

탄소중립도시 구현을 위한 아파트 녹지의 가치 추정 및 설계·관리 개선 방안 연구

Quantifying and Enhancing Carbon Sequestration in Apartment-Complex Green Spaces:
Design, Management, and Policy Integration for Carbon-Neutral Cities

김용국 Kim, Yonggook

김영현 Kim, Younghyun

최영운 Choi, Youngwoon

(a u r i

탄소중립도시 구현을 위한 아파트 녹지의 가치 추정 및 설계·관리 개선방안 연구

Quantifying and Enhancing Carbon Sequestration in Apartment-Complex Green Spaces:
Design, Management, and Policy Integration for Carbon-Neutral Cities

지은이 김용국, 김영현, 최영운
펴낸곳 건축공간연구원
출판등록 제2015-41호 (등록일 '08. 02. 18.)
인쇄 2025년 12월 26일, 발행: 2025년 12월 31일
주소 세종특별자치시 가림로 143, 8층
전화 044-417-9600
팩스 044-417-9608

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

가격: 25,000원, ISBN: 979-11-5659-517-5

연구진

연구책임	김용국 연구위원
연구진	김영현 연구위원 최영운 연구원
외부연구진	김무한 국립공주대학교 조경학과 교수 김 민 국립공주대학교 조경학과 교수 양종은 ITLs 기술팀장
연구보조원	김설영 중앙대학교 건축 및 도시설계 전공

연구심의위원	오성훈 부원장 이여경 건축혁신본부장 조영진 공간AI·빅데이터본부장 박재민 청주대학교 조경학과 교수 이은엽 토지주택연구원 연구위원
연구자문위원	김태형 한국환경연구원 책임연구원 김한수 경기연구원 기후환경정보센터장 임영신 한국환경연구원 전문연구원

서론

■ 연구의 배경 및 목적

탄소중립도시란 「기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법」에 따라 대기 중 온실가스의 순배출량을 '0'으로 만드는 도시로서, 에너지·교통·건축·토지이용·환경 등 도시 전 부문에서 감축과 흡수 전략이 통합적으로 추진되어야 한다. 특히 도시계획 측면에서는 배출량과 흡수량의 정량적 균형을 목표로 하는 구조적 전환이 요구되며, 흡수원 확보가 중요한 과제로 부각된다. 본 연구는 이러한 '흡수' 측면에 주목하여, 우리나라 생활권에서 아파트 녹지를 탄소흡수원의 새로운 유형으로 정의하고 탄소중립도시 실현을 위한 정책 방안을 모색하였다. 아파트는 2023년 기준 전체 주거용 연면적의 약 64.2%를 차지할 만큼 지배적인 주거 형태이며, 아파트 녹지는 대부분 사유지로서 그 탄소흡수 기능이 공식적으로 평가·관리되지 않는 사각지대에 놓여 있다. 이에 본 연구는 아파트 녹지의 탄소흡수 가치를 과학적으로 규명하고, 이를 극대화하기 위한 제도 개선방안을 제시하는 것을 목적으로 수행되었다.

■ 연구의 범위와 방법

본 연구는 전국 아파트 녹지 현황 및 탄소흡수량 분석, 아파트 녹지의 탄소흡수 및 저장량 실증분석, 국내외 아파트 녹지 관련 법제도 현황 분석, 아파트 녹지 관련 제도 개선방안 및 효과 추정을 단계적으로 실시하였다. 구체적인 연구 범위와 방법은 다음과 같다.

- (전국 아파트 녹지 현황 및 탄소흡수량 분석) 전국 17,807개 아파트 단지를 대상으로 GIS 기반의 공간정보 분석을 수행하여 아파트 녹지 면적과 탄소흡수량을 산정하고, 시기·지역·사업 주체별 분포 특성을 파악하였다. 또한 아파트 에너지 소비량, 탄소흡수량, 재정자립도 등의 지표를 활용한 교차분석 및 군집분석을 통해 지역별 아파트 녹지의 상대적 필요도를 도출하였다.
- (아파트 녹지의 탄소흡수 및 저장량 실증분석) 경기도 성남시의 한 아파트 단지를 대상으로 지상 LiDAR 계측 및 3D 수목 모델링을 활용하여 수목별 탄소흡수량 및 탄소저장량을 정밀 조사하고, 설계 도면 대비 실제 식재 현황의 차이를 분석하였다. 이를 통해 계획상 추정치와 준공 후 실제 성과 간 격차 및 원인을 규명하였다.

- (국내외 아파트 녹지 관련 법제도 현황 분석) 아파트 녹지와 관련된 국내 주택·건축·조경 분야 법령과 제도를 전반적으로 검토하여 면적 확보, 설계·조성, 유지·관리, 정보체계 측면의 한계를 파악하였다. 영국·일본·싱가포르 등 해외 사례를 비교 분석함으로써, 아파트 녹지의 탄소흡수원으로서 제도화 필요성과 정책 수단을 도출하였다.
- (아파트 녹지 관련 제도 개선방안 및 효과 추정) 도출된 제도 개선방안을 면적 확보, 설계·조성, 유지·관리 3대 영역으로 구분하고, 전문가 설문조사 결과를 활용한 IPA·AHP 분석을 통해 각 대안의 탄소흡수 효과성과 실행가능성을 평가하여 정책 우선순위를 도출하였다. 이와 함께, 제도 개선 방안 적용에 따른 탄소흡수량 변화를 시나리오별로 시뮬레이션하여, 그 결과가 정부의 '정주지 부문 2030 온실가스 감축 로드맵(안)' 목표 달성에 얼마나 기여하는지 정량적으로 추정하였다.

주요 연구결과

■ 전국 아파트 녹지 현황 및 탄소흡수량 분석

전국 아파트 단지 내 총 녹지 면적은 약 14,547ha, 이에 따른 연간 탄소흡수량은 약 42,189 tCO₂로 추정되었다. 이는 도시공원 등 공공녹지와 별개로 정주지 영역의 사유지 녹지도 상당한 탄소흡수원 역할을 함을 보여준다. 실제로 일부 지역에서는 아파트 녹지가 공공 도시공원 면적의 20~40% 수준까지 차지하고 있음에도, 그간 정주지 부문 탄소흡수 정책에서 체계적으로 다뤄지지 못하였다. 지역별 분석 결과, 수도권과 일부 광역시는 아파트 녹지 비중이 높고 건물에너지 소비가 커 '복합취약지역'으로 분류되었으며, 반대로 녹지율은 낮으나 에너지 소비는 낮은 '기반확충지역'도 도출되었다. 이러한 군집 유형화를 통해 각 지역별로 녹지율 상향, 친환경 리모델링, 재정 지원 등 맞춤형 접근 전략의 필요성이 제시되었다. 한편 현재 법·제도상 아파트 단지의 녹지는 「도시공원 및 녹지 등에 관한 법률」 등 공식 녹지 체계에 포함되지 않아 주택단지 부대시설로만 취급되고 있으며, 탄소흡수원으로서 제도적 관리의 사각지대에 놓여 있음이 확인되었다.

전국 아파트 녹지 면적 및 탄소흡수량 분석결과

구분	주요 분석결과
전국 아파트 단지 수*	• 17,807개
전국 아파트 녹지 면적	• 약 14,547ha
평균 아파트 녹지율	• 30.5%
전국 아파트 녹지의 연간 탄소흡수량	• 약 42,189 tCO ₂ /년

출처: 연구진 작성

* 주소기반산업서비스에서 아파트 건물(용도코드: 2001)이 포함된 건물군 25,672개를 식별한 후, 공간정보와 속성정보의 정합성을 검토하여 최종적으로 17,807개 단지를 분석 대상으로 확정하였다. 다만, 기초 공간정보의 정합성이 향후 개선될 경우 현재 산정된 아파트 단지 면적은 실제보다 적게 추정되었을 가능성이 있으며, 이에 따라 녹지 면적 또한 보다 정확히 산출될 여지가 있다.

■ 아파트 녹지의 탄소흡수 및 저장량 실증분석

경기도 성남시 소재 아파트 단지에 대한 현장 계측 결과, 설계 도면상 계획된 수목 구성과 준공 후 실제 식재 현황 사이에 상당한 차이가 나타났다. 일부 수종의 경우 계획 대비 생존율 저하 및 생장 부진으로 실측 탄소흡수량이 설계예측치보다 70% 이상 낮게 측정되었고, 반대로 생육환경이 양호한 수종은 실측치가 계획치보다 증가하는 사례도 확인되었다. 이는 단순 설계 기준 기반의 정적 추정치의 한계를 보여주는 것으로, 시공 품질과 식재 후 유지관리 수준 등 실행 과정의 요인이 탄소흡수 성능에 큰 영향을 미침을 시사한다.

■ 국내외 아파트 녹지 관련 법제도 현황 분석

국내 아파트 녹지 관련 법령 및 제도 현황을 검토한 결과, 현행 제도에서는 아파트 녹지를 공식적인 녹지 자산으로 간주하지 않는 구조적 한계가 드러났다. 단지 내 5~15% 수준의 조경 면적 확보만으로도 법적 기준 충족이 가능하며, 탄소흡수 성능과 직결된 녹지 질적 요소는 고려되지 않고 있다. 또한 녹색건축인증제도(G-SEED)에도 탄소흡수 능력을 평가하는 항목이 부재하여, 사업 시행자가 형식적으로 녹지를 조성해도 인증 취득에는 문제가 없는 실정이다. 이러한 제도적 미비로 인해 민간 주거지 녹지의 탄소흡수 기여도가 과소평가되고 있으며, 정주지 부문 탄소감축 목표 수립 시 현실을 왜곡시키는 요인이 될 수 있음을 확인하였다. 한편 영국·일본·싱가포르 등 해외 주요국은 도시 녹지 확보와 성능 향상을 유도하기 위한 다양한 제도적 수단을 운영하고 있다. 영국 런던은 도시녹화지수(Urban Greening Factor)를 도입하여 주거개발 시 0.4 이상의 녹화 지수를 의무화하고 있고, 일본과 싱가포르는 주택단지 내 수목 식재 기준 및 장기 관리 지침을 법규나 가이드라인으로 명시하여 적용 중이다. 이를 통해 우리나라에서도 아파트 녹지의 법적 지위 격상, 관리 책임 명확화 등 제도권 편입을 추진할 필요성이 제기되었다.

■ 아파트 녹지 관련 제도 개선방안 및 효과 추정

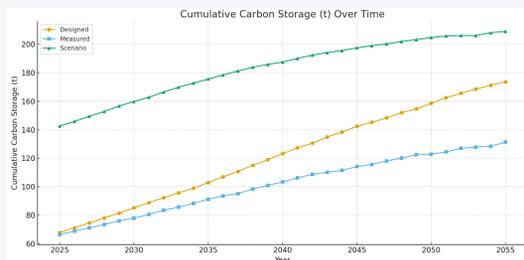
아파트 녹지의 가치 제고를 위한 제도 개선 과제들을 전문가 설문을 통해 평가한 결과, 조경기준 개정, 녹색건축인증 탄소 항목 신설, 친환경주택기준 개정 등이 효과성과 실현가능성이 모두 높아 단기 우선 추진 과제로 선정되었다. 반면 최소 녹지율 상향, 법적 지위 명확화 등은 효과성은 높지만 현실적 실행 가능성이 낮아 중·장기 과제로 분류되었다. 이는 향후 정책 추진 시 효과-실현 가능성에 따른 이원화 전략이 필요함을 의미한다. 또한, 전국 단위 시나리오 분석을 통해 제도 개선의 탄소흡수 증대 효과를 정량 평가한 결과, 평균 아파트 녹지율을 현행 약 30%대에서 40% 수준으로 높일 경우 2030년까지 정주지 부문 탄소흡수원 확충 목표량의 약 39%를 달성할 수 있는 것으로 나타났다. 이는 민간 부문의 녹지율 상향 정책이 정부 탄소중립 로드맵 목표 달성에 상당한 기여 잠재력이 있음을 보여준다. 특히 아파트 개발사업 인허가 단계에서 녹지율 상향을 내재화하는 방안은 토지·예산 제약이 큰 공공 녹지 확충 대비 비용 효과적인 전략으로 평가되며, 지역별 여건을 고려한 유연한 목표 설정을 통해 부작용 없이 녹지 비율을 높일 수 있음을 시사하였다.

제도 개선을 통한 탄소흡수 증대 효과

구분	아파트 건설량 변화 기준								
	전체 추세선(1971~2023년)			최근 10년 추세선(2014~2023년)			최근 10년 평균		
아파트 녹지율(%)	30.5% (2023년 기준)	35%	40%	30.5% (2023년 기준)	35%	40%	30.5% (2023년 기준)	35%	40%
2024~2030년 아파트 녹지 면적(ha)	4,103	4,712	5,385	2,511	2,883	3,295	2,958	3,396	3,881
2024~2030년 아파트 녹지 탄소흡수량(tC/yr)	11,901	13,664	15,616	7,283	8,362	9,557	8,557	9,848	11,254
기준값(녹지율 30.5%) 대비 증가값	-	(+1,763)	(+3,715)	-	(+1,079)	(+2,274)	-	(+1,291)	(+2,697)
국토교통부 '정주지 부문 2030 온실가스 감축 로드맵(안)'의 2024~2030년 탄소흡수원 확충 목표 (40,155tC/yr) 기여도(%)	29.6	34.0	38.9	18.1	20.8	23.8	21.3	24.5	28.0

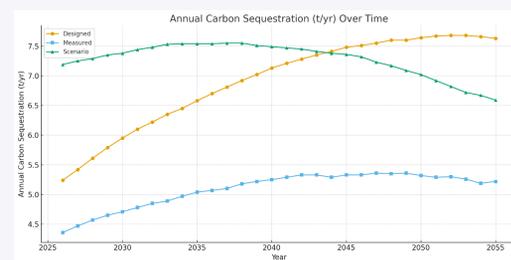
출처: 연구진 작성

한편, 앞서 언급한 단지 시뮬레이션에서도 단기적으로 식재 구조 개선 시 흡수량이 증가하지만 수십 년 후 다시 감소하는 경향이 확인되었는데, 이는 초기 조성과 더불어 지속적 유지관리가 병행되어야 정책 효과가 장기적으로 유지될 수 있음을 잘 보여준다. 이상과 같이, 본 연구는 전국 단위 거시 분석부터 단지 단위 미시 검증, 제도 평가 및 시뮬레이션까지 계층적 연구를 수행함으로써, 아파트 녹지가 지닌 도시 탄소흡수 잠재력과 정책적 활용 가능성을 실증적으로 제시하였다.



30년간 누적 탄소저장량 시뮬레이션 결과

출처: 연구진 작성



30년간 탄소흡수량 시뮬레이션 결과

출처: 연구진 작성

정책 제언

■ 아파트 녹지의 법적 지위 확립

아파트 녹지의 탄소흡수 기능을 공식적으로 인정하고 제도권에 편입시킬 필요가 있다. 공원녹지법을 비롯한 주택·건축 관련 법령 및 녹색건축인증 체계 등에 아파트 녹지의 탄소흡수 역할을 명시하여, 해당 녹지의 관리 주체와 성과 책임을 명확히 해야 한다. 현재 아파트 녹지는 법적으로 독립된 녹지 유형으로 규정되지 않아 공공 녹지와 연계 관리가 불가능하므로, 정부 차원에서 관련 법령 및 하위지침 개정 로드맵을 수립하고 단계적으로 추진할 필요성이 있다. 나아가 아파트 녹지를 국가·지자체 온실가스

흡수원 통계 및 관리 체계에 포함하여 그 기여도를 공식 산정·보고함으로써 정책적 위상을 강화할 필요가 있겠다.

■ 설계 단계 탄소흡수 성능 반영

아파트 단지 계획·설계 단계에서 탄소흡수 능력이 극대화되도록 관련 기준과 인증제도를 개선해야 한다. 구체적으로 녹색건축인증(G-SEED)에 녹지의 탄소흡수 잠재량 평가 항목을 신설하고, 친환경주택 건설기준에 단지 외부공간의 탄소흡수 요소를 포함시키며, 조정기준에는 탄소흡수에 유리한 수종 구성과 식재밀도 기준을 반영하도록 한다. 본 연구의 전문가 평가에서 이러한 조치들은 효과성과 실행가능성이 모두 높아 단기 우선 추진과제로 선정된 만큼, 관계 부처는 관련 고시와 지침을 개정하여 설계 단계부터 녹지율 및 식재구조의 탄소 성능이 정량적으로 평가·반영되도록 해야 하겠다.

