여도에 대한 연구

그린인프라의 탄소중립 기여도나 시민들의 인식을 확인하기 위해 시민들을 대상으로 설문조사를 수행하거나, 다른 국가 도시와의 비교를 통해 각 도시별 그린인프라의 효과가 얼마나 되는지 비교 평가한 연구가 있다.

Lampinen et al. (2022)은 도시 그린인프라에 대한 인식을 연구하였다. 설문조사를 통해 그린인프라가 탄소중립에 얼마나 기여할 것 같은지 질문하는 형식으로 연구가 수행되었으며, 이 과정에서 탄소 흡수량에 대한 구체적인 데이터는 제공하지 않았다.

Velasco et al. (2016)은 싱가포르와 멕시코시티에서 녹지가 CO₂ 흡수원으로 활용 가능한지와 얼마나 효과가 있는지 분석하였다. 분석을 위해 에디 공분산 방법을 활용하였으며, 연구 결과, 멕시코시티는 매일 약 1.5 Mg/km² CO₂ 를 흡수하고, 싱가포르는 토양 호흡으로 인해 CO₂ 를 방출하는 것으로 나타났다.

[표 2-7] 그린인프라의 탄소흡수 관련 논문의 주제와 주요 내용

주제유형	논문정보	세부주제	결과	측정방법
도시 녹지 및 조경 수목의 탄소흡수 잠재력 평가	Jin et al. (2023)	중국 정저우의 주요 조경 수종의 탄소 흡수 잠재력 분석	포플러 등 주요 수종이 높은 흡수 잠재력을 보유	LCpro SD 장비로 동화량 계산
	Ariiluoma et al. (2021)	헬싱키 주거지 정원의 녹지 탄소 흡수와 저장 잠재력 평가	나무가 50년 동안 약 38톤 CO ₂ 흡수, 바이오차 사용 시 208톤 CO ₂ 저장 가능	i-Tree 도구 사용
	Choi et al. (2021)	그린인프라의 기후변화 적응 및 완화 효과 검토	그린인프라가 탄소 흡수와 저장에 중요한 역할을 함	나무 DBH와 높이로 흡수량 계산
	Lahoti et al. (2020)	도시 녹지의 식생 구조와 종 다양성, 탄소 흡수 능력 평가	도로변 녹지의 생물량은 334.61 t/ha	DBH와 높이를 이용한 비파괴 생물량 추정
	Jo et al. (2019)	서울 도시공원의 수목 탄소 흡수량 및 저장량 평가	평균 흡수량 3.5 ± 0.2 t/ha/year, 연간 흡수량 20.2 kt CO ₂	DBH와 종별 탄소 모델 사용
	Emad Kavehei et al. (2018)	다양한 녹색 기반시설의 탄소 저장 잠재력 평가	빗물 정원이 가장 높은 탄소 저장 효과	생애 주기 평가(LCA) 방식 사용
	Strohbach et al. (2012)	독일 라이프치히의 도시 녹지 공간의 탄소 발자국 평가	50년간 최소 29 MgCO ₂ /ha에서 최대 218 MgCO ₂ /ha 흡수	DBH와 성장률 기반 생체량 모델 사용
스페인의 도시 그린인프라 탄소흡수 기여도 평가	Ministerio para la Transición Ecológica (2024)	스페인 그린인프라와 산림의 탄소 흡수량을 위한 지침 제시	특정 식생이 30년 후 약 0.3~3.4 t CO ₂ 흡수 가능	사전 추정과 사후 추정 방식 사용
	De la Sota et al. (2019)	스페인 루고에서 UGI 프로젝트의 기후변화 완화 가능성 평가	연간 CO ₂ 흡수량 0.26 tC/ha	농림수산부의 CO ₂ -eq 지침을 기준으로 계산
	Muñoz-Vallés et al. (2013)	도시 녹지의 탄소 흡수 기능을 식물별 특성에 따라 평가	스페인 도시 녹지가 월평균 0.97 t CO ₂ /ha 흡수	광합성 성능과 수분 사용 효율 기반 산출
중국의 도시 그린인프라에 대한 탄소흡수량 평가	Shi et al. (2023)	중국 시안 지역의 도시 녹지 경관 패턴과 탄소 흡수 상호작용 분석	전체 녹지의 연간 총 NPP는 4.11 MtC, 진링 산맥 생태 보호 구역이 높은 탄소 흡수량 기록	CASA 모델과 원격 감지 데이터 사용
	Zhao et al. (2023)	도시 공공 녹지 공간에서의 탄소 흡수와 저장 기능 분석	다양한 방법으로 탄소 흡수량 평가	샘플 플롯 측정, 동화법, 미세기후학적 방법, 원격 센싱 등
	Zhang et al. (2022)	중국 도시 녹지공간이 탄소 흡수 원인지 배출원인지 평가	나무와 관목이 각각 11,972.08 MgCO ₂ e/ha, 5,758.07 MgCO ₂ e/ha 흡수	현장 조사 및 모델 시뮬레이션
	Chen (2015)	중국 35개 주요 도시의 그린인	총 탄소 저장량 약 1,870만 톤 CO	현장 조사와 생물량 방정

주제유형	논문정보	세부주제	결과	측정방법
그린인프라의 탄소중립 가능성에 대한 평가		프라가 탄소 배출 상쇄에 미치는 영향 분석	2, 연간 격리량 1.895백만 톤	식 사용
	Lampinen et al. (2022)	도시 그린인프라에 대한 주민 인식 연구	탄소 흡수량에 대한 구체적인 데이터는 없음	주민 인식에 대한 조사
	Velasco et al. (2016)	싱가포르와 멕시코시티에서의 녹지의 탄소 흡수 및 배출 분석	멕시코시티는 매일 약 1.5 Mg/km ² CO ₂ 흡수, 싱가포르는 순방출	에디 공분산(EC) 방법으로 CO ₂ 흐름 측정

출처: 16개 논문을 참고하여 연구진 작성

□ 탄소흡수 관련연구에서의 그린인프라 정보 활용현황

검토한 16개 논문을 그린인프라 정보 활용에 대한 관점으로 유형화 하면, 산림 및 식생 유형, 탄소흡수 관련지표, 식물 개체에 관한 정보, 토양 등 환경조건, 녹지면적, 목재 및 바이오매스 정보로 분류할 수 있다. 이 유형들은 개별 논문마다 다르게 적용되고 있지는 않았으며, 그린인프라 정보의 종류를 도출하는데 초점을 맞추고 있다.

• 산림 및 식생 유형

산림 및 식생의 유형은 그린인프라의 탄소 흡수량을 산정하는데 중요한 요소이다. 검토된 논문들의 결과를 보면 산림의 유형에 따라 탄소 흡수량이 달라지며, 침엽수림, 활엽수림, 혼효림 등의 산림 유형별로 구분하여 연구를 진행하고 있다. 산림 및 식생유형별 교목 밀도와 수관 면적 등의 지표는 산림의 탄소 흡수량 평가에 빈번하게 사용되는 것을 확인할 수 있다.

• 탄소흡수 관련 지표

탄소흡수 관련 지표는 그린인프라의 탄소 흡수량을 정량적으로 산정하기 위해 도출된 데이터이다. 주요 지표로는 CO₂ 흡수량, 바이오매스 확장계수(BEF), 뿌리함량비(R), 탄소전환계수(CF) 등이 제시되고 있다. 탄소흡수량을 산정하는 논문들에서 이들 지표는 산림과 식생이 얼마나 효과적으로 탄소를 흡수하고 저장할 수 있는지를 나타낸다.

• 식물 개체 및 식생 구조 정보

식물 개체 및 식생의 구조는 그린인프라의 탄소 흡수량에 직접적인 영향을 미치는 요소이다. 개별 수목의 물리적 특성인 흉고직경, 수고 등 정보와 연령 등의 정보가 포함된다. 이 같은 정보는 개체 특성과 탄소 흡수 능력 간의 관계를 분석하는 데 중요한 기준이 된다. 또한, 검토된 논문들에서 산림 또는 녹지 면적 내에서 탄소흡수량을 산정하기 위해 사용되며 식물 밀도와 개체 수 등의 정보를 추가적으로 활용한다.

- 토양 및 환경 조건

토양 및 환경 조건은 식물 생장에 영향을 미치기 때문에 탄소 흡수량에 영향을 주는 주요 요인이다. 따라서 그린인프라의 탄소흡수량 평가에도 주요한 변수로 활용되고 있다. 구체적으로는 토양의 깊이, 통기성, 기후 조건 등의 변수가 활용되는 것을 확인할 수 있다. 그린인프라의 탄소흡수량을 평가하는 몇몇 연구는 토양 및 환경 조건 변수들을 추가적으로 활용하여 탄소흡수량을 평가하고 있다.

- 도시 내 녹지 면적

도시 내 녹지 면적 정보는 그린인프라의 탄소흡수량 평가시 수목의 개체수 다음으로 중요한 요소이며, 수목의 개체수를 알 수 없을 때 가장 중요한 요소이다. 도시 내 녹지의 면적과 같은 변수가 탄소흡수량 산정 시 가장 빈번하게 사용되는 변수이며, 추가적으로 토지피복 정보 등을 이용하기도 한다. 이러한 정보들을 활용하여 그린인프라의 탄소흡수량을 계산하고 있다.

- 목재 및 바이오매스 정보

목재 및 바이오매스 정보는 산림과 나무가 직접적으로 탄소를 저장하는 부분으로, 탄소 흡수량과 저장량을 산정하기 위한 기준이 된다. 목재 밀도, 목재 부피, 건조된 목재의 탄소 함유율 등을 측정하여 수목의 탄소 흡수량이나 저장량을 정량화하는 변수로 활용할 수 있다.

[표 2-8] 그린인프라의 탄소흡수 관련 논문에서의 그린인프라 정보 유형과 세부 내용

그린인프라 정보 분류	그린인프라 정보 유형	세부내용
산림 및 식생 유형	침엽수림	침엽수를 포함한 산림 유형, 건조한 지역에서 자람
	활엽수림	활엽수를 포함한 산림 유형, 따뜻하고 습한 기후에서 자람
	혼효림	침엽수와 활엽수가 섞여 있는 산림 유형
	교목밀도	특정 면적에서 교목의 밀도, 탄소흡수능력 지표
	관목 피도	관목의 분포와 밀도, 산림의 구조와 상태 지표
탄소흡수 관련 지표	수관면적	수관이 덮는 면적, 넓을수록 탄소흡수 효과가 높음
	CO ₂ 흡수량	수종별 매년 흡수하는 CO ₂ 양, 다양한 식생의 탄소흡수 성능
	바이오매스 확장계수 (BEF)	지상 바이오매스를 전체 바이오매스로 확장하는 계수
	부리함량비 (R)	전체 바이오매스 중 뿌리 비율, 탄소 고정량 지표
	탄소전환계수 (CF)	바이오매스가 탄소로 전환되는 비율
식물 개체 및 구조 정보	흉고직경 (DBH)	나무 줄기의 1.3m 높이에서 직경, 나무의 크기와 나이 추정
	수고	나무의 높이, 성장 상태와 탄소흡수능력에 영향

그린인프라 정보 분류	그린인프라 정보 유형	세부내용
	나무 연령	나무의 나이, 연령이 높아질수록 탄소 흡수 변화
	수목 개체 수	특정 면적 내 나무의 개체 수
	크라운 커버	나무 수관이 덮는 면적, CO ₂ 흡수와 연관
	나무 직경, 높이	나무의 직경과 높이, 탄소 흡수 능력 지표
토양 및 환경 조건	토양 깊이	식물 뿌리 자라는 토양의 깊이, 탄소 고정 능력에 영향
	바이오차 밀도 및 함량	토양의 바이오차 밀도와 함량, 탄소 고정과 토양 개선 역할
	기후 조건	지역의 기온, 습도 등, 식물 성장과 탄소흡수 영향
	토양 통기성	토양 내 공기 흐름, 뿌리 발달과 탄소흡수 기능 강화
	토양 상태	토양의 물리·화학적 특성, 식물 생장에 중요한 요소
도시 내 녹지 및 이용 면적	정주지 수관면적	도시 내 거주지 수관의 총 면적, 탄소 흡수와 그늘 효과 제공
	토지이용 면적	공원, 도로변 녹지 등 도시 내 토지 사용 면적
	도시 내 녹지 면적	도시 내 모든 녹지 공간의 총 면적
목재 및 바이오매스 정보	목재 밀도 (WD)	나무의 기본 밀도, 목재의 무게와 탄소 저장량 지표
	목재 부피	나무의 부피, 개체별 탄소 저장량 기초 자료
	건조된 목재의 탄소 함유율	목재의 건조 후 탄소 함량, 탄소저장량 산정에 중요
출처: 연구진 작성		

3. 기후변화 적응을 위한 그린인프라 수요

1) 국내 기후변화 적응 관련 평가 도구

① 기후위기 취약성 평가도구(VESTAP)³⁰⁾

□ 개요

우리나라의 기후위기 취약성 평가도구 VESTAP(Vulnerability assESsment Tool to build climate change Adaptation Plan)은 지자체의 기후변화 취약성을 파악하고, 이에 따른 적응 계획을 세울 수 있도록 돕는 웹 기반 서비스이다. 2014년에 개발되어 2015년부터 광역 및 기초지자체 단위에서 사용되고 있으며, 기후 노출, 기후변화 민감도, 적응능력이라는 세 가지 요소를 바탕으로 취약성을 평가한다. VESTAP은 건강, 국토 및 연안, 농축산, 산림 생태계 등 총 7개 분야 57개의 평가 항목을 제공하며, IPCC의 취약성 평가 개념을 적용하여 각 지자체 특성에 맞춘 평가 시스템을 제공한다.

□ 취약성 평가방법³¹⁾

VESTAP은 기본적으로 지역별 기후변화 취약성을 세밀하게 분석해 지자체가 대응 방안을 마련할 수 있도록 돕는다. 이 도구는 IPCC의 기후변화 취약성 개념을 적용하여 기후 노출(Exposure), 민감도(Sensitivity), 적응능력(Adaptive Capacity) 세 요소를 결합하여 취약성을 산출한다.

기후노출은 기후 요인에 대한 지역의 노출도를 나타낸다. 즉, 기온 변화나 강수량 증가와 같은 기후 변화 요소가 해당 지역에 미치는 직접적인 영향을 산정한다. 민감도는 해당 지역의 사회적, 물리적 특성이 기후변화에 따른 영향을 얼마나 받는지를 평가한다. 인구 밀도, 기후변화 취약시설과 같은 요소가 여기에 포함된다. 적응능력은 지역 사회가 기후변화에 대응할 수 있는 능력을 의미하며, 경제적 능력과 사회기반시설의 수준이 주요 결과 산출에 영향을 미친다.

30) VESTAP. <https://vestap.kei.re.kr/welcome.do>. 2024.10.24. 접속

31) 박두선, 박보영, 정은화. 2017. VESTAP 기반 기후변화 취약성 평가 지침. 한국기후변화학회 8(4). pp.339-346

VESTAP은 이 세 요소에 각기 가중치를 두어 취약성을 수치화하는 산식을 사용한다.

$$\text{취약성} = (\alpha \times \text{기후노출}) + (\beta \times \text{민감도}) - (\gamma \times \text{적응능력})$$

이 산식에서 가중치인 α , β , γ 는 각 지역의 특성과 필요에 맞게 조정된다. 이를 위해 전문가 대상의 AHP(Analytic Hierarchy Process) 분석을 하여 각 가중치를 산정할 수 있게 하였다. 뿐만아니라 평가항목별 기후노출, 민감도, 적응능력 분석 방법 또한 AHP 분석을 통해 산정하였다.

예를 들어 폭염 부문의 건강 취약성 평가는 총 19개 지표를 이용하여 산정된다. 먼저, 기후 노출 요인은 해당 지역이 폭염에 노출되는 정도를 측정하기 위한 지표들로 구성된다. 폭염 지속 기간 지수(HWDI), 일일 최고기온 연평균, 일 최고기온 33℃ 이상 일수, 일 최저기온 25℃ 이상 일수와 같은 지표들이 사용된다. 이 중 일 최고기온 33℃ 이상 일수는 가중치가 0.26으로 높게 설정되어 폭염 강도와 빈도 전반적인 평가결과에 중요한 영향을 미치고 있다. 즉, 해당 지역에서 폭염이 발생하는 빈도와 강도가 클수록 건강상의 위험이 높아질 수 있음을 나타낸다.

민감도는 폭염에 따른 영향을 많이 받는 인구 특성에 따라 설정된다. 주요 지표로 65세 이상 인구 비율, 독거노인 비율, 심혈관 질환 사망자 수 등이 사용되며, 이는 지역 내 인구 중 폭염에 대한 취약 계층이 얼마나 많은지 추정하는 지표이다. 예를 들어, "65세 이상 인구 비율"은 가중치가 0.20으로 설정되어 있어 고령화 정도가 높은 지역일수록 폭염 취약성이 높은 것으로 나타나게 된다. 이는 고령 인구가 폭염에 노출될 경우 건강 문제가 나타날 가능성이 높은 점을 반영한 것이다.

적응능력 요인은 해당 지역이 폭염 발생시 이에 대해 얼마나 효과적으로 대응할 수 있는지 나타내는 지표들로 구성된다. 의료 및 사회복지 서비스 비율 대비 GRDP 비율, 건강보험 가입률, 공공 보건소 인력 비율 등 지표로 구성되어 있다. "지자체 재정 자립도"와 "지역 총생산(GRDP)" 지표는 가중치가 0.21로 높게 설정되어 있어, 지역의 경제적 능력이 폭염에 대한 적응에 중요한 영향을 미치는 것으로 가정했음을 확인할 수 있다.

[표 2-9] 폭염에 의한 건강 취약성 평가 지표와 가중치

요소	지표	가중치
기후 노출	폭염 지속 기간 지수 (HWDI)	0.15
	일일 최고기온 연평균	0.11
	일 최고기온 33℃ 이상 일수	0.26
	일 최저기온 25℃ 이상 일수	0.1
	체감온도 (AT)	0.13

요소	지표	가중치
민감도	일일 평균 상대습도	0.1
	불쾌지수	0.15
	14세 이하 인구 비율	0.1
	65세 이상 인구 비율	0.2
	국민 기초 생활 보장 수급자 비율	0.1
	독거노인 비율 (65세 이상)	0.2
	심혈관 질환 사망자 수	0.16
적응 능력	열사병/일사병 사망자 수	0.24
	의료 위생 및 사회복지 서비스 비율 대비 GRDP 비율	0.16
	건강보험 가입률	0.1
	공공 보건소 인력수 대비 인구 비율	0.12
	응급 의료 센터 수 대비 인구 비율	0.12
	지자체 재정 자립도	0.21
	지역 총생산 (GRDP)	0.21

출처 : 박두선, 박보영, 정은화. 2017. VESTAP 기반 기후변화 취약성 평가 지침. 한국기후변화학회 8(4). p.341

□ 취약성 평가를 위한 그린인프라 지표³²⁾

VESTAP에서 사용하는 지표는 총 529개이며, 이 중 그린인프라와 연관된 지표는 29개 정도로 선별할 수 있다. 취약성 평가를 위해 사용되는 그린인프라 관련 지표는 대부분 면단위 지표임을 확인할 수 있으며, 도시 내 그린인프라 관련 지표는 산림 관련 지표에 비해 매우 적음을 확인할 수 있다.

[표 2-10] 취약성 평가를 위한 그린인프라 지표 및 적용부문

번호	그린인프라 지표	적용부문
1	침엽수 목재 생산량	기후변화 민감도
2	침엽수 임산부산물 생산량	기후변화 민감도
3	침엽수림 면적	기후변화 민감도
4	클로로필-a 농도	기후변화 민감도
5	활엽수림 면적	기후변화 민감도
6	1인당 녹지면적	적응능력
7	국립공원 면적 증감	적응능력
8	병해충 발생면적	적응능력
9	병해충 방제 면적당 소나무림 비율	적응능력
10	병해충 피해 벌채면적	적응능력
11	산림 방재 면적	적응능력
12	침엽수 재배 면적	적응능력
13	침엽수 조림 면적	적응능력
14	국립공원 내 경관 자원 수	기타
15	국토 면적 중 산림 면적	기타
16	산림 면적	기타
17	산림 밀도	기타

32) VESTAP.https://vestap.kei.re.kr/member/base/board/reference/list.do?_csrf=ac269490-6a2a-41ff-b8e8-cc51af360e88. 2024.10.24. 접속 (로그인 후 열린마당 내 자료실 “VESTAP 구성된 총 529 개의 지표DB 항목 자료” 파일 참조)

번호	그린인프라 지표	적용부문
18	산림 피해 면적	기타
19	습지 보호지역 면적	기타
20	임상	기타
21	임상 별 임목 축적	기타
22	임상 영급 (소나무 수령)	기타
23	침엽수림 임목 축적량	기타
24	침엽수림의 능선에서 부터의 거리	기타
25	행정구역 면적 별 하천 면적 비율	기타
26	행정구역 면적별 침엽수림 식생면적 비율	기타
27	행정구역 면적별 혼효림 식생면적 비율	기타
28	행정구역 면적별 활엽수림 식생면적 비율	기타
29	혼효림 임목 축적량	기타
출처		VESTAP. https://vestap.kei.re.kr/member/base/board/reference/list.do?_csrf=ac269490-6a2a-41ff-b8e8-cc51af360e88 . 2024.10.24. 접속 (로그인 후 열린마당 내 자료실 “VESTAP 구성된 총 529개의 지표DB 항목 자료”파일 참조)

② 국가 기후변화 리스크 진단³³⁾

□ 개요

기존의 기후변화 대응 전략은 주로 온실가스 감축을 목표로 한 완화(mitigation) 중심이었으나, 최근에는 적응(adaptation) 전략의 중요성이 강조되고 있다. 기후변화로 인한 극한 기상 현상, 예를 들어 폭염, 홍수, 가뭄, 태풍 등 재해의 빈도와 강도가 증가하고 있으며, 이에 대해 정부는 국가 기후변화 적응대책의 강화를 위해 리스크 진단 방법 마련 연구를 수행하였다. 기후변화 리스크에 대한 객관적 진단에 근거하여 기존의 기후변화 적응 관련 예산집행 수준, 성과목표 달성여부 등과 같은 이행여부 기반의 성과진단 및 평가에서 탈피하여 실효성있는 기후변화 적응대책 수립을 도모하였다.

□ 부문별 주요 내용

국가 기후변화 리스크 진단과 관련하여 물관리 부문, 생태계 부문, 국토/연안 부문, 농수산 부문, 건강 부문, 산업/에너지 부문의 총 여섯 가지 부문을 다루고 있다. 물관리 분야에서는 주로 폭우, 가뭄, 수질 악화 등의 기후변화에 의한 영향과 이에 대한 리스크를 진단하기 위한 연구가 진행되고 있다. 특히, 홍수와 같은 리스크는 확률론적 접근으로 평가되고 있다. 다만, 자료가 충분하지 않은 가뭄과 같은 부문의 리스크는 다른 방식의 평가가 필요한 것으로 정리하고 있다.

33) 환경부. 2022. 국가 기후변화 리스크 진단 방법 마련 연구

생태계 부문에서는 기온 상승, 강수량 증가와 같은 기후변화 영향이 식물 및 동물의 분포에 미치는 영향을 주로 다루고 있다. 또한, 이 같은 영향을 정량적으로 분석하여 평가하기 위한 방법론에 초점이 맞추어져 있다. 국토/연안 부문에서는 강우분포와 해수면 상승과 같은 기후변화 영향이 야기하는 관련 리스크를 확률론적 모델을 통해 분석하는 연구들이 다수 수행되고 있다.

농수산 부문은 작물 생육, 가축 스트레스와 관련된 리스크를 다루며, 기상과 작물 품질 간의 관계를 분석하는 연구가 주로 진행되었다. 건강부문에서는 폭염이나 대기오염이 건강에 미치는 영향을 온열질환과 호흡기 질환의 형태로 연구하고 있다. 마지막으로 산업/에너지 부분에서는 기후변화로 인한 에너지 수요와 관련된 리스크 분석이 주를 이루고 있다.

□ 기후변화 리스크와 그린인프라

그린인프라는 국토·연안, 물관리 부문에서 기후변화 리스크에 대한 적응수단으로 사용되고 있다. 뿐만아니라 생태계 부문에서는 그린인프라 자체가 기후변화에 위협받는 요소이면서 기후변화에 대응할 수 있는 수단으로 제시되고 있다. 연구에서는 ‘그린인프라’ 및 ‘녹지’의 형태로 그린인프라를 기술하고 있다.

국토·연안 부문에서는 폭우와 폭염에 대응할 수 있는 수단 중 하나로 그린인프라를 제시하고 있다. 폭우는 저지대 침수, 주거지역 비탈면 붕괴(산사태), 도시침수 등 다양한 부문의 문제를 다루고 있으며, 특히 침수와 관련된 문제에서 그린인프라의 활용성이 높게 나타난다. 관련 선행연구로 그린인프라와 홍수저감 효과를 입증하는 다양한 연구를 제시하고 있으며, 이에 따르면 홍수피해 예측을 위한 통계적 모델과 시뮬레이션 모델에 투입 변수로 그린인프라가 모두 활용되고 있다. “(L03) 폭우, 해일, 파랑, 해수면 상승으로 인한 연안지역 침수범람 위험 증가”, “(L05) 폭우로 인한 도시 침수 피해 증가” 등 국토연안 부문의 기후변화 리스크 항목의 적응대책으로 그린인프라 활용 및 그린인프라 정책 지표를 제안하고 있다.

[표 2-11] 국토연안 부문 리스크 및 중점리스크

코드	리스크명
L01	폭우로 인한 저지대 침수 위험 증가
L02	폭우로 인한 주거지역 비탈면 붕괴위험성 증가
L03	폭우, 해일, 파랑, 해수면상승으로 연안지역 침수범람 위험 증가
L04	파랑 및 해수면상승으로 인한 백사장, 사구, 연안, 갯벌, 수림지의침식
L05	폭우로 인한 도시 침수 피해 증가
L06	폭우, 폭설로 인한 육상교통 운행 중단 및 사고 증가
L07	기온변동성 증가로 인한 포장도로 조기파손 현상 증가
L08	폭염으로 인한 철도레일 변형 및 탈선위험 증가
L09	이상 기상 현상(강풍, 폭우, 폭설)로 인한 항만시설, 공항 시설물의 파손 및 운영 정지
L10	이상 기상 현상(폭우, 강풍, 폭설, 폭염)으로 인한 전기/통신시설 피해 증가
L11	강우패턴 변화로 인한 배수시설 기능저하
L12	폭설, 강풍으로 인한 노후 불량 건축물 파손 증가
L13	폭염으로 인한 주거 지역 열 스트레스 증가
L14	해일, 강풍, 파랑, 해수면상승으로 인한 연안시설물 피해 증가

출처 : 환경부, 2022. 국가 기후변화 리스크 진단 방법 개발 연구. p.152

폭염과 관련해서는 철도레일 변형 및 탈선위험, 전기 및 통신시설 피해, 주거 지역 열 스트레스, 온열질환 증가와 같은 리스크가 다루어지고 있다. 이 중 “(L13) 폭염으로 인한 주거 지역 열 스트레스 증가”, “(H13) 폭염에 의한 온열질환증가”는 그린인프라 요소를 평가지표 및 대응수단으로 직접적으로 제시하고 있다. 폭염 리스크를 평가하기 위한 지표와 폭염에 대한 대응책으로 건강 부문 1인당 녹지면적, 가로수 수, 옥상녹화 비율 등을 제시하고 있다. 즉, 녹지면적이 클수록, 가로수가 많을수록, 옥상녹화 비율이 높을수록 폭염에 대한 대응능력이 뛰어나다고 볼 수 있다.

[표 2-12] 건강 부문 리스크

코드	리스크명
H01	기온 상승에 의한 매개체 질환 증가
H02	기온 상승에 의한 수인성 질환 증가
H03	기후·환경 변화로 인한 신종 감염병 발생 증가
H04	대기오염에 의한 심뇌혈관계 질환 증가
H05	기온 상승에 의한 심뇌혈관계 질환 증가
H06	기온변동폭 증가로 인한 심뇌혈관계 질환 증가
H07	기상재해로 인한 정신건강 질환 증가
H08	대기오염에 의한 호흡기계·알레르기 질환 증가
H09	대기오염에 의한 정신건강 질환 증가
H10	기온 상승에 의한 호흡기계·알레르기 질환 증가
H11	폭염에 의한 정신건강 질환 증가
H12	폭염에 의한 신장질환 증가
H13	폭염에 의한 온열질환 증가

출처 : 환경부, 2022. 국가 기후변화 리스크 진단 방법 개발 연구. p.210

생태계 부문은 대부분의 것들이 그린인프라와 연관되어 있다. 산림, 임산물, 생물종, 보호식물 등 그린인프라 관련 요소들이 연관되어 있으며, 생태계 부문에서의 그린인프라는 기후변화에 의해 위협받는 요소이며 동시에 기후변화에 대응하기 위한 수단으로써 다루어진다. 생태계 부문 리스크 평가 및 대응을 위한 요소에는 혼효림 면적, 활엽수림 면적 등 그린인프라 관련 요소가 반영되어있다. 다만, 생태계 부문에서 다루거나 대응하고자하는 그린인프라 요소는 다른 부문과는 달리 대부분 도시 내 그린인프라가 아닌 산림 및 하천과 관련되어있다.

[표 2-13] 생태계 부문 리스크

코드	리스크명
E01	기온 상승 및 강수량 증가로 인한 식물 (종, 군락, 식물계절, 분포) 변화
E02	기온 상승 및 강수량 변동으로 인한 아고산대(종, 생육, 분포) 변화
E03	기후변화에 의한 외래 종(육상동물, 육상식물, 해양 외래 생물 등) 증가 및 질병 증가
E04	기후변화에 의한 멸종위기종 및 희귀/보호종 감소
E05	이상 기후로 인한 생물 종 및 개체수 증가
E06	가뭄 및 기온상승으로 인한 산림의 탄소 흡수량 감소
E07	기후변화로 인한 임산물 피해
E08	기온 상승 및 강수량 증가로 인한 척추·무척추 동물의 개체수 감소 및 서식지 축소
E09	기온 상승 및 강수량 변화에 따른 담수 생물(동물, 식물) 개체 수 감소 및 서식지 축소
E10	기온 상승으로 인한 산림 생물(아고산 식생, 침엽수, 보호식물 등 포함) 서식지 변화
E11	극한기상에 의한 생태계 변화
E12	기온 상승 및 강수변동, 가뭄으로 인한 토양 미생물 변화
E13	폭우 및 가뭄으로 인한 산림 계류수의 변화
E14	기온 상승 및 해수면 상승으로 인한 도서 생태계 변화
E15	기후변화로 인한 습지 면적 감소, 육화 및 생물상 변화
E16	강우 패턴 변화 및 해양산성화로 인한 연안 및 하구역, 해양생태 환경 변화 및 피해
E17	해수면 상승으로 인한 조간대 및 하구생태계 변화
E18	폭우 및 가뭄으로 인한 산림재해(산사태, 산불 등) 발생 증가 및 대형화

출처 : 환경부. 2022. 국가 기후변화 리스크 진단 방법 개발 연구. p.130

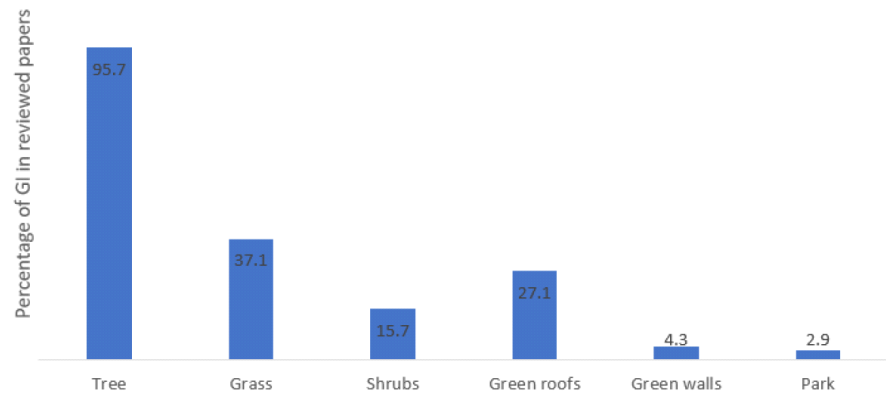
2) 기후변화 적응을 위한 그린인프라 활용 연구

□ 기후변화 적응과 그린인프라³⁴⁾

그린인프라는 기후변화 피해 중 폭염에 대한 대응능력을 제고하기 위한 수단으로 많이 사용되고 있다. 산림이나 공원 및 녹지와 같은 규모가 큰 면적 그린인프라 뿐만 아니라 옥상녹화나 초지와 같은 작은 면적 그린인프라와 개별 수목, 관목과 같은 점적 그린인프라

34) Almaaitah. 2021. The potential of Blue-Green infrastructure as a climate change adaptation strategy a systematic literature review. Blue-Green Systems 3(1) 223-248

라 또한 폭염 피해 완화 효과가 있는 것으로 연구 결과들이 제시되고 있다. 특히 도시에
서 더 이상의 면적 그린인프라를 확보하는 것은 어렵기 때문에 상대적으로 추가적인 수
단으로 활용하기 용이한 수목, 옥상녹화 등이 많이 연구되는 있다.



[그림 2-7] 75개의 논문 중 도시 폭염 완화를 위한 수단의 제시 비율

출처: Balany, 2020. Green Infrastructure as an Urban Heat Island Mitigation Strategy—A Review. *Water* 12(3577). p. 6

공원이나 녹지와 같은 면적 그린인프라의 폭염 감소 효과와 더불어 개체목 수준의 그린
인프라 효과가 구체적으로 연구되고 있다. 나무의 추가 식재는 대기온도를 0.6℃까지 감
소시키고 아스팔트의 표면온도를 15℃까지 감소시킨다는 연구(Tsoka et al., 2018), 수
목의 알베도나 입면적밀도(LAD; Leaf Area Density), 수관 형태 등이 냉각효과에 영향
을 미친다는 연구(Shinzato et al., 2019), 수관의 잎 밀도가 MRT(Mean Radiant
Temperature)나 PET 감소에 영향을 미친다는 연구(Yahia et al., 2018) 등 다양한 개
체목 단위 혹은 더 높은 해상도의 결과가 제시되고 있다.

그린인프라를 활용한 도시 내 기후변화 적응 효과는 환경부의 국가 기후변화 리스크 진
단에서 보듯 홍수와 열섬 피해 완화에 초점이 맞추어져 있다. 그린인프라의 기후변화 적
응효과 중 열섬현상과 물관리 및 홍수 피해에 대응하는 효과에 초점을 맞추어 기존 연구
들을 정리할 수 있다(Almaaitah et al., 2021). 또한, 그린인프라 유형에 따라 기후변화
적응을 위한 그린인프라의 적용규모를 정리할 수 있다. 정리된 바에 따르면 복합적인 그
린인프라 요소를 포함하는 다양한 그린인프라(Various green infrastructure)와 같은
요소를 제외하고 옥상녹화, 연못, 호수, 강, 옥상녹화, 교목, 잔디, 저수지, 녹지, 저습지,
저류지, 모듈형 트레이 기반 옥상녹화, 침투형 도랑, 하이브리드 그레이-그린인프라, 분
수 등 15가지의 그린인프라 유형을 제시하고 있다.

연구에 따르면 옥상녹화는 식물과 옥상 위 토양의 빗물 저장능력을 이용하여 우수의 배출 속도를 낮춤으로써 하수 시스템의 부담을 덜어주고 홍수 위험을 완화하는 기능을 한다. 저수지나 연못 등은 빗물을 일시적으로 저장해 침투 유출량을 감소시키고, 수분의 증발을 통한 냉각 효과로 도시열섬현상 완화 효과 또한 나타난다. 침투형 도랑의 경우 식생이 자라는 좁은 통로로 빗물을 전달하며 침투와 침전물 여과를 도움으로써 홍수 위험을 낮추는 효과가 있다. 또한 기존 그린인프라 뿐 아니라 하이브리드 시스템으로 그린-그레이 인프라를 연계하여 기후변화의 영향에 더 효과적으로 대처하는 방식이 제시되고 있다. 이 시스템은 도시 지역의 물과 열 피에 대응 수요를 동시에 해결하며, 도시의 기후변화 대응능력을 기존보다 개선시킬 수 있음을 강조하고 있다.

[표 2-14] 그린인프라의 기후변화 적응효과 및 그린인프라의 적용 규모

그린인프라 유형	적응 효과		적용 규모*			출처
	열섬	물관리·홍수	소규모	중규모	대규모	
빗물저금통 및 옥상녹화		○		○		Rozos et al. (2013)
다양한 그린인프라	○	○		○	○	Voskamp & Van de Ven (2015)
연못, 호수 및 강	○				○	Žuvela-Aloise et al. (2016)
다양한 그린인프라	○			○	○	Gunawardena et al. (2017)
옥상녹화		○		○		Toran (2016)
옥상녹화		○		○		Shafique et al. (2016)
옥상녹화	○			○		Shafique & Kim (2017)
다양한 그린인프라		○				O'Donnell et al. (2017)
다양한 그린인프라	○	○				Skjeldrum & Kvande (2017)
교목과 관개 잔디	○			○		Broadbent (2018)
저수지	○				○	Wu et al. (2018)
옥상녹화	○			○		Cirkel et al. (2018)
녹지, 옥상녹화, 저습지, 투과성 포장, 저류지 및 혼합 그린인프라		○			○	Versini et al. (2018)
모듈형 트레이 기반 옥상녹화		○	○			Campisano et al. (2018)
다양한 그린인프라	○	○				Thorne et al. (2018)

그린인프라 유형	적응 효과		적용 규모*			출처
	열섬	물관리·홍수	소규모	중규모	대규모	
다양한 그린인프라	○	○			○	loja et al. (2018)
호수	○				○	Wu et al. (2019)
빗물 저장통, 생물 유지 셀, 저습지, 침투 도랑		○			○	Ghofrani et al. (2019)
저류 연못, 임시 저장 구역, 옥상녹화, 저습지, 도랑		○			○	Sörensen & E m i l s s o n (2019)
그린인프라		○			○	Liu et al. (2019)
하이브리드 그레이-그린인프라		○			○	Bakhshipour et al. (2019)
다양한 그린인프라	○	○			○	Mulligan et al. (2019)
연못 및 잔디	○				○	Fung & Jim (2020)
하이브리드 그레이-그린인프라		○			○	Kozak et al. (2020)
잔디, 나무 및 분수	○				○	Lehnert et al. (2021)
모듈형 트레이 기반 옥상녹화		○		○		Campisano et al. (2021)
다양한 그린인프라		○				Casiano Flores et al. (2021)
다양한 그린인프라	○	○				Toxopeus & Polzin (2021)
다양한 그린인프라	○	○				Amaral et al. (2021)
다양한 그린인프라	○	○				Mumtaz (2021)
다양한 그린인프라		○				S u l e i m a n (2021)
다양한 그린인프라		○				O'Donnell et al. (2021)

(*소규모: 실험실 규모, 중규모: 작은 건물 및 가로 규모, 대규모: 지역 규모)

출처 : Almaaitah. 2021. The potential of Blue-Green infrastructure as a climate change adaptation strategy a systematic literature review. Blue-Green Systems 3(1) 223-248. pp. 241-243

4. 소결

□ 기후변화 완화와 그린인프라 정보

국가의 탄소중립 목표 달성을 위한 기본계획에서 그린인프라는 저탄소 국토 조성 및 탄소흡수원 확충, 산림·해양·습지의 복원 및 신규 흡수원 확대 등의 다양한 과제를 통해서 제시되고 있었다. 건물 부문에서는 에너지 성능 강화, 그린 리모델링, 탄소배출 공간 지도 구축 등을 통한 탄소 중립화 전략이 진행 중이었다. 흡수원 부문에서는 정주지 온실가스 감축 전략을 위한 시도가 이제 시작되고 있었고, 그린인프라는 탄소흡수원인 토지이용 패턴에 해당하고 있다.

도시 및 정주지 탄소중립 지원사업이 건물부문 세부과제로 추진되고 있다. 탄소공간지도 시스템을 통해 도시 단위의 탄소흡수원 시각화를 구축하며, 산림 유형별 흡수량 산정을 위한 임상도 등의 그린인프라 정보가 활용되고 있다. 정주지 온실가스 배출 및 흡수 통계 산정 체계는 연구로 진행되고 있으며, 도시 녹지와 산림을 대상으로 탄소흡수량을 계산하기 위한 방법론을 구축하고 있다.

흡수원 부문에서는 산림 흡수원 보전과 확충을 위한 사업들과 환경부의 토지이용·토지이용변화 MRV 구축사업이 추진 중인 것으로 나타났다. 이 사업들은 대부분이 산림청에서 추진하는 사업으로서 조림사업이 중심을 이루고 있다. 환경부의 토지이용·토지이용변화 MRV 구축 사업을 통해서 구체적인 그린인프라 정보를 구축하고, 탄소흡수량 계산에 범용적으로 활용하기 위한 방안들이 강구될 것으로 기대되고 있다. 다만, 그린인프라의 흡수원으로서 효과를 평가하기 위한 그린인프라 정보가 부족하여 충분히 활용되지 못하고 있는 것으로 나타났다.

도시 그린인프라의 탄소흡수 잠재력을 평가한 연구들이 국내·외에서 진행되었으며, 한국 연구에서는 서울의 도시공원 수목을 통한 탄소흡수량 평가 등 연구가 확인되고 있다. 연구들은 주로 나무의 흉고직경, 높이, 수종별 탄소흡수량 등의 정보를 활용해 탄소흡수량을 정량화하고 있다. 즉, 국내 정책에서 활용하고 있는 그린인프라 정보 이외에 추가적인 정보를 활용하고 있는 것으로 확인할 수 있다.

현재 정책은 시행초기 단계로서 탄소중립을 위한 그린인프라의 세부정보를 활용하게 될 때까지 시간이 소요될 것이다. 앞으로 정책이 발전함에 따라, 도시와 산림 등 그린인프라 유형의 특성에 맞춘 세부 정보가 수집되고 반영될 필요가 있다. 이를 위해서 그린인프라 정보를 구체화하고, 공간단위에 맞게 세분화하기 위한 노력이 요구된다.

현 시점에서 세부과제 사업들은 산림 등 대규모 그린인프라 정보를 중심으로 이루어지고 있는 것이 확인되었다. 그러나 탄소흡수 기능을 효과적으로 확장하기 위해서는 관련 연구사례에서도 봤듯이 대규모 산림 외에도 도시 녹지, 습지, 수변 공간 등 다양한 그린인프라를 아우르는 정보 체계를 마련해야 한다. 이를 통해 탄소중립 목표 달성에 기여할 수 있는 다층적이고 종합적인 그린인프라 관리가 가능해질 것이다.

	구분	유형	속성정보
기후변화 완화	정책	산림	산림면적, 임상 등
		도시숲	도시숲 면적, 위성영상 등
		녹지	수관면적, 수목개체수, 수종 등
		정주지	수관면적, 수목개체수, 수종 등
	연구	산림	임상, 식재밀도, 수관면적 등
		녹지	수관면적, 녹지면적 등
		수목	홀고직경, 수고, 수령, 개체 수 등

[그림 2-8] 기후변화 완화 정책 및 연구에서 다루는 그린인프라 유형과 속성정보

출처: 연구진 작성

□ 기후변화 적응과 그린인프라 정보

기후위기 취약성 평가도구나 국가 기후변화 리스크 진단 등 사례를 보면 기후변화 취약성 평가와 이를 기반으로 한 적응수단 마련이 중요한 과제가 된 것을 확인할 수 있다. 그린인프라는 이 같은 취약성을 완화하기 위한 대표적인 적응수단 중 하나로 자리 잡고 있으며, 특히 홍수와 폭염 같은 재난 요인에 효과적인 대응책으로 적용되고 있다. 그린인프라는 기존의 그레이 인프라와 달리, 물과 열 관리 측면에서 영향을 자연적으로 흡수하고 완화하여 기후변화 영향에 대한 지속가능한 적응이 가능하게 도와준다.

특히 홍수에 대한 대응 측면에서 그린인프라는 도시의 배수 시스템을 보완하는 역할을 한다. 집중호우 시 투수성 포장은 우수가 유출되지 않고 빠르게 지하로 침투하도록 하여 도시의 침수 위험을 줄여주며, 옥상녹화는 비를 흡수하여 침투유출량을 낮춰준다. 폭염 대응에서는 도시 내 녹지와 공원이 주변 온도를 낮추고, 열섬 현상을 완화하는 효과가 있다. 이는 도시 내 식물이 증산작용을 통해 주변의 공기를 냉각시키는 효과와 그늘을 제공하는 효과를 제공하기 때문이다.

연구에 따르면 녹지, 옥상녹화, 교목, 잔디 등 다양한 그린인프라 유형이 기후변화에 대한 적응수단으로 활용 가능하다. 실험실규모의 매우 작은 수준부터 가로, 건물단위 등 작은 규모에서도 효과를 확인하고 있다. 그러나 이와 비교해볼 때 국내 기후변화 취약성 평가를 위한 그린인프라 지표는 대부분 대규모 면적 정보들로 한정되어있으며, 그마저도 대부분 산림 분야의 데이터인 것으로 확인된다. 도시에서의 정보는 행정구역 내 면적이나, 1인당 면적 등 행정구역 단위에서의 통계치가 사용되는 경우가 많은 등 대부분의 그린인프라 정보가 낮은 면적 수준에서만 논의되고 있는 것을 확인할 수 있다.

	구분	유형	속성정보
기후변화 적응	정책	산림	산림면적, 임상 등
		녹지	1인당 녹지면적
		옥상녹화	옥상녹화 비율
		수목	행정구역 내 가로수 수
	연구	녹지	면적, 흉고직경, 수고, LAI 등
		수목	흉고직경, 수고, LAI 등
		벽면녹화	면적

[그림 2-9] 기후변화 적응 정책 및 연구에서 다루는 그린인프라 유형과 속성정보

출처: 연구진 작성

□ 그린인프라 활용의 한계 및 수요

그린인프라와 관련한 국가정책과 관련 연구를 통해서 그린인프라 정보가 어떻게 활용되고 있는지를 파악하였다. 결과를 요약해 보면, 탄소중립사회 달성을 위해 그린인프라 중 산림과 도시녹지를 주요 현황파악의 수단으로 활용하고 있다. 전반적으로 낮은 해상도의 그린인프라 정보를 활용하거나, 면단위 통계치 수준의 그린인프라 정보를 활용하고 있는 것을 확인할 수 있었다. 이는 국가 탄소중립 관련 관심도가 증가한지 오래되지 않아 이를 위한 구체적인 사업들이 시작되지 오래되지 않았고, 최근 연구들을 반영하지 못하고 있는 것일 수 있다. 향후 탄소중립사회 달성을 위해 국내·외 연구들이 제시하는 그린인프라 유형과 요소를 활용할 수 있어야 현황파악 및 대안 제시가 가능할 것이다.

	유형	유형 통합	속성정보
그린인프라 수요	산림	산림	산림면적, 임상 등
	도시숲	녹지	면적, 수관면적, 수목개체수, 수종 흉고직경, 수고, LAI
	녹지		
	정주지		
	옥상녹화	벽면녹화	면적
	벽면녹화		
	수목	수목	흉고직경, 수고, 수령, 개체 수, LAI 등

[그림 2-10] 기후변화 적응 정책 및 연구로 보는 그린인프라 수요

출처: 연구진 작성

제3장 그린인프라 데이터 현황 및 한계

1. 국내 기초데이터 및 그린인프라 데이터 현황
 2. 그린인프라 데이터 관계법
 3. 소결
-

1. 국내 기초데이터 및 그린인프라 데이터 현황

1) 분석목적

본 연구의 목적은 현재 국내에서 구축되고 있는 그린인프라 관련 데이터를 종합적으로 분석하여 향후 구축이 필요한 그린인프라 데이터 유형과 속성정보를 도출하는 것이다. 이를 위해 그린인프라 관련 데이터를 구축하고 있는 데이터 리스트를 도출하고, 각 데이터의 속성정보를 정리하고자 한다. 최종적으로, 앞서 도출한 그린인프라 관계법에서 다루고 있는 그린인프라 유형별 데이터 구축 현황을 확인하여 추가 구축이 필요한 항목을 도출하고자 한다.

2) 분석의 대상 및 방법

그린인프라 정보를 포함할 것으로 판단되는 분석대상 데이터는 공공데이터포털의 ‘공공데이터 목록개방현황’ 자료와 환경공간정보서비스³⁵⁾의 제공데이터 목록을 토대로 선정하였다. ‘공공데이터포털 목록개방현황’은 총 약 6만개의 데이터 목록을 보유하고 있으나, 동일한 항목의 데이터를 개별 지자체가 생산하는 경우가 많다. 본 연구는 데이터 분류체계 상 ‘국토관리’, ‘농축수산’, ‘환경기상’에 해당되는 데이터를 우선적으로 검

35) 환경공간정보서비스, <https://egis.me.go.kr/req/intro.do>, 2024.04.01. 접속

토하고자 하였다. 최종적으로 공공데이터포털과 환경공간정보서비스가 보유한 데이터 중 그린인프라 요소를 포함할 것으로 판단되는 23개 데이터³⁶⁾를 선정하였으며, 이 중 실제 그린인프라 정보를 포함하는 10개 데이터(임상도, 토지피복지도, 토지이용현황도, 토지이용 규제지역지구도, 도시생태현황지도, 생태·자연도, 토양도, 식생도, 산림입지 토양도, 국토환경성평가지도, 가로수 데이터, 수생태계 건강성 평가지도)를 최종적으로 선정하여 분석을 수행하였다.

3) 국내 기초데이터 현황³⁷⁾

식생의 구조(예: 수고, 흉고직경 등)와 기능(예: 건강성, 탄소흡수, 바이오매스 등)은 그린인프라스트럭처의 대표적인 속성정보로, 이를 취득하기 위해 현장조사와 더불어 분광영상데이터와 LiDAR 데이터 등의 원격탐사 데이터가 필수적으로 요구된다. 위성영상 중 그린인프라 데이터 구축을 위한 공개 데이터로 국토교통부의 국토위성영상(흑백 0.5 m 해상도, 2 m 해상도의 가시광선 및 근적외선 영역대 밴드)이 있으며, USGS의 Landsat 위성기반 분광영상과 ESA의 Sentinel 위성기반 분광영상이 있다. 미국 Planet사에서 제공하는 PlanetScope 데이터는 한정된 기간 내 연구목적으로 3m의 가시광선 및 근적외선 영역대 영상을 제공한다. USGS에서 제공하는 GEDI 데이터의 경우 LiDAR 센서로 취득된 정보를 가공하여 25m 해상도 내 높이정보(L2A)와 식생구조 정보(L2B)로 제공된다. 그 외 국내 항공업체 등에서 고해상도 항공사진, 고밀도 LiDAR 데이터, 초분광 영상 등을 수집하여 납품하고 있다.

대표적인 국내 위치공간정보(GIS)로 국토지리정보원에서 제공하는 수치지형도(1:5000-국가기본도, 1:1000-고정밀 전자지도)를 활용할 수 있으며, 임상도(산림청), 토지피복도(환경부), 도시생태현황도(서울 등)이 활용가능 데이터로 공개되어 있다.

로드뷰 또는 오픈 스트리트맵은 현장조사 없이 대상지의 가로수 등의 그린인프라스트럭처 속성정보(수종, 위치)를 조사할 수 있는 기회를 제공한다. 국내 네이버 및 다음사의 API(Application Programming Interface), 미국 구글사의 구글스트리트맵 API를 통해 도시 가로수나 그린인프라 이미지를 위치정보와 함께 다운로드하여 활용할 수 있다.

36) 임상도, 토지피복지도, 토지이용현황도, 토지이용규제 지역·지구도, 도시생태현황지도, 생태·자연도, 토양도, 식생도, 산림입지토양도, 국토환경성평가지도, 가로수 데이터, 수생태계 건강성 평가지도, 전국 보호수 표준데이터, 자연환경조사 정보, 해안선, 생태등급도, 식생평가, 습지평가, 지형평가, 내륙습지 공간 데이터 및 속성정보, 바다숲, 염습지, 용도지역지구도

37) 관련 약어표는 부록 1. 참조

[표 3-1] 국내 활용가능 GIS/위성영상 데이터 현황(계속)

데이터타입	Product	데이터 종류	제공 속성	해상도	구축 시기	구축 영역	구축 기관	제공처
위성영상	국토위성영상	분광영상데이터	흑백 (0.5 m), 컬러 (2 m) 4 bands 450-900 nm	0.5 m 2 m	동일지역 1기 운영 시 약4.6일 / 2기 운영 시 약2.3일	전국	국토교통부	국 토 지 리 정 보 원
	Landsat 8	분광영상데이터	5개 가시광선영역대 밴드와 근적외선영역 (VNIR), 2개의 단파적 외선영역대 (SWIR) 밴드, 1개의 열적외선 (TIR) 밴드	30 m	동일지역 대략 16일 간격	전 세 계	USGS	USGS
	Landsat 9	분광영상데이터	5개 가시광선영역대 밴드와 근적외선영역 (VNIR), 2개의 단파적 외선영역대 (SWIR) 밴드, 1개의 열적외선 (TIR) 밴드	30 m	동일지역 대략 8일 간 격	전 세 계	USGS	USGS
	Sentinel-2A, 2B	분광영상데이터	13개 분광 밴드 (443- 2190 nm)	10 m - 60m	동일지역 대략 10일	전 세 계	ESA	sentine ls.cope rnicus. eu
	PlanetScope	분광영상데이터	RGBNIR	대 략 3m	하루	전 세 계	Planet	Planet
	GEDI L2A, L2B	LiDAR 기반 높 이 및 식생 데이 터	높이, 식생밀도 등	25m	-	남 북 위 51.6 ° 사 이	USGS	USGS
항공사진	국내항공사진	RGB영상데이 터	RGB	도 시 지 역 0.12m, 일 반 지 역 0.25m	최초 시작은 1966년. 2010 ~ 2020년 전국 을 2년 주기로 촬영 2021년 부터는 도시 지역에 대해 0.12m 급 고해상도 영상 매년 구축	전국	국토교통부	국 토 지 리 정 보 원
국내 GIS	토지피복도	GIS 폴리곤 데 이터	토지유형 41개 항목 제공	-	대분류 토지피복지도 는 1998년, 중분류 토 지피복지도는 2000 년, 세분류 토지피복 지도는 2010부터 현 재까지	전국	환경부	환 경 공 간 정 보 서비스

데이터타입	Product	데이터 종류	제공 속성	해상도	구축 시기	구축 영역	구축 기관	제공처
	임상도	GIS 폴리곤 데이터; PDF 주제도	산림 유무, 임종, 임상, 수종, 영급, 경급, 수관 밀도 등	1:5,000 ; 1:25,000	차수에 따라 구축 시기와 해상도에 차이	전국 산림	산림청	산림공간정보서비스
	국내수치지도	GIS 폴리곤 데이터	수치지형도, DEM, 항공사진, 정사영상 등	1:5,000 ; 1:25,000	차수에 따라 구축 시기와 해상도에 차이	전국	국토교통부	국토지리정보원
	정밀도로지도	GIS 폴리곤 데이터	주요 도로 점군 데이터, 벡터 데이터(점·선·면+속성)	-	2019년 전국 고속국도, 2022년 전국 일반국도	전국 주요국도, 기타 도로	국토교통부	국토지리정보원
	수치표고모형	래스터영상	표고값	90m	차수에 따라 구축 시기에 차이	전국	국토교통부	국토지리정보원
스트리트뷰	카카오 로드뷰 (API)	로드뷰 이미지	로드뷰 위치 (위경도) 및 촬영 이미지 (촬영 연도, 촬영 방향 등의 세부 속성 포함)	-	위치마다 차이가 있을 수 있으며, 많게는 연 3회 이상부터 2년에 한 번 사이 (서울의 경우)			
	네이버 로드뷰 (API)	로드뷰 이미지	로드뷰 위치 (위경도) 및 촬영 이미지 (촬영 연도, 촬영 방향 등의 세부 속성 포함)	-	위치마다 차이가 있을 수 있으며, 많게는 연 5회 이상부터 2년에 한 번 사이 (서울의 경우)			
	구글 스트리트뷰 (API)	로드뷰 이미지	로드뷰 위치 (위경도) 및 촬영 이미지 (촬영 연도, 촬영 방향 등의 세부 속성 포함)	-	연 1~3 회			

4) 그린인프라 데이터 구축 현황

□ 임상도

임상도는 산림청에 따르면 우리나라 국토의 산림 분포 형태를 보여주는 대표적인 산림 지도로 정의하고 있다. 또한, 전국 단위로 구축하고 있으나 산림이외의 지역인 도시공원, 도시숲과 산림으로 둘러싸여있는 초지, 경작지, 하천 등은 비산림으로 구분하여 제작하고 있다.

임상도는 종이 임상도와 수치 임상도로 구분되며 종이 임상도의 디지털화를 통해 수치 임상도로 빠르고 정확한 도면 검색이 가능해졌다. 이에 따라, 정보 관리와 활용 면에서 뛰어나 각종 계획수립과 의사결정을 보다 효과적으로 지원할 수 있는 체계를 마련하였다.

토지이용, 임종, 임상, 수종, 경급, 영급, 밀도, 임분고가 속성정보에 해당한다. ‘토지이용’은 임목의 유무에 따라 임목지와 무림목지로 구분하며 비산림의 경우에는 별도로 표시한다. 임분의 생성기원에 따라 인공림과 천연림으로 ‘임종’을 구분하고 ‘임종’에 따라 최소구획면적을 차등화하여 구획한다. ‘임분’의 구성 상태에 따라 임상을 구분하고 산림에서 특정수종이 75%이상 점유하고 있을 경우에는 ‘수종’을 기입한다. 비산림의 경우에도 「임상도 현행화 제작 DB구축 작업매뉴얼」에 따라 ‘수종’을 표시한다. ‘경급’은 상층을 점유하고 있는 주 임목의 평균 흉고직경을 경급구분 기준에 따라 구분한다. ‘영급’은 10년을 한 영급으로 구분하고 ‘밀도’는 정사영상에서 수관점유 면적에 따라 3단계로 구분하였다. ‘임분고’는 주임목의 수고를 폴리곤당 3분 이상 측정하여 평균화한 값을 2m 팔각으로 표시하였다. 각 속성정보에 따른 자세한 구분기준과 수종의 분류체계는 [표 부록- 1]의 내용 같다.

토지가 무림목지와 비산림인 경우와 수종이 죽림인 경우에는 경급과 영급, 밀도, 임분고 작성을 생략한다. 또한, 치수림³⁸⁾인 경우에는 수관밀도가 낮은 소로 작성한다.

임상도는 SHP³⁹⁾파일과 PDF 파일 형식으로 데이터를 구축하여 제공하고 있으며 속성정보의 데이터는 면적인 형태로 구축하고 그린인프라와 관련된 데이터의 내용은 아래 표의 내용과 같다.

[표 3-2] 임상도 내 그린인프라 현황 및 데이터 정보

데이터명	임상도	구축 및 제공기관	산림청
법적근거	산림자원의 조성 및 관리에 관한 법률	갱신주기	5년
파일형식	SHP,PDF	구축범위	전국
속성정보	토지이용	임목지, 무림목지, 비산림	
	임종	인공림, 천연림, 무림목지/비산림	
	임상	침엽수림, 활엽수림, 혼효림, 죽림, 무림목지/비산림	

38) 치수림은 가슴높이지름 6cm 미만의 임목이 50% 이상 생육하고 있는 산림을 말한다.

39) SHP파일은 .shp로 ESRI Shapefile 포맷의 구성 파일 중 하나의 확장자이다. GIS(지리정보시스템) 어플리케이션을 사용할 때 사용하는 벡터 데이터로 점·선·면의 형태로 공간정보를 나타낸다.

수	종	인공림은 모든 수종, 천연림은 주요 수종으로 구분
경	급	인공림은 평균 흉고직경, 천연림은 상층주림목의 평균 흉고직경으로 구분
영	급	인공림은 조림년도를 고려한 임령급, 천연림은 상층주림목의 평균 임령급으로 구분
밀	도	교목의 수관점유 면적에 따라 구분
임	분 고	임관의 평균 높이에 따라 구분

출처: 조현국, (2012). 디지털 항공영상을 이용한 대축척 임상도 제작 및 갱신방법 개발 내용을 참고하여 저자재편집

□ 토지피복지도

토지피복지도는 지구표면의 모든 지형지물을 대상으로 일정한 과학적 기준에 따라 분류하고 동질의 특성을 지닌 구역을 지도 형태로 표현한 수치주제도⁴⁰⁾이다.

대분류 토지피복지도 제작 시 해상도 30m 이상의 인공위성 영상(Landsat TM, Landsat 7, Landsat 8)을 사용하였으며 촬영 마지막 연도에 해상도 1m 이상의 인공위성 영상(아리랑 2호, 아리랑 3A호)을 활용하였다. 중분류 토지피복지도 제작 시 해상도 30m 이상의 인공위성 영상(Landsat TM, Landsat ETM+)을 사용하였으며 해상도 5m 이상의 인공위성 영상(IRS-1C, IRS-1D, SPO-T)과 해상도 1m이상의 인공위성 영상(아리랑 2호, IKONOS)을 활용하였다. 세분류 토지피복도는 해상도가 1m 이상의 인공위성 영상(아리랑 2호, 아리랑 3호, 아리랑 3A호)과 항공정사영상을 활용하였다.

토지피복지도의 속성정보는 각 분류체계의 코드명과 항목, 영상명, 영상촬영일자, 용도지역, 추가정보, 환경관련시설명, 산림정보, 갱신이력, 도엽번호로 세분화되어 있다. 토지피복도의 분류체계는 대분류, 중분류, 세분류로 구성된다. 대분류는 7항목(시가화전조지역, 농업지역, 산림지역, 초지, 습지, 나지, 수역)으로 구성되어 있으며 중분류는 대분류를 22개의 항목으로 세분화하고 세분류는 중분류를 41개의 항목으로 세분화하였다[표 부록-2].

중분류와 세분류의 토지피복지도의 자료형식은 SHP파일과 PDF파일로 데이터를 구축하고 대분류 토지피복지도는 TIFF파일⁴¹⁾ 형식으로 구축한다. 속성정보의 데이터는 면적인 형태로 구축하고 있으며 토지피복지도 내의 그린인프라 데이터는 아래 표와 같다.

40) 수치주제도는 「공간정보의 구축 및 관리 등에 관한 법률」에 의하여 수치지형도를 이용하여 특정한 주제에 관하여 제작된 지도로 정의되며 토지피복지도, 생태·자연도, 식생도 등이 포함된다.

41) TIFF(Tag Image File Format) 파일은 .tif, .tiff 파일이 확장자이다. 무손실 파일 압축형식으로 파일 크기가 크며 이미지의 품질이 손실되지 않고 래스터 그래픽과 이미지 정보를 저장하는 파일 형식이다.

[표 3-3] 토지피복지도 내 그린인프라 현황 및 데이터정보

데이터명	토지피복지도	구축 및 제공기관	환경부
법적근거	자연환경보전법	갱신주기	
파일형식	SHP, PDF, TIFF	구축범위	전국
속 성 정 보	대 분 류 명	농업지역, 산림지역, 초지, 습지, 나지, 수역	
	중 분 류 명	논·밭·시설재배지·과수원·기타재배지, 활엽수림·침엽수림·혼효림, 자연·인공초지, 내륙·연안습지, 자연·기타나지, 내륙수·해양수, 자연나지, 내륙수·해양수	
	세 분 류 명	경지정리가 된 논·안 된 논, 경지정리가 된 밭·안 된 밭, 시설재배지, 과수원, 목장·양식장·기타재배지, 활엽수림·침엽수림·혼효림, 자연초지, 골프장·묘지·기타초지, 내륙습지, 갯벌·염전, 해변·강기슭·암벽·바위, 하천·호소, 해양수	
	용 도 지 역	국토이용계획상의 용도지역 명칭	
	추 가 정 보	보안지역, 옥상녹화 등 분류항목 외 추가정보	
	환 경 관 련 시 설 명	하수처리장 등 환경관련시설 정보	
	산 림 정 보	산림 내 특이사항 및 미립목지, 제지 기입	

출처: 「토지피복지도 작성 지침」을 활용하여 재편집

□ 도시생태현황지도

도시생태현황지도는 지자체의 자연 및 환경 생태적 특성과 가치를 반영한 정밀공간 생태정보지도로서 ‘비오톱 지도’라고 하고 작성 범위는 관할구역 행정경계 내부 전 지역을 대상으로 한다. 각 지역의 자연환경 보전 및 복원, 생태적 네트워크를 형성하고 토지이용 및 환경관리를 통해 환경친화적이고 지속 가능한 도시관리의 기초자료로 활용된다.

도시행태현황지도는 기본주제도⁴²⁾를 비롯하여 기본주제도의 속성자료를 종합하여 유형화한 비오톱유형도, 각 유형별 평가를 통한 등급을 도면으로 제시한 비오톱 평가도를 제시 하여야한다. 그 외 기타주제도로 유역권 분석도, 큰나무 분포도, 대경목 군락지 분포도, 대표비오톱 현황도, 우수비오톱 현황도 등을 지역 특성 및 활용을 고려하여 주제도를 제작할 수 있다.

현장조사와 기초자료를 활용하여 기본주제도를 제작하며 활용되는 기초자료의 항목은 아래 표와 같다. 기본주제도는 토지이용 현황, 토지피복 현황, 식생 현황, 동식물상을 도면화를 진행한다. 기본주제도를 분석하고 비오톱의 구조 및 생태적 특성을 파악하여 동

42) 「도시생태현황도 작성방법에 관한 지침」 제7조에 따라 토지이용현황도, 토지피복현황도, 지형주제도(경사분석도, 표고분석도, 향분석도 등), 식생도, 동·식물상주제도(식물상, 조류, 양서·파충류, 포유류, 곤충류, 어류, 저서무척추동물)을 말한다.

일하거나 유사한 비오톱들을 분류지표를 설정하여 대분류, 중분류, 소분류 형태로 유형화하고 도면화한다. 각 비오톱 유형의 가치를 중분류와 소분류 위계에서 평가하는 비오톱 유형평가와 경계가 구획된 각 비오톱의 개별적인 특성과 가치를 평가하는 개별비오톱 평가를 진행하여 도면화 한다. 비오톱 평가의 등급체계는 5개의 등급으로 평가하는 것이 원칙이며 1등급에 가까울수록 긍정적 가치가 높은 것을 의미한다. 비오톱 유형 구분과 비오톱 평가에 있어 분류지표와 평가지표를 해당 지자체의 특성에 적합하게 추가로 선정할 수도 있다.

[표 3-4] 도시생태현황지도 제작을 위해 활용하는 기초자료 목록

구분	내용	비고
기초자료	수치지형도	1:5,000 및 1:1000
	항공사진 및 위성영상	수치지형도 작성 축척에 적합
	도시계획도, 토지피복지도	토지이용현황도 참고
	생태·자연도	1:25,000
	지적도(전산자료)	산림 및 자연지역 주연부 경계참고
	건축물관리대장	비오톱 유형도 참고
	전국 자연환경조사 자료	주제도 작성 참고, 최신의 자료에 한함
	지자체 자연환경조사 자료	주제도 작성 참고, 최신의 조사자료에 한함
	수생태계 건강성 평가 자료 및 수생태계 모니터링 자료	주제도 작성 참고, 최신의 조사자료에 한함
참고자료	임상도	식생도 참고
	행정 구역도, 용도지역지구도	대상지 외곽경계 참고
	공원녹지, 보호수 및 대경목, 가로수 등에 대한 관리대장	주제도 작성 참고
	지역의 생태현황 관련 기존 조사 및 연구자료	주제도 작성 참고 및 우수 생태계지역 도출
	토지피복지도, 상세도로망도	주제도 작성 참고
	국토환경성 평가지도	생태축, 지역간 생태네트워크 연계성 검토

출처: 환경부. (2022). 도시생태현황지도 작성 안내서, 관계법과 제작지침을 바탕으로 저자 작성.

도시생태현황지도는 기본주제도의 속성정보인 토지피복현황, 토지이용현황, 지형분석(고도, 경사, 향 등)의 평균값, 현존식생현황, 동·식물상주제도와 비오톱 평가결과, 비오톱 유형을 속성정보로 구축하며 비오톱 현장조사의 내용과 수정여부를 속성정보로 구축한다. 비오톱 유형의 속성정보는 대분류 16항목, 중분류는 대분류를 세분화하여 59항목으로 구분하고 있으며 지자체에 따라 중분류를 세분화하여 소분류체계를 확립해야하

며 중분류 유형에서 추가적인 유형이 필요한 경우 새로운 유형을 추가할 수 있다. 비오톱 평가의 속성정보는 5개의 등급으로 구분하고 6개 등급 이상의 체계를 추가로 선정할 수 있다. 1등급은 인위적 영향이 없으며 자연성이 높아 대체조성이 불가능하여 보존이 필요한 비오톱이다. 2등급은 인위적 영향이 다소 있으며 훼손에 대한 예민성을 가진 비오톱으로 일정 수준의 자연성이 있어 조건부 대체가 가능하다. 3등급은 인위적 영향이 높고 예민성과 자연성이 낮아 일정기간 재생이 필요한 비오톱이다. 4등급은 인위적 영향이 매우 높아 재생 가능성이 낮은 비오톱을 의미한다. 5등급은 과도한 인위적 영향으로 순환체계가 단절되어 재생 가능성이 없는 비오톱이다.

도시생태현황지도는 SHP파일 데이터를 구축하여 제공하고 있다. 속성정보의 데이터는 면적인 형태로 구축하고 그린인프라와 관련된 속성정보는 아래와 같다. 그린인프라와 관련된 속성정보 및 제외된 속성정보의 자세한 분류체계는 [표 부록-3]과 같다.

[표 3-5] 도시생태현황지도 내 그린인프라 현황 및 데이터정보

데이터명	도시생태현황지도 (비오톱 유형도)	구축 및 제공기관	지자체
법적근거	자연환경보전법	갱신주기	5년(수시)
파일형식	SHP	구축범위	지자체 관할구역
속 성 정 보	기 본 주 제 도 (토지피복현황도)	반투수포장지, 투수포장지, 자연녹지, 수공간	
	기 본 주 제 도 (토지이용현황도)	대분류, 중분류, 소분류, 이용유형코드, 이용유형 점유율(%),	
	기 본 주 제 도 (지형주제도)	표고, 경사도, 향의 분석값	
	기 본 주 제 도 (현존식생도)	투수율, 녹지율, 녹지구조, 우점종명,종명, 수고, 흉고직경, 식피율, 우점도, 군도, 초장, 식생수직구조, 식생유형분류코드	
	기 본 주 제 도 (동·식물상주제도)	생물종명	
	비 오 톱 유 형 도	비오톱유형 분류결과(대분류-중분류-소분류) 기입	
	비 오 톱 평 가 도	비오톱유형 평가결과(I 등급, II 등급, III 등급, IV등급, V등급)기입	

출처: 「도시생태현황지도의 작성방법에 관한 지침」을 활용하여 재편집

□ 생태·자연도

생태·자연도는 산·하천·내륙습지·호소·농지·도시 등에 대하여 자연환경을 생태적 가치, 자연성, 경관적 가치 등에 따라 등급을 나타내는 수치주제도로 토지이용 및 개발계

획의 수립이나 시행 등에 활용할 수 있도록 제작한다. 생태·자연도는 「자연환경보전법」 제 30조 및 제 31조에 해당하는 자연환경조사와 정밀조사 등의 결과를 종합하여 3개의 등급과 별도관리지역으로 구분하여 제작한다. 생태·자연도의 공간적 범위는 자연환경 조사범위인 내륙, 하천, 연안, 해안이 포함되며, 자연환경조사에서는 국립공원, DMZ, 백두대간 보호지역을 제외하고 있지만 다른 조사사업으로 구축한 자료를 통하여 생태·자연도 제작에 있어서는 포함되고 있다.

생태·자연도는 식생, 멸종위기 야생생물, 습지, 지형의 항목을 평가하며 평가항목 별로 주제도를 제작하고 평가하기 위한 자료의 목록은 아래 표와 같다. 평가자료를 통해 분석하여 생태·자연도의 등급을 평가기준에 맞는 등급을 최종적으로 산정한다. 또한 각 항목의 평가 기준을 제시하고 있다. 등급이 산정된 각 항목의 평가 결과 중 가장 높은 등급을 최종적으로 생태·자연도에 반영하고 있다.

[표 3-6] 생태·자연도 제작을 위해 활용하는 평가자료 목록

평가항목	기초자료
식 생	현존식생도 및 식생보전등급, 입상도 등 식생의 현황을 파악할 수 있는 자료
멸종위기 야생생물	자연환경조사보고서(무인도서 및 습지조사보고서 포함), 겨울철 조류 동시센서스 보고서, 야생동물 실태조사 보고서, 멸종위기 야생생물 전국 분포조사 보고서, 철새도래지, 국제협약보호지역 관련 자료 등 야생생물의 현황을 파악할 수 있는 자료
습 지	전국자연환경조사보고서, 겨울철 조류 동시센서스 보고서, 야생동물 실태조사 보고서, 습지조사보고서 등 습지의 생태적 상태를 파악할 수 있는 자료
지 형	전국자연환경조사보고서, 관련 조사연구보고서 등 지형보전등급을 파악할 수 있는 자료

출처: 「생태·자연도 작성지침」을 바탕으로 재편집

생태·자연도는 식생평가·습지평가·지형평가·멸종위기 야생생물평가의 등급, 군락, 보전등급, 식생 판정 기준, 식생조사년도, 지형명, 고시번호, 도엽정보, 등급보류, 임상영급의 데이터를 속성정보를 구축하며 이를 종합 평가한 생태·자연도의 최종등급을 속성정보로 구축한다. 생태·자연도의 최종 등급은 1등급, 2등급, 3등급, 별도관리지역으로 구분된다. 1등급은 자연환경의 보전과 복원이 가능한 지역을 의미한다. 2등급은 자연환경의 보전과 개발·이용에 따른 훼손을 최소화해야 하는 지역이다. 3등급은 1등급과 2등급, 별도관리지역을 제외한 지역으로 체계적으로 개발이 된 지역을 의미하고 있다. 별도관리지역은 타 법률⁴³⁾에 따라 보전되는 지역으로 산림보호구역, 자연공원, 천연기념물

43) 「산림보호법」 제7조제1항, 「자연공원법」 제2조제1호, 「문화재보호법」 제25조, 「야생생물 보호 및 관리에 관한 법률」 제27조제1항 및 제33조제1항, 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」 제40조, 「습지보전법」

로 지정된 구역(보호구역 포함), 야생생물 특별보호구역, 야생생물 보호구역, 수자원보호구역(해양지역 제외), 습지보호지역(연안습지보호지역 제외), 백두대간보호지역, 생태·경관보전지역, 시·도 생태·경관보전지역이 해당된다.

생태·자연도는 SHP파일과 PDF파일, CSV파일⁴⁴⁾로 데이터를 구축하여 제공하고 있다. 데이터는 면적인 형태로 구축하고 그린인프라와 관련된 속성정보의 내용은 아래 표의 내용과 같다.

[표 3-7] 생태·자연도 내 그린인프라 현황 및 데이터정보

데이터명	생태·자연도	구축 및 제공기관	국립생태원
법적근거	자연환경보전법	갱신주기	자연환경조사 종점일 2년이내(수시)
파일형식	SHP, PDF, CSV	구축범위	전국
속 성 정 보	생 태 자 연 도	1등급, 2등급, 3등급, 별도관리지역	
	식 생 평 가	1등급, 2등급, 3등급	
	습 지 평 가	1등급, 2등급, 3등급	
	지 형 평 가	1등급, 2등급, 3등급	
	멸종위기 야생생물	1등급, 3등급	
	식 물 군 락	식물 군락의 명칭을 작성	
	보 전 등 급	1등급, 2등급, 3등급, 4등급, 5등급	
	판 정 기 준	분포희귀성, 식생복원 잠재성, 구성식물종 온전성, 식생구조 온전성, 식재림 흉고 직경	
	영 급	1영급, 2영급, 3영급, 4영급, 5영급, 6영급, 7영급, 8영급, 9영급	
	등 급 보 류	생태자연도 등급평가 보류 여부	
	지 형	지형평가된 권역의 지형·경관 명칭	

출처: 「생태·자연도 작성지침」을 바탕으로 재편집

□ 토양도

토양도는 다양한 토양을 과학적이고 체계적인 방법으로 조사하고 토양특성에 따라 분류하며 분포토양의 성질 등을 조사하여 제작한 수치주제도이다. 토양환경정보시스템인 흙토람에 따르면 군사지역, 간척지, 섬, 하천 등 토양도 구축이 안 된 일부 지역을 제외한 전국을 대상으로 구축하고 있다.

제8조제1항, 「백두대간보호에 관한 법률」 제6조, 「자연환경보전법」 제12조 및 24조

44) CSV(Comma Separated Values)는 표 형태의 데이터를 저장하는 파일형식으로 확장자는 .csv이다. 작성된 데이터 중 X필드(위도)와 Y필드(경도)의 값이 존재할 경우 SHP파일로 변환이 가능하다.

토양도는 토양조사의 결과물로 조사목적과 축적, 조사 정밀도에 따라서 개략토양도, 정밀토양도, 세부정밀토양도로 구분된다. 개략토양도의 축적은 1:250,000과 1:50,000로 제작하고 토양도 상의 최소 작도 면적은 6.25ha이다. 정밀토양도의 축적은 1:25,000로 제작하고 토양도 상의 최소 작도 면적은 1.56ha이다. 세부정밀토양도의 축적은 1:5,000로 제작하고 토양도 상의 최소 작도 면적은 10ha이다. 토양도는 생태가치평가, 문화재 지표조사, 자연재해 영향 분석, 토양환경 변화 예측, 작물생산량, 작물재배 관리, 환경영향평가, 적지분석, 토지이용 추천, 국토종합개발 계획 등 다양한 분야에서 기초자료로 활용되고 있다.

제공되는 토양도의 속성정보로는 구조·경사·모암·배수등급 등이 해당하는 단면특성 정보 12개와 통·목·아목·대군으로 구성하는 토양분류정보, 토지이용·토지이용추천·토양유형 등이 해당하는 토양해설 정보 13개, 토양지형인 분포지형과 퇴적양식의 정보가 있다.

[표 3-8] 토양도 내 그린인프라 현황 및 데이터정보

데이터명	토양도	구축 및 제공기관	국립농업과학원
법적근거	농촌진흥법	갱신주기	
파일형식	SHP, Grid	구축범위	전국
속성정보	단 면 특 성	구조, 경사, 모암(모재), 배수등급, 심토토성, 심토토색, 심토주토색, 심토자갈함량, 유효토심, 침식등급, 표토토성, 표토자갈함량	
	토 양 지 형	분포지형, 토양분류	
	토 양 분 류	토양통, 토양목, 토양아목, 토양대군	
	토 양 해 설	주토지이용, 토지이용추천, 토양유형, 논 적성등급, 논 저해요인, 밭 적성등급, 밭 저해요인, 과수/상전 적성등급, 과수/상전 저해요인, 초지 적성등급, 초지 저해요인, 임지 적성등급, 임지 저해요인	

출처: 흙토람. <https://soil.rda.go.kr/geoweb/soilmain.do#>. 2024.04.29. 접속을 바탕으로 재편집

□ 식생도

식생도는 지표면을 덮고 있는 식생의 유형과 식생의 공간 분포를 지도화하여 표현하였으며 전국자연환경조사의 결과물인 중 하나인 ‘현존식생도’로 제작하고 있다. 전국자연환경조사에서는 산림 지역에 분포하는 모든 자연림과 식재림을 대상으로 하며 국립공원, DMZ, 백두대간 등의 별도관리 지역은 별도의 조사가 수행되고 있어 중복성을 방지하기 위하여 본 조사에서는 조사대상에서 제외하였다. 그러나 별도관리지역의 조사결

과는 전국자연환경조사의 주체인 국립생태원 GIS-DB에 전국자연환경조사 결과와 함께 포함되고 있다. 현존식생도는 생태·자연도, 도시생태현황도, 국가환경성평가지도 등 다양한 주제도 제작에 있어 기초자료로 제작된다.

식생조사는 생태·자연도 1등급 권역(식생보전등급 I, II등급 지역)과 2·3등급 권역(식생보전등급 III, IV 및 V등급 지역)에 따라 조사방법이 구분된다. 1등급 권역은 영상분석으로 원격탐사를 수행하고 필요에 따라 현장조사를 진행하지만 2·3등급 권역은 현장조사를 필수적으로 진행한다. 현장조사 시 접근이 어려운 지역에 대한 정밀조사가 필요한 경우에는 무인항공기를 활용하여 조사한다.

제공되는 자료의 속성정보로는 식물군락명, 식생보전등급, 식생보전등급 분류기준, 식생대분류코드가 있다. 식물군락명에는 전국자연환경조사의 식물군락 명명 방법에 따라 상관우점종을 이용한 상관식생형 식물군락명을 속성값으로 기입한다. 식생보전등급 분류기준에는 식생보전등급을 평가한 기준을 기입하는 것으로 분포희귀성, 식생복원 잠재성, 구성식물종 온전성, 식생구조 온전성이 해당된다. 식생보전등급은 평가항목과 평가기준, 분류기준에 따라 1~5등급을 의미한다. 평가항목 및 평가요령, 등급분류기준의 자세한 내용은 ‘제6차 전국자연환경조사 지침서’에 나와있다.

[표 3-9] 식생도 내 그린인프라 현황 및 데이터정보

데이터명		현존식생도	구축 및 제공기관	국립생태원
법적근거		자연환경보전법	갱신주기	5년(수시)
파일형식		SHP	구축범위	전국
속 성 정 보	식 물 군 락 명	상관우점종을 이용한 식물군락명 기입		
	식 생 보 전 등 급 분 류 기 준	분포희귀성, 식생복원 잠재성, 구성식물종 온전성, 식생구조 온전성, 식재림 흉고직경		
	식 생 보 전 등 급	I 등급, II등급, III등급, V등급, IV등급		
	식생대분류코드	상록활엽수림(1), 산지낙엽활엽수림(2), 산지침엽수림(3), 산지습성림(4), 산지목관림(5), 산지초원식생(6), 아고산활엽수림(7), 아고산침엽수림(8), 암벽식생(9), 석회암지식생(10), 고층습원식생(11), 저층습원식생(12), 하반림(13), 수생식물군락(14), 해안사구식생(15), 염습지식생(16), 식재림(17), 기타식생(18)		

출처: 국토람. <https://soil.rda.go.kr/geoweb/soilmain.do#>. 2024.04.29. 접속을 바탕으로 재편집

□ 산림입지도양도

산림입지도양도는 산림경영, 산지관리, 환경영향평가 등에 필요한 입지, 토양환경에 대

해 토양형을 구획단위로 조사 및 분석한 정보를 대축척화하여 수치지도로 나타낸 산림 주제도이다. 산림입지토양도는 산림청에서 제작하고 있어 임상도와 제작 및 공간적 범위는 산림으로 동일하다. 산림이라는 공간적 범위를 현재 산림입지토양도는 1:5,000으로 제작되며 산림입지도(1:25,000), 수치지질도(1:5,000), 수치지형도(1:5,000), 정사영상(25cm급), 임상도(1:5,000)을 기초자료로 활용한다.

산림입지환경과 토양정보가 속성정보로 구축되어 있어 산림입지환경 특성, 토양양분성질, 맞춤형조림수종 등 다양한 주제도의 기초자료가 될 수 있으며 토양침식위험지도, 산사태 위험지 등의 예측 모델을 위한 자료로 활용이 가능하다.

제공되는 자료의 속성정보로는 토양형, 모암 분류체계, 기후대, 지형구분, 경사형, 토심구분, 토성, 지형구분, 입지표고, 입지경사도, 8방위각도, 사면형태가 있다. 그 중 토양형은 28개로 구분되어 있으며 주요 입지환경인자(모암, 지형)와 토양단면인자(토색, 건습도, 토성, 토양 구조)를 종합적으로 고려하여 토양분류 기준에 의거하여 구분하였다.

산림청은 SHP파일과 PDF파일 형식으로 산림입지토양도의 파일을 제공하고 그린인프라와 관련된 자세한 속성정보의 내용은 아래와 같다

[표 3-10] 산림입지토양도 내 그린인프라 현황 및 데이터정보

데이터명	산림입지토양도	구축 및 제공기관	산림청
법적근거	산림자원 조성 및 관리에 관한 법률	갱신주기	5년(수시)
파일형식	SHP, PDF	구축범위	전국
속 성 정 보	모 암 대 분 류	화성암, 퇴적암, 변성암	
	모 암 중 분 류	화강암류, 반암류, 규장암류, 안산암류, 현무암류, 섬록암류, 석회암류, 사암류, 이암류, 셰일(혈암류), 응회암류, 역암류, 충적층, 편마암류, 편암류, 천매암류, 침판암류	
	기 후 대	온대북부, 온대중부, 온대남부, 난대	
	경 사 형	상승사면, 평행사면, 하강사면	
	토 심 구 분	천(30cm 미만), 경(30~60cm), 심(61cm 이상)	
	토 성	사양토, 양토, 미사질양토, 미사질식양토, 사질식양토, 미사질식토, 식양토, 미사, 양질사토, 사토, 점토, 기타	
	토 양 형	갈색건조산림토양, 갈색약건산림토양, 갈색적운산림토양, 갈색약습산림토양, 적색계갈색건조산림토양, 적색계갈색약건산림토양, 적색건조산림토양, 적색약건산림토양, 황색건조산림토양, 암적색건조산림토양, 암적색약건산림토양, 암적색적운산림토양, 암적갈색건조산림토양, 암적갈색약건산림토양, 회갈색건조산림토양, 회갈색약건산림토양, 화산회건조산림토양, 화산회약건산림토양, 화산회적운산림토양, 화산회습운산림토양, 화산회갈많은산림토양, 화산회성적색건조산림토양, 화산회성적색약건산림토양, 약침식토양, 강침식토양, 사방지토양, 미숙토양, 암쇄토양, 전석지, 제지, 주거지, 초지, 경작지, 수채, 과수원, 군사지역, 기타	

지 형 구 분	산정, 산능선, 산복, 산곡, 산록, 계곡, 구릉지, 능선, 태지, 평지, 선상지, 산지, 기타
기 타	입지표고, 입지경사도, 8방위각도, 사면형태

출처: 산림청, 2022. 산림입지도양도 13년의 성과와 미래를 참고하여 재편집

□ 국토환경성평가지도

국토의 환경적 가치를 종합적·과학적으로 평가하고 이를 등급화하여 지속 가능한 국토환경 관리를 지원하는 지도이다. 국토환경성평가지도의 공간적 범위는 국토 전체를 포함하고 있으나 간척지와 일부 교량에서는 제외하고 있다.

국토환경성평가는 국토를 친환경적·계획적으로 보전하고 이용하기 위하여 62개의 법제적 평가항목과 8개의 환경·생태적 평가항목을 이용한다. 항. 각 항목에 대한 평가는 3가지 지역으로 재구성한 지역구분도(자연, 준자연, 인공)의 평가기준을 활용하여 환경적 중요도 및 보전가치 등에 따라 5개 등급으로 구분하고 최소지표법을 이용하여 70개의 평가항목 중 가장 높은 등급이 최종등급으로 선정하였다. 최소지표법은 각 평가항목 결과를 중첩시켜 당해 지역의 등급을 가장 작은 수에 해당하는 등급으로 선정하는 방법이다.

현재 국토환경성평가지도는 사전환경성을 검토하고 대상지의 환경적 특성을 파악하는 전략환경영향평가와 환경영향평가에서 활용되며 도시계획 수립시에 판단의 기초자료로 쓰이고 있다.

제공하는 파일이 가지는 속성정보는 평가항목에 결과로 환경·생태적 평가결과와 법제적 평가결과, 국토환경성 평가결과를 가지고 있다. 속성정보의 속성값은 1등급, 2등급, 3등급, 4등급, 5등급, 평가 외로 나타난다. 국토환경성 평가결과 중 1등급은 법·제도에 의해 보호되고 있는 지역이거나 환경·생태적 측면에서 우수한 자연환경을 지닌 지역을 의미하며, 2등급은 법제적 측면 또는 환경·생태적 측면에서 다소 우수한 자연환경을 지닌 지역을 말한다. 3등급은 주변의 우수하거나 다소 우수한 자연환경 지역의 주변 지역으로 친환경적 계획 수립을 원칙으로 하는 지역이고 4등급은 기 개발지 주변 지역으로 환경용량을 고려한 환경친화적 개발 유도지역으로서, 개발수요 관리를 전제로 환경계획 수립 후 친환경적 개발 추진이 필요한 지역이다. 5등급은 개발된 지역으로 환경을 충분히 배려하며 개발을 수용하는 지역을 의미하고 있다.

환경부 산하의 정부출연연구기관인 한국환경연구원에서 제작하고 있으며 TIFF파일 형식으로 제공하고 있다.

[표 3-11] 국토환경성평가지도 내 그린인프라 현황 및 데이터정보

데이터명	국토환경성평가지도	구축 및 제공기관	한국환경연구원
법적근거	환경정책기본법	갱신주기	1년
파일형식	TIFF	구축범위	전국
속 성 정 보	국 토 환 경 성 평 가 결 과	1등급,2등급, 3등급, 4등급, 5등급, 평가 외	
	법 제 적 평 가 결 과	1등급,2등급, 3등급, 4등급, 5등급, 평가 외	
	환 경 · 생 태 적 평 가 겨 로 가	1등급,2등급, 3등급, 4등급, 5등급, 평가 외	

출처: 「국토환경성평가지도 작성 및 운영지침」을 바탕으로 재편집

□ 가로수 데이터

가로수 데이터는 도로별, 수종별로 가로수 식재상황, 가로수의 생육상태 및 생육환경 등에 대해 현장조사(전수조사)를 실시하여 가로수 실태 파악하고 조사결과를 지자체별로 구축하고 있다.

지자체는 ‘가로수 조성·관리 매뉴얼’에 따라 가로수에 대한 데이터베이스를 구축하여 가로수 관리시스템을 마련해야한다. 또한, 지리정보시스템을 이용하여 공간데이터로 구축하고 가로수에 대한 변경사항 발생 시 즉시 수정을 원칙으로 하고 있다.

가로수의 데이터의 속성정보는 label, 구번호, 가로명, 일련번호, 수목명, 흉고직경, 수고, 수관폭, 위치, 피해정도, 식재일, 방제, 전정, 시비, 기타, 보호덮개, 전선유무, 품계흉고, 품계, 활력, 품계수종, 품계위치, 관리등급, 관리기관, 현존유무, 사유 항목 순으로 배열하고 동 항목들을 필수항목으로 작성한다.

가로수에 대한 데이터는 지자체별가 제작 주체가 되어 구축하고 있어 속성정보, 구축방법, 갱신년도 등이 상이하게 나타난다. 파일형식도 지자체별로 상이하게 나타나며 SHP, CSV, XLS, DXF 등으고 제공하고 있다. ‘가로수 조성·관리 매뉴얼’에 따른 구축해야하는 속성정은 아래와 같다.

[표 3-12] 가로수 데이터 내 그린인프라 현황 및 데이터정보

데이터명	가로수 데이터	구축 및 제공기관	지자체
법적근거	도시숲 등의 조성 및 관리에 관한 법률	갱신주기	1년

파일형식		SHP, CSV, XLS 등	구축범위	지자체 관할구역
속 성 정 보	수 목 명	수종		
	홍 고 직 경 · 수 고 · 수 관 폭	정수로 입력(홍고직경:cm, 수고·수관폭:m)		
	피 해 유 형	1(피해없음), 2(충해), 3(병해), 4(태풍, 가뭄 등 기상피해), 5(교통사고 등 물리적 피해), 6(기타)		
	식 재 일	신규식재분에 대해 연월일 입력		
	방 제	월일과 병명 또는 해충명 기재		
	전 정 · 시 비	전정 및 시비 일자(월일) 입력		
	보 호 덮 개	보호덮개의 1(유), 2(무)		
	현 존 유 무	1(고사, 이식 등으로 현재 수목이 존재하지 않을 때) 0(현재수목이 그대로 존재함, 기본값)		
기 타 사 항		수목 변동사항에 대해 입력		

출처: 공공데이터포털. <https://www.data.go.kr/data/15046229/fileData.do>. 2024.04.27. 접속하여 구축한 서울특별시 가로수 위치정보 자료를 바탕으로 재편집

□ 수생태계 건강성 평가지도

수생태계 건강성 평가지도는 수생태계를 구성하고 있는 요소 중 물리적·화학적·생물적 요소⁴⁵⁾들이 훼손되지 아니하고 각각 온전한 기능을 발휘할 수 있는 상태를 평가한 지도이다. 5대강과 총 115개 중권역에 위치한 전국 하천 3,035개 지점을 대상으로 수생태계 구성 생물과 서식수변환경의 현황 및 건강성 평가자료들이 담겨 있다.

주제도 제작에 앞서 조사 및 평가는 매년 이루어지며 조사항목에 따라 연 2회 실시하는 항목이 있다. 조사항목, 조사 및 평가 방법 등이 하천과 하구로 나누어 진다. 하구의 조사항목은 부착돌말류, 저서성 대형 무척추동물, 어류, 수변식생이 대상이 되며 하천은 하구의 조사항목에서 서식 및 수변환경이 추가가 된다.

속성정보는 조사지점 및 위도·경도, 평가등급, 조사일시 정보를 구축하고 있다. 평가 등급은 A, B, C, D, E등급으로 나뉘며 각각 매우 좋음, 좋음, 보통, 나쁨, 매우나쁨을 나타낸다. 등급을 구분하는 기준은 각 조사항목에 대한 평가지수로 산정되며, 평가지수를 제시하고 있다.

45) 물리적·화학적·생물적 요소는 부착돌말, 저서성 대형 무척추동물, 어류, 수변식생, 서식 및 수변환경을 말한다.

수생태계 건강성 평가지도는 국립환경과학원에서 제작 및 구축하고 있으며 공간정보 데이터가 아닌 CSV 및 Excel 파일 형태로 제공하고 있다. 하지만 ‘국토환경성평가지도’ 포털에서는 데이터를 공간정보자료로 취득할 수 있었으며, 공간정보가 조사지점을 대상으로하여 포인트의 형태로 구성되어 있었다. 주제도의 자료는 조사항목별로 5개로 구분되어 있으며 하천과 하구의 데이터는 결합되어 있다. 데이터에 대한 자세한 메타데이터와 속성정보는 다음과 같이 나타난다.

[표 3-13] 수생태계 건강성 평가지도 내 그린인프라 현황 및 데이터정보

데이터명	수생태계 건강성 평가지도	구축 및 제공기관	국립환경과학원
법적근거	물환경보전법	갱신주기	1년
파일형식	SHP, CSV, XLS 등	구축범위	지자체 관할구역
속 성 정 보	부 착 돌 말 류	A등급, B등급, C등급, D등급, E등급	
	저 서 성 대 형 무 척 추 동 물	A등급, B등급, C등급, D등급, E등급	
	어 류	A등급, B등급, C등급, D등급, E등급	
	수 변 식 생	A등급, B등급, C등급, D등급, E등급	
	서식 및 수변환경	A등급, B등급, C등급, D등급, E등급	

출처: 환경부. https://stat.me.go.kr/portal/stat/easyStatPage/DT_106T_034756.do. 2024.04.29. 접속을 바탕으로 재편집

2. 그린인프라 데이터 관계법

□ 임상도

임상도는 「산림자원의 조성 및 관리에 관한 법률」에 근거하여 제작된 수치주제도로 국가기관에서 전국적 규모로 제작하는 주요 주제도 중 하나이다. 임상도는 「산림공간정보 구축·운영 및 보안에 관한 규정」에 따라 구축하고 있으며 「산림자원의 조성 및 관리에 관한 법률 시행규칙」에 따라 5년 주기로 갱신되며 1:5,000, 1:25,000으로 제작되고 있다. 1:25,000의 데이터는 5차례에 걸친 전국산림자원조사를 통해 5차까지 제작하였다. 1:5,000의 데이터는 2009년부터 현재까지 현행화 사업이 진행되고 있다.

■ 산림자원의 조성 및 관리에 관한 법률

[시행 2024. 5. 17.] [법률 제19409호, 2023. 5. 16., 타법개정]

제8조의2(임상도의 작성)

- ① 산림청장은 산림의 효율적인 경영·관리에 활용하기 위하여 전국의 산림에 대하여 수목의 종류·지름·나이 등 산림의 현황을 종합적으로 표시한 도면(이하 “임상도”라 한다)을 작성하여야 한다.
- ② 산림청장은 관계 중앙행정기관의 장 또는 지방자치단체의 장에게 임상도 작성에 필요한 자료의 제출을 요구할 수 있다. 이 경우 자료의 제출을 요구받은 기관의 장은 정당한 사유가 없으면 이에 따라야 한다.
- ③ 임상도의 작성 방법·시기, 그 밖에 필요한 사항은 농림축산식품부령으로 정한다.

■ 산림자원의 조성 및 관리에 관한 법률

[시행 2024. 1. 4.] [농림축산식품부령 제629호, 2024. 1. 4., 일부개정]

제3조의3(임상도의 작성 등)

- ① 법 제8조의2제1항에 따른 임상도(이하 “임상도”라 한다)는 5년마다 작성한다. 다만, 산지전용 및 벌채 등으로 인한 산림의 변화결과를 반영할 필요가 있는 경우에는 임상도를 수시로 작성할 수 있다.
- ② 임상도는 항공사진, 위성영상 및 현지조사를 기초로 작성하되, 축척 2만5천분의 1 이상의 지도로 작성하여야 한다.

「산림자원의 조성 및 관리에 관한 법률」의 산림 면적과 「공간정보의 구축 및 관리 등에 관한 법률」이 구성하는 임야 면적과는 다소 상이하며, 산림면적의 최소 구획기준은 인공림 0.1ha, 천연림 0.5ha로 임상도 제작에 있어 기준이 되는 면적이다. 임종에 따라 구획될 최소면적을 차등화하고 임상 구획을 위한 최소면적을 최소 판독 면적으로 하여 임상도를 제작하였다.

□ 토지피복지도

토지피복지도는 「환경정책기본법」 제24조에 근거하여 환경부에서 제작하고 구축한다. 제작한 토지피복지도의 갱신주기는 법적으로 명시되어 있지는 않지만, 대분류 약 10년, 중분류 약 5년, 세분류 1년으로 나타났다. 「토지피복지도 작성 지침」에 따라 환경부가 제공하고 있는 토지피복도는 공간해상도를 기준으로 대분류(30m), 중분류(5m), 세분류(1m)로 제작한다.



[그림 3-1] 안양시 토지피복지도의 데이터 형태(왼쪽:대분류, 가운데:중분류, 오른쪽:세분류)

출처: 환경공간정보서비스. <https://egis.me.go.kr/map/map.do#tabs5>. (검색일: 2024.04.30.)

대분류 토지피복지도는 축적 1:50,000으로 지도를 제작하고 7개의 항목으로 다시 세분화된다. 중분류 토지피복지도는 축적 1:25,000으로 지도를 제작하고 22개의 항목으로 다시 세분화된다. 세분류 토지피복지도는 축적 1:5,000으로 지도를 제작하고 41개의 항목으로 다시 세분화된다.

■ 환경정책기본법

[시행 2024. 1. 1.] [법률 제19208호, 2022. 12. 31., 타법개정]

제24조(환경정보의 보급 등)

- ① 환경부장관은 모든 국민에게 환경보전에 관한 지식·정보를 보급하고, 국민이 환경에 관한 정보에 쉽게 접근할 수 있도록 노력하여야 한다.
- ② 환경부장관은 제1항에 따른 환경보전에 관한 지식·정보의 원활한 생산·보급 등

을 위하여 환경정보망을 구축하여 운영할 수 있다.

- ③ 환경부장관은 관계 행정기관의 장에게 환경정보망 구축·운영에 필요한 자료의 제출을 요청할 수 있다. 이 경우 관계 행정기관의 장은 특별한 사유가 없으면 요청에 따라야 한다.
- ④ 환경부장관은 제2항에 따른 환경정보망을 효율적으로 구축·운영하기 위하여 필요한 경우에는 전문기관에 환경현황 조사를 의뢰하거나 환경정보망의 구축·운영을 위탁할 수 있다.
- ⑤ 제2항에 따른 환경정보망의 구축·운영, 제4항에 따른 환경현황 조사 의뢰 및 환경정보망 구축·운영의 위탁 등 필요한 사항은 대통령령으로 정한다.

토지피복지도는 「토지피복지도 작성지침」에 따라 작성되며, 대분류 토지피복지도는 제10조(대분류 토지피복지도 분류항목별 분류기준), 중분류 토지피복지도는 제13조(중분류 토지피복지도 분류항목별 분류기준), 세분류 토지피복지도는 제17조(세분류 토지피복지도 분류항목별 분류기준)에 따라 분류항목을 선정 및 정의하고 있다.

[표 3-14] 토지피복지도 분류항목

대분류	중분류	세분류
시 가 화 · 건 조 지 역	주거지역	단독주거시설, 공동주거시설
	공업지역	공업시설
	상업지역	상업·업무시설, 혼합지역
	문화체육휴양지역	문화체육휴양시설
	교통지역	공항, 항만, 철도, 도로, 기타 교통·통신시설
	공공시설지역	환경기초시설, 교육·행정시설, 기타 공공시설
농 업 지 역	논	경지정리가 된 논, 안 된 논
	밭	경지정리가 된 밭, 안 된 밭
	시설재배지	시설재배지
	과수원	과수원
	기타재배지	목장·양식장, 기타재배지
산 림 지 역	활엽수림	활엽수림
	침엽수림	침엽수림
	혼효림	혼효림
초 지	자연초지	자연초지
	인공초지	골프장, 묘지, 기타 초지
습 지	내륙습지	내륙습지

대분류	중분류	세분류
	연안습지	갯벌, 염전
나 지	자연나지	해변, 강기슭, 암벽·바위
	기타나지	채광지역, 운동장, 기타나지
수 역	내륙수	하천, 호소
	해양수	해양수

출처: 「토지파복지도 작성 지침」을 활용하여 재편집

□ 도시생태현황지도

「자연환경보전법」 제34조의2에 근거하여 특별시장·광역시장·특별자치시장·특별자치도지사 또는 지자체의 장은 도시생태현황지도를 작성한다. 이에 따라, 지자체가 주체가 되어 지역의 현황을 반영한 지도이므로 제작 및 추진 목적과 활용, 입력의 형태가 지자체별 차이가 있는 것으로 확인하였으며 지자체별 구축 및 제공 의무가 있지만 그렇지 못한 실정이다. 「자연환경보전법 시행규칙」 제17조와 「도시생태현황지도의 작성방법에 관한 지침」, 환경부에서 제작한 ‘도시생태현황지도 작성 매뉴얼’을 따라 축적 1:5,000 이상으로 제작한다. 도시환경의 변화를 반영하여 5년 주기로 정기갱신하며 토지이용변화, 비오톱지도의 운영상에서 발견되는 오류, 변경사항 등에 대해서는 수시로 갱신한다.

■ 자연환경보전법

[시행 2024. 5. 17.] [법률 제20309호, 2024. 2. 13., 타법개정]

제34조의2(도시생태현황지도의 작성·활용)

- ① 특별시장·광역시장·특별자치시장·특별자치도지사 또는 시장(「지방자치법」 제2조제1항제2호에 따른 시의 장을 말한다. 이하 이 조에서 같다)은 환경부장관이 작성한 생태·자연도를 기초로 관할 도시지역의 상세한 생태·자연도(이하 “도시생태현황지도”라 한다)를 작성하고, 도시환경의 변화를 반영하여 5년마다 다시 작성하여야 한다. 이 경우 도시생태현황지도는 5천분의 1 이상의 지도에 표시하여야 한다.
- ② 특별시장·광역시장·특별자치시장·특별자치도지사 또는 시장(이하 “도시생태현황지도 작성 지방자치단체의 장”이라 한다)은 도시생태현황지도를 작성하기 위하여 관계 행정기관의 장에게 필요한 자료의 제공을 요청할 수 있다.
- ③ 제2항에 따른 요청을 받은 관계 행정기관의 장은 특별한 사유가 없으면 이에 따라야 한다.

- ④ 도시생태현황지도 작성 지방자치단체의 장은 도시생태현황지도를 환경부장관에게 제출하여야 한다.
- ⑤ 환경부장관 또는 도지사는 도시생태현황지도 작성 지방자치단체의 장에게 그 작성에 필요한 비용의 일부를 지원할 수 있다.
- ⑥ 제1항부터 제5항까지에서 규정한 사항 외에 도시생태현황지도의 작성·활용에 필요한 사항은 환경부령으로 정한다.

■ 자연환경보전법 시행규칙

[시행 2022. 1. 6.] [환경부령 제966호, 2022. 1. 5., 일부개정]

제17조(도시생태현황지도의 작성방법)

- ① 법 제34조의2제1항에 따른 관할 도시지역의 상세한 생태·자연도(이하 “도시생태현황지도”라 한다)는 다음 각 호의 방법에 따라 작성되어야 한다.
 1. 토지이용 현황, 토지피복(土地被覆) 현황, 지형, 식생 현황, 동식물상(動植物相)에 따른 주제도(이하 “기본 주제도”라 한다)를 작성하고, 필요한 경우 해당 지역의 특성에 따른 주제도를 추가하여 작성할 것
 2. 기본 주제도를 통해 분석한 생물서식공간(Biotope)의 구조·생태적 특성을 체계적으로 분류한 유형도를 작성할 것
 3. 제2호에 따른 유형도에 따라 구분된 생물서식공간의 생태적 가치를 등급화하여 평가도를 작성할 것
- ② 제1항에서 규정한 사항 외에 도시생태현황지도의 세부 작성방법은 환경부장관이 정하여 고시한다.

□ 생태·자연도

생태·자연도는 「자연환경보전법」제34조에 근거하여 환경부 산하기관인 국립생태원에서 제작하였다. 「자연환경보전법」에 따라 1:25000 이상의 지형도로 제작하며 「생태·자연도 작성지침」의 방법을 참고하여 작성한다. 생태·자연도는 「생태·자연도 작성지침」 제3조에 따라 전국자연환경 조사를 비롯한 14개의 생태계 조사사업 결과를 기초로 작성된다.

■ 자연환경보전법

[시행 2024. 5. 17.] [법률 제20309호, 2024. 2. 13., 타법개정]

제34조(생태·자연도의 작성·활용)

- ① 환경부장관은 토지이용 및 개발계획의 수립이나 시행에 활용할 수 있도록 하기 위하

여 제30조 및 제31조에 따른 조사결과를 기초로 하여 전국의 자연환경을 다음의 구분에 따라 생태·자연도를 작성하여야 한다. <개정 2011. 7. 28., 2020. 5. 26.>

1. 1등급 권역 : 다음에 해당하는 지역

가. 「야생생물 보호 및 관리에 관한 법률」 제2조제2호에 따른 멸종위기 야생생물(이하 “멸종위기야생생물”이라 한다)의 주된 서식지·도래지 및 주요 생태축 또는 주요 생태통로가 되는 지역

나. 생태계가 특히 우수하거나 경관이 특히 수려한 지역

다. 생물의 지리적 분포한계에 위치하는 생태계 지역 또는 주요 식생의 유형을 대표하는 지역

라. 생물다양성이 특히 풍부하고 보전가치가 큰 생물자원이 존재·분포하고 있는 지역

마. 그 밖에 가목부터 라목까지의 지역에 준하는 생태적 가치가 있는 지역으로서 대통령령으로 정하는 기준에 해당하는 지역

2. 2등급 권역 : 제1호 각목에 준하는 지역으로서 장차 보전의 가치가 있는 지역 또는 1등급 권역의 외부지역으로서 1등급 권역의 보호를 위하여 필요한 지역

3. 3등급 권역 : 1등급 권역, 2등급 권역 및 별도관리지역으로 분류된 지역외의 지역으로서 개발 또는 이용의 대상이 되는 지역

4. 별도관리지역 : 다른 법률에 따라 보전되는 지역중 역사적·문화적·경관적 가치가 있는 지역이거나 도시의 녹지보전 등을 위하여 관리되고 있는 지역으로서 대통령령으로 정하는 지역

②환경부장관은 생태·자연도를 효율적으로 활용하기 위하여 제1항제1호부터 제3호까지의 권역을 환경부령으로 정하는 바에 따라 세부등급을 정하여 작성할 수 있다. <개정 2020. 5. 26.>

③환경부장관은 생태·자연도를 작성할 때 관계중앙행정기관의 장 또는 지방자치단체의 장에게 필요한 자료 또는 전문인력의 협조를 요청할 수 있다. 이 경우 군사목적 을 위하여 불가피한 경우를 제외하고는 관계중앙행정기관의 장 및 지방자치단체의 장은 대통령령으로 정하는 바에 따라 자료의 요청에 협조하여야 한다. <개정 2020. 5. 26.>

④생태·자연도는 2만5천분의 1 이상의 지도에 실선으로 표시하여야 한다. 그 밖에 생태·자연도의 작성기준 및 작성방법 등 작성에 필요한 사항과 제1항에 따른 생태·자연도의 활용대상 및 활용방법에 관하여 필요한 사항은 대통령령으로 정한다. <개정 2020. 5. 26.>

⑤환경부장관은 생태·자연도를 작성하는 때에는 14일 이상 국민의 열람을 거쳐 작성하여야 하며, 작성된 생태·자연도는 관계중앙행정기관의 장 및 해당 지방자치단체의 장에게 이를 통보하고 고시하여야 한다.

⑥ 삭제 <2017. 11. 28.>

[표 3-15] 생태·자연도 제작을 위해 반영되는 조사사업(생태자연도 작성지침 별표 1)

조사사업명	조사기간	국립생태원 자료제공 시기	수행기관
전국자연환경조사	2월~11월	차년 4월까지	환경부(국립생태원)
백두대간보호지역생태계조사	2월~차년 1월		
DMZ일원생태계조사	2월~12월		
전국무인도서자연환경조사	2월~차년 1월		
특정도서정밀조사	2월~차년 1월		
전국해안사구자연환경조사	2월~차년 1월		
내륙습지 기초조사	1월~12월		
내륙습지 정밀조사	1월~12월		
하구역생태계정밀조사	1월~12월		
멸종위기야생생물 전국분포조사	1월~12월		
생태·경관보전지역정밀조사	1월~12월		
생태·경관우수지역발굴조사	1월~12월		
거울철조류동시센서스	12월~차년 1월		국립생물자원관
멸종위기야생생물 증식복원사업	1월~12월		환경부(국립공원공단)

출처: 생태·자연도 작성지침 [별표 1]

생태·자연도는 자연환경조사 결과를 기초로 하여 생태·자연도를 작성하기 때문에 자연환경조사 종점일로부터 2년 이내에 반영하고 정기고시와 수시고시로 구분하여 운영 및 관리되고 있다. 매년 전국자연환경 조사와 14개의 생태계 조사사업 결과를 반영한 생태·자연도를 정기적으로 고시한다. 또한, 수시고시는 작성이 완료된 생태·자연도 중 이의신청이 접수될 경우 재평가를 통하여 재고시한다.

□ 토양도

현재 법령에는 토양도 제작에 있어 명시되어 있지 않아 강제적인 사업으로 진행되지 않고 있다. 하지만 「농촌진흥법」 제2조에 근거하여 제작되었으며, 매년 ‘대단위 집중개발 지역 토양보완조사’를 통해 현행화 작업을 실시하고 있다. 토양도의 제작 및 관리는 국립농업과학원이 담당하며 관리부처는 농림축산식품부이다. 토양도는 국립농업과학원에서 운영하는 토양환경정보시스템인 흙토람을 통하여 축적 1: 25,000으로 제공받을 수 있다.

■ 농촌진흥법

[시행 2024. 4. 3.] [법률 제19878호, 2024. 1. 2., 일부개정]

제2조(정의) 이 법에서 사용하는 용어의 뜻은 다음과 같다. <개정 2024. 1. 2.>

...

2. “연구개발사업”이란 농업·농업인·농촌과 관련된 과학기술을 연구·개발하여 새로운 이론과 지식 등 성과를 창출하는 사업으로서 다음 각 목의 업무를 수행하는 사업을 말한다.

가. 식량자원의 안정적 확보를 위한 조사·연구

나. 품종개발 및 농업유전자원의 수집·보존·활용과 이에 관련된 조사·연구
다. 농축산물·농식품의 생산성 향상, 안전성, 수확 후 관리, 가공·이용, 부가
가치 제고 등에 관한 조사·연구

라. 농업 및 농업환경의 유지·보전에 관한 조사·연구

마. 농업·농촌 생활환경, 문화의 보존 및 여성 농업인의 실태에 관한 조사·연구

바. 농업생물자원의 활용을 위한 첨단기술 연구개발

사. 농기계·농약·비료 등 농자재의 표준규격 설정 및 품질관리에 관한 조사·
연구

아. 그 밖에 연구개발에 관하여 대통령령으로 정하는 업무

제7조(연구개발사업의 실시)

- ① 농촌진흥청장은 연구개발사업을 효율적으로 추진하기 위하여 고유연구사업 이외에 공동연구사업 등을 실시할 수 있다.
- ② 제1항에 따른 공동연구사업은 분야별 연구개발과제를 선정하여 「국가연구개발혁신법」 제2조제3호에 따른 연구개발기관과 협약을 맺어 실시한다. <개정 2024. 1. 2.>
- ③ 농촌진흥청장은 공동연구사업 추진에 필요한 비용의 전부 또는 일부를 지원하기 위하여 제2항의 연구개발기관에 출연할 수 있다. <개정 2024. 1. 2.>

토양의 경우 다른 그린인프라 관련 정보에 비해 쉽게 변하지 않는 특성이 있다. 이에 따라 다른 그린인프라 정보에 비해 데이터 갱신 요구가 상대적으로 낮으며, 다른 그린인프라 정보와는 달리 토양도의 작성 및 갱신이 법·제도에 구체적으로 명시되지 않았다.

□ 산림입지토양도

산림입지토양도는 「산림자원의 조성에 관한 법률」 제32조와 「산림기본법」 제25조에 근거하여 축척 1:5,000으로 제작하고 있다. 산림조사는 「산림자원의 조성에 관한 법률」 제36조에 따라 매년 실시하고 있지만 5년마다 공표하고 있다.

2007년도 ‘국가공간정보체계 구축사업’이 본격화됨에 따라 축척 1:5,000의 디지털지도가 국가기본도로 사용되면서 산림입지도 또한 축척 1:5,000의 제작 필요성이 제기되어 현재까지 제작되고 있다.

■ 산림자원의 조성에 관한 법률

[시행 2024. 5. 17.] [법률 제19409호, 2023. 5. 16., 타법개정]

제32조(산림자원의 조사)

- ① 산림청장은 농림축산식품부령으로 정하는 바에 따라 산림자원을 정기적으로 조사하여야 한다. <개정 2008. 2. 29., 2013. 3. 23., 2014. 3. 11.>
- ② 산림청장은 제1항에 따른 조사의 결과를 공표하여야 한다.
- ③ 제1항에 따른 조사를 하는 자는 조사에 필요한 경우에는 타인의 산림이나 토지에 출입할 수 있다. 이 경우 타인의 산림이나 토지에 출입하려는 자는 그 권한을 표시하는 증표를 지니고 이를 해당 산림이나 토지의 소유자 또는 점유자에게 내보여야 한다. <개정 2014. 3. 11.>
- ④ 제3항에 따라 타인의 산림이나 토지에 출입하려는 경우에는 출입할 날의 3일 전까지 그 뜻을 해당 산림이나 토지의 소유자 또는 점유자에게 통지하여야 한다. <신설 2014. 3. 11.>
- ⑤ 산림청장은 제1항에 따른 조사의 정확도와 효율성을 높이기 위하여 산림의 소유자 또는 점유자의 동의를 받아 산림에 필요한 표지(標識)를 설치할 수 있다. <개정 2014. 3. 11.>

■ 산림기본법

[시행 2024. 5. 1.] [법률 제19803호, 2023. 10. 31., 일부개정]

제25조(산림정보화 촉진)

- ① 국가 및 지방자치단체는 과학적·효율적인 산림관리 및 임업경영을 위하여 산림정보화의 촉진에 필요한 시책을 수립·시행하여야 한다.
- ② 국가 및 지방자치단체는 산림·임업 등에 관한 시책과 관련된 정보제공 등을 통하여 산림·임업에 대한 국민의 이해와 관심을 높이도록 노력하여야 한다.

□ 식생도

식생도는 자연환경조사는 「자연환경보전법」 제 30조에 근거하여 구축된다. 또한, 「자연환경보전법」 제 30조에 따라 시행되는 자연환경조사 주기에 맞춰 5년마다 갱신되며, 식생도의 구축 및 갱신은 「자연환경조사 방법 및 등급분류기준 등에 관한 규정」, 「자연

환경보전법 시행령」 제23조와 환경부에서 제작한 「전국자연환경조사 지침서」에 따라 진행된다. 국립생태원은 「전국자연환경조사 지침서」에 따라 현존식생도를 1:5000으로 제작한다. 현존식생도의 속성정보 중 식생보전등급은 「자연환경조사 방법 및 등급분류 기준 등에 관한 규정」 제 13조를 근거로 하여 평가한다.

■ 자연환경보전법

[시행 2024. 5. 17.] [법률 제20309호, 2024. 2. 13., 타법개정]

제30조(자연환경조사)

- ① 환경부장관은 관계중앙행정기관의 장과 협조하여 5년마다 전국의 자연환경을 조사하여야 한다. <개정 2013. 3. 22.>
- ② 환경부장관은 관계중앙행정기관의 장과 협조하여 생태·자연도에서 1등급 권역으로 분류된 지역과 자연상태의 변화를 특별히 파악할 필요가 있다고 인정되는 지역에 대하여 2년마다 자연환경을 조사할 수 있다. <개정 2013. 3. 22.>
- ③ 지방자치단체의 장은 해당 지방자치단체의 조례로 정하는 바에 따라 관할구역의 자연환경을 조사할 수 있다. <개정 2020. 5. 26.>
- ④ 지방자치단체의 장은 제3항에 따라 자연환경을 조사하는 경우에는 조사계획 및 조사결과를 환경부장관에게 보고하여야 한다. <개정 2020. 5. 26.>
- ⑤ 제1항 및 제2항에 따른 조사의 내용·방법 그 밖에 필요한 사항은 대통령령으로 정한다. <개정 2020. 5. 26.>

■ 자연환경보전법 시행령

[시행 2024. 5. 17.] [대통령령 제34489호, 2024. 5. 7., 타법개정]

제23조(자연환경조사의 내용 및 방법 등)

- ① 법 제30조제5항의 규정에 따른 자연환경조사의 내용은 다음 각 호와 같다. <개정 2007. 4. 4.>
 1. 산·하천·도서 등의 생물다양성 구성요소의 현황 및 분포
 2. 지형·지질 및 자연경관의 특수성
 3. 야생동·식물의 다양성 및 분포상황
 4. 환경부장관이 정하는 조사방법 및 등급분류기준에 따른 녹지등급
 5. 식생현황
 6. 멸종위기 야생동·식물 및 국내 고유생물종의 서식현황
 7. 경제적 또는 의학적으로 유용한 생물종의 서식현황
 8. 농작물·가축 등과 유전적으로 가까운 야생종의 서식현황
 9. 토양의 특성
 10. 그 밖에 자연환경의 보전을 위하여 특히 조사할 필요가 있다고 환경부장관이 인정하는 사항

□ 국토환경성평가지도

국토환경성평가지도는 「환경정책기본법」 제23조 및 「환경정책기본법 시행령」 제11조의2에 근거하여 축척 1:5,000 및 1:25,000으로 구축하였다. 축척 1:5,000 및 1:25,000인 국토환경성평가지도는 격자 10m×10m의 공간해상도로 제작되었으며 「국토환경성평가지도 작성 및 운영지침」의 제작방법에 따라 제작하고 있다.

■ 환경정책기본법

[시행 2024. 1. 1.] [법률 제19208호, 2022. 12. 31., 타법개정]

제23조(환경친화적 계획기법등의 작성·보급)

- ① 정부는 환경에 영향을 미치는 행정계획 및 개발사업이 환경적으로 건전하고 지속가능하게 계획되어 수립·시행될 수 있도록 환경친화적인 계획기법 및 토지이용·개발기준(이하 “환경친화적 계획기법등”이라 한다)을 작성·보급할 수 있다.
- ② 환경부장관은 국토환경을 효율적으로 보전하고 국토를 환경친화적으로 이용하기 위하여 국토에 대한 환경적 가치를 평가하여 등급으로 표시한 환경성 평가지도를 작성·보급할 수 있다.
- ③ 환경친화적 계획기법등과 환경성 평가지도의 작성 방법 및 내용 등 필요한 사항은 대통령령으로 정한다.

■ 환경정책기본법

[시행 2023. 7. 4.] [대통령령 제33591호, 2023. 6. 27., 일부개정]

제11조의2(환경성 평가지도의 작성)

- ① 법 제23조제2항에 따른 환경성 평가지도(이하 이 조에서 “환경성 평가지도”라 한다)에는 다음 각 호의 환경정보가 포함되어야 한다.
 1. 관련 법령에서 환경 보전 목적으로 지정된 지역·지구·구역 등에 관한 환경정보
 2. 희귀성·종다양성 등 생태계보전 및 생물다양성 유지와 관련된 환경정보
 3. 그 밖에 수질·대기 등 행정계획 및 개발사업을 수립·시행할 때 고려하여야 하는 환경정보
- ② 환경부장관은 환경성 평가지도를 다음 각 호의 방법에 따라 작성하여야 한다.
 1. 제1항 각 호의 환경정보를 수집·평가하여 「국가공간정보 기본법」 제2조제1호에 따른 공간정보로 제시할 것
 2. 전국을 대상으로 축척 5천분의 1 이상의 지도로 작성할 것. 다만, 제1호에 따라 수집·평가한 환경정보가 부족한 지역의 경우에는 2만5천분의 1 이상의 지도로 작성할 수 있다.
 3. 제1항 각 호의 환경정보를 종합하여 환경적 가치에 따라 해당 지역을 10등급 내외로 평가하여 제시할 것

- ③ 환경부장관은 제1항 각 호의 환경정보를 수집·평가하기 위하여 필요한 경우에는 관계 중앙행정기관의 장 및 지방자치단체의 장에게 자료제출을 요청할 수 있다.
- ④ 제1항부터 제3항까지에서 규정한 사항 외에 환경성 평가지도의 작성 방법 등에 필요한 사항은 환경부장관이 정한다.

국토환경성평가지도는 「국토환경성평가지도 작성 및 운영지침」 제5조에 따라 기초자료 갱신주기를 고려하여 연 1회 작성하며 평가항목에 대한 평가기준은 ‘국토환경성평가지도 평가항목 및 평가기준’을 따른다. ‘국토환경성평가지도 평가항목 및 평가기준’은 국토환경성평가지도의 지리정보 유통 시스템인 국토환경성평가지도 시스템⁴⁶⁾에 제시되어 있다.

□ 가로수 데이터

가로수는 「도시숲 등의 조성 및 관리에 관한 법률」 제 12조, 각 지자체의 「가로수 조성 및 관리 조례」와 「도시숲·생활숲·가로수 조성·관리 기준」에 따라 각 지방자치단체의 장이 관리하고 있으며 「도시숲 등의 조성 및 관리에 관한 법률 시행규칙」 제7조에 따라 가로수 조성·관리대장을 작성하고 있다. 가로수 관리에 관한 법률 외 세부사항은 산림청에서 제작한 ‘가로수 조성·관리 매뉴얼’을 따른다. 또한, 가로수 조성·관리대장 외 데이터베이스 구축에 대한 내용은 ‘가로수 조성·관리 매뉴얼’에 포함되어 있다.

■ 도시숲 등의 조성 및 관리에 관한 법률

[시행 2024. 4. 3.] [법률 제19879호, 2024. 1. 2., 일부개정]

제12조(가로수의 조성·관리)

- ① 지방자치단체의 장은 아름다운 경관의 조성 및 생활·교통환경 개선 등을 위하여 가로수를 다른 도시숲등과 연계되도록 조성·관리하여야 한다.
- ② 지방자치단체의 장 외의 자가 가로수의 조성·관리와 관련하여 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 행위를 하려는 경우에는 지방자치단체의 장의 승인을 받아야 한다. 이 경우 승인절차, 승인기간 및 비용부담 등에 관하여는 해당 지방자치단체의 조례로 정한다.
 - 1. 가로수의 심고 가꾸기
 - 2. 가로수의 옮겨심기
 - 3. 가로수의 제거
 - 4. 가로수의 가지치기

46) 국토환경성평가지도 시스템. <https://ecvam.neins.go.kr/main.do>. 2024.06.01. 접속

5. 그 밖에 가로수의 조성·관리를 위하여 농림축산식품부령으로 정하는 행위
- ③ 「도로법」 제2조제5호에 따른 도로관리청 등 대통령령으로 정하는 자가 도로공사 또는 정비를 하려는 경우에는 그 도로에 가로수를 조성·유지하여야 하며, 도로의 계획 또는 설계 단계에서부터 가로수를 조성할 공간을 확보하여야 한다.
- ④ 가로수의 조성·관리에 따른 수종선정 기준 및 심는 지역 기준과 그 밖에 필요한 사항은 농림축산식품부령으로 정한다.

■ 서울특별시 가로수 조성 및 관리 조례

[시행 2024. 7. 24.] [서울특별시조례 제9222호, 2024. 5. 20., 일부개정]

제23조(가로수 관리대장)

- ① 관리청은 가로수의 체계적인 관리를 위하여 노선별로 관리대장을 만들어 관리한다.〈개정 2023.10.4.〉
- ② 가로수 관리대장은 규칙에서 정하는 서식에 따라 관리청별로 전산화된 대장으로 작성하여 비치한다.

다만, 가로수 정보 구축을 위한 근거인 가로수 관리대장 전산화 관련 조항은 지자체 조례에 명시되어있기 때문에, 지자체별 데이터 구축 현황이 상이하다.

□ 수생태계 건강성 평가지도

수생태계 건강성 평가지도는 「물환경보전법」 제9조의3, 「물환경보전법 시행규칙」 제24조의2, 「물환경보전법 시행규칙」 제24조의3에 근거하여 현황조사 및 평가가 이루어지며 「물환경보전법」 제5조에 근거하여 수생태계 현황 조사 및 수생태계 평가 결과를 구축 및 운영하고 있다.

■ 물환경보전법

[시행 2024. 1. 30.] [법률 제20172호, 2024. 1. 30., 타법개정]

제5조(물환경종합정보망의 구축·운영 등)

- ① 환경부장관은 제9조에 따른 수질의 상시측정(常時測定) 결과, 제9조의3에 따른 수생태계 현황 조사 및 수생태계 건강성 평가 결과, 제23조에 따른 오염원 조사 결과, 폐수배출시설에서 발생하는 폐수의 오염도 및 배출량, 그 밖에 환경부령으로 정하는 정보에 국민이 쉽게 접근할 수 있도록 국가 물환경종합정보망을 구축·운영하여야 한다. 〈개정 2017. 1. 17.〉
- ② 환경부장관은 관계 행정기관 및 「공공기관의 운영에 관한 법률」 제4조에 따른 공공기관 등에 대하여 제1항에 따른 전산망의 구축·운영에 필요한 자료의 제공을

요청할 수 있다. 이 경우 요청을 받은 기관의 장은 특별한 사유가 없으면 그 요청에 따라야 한다.

- ③ 시·도지사는 관할구역의 물환경 정보에 대하여 지역 물환경종합정보망을 구축·운영할 수 있다. 이 경우 시·도지사는 환경부장관과 협의하여 지역 물환경종합정보망을 국가 물환경종합정보망과 연계할 수 있다.

제9조의3(수생태계 현황 조사 및 건강성 평가)

- ① 환경부장관은 수생태계 보전을 위한 계획 수립, 개발사업으로 인한 수생태계의 변화 예측 등을 위하여 수생태계의 현황을 전국적으로 조사하여야 한다.
- ② 시·도지사 또는 대도시의 장은 수생태계 실태 파악 등을 위하여 필요한 경우 관할구역의 수생태계 현황을 조사할 수 있다. 이 경우 시·도지사 또는 대도시의 장은 조사 결과를 환경부장관에게 보고하여야 한다.
- ③ 환경부장관은 제1항 및 제2항에 따른 조사 결과를 바탕으로 수생태계 건강성을 평가하고, 그 결과를 공개하여야 한다.
- ④ 제1항 및 제2항에 따른 수생태계 현황 조사·보고와 제3항에 따른 수생태계 건강성 평가·공개에 관하여 필요한 사항은 환경부령으로 정한다.

■ 서울특별시 가로수 조성 및 관리 조례

[시행 2024. 7. 24.] [서울특별시조례 제9222호, 2024. 5. 20., 일부개정]

제23조(가로수 관리대장)

- ① 관리청은 가로수의 체계적인 관리를 위하여 노선별로 관리대장을 만들어 관리한다.〈개정 2023.10.4.〉
- ② 가로수 관리대장은 규칙에서 정하는 서식에 따라 관리청별로 전산화된 대장으로 작성하여 비치한다.

수생태계 건강성 평가지도는 하천과 하구의 조사 및 평가기준이 다르기 때문에 「수생태계 현황 조사 및 건강성 평가방법 등에 관한 지침(하구편)」과 「수생태계 현황 조사 및 건강성 평가방법 등에 관한 지침(하천편)」을 참고하여 각각 평가하고 있다.

3. 소결

□ 그린인프라 데이터 구축 현황

그린인프라 데이터 구축 현황 조사 결과 대부분의 데이터는 전국단위로 구축되고 있으나, 도시생태현황지도, 수생태계 건강성 평가지도, 가로수 데이터의 경우 지자체 단위로 구축되고 있다. 지자체 단위로 구축되고 있는 그린인프라 데이터의 경우 지자체별 데이터 구축 유무가 상이하다는 한계점이 있으며, 구축이 된 경우에도 갱신주기 등 차이가 발생하고 있다. 반면, 전국단위로 구축되는 정보의 경우 법적 강제력이 있어 정부부처의 관리하에 데이터가 수집 및 갱신되고 있는 경우가 많다.

[표 3-16] 그린인프라 관련 데이터 및 속성정보 현황

데이터	공간대상	개체목 단위 정보	면단위 개체목 정보	면단위 정보
임상도	전국(산림)		흥고직경, 수중, 수고, 임령	토지이용, 임종, 임상, 수관밀도
토지피복지도	전국			피복정보
도시생태현황지도	지자체		우점종명, 종명, 수고, 흥고직경	토지피복, 녹지율, 녹지구조, 식피율, 우점도, 군도, 초창, 식생수직구조, 식생유형분류
생태자연도	전국		임령	생태자연도 등급, 식생 등급, 식물군락
토양도	전국			토양지형, 토양특성
식생도	전국		식물군락명, 식재림 흥고직경	분포희귀성, 식생복원 잠재성, 구성식물종 온전성, 식생구조 온전성, 식생보전등급, 식생대분류
산림입지도양도	전국			모암분류, 기후대, 경사형, 토심, 토성, 토양형, 지형
국토환경성평가지도	전국			국토환경성평가등급, 법제적 평가등급, 환경·생태적 평가등급
수생태계 건강성 평가지도	지자체			수변식생
가로수	지자체	수중, 흥고직경, 수고, 수관폭, 피해유형, 식재일, 방제, 전정·시비, 보호덮개, 현존유무		

출처: 연구진 작성

각 그린인프라 데이터에서 구축하고 있는 그린인프라 요소를 해상도 단위로 구분할 수 있다. 개별 수목의 속성정보를 구축하고 있는 개체목 단위 정보, 개별 수목의 속성정보를 면단위로 평균하여 구축하고 있는 면단위 개체목 정보, 그리고 개별 수목에 대한 정보는 거의 사라진 면단위 정보로 구분이 가능하다. 결과적으로 보면 가로수 정보를 제외한 대부분의 그린인프라 정보는 면단위 개체목 정보 및 면단위 정보 수준에서 구축되고 있다.

대부분의 그린인프라 정보는 면단위로 구축되는 것을 확인하였다. 대부분의 그린인프라 정보가 전국단위데이터가 구축되는데, 전국단위 데이터는 공간범위가 넓어 현장조사를 통해 개체목 단위 정보를 구축하기 힘들고, 고해상도 및 3차원 데이터를 활용하기도 어렵다. 때문에 대부분의 데이터가 면단위 정보로 구축되고 있다. 다만, 홍고직경, 수종, 수고, 임령, 우점종명 등 일부 정보에 대해서는 면단위 개체목 정보 수준에서 데이터 구축이 진행되고 있다.

전반적으로 볼 때 지자체 단위에서 구축하는 자료일수록 고해상도의 정보를 구축하는 것을 확인할 수 있다. 다만 고해상도 그린인프라 데이터의 구축 방식은 현장조사 기반으로 구축되는 정보가 많은 것으로 확인되어 전국단위 혹은 모든 지자체에서 적용하기는 어려운 방법이다.