■ 아파트 녹지율 상향 정책

전국 평균 30%대인 아파트 녹지율을 중장기적으로 40% 수준까지 상향하기 위한 제도 개선을 추진할 필요성이 있다. 시나리오 분석에 따르면 녹지율 40% 달성 시 2030년까지 정주지 부문 탄소흡수원 목표량의 약 38.9%를 달성할 수 있어, 녹지율 제고는 국가 탄소중립 목표에 기여할 잠재 효과가 매우 큼을 확인하였다. 신축 아파트 사업의 인·허가 조건에 녹지율 상향을 내재화하는 것은 한정된 토지와 예산으로 추진되는 공공녹지 확충보다 효율적인 전략으로 판단되며, 다만 녹지율 상향으로 인한 주택 공급 위축이나 사업성 저하를 방지하기 위해 지역별 단계적 목표치를 설정하고 점진적으로 상향 조정하는 것이 바람직하겠다. 예를 들어 도시 규모나 개발밀도에 따라 차등화된 기준과 완충 기간을 두어 업계와 주민의 수용성을 높이는 한편, 불가피한 경우 용적률 완화 등의 보완 조치를 연계할 수 있을 것이다.

■ 장기 성능 확보를 위한 유지관리 강화

조성 후 수십 년에 걸쳐 아파트 녹지의 탄소흡수 성능을 유지하려면 체계적인 사후관리 방안 마련이 핵심이다. 전문가 분석(AHP) 결과에서도 '유지·관리'가 최우선 과제로 도출되었듯이, 초기 조성 효과를 지속하려면 사후관리 강화가 필수적이다. 구체적으로 공동주택 장기수선계획에 수목 관리 항목과 주기를 신설하여 정기적인 관리·교체를 의무화하고, 녹색건축인증의 사후관리 이행점검을 내실화하며, 전국 단위 아파트 녹지 데이터베이스(DB)를 구축·고도화하여 탄소흡수 실적을 모니터링·피드백하는 체계를 제안한다. 본 연구의 시뮬레이션에서도 시간 경과에 따른 흡수량 감소가 확인된 바, 이를 완화하려면 생애주기형 유지관리 계약제, 전문기관 정기 모니터링, 노령목 교체 및 보식 프로그램 등 제도가 뒷받침되어야 한다. 이와 함께 관리 주체인 입주자대표회의나 위탁관리업체의 역량 강화를 위해 매뉴얼 개발 및 교육·훈련 제도를 마련하는 등 소프트웨어적 지원도 중요하다.

■ 지역별 맞춤 기준 및 인센티브

전국 일률적 기준보다는 지역 여건에 부합하는 차등화된 기준과 인센티브 도입으로 정책 실효성을 높여야 한다. 기후대, 지형, 개발밀도에 따라 녹지 조성 가능량과 탄소흡수 잠재력이 상이하므로,

지자체별로 맞춤형 녹지율 기준이나 탄소흡수 목표를 설정할 필요가 있다. 동시에 녹지율 기준 충족 또는 초과 달성 시 용적률·건폐율 완화나 기부채납 면제 등의 인센티브를 부여하여 민간사업자의 자발적 참여를 유도할 수 있는 방안이 필요하다. 다만 이러한 인센티브는 실측된 탄소흡수 성과와 유지관리 이행에 연동되도록 설계함으로써, 서류상 기준만 충족하고 실질적 관리는 소홀히 하는 그린 워싱을 방지해야 하겠다. 궁극적으로 지역 특성에 맞는 유인책과 규제의 정교한 조합을 통해 전국적 목표와 지역 현실을 조화시키는 전략이 요구된다.

■ 데이터 기반 성과관리 및 거버넌스 구축

아파트 녹지를 지속가능한 탄소흡수원으로 관리하기 위해 데이터 기반의 평가 체계와 협력 거버넌스를 구축해야 한다. 전국 아파트 단지의 녹지 면적·구성, 설계 및 인증 정보, 유지관리 이력 등을 통합한 데이터베이스를 마련하고, 이를 통해 녹지율, 탄소흡수량, 사후관리 이행률 등의 성과 지표를 상시 모니터링·공개하는 시스템을 제안한다. 이러한 데이터 플랫폼은 중앙정부·지자체·민간에 분산된 정보를 표준화·연계함으로써, 정주지 탄소흡수 관리의 허브로 기능하고 중앙-지방-민간 공동 거버넌스의 기반이 될 것이다. 이를 통해 정책 실행력을 제고하고 우수 사례를 확산하는 한편, 데이터에 근거한 정책 환류가 가능해져 지속적인 개선 사이클을 구현할 수 있을 것으로 기대된다.

주제어

아파트 녹지(Apartment Green Space), 탄소흡수원(Carbon Sink), 조경계획(Landscape Planning), 탄소중립도시(Carbon Neutral City)

제1장 서론	1
1. 연구의 배경 및 목적	2
1) 연구의 배경	2
2) 연구의 목적	4
2. 연구의 범위 및 방법	5
1) 연구의 범위	5
2) 연구 방법	8
3. 선행연구 검토	10
제2장 전국 아파트 녹지 현황 및 탄소흡수량 분석	13
1. 분석 개요	14
1) 분석 목적	14
2) 분석 방법	14
2. 아파트 녹지 분포 현황 및 탄소흡수량 분석	20
1) 아파트 녹지 면적 현황	20
2) 아파트 녹지의 탄소흡수량 현황	30
3. 지역별 아파트 녹지의 상대적 필요도 분석	32
1) 교차분석 결과	32
2) 군집분석 결과	37
4. 소결	41
제3장 아파트 녹지 탄소흡수 및 저장량 실증 분석	43
1. 분석 개요	44
1) 분석 목적	44
2) 분석 방법	45
2. 실증 분석 결과	51
1) 설계도면 및 실측도면 간의 식재 구조 비교	51
2) 탄소저장량 및 탄소흡수량 비교	54
3. 소결	57

제4장	국내의 아파트 녹지 관련 법제도 현황 분석	59
1.	분석 개요	60
1)	분석 목적	60
2)	분석 방법	61
2.	국내 아파트 녹지 관련 법제도 분석	62
1)	면적 확보	62
2)	설계·조성	67
3)	유지관리	73
4)	정보체계 구축	76
3.	해외 사례 분석	80
1)	영국	80
2)	일본	85
3)	싱가포르	89
4.	소결	94
제5장	아파트 녹지 관련 제도 개선방안 및 효과 추정	97
1.	아파트 녹지 관련 제도 개선방안	98
1)	탄소흡수 기능 향상을 위한 아파트 녹지 관련 제도 개선방안	98
2)	전문가 설문 분석	103
2.	제도 개선 효과 추정	111
1)	도시 차원	111
2)	아파트 단지 차원	116
3.	소결	123
제6장	결론	125
1.	연구의 주요 내용 및 결과	126
2.	정책 제언	128
3.	연구의 한계 및 향후 연구 과제	131
	참고문헌	134
	Summary	139
	부록	141
	부록. 전문가 설문조사지	

[표 1-1] '정주지 부문 2030 온실가스 감축 로드맵(안)'의 감축수단 및 목표	2
[표 1-2] 아파트 녹지 관련 개념	5
[표 1-3] 연구의 흐름도	9
[표 1-4] 선행연구 검토 결과	10
[표 2-1] 아파트 녹지 데이터 구축 절차	15
[표 2-2] 아파트 녹지의 탄소흡수량 산정 기준	17
[표 2-3] 전국 아파트 녹지 현황 및 탄소흡수량 분석의 틀	19
[표 2-4] 전국 공원녹지 및 아파트 녹지 조성면적 현황	20
[표 2-5] 광역지자체별 아파트 녹지 면적 현황	21
[표 2-6] 광역지자체별 단지당·세대당 평균 아파트 녹지 면적 현황	23
[표 2-7] 기초지자체 아파트 녹지율(상위 20 개 시·군·구)	24
[표 2-8] 단지당 평균 아파트 녹지 면적(상위 20 개 시·군·구)	25
[표 2-9] 세대당 평균 아파트 녹지 면적(상위 20 개 시·군·구)	26
[표 2-10] 사용승인연도별 아파트 녹지 면적 현황	28
[표 2-11] 사업주체별 아파트 녹지 면적 현황	29
[표 2-12] 아파트 녹지 탄소흡수량 추정 결과	30
[표 2-13] 광역지자체별 아파트 녹지의 탄소흡수량 추정 결과	31
[표 2-14] 건물용도별 에너지 사용량	32
[표 2-15] 광역지자체별 아파트 에너지사용량	34
[표 2-16] 사분면 유형 및 특징	35
[표 2-17] 광역지자체 단위 아파트 탄소흡수량-에너지소비량 기반 교차 분석 결과	36
[표 2-18] 광역지자체 단위 기초 통계량 분석 결과	37
[표 2-19] 광역지자체 단위 분산분석 결과	37
[표 2-20] 광역지자체 단위 군집 유형 및 중심값	38
[표 2-21] 기초지자체 단위 기초 통계량 분석결과	38
[표 2-22] 기초지자체 단위 분산분석 결과	38
[표 2-23] 기초지자체 단위 군집 유형 및 중심값	39
[표 2-24] 기초지자체 단위 군집분석 결과	39
[표 2-25] 기초지자체 단위 군집별 정책 방향	40
[표 2-26] 전국 아파트 녹지 현황 및 탄소흡수량 분석의 종합	42
[표 3-1] 실증분석 대상지 개요	45
[표 3-2] 지상 LiDAR 조사 및 3D 데이터 구축 과정	46
[표 3-3] 주요 수종의 설계 기준과 실측 규격 비교 분석	50
[표 3-4] 설계 도면 및 실측 기준 식재 구조 비교 분석	51

[표 3-5] 탄소저장량 비교 결과	55
[표 3-6] GIS 분석·설계도면·실측 기준 아파트 녹지 면적율 및 탄소흡수량 차이 분석 결과	58
[표 3-7] 아파트 녹지의 탄소흡수 및 저장량 실증 분석의 종합	58
[표 4-1] 국내외 아파트 녹지 관련 법제도 현황 분석 방법	61
[표 4-2] 지자체별 대지의 조경 설치 기준	63
[표 4-3] 생태면적을 적용 기준	64
[표 4-4] 서울특별시와 경기도의 생태면적을 적용 기준	64
[표 4-5] 어린이놀이터 및 운동시설 설치 기준	65
[표 4-6] 서울특별시의 주민공동시설 설치 면적 및 필수 시설 세부면적 기준	65
[표 4-7] 「조경기준」의 설계 기준	67
[표 4-8] 어린이놀이터와 주민운동시설의 설계·조성 기준	69
[표 4-9] 에너지절약형 친환경주택 건설기준 중 아파트 녹지 관련 기준	69
[표 4-10] 공동주택성능등급과 녹색건축인증 심사의 생태환경 관련 필수 및 평가항목(●필수/○평가)	70
[표 4-11] 생태환경 관련 항목 면적 중복 가능 여부	71
[표 4-12] 자연지반 녹지율 등급에 따른 가중치	71
[표 4-13] 생태면적을 등급에 따른 가중치	72
[표 4-14] 장기수선계획의 옥외 부대 및 복리시설 수선방법 및 주기	73
[표 4-15] 녹색건축인증의 운영·유지관리 문서 및 매뉴얼 제공 산출기준	74
[표 4-16] 주택정보체계 구축 및 운영	76
[표 4-17] 공동주택관리정보시스템의 등록대상 및 내용	77
[표 4-18] UGF(Urban Greening Factor) 적용 예시	81
[표 4-19] BREEAM 토지이용 및 생태계(Land Use and Ecology) 부문 주요 평가 항목	82
[표 4-20] 일본 도쿄도 건축물 녹화 기준	85
[표 4-21] CASBEE 건축물 부지 외부환경 품질(Q3) 평가 체계	87
[표 4-22] 싱가포르 개발사업 유형별 GnPR 요구사항 및 계산방식	90
[표 4-23] 싱가포르 Green Mark 2021 주요 내용	91
[표 4-24] BCA green mark 2021 유지관리 평가 기준 중 섹션 5 조경에 관한 세부 지침	93
[표 4-25] 국내외 아파트 녹지 관련 제도 비교 분석 결과	96
[표 5-1] 국내 아파트 녹지 관련 제도의 현황과 개선방안	102
[표 5-2] 전문가 설문조사 개요	103
[표 5-3] 설문조사 항목	103
[표 5-4] 설문조사 세부 항목	103
[표 5-5] IPA 분석 정책 영역 구분	104
[표 5-6] 응답자 일반현황	105
[표 5-7] IPA 분석 결과	107
[표 5-8] IPA 분석 결과 기반 정책적 시사점	108
[표 5-9] AHP 분석 결과	110
[표 5-10] AHP 분석 결과 기반 정책적 시사점	110
[표 5-11] 도시 차원 제도 개선 효과 추정 방법	112
[표 5-12] 아파트 녹지율 제도개선 시뮬레이션(전체 기간 추세선 기반)	112
[표 5-13] 아파트 녹지율 제도개선 시뮬레이션(최근 10년 추세선 기반)	113
[표 5-14] 아파트 녹지율 제도개선 시뮬레이션(최근 10년 평균값 기반)	114
[표 5-15] 면적 확보 관련 제도 개선안 적용 시뮬레이션 종합 분석	115
[표 5-16] 현황도 범례	120
[표 5-17] 개선안 범례	121

[그림 1-1] 주택 재고 수	3
[그림 2-1] 아파트 녹지 데이터 추출 과정	16
[그림 2-2] 전국 아파트 녹지 데이터 추출 결과	16
[그림 2-3] 분석의 방법	18
[그림 2-4] 광역지자체별 아파트 녹지 분포 현황도	22
[그림 2-5] 기초지자체별 아파트 녹지 분포 현황도	24
[그림 2-6] 사용승인연도별 아파트 녹지 면적 현황도	28
[그림 3-1] 바이오매스 기반 탄소저장량 분석 과정(좌) 및 I-Tree Eco 프로그램 인터페이스(우)	49
[그림 3-2] 설계 도면 기준 흉고직경(DBH) 분포도	53
[그림 3-3] 실측 기준 흉고직경(DBH) 분포도	53
[그림 3-4] 연간 탄소흡수량 비교 그래프	56
[그림 4-1] 국내 아파트 녹지의 면적 확보 관련 법제도 현황	62
[그림 4-2] 국내 아파트 녹지의 설계·조성 관련 법제도 현황	67
[그림 4-3] 국내 아파트 녹지 유지·관리 관련 법제도	73
[그림 4-4] 국내 아파트 녹지 정보체계 구축 관련 법제도	76
[그림 4-5] 생물다양성 순증(BNG) 제도 개념	83
[그림 4-6] 경관대체구역(LRA) 녹지 유형	89
[그림 5-1] 30년간 누적 탄소저장량 시뮬레이션 결과	117
[그림 5-2] 30년간 탄소흡수량 시뮬레이션 결과	118
[그림 5-3] 108동 북동측 조경 현황도	119
[그림 5-4] 108동 북동측 조경 개선안 평면도	119

[수식 4-1] 알로메트리 방정식	48
[수식 4-2] 자연지반 녹지율 산출기준	71
[수식 4-3] 생태면적률 산출기준	72
[수식 4-4] GnPR 계산 공식	90

제1장

서론

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

1. 연구의 배경 및 목적

1) 연구의 배경

■ 국가 온실가스 감축목표(NDC) 달성을 위한 정주지 부문 탄소흡수원 확충 필요

기후위기에 대응하고 탄소중립 사회로의 전환을 가속화하기 위해, 도시 정주지 부문에서의 탄소흡수원 확충은 국가 차원의 핵심 과제로 부상하고 있다. 대한민국 정부는 2050 탄소중립 선언과 함께 2030년까지 2018년 대비 온실가스 순배출량을 40% 감축하는 국가 온실가스 감축목표(NDC)를 상향 확정하였다. 이에 따라 국토교통부는 2024년 정주지 부문의 온실가스 인벤토리를 최초로 산정·보고하고, 이를 기초로 ‘정주지 부문 2030 온실가스 감축 로드맵(안)’을 수립하였다.

이 로드맵은 2030년까지 정주지 내 탄소흡수 공간을 총 3,783 ha 확대하여 약 4만 톤의 탄소를 추가 흡수하겠다는 목표를 제시하였다. 이를 달성하기 위한 주요 추진 수단으로는 장기미집행 공원의 조성, 개발제한구역 내 탄소흡수원 확충, 택지개발사업을 통한 공원녹지 조성, 재개발·재건축 사업지의 공원녹지 조성 등을 설정하였다. 그러나 이러한 수단이 주로 공공영역에 한정되어 있어, 도시 생활권 전반에서의 흡수원 확충을 실질적으로 이끌어내기에는 한계가 존재한다.