□ 관계 법·제도 현황

그린인프라 관계 데이터를 생산 및 관리하고 있는 기관과 데이터 생산의 법적 근거를 조사하였다. 모든 그린인프라 데이터는 법적 근거하에서 구축되고 있는 것을 확인할 수 있으며, 같은 법에 근거하여 생산되더라도 서로 다른 기관에서 생산하거나 관리 및 유통하는 것을 확인할 수 있다.

특이한 사항으로는 그린인프라 유형을 제시하고 있는 「건축법」, 「주택법」, 「도시공원 및 녹지 등에 관한 법률」, 「수목원·정원의 조성 및 진흥에 관한 법률」, 「국토계획법」은 관계 데이터 구축에 대해 전혀 제시하지 않고 있다. 상대적으로 잘 구축되어 활용되고 있는 것으로 판단되는 임상도의 사례를 보면 「산림자원의 조성 및 관리에 관한 법률」에서 산림의 특성과 유형에 대해 정의하고 동법에서 데이터 구축을 명시하고 있다. 향후 추가적인 그린인프라 데이터 구축을 위해 이같은 방식을 취할 수 있을 것이다.

[표 3-17] 그린인프라 데이터 관계 법·제도와 구축 및 제공기관

그린인프라 데이터	법적근거	구축 및 제공기관
임상도	산림자원의 조성 및 관리에 관한 법률	산림청
토지피복지도	자연환경보전법	환경부
도시생태현황지도	자연환경보전법	지자체
생태·자연도	자연환경보전법	국립생태원
토양도	농촌진흥법	국립농업과학원
현존식생도	자연환경보전법	국립생태원
산림입지토양도	산림자원 조성 및 관리에 관한 법률	산림청
국토환경성평가지도	환경정책기본법	한국환경연구원
가로수 데이터	도시숲 등의 조성 및 관리에 관한 법률	지자체
수생태계 건강성 평가지도	물환경보전법	국립환경과학원

출처: 연구진 작성

□ 신규 구축 필요 그린인프라 데이터 및 속성정보

분석결과 도시생태현황지도, 생태자연도, 토지피복도, 임상도에 대부분의 그린인프라 정보가 구축되어 있는 것으로 확인되었다. 소규모 그린인프라 유형일수록 데이터 구축이 미비한 것을 확인할 수 있다. 면단위 그린인프라인 공원이나 녹지, 숲과 같은 경우 토지피복지도나 생태자연도를 통해 면단위에서 데이터가 구축되고 있다. 뿐만 아니라 일부 속성정보의 경우 도시생태현황지도와 생태자연도를 통해 면단위 그린인프라 정보가 개체목 수준의 정보의 통계치 수준에서도 데이터가 구축되고 있다.

국내 탄소중립사회 관련 정책과 국내·외 연구에서 조사된 그린인프라 수요와 국내 그린인프라 데이터 현황을 비교하였다. 그린인프라 유형을 크게 산림, 녹지, 벽면녹화, 수목 등으로 분류할 때 산림과 관련된 데이터는 충분히 구축되어 있는 것으로 확인되었다. 다만, 녹지와 관련된 데이터는 속성정보 측면에서 많은 부분 개선되어야 할 필요가 있는 것으로 나타났다. 현재 녹지와 관련된 대부분의 정보는 면적과 관련된 정보이거나 녹지 내 수종정보나 수목 개체수를 통계치 수준으로 제공하고 있고, 흉고직경 정보나 수고 등의 정보는 전혀 제공되지 않고 있다.

벽면녹화와 관련된 정보는 전혀 수집되지 않고 있었다. 벽면녹화는 기후변화 적응과 완화 측면에서 다양하게 거론되는 그린인프라 유형이나, 벽면녹화의 특성 상 위성영상이나 항공사진 등 공중에서 촬영한 사진으로는 데이터 구축이 어렵다. 이에 따라 현재 데

이터 구축이 가장 미비한 것으로 확인되었다. 수목 단위의 그린인프라 정보는 일부 지자체에서 가로수 정보를 구축하는 것으로 나타났으나 그마저도 갱신이 되지 않아 거의 활용될 수 없는 상황의 데이터인 것으로 확인되었다. 이에 탄소중립사회 관련 정책과 연구에서 요구하는 대부분의 수목 단위 그린인프라 정보는 신규 생산될 필요가 있다.

데이터 수요	유형	속성정보	구축필요	속성정보	유형	데이터 현황
	산림	산림면적, 임상 등	-	산림면적, 임상 등	산림	
	녹지	면적, 수관면적, 수목개체수, 수종 혼고직경, 수고, LAI	수관면적, 수목개체수, 수종 혼고직경, 수고, LAI	면적	녹지	
	벽면녹화	면적	면적	-	벽면녹화	
	수목	혼고직경, 수고, 수령, 개체 수, LAI 등	혼고직경, 수고, 수령, 개체 수, LAI 등	-	수목	

[그림 3-2] 그린인프라 데이터 수요와 실제 데이터 현황 비교 요약

출처: 연구진 작성

제4장 그린인프라 관련 법·제도 현황

1. 탄소흡수원으로서의 그린인프라 관련 법·제도
2. 기반시설로서의 그린인프라 관련 법·제도
3. 소결

1. 탄소흡수원으로서의 그린인프라 관련 법·제도

□ 기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법

그린인프라의 탄소흡수원 역할에 대한 법적 규정은 우선 「기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법」에서 찾을 수 있다. 동법 제29조에 따르면, 탄소흡수원은 탄소중립 도시 조성사업 지정대상으로서 탄소중립도시를 지정하게 되는 요건으로 탄소흡수원의 조성·확충·개선 사업이 포함되고 있음을 밝히고 있다. 동법 제33조에서는 탄소흡수원의 대상으로서 정주지 등 수목, 초화, 습생식물, 작물 등이 생육하고 있어 탄소흡수가 발생하는 토지들을 탄소흡수원으로 정의하고 있다. 또한 탄소흡수원의 종류로는 산림지, 농경지, 초지, 습지, 정주지, 및 바다숲 등이 있으며, 이 중 바다숲을 제외하면 모두 도시 시스템에서 적용되는 그린인프라임을 알 수 있다.

■ 「기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법」에서의 탄소흡수원

[시행 2024. 1. 1.] [법률 제19208호, 2022. 12. 31., 타법개정]

제29(탄소중립 도시의 지정)

- ① 국가와 지방자치단체는 탄소중립 관련 계획 및 기술 등을 적극 활용하여 탄소중립을 공간적으로 구현하는 도시(이하 “탄소중립도시”라 한다)를 조성하기 위한 정책을 수립·시행하여야 한다.
- ② 정부는 다음 각 호의 사업을 시행하고자 하는 도시를 직접 또는 지방자치단체의 장의 요청을 받아 탄소중립도시로 지정할 수 있다.

1. 도시의 온실가스 감축 및 에너지 자립률 향상을 위한 사업
2. 도시에서 제33조제1항에 따른 탄소흡수원등을 조성·확충 및 개선하는 사업
3. 도시 내 생태축 보전 및 생태계 복원

(이하생략)

제33조(탄소흡수원 등의 확충)

- ① 정부는 산림지, 농경지, 초지, 습지, 정주지 및 「수산자원관리법」 제2조제6호에 따른 바다숲 등에서 온실가스를 흡수하고 저장(흡수된 온실가스를 대기로부터 영구 또는 반영구적으로 격리하는 것을 말한다)하는 「탄소흡수원 유지 및 증진에 관한 법률」 제2조제10호에 따른 탄소흡수원 및 그 밖의 바이오매스 등(이하 “탄소흡수원등”이라 한다)을 조성·확충하거나 온실가스 흡수 능력을 개선하기 위한 시책을 수립·시행하여야 한다.

탄소흡수원은 제1차 국가 탄소중립·녹색성장 기본계획에서도 중요한 감축전략으로 제시되고 있다. 산림·해양·습지·정주지 등을 탄소흡수원으로 하여 강화와 복원을 추진하고 있으며, 기후대응 도시숲, 도시바람길숲, 생활밀착형 숲, 학교 내·외숲 등 신규 흡수원 확대 추진으로 탄소중립도시에 요구되는 탄소흡수원들을 제시하고 있다. 탄소흡수원의 지속적 확보를 위해서 LULUCF 작성체계 구축, 탄소흡수원 통계 산정체계 고도화 및 정보통합관리 등으로 MRV(산정·보고·검증) 체계 고도화 등도 추진하고 있다.

□ 탄소흡수원 유지 및 증진에 관한 법률

「탄소흡수원 유지 및 증진에 관한 법률」은 탄소흡수원을 규정하는 근거법이다. 동법 제1조에서는 탄소중립사회 이행의 근거법인 「기후위기대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법」이 법의 근거임을 밝히고 있으며, 그린인프라 역할인 산림⁴⁷⁾이 탄소흡수원임을 적시하고 있다. 동법 제2조 5호에서는 탄소흡수원 확보 및 산림탄소흡수량 증가를 위해서 신규조림이나 재조림, 식생조성 등의 탄소흡수원 유지 및 증진 활동을 규정하고 있다. 동법 제2조 9호에서는 그린인프라에 해당하는 산림, 농지, 초지, 습지, 주거지 등에서 인위적인 활동(토지이용, 토지이용 변화, 임업활동)에 따른 온실가스 흡수·배출을 고려해야 할 때, 그린인프라 등의 탄소흡수원이 온실가스 흡수원으로 고려됨을 제시하고 있다. 동법 제2조 10호에서는 탄소를 흡수하고 저장하는 입목, 죽, 고사유기물, 토양 목

47) 「탄소흡수원 유지 및 증진에 관한 법률」 상 산림은 집단적으로 자라고 있는 입목과 대나무 그리고 토지를 일컫는다. 단, 농지, 초지, 주택지, 도로 등의 토지와 이곳의 입목과 대나무는 제외한다

제품 및 산림바이오매스 에너지를 탄소흡수원으로 정의하고 있다. 여기서 탄소흡수원인 바이오매스는 도시와 같은 정주지에서 그린인프라로서 역할을 수행한다. 정주지는 인간의 개발로 인해 거주지, 교통, 상업 및 생산 시설 등의 토지이용을 의미하며, 이들 피복 위의 식생과 토양 등은 바이오매스(living biomass)이며, 곧 탄소흡수원이다⁴⁸⁾. 그린인프라인 식생은 정주지 곳곳에 도시숲, 농경지, 공원, 골프장, 정원 등을 구성하고 있으며, 초지와 같은 다년생 초화, 정원식물, 수목 등 다양한 녹지로 구성된다.

■ 「탄소흡수원 유지 및 증진에 관한 법률」에서의 그린인프라 개념

제1조(목적)

이 법은 「기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법」 제33조에 따라 산림의 탄소흡수 기능을 유지하고 증진시킴으로써 기후변화에 대응하고 저탄소 사회 구현에 이바지함을 목적으로 한다.

제2조(정의)

이 법에서 사용하는 용어의 뜻은 다음과 같다. 다만, 별도의 인용이 없는 경우 국제연합(UN: United Nations)에서 기후변화에 대응하기 위하여 정의한 내용을 적용한다.

5. “식생복구”란 신규조림이나 재조림 외에 식생 조성을 통하여 그 입지에서의 산림탄소흡수량을 증가시키는 인위적인 활동을 말한다.
9. “토지이용, 토지이용 변화 및 임업”(LULUCF: Land Use, Land Use Change and Forestry)이란 국토를 토지이용 목적과 형태에 따라 산림, 농지, 초지, 습지, 주거지, 그 밖의 범주로 구분하여 각 토지이용 범주별 인위적인 활동에 따른 온실가스 흡수량·배출량과 토지이용변화에 따른 온실가스 흡수량·배출량을 산출하기 위하여 규정한 정의·방식·규칙을 말한다.
10. “탄소흡수원”이란 탄소를 흡수하고 저장하는 입목, 죽, 고사유기물, 토양, 목제품 및 산림바이오매스 에너지를 말한다.

■ 「산림자원의 조성 및 관리에 관한 법률」에서의 산림의 개념

[시행 2023. 12. 21.] [법률 제19488호, 2023. 6. 20., 일부개정]

제2조(정의)

이 법에서 사용하는 용어의 뜻은 다음과 같다. 다만, 별도의 인용이 없는 경우 국제연합(UN: United Nations)에서 기후변화에 대응하기 위하여 정의한 내용을 적용한다.

1. “산림”이란 다음 각 목의 어느 하나에 해당하는 것을 말한다. 다만, 농지, 초지(草地), 주택지, 도로, 그 밖의 대통령령으로 정하는 토지에 있는 입목(立木)·대나무와 그 토

48) IPCC(2006) 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. p.8.5

지는 제외한다.

가. 집단적으로 자라고 있는 입목·대나무와 그 토지

나. 집단적으로 자라고 있던 입목·대나무가 일시적으로 없어지게 된 토지

다. 입목·대나무를 집단적으로 키우는 데에 사용하게 된 토지

라. 산림의 경영 및 관리를 위하여 설치한 도로[이하 “임도(林道)”라 한다]

마. 가목부터 다목까지의 토지에 있는 암석지(巖石地)와 소택지(沼澤地: 늪과 연못으로 둘러싸인 습한 땅)

2. 기반시설로서의 그린인프라 관련 법·제도

1) 국토·산림 단위의 그린인프라

□ 자연공원법

「자연공원법」에서는 제1조에서와 같이 그린인프라로서의 자연공원이 갖는 기능이나 역할보다는 자연공원의 훼손과 멸실을 방지하고 자연공원이 가지고 있는 자연생태계, 자연, 문화경관을 보전 및 지속가능한 이용도모가 목적이다. 동법 제2조의2제2호에서 밝히는 바와 같이 자연공원 지정 및 관리의 기본원칙에는 기후변화에 대응하기 위한 목적도 포함되고 있다. 이는 자연공원이 기후탄력성을 갖는 그린인프라로서 도시공원을 포함하는 자연생태계 서비스의 포괄적인 역할을 위해 지정·관리됨을 알 수 있다. 자연공원은 지정이나 관리주체에 따라서 국립공원, 도립공원, 광역시립공원, 군립공원, 시립공원, 구립공원으로 유형이 분류되며, 국가의 지질가치 보존을 위해 지질공원도 유형에 포함된다. 위의 행정단위 주체에 따른 자연공원 유형 중에서 도시에 해당하는 광역시립공원, 군립공원, 시립공원, 구립공원 등은 동법 제4조, 제4조의3과 4에 의거해서 지정하게 된다. 이들 공원에 대한 지정기준은 제7조와 동법 시행령 제3조 별표 1에서 제시되고 있는 바와 같이 공원지정이 이루어지는 지역의 자연생태계나 경관을 대표할 만한 곳이어야 함이 공통적으로 제시되고 있으며, 지정과정은 주민의견과 지자체장 의견 청취, 공원위원회 심의 등이 포함되어 지역의 대표성 제고를 위한 합의가 이루어지고 있다.

그린인프라로서 경관이 뛰어나고, 자연생태계가 잘 보존되어 있는 자연공원은 다층으로 구성된 식생을 중심으로 여름철 냉섬의 역할을 하여 주변에 냉기를 흘려보내고, 통기성을 높여 열섬저감 역할을 수행한다. 또한, 다층식재와 풍부한 토양은 폭우 등 강우시 유출수의 유속을 저하시키고, 유출수 침투능력이 높아 도시홍수를 예방한다. 또한 침투된 유출수는 지하수를 풍부하게 하고, 토양층의 여과로 수질이 높게 유지될 수 있다. 「자연공원법」에 의거한 공원이 도시에 많이 확보되는 것은 그린인프라의 질적인 수준을 높일 수 있는 좋은 수단이 된다.

■ 자연공원법

[시행 2024. 1. 30.] [법률 제20172호, 2024. 1. 30., 타법개정]

제1조(목적)

이 법은 자연공원의 지정·보전 및 관리에 관한 사항을 규정함으로써 자연생태계와 자연 및 문화경관 등을 보전하고 지속 가능한 이용을 도모함을 목적으로 한다.

제2조(정의)

이 법에서 사용하는 용어의 뜻은 다음과 같다. <개정 2011. 7. 28., 2016. 5. 29.>

1. “자연공원”이란 국립공원·도립공원·군립공원(郡立公園) 및 지질공원을 말한다.
2. “국립공원”이란 우리나라의 자연생태계나 자연 및 문화경관(이하 “경관”이라 한다)을 대표할 만한 지역으로서 제4조 및 제4조의2에 따라 지정된 공원을 말한다.
3. “도립공원”이란 도 및 특별자치도(이하 “도”라 한다)의 자연생태계나 경관을 대표할 만한 지역으로서 제4조 및 제4조의3에 따라 지정된 공원을 말한다.
- 3의2. “광역시립공원”이란 특별시·광역시·특별자치시(이하 “광역시”라 한다)의 자연생태계나 경관을 대표할 만한 지역으로서 제4조 및 제4조의3에 따라 지정된 공원을 말한다.
4. “군립공원”이란 군의 자연생태계나 경관을 대표할 만한 지역으로서 제4조 및 제4조의4에 따라 지정된 공원을 말한다.
- 4의2. “시립공원”이란 시의 자연생태계나 경관을 대표할 만한 지역으로서 제4조 및 제4조의4에 따라 지정된 공원을 말한다.
- 4의3. “구립공원”이란 자치구의 자연생태계나 경관을 대표할 만한 지역으로서 제4조 및 제4조의4에 따라 지정된 공원을 말한다.
- 4의4. “지질공원”이란 지구과학적으로 중요하고 경관이 우수한 지역으로서 이를 보전하고 교육·관광 사업 등에 활용하기 위하여 제36조의3에 따라 환경부장관이 인증한 공원을 말한다.
5. “공원구역”이란 자연공원으로 지정된 구역을 말한다.
6. “공원기본계획”이란 자연공원을 보전·이용·관리하기 위하여 장기적인 발전방향을 제시하는 종합계획으로서 공원계획과 공원별 보전·관리계획의 지침이 되는 계획을 말한다.
7. “공원계획”이란 자연공원을 보전·관리하고 알맞게 이용하도록 하기 위한 용도지구의 결정, 공원시설의 설치, 건축물의 철거·이전, 그 밖의 행위 제한 및 토지 이용 등에 관한 계획을 말한다.
8. “공원별 보전·관리계획”이란 동식물 보호, 훼손지 복원, 탐방객 안전관리 및 환경오염 예방 등 공원계획 외의 자연공원을 보전·관리하기 위한 계획을 말한다.
9. “공원사업”이란 공원계획과 공원별 보전·관리계획에 따라 시행하는 사업을 말한다.

10. “공원시설”이란 자연공원을 보전·관리 또는 이용하기 위하여 공원계획에 따라 자연공원에 설치하는 시설(공원계획에 따라 자연공원 밖에 설치하는 진입도로, 주차시설 또는 공원사무소를 포함한다)로서 **대통령령**으로 정하는 시설을 말한다.

[전문개정 2008. 12. 31.]

제2조의2(기본원칙)

자연공원은 다음 각 호의 기본원칙에 따라 지정·보전 및 관리되어야 한다.

1. 자연공원은 모든 국민의 자산으로서 현재세대와 미래세대를 위하여 보전되어야 한다.
2. 자연공원은 생태계의 건전성, 생태축(生態軸)의 보전·복원 및 기후변화 대응에 기여하도록 지정·관리되어야 한다.
3. 자연공원은 과학적 지식과 객관적 조사 결과를 기반으로 해당 공원의 특성에 따라 관리되어야 한다.
4. 자연공원은 지역사회와 협력적 관계에서 상호혜택을 창출할 수 있도록 관리되어야 한다.
5. 자연공원의 보전 및 지속가능한 이용을 위한 국제협력은 증진되어야 한다.

[본조신설 2020. 6. 9.]

제7조(자연공원의 지정기준)

자연공원의 지정기준은 자연생태계, 경관 등을 고려하여 **대통령령**으로 정한다.

■ 자연공원법 시행령

[시행 2023. 1. 12.] [대통령령 제33225호, 2023. 1. 10., 타법개정]

제2조(공원시설)

「자연공원법」(이하 “법”이라 한다) 제2조제10호에서 “대통령령으로 정하는 시설”이란 다음 각 호의 시설을 말한다. <개정 2005. 9. 30., 2009. 11. 2., 2010. 10. 1., 2011. 9. 30., 2017. 5. 29., 2020. 12. 8., 2022. 11. 1.>

1. 공원관리사무소·창고(공원관리 용도로 사용하는 것으로 한정한다)·탐방안내소·매표소·우체국·경찰관파출소·마을회관·경로당·도서관·공설수목장림·환경기초시설 등의 공공시설. 다만, 공설수목장림은 2011년 10월 5일 이전에 공원구역에 설치된 묘지를 이장하거나 공원구역에 거주하는 주민이 사망한 경우에 이용할 수 있도록 하기 위하여 법 제4조제1항에 따라 자연공원을 지정·관리하는 환경부장관, 특별시장·광역시장·특별자치시장·도지사 또는 특별자치도지사 및 시장·군수 또는 자치구의 구청장(이하 “공원관리청”이라 한다)이 설치하는 경우로 한정한다.
2. 사방(砂防)·호안(護岸)·방책(防柵)·방화(防火)시설·방재(防災)시설 및 대피소 등 공원자원을 보호하거나 탐방자의 안전을 도모하는 보호 및 안전시설

2의2. 공원의 야생생물 보호 및 멸종위기종 등의 증식·복원을 위한 시설

3. 체육시설(골프장, 골프연습장 및 스키장은 제외한다), 유선장(遊船場), 수상레저기구 계류시설, 광장, 야영장, 청소년수련시설, 전망대, 야생동물 관찰대, 해중(海中) 관찰대, 휴게소, 공중화장실 등의 휴양 및 편의시설

4. 식물원·동물원·수족관·박물관·전시장·공연장·자연학습장 등의 문화시설

5. 도로(탐방로를 포함한다), 주차장, 수소연료공급시설, 교량, 궤도, 무궤도열차, 소규모 공항(섬지역인 자연공원에 설치하는 활주로 1,200미터 이하의 공항을 말한다), 수상경비행장 등의 교통·운수시설

6. 기념품 판매점, 약국, 식품접객소(유흥주점은 제외한다), 미용업소, 목욕장 등의 상업시설

7. 호텔·여관 등의 숙박시설

8. 제1호 내지 제7호의 시설의 부대시설

제3조(지정기준)

법 제7조의 규정에 의한 자연공원의 지정기준은 별표 1과 같다.

■ 자연공원법 시행령 [별표 1]

자연공원의 지정기준(제3조관련)

구분	기준
자연생태계	자연생태계의 보전상태가 양호하거나 멸종위기야생동식물·천연기념물·보호야생동식물등이 서식할 것
자연경관	자연경관의 보전상태가 양호하여 훼손 또는 오염이 적으며 경관이 수려할 것
문화경관	문화재 또는 역사적 유물이 있으며, 자연경관과 조화되어 보전의 가치가 있을 것
지형보존	각종 산업개발로 경관이 파괴될 우려가 없을 것
위치 및 이용편의	국토의 보전·이용·관리측면에서 균형적인 자연공원의 배치가 될 수 있을 것

□ 자연환경보전법

「자연환경보전법」은 자연지역의 보존을 위한 법으로써 「자연공원법」과 함께 자연보전이 목적인 것은 같다고 볼 수 있다. 그러나, 「자연환경보전법」은 제2조제1호와 같이 그 대상을 ‘자연환경’으로 하고 있으며, 특정 자연환경에 대하여 생태·경관보전지역으로 지정하고 관리하기 위한 규정을 동법 제12조와 같이 제시하는 것이 법의 핵심이다. 또한, 지정된 생태·경관보전지역 관리를 위해서 공간주제도를 작성하고, 유지관리하도록

이 법에서 규정함으로써 다양한 각종 자연환경 정보가 위치기반 정보로 구축될 수 있는 법적 근거가 된다.

도시의 자연환경에 대해서는 법 제23조와 같이 시·도 생태·경관보전지역으로 따로 규정하여 지정 및 관리가 되고 있다. 지정된 도시의 자연환경 정보는 제34조의2와 같이 도시생태현황지도로 만들어져 관리되도록 하고 있다. 동법 시행규칙 제17조에 의하면 도시생태현황지도의 종류로서, 토지이용 현황, 토지피복(土地被覆) 현황, 지형, 식생 현황, 동식물상(動植物相)이 각각의 주제로 작성되도록 규정하고 있다.

「자연환경보전법」에서 도시 그린인프라를 규정하는 내용들은 그린인프라의 기능이나 역할보다는 그린인프라 각각이 가지는 생태공간정보를 구축함으로써 그린인프라 자체가 갖는 기능이 공간적으로 어디에 얼마나 영향을 미칠 수 있는지 분석하고, 대책이나 정책에 활용되도록 하는 기초자료를 제공하는 것에 큰 의미가 있다.

법 제2조제19호의 자연환경복원사업에서는 도시에서의 훼손된 생태계를 복원하기 위한 내용을 제공하고 있다. 이 규정은 훼손된 그린인프라의 종류나 기능에 기반하여 생태적 연결성을 강화하거나, 상실되었던 그린인프라적인 기능을 회복시키는 근거가 된다.

■ 자연환경보전법

[시행 2023. 4. 19.] [법률 제19012호, 2022. 10. 18., 타법개정]

제2조(정의)

이 법에서 사용하는 용어의 정의는 다음과 같다.

1. “자연환경”이라 함은 지하·지표(해양을 제외한다) 및 지상의 모든 생물과 이들을 둘러싸고 있는 비생물적인 것을 포함한 자연의 상태(생태계 및 자연경관을 포함한다)를 말한다.
3. “자연환경의 지속가능한 이용”이라 함은 현재와 장래의 세대가 동등한 기회를 가지고 자연환경을 이용하거나 혜택을 누릴 수 있도록 하는 것을 말한다.
12. “생태·경관보전지역”이라 함은 생물다양성이 풍부하여 생태적으로 중요하거나 자연경관이 수려하여 특별히 보전할 가치가 큰 지역으로서 제12조 및 제13조제3항에 따라 환경부장관이 지정·고시하는 지역을 말한다.
14. “생태·자연도”라 함은 산·하천·내륙습지·호소(湖沼)·농지·도시 등에 대하여 자연환경을 생태적 가치, 자연성, 경관적 가치 등에 따라 등급화하여 제34조에 따라 작성된 지도를 말한다.
19. “자연환경복원사업”이란 훼손된 자연환경의 구조와 기능을 회복시키는 사업으로서 다음 각 호에 해당하는 사업을 말한다. 다만, 다른 관계 중앙행정기관의 장이 소관 법률에 따라 시행하는 사업은 제외한다.

나. 도시지역 생태계의 연속성 유지 또는 생태계 기능의 향상을 위한 사업
마. 그 밖에 훼손된 자연환경 및 생태계를 복원하기 위한 사업으로서 대통령령으로 정하는 사업

제12조(생태·경관보전지역)

①환경부장관은 다음 각호의 어느 하나에 해당하는 지역으로서 자연생태·자연경관을 특별히 보전할 필요가 있는 지역을 생태·경관보전지역으로 지정할 수 있다. <개정 2020. 5. 26.>

②환경부장관은 생태·경관보전지역의 지속가능한 보전·관리를 위하여 생태적 특성, 자연경관 및 지형여건 등을 고려하여 생태·경관보전지역을 다음과 같이 구분하여 지정·관리할 수 있다.

1. 생태·경관핵심보전구역(이하 “핵심구역”이라 한다) : 생태계의 구조와 기능의 훼손방지를 위하여 특별한 보호가 필요하거나 자연경관이 수려하여 특별히 보호하고자 하는 지역
2. 생태·경관완충보전구역(이하 “완충구역”이라 한다) : 핵심구역의 연접지역으로서 핵심구역의 보호를 위하여 필요한 지역
3. 생태·경관전이(轉移)보전구역(이하 “전이구역”이라 한다) : 핵심구역 또는 완충구역에 둘러싸인 취약지역으로서 지속가능한 보전과 이용을 위하여 필요한 지역

제23조(시·도 생태·경관보전지역의 지정·보전)

①시·도지사는 생태·경관보전지역에 준하여 보전할 필요가 있다고 인정되는 지역을 시·도 생태·경관보전지역으로 지정하여 관리할 수 있다.

②환경부장관은 시·도지사에게 해당 지역을 대표하는 자연생태·자연경관을 보전할 필요가 있는 지역을 시·도 생태·경관보전지역으로 지정하여 관리하도록 권고할 수 있다. <개정 2020. 5. 26.>

③시·도 생태·경관보전지역의 지정기준·구역구분·지정해제 등에 관한 사항은 제12조의 규정을 준용한다.

제34조의2(도시생태현황지도의 작성·활용)

① 특별시장·광역시장·특별자치시장·특별자치도지사 또는 시장(「지방자치법」 제2조제1항제2호에 따른 시의 장을 말한다. 이하 이 조에서 같다)은 환경부장관이 작성한 생태·자연도를 기초로 관할 도시지역의 상세한 생태·자연도(이하 “도시생태현황지도”라 한다)를 작성하고, 도시환경의 변화를 반영하여 5년마다 다시 작성하여야 한다. 이 경우 도시생태현황지도는 5천분의 1 이상의 지도에 표시하여야 한다.

② 특별시장·광역시장·특별자치시장·특별자치도지사 또는 시장(이하 “도시생태현황지도 작성 지방자치단체의 장”이라 한다)은 도시생태현황지도를 작성하기 위하여 관

계 행정기관의 장에게 필요한 자료의 제공을 요청할 수 있다.

③ 제2항에 따른 요청을 받은 관계 행정기관의 장은 특별한 사유가 없으면 이에 따라야 한다.

④ 도시생태현황지도 작성 지방자치단체의 장은 도시생태현황지도를 환경부장관에게 제출하여야 한다.

⑤ 환경부장관 또는 도지사는 도시생태현황지도 작성 지방자치단체의 장에게 그 작성에 필요한 비용의 일부를 지원할 수 있다.

⑥ 제1항부터 제5항까지에서 규정한 사항 외에 도시생태현황지도의 작성·활용에 필요한 사항은 환경부령으로 정한다.

[본조신설 2017. 11. 28.]

■ 자연환경보전법 시행규칙

[시행 2022. 1. 6.] [환경부령 제966호, 2022. 1. 5., 일부개정]

제17조(도시생태현황지도의 작성방법)

① 법 제34조의2제1항에 따른 관할 도시지역의 상세한 생태·자연도(이하 “도시생태현황지도”라 한다)는 다음 각 호의 방법에 따라 작성되어야 한다.

1. 토지이용 현황, 토지피복(土地被覆) 현황, 지형, 식생 현황, 동식물상(動植物相)에 따른 주제도(이하 “기본 주제도”라 한다)를 작성하고, 필요한 경우 해당 지역의 특성에 따른 주제도를 추가하여 작성할 것
2. 기본 주제도를 통해 분석한 생물서식공간(Biotope)의 구조·생태적 특성을 체계적으로 분류한 유형도를 작성할 것
3. 제2호에 따른 유형도에 따라 구분된 생물서식공간의 생태적 가치를 등급화하여 평가도를 작성할 것

② 제1항에서 규정한 사항 외에 도시생태현황지도의 세부 작성방법은 환경부장관이 정하여 고시한다.

제19조(도시생태현황지도의 활용)

① 국가 또는 지방자치단체의 장은 토지이용 및 개발계획의 수립·시행을 위하여 관할 도시지역의 상세한 생태·자연정보가 필요한 경우에는 도시생태현황지도를 활용할 수 있다.

② 도시생태현황지도 작성 지방자치단체의 장은 도시생태현황지도의 활용을 촉진하기 위하여 누구나 도시생태현황지도를 열람할 수 있도록 공개하여야 한다.

③ 제1항 및 제2항에서 규정한 사항 외에 도시생태현황지도의 활용에 관하여 필요한 사항은 환경부장관이 정하여 고시한다.

[본조신설 2018. 5. 28.]

□ 하천법

「하천법」상의 하천은 하천구역 및 하천시설과 함께 그린인프라로서 기능하고 있다. 법규정의 목적이 자연친화적이면서도 기후변화에 대응하도록 하천을 지정하고 관리하는 것이기 때문이다. 하천의 그린인프라로서의 가장 중요한 역할은 치수기능으로서 도시와 정주지에서 홍수피해를 줄여주는 것이 대표적이다. 동법 제7조제2항제3호가목에 따르면 그 치수기능의 규모에 따라서 국가하천과 지방하천으로 구분되며, 인구 20만 이상의 도시를 관통하거나 1만 이상의 범람지역을 갖는 하천은 국가하천으로 관리한다. 그린인프라로서의 하천은 치수 뿐만 아니라 저수용도로도 규정되고 있다. 동법 동법 제7조제2항제3호나목에서 제시하는 바와 같이 하천은 국가적인 물이용 시설로도 기능하고 있다.

동법 제25조제1항에서는 하천을 체계적으로 관리하기 위해서 10년 단위로 수립하도록 하천기본계획에 대하여 규정하고 있다. 여기서는 하천의 갖는 기반시설로서의 역할은 물론, 주민친화적이며, 자연친화적이고, 기후변화 대응을 위한 하천이 되도록 조성·관리되어야 함을 제시한다. 특히 도시지역을 관통하거나 인접한 하천의 경우 탄소흡수원의 확충방안이 포함되어야 함을 적시하고 있다. 이는 유수로서의 하천 뿐만 아니라 하천구역이 자연녹지 형태로 조성 및 관리됨으로써 탄소흡수원 확보의 충분한 확보가 유지되어야 함을 제시한다. 그러므로, 동법은 탄소흡수원으로서 하천이 담당하는 그린인프라로서의 역할을 명해주는 근거가 된다.

■ 하천법

[시행 2024. 1. 30.] [법률 제20172호, 2024. 1. 30., 타법개정]

제1조(목적)

이 법은 하천사용의 이익을 증진하고 수생태환경을 고려하여 하천을 자연친화적으로 정비·보전하며 기후변화 등으로 인한 수재해를 예방하기 위하여 하천의 지정·관리·사용 및 보전 등에 관한 사항을 규정함으로써 하천을 적정하게 관리하고 공공복리의 증진에 이바지함을 목적으로 한다. <개정 2023. 1. 3.>

제2조(정의)

이 법에서 사용하는 용어의 정의는 다음과 같다. <개정 2009. 4. 1., 2012. 1. 17., 2013. 3. 23., 2020. 6. 9., 2020. 12. 31., 2023. 1. 3.>

1. “하천”이라 함은 지표면에 내린 빗물 등이 모여 흐르는 물길로서 공공의 이해와 밀접한 관계가 있어 제7조제2항 및 제3항에 따라 국가하천 또는 지방하천으로 지정된

것을 말하며, 하천구역과 하천시설을 포함한다.

2. “하천구역”이라 함은 제10조제1항에 따라 결정된 토지의 구역을 말한다.

3. “하천시설”이라 함은 하천의 기능을 보전하고 효용을 증진하며 홍수피해를 줄이기 위하여 설치하는 다음 각 목의 시설을 말한다. 다만, 하천관리청이 아닌 자가 설치한 시설에 관하여는 하천관리청이 해당 시설을 하천시설로 관리하기 위하여 그 시설을 설치한 자의 동의를 얻은 것에 한정한다.

가. 제방·호안(護岸)·수제(水制) 등 물길의 안정을 위한 시설

나. 댐·하구둑(「방조제관리법」에 따라 설치한 방조제를 포함한다)·홍수조절지·저류지·지하하천·방수로·배수펌프장(「농어촌정비법」에 따른 농업생산기반시설인 배수장과 「하수도법」에 따른 하수를 배제(排除)하기 위하여 설치한 펌프장은 제외한다)·수문(水門) 등 하천수위의 조절을 위한 시설

다. 운하·안벽(岸壁)·물양장(物揚場)·선착장·갑문 등 선박의 운항과 관련된 시설

라. 그 밖에 대통령령으로 정하는 시설

4. “하천관리청”이라 함은 하천에 관한 계획의 수립과 하천의 지정·사용 및 보전 등을 하는 환경부장관, 특별시장·광역시장·특별자치시장·도지사·특별자치도지사(이하 “시·도지사”라 한다)를 말한다.

5. “하천공사”라 함은 하천의 기능을 높이거나 자연성을 보전·회복하기 위하여 하천의 신설·증설·개량·보수 및 복원 등을 하는 공사를 말한다.

6. “유지·보수”라 함은 하천의 기능이 정상적으로 유지될 수 있도록 실시하는 점검·정비 등의 활동을 말한다.

제7조(하천의 구분 및 지정)

① 하천은 국가하천과 지방하천으로 구분한다.

② 국가하천은 국토보전상 또는 국민경제상 중요한 하천으로서 다음 각 호의 어느 하나에 해당하여 환경부장관이 그 명칭과 구간을 지정하는 하천을 말한다. <개정 2009. 4. 1., 2013. 3. 23., 2018. 8. 14., 2020. 12. 31.>

1. 유역면적 합계가 200제곱킬로미터 이상인 하천

2. 다목적댐의 하류 및 댐 저수지로 인한 배수영향이 미치는 상류의 하천

3. 유역면적 합계가 50제곱킬로미터 이상이면서 200제곱킬로미터 미만인 하천으로서 다음 각 목의 어느 하나에 해당하는 하천

가. 인구 20만명 이상의 도시를 관류(貫流)하거나 범람구역 안의 인구가 1만 명 이상인 지역을 지나는 하천

나. 다목적댐, 하구둑 등 저수량 500만세제곱미터 이상의 저류지를 갖추고 국가적 물 이용이 이루어지는 하천

다. 상수원보호구역, 국립공원, 유네스코생물권보전지역, 문화재보호구역, 생태·습지보호지역을 관류하는 하천

라. 삭제 <2018. 8. 14.>

4. 범람으로 인한 피해, 하천시설 또는 하천공작물의 안전도 등을 고려하여 대통령령으로 정하는 하천

③ 지방하천은 지방의 공공이해와 밀접한 관계가 있는 하천으로서 시·도지사가 그 명칭과 구간을 지정하는 하천을 말한다.

이하생략

제25조(하천기본계획)

① 하천관리청은 그가 관리하는 하천에 대하여 하천의 치수·이수·수생태환경 및 지역적 특성을 종합적으로 고려하여 대통령령으로 정하는 바에 따라 하천의 이용, 주민친화적 활용, 자연친화적 관리·보전 및 기후변화에 따른 하천관리 취약성 대응에 필요한 기본적인 사항 등을 내용으로 하는 10년 단위의 하천기본계획을 수립하여야 한다. 이 경우 도시지역을 관통하여 흐르거나 인접하여 흐르는 하천에 대해서는 탄소흡수원 확충 방안을 하천기본계획에 포함하여야 한다. <개정 2018. 6. 12., 2021. 7. 27., 2023. 1. 3.>

③ 하천관리청은 하천기본계획이 수립된 날부터 5년마다 그 타당성을 검토하여 필요한 경우에는 그 계획을 변경하여야 한다. <개정 2020. 6. 9.>

④ 하천기본계획에 포함되어야 하는 사항은 대통령령으로 정한다.

⑧ 하천기본계획의 수립 기준·절차·방법 등에 필요한 사항은 대통령령으로 정한다. <신설 2016. 1. 19.>

■ 하천법 시행령

[시행 2023. 12. 12.] [대통령령 제33949호, 2023. 12. 12., 일부개정]

제5조(국가하천의 지정)

법 제7조제2항제4호에서 “대통령령으로 정하는 하천”이란 다음 각 호의 사항을 고려하여 환경부장관이 정하여 고시하는 기준에 해당하는 하천을 말한다. <개정 2021. 12. 28.>

1. 「수자원의 조사·계획 및 관리에 관한 법률」 제7조제1항 및 제18조에 따른 홍수위험지도 및 하천유역수자원관리계획
2. 「자연재해대책법」 제21조제1항에 따른 재해지도
3. 최근 10년간의 홍수피해 이력 및 규모

[본조신설 2019. 2. 8.] [종전 제5조는 제5조의2로 이동 <2019. 2. 8.>]

제24조(하천기본계획의 수립)

① 법 제25조제1항에 따른 하천기본계획(이하 “하천기본계획”이라 한다)을 수립할 때에는 하천유역의 국토계획 및 도시·군계획 등에 대한 변동상황을 고려하여 공통유역도(환경부장관이 이수·치수·환경을 고려하여 전국을 권역별로 구분한 유역도를 말한다)를 기본으로 권역별로 수립하여야 한다. <개정 2012. 4. 10., 2013. 3. 23., 2021. 12. 28.>

② 하천기본계획에는 다음 각 호의 사항이 포함되어야 한다. <개정 2009. 11. 16., 2016. 6. 28.>

1. 하천기본계획의 목표
2. 하천의 개황(概況)에 관한 다음 각 목의 사항
 - 가. 유역의 특성 등 일반현황
 - 나. 강우·기상 등 자연조건
 - 다. 하천의 수질 및 생태
 - 라. 수해 및 가뭄의 피해현황
 - 마. 하천수의 이용현황
 - 바. 하천유역의 지형·지물 등을 파악하기 위한 측량기준점에 관한 사항
3. 제방·댐·저류지·홍수조절지·방수로 등 홍수방어시설의 홍수방어계획
4. 토지이용계획 등에 따른 홍수방어계획
5. 홍수방어계획의 연차별 시행 방안
6. 하천공사의 시행에 관한 다음 각 목의 사항
 - 가. 기본홍수량(제방·댐·저류지·홍수조절지·방수로 등 홍수방어시설의 홍수조절계획을 반영하지 아니한 자연상태의 홍수량을 말한다) 및 홍수량의 배분에 관한 사항
 - 나. 계획홍수량
 - 다. 계획홍수위
 - 라. 계획하폭 및 그 경계
 - 마. 하도(河道)와 유황(流況)의 개선
7. 하천구역 및 홍수관리구역의 결정을 위한 기초자료의 제공에 관한 사항
8. 자연친화적 하천 조성에 관한 사항

제24조의2(하천기본계획의 수립기준 등)

① 법 제25조제8항에 따라 하천기본계획은 다음 각 호의 기준에 따라 수립하여야 한다. <개정 2017. 7. 17.>

1. 유역의 강우, 하천의 유량, 하천환경 및 하천의 이용 현황 등 하천의 치수, 이수(利水), 환경 및 친수 등에 관한 제반 사항을 검토하여 하천의 체계적인 정비와 하천의 이용 및 자연친화적 관리 등을 위한 종합계획이 되도록 할 것

2) 도시공간 단위의 그린인프라

□ 국토계획 및 이용에 관한 법률

「국토계획 및 이용에 관한 법률」 제2조제6항 기반시설의 정의에서 공원과 녹지, 하천 등의 그린인프라를 기반시설로 규정하고 있다. 도시에 위치하고 있는 공원, 녹지 등은 기반시설 중 공간시설로, 하천, 우수지 등은 기반시설 중 방재시설로 규정한다. 동 시행령 제2조에서는 기반시설 중 공간시설로서 광장, 공원, 녹지, 유원지, 공공공지가 포함되고 있으며, 방재시설로서 하천, 우수지, 저수지 등을 적시함으로써 그린인프라를 규정하고 있다. 대지가 아닌 토지에서 그린인프라를 정의하는 근거법 역할을 한다.

동법 제38조의2에서 도시자연공원은 식생이 양호한 산지로서 그린인프라에 해당하며, 도시지역 내 식생이 양호한 산지를 도시자연공원구역으로 지정하고, 개발을 제한하도록 규정하고 있다. 또한, 산지 안의 식생은 교목 및 관목 등의 수목과 식생기반이 되는 토양으로 구성되며, 산지가 양호한 상태에서는 강우시 우수유출수 침투, 여과, 배수, 저장 등의 역할을 하며, 폭염 등에 대하여 냉섬으로서의 작용을 하는 등 도시기반시설의 역할을 충분히 수행하는 그린인프라에 해당한다.

■ 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」에서의 그린인프라

[시행 2023. 6. 28.] [법률 제19117호, 2022. 12. 27., 타법개정]

제2조(정의)

6. “기반시설”이란 다음 각 목의 시설로서 대통령령으로 정하는 시설을 말한다.

가. 도로·철도·항만·공항·주차장 등 교통시설

나. 광장·공원·녹지 등 공간시설

다. 유통업무설비, 수도·전기·가스공급설비, 방송·통신시설, 공동구 등 유통·공급시설

라. 학교·공공청사·문화시설 및 공공필요성이 인정되는 체육시설 등 공공·문화체육시설

마. 하천·유수지(遊水池)·방화설비 등 방재시설

바. 장사시설 등 보건위생시설

사. 하수도, 폐기물처리 및 재활용시설, 빗물저장 및 이용시설 등 환경기초시설

제38조의2(도시자연공원구역의 지정)

- ① 시·도지사 또는 대도시 시장은 도시의 자연환경 및 경관을 보호하고 도시민에게 건전한 여가·휴식공간을 제공하기 위하여 도시지역 안에서 식생(植生)이 양호한 산지(山地)의 개발을 제한할 필요가 있다고 인정하면 도시자연공원구역의 지정 또는 변경을 도시·군관리계획으로 결정할 수 있다. <개정 2011. 4. 14.>
- ② 도시자연공원구역의 지정 또는 변경에 필요한 사항은 따로 법률로 정한다.

■ 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률 시행령」에서의 그린인프라

[시행 2024. 1. 27.] [대통령령 제34165호, 2024. 1. 26., 일부개정]

제2조(기반시설)

- ① 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」(이하 “법”이라 한다) 제2조제6호 각 목 외의 부분에서 “대통령령으로 정하는 시설”이란 다음 각 호의 시설(당해 시설 그 자체의 기능발휘와 이용을 위하여 필요한 부대시설 및 편익시설을 포함한다)을 말한다. <개정 2005. 9. 8., 2008. 5. 26., 2009. 11. 2., 2013. 6. 11., 2016. 2. 11., 2018. 11. 13., 2019. 12. 31.>
2. 공간시설 : 광장·공원·녹지·유원지·공공공지
4. 공공·문화체육시설 : 학교·공공청사·문화시설·공공필요성이 인정되는 체육시설·연구시설·사회복지시설·공공직업훈련시설·청소년수련시설
5. 방재시설 : 하천·유수지·저수지·방화설비·방풍설비·방수설비·사방설비·방조설비

□ 도시공원 및 녹지 등에 관한 법률

「도시공원 및 녹지 등에 관한 법률」 제1조에서 도시의 공원녹지는 쾌적한 도시환경의 조성, 건전하고 문화적인 도시생활 확보, 공공복리 증진에 이바지함이 목적임을 제시하고 있다. 이는 도시 공원녹지를 통해 열섬저감, 홍수저감, 자연의 제공 등을 통해 쾌적하며, 공공을 위한 기후탄력 도시조성에 필요한 그린인프라의 정의와 목적과 부합한다.

동법 제2조제1호에서 공원녹지는 도시공원, 녹지 등 식생으로 이루어진 공간 또는 시설을 의미함을 제시하고 있으며, 여기서 식생은 나무, 잔디 꽃, 지피식물임을 또한 적시하

고 있다. 도시공원이 그린인프라인 이유는 식생을 통해 여름의 냉기와 유출수 감소 등의 환경부하를 저감하고, 자연경관을 보호하며, 공중보건, 교육환경을 제공하기 때문이다.

동법 제2조제2호에서 도시녹화는 자연녹지 확보가 어려운 도시환경에 그린인프라 확보를 위한 규정으로 작용하고 있다. 도시 내 녹지도입에 자연지반이 어려운 경우, 인공적으로 만들어진 생육기반인 건물 옥상, 인공지반 상부에 식생을 도입함으로써 그린인프라 역할을 감당하도록 하는 규정한다. 도시녹화는 기존 자연토양이나 건축물이나 인공지반 등에 녹화기술을 통해 식생, 물, 토양을 도입하여 식생이 원활하게 생육함으로써 건축물의 온도를 낮추고, 그늘을 제공하며, 홍수유출수를 저감시키고, 투수와 저수지로 활용하는 등 그린인프라의 기능을 제공한다.

동법 제2조제4호에서는 공원시설이 도시공원이나 녹지 이용을 위해 필요한 녹지 이외 시설됨을 제시하고 있다. 이 시설들은 평상시에는 교육, 휴게, 운동, 문화, 편의시설로서 활용되며, 홍수 등 비상시에는 피난처를 제공하며, 비상 에너지 공급, 소화, 급수 등의 안전확보 기능을 제공함으로써 그린인프라의 역할을 한다.

동법 제2조제5호에서는 녹지를 정의하면서 환경보전, 공해나 재해 방지 등 그린인프라의 기능을 보다 자세하게 제시하고 있다. 녹지는 그린인프라로서 도시지역에서 자연환경을 보전하거나 개선하고, 공해나 재해를 방지함으로써 도시경관의 향상을 도모하는 역할을 담당하고 있으며, 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」 제30조에 따라 도시·군관리계획에서 결정됨을 제시하고 있다.

■ 도시공원 및 녹지 등에 관한 법률

[시행 2022. 1. 13.] [법률 제17893호, 2021. 1. 12., 타법개정]

제1조(목적)

이 법은 도시에서의 공원녹지의 확충·관리·이용 및 도시녹화 등에 필요한 사항을 규정함으로써 쾌적한 도시환경을 조성하여 건전하고 문화적인 도시생활을 확보하고 공공의 복리를 증진시키는 데에 이바지함을 목적으로 한다.

제2조(정의)

이 법에서 사용하는 용어의 뜻은 다음과 같다.

1. “공원녹지”란 쾌적한 도시환경을 조성하고 시민의 휴식과 정서 함양에 이바지하는 다음 각 목의 공간 또는 시설을 말한다.
 - 가. 도시공원, 녹지, 유원지, 공공공지(公共空地) 및 저수지
 - 나. 나무, 잔디, 꽃, 지피식물(地被植物) 등의 식생(이하 “식생”이라 한다)이 자라는 공

간

다. 그 밖에 국토교통부령으로 정하는 공간 또는 시설

2. “도시녹화”란 식생, 물, 토양 등 자연친화적인 환경이 부족한 도시지역(「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」 제6조제1호에 따른 도시지역을 말하며, 같은 조 제2호에 따른 관리지역에 지정된 지구단위계획구역(이하 같다)의 공간(「산림자원의 조성 및 관리에 관한 법률」 제2조제1호에 따른 산림은 제외한다)에 식생을 조성하는 것을 말한다.

3. “도시공원”이란 도시지역에서 도시자연경관을 보호하고 시민의 건강·휴양 및 정서생활을 향상시키는 데에 이바지하기 위하여 설치 또는 지정된 다음 각 목의 것을 말한다.

가. 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」 제2조제6호나목에 따른 공원으로서 같은 법 제30조에 따라 도시·군관리계획으로 결정된 공원

나. 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」 제38조의2에 따라 도시·군관리계획으로 결정된 도시자연공원구역(이하 “도시자연공원구역”이라 한다)

4. “공원시설”이란 도시공원의 효용을 다하기 위하여 설치하는 다음 각 목의 시설을 말한다.

가. 도로 또는 광장 / 나. 화단, 분수, 조각 등 조경시설 / 다. 휴게소, 긴 의자 등 휴양시설

라. 그네, 미끄럼틀 등 유희시설 / 마. 테니스장, 수영장, 궁도장 등 운동시설 / 바. 식물원, 동물원, 수족관, 박물관, 야외음악당 등 교양시설 / 사. 주차장, 매점, 화장실 등 이용자를 위한 편의시설

아. 관리사무소, 출입문, 울타리, 담장 등 공원관리시설 / 자. 실습장, 체험장, 학습장, 농자재 보관창고 등 도시농업(「도시농업의 육성 및 지원에 관한 법률」 제2조제1호에 따른 도시농업)을 말한다. 이하 같다)을 위한 시설

차. 내진성 저수조, 발전시설, 소화 및 급수시설, 비상용 화장실 등 재난관리시설

카. 그 밖에 도시공원의 효용을 다하기 위한 시설로서 국토교통부령으로 정하는 시설

5. “녹지”란 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」 제2조제6호나목에 따른 녹지로서 도시지역에서 자연환경을 보전하거나 개선하고, 공해나 재해를 방지함으로써 도시경관의 향상을 도모하기 위하여 같은 법 제30조에 따른 도시·군관리계획으로 결정된 것을 말한다.

□ 도시숲 등의 조성 및 관리에 관한 법률

「도시숲 등의 조성 및 관리에 관한 법률」 제1조에서 도시숲은 탄소흡수, 환경부하 저감 등 그린인프라 기능이 주된 목적으로 규정되고 있다. 또한, 동법 제2조에서는 도시숲은 도시숲의 종류로는 마을숲, 경관숲, 학교숲 등의 생활숲과 가로수임을 제시하고 있다.

여기서 생활숲은 생활권에 위치하여 자연을 제공하고, 교육에 활용할 수 있는 산림 및 수목을 지칭하며, 가로수는 고속국도를 제외한 도로구역 안 또는 주변의 수목을 지칭하고 있다. 생활숲과 가로수는 그린인프라 유형에 해당하며, 이 두 도시숲의 기능 또한 그린인프라가 제공하는 기능과 같아 그린인프라의 근거를 제공하는 법이라 할 수 있다.

동법 시행령 및 시행규칙에서는 도시숲 등 조성 및 관리계획 수립시 고려해야 할 도시숲의 그린인프라로서의 기능들을 제시하고 있다. 동법 시행령 제4조에서는 도시숲등 조성 및 관리계획시 도시숲등의 기능을 구분하도록 규정하고 있다. 또한 동법 시행규칙 제3조제1항에서는 도시숲등의 유형들을 기능의 구분을 통해 제시하고 있다. 경관보호형, 역사·문화형, 휴양·복지형, 생태계 보전형 도시숲등은 공간시설로서의 그린인프라 유형에 해당하며, 방재시설로서의 그린인프라 유형으로는 기후보호형, 재해방지형, 미세먼지 저감형 도시숲등이 해당한다고 할 수 있다. 동법 시행규칙 제3조제2항에서는 도시숲 현황을 통해 도시숲의 그린인프라 정보구축 사항들을 제시하고 있다. 구축되어야 할 도시숲 현황정보로는 도시숲등의 면적 현황, 1인당 도시숲 면적 현황, 도시숲등의 기능 구분 현황, 도시숲등의 조성·관리에 대한 국민참여 현황 등이다. 구축된 도시숲 현황정보는 인터넷 공간에 제공해야 하며, 제공주체는 산림청장으로 규정하고 있다.

■ 도시숲 등의 조성 및 관리에 관한 법률

[시행 2023. 6. 28.] [법률 제19112호, 2022. 12. 27., 일부개정]

제1조(목적)

이 법은 도시숲 등의 조성·관리에 관한 사항을 정하여 국민의 보건·휴양 증진 및 정서 함양에 기여하고, 미세먼지 저감, 폭염 완화 등으로 생활환경을 개선하며, 탄소흡수 기능을 유지·증진하는 등 국민의 삶의 질 향상에 이바지함을 목적으로 한다. <개정 2022. 12. 27.>

제2조(정의)

이 법에서 사용하는 용어의 뜻은 다음과 같다.

1. “도시숲”이란 도시에서 국민의 보건·휴양 증진 및 정서 함양과 체험활동 등을 위하여 조성·관리하는 산림 및 수목을 말하며, 「자연공원법」 제2조에 따른 공원구역은 제외한다.
2. “생활숲”이란 마을숲 등 생활권 및 학교와 그 주변지역에서 국민들에게 쾌적한 생활환경과 아름다운 경관의 제공 및 자연학습교육 등을 위하여 조성·관리하는 다음 각 목의 산림 및 수목을 말한다.
 - 가. 마을숲: 산림문화의 보전과 지역주민의 생활환경 개선 등을 위하여 마을 주변에 조성·관리하는 산림 및 수목

- 나. 경관숲: 우수한 산림의 경관자원 보존과 자연학습교육 등을 위하여 조성·관리하는 산림 및 수목
- 다. 학교숲: 「초·중등교육법」 제2조에 따른 학교와 그 주변지역에서 학습환경 개선과 자연학습교육 등을 위하여 조성·관리하는 산림 및 수목
- 3. “가로수”란 「도로법」 제10조에 따른 도로(고속국도를 제외한다) 등 대통령령으로 정하는 도로의 도로구역 안 또는 그 주변지역에 조성·관리하는 수목을 말한다.

제6조(도시숲등 조성·관리계획의 수립 등)

- ⑤ 조성·관리계획의 수립 내용 및 방법과 그 밖에 필요한 사항은 대통령령으로 정한다.

■ 도시숲 등의 조성 및 관리에 관한 법률 시행령

[시행 2021. 6. 10.] [대통령령 제31739호, 2021. 6. 8., 제정]

제4조(도시숲등 조성·관리계획의 수립 등)

- ① 법 제6조제1항 본문에 따른 도시숲등 조성·관리계획(이하 “도시숲등조성·관리계획”이라 한다)에는 다음 각 호에 관한 사항이 포함되어야 한다.
- 2. 도시숲등의 기능 구분

■ 도시숲 등의 조성 및 관리에 관한 법률 시행규칙

[시행 2023. 6. 28.] [농림축산식품부령 제591호, 2023. 6. 19., 일부개정]

제3조(도시숲등의 기능 구분)

- ① 「도시숲 등의 조성 및 관리에 관한 법률 시행령」(이하 “영”이라 한다) 제4조제1항 제2호에 따른 도시숲등의 기능 구분은 다음 각 호와 같다.
- 1. 기후보호형 도시숲등: 폭염·도시열섬 등 기후여건을 개선하고 깨끗한 공기를 순환·유도하는 기능을 가진 도시숲등
- 2. 경관보호형 도시숲등: 심리적 안정감과 시각적인 풍요로움을 주는 등 자연경관의 감상·보호 기능을 가진 도시숲등
- 3. 재해방지형 도시숲등: 홍수·산사태 등 자연재해를 방지하거나 소음·매연 등 공해를 완화하여 국민의 안전을 지키는 기능을 가진 도시숲등
- 4. 역사·문화형 도시숲등: 문화재 또는 사찰·사당 등 종교적 장소와 전통마을 주변에 조성·관리하여 역사를 보존하고 문화를 진흥하는 기능을 가진 도시숲등
- 5. 휴양·복지형 도시숲등: 체험·놀이·학습을 통한 교육과 산림욕·산림치유 등 휴양·치유 등의 기능을 가진 도시숲등
- 6. 미세먼지 저감형 도시숲등: 미세먼지 발생원으로부터 생활권으로 유입되는 미세먼지 등 오염물질을 차단하거나 흡수·침강 등의 방법으로 저감하는 기능을 가진 도시숲등

시숲등

7. 생태계 보전형 도시숲등: 생태계를 보전·복원하고 생태계가 서로 연결되도록 하는 등 생태계와 조화를 이루는 기능을 가진 도시숲등
- ② 제1항의 도시숲등의 기능 구분에 따른 관리방법은 산림청장이 정하여 고시한다.

제4조(도시숲등에 관한 현황 공개)

- ① 산림청장이 법 제8조제3항에 따라 공개할 수 있는 지역별 도시숲등에 관한 현황(이하 “도시숲등현황”이라 한다)의 구체적인 내용은 다음 각 호와 같다.
 1. 도시숲등의 면적 현황
 2. 1인당 도시숲 면적 현황
 3. 도시숲등의 기능 구분 현황
 4. 도시숲등의 조성·관리에 대한 국민참여 현황
- ② 산림청장은 도시숲등현황을 산림청의 인터넷 홈페이지에 게시하거나 간행물을 발간하는 등의 방법으로 공개해야 한다.

□ 수목원·정원 조성 및 진흥에 관한 법률

「수목원·정원 조성 및 진흥에 관한 법률」에서는 도시의 공원녹지와 관련된 법에 규정되어 있지 않은 그린인프라로서 수목원과 정원을 다루고 있다. 법 제2조에서는 수목원과 정원의 정의를 통해서 해당 그린인프라의 조성 및 활용목적에 파악할 수 있다.

수목원은 수목유전자원의 보존과 관리, 자원화를 주된 목적으로 한다. 수목원이 보유하고 있는 식물정보는 보존이 필요하거나 훼손된 생태회복에 필요한 식생 종 정보를 알 수 있게 해주고, 자원으로 관리하기 때문에 그린인프라를 구성하는 식생요소의 근간이 되는 시설로 이해된다.

정원은 식물, 토설, 시설물로 구성된 공간을 통칭하나 「문화재보호법」에 따른 문화재, 「자연공원법」에 따른 자연공원, 「도시공원 및 녹지 등에 관한 법률」에 따른 도시공원 등 대통령령으로 정하는 공간은 제외함으로써, 도시 내에서 다양하게 나타나는 녹지의 한 종류로 인식된다. 각각의 목적을 갖는 정원들은 식생이 중심을 이루고 있으므로 그린인프라의 주된 기능들, 열섬완화, 도시홍수 조절, 탄소흡수 등의 역할을 담당한다.

법 제4조에서 제시되고 있는 여러 유형의 정원들은 녹지면적이나 도입시설에 따라서도 세분화가 되는데, 법 시행령 제1조의6 별표 1의2에서 제시하는 정원별 시설종류 및 기준에서 구체적인 사항들을 확인할 수 있으며, 각 정원들은 세부 시설종류로 정원부문과

정원 외 시설부문으로 나뉘고 있다. 정원부문에서 시설기준은 정원의 총면적, 정원 총면적 중 녹지면적률을 각 정원마다 제시하고 있는데, 녹지율이 적어도 40% 이상 확보되게 하는 점은 정원을 구성하는 주요 대상이 녹지임을 다시한번 확인시켜 준다. 이렇게 확보된 개별 정원에서는 그린인프라로서의 그 기능에 맞는 효과를 나타내는 녹지면적 및 규모에 대한 정보가 파악가능하게 된다.

개별 주체에 따라 만들어진 정원들은 그 현황정보를 담아 법 제6조와 같이 수목원·정원진흥기본계획을 통해 관리되므로 그린인프라의 공간정보의 지속적인 확보도 가능하다.

■ 수목원·정원의 조성 및 진흥에 관한 법률

[시행 2023. 7. 25.] [법률 제19571호, 2023. 7. 25., 타법개정]

제2조(정의)

이 법에서 사용하는 용어의 뜻은 다음과 같다. <개정 2013. 3. 23., 2015. 1. 20., 2016. 12. 2., 2019. 1. 15., 2020. 12. 22., 2021. 4. 13.>

1. “수목원”이란 수목을 중심으로 수목유전자원을 수집·증식·보존·관리 및 전시하고 그 자원화를 위한 학술적·산업적 연구 등을 하는 시설로서 농림축산식품부령으로 정하는 기준에 따라 다음 각 목의 시설을 갖춘 것을 말한다.

가. 수목유전자원의 증식 및 재배 시설

나. 수목유전자원의 관리시설

다. 화목원·자생식물원 등 농림축산식품부령으로 정하는 수목유전자원 전시시설

라. 그 밖에 수목원의 관리·운영에 필요한 시설

1의2. “정원”이란 식물, 토석, 시설물(조형물을 포함한다) 등을 전시·배치하거나 재배·가꾸기 등을 통하여 지속적인 관리가 이루어지는 공간(시설과 그 토지를 포함한다)을 말한다. 다만, 「문화재보호법」에 따른 문화재, 「자연공원법」에 따른 자연공원, 「도시공원 및 녹지 등에 관한 법률」에 따른 도시공원 등 대통령령으로 정하는 공간은 제외한다.

제4조(수목원 및 정원의 구분)

① 수목원은 그 조성 및 운영 주체에 따라 다음 각 호와 같이 구분한다.

1. 국립수목원: 산림청장이 조성·운영하는 수목원
2. 공립수목원: 지방자치단체가 조성·운영하는 수목원
3. 사립수목원: 법인·단체 또는 개인이 조성·운영하는 수목원
4. 학교수목원: 「초·중등교육법」 및 「고등교육법」에 따른 학교 또는 다른 법률에 따라 설립된 교육기관이 교육지원시설로 조성·운영하는 수목원

② 정원은 조성·운영 주체, 기능 및 주제에 따라 다음 각 호와 같이 구분한다.

1. 국가정원: 국가가 조성·운영하는 정원
2. 지방정원: 지방자치단체가 조성·운영하는 정원
3. 민간정원: 법인·단체 또는 개인이 조성·운영하는 정원
4. 공동체정원: 국가 또는 지방자치단체와 법인, 마을·공동주택 또는 일정지역 주민들이 결성한 단체 등(이하 “공동체”라 한다)이 공동으로 조성·운영하는 정원
5. 생활정원: 국가, 지방자치단체 또는 「공공기관의 운영에 관한 법률」 제4조에 따른 공공기관으로서 대통령령으로 정하는 기관이 조성·운영하는 정원으로서 휴식 또는 재배·가꾸기 장소로 활용할 수 있도록 유휴공간에 조성하는 개방형 정원
6. 주제정원
 - 가. 교육정원: 학생들의 교육 및 놀이를 목적으로 조성하는 정원
 - 나. 치유정원: 정원치유를 목적으로 조성하는 정원
 - 다. 실습정원: 정원 설계, 조성 및 관리 등을 통하여 전문인력 양성을 목적으로 조성하는 정원
 - 라. 모델정원: 정원산업 진흥을 위하여 새롭게 도입되는 정원 관련 기술을 활용하여 조성하는 정원
 - 마. 그 밖에 지방자치단체의 조례로 정하는 정원

③ 제2항 각 호에 따른 정원이 갖추어야 하는 시설의 종류 및 기준 등은 대통령령으로 정한다.

[전문개정 2020. 12. 22.]

제6조(수목원·정원진흥기본계획 등의 수립)

① 산림청장은 수목원의 확충 및 제3조에 따른 수목원 사업과 정원 사업의 육성 등을 위한 수목원·정원진흥기본계획(이하 “기본계획”이라 한다)을 관계 중앙행정기관의 장과 협의하여 5년마다 수립·시행하여야 한다. <개정 2015. 1. 20., 2019. 1. 15.>

② 기본계획에는 다음 각 호의 사항이 포함되어야 한다. <신설 2015. 1. 20.>

1. 수목원·정원 진흥의 기본방향 및 목표
2. 수목원·정원 조성현황
3. 수목원·정원에 대한 지원 및 수목원·정원 간의 교류확대
4. 수목원·정원의 정보화 및 활용
5. 그 밖에 수목원·정원의 조성 및 진흥에 필요한 사항으로서 대통령령으로 정하는 사항

■ 수목원·정원의 조성 및 진흥에 관한 법률 시행령

[시행 2023. 3. 28.] [대통령령 제33366호, 2023. 3. 28., 타법개정]

제1조의6(정원 시설의 종류 및 기준)

법 제4조제3항에 따라 같은 조 제2항 각 호에 따른 정원이 갖추어야 하는 시설의 종류 및 기준은 별표 1의2와 같다.[본조신설 2021. 6. 22.]

■ 수목원·정원의 조성 및 진흥에 관한 법률 시행령 [별표 1의2] 〈신설 2021. 6. 22.〉

정원이 갖추어야 하는 시설의 종류 및 기준(제1조의6 관련)

1. 국가정원

시설의 종류	시설의 기준
가. 정원	1) 정원의 총면적은 30만제곱미터 이상일 것. 다만, 역사적·향토적·지리적 특성을 고려하여 국가적 차원에서 특별히 관리할 필요가 있는 경우 등 산림청장이 정하여 고시하는 경우에는 정원의 총면적을 30만제곱미터 미만으로 할 수 있다. 2) 정원의 총면적 중 원형보전지 및 조성녹지를 포함한 녹지의 면적(이하 “녹지면적”이라 한다)이 40퍼센트 이상일 것 3) 서로 다른 주제별로 조성된 정원을 5개 이상 포함할 것
나. 체험시설·편의시설 등	1) 정원의 이용자가 정원을 조성할 수 있는 체험시설을 갖추되, 연간 이용 인원수를 고려하여 충분한 규모로 설치할 것 2) 주차장 및 화장실 등 이용자를 위한 편의시설을 갖추 것 3) 장애인·노인·임산부 등을 위한 쉼터, 안내판, 음수대, 휠체어·유모차 대여시설 및 매점 등 편의시설을 갖추 것 4) 정원의 이용에 관한 정보 제공 및 관리 업무를 수행하는 안내실 및 관리실을 갖추 것

2. 지방정원

시설의 종류	시설의 기준
가. 정원	1) 정원의 총면적은 10만제곱미터 이상일 것. 다만, 역사적·향토적·지리적 특성을 고려하여 특별히 관리할 필요가 있는 경우 등 관할 시·도지사가 조례로 정하는 경우에는 정원의 총면적을 10만제곱미터 미만으로 할 수 있다. 2) 정원의 총면적 중 녹지면적이 40퍼센트 이상일 것
나. 체험시설·편의시설 등	1) 정원의 이용자가 정원을 조성할 수 있는 체험시설을 갖추되, 연간 이용 인원수를 고려하여 충분한 규모로 설치할 것 2) 주차장 및 화장실 등 이용자를 위한 편의시설을 갖추 것 3) 장애인·노인·임산부 등을 위한 쉼터, 안내판, 음수대, 휠체어·유모차 대여시설 및 매점 등 편의시설을 갖추 것 4) 정원의 이용에 관한 정보 제공 및 관리 업무를 수행하는 안내실 및 관리실(이동식 시설을 포함한다)을 갖추 것

3. 민간정원

시설의 종류	시설의 기준
가. 정원	정원의 총면적 중 녹지면적이 40퍼센트 이상일 것
나. 편의시설	주차장 및 화장실 등 이용자를 위한 편의시설을 갖추 것(일반에 공개하는 민간정원으로 한정한다)

4. 공동체정원

시설의 종류	시설의 기준
가. 정원	1) 정원을 조성·운영하는 국가 또는 지방자치단체와 법인, 마을·공동주택 또는 일정지역 주민들이 결성한 단체 등(이하 “공동체”라 한다)의 접근이 용이한 장소에 조성될 것 2) 정원의 조성·운영과 관련하여 공동체의 활동을 위한 공간을 갖추 것
나. 정원관리시설·편의시설 등	1) 관수(灌水)시설, 도구함 등 정원의 조성·관리에 필요한 시설과 설비를 갖추 것 2) 공동체가 이용가능한 주차장 및 화장실 등 편의시설을 갖추 것

5. 생활정원

시설의 종류	시설의 기준
가. 정원	1) 일반 공중이 접근가능한 장소 또는 건축물의 유휴공간에 설치할 것 2) 정원의 총면적 중 녹지면적이 60퍼센트 이상일 것 3) 정원의 조성에 이용자가 참여할 수 있는 참여형 정원을 갖추 것 4) 정원의 식물 중 자생식물의 비중이 20퍼센트 이상일 것
나. 편의시설	1) 의자, 탁자 등 이용자 휴게공간을 갖추 것. 이 경우 휴게공간은 정원해야 한다. 2) 주차장 및 화장실 등 이용자를 위한 편의시설을 갖추 것

6. 주제정원

가. 교육정원

시설의 종류	시설의 기준
1) 정원	가) 교육 및 놀이를 통하여 정원에 대한 지식을 학습하고 정원 조성을 실제로 체험할 수 있도록 교육 및 놀이 프로그램과 연계하여 정원이 구성될 것 나) 식물의 계절별 특성이나 성장 주기 등을 고려하여 교육 및 놀이 프로그램의 내용에 적합한 식물을 식재할 것
2) 교육시설·안내시설 등	가) 교육 및 놀이과정에서 안전이 확보될 수 있도록 시설물을 설치·관리할 것 나) 교육 및 놀이 프로그램의 효율적인 운영을 위한 해설판, 식물표찰 등 안내시설이 있을 것 다) 주차장 및 화장실 등 이용자를 위한 편의시설을 갖추 것

나. 치유정원

시설의 종류	시설의 기준
1) 정원	가) 정원치유 프로그램과 연계하여 정원이 구성되어 있을 것 나) 정원치유 프로그램 및 활동에 부합하는 식물을 선정·배치할 것
2) 정원치유 시설·편의시설 등	가) 정원치유 활동과정에서 필요한 시설은 안전이 확보될 수 있도록 설치할 것 나) 시각장애인의 이용 편의를 고려하여 정원 내 주요 지점에 「장애인·노인·임산부 등의 편의증진 보장에 관한 법률 시행령」 별표 2 제2호마목에 따른 시각장애인 유도 및 안내설비를 설치할 것 다) 주차장 및 화장실 등 이용자를 위한 편의시설을 갖출 것

다. 실습정원

시설의 종류	시설의 기준
1) 정원	가) 정원은 실습에 참여하는 인원수를 고려하여 충분한 규모로 설치할 것 나) 정원설계, 조성 및 관리 등의 실습과정으로 조성될 것
2) 실습시설·편의시설 등	가) 실습을 위한 장비·도구를 보관할 수 있는 시설(이동식 시설을 포함한다)이 있을 것 나) 실습에 참여하는 사람의 안전을 위한 안전표지 및 유도시설을 설치할 것 다) 주차장 및 화장실 등 이용자를 위한 편의시설을 갖출 것

라. 모델정원

시설의 종류	시설의 기준
1) 정원	자동화 기술 등 정원과 관련한 새로운 기술이 활용되어 조성될 것
2) 안내·홍보 시설 등	가) 정원에 식재된 식물과 정원 조성에 사용되는 새로운 기술·소재 등에 대한 정보를 제공하는 안내시설 또는 홍보시설을 설치할 것 나) 주차장 및 화장실 등 이용자를 위한 편의시설을 갖출 것

마. 그 밖에 지방자치단체의 조례로 정하는 정원: 정원의 조성 목적 및 이용자의 편의 등을 고려하여 지방자치단체의 조례로 정하는 시설의 종류 및 기준을 갖출 것

□ 도시농업의 육성 및 지원에 관한 법률

「도시농업의 육성 및 지원에 관한 법률」 제2조제1호에 따르면 도시농업은 도시지역 내 농작물 재배, 식생 재배, 곤충사육의 행위를 의미하며, 도시농업이 이루어지는 공간은 토지, 건축물 또는 여타 생활공간으로 제시되고 있다. 도시농업의 공간적 규모는 공원이거나 정원, 또는 녹지보다 작은 것이 일반적으로서, 그린인프라 관련 법에서 다루는 규모 중 가장 작은 것으로 볼 수 있다.

농작물, 식생 재배가 되기 위해서 도시농업 공간은 자연적으로 식생기반이 필요하다. 여

기서 식생기반은 식생이 자리하면서 생육하도록 설치하게 되는 시설을 의미하며, 토양, 인공토양, 식생매트 등이 해당된다. 도시농업공간이 식생과 토양으로 구성된다는 점에서 그린인프라의 대표적인 종류인 녹지와 비슷한 구조를 갖게 된다. 이 법에서 도시농업 공간의 그린인프라로서의 특성이 직접적으로 제공되고 있지는 않으나 식생과 식생기반이라는 것을 통해 예상할 수는 있다. 도시농업 공간에서 식생은 재배에 초점이 있으므로 재배로 인해 식물체 주요 부분이 없어지게 되면 그린인프라로서 수행하던 식물부문의 역할은 끝나게 된다. 하지만 아직 토양 등의 식생기반은 비교적 한정적이지만 인프라 역할을 수행하는데, 우수유출수 유속을 감소시키거나 우수배수 속도를 줄임으로써, 도시 홍수 예방효과를 가지며, 건축물 옥상에 위치하게 되면 외부 단열효과도 부가적으로 얻게 된다.

법 제5조제2항과 같이 도시농업 종합계획에서는 도시농업의 현황을 수집하게 되는데, 이를 통해서 도시농업에 의한 그린인프라의 도시환경 저감효과가 얼마나 될지에 대한 파악이 가능할 수 있다.

■ 도시농업의 육성 및 지원에 관한 법률

[시행 2017. 9. 22.] [법률 제14650호, 2017. 3. 21., 일부개정]

제1조(목적)

이 법은 도시농업의 육성 및 지원에 관한 사항을 마련함으로써 자연친화적인 도시환경을 조성하고, 도시민의 농업에 대한 이해를 높여 도시와 농촌이 함께 발전하는 데 이바지함을 목적으로 한다.

제2조(정의)

이 법에서 사용하는 용어의 뜻은 다음과 같다. <개정 2017. 3. 21.>

1. “도시농업”이란 도시지역에 있는 토지, 건축물 또는 다양한 생활공간을 활용한 다음 각 목의 어느 하나에 해당하는 행위로서 **대통령령**으로 정하는 행위를 말한다.
 - 가. 농작물을 경작 또는 재배하는 행위
 - 나. 수목 또는 화초를 재배하는 행위
 - 다. 「곤충산업의 육성 및 지원에 관한 법률」 제2조제1호의 곤충을 사육(양봉을 포함한다)하는 행위
2. “도시지역”이란 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」 제6조에 따른 도시지역 및 관리지역 중 대통령령으로 정하는 지역을 말한다.
3. “도시농업인”이란 도시농업을 직접 하는 사람 또는 도시농업에 관련되는 일을 하는 사람을 말한다.

4. “도시농업관리사”란 도시민의 도시농업에 대한 이해를 높일 수 있도록 도시농업 관련 해설, 교육, 지도 및 기술보급을 하는 사람으로서 제11조의2제1항에 따라 도시농업관리사 자격을 취득한 사람을 말한다.

제5조(종합계획의 수립)

① 농림축산식품부장관은 5년마다 도시농업의 육성 및 지원을 위하여 관계 중앙행정기관의 장과 협의를 거쳐 도시농업의 육성 및 지원에 관한 종합계획(이하 “종합계획”이라 한다)을 수립하여야 한다. <개정 2013. 3. 23.>

② 종합계획에는 다음 각 호의 사항이 포함되어야 한다.

1. 도시농업의 현황과 전망
2. 도시농업의 육성 및 지원 방향 및 목표
3. 도시농업의 육성 및 지원을 위한 중장기 투자계획
4. 도시농업 관련 교육훈련과 전문인력의 육성 방안
5. 도시농업 관련 연구와 기술개발 및 보급 방안
6. 도시농업의 홍보 및 정보화 촉진 방안
7. 그 밖에 도시농업의 육성 및 지원을 위하여 대통령령으로 정하는 사항

■ 도시농업의 육성 및 지원에 관한 법률 시행령

[시행 2020. 3. 3.] [대통령령 제30509호, 2020. 3. 3., 타법개정]

제2조(도시농업의 범위)

「도시농업의 육성 및 지원에 관한 법률」(이하 “법”이라 한다) 제2조제1호 각 목 외의 부분에서 “대통령령으로 정하는 행위”란 취미, 여가, 학습 또는 체험을 목적으로 하는 행위를 말한다.

제4조(종합계획의 수립)

① 법 제5조제2항제7호에서 “대통령령으로 정하는 사항”이란 다음 각 호의 사항을 말한다.

1. 도시농업의 실태조사
2. 도시농업의 교류 및 협력에 관한 사항
3. 도시농업 관련 농자재 등의 관리 및 처리에 관한 사항

□ 도로법

「도로법」에서는 가로수와 공원시설로 그린인프라를 정하고 있다. 동법 제2조제9호에서 가로수는 타공작물로 규정되며, 도로화 함께 효용을 발휘하는 것으로 제시된다. 동법 제30조제1호에서는 도로 이용자의 편의 증진을 위해서 공공목적으로 설치하는 시설로서 도시공원 및 녹지 등에 관한 법률 제2조제4호에 따른 공원시설을 제시하고 있다.

■ 도로법

[시행 2024. 1. 9.] [법률 제19987호, 2024. 1. 9., 타법개정]

제2조(정의)

이 법에서 사용하는 용어의 뜻은 다음과 같다.

9. “타공작물”이란 도로와 그 효용을 함께 발휘하는 둑, 호안(護岸), 철도 또는 궤도용의 교량, 횡단도로, 가로수, 그 밖에 대통령령으로 정하는 공작물을 말한다.

제30조(도로구역 내 시설의 설치)

도로관리청은 도로의 효용을 훼손하지 않는 범위에서 도로 이용자의 편의를 증진하기 위해 도로구역에 도로의 부속물과 공공목적의 다음 각 호의 시설을 설치·운영할 수 있다.

1. 「도시공원 및 녹지 등에 관한 법률」 제2조제4호에 따른 공원시설
2. 「자원의 절약과 재활용촉진에 관한 법률」 제2조제10호에 따른 재활용시설
3. 「체육시설의 설치·이용에 관한 법률」 제6조에 따른 생활체육시설
4. 그 밖에 도로의 효용 증진과 공공목적을 위하여 필요한 시설로서 대통령령으로 정하는 시설

□ 개발제한구역의 지정 및 관리에 관한 특별조치법 상에서 그린인프라 기능

「개발제한구역의 지정 및 관리에 관한 특별조치법」은 도시주변의 자연환경을 보전하여 건전한 생활환경 확보를 위해 도시 개발 제한 필요에 의거하여 결정되며, 여기서 자연환경 등의 그린인프라는 도시·군 관리계획에 포함된다. 동법 제4조제4항제1호, 제1의2호, 제2호에서는 개발제한구역의 대상이 되는 훼손지역으로 녹지기능의 회복이 요구되는 곳으로 규정함으로써 그린인프라가 갖는 녹지로서의 기능을 강조하고 있다.

동법 제4조의2에서는 훼손지 정비수단으로 도시공원이나 녹지를 조성하도록 조치하고 있으며, 조성이 여의치 않을 경우 부지를 기부채납하도록 규정하고 있다.

동법 제12조에서는 개발제한구역 내 행위제한을 규정하고 있는데, 행위가 허가되는 예외규정으로, 개발제한구역의 존치와 보존에 필요한 시설로서 공원이나 녹지를 적시하고 있다.

동법 제16조에서도 개발제한구역으로 인한 각종 규제로 어려움을 겪는 해당지역 주민들을 위해서 주민지원사업을 규정하고 있고, 개발제한구역의 존치와 보존에 도움이 되면서도 주민 여가활동에 도움이 되는 녹지, 숲길 조성 등 확보를 통해 그린인프라를 활용하도록 하고 있다.

■ 개발제한구역의 지정 및 관리에 관한 특별조치법

[시행 2023. 8. 16.] [법률 제19671호, 2023. 8. 16., 일부개정]

제4조(개발제한구역의 지정 등에 관한 도시·군관리계획의 입안)

④ 입안권자는 제1항에 따라 개발제한구역의 해제에 관한 도시·군관리계획을 입안하는 경우에는 개발제한구역 중 해제하고자 하는 지역(이하 “해제대상지역”이라 한다)에 대한 개발계획 등 구체적인 활용방안과 해제지역이 아닌 지역으로서 개발제한구역 내 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 훼손된 지역(이하 “훼손지”라 한다)의 복구계획 등 주변 개발제한구역에 대한 관리방안을 포함하여야 한다.

1. 건축물 또는 공작물 등 각종 시설물이 밀집되어 있거나 다수 산재되어 녹지로서의 기능을 충분히 발휘하기 곤란한 곳. 이 경우 각종 시설물의 적법 또는 불법여부는 고려하지 아니한다.
- 1의2. 건축물 또는 공작물 등 시설물의 설치가 가능한 대통령령으로 정하는 지목(地目)의 토지를 포함한 지역으로서 녹지로 복원이 필요한 곳. 이 경우 건축물 또는 공작물 등 시설물의 설치 유무는 고려하지 아니한다.
2. 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」 제30조에 따라 도시·군관리계획으로 결정된 공원으로서는 훼손된 녹지를 복원하거나 녹지기능을 제고하기 위하여 공원으로 조성 이 시급한 곳
3. 그 밖에 개발제한구역을 복원하거나 그 기능을 유지하기 위하여 대통령령으로 정하는 지역

제4조의2(토지소유자 등의 훼손지 정비사업)

① 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 자는 대통령령으로 정하는 바에 따라 축사 등 동물·식물 관련 시설이 밀집된 훼손지의 정비사업(이하 “정비사업”이라 한다)을 시행할 수 있다. <개정 2019. 8. 20.>

1. 국유지·공유지를 제외한 해당 훼손지의 토지소유자
2. 제1호에 따른 토지소유자가 정비사업을 위하여 설립하는 조합
3. 지방자치단체

4. 「공공기관의 운영에 관한 법률」에 따른 공공기관

5. 「지방공기업법」에 따른 지방공기업

② 제1항에 따라 정비사업을 시행하는 자는 해당 정비사업 구역 면적의 100분의 30 이상에 해당하는 정비사업 부지에 「도시공원 및 녹지 등에 관한 법률」 제2조에 따른 도시공원 또는 녹지를 조성하여 같은 법 제20조에 따른 공원관리청(이하 “공원관리청”이라 한다)에 기부채납(寄附採納)하여야 한다. 다만, 정비사업 시행을 위하여 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」 제30조에 따라 도시·군관리계획으로 결정된 도로의 개설이 필요한 경우, 정비사업 구역 면적의 100분의 5 이내에서 공원·녹지로 조성하여 기부채납해야 하는 면적을 도로의 면적으로 대체할 수 있다. <개정 2019. 8. 20.>

③ 제2항에도 불구하고 정비사업 구역 내에 도시공원 또는 녹지를 조성하기 어려운 경우 정비사업 구역 내 도시공원 또는 녹지 대신 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」 제30조에 따라 도시·군관리계획으로 결정된 개발제한구역 내 도시공원 부지로 정비사업 구역에 포함되는 토지의 총 가액(감정평가업자 2인 이상이 평가한 평가액의 산술 평균액을 말한다)의 70분의 30(제2항 단서에 따라 도로 면적이 포함되는 경우에는 그 비율만큼을 제외한다)에 해당하는 금액과 국토교통부장관이 정하는 공원조성비용을 합한 금액 이상에 해당하는 도시공원 부지를 기부채납하여야 한다. <신설 2019. 8. 20.>

제12조(개발제한구역에서의 행위제한)

① 개발제한구역에서는 건축물의 건축 및 용도변경, 공작물의 설치, 토지의 형질변경, 죽목(竹木)의 벌채, 토지의 분할, 물건을 쌓아놓는 행위 또는 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」 제2조제11호에 따른 도시·군계획사업(이하 “도시·군계획사업”이라 한다)의 시행을 할 수 없다. 다만, 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 행위를 하려는 자는 특별자치시장·특별자치도지사·시장·군수 또는 구청장(이하 “시장·군수·구청장”이라 한다)의 허가를 받아 그 행위를 할 수 있다. <개정 2009. 2. 6., 2010. 4. 15., 2011. 4. 14., 2011. 9. 16., 2013. 5. 28., 2014. 1. 28., 2015. 12. 29., 2019. 8. 20.>

1. 다음 각 목의 어느 하나에 해당하는 건축물이나 공작물로서 **대통령령**으로 정하는 건축물의 건축 또는 공작물의 설치와 이에 따르는 토지의 형질변경

가. 공원, 녹지, 실외체육시설, 시장·군수·구청장이 설치하는 노인의 여가활용을 위한 소규모 실내 생활체육시설 등 개발제한구역의 존치 및 보전관리에 도움이 될 수 있는 시설

나~마 생략

1의2. 도시공원, 물류창고 등 정비사업을 위하여 필요한 시설로서 **대통령령**으로 정하

는 시설을 정비사업 구역에 설치하는 행위와 이에 따르는 토지의 형질변경

제16조(주민지원사업 등)

① 시·도지사 및 시장·군수·구청장은 관리계획에 따라 다음 각 호의 사업을 시행할 수 있다. <개정 2009. 2. 6., 2014. 1. 28., 2022. 6. 10.>

1. 개발제한구역 주민의 삶의 질 향상을 위한 사업으로서 다음 각 목의 어느 하나에 해당하는 지원사업. 이 경우 시·도지사 및 시장·군수·구청장은 가목의 사업을 우선적으로 시행할 수 있도록 노력하여야 한다.

가. 개발제한구역 주민의 생활편익과 복지의 증진 및 생활비용의 보조 등을 위한 지원사업

나. 개발제한구역 주민의 여가활동이나 개발제한구역의 보전 및 관리에 도움이 될 수 있는 녹지, 경관, 숲길 조성 등을 위한 지원사업

다. 그 밖에 개발제한구역 주민을 위해 필요한 사업으로서 국토교통부장관이 인정하는 사업

■ 개발제한구역의 지정 및 관리에 관한 특별조치법 시행령

[시행 2024. 2. 13.] [대통령령 제34222호, 2024. 2. 13., 일부개정]

제2조의2(훼손지 복구계획등)

① 법 제4조제4항에 따라 같은 조 제1항에 따른 개발제한구역의 해제에 관한 도시·군관리계획에 포함하여야 하는 같은 조 제4항에 따른 개발제한구역 안의 훼손된 지역(이하 “훼손지”라 한다)의 복구계획 등 주변 개발제한구역에 대한 관리방안(이하 “훼손지 복구계획등”이라 한다)은 개발제한구역으로 존치되는 훼손지와 주변지역을 개발제한구역의 지정 목적에 부합하도록 복구하여 녹지로서의 기능을 회복하도록 하여야 한다. 이 경우 제2조제3항제1호 또는 제3호에 따라 개발제한구역이 조정 또는 해제되는 경우의 훼손지 복구계획등은 개발제한구역으로 존치되는 훼손지와 주변지역의 일부는 지역 주민과 도시민의 여가활용을 위한 휴식공간으로 제공하는 것을 내용으로 하여야 한다. <개정 2012. 4. 10.>

제2조의6(정비사업 구역의 요건 등)

① 법 제4조의2제1항에 따른 동물·식물 관련 시설이 밀집된 훼손지(이하 “밀집훼손지”라 한다)의 정비사업(이하 “정비사업”이라 한다) 구역은 다음 각 호의 요건을 모두 갖추어야 한다. <개정 2019. 10. 1.>

1. 밀집훼손지는 다음 각 목의 요건을 모두 갖춘 것

2. 제1호 각 목의 요건을 갖춘 밀집훼손지 주변에 흩어져 있는 개발제한구역 내의 토지로서 동물·식물 관련 시설(2016년 3월 30일 전에 건축허가를 받았거나 설치된 시설로 한정한다)이 설치된 토지는 해당 토지를 「도시공원 및 녹지 등에 관한

법률」 제2조에 따른 도시공원 또는 녹지로 조성하거나 원상복구하는 경우에만 정비사업 구역에 포함할 것

제13조(허가 대상 건축물 또는 공작물의 종류 등)

③ 법 제12조제1항제1호의2에서 “대통령령으로 정하는 시설”이란 다음 각 호의 시설을 말한다. <신설 2016. 3. 29., 2018. 2. 9.>

1. 「도시공원 및 녹지 등에 관한 법률」 제2조에 따른 도시공원 또는 녹지
- 2~3 생략

3) 건축공간 단위의 그린인프라

□ 건축법은 건축녹지로서의 그린인프라를 정의

「건축법」 제42조제1항에서 건축물 공간단위에서의 그린인프라 확보를 규정하고 있다. 건축물 신축시 대지 면적이 200㎡ 이상인 경우 지자체 조례에 따라 조경이나 그 밖의 필요한 조치를 하도록 규정하고 있다. 동법에 근거하여 고시된 「조경기준」은 건축물 및 대지에서 녹지 또는 조경으로 인식되는 그린인프라를 정의하는 근거가 된다.

「건축법」 제42조제2항에 따른 「조경기준」 제3조에서는 조경의 정의 및 식생의 정의, 벽면녹화, 자연지반녹화, 인공지반조경, 옥상조경 등의 녹화유형을 정의하며, 투수성 포장 등의 그린인프라 정의와 종류를 제시하고 있다.

■ 「건축법」 제42조 「건축법」에서의 그린인프라

[시행 2023. 6. 11.] [법률 제18935호, 2022. 6. 10., 일부개정]

제42조(대지의 조경)

- ① 면적이 200제곱미터 이상인 대지에 건축을 하는 건축주는 용도지역 및 건축물의 규모에 따라 해당 지방자치단체의 조례로 정하는 기준에 따라 대지에 조경이나 그 밖에 필요한 조치를 하여야 한다. 다만, 조경이 필요하지 아니한 건축물로서 대통령령으로 정하는 건축물에 대하여는 조경 등의 조치를 하지 아니할 수 있으며, 옥상 조경 등 대통령령으로 따로 기준을 정하는 경우에는 그 기준에 따른다.
- ② 국토교통부장관은 식재(植栽) 기준, 조경 시설물의 종류 및 설치방법, 옥상 조경의 방법 등 조경에 필요한 사항을 정하여 고시할 수 있다. <개정 2013. 3. 23.>

■ 조경기준에서의 그린인프라 종류

[시행 2022. 1. 7.] [국토교통부고시 제2021-1778호, 2022. 1. 7., 일부개정]

제3조(정의)

이 기준에서 사용하는 용어의 뜻은 다음 각 호와 같다.

1. "조경"이라 함은 경관을 생태적, 기능적, 심미적으로 조성하기 위하여 식물을 이용한 식생공간을 만들거나 조경시설을 설치하는 것을 말한다.
5. "식재"라 함은 조경면적에 수목(기존수목 및 이식수목을 포함한다)이나 잔디·초화류 등의 식물을 이 기준에서 정하는 바에 따라 배치하여 심는 것을 말한다.
7. "벽면녹화"라 함은 건축물이나 구조물의 벽면을 식물을 이용해 전면 혹은 부분적으로 피복 녹화하는 것을 말한다.
8. "자연지반"이라 함은 하부에 인공구조물이 없는 자연상태의 지층 그대로인 지반으로서 공기, 물, 생물 등의 자연순환이 가능한 지반을 말한다.
9. "인공지반조경"이라 함은 건축물의 옥상(지붕을 포함한다)이나 포장된 주차장, 지하구조물 등과 같이 인위적으로 구축된 건축물이나 구조물 등 식물생육이 부적합한 불투수층의 구조물 위에 자연지반과 유사하게 토양층을 형성하여 그 위에 설치하는 조경을 말한다.
10. "옥상조경"이라 함은 인공지반조경 중 지표면에서 높이가 2미터 이상인 곳에 설치한 조경을 말한다. 다만, 발코니에 설치하는 화훼시설은 제외한다.
11. "투수성 포장구조"라 함은 투수성 콘크리트 등의 투수성 포장재료를 사용하거나 조립식 포장방식 등을 사용하여 포장면 상단에서 지하의 지반으로 물이 침투될 수 있도록 한 포장구조를 말한다.

□ 주택법에서 규정하는 그린인프라로서의 조경시설

「주택법」에서는 부대시설로서 주택 토지에 주거용 건물 이외의 필요한 시설들을 규정하고 있으며, 조경시설이 이 부대시설에 해당한다. 동법 제2조제13호다목에 의해 동법 시행령 제6조제2호에 조경시설을 규정하고 있다. 「주택법」에서 조경시설에 대한 구체적인 정의나 의미는 없으나 주거용 건물 이외에 주변 녹지나 조경시설물들을 지칭하는 것으로 볼 수 있다. 이러한 조경시설은 다른 법상의 녹지나 공원이 그린인프라로서의 역할을 하는 것으로 규정한 것에 미루어 볼 때, 같은 그린인프라로 인식하는 것이 타당하다. 구체적인 기능이나 역할에 대해서는 규정하지 않고 있으나, 공동주택의 외부공간 조경 녹지는 그린인프라로서 충분히 활용되고 있으므로 이를 보완하기 위한 법개선도 필요할 것으로 판단된다.

■ 주택법

[시행 2024. 1. 18.] [법률 제19839호, 2023. 12. 26., 타법개정]

제2조(정의)

이 법에서 사용하는 용어의 뜻은 다음과 같다.

13. “부대시설”이란 주택에 딸린 다음 각 목의 시설 또는 설비를 말한다.

가. 주차장, 관리사무소, 담장 및 주택단지 안의 도로

나. 「건축법」 제2조제1항제4호에 따른 건축설비

다. 가목 및 나목의 시설·설비에 준하는 것으로서 **대통령령**으로 정하는 시설 또는 설비

■ 주택법 시행령

[시행 2023. 9. 12.] [대통령령 제33699호, 2023. 9. 12., 타법개정]

제6조(부대시설의 범위)

법 제2조제13호다목에서 “대통령령으로 정하는 시설 또는 설비”란 다음 각 호의 시설 또는 설비를 말한다.

1. 보안등, 대문, 경비실 및 자전거보관소

2. **조경시설**, 옹벽 및 축대

3-9. 생략

3. 소결

□ 그린인프라 관련 법의 종류 및 연관 주제

그린인프라를 다루고 있는 법들은 약 12개로서 각 법은 법의 취지에 맞게 그린인프라를 규정하고 있었다. 그린인프라를 탄소흡수원으로서 규정하고 있는 법들은 「기후위기 대응을 위한 탄소중립 녹색성장 기본법」, 「탄소흡수원 유지 및 증진에 관한 법률」 등이었다. 탄소흡수원으로서의 그린인프라는 인공적인 생산물을 의미하는 것이 아닌 식생의 생육, 토양의 탄소고정 등 그린인프라가 위치하고 있는 곳에서의 탄소저감 메커니즘이 자연스럽게 발생하게 되는 것을 의미한다.

그린인프라를 도시공원, 녹지, 정원 등의 주제로 다루고 있는 법들로는 「도시공원 및 녹지 등에 관한 법률」, 「도시숲 등의 조성 및 관리에 관한 법률」, 「수목원·정원의 조성 및 진흥에 관한 법률」, 「건축법」, 「주택법」 등이었다. 이 법들은 그린인프라로서의 기능은 물론 식생이 주가 되는 공간, 편의나 휴게의 제공 등의 기능도 포함하고 있었다.

그린인프라를 기반시설로서 다루고 있는 법들로는, 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」, 「하천법」으로서 치수를 담당하는 그린인프라로서의 하천과 유수지, 도시자연공원, 공원과 녹지에 대한 내용을 제시하고 있었다.

그린인프라를 생태경관, 자연공원으로 다룸으로써 기반시설로서의 그린인프라는 물론 보존해야 할 자연생태계로 다루고 있는 법들은 「자연환경보전법」, 「자연공원법」 등이 있었다.

□ 지역적 위치와 공간규모적 특성에 따른 그린인프라의 유형

본 분석을 통해서 분류된 그린인프라는 법적인 주제를 담고 있으며, 각각의 그린인프라의 세부 유형들은 주로 분포하게 되는 지역적 위치가 있으며, 차지하는 공간의 크기에 따라서 분류해 볼 수 있었다. 여기서 지역적 위치는 해당 그린인프라가 위치하고 있는 곳의 토지이용특성을 말하며, 크게는 산림과 도시로 나뉜다. 차지하는 공간규모는 작게는 건축물에 조성되는 옥상조경이나 벽면녹화부터 크게는 국립공원과 같은 대규모의 산림까지 다양하였다.

도시지역에 위치하고 있는 그린인프라들은 ‘조경’, ‘녹지’, ‘공원’, ‘정원’ 등 도시나 정주지에서 보통 경험하게 되는 그린인프라들과, 수목원, 하천 등의 규모가 상대적으로 큰 그린인프라들이 속하고 있었다. 「건축법」, 「주택법」, 「도시공원 및 녹지 등에 관한 법률」, 「도시숲 등의 조성 및 관리에 관한 법률」 등이 도시지역에서의 그린인프라들을 다루고 있는 법률로 파악되었다. 공간규모로 봤을 때, 이들은 산림지역보다는 비교적 작으며, 도시공원이 가장 큰 규모이며, 작게는 옥상조경, 생활정원, 가로수와 같은 규모까지를 포함하고 있었다. 도시에서의 녹지로 통칭되는 그린인프라는 도시개발로 인하여 기존 자연이 훼손되거나 파편화되는 과정에서 이를 보완하기 위해 새롭게 조성되는 경우가 많다. 새롭게 조성하게 될 때, 경제적 가치가 건물보다 현저히 낮으므로 자투리 땅이 녹지조성 대상이 되므로 공간규모도 작아질 수 밖에 없는 것이 도시지역일수록 녹지규모가 작아지는 이유일 것이다. 그럼에도 이들 그린인프라가 도시 곳곳에 위치하게 되면서 열섬, 폭우, 가뭄 등 기후재해 발생시 도시의 탄력성을 높이는 작용들을 수행하게 된다.

산림지역에 분포하고 있는 그린인프라들은 그린인프라의 구성요소들이 다양하고, 자연생태계 그 자체이거나 자연생태계를 모사하여 조성되었으며, 그 규모도 도시지역과 비교하여 거대하다. 산림지역의 그린인프라로서의 기능은 도시지역 보다 그 규모만큼이나 지역적으로 기여하는 기후완화와 적응정도가 높다. 한 예로써, 국립공원으로 지정된 산림은 가지고 있는 거대한 식생의 양, 토양의 양으로 인해서 탄소흡수의 핵심적인 역할을 하게 된다. 또한, 폭우나 폭설과 같은 대규모 재해가 발생했을 때, 건강한 산림은 탄력성이 높아서 산림 내부로 유출수를 저장하며, 홍수나 강풍을 막아주며, 눈사태를 완화시키는 작용을 한다.

분석된 그린인프라 세부유형들은 도시지역과 산림지역의 경향을 보이고 있으나 둘의 경계에 위치하고 있는 유형들도 존재한다. 이들은 산림이나 도시의 중간 또는 경계에 해당하는 지역에 위치하고 있거나 그 규모로 볼 때, 도시에서는 비교적 큰 규모인 하천이나 중규모 이상의 도시공원, 지질공원, 지방하천, 국립수목원, 지방정원 등 국가나 지자체에서 관리하는 수준의 그린인프라였다. 특히 하천은 홍수시 유출수와 배수가 된 곳이며여 피해를 저감시키고, 가뭄시 물공급의 원천이 되는 등의 역할을 감당한다.

법적으로 그 기능과 유형은 물론, 관리와 보전도 함께, 규정되어 있는 만큼 그린인프라가 도시 또는 산림에 위치하면서 탄소중립 사회를 만들어가는 공간인프라로 기능하고 있음을 알 수 있다.



□ 그린인프라 유형별 데이터 구축 현황

본 장에서 제시한 법·제도에 따른 그린인프라 유형과 그린인프라 데이터 분석결과를 종합하여 그린인프라 유형별 데이터 구축 현황을 종합해볼 수 있다. 전반적으로 대부분의 그린인프라 정보가 도시생태현황지도, 생태자연도, 토지피복도, 임상도에 구축되어 있는 것을 다시한번 확인할 수 있다.

그린인프라 관계법에 명시된 다양한 유형의 그린인프라에 대한 데이터 구축 현황을 비교하면 소규모 그린인프라 유형일수록 데이터 구축이 미비한 것을 확인할 수 있다. 면단위 공원이나 녹지, 숲과 같은 그린인프라 정보는 토지피복지도나 생태자연도를 통해 면단위에서 데이터가 구축되고 있다. 뿐만 아니라 일부 속성정보의 경우 도시생태현황지도와 생태자연도를 통해 면단위 개체목 수준의 해상도에서도 데이터가 구축되고 있다.

그러나, 건축법에 명시된 그린인프라 유형인 인공지반, 조경시설, 옥상조경, 벽면녹화, 그리고 주택법에 명시된 조경시설의 경우 데이터 구축이 전무하다고 볼 수 있다. 면단위 그린인프라 중에서도 상대적으로 작은 규모에 속하는 공동체정원, 주체정원, 민간정원, 생활정원 등은 데이터 구축이 잘 되고 있지 못한 것으로 확인된다. 이는 상대적으로 규모가 작아 원격탐사를 이용한 조사가 어렵고, 데이터 구축을 위한 기초자료로 사용하는 수치지형도에 표기되지 않는 유형이기 때문인 것으로 볼 수 있다.

[표 3-18] 그린인프라 유형별 데이터 수집 현황

관계법	그린인프라 유형	데이터 수집 현황	속성정보 해상도			관계 데이터 명
			개체목 단위	면단위 개체목	면단위	
건축법	인공지반	△	×	×	○	도시생태현황지도
	조경시설	×	×	×	×	-
	옥상조경	×	×	×	×	-
	벽면녹화	×	×	×	×	-
주택법	조경시설	×	×	×	×	-
도시공원 및 녹지 등에 관한 법률	도시공원	○	×	△	○	도시생태현황지도, 생태자연도, 토지피복지도
	공원녹지	○	×	△	○	도시생태현황지도, 생태자연도, 토지피복지도
	공원시설	○	×	△	○	도시생태현황지도, 생태자연도, 토지피복지도

관계법	그린인프라 유형	데이터 수집 현황	속성정보 해상도			관계 데이터 명
			개체목 단위	면단위 개체목	면단위	
	녹지	○	×	△	○	도시생태현황지도, 생태자연도, 토지피복지도
도시숲 등의 조성 및 관리에 관한 법률	도시숲	○	×	△	○	임상도, 도시생태현황지도, 생태자연도, 토지피복지도
	생활숲	○	×	△	○	임상도, 도시생태현황지도, 생태자연도, 토지피복지도
	가로수	△	△	×	×	가로수
수목원·정원의 조성 및 진흥에 관한 법률	사립수목원	○	×	△	○	도시생태현황지도, 생태자연도, 토지피복지도
	학교수목원	○	×	△	○	도시생태현황지도, 생태자연도, 토지피복지도
	공동체정원	△	×	×	×	도시생태현황지도, 생태자연도
	주제정원	△	×	×	×	도시생태현황지도, 생태자연도
	민간정원	△	×	×	△	토지피복지도
	생활정원	△	×	×	△	토지피복지도
국토계획법	하천, 유수지	○	×	×	○	수생태계 건강성 평가지도
	도시자연공원구역	○	×	△	○	도시생태현황지도, 생태자연도
	광장, 공원, 녹지	○	×	△	○	도시생태현황지도, 생태자연도

출처: 연구진 작성

제5장 그린인프라 데이터 수집기술

1. 그린인프라 데이터 수집기술 구분
 2. 그린인프라 데이터 수집기술 현황
 3. 소결
-

1. 그린인프라 데이터 수집기술 구분

1) 분석목적 및 방법

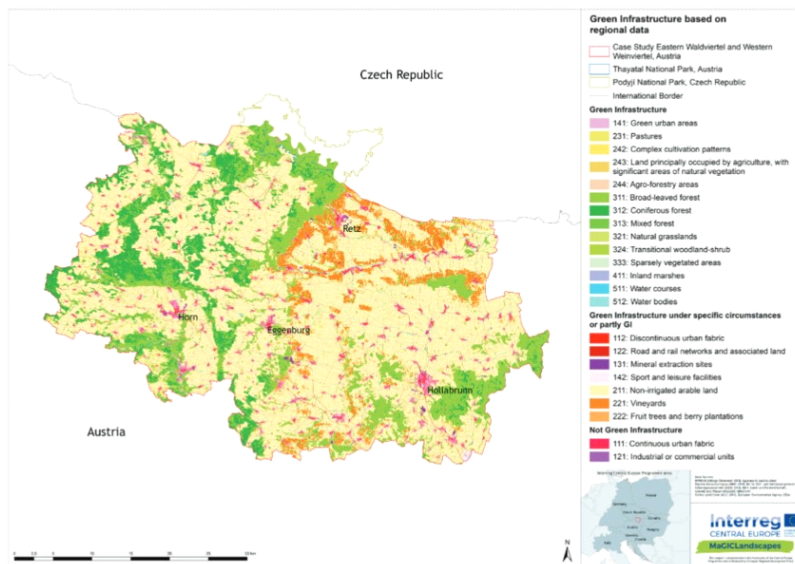
본 연구는 현재 그린인프라 데이터 구축을 위한 관계 기술이 어떤 유형의 그린인프라 데이터까지 구축 가능한지 파악하고자 한다. 뿐만 아니라 구축 가능한 그린인프라 데이터 해상도와 속성정보는 무엇이 있는지 파악하고자 한다. 이를 통해 현재 구축되지 않는 그린인프라 데이터의 단계적 구축 방안에 대해 검토할 수 있는 수단을 확보함으로써 그린인프라 정보체계 구축 방향을 수립하기 위한 근거자료를 축적하고자 한다.

본 연구는 2018년부터 2024년 연구 중 그린인프라 데이터 수집과 관련된 논문들을 대상으로 그린인프라 데이터 수집기술을 정리하였다. 그린인프라의 규모는 2장에서 검토한 탄소중립 정책 및 선행연구 분석에서 도출된 그린인프라의 규모를 차용하였다. 기준으로 정리하면 도시전체, 면단위 그린인프라, 개체목 단위 그린인프라 데이터 수집 기술과 관련된 연구로 구분할 수 있으며, 그린인프라 속성단위로 정리하면 그린인프라의 구성, 구조, 기능과 관련된 데이터 수집을 위한 연구로 구분할 수 있다. 이에 따라 그린인프라 데이터 수집 기술을 데이터 구축 규모별, 데이터의 속성정보별로 정리하고자 하였다.

2) 규모별 그린인프라 데이터 수집 기술

□ 도시 및 국가단위 그린인프라 데이터

도시나 국토 전체의 그린인프라 데이터 수집을 위해 다양한 기초데이터 및 데이터 수집 기술이 활용된다. 대부분의 도시 및 국가 단위 그린인프라 데이터는 개체목 단위의 정보를 수집하기 어려우며, 면단위 정보 및 면단위의 그린인프라 데이터 평균값을 추정하여 수집한다. 데이터 수집의 주된 목적은 도시와 국가 수준에서 공원과 녹지의 상태를 분석하고 평가하는 것이며, 구체적인 목적에 따라 수집하는 데이터의 속성정보 및 해상도가 달라진다.



[그림 5-1] 도시단위 그린인프라 구축 사례

출처: Danzinger, Florian & Fuchs, Stefan & Wrba, Thomas. (2021). Going local – Providing a highly detailed Green Infrastructure geodata set for assessing connectivity and functionality. Landscape Online. 89. 1-16. 10.3097/LO.202189. p.7

이를 위해 항공 영상 자료뿐만 아니라 Landsat, Sentinel-2A 및 Sentinel-2B와 같은 위성 영상이 사용되고 있는 것으로 나타났다. 항공영상이나 위성영상과 같이 공간적 범위가 넓은 데이터들은 도시나 국가 단위에서 그린인프라 속성 정보를 구축하는 데 효율적이다. 위성 영상은 넓은 지역을 한 번에 관측할 수 있어 도시 전체의 녹지 분포와 변화 추이를 파악하기 쉬운 많은 연구에서 활용하고 있다. 또한, 이러한 데이터들은 GIS와 결합되어 도시 계획 및 관리에 기초자료로 활용되고 있다.

□ 면단위 그린인프라 데이터

도시공원 및 녹지와 같은 면단위 그린인프라 연구에는 초분광 및 LiDAR 데이터를 포함한 항공 원격탐사 데이터가 빈번하게 사용된다. 초분광 데이터는 다양한 파장대의 정보를 수집하여 식물의 종 및 상태를 분류하는 데 유용하며, LiDAR 데이터는 지표면의 높이나 주변 사물의 형상정보를 정확하게 얻을 수 있어 수목 구조를 추정하는 데 효과적이다. 이와 같은 데이터들은 수종 분류, 흉고직경, 수고 등 그린인프라의 속성정보 취득과 지상부 바이오매스와 같은 탄소 저장량 추정 연구에 폭넓게 활용되고 있다. 특히, 항공기 기반 초분광 및 LiDAR 데이터의 융합 기술은 수종 분류 정확도가 88%에 달하는 높은 성과를 보이고 있다. 또한, 항공기, UAV(무인항공기), 지상형 LiDAR 센서를 이용한 연구에서는 흉고직경과 수고 추정에서 90% 이상의 정확도를 나타내고 있어, 면단위 그린인프라 데이터 수집의 신뢰성을 높이고 있다.



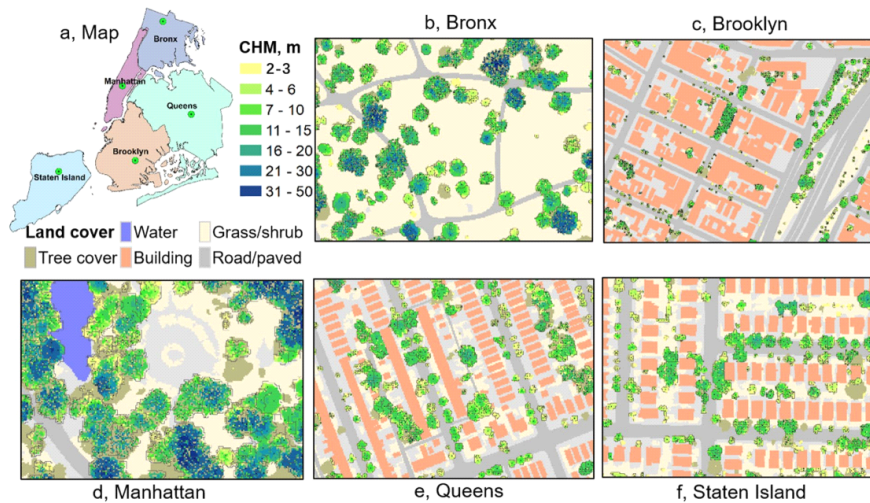
[그림 5-2] 면단위 그린인프라 데이터 구축 사례

출처: bluesky. <https://bluesky-world.com/2022/03/09/https-www-bluesky-world-com-post-tree-carbon-capture-figures-are-more-accurate-thanks-to-bluesky-s-national-tree-map/>. (2024.05.22. 접속)

□ 개체목 단위 그린인프라 데이터

가로수와 같은 개체목 단위의 연구에서는 Google Street View와 같은 스트리트뷰 데이터가 최근 다양하게 활용되고 있다. 이 데이터들은 도시 도로 주변 가로수의 위치를 정확하게 파악하고, 이를 기반으로 종 분류, 흉고직경 및 수고를 추정하는 데 활용 가능하다. 특히, YOLO(You Only Look Once)와 같은 딥러닝 모델이 이러한 데이터 처리에 많

이 사용되고 있다. 예를 들어, Choi et al. (2022)와 Velasquez-Camacho et al. (2023)의 연구에서는 가로수 분류에 YOLO 모델을 적용하여 수종 분류 정확도 약 80%, 흉고직경 92%, 수고 87%, 수관 크기 추정 정확도 80%의 결과를 도출하였다. 이러한 기술들은 도시 내 개체목의 상태를 상시적으로 모니터링하고 관리하는 데 매우 유용하며, 구축된 데이터를 바탕으로 도시 환경의 질을 평가할 수 있게 지원한다.



[그림 5-3] 개체목 단위 그린인프라 데이터 구축 사례

출처: Ma, Q., Lin, J., Ju, Y. et al. Individual structure mapping over six million trees for New York City USA. Sci Data 10, 102 (2023). <https://doi.org/10.1038/s41597-023-02000-w>. p.9

3) 그린인프라 속성별 데이터 수집 기술

□ 구성

수종별로 잎의 특성(trait)이 다르게 나타날 수 있으며, 이는 수종별로 특정 파장대(wavelength)에서 서로 다른 반사 강도를 가질 수 있음을 의미한다(spectral signature). 이에 따라, 분광영상(spectral imagery) 및 초분광영상(hyperspectral imagery)을 활용하여 수종별 잎의 특성 도출과, 시계열 분광영상 데이터 활용해 계절에 따른 잎의 특성 변화를 탐지하고, 이를 설명변수로 하여 도시 그린인프라스트럭처 내 수목의 수종분류 연구가 활발히 진행되고 있다.

일반적으로, 모델 내 입력되는 밴드(band)의 수가 많을수록 수종분류 정확도가 증가하는 것으로 알려져 있으며, NDVI(Normalized Difference Vegetation Index), EVI(Enhanced Vegetation Index)와 같이 밴드 간 계산을 통해 도출된 식생지수를 입력변수로 수종 분류가 진행되기도 한다. 더불어 수관영역 내 분광 밴드의 반사강도 값의 분포(표준편차 등)도 수종분류를 위한 입력변수로 활용되기도 한다.

초분광영상의 경우 수많은 밴드로 데이터의 부피가 매우 크며, 같은 파장대 내 겹치는 밴드들이 많기에, 모든 데이터를 설명변수로 설정하는 것은 효율적이지 못 할 수 있다. 이를 해결하기 위해 PCA와 같은 차원축소 통계기술의 적용되기도 하며, 수종에 맞는 최적의 밴드를 찾는 연구 또한 진행되고 있다.

수종별 수관의 형태적 특성을 수종분류 모델링에 활용하는 연구들도 진행되고 있으며, 주로 LiDAR 데이터를 활용하여 수관의 기하학적 특성을 정량화한 변수들이 이용되고 있다. 하지만 형태적 특성만으로는 수종분류에 한계가 있으며, 주로 이러한 변수들은 분광영상기반 변수들과 결합되어 수종분류 모델링의 정확도를 높이는데 활용되고 있다.

대대수의 연구가 Random Forest(RF), Support Vector Machine(SVM) 등과 같은 머신러닝 기법과 YOLO 등 딥러닝 모델 기반 객체 탐지를 통해 수종분류 연구가 진행되고 있다. RF와 SVM 모델의 경우 다차원공간에서 효율적으로 활용이 가능하며, 선형 및 비선형 모델링 모두에 활용이 가능하다는 장점이 있다. YOLO 알고리즘의 경우 하나의 CNN 네트워크를 활용하여 입력되는 영상을 그리드 형태로 분할하여 각 그리드 내 특정 바운딩 박스의 개수와 각 그리드가 어떤 분류에 해당되는지에 대한 확률을 계산하게 되며, 결과적으로 각 박스 내 특정 부류 객체에 대한 우도(likelihood)를 도출하게 된다.

□ 구조

주로 LiDAR 데이터가 가지는 3차원 정보를 토대로 개별수목 도출과 더불어 수고, 흉고 직경, 수관복잡성, 녹피율 등을 계산할 수 있다. 또한 Google Street View(GSV)와 같은 로드뷰 이미지에 photometry 기법을 적용하여 가로수의 흉고직경과 수고를 도출하는 연구 또한 활발하게 진행되고 있다.

LiDAR 데이터의 경우 플랫폼(항공, 지상, UAV)과 센서에 따라 취득되는 점군밀도(point density)가 상이하며, 그에 따라 데이터로부터 직접 도출할 수 있는 수목구조가 플랫폼에 따라 제한될 수 있다. 예를 들어, 지상 LiDAR의 경우 수목을 근거리에서 mm 단위의 정확도로 맵핑할 수 있으며, 그에 따라 흉고직경과 수고 등을 데이터로부터 직접

도출할 수 있지만, 수관표면의 거칠기 등을 도출하는데 한계가 있다. 반면, 항공 LiDAR 데이터의 경우 수목 정보를 상공에서 취득하기에 지상 LiDAR 데이터에 비해 취득되는 정보량이 적으며, 서브미터급 정확도를 가져 데이터로부터 직접 흉고직경 등을 도출하는 데는 한계가 있으나, 경관단위에서의 수목의 수관 구조 등을 도출하는데 유용하다.

LiDAR 데이터를 활용한 개체목 분류는 주로 수관높이모델(canopy height model, CHM)을 기반으로 진행되게 된다. CHM은 래스터 데이터로 각 그리드의 높이 값에 해당 지면의 높이 값을 감하여 생성된다. 따라서 각 그리드는 절대 높이값을 가지게 된다. CHM 기반으로 watershed 영역 분할 기술을 적용하여 개체목을 도출하는 연구들이 진행되고 있으며, 이러한 watershed 영역분할 기술과 함께 분광데이터 융합을 통해 보다 정교한 개체목 분류 연구가 진행되고 있다.

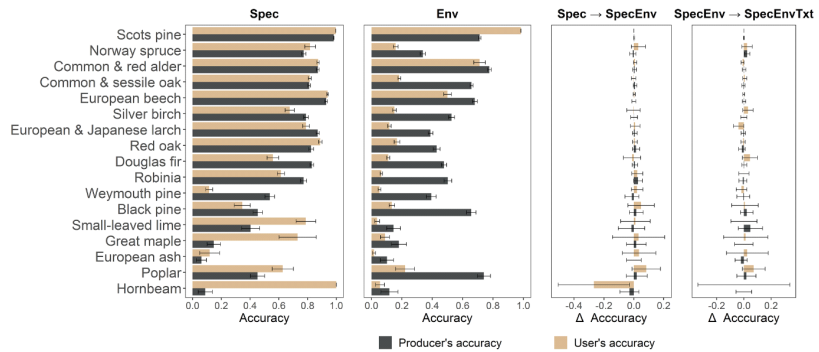
□ 기능

그린인프라 내 수목의 건강성과 생산성 등은 위에 구성과 구조에서 기술한 방법을 토대로 진행되게 된다. 수목의 건강성의 경우 수목 잎의 특성(N, C 함량, 클로로필 함량)등을 토대로 추정할 수 있으며, 바이오매스와 같은 생산성 관련 항목의 경우 수목의 구조적 특성을 통해 추정될 수 있다.

2. 그린인프라 데이터 수집기술 현황⁴⁹⁾

1) 도시 및 국가단위 그린인프라 데이터 수집기술

도시생태계와 같이 경관 혹은 지역 단위 규모 내에서 수종을 분류하기 위해 Hemmerling et al. (2021)은 Sentinel-2 위성영상을 활용한 연구를 진행하였다. 분류 정확도를 높이기 위해 여러 환경변수(예: 지형 경사, 지형 방향, 토양 유형 등)와 공간 텍스처 매트릭스 (spatial texture metrics) 추가가 분류 정확도를 입력변수로 하여 선정하였다. 시계열 Sentinel-2A 분광정보 만으로도 기존의 수종을 분류하는 데 있어 비교적 높은 정확도를 나타냈으며, 추가적으로 선정한 입력변수는 전체 분류 정확도 향상에 기여하지 않는 것으로 나타났다.



[그림 5-4] ① 스펙트럼 특성(Spec), ② 환경 특성(Env), ③ 스펙트럼 모델과 스펙트럼-환경 결합 모델 (SpecEnv-Spec) 간의 정확도 변화, 그리고 ④ 스펙트럼-환경 모델과 텍스처 매트릭스를 포함한 모델(SpecEnvTxt-SpecEnv) 간의 정확도 변화에 기반한 분류의 사용자 정확도와 생산자 정확도

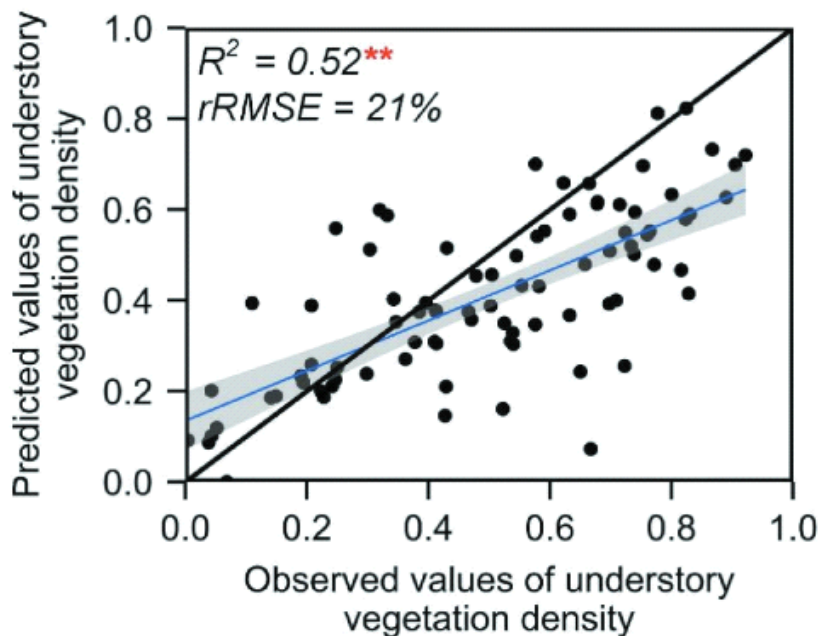
출처: Hemmerling et al., 2021. "Mapping Temperate Forest Tree Species Using Dense Sentinel-2 Time Series." Remote Sensing of Environment 267 (December): 112743. p. 8

결과적으로 5일 간격의 시계열 Sentinel-2A의 모든 분광 밴드를 활용하여 17개의 수종을 분류하였다. 수종 중 높은 수관면적비율(canopy cover ratio)을 차지하는 수종과 낮은 수관면적 비율을 보이는 수종의 경우 분류 정확도에 있어 차이가 크게 발생하였으며, 캐노피 면적 비율이 0.5% 이상인 나무 종들의 분류 정확도는 대체로 높게 도출되었다.

49) 선행연구 조사 요약표는 부록 3. 참조

예를 들어, 스코틀랜드 소나무(Scots pine)의 경우 분류 정확도가 98.9% 수준으로 매우 높은 정확도를 나타냈다. 이 같은 연구는 경관, 지역 또는 대륙단위의 공간 범위에서도 Sentinel-2 시계열 데이터를 이용한 수목 종 분류의 활용가능성을 대변한다.

산림 생태계 내 하부식생은 생물 서식지 제공, 탄소 흡수, 토양 영양 순환 등 다양한 생태계 서비스를 제공하므로, 이를 정량화 하려는 연구가 지속되어왔다. 항공 LiDAR를 이용한 원격 탐사 방법으로 하부 식생의 밀도를 추정할 수 있지만, 이 방법은 넓은 지역의 정보를 구축하기는 비용과 시간문제 등으로 어려움이 있다. 때문에 전국 및 시계열 데이터 확보의 어려움이 있다. 이러한 기존 항공 LiDAR 데이터의 단점을 극복하기 위해 위성기반 이미지를 활용한 하부 식생 탐지 방법론에 대한 연구가 지속되고 있다.

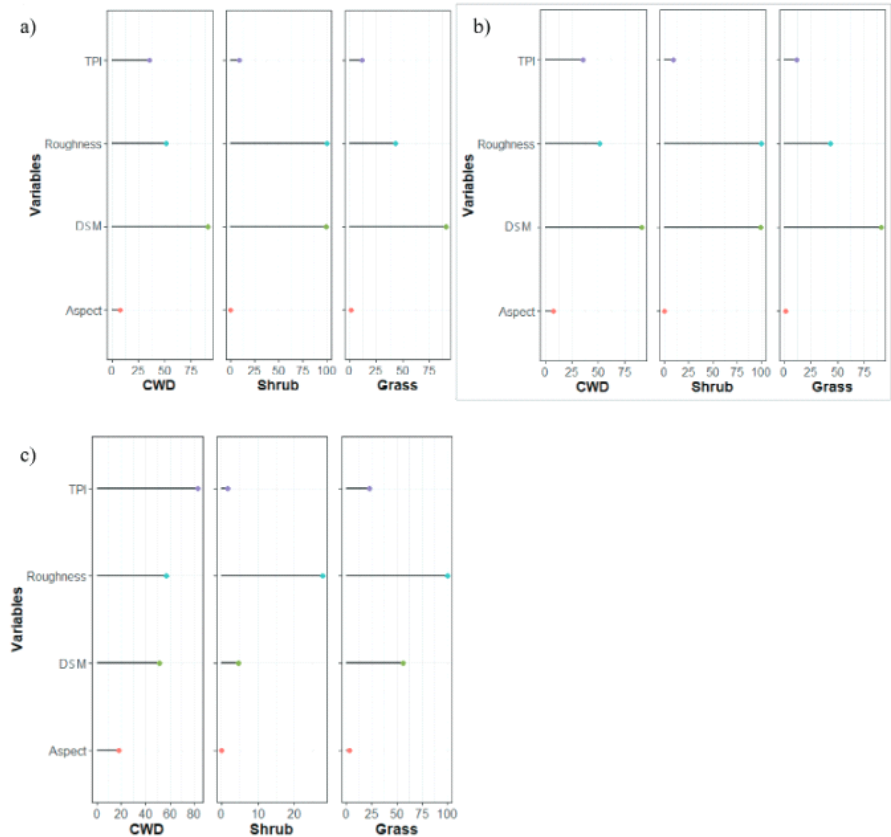


[그림 5-5] 하부식생 밀도에 대한 관측값과 모델링 통한 예측값 1:1 비교 그래프

출처: Xi et al. 2022. "Quantifying Understory Vegetation Density Using Multi-Temporal Sentinel-2 and GEDI LiDAR Data." *GIScience and Remote Sensing* 59 (1): 2068-83. p. 2077

Xi et al. (2022)는 Sentinel-2A 다분광 위성 영상(10m 해상도)과 GEDI L2B 위성 라이더(25m 해상도) 데이터를 사용하여 식생 생장기와 비생장기 동안 산림 하부식생 밀도를 추정하는 연구를 진행하였다. 최종 모델링을 위해 현장에서 PAVD(Plant Area Volume Density)를 측정하고 이를 종속 변수로, GEDI L2B의 PAI(Plant Area Index)를 독립 변수로 하여 선형 모델링을 수행하였다. 이 모델을 통해 GEDI L2B 기반 PAVD 변수를 연구 대상지 내에서 추정했으며, $R^2 = 0.99$ 의 결과를 얻었다. Recursive feature

elimination 방법을 사용하여 PAVD 설명에 중요한 분광영상기반 변수들(B3, B5, B8, B11, TSAVI, GNDVI, S2REP, ARVI, MCARI, NDI45, PSSRA)을 도출했으며, SVR(Support Vector Regression) 모델링을 통해 하부 식생의 PAVD를 R^2 0.52, rRMSE 21%의 정확도로 추정하였다.



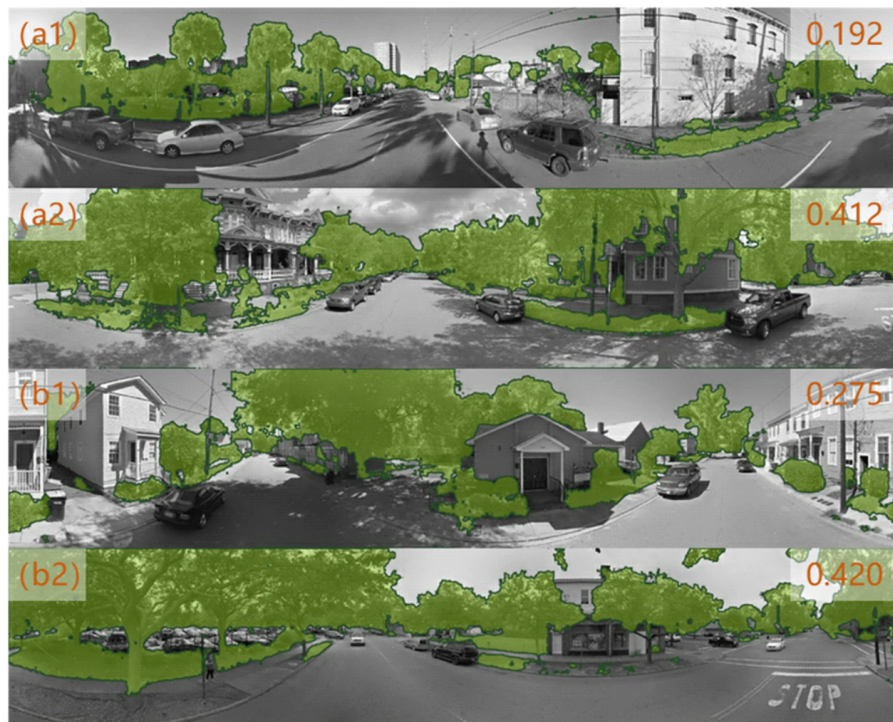
[그림 5-6] 랜덤포레스트 분류기를 통해 도출된 변수 중요도. (a): TLS 라이다 데이터, (b): ULS 라이다 데이터, (c): TLS와 ULS 데이터 융합 사용.

출처: Shokirov et al. 2021. "Multi-Platform LiDAR Approach for Detecting Coarse Woody Debris in a Landscape with Varied Ground Cover." *International Journal of Remote Sensing* 42 (24): 9324–50. p. 9338

산림에서 목재 파편(Coarse Woody Debris, CWD)은 다양한 동식물의 서식처 제공, 영양 순환, 탄소 흡수 같은 역할을 하여 생태계 순환을 지원한다. Shokirov et al. (2021)은 UAV 라이다 (평균 점 간 거리: 10cm)와 지상 고정 라이다 (평균 점 간 거리: 1cm)를 이용해 서로 다른 세 경관 유형에서 CWD를 탐지하는 방법을 제안했다. 이들은 라이다 데이터에서 얻은 경사도, 향, 표면 거칠기, 높이 등을 입력 변수로 랜덤포레스트 알고리즘을 사용하여 CWD를 분류했으며, 전체 분류 정확도는 72.5% 이상으로 제시하였다. 지

상 고해상도 라이다와 UAV 라이다 데이터를 융합했을 때는 분류 정확도가 지상 라이다 또는 UAV 라이다의 개별 데이터만 사용했을 때보다 전반적으로 5~10% 개선되었지만, 특정 식생 구조 유형에서는 개별 데이터만을 사용했을 때 더 높은 정확도로 CWD가 분류되기도 하는 것으로 나타났다. 분류 과정에서 표면 거칠기와 높이 변수가 CWD 식별에 있어 가장 중요한 요소로 드러났다.

Wang et al. (2022)은 Google Street View (GSV)를 활용하여 PGVI (Panoramic Green View Index)를 계산하는 방법을 개발하였다. PGVI는 GSV에서 녹지 혹은 식물이 차지하는 면적으로, SegNet 모델링을 통해 추출되었다. 미국 사바나 도시 역사지구를 대상으로 하여, 북측, 중앙, 그리고 남측의 세 부분에 대해 도로 10m마다 PGVI를 계산하였다. PGVI는 파노라마 이미지의 중간 높이를 기준으로 위쪽을 수목 수관부, 아래쪽을 관목 및 잔디 부분으로 구분하였다.