[표 1-1] ‘정주지 부문 2030 온실가스 감축 로드맵(안)’의 감축수단 및 목표

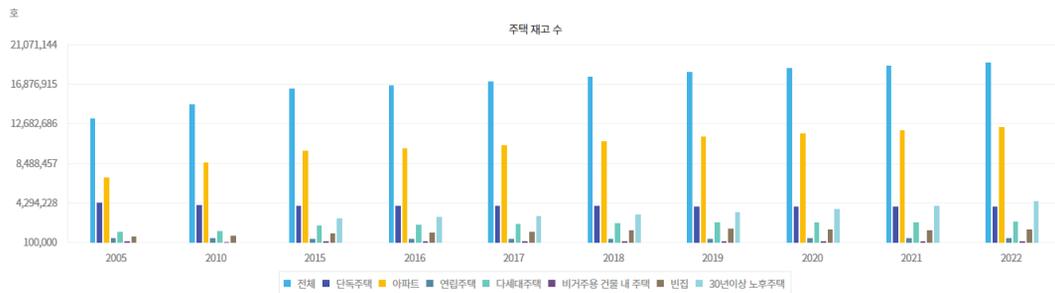
구분	감축수단	지표단위	년도별 목표						
			'24	'25	'26	'27	'28	'29	'30
기존 사업 연계	개발제한구역의 탄소 흡수원 확충	면적(ha) (흡수량(톤))	267 (2,833)	356 (3,776)	445 (4,270)	534 (5,663)	622 (6,607)	711 (7,550)	800 (8,491)
	재개발·재건축 사업지 공원녹지 조성		41 (437)	52 (547)	62 (656)	72 (765)	82 (875)	93 (984)	103 (1,098)
	장기미집행 공원조성을 통한 흡수원 확충		747 (7,925)	996 (10,567)	1,245 (13,209)	1,493 (15,851)	1,742 (18,498)	1,991 (21,135)	2,240 (23,775)
신규 사업	택지개발 사업을 통한 공원녹지 조성		-	-	-	-	-	-	640 (6,793)
소계			1,055 (11,196)	1,403 (14,890)	1,751 (18,585)	2,099 (22,279)	2,447 (25,974)	2,795 (29,669)	3,783 (40,155)

출처: 국토교통부(2024) 2024년 정주지 부문 국가 온실가스 통계산정 및 탄소흡수 증진방안. p.144.

■ 아파트 녹지의 제도적 관리 미포함과 탄소흡수 잠재력 반영의 한계

‘정주지 부문 2030 온실가스 감축 로드맵(안)’ 수립 과정에서 아파트 단지 내 녹지 공간은 정주지 내 주요 탄소흡수원임에도 불구하고, 아직 공식 통계나 제도적 관리체계에 충분히 포함되지 못하고 있다. 현재 국가 온실가스 인벤토리에서 정주지 부문은 토지이용, 토지이용변화 및 임업(LULUCF) 부문의 일부로 관리되지만, 대부분 사유지로 분류되는 아파트 녹지는 탄소흡수 기여도가 체계적으로 산정되지 않아 제도적 사각지대에 놓여 있다. 이로 인해 실제보다 낮게 평가된 탄소흡수량이 정주지 부문 감축 목표의 현실적 달성을 왜곡시킬 잠재적 요인으로 작용할 가능성이 있다.

우리나라의 주거 형태 중 아파트가 차지하는 비중은 매우 높다. 국토교통부 통계에 따르면 2023년 기준 전체 주거용 연면적의 64.2%인 약 1,252,465천㎡가 아파트로 구성되어 있으며, 이는 연평균 2.6%의 속도로 지속 증가하는 추세이다.¹⁾ 이러한 점에서 아파트 녹지는 도시 정주지 내에서 상시적 관리가 가능하고, 규모 면에서도 공공녹지에 준하는 중요한 잠재적 탄소흡수원으로 기능할 수 있다. 특히 「기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법」(2022년 시행)은 국가 및 지자체가 정주지 부문 탄소흡수저장 시책을 추진할 법적 의무를 부여하고 있어, 민간 소유의 아파트 녹지를 포함한 탄소흡수 관리체계의 법적·정책적 정비 필요성은 더욱 커지고 있다.²⁾



[그림 1-1] 주택 재고 수

출처: 지표누리 e-나라지표 (<https://www.index.go.kr/unity/potal/indicator/IndexInfo.do?cdNo=2&clasCd=10&idxCd=F0178&upCd=8>)

■ 아파트 녹지의 탄소흡수 기능에 대한 과학적 평가와 정책적 활용의 필요성

아파트 녹지는 도시 녹지 총량의 상당 부분을 차지하며, 탄소흡수와 미기후 조절 등 다양한 환경적 기능을 수행한다. 그러나 이러한 기능을 과학적으로 규명하고 정책에 반영하기 위한 연구와 제도적 기반은 여전히 미흡한 수준이다. 기존 연구와 통계는 공원, 도시숲 등 공공녹지를 중심으로 이루어져 있어, 민간 주거지 내 녹지가 실제로 수행하는 환경적 기여는 체계적으로 반영되지 못하고 있다.

아파트 녹지의 탄소흡수량을 과학적·정량적으로 평가하기 위해서는 수목의 성장특성, 식재밀도, 토양 조건 등을 종합적으로 고려한 정밀 분석이 필요하다. 동시에, 이러한 분석 결과가 국가 탄소중립 전략과

1) 출처: 국토교통부 보도자료(2024.04.16.) 전국 건축물 총 7,391,084동 / 42억 27백만㎡)

2) 법 제33조(탄소흡수원 등의 확충)에 근거해 정주지의 온실가스 흡수·저장을 위한 탄소흡수원을 조성·확충하거나, 흡수 능력을 개선하기 위한 시책을 수립·시행해야 하며, 법 제44조(녹색국토의 관리)에 근거해 도시 녹지를 확충하고, 개발대상지 및 도시지역의 생태계 서비스를 유지·증진하기 위한 시책을 마련해야 한다. 또한, 법 제23조(기후변화영향평가)에 따라 100만㎡ 이상의 도시개발사업은 기후변화영향평가 의무 대상으로 탄소흡수원 확대 방안을 제시해야 하며, 최근에는 개발사업으로 인한 탄소흡수 감소량을 산정하여 대체흡수원 조성, 탄소부담금 부과, 재생에너지 시설 도입 등으로 상쇄하는 탄소총량제의 도입이 검토되고 있다.

연계하여 정책적 근거로 활용할 수 있도록 표준화된 평가체계를 확립해야 한다. 이는 아파트 녹지를 단순한 조경시설로 보는 관점을 넘어, 도시 탄소중립 정책의 실행단계에서 정량적으로 관리 가능한 생활권 탄소흡수원으로 전환하기 위한 필수적 전제라 할 수 있다.

■ 아파트 녹지의 탄소흡수 기능 강화와 제도 개선의 필요성

현재의 제도·정책 체계에서는 아파트 녹지가 탄소흡수원으로서 지닌 잠재력이 충분히 반영되지 못하고 있으며, 관련 제도 또한 미비한 수준이다. 대부분의 법령과 지침은 조경의 면적 확보나 미관 개선에 초점을 두고 있어, 탄소흡수 성능을 고려한 설계·조성 기준, 장기적 유지관리 체계, 성과평가 및 데이터 기반 관리제도는 미흡한 실정이다.

공공영역 중심의 흡수원 확충 정책만으로는 생활권 단위의 탄소중립 실현이 어렵다. 따라서 도시 내에서 넓은 비중을 차지하고 상시적인 관리가 이루어지는 민간 주거단지의 녹지를 정책적 탄소흡수 인프라로 전환할 필요가 있다. 이를 위해서는 면적 확보 단계에서 녹지율 상향과 생태면적을 강화, 설계 단계에서 수종 구성 및 식재 구조의 흡수성능 반영, 유지관리 단계에서 장기수선계획에 식생관리 항목을 명시 등 전 주기에 걸친 제도적 관리체계 구축이 요구된다. 본 연구는 이러한 문제의식에 기반하여, 아파트 녹지의 탄소흡수 기능을 과학적으로 규명하고 이를 뒷받침할 제도 개선 방향을 제시함으로써 정주지 부문 탄소흡수 정책의 실질적 기반을 마련하고자 한다.

2) 연구의 목적

본 연구는 탄소중립도시 구현 과정에서 아파트 녹지의 환경적·정책적 가치를 과학적으로 규명하고, 이를 토대로 아파트 녹지의 탄소흡수 기능을 강화하기 위한 제도적 개선방안을 제시하는 것을 목적으로 한다.

이를 위해 먼저, 전국 단위의 아파트 녹지 현황을 체계적으로 조사분석하여 면적 분포와 공간 특성, 탄소흡수량 규모 및 지역별 차이를 정량적으로 파악한다. 또한, 대표 단지를 대상으로 지상 LiDAR 측량과 3D 수목모델링을 활용한 실증 분석을 실시하여, 계획 단계에서의 예측값과 준공 후 실제 탄소흡수량 간의 차이를 검증하고자 한다. 이러한 과정을 통해 아파트 녹지가 도시 생활권 내에서 상시적·근접형 탄소흡수원으로 기능할 수 있음을 실증적으로 확인하고자 한다.

나아가, 연구 결과를 ‘국가 온실가스 감축목표(NDC)’ 및 ‘정주지 부문 온실가스 감축 로드맵(안)’과 연계하여, 아파트 녹지가 도시 부문 탄소중립 목표 달성에 기여할 수 있는 정책적 잠재력과 기여 규모를 평가한다. 특히, 녹지율 상향과 생태면적을 강화 등 면적 확보 측면의 정책 효과를 분석하고, 이를 기반으로 설계·조성 및 유지관리 단계에서의 제도 개선방안을 구체화한다.

마지막으로, 본 연구는 조경기준, 녹색건축인증제도(G-SEED), 친환경주택건설기준 등 현행 관련 제도와의 연계 가능성을 검토하여, 설계-인증-유지관리 전 주기에 걸친 아파트 녹지의 제도화 방안을 제안한다. 이를 통해 아파트 녹지가 단순한 조경요소를 넘어, 정주지 부문 탄소흡수 인프라이자 탄소중립도시 실현의 핵심 공간자산으로 기능할 수 있는 정책적 기반을 마련하고자 한다.

2. 연구의 범위 및 방법

1) 연구의 범위

■ 용어 정의

- 아파트 녹지

아파트 녹지는 「주택법」 제2조 및 동법 시행령 제6조 및 제7조에 따라 공동주택단지 내에 설치되는 조경시설 및 주민공동시설 중 식생을 기반으로 한 녹지공간을 의미한다. 이는 「조경기준」에서 정의하는 조경면적(식재, 벽면녹화, 자연지반, 옥상조경, 인공지반 조경 등)을 포괄하는 개념이다.

또한, 아파트 녹지는 「건축법」 제2조 및 동법 시행령 [별표1]에서 규정한 아파트의 범위에 해당하는 공동주택단지 내부에 조성된 조경 공간으로, 도시 내 정주지에서 사적 공간에 속하면서도 탄소흡수원으로 기능할 수 있는 중요한 녹색기반시설로 간주된다.

[표 1-2] 아파트 녹지 관련 개념

구분	정의	근거
공동주택	• 건축물의 벽·복도·계단이나 그 밖의 설비 등의 전부 또는 일부를 공동으로 사용하는 각세대가 하나의 건축물 안에서 각각 독립된 주거생활을 할 수 있는 구조로 된 주택을 의미	• 「주택법」 제2조(정의)
아파트	• 주택으로 쓰는 층수가 5개 층 이상인 주택	• 「건축법 시행령」 별표 1 제2호기목
공동주택단지	• 주택건설계획 또는 대지조성사업계획의 승인을 받아 주택과 그 부대시설 및 복리시설을 건설하거나 대지를 조성하는 데 사용되는 일단의 토지를 의미	• 「주택법」 제2조제12호 • 「공동주택관리법」 제2조제3호
부대시설	• 부대시설은 주택에 딸린 시설 또는 설비를 의미하며, 아파트 녹지는 부대시설 가운데 조경시설에 해당	• 「주택법 시행령」 제6조(부대시설의 범위)
복리시설	• 복리시설은 주택단지 입주자의 생활복리를 위한 복리시설을 의미하며, 아파트 녹지는 복리시설 가운데 주민공동시설에 포함되며, 어린이놀이터와 주민운동시설이 포함	• 「주택법 시행령」 제7조(복리시설의 범위) • 「주택건설기준 등에 관한 규정」 제2조(정의)
조경면적	• 조경의 조치를 한 부분의 면적 • 조경은 '경관을 생태적, 기능적, 심미적으로 조성하기 위하여 식물을 이용한 식생공간을 만들거나 조경시설을 설치하는 것'을 의미	• 「조경기준」 제3조

출처: 「건축법」 및 동법 시행령; 「주택법」 및 동법 시행령; 「공동주택관리법」; 「주택건설기준 등에 관한 규정」; 「조경기준」을 참고하여 연구진 작성

- 탄소중립도시

탄소중립도시란 「기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법」 제2조에 따라, 대기 중에 배출되는 온실가스의 총량에서 흡수·제거 또는 상쇄 조치를 통해 순배출량(Net Emissions)을 '0'으로 만드는 도시를 말한다. 이는 에너지, 교통, 건축, 토지이용, 자연환경 등 도시 전 부문에서 온실가스 감축과 흡수 전략이 통합적으로 작동하는 상태를 지향하며, 제도적·기술적·사회적 시스템 전반의 전환을 포함한다. 도시계획 및 정주지 관리의 관점에서 탄소중립도시는 기존의 물리적 공간계획 중심에서 탈피하여, 탄소 배출량과 흡수량 간 정량적 균형 확보를 목적으로 하는 구조적 전환이 요구된다. 본 연구는 특히 '흡수' 측면에 주목하여, 아파트 녹지를 생활권 탄소흡수원의 새로운 유형으로 정의하고, 이를 바탕으로 탄소중립도시 실현에 필수적인 정주지 탄소관리 체계를 보완하기 위한 정책적 방안을 제시하고자 한다.

■ 공간적 범위

본 연구의 공간적 범위는 전국의 아파트 단지를 대상으로 설정하였다. 시도 및 시·군·구 단위의 행정 구역을 기준으로 아파트 녹지 면적, 분포 특성, 탄소흡수량 등을 비교·분석하였으며, 이를 통해 지역별 특성과 패턴을 도출하였다. 또한, 아파트 녹지 탄소흡수 및 저장량의 실증 분석과 제도 개선 효과 검증을 위해 경기도 성남시 중원구에 위치한 'e편한 세상 금빛그랑메종 1단지'를 사례지로 선정하였다. 해당 단지는 지상 LiDAR 기반의 3D 수목모델링을 활용한 정밀 조사를 통해 계획 대비 실제 수목 생육 및 탄소흡수량을 분석할 수 있는 대표 사례로 활용되었다.

■ 시간적 범위

기본 분석 시점은 2023년으로 설정하고, 해당 시점을 기준으로 공간정보 및 통계 데이터를 활용하였다. 아파트 녹지 면적과 탄소흡수량의 변화 추세를 파악하기 위해 1971년부터 2023년까지의 아파트 사용승인 데이터를 기반으로 시계열 분석을 수행하였으며, 2030년까지의 시나리오 분석을 통해 제도 개선안 적용 시 정책효과를 예측하였다. 이 시뮬레이션은 정부의 '정주지 부문 2030 온실가스 감축 로드맵(안)'과 국가 NDC 목표를 기준으로, 7년(2024~2030년) 동안의 신축 및 재개발·재건축 사업을 통한 아파트 녹지 확충 가능성과 탄소흡수 기여도를 정량적으로 추정하기 위해 수행되었다.

■ 내용적 범위

- 전국 아파트 녹지 현황 및 탄소흡수량 분석

전국 17,807개 아파트 단지를 대상으로 주소기반산업지원서비스, 공동주택관리정보시스템(K-apt), 환경부 토지피복지도 등 다양한 공간정보를 통합하여 아파트 녹지 면적을 정량적으로 산출하였다. 이를 지역별·시기별·사업주체별로 구분하여 공간적 분포 특성을 분석하고, 아파트 에너지소비량, 탄소흡수량, 재정자립도 등 지표를 활용한 교차분석 및 군집분석을 통해 지역별 상대적 필요도를 도출하였다.

- 아파트 녹지 탄소흡수량 및 저장량 실증 분석

경기도 성남시 중원구 사례지를 대상으로 지상 LiDAR 측량과 알로메트리 방정식을 적용하여 수목별 탄소흡수량 및 저장량을 정밀 산정하였다. 이를 통해 계획 도면 대비 실제 식생 구조밀도·흡수 특성 간의 차이를 정량적으로 검증하였다.

- 국내외 아파트 녹지 관련 법제도 현황 분석

아파트 녹지의 면적 확보, 설계 및 조성, 유지·관리, 정보체계 구축과 관련된 국내 법제도 전반을 검토하여 한계점을 도출하였다. 또한, 영국, 일본, 싱가포르 등 해외의 우수 사례를 비교 분석하여 정책적 시사점을 도출하고, 아파트 녹지를 탄소흡수원으로 제도화하기 위한 법제 개선의 필요성을 제시하였다.