[그림 5-7] 개별 GSV로부터 추출된 PGVI 대상 영역과 도시 녹지 특징에 따른 PGVI 값. (a1) 작은 캐노피는 PGVI를 낮게 만들 (0.192); (a2) 큰 캐노피는 PGVI를 높게 만들 (0.412); (c) 동일 식생의 밀도가 충분하지 않은 곳은 비연속적 녹지 영역을 형성함 (0.275); (d) 동일 식생 밀도가 높은 곳은 연속적 녹지 영역을 형성함 (0.420)

출처: Wang et al. 2022, "Numerical Characteristics and Spatial Distribution of Panoramic Street Green View Index Based on SegNet Semantic Segmentation in Savannah," Urban Forestry & Urban Greening 69 (March): 127488, p. 6

도시의 개별 지점에서 습득된 GSV의 PGVI는 정규 분포를 따른다. PGVI에 영향을 미치는 요소는 나무의 형태와 밀도로, 수고가 낮고 수관폭이 큰 나무가 PGVI의 증가에 긍정적인 영향을 미쳤다. 또한, 도로 폭과 공원 및 광장의 위치도 PGVI에 유의미한 영향을 미치며, 도로 폭은 10m에 가까울수록, 공원 및 광장과 가까울수록 PGVI가 증가하였다.

본 연구는 기존의 GSV를 활용한 연구와 다르게, 개별 수목을 탐지하고 분류하는 과정 없이 단순한 녹지/식물의 면적 비율만을 계산한다는 점에서, 연구 방법론 활용의 간편성과 사용 가능 분야의 확장성을 가져왔다.

Kwon et al. (2023)은 도시 규모에서 개별 나무 매핑과 수종 탐지를 위해 다중 센싱 플랫폼과 딥러닝을 결합한 새로운 프레임워크를 제안하였다. 이 논문은 항공 및 지상 수준 센싱 플랫폼의 상호 보완적인 강점을 활용하여 도시 전체에 걸쳐 상세한 식생 지도를 생성하였다. 공중에서 얻은 이미지를 통해 식생의 위치와 존재를 추정하고, 시민과 차량으로부터 얻은 데이터를 사용하여 식생을 식별하였다.

수원시의 1.2백만 그루 이상의 나무를 추정하고, 이를 통해 개별 나무 위치의 정확성을 전통적인 방법보다 향상시켰다(불확실성 약 2.0m). 또한, 시민과 차량에서 촬영한 나무 껍질 사진과 거리 수준 이미지를 활용하여 도시 나무 종을 80% 이상의 정확도로 식별하는데 성공했다.

항공 사진과 지상 사진 그리고 시민 과학자 및 차량으로부터 얻은 나무 껍질 이미지를 포함한 다양한 센싱 플랫폼에서 데이터를 수집하였으며, 공중 이미지는 주로 항공 사진과 위성 사진을 통해 얻었으며, 이를 통해 도시 내 나무의 위치와 존재를 대규모로 확인했다. 지상 수준 이미지는 GSV와 같은 서비스를 통해 획득했으며, 나무 껍질 이미지는 시민 과학 프로젝트를 통해 수집되었다.

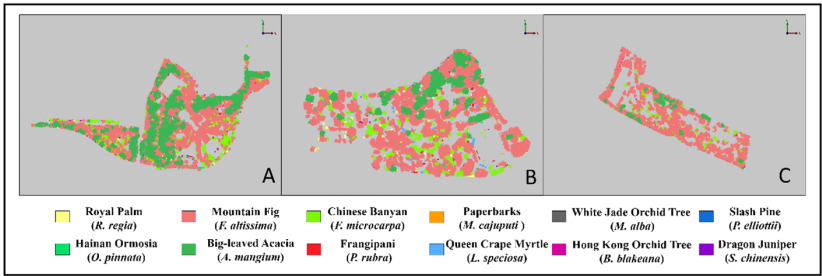
나무 매핑과 수종 탐지에는 딥러닝 기반의 알고리즘을 사용했으며, CNN을 활용하여 공중 및 지상 수준 이미지에서 나무를 정확하게 탐지하고, 개별 나무의 위치를 매핑했다. 또한, 다양한 특성(예: 나무의 모양, 크기, 껍질의 질감 등)을 학습하여 수종을 분류하는 딥러닝 모델을 개발했다.

이 논문에서는 비교적 새로운 CatBoost 알고리즘과 항공 LiDAR 데이터를 기반으로 수종 분류를 진행하였으며, 세 가지의 시나리오를 설정하여 알아보았다(Generic 수준, Species 수준, Mixed 수준). Generic 수준에서는 42개 분류를 통해 정확도는 0.809, Species 수준에서는 81개 분류를 통해 정확도는 0.728, Mixed 수준에서는 60개 분류를 통해 정확도 0.798로 나타났다. Species 수준이 가장 복잡한 분류를 가졌으나, Mixed 시나리오가 녹지 관리에 있어서 가장 유용한 것으로 확인되었다. 이 연구에서 주목할 점은 60개 수준의 레전드를 포함하는 나무 종 맵을 개발하고, 도시 녹지 관리에 있어서 실용적으로 적용할 수 있는 방법을 제시했다는 데 있다.

2) 면단위 그린인프라 데이터 수집기술

Guo et al. (2022)는 도시 공원의 구조적 측면에 중점을 두어 홍콩의 4곳의 도시 공원을 대상으로 나무 종을 식별하는 새로운 형태학적 특성(morphological features)을 제시하는 방법을 연구하였다.

이 연구는 위성자료와 LiDAR 데이터를 활용하여 구조적 다양성을 가지는 아열대 도시 나무의 수종 분류를 위한 방법론을 제시하였다. 홍콩과 같은 아열대 도시 지역에서 일반적으로 서식하거나 식재되는 12가지 수종을 분류하기 위해, LiDAR 데이터로부터 수목의 수관 구조를 도출하였다. 이를 효과적으로 도출하기 위해 비대칭 구조의 캐노피 특징을 효과적으로 추출하기 위해 타원체 방식을 개발하였다. 결과적으로 수종 분류에 있어 88%의 정확도를 달성했으며, 두 형태학적 특성(축대칭 구조와 비축대칭 구조)을 결합하였을 때 정확도가 보다 향상되었다.

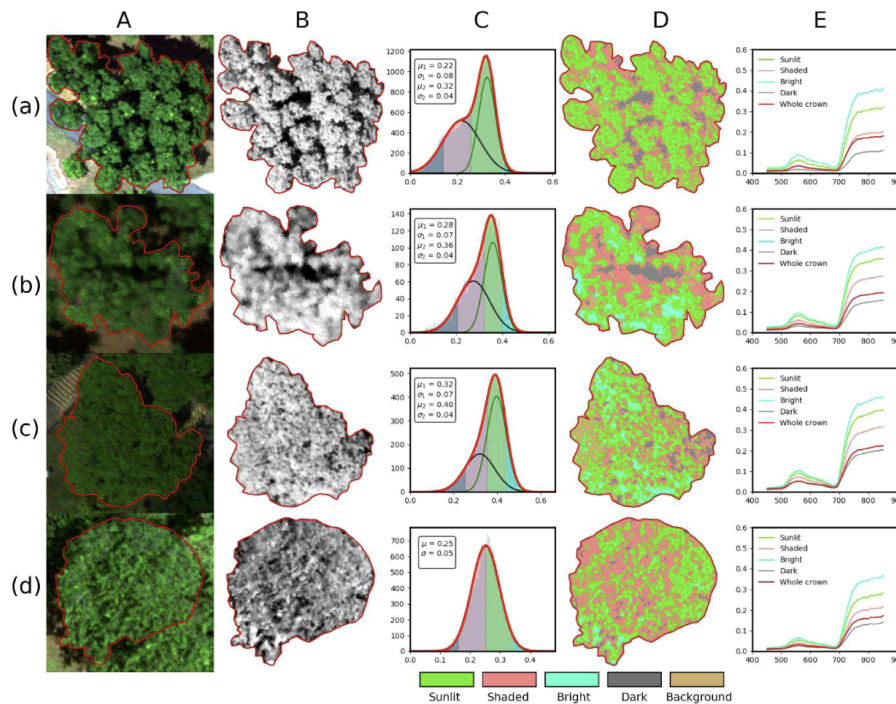


[그림 5-10] 아열대 도시 수종 분포도, A) 타이포 워터프론트 공원, B) 구룡 성벽 도시 공원 및 목수 도로 공원, C) 라이치콕 공원

출처: Guo et al., 2022. "New Morphological Features for Urban Tree Species Identification Using LiDAR Point Clouds." Urban Forestry & Urban Greening 71 (May): 127558. p. 10

수목의 형태학적 특징 중 대칭 및 비대칭 구조를 고려하면 수종탐지의 정확도를 높일 수 있는 것으로 나타났다. 특히, 도시 환경에서 적용 시 정확도 개선에 기여하는 것으로 나타났다. 그러나 특정 수종간의 구별은 여전히 어려운 것으로 나타났다.

Wei et al. (2024)는 도시 수목의 엽록소 함량을 UAV의 초분광 영상을 활용하여 추정하는 방법을 연구하였다. 초분광 영상을 활용하면 엽록소 함량을 추정할 수 있고, 이를 통해 수목의 건강 상태를 모니터링하는 방법을 제시하였다. 도시 수목의 복잡한 수관 구조, 수목 이외의 아스팔트, 콘크리트, 잔디 등 객체와 배경, 그리고 햇빛이 비치는 부분과 그늘진 픽셀을 분할하고 밝은 부분과 어두운 부분에 대한 픽셀을 자동으로 계산에 고려하는 방법을 제시하였다. 또한, radiation transfer 모델 기반 시뮬레이션을 통해 Urban Tree Chlorophyll Index (UTCi)라는 지수를 개발하였다. 이 지수는 기존의 좁은 대역 지수들(NBIs)에 비해 복잡한 수관구조, 배경 및 광 조건에서 엽록소 함량을 추정하는데 높은 성능을 나타내는 것으로 확인되었다.

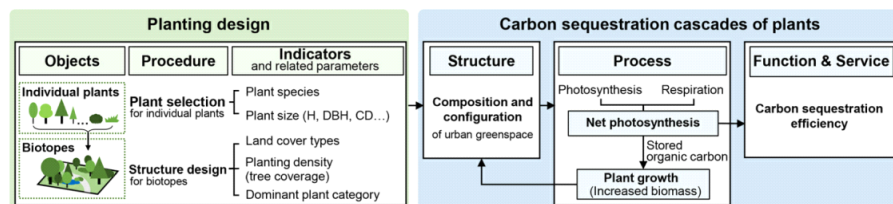


[그림 5-11] 2021년 2월 27일에 획득한 UAV 기반 초분광 이미지를 사용하여 묘사된 나뭇가지의 픽셀 자동 분류. (A) RGB 구성에서 묘사된 나무의 수관 (B) NIR 대역(850nm)에서 해당 나무의 수관 (C) NIR 히스토그램 곡선 및 분류를 위한 가우시안 피팅 (D) 나무의 수관 분류 결과 (E) 다양한 종류의 평균 반사율
출처: Wei et al., 2024. "Estimation of Chlorophyll Content for Urban Trees from UAV Hyperspectral Images." International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation 126 (February): 103617. p.4

이 연구는 도시 수목 관리 및 모니터링에 중요한 기여를 할 수 있으며, 제안된 방법론과 UTCI 지수는 다양한 수관구조, 그리고 조명 조건에서의 엽록소 함량 추정의 정확도를 향상시켰다.

Wang et al. (2021)은 도시 공원 내 식생의 탄소 저장을 촉진하기 위한 식재 디자인에 초점을 맞춘 연구를 진행하였다. 중국 베이징에 위치한 조성 10년 이내 28개의 도시 공원을 대상으로 하며, 여름과 겨울에 촬영된 해상도 1m의 GF-2 위성 영상을 분석에 사용하였다. 위성 영상은 공원의 비오톱 타입 분류, 수목 캐노피 영역, 우점 식생 분류에 사용되었으며, 현장 조사를 통해서도 조사 플롯별 수종 확인 및 수고, 흉고직경 등을 측정하였다. 이 외에도, 현장조사 시 LAI도 함께 측정되었다.

식물의 탄소 저장 효율성 (Carbon Sequestration Efficiency; CSE)은 단위 면적당 일일 탄소 흡수량으로 정의되며, 본 연구에선 현장에서 측정된 LAI에 평균 일일 순 광합성율을 곱한 뒤, 탄소 변환 계수 3.67을 곱하여 계산되었다. 또한, 현장에서 측정된 수고, 흉고직경 등을 통하여 지상부 바이오매스를 계산하여 탄소 저장 효율성과 비교하였다.



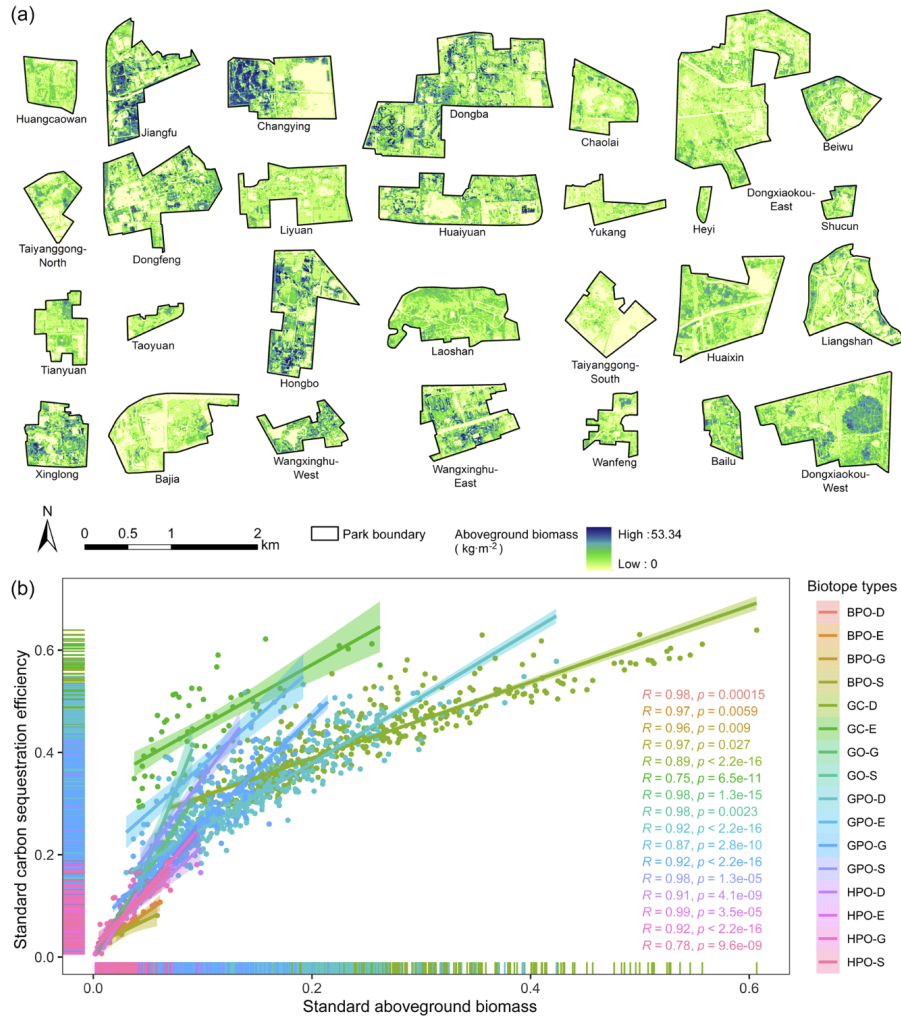
[그림 5-12] 연구 진행의 Conceptual Framework

출처: Wang et al., 2021. "Promoting Sustainable Carbon Sequestration of Plants in Urban Greenspace by Planting Design: A Case Study in Parks of Beijing," *Urban Forestry & Urban Greening* 64 (September): 127291. p. 3

위성 영상을 통해 분류된 비오톱 유형은 총 16개 유형이며, 연구 대상 공원에 다양하게 분포하였다. 또한, 탐지된 수종은 총 107종으로 대표적으로 소나무, 고로쇠나무 및 감나무가 식재되었다. 연구 대상 공원의 평균 식물 탄소 저장 효율성은 8.72 gC/m²/day로 타 도시의 평균값과 비교하여 상대적으로 높은 값을 나타내었으며, 비오톱 유형에 따라서는 평균 5 ~ 8gC 사이의 분포를 보였다. 그리고 비오톱 분류별로 계산한 지상부 바이오매스 값과 탄소 흡수 효율성을 비교 분석할 결과 둘 사이의 유의미한 상관성을 발견하였으며, 이는 식생 바이오매스의 성장에 따른 탄소 흡수 효율성의 변화와 함께 두 수치가 갖는 관계의 중요성을 확인할 수 있었다.

따라서, 본 연구는 위성 영상과 현장 조사를 통해 확인된 도시 공원 내 비오톱 유형 분류에 따른 탄소 흡수 효율과 지상부 바이오매스를 상호 비교하여 도시 공원의 식재 디자인

이 식물 탄소 흡수 효율성에 미치는 영향을 평가하였으며, 이는 탄소 흡수 및 저장 효율을 높여 지속가능한 도시 녹지 환경을 조성할 수 있는 도시 공원 식재 디자인 및 개발 전략에 활용 가능성을 시사한다.



[그림 5-13] (a) 도시 공원별 지상부 바이오매스량의 분포; (b) 비오톱 유형별 탄소 저장 효율성 및 지상부 바이오매스의 관계

출처: Wang et al., 2021. "Promoting Sustainable Carbon Sequestration of Plants in Urban Greenspace by Planting Design: A Case Study in Parks of Beijing." Urban Forestry & Urban Greening 64 (September): 127291. p. 9

공원과 같은 작은 규모의 도시 녹지 관리에는 작게 분할된 영역별 혹은 개별 수목 수준의 관리가 필요한 경우가 많다. 이는 개별 수목을 탐지하는 것의 중요성을 시사하며, 따라서 Tanhuanpää et al. (2019)은 다양한 수관 구조가 수목 매핑 방법의 성능에 미치는 영

향을 확인하고자 하였다. 이를 위하여 9가지의 개별 수목 탐지 (Individual Tree Detection) 방법을 사용하였으며, 다양한 수관 구조에 대응할 수 있는 나무 매핑 방법을 개발하고 평가하였다.

본 연구의 대상지는 핀란드 남부 헬싱키의 공원 및 여가 목적의 도시 숲에 설치한 37개 플롯으로 총 면적은 약 2000ha 이다. 연구에선 단위 면적 (m2)당 약 20 points/m2를 갖는 항공라이다 자료를 취득하여 사용하였으며, 이의 전처리를 통한 CHM (Canopy Height Model) 생성, 공원 구역 분류 등의 분석도 진행하였다. 공원 구역 분류는 stratum 1, 2, 3의 세 가지로 분류되었다. stratum 1은 수관 피복 비율이 50% 이하인 플롯을, stratum 2는 수관 피복 비율이 50%보다 높고 평균 수고가 15m 이하인 플롯을, 마지막으로 stratum 3는 수관 피복 비율이 50%보다 높고 평균 수고가 15m보다 높은 플롯으로 설정하였다. 분류된 구역 내에서는 현장 조사를 통해 나무의 흉고직경과 수종, 위치 등을 측정하였다.

[표 5-1] 세 종류의 공원 구역 분류 기준과 각 구역별 통계 수치

Stratum	Definition	nplot	ntree	CCmean	Hmean	DBHmean	DBHmin	DBHmax
1	CC < 50 %	12	82	26%	8.0 m	20.6	6	108.2
2	CC > 50 % and Hmean < 15 m	15	453	74%	10.5 m	19.6	6	65.1
3	CC > 50 % and Hmean > 15 m	10	277	83%	18.0 m	25.6	6.2	116.2
Total	All plots	37	812	63%	12.2 m	21.7	6	116.2

출처: Tanhuanpää et al., 2019. "Effect of Canopy Structure on the Performance of Tree Mapping Methods in Urban Parks." Urban Forestry & Urban Greening 44 (August): 126441. p.10

개별 수목 탐지 방법은 항공라이다 자료에서 도출된 CHM을 기반으로 하며, 개별 수목의 탐지에는 워터셰드 분할 (Watershed Segmentation) 방법을 사용한다. 아홉 가지의 ITD 방법은 워터셰드 분할 방법에서 가우시안 필터를 적용하거나 커널 크기의 고정, 나무 높이에 따른 가우시안 필터 자동 조절 등의 파라미터를 조절하여 서로 다르게 디자인되었다. 흉고직경의 추정에는 수고, 수관 크기, 수목 밀도 등을 변수로 한 비모수 랜덤 포레스트 방법이 사용되었다.

본 연구의 결과에 따르면 서로 다른 유형의 구역에 대해서 각각의 ITD 방법은 성능에서 큰 차이를 나타내었으며, 활엽수가 우점하는 영역에서 차이가 가장 크게 나타났다. 가장 성능이 좋은 방법은 세 종류의 구역 모두에서 G0.7, F2, Gadapt ITD 방법이었다. 흉고 직경의 추정과 흉고 직경 분포 정확도 확인은 수관 피복 면적이 낮은 구역에서 낮은 성능을 보였다.

[표 5-2] 9개의 ITD와 공원 구역 분류에 따른 탐지 수목 수의 RMSE와 bias. 표 중 Total 열은 전체 정확도를 나타냄

Method	Stratum 1				Stratum 2				Stratum 3				Total			
	RMSE : trees/plot	RMSErel	bias : trees/plot	biasrel	RMSE : trees/plot	RMSErel	bias : trees/plot	biasrel	RMSE : trees/plot	RMSErel	bias : trees/plot	biasrel	RMSE : trees/plot	RMSErel	bias : trees/plot	biasrel
Ge _{0.2}	1.23	1.79	-8.4	-1.23	20.9	0.69	-14.1	-0.47	24.1	0.78	-15.3	0.5	19.3	0.81	-11.9	-0.5
Ge _{0.4}	5.3	-3.78	-3.2	-4.69	12.9	0.43	7.1	0.23	19.3	0.63	7.4	0.24	14.8	0.62	4.8	0.2
Ge _{0.5}	3.7	0.54	-1.2	-0.17	15.2	0.5	10.9	0.36	21	0.68	11.8	0.38	16.7	0.7	8.3	0.35
Ge _{0.7}	4.7	1.6	1.6	0.86	18.5	0.61	15.3	0.51	23.8	0.77	15.7	0.51	19.1	0.8	12	0.5
Ge _{0.9}	5.3	0.77	0.17	0.94	19.2	0.64	15.7	0.52	24	0.78	16.2	0.53	19.8	0.83	12.4	0.52
G _{1.0}	6.2	0.39	0.9	0.63	22.9	0.76	18.9	0.63	27.1	0.88	19.4	0.63	22.2	0.93	14.9	0.63
F1	6.3	-0.57	-3.57	-11.11	11.1	0.37	1.9	0.06	18.6	0.6	1	0.03	13.7	0.57	0.8	0.03
F2	5.8	-0.34	-0.43	0.3	13	0.43	5.3	0.18	19.7	0.64	4.9	0.16	14.8	0.62	3.3	0.14
G _{adapt}	4.7	-0.69	-0.24	-2.45	11	0.36	3.2	0.11	21.2	0.69	12.3	0.4	15	0.63	4.8	0.2

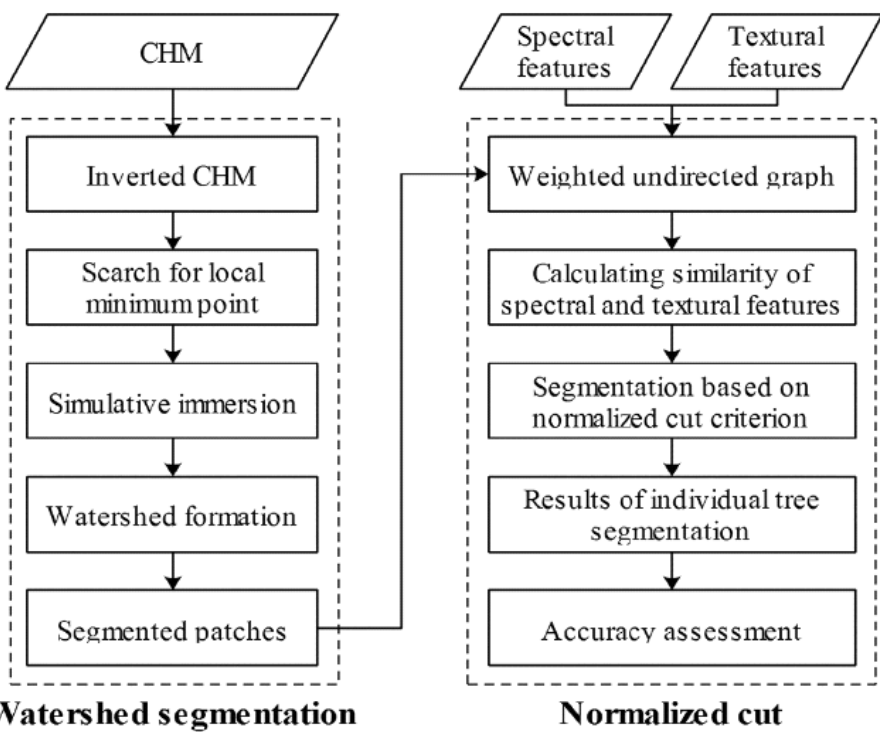
출처: Tanhuanpää et al., 2019. "Effect of Canopy Structure on the Performance of Tree Mapping Methods in Urban Parks." Urban Forestry & Urban Greening 44 (August): 126441. p.7

본 연구는 공원의 수목 구조에 따라 영역을 분리하는 것이 수목 탐지의 정확도를 향상시킬 수 있음을 확인하였으며, 각 구조에 따라 가장 적합한 개별 수목 탐지 방법을 확인하였다. 이러한 결과는 도시 공원 내 수목 구조에 따른 개별 수목 매핑 방법의 최적화에 대한 실질적 가이드라인을 제공할 수 있다.

아열대 지방 수종은 여러 침점을 가진 수관 때문에 기존 알고리즘으로는 정확한 개체목 분류가 어렵다. 이 문제를 해결하기 위해 Qin et al. (2022)는 Watershed-Spectral-Texture-Controlled Normalized Cut (WST-Ncut) 알고리즘을 개발했다. 이 알고리즘을 사용해 개체목 분류를 한 뒤, 개별 개체목에 대한 초분광 영상, 라이다, 초고해상도 RGB 영상 기반의 지수를 계산하여 수종 분류를 진행했다. 결과는 F1 score 0.91, Recall 0.95, Precision 0.86으로, 분광영상, 라이다, RGB 영상을 각각 사용했을 때보다 각각 10.2%, 13.6%, 19.0% 모델을 개선했다.

연구는 중국 Shenzhen시 Julongshan 공원에서 진행되었고, 이 지역은 아열대 몬순 기후에 위치해 있으며 총 18종의 수종이 분포한다고 나타났다. UAV 라이다를 사용해 원

격탐사 데이터를 수집했으며, 데이터 수집 후 수관 높이 모델(CHM)을 생성했다. 초분광 영상은 UAV에 탑재되어 200m 상공에서 10-14시 사이에 400nm에서 1000nm 파장대의 150개 분광 밴드, 0.3m 해상도로 취득됐다. 초고해상도 RGB 영상도 UAV에 탑재된 센서를 사용해 160m 상공에서 취득되었고, LiDAR 데이터로 취득된 DTM과 GPS 데이터를 사용해 정사영상으로 변환됐다. 현장 조사도 실시되어 각 수목의 위치와 수종이 조사됐다.



[그림 5-14] WST-Ncut 알고리즘을 활용한 개별 수목 분류 흐름도

출처: Qin et al., 2022. "Individual Tree Segmentation and Tree Species Classification in Subtropical Broadleaf Forests Using UAV-Based LiDAR, Hyperspectral, and Ultrahigh-Resolution RGB Data." *Remote Sensing of Environment* 280 (October): 113143. p. 5

WST-Ncut 알고리즘으로 개체목 분류를 하고, CHM에서 높이 최대값을 빼서 Inverted CHM을 만든 다음, local minimum 필터 알고리즘을 사용해 군소 지역 내 최소 높이 값을 나타내는 점을 찾았다. 이 점들을 기반으로 바깥으로 점진적으로 확장시켜 다른 점의 watershed와 겹치기 시작하는 지점에 선을 그어 watershed를 분할했다. 이 과정에서 기존 watershed의 단점을 보완하기 위해 분광 및 텍스처 정보를 활용했다. 각 폴리곤 별로 분광 정보와 텍스처 정보(총 24개 특성)를 도출한 뒤 폴리곤별 평균값을 계산하고, 29

개의 분광 특성을 도출했다. 그 후, normalized cut 알고리즘을 사용해 각 폴리곤들을 묶는데 사용했다. 연구자들은 각 분류된 폴리곤을 점과 선으로 간주하고 폴리곤 사이의 유사성을 가중치로 하는 weighted undirected graph를 활용했다.

[표 5-3] WST-Ncut 알고리즘을 통해 도출된 개별목 탐지 정확도

Site	Tree	True positive	False positive	False negative	Recall	Precision	F-score
Site 1	350	336	39	14	0.96	0.9	0.93
Site 2	257	245	43	12	0.95	0.85	0.9
Site 3	369	351	66	18	0.95	0.84	0.89
All sites	976	932	148	44	0.95	0.86	0.91

출처: Qin et al., 2022. "Individual Tree Segmentation and Tree Species Classification in Subtropical Broadleaf Forests Using UAV-Based LiDAR, Hyperspectral, and Ultrahigh-Resolution RGB Data." Remote Sensing of Environment 280 (October): 113143. p. 8

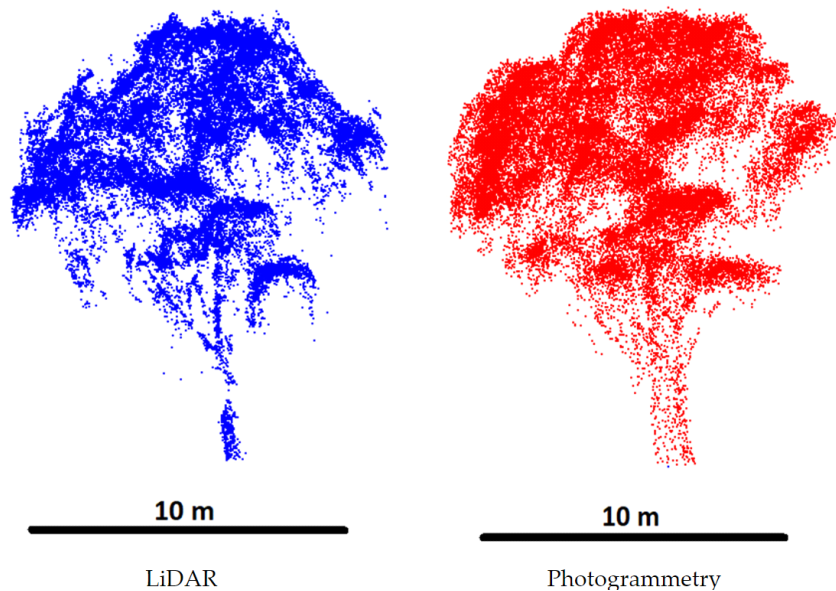
[표 5-4] 원격탐사 데이터 선택에 따른 수종분류 전체 정확도 비교

출처: Qin et al. (2022)

Data	Feature	Overall Accuracy	Kappa
Hyperspectral	Spectral	81.60%	0.797
Ultrahigh-resolution RGB	Textural	72.80%	0.711
LiDAR	Structural	78.20%	0.73
Hyperspectral+LiDAR	Spectral+Structural	88.50%	0.865
Hyperspectral+Ultrahigh-resolution RGB	Spectral+Textural	86.10%	0.846
Ultrahigh-resolution RGB + LiDAR	Textural+Structural	82.60%	0.811
Hyperspectral+LiDAR+Ultrahigh-resolution RGB	Spectral+Structural+Textural	91.80%	0.91

출처: Qin et al., 2022. "Individual Tree Segmentation and Tree Species Classification in Subtropical Broadleaf Forests Using UAV-Based LiDAR, Hyperspectral, and Ultrahigh-Resolution RGB Data." Remote Sensing of Environment 280 (October): 113143. p. 14

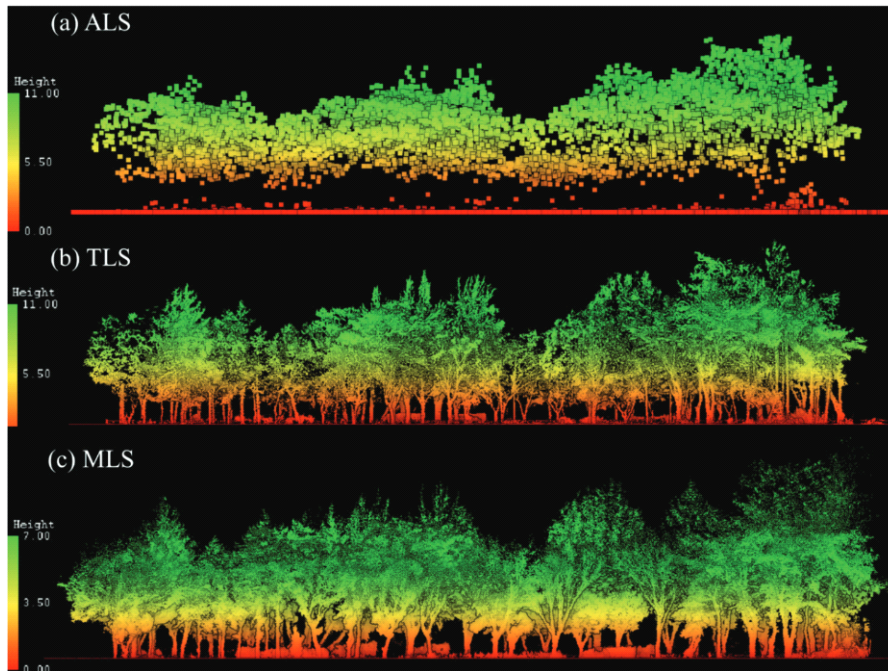
Parmehr and Amati (2021)는 도시 공원에서 UAV 기반 RGB 이미지로 제작된 점군 데이터와 LiDAR 점군 데이터 간의 차이를 조사하고, 수고, 흉고 직경, 수관 너비, 나무 부피를 비교하는 연구를 진행했다. 연구 결과, 두 점군 데이터 간의 일치도는 99.54%로 매우 높게 나타났으며, 나무의 높이는 99%, 흉고 직경은 95%, 수관 너비는 96%, 나무 부피는 97%의 일치도를 보였다.



[그림 5-15] UAV LiDAR 데이터(왼쪽)와 RGB 영상으로 통해 도출된 점군데이터(오른쪽)

출처: Parmehr and Amati, 2021. "Individual Tree Canopy Parameters Estimation Using UAV-Based Photogrammetric and LiDAR Point Clouds in an Urban Park." Remote Sensing 13 (11): 2062. p. 11

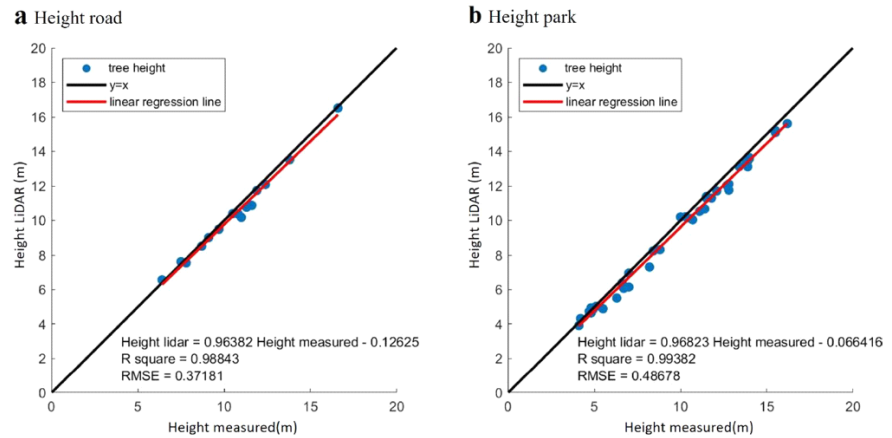
Choi and Song (2022)은 도시 공원에서 취득된 항공 LiDAR (ALS), SLAM 기반 지상형 LiDAR (MLS), 고정형 지상 LiDAR (TLS) 데이터를 사용해 도시 수목의 수관 구조를 분석하고 이들 간의 비교 연구를 진행했다. 연구 결과, 최대 수고 값에서는 세 데이터 간 95% 이상의 높은 정확도를 보였으나, 평균 높이와 같이 점군 밀도에 관련된 변수들은 정확도가 낮았다. 특히, 중첩된 수관의 경우 세 데이터 사이의 일치도가 개별목 수관 간 일치도보다 낮게 나타났다. 그러나 수관 높이 모델(CHM)을 통해 도출된 높이의 일치도는 모든 비교에서 80% 이상이었으므로, 수고 관련 변수 추출 시 CHM 사용할 경우 플랫폼에 따른 수고평가에 따른 차이를 최소화할 수 있을 것으로 보인다. 수관 면적은 모든 비교에서 약 95%의 일치도를 보였고, 수관 복잡성을 나타내는 Rumple index는 개별목 비교에서 70% 이상의 상대적으로 높은 일치도를 보였다. 엽면적지수(LAI) 비교에서는 모든 변수가 동일할 때 ALS에서 도출된 LAI가 MLS와 TLS보다 높았으며, ALS-TLS, ALS-MLS 비교에서는 중첩된 수관 비교보다 개별목 수관 비교에서 더 높은 일치도를 나타냈다. MLS-TLS에서의 LAI 비교는 1:1 선형 관계를 나타냈으나, 중첩된 수관 비교가 개별목 수관 비교보다 일치도가 높았다 (각각 85%, 25%).



[그림 5-16] 도시공원에서 취득된 항공 LiDAR 데이터(a), TLS 데이터(b), MLS 데이터(c)

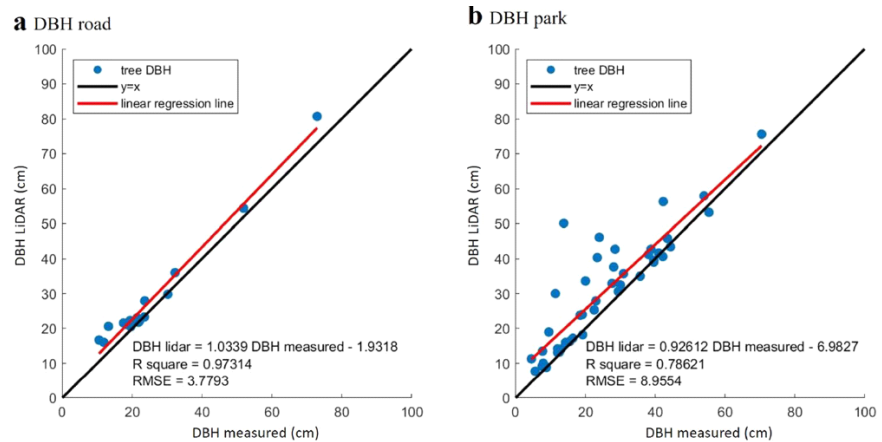
출처: Choi and Song, 2022. "Comparing Tree Structures Derived among Airborne, Terrestrial and Mobile LiDAR Systems in Urban Parks." *GIScience and Remote Sensing*, p. 848

Heo et al. (2019)는 모바일 LiDAR 센서를 사용해 도시 공원 수목과 가로수의 흉고직경과 수고를 측정하고, 이를 현장 조사 데이터와 비교한 연구를 진행했다. 연구 결과, 흉고직경에 대해 LiDAR로 도출된 값은 현장 조사 결과와 매우 유사하게 나타났으며, RMSE (평균 제곱근 오차)는 가로수에 대해 0.36m, 도시 공원에 대해 0.46m로 높은 일치도를 보였다. 또한 흉고직경 측정에서는 LiDAR로 도출된 값이 더 높게 나타났으며, RMSE는 가로수에 대해 3.77cm, 도시 공원에 대해 8.95cm로 나타났다. 도시 공원 수목에서 가로수보다 RMSE가 더 크게 나타난 것은 식재 밀도에 따른 가림막 효과 증가 때문으로 제시되었다.



[그림 5-17] 수고 에 대한 현장측정 데이터와 LiDAR 데이터 비교. (a): 가로수, (b): 도시공원수목

출처: Heo et al., 2019. "Estimating the Heights and Diameters at Breast Height of Trees in an Urban Park and along a Street Using Mobile LiDAR." Landscape and Ecological Engineering 15 (3): 253-63. p. 260



[그림 5-18] 흉고직경에 대한 현장측정 데이터와 LiDAR 데이터 비교. (a): 가로수, (b): 도시공원수목

출처: Heo et al., 2019. "Estimating the Heights and Diameters at Breast Height of Trees in an Urban Park and along a Street Using Mobile LiDAR." Landscape and Ecological Engineering 15 (3): 253-63. p. 261

3) 개체목 단위 그린인프라 데이터 수집기술

Choi et al. (2022)의 연구는 서울의 가로수를 대상으로 Google Street View 이미지와 딥러닝 알고리즘을 활용하여 나무 종 분류와 나무 프로파일(나무의 지름, 높이, 수관 폭 등)을 추정하는 방법론을 개발하고 평가하였다. 수종 분류의 평균 정밀도(mAP)는 0.564로 나타났다.

서울의 가로수 데이터를 사용하여 가장 널리 사용되는 딥러닝 객체 감지(objective detection) 알고리즘 중 하나인 YOLO(You Only Look Once) 알고리즘을 사용해 수종을 분류했다. 또한, 이 모델의 성능은 현장 측정치와 비교함으로써 평가되었으며, 연구 결과는 도시 가로수 프로필 인벤토리 생성의 가능성을 보여주었다.

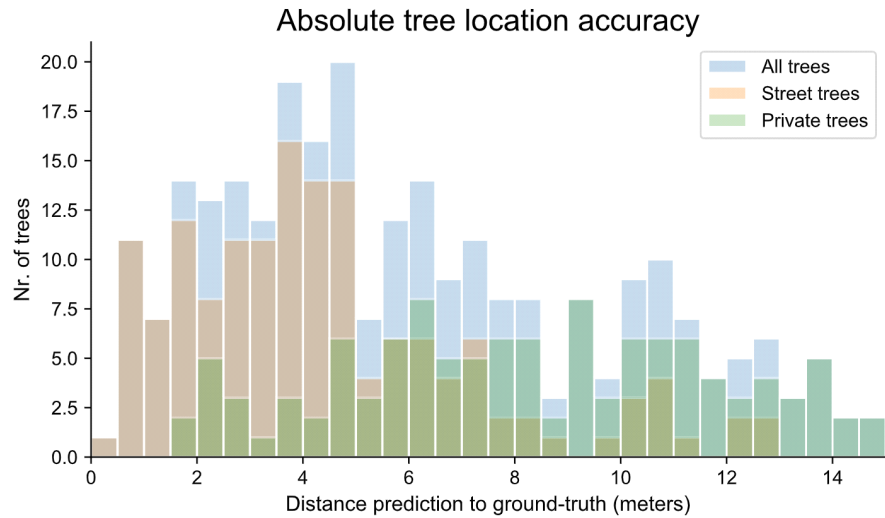
공개 데이터와 딥러닝을 활용하여 도시 가로수의 종 분류와 물리적 형상정보 추정을 자동화하는 방법을 제시하였다. 수종 분류의 경우 비교적 높은 평균 정밀도(mAP)를 달성했으나, 일부 수종은 특정 형태학적 또는 계절적 특성 때문에 분류 성능 다소 낮게 나타났다. 나무의 형상과 관련된 변수 추정 시, 나무 높이 추정에 높은 정확도를 나타냈으나, 흉고직경 추정에 있어서는 다소 정확도가 낮게 나타났다.

연구에 따르면 Google Street View 이미지의 품질, 특히 나무 아랫부분의 가시성과 같은 요인이 나무 형상과 관련된 변수 추정 시 정확도에 큰 영향을 미칠 수 있음을 제시하였고, 전반적으로 도시 숲 관리와 도시 생태계 서비스 평가를 위한 데이터 수집 방법론을 정리하여 제시하고 있다.

Khan et al. (2021)는 도시 내에서 유칼립투스 수목의 건강 상태를 실시간으로 평가하고 공간적인 위치를 식별하기 위한 딥러닝 기반 네트워크를 개발하였다. 특히 SCNN(Siamese convolutional neural network)과 수정된 brute-force 기반의 방법론을 제안하였다.

호주 빅토리아주 윈덤 시티 카운슬 지역에서 실험이 수행되었으며, 유칼립투스의 다양한 정보를 포함하는 데이터셋을 분석에 사용하였다. 연구에서 제시한 분석 방식은 약 4,500개의 이미지로 훈련한 이후 500개의 이미지로 테스트하여 알고리즘을 개발하였고, 평균 정확도 93.2%인 것으로 제시하였다.

이 연구는 도시 나무의 건강 상태를 평가하고 지리적 위치를 식별하는 데 있어 SCNN 알고리즘의 유효성을 입증하였다. 제시된 모델의 정확도는 이 기술의 실용성이 높음을 증명하지만 Google Street View (GSV) 이미지의 최신성 확보, 대량의 훈련 데이터 필요성, 일부 형상이 특이한 나무의 추정 정확도 문제와 같은 한계가 있으며, 이러한 문제들은 향후 연구에서 더 개선될 필요가 있다고 서술하였다.



[그림 5-19] 밴쿠버 지역의 가로수(빨간색), 사유지 나무(녹색), 모든 나무(파란색)에 대한 절대 위치 정확도

출처: Lumnitz et al., 2021. "Mapping Trees along Urban Street Networks with Deep Learning and Street-Level Imagery." ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing: Official Publication of the International Society for Photogrammetry and Remote Sensing 175 (May): 144-57. p. 154

Lumnitz et al. (2021)는 스트리트 뷰 이미지와 딥러닝을 사용하여 도시의 가로수를 매핑하는 새로운 방법을 제시하였다. 논문에서는 Mask Regional Convolutional Neural Network(Mask R-CNN)를 사용하여 나무를 스트리트 뷰 이미지에서 나무를 분류하고, 모노컬러 깊이 추정과 삼각측량을 사용하여 나무의 위치를 추정하였다. 결과적으로 연구 대상지 나무의 70% 이상을 추출하였고, 기존 조사된 수목 위치와 비교할 때 평균 4~6m 오차로 수종의 위치를 도출하였다.

도시 가로수 매핑을 위해 기존의 현장조사와 실측을 수행하던 방식을 개선하고자 하였으며, 도시 숲 관리 및 계획을 지원하는 데 필요한 정보를 제공하고자 하였다. 연구에서 도출한 방법은 활용성이 높으며, 다양한 도시 환경에서의 적용 가능성을 확인할 수 있었다. 전반적으로, 이 연구는 도시 내 가로수 인벤토리의 구축 및 관리를 위한 저비용 고효율 방식을 제시하였으며, 가로수관리 뿐 아니라 도시 녹화 및 환경 계획의 효율을 개선할 수 있는 방법을 제시하였다고 판단된다.

도시 녹지 내 나무의 건강 상태를 평가하기 위해 Degerickx et al. (2018)는 항공 초분광 및 LiDAR 데이터를 활용하였다. eCognition 소프트웨어 사용하여 LiDAR 데이터를 활용하여 개체목을 91%의 정확도로 도출하였다. 또한 초분광 데이터를 입력자료로 사용하고, PLSR(Partial Least Squares Regression) 모델에 적용하여 활엽수 내 엽록소 함량과 엽면적지수를 추정하였다. 해당 연구에 사용된 PLSR은 관측치에 비해 예측 변수

가 더 많은 경우에 일반적으로 사용되는 데이터 적합 방법으로, 초분광 데이터를 기반으로 나무의 기능, 건강성을 평가하는데 널리 활용된다.

[표 5-5] 초분광영상 기반 식생지수와 이를 활용한 기존 선행연구들 및 결과 보고

Abbreviation	Full name	Leaf or canopy level	Source	R ²	RMSE
Chlorophyll					
VOG1	Vogelmann red edge index 1	Leaf	Vogelmann et al. (1993)	0.41	7.9
VOG2	Vogelmann red edge index 2	Leaf	Vogelmann et al. (1993)	0.41	7.8
VOG3	Vogelmann red edge index 3	Leaf	Vogelmann et al. (1993)	0.41	7.9
SIP1	Structure Insensitive Pigment Index	Leaf	Penuelas et al. (1995)	0.04	29.5
PRI	Photochemical Reflectance Index	Leaf	Gamon et al. (1997)	0.18	13.7
GitGreen	Gitelson Index Green	Leaf	Gitelson and Merzlyak (1997)	0.31	9.7
GitRed	Gitelson Index Red	Leaf	Gitelson and Merzlyak (1997)	0.32	9.5
RGR1	Red Green Ratio Index	Leaf	Gamon and Surfus (1999)	0.02	37.9
PSR1	Plant Senescence Reflectance Index	Leaf	Merzlyak et al. (1999)	0.01	47.8
Clgreen	Chlorophyll Index Green	Leaf	Gitelson et al. (2003)	0.4	8
Clrededge	Chlorophyll Index Red Edge	Leaf	Gitelson et al. (2003)	0.42	7.7
SR680	Simple Ratio 680	Leaf	Sims and Gamon (2002)	0.06	23.6
SR705	Simple Ratio 705	Leaf	Sims and Gamon (2002)	0.37	8.5
mSR705	Modified SR705	Leaf	Sims and Gamon (2002)	0.4	8.1
ND680	Normalized Difference 680	Leaf	Sims and Gamon, (2002)	0.04	28
ND705	Normalized Difference 705	Leaf	Sims and Gamon, (2002)	0.37	8.4
mND705	Modified ND705	Leaf	Sims and Gamon (2002)	0.43	7.5
DDn	Double Deference Index	Leaf	Wang and Li (2012)	0.34	9.1
NDVI	Normalized Difference Vegetation Index	Canopy	Rouse et al. (1973)	0.04	29.2
REP	Red Edge Position	Canopy	Horler et al. (1983)	0.44	7.4
1DL_DGVI	First-order derivative green vegetation index with local baseline	Canopy	Elvidge and Chen (1995)	0.03	30.7
NDRE	Normalized Difference Red Edge	Canopy	Barnes et al. (2000)	0.41	7.9
CARI	Chlorophyll Absorption in Reflectance Index	Canopy	Daughtry et al. (2000)	0.31	9.7
MCARI	Modified CARI	Canopy	Daughtry et al. (2000)	0.31	9.7
ZM	Zarco and Miller	Canopy	Zarco-Tejada et al. (2001)	0.41	7.8
MTCI	MERIS Terrestrial Chlorophyll Index	Canopy	Dash and Curran (2004)	0.46	7.1
NAOC	Normalized Area Over Reflectance Curve	Canopy	Delegido et al. (2010)	0.29	11
OMNBR	Spectral index developed using the OMNBR approach	Canopy	This study	0.46	7
PLSR	Partial least squares model	Canopy	This study	0.77	2.8
PLSR_spp	Species-specific PLSR model	Canopy	This study	0.83	2.4
Leaf Area Index					
SR	Simple Ratio	Canopy	Jordan (1969)	0.1	3.1
NDVI	Normalized Difference	Canopy	Rouse et al. (1973)	0.12	2.8

Abbreviation	Full name	Leaf or canopy level	Source	R ²	RMSE
SAVI	Vegetation Index Soil Adjusted Vegetation Index	Canopy	Huete (1988)	0.25	1.8
ARVI	Atmospherically Resistant Vegetation Index	Canopy	Kaufman and Tanré (1992)	0.11	3
1DL_DGVI	First-order derivative green vegetation index with local baseline	Canopy	Elvidge and Chen (1995)	0.27	1.8
EVI	Enhanced Vegetation Index	Canopy	Huete et al. (1997)	0.25	1.9
VARI	Visible Atmospherically Resistant Index	Canopy	Gitelson et al. (2002a,2000b)	0.01	7.7
Vlgreen	Vegetation Index using Green Band	Canopy	Gitelson et al. (2002a,2000b)	0.01	8.3
sLAIDI	Standardized LAI Determining Index	Canopy	Delalieux et al. (2008)	0.27	1.8
OMNBR	Spectral index developed using the OMNBR approach	Canopy	This study	0.33	1.5
PLSR	Partial least squares model	Canopy	This study	0.66	0.5
PLSR_spp	Species-specific PLSR model	Canopy	This study	0.74	0.4
LPMLasts	Laser penetration metric from LiDAR	Canopy	Alonzo et al. (2015)	0.56	0.4

출처: Degerickx et al., 2018. "Urban Tree Health Assessment Using Airborne Hyperspectral and LiDAR Imagery." *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 73 (December): 26-38. p. 31

Velasquez-Camacho et al. (2023)은 구글 스트리트 뷰 이미지와, 인공위성 및 항공 영상을 복합적으로 활용하여 가로수를 탐지, 분류하는 것과 동시에 지리 위치 참조 (geo-location)가 가능한 모델을 개발하였다.

연구에는 크게 이미지 분석에 주로 사용되는 딥러닝 모델인 YOLOv5x, DeepForest, 그리고 Faster R-CNN의 세 모델이 활용되었다. 각 모델은 이미지에 있는 수목을 분류하는데 사용되며 GSV 내의 입면으로 찍힌 수목과, 인공위성 및 항공 이미지의 평면으로 찍힌 수관을 탐지하고자 하였다. GSV의 가로수 탐지는 YOLOv5x 모델이 활용되었으며, 인공위성 및 항공 이미지의 가로수 탐지는 YOLOv5의 다른 모델들과 DeepForest, 그리고 Faster R-CNN 모델이 사용되었다.

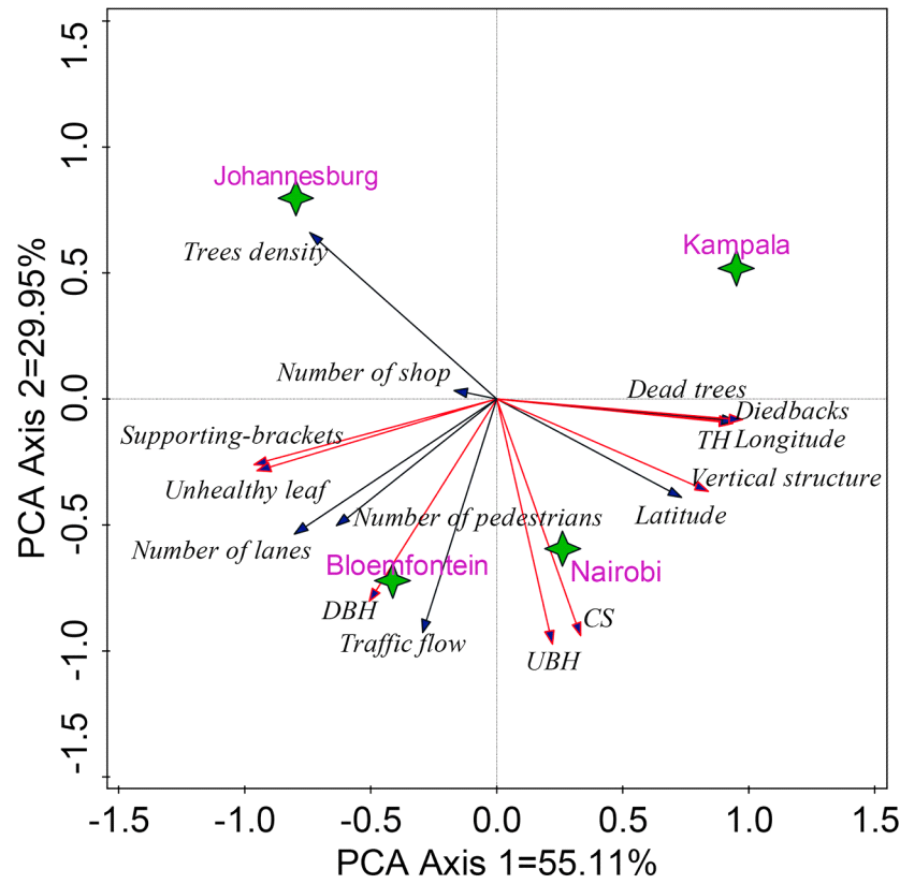
학습된 모델은 각각 GSV와 위성/항공 이미지의 수목 탐지에 활용되며, 탐지 결과는 삼각측량법 (triangulation)에 의해 위치 정보 속성이 추가된다. 결과적으로 연구에서 개발된 수목 분류 모델은 79%의 수목 분류 정확도를 나타냈다. 또한 지리 참조를 위한 분석 모델은 캐노피 중심점을 기준으로 60cm의 위치 정확도를 나타냈다. 이를 통해 도시 가로수의 위치와 수종까지 정확히 계산할 수 있는 딥러닝 모델의 개발방향을 제시하였으며, 향후 도시 녹지 관리와 모니터링 방식을 개선할 수 있는 첫 단계를 제시하였다고 볼 수 있다.



[그림 5-20] 학습된 모델을 통해 위성 이미지에서 가로수를 탐지한 모습 (노란색 박스가 모델을 통해 예측된 바운딩 박스를 나타냄)

출처: Velasquez-Camacho et al., 2023. "Implementing Deep Learning Algorithms for Urban Tree Detection and Geolocation with High-Resolution Aerial, Satellite, and Ground-Level Images." *Computers, Environment and Urban Systems* 105 (October): 102025. p. 6

Liang et al. (2023)은 GSV를 사용하여 아프리카에 위치한 네 도시 (캄팔라, 나이로비, 블룸폰테인, 요하네스버그)의 가로수를 탐지하고 수목의 크기 및 종류를 포함한 건강 상태, 수직 구조, 주변 개발 상황 등의 다양한 속성정보를 구축하였다. 수목 건강 상태와 수목 층위 구조는 GSV를 통해 육안으로 확인하였다. 건강 상태는 잎의 색깔, 가지 손실 여부, 고사목 비율, 그리고 지지대 유무로 확인하였으며, 수직 구조는 교목, 관목, 초본의 층위 구조를 기반으로 평가되었다. 수목 크기는 JMP10.0 소프트웨어에 GSV를 사용하여 측정하였다.

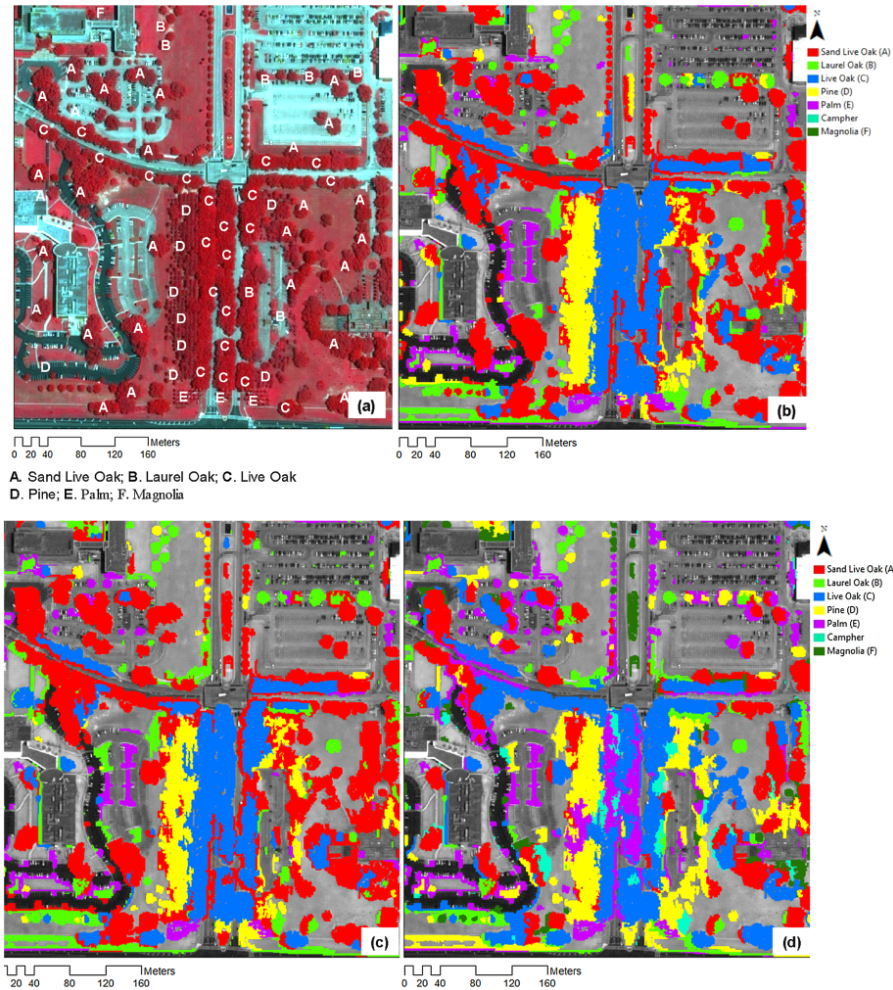


[그림 5-21] 수목 크기, 건강 상태, 층위 구조 및 사회 개발 요인 특징 사이의 PCA 분석 결과

출처: Liang et al., 023. "Assessment of Street Forest Characteristics in Four African Cities Using Google Street View Measurement: Potentials and Implications." *Environmental Research* 221 (March): 115261. p.10

GSV로부터 도출된 수목 속성 정보와 사회적 도로 발전 사이의 복잡한 관계 해석을 위하여 주성분분석 (Principal Component Analysis; PCA)을 이용하였다. PCA를 통해 도출된 첫 번째 주축은 수목 크기, 층위 구조 점수와 강하게 연관되어 있으며, 수목의 물리적 특성이 도시 특정 지역에서 유사한 패턴을 따르고 있음을 시사한다. 두 번째 주축은 수목 건강 상태와 밀접히 관련되어 있으며, 건강 상태가 도시 지역 간 다양할 수 있음을 나타낸다. 따라서, 본 연구는 GSV를 활용하여 구축된 가로수 정보의 PCA 분석을 통해 도시마다 가로수의 크기, 건강, 층위 구조 분포 유형과 사회적-환경적 요인들과의 연관성을 확인할 수 있었다.

Pu et al. (2018) 은 5번의 시기 (각각 2, 4, 5, 8, 11월)에 촬영된 플레이아데스 위성 영상 (Pléiades satellite images; French Centre National d'Etudes Spatiales)를 사용하여 도시 내 수종 구분 가능성을 평가하였다. 플레이아데스 위성 영상은 0.5m 해상도의 팬크로매틱 밴드와, 2m의 RGB+NIR 밴드로 구성되어 있다.



[그림 5-22] 각각의 분류기를 통한 수종 분류 결과. (a) false-color로 표현된 위성 영상과 분류된 수목 캐노피 별 수종; (b) RF 분류기를 통한 수종 분류 결과; (c) SVM 분류기를 통한 수종 분류 결과; (d) LDA 분류기를 통한 수종 분류 결과

출처: Pu et al., 2018. "Assessing the Potential of Multi-Seasonal High Resolution Pleiades Satellite Imagery for Mapping Urban Tree Species." *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 71 (September): 144-58. p. 155

수목 분류를 위한 방법에는 멀티레벨 분류 시스템을 사용하였다. 우선 가장 먼저 NDVI를 통해 식생/비식생 지역을 분류한 뒤, 이미지 분할 방법을 통해 생성된 이미지 객체(image-object; IO)를 4개의 밴드값을 통해 수목 캐노피 IO와 비수목 캐노피 IO로 분류하였다. 해당 과정에는 그늘진 나무 캐노피 IO를 태양 빛을 받는 IO와 유사한 스펙트럼으로 정규화하는 과정이 포함된다.

이후 분류된 수관 이미지 객체를 7개 수종에 따라 분류하기 위하여 단계별판별분석(Stepwise Discriminant Analysis; SDA) 방법과 랜덤포레스트(Random Forest; RF)를 통해 5개의 위성 영상에서 37개의 변수가, 2월&8월의 위성 영상을 결합한 결과에서 70개의 변수를 추출하였다. 추출된 변수로부터 RF, SVM(Support Vector Machine), LDA(Linear Discriminant Analysis)분류기의 총 세 종류의 방법을 통해 수종과 이미지 객체를 분류하였으며, 그 결과 RF가 가장 뛰어난 성능을 보였다. 특히, 4월과 2월과 8월의 결합 영상에서 높은 정확도가 나타났으며, 이는 RF 분류기 사용 시 복잡한 도시 환경에서 수종을 효과적으로 분류할 수 있음을 의미한다. SVM 분류기는 RF보다 정확도는 약간 낮지만, 비슷한 성능을 보였다. LDA 분류기는 RF와 SVM에 비해 낮은 성능을 보였지만, 2월과 8월 결합 이미지에서 개선된 결과를 보였고, 이는 특정 조건에서 유용하게 사용될 수 있음을 보여준다.

본 연구는 시기별 위성 영상을 통해 도시 수목 분류를 위한 방법을 개발하고 그 성능을 평가하여 계절 변화가 수종 분류에 유의미한 영향을 미침을 확인하였다. 또한, 높은 분류 정확도의 달성을 위해선 높은 공간 및 스펙트럴 해상도가 필요성과 동시에 도시 환경에서 발생할 수 있는 배경 영향에 대한 고려가 필요하다.

3. 소결

그린인프라 데이터의 구축 수준은 규모에 따라 ‘국가 및 도시 단위’, ‘면 단위’, ‘개체목 단위’의 세 가지로 나누어볼 수 있다. ‘국가 및 도시 단위’의 그린인프라는 본 연구의 산림 및 녹지 유형의 그린인프라와 유사한 규모를 나타내며, ‘면 단위’의 그린인프라는 녹지 유형의 그린인프라, ‘개체목 단위’ 그린인프라는 수목 유형의 그린인프라와 규모 면에서 유사성을 나타낸다.

	유형	구축필요 속성정보	필요 기초데이터	구축기술
구축 필요 데이터	녹지	수관면적, 수목개체수, 수종, 흉고직경, 수고, LAI	항공사진, UAV사진, 항공 및 지상 LiDAR, 초분광영상	부록 3. 참조
	백면녹화	면적	-	
	수목	흉고직경, 수고, 수령, 개체 수, LAI 등	항공사진, 스트리트뷰, UAV 및 지상 LiDAR	

[그림 5-23] 그린인프라 데이터 구축 기술 현황 및 활용 기초데이터

출처: 연구진 작성

첫째, 도시 및 국가 단위 데이터는 가장 넓은 면적을 대상으로 한다. 산림이 주로 이 항목에 포함되며, 개체목 단위보다는 면 단위의 평균값으로 정보를 수집하는 경우가 많다. 국가 및 도시 수준의 그린인프라 데이터 속성으로는 공원 및 녹지 상태, 도시 전반의 녹지 면적과 분포가 포함되며, 이를 GIS와 결합하여 도시 계획과 관리에 주로 활용하는 것으로 조사되었다. 데이터 수집에는 Landsat, Sentinel-2A 및 Sentinel-2B와 같은 위성 영상과 항공 사진이 사용되고 있다.

둘째, 면 단위 데이터는 주로 도시공원이나 녹지와 같은 그린인프라 유형에 적용되는 규모이다. 면 단위 데이터는 국가 및 도시 단위의 그린인프라 데이터와 비교할 때 더 세부적인 속성정보의 구축이 가능하다. 이같은 데이터 구축이 가능한 이유는 초분광 데이터와 LiDAR 데이터 등 그린인프라 데이터 생산을 위한 기초자료로 고해상도 데이터 및 3차원 데이터 등 고품질 데이터를 사용했기 때문이다. 면단위 그린인프라 데이터에서 구축되는 주요 속성으로는 수종, 흉고직경, 지상부 바이오매스, 탄소 저장량 등이 있으며, 주로 항공기 기반 초분광 및 LiDAR 데이터, UAV와 지상형 LiDAR 센서를 사용해 기초 자료를 수집하고 이에 기반하여 그린인프라 데이터를 생산하고 있다.

셋째, 개체목 단위 데이터는 가로수와 같은 개별 나무의 위치를 정확하게 나타내고, 개체목의 특성을 파악하는 데 중점을 두고 있다. 고해상도 데이터 수집을 통해 나무의 위치, 수종 분류, 흉고직경, 수고, 수관 크기 등의 세부 속성을 수집하고 있다. 면 단위 그린 인프라 데이터와 유사하게 초분광 및 LiDAR 데이터, UAV와 지상형 LiDAR 센서 등 고품질 기초데이터를 사용하고 있으며, 구글 스트리트 뷰(GSV: Google Street View)와 이미지기만 딥러닝 기술을 적용하는 경우도 확인되고 있다.

제6장 그린인프라 정보체계 구축방향

1. 구축방향 및 추진전략 도출 방법
 2. 탄소중립사회 달성을 위한 그린인프라 정보체계 구축 기본 방향
 3. 관련 법·제도 개선 방안
-

1. 구축방향 및 추진전략 도출 방법

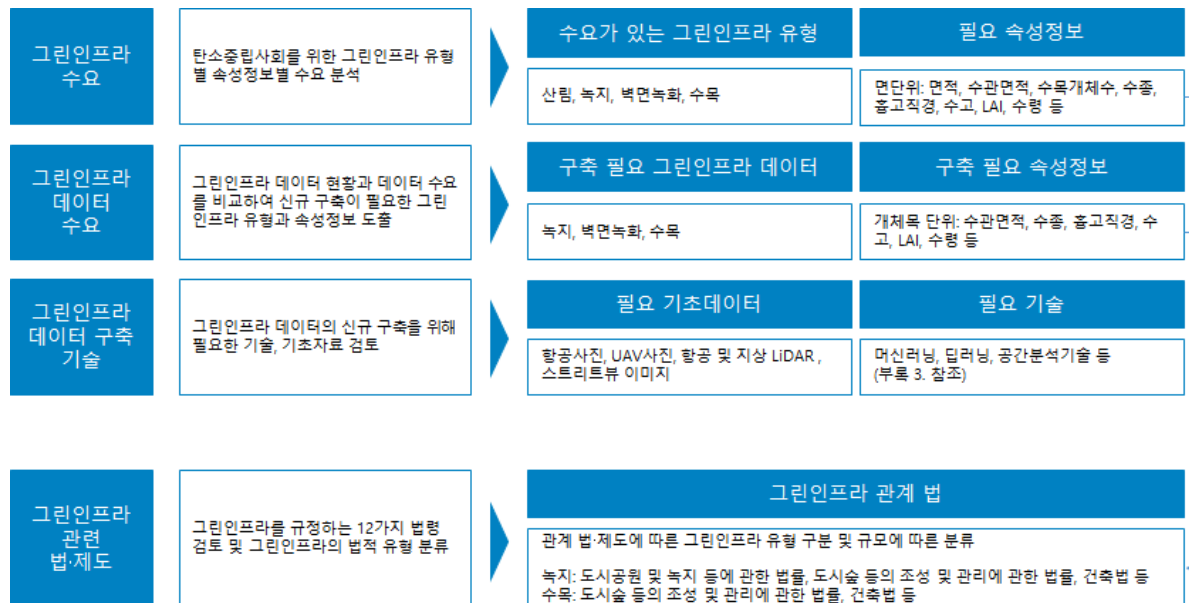
1) 장별 연구결과 요약

국내 기후변화 완화 정책은 '국가 탄소중립·녹색성장 기본계획'을 통해 산림, 도시숲, 녹지 등의 탄소흡수원 확충을 추진하고 있으며, 면단위 정보(예: 산림 면적, 단위지역 내 수목 개체수)를 활용하고 있다. 그러나 연구에서는 개별 수목의 흉고직경, 수고 등 세밀한 속성 정보를 활용하여 탄소흡수량을 분석하고 있다. 기후변화 적응을 위한 정책에서도 주로 면단위 정보가 사용되지만, 연구에서는 개별 수목 단위까지 분석하여 홍수, 폭염 등 기후위기에 대응하고 있다. 따라서 탄소중립사회 달성을 위해서는 고해상도의 그린인프라 데이터와 세밀한 속성 정보의 활용이 필요하다.

국내 그린인프라 데이터는 주로 전국 단위로 면단위 정보에 집중되어 구축되고 있다. 지자체 단위 데이터는 구축 여부와 갱신 주기가 불규칙하며, 개별 수목 단위의 고해상도 정보는 현장 조사에 의존하여 전국적으로 일관된 데이터 구축이 어렵다. 특히 소규모 그린인프라에 대한 데이터는 미비한 상황으로, 향후 녹지보다 작은 규모의 그린인프라 데이터 구축이 필요하다.

그린인프라와 관련된 법률은 약 12개로, 각기 다른 유형의 그린인프라를 다양한 관점에서 규정하고 있다. 도시공원, 녹지, 정원 등을 다루는 법률과 기반시설로서의 그린인프라를 다루는 법률이 있으며, 특히 도시 내 그린인프라 요소로 활용 가능성이 높은 옥상조경, 벽면녹화, 가로수 등을 다루는 법률의 데이터 구축이 미흡하다. 따라서 이러한 법률들을 기반으로 소규모 그린인프라에 대한 데이터 구축 및 관리가 필요하다.

고해상도의 그린인프라 데이터를 구축하기 위해 항공사진, UAV 영상, LiDAR 등의 기술이 활용되고 있다. 면단위 데이터는 고해상도 및 3D 데이터를 통해 수종, 흉고직경, 탄소 저장량 등의 속성을 수집하며, 개체목 단위 데이터는 스트리트 뷰 이미지와 딥러닝 기술을 활용하여 개별 수목의 위치와 속성을 정확히 파악한다. 이러한 기술들을 통해 현재 구축되지 않은 그린인프라 데이터를 생산하여 탄소중립사회 달성에 기여할 수 있다.



[그림 6-1] 그린인프라 정보체계 구축방향 제안을 위한 장별 연구내용 종합

출처: 연구진 작성

2) 그린인프라 정보체계 구축 구축방향 초안 설정

□ 그린인프라 정보체계 구축 방향

본 연구는 그린인프라 정보체계의 비전을 ‘그린인프라를 통한 탄소중립사회 대응능력 강화’로 설정하였다. 이를 위한 그린인프라 정보체계의 구축 기본방향을 세 가지로 압축하였다.

첫째는 기존 법·제도에 의해 구축되는 그린인프라 데이터의 관리체계 강화이다. 기존에 구축되어있는 그린인프라 데이터들의 명확한 한계를 개선하고 활용성을 높이기 위함이다. 둘째는 탄소중립 계획 수립에 대응할 수 있는 데이터 생산 및 관리체계 구축이다. 이는 그린인프라 정보체계가 궁극적으로 탄소중립사회에 대응할 수 있는 능력을 함양할 수 있도록 만들기 위함이다. 셋째는 그린인프라 데이터 관리를 위한 거버넌스 구축이다. 그린인프라 데이터의 지속적인 생산·유통·관리를 위해 관계기관 및 관계자 거버넌스 구축을 목적으로 한다.

□ 추진전략 및 추진과제

그린인프라 정보체계의 세 가지 기본방향에 대응할 수 있도록 세 가지 추진전략을 수립하고, 각 추진전략별 네 가지 추진과제 및 각 추진과제에 대한 주요내용을 정리하였다.

• 기존 그린인프라 데이터 내실화

첫 번째 전략은 기존 그린인프라 데이터의 내실화이다. 가장 우선적인 부분은 현재 구축되고 있는 데이터가 갱신되지 않고 있거나 지자체별 구축 현황이 상이한 경우 지속적인 갱신이 일어나도록 하고 전국단위 구축이 가능하도록 전환하는 것이다. 가장 대표적인 예시로 가로수 데이터가 포함될 수 있다. 데이터 내실화는 기존 데이터의 생산·유통·관리 체계를 검토하여 통합적으로 관리할 수 있게 하며, 데이터 활용성을 높이는 것을 목표로 한다. 이를 위해 데이터의 표준화와 통합 관리 시스템을 구축하여 다양한 데이터의 일관성을 확보하고 관리 효율성과 접근성을 강화한다. 데이터의 표준화는 데이터가 통합 관리되기 위한 기초 작업으로, 데이터 간 연계에 영향을 미친다. 또한, 데이터 수집 및 검증 절차를 강화하여 정확도와 신뢰성을 높이고, 정기적인 품질 점검과 개선 활동을 통해 데이터의 신뢰도를 유지한다. 지속적인 데이터 갱신을 수행하고, 유지 관리 계획을 수립하여 지속적인 데이터 관리를 추진할 필요가 있다. 더불어, 데이터를 활용할 수 있는 구체적인 수요를 파악하고, 활용 사례를 공유하여 데이터 활용성을 높이고자 한다.

- 탄소중립 대응을 위한 그린인프라 데이터 신규 구축

두 번째 전략은 탄소중립 대응을 위한 그린인프라 데이터 신규 구축이다. 본 연구에서 살펴본 것과 같이 현 시점의 그린인프라 데이터는 국내·외 연구에서 다룬 탄소중립사회를 위한 그린인프라 유형과 속성정보를 포함하지 못하고 있다. 예를 들어 공원 및 녹지의 면적정보 이외에 개별 수목의 수종정보나 흉고직경 및 수고 정보 등이 있어야 탄소 흡수량을 산정할 수 있으나 이 같은 데이터가 구축되어있지 않은 상황이다. 이에 따라, 기존 데이터로는 탄소중립사회 달성을 위한 현황 평가나 계획 수립에 문제가 있을 수 있다. 우선 탄소 흡수를 평가하고 예측할 수 있는 데이터를 수집하고, 이를 위해 필요한 속성정보를 확보한다. 뒤이어, 기존 데이터에 속성 정보를 추가하고 개선해 탄소중립 사회에 대응할 수 있는 데이터로 고도화한다. 이를 위해 신규 데이터 생산을 위한 기초 데이터를 확보하고 데이터 신규 데이터를 구축하기 위한 기술을 상용화할 필요가 있다. 또한, 탄소중립 사회 대응을 위한 고도화된 데이터베이스를 구축하며, 다양한 데이터와 통합하고 연계할 수 있도록 데이터프 시스템을 구축하고자 한다.

- 그린인프라 데이터 정책 및 생태계 구축

세 번째 전략은 그린인프라 데이터 정책 및 생태계 구축이다. 이는 그린인프라 정보체계 구축을 위한 법적 근거 마련이며, 실제 정보체계가 운영되기 위한 거버넌스 구축을 목표로 한다. 그린인프라 데이터의 효율적인 관리와 활용을 위해 법, 제도, 정책을 수립하고, 공공기관, 민간기업, 연구기관 간의 데이터 공유와 협력 네트워크를 구축하여 시너지를 창출한다. 그린인프라 데이터의 생산, 유통, 활용을 지원하는 제도적 기반을 마련하고, 생태계 활성화를 위해 거버넌스를 구축하고 운영한다.

그린인프라 정보체계 구축 방향	기존 법 제도에 의해 구축되는 그린인프라 데이터의 관리체계 강화
	탄소중립 계획 수립에 대응할 수 있는 데이터 생산 및 관리체계 구축
	그린인프라 데이터 관리를 위한 거버넌스 구축
추진전략	추진과제
기존 그린인프라 데이터 내실화	- 데이터 표준화 및 통합 관리 시스템 구축 - 다양한 그린인프라 데이터의 표준화를 통한 데이터의 일관성 확보 및 연계 강화 - 데이터 통합 관리 시스템을 구축하여 효율적인 데이터 관리 및 접근성 강화 - 데이터 정확도 및 신뢰성 제고 - 데이터 수집 및 검증 절차 강화 - 정기적인 데이터 품질 점검 및 개선 활동 수행 - 지속적 데이터 갱신 및 유지 관리 - 정기적 데이터 갱신을 통한 데이터의 최신성 확보 - 유지 관리 계획 수립 및 시행 - 그린인프라 데이터의 활용성 제고 - 구체적 그린인프라 데이터 활용 수요 파악 - 데이터 활용 사례 공유를 통한 데이터 활용 촉진
탄소중립 대응 그린인프라 데이터 신규 구축	- 기존 데이터 고도화 - 탄소중립사회 대응을 위한 기존 데이터 속성정보 추가구축 및 개선 - 탄소 흡수원 관련 신규 그린인프라 데이터 수집 - 탄소 흡수 평가 및 예측을 위한 다양한 유형의 그린인프라 데이터 수집 - 정확한 평가 및 예측을 위한 속성정보 수집 - 탄소중립사회 대응 데이터베이스 구축 - 탄소중립사회 대응 방안 마련을 위한 데이터 제공 - 그린인프라 데이터 연계를 통한 통합 DB 이용 시스템 구축 - 신규 데이터 구축 기술 상용화 - 신규 그린인프라 데이터 구축을 위한 기술 상용화 - 기술 활용 및 데이터 구축을 위한 기초데이터 확보
그린인프라 데이터 정책 및 생태계 구축	- 그린인프라 데이터 구축 및 활용 정책 수립 - 그린인프라 데이터 관리 및 활용을 위한 법·제도 및 정책 수립 - 데이터 공유 및 협력 네트워크 구축 - 공공기관, 민간기업, 연구기관 간의 데이터 공유 및 협력 네트워크 구축 - 데이터 공유를 통한 상호 협력 강화 및 시너지 창출 - 그린인프라 데이터 생태계를 위한 제도기반 마련 - 그린인프라 데이터의 생산·유통·활용을 위한 제도적 기반 마련 - 그린인프라 정보 생태계 활성화를 위한 거버넌스 구축 및 운영 - 관련 법·제도 정비 및 시행

[그림 6-2] 그린인프라 정보체계 구축 기본 방향(안)

출처: 연구진 작성

3) 전문가 의견 수렴

□ 전문가 그룹 구성

그린인프라 정보체계 구축방향, 추진전략, 추진과제의 내용을 검토하고 개선하기 위해 전문가 풀을 구성하고, 전문가 의견 수렴을 수행하였다. 전문가 그룹은 그린인프라 및 정보체계 관련 부문에 대한 이해가 높은 국토·도시·조경·산림 부문 전문가들로 구성하였다. 또한, 전문가 그룹은 산·학·연 전문가들을 균형있게 선정하여 각 부문별 의견을 반영할 수 있도록 하였다.

[표 6-1] 전문가 그룹 구성

	산업계	학계	연구 분야
인원	11	16	17

출처 : 연구진 작성

□ 전문가 의견 수렴 진행 절차

FGI의 진행은 서면자문과 대면자문을 복합적으로 활용하였다. 서면자문을 위해서는 서면질의서를 작성하고 이에 대한 의견을 정리하여 받는 형식을 취하였다. 대면자문은 탄소중립사회 달성을 위한 그린인프라 정보체계에 대해 설명하고, 전반적인 자문의견을 받는 형태로 수행하였다.

서면자문을 위해 본 연구 및 그린인프라 정보체계의 목표를 명확히 설정하고 이를 전문가들에게 관련 자료를 제시하여 사전지식을 공유하였다. 본 연구과제의 작성중인 보고서를 첨부하였으나, 빠른 시간에 본 연구에 대한 내용을 이해할 수 있도록 6페이지의 설명자료를 따로 첨부하였다(부록 4).

뿐만 아니라 본 연구에서 초안으로 도출한 그린인프라 정보체계 구축 방향을 바탕으로 서면자문 질의서를 구성하였다. 논의할 주요 주제와 질문을 포함한 자문항목은 크게 세 부분으로 구분하였다(부록 4). 첫째로 탄소중립 사회에서 그린인프라의 필요성, 활용 가능 정책 등에 대한 항목으로 구성하여, 그린인프라 활용성 개선 및 정보체계 필요성 강조를 위한 그린인프라 정보체계 개선사항을 파악하고자 하였다. 둘째로 그린인프라 정보체계의 개발 방향에 대한 항목을 구성하였다. 현재 구축한 그린인프라 정보체계 구축 기본 방향의 개선점은 무엇인지, 추가로 필요한 데이터는 무엇이 필요한지에 대한 항목을 구성하였다. 마지막으로 그린인프라 정보체계의 개발을 위해 필요한 사항들에 대해

종합적으로 질의하고 필요한 추진과제 등은 무엇이 더 있는지 조사하기 위한 항목을 구성하였다.

□ 전문가 의견 수렴 결과

전문가 의견은 종합하면 총 8가지 항목으로 정리할 수 있다. 먼저, 고해상도 데이터 수집과 실시간 갱신의 필요성을 강조하며, 데이터의 지속적 관리 체계를 확립해야 한다는 의견이 있다. 부처 간 협업을 강화하여 중앙정부와 지자체 간 연계 체계를 구축해야 한다는 의견도 다수 있었다. 또한, 경제적 인센티브와 재정적 지원을 통해 지자체의 그린인프라 추가 확보를 유도할 필요가 있음을 제시하였으며, 시민 및 이해관계자가 쉽게 접근하고 활용할 수 있는 정보체계를 마련하여 참여와 활용을 촉진해야 한다는 의견도 있었다. 법적 기반을 마련해 정책적 연계를 강화하고, 각 지역 특성에 맞춘 맞춤형 정보체계와 정책 수립이 필요하다는 지적도 있었으며, 그린인프라의 장기적 탄소중립 효과를 정량화하고 데이터 표준화를 통해 정책 활용성을 높일 필요가 있다는 의견과 생태적 가치를 반영해 생태계 보전 관련 요소를 정보체계에 포함해야 한다는 의견도 있었다.

• 데이터 해상도 개선, 실시간 갱신 및 지속적 관리 필요

그린인프라의 효과적인 관리와 탄소중립사회 대응을 위해 고해상도 데이터 수집과 실시간 갱신 체계가 필요하다. 이를 통해 각 지역의 탄소 흡수량, 열섬 완화, 물순환 회복 등 그린인프라의 효과를 정확히 분석하고 제시할 수 있다. 라이다(LiDAR)와 같은 첨단 기술을 활용해 고정밀 데이터를 수집하고, 그린인프라 데이터 해상도를 개선하여 탄소중립사회에 맞춘 대응이 필요하다. 고해상도 데이터는 단순히 일회성에 그치지 않고, 지속적으로 갱신하여 최신 데이터를 바탕으로 환경 정책의 근거를 마련할 필요가 있다. 또한, 데이터 갱신 주기를 체계적으로 설정하고, 장기적인 데이터 관리 시스템을 제시하여 자료의 신뢰성을 확보함으로써 탄소중립사회에 보다 유연하게 대응할 필요가 있다.

[표 6-2] 해상도 개선, 갱신 및 관리 관련 의견반영 결과

추진전략	추진전략	
	변경전	변경후
기존 그린인프라 데이터 내실화	기존 데이터 고도화	기존 데이터 고도화
	-탄소중립사회 대응을 위한 속성정보 추가 구축 및 개선	-탄소중립사회 대응을 위한 속성정보 추가 구축 및 개선
	탄소 흡수원 관련 신규 데이터 수집	-고해상도 그린인프라 데이터 구축 (삭제)
	-탄소 흡수 평가 및 예측을 위한 다양한 그린인프라 데이터 수집	
	-정확한 평가 및 예측을 위한 속성정보	

추진전략	추진전략	
	변경전	변경후
	보수집	
	데이터 정확도 및 신뢰성 제고	데이터 정확도 및 신뢰성 제고
	-데이터 수집 및 검증 절차 강화	(삭제)
	-정기적 데이터 품질 점검 및 개선 활동 수행	(삭제)
	등 수행	(삭제)
	지속적 데이터 갱신 및 유지 관리	
	-정기적 데이터 갱신을 통한 최신성 확보	-정기적 데이터 갱신을 통한 최신성 확보
	-유지 관리 계획 수립 및 시행	-유지 관리 계획 수립 및 시행

출처 : 연구진 작성

• 장기적 효과의 정량화와 데이터 표준화

그린인프라의 장기적인 효과를 입증하기 위해 탄소 흡수량, 열섬 효과 완화 등 다양한 탄소중립사회 대응 효과를 정량화할 수 있는 데이터 기반이 마련되어야 한다. 이러한 정량화는 정책적 판단과 예산 할당에 있어 그린인프라의 필요성을 뒷받침할 수 있는 과학적 근거를 제공한다. 또한, 글로벌 표준에 맞춘 데이터 구축과 공유를 위해 선진국의 성공 사례를 벤치마킹할 필요가 있고, 이를 통해 국제적 협력 체계를 강화할 수 있다. 예를 들어, 국제적으로 통용되는 데이터 기준을 활용하여 타국과 데이터 공유를 원활히 하고, 글로벌 기후변화 대응에도 협력할 수 있도록 해야 한다. 이 같은 데이터 표준화는 향후 지속 가능한 환경 정책 수립을 위해서도 활용 가치가 높으며, 장기적인 효과 평가와 정책 개선에도 유용한 자료로 활용될 가능성이 높다.

[표 6-3] 효과 정량화 및 데이터 표준화 관련 의견반영 결과

추진전략	추진전략	
	변경전	변경후
기존 그린인프라 데이터 내실화	데이터 표준화 및 통합 관리 시스템 구축	데이터 표준화 및 통합 관리 시스템 강화
	-다양한 그린인프라 데이터의 표준화를 통한 일관성 확보 및 연계 강화	-다양한 그린인프라 데이터의 표준화를 통한 일관성 확보 및 연계 강화
	-데이터 통합 관리 시스템 구축으로 효율적 데이터 관리 및 접근성 강화	-데이터 통합 관리 시스템을 통한 효율적 데이터 관리 및 접근성 강화
	그린인프라 데이터 활용성 제고	그린인프라 데이터 활용성 제고
	-구체적인 데이터 활용 수요 파악	-구체적인 데이터 활용 수요 파악
탄소중립 대응 그린인프라 데이터 신규 구축	-데이터 활용 사례 공유를 통한 활용 촉진	-그린인프라의 탄소중립 대응효과 정량화
	탄소중립사회 대응 데이터베이스 구축	탄소중립사회 대응 데이터베이스 구축
	-대응 방안 마련을 위한 데이터 제공	-대응 방안 마련을 위한 맞춤형 데이터 구축 및 제공
	-데이터 연계를 통한 통합 DB 시스템 구축	

출처 : 연구진 작성

- 시민 및 이해관계자 이용 유도를 통한 데이터 활용성 강화

그린인프라 데이터는 단순히 전문가들만을 위한 데이터가 아닌, 시민들이 일상에서 쉽게 접근하고 활용할 수 있도록 제공할 필요가 있다. 시민들이 직접 환경 정보를 이해하고 참여할 수 있도록 정보 제공 시스템의 시각적 표현과 인터페이스 구축이 필요하다. 공공과 민간의 협력을 통해 교육 프로그램과 참여 플랫폼을 마련하여 시민들이 그린인프라 현황 파악이나 유지 관리에 기여할 수 있는 기반을 제공함으로써, 환경 문제나 그린인프라에 대한 관심을 높일 수 있다. 예를 들어, 대시보드를 통해 시민이 거주하는 지역의 가로수 상태나 녹지 면적의 변화를 직접 확인 가능하게 함으로써 그린인프라에 대한 의식을 자연스럽게 높이는 방법이 있다. 또한, 시민이 그린인프라 데이터와 현장을 확인하고 검토하여 그린인프라 데이터를 직접 수정할 수 있는 시민참여형 시스템 도입을 검토할 필요가 있다. 그린인프라는 그레이인프라와 비교할 때 시간에 따른 변화가 크다. 이에 시민이 참여함으로써 데이터 갱신주기를 앞당기고 데이터 정확성을 높일 수 있다.

[표 6-4] 데이터 활용성 강화 관련 의견반영 결과

추진전략	추진전략	
	변경전	변경후
그린인프라 데이터 정책 및 생태계 구축	데이터 구축 및 활용 정책 수립 -데이터 관리 및 활용을 위한 법·제도 및 정책 수립	데이터 구축 및 활용 정책 수립 -데이터 관리를 위한 법·제도 수립 <u>-데이터 활용을 위한 데이터 공개 시스템 및 관계 법·제도 수립</u> (삭제)
	데이터 생태계 위한 제도기반 마련 -데이터의 생산·유통·활용을 위한 제도적 기반 마련	-데이터의 생산·유통·활용을 위한 제도적 기반 마련
	정보 생태계 활성화를 위한 거버넌스 구축 및 운영 -관련 법·제도 정비 및 시행	(삭제)

출처 : 연구진 작성

- 부처 간 협업과 통합 관리 체계 구축

그린인프라 데이터가 여러 기관에 분산되어 있고 데이터 간 일관성이 부족한 상황을 개선하기 위해 통합 관리 체계가 필요하다는 의견이 다수 제시되었다. 부처마다 데이터의 구축이나 관리 기준이 다르기 때문에 환경부, 국토부, 산림청 등 다양한 부처 간의 협업을 통해 통합적인 데이터 관리 체계를 구축해야 한다. 이 통합 관리 체계는 데이터의 일관성이나 표준화 뿐만 아니라, 정책 추진 시 필요한 정확성과 신뢰성을 높이는 데 필수적이다. 또한 이러한 거버넌스를 통해 데이터 뿐 아니라 그린인프라를 활용한 기후 변화

대응 방안을 신속하게 수립하고 실행할 수 있으며, 정책적 우선순위에 따라 그린인프라 확대와 관련한 법적 근거도 강화할 수 있다. 데이터 측면에서만 볼 때에도 협업을 통해 데이터의 중복성을 개선하고, 일관성 있는 데이터 구축 및 관리가 가능해 진다.

[표 6-5] 통합관리체계 관련 의견반영 결과

추진전략	추진전략	
	변경전	변경후
탄소중립 대응 그린인프라 데이터 신규 구축	탄소중립사회 대응 데이터베이스 구축 -대응 방안 마련을 위한 데이터 제공 -데이터 연계를 통한 통합 DB 시스템 구축	탄소중립사회 대응 데이터베이스 구축 -대응 방안 마련을 위한 <u>맞춤형 데이터 구축 및 제공</u>
	데이터 공유 및 협력 네트워크 구축 -공공기관, 민간기업, 연구기관 간의 협력 네트워크 구축 -데이터 공유를 통한 협력 강화 및 시너지 창출	데이터 공유 및 협력 네트워크 구축 -공공기관, 민간기업, 연구기관 간의 협력 네트워크 구축 -데이터 공유를 통한 협력 강화 및 시너지 창출
그린인프라 데이터 정책 및 생태계 구축	정보 생태계 활성화를 위한 거버넌스 구축 및 운영 -관련 법·제도 정비 및 시행	(삭제)

출처 : 연구진 작성

- 법적 기반 마련과 정책적 연계 강화

그린인프라의 중요성이 점점 커지고 있는 만큼 데이터 구축이나 관리를 뒷받침할 수 있는 법적 기반이 마련되어야 하며, 다양한 정책과 연계가 필요하다. 국가 차원의 기후위기 적응 대책, 환경영향평가 제도 등과 연계하여 그린인프라 데이터를 활용할 수 있는 체계를 마련할 필요가 있다. 예를 들어, 그린인프라 데이터 구축과 관련한 법령을 강화하여 지자체가 녹지 공간 현황을 분석하거나 수요를 조사하는데 더 적극적으로 나설 수 있으며, 그린인프라 확보를 위해 현황 데이터를 활용할 필요성을 강조할 수 있다. 법적 기반이 충분히 마련되면 중앙 및 지방정부가 일관되게 데이터를 활용할 수 있고 장기적으로는 데이터 개선 방향 또한 제시할 수 있다. 또한, 정책과의 연계를 통해 환경영향평가에 포함시킬 필요성 또한 언급되었다.

[표 6-6] 법적 기반 마련과 정책적 연계 관련 의견반영 결과

추진전략	추진전략	
	변경전	변경후
그린인프라 데이터 정책 및 생태계 구축	데이터 구축 및 활용 정책 수립 -데이터 관리 및 활용을 위한 법·제도 및 정책 수립	데이터 구축 및 활용 정책 수립 -데이터 관리를 위한 법·제도 수립
	데이터 생태계 위한 제도기반 마련 -데이터의 생산·유통·활용을 위한 제도적 기반 마련	-데이터 활용을 위한 데이터 공개 시스템 및 관계 법·제도 수립 (삭제) -데이터의 생산·유통·활용을 위한 제도적 기반 마련

출처 : 연구진 작성

- 경제적 인센티브와 재정적 지원 강화

데이터 구축 뿐 아니라 그린인프라를 확장하기 위해 경제적 인센티브와 벌금 제도를 도입하여 도시 내 녹지율을 유지하는 것이 필요하다. 예를 들어, 일정 수준의 녹지 비율을 확보하지 못한 지역이나 기관과 달리 그린인프라를 구축하고 유지하는 지역이나 기관에는 경제적 혜택을 제공하는 방안 마련을 검토해볼 필요가 있다. 이러한 재정적 지원과 인센티브는 그린인프라의 중요성을 확산시키고 지자체와 민간이 녹지 확장을 적극적으로 추진할 수 있도록 유도한다. 특히, 그린인프라를 활용한 기후변화 대응이 장기적 측면에서 효과적이라는 인식을 확산시킬 필요가 있다. 예를 들어, 녹지 확장 참여 기관에게 탄소 크레딧을 제공하는 방식, 녹지 조성 프로젝트에 대한 세액 공제를 적용하는 방식 등 다양한 방법을 검토할 필요가 있다.

- 지역 특성에 맞춘 맞춤형 그린인프라 정보 제공

전국 단위의 통일된 그린인프라 데이터가 기본이 되지만 지역의 인구 밀도, 기후, 식생 등 다양한 특성에 맞춘 맞춤형 그린인프라 데이터 제공이 필요하다. 각 지역의 환경적 특성을 고려하여 녹지 조성 계획과 그린인프라 구축 전략을 세우면 더욱 효과적인 기후변화 대응이 가능하다. 예를 들어, 열섬 현상이 심한 지역에는 냉각 효과가 높은 수종을 심고, 강우량이 적은 지역에는 빗물 재이용 시스템을 도입하는 식으로 각 지역에 최적화된 정책을 마련할 수 있다. 이를 위해서는 정확한 그린인프라 데이터 구축이 중요할 뿐 아니라 데이터의 가공을 통한 맞춤형 데이터 제공이 필요할 수 있다. 이를 통해 지역사회는 그린인프라를 활용한 탄소중립사회 대응을 효율적으로 수행하며, 그린인프라 관리의 효율성과 실효성을 높일 수 있다.

[표 6-7] 지역 특성에 맞춘 맞춤형 정보체계와 정책 수립 관련 의견반영 결과

추진전략	추진전략	
	변경전	변경후
탄소중립 대응 그린인프라 데이터 신규 구축	탄소중립사회 대응 데이터베이스 구축	탄소중립사회 대응 데이터베이스 구축
	-대응 방안 마련을 위한 데이터 제공	-대응 방안 마련을 위한 <u>맞춤형 데이터 구축 및 제공</u>
	-데이터 연계를 통한 통합 DB 시스템 구축	(삭제)

출처 : 연구진 작성

- 생태적 가치와 생태계 보전 요소 반영

그린인프라 구축 시 단순히 녹지 확장만이 아니라, 생태계의 가치와 연계하여 지속 가능한 보전이 이루어질 필요가 있다는 의견이 제시되었다. 예를 들어, 그린인프라 데이터에는 수목 종 정보와 같이 본 연구에서 제시된 정보 뿐 아니라 지역별 토양 정보, 야생동물 서식지 정보 등 생태적 요소를 반영할 필요가 있다. 이를 통해 그린인프라 데이터가 탄소중립사회 대응 뿐 아니라 생태계 보전에도 기여할 수 있는 데이터로 활용될 수 있도록 개선되어야한다는 의견이 있었다. 이를 통해 그린인프라 데이터가 도시 내 생물 다양성을 증진, 멸종 위기종 보호에도 기여할 수 있을 것이다. 즉, 탄소중립 이외의 측면에서도 긍정적인 효과를 야기함으로써 장기적으로 그린인프라 정보체계 구축에도 도움이 될 수 있을 것으로 판단된다.

2. 탄소중립사회 달성을 위한 그린인프라 정보체계 구축 기본 방향

1) 주요 추진전략 및 추진 과제

그린인프라 정보체계 구축 방향	기존 법·제도에 의해 구축되는 그린인프라 데이터의 관리체계 강화
	탄소중립 계획 수립에 대응할 수 있는 데이터 생산 및 관리체계 구축
	그린인프라 데이터 관리를 위한 거버넌스 구축
추진전략	추진과제
기존 그린인프라 데이터 내실화	- 데이터 표준화 및 통합 관리 시스템 강화 - 다양한 그린인프라 데이터의 표준화를 통한 일관성 확보 및 연계 강화 - 데이터 통합 관리 시스템을 구축하여 효율적인 데이터 관리 및 접근성 강화 - 데이터 정확도 및 신뢰성 제고 - 정기적 데이터 갱신을 통한 최신성 확보 - 유지 관리 계획 수립 및 시행 - 그린인프라 데이터 활용성 제고 - 구체적인 데이터 활용 수요 파악 - 그린인프라의 탄소중립 대응효과 정량화
탄소중립 대응 그린인프라 데이터 신규 구축	- 기존 데이터 고도화 - 탄소중립사회 대응을 위한 속성정보 추가 구축 및 개선 - 고해상도 그린인프라 데이터 구축 - 탄소중립사회 대응 데이터베이스 구축 - 대응 방안 마련을 위한 맞춤형 데이터 구축 및 제공 - 신규 데이터 구축 기술 상용화 - 데이터 구축을 위한 기술 상용화 - 기초데이터 확보로 기술 활용 및 데이터 구축 지원
그린인프라 데이터 정책 및 생태계 구축	- 데이터 구축 및 활용 정책 수립 - 데이터 관리를 위한 법·제도 수립 - 데이터 활용을 위한 데이터 공개 시스템 및 관계 법·제도 수립 - 데이터의 생산·유통·활용을 위한 제도적 기반 마련 - 데이터 공유 및 협력 네트워크 구축 - 공공기관, 민간기업, 연구기관 간의 협력 네트워크 구축 - 데이터 공유를 통한 협력 강화 및 시너지 창출

[그림 6-3] 그린인프라 정보체계 구축 기본 방향(수정안)
출처: 연구진 작성

□ 기존 그린인프라 데이터 내실화

• 데이터 표준화 및 통합 관리 시스템 강화

데이터 표준화 및 통합 관리 시스템 강화는 탄소중립사회 달성에 필요한 그린인프라 데이터의 활용도 제고를 목표로 한다. 다양한 주체가 생산한 서로 다른 그린인프라 데이터가 하나의 표준에 맞춰 관리되면, 데이터의 품질이 향상되고 데이터 간 연계가 용이해진다. 특히, 그린인프라의 특성상 가로수, 공원 및 녹지, 옥상녹화 등 서로 다른 부문에서 데이터가 수집될 수 있으므로, 데이터 연계를 위한 표준화가 필수적이다. 이를 통해 각기 다른 기관이나 연구자가 데이터를 비교하고 분석하기 용이하며, 데이터 상호 연계 또한 원활해져 기후변화 대응을 위한 효과적인 정책 수립이 가능하게 된다.

데이터 통합 관리 시스템은 이러한 표준화된 데이터를 한 곳에서 효율적으로 관리함으로써 접근성을 높이는 역할을 한다. 통합 관리 시스템을 통해 데이터를 일관되게 저장하고 쉽게 검색 및 이용할 수 있게 지원한다. 또한, 중앙정부, 지방정부, 연구기관, 민간 기업 등 다양한 이해관계자가 동일한 시스템을 통해 데이터를 활용할 수 있게 되어 기관 간 협업의 폭이 넓어진다. 예를 들어, 데이터가 통합된 시스템에서는 중복된 데이터 수집을 줄임으로써 시간과 비용을 절감하는 효과를 기대할 수 있으며, 이에 따른 효율적 정책 수립을 추진할 수 있다.

더 나아가, 데이터 표준화와 통합 시스템은 그린인프라의 데이터가 지속적으로 갱신되고 정확성을 유지하는 데도 도움이 된다. 정기적으로 갱신되는 데이터는 최신 기술을 접목하여 기존보다 정밀한 분석결과를 얻을 수 있다. 또한, 통합 관리 시스템을 활용함으로써 데이터 서로 다른 데이터 이용자에게 동일한 기준으로 작성된 데이터를 제공할 수 있는 장점이 있다.

• 데이터 정확성 및 신뢰성 제고

데이터 정확도와 신뢰성 제고는 그린인프라 뿐 아니라 모든 데이터의 생산에서 필수적이다. 데이터 정확도와 신뢰성 제고를 위한 주요 요소 중 하나는 정기적 데이터 갱신을 통한 최신성 확보이다. 그린인프라 데이터는 그레이인프라와 다르게 시간에 따른 변화가 크며, 이에 따라 지속적인 갱신이 없으면 정확도와 활용성이 급격히 떨어진다. 지속적으로 성장하고, 전정 등 관리하는 상황에 그린인프라 데이터의 최신성을 확보하지 않으면 그린인프라의 실제 상황을 반영하기 어려울 수 있다. 즉, 그린인프라 데이터의 최신성 확보를 통해 현황평가나 연구의 정확도를 높일 수 있다.

유지 관리 계획의 수립 및 시행은 데이터의 신뢰성을 보장하는 가장 중요한 과정이다. 유지 관리 계획에는 데이터 수집, 저장, 갱신, 품질 점검 등의 모든 관리 과정이 포함되어야 하며, 데이터를 체계적으로 관리할 수 있는 시스템을 갖추어야 한다. 또한, 기존 데이터의 오류를 식별하여 정정하는 과정을 통해 데이터 품질을 유지할 수 있어야 한다. 유지 관리 계획의 수립 및 시행은 데이터의 품질을 관리하여 데이터 이용 효율성을 유지할 수 있는 기반을 마련하는 역할을 한다.

- 그린인프라 데이터 활용성 제고

그린인프라 데이터 활용성 제고를 위해 구체적인 데이터 활용 수요를 파악할 필요가 있다. 그린인프라는 탄소 흡수, 열섬 효과 완화, 생물 다양성 보전 등 다양한 환경적, 사회적 목적을 위해 사용되고 있다는 것을 본 연구에서 확인하였다. 그 중 각각의 현황평가나 계획수립 시 요구되는 해상도, 데이터 유형 등을 파악하여 각각의 목적에 맞게 데이터를 적용할 수 있도록 구체적인 활용방식을 이해할 필요가 있다. 이를 위해 다양한 이해관계자들의 의견을 수렴하고, 정책 결정자, 연구자, 시민들의 그린인프라 데이터 활용방식을 확인할 필요가 있다.

그린인프라의 탄소중립 대응 효과를 정량화하는 것도 데이터 활용성을 높이는 중요한 요소이다. 탄소중립 사회를 달성하기 위해서는 그린인프라가 기후변화 대응에 미치는 영향을 수치적으로 측정하고, 이를 기반으로 정책의 효과를 예측하거나 개선하는 작업이 필요하다. 그린인프라의 탄소 흡수량이나 열섬 현상 완화 효과 예로 들면, 가로수 한 그루가 얼마만큼의 탄소저장을 하는지, 가로 온열환경을 어느정도 개선하는지 등 효과를 명확히 연구하여 그린인프라가 실제로 얼마나 환경적 이점을 제공하는지 추정할 수 있는 근거를 제시할 수 있다. 이러한 정량화 작업은 정책 및 도시계획의 과학적 근거를 제공하여 그린인프라의 가치를 명확히 하고, 이를 통해 정책 추진에 대한 신뢰성을 높인다. 이를 통해 탄소중립 대응 정책 수립에 그린인프라 데이터 활용성을 높일 수 있다.

□ 탄소중립 대응 그린인프라 데이터 신규 구축

- 기존 데이터 고도화

그린인프라 데이터의 해상도나 속성정보는 탄소중립 사회 대응을 위한 현황평가 및 계획수립을 위해 중요한 요소이다. 즉, 그린인프라를 활용한 탄소중립 대응을 위해 속성정보를 추가하고 고해상도 데이터를 구축하는 작업이 필수적이다. 본 연구에서 살펴본 것과 같이 현재의 그린인프라 데이터는 기후변화에 대응이라는 측면에서 해상도나 속성

정보가 부족한 실정이다. 탄소중립사회 대응을 위해 해상도의 개선, 기존 데이터의 속성 정보 추가 구축, 전국단위 데이터 구축 등 활용성 제고를 위한 과정이 필요하다. 예를 들어, 그린인프라의 탄소흡수량이나 그린인프라의 온도 저감 효과 및 개별 수목의 온도 저감 효과와 범위 등을 분석하기 위해 흉고직경, 수관폭, 수고, 수종 등 정보가 필요한 것으로 확인되며, 이에 대한 데이터 구축이 필요하다.

고해상도 그린인프라 데이터의 구축 또한 데이터 고도화의 핵심 중 하나로 볼 수 있다. 지자체 탄소중립 계획 수립 시 그린인프라를 통한 흡수원 확보를 위해 수종 정보나 크기와 관련된 수치 등 정보가 개체목 단위로 필요하다. 결국, 이 같은 속성정보 추가와 고해상도 데이터 구축은 그린인프라의 효과를 정량적으로 입증할 수 있는 기본적인 도구가 된다. 이 같은 개체목 단위의 데이터 구축을 위해 고해상도 그린인프라 정보체계가 바탕이 되어야 한다. 고해상도 데이터 구축을 위해 라이다(LiDAR)나 드론과 같은 기술을 활용해 수집된 기초데이터가 필요한 것으로 확인되었다. 즉, 기초데이터 수집부터 그린인프라 데이터 구축까지 이르는 체계를 마련할 필요가 있다.

- 탄소중립사회 대응 그린인프라 데이터베이스 구축

그린인프라 데이터는 탄소중립사회 대응을 위해 사용가능할 뿐 아니라 생태계, 도시 지속가능성, 경관 분석 등 다양한 분야에 대응할 수 있는 정보가 포함되어 있다. 즉, 그린인프라의 탄소중립사회 대응 효과는 그린인프라의 다양한 기능 중 하나이다. 그린인프라 데이터를 이용하여 탄소중립사회 대응이 용이하도록 지원하기 그린인프라 데이터 중 탄소중립사회 대응을 위해 필요한 부분을 통합하여 관리하고 유통할 필요가 있다. 탄소중립 목표 달성을 위해 필요한 데이터를 수집하고 관리함으로써 탄소중립사회 대응 데이터베이스 구축이 가능할 것이다.

맞춤형 데이터는 다양한 이용자가 쉽게 접근하고 활용할 수 있도록 서비스되어야 한다. 이러한 데이터베이스는 중앙정부, 지방자치단체, 민간기업, 시민 등이 쉽게 활용할 수 있는 형태로 설계되어야 하며, 이를 통해 탄소중립 목표 달성을 위한 관·산·학 협력을 지원할 수 있다. 예를 들어, 각 지역의 가로수 정보 데이터를 제공함으로써, 지역 간 가로열환경 비교가 가능하며 이를 바탕으로 열환경 개선 필요지역을 도출할 수 있을 것이다. 특히, 데이터베이스가 온라인으로 구축되어 실시간으로 업데이트된다면, 각 참여자가 최신 정보를 바탕으로 대응 방안을 조정하거나 위험 지역을 파악할 수 있게 된다.

탄소중립사회 대응 그린인프라 데이터베이스는 탄소중립 목표 달성을 위해 필요한 핵심 정보만을 구축하여 제공하는데 목표를 두어야 한다. 데이터베이스를 통해 제공되는

맞춤형 데이터는 정책결정자나 연구자 뿐 아니라 일반 시민들에게도 관련 정보를 제공함으로써, 탄소중립을 위한 그린인프라의 필요성을 인식시킬 수 있다. 이는 사회 전반이 탄소중립과 그린인프라에 대한 이해를 높이는 데 기여하며, 보다 지속 가능한 탄소중립 사회 달성을 위해 활용될 수 있다.

- 신규 데이터 구축 기술 상용화

신규 데이터 구축 기술의 상용화는 현재 구축되지 않은 그린인프라 데이터 구축에 필수적이다. 정책 및 선행연구 검토를 통해 도출한 그린인프라 데이터 수요와 데이터 구축 현황을 볼 때 신규 그린인프라 데이터의 구축은 필수적인 것으로 보이며, 이를 위한 관련 기술이 연구된 상황이다. 그러나, 대부분의 기술들은 연구를 통해 개발되고 샘플 데이터를 구축한 것이 확인되었을 뿐 상용화되어 실제 활용 가능한 데이터가 구축되지 못하고 있다. 예를 들어, 라이다(LiDAR), 드론 촬영 자료 등을 활용하여 개체목 단위 혹은 미터급 해상도의 그린인프라 데이터 구축 기술을 개발한 연구들은 다수 확인되었다. 향후에는 개발된 기술의 상용화를 통해 실제로 활용 가능한 지역단위 및 전국단위 데이터 구축이 필요하다.

기초데이터의 확보는 개발된 데이터 구축 기술을 활용하여 신규 그린인프라 데이터를 구축하기 위해 필수적인 요소이다. 라이다를 통한 그린인프라 데이터 구축 기술이 있지만 충분한 점군 밀도를 가진 데이터가 없다면 데이터를 구축할 수 없는 것이 현실이다. 최근 기술의 발달로 항공라이다의 포인트 밀도와 정확도가 높아지고 있으며 차량이나 드론에 라이다를 설치한 모바일 라이다, 손에 들고 다니는 핸드헬드 방식의 라이다 등 활용 가능한 기초데이터 구축방법이 증가하고 있다. 뿐만 아니라 영상기술의 발달로 항공 사진과 드론 영상을 이용한 3차원 데이터 구축도 가능하며, 차량에 전방위 카메라를 설치하여 촬영하는 스트리트 뷰 이미지의 활용 가능성 또한 높아지고 있다.

결과적으로, 데이터 구축 기술의 상용화와 이를 위한 기초데이터 확보는 그린인프라 데이터의 양적·질적 향상에 기여한다. 수집된 기초데이터와 상용화된 기술을 활용하여 효율적으로 그린인프라 데이터를 구축하고, 이 데이터를 체계적으로 관리함으로써 그린인프라를 이용한 기후변화 대응이 효과적으로 추진될 수 있을 것이다. 특히, 정책 수립과 시행에 필요한 과학적 근거를 정략적으로 제시할 수 있을 것이다.

□ 그린인프라 데이터 정책 및 생태계 구축

• 데이터 구축 및 활용 정책 수립

데이터 구축 및 활용을 위해 관계 정책 수립은 필수적인 요소이다. 그린인프라 데이터 신규 구축, 데이터 구축을 위한 기초자료 수집, 구축된 데이터의 활용을 위한 유통 등 관계 정책이 필요하다. 특히, 데이터의 정확성, 신뢰성, 접근성을 보장하려면 데이터 구축과 관리에 관한 법과 제도를 마련해야 한다. 본 연구에서 제안하는 신규 데이터 구축, 데이터 관리 체계 구축 등 추진과제의 대부분이 법과 제도 하에서 추진될 수 있다. 또한, 법적·제도적 기반은 데이터 생산 및 관리 과정에서 발생할 수 있는 오류나 중복을 줄여주며, 각기 다른 방식으로 구축된 데이터의 일관성을 유지할 수 있는 기반이 된다.

데이터 공개 시스템은 데이터 활용성 제고를 위해 중요한 요소로, 데이터 수요자가 데이터 구득을 위해 소요하는 시간과 노력을 줄여준다. 특히 필요로 하는 그린인프라 데이터가 있는지 쉽게 확인할 수 있고, 데이터 구득 전 데이터 형태를 확인할 수 있도록 시스템을 구축한다면 그린인프라 데이터의 활용성 제고에 큰 영향을 줄 것이다. 또한, 데이터 공개 시스템은 그린인프라 관련 데이터 접근성을 높여 시민, 연구기관, 민간기업이 쉽게 이용할 수 있게 지원한다. 이 같은 데이터 공개 시스템의 운영을 위해 데이터 접근 권한, 사용 목적 등에 관한 구체적인 규정과 법적 근거가 마련되어야 한다. 또한 관계 절차와 데이터 관리 방안에 대한 지침을 규정할 필요가 있다.

• 데이터 공유 및 협력 네트워크 구축

데이터 생산 및 관리 기관간의 협력을 위한 네트워크 구축이 필요하다. 서로 다른 기관이 구축한 데이터의 공유부터, 중복성이 있는 데이터 간 비교를 통한 데이터 품질 제고 등 각 기관이 보유한 데이터와 정보를 개방함으로써 상호 간의 시너지를 창출할 수 있다. 데이터를 투명하게 공유하면 공공과 민간, 학계 간 데이터 구축을 위한 중복 투자를 방지할 수 있으며, 연구 효율을 높일 수 있다. 예를 들어, 연구기관이 수행한 그린인프라 현장조사 데이터를 민간기업이 활용해 새로운 솔루션을 개발하거나, 공공기관이 정책 수립에 참고할 수 있다. 데이터 공유는 단순히 정보 교환이 아닌 기존 데이터의 개선과 정책 수립 및 연구활동 자체의 효율성을 개선시킬 것이다.

특히, 각 기관은 그린인프라 관련 데이터를 수집하고 관리하는 데 있어서 고유의 전문성을 확보하고 있다. 예를 들어 산림청은 수목이 밀식된 산림에서의 그린인프라 데이터 구축 기술이 뛰어나며, 국토지리정보원은 넓은 지역의 데이터 구축과 관리 능력이 뛰어나

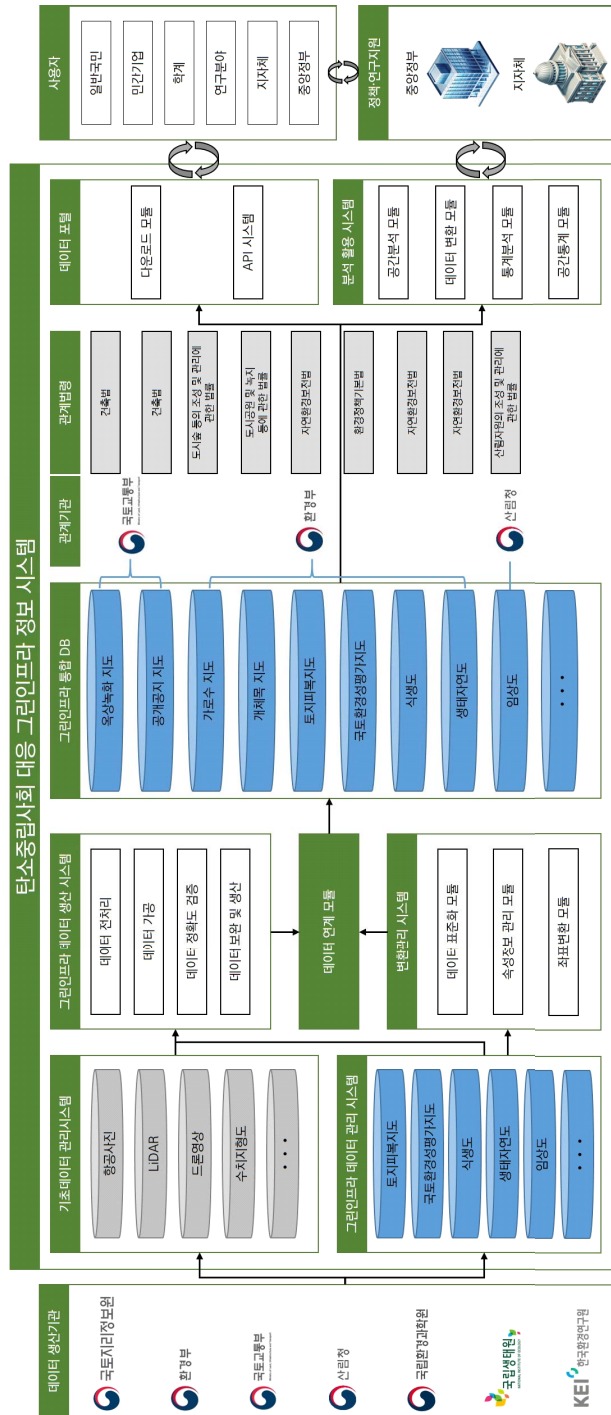
다. 이 같은 전문성을 바탕으로 데이터의 원활한 생산·유통·활용 뿐 아니라 상호간의 피드백을 통한 데이터 품질 제고를 기대할 수 있다. 또한, 공공기관은 정책적인 방향과 행정적 지원이 가능하며, 민간기업은 최신 기술을 통해 효율적인 데이터 수집과 기술 상용화를 주도하고, 연구기관은 데이터 분석 및 과학적 검증을 담당할 수 있다. 즉, 이러한 협력 네트워크는 그린인프라 데이터의 품질 제고와 활용성 증진에 기여할 수 있다.

2) 탄소중립사회 그린인프라 정보 시스템 구축 방안

본 연구에서 제시한 것처럼 이미 다양한 기관에서 그린인프라 관련 정보를 생산 및 관리하고 있다. 이에 기존 데이터와 향후 신규 생산될 데이터가 연계 및 활용되기 위한 통합 시스템이 필요하다. 즉, 그린인프라 유형별 데이터 생산 후 통합하는 방안을 적용할 경우 필요한 데이터 개별 데이터의 구축과 연계 및 통합, 그리고 활용에 이르는 '탄소중립사회 대응 그린인프라 정보 시스템'을 제안하고자 한다.

검토한 바와 같이 국토지리정보원, 환경부, 국토교통부, 산림청 등 기관들은 항공사진이나 라이다 데이터와 같은 그린인프라 정보 구축을 위한 기초데이터부터 토지피복도나 식생도, 생태자연도와 같은 그린인프라데이터를 생산 및 관리하는 데이터 생산기관이다. 이 중 그린인프라 데이터는 데이터 표준화, 속성정보 관리, 좌표체계 변환 등을 거쳐 데이터 연계를 위한 변환을 수행하도록 한다. 또한, 추가 구축이 필요한 그린인프라 데이터에 대해서는 데이터 생산기관으로부터 기초데이터 관리시스템을 통해 기초데이터를 제공받아 생산한다.

생산된 데이터는 데이터 연계 모듈을 거쳐 그린인프라 통합DB로 수집된다. 수집된 데이터는 데이터 제공 포털을 통해 제공되거나 분석 및 활용 시스템을 통해 바로 분석할 수 있도록 서비스될 수 있도록 한다. 구축된 탄소중립사회 대응 그린인프라 정보 시스템을 통해 사용자는 데이터를 제공받아 탄소중립사회 대응을 위한 그린인프라 분포 현황을 파악할 수 있으며, 이를 바탕으로 탄소중립사회를 실현하기 위한 계획을 수립할 수 있다. 뿐만아니라 분석 및 활용 시스템의 공간분석 모듈이나 통계분석 모듈을 통해 정책연구 지원이 가능하도록 시스템을 제안하고자 한다.



[그림 6-1] 탄소중립사회 대응 그린인프라 정보 시스템 구상도
출처: 연구진 작성

본 연구는 전체 시스템의 관리 및 운영 주체로 데이터 구축에 가장 중요한 기초자료를 다수 보유하고 있으며, 지도 및 공간정보를 다루는 국토지리정보원을 제안한다. 실제 국토지리정보원은 수치지도 등 다양한 공간정보를 기 구축·관리·유통하고 있는 기관으로, 그린인프라 정보 시스템을 운영할 기반이 갖추어진 상태이다.

3) 신규 구축 그린인프라 정보와 기대효과

□ 녹지

본 연구에서 검토한 바에 따르면 「건축법」에서 규정된 인공지반, 조정시설, 옥상조경, 「주택법」에서 규정된 조정시설, 「도시공원 및 녹지 등에 관한 법률」에서 규정된 도시공원, 공원녹지, 공원시설, 녹지, 「도시숲 등의 조성 및 관리에 관한 법률」에서 규정된 도시숲과 생활숲을 녹지로 볼 수 있다. 그동안 녹지와 관련된 데이터는 면적 정도의 속성정보를 갖는 공간정보로 구축되어왔으며, 일부 종명, 수고 등 정보가 면단위에서 통계치로 제공되고 있다. 이같은 녹지 정보가 개체목 단위에서 구축되고, 흉고직경, 수고, 수중, 수관면적 등 정보가 구축된다면 탄소중립사회 달성을 위한 현황평가 및 계획 수립에 추가적인 이점을 제시해 준다.

향후 녹지 데이터가 추가적으로 구축될 경우 기후변화 완화 측면에서 녹지가 지자체 탄소흡수원으로 인정받을 수 있다. 녹지가 탄소흡수원으로 인정받기 위해서 필요한 조건 중 하나는 개별 수목의 수종, 흉고직경 등 정보가 구축되어 있어야 한다. 현재는 지자체가 이같은 정보를 보유하고 있지 않고 정보 구축을 위해 현장조사가 필요하나, 이 경우 정보 구축을 위한 비용이 과도하여 대부분의 녹지가 탄소흡수원으로 인정받지 못하고 있는 상황이다.

기후변화 적응 측면에서 녹지의 홍수 저감 효과와 도시열섬 저감 효과를 정밀하게 블록 단위보다 높은 해상도에서 제시할 수 있다. 현재 지자체가 그린인프라를 통한 홍수 저감 효과나 도시열섬 저감효과를 산정하는 방식은 지자체 내 녹지의 면적이나 1인당 녹지 면적을 이용하는 수준이다. 즉, 녹지가 분포되어있는 지역이 주변 지역보다 얼마나 홍수 취약성이 낮아지는지, 혹은 도시열섬 현상으로부터 안전한지에 대해 제시하지 못하고 있다. 특히, 같은 면적의 녹지라도 수목의 개체수, 수형, 수고, 수관의 크기 등에 따라 폭염에 대응할 수 있는 능력이 상이하나 현재의 시스템은 이를 반영하지 못하고 있다.

□ 수목

「도시숲 등의 조성 및 관리에 관한 법률」에서 규정된 가로수를 대표적인 수목으로 볼 수 있으며, 경우에 따라 「건축법」과 「주택법」에서 규정된 조경시설이 포함될 수 있다. 가로수 데이터의 경우 일부 지자체에서 자체적으로 구축한 사례가 있으나, 대부분의 지자체에 가로수 데이터가 없다. 뿐만 아니라 데이터가 있는 경우에도 데이터의 최초 생산 후 갱신되지 않아 현실을 전혀 반영하지 못하는 경우가 대부분이다. 또한, 조경시설과 관련된 데이터는 전혀 구축되지 않는 상태로, 경우에 따라 규모가 큰 경우 도시생태현황지도나 토지피복지도에서 일부 포함되어있을 수 있는 수준이다. 개체목 단위의 수목 정보를 구축할 경우 속성정보는 현재 가로수 데이터가 갖는 속성정보인 수종, 흉고직경, 수고, 수관폭 정도가 필수적으로 구축되어야 하며 추가적으로 향후 식재일이나 관리상태 등의 정보를 생산할 수 있다.

이같은 수목 데이터가 개체목 수준에서 구축된다면 기후변화 완화 측면에서는 가로수 및 조경시설을 탄소흡수원으로 인정받을 수 있다. 기후변화 적응 측면에서는 가로 환경과 관련하여 다양한 이점을 얻을 수 있다. 시민들의 보행로에 식재되는 가로수는 대표적인 폭염 완화 시설이다. 가로수의 폭염 완화 효과는 수관의 그늘 형성효과에 기인하며, 수관폭 및 수관면적에 따라 그늘이 만들어지는 면적이 변화하고, LAI에 따라 일사량을 차단하는 능력이 변화한다. 또한 개체목 단위의 정보가 구축된다면 수목 간 간격에 대한 정보를 얻을 수 있어 폭염에 취약한 구간과 정도를 도출할 수 있다.

□ 벽면녹화

「건축법」에 따른 벽면녹화는 그린인프라 유형 중 가장 구축하기 어려운 데이터에 포함된다. 현재 구축된 데이터도 전무하며 향후 구축할 수 있는 기초데이터나 관련 연구도 매우 미비한 상황이다. 그러나 벽면녹화 또한 탄소흡수원으로써 기능할 수 있고, 건축물의 폭염 피해를 저감함으로써 기후변화 적응 효과가 있다. 벽면녹화와 관련하여 벽면녹화가 된 건축물, 벽면녹화가 된 지점, 벽면녹화된 식물의 LAI 등 정보가 구축된다면 건축물의 에너지성능 개선에도 효과를 산정하는 방식에도 도움을 줄 수 있을 것이다.

3. 관련 법·제도 개선 방안

1) 수치지도를 통한 그린인프라 정보 생산 방안

「공간정보의 구축 및 관리 등에 관한 법률」 및 같은 법 시행령에 따라 구축되는 수치지도는 「수치지도 작성 작업규칙」제9조 제2항에 따라 교통, 건물, 시설 등 그레이인프라와 관련된 요소 뿐 아니라 식생 등 그린인프라 관련 요소에 대한 정보를 구축하도록 명시하고 있다. 이에 따르면 수치지도상에 식생과 관련된 정보가 구축되어있을 것이며, 구축형태를 확인해볼 필요가 있다.

수치지도 작성 작업규칙

제9조(지형공간정보의 표현)

① 수치지도에 표현하는 지형·지물은 도형 또는 기호 등의 형태로 나타나도록 하며, 각각의 지형·지물에 대한 정보는 별도의 속성파일로 작성하여 나타내거나 수치지도상에 직접 문자 또는 숫자로 나타내야 한다.

② 수치지도1.0 및 수치지도2.0에 표현되는 지형·지물은 다른 수치지도와의 연계 및 활용 등을 위하여 다음 각 호의 분류체계에 따라 분류하여야 한다.

1. 교통(A)
2. 건물(B)
3. 시설(C)
4. 식생(D)
5. 수계(E)
6. 지형(F)
7. 경계(G)
8. 주기(H)

③ 국토지리정보원장은 수치지도의 작성 목적에 따라 제2항의 분류체계를 세분할 수 있다.

출처: 수치지도 작성 작업규칙. 국토교통부령 제209호, 2015. 6. 4., 타법개정

「수치지형도 작성 작업 및 성과에 관한 규정」 별표 1은 수치지도 지형지물 표준코드(안)을 제시하고 있다. 수치지도 지형지물 표준코드(안)의 대분류 식생, 중분류 지류계 항목에는 수치지도 1.0의 경우 화단, 지류계 등의 항목을 건 구조로 표현하도록 하였고, 가로수, 산림계, 활엽수 등을 점으로 표기하도록 되어있다. 또한 독립수의 경우에도 활엽수와 침엽수를 점 구조로 표기하도록 되어있다. 다만 수치지도 1.0의 경우 속성정보가 포함되지 않고, 지리적 상관관계가 없는 형태이기 때문에 그린인프라 정보체계를 위한 기반으로 사용하기에는 무리가 있다.

반면 수치지도 2.0은 그린인프라 정보체계를 위한 정보 구축 기반으로 사용할 수 있으나 현재 지류계(미분류)와 독립수(미분류)만을 표기하도록 되어있어 탄소중립사회 대응을 위한 충분한 그린인프라 유형이 포함되지 않는 상태이다. 그러므로 수치지도 2.0에 가로수, 활엽수, 침엽수, 지류계 등 그린인프라 관련 정보를 추가적으로 생산하는 방법이 적합할 것이다. 그러나, 현재 그린인프라 관련 정보를 구축할 수 있는 법적 기반과 틀이 마련되어있음에도 관련 데이터가 구축되지 않고 있다는 점으로 미루어볼 때 다른 방안을 동시해 검토해볼 필요가 있다.

수치지도 지형지물 표준코드(안)														
대분류	중분류	소분류(지형지물명)	통합코드	수치지도 1.0									수치지도 2.0	비고
				1:5,000			1:2,500			1:1,000				
				구조	표현	색상	구조	표현	색상	구조	표현	색상	구조	
식생	지류계	지류계 (미분류)	00020000										면	
		화단, 가로수 보호대	00023371	선										
		가로수	00023372	점		R/G/B 0/255/0				점		R/G/B 0/255/0		
		(지류경계)미분류	00025110	선			선	-----	R/G/B 0/0/0	선	-----	R/G/B 0/0/0		
		지류계	00025111	선		R/G/B 0/255/0								
		산길계	00025114	점										
		기타경계	00025115	점		R/G/B 0/0/0								
		활무지	00025215	점		R/G/B 165/82/0	점		R/G/B 165/82/0	점		R/G/B 165/82/0		
		조립지	00025216	점		R/G/B 0/255/0	점		R/G/B 0/255/0	점		R/G/B 0/255/0		
		(산길)미분류	00025230	점			면		R/G/B 0/255/0	면		R/G/B 0/255/0		
		활엽수	00025231	점		R/G/B 0/255/0	점		R/G/B 0/255/0	점		R/G/B 0/255/0		
		침엽수	00025232	점		R/G/B 0/255/0	점		R/G/B 0/255/0	점		R/G/B 0/255/0		
		혼합림	00025233	점		R/G/B 0/255/0	점		R/G/B 0/255/0	점		R/G/B 0/255/0		
		대나무숲	00025234	점		R/G/B 0/255/0	점		R/G/B 0/255/0	점		R/G/B 0/255/0		
	독립수	독립수 (미분류)	00030000										점	
		독립수(활엽수)	00036351	점		R/G/B 0/255/0	점		R/G/B 0/255/0	점		R/G/B 0/255/0		
		독립수(침엽수)	00036352	점		R/G/B 0/255/0	점		R/G/B 0/255/0	점		R/G/B 0/255/0		

[그림 6-4] 수치지도 지형지물 표준코드(안)

출처: 수치지형도 작성 작업 및 성과에 관한 규정. 국토지리정보원고시 제2022-3600호, 2022. 8. 26., 일부개정. 별표 1

2) 그린인프라 유형별 데이터 생산 방안

그린인프라 관련 법·제도 현황에서 확인한 것처럼 그린인프라는 다양한 유형으로 이루어져있으며, 각 유형을 관리하는 관계법이 다르다. 가로수는 「도시숲 등의 조성 및 관리에 관한 법률」에서 다루고 있으며, 도시공원이나 녹지와 같은 그린인프라는 「도시공원 및 녹지 등에 관한 법률」, 옥상녹화나 벽면녹화 등은 「건축법」과 「도시공원 및 녹지 등에 관한 법률」에서 다루고 있다. 그린인프라의 한 종류라고 할 수 있는 임상도의 사례를 보면 산림에 대해 다루고 있는 「산림자원의 조성 및 관리에 관한 법률」에서 임상도의 생산을 명시하고 있다. 이처럼 다른 그린인프라 유형에 대해서도 각 관계법에서 정보의 생산을 명시할 수 있을 것이다.