- 아파트 녹지 제도 개선 효과 분석

아파트 녹지의 탄소흡수 기능 강화를 위한 제도 개선방안을 '면적 확보', '설계 및 조성', '유지관리' 단계별로 구분하여 제시하였다. 또한, 제도 개선 적용 전·후의 탄소흡수량 변화를 정량적으로 추정하고, 그 결과가 '정주지 부문 2030 온실가스 감축 로드맵(안)' 목표 달성에 미치는 기여 수준을 평가하였다. 이를 통해 도시 및 단지 차원에서의 제도적 개선 효과를 실증적으로 제시하였다.

2) 연구 방법

■ 문헌 연구 및 사례 분석

아파트 녹지의 탄소흡수 기능, 탄소중립 아파트 녹지의 계획·설계 및 관리 기준, 탄소흡수량 산정 방법 등과 관련된 국내외 학술연구를 종합적으로 검토하였다. 또한 국내 아파트 녹지 관련 법·제도를 조사하고, 해외의 탄소중립 아파트 녹지 정책 및 제도 사례를 분석하여 국내 적용 가능성을 탐색하였다.

■ 아파트 녹지 면적 및 탄소흡수량 분석

전국 아파트 녹지 면적을 공간적으로 정량화하기 위해, 주소기반산업지원서비스의 건물 정보 및 건물군 경계, 공동주택관리정보시스템(K-apt)의 단지 기본정보 및 사용승인일, 공간환경정보서비스의 2024년도 세분류 토지피복지도 중 '기타초지' 항목을 통합적으로 활용하였다. 이를 통해 아파트 경계 내 조성된 녹지를 추출하고, 최종적으로 17,807개 단지에 대한 정제된 공간데이터셋을 구축하였다. 탄소흡수량은 IPCC 「2006 National Greenhouse Gas Inventories Guidelines」의 Land Use, Land-Use Change and Forestry(LULUCF) 부문 중 Tier 2a 수관면적 기준 방법론을 준용하여 산정하였다.

■ 아파트 녹지 탄소흡수량 실증 분석

현장 기반 실증 분석은 경기도 성남시 중원구의 'e편한세상 금빛그랑메종 1단지'(대지면적 39,164㎡, 1,135세대)를 대상으로 수행하였다. 지상 LiDAR(Leica RCT 360)와 3D 프로그램을 활용하여 단지 내 고정밀 수목 현황 데이터를 구축하고, 이를 계획 도면과 비교 분석하였다. 탄소흡수·저장량은 수목별 흉고직경(DBH) 등의 생육 정보를 바탕으로 알로메트리 방정식(Allometric Equation)을 적용하여 산정하였다.

■ 제도 개선 효과 추정

아파트 녹지 관련 제도 개선에 따른 도시 및 개별 아파트 단지 차원의 탄소흡수 및 저장량 변화를 확인하기 위해 시나리오 분석을 수행하였다. 도시 차원에서는 아파트 개발 물량을 전체 기간 추세선(1971-2023), 최근 10년 추세선(2014-2023), 최근 10년 평균값으로 각각 예측하고, 전국 평균 아파트 녹지율(30.5%)과 제도 개선에 따른 녹지율 상승(35%, 40%)을 가정하여 탄소흡수량을 산정하였다. 이후 각 시나리오별 탄소흡수량이 정부의 '정주지 부문 2030 온실가스 감축 로드맵(안)' 달성에 미치는 영향을 평가하였다.

아파트 단지 차원에서의 제도 개선 효과는 실증 분석 대상지인 '금빛그랑메종 1단지'에 제도 개선안을 반영하여 수종, 식재 방식, 식재량 등을 조정한 후, 탄소흡수 및 저장량 차이를 비교·분석하였다.

[표 1-3] 연구의 흐름도



출처: 연구진 작성

3. 선행연구 검토

아파트 단지 내 녹지 공간에 대한 연구는 조경, 생태, 건축계획 등 다양한 분야에서 활발히 수행되어 왔다. 선행연구들을 살펴보면, 주로 아파트 단지의 녹지 조성 현황과 관리 실태를 파악하고, 이를 개선하기 위한 방안을 제시하거나 친환경 인증제도의 관점에서 녹지 활용을 평가한 연구들이 중심을 이룬다. 예를 들어, 권전오 외(2011)는 인천시 아파트 단지의 조경관리 실태와 수목 식재 밀도를 조사하여 생태적 안정성 강화를 위한 관리방안을 제시하였고, 이동욱 외(2012)는 서울시 아파트 단지의 시기별 녹지 배치 구조 및 식재 구조 변화를 분석하여 보다 친환경적인 조성 전략을 도출하였다. 김용국 외(2017)는 도시 녹색인프라 구축 차원에서 건축물 조경 제도의 개선 방향을 제시하였고, 예태곤(2018)은 아파트 단지의 녹지공간이 기후변화 완화 효과를 충분히 발휘하지 못하고 있음을 실증적으로 밝히며, 녹색건축 인증의 생태환경 분야 지표 개선 방안을 제안하였다.

이처럼 기존 연구들은 아파트 녹지의 질적 관리, 설계 개선, 생태적 기능 강화에 중점을 두고 있으며, 일부는 건축물 단위의 제도 개선이나 인증체계의 보완을 다루고 있다. 그러나 아파트 단지 내 녹지의 탄소흡수 기능을 정량적으로 평가하고 이를 국가 탄소중립 정책과 연계한 연구는 부족한 실정이다. 도시숲이나 공공녹지를 대상으로 한 탄소흡수량 산정 연구는 다수 존재하지만, 대부분 사유지로 구성된 아파트 단지를 대상으로 전국 단위의 탄소흡수량을 추정한 사례는 매우 드물다. 또한 아파트 녹지를 기후위기 대응 자원으로 인식하고 이를 제도적으로 관리할 필요성을 제기한 연구도 거의 없는 상황이다.

이러한 한계를 보완하기 위해, 본 연구는 다음과 같은 차별적 연구 접근을 시도하였다. 첫째, 전국의 아파트 단지를 대상으로 신뢰성 있는 과학적 방법론을 적용하여 녹지 면적과 탄소흡수량을 정량화함으로써, 그동안 과소평가되어 온 아파트 녹지의 탄소흡수 가치를 실증적으로 규명하였다. 둘째, 계획·설계·관리 전 과정에서 아파트 녹지의 탄소흡수 기능을 극대화하기 위한 제도 개선방안을 제시하고, 그 효과를 정량적으로 검증하였다. 이러한 접근은 대체로 민간 소유로 구성된 아파트 녹지에 대한 공공정책적 개입의 필요성과 가능성을 실증적으로 제시했다는 점에서 학술적·정책적 의의가 크다.

나아가 본 연구는 이러한 분석과 정책 제안이 정부의 2030년 국가 온실가스 감축목표(NDC) 이행 및 정주지 부문 온실가스 감축 로드맵 목표 달성에 실질적으로 기여할 수 있는지를 평가함으로써, 향후 정책 결정 과정에서 활용 가능한 근거자료를 제공하고자 하였다.

[표 1-4] 선행연구 검토 결과

구분	연구목적	연구방법	주요 연구내용
1	<ul style="list-style-type: none"> 연구명: 공동주택(아파트)단지 수목 식재 밀도 관리를 통한 생태적 안정성 강화방안 연구자(년도): 권전오 외(2011) 연구목적: 인천시 아파트조경관리의 현황과 문제점 분석을 통한 개선방안 제시 	<ul style="list-style-type: none"> 문헌연구 해외사례 분석 현장조사 전문가 의견수렴 	<ul style="list-style-type: none"> 아파트 녹지관리 및 생물 서식공간 조성 이론 고찰 사례지 현황 조사분석 및 문제점 도출 아파트단지 내 녹지 관리 개선방안 제시
2	<ul style="list-style-type: none"> 연구명: 서울시 아파트단지의 녹지배치 및 식재구조 변화 연구 연구자(년도): 이동욱 외(2012) 연구목적: 서울시 아파트단지의 시기별 녹지 배치구조와 식재구조의 변화과정 분석을 통해 친환경적인 아파트단지 내 녹지조성 개선방안 제시 	<ul style="list-style-type: none"> 조성 시기, 용적률, 지하 주차장에 의한 지반 현황, 녹지율의 차이가 뚜렷한 조사 아파트단지 12개소 선정 도면 검토 및 현장조사 	<ul style="list-style-type: none"> 녹지배치구조(녹지율, 녹지유형, 녹지폭) 분석 식재구조(식재수종, 녹량, 식재밀도, 식재형태) 분석 녹지배치 및 식재구조 변화 분석 아파트단지 녹지배치 및 식재구조 개선 방안 제시
3	<ul style="list-style-type: none"> 연구명: 녹색인프라 구축을 위한 건축물 조경 제도 개선방향 연구 연구자(년도): 김용국 외(2017) 연구목적: 녹색인프라 구축 관점에서 건축물 조경의 기능을 구현하기 위해 국내 건축물 조경 제도의 개선방향을 제시하는 것 	<ul style="list-style-type: none"> 문헌연구 현장조사 및 사례분석 설문조사 시뮬레이션 	<ul style="list-style-type: none"> 건축물 조경의 기능 검토 건축물 조경 제도 현황 분석 건축물 조경 조성·관리 실태 분석 해외 건축물 조경 법제도와 정책 사례분석 녹색인프라 구축을 위한 건축물 조경 제도 개선 방안 제시
4	<ul style="list-style-type: none"> 연구명: 아파트단지 녹지공간의 기후변화 완화효과 제고를 위한 녹색건축인증 생태환경 분야 개선방안 연구자(년도): 예태곤(2018) 연구목적: 녹색건축인증기준 생태환경 분야에 포함된 기존 인증항목들이 아파트 단지 녹지공간의 기후변화 완화 효과를 유도하지 못하고 있음을 실증적으로 검토 하고, 기후변화 완화 효과가 상대적으로 높은 녹지공간 계획기법의 적용 여부를 평가할 수 있도록 생태환경 분야 개선 방향 제시 	<ul style="list-style-type: none"> 문헌연구 회귀분석 설계도서 및 인증서류 자료 분석 	<ul style="list-style-type: none"> 기후변화 대응 관련 녹지공간의 역할, 녹색건축 인증기준 및 생태환경 분야 인증항목의 구성, 관련 선행연구에 대한 이론적 고찰 기후변화 완화효과 관점의 아파트 녹지공간 사례 분석틀 도출 생태환경 분야 기존 인증항목 적용에 따른 녹색 건축인증 아파트단지 사례의 외부공간 계획 현황 및 특성 분석 녹지공간의 기후변화 완화 관점에서의 평가인증 항목 도입 방안 마련, 아파트단지 내 녹지의 기후 변화 완화 효과를 위한 생태환경 분야 인증항목 구성체계 개선 방안 제안
5	<ul style="list-style-type: none"> 연구명: 경기도 공동주택단지 녹지관리 현황과 정책방향 연구자(년도): 김한수 외(2022) 연구목적: 공동주택단지 녹지 관리에 공공 역할 필요성에 대한 검토와 근거를 확인 	<ul style="list-style-type: none"> 문헌연구 GIS 분석을 통한 공동주택 단지 녹지현황 분석 	<ul style="list-style-type: none"> 공동주택단지 녹지 관련 문헌 및 사례연구 경기도 공동주택단지 녹지현황 및 녹지관리 실태 분석 공동주택단지 녹지관리 이슈 및 발생원인 검토 공동주택단지 녹지관리 개선방안 및 공적지원 방안 도출
6	<ul style="list-style-type: none"> 연구명: 포스트코로나 시대의 변화된 주거 환경을 고려한 조경계획 방안 연구 연구자(년도): 이은엽 외(2022) 연구목적: 포스트코로나 시대의 생활행태 및 거주환경 변화 요구에 대응한 외부공간 조성방향 정립, 변화된 환경에 대응한 공동 주택단지 내 옥외 조경공간 계획 방향 마련 	<ul style="list-style-type: none"> 국내외 문헌 고찰 및 사례조사 설문조사 분석 	<ul style="list-style-type: none"> 이론 및 문헌 고찰을 통한 개념 정립 설문조사 및 분석을 통한 주민의식 조사 옥외 조경공간 계획모델 구성 및 계획 방향 제시 기후변화 대응 조경공간 조성 가이드라인 제시
7	<ul style="list-style-type: none"> 연구명: 탄소저감설계 지원을 위한 수목 탄소계산기 개발 및 적용 연구자(년도): 하지아 외(2023) 연구목적: 조경 분야에서 탄소저감 설계를 위해 활용할 수 있는 수목 탄소계산기 개발 및 조경설계 실무에서의 효용성 검증 	<ul style="list-style-type: none"> 수목 탄소계산기 개발 식재 실험설계를 통한 수목 탄소계산기 프로그램의 타당성 검증 	<ul style="list-style-type: none"> 수목 탄소계산기 개발 과정 및 구조 수목 탄소계산기 사용 전·후 설계안의 탄소흡수량·탄소저장량 및 재료비 증감 시뮬레이션

구분	연구목적	연구방법	주요 연구내용
8	<ul style="list-style-type: none"> 연구명: 탄소흡수량 증대를 위한 아파트 외부 공간 식재 가이드라인 개발에 관한 연구 연구자(년도): 강연주 외(2024) 연구목적: 아파트 외부 공간의 탄소흡수량 증대를 위한 식재 가이드라인 개발 	<ul style="list-style-type: none"> 식재가이드라인 적용 아파트 외부공간 추출 식재 가이드라인 적용 사례 대상지 선정 선행연구를 통한 탄소흡수량 분석 방법 및 기준 설정 사례 대상지별 식재 가이드라인 적용 전·후 탄소흡수량 비교 분석 	<ul style="list-style-type: none"> 아파트 조경 관련 법령 및 건설사 조경설계 가이드라인을 토대로 아파트 외부공간 구분 '살기좋은 아파트상' 수상작 중 수도권권에 위치한 5개 표본 아파트 단지 선정 아파트 외부공간 유형별 식재 가이드라인 제시 표본 아파트 단지 대상 식재 가이드라인 적용 전·후 탄소흡수량 차이 분석
9	<ul style="list-style-type: none"> 연구명: 사회적 여건변화 대응을 위한 그린 인프라 기반 공원녹지 조성방향 전환 연구 연구자(년도): 윤은주 외(2024) 연구목적: 그린인프라 기반의 녹지제도 통합 방안을 통해 토지이용의 효율성을 제고하고, 사회적 여건 변화에 유연하게 대응할 수 있도록 공원녹지 재편방향을 모색 	<ul style="list-style-type: none"> 그린인프라 관련 법제도, 정책, 계획 등 문헌 조사 일본, 싱가포르 등 해외사례 분석 이용자 인식조사 건축물대장 데이터를 활용한 지역별 공동주택단지 내 녹지 면적 추정 전문가 자문 및 인터뷰 조사 	<ul style="list-style-type: none"> 공원녹지 및 단지내녹지 현황을 분석하여, 단지내 녹지 면적이 국내 공원녹지 조성면적의 약 9%에 해당하는 것으로 추정 주민 인식조사 결과, 일률적 양적 지표보다는 이용자 특성에 맞는 실질적 녹지 조성이 중요하다는 것을 제시 공원녹지 정책 전환을 필요성과 방향 제시
10	<ul style="list-style-type: none"> 연구명: 도시공원에 대한 탄소중립 기여도 평가 항목 개발 연구자(년도): 안병철 외(2024) 연구목적: 2050년 탄소중립 달성을 위해 추가 흡수원으로서 제시된 도시공원에 대한 탄소중립 기여도를 평가할 수 있는 항목 개발 	<ul style="list-style-type: none"> 선행연구, 관련 제도, 및 보고서 검토 FGI 및 델파이 분석 AHP 분석 	<ul style="list-style-type: none"> 문헌조사를 통해 10개 분야 46개 항목 도출 FGI 및 델파이 분석을 통해 22개의 도시공원 대한 탄소중립 기여도 평가항목 도출 AHP 분석결과, 1계층에서는 식재기법 분야의 중요도가 가장 높고, 2계층에서는 탄소흡수량이 높은 수종 식재, 녹지체계 연결, 다층구조 식재 항목순으로 중요도가 높게 나타남
본연구의 차별성	<ul style="list-style-type: none"> 탄소중립도시 구현 과정에서 아파트 녹지의 환경적·정책적 가치를 과학적으로 규명하고, 이를 토대로 아파트 녹지의 탄소흡수 기능을 강화하기 위한 제도적 개선방안 제시 	<ul style="list-style-type: none"> 문헌연구 및 사례분석 아파트 녹지 면적 및 탄소흡수량 분석(GIS 분석, IPCC 2006 GL 기반 탄소흡수량 산정, 통계분석) 아파트 녹지탄소흡수저장량 실증분석(지상 LiDAR 측량 및 3D 모델링) 시나리오 분석 	<ul style="list-style-type: none"> 전국 아파트 녹지 면적 현황 및 탄소흡수량 분석 지역별 아파트 녹지-에너지-재정 데이터를 결합한 복합 취약성 진단 및 유형화 제시 LiDAR와 i-Tree Eco 기반 설계도면과 실측 기준 탄소저장량·흡수량 비교 분석 면적 확보, 설계·시공, 유지관리 등 세 가지 측면에서의 아파트 녹지 관련 제도 개선방안 제시 국가 '정주지부문 2030 온실가스 감축로드맵(안)'과 연계한 제도개선 효과 시뮬레이션 제시

출처: 연구진 작성

제2장

전국 아파트 녹지 현황 및 탄소흡수량 분석

1. 분석 개요
2. 아파트 녹지 분포 현황 및 탄소흡수량 분석
3. 지역별 아파트 녹지의 상대적 필요도 분석
4. 소결

1. 분석 개요

1) 분석 목적

본 연구는 아파트 단지 내 녹지를 도시 정주지 부문의 핵심 탄소흡수원으로 인식하고, 그 정량적 가치 평가와 제도적 활용 가능성을 제시하는 데 목적이 있다. 이를 위해 전국 17,807개 아파트 단지를 대상으로 GIS 기반의 공간 분석을 수행하여 녹지 면적과 공간적 분포 특성을 도출하였으며, IPCC 2006 「National Greenhouse Gas Inventories Guidelines」의 Tier 2a 수관 면적 기준 방법론을 적용하여 탄소흡수량을 과학적으로 산정하였다.