산림자원의 조성 및 관리에 관한 법률

제8조의2(임상도의 작성)

- ① 산림청장은 산림의 효율적인 경영·관리에 활용하기 위하여 전국의 산림에 대하여 수목의 종류·지름·나이 등 산림의 현황을 종합적으로 표시한 도면(이하 “임상도”라 한다)을 작성하여야 한다.
- ② 산림청장은 관계 중앙행정기관의 장 또는 지방자치단체의 장에게 임상도 작성에 필요한 자료의 제출을 요구할 수 있다. 이 경우 자료의 제출을 요구받은 기관의 장은 정당한 사유가 없으면 이에 따라야 한다.
- ③ 임상도의 작성 방법·시기, 그 밖에 필요한 사항은 농림축산식품부령으로 정한다.

출처: 산림자원의 조성 및 관리에 관한 법률. 법률 제20086호, 2024. 1. 23., 타법개정

또한, 임상도의 경우 「산림자원의 조성 및 관리에 관한 법률 시행규칙」에서 임상도의 갱신 및 관리에 대해 규정하고 있다. 이처럼 그린인프라 유형별 데이터 갱신 및 관리 방안 에 대해서도 제시할 수 있을 것이다.

산림자원의 조성 및 관리에 관한 법률 시행령

제3조의3(임상도의 작성 등)

- ① 법 제8조의2제1항에 따른 임상도(이하 “임상도”라 한다)는 5년마다 작성한다. 다만, 산지전용 및 별채 등으로 인한 산림의 변화결과를 반영할 필요가 있는 경우에는 임상도를 수시로 작성할 수 있다.
- ② 임상도는 항공사진, 위성영상 및 현지조사를 기초로 작성하되, 축척 2만5천분의 1 이상의 지도로 작성하여야 한다.

출처: 산림자원의 조성 및 관리에 관한 법률 시행령. 농림축산식품부령 제679호, 2024. 8. 6., 타법개정

가로수 데이터 구축을 위해 「도시숲 등의 조성 및 관리에 관한 법률」에 데이터 구축에 대한 내용을 명시하게 되면, 가로수 뿐 아니라 해당 법에서 다루는 도시숲, 생활숲을 포함하여 데이터 구축이 가능하다. 「도시숲 등의 조성 및 관리에 관한 법률」에서는 도시숲·생활숲·가로수를 총칭하여 도시숲등으로 표기하며, 해당 법률을 통해 도시숲등의

지도 작성 혹은 도시숲등의 공간데이터를 구축할 수 있는 법적 근거를 마련할 수 있다. 다만, 단순히 가로수나 도시숲 등의 위치와 규모를 표기하는 것이 아닌, 탄소중립사회 대응을 위한 데이터 구축을 위해 동법 제25조의2(탄소흡수원 인정)을 위한 속성정보를 구축하도록 할 필요가 있다.

[표 6-8] 도시숲 등의 조성 및 관리에 관한 법률 개선(안)

현행	개정
도시숲 등의 조성 및 관리에 관한 법률 〈신 설〉	도시숲 등의 조성 및 관리에 관한 법률 제6조의3(도시숲등의 지도 작성) ① 산림청장은 도시숲등의 효율적인 경영·관리에 활용하기 위하여 전국의 도시숲등에 대하여 수목의 종류·지름·나이 등 도시숲등의 현황을 종합적으로 전산화한 지도(이하 “도시숲지도”라 한다)를 작성하여야 한다. ② 산림청장은 관계 중앙행정기관의 장 또는 지방자치단체의 장에게 임상도 작성에 필요한 자료의 제출을 요구할 수 있다. 이 경우 자료의 제출을 요구받은 기관의 장은 정당한 사유가 없으면 이에 따라야 한다. ③ 도시숲지도의 작성 방법·시기, 그 밖에 필요한 사항은 농림축산식품부령으로 정한다.
도시숲 등의 조성 및 관리에 관한 법률 시행규칙 〈신 설〉	도시숲 등의 조성 및 관리에 관한 법률 시행규칙 6조의2(도시숲지도의 작성 등) ① 법 제6조의3제1항에 따른 도시숲지도(이하 “도시숲지도”라 한다)는 5년마다 작성한다. 다만, 도시숲등의 조성 및 관리로 인한 도시숲등의 변화결과를 반영할 필요가 있는 경우에는 도시숲지도를 수시로 작성할 수 있다. ② 도시숲지도는 항공사진, 위성영상, 항공레이저측량시스템, 이동형측량시스템 및 현지조사를 기초로 작성하되, 축척 2만5천분의 1 이상의 지도로 작성하여야 한다. ③ 법 제25조의2에 따른 탄소흡수원으로 인정받기 위한 정보를 작성하여야 한다.

출처 : 「도시숲 등의 조성 및 관리에 관한 법률」을 바탕으로 연구진 작성

또 다른 예시로 도시공원, 녹지, 옥상녹화 등에 대한 정보 구축을 위해 「도시공원 및 녹지 등에 관한 법률」을 개정할 수 있다. 「도시공원 및 녹지 등에 관한 법률」은 “도시에서의 공원녹지의 확충·관리·이용 및 도시녹화 등에 필요한 사항을 규정”하는 법률로 제2조(정의)에 따라 공원녹지에는 도시공원, 녹지, 유원지, 공공공지 및 저수지와 식생이 자라는 공간, 그리고 옥상녹화 및 벽면녹화 등이 포함된다. 즉, 공원녹지 지도의 구축·관리 등에 관한 조항을 신설함으로써 그린인프라 정보 구축의 법적 근거를 마련할 수 있다.

또한 탄소중립사회 대응을 위해 동법 제52조의2(온실가스 배출 감축사업의 인정)을 위한 속성정보를 구축하도록 할 필요가 있다.

[표 6-9] 도시공원 및 녹지 등에 관한 법률 개선(안)

현행	개정
도시공원 및 녹지 등에 관한 법률 (신 설)	도시공원 및 녹지 등에 관한 법률 제4조의2(공원녹지 지도의 구축·관리 등) ① 국토교통부장관은 도시공원 및 녹지에 관한 정책 수립과 도시공원 및 녹지의 확충을 위한 정보의 원활한 생산·보급 등을 위하여 공원녹지 등을 전산화한 지도(이하 “공원녹지 지도”라 한다)를 구축하여야 한다. ② 국토교통부장관은 관계행정기관의 장에게 공원녹지 지도의 구축·관리에 필요한 자료의 제출을 요청할 수 있다. 이 경우 관계행정기관의 장은 특별한 사유가 없으면 그 요청에 따라야 한다. ③ 국토교통부장관은 공원녹지 지도의 효율적인 구축·운동을 위하여 필요한 경우에는 공원녹지 지도의 구축·관리를 전문기관에 위탁할 수 있다. ④ 공원녹지 지도의 구축·관리 및 전문기관의 위탁에 관하여 필요한 사항은 국토교통부령으로 정한다.
도시공원 및 녹지 등에 관한 법률 시행규칙 (신 설)	도시공원 및 녹지 등에 관한 법률 시행규칙 3조의3(공원녹지 지도의 작성 등) ① 법 제4조의2제1항에 따른 공원녹지 지도(이하 “공원녹지 지도”라 한다)는 5년마다 작성한다. 다만, 공원녹지의 조성 및 관리로 인한 공원녹지의 변화결과를 반영할 필요가 있는 경우에는 공원녹지 지도를 수시로 작성할 수 있다. ② 공원녹지 지도는 항공사진, 위성영상, 항공레이저측량시스템, 이동형측량시스템 및 현지조사를 기초로 작성하되, 축척 2만5천분의 1 이상의 지도로 작성하여야 한다. ③ 법 제52조의2에 따른 온실가스 배출 감축사업으로 인정받기 위한 정보를 작성하여야 한다.

출처 : 「도시공원 및 녹지 등에 관한 법률」을 바탕으로 연구진 작성

개별법에 근거하는 방식으로 개별 그린인프라 유형에 대한 데이터 구축 근거를 마련할 수 있다. 다만, 개별 데이터가 구축될 뿐 그린인프라 데이터를 연계하여 관리하기는 어렵다. 탄소중립사회 대응을 위한 그린인프라 정보체계는 「기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법」에 근거하여 연계할 수 있을 것이다. 「기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법」의 목적 중 하나는 “온실가스 감축 및 기후위기 적응대책 강화”로 탄소중립사회 대응을 위한 그린인프라 정보체계를 제안하기에 적합하다. 제10조(국

가 탄소중립 녹색성장 기본계획의 수립·이행)에서는 국가 탄소중립 녹색성장 기본계획에 “국가비전과 온실가스 감축 목표에 관한 사항”이나 “기후변화의 감시·예측·영향·취약성평가 및 재난방지 등 적응대책에 관한 사항”을 포함하고 있다.

기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법

제10조(국가 탄소중립 녹색성장 기본계획의 수립·시행)

① 정부는 제3조의 기본원칙에 따라 국가비전 및 중장기감축목표등의 달성을 위하여 20년을 계획기간으로 하는 국가 탄소중립 녹색성장 기본계획(이하 “국가기본계획”이라 한다)을 5년마다 수립·시행하여야 한다.

② 국가기본계획에는 다음 각 호의 사항이 포함되어야 한다.

1. 국가비전과 온실가스 감축 목표에 관한 사항
 2. 국내의 기후변화 경향 및 미래 전망과 대기 중의 온실가스 농도변화
 3. 온실가스 배출·흡수 현황 및 전망
 4. 중장기감축목표등의 달성을 위한 부문별·연도별 대책
 5. 기후변화의 감시·예측·영향·취약성평가 및 재난방지 등 적응대책에 관한 사항
 6. 정의로운 전환에 관한 사항
 7. 녹색기술·녹색산업 육성, 녹색금융 활성화 등 녹색성장 시책에 관한 사항
 8. 기후위기 대응과 관련된 국제협상 및 국제협력에 관한 사항
 9. 기후위기 대응을 위한 국가와 지방자치단체의 협력에 관한 사항
 10. 탄소중립 사회로의 이행과 녹색성장의 추진을 위한 재원의 규모와 조달 방안
 11. 그 밖에 탄소중립 사회로의 이행과 녹색성장의 추진을 위하여 필요한 사항으로서 대통령령으로 정하는 사항
- ③ 정부는 국가기본계획을 수립·변경하려는 경우 공청회 개최 등을 통하여 국민과 관계 전문가, 이해관계자 등의 의견을 듣고 이를 반영하도록 노력하여야 한다. <신설 2024. 10. 22.>
- ④ 국가기본계획을 수립하거나 변경하는 경우에는 위원회의 심의를 거친 후 국무회의의 심의를 거쳐야 한다. 다만, 대통령령으로 정하는 경미한 사항을 변경하는 경우에는 위원회 및 국무회의의 심의를 생략할 수 있다. <개정 2024. 10. 22.>
- ⑤ 환경부장관은 국가기본계획의 수립·시행 등에 관한 업무를 지원하며, 원활한 업무수행을 위하여 관계 중앙행정기관의 장에게 필요한 자료의 제출을 요청할 수 있다. 이 경우 관계 중앙행정기관의 장은 특별한 사정이 없으면 자료 제출에 협조하여야 한다. <개정 2024. 10. 22.>
- ⑥ 제1항부터 제4항까지의 규정에 따른 국가기본계획의 수립 및 변경의 방법·절차 등에 필요한 사항은 대통령령으로 정한다. <개정 2024. 10. 22.>

출처: 기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법. 법률 제20514호, 2024. 10. 22., 일부개정

탄소중립사회 달성을 위한 그린인프라 정보체계 구축 방안 중 하나로 「기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법」을 개선하는 방안을 제안하고자 한다. 「기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법」제5조의제2항에 제4호 2050 탄소중립녹색성장 위원회가 인정하여 의결한 사항으로 포함시킬 수 있으나, 본 연구는 제5호를 신설하여 탄소중립사회 대응을 위한 그린인프라 정보체계 구축 및 활용에 관한 사항을 명시하고자 한다.

[표 6-10] 기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법 시행령 개선(안)

현행	개정
제5조(국가 탄소중립 녹색성장 기본계획의 수립·시행)	제5조(국가 탄소중립 녹색성장 기본계획의 수립·시행)
② 법 제10조제2항제11호에서 “대통령령으로 정하는 사항”이란 다음 각 호의 사항을 말한다.	② ----- -----
1.~3. (생략)	1.~3. (생략)
4. 그 밖에 탄소중립 사회로의 이행과 녹색성장의 추진을 위하여 탄소중립국가기본계획에 포함할 필요가 있다고 법 제15조제1항에 따른 2050 탄소중립녹색성장위원회가 인정하여 의결한 사항	4. 그 밖에 탄소중립 사회로의 이행과 녹색성장의 추진을 위하여 탄소중립국가기본계획에 포함할 필요가 있다고 법 제15조제1항에 따른 2050 탄소중립녹색성장위원회가 인정하여 의결한 사항
〈신 설〉	5. <u>온실가스 흡수원 및 기후위기 대응을 위한 그린인프라 정보체계 구축 및 활용 방안</u> 에 관한 사항

출처 : 「기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법」을 바탕으로 연구진 작성

제7장 결론

- 1. 연구 성과와 정책 제언
 - 2. 연구의 한계 및 향후 연구방향
-

1. 연구 성과와 정책 제언

1) 연구 성과

본 연구는 탄소중립사회 달성을 위한 그린인프라 정보체계 개발 방향 도출을 위해 총 네 단계의 연구를 진행하였다. 첫째로, 탄소중립사회 달성을 위해 그린인프라가 어떻게 사용되고 있으며, 앞으로 어떻게 사용될 수 있는지 조사하였다. 둘째로, 우리나라의 그린인프라 정보 구축 현황을 검토함으로써 탄소중립사회 달성을 위해 활용가능한 그린인프라 데이터가 무엇이 있고, 어떤 측면에서 부족한지 확인하였다. 셋째로, 그린인프라는 어떤 유형이 있고 어떤 법에서 다루고있는지 확인하여 향후 그린인프라 데이터 구축을 위해 개선해야하는 법령 정보를 검토하였다. 넷째로, 그린인프라 데이터 수집기술 관련 연구를 조사 및 분석하여 현재 부족한 그린인프라 데이터를 구축할 수 있는지 확인하고, 데이터 구축을 위해 필요한 기술과 기초데이터를 제시하였다. 마지막으로, 본 연구에서 조사 및 분석한 내용을 바탕으로 탄소중립사회 달성을 위한 그린인프라 정보체계 구축 방향과 추진전략을 제시하였고, 이를 위한 법·제도 개선방안을 제안하였다.

연구의 주요 성과는 네 가지로 정리할 수 있다.

첫째, 탄소중립사회 달성을 위해 현재 우리나라에 부족한 그린인프라 데이터가 무엇인지 제시하였다.

둘째, 부족한 그린인프라 데이터의 구축을 위해 필요한 기술 및 기초데이터 등 관련 사항을 정리하고 관계법 개선방안을 제안함으로써 향후 그린인프라 데이터 구축을 위한 기초를 확립하였다.

셋째, 탄소중립사회 달성을 위한 그린인프라 정보체계의 구축방향과 추진전략 및 추진과제를 제시하였다.

마지막으로, 탄소중립사회 달성을 위한 그린인프라 정보체계 구축의 첫 단계라고 할 수 있는 개별 그린인프라들이 연계되어 통합적으로 활용되기 위한 기본 틀을 제시하였다.

2) 그린인프라 정보체계 활용 방안

□ 도시 기후 변화 적응 및 재난 대응

그린인프라는 도시의 기후 변화에 대응하고 재난을 예방하기 위한 방안으로 활용 가능하며, 그린인프라 정보체계를 기반의 현황평가 및 계획수립을 위한 그린인프라 현황정보 구축이 가능하다. 그린인프라 정보체계를 이용하면 열섬 현상을 완화하고 폭염 피해를 줄이기 위해 도시의 수목과 녹지 분포를 블록 단위에서 분석할 수 있다. 특히 개선된 데이터 해상도와 속성정보를 활용한다면 특정 지역의 온도 분포와 열 저감 효과를 정량적으로 파악하고, 이를 바탕으로 열섬 완화를 위한 전략적 가로수 배치와 녹지 확보 계획을 세울 수 있다. 또한, 단순히 열섬 완화 효과를 넘어 미세먼지 저감과 같은 공기 질 개선에까지 영향을 미쳐, 시민들에게 더욱 쾌적한 생활환경을 제공할 수 있다.

전국 가로수 지도와 같은 데이터를 구축하게 되면 도시 전체의 열 관리 시스템을 구축하는데 핵심적인 역할을 한다. 이 데이터는 각 지역의 수목 배치와 생육 상태를 파악하여, 열섬 현상이 심한 지역에 수목을 전략적으로 배치하거나 그린인프라 설계를 통해 열의 흐름을 조정하는 도시 바람길 조성 등에 활용할 수 있다. 예를 들어, 도시 바람길을 따라 공기가 원활히 순환되도록 유도함으로써, 특정 지역에 열이 축적되는 것을 방지하고, 도시 전체의 온도를 효과적으로 낮출 수 있다. 뿐만 아니라 폭염 취약지역에 수목을 배치함으로써 보행자의 열 스트레스를 저감시킬수도 있다.

그린인프라 데이터는 홍수와 같이 기후 변화로 인해 발생할 수 있는 재난 상황을 예측하는데 활용될 수 있으며, 이에 기반하여 대응책을 마련하는데 활용 가능한 자료이다. 홍수와 같은 재난에 대비해 도시 및 하천 유역의 수목 및 녹지 상태를 모니터링하고, 이를

통해 홍수위험지역의 수자원 관리 및 홍수 발생에 따른 대응 필요성을 사전에 확인할 수 있다. 즉, 기후 변화로 인해 증가하는 강우량과 급격한 기온 상승에 따른 그린인프라 문제를 미리 분석하여 대비책을 마련함으로써, 재난 발생 시 피해를 최소화할 수 있다.

□ 온실가스 흡수원 확보

그린인프라는 IPCC 등 다양한 기후변화 관계 기관에서 제시하는 주요 온실가스 흡수원이다. 그린인프라 데이터는 온실가스 흡수원 확보를 위한 사업에서 그린인프라의 온실가스 흡수량을 산정하고, 온실가스 흡수원으로 인정받기 위해 필수적이다. 특히 그린인프라가 온실가스 흡수원으로 인정받기 위해서는 수종, 개체수, 흉고직경 등 크기 정보가 있어야 하는 만큼 그린인프라 정보체계의 구축이 온실가스 흡수원 확보 및 흡수능력 산정에 중요한 역할을 할 수 있다.

도시 내 수목의 수종, 크기, 수령 등 정보를 통해 개체별 탄소 흡수량과 저장량을 측정함으로써, 그린인프라의 온실가스 흡수량을 정량적으로 파악할 수 있으며, 이에 기반하여 국가 및 지자체 그린인프라가 얼마나 온실가스를 흡수하는지 산정할 수 있다. 예를 들어, 지자체 내 수목의 수, 수종, 크기 등 정보를 활용하여 지자체 수목의 온실가스 흡수능력을 평가함으로써 특정 지역에서 온실가스를 얼마나 흡수하고 있는지, 추가로 그린인프라 구축이 가능한 지역은 어디인지 확인할 수 있다. 이러한 정보는 각 지역의 탄소중립 목표 달성에 기여하는 근거 자료로 활용 가능하다.

□ 지자체 환경 및 녹지 계획 수립

그린인프라 정보체계는 탄소중립사회 대응을 뿐 아니라 기존의 환경계획 및 공원녹지 기본계획에서도 활용이 가능하다. 각 지자체의 공원녹지 기본계획, 도시녹화계획, 가로수 조성·관리 기본계획 등을 수립할 때, 지역 내 녹지와 수목 정보를 데이터로 확보하여 정책의 실효성을 높일 수 있다. 특히, 현행 도시녹화계획의 경우 지자체별 데이터 보유 현황에 따라 수립한 계획의 품질 차이가 크게 나타나고 있으나, 그린인프라 정보체계를 통해 이 같은 지역 간 격차를 완화시킬 수 있을 것이다.

가로수 조성·관리 기본계획의 경우 몇몇 지자체가 직접 가로수 현황을 조사하고 계획을 수립하는 경우가 있으나, 데이터 갱신이나 관리의 문제로 1회성 사업에 그치는 경우가 많다. 그린인프라 정보체계에 따라 가로수 데이터가 전국적으로 구축된다면, 지자체의 가로수 조성·관리 기본계획의 수립이나 실제 가로수 관리에 있어 비용절감 및 효율성 증진 효과를 볼 수 있을 것이다.

□ 생태계 보전 및 휴식공간 제공

그린인프라는 생태 측면에서도 중요한 역할을 한다. 그 중 하나는 생물 다양성 보전기능이다. 도시화에 따라 파편화된 현대 사회에서 그린인프라는 도시 지역에 녹지, 가로수와 같은 자연 공간을 포함시킴으로써 여러 생물종의 서식지를 제공하여 다양한 생물 서식이 가능한 조건을 갖추 수 있다. 또한 사람들에게 휴식 공간을 제공하여 정신적, 신체적 건강 증진과 같은 생태계 서비스를 제공할 수 있다. 이 같은 효과는 그린인프라의 유무에 영향을 받지만 그린인프라의 질적 수준에도 영향을 받는다. 수목의 크기나 생육 상황이 생태계 보전 효과나 휴식공간으로써의 품질에도 영향을 준다.

그린인프라 정보체계가 개발된다면 그린인프라의 품질 개선을 위해 다양한 방향으로 활용될 수 있다. 수목 개체별 성장 속도와 특징을 고려하여 가지치기 및 병충해 방제 등의 효율적인 관리가 가능하다. 이는 수목의 상태와 생육 상황을 파악하는데 그린인프라 데이터가 활용되고, 이를 통해 관리 효율을 극대화할 수 있다. 또한, 도시숲, 가로수, 공원녹지의 조성 및 유지 관리 사업에서 활용될 수 있다. 뿐만 아니라 그린인프라 정보체계의 데이터를 활용하여 생태계 서비스 평가, 생태 연결성 평가의 효율성을 높일 수 있으며, 도시 내 다양한 문제를 해결하기 위한 자연기반해법(NBS: Nature based solution)에도 활용될 수 있다.

2. 연구의 한계 및 향후 연구방향

본 연구는 탄소중립사회 달성을 위해 우리나라의 탄소중립사회 관계 법과 정책, 그린인프라 데이터와 관계법을 조사하고 분석하여 데이터 구축 방향에 대해 제안하였으나, 세 가지 주요 한계점이 있으며, 이에 대해 추가적인 연구가 필요하다.

첫째, 그린인프라 데이터 구축을 위한 기초데이터의 가용성을 확인하지 못하였다. 예를 들어 국토지리정보원에서 라이더 데이터를 구축하고 있는 것은 확인하였으나, 어느정도 해상도의 데이터인지, 갱신주기가 몇 년인지, 전 국토를 고르게 스캔하였는지 등 정보의 확인이 필요하다. 즉, 다양한 기초데이터의 가용성 및 향후 보완방향에 대해 더 연구해볼 필요가 있다.

둘째, 전국단위 데이터 및 연계시스템 구축은 많은 예산이 필요한 사업이나, 필요한 비용과 사업성에 대해 분석하지 못했다. 향후 관련 플랫폼 및 시스템 구축 비용이나 데이터 구축 비용 그리고 그린인프라 정보체계 구축 시 효용에 대해 분석하여 탄소중립사회 달성을 위한 그린인프라 정보체계의 필요성을 강조할 필요가 있다.

셋째, 본 연구에서 국내·외 그린인프라 데이터 구축 관련 연구를 조사 및 분석하여 데이터 구축을 위한 기초데이터와 필요 기술들에 대해 정리하였다. 그러나, 이를 실제 전국단위로 구축할 수 있는지 가능성을 판단하기 위한 실증사업을 해볼 필요가 있다. 대부분의 데이터 구축이 머신러닝이나 딥러닝 등 최신 기술을 활용하여 자동화될 수 있다고 하지만, 정확도가 100%가 아닌 이상 인력을 투입하게 될 것이다. 이를 위해 실제 정확도를 판단하고 활용 가능한 결과를 도출하기 위해 무엇이 더 필요한지 확인할 수 있는 실증사업을 진행할 필요가 있다.

-
- Abbas, S., Peng, Q., Wong, M. S., Li, Z., Wang, J., Ng, K. T. K., Kwok, C. Y. T., & Hui, K. K. W. (2021). Characterizing and classifying urban tree species using bi-monthly terrestrial hyperspectral images in Hong Kong. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 177, 204–216.
- Ak i n, A., Cilek, A., & Middel, A. (2023). Modelling tree canopy cover and evaluating the driving factors based on remotely sensed data and machine learning. *Urban Forestry & Urban Greening*, 86, 128035.
- Allen, M. J., Grieve, S. W. D., Owen, H. J. F., & Lines, E. R. (2023). Tree species classification from complex laser scanning data in Mediterranean forests using deep learning. *Methods in Ecology and Evolution*, 14(7), 1657–1667.
- Almeida, D. R. A. de, Stark, S. C., Shao, G., Schietti, J., Nelson, B. W., Silva, C. A., Gorgens, E. B., Valbuena, R., de Almeida Papa, D., & Brancalion, P. H. S. (2019). Optimizing the remote detection of tropical rainforest structure with airborne LiDAR: Leaf area profile sensitivity to pulse density and spatial sampling. *Remote Sensing*, 11(1), 92.
- Ariluoma, M., Ottelin, J., Hautamäki, R., Tuhkanen, E.-M., & Mänttäri, M. (2021). Carbon sequestration and storage potential of urban green in residential yards: A case study from Helsinki. *Urban Forestry & Urban Greening*, 57, 126939. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2020.126939>
- Branson, S., Wegner, J. D., Hall, D., Lang, N., Schindler, K., & Perona, P. (2018). From Google Maps to a fine-grained catalog of street trees. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 135, 13–30.
- Capecchi, I., Borghini, T., & Bernetti, I. (2023). Automated urban tree survey using remote sensing data, Google Street View images, and plant species recognition apps. *European Journal of Remote Sensing*, 56(1), 2162441.
- Chen, W. Y. (2015). The role of urban green infrastructure in offsetting carbon emissions in 35 major Chinese cities: A nationwide estimate. *Cities*, 44, 112–120.
- Choi, H., & Song, Y. (2022). Comparing tree structures derived among airborne,

- terrestrial and mobile LiDAR systems in urban parks. *GIScience and Remote Sensing*.
- Choi, K., Lim, W., Chang, B., Jeong, J., Kim, I., Park, C.-R., & Ko, D. W. (2022). An automatic approach for tree species detection and profile estimation of urban street trees using deep learning and Google Street View images. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 190, 165–180.
- De la Sota, C., Ruffato-Ferreira, V. J., Ruiz-García, L., & Alvarez, S. (2019). Urban green infrastructure as a strategy of climate change mitigation. A case study in northern Spain. *Urban Forestry & Urban Greening*, 40, 145–151.
- Degerickx, J., Roberts, D. A., McFadden, J. P., Hermy, M., & Somers, B. (2018). Urban tree health assessment using airborne hyperspectral and LiDAR imagery. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 73, 26–38.
- Emad Kavehei, G.A. Jenkins, M.F. Adame, C. Lemckert (2018). Carbon sequestration potential for mitigating the carbon footprint of green stormwater infrastructure. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 94, 1179–1191.
- Ferreira, M. P., Wagner, F. H., Aragao, L. E. O. C., Shimabukuro, Y. E., & de Souza Filho, C. R. (2019). Tree species classification in tropical forests using visible to shortwave infrared WorldView-3 images and texture analysis. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 149, 119–131.
- Ghanbari Parmehr, E., & Amati, M. (2021). Individual tree canopy parameters estimation using UAV-based photogrammetric and LiDAR point clouds in an urban park. *Remote Sensing*, 13(11), 2062.
- Guo, Y., Zhang, H., Li, Q., Lin, Y., & Michalski, J. (2022). New morphological features for urban tree species identification using LiDAR point clouds. *Urban Forestry & Urban Greening*, 71, 127558.
- Hartling, S., Sagan, V., & Maimaitijiang, M. (2021). Urban tree species classification using UAV-based multi-sensor data fusion and machine learning. *GIScience and Remote Sensing*, 58(8), 1250–1275.
- Hemmerling, J., Pflugmacher, D., & Hostert, P. (2021). Mapping temperate forest tree species using dense Sentinel-2 time series. *Remote Sensing of Environment*, 267, 112743.
- Henn, K. A., & Peduzzi, A. (2023). Biomass estimation of urban forests using LiDAR and high-resolution aerial imagery in Athens-Clarke County, GA. *Forests, Trees and Livelihoods*, 14(5), 1064.
- Heo, H. K., Lee, D. K., Park, J. H., & Thorne, J. H. (2019). Estimating the heights and diameters at breast height of trees in an urban park and along a street using mobile LiDAR. *Landscape and Ecological Engineering*, 15(3), 253–263.
- IPCC. (2006). 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 4: Agriculture, Forestry and Other Land Use (AFOLU). Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme (H. S. Eggleston, L. Buendia,

K. Miwa, T. Ngara, & K. Tanabe, Eds.). Institute for Global Environmental Strategies (IGES).

- IPCC. (2023). Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (H. Lee & J. Romero, Eds.). IPCC.
- Jia, X., Han, H., Feng, Y., Song, P., He, R., Liu, Y., Wang, P., Zhang, K., Du, C., Ge, S., Tian, G.. (2023). Scale-dependent and driving relationships between spatial features and carbon storage and sequestration in an urban park of Zhengzhou, China. *Science of the Total Environment*, 894, 164916.
- Jin, S., Zhang E., Guo H., Hu C., Zhang Y., Yan D., (2023). Comprehensive evaluation of carbon sequestration potential of landscape tree species and its influencing factors analysis: Implications for urban green space management. *Carbon Balance and Management*, 18(17), 1-13. <https://doi.org/10.1186/s13021-023-00238-w>
- Jo, H.-K., Kim, J.-Y., & Park, H.-M. (2019). Carbon reduction and planning strategies for urban parks in Seoul. *Urban Forestry & Urban Greening*, 41, 48-54. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2019.03.009>
- Khan, A., Asim, W., Ulhaq, A., Ghazi, B., & Robinson, R. W. (2021). Health assessment of eucalyptus trees using Siamese network from Google Street and ground truth images. *Remote Sensing*, 13(11), 2194.
- Knapp, N., Fischer, R., & Huth, A. (2018). Linking LiDAR and forest modeling to assess biomass estimation across scales and disturbance states. *Remote Sensing of Environment*, 205, 199-209.
- Kwon, R., Ryu, Y., Yang, T., Zhong, Z., & Im, J. (2023). Merging multiple sensing platforms and deep learning empowers individual tree mapping and species detection at the city scale. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 206, 201-221.
- Lahoti, S., Lahoti, A., Joshi, R. K., & Saito, O. (2020). Vegetation structure, species composition, and carbon sink potential of urban green spaces in Nagpur City, India. *Land*, 9(4), 107. <https://doi.org/10.3390/land9040107>
- García-Antúnez, O., Olafsson, A.S., Kavanagh, K.C., Gulsrud, N.M., Raymond, C.M., (2022). Envisioning carbon-smart and just urban green infrastructure. *Urban Forestry & Urban Greening*, 75, 127682. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2022.127682>
- Liang, C., Serge, A., Zhang, X., Wang, H., & Wang, W. (2023). Assessment of street forest characteristics in four African cities using Google Street View measurement: Potentials and implications. *Environmental Research*, 221, 115261.
- Liu, H., & Wu, C. (2018). Crown-level tree species classification from AISA hyperspectral imagery using an innovative pixel-weighting approach. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 68, 298-307.

- Lumnitz, S., Devisscher, T., Mayaud, J. R., Radic, V., Coops, N. C., & Griess, V. C. (2021). Mapping trees along urban street networks with deep learning and street-level imagery. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 175, 144–157.
- Mayra, J., Keski-Saari, S., Kivinen, S., Tanhuanpaa, T., Hurskainen, P., Kullberg, P., Poikolainen, L., (2021). Tree species classification from airborne hyperspectral and LiDAR data using 3D convolutional neural networks. *Remote Sensing of Environment*, 256, 112322.
- Ministerio para la Transición Ecológica. (2024). Guía para la estimación de absorciones de dióxido de carbono.
- Muñoz-Vallés, S., Cambrollé, J., Figueroa-Luque, E., Luque, T., Niell, F. X., & Figueroa, M. E. (2013). An approach to the evaluation and management of natural carbon sinks: From plant species to urban green systems. *Urban Forestry & Urban Greening*, 12(4), 450–453.
- Niedzielko, J., Kope, D., Wylazłowska, J., Kania, A., Charyton, J., Halladin-Dobrowska, A., Niedzielko, M., & Berłowski, K. (2024). Airborne data and machine learning for urban tree species mapping: Enhancing the legend design to improve the map applicability for city greenery management. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 128, 103719.
- Pu, R., & Landry, S. (2020). Mapping urban tree species by integrating multi-seasonal high resolution Pleiades satellite imagery with airborne LiDAR data. *Urban Forestry & Urban Greening*, 53, 126675.
- Pu, R., Landry, S., & Yu, Q. (2018). Assessing the potential of multi-seasonal high resolution Pleiades satellite imagery for mapping urban tree species. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 71, 144–158.
- Qin, H., Zhou, W., Yao, Y., & Wang, W. (2022). Individual tree segmentation and tree species classification in subtropical broadleaf forests using UAV-based LiDAR, hyperspectral, and ultrahigh-resolution RGB data. *Remote Sensing of Environment*, 280, 113143.
- Schiefer, F., Kattenborn, T., Frick, A., Frey, J., Schall, P., Koch, B., & Schmidlein, S. (2020). Mapping forest tree species in high resolution UAV-based RGB-imagery by means of convolutional neural networks. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 170, 205–215.
- Shi, N., Yu, Y., Liang, S., Ren, Y., & Liu, M. (2023). Effects of urban green spaces landscape pattern on carbon sink among urban ecological function areas at the appropriate scale: A case study in Xi'an. *Ecological Indicators*, 158, 111427.
- Shinzato, P., Simon, H., Duarte, D. H., & Bruse, M. (2019). Calibration process and parametrization of tropical plants using ENVI-met V4 – Sao Paulo case study. *Architectural Science Review*, 62, 112–125.

- Shokirov, S., Schaefer, M., Levick, S. R., Jucker, T., Borevitz, J., Abdurahmanov, I., & Youngentob, K. (2021). Multi-platform LiDAR approach for detecting coarse woody debris in a landscape with varied ground cover. *International Journal of Remote Sensing*, 42(24), 9324–9350.
- Speak, A., Escobedo, F. J., Russo, A., & Zerbe, S. (2020). Total urban tree carbon storage and waste management emissions estimated using a combination of LiDAR, field measurements and an end-of-life wood approach. *Journal of Cleaner Production*, 256, 120420.
- Strohbach, M. W., Arnold, E., & Haase, D. (2012). The carbon footprint of urban green space—A life cycle approach. *Landscape and Urban Planning*, 104(2), 220–229.
- Takanori, F. (2022). Toward holistic urban green infrastructure implementation. In F. Nakamura (Ed.), *Green Infrastructure and Climate Change Adaptation. Ecological Research Monographs* (pp. 245–). Springer, Singapore.
- Tanhuanpaa, T., Yu, X., Luoma, V., Saarinen, N., Raisio, J., Hyyppä, J., Kumpula, T., & Holopainen, M. (2019). Effect of canopy structure on the performance of tree mapping methods in urban parks. *Urban Forestry & Urban Greening*, 44, 126441.
- Tsoka, S., Tsikaloudaki, A., & Theodosiou, T. (2018). Analyzing the ENVI-met microclimate model's performance and assessing cool materials and urban vegetation applications – A review. *Sustainable Cities and Society*, 43, 55–76.
- Velasco, E., Roth, M., Norford, L., & Molina, L. T. (2016). Does urban vegetation enhance carbon sequestration? *Landscape and Urban Planning*, 148, 99–107.
- Velasquez-Camacho, L., Etxegarai, M., & de-Miguel, S. (2023). Implementing deep learning algorithms for urban tree detection and geolocation with high-resolution aerial, satellite, and ground-level images. *Computers, Environment and Urban Systems*, 105, 102025.
- Wang, J., Liu, W., & Gou, A. (2022). Numerical characteristics and spatial distribution of panoramic street green view index based on SegNet semantic segmentation in Savannah. *Urban Forestry & Urban Greening*, 69, 127488.
- Wang, Y., Chang, Q., & Li, X. (2021). Promoting sustainable carbon sequestration of plants in urban greenspace by planting design: A case study in parks of Beijing. *Urban Forestry & Urban Greening*, 64, 127291.
- Wei, S., Yin, T., Yuan, B., Ow, G. L. F., Yusof, M. L. M., Gastellu-Etchegorry, J.-P., & Whittle, A. J. (2024). Estimation of chlorophyll content for urban trees from UAV hyperspectral images. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 126, 103617.
- Xi, Y., Tian, Q., Zhang, W., Zhang, Z., Tong, X., Brandt, M., & Fensholt, R. (2022). Quantifying understory vegetation density using multi-temporal Sentinel-2 and GEDI LiDAR data. *GIScience and Remote Sensing*, 59(1), 2068–2083.
- Yahia, M. W., Johansson, E., Thorsson, S., Lindberg, F., & Rasmussen, M. I. (2018).

- Effect of urban design on microclimate and thermal comfort outdoors in warm-humid Dar es Salaam, Tanzania. *International Journal of Biometeorology*, 62, 373-385.
- Yan, J., Zhou, W., Han, L., & Qian, Y. (2018). Mapping vegetation functional types in urban areas with WorldView-2 imagery: Integrating object-based classification with phenology. *Urban Forestry & Urban Greening*, 31, 230-240.
- Zhang, B., Zhao, L., & Zhang, X. (2020). Three-dimensional convolutional neural network model for tree species classification using airborne hyperspectral images. *Remote Sensing of Environment*, 247, 111938.
- Zhang, Y., Meng, W., Yun, H., Xu, W., Hu, B., He, M., Mo, X., & Zhang, L. (2022). Is urban green space a carbon sink or source? A case study of China based on LCA method. *Environmental Impact Assessment Review*, 94, 106766.
- Zhao, D., Cai, J., Xu, Y., Liu, Y., & Yao, M. (2023). Carbon sinks in urban public green spaces under carbon neutrality: A bibliometric analysis and systematic literature review. *Urban Forestry & Urban Greening*, 86, 128037. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2023.128037>
- IPCC, 2022, 기후변화 2022 영향, 적응 및 취약성 정책결정자를 위한 요약본
- VESTAP. <https://vestap.kei.re.kr/welcome.do>. 2024. 10. 24. 접속
- 강정은, 엄정희, 배현주, 최희선, 이명진, 박재철, 2012, 기후변화 적응형 도시구현을 위한 그린인프라 전략 연구. 한국환경정책·평가연구원
- 공공데이터포털. <https://www.data.go.kr/data/15046229/fileData.do>. 2024.04.27. 접속
- 관계부처합동. 2023. 국가 탄소중립 녹색성장 기본계획
- 국토교통부, 탄소공간지도 시스템. <https://www.carbonmap.kr/index.do>. 2024.11.1. 접속
- 국토교통부. 2024. 2024년 정주지 부문 국가 온실가스 통계산정 및 탄소흡수 증진방안
- 국토환경성평가지도 시스템. <https://ecvam.neins.go.kr/main.do>. 2024.06.01. 접속
- 김영표, 2003, 국토종합정보체계 구축 및 추진전략 수립연구 제1권 국토종합정보체계 추진 전략. p. 92, 93
- 대통령직인수위원회, 2022, 윤석열정부 110대 국정과제
- 박두선, 박보영, 정은화. 2017. VESTAP 기반 기후변화 취약성 평가 지침. 한국기후변화학회 8(4). pp.339-346
- 산림청 숲가꾸기 사업. https://forest.go.kr/kfsweb/kfi/kfs/cms/cmsView.do?cmsId=FC_000900&mn=AR01_03_01. 2024.04.14. 접속
- 산림청. 2022. 산림입지토양도 13년의 성과와 미래
- 산림청. 2023. 제3차 탄소흡수원 증진 종합계획(2023~2027)
- 산림청. https://www.forest.go.kr/newkfsweb/html/HtmlPage.do?pg=fgis/UI_KFS_500_2_020100.html&mn=KFS_02_04_03_04_01&orgId=fgis. 2024.02.07. 접속

서울특별시열린데이터광장, <https://data.seoul.go.kr/dataList/OA-1325/S/1/datasetView.do#>, 2023.06.28. 접속

손학기, 김홍상, 이현정, 2019, 농업환경자원 관리 정보체계 구축 기초연구, 한국농촌경제연구원

왕광익, 민경주, 노경식, 유선철, 2013, 탄소중립 친환경도시 조성 추진계획 연구, 국토연구원

유광흠, 서선영, 2012, 도시공간개선사업의 저탄소 계획요소 적용에 관한 연구, 건축공간연구원

윤은주, 박종순, 이치주, 홍나은, 2021, 포스트 코로나19 시대의 도시 그린인프라 계획모형 구축방안 연구, 국토연구원

이수빈, 최혜영, 조현길, 윤영조, 김승호, 2021, 열쾌적성에 대한 가로수 수직적 구조의 영향 분석, 한국환경복원기술학회, 24(4), p. 20

이은석, 박성남, 남성우, 지석환, 2020, 그린뉴딜을 통한 도시 기후변화 정책 개선방안, 건축공간연구원

이은석, 박성남, 남성우, 허한결, 송유미, 지석환, 2021, 탄소중립사회 실현을 위한 기후 탄력적 발전 경로(CRDPs) 연구, 건축공간연구원 일반연구보고서 2021-3, p.31-37

조현국, 2012, 디지털 항공영상을 이용한 대축척 임상도 제작 및 갱신방법 개발

조현길과 안태원, 2012, 도시 낙엽성 조경수종의 탄소저장 및 흡수, 한국조경학회지, 40(5)

최희정, 남정호, 최석문, 전현주, 2016, 해양공간관리를 위한 정보체계 확립방안 연구, 한국해양수산개발원

한국경제, <https://www.hankyung.com/article/202308164994Y>, 2024.02.03. 접속

한국환경정책평가연구원, 2012, 기후변화 적응형 도시구현을 위한 그린인프라 전략 수립

환경공간정보서비스, <https://egis.me.go.kr/req/intro.do>, 2024.04.01. 접속

환경부, 2022, 국가 기후변화 리스크 진단 방법 개발 연구

환경부, 2023, 기후변화영향평가 방법 등에 관한 안내서

환경부, 2023, 환경부공고 제2023-672호 「토지이용·토지이용변화 MRV체계 구축 연구(2차)」 입찰 공고(긴급), https://me.go.kr/skin/doc.html?fn=20231110143852.hwp&rs=/upload_private/preview/, 2024.11.1. 접속

환경부, https://stat.me.go.kr/portal/stat/easyStatPage/DT_106T_034756.do, 2024.04.29. 접속

흙토람, <https://soil.rda.go.kr/geoweb/soilmain.do#>, 2024.04.29. 접속

건축법, 법률 제20424호, 2024. 3. 26., 일부개정

공간정보의 구축 및 관리 등에 관한 법률 시행령, 대통령령 제34897호, 2024. 9. 19., 일부개정

국토계획 및 이용에 관한 법률, 법률 제20234호, 2024. 2. 6., 일부개정

국토환경성평가지도 작성 및 운영지침, 환경부예규 제717호, 2022. 12. 19., 제정

기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법, 법률 제20514호, 2024. 10. 22., 일부개정

도시공원 및 녹지 등에 관한 법률, 법률 제20309호, 2024. 2. 13., 타법개정

도시생태현황지도의 작성방법에 관한 지침. 환경부고시 제2024-251호, 2024. 12. 5., 일부개정

도시숲 등의 조성 및 관리에 관한 법률. 법률 제20085호, 2024. 1. 23., 일부개정

산림자원의 조성 및 관리에 관한 법률. 법률 제20086호, 2024. 1. 23., 타법개정

생태·자연도 작성지침. 환경부예규 제753호, 2024. 9. 11., 일부개정

수목원·정원 조성 및 진흥에 관한 법률. 법률 제19882호, 2024. 1. 2., 일부개정

자연공원법. 법률 제19590호, 2023. 8. 8., 타법개정

자연환경보전법. 법률 제19962호, 2024. 1. 9., 일부개정

자연환경조사 방법 및 등급분류기준 등에 관한 규정. 환경부훈령 제1656호, 2024. 7. 24., 일부개정

조경기준. 국토교통부고시 제2021-1778호, 2022. 1. 7., 일부개정

측량·수로조사 및 지적에 관한 법률. 법률 제11943호, 2013. 7. 17., 일부개정

탄소흡수원 유지 및 증진에 관한 법률. 법률 제19806호, 2023. 10. 31., 일부개정

토지피복지도 작성 지침. 환경부훈령 제1577호, 2022. 12. 19., 전부개정

환경정책기본법. 법률 제20626호, 2024. 12. 31., 타법개정

A Study on the Development of Green Infrastructure Information Systems for Carbon Neutral Society

SUMMARY

Heo, Hankyul
Park, Jonghoon

As the damage and threats caused by climate change intensify globally, the urgent need to introduce carbon neutrality policies is becoming increasingly evident. In response, a transition to a carbon-neutral society that achieves both climate change mitigation and adaptation is being urged, based on the "Framework Act on Carbon Neutrality and Green Growth for Coping with Climate Crisis," which came into effect in 2023. Moreover, the government has designated "Transition to a Green Economy through Establishing Scientific Carbon Neutrality Implementation Plans" as a national agenda, focusing on devising measures to achieve carbon neutrality.

According to the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), green infrastructure is a sustainable approach that can be effectively utilized for both climate change mitigation and adaptation. Particularly, green infrastructure has been selected as one of the most feasible options applicable in urban areas where large-scale physical environmental changes are challenging to implement. Alongside various studies and policies, efforts are being made to achieve a carbon-neutral society through green infrastructure. Both domestic and international policies consider green infrastructure as a carbon sink or a component for disaster response to climate change. Numerous studies are also analyzing the effects of green infrastructure on mitigating urban heat islands, reducing floods, and absorbing carbon.

However, in Korea, the insufficient construction of green infrastructure data hinders its full utilization as a tool for achieving a carbon-neutral society. The lack of data makes it difficult to assess the current status of green infrastructure and to establish plans for additional deployment. Therefore, this study aims to: 1) analyze the demand for green infrastructure to achieve a carbon-neutral society through policy and literature review; 2) comprehensively analyze domestic data related to green infrastructure to identify the data that need to be constructed in the future; 3) organize the relevant laws for constructing green infrastructure data through analysis of related laws and systems. Additionally, 4) by reviewing previous studies on green infrastructure data collection technologies, we aim to derive the necessary technologies and basic data for constructing data for each green infrastructure element; and 5) propose the construction direction and promotion strategies of a green infrastructure information system through comprehensive analysis and expert focus group interviews (FGIs).

Domestic climate change mitigation policies are primarily presented in the "National Carbon Neutrality and Green Growth Basic Plan" and its detailed tasks. By organizing the green infrastructure-related contents of this plan, we can summarize the utilization plans and demand for green infrastructure in climate change mitigation. The plan sets medium- to long-term goals such as expanding carbon sinks, with detailed tasks including the construction of forests, urban forests, green spaces, and reservoirs among green infrastructure elements. These elements are all calculated at the area unit level. For example, policies are formulated, and current statuses are evaluated using average or total values at the area unit level—such as forest area, the number of trees within a unit area, and canopy area—rather than at the individual tree level.

Both domestic and international studies unrelated to policies also deal with similar green infrastructure elements. In summary, studies focus on methods to expand carbon sinks targeting forests, green spaces, and trees, as well as analyzing carbon absorption and storage amounts. Compared to the utilization plans presented in domestic policies, there is active research at the individual tree level with higher resolution, handling attribute information such as diameter at breast height (DBH), tree height, and the number of individuals more precisely.

To achieve climate change adaptation, the "3rd National Climate Change Adaptation Plan" serves as a major policy, accompanied by studies developing national climate

change risk diagnosis methods and the "Vulnerability Assessment Tool to build Climate Change Adaptation Plan (VESTAP)." According to these tools, green infrastructure elements like forests, green spaces, rooftop greening, and trees are proposed to respond to floods, heat waves, and ecosystem damage. For evaluating the current status of green infrastructure or planning, area unit information such as forest area, green space area per capita, and rooftop greening ratios are mainly utilized.

Research on climate change adaptation utilizing green infrastructure frequently addresses individual tree-level elements, in addition to area-unit elements like forests and green spaces. Detailed information such as DBH, tree height, tree species, and leaf area index of individual trees within green spaces is used. While policy analysis and planning are conducted at the local government level, quantitative results are also presented at street and individual tree levels.

Currently, domestic policies utilize green infrastructure information at the area unit level, such as the area of forests and green spaces within a unit area. In contrast, studies analyzing the effects of green infrastructure and proposing utilization plans present results based on individual tree-level information. This indicates that domestic policies are using relatively low-resolution green infrastructure information, and there are no policies utilizing high-resolution data or detailed attribute information. Therefore, to enhance the utilization of green infrastructure for achieving a carbon-neutral society, it is necessary to understand the current status of green infrastructure information in Korea and identify what information needs to be constructed in the future.

To grasp the current status of green infrastructure data construction in Korea, we analyzed public datasets likely to include green infrastructure elements. Ten types of data from the Public Data Portal and the Environmental Spatial Information Service were analyzed, including the Forest Type Map, Land Cover Map, Urban Ecological Status Map, Ecological and Natural Map, Vegetation Map, National Environmental Assessment Map, and Street Tree Data. We organized the green infrastructure elements and attribute information being constructed in each dataset, and summarized constructing and providing institutions, legal grounds, and construction scopes to identify necessary improvements for enhancing data quality and additional construction.

Our investigation revealed that most data are constructed on a national scale, but

datasets like the Urban Ecological Status Map, Aquatic Ecosystem Health Assessment Map, and Street Tree Data are mainly managed at the local government level. Data at the local level have limitations such as inconsistent construction across regions and irregular updating cycles. In contrast, nationally constructed data have legal enforcement, allowing for relatively systematic collection and updates under government management.

Most green infrastructure data are constructed at the area unit level due to the challenges of collecting individual tree-level information or utilizing high-resolution and 3D data across wide spatial ranges. However, some attribute information (e.g., DBH, tree species, tree height, age class, dominant species) is constructed as average values or statistical figures of individual trees within area units.

Data constructed at the local government level tend to include high-resolution information at the individual tree level. However, such data often rely on field surveys, resulting in inconsistent construction methods nationwide and sometimes lack regular updates.

In summary, significant green infrastructure information is included in datasets like the Urban Ecological Status Map, Ecological and Natural Map, Land Cover Map, and Forest Type Map. However, when comparing various data types defined in related laws, data construction for small-scale green infrastructure is relatively insufficient. Area-unit parks, green spaces, and forests are mainly constructed through land cover or ecological maps, and some attribute information is built at the area-unit individual tree level using the Urban Ecological Status Map and Ecological and Natural Map.

To achieve a carbon-neutral society, green infrastructure elements can be organized by scale as forests, urban forests, green spaces, residential areas, rooftop greening, wall greening, and trees. Among these, data at the level of green spaces and smaller are highly applicable for climate change mitigation and adaptation and are often suitable for urban implementation. However, current data construction in Korea is relatively lacking, necessitating the construction of data related to these elements in the future.

To prepare measures for producing and managing green infrastructure information, we analyzed related laws and systems. Approximately 12 laws pertain to green infrastructure, each defining different types from various perspectives.

Laws focusing on urban parks, green spaces, and gardens include the "Act on Urban Parks, Green Areas, etc.," the "Act on the Creation and Management of Urban Forests, etc.," the "Building Act," and the "Housing Act." These laws encompass not only the functions of green infrastructure but also roles in providing urban convenience and rest spaces. Laws treating green infrastructure as foundational facilities include the "National Land Planning and Utilization Act" and the "River Act," regulating elements like rivers, reservoirs, urban natural parks, parks, and green spaces for flood control. Additionally, the "Natural Environment Conservation Act" and the "Natural Parks Act" address green infrastructure as ecological landscapes and natural parks, covering both ecosystem conservation and infrastructural roles.

Comparing with the current status of data construction, the laws that handle underdeveloped but highly utilizable urban green infrastructure elements can be summarized as the "Building Act," the "Housing Act," the "Act on Urban Parks, Green Areas, etc.," and the "Act on the Creation and Management of Urban Forests, etc." The "Building Act" and "Housing Act" deal with elements like rooftop landscaping, wall greening, and landscaping facilities connected to buildings or within sites. The "Act on Urban Parks, Green Areas, etc." covers green infrastructure types like urban parks and park green spaces, classified as green spaces in existing data and research. The "Act on the Creation and Management of Urban Forests, etc." includes street trees alongside urban and living forests. From a data perspective, urban and living forests can be classified as green spaces or forests based on scale, while street trees can be categorized as individual tree data.

To determine the feasibility of constructing currently unbuilt green infrastructure data and identify the necessary technologies and foundational data, we reviewed previous studies on data collection. The analysis indicates that green infrastructure data can be classified by scale into 'national and urban units,' 'area units,' and 'individual tree units.' Technologies for constructing 'area unit' and 'individual tree unit' data—necessary for achieving a carbon-neutral society—utilize high-resolution images like aerial photographs and UAV images, 3D data like LiDAR, and street view images.

Area unit data apply to medium-scale green infrastructure types such as urban parks and green spaces. These data offer more detailed attributes than national and urban unit data, allowing high-quality construction using high-resolution and 3D data like

hyperspectral and LiDAR data. Key attributes include tree species, DBH, above-ground biomass, and carbon storage amount, collected using aircraft-based hyperspectral and LiDAR data, UAVs, and ground-based LiDAR sensors.

Individual tree unit data aim to precisely represent the locations and attributes of individual trees like street trees. Utilizing high-resolution techniques, these data analyze and collect detailed information such as tree locations, species, DBH, height, and crown size. Similar technologies to area unit data are used, including hyperspectral images, UAV images, and various LiDAR sensors. Additionally, methods employing Google Street View and image-based deep learning technologies are also applied.

Consequently, this study proposes the foundational direction for constructing a green infrastructure information system to achieve a carbon-neutral society, encompassing construction direction, promotion strategies, and tasks. We also suggest improvements to related laws and systems to ensure continuous production and management of green infrastructure information according to the system, and present a conceptual diagram of the green infrastructure information system.

Keywords :

Green Infrastructure, Information System, Carbon Neutral Society, Green Spaces, Trees

1. 약어표
 2. 그린인프라 데이터 속성정보 현황
 3. 그린인프라 데이터 수집기술 요약
 4. FGI 설명자료 및 서면자문 자료
-

1. 약어표

약어표

약어	약어 설명	뜻
ALS	Airborne Laser Scanning	항공탑재 LiDAR 센서기반 취득 데이터
CHM	Canopy Height Model	수관높이모델
CNN	Convolutional Neural Network	인간의 신경 구조와 유사하게 제작된 딥러닝 신경망 아키텍처 모델로 특히 시각적 데이터의 처리에 특화되어 있음
CWD	Coarse Woody Debris	산림 목재 파편
DTM	Digital Terrain Model	수치지형모델
GEDl	Global Ecosystem Dynamics Investigation	국제우주정거장에 장착되어 운영되고 있는 NASA의 위성 LiDAR 미션
GSV	Google Street View	구글 지도에서 확인 가능한 스트리트 뷰 이미지 자료
ITD	Individual Tree Detection	개별 수목 탐지
LAI	Leaf Area Index	엽면적지수
LiDAR	Light Detection and Ranging	LiDAR 센서
MLS	Mobile Laser Scanning	이동형 지상 LiDAR 센서기반 취득 데이터
PAI	Plant Area Index	식생면적지수
PCA	Principal Component Analysis	요인분석
PGVI	Panoramic Green View Index	파노라마 이미지에서 확인되는 녹시율
RMSE	Root Mean Square Error	평균 제곱근 오차
TLS	Terrestrial Laser Scanning	고정형 지상 LiDAR 센서기반 취득 데이터
UAV	Unmanned Aerial Vehicle	무인항공기
YOLO	You Only Look Once	CNN 기반의 컴퓨터 비전 객체 탐지 및 분류 딥러닝 모델로 v9 ('24.02. 공개) 까지의 버전이 존재

2. 그린인프라 데이터 속성정보 현황

1) 임상도

임상도의 속성정보 구분기준 및 코드

속성정보	속성값	코드	구분기준
토지이용	입목지	1	산림의 정의에 따른 구분
	무림목지	2	미림목지, 제지
	비산림	0	산림이외의 지역과 산림으로 둘러싸여 있는 초지, 경작지, 하천, 과수원, 기타
임종	인공림	1	조림이나 파종 등에 의해 인위적으로 형성된 산림
	천연림	2	인간의 간섭을 받지 않고 자연적으로 형성된 산림
	-	0	산림의 구분이 무림목지/비산림인 경우
임상	침엽수림	1	침엽수의 수관 점유면적이 75% 이상
	활엽수림	2	활엽수의 수관 점유면적이 75% 이상
	혼효림	3	침엽이 25% 이상, 75% 미만인 임분
	죽림	4	대나무림
	-	0	산림의 구분이 무림목지/비산림인 경우
수종	소나무	11	소나무
	잣나무	12	잣나무, 섬잣, 눈잣, 스트로브잣
	낙엽송	13	잎갈나무, 일본잎갈
	리기다소나무	14	리기다, 리기테다, 방크스
	곰솔	15	곰솔(해송)
	잔나무	16	전나무, 구상, 분비
	편백나무	17	편백, 화백
	삼나무	18	삼나무, 낙우송, 메타세콰이어
	가분비나무	19	독일가문비, 종비나무
	비자나무	20	비자나무, 개비자나무
	은행나무	21	은행나무

속성정보	속성값	코드	구분기준
	기타침엽수	10	상기수종 외 기타 침엽수류
	상수리나무	31	상수리나무
	신갈나무	32	신갈나무
	굴참나무	33	굴참나무
	기타 참나무류	34	갈참나무, 떡갈나무, 졸참나무 등
	오리나무	35	오리나무, 물오리, 사방오리
	고로쇠나무	36	고로쇠나무
	자작나무	37	자작나무, 거제수나무
	박달나무	38	박달나무, 개박달, 물박달
	밤나무	39	밤나무
	물푸레나무	40	물푸레나무, 들메나무
	서어나무	41	서어나무, 개서어나무
	때죽나무	42	때죽나무, 쪽동백나무
	호두나무	43	호두나무, 가래나무
	백합나무	44	백합나무
	포플러	45	미루나무, 은사시, 이태리포플러, 수원사시
	벚나무	46	벚나무, 양벚, 산벚, 꽃벚, 왕벚
	느티나무	47	느티나무
	층층나무	48	층층나무, 곰의말채, 말채나무
	아까시나무	49	아까시나무
	기타활엽수	30	상기수종 외 기타 낙엽 활엽수류
	가시나무	61	가시나무, 붉가시, 종가시, 참가시, 개가시
	구실잣밤나무	62	구실잣밤나무
	녹나무	63	녹나무
	굴거리나무	64	굴거리나무
	황칠나무	65	황칠나무
	사스레피나무	66	사스레나무
	후박나무	67	후박나무
	새덕이	68	새덕이, 참식나무, 생달
	기타상록활엽수	60	상기수종 외 기타 상록 활엽수류
	침활훈효림	77	침활훈효림
	죽림	78	모든종류의 죽림
	미립목지	81	일시적으로 임목이 제거된 산림

속성정보	속성값	코드	구분기준
	제지	82	임도, 암석지, 묘지 등
	관목덤불	83	관목덤불
	주거지	91	주거지
	초지	92	초지
	경작지	93	경작지
	수체	94	수체
	과수원	95	과수원
	기타	99	기타
경급	치수	0	흉고직경 6cm 미만 입목의 수관점유면적 비율이 51% 이상
	소경목	1	흉고직경 6cm 이상, 18cm 미만 입목의 수관점유면적 비율이 51% 이상
	중경목	2	흉고직경 18cm 이상 30cm 미만 입목의 수관점유면적 비율이 51% 이상
	대경목	3	흉고직경 30cm 이상의 입목의 수관점유면적 비율이 51% 이상
영급	1영급	1	1~10년생의 수관점유 비율이 50%이상
	2영급	2	11~20년생의 수관점유 비율이 50%이상
	3영급	3	21~30년생의 수관점유 비율이 50%이상
	4영급	4	31~40년생의 수관점유 비율이 50%이상
	5영급	5	41~50년생의 수관점유 비율이 50%이상
	6영급	6	51~60년생의 수관점유 비율이 50%이상(25,000 임상도에서는 51년생 입목의 수관점유비율이 50% 이상인 임분의 의미로 사용)
	7영급	7	61~70년생의 수관점유 비율이 50%이상
	8영급	8	71~80년생의 수관점유 비율이 50%이상
	9영급	9	81년생 이상의 수관점유 비율이 50%이상
밀도	소	A	교목의 수관점유 면적이 50% 이하인 임분
	중	B	교목의 수관점유 면적이 51%~70% 이하인 임분
	밀	C	교목의 수관점유 면적이 71% 이상인 임분
임분고	00	0	임분고 1m 미만
	02	2	임분고 1m 이상 3m미만
	04	4	임분고 3m 이상 5m미만
	06	6	임분고 5m 이상 7m미만
	08	8	임분고 7m 이상 9m미만
	10	10	임분고 9m 이상 11m미만
	12	12	임분고 11m 이상 13m미만

속성정보	속성값	코드	구분기준
	14	14	임분고 13m 이상 15m미만
	16	16	임분고 15m 이상 17m미만
	18	18	임분고 17m 이상 19m미만
	20	20	임분고 19m 이상 21m미만
	22	22	임분고 21m 이상 23m미만
	24	24	임분고 23m 이상 25m미만
	26	26	임분고 25m 이상 27m미만
	28	28	임분고 27m 이상 29m미만
	30	30	임분고 29m 이상 31m미만
	32	32	임분고 31m 이상 33m미만
	34	34	임분고 33m 이상 35m미만
	36	36	임분고 35m 이상 37m미만
	38	38	임분고 37m 이상 39m미만
	40	40	임분고 39m 이상

출처: 조현국외. (2012). 디지털 항공영상을 이용한 대축척 임상도 제작 및 갱신방법 개발'을 이용하여 재편집

2) 토지피복지도

토지피복지도의 분류항목별 분류기준 및 코드

속성정보(코드)			분류기준
대분류	중분류	세분류	
시가화·건조 지역(100)	주거지역 (110)	단독주거시설 (111)	- 아파트, 연립, 빌라를 제외한 모든 단독주거시설을 포함 - 주거/상업/공업시설이 혼합된 지역은 혼합지역으로 분류 - 생가, 고택(종가, 종택), 별장 등을 포함 - 신당(굿당, 당산, 산신각, 개당 등) 및 고택 내 사당 등을 포함
		공동주거시설 (112)	- 아파트, 연립, 빌라를 모두 포함 - 아파트 단지 내의 개개의 건물만 공동주거시설로 분류하고, 그 외의 부분은 각 항목에 맞도록 구분하여 분류 - 단지 내 상가 등 부대 상업시설은 상업·업무시설로 분류 - 관리사무소, 노인정, 경비실은 공동주거시설에 포함
	공업지역 (120)	공업시설 (121)	- 농업, 임업, 수산업 등 1차산업에서 얻어진 생산물을 원료로 인간생활에 필요한 여러 생산물을 가공·생산하는 산업시설 및 건물을 포함 - 수로, 관개용수시설, 발전용수, 유류 및 가스 등의 수송을 위한 수송관을 포함 - 주거·상업·공업시설이 혼합된 아파트형 공장의 경우 혼합지역으로 분류

속성정보(코드)			분류기준
대분류	중분류	세분류	
	상업지역 (130)		공업지역 내의 기숙사는 공동주거시설, 상가는 상업·업무시설로 분류
		상업·업무시설 (131)	- 상품의 도·소매 등 매매업이 주를 이루는 지역으로 상가 및 시장이 위치한 지역과 사무빌딩 등 업무 시설이 주를 이루는 지역을 포함 - 주거/상업/공업이 혼합된 지역은 혼합지역으로 분류 - 판매 및 영업, 업무, 창고, 숙박시설, 주유소·가스충전소·저유소를 포함 - 단란주점, 유흥주점, 유원시설업의 시설, 무도장, 카지노 영업소 등을 포함 - 단체, 협회, 휴게소, 터미널(버스터미널, 화물터미널 등)을 포함 - 역(역사, 플랫폼), 원형 기관차고, 정비시설, 전차·조차장 및 기타부지를 포함
		혼합지역 (132)	주거/상업·업무/공업 시설이 혼합된 지역
	문화·체육·휴양지역 (140)	문화·체육·휴양시설 (141)	- 놀이공원, 리조트, 체육공원, 펜션 등의 휴양시설을 포함 - 운동장, 경마장, 경륜장, 자동차 경주장, 경정장 등 경기장 시설을 포함 - 영화, 드라마 등을 찍고 만드는데에 필요한 설비를 갖춘 곳을 포함 - 청소년 수련원, 야영장, 쉼터, 대피소, 휴양림 등을 포함 - 휴양지 내에 위치한 호텔, 모텔 등의 숙박시설을 포함 - 공연시설(공연장, 연극극장, 음악당 포함, 영화상영관 제외), 전시시설(박물관, 미술관, 기념관, 전시관, 화랑 등)을 포함 - 문화회관(문화센터), 낚시터, 승마클럽, 전망대, 케이블카, 영어마을 등을 포함 - 골프연습장(실내, 실외), 골프클럽 내 시설(클럽하우스 등) 포함 - 골프연습장 그물망은 주차장인 경우 도로, 그 외에는 문화체육휴양시설로 분류 - 인공폭포, 분수대 등을 포함
	교통지역 (150)	공항 (151)	- 여객·화물의 항공운송에 필요한 시설로 격납고, 승강장, 관제시설 등 부대시설을 포함 - 활주로의 경우 도로로 분류하고 활주로 주변의 초지, 나지 등은 최소 분류 기준에 따라 각각의 항목으로 분류
		항만 (152)	- 선박의 정박과 물품의 하역 시설 및 부지 - 화물의 내륙수송을 위한 항구내의 철로와 보관을 위한 창고시설을 포함 - 방파제 및 방조제를 포함
		철도 (153)	- 선로, 고가철로, 지선을 포함 - 역(역사, 플랫폼), 원형 기관차고, 정비시설, 전차·조차장 및 기타부지는 상업업무시설로 분류 - 선로 사이의 초지, 나지 등은 최소분류 기준에 따라 각각의 항목으로 분류
		도로 (154)	- 영상에서 시각적으로 판독이 가능한 불투수성(아스팔트(아스콘), 콘크리트(시멘트), 우레탄) 도로 및 교량 을 포함하며, 길이 3m 이하의 도로는 생략이 가능 - 입체교차로를 포함하며, 입체 교차로 내 초지는 기타초지로 분류 - 휴게소는 상업·업무지역에 포함 - 건설 중인 도로가 콘크리트인 경우에는 도로로 분류하고, 나지인 경우 기타 나지로 분류 - 도로의 분리대 및 주차장의 경우 도로로 포함
		기타 교통·통신시설 (155)	- 헬기 이·착륙장, 텔레비전 또는 라디오 송·수신시설을 포함 - 공항, 항만, 철도, 도로항목에 포함되지 않는 교통·통신시설 등을 포함 - 기타 교통 시설 : 톨게이트(요금징수소) - 기타 통신 시설 : 방송국, 송신소, 기지국, 지구국 등 통신 관련 시설로 위성중계기, 송신탑 등의 부대시설을 포함함