분석 결과는 지역별·시기별·사업 주체별 편차를 중심으로 아파트 녹지의 탄소흡수 특성을 체계적으로 규명하고, 그간 저평가되어 온 정주지 녹지의 가치를 재조명하는 데 기여할 것이다. 나아가 본 연구는 이러한 실증 분석을 바탕으로, '국가 온실가스 감축목표(NDC)' 및 '정주지 부문 2030 탄소흡수 로드맵(안)'의 이행 과정에서 아파트 녹지가 핵심 흡수원으로 기능할 수 있음을 실증적으로 제시하고자 한다.

2) 분석 방법

■ 분석 범위 및 활용 데이터

- 시간적 범위
 - 2023년 기준 공간 데이터를 중심으로 분석하되, 시계열 분석을 위해 1970년대부터 2023년 까지의 단지별 사용승인 데이터를 보완하여 활용
- 공간적 범위
 - 전국 17,807개 아파트 단지 내 녹지³⁾ (세대수 기준 전국 아파트의 84.38%)⁴⁾
- 활용 데이터
 - (주소 기반 산업지원 서비스) 건물군 경계 및 건물 용도 정보
 - (공동주택관리정보시스템(K-apt)) 단지 기본 정보 및 사용승인일
 - (환경 공간 정보 서비스) 2023년 기준 세분류 토지피복지도

3) 주소기반산업서비스에서 2023년 12월 기준 아파트 건물(용도코드: 2001)이 포함된 건물군 25,672개를 식별한 후, 공간정보와 속성정보의 정합성을 검토하여 최종적으로 17,807개 단지를 분석 대상으로 확정하였다. 다만, 기초 공간정보의 정합성이 향후 개선될 경우, 현재 산정된 아파트 단지 면적은 실제보다 적게 추정되었을 가능성이 있으며, 이에 따라 녹지 면적 또한 보다 정확히 산출될 여지가 있다.

4) 국가데이터처의 「주택총조사」에 따르면 2023년 기준 전국 아파트 세대수는 12,631,608호이며, 본 연구에서 분석에 활용된 세대수는 10,658,704호로, 전체의 약 84.38%를 포함한다.

■ 아파트 녹지 데이터 구축 절차

전국 아파트 녹지 면적을 공간적으로 정량화하기 위해, 본 연구에서는 총 세 단계의 데이터 구축 및 정제 과정을 거쳤다.

- (1단계) 건물군 경계 도출
 - 주소 기반 산업지원 서비스⁵⁾의 건물 정보를 활용하여 용도 코드 '02001'(아파트)로 분류된 건물이 포함된 건물군의 공간 경계를 추출 (2023년 12월 기준 총 25,672개 단지)
- (2단계) 속성 보완
 - 공동주택관리정보시스템(K-apt)⁶⁾의 단지 기본 정보(사용승인일 등)를 1단계 건물군 경계 데이터와 결합
 - 이 과정에서 주소 불일치, 누락값, 중복 등록 등 정합성 문제가 발견된 단지를 검증 및 정제 하였으며, 2025년 5월 기준 최신 속성 정보(K-apt 데이터 추가 활용)로 보완
- (3단계) 녹지 추출 및 정제
 - 환경 공간 정보 서비스⁷⁾의 2024년도 세분류 토지피복지도⁸⁾ 중 '기타초지'⁹⁾ 항목을 교차 분석하여, 아파트 경계 내부의 조성 녹지를 분리 추출
 - 2022~2023년 사용승인 단지 중 항공영상에서 '공사 중'으로 인식된 사례는 세분류 토지피복 지도와 K-apt 사용승인일을 대조하여 오류치 처리, 오류치 단지는 분석 모수에서 제외하고, 정상 단지군의 평균 녹지율을 대체값으로 산정
 - 군사시설 및 정보 비공개 구역은 분석에서 제외하였으며, 최종적으로 17,807개 단지에 대한 정제된 공간데이터셋을 구축

[표 2-1] 아파트 녹지 데이터 구축 절차

분석 단계	분석 방법	산출 단지 수	비고
1단계	• 주소기반산업지원서비스의 건물 정보로부터 '아파트 (용도코드 2001)'가 포함된 건물군 경계 도출	25,672개	• 기초 공간데이터 확보 단계
2단계	• 공동주택관리정보시스템(K-apt)의 단지 기본정보 (사용승인일 등)와 속성 매칭 및 정합성 검증	22,124개 → 18,380개	• 22,124개 단지 중 건물군 경계 정보와 속성 간 불일치·누락 발생 단지 제외 • 공간경계 오류, 주소 불일치, 중복등록 등 정합성 문제 대상 제거
3단계	• 세분류 토지피복지도(2024) 중 '기타초지' 항목과 교차 분석하여 단지 내부 녹지 추출	18,380개 → 17,807개	• 2022~2023년 사용승인 단지 중 항공영상에서 '공사중'으로 인식된 단지를 이상치로 판단하여 제외 • 군사시설·비공개 구역 및 경계 오류 단지 제외 • 최종 분석 모수 확정
최종 결과	• 정제검증된 전국 아파트 녹지 공간 데이터셋 구축	17,807개	• 전체 25,672개 중 정합성이 확보된 69.36% 최종 활용

출처: 연구진 작성

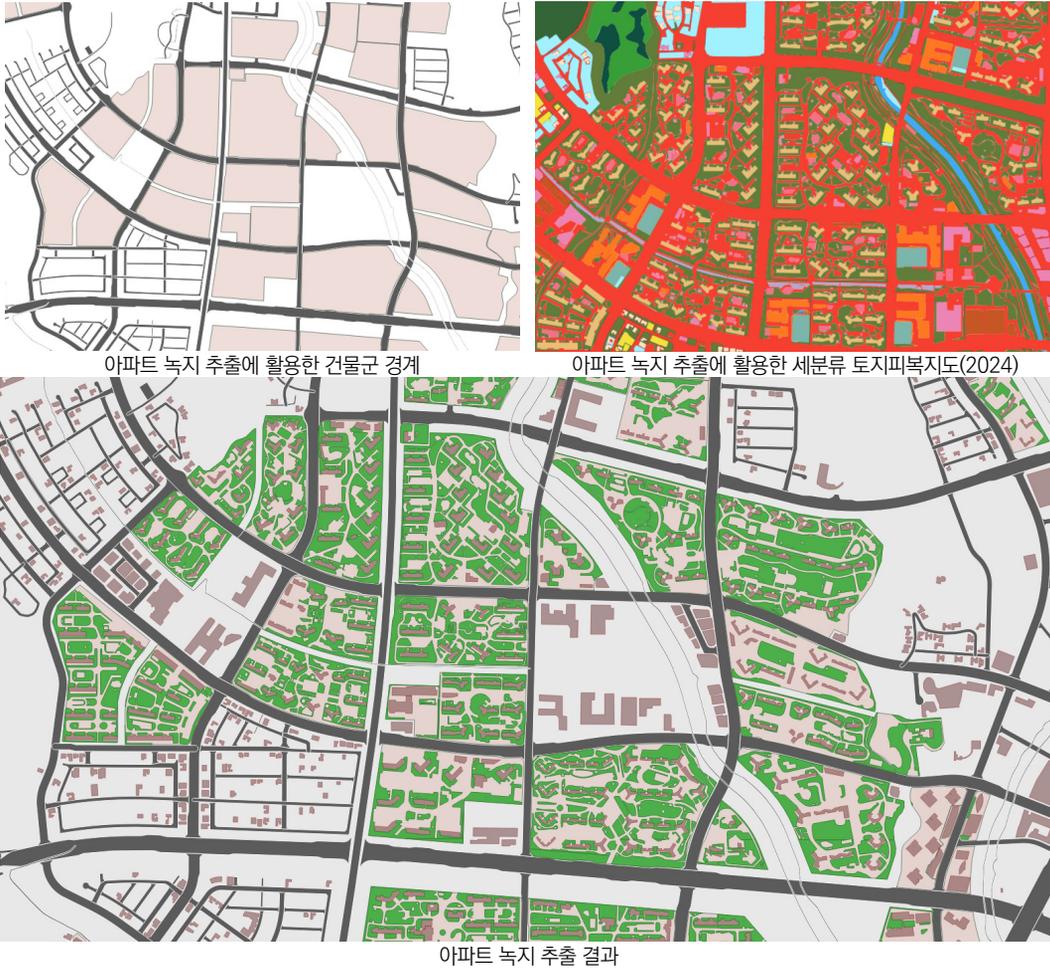
5) 행정안전부 주소기반산업지원서비스 (2023, <https://business.juso.go.kr/>)

6) 국토교통부 공동주택관리정보시스템. (2025, <https://www.k-apt.go.kr/web/main/index.do>)

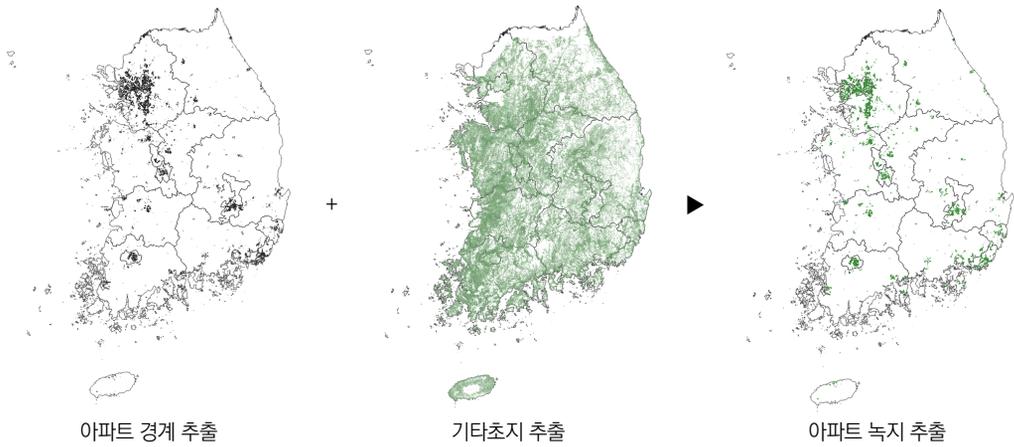
7) 기후에너지환경부 환경공간정보서비스. (2025, <https://aid.mcee.go.kr/>)

8) 2024년도 세분류 토지피복지도는 2023년 12월 31일 항공영상사진을 바탕으로 제작되었으므로 2024년도 세분류 토지피복지도를 활용

9) 환경공간정보서비스의 분류기준에 따르면 기타초지는 도로 및 아파트 주변의 완충 녹지(또는 경관녹지)로 조성된 초지를 포함



[그림 2-1] 아파트 녹지 데이터 추출 과정
출처: 연구진 작성



[그림 2-2] 전국 아파트 녹지 데이터 추출 결과
출처: 연구진 작성

■ 아파트 녹지의 탄소흡수량 산정 기준 및 적용 방법

아파트 단지 내 녹지 공간의 탄소흡수 기능을 정량화하기 위해, 본 연구는 IPCC 2006 Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories 중 Land Use, Land-Use Change and Forestry (LULUCF) 부분의 Tier 2a 수관면적 기준 방법론을 준용하였다. 해당 방법은 각 토지이용 유형별로 활동자료(activity data)와 기본 계수(default emission factor)를 활용하여 탄소축적량 변화를 기반으로 탄소흡수량을 산정하는 방식이다.

본 연구에서는 아파트 녹지를 수관면적(crown area)에 해당하는 식생공간으로 간주하고, 단위 면적당 연간 탄소흡수 계수로서 2.9 tC/ha·yr의 기본 값을 적용하였다. 이 계수는 도시 정주지(urban settlement)로 지속 이용되는 토지 중, 온대지역 식생이 분포한 수관면적 기준으로 IPCC에서 제시하는 공식값이며, 국토교통부의 '2024년 정주지 부문 국가 온실가스 통계산정 및 탄소흡수 증진방안'에서도 동일하게 적용되었다.

[표 2-2] 아파트 녹지의 탄소흡수량 산정 기준

구분	내용
Approach	1 전체 토지이용 지역, 토지이용 간 변화에 대한 자료가 없음
	2 카테고리 간의 변화를 포함한 총 토지이용면적
	3 공간명시적 토지이용 변화 자료
Tier	1 정주지로 유지되는 정주지 안의 살아있는 바이오매스 내의 탄소축적의 변화가 없다고 가정 (a. 수관면적방법) 그 지역에 덮인 식생의 구역 단위마다 탄소축적변화량을 이용
	2 (b. 단일개체성장방법) 식물의 개체단위마다 탄소축적변화량을 이용
	3 공원, 전원지대, 도시정착지역, 도로 등 다른 정주지 형태를 위해 분해된 정도의 요인을 더 자세한 측정을 위해 접근 탄소축적변화량을 두 점으로 측정하여 증감여부를 설명
탄소흡수량 산정 기준	탄소흡수량 = 정주지 수관면적 × 수관면적당 탄소흡수 계수* 이산화탄소흡수량 = 탄소흡수량 × 44/12**

* 단위 수관면적당 탄소흡수량은 Tier 2a의 수관면적 기준값(IPCC 기본 계수 2.9 tC/ha·yr)을 활용

** 탄소(C)에서 이산화탄소(CO₂)로 변환할 때 44/12의 계수를 적용

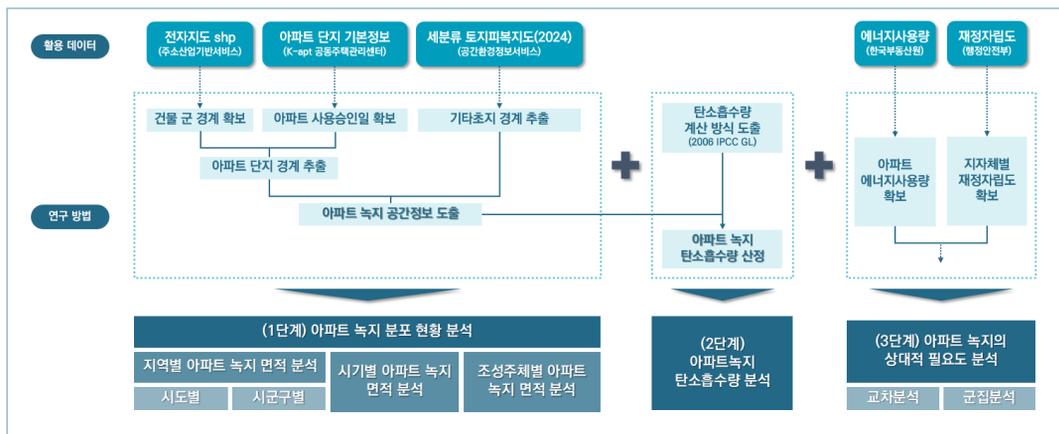
출처: IPCC(2006, Vol. 4, Ch. 3; Ch. 8); 국토교통부(2024, pp.37- 47)을 인용하여 연구진 작성

■ 지역별 아파트 녹지의 상대적 필요도 분석 방법

아파트 녹지의 탄소흡수 기능을 강화하기 위한 지역별 정책 개입의 우선순위를 도출하는 것을 목적으로 교차 분석 및 군집분석을 실시하였다. 탄소중립도시 구현을 위한 정주지 부문 탄소흡수원 확충 전략 수립에 있어, 아파트 녹지의 상대적 필요도를 정량적으로 평가함으로써, 녹지 확충이 시급한 지역군을 식별하고자 하였다. 이를 통해 향후 중앙 및 지방정부의 온실가스 감축 이행방안 수립에 근거가 될 수 있는 실증 기반 자료를 제시하고자 한다.

본 연구에서는 아파트 녹지의 확대가 특히 필요한 지역을 도출하기 위하여 다음의 이중 분석을 실시하였다.

- 교차 분석
 - 아파트 단지별 탄소흡수량과 아파트 건물당 에너지소비량을 이원 매트릭스에 배치
 - 각 시·도의 상대적 위치를 통해 4가지 유형(① 전환우선지역, ② 복합취약지역, ③ 기초확충지역, ④ 선도관리지역)으로 분류
- 군집 분석
 - (K-평균 군집분석) 시·도 및 시군구 단위에서 3개 주요 변수(탄소흡수량, 에너지소비량, 재정자립도)를 기준으로 유사 특성을 가진 지역군 도출



[그림 2-3] 분석의 방법

출처: 연구진 작성

[표 2-3] 전국 아파트 녹지 현황 및 탄소흡수량 분석의 틀

구분	분석 요소	주요 내용	분석 방법
아파트 녹지 분포 현황 분석	지역별 현황	• 시도 및 시군구별 아파트 녹지 면적 현황 분석	• 분석 자료 • 주소기반산업지원서비스의 전자지도
	시기별 현황	• 1971~2023년 아파트 녹지 면적 시계열 분석	• 공동주택관리정보시스템의 단지 기본정보 • 공간환경정보서비스의 세분류 토지피복지도
	사업주체 별 현황	• 민간/공공 등 사업주체별 아파트 녹지 면적 분석	• 분석 방법 • GIS 분석, 통계 분석
아파트 녹지 탄소흡수량 분석		• 아파트 녹지의 탄소흡수량 및 이산화탄소흡수량 분석	• IPCC 2006 G.L의 Tier 2a 방법론 적용

• 아파트 탄소흡수량(단지당)과 에너지소비량(동당) 데이터를 기반으로 지역별 아파트 녹지 확충의 상대적 필요도 도출

구분	정의	특징	
교차분석	복합취약지역 (중점개선군)	탄소흡수량 ↓ 에너지소비량 ↑	정책적 집중 투자 요구
	기초확충지역 (탄소흡수원 증대 필요군)	탄소흡수량 ↓ 에너지소비량 ↓	기초 인프라 확충 필요
	전환우선지역 (탄소배출저감 필요군)	탄소흡수량 ↑ 에너지소비량 ↑	에너지 효율화 연계 추진
	선도관리지역 (유지관리군)	탄소흡수량 ↑ 에너지소비량 ↓	유지 및 확산 필요

지역별 아파트 녹지의 상대적 필요도 분석

• 분석 자료
- 아파트 녹지 탄소흡수량(단지당)
- 아파트 에너지소비량(동당)
- 재정자립도

• 분석 방법
- 탄소흡수량과 에너지소비량을 활용한 교차 분석
- 군집분석을 통한 시도 및 시군구 유형화

• 아파트 탄소흡수량(단지당), 에너지소비량(동당), 재정자립도(지역별) 데이터를 바탕으로 지역별 아파트 녹지 확충의 상대적 필요도 도출

구분	특징
평균형	탄소흡수량 - / 에너지소비량 - / 재정자립도 - 전국 표준 수준
고기능 도시형	탄소흡수량 ↑ / 에너지소비량 ↑ / 재정자립도 ↑ 지자체 자체 대응 가능
취약기반형	탄소흡수량 ↓ / 에너지소비량 ↑ / 재정자립도 ↓ 정부 개입 필요

출처: 연구진 작성

2. 아파트 녹지 분포 현황 및 탄소흡수량 분석

1) 아파트 녹지 면적 현황

■ 전국 아파트 녹지 면적 현황

2023년 기준, 전국 아파트 녹지 면적은 약 145.47km²(145,473,622m²)로 「도시공원 및 녹지 등에 관한 법률」(이하 공원녹지법)에 따라 조성된 공원녹지와 아파트 녹지를 합한 전체 도시녹지 면적(927.09km²)의 약 15.6%를 차지한다. 이 수치는 아파트 녹지가 대부분 사유지 기반의 녹지(전체 아파트 녹지 면적의 약 80%)임에도 불구하고, 전국 도시지역의 녹색인프라에서 상당한 비중을 구성하고 있음을 시사한다.

[표 2-4] 전국 공원녹지 및 아파트 녹지 조성면적 현황

관련법	공원녹지 유형	결정면적(km ²)	조성면적(km ²)	조성률(%)	면적 비율(%)	
공원녹지법	도시공원	702.72	597.01	85.0	64.0	
	완충녹지	109.63	99.05	90.3	10.6	
	녹지	경관녹지	83.14	76.77	92.3	8.3
		연결녹지	14.65	14.19	96.9	1.5
	소계	910.14	787.02	86.5	84.4	
건축법 녹색건축법 주택관련법 환경영향평가 관련법	아파트 녹지	-	145.47	-	15.6	
	합계	-	927.09	-	100.00	

출처: 한국국토정보공사, 「도시계획현황」, 2024, 녹지 (검색일 2025.2.18.)를 활용하여 연구진 작성

■ 지역별 아파트 녹지 면적 현황

- 광역자치체별 공원녹지 및 아파트 녹지 면적 현황

전국 도시지역 면적 대비 「공원녹지법」에 근거하여 조성된 공원녹지 면적 비율은 4.5%, 아파트 녹지 면적 비율은 0.83%로 나타난다. 전국 아파트 녹지 면적은 「공원녹지법」상 조성된 공원녹지 면적(공공 녹지) 대비 약 18.5%로 높은 비중을 차지한다.

광역시자치별 아파트 녹지 면적은 경기(51.64km²)가 가장 넓고, 그 다음으로 서울(19.36km²), 인천(8.78 km²), 부산(8.41km²) 순이다. 시도별 도시지역 면적 대비 아파트 녹지 비율은 서울(3.20%)이 가장 높고, 그 다음으로 세종(1.81%), 인천(1.71%), 경기(1.53%) 순이다.

「공원녹지법」에 근거하여 조성된 공원녹지 면적 대비 아파트 녹지 면적 비중은 서울(40.5%)이 가장 크고, 그 다음으로 제주(34.6%), 경기(25.9%), 광주(24.8%) 대전(21.6%) 순이다. 이러한 결과는 공공 녹지의 부족을 일정 부분 아파트 녹지가 보완하고 있음을 의미하며, 특히, 서울과 경기 등 수도권 지역에서는 아파트 녹지가 생활권 녹지의 주요한 구성요소임을 나타낸다.

지역별 아파트 녹지 비중의 차이는 도시화 수준, 공동주택 보급률, 지역별 조례 및 사업유형 차이에 기인한 것으로 판단된다. 서울과 경기는 아파트 개발사업의 환경영향평가 협의기준에서 높은 생태면적률(재개발·재건축 정비사업의 경우 일반지역 45% 이상, 녹지지역 50% 이상)을 적용하고 있으며, 이는 높은 아파트 녹지 비중에 영향을 미친 것으로 보인다.

[표 2-5] 광역자치별 아파트 녹지 면적 현황

지역	행정구역 면적 (km ²)	도시지역 면적 (km ²)	「공원녹지법」상 공원녹지 조성 면적(km ²)			1인당 도시공원 면적 (m ²)	도시지역 면적 대비 공원녹지 조성 면적율 (%)	아파트		도시지역 면적 대비 아파트 녹지 면적율 (%)	공원녹지 조성 면적 대비 아파트 녹지 면적율 (B/A*100)
			소계 (A)	도시 공원	녹지			아파트 단지 면적 (km ²)	아파트 녹지 면적 (km ²) (B)		
전국	106,038.80	17,589.84	787.02	597.01	190.01	12.6	4.5	477.22	145.47	0.83	18.5
서울	605.67	605.67	47.79	43.47	4.32	4.6	7.9	62.26	19.36	3.20	40.5
부산	993.54	940.83	64.66	57.60	7.06	17.4	6.9	27.55	8.41	0.89	13.0
대구	1,499.47	808.2	27.04	22.53	4.51	9.5	3.3	24.18	4.58	0.57	16.9
인천	1,089.24	512.82	51.81	41.29	10.52	14	10.1	29.39	8.78	1.71	16.9
광주	500.97	479.84	22.12	18.84	3.28	13.2	4.6	16.99	5.49	1.14	24.8
대전	539.7	496.12	20.91	18.77	2.14	13	4.2	15.26	4.52	0.91	21.6
울산	1,060.70	671.65	17.76	11.51	6.26	10.4	2.6	9.86	2.54	0.38	14.3
세종	463.98	141.83	26.65	22.10	4.55	62.8	18.8	7.18	2.56	1.81	9.6
경기	10,383.99	3,370.83	199.68	140.71	58.98	11.2	5.9	149.75	51.64	1.53	25.9
강원	16,844.38	1,004.74	25.85	20.48	5.37	16	2.6	15.61	4.51	0.45	17.5
충북	7,410.41	745.23	33.52	21.10	12.42	16	4.5	21.48	6.08	0.82	18.1
충남	8,752.96	921.19	33.83	18.37	15.46	11.4	3.7	16.55	4.71	0.51	13.9
전북	8,128.50	884.49	40.07	35.21	4.86	24.4	4.5	15.00	4.77	0.54	11.9
전남	15,385.46	1,655.89	56.86	35.40	21.46	26.1	3.4	19.35	5.08	0.31	8.9
경북	18,513.35	1,871.00	45.96	33.81	12.15	16.5	2.5	30.76	7.75	0.41	16.9
경남	11,815.79	2,009.78	61.69	45.60	16.08	16	3.1	2.59	0.94	0.05	1.5
제주	2,050.69	469.74	10.83	10.24	0.59	16.7	2.3	13.46	3.75	0.80	34.6

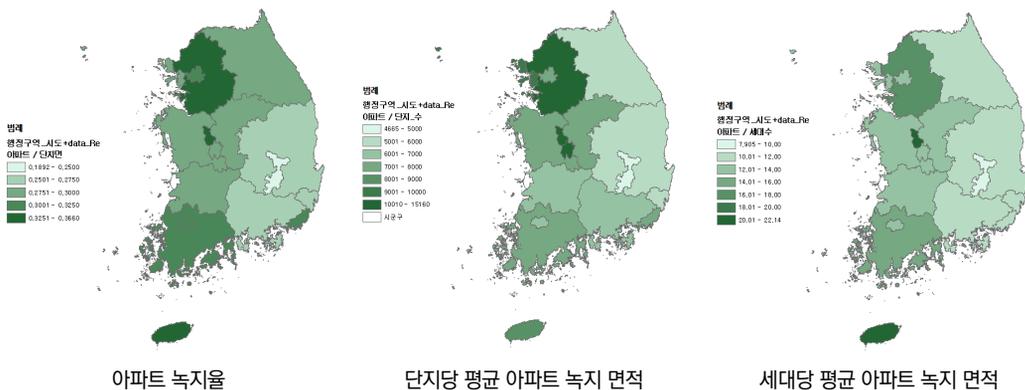
출처: 국가데이터처 국가통계포털(도시계획현황: 공원, https://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=460&tblId=TX_315_2009_H1126&conn_path=I2), 국가데이터처 국가통계포털(도시계획현황: 녹지, https://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=460&tblId=TX_315_2009_H1037&conn_path=I2), 국토교통부 공동주택관리정보시스템(2025, <https://www.k-apt.go.kr/web/main/index.do>); 기후에너지환경부 환경공간정보서비스(2025, <https://aid.mcee.go.kr/>); 행정안전부 주수기반산업지원서비스(2025, <https://business.juso.go.kr/>) 를 활용하여 연구진 작성

- 광역지자체별 단지당·세대당 평균 아파트 녹지 면적 현황

전국 17,807개 아파트 단지의 총 면적은 약 477,221,872㎡이며, 이 중 145,473,622㎡가 녹지로 조성되어 있는 것으로 나타났다. 이에 따른 평균 아파트 단지 녹지율은 30.5%로 산정되었다. 아파트 단지당 평균 녹지 면적은 8,170㎡, 세대당 평균 아파트 녹지 면적은 12.80㎡로 나타났다. 2023년 기준 세대당 평균 가구원수가 2.20명인 것을 감안할 때¹⁰⁾, 아파트 거주민당 녹지 면적은 5.82㎡이고, 이 수치는 「공원 녹지법」 제4조의 도시공원 면적 확보 기준인 6㎡/인과 유사한 수치이다.

아파트 녹지율은 제주(36.2%)가 가장 높고, 그 다음으로 세종(35.7%), 경기(34.5%) 순인 것으로 나타났다. 상대적으로, 대구(18.9%), 경남(25.2%), 울산(25.7%)은 아파트 녹지율이 낮은 지역으로 도출되었다. 단지당 평균 아파트 녹지 면적은 세종(14,498㎡)이 가장 넓고, 경기(10,979㎡), 대전(10,251㎡), 인천(9,284㎡)이 그 뒤를 이었다. 이러한 지역 간 차이는 단순한 면적 규모의 차원보다는, 각 지자체의 도시개발 방식과 공간계획 전략의 구조적 특성에 기인한 것으로 해석할 수 있다. 특히 세종시는 계획도시로서 대규모 필지 조성 및 공공주도의 공간계획이 체계적으로 수행된 결과, 단지별 넓은 녹지 확보가 가능하였고, 경기도 역시 신도시 및 택지개발지구 중심의 광역 개발을 통해 평균 단지 규모와 녹지 공간이 동시에 확대되었음을 보여준다.

세대당 평균 아파트 녹지 면적은 제주(21.07㎡)가 가장 넓었고, 그 다음으로 세종(20.13㎡), 경기(15.69㎡) 순이었다. 반면 대구(7.15㎡), 울산(9.65㎡), 부산(10.40㎡)은 상대적으로 낮은 수준으로 나타났다. 대구와 울산 등 산업 중심의 고밀도 도시에서는 세대당 녹지 면적이 제한적으로 나타난 것으로 분석된다.



[그림 2-4] 광역지자체별 아파트 녹지 분포 현황도

출처: 국가데이터처 국가통계포털(도시계획현황: 공원, https://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=460&tblId=TX_315_2009_H1126&conn_path=I2), 국가데이터처 국가통계포털(도시계획현황: 녹지, https://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=460&tblId=TX_315_2009_H1037&conn_path=I2), 국토교통부 공동주택관리정보시스템(2025, <https://www.k-apt.go.kr/web/main/index.do>); 기후에너지환경부 환경공간정보서비스 (2025, <https://aid.mcee.go.kr/>); 행정안전부 주소기반산업자원서비스(2025, <https://business.juso.go.kr/>) 를 활용하여 연구진 작성

10) 국가데이터처. (2025). 인구총조사. (검색일: 2025.04.18.)