속성정보(코드)			분류기준
대분류	중분류	세분류	
	공공시설지역 (160)	환경기초시설 (161)	- 환경오염물질 등으로 인한 자연환경 및 생활환경에 대한 위해를 사전에 예방·저감하거나 환경오염물질의 적정처리 또는 폐기물 등의 재활용을 위한 시설·기계·기구 기타 물체 등이 설치된 시설 - 환경오염방지시설, 마을하수도 및 하수종말처리시설, 폐수종말처리시설, 오수처리시설, 단독정화조, 축산폐수처리시설, 분뇨처리시설, 축산폐수공공처리시설, 재활용시설, 폐기물처리시설, 취수시설 및 정수시설, 펌프장, 가압장, 폐차장, 저류시설 등을 포함
		교육행정시설 (162)	- 유치원, 초·중·고·대학교 등 모든 교육시설 - 특수학교, 고등기술학교, 공민학교, 각종학교(중·고·대학 수준) 등 교육부 인가 학교 포함 - 행정업무를 담당하는 정부청사, 시·도청, 시·군·구청, 읍·면·동사무소 - 학교 내 기숙사(공동주거지역), 운동장(문화체육휴양시설) 을 제외한 나머지 시설물은 교육·행정시설로 분류
		기타 공공시설 (163)	- 환경기초시설, 교육·행정시설에 포함되지 않은 공공시설지역 - 모든 댐, 발전시설(발전소, 정류소, 변전소, 수문, 급전소, 송전탑, 태양열집열판 등)과 부대시설을 포함 - 길이 50m 이상의 불투수포장재로 되어 있는 제방(콘크리트, 도색 등)을 포함 - 제방이 나지, 초지 등으로 되어 있는 경우 각각 분류항목에 따라 분류 - 교도소, 수용소등의 교정시설과 군사시설을 포함 - 종교시설(절, 교회 등) 또는 사적지이면서, 영상으로 판독이 가능한 경우 - 문화유적(고궁, 궁, 서당, 사당, 제단, 제실, 석탑 등) 을 포함 - 농민상담소, 농업인건강관리실, 농업인건강안전정보센터를 포함 - 연수원, 교육원, 연구소, 인재개발원, 배양실, 강우관측소 등을 포함 - 폴리텍대학, 직업훈련기관(직업전문학교) 등 고용노동부 산하·지정 기관 포함
농업지역 (200)	논(210)	경지정리가 된 논(211)	- 물을 이용하여 벼를 재배하는 경지정리가 된 토지로 미나리와 같이 물속에서 자라는 토지를 포함 - 현재 논농사는 짓고 있지 않으나 경지정리 중인 논을 포함 - 농로는 최소분류기준에 따라 폭 3m이상을 분류하고 불투수성인 경우 도로, 투수성인 경우 기타나지로 분류 - 폭 3m 이상의 구거는 구조물화 된 경우 기타공공시설(163)로 분류하고 비고란에 "구거"로 입력, 구조물화 되지 않은 경우, 내륙습지(511)로 분류하고 비고란에 "구거"로 입력
		경지정리가 안 된 논(212)	- 물을 이용하여 벼를 재배하는 경지정리가 안 된 토지를 포함 - 산간지방에 위치하여 과거 수년간 농사를 짓지 않아 지목 상 농경지(농어촌정비법 제2조 제9호의 규정에 의한 한계농지 등)나 황폐화된 곳은 피복 특성에 따라 자연초지 및 기타 나지로 분류
	밭(220)	경지정리가 된 밭(221)	- 물을 대지 않고 벼 이외의 작물을 재배하는 경지정리가 된 토지로 보통작물인 무, 배추, 시금치 등의 채소와 특수작물을 재배하는 지역을 포함 - 농로는 최소분류기준에 따라 폭 3m이상을 분류하고 불투수성인 경우 도로, 투수성인 경우 기타나지로 분류
		경지정리가 안 된 밭(222)	- 물을 대지 않고 벼 이외의 작물을 재배하는 경지정리가 안 된 토지를 포함 - 농로는 최소분류기준에 따라 폭 3m이상을 분류하고 불투수성인 경우 도로, 투수성인 경우 기타나지로 분류
	시설재배지 (230)	시설재배지 (231)	- 비닐 또는 유리, 철제 등 시설로 된 재배지 - 시설 내 버섯재배지, 육묘공장(모판재배지) 등을 포함

속성정보(코드)			분류기준	
대분류	중분류	세분류		
			• 뼈대만 설치된 하우스의 경우 밭으로 분류	
	과수원(240)	과수원(241)	• 사과, 배, 감, 복숭아, 포도, 감귤 등의 과수를 재배하는 토지	
	기타재배지(250)	목장양식장(251)	• 축산과 낙농을 위해 사용하는 시설로 목장·농장·농원·방목장을 모두 포함 • 생산을 위한 시설물(부화장, 양계장, 양봉장, 곤충재배, 견사, 양식장 등) 및 부대시설을 포함 • 방목장에 초지가 있는 곳으로 그 면적이 10m x 10m 이상인 곳은 기타초지로 분류	
		기타재배지(252)	• 정원수 및 가로수 등의 시설 식재를 위한 토지로 원예·조경재배지·묘포원을 포함	
산림지역(300)	활엽수림(310)	활엽수림(311)	• 활엽수림이 전체 임분 면적의 75% 이상을 차지하는 산림	• 공통1 : 산림 내 초지(묘지 포함), 나지, 암벽 등 각 분류 항목은 최소분류 기준 50m x 50m에 따라 분류 • 공통2 : 벌채지는 벌채(간벌)후 조림이 되어 10%미만의 임목이 있는 경우 자연초지, 10% 이상의 임목이 있는 경우에는 침·활·혼효림, 개간되어 임목이 없는 경우에는 기타나지(623)로 분류 • 공통3 : 임도의 경우 최소분류기준에 따라 폭 3m 이상을 분류하고 불투수성인 경우 도로, 투수성인 경우 기타나지로 분류 • 비고 : 산림지역의 침·활·혼 구분은 중앙부처에서 제작·배포중인 산림주제도를 준용함
	침엽수림(320)	침엽수림(321)	• 침엽수림이 전체 임분 면적의 75% 이상을 차지하는 산림	
	혼효림(330)	혼효림(331)	• 활엽수 임분과 침엽수 임분이 혼재되어 있으며, 전체 면적 중에 활엽수 임분 75%이하, 침엽수 임분이 75%이하인 산림	
초지(400)	자연초지(410)	자연초지(411)	• 자연적으로 발생한 초지(산 정상, 능선부의 역새 발, 하천 및 산림에 접한 주변부 초지 등)지역을 모두 포함 • 전체 초지면적 중 10% 미만의 임목이 있는 경우 자연초지로 분류 • 하천 주변의 자연초지는 제방이 있을 경우 내부는 내륙습지, 외부는 자연초지로 분류	
	인공초지(420)	골프장(421)	• 골프장 코스 내의 인공적으로 조성한 초지 • 골프장 내 시설(클럽하우스 등)은 문화·체육·휴양시설로, 벙커는 기타나지로 분류 • 골프장 내의 초지, 호소, 도로, 하천 등은 각 분류항목별로 분류	
		묘지(422)	• 묘지 내의 인공적으로 조성한 초지를 모두 포함 • 묘지관리시설, 화장장의 경우 기타 공공시설지역으로 분류	
		기타초지(423)	• 사료작물재배지, 인터체인지 안쪽, 도로의 절토부분 및 공사지역의 사면이 경사 거리 50m 이상이며, 초지로 조성하여 안정된 경우 등을 포함 • 농장·농원·목장·방목장의 시설지 이외의 초지 및 가로수를 포함 • 도로 및 아파트 주변의 완충 녹지※(또는 경관녹지)로 조성된 초지를 포함 • 초지로 조성된 스키장 슬로프를 포함	
습지(500)	내륙습지(510)	내륙습지(511)	• 비산림지역으로 항상 습해 있고 우기에는 물이 고이는 지역 • 육지 또는 섬안에 있는 호(湖) 또는 소(沼)와 하구(河口) 등의 지역(습지보전법 제 2조 참조) • 제방내부의 식생이 있는 지역 • 제방내부의 물이 있는 지역은 하천, 초본류가 있는 지역은 내륙습지, 땅이 드러난 지역은 강기슭으로 분류 • 제방외부의 초본류가 있는 지역 중 자연적으로 발생한 것은 자연초지, 인공적으로 조성한 것은 기타초지로 분류 • 산간지역에 분포하는 산지습지 • 구조물화 되지 않은 폭 3m 이상의 구거	

속성정보(코드)			분류기준
대분류	중분류	세분류	
	연안습지 (520)	갯벌(521)	• 만조 시에 수위선과 지면이 접하는 경계선으로부터 간조 시에 수위선과 지면이 접하는 경계선까지의 지역
		염전(522)	• 소금을 만들기 위해 바닷물을 끌어 들어 논처럼 만든 지역 • 염전 내의 부대시설은 상업·업무지역으로 분류
나지(600)	자연나지 (610)	해변(611)	• 만조 시 해안의 수애선에서 갯벌 및 해안 백사장의 육지쪽 경계까지 포함
		강기슭(612)	• 유수가 흐르는 곳 외에 강의 제방 안쪽으로 모래나 자갈이 노출된 토지
		암벽·바위 (613)	• 암석이 노출된 암벽과 바위를 모두 포함
	인공나지 (620)	채광지역 (621)	• 광산, 채석장, 기타 광물질 채취장의 인공적으로 조성된 나지를 포함 • 채광지역 내 부대시설(물 저장소 등)은 공업지역으로 분류
		운동장(622)	• 체육을 하기 위해 만들어진 큰 마당으로 나지로 된 모든 운동장을 포함 • 운동장이 초지인 경우 기타초지, 인공잔디, 우레탄으로 된 경우 문화체육휴양시설로 분류
		기타나지 (623)	• 인공적으로 조성된 나지로, 채광지역 및 운동장을 제외한 지역 • 토사로 된 절성토면의 경우 기타나지 항목으로 분류 • 공사로 인한 나지를 포함 • 벌채 등으로 인한 산림 내 나지를 포함 • 비포장도로 포함
수역(700)	내륙수(710)	하천(711)	• 하천 제방 내의 물이 흐르는 곳 • 영상자료의 촬영시점을 기준으로 물이 흐르는 지역을 분류 • 하천과 호소의 경계는 시설물을 기준으로 하며, 시설물이 없을 경우 수치지형도의 호수/저수지 레이어를 활용
		호소(712)	• 자연호수와 인공적으로 설치한 저수지 등을 말하며 물이 있는 수면 • 영상자료의 촬영시점을 기준으로 물이 있는 지역을 분류 • 하천과 호소의 경계는 시설물을 기준으로 하며, 시설물이 없을 경우 수치지형도의 호수/저수지 레이어를 활용 • 만수위 구역 안의 물과 토지 • 댐·보 또는 제방 등을 쌓아 하천 또는 계곡에 흐르는 물을 가두어 놓은 곳, 하천에 흐르는 물이 자연적으로 가두어진 곳, 화산활동 등으로 인하여 함몰된 지역에 물이 가두어진 곳을 모두 포함(수질및수생태보전에 관한법률 제2조의 정의 참조)
	해양수(720)	해양수(721)	• 해안선으로 구획되는 바다의 부분으로, 영상자료의 촬영시점을 기준으로 물이 있는 지역을 포함 • 내륙수와 해양수의 경계는 폭 1해리(1,850m)미만의 하천 후미를 가로 지르는 일직선에서 해양 쪽을 의미 • 하구둑이나 방조제가 있는 경우 그 시설을 경계로 함

출처: 「토지피복지도 작성 지침」을 활용하여 재편집

3) 도시생태현황지도

비오톱 유형화 분류 기준 및 해당 코드

구분	대분류	중분류	분류기준
시가지 비오톱	주거지 (01)	도시단독주택지(0101)	• 도시에 입지한 단독주택지 비오톱
		농촌단독주택지(0102)	• 기와주택, 농가주택, 개량주택, 전원주택 등 농촌지역에 입지한 단독주택 비오톱
		저층공동주택지(0103)	• 5층 이하의 다세대 주택 비오톱
		중층공동주택지(0104)	• 6층 이상 14층 이하의 다세대 주택 비오톱
		고층공동주택지(0105)	• 15층 이상의 다세대 주택 비오톱
	상업 업무지 (02)	저층상업업무지(0201)	• 3층 이하의 상업 및 업무지 비오톱
		중층상업업무지(0202)	• 4~14층의 상업 및 업무지 비오톱
		고층상업업무지(0203)	• 15층 이상의 상업 및 업무지 비오톱
	주상 혼합지 (03)	저층주상혼합지(0301)	• 3층 이하의 주거와 상업 및 업무지가 혼합된 비오톱
		중층주상혼합지(0302)	• 4~14층의 주거와 상업 및 업무지가 혼합된 비오톱
		고층주상혼합지(0303)	• 15층 이상의 주거와 상업 및 업무지가 혼합된 비오톱
	공공 용도지 (04)	교육기관(0401)	• 초등학교, 중등학교, 고등학교, 대학교 캠퍼스 등 교육기관 비오톱
		행정 및 공공기관(0402)	• 행정, 연구, 복지 등을 목적으로 하는 기관이 입지한 비오톱
		병원 및 요양기관(0403)	• 병원 및 요양을 목적으로 하는 시설이 입지한 비오톱
		대규모 운동시설지(0404)	• 대규모 면적의 운동장, 체육시설이 입지한 비오톱
	공업지(05)	대규모 공장(0501)	• 대규모 면적의 공업지가 입지한 비오톱
		소규모 공장(0502)	• 소규모 면적의 공업지가 입지한 비오톱
		창고(0503)	• 경작기, 공장지대 주변 물건보관을 위해 조성한 창고 비오톱
	공급처리 시설지(06)	물관련시설지(0601)	• 배수지, 정수장, 유수지 등 물관련 공급처리시설 비오톱
		폐기물관련시설지(0602)	• 매립지, 집하장 등 폐기물 처리와 관련된 시설 비오톱
		에너지관련시설지(0603)	• 발전소, 송전소, 배전소 등 에너지 공급과 관련된 시설 비오톱
		통신관련시설지(0604)	• 통신을 위해 조성된 시설 비오톱
	교통 시설지 (07)	도로(0701)	• 2차선(폭 8m) 이상의 차량이 운행과 관련된 비오톱
		주차장(0702)	• 비건폐 포장지로 구성된 주차장 비오톱
		철도(0703)	• 철도, 역사 등 열차의 운행과 관련된 비오톱
		항만(0704)	• 선박의 운항을 목적으로 이용되는 부지 및 부속시설 비오톱
		공항(0705)	• 항공기 운항을 목적으로 이용되는 부지 및 부속시설 비오톱
		교통관련	• 기타 교통과 관련된 부속시설 비오톱

		부속시설지(0706)	
녹지 비오톱	특수지(08)	군사시설(0801)	• 군사시설지 및 유사시설이 입지한 비오톱
		공사현장(0802)	• 현재 공사가 진행중인 비오톱
		야적장(0803)	• 건축자재 및 기타 물건이 대규모로 적치된 비오톱
		조사 불가능지(0804)	• 안전 및 보안상의 이유로 일반인의 통행이 금지되어 조사가 불가능한 지역
	하천(09)	자연 하천(0901)	• 하안이 자연적으로 형성된 하천 비오톱
		자연형 하천(0902)	• 하안이 돌망태, 식생매트 등 자연재료를 이용해 정비된 하천 비오톱
		인공형 하천(0903)	• 하안이 콘크리트 호안블록 등의 인공재료를 정비된 하천 비오톱
		소하천(0904)	• 폭 8m 미만의 소규모 하천 비오톱
		농수로(0905)	• 논 경작지 일대 물 공급을 위해 조성한 수로 비오톱
	호소 및 습지 (10)	자연습지(1001)	• 자연적으로 형성된 습지 비오톱
		인공습지(1002)	• 물막이, 터파기 등을 통해 인위적으로 조성한 습지 비오톱
	해안(11)	자연해안(1101)	• 갯벌, 암반, 사구, 염습지 등 자연적으로 형성된 해안 비오톱
		인공해안(1102)	• 염전, 폐염전 등 인위적으로 형성된 해안 비오톱
		해안구조물(1103)	• 방파제, 해안제방 등 인위적으로 조성된 구조물 비오톱
	산림(12)	자연림(1201)	• 자연적으로 형성된 식생의 산림 비오톱
		자연-인공림(1202)	• 자연적으로 형성된 식생과 인위적으로 식재된 식생이 혼효된 산림 비오톱
		인공림(1203)	• 인위적으로 식재된 식생의 산림 비오톱
		관목식생지(1204)	• 산림 훼손지 또는 주변부에 관목이 발생한 산림 비오톱
		벌채 및 훼손지(1205)	• 벌채, 산사태 등으로 인해 훼손이 발생한 산림 비오톱
		마을숲(1206)	• 마을 입구 또는 해안가에 방풍 또는 비보를 목적으로 조성한 숲 비오톱
		암석노출지(1207)	• 식생 및 토양이 없이 암석이 노출된 산림 비오톱
	초지 (13)	자연초지(1301)	• 자연적으로 형성된 초지 비오톱
		인공초지(1302)	• 인위적으로 초본을 식재해 형성된 초지 비오톱
	경작지(14)	습윤지성 경작지(1401)	• 논, 미나리밭 등 물이 상시 고여있는 경작지 비오톱
		건조지성 경작지(1402)	• 토양이 상시 드러나 있는 경작지 비오톱
	조성녹지 (15)	자연식생이 있는 공원녹지 (1501)	• 산림 자연식생이 포함된 공원녹지 비오톱
		인위적으로 조성된 공원녹지(1502)	• 인위적으로 수목을 식재하여 조성한 공원녹지 비오톱
		시설형 조성녹지(1503)	• 공학적, 건축적 목적으로 조성한 조성녹지 비오톱
	나지 및 폐허지(16)	도시유희지(1601)	• 도시에 방치된 유희지 비오톱
		농촌유희지(1602)	• 농촌지역에 방치된 유희지 비오톱
		채광지(1603)	• 광산 또는 관련 시설 비오톱

출처: 「도시생태현황지도의 작성방법에 관한 지침」을 활용하여 재편집

4) 생태·자연도

생태·자연도 등급 평가기준

구분	식생	멸종위기 야생생물	습지	지형
1등급	식생보전등급 I·II등급에 해당하는 지역	- 멸종위기 야생생물 I·II급 종이 서식하거나 생태통로로 이용하는 지역 (주거지, 시가지 등을 포함한 개발지 및 농경지 제외)	- 멸종위기 야생생물 중 동물이 2종 이상 번식하거나 생육장인 자연습지 - 최근 5년간 철새가 2만 마리 이상 도래하면서 멸종위기야생생물 조류가 평균 4종이상 도래하는 철새도래지 내 습지 - 어류가 20종 이상 서식하는 자연호소(외래 및 도입 어류는 제외) - 인공적인 변형이 없는 자연 하천습지로서 다음에 해당하는 경우 - 하도 내 수생식물 또는 목본류 등의 식생이 정착한 퇴적지형 - 하도 내 식생이 정착하지 않은 하중도, 포인트바, 여울 등의 퇴적지형 - 하천의 배후 충적지 중 수생식물 또는 목본류 등의 식생이 정착한 퇴적지형 - 하천의 배후 충적지 가운데 식생이 정착하지 않은 퇴적지형 - 과거에는 하천이었다가 유로의 절단, 구조운동 등의 결과로 현재는 우각호 형태를 띠고 있으면서 수생식물이 정착한 구하도 - 산지습지의 경우 멸종위기 야생생물 I 급 종이 1종 이상 또는 II급 종이 2종 이상 서식하는 산지습지 - 회유성 어류의 이동통로·산란장인 자연하천 - 습지 중 하천을 1등급 권역으로 작성하는 경우 대상지로부터 상류 500m와 하류 500m, 하천양안의 경계로부터 100m 이내 지역 및 하도 내의 퇴적지형(주거지나 농경지가 아니면서 제방 안쪽에 형성된 포인트바, 여울, 하중도 등), 습지 중 호소, 저수지, 하구, 산지습지 등을 1등급 권역으로 작성하는 경우 습지 경계로부터 100m 이내 지역 - 하천 양안 경계지역은 식생보전등급 I 등급에서 IV등급 또는 임상도 2등급 이상 지역으로 제한 - 최근 5년간 철새가 2만 마리 이상 도래하면서 멸종위기야생생물 조류가 평균 4종이상 도래하는 철새도래지 내 습지 제외 - 철새동시센서스 보고서를 이용하여 습지를 평가하는 경우, 전문가의 현지조사 또는 서식지 적합성 평가에 따라 평가권역을 소권역 등으로 세분하여 조정이 가능함	지형보전등급이 I 등급인 지역(주거지, 시가지 등을 포함한 개발지 및 농경지 제외)
2등급	- 식생보전등급 III·IV등급에 해당하는 지역 - 식생 조사가 안 된 지역의 경우 임상도 2등급 이상 지역		- 멸종위기 야생생물이 2~5종 서식하고 있는 습지 - 최근 5년간 철새가 5천 마리 이상 도래하면서 멸종위기 야생생물인 조류가 평균 2종 이상 도래하는 철새도래지 내 습지 - 어류가 11~19종 서식하는 자연호소(외래 및 도입 어류는 제외) - 멸종위기 야생생물이 1종 서식하는 산지습지 - 습지 중 하천을 2등급 권역으로 작성하는 경우 대상지로부터 상류 500m와 하류 500m, 하천양안의 경계로부터 100m 이내 지역 및 하도 내의 퇴적지형(하도 내의 퇴적지형은 주거지나 농경지가 아니면서 제방 안쪽에 형성된 포인트바, 여울, 하중도 등), 습지 중 호소, 저수지, 하구, 산지습지 등을 2등급 권역으로 작성하는 경우 습지 경계로부터 100m 이내 지역	지형보전등급이 II 등급인 지역(주거지, 시가지 등을 포함한 개발지 및 농경지 제외)

구분	식생	멸종위기 야생생물	습지	지형
			1) 하천 양안 경계지역은 식생보전등급 I 등급에서 IV등급 또는 임상도 2등급 이상 지역으로 제한 2) 최근 5년간 철새가 2만 마리 이상 도래하면서 멸종위기야생생물 조류가 평균 4종이상 도래하는 철새도래지 내 습지 제외	
3등급	• 생태·자연도 1등급 권역, 2등급 권역 및 별도관리지역을 제외한 지역			
별도 관리 지역	• 산림보호구역, 자연공원, 천연기념물로 지정된 구역(보호구역 포함), 야생생물 특별보호구역, 야생생물 보호구역, 수자원보호구역(해안지역 제외), 습지보호지역(연안습지보호지역 제외), 백두대간보호지역, 생태·경관보전지역, 시·도 생태·경관보전지역			

출처: 「생태·자연도 작성지침」을 바탕으로 재편집

5) 토양도

토양도의 속성정보 및 속성값

구분	속성정보	속성값
단면특성	구조	없음, 약입상, 보통입상, 약반각괴상, 보통반각괴상, 강반각괴상, 약각괴상, 보통각괴상, 강각괴상, 약각주상, 보통각주상, 강각주상, 약판상, 보통판상, 보통원주상, 기타
	경사	0-2%, 2-7%, 7-15%, 15-30% 30-60% 60-100%, 기타
	모암(모재)	산성암, 중성암, 염기성암, 퇴적암, 변성암, 화산회, 제3기층, 제4기층, 기타
	배수등급	매우양호, 양호, 약간양호, 약간불량, 불량, 매우불량, 기타
	심토도성	사질, 사양질, 미사사양질, 식양질, 미사식양질, 식질, 역질, 사력질, 기타
	심토토색	갈색, 농암갈색, 농암회갈색, 농암회색, 담갈색, 명갈색, 명올리브회색, 명청회색, 명황갈색, 백색, 암갈색, 암적갈색, 암적색, 암적회색, 암황갈색, 암회갈색, 암회색, 올리브갈색, 올리브회색, 적갈색, 적색, 진갈색, 황갈색, 황적색, 회갈색, 회색, 흑색, 기타
	심토주토색	갈색, 적색, 백색, 회색, 흑색, 기타
	심토자갈함량	<10, 10-35, >35, 기타
	유효토심	<25, 25-50, 50-100, >100
	침식등급	없음, 있음, 심함, 매우심함, 기타
	표토도성	양질조사토, 양질세사토, 양질사토, 세사양토, 사양토, 양토, 식양토, 미사질양토, 미사질식양토, 기타
	표토자갈함량	자갈이없음, 자갈이있음, 잔자갈이있음 잔돌이있음, 돌이있음 돌과동근바위가있음, 동근바위가있음, 바위가있음, 바위가많음, 기타
토양지형	분포지형	산악지, 구릉지, 산록경사지, 곡간지, 선상지, 홍적대지, 하성평탄지, 하해혼성평탄지, 용암류대지, 분석구, 기타
	퇴적양식	충적층, 홍적층, 충적봉적층, 봉적층, 잔적층, 기타

구분	속성정보	속성값
토양분류	토양통	토양 분류법의 최하위 분류단위로 동일한 토양모재로부터 발달된 층위의 특성 및 배열이 유사한 토양을 묶은 것으로 총 416개의 토양통이 있음
	토양목	Inceptisols, Entisols, Ultisols, Alfisols, Andisols, Histosols, Mollisols, 기타
	토양아목	Aquepts, Udepts, Aquents, Fluvents, Orthents, Psamments, Udults, Aqualfs, Udalfs, Udands, Vitrandis, Udolls, Sapristis, Hemists, 기타
	토양대군	Endoaquepts, Epiaquepts, Dystrudepts, Eutrudepts, Fragiudepts, Endoaquents, Fluvaquents, Hydraquents, Psammaquents, Udfluvents, Udorthents, Udipsamments, Quartzipsamments, Hapludults, Rhodudults, Endoaqualfs, Epiaqualfs, Fragiudalfs, Hapludalfs, Durudands, Fulvudands, Hapludands, Melanudands, Udvitrands, Hapludolls, Hapthemists, Haplsapristis, 기타
토양해설	주토지이용	논토양, 밭토양, 임지토양, 기타
	토지이용추천	답, 전, 과수·상전, 간이초지, 집약초지, 임지, 기타,
	토양유형	논_보통답, 논_미숙답, 논_사질답, 논_습답, 논_염해답, 논_특이산성답, 밭_보통전, 밭_미숙전, 밭_사질전, 밭_중점전, 밭_고원전, 밭_화산화전, 임지, 기타
	논 적성등급	1급지, 2급지, 3급지, 4급지, 5급지, 기타
	논 저해요인	없음, 경사, 미숙, 사질, 석력, 저습, 염해, 특이산성, 암반, 분석, 화산화, 제외, 기타
	밭 적성등급	1급지, 2급지, 3급지, 4급지, 5급지, 기타
	밭 저해요인	없음, 경사, 사질, 석력, 저습, 경반, 중점, 암반, 분석, 화산화, 제외, 기타
	과수·상전 적성등급	1급지, 2급지, 3급지, 4급지, 5급지, 기타
	과수·상전 저해요인	없음, 경사, 사질, 석력, 저습, 경반, 중점, 암반, 분석, 화산화, 제외, 기타
	초지 적성등급	1급지, 2급지, 3급지, 4급지, 5급지, 기타
	초지 저해요인	없음, 경사, 사질, 석력, 저습, 경반, 중점, 암반, 분석, 화산화, 제외, 기타
	임지 적성등급	1급지, 2급지, 3급지, 4급지, 5급지, 기타
	임지 저해요인	없음, 경사, 사질, 석력, 저습, 경반, 중점, 암반, 분석, 화산화, 침식, 제외, 기타

출처: 흙토람. <https://soil.rda.go.kr/geoweb/soilmain.do#>. 2024.04.29. 접속을 바탕으로 재편집

6) 식생도

식생보전등급 평가항목 및 평가요령

평가항목	평가요령
분포 희귀성	- 평가 대상이 되는 식물군락이 한반도 내에서 분포하는 패턴을 의미 - 분포면적이 국지적으로 좁으면 높게, 전국적으로 분포하면 낮게 평가
식생복원 잠재성	- 평가 대상이 되는 식물군락(식분)이 형성되는데 소요되는 기간(잠재 자연식생의 형성기간)을 의미 - 오랜 시간이 요구되면 높게, 짧은 시간에 형성되는 식물군락은 낮게 평가. 다만, 식생 발달기원이 부영화, 식재 등에 의한 것이면 상대적으로 낮은 것으로 평가
구성식물종 온전성	- 평가 대상이 되는 식물군락의 구성식물종(진단종군)이 해당 입지에 잠재적으로 형성되는 식물사회의 구성식물종인가에 대한 평가를 의미 - 이는 입지의 자연식생의 구성종을 엄밀히 파악하는 것으로 삼림의 경우, 흔히 천이 후기종(극상종)으로 구성되면 높게, 초기종의 구성비가 높으면 낮게 평가
식생구조 온전성	- 평가 대상이 되는 식물군락이 해당입지에 전형적으로 발달하는 식생구조(총위구조)가 얼마나 원형에 가까운가를 가지고 판정 - 삼림식생은 4층의 식생구조를 가지며, 각 층위는 고유의 식생고(height)와 식피율(coverage)을 가지고 있으므로 총위구조가 온전하면 보전생태학적으로 높게 평가
중요종 서식	- 식물군락은 식물종의 구성으로 이루어지므로 식물종 자체에 대한 보전생태학적 가치를 평가 - 그 분포면적이 좁거나, 중요한 식물종(멸종위기야생식물 I·II 급 또는 식물구계학적 중요종)이 포함되면 더욱 높게 평가
식재림 흉고직경	식재림의 경우 가장 큰 개체, 보통 개체의 흉고직경(DBH)을 기록

출처: 「자연환경조사 방법 및 등급분류기준 등에 관한 규정」을 바탕으로 재편집

식생보전등급 등급별 분류기준

등급구분	분 류 기 준
가. I 등급	- 식생천이의 종국적인 단계에 이른 극상림 또는 그와 유사한 자연림 1) 아고산대 침엽수림(분비나무군락, 구상나무군락, 주목군락 등) 2) 산지 계곡림(고로쇠나무군락, 층층나무군락 등), 하반림(오리나무군락, 비솔나무군락 등), 너도밤나무군락 등의 낙엽활엽수림 - 삼림식생 이외의 특수한 입지에 형성된 자연성이 우수한 식생이나 특이식생 중 인위적 간섭의 영향을 거의 받지 않아 자연성이 우수한 식생 1) 해안사구, 단애지, 자연호소, 하천습지, 습원, 염습지, 고산황원, 석회암지대, 아고산초원, 자연암벽 등에 형성된 식생. 다만, 이와 같은 식생유형은 조사자에 의해 규모가 크고 절대보전가치가 있을 경우에만 지형도에 표시하고, 보고서에 기재 사유를 상세히 기술하여야 함
나. II 등급	- 자연식생이 교란된 후 2차 천이에 의해 다시 자연식생에 가까울 정도로 거의 회복된 상태의 삼림식생 1) 군락의 계층구조가 안정되어 있고, 종조성의 대부분이 해당지역의 잠재 자연식생을 반영하고 있음 1) 난온대 상록활엽수림(동백나무군락, 신갈나무-당단풍군락, 졸참나무군락, 서어나무군락 등의 낙엽활엽수림) - 특이식생 중 인위적 간섭의 영향을 약하게 받고 있는 식생
다. III 등급	- 자연식생이 교란된 후 2차 천이의 진행에 의하여 회복단계에 들어섰거나 인간에 의한 교란이 지속되고 있는 삼림식생 1) 군락의 계층구조가 불안정하고, 종조성의 대부분이 해당지역의 잠재자연식생을 충분히 반영하지 못함 2) 조림기원 식생이지만 방치되어 자연림과 구별이 어려울 정도로 회복된 경우 - 산지대에 형성된 2차 관목림이나 2차 초원 - 특이식생 중 인위적 간섭의 영향을 심하게 받고 있는 식생
라. IV 등급	인위적으로 조림된 식재림
마. V 등급	2차적으로 형성된 키가 큰 초원식생(목발이나 훼손지 등의 역새군락이나 기타 잡초군락 등) 2차적으로 형성된 키가 낮은 초원식생(골프장, 공원묘지, 목장 등) - 과수원이나 유실수 재배지역 및 묘포장 - 논·밭 등의 경작지 - 주거지 또는 시가지 - 강, 호수, 저수지 등에 식생이 없는 수면과 그 하안 및 호안
비고	식재림은 인위적으로 조림된 수종 또는 자연적(2차림)으로 형성되었다 하더라도 아까시나무 등의 조림기원 도입종이나 개량종에 의해 식피율이 70% 이상인 식물군락으로 한다. 다만, 녹화목적으로 적지적수로 식재된 경우에는 식재림으로 보지 않는다.

출처: 「자연환경조사 방법 및 등급분류기준 등에 관한 규정」을 바탕으로 재편집

7) 국토환경성평가지도

국토환경성평가지도 평가항목별 평가기준

구분		평가항목	평가기준			근거
			자연	준자연	인공	
법제적 평가항목	자연환경부문	01_생태·경관보전지역	1	1	2	자연환경보전법
		위 지구 경계선 500m	3	3	3	
		02_시·도생태경관보전지역	1	1	2	
		위 지구 경계선 500m	3	3	3	
		03_자연유보지역	1	1	2	
		04_습지보호지역	1	1	2	습지보전법
		위 지구 경계선 500m	3	3	3	
		05_시도습지보호지역	1	1	2	
		위 지구 경계선 500m	3	3	3	
		06_습지주변관리지역	2	2	3	
		위 지구 경계선 500m	3	3	4	
		07_습지개선폭지	2	2	3	야생생물 보호 및 관리에 관한 법률
		08_야생생물(특별)보호구역	1	1	2	
		위 지구 경계선 500m	3	3	3	독도 등 도서지역의 생태계 보전에 관한 특별법
		09_특정도서	1	1	-	
		10_공원자연보존지구	1	1	2	자연공원법
		위 지구 경계선 500m	3	3	-	
		11_공원자연환경지구	1	1	2	
		위 지구 경계선 500m	3	3	3	
		12_공원마을지구	2	2	3	
		13_공원문화유산지구	2	2	3	
		위 지구 경계선 500m	3	3	4	
		14_공원보호구역	3	3	3	
		15_백두대간보호구역(핵심)	1	1	2	백두대간보호에 관한 법률
		백두대간보호구역(완충)	2	2	3	

구분	평가항목	평가기준			근거
		자연	준자연	인공	
물환경부문	16_수변구역	1	2	2	4대강법
	17_하천구역	2	3	3	하천법
	18_홍수관리구역(기존 연안구역)	2	3	3	
	19_소하천구역	2	3	3	소하천정비법
	20_상수원호소(기존 지정호소)	1	2	2	수질 및 수생태계 보전에 관한 법률
	21_지하수보전구역	1	2	2	지하수법
	위 지구 경계선 1km	3	3	3	
	22_상수원보호구역	1	2	2	수도법
	23_상수원 상류 공장설립제한·승인지역	3	4	4	
	24_폐수배출시설 설치제한지역	3	4	4	수계 물관리 및 주민지원 등에 관한 법률
	25_폐기물매립시설 설치제한지역	3	4	4	
	26_배출시설설치 제한지역	3	4	4	물환경보전법
	27_오염행위제한지역	1	2	2	수계 상수원수질개선 및 주민지원등에 관한 법률
토지이용부문	28_자연환경보전지역	1	2	-	국토의 계획 및 이용에 관한 법률
	위 지구 경계선 500m	3	3	-	
	29_녹지지역(보전녹지)	-	-	3	
	30_녹지지역(생산녹지)	-	-	4	
	31_녹지지역(자연녹지)	-	-	4	
	32_경관지구	-	-	4	
	33_보호지구(생태계보호지구)	-	-	3	
	34_보호지구(문화재보호지구)	-	-	3	개발제한구역의 지정 및 관리에 관한 특별조치법
	35_개발제한구역	1	2	3	
	36_생활권공원(어린이, 근린, 소공원)	-	-	4	도시공원 및 녹지 등에 관한 법률
	37_도시자연공원구역	-	-	4	
	38_주제공원(묘지, 체육, 역사, 문화, 수변)	-	-	4	
	39_완충녹지	-	-	4	
	40_경관녹지 연결녹지	-	-	4	
농림부문	41_보전산지(임업용산지)	2	-	-	산지관리법
	42_보전산지(공익용산지)	1	-	-	
	43_경관보호구역	1	2	3	산림보호법

구분		평가항목		평가기준			근거
				자연	준자연	인공	
		44_수원함양보호구역1~3종		1	2	3	
		45_재해방지보호구역		1	2	3	
		46_산림유전자원보호구역		1	2	3	
		47_토석채취제한지역		2	3	4	산지관리법
		48_농업진흥지역(농업진흥구역)		-	3	-	농지법
		49_농업진흥지역(농업보호구역)		-	3	-	
	기타부문	50_환경보전해역		2	2	3	해양환경관리법
		51_특별관리해역		3	3	4	
		52_절대보전지역		1	1	2	제주특별자치도 설치 및 국제자유도시 조성을 위한 특별법
		53_상대보전지역		2	2	3	
		54_관리보전지역(지하수자원보전)		2	2	3	
		55_관리보전지역(생태계보전)		2	2	3	
		56_관리보전지역(경관보전)		2	2	3	
		57_천연보호구역		1	1	2	문화재보호법
		58_천연기념물지정지역		1	1	2	
		59_절대보전무인도서		1	1	2	무인도서의 보전 및 관리에 관한 법률
		60_준보전무인도서		1	1	2	
		61_이용가능무인도서		2	2	3	
		62_가축사육 제한구역		3	3	4	가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률
환경·생태적 평가항목	01_다양성	동식물평가 1등급		1	2	1	생태·자연도
		동식물평가 2등급		2	3	2	
		습지등급 1등급		1	1	1	전국내륙습지
		습지등급 2등급		2	2	2	
		습지등급 3, 4등급		3	3	3	
	02_자연성	식생보전등급 1, 2등급		1	1	-	생태·자연도
		식생보전등급 3, 4등급		2	2	-	
		자연림	6영급 이상	1	1	-	임상도
			5영급	1	2	-	
			4영급	2	2	-	
			2, 3영급	3	3	-	
		인공림	6영급 이상	1	1	-	

구분	평가항목			평가기준			근거	
				자연	준자연	인공		
			5영급	2	2	-		
			4영급	3	3	-		
			2, 3영급					
	03_풍부도	평가구역에서 발견되는 종의 개체수		1	1	1	-	
		생태계변화관찰지역(핵심지역)		1	1	1	생태계변화관찰지역	
		생태계변화관찰지역(완충지역)		2	2	1		
	04_희귀성	멸종위기 야생동물 중 발견지점 500m		1	2	2	*10년 이내(전국자연환경조사)	
		멸종위기 야생동물 중 발견지점 1km		2	3	2		
		멸종위기 야생동물 중 발견지점 1km		3	3	3	*10년 이전(전국자연환경조사)	
	05_허약성	도로, 시가화지역		5	5	5	도로망도 토지피복지도	
		도로, 시가화로부터 0~100m		4	5	-		
		도로, 시가화로부터 100~500m		3	4	-		
	06_잠재적 가치	멸종위기종 및 희귀종이 발견된 지점과 같은 속성을 나타내는 지역		1	2	-	-	
	07_군집구 조의 안정성	자연림	경급 (대경목)	소밀도(밀)	1	1	-	임상도
				소밀도(중)	2	2	-	
				소밀도(소)	2	2	-	
			경급 (중경목)	소밀도(밀)	2	2	-	
				소밀도(중)	2	2	-	
				소밀도(소)	2	3	-	
			경급 (소경목)	소밀도(밀)	2	2	-	
소밀도(중)				2	3	-		
소밀도(소)				3	3	-		
인공림		경급 (대경목)	소밀도(밀)	1	1	-		
			소밀도(중)	2	2	-		
			소밀도(도)	2	2	-		
		경급 (중경목)	소밀도(밀)	2	2	-		
			소밀도(중)	2	3	-		
			소밀도(소)	2	3	-		
		경급	소밀도(밀)	2	3	-		
			소밀도(밀)	2	3	-		

구분	평가항목				평가기준			근거
					자연	준자연	인공	
		(소경목)	소밀도(중)		3	3	-	
			소밀도(소)		3	4	-	
	08_연계성	광역생태축 1등급			1	2	3	광역생태축
		광역생태축 2등급	녹지율 30% 초과		2	3	3	
			녹지율 30% 이하		1	2	3	
		광역생태축 3등급			3	3	4	
		광역생태축 4등급			4	4	4	

출처: 「국토환경성평가지도 작성 및 운영지침」을 바탕으로 재편집

8) 수생태계 건강성 평가지도

하천 및 하구의 조사항목별 평가지수 범위

조사항목	평가지수	등급(환경상태) 구분	평가지수 범위
부착돌말류 (하천)	부착돌말류 평가지수(TDI)	A등급(매우 좋음)	$90 \leq \sim \leq 100$
		B등급(좋음)	$70 \leq \sim < 90$
		C등급(보통)	$50 \leq \sim < 70$
		D등급(나쁨)	$30 \leq \sim < 50$
		E등급(매우 나쁨)	$0 \leq \sim < 30$
저서성 대형무척추동물 평가지수 (하천)	저서성 대형무척추동물 평가지수(BMI)	A등급(매우 좋음)	$80 \leq \sim \leq 100$
		B등급(좋음)	$65 \leq \sim < 80$
		C등급(보통)	$50 \leq \sim < 65$
		D등급(나쁨)	$35 \leq \sim < 50$
		E등급(매우 나쁨)	$0 \leq \sim < 35$
어류 (하천)	어류 평가지수(FAI)	A등급(매우 좋음)	$80 \leq \sim \leq 100$
		B등급(좋음)	$60 \leq \sim < 80$
		C등급(보통)	$40 \leq \sim < 60$
		D등급(나쁨)	$20 \leq \sim < 40$
		E등급(매우 나쁨)	$0 \leq \sim < 20$
수변식생 (하천)	수변식생 평가지수(TDI)	A등급(매우 좋음)	$65 < \sim \leq 100$
		B등급(좋음)	$50 < \sim \leq 65$
		C등급(보통)	$30 < \sim \leq 50$
		D등급(나쁨)	$15 < \sim \leq 30$
		E등급(매우 나쁨)	$0 \leq \sim \leq 15$
서식 및 수변환경 (하천)	서식 및 수변환경 평가지수(TDI)	A등급(매우 좋음)	$80 \leq \sim \leq 100$
		B등급(좋음)	$60 \leq \sim < 80$
		C등급(보통)	$40 \leq \sim < 60$
		D등급(나쁨)	$20 \leq \sim < 40$
		E등급(매우 나쁨)	$0 \leq \sim < 20$
하구 부착돌말류 (하구)	하구 부착돌말류 평가지수(KETDI)	A등급(매우 좋음)	$80 \leq \sim \leq 100$
		B등급(좋음)	$60 \leq \sim < 80$
		C등급(보통)	$40 \leq \sim < 60$

조사항목	평가지수	등급(환경상태) 구분	평가지수 범위
		D등급(나쁨)	$20 \leq \sim < 40$
		E등급(매우나쁨)	$0 \leq \sim < 20$
하구 저서성 대형무척추동물 (하구)	하구 저서성 대형무척추동물 평가지수(KEBMI)	A등급(매우 좋음)	$75 \leq \sim \leq 100$
		B등급(좋음)	$65 \leq \sim < 75$
		C등급(보통)	$40 \leq \sim < 65$
		D등급(나쁨)	$25 \leq \sim < 40$
		E등급(매우 나쁨)	$0 \leq \sim < 25$
하구 어류 (하구)	하구 어류 평가지수(KEFAI)	A등급(매우 좋음)	$80 \leq \sim \leq 100$
		B등급(좋음)	$60 \leq \sim < 80$
		C등급(보통)	$40 \leq \sim < 60$
		D등급(나쁨)	$20 \leq \sim < 40$
		E등급(매우 나쁨)	$0 \leq \sim < 20$
하구 수변식생 (하구)	하구 수변식생 평가지수(KERVI)	A등급(매우 좋음)	$85 \leq \sim \leq 100$
		B등급(좋음)	$70 \leq \sim < 85$
		C등급(보통)	$55 \leq \sim < 70$
		D등급(나쁨)	$25 \leq \sim < 55$
		E등급(매우 나쁨)	$0 \leq \sim < 25$

출처: 환경부. https://stat.me.go.kr/portal/stat/easyStatPage/DT_106T_034756.do. 2024.04.29. 접속을 바탕으로 재편집

3. 그린인프라 데이터 수집기술 요약

선행연구 확인 목록(*: 보고서 본문 내용 작성 논문; 면단위: 원격탐사데이터를 통해 수관구조 및 수관의 분광적 특성을 도출할 경우 면단위로 분류; 점단위: 위치좌표와 입면 이미지 또는 대상이 개별목인 경우 점단위로 분류)

그린인프라	대분류	연구 내용	단위	방법-데이터	해상도	정확도	참고문헌
가로수	구성	종분류	점단위-개별목	GSV	-	0.564	Choi et al., (2022)*
		가로수 탐지 분류	점단위-개별목	GSV	-	> 0.7 (tree detection); 4 - 6 m (tree location)	Lumnitz et al. (2021)*
		가로수 탐지 종분류	점/면단위-개별목	항공 RGB, GSV	0.15 m	0.8 (tree recognition); 0.9 (tree change detection)	Branson et al. (2018)
	구조	흉고직경 수고 등	점단위-개별목	GSV, 현장 조사	-	0.92 (DBH); 0.87 (height); 0.80(canopy size)	Liang et al. (2023)*
		가로수 탐지 종분류	점단위-개별목	항공 RGB, 위성 RGB, GSV	0.25 m (항공 RGB); 60 cm (위성 RGB)	0.79 (tree detection); 60 cm (tree location)	Velasquez-Camacho et al. (2023)*
	기능	건강성	점단위-개별목	GSV	-	0.932	Khan et al. (2021)*
	도시공원	수고 수관밀도	면단위-개별목/패치	ALS, TLS, MLS	2 - 8 pts/m2 (ALS); >1000 pts/m2 (TLS, MLS)	-	Choi and Song (2022)*
		종분류	면단위-개별목	ALS	20 pts/m2	0.88	Guo et al. (2022)*
		수고	면단위-개별목	드론 LiDAR, 드론	0.08 m (드론	0.9954	Parmehr

그린인프라	대분류	연구 내용	단위	방법-데이터	해상도	정확도	참고문헌
		홍고직경 수관너비 부피		RGB	RGB)	(LiDAR, RGB 추출 포인트 일치도)	and Amati (2021)*
	구조 및 구성	개별 수목 탐지 종분류	면단위-개별목	드론 LiDAR, 드론 초분광, 드론 RGB	>100 pts/m2 (드론 LiDAR); 0.3 m (드론 초분광); 0.03 m (드론 RGB)	0.918	Qin et al. (2022)*
		개별 수목 탐지 종분류	면단위-개별목	ALS, 현장 조사	20 pts/m2	-	Tanhuanpäät al. (2019)*
	기능	종분류 Tree chlorophyll content	면단위-개별목	드론 초분광	0.09 m	-	Wei et al. (2024)*
		탄소저장량	면단위-개별목	GF-2 satellite images	1 m	-	Wang et al. (2021)*
		탄소저장량	면단위-패치	MLS, SuperView-1, 현장 조사	0.5 m (SuperView-pan); 2.0 m (SuperView-1 other bands)	-	Jia et al. (2023)
도시생태계	구성	종분류	면단위-개별목/패치	시민 데이터, 차량 RGB, 항공 RGB, ALS, TLS	0.25 m (항공 RGB); 20.4 pts/m2 (ALS); 65 pts/m2 (TLS)	> 0.80 (시민 데이터 비교 결과); > 0.66 (차량 RGB 비교 결과)	Kwon et al. (2023)*
		종분류	면단위-패치	Sentinel-2A/B	10 m	0.963	Hemmerling et al. (2021)*
		종분류 Tree chlorophyll content	면단위-개별목	항공 초분광, ALS	2 m (초분광); 15 pts/m2 (ALS)	0.91	Degerickx et al. (2018)*
		종분류	면단위-개별목	Pléiades 다분광 위성	0.5m (pan);	0.6165	Pu et al.

그린인프라	대분류	연구 내용	단위	방법-데이터	해상도	정확도	참고문헌
					2.0m (RGB + NIR)		(2018)*
		종분류	면단위-개별목	Pl@ntNet + GSV + LiDAR	0.2 m (Pl@ntNet); 1 m (LiDAR DSM, DTM)	0.73	Capecchi et al. (2023)
		종분류	면단위-개별목	지상 초분광	0.00107 m	0.85 - 0.96	Abbas et al., (2021)
		종분류	면단위-개별목	드론 RGB, 드론 다분광, 드론 초분광, 드론 라이다	0.025 m (RGB) 0.055 m (다분광); 0.05 m (초분광); 90 pts/m2 (라이다)	0.813	Hartling et al. (2021)
		종분류	면단위-개별목	항공 초분광, ALS	0.5 m (VNIR); 1 m (SWIR); 10.2 pts/m2 (ALS)	0.87 (4m 3D-CNN); 0.85 (10m 3D-CNN); 0.842 (SVM); 0.817 (ANN)	M'ayr'a et al (2021)
		종분류	면단위-개별목	항공 다분광, ALS	2 m (다분광); 16 pts/m2 (ALS)	0.904	Pu & Landry (2020)
		바이오매스	면단위-개별목	항공 초분광, ALS	1 m (초분광)	0.8212	Liu et al. (2018)
	구조	수목 탐지 분류	면단위-개별목	WorldView-2 [RGB+NIR (9bands)]	0.46m (pan); 1.84m (others)	0.911	Yan et al. (2018)
		종분류	면단위-개별목	항공 초분광, 항공 RGB, ALS	1 m (초분광); 0.1 m (RGB); 6 pts/m2 (ALS)	0.809	Niedzielko et al. (2024)*
		PGVI (녹시율)	면단위-패치	GSV	-	-	Wang et al. (2022)*
		수고, 흉고직경	면단위-개별목	MLS, 현장 조사	-	-	Heo et al. (2019)*
		LAI	면단위-개별목	ALS	42 pts/m2	-	Almeida et al. (2019)
	기능	바이오매스	면단위-개별목	ALS, 항공 RGB	0.6 (RGB); 1 pts/m2 (ALS 2013); 4.7 pts/m2 (ALS 2019)	0.87	Henn et al.(2023)

그린인프라	대분류	연구 내용	단위	방법-데이터	해상도	정확도	참고문헌
도시 외		바이오매스	면단위-경관	ALS, 현장 조사	4 pts/m2 (ALS)	-	Speak et al. (2020)
		바이오매스	면단위-패치	ALS	4 pts/m2 (ALS)	-	Knapp et al. (2018)
	구성	종분류	점단위-개별목	TLS	0.0031 m	0.806	Allen et al. (2022)
		종분류	면단위-개별목	드론 RGB	0.02 m	0.89	Schiefer et al. (2020)
		종분류	면단위-개별목	항공 초분광	1 m	0.9314	Zhang et al. (2020)
		종분류	면단위-개별목	WorldView-3	0.3 m (pan); 1.2 m (VNIR); 3.7 m (SWIR)	0.70±0.08 (wet season); 0.684±0.074 (dry season)	Ferreira et al. (2019)
	구조	하부식생밀도	면단위-패치	Sentinel-2A and GEDI	10 m (Sentinel)	0.52	Xi et al. (2022)*
		Woody Deberi	면단위-개별목	드론 LiDAR, TLS	0.10 m (드론 LiDAR point spacing); 0.01 m (TLS point spacing)	0.725 (TLS); 0.755 (드론 LiDAR); 0.782 (Fused data; FLS)	Shokirov et al. (2021)*
		녹피율	면단위-패치	Sentinel-2A, Tripsat	10 and 20 m (Sentinel-2 RGBNIR and SWIR); 0.84 and 3.2 m (Tripsat pan and other bands)	0.82	Akin et al. (2023)

4. FGI 설명자료 및 서면자문 자료

□ 탄소중립사회 달성을 위한 그린인프라 정보체계 설명자료

그린인프라 정보체계 구축 방향 자문회의

2024.09.

(a u r i) 건축공간연구원
Architecture & Urban Research Institute

I. 그린인프라 정보체계 수립 방향 개요

1 수립 개요

- (배경) 기후변화로 인한 재난·재해 발생 등 다양한 문제상황에 대응할 수 있는 수단 중 하나로 그린인프라가 제시되고 있음
 - 2023년에 시행된 ‘기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법’을 통해 탄소중립 사회로 전환하기 위한 법적 기반을 마련
 - 그린인프라는 기후변화 완화와 적응에 모두 대응할 수 있는 효율적 기후변화 대응 수단
 - 그린인프라 관련 현재 데이터가 부재하거나 관리되지 않아 기후변화 대응을 위한 계획 수립 및 실행이 어려움
- (목적) 그린인프라 데이터 현황 및 구축 필요성에 기반한 그린인프라 정보체계 구축 방향 제안
 - 그린인프라 정보체계 구축 방향 및 로드맵 제안
 - 그린인프라 정보체계 구축을 위한 법적·제도적 개선 방안 제안

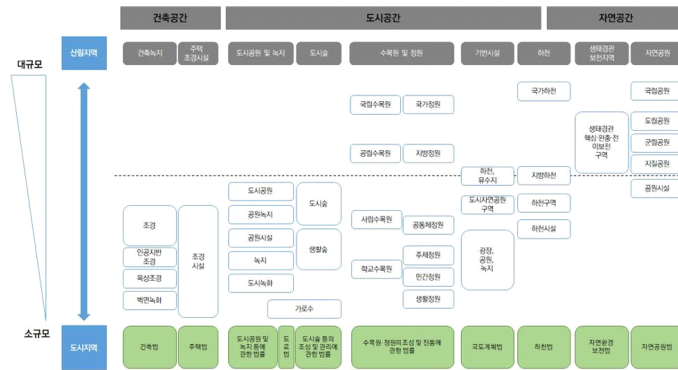
2 수립 방법

- 국내·외 정책 분석을 통한 탄소중립 사회 그린인프라 수요 분석 및 그린인프라 정보체계 목표 도출
- 국내 그린인프라 관련 법제 분석을 통한 그린인프라 유형 분류
- 그린인프라 데이터 현황 조사를 통한 구축 필요 그린인프라 데이터 도출
- 국내 기초데이터 현황 및 데이터 구축 기술 분석
- 그린인프라 정보체계 구축 방향 설정
 - 그린인프라 관련 전문가 TF 구성 및 운영을 통한 그린인프라 정보체계 구축 방향 고도화

II. 그린인프라 정보체계 고도화 방향 및 목표

1 현황 분석 종합

- (기후변화 관련 현황분석) 기후변화 완화와 적응 부문 대응수단으로써 그린인프라 활용 가능성이 높으며, 데이터 구축을 위한 기반이 마련됨
 - (기후변화 완화) 탄소배출 공간정보 지도, 정주지 온실가스 배출·흡수량 산정에 그린인프라 필요
 - (기후변화 적응) 국가 기후변화 리스크 진단 연구에 따르면 침수피해, 폭염 스트레스에 대한 적응을 위해 그린인프라 필요
- (관계법 현황) 그린인프라 요소를 포함하는 관계법이 다양하여 데이터 구축 주체 불명화
 - (관계법 목록) 「도시공원 및 녹지 등에 관한 법률」, 「국토계획법」, 「건축법」 등 12개 법에서 그린인프라 유형이 제시됨
 - (그린인프라 유형) 가로수, 옥상조경, 벽면녹화, 도시공원, 공원녹지, 도시숲 등 30개 이상의 그린인프라 유형이 제시됨



[그림 1] 그린인프라 규모별 관계법-제도 현황

- (데이터 구축 필요성) 기후변화 대응 현황 파악 및 계획수립을 위한 전국단위 그린인프라 데이터 미흡
- (그린인프라 데이터 현황) 전국단위 그린인프라 데이터의 경우 해상도가 낮으며, 높은 해상도(개체목 단위) 데이터는 일부 지자체만 보유

[표 1] 그린인프라 유형별 데이터 수집 현황

관계법	그린인프라 유형	데이터 수집 현황	속성정보 해상도			관계 데이터 명
			개체목 단위	중간수준	면단위	
건축법	인공지반	△	×	×	○	도시생태현황지도
	조경시설	×	×	×	×	-
	옥상조경	×	×	×	×	-
	벽면녹화	×	×	×	×	-
주택법	조경시설	×	×	×	×	-
도시공원 및 녹지 등에 관한 법률	도시공원	○	×	△	○	도시생태현황지도, 생태자연도, 토지피복지도
	공원녹지	○	×	△	○	도시생태현황지도, 생태자연도, 토지피복지도
	공원시설	○	×	△	○	도시생태현황지도, 생태자연도, 토지피복지도
	녹지	○	×	△	○	도시생태현황지도, 생태자연도, 토지피복지도
도시숲 등의 조성 및 관리에 관한 법률	도시숲	○	×	△	○	임상도, 도시생태현황지도, 생태자연도, 토지피복지도
	생활숲	○	×	△	○	임상도, 도시생태현황지도, 생태자연도, 토지피복지도
	가로수	△	△	×	×	가로수
수목원 정원의 조성 및 진흥에 관한 법률	사립수목원	○	×	△	○	도시생태현황지도, 생태자연도, 토지피복지도
	학교수목원	○	×	△	○	도시생태현황지도, 생태자연도, 토지피복지도
	공동체정원	△	×	×	×	도시생태현황지도, 생태자연도
	주체정원	△	×	×	×	도시생태현황지도, 생태자연도
	민간정원	△	×	×	△	토지피복지도
	생활정원	△	×	×	△	토지피복지도
국토계획법	하천, 유수지	○	×	×	○	수생태계 건강성 평가지도
	도시자연공원구역	○	×	△	○	도시생태현황지도, 생태자연도
	광장, 공원, 녹지	○	×	△	○	도시생태현황지도, 생태자연도

출처: 연구진 작성

- (기초데이터 및 기술) 전국단위 그린인프라 데이터 구축을 위한 라이더, 항공사진 등 기초데이터 일부와 관련 기술 확보
- (종합) 기후변화 완화 및 적응계획 수립을 위해 개체목 단위 정보 등 상세 그린인프라 정보가 필요할 것으로 예상되나 현재 관련 데이터 구축 미흡

2 그린인프라 정보체계 구축목표 및 방향

- (구축 목표) 그린인프라 현황파악 및 계획수립을 위한 그린인프라 정보체계 구축
 - 기후변화 완화와 적응 모두에 대응할 수 있는 그린인프라 정보체계
 - 지역간 격차가 없는 전국단위 그린인프라 정보체계
- (구축 방향) 그린인프라 데이터가 생산, 유통, 관리, 갱신되고 기후변화 완화와 적응에 대응할 수 있도록 그린인프라 정보체계 구축 방향 제시
 - (데이터 관리체계 강화) 데이터 표준화, 데이터 정확도 및 신뢰성 제고, 데이터 갱신 체계 구축, 데이터 수요 파악을 통한 활용성 제고
 - (신규 데이터 생산) 기존 데이터 고도화, R&D 성과물 중 데이터 구축 기술 상용화, 기후변화 대응을 위한 신규 데이터 및 변수 구축
 - (거버넌스 구축) 그린인프라 데이터의 생산, 유통, 관리, 갱신 주체를 설정하고 관계 법·제도 개선
- (추진전략 및 추진과제) 그린인프라 데이터가 생산, 유통, 관리, 갱신되고 기후변화에 대응할 수 있도록 그린인프라 정보체계 구축 방향 제시
 - (기존 그린인프라 데이터 내실화) 토지피복도, 생태자연도, 도시생태현황지도 등 데이터의 고도화를 통한 전국단위 데이터 구축 및 공간·속성정보 해상도 개선
 - (그린인프라 데이터 신규 구축) 기후변화 대응에 필요한 그린인프라 데이터 요소를 파악하고, 순차적인 그린인프라 데이터 생산 추진
 - (데이터 관련 법·제도 및 생태계 구축) 그린인프라 데이터가 지속적으로 생산 및 관리될 수 있도록 관계 법·제도를 개선하고, 생산·유통·관리·활용 주체 구체화

그린인프라 정보체계 구축 방향	기존 법 제도에 의해 구축되는 그린인프라 데이터의 관리체계 강화
	탄소중립 계획 수립에 대응할 수 있는 데이터 생산 및 관리체계 구축
	그린인프라 데이터 관리를 위한 거버넌스 구축
추진전략	추진과제
기존 그린인프라 데이터 내실화	• 데이터 표준화 및 통합 관리 시스템 구축 • 다양한 그린인프라 데이터의 표준화를 통한 데이터의 일관성 확보 및 연계 강화 • 데이터 통합 관리 시스템을 구축하여 효율적인 데이터 관리 및 접근성 강화 • 데이터 정확도 및 신뢰성 제고 • 데이터 수집 및 검증 절차 강화 • 정기적인 데이터 품질 점검 및 개선 활동 수행 • 지속적 데이터 갱신 및 유지 관리 • 정기적 데이터 갱신을 통한 데이터의 최신성 확보 • 유지 관리 계획 수립 및 시행 • 그린인프라 데이터의 활용성 제고 • 구체적 그린인프라 데이터 활용 수요 파악 • 데이터 활용 사례 공유를 통한 데이터 활용 촉진
탄소중립 대응 그린인프라 데이터 신규 구축	• 기존 데이터 고도화 • 탄소중립사회 대응을 위한 기존 데이터 속성정보 추가구축 및 개선 • 탄소 흡수원 관련 신규 그린인프라 데이터 수집 • 탄소 흡수 평가 및 예측을 위한 다양한 유형의 그린인프라 데이터 수집 • 정확한 평가 및 예측을 위한 속성정보 수집 • 탄소중립사회 대응 데이터베이스 구축 • 탄소중립사회 대응 방안 마련을 위한 데이터 제공 • 그린인프라 데이터 연계를 통한 통합 DB 이용 시스템 구축 • 신규 데이터 구축 기술 상용화 • 신규 그린인프라 데이터 구축을 위한 기술 상용화 • 기술 활용 및 데이터 구축을 위한 기초데이터 확보
그린인프라 데이터 정책 및 생태계 구축	• 그린인프라 데이터 구축 및 활용 정책 수립 • 그린인프라 데이터 관리 및 활용을 위한 법·제도 및 정책 수립 • 데이터 공유 및 협력 네트워크 구축 • 공공기관, 민간기업, 연구기관 간의 데이터 공유 및 협력 네트워크 구축 • 데이터 공유를 통한 상호 협력 강화 및 시너지 창출 • 그린인프라 데이터 생태계를 위한 제도기반 마련 • 그린인프라 데이터의 생산·유통·활용을 위한 제도적 기반 마련 • 그린인프라 정보 생태계 활성화를 위한 거버넌스 구축 및 운영 • 관련 법·제도 정비 및 시행

[그림 1] 그린인프라 정보체계 구축 기본 방향

□ 서면자문 자료

안녕하십니까? 건축공간연구원입니다.

본 연구원은 「정부출연연구기관 등의 설립·운영 및 육성에 관한 법률」 제8조 1항에 근거하여 설립된 국무총리실 산하 경제인문사회연구회 소속 국책연구기관입니다.

본원에서 수행 중인 「탄소중립사회 달성을 위한 그린인프라 정보체계 개발방향 연구」 사업 중 “그린인프라 정보체계 구축 방향”에 대하여 아래와 같이 자문의견을 여쭙고자 합니다.

첨부자료에 대한 검토의견을 아래 질문에 대한 답으로 기입해 주시면 됩니다. 감사합니다!

1. 탄소중립과 그린인프라

1.1. 국가나 지자체에서 기후변화 완화와 적응을 위해 그린인프라를 활용한 사례나 관련 정책이 있으면 말씀해주세요. 구체적 사례가 있으면 더 좋습니다.

1.2. 해외에서 그린인프라를 활용한 사례나 관련 정책이 있으면 말씀해주세요. 구체적 사례가 있으면 더 좋습니다.

1.3. 그린인프라가 다른 요소에 비해 상대적으로 기후변화 대응에 활용
되지 못하는 이유는 무엇이라고 생각하십니까?

2. 그린인프라 정보체계

1. 그린인프라 정보체계 구축 목표가 적절한지, 추가되거나 수정된다면
어떤 내용이 좋을지에 대한 의견 부탁드립니다.

2. 그린인프라 정보체계 구축 필요성을 강조하기 위해 필요한 정책과
제도가 있으면 생각나는대로 적어주세요.

3. 그린인프라 정보체계를 통해 생산될 데이터(전국 가로수 지도, 녹지 내 개체목 정보 등)가 활용될 수 있는 정책이나 사업이 있다면 말씀해주세요.

3. 종합

3.1. 그린인프라 정보체계 구축방향에 대해 개선사항이 필요하다면 말씀해 주시기 바랍니다.

3.2. 그린인프라 정보체계가 구축되기 위해 장기적으로 추진해야 할 과제나 추진전략이 있다면 말씀해 주시기 바랍니다.

3.3. 전반적으로 그린인프라 정보체계가 어떻게 구축됐으면 좋을지 의견
주시면 감사하겠습니다.