[표 2-6] 광역지자체별 단지당·세대당 평균 아파트 녹지 면적 현황

시도	단지 수 (개소) (A)	아파트 단지 면적 (㎡) (B)	아파트 녹지 면적 (㎡) (C)	아파트 녹지 비율 (%) (C/B* 100)		아파트 단지 평균 면적 (㎡) (B/A)		단지당 평균 아파트 녹지 면적 (㎡) (C/A)		세대수 (세대) (D)	세대당 평균 아파트 단지 면적 (㎡) (B/D)		세대당 평균 아파트 녹지 면적 (㎡) (C/D)	
				순위	순위	순위	순위	순위	순위					
전국	17,807	477,221,872	145,473,622	30.5	-	26,800	8,170	-	10,941,831	42.60	12.80	-		
서울	2,514	62,264,095	19,361,239	31.1	6	25,817	7,982	6	1,583,847	38.21	11.81	10		
부산	1,159	27,552,748	8,405,842	30.5	7	24,282	7,219	8	768,810	34.99	10.40	14		
대구	981	24,183,002	4,576,449	18.9	17	25,007	4,589	17	607,721	38.97	7.15	17		
인천	935	29,386,895	8,781,071	29.9	8	32,370	9,284	4	661,251	43.62	12.51	8		
광주	786	16,994,684	5,491,420	32.3	4	21,974	6,881	11	395,519	41.89	13.12	5		
대전	440	15,263,198	4,520,828	29.6	9	34,864	10,251	3	347,566	43.13	12.68	6		
울산	442	9,861,717	2,535,122	25.7	15	21,876	5,378	15	247,326	39.27	9.65	16		
세종	169	7,177,036	2,561,512	35.7	2	41,224	14,498	1	125,302	57.25	20.13	2		
경기	4,670	149,749,122	51,643,964	34.5	3	32,235	10,979	2	3,206,176	46.08	15.69	3		
강원	686	13,456,701	3,750,592	27.9	13	20,412	5,598	16	308,260	42.05	11.53	12		
충북	629	15,611,109	4,512,732	28.9	10	25,183	7,170	10	347,416	44.00	12.53	7		
충남	793	21,476,551	6,079,920	28.3	12	27,088	7,643	7	459,113	44.07	12.44	9		
전북	738	16,548,298	4,712,110	28.5	11	22,712	6,320	12	383,049	42.22	11.75	11		
전남	660	15,000,603	4,769,497	31.8	5	23,251	7,328	9	333,702	43.83	13.81	4		
경북	850	19,345,247	5,082,775	26.3	14	23,809	6,253	14	436,740	42.14	11.07	13		
경남	1,241	30,760,862	7,750,132	25.2	16	26,223	6,549	13	688,538	43.49	10.86	15		
제주	114	2,590,004	938,416	36.2	1	25,415	9,302	5	41,495	57.57	21.07	1		

*아파트 단지 평균 면적: 총 아파트 단지 면적을 단지 수로 나눈 단지 당 아파트 단지 면적

*단지당 평균 아파트 녹지 면적: 총 아파트 녹지 면적을 단지 수로 나눈 단지 당 아파트 녹지 면적

*세대당 평균 아파트 단지 면적: 총 아파트 단지 면적을 세대 수로 나눈 세대 당 아파트 단지 면적

*세대당 평균 아파트 녹지 면적: 총 아파트 녹지 면적을 세대 수로 나눈 세대 당 아파트 녹지 면적

출처: 국토교통부 공동주택관리정보시스템(2025, <https://www.k-apt.go.kr/web/main/index.do>); 기후에너지환경부 환경공간정보 서비스 (2025, <https://aid.mcee.go.kr/>); 행정안전부 주소기반산업지원서비스(2025, <https://business.juso.go.kr/>) 를 활용하여 연구진 작성

• 기초지자체별 아파트 녹지 면적 현황

기초지자체별 아파트 녹지율 상위 20개 지역을 분석한 결과, 경기도 용인시 수지구가 59.1%로 가장 높은 녹지율을 보였으며, 경상북도 예천군(58.6%), 경기도 과천시(43.1%), 경기도 부천시 기흥구(43.0%), 경기도 용인시 소사구(42.6%) 등이 뒤를 이었다.

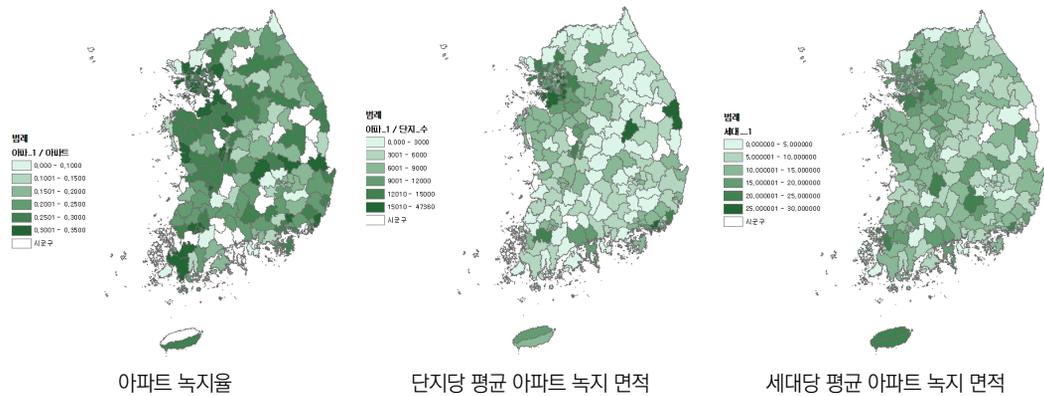
특히, 상위 20개 지자체 중 경기도가 11개 지역을 차지하고 있다. 경기도는 환경영향평가 협의기준에서 다른 지자체와 비교할 때 강력한 생태면적률 및 자연지반녹지 확보 기준을 적용하고 있다.¹¹⁾ 이러한 제도적 요인이 경기도 지역의 아파트 녹지율에 영향을 미친 것으로 판단할 수 있다.

11) 경기도는 건축물 사업(일반사업 35% 이상, 녹지지역 50% 이상), 정비사업(재개발·재건축)(일반지역 45% 이상, 녹지지역 50% 이상)의 생태면적률을 적용하고 있다. (출처: 경기도 환경영향평가 협의기준(환경영향평가서 초안 작성지침) 고시)

[표 2-7] 기초지자체 아파트 녹지율(상위 20개 시군구)

순위	시군구명	아파트 단지수(개소)	아파트 단지 면적(㎡) (A)	아파트 녹지 면적(㎡) (B)	아파트 녹지율(%) (B/A * 100)
1	경기도 용인시 수지구	192	6,030,001	3,561,450	59.1
2	경상북도 예천군	14	477,831	279,808	58.6
3	경기도 과천시	16	970,102	418,075	43.1
4	경기도 용인시 기흥구	203	6,782,212	2,913,926	43.0
5	경기도 부천시 소사구	68	1,718,360	732,071	42.6
6	경기도 광주시	110	2,819,482	1,177,017	41.7
7	경기도 화성시	362	14,775,013	5,873,813	39.8
8	경기도 양주시	122	4,234,901	1,680,375	39.7
9	충청북도 청주시 청원구	70	1,770,172	687,691	38.8
10	부산광역시 강서구	40	1,877,502	728,953	38.8
11	경기도 하남시	103	3,461,936	1,344,104	38.8
12	제주특별자치도 제주시	82	1,883,521	727,721	38.6
13	서울특별시 동대문구	92	1,987,920	760,396	38.3
14	경기도 이천시	86	1,530,600	579,717	37.9
15	충청북도 진천군	43	888,524	336,149	37.8
16	부산광역시 사상구	81	1,733,644	649,970	37.5
17	부산광역시 수영구	48	1,198,601	445,480	37.2
18	서울특별시 성동구	93	2,243,323	831,961	37.1
19	경기도 성남시 분당구	162	6,748,778	2,486,673	36.8
20	경기도 오산시	87	2,992,433	1,095,970	36.6
	평균	72.4	1,939,619	591,216	30.5

출처: 국토교통부 공동주택관리정보시스템(2025, <https://www.k-apt.go.kr/web/main/index.do>); 기후에너지환경부 환경공간정보 서비스 (2025, <https://aid.mcee.go.kr/>); 행정안전부 주소기반산업지원서비스(2025, <https://business.juso.go.kr/>) 를 활용하여 연구진 작성



[그림 2-5] 기초지자체별 아파트 녹지 분포 현황도

출처: 국토교통부 공동주택관리정보시스템(2025, <https://www.k-apt.go.kr/web/main/index.do>); 기후에너지환경부 환경공간정보 서비스 (2025, <https://aid.mcee.go.kr/>); 행정안전부 주소기반산업지원서비스(2025, <https://business.juso.go.kr/>) 를 활용하여 연구진 작성

• 기초지자체별 단지당·세대당 평균 아파트 녹지 면적 현황

단지당 평균 아파트 녹지 면적 기준 상위 20개 시군구를 분석한 결과, 경기도가 11개 지역을 차지하며 광역지자체 중 가장 높은 비중을 보였다. 경기도 과천시는 단지당 평균 아파트 녹지 면적이 26,130㎡로 가장 넓었으며, 그 뒤를 이어 경상북도 울진군(24,890㎡), 경상북도 예천군(19,986㎡), 순으로 나타났다. 과천시는 1980년대 초반 정부 주도로 조성된 대표적인 계획도시로서, 공공택지 위주의 체계적 도시 계획이 이루어졌고, 저층·중밀도 주거 유형과 함께 단지 내부의 녹지 공간이 충분히 확보된 특징을 지닌다. 이러한 조경 구조는 초기 개발 단계부터 LH 등 공공 시행기관에 의해 조경·공원·녹지 계획이 통합적으로 반영된 결과로 해석된다.

[표 2-8] 단지당 평균 아파트 녹지 면적(상위 20개 시군구)

순위	시군구명	아파트 단지 면적(㎡)	아파트 녹지 면적(㎡)	아파트 녹지율(%)	아파트 단지 수 (개소)	아파트 단지 평균 면적(㎡)	단지당 평균 아파트 녹지 면적(㎡)
1	경기도 과천시	970,102	418,075	43.1%	16	60,631	26,130
2	경상북도 울진군	516,025	149,343	28.9%	6	86,004	24,890
3	경상북도 예천군	477,831	279,808	58.6%	14	34,131	19,986
4	경기도 용인시 수지구	6,030,001	3,561,450	59.1%	192	31,406	18,549
5	부산광역시 강서구	1,877,502	728,953	38.8%	40	46,938	18,224
6	경기도 화성시	14,775,013	5,873,813	39.8%	362	40,815	16,226
7	경기도 성남시 분당구	6,748,778	2,486,673	36.8%	162	41,659	15,350
8	세종특별자치시	7,177,036	2,561,512	35.7%	169	42,468	15,157
9	경기도 안산시 단원구	3,050,911	1,026,062	33.6%	68	44,866	15,089
10	경기도 용인시 기흥구	6,782,212	2,913,926	43.0%	203	33,410	14,354
11	경기도 고양시 일산동구	3,448,042	1,234,397	35.8%	89	38,742	13,870
12	경기도 수원시 영통구	4,935,567	1,685,868	34.2%	122	40,455	13,819
13	경기도 양주시	4,234,901	1,680,375	39.7%	122	34,712	13,774
14	경기도 하남시	3,461,936	1,344,104	38.8%	103	33,611	13,050
15	전라남도 나주시	1,453,657	517,002	35.6%	40	36,341	12,925
16	대전광역시 유성구	5,022,247	1,627,192	32.4%	126	39,859	12,914
17	인천광역시 중구	2,067,349	721,439	34.9%	56	36,917	12,883
18	서울특별시 송파구	5,622,098	1,666,294	29.6%	132	42,592	12,623
19	서울특별시 강남구	5,924,771	2,080,522	35.1%	165	35,908	12,609
20	경기도 오산시	2,992,433	1,095,970	36.6%	87	34,396	12,597
	평균	1,939,619	591,216	30.5%	72.4	26,800	8,170

출처: 국토교통부 공동주택관리정보시스템(2025, <https://www.k-apt.go.kr/web/main/index.do>); 기후에너지환경부 환경공간정보 서비스 (2025, <https://aid.mcee.go.kr/>); 행정안전부 주소기반산업지원서비스(2025, <https://business.juso.go.kr/>) 를 활용하여 연구진 작성

세대당 평균 아파트 녹지 면적 상위 20개 시군구를 분석한 결과, 경상북도 울진군이 48.38㎡/세대로 가장 높은 수치를 기록하였고, 경기도 용인시 수지구(32.93㎡), 경상북도 예천군(32.50㎡), 경기도 용인시 기흥구(24.81㎡) 순으로 도출되었다. 이들 지역은 대부분 저밀도 개발이 이루어졌거나, 단지당 평균 세대 규모가 작아 녹지 면적이 상대적으로 넓게 확보된 경우에 해당한다.

전체 상위 20개 지자체 중 경기도가 8개, 경상북도가 3개, 제주특별자치도가 2개 포함되었다. 이는 지역별 개발 밀도, 주거 유형, 사업주체 및 도시계획 방식에 따라 세대당 녹지 확보 수준이 달라질 수 있음을 보여주는 사례로, 향후 지역 맞춤형 아파트 녹지 확보 기준의 정량적 설정 필요성을 시사한다.

[표 2-9] 세대당 평균 아파트 녹지 면적(상위 20개 시군구)

순위	시군구명	단지수 (개소)	아파트 단지 면적(㎡)	아파트 녹지 면적(㎡)	아파트 녹지율(%)	세대수 (세대)	세대당 평균 단지 면적 (㎡)	세대당 평균 아파트 녹지 면적(㎡)
1	경상북도 울진군	6	516,025	149,343	28.9	3,087	167.16	48.38
2	경기도 용인시 수지구	192	6,030,001	3,561,450	59.1	108,151	55.76	32.93
3	경상북도 예천군	14	477,831	279,808	58.6	8,610	55.50	32.50
4	경기도 용인시 기흥구	203	6,782,212	2,913,926	43.0	117,432	57.75	24.81
5	전라북도 진안군	3	53,510	18,837	35.2	782	68.43	24.09
6	경기도 과천시	16	970,102	418,075	43.1	17,674	54.89	23.65
7	경기도 광주시	110	2,819,482	1,177,017	41.7	52,177	54.04	22.56
8	제주특별자치도 제주시	82	1,883,521	727,721	38.6	32,414	58.11	22.45
9	충청남도 태안군	15	920,149	136,704	14.9	6,223	147.86	21.97
10	경기도 화성시	362	14,775,013	5,873,813	39.8	270,320	54.66	21.73
11	세종특별자치시	169	7,177,036	2,561,512	35.7	119,730	59.94	21.39
12	제주특별자치도 서귀포시	32	706,483	210,695	29.8	9,974	70.83	21.12
13	경기도 성남시 분당구	162	6,748,778	2,486,673	36.8	118,354	57.02	21.01
14	부산광역시 강서구	40	1,877,502	728,953	38.8	35,746	52.52	20.39
15	경기도 양주시	122	4,234,901	1,680,375	39.7	83,765	50.56	20.06
16	전라남도 무안군	38	855,510	303,864	35.5	15,183	56.35	20.01
17	경기도 고양시 일산동구	89	3,448,042	1,234,397	35.8	62,187	55.45	19.85
18	경상북도 영양군	1	11,276	3,956	35.1	200	56.38	19.78
19	전라남도 나주시	40	1,453,657	517,002	35.6	26,589	54.67	19.44
20	인천광역시 중구	56	2,067,349	721,439	34.9	38,218	54.09	18.88
	평균	72.4	1,939,619	591,216	30.5	43,418	42.60	12.80

출처: 국토교통부 공동주택관리정보시스템(2025, <https://www.k-apt.go.kr/web/main/index.do>); 기후에너지환경부 환경공간정보 서비스 (2025, <https://aid.mcee.go.kr/>); 행정안전부 주소기반산업지원서비스(2025, <https://business.juso.go.kr/>) 를 활용하여 연구진 작성

■ 시기별 아파트 녹지 현황

2023년 기준, 전국 아파트 단지 수는 총 17,807개이며, 전체 평균 녹지율은 30.5%로 분석되었다. 시기별 녹지율 변화 추이를 살펴보면, 1970~1980년대 중반의 아파트 단지는 비교적 저밀도로 개발되어 대체로 30% 이상의 높은 녹지율을 유지하였다. 당시 아파트 단지는 5층 안팎의 저층층 건물이 넓은 뜰과 마당을 둘러싸는 형태로 배치되어 상당한 녹지 공간이 확보되었다. 전체 가구 수에 비해 차량 통행량이 많지 않아 도로 폭과 주차 공간이 제한적이었고, 그 대신 수목 및 지피류 식재 공간이 상대적으로 넓었다.

그러나 1980년대 후반부터 1990년대까지 평균 녹지율은 22~27% 수준으로 하락하였다. 이 시기는 주택공급 확대 정책이 최우선으로 대부분의 사업자는 법정 최소 조경면적 기준을 충족하는 수준으로 녹지를 조성하였다. 당시 주택 관련 규정은 녹지보다는 주차장 확충 등 기반시설 확보에 무게를 두고

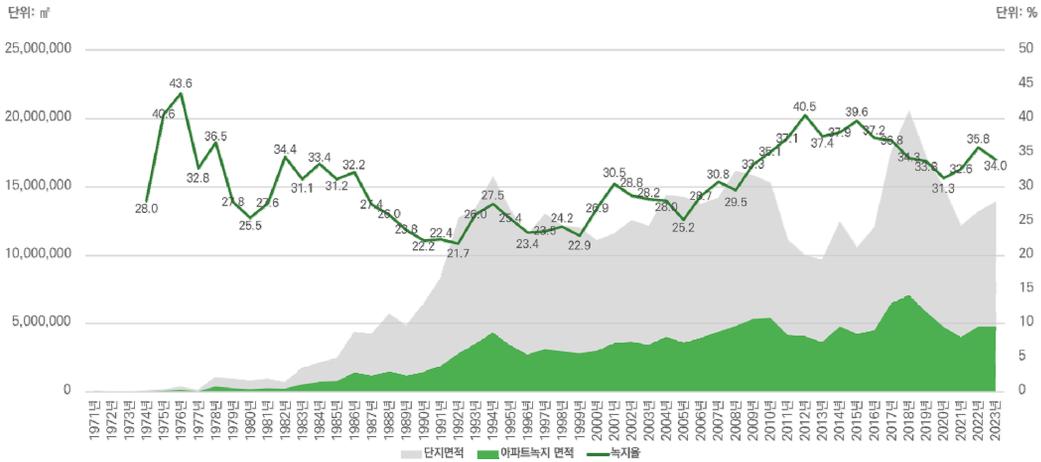
있었다. 「주차장법」과 주택건설기준은 1980년대 후반부터 가구당 1대 이상의 주차 면적을 확보하도록 하였고, 지상 주차를 기본으로 하여 녹지 공간이 주차장으로 대체되는 결과를 낳았다. 1990년대 후반부터 2000년대 초반까지는 이러한 경향이 지속되며, 예를 들어 1991년 22.4%, 1992년 21.7%, 1993년 26.0% 등 녹지율이 30% 이하에 머무는 단지가 대부분이었다. 해당 시기는 지하주차장 의무화 확대, 생활편의시설 확보 등으로 지상 녹지 공간이 구조적으로 축소되는 전환점이기도 하다.

2000년대 중반 이후 아파트 녹지율은 상승세로 전환되었다. 2006년 평균 아파트 녹지율은 28.7%로 상승하였고, 2009년 33.3%, 2010년 35.1% 등 꾸준히 상승하였다. 2002년 친환경 건축물인증제도 도입, 2004년 서울시 '환경친화 주거단지 조성지침' 내 생태면적을 개념 포함 등 제도적 기반이 마련되며 녹지 면적이 증가한 것으로 보인다. 또한 2000년대 중반부터 친환경 생태적 주거에 대한 사회적 요구가 대두되면서 단지 설계 단계에서 녹지 확충으로 이어진 것으로 판단된다.

2010년대 아파트 녹지율은 전국 평균으로 볼 때 30% 중후반을 충족하였다. 2010년대에는 앞선 시기의 친환경 정책들이 의무화되고 체계화되었다. 2013년 500세대 이상 대규모 공동주택에 대해 녹색건축 인증을 받도록 의무화하였고, 이에 따라 대규모 아파트 단지는 설계 단계부터 자연지반 녹지율, 생태 면적을 등의 환경 항목을 충족해야 했다. 또한 2010년대 건설된 아파트 단지들은 '차 없는 단지', '숲세권 아파트' 등으로 마케팅하며, 설계 단계부터 녹지 최적화를 목표로 한 것이 특징이다. 지상 주차를 배제하고, 단지 중심부에 대형 오픈스페이스 및 녹지축을 배치하는 설계가 일반화되었다.

2020년대는 전국 평균 여전히 30% 이상의 녹지율이 유지되고 있으나, 2010년대 최고치에 비해서는 소폭 감소하였다. 2010년대 정비된 법령 체계가 유지되고 있어, 녹지율 하한선을 지켜지고 있다. 다만 초고층 재건축이나 복합단지 개발에서는 녹지 확보와 다른 기능 수용 사이에 균형 조정이 이루어지는 추세이다.

각 시기별로 살펴본 바와 같이, 우리나라 아파트 녹지율은 1970년대 높은 수준에서 1990년대까지 하락했다가 2000년대 중반 이후 정책적·사회적 전환점을 거치며 다시 상승하는 U자형 변화를 보인다. 이러한 변화의 배경에는 주택공급 정책, 도시개발 방식, 거주자의 요구, 관련 법령 및 제도가 복합적으로 작용해왔다. 1970년대에는 저밀도 개발과 초기 조경기준으로 녹지율이 높았고, 1980~90년대에는 고밀도·고층화, 부동산 가치 극대화로 녹지율이 급감했다. 그러나 2000년대 이후 친환경 패러다임의 부상으로 녹지 공간이 다시 중시되면서, 제도 개선(녹색건축인증 도입 등)과 기술 발전(지하주차장, 인공지반 조경 등)을 통해 녹지율을 회복하고 유지해왔다.



[그림 2-6] 사용승인연도별 아파트 녹지 면적 현황도

출처: 국토교통부 공동주택관리정보시스템(2025, <https://www.k-apt.go.kr/web/main/index.do>); 기후에너지환경부 환경공간정보서비스 (2025, <https://aid.mcee.go.kr/>); 행정안전부 주소기반산업지원서비스(2025, <https://business.juso.go.kr/>) 를 활용하여 연구진 작성

[표 2-10] 사용승인연도별 아파트 녹지 면적 현황

사용승인 연도	단지수 (개소)	아파트 단지 면적(m²)	아파트 녹지 면적(m²)	아파트 녹지율(%)	사용승인 연도	단지수 (개소)	아파트 단지 면적(m²)	아파트 녹지 면적(m²)	아파트 녹지율(%)
1971년	3	120,184	54,916	45.7	1998년	609	12,188,036	2,950,306	24.2
1972년	0	0	0	0.0	1999년	580	12,056,748	2,763,262	22.9
1973년	0	0	0	0.0	2000년	526	11,114,983	2,989,174	26.9
1974년	6	113,883	31,905	28.0	2001년	483	11,607,571	3,535,015	30.5
1975년	7	195,816	79,520	40.6	2002년	506	12,594,401	3,625,815	28.8
1976년	8	369,533	161,275	43.6	2003년	492	12,170,364	3,434,953	28.2
1977년	10	151,022	49,553	32.8	2004년	588	14,397,409	4,025,401	28.0
1978년	24	1,075,906	392,685	36.5	2005년	583	14,285,655	3,601,828	25.2
1979년	37	959,678	266,794	27.8	2006년	561	13,783,638	3,953,361	28.7
1980년	37	813,876	207,637	25.5	2007년	518	14,209,035	4,371,143	30.8
1981년	21	975,284	269,375	27.6	2008년	500	16,195,766	4,779,844	29.5
1982년	26	706,241	243,082	34.4	2009년	494	15,861,125	5,277,283	33.3
1983년	58	1,740,653	541,981	31.1	2010년	450	15,340,886	5,387,210	35.1
1984년	73	2,175,774	726,892	33.4	2011년	323	11,156,330	4,135,244	37.1
1985년	100	2,474,416	771,506	31.2	2012년	259	10,028,900	4,062,065	40.5
1986년	116	4,383,328	1,410,152	32.2	2013년	302	9,688,923	3,623,306	37.4
1987년	138	4,213,850	1,156,610	27.4	2014년	380	12,483,996	4,737,458	37.9
1988년	180	5,661,497	1,472,068	26.0	2015년	298	10,597,320	4,199,818	39.6
1989년	237	4,845,042	1,151,236	23.8	2016년	364	12,062,755	4,485,522	37.2
1990년	314	6,439,156	1,431,703	22.2	2017년	502	17,632,935	6,486,168	36.8
1991년	421	8,395,720	1,878,167	22.4	2018년	578	20,562,604	7,048,453	34.3
1992년	608	12,725,859	2,762,328	21.7	2019년	516	17,162,702	5,798,339	33.8
1993년	636	13,458,214	3,497,544	26.0	2020년	435	15,009,787	4,705,096	31.3
1994년	688	15,766,736	4,340,599	27.5	2021년	380	12,164,673	3,968,839	32.6
1995년	695	13,352,061	3,390,468	25.4	2022년	422	13,221,566	4,732,767	35.8
1996년	620	11,515,011	2,693,180	23.4	2023년	411	13,955,001	4,742,016	34.0
1997년	684	13,060,025	3,072,761	23.5	합계	17,807	477,221,872	145,473,622	30.5

출처: 국토교통부 공동주택관리정보시스템(2025, <https://www.k-apt.go.kr/web/main/index.do>); 기후에너지환경부 환경공간정보서비스 (2025, <https://aid.mcee.go.kr/>); 행정안전부 주소기반산업지원서비스(2025, <https://business.juso.go.kr/>) 를 활용하여 연구진 작성

■ 사업주체별 아파트 녹지 현황

본 연구는 아파트 단지의 사업주체를 기준으로 녹지율 특성을 분석하기 위해, 전국 17,807개 아파트 단지를 대상으로 사업주체를 다음과 같이 세 분류하였다. 첫째, 민간 부문은 민간 시행사 또는 시공사가 독립적으로 주도한 아파트 단지를 의미한다. 둘째, 공공 부문은 다시 정부 직접 시행형과 국민주택기금(NHF: National Housing Fund) 기반 임대리츠형으로 구분된다. '정부형'은 대한주택공사(LH) 또는 지방자치단체가 사업 시행 주체로 참여한 경우이며, 'NHF형'은 LH가 국민주택기금을 기반으로 공공 임대 리츠(REITs)를 조성하고 민간 자본을 유치해 임대주택을 공급한 형태를 말한다.

2023년 기준, 전체 아파트 단지 중 민간 주체가 15,033개소(84.4%)로 가장 높은 비중을 차지했으며, 공공(정부형 및 NHF형)이 2,769개소(15.5%), 기타 미기입 5개소로 구성되어 있다. 단지당 평균 녹지율을 비교한 결과, 민간 부문은 평균 30.3%로 전체 평균(30.5%)보다 낮았고, 공공 부문은 평균 31.2%로 평균을 소폭 상회하였다. 특히 NHF 기반 아파트 단지의 평균 녹지율은 39.1%로 분석 대상 중 가장 높은 수치를 나타냈다. 이는 공공사업 주체, 특히 임대 목적의 공공리츠 사업 방식에서 상대적으로 넓은 부지 확보, 저밀도 배치, 거주 환경 질 제고를 위한 설계 기준 적용 등이 반영된 결과로 해석된다. 반면, 민간 건설 사업의 경우 사업비 최적화와 수익률 극대화를 우선시하면서 녹지 확보는 법적 최소 수준으로 축소되는 사례가 상대적으로 많다는 점도 영향을 미친 것으로 판단된다. 즉, 사업주체별 아파트 단지의 녹지율 차이는 단순한 시공방식의 차이라기보다, 계획 단계에서의 공공성 지향성 여부, 관련 제도의 적용 강도, 주거복지 또는 수익 창출을 우선하는 사업 목적의 차이 등 복합적 요인에 기인한다고 볼 수 있다.

[표 2-11] 사업주체별 아파트 녹지 면적 현황

구분	단지수 (개소, %)	아파트 단지 면적(㎡, %)	아파트 녹지 면적(㎡)	아파트 녹지율(%)	단지 평균 면적(㎡)	단지 평균 녹지 면적(㎡)	
민간	15,033 (84.4)	383,503,417 (80.4)	116,263,035 (79.9)	30.3	25,511	7,734	
공공	정부	2,718	91,624,822	28,401,424	31.0	33,710	10,449
	NHF	51	2,034,885	796,551	39.1	39,900	15,619
	소계	2,769 (15.5)	93,659,707 (19.6)	29,197,975 (20.1)	31.2	33,824	10,545
미기입	5	58,747	12,613	21.5	11,749	2,523	
합계	17,807	477,221,872	145,478,288	30.5	26,800	8,170	

출처: 국토교통부 공동주택관리정보시스템(2025, <https://www.k-apt.go.kr/web/main/index.do>); 기후에너지환경부 환경공간정보 서비스 (2025, <https://aid.mcee.go.kr/>); 행정안전부 주소기반산업지원서비스(2025, <https://business.juso.go.kr/>) 를 활용하여 연구진 작성

2) 아파트 녹지의 탄소흡수량 현황

전국 아파트 녹지의 탄소흡수량은 약 42,189tC/yr로 추정되며, 이는 이산화탄소 기준으로 약 154,684tCO₂/yr에 해당한다. 이는 국내 자생수목의 평균 탄소흡수량인 7.37kg-CO₂/yr를 적용할 경우¹²⁾, 약 2,100만 그루의 나무가 흡수하는 이산화탄소량에 상응하는 수준이다.

[표 2-12] 아파트 녹지 탄소흡수량 추정 결과

관련법	유형	조성면적 (ha)	탄소흡수량 (tC/yr)	이산화탄소흡수량 (tCO ₂ /yr)	탄소흡수량 비중 (%)
공원녹지법	도시공원	59,701	173,134	634,824	64.02
	완충녹지	9,905	28,724	105,320	10.62
	경관녹지	7,677	22,263	81,631	8.23
	연결녹지	1,419	4,115	15,089	1.52
	소계	78,702	228,236	836,865	84.40
건축법 녹색건축법 주택관련법 환경영향평가 관련법	아파트 녹지	14,547	42,186	154,683	15.60
합계		93,250	270,425	991,557	100.00

출처: 국토교통부 공동주택관리정보시스템(2025, <https://www.k-apt.go.kr/web/main/index.do>); 기후에너지환경부 환경공간정보 서비스 (2025, <https://aid.mcee.go.kr/>); 행정안전부 주소기반산업지원서비스(2025, <https://business.juso.go.kr/>)를 활용하여 연구진 작성

단지당 기준으로 환산할 경우, 전국 평균 단지당 녹지면적은 약 8,170m²이며, 이를 통한 단지당 탄소흡수량은 약 2.37tC/yr, 이산화탄소 기준 약 8.7tCO₂/yr 수준으로 나타난다.

지역별 분석에 따르면, 경기도가 총 14,976.7tC/yr(이산화탄소 기준 약 54,915tCO₂/yr)로 전국에서 가장 높은 탄소흡수량을 기록하였다. 그 외 서울(5,614.8tC/yr), 인천(2,546.5tC/yr), 부산(2,437.7tC/yr) 등 수도권과 대도시권이 상대적으로 높은 수치를 보였다.

정부는 '2030 국가 온실가스 감축목표(NDC)' 이행을 위해 수립한 '정주지 부문 2030 온실가스 감축 로드맵(안)'에서, 2030년까지 정주지 내 탄소흡수원 면적을 3,783ha 확대하고, 이를 통해 40,155tCO₂/yr를 추가 흡수하는 것을 목표로 설정하였다.¹³⁾ 이와 비교하면, 현재 아파트 녹지(총 면적 약 14,547.8ha)가 정주지 부문 흡수원 확충 목표량의 3.8배에 해당하는 면적이다. 이는 지금까지 국가 인벤토리에 별도로 고려되지 않았던 아파트 단지 내 녹지의 탄소흡수 기여도가 실질적으로 매우 큼을 보여주며, 향후 정주지 부문 온실가스 감축 전략 수립 시 아파트 단지 녹지를 별도 흡수원으로 계량화 및 제도화할 필요성을 시사한다.

12) 환경부 보도자료(2025년 4월 4일) 탄소흡수 뛰어난 국립공원 자생수목 10종 공개

13) 국토교통부(2024) 2024년 정주지 부문 국가 온실가스 통계산정 및 탄소흡수 증진방안. p.144.

정부가 2030년까지 계획하고 있는 주요 수단인 '재개발·재건축 사업지 공원녹지 조성'(103ha, 1,093tC/yr), '택지개발사업을 통한 공원녹지 조성'(640ha, 6,793tC/yr)의 합계 탄소흡수량은 7,891tC/yr 수준으로¹⁴⁾, 이는 아파트 녹지의 연간 탄소흡수량(42,189tC/yr)의 약 18.7% 수준이다. 아파트 녹지는 기존의 개발사업을 통한 공공 공원녹지 조성 이상의 탄소흡수 잠재력을 지닌 공간 자산이므로, 이를 온실가스 인벤토리상 별도 관리 항목으로 반영하고, 정책 로드맵에 반영할 필요성이 큰 것으로 보인다.

[표 2-13] 광역지자체별 아파트 녹지의 탄소흡수량 추정 결과

구분	아파트 녹지			단지당 평균 아파트 녹지			세대당 평균 아파트 녹지		
	면적(ha)	탄소흡수량(tC/yr)	이산화탄소 흡수량(tCO ₂ /yr)	단지 평균 녹지 면적(ha)	탄소흡수량(tC/yr)	이산화탄소 흡수량(tCO ₂ /yr)	세대 평균 녹지 면적(ha)	탄소흡수량(tC/yr)	이산화탄소 흡수량(tCO ₂ /yr)
전국	14,547.8	42,188.7	154,691.9	0.817	2.369	8.687	0.00136	0.00396	0.01451
서울	1,936.1	5,614.8	20,587.5	0.770	2.233	8.189	0.00129	0.00373	0.01369
부산	840.6	2,437.7	8,938.2	0.725	2.103	7.712	0.00115	0.00332	0.01218
대구	457.6	1,327.2	4,866.3	0.467	1.353	4.961	0.00079	0.00229	0.00841
인천	878.1	2,546.5	9,337.2	0.939	2.724	9.986	0.00133	0.00387	0.01419
광주	549.1	1,592.5	5,839.2	0.699	2.026	7.429	0.00138	0.00401	0.01471
대전	452.1	1,311.0	4,807.1	1.027	2.980	10.925	0.00136	0.00395	0.01449
울산	253.5	735.2	2,695.7	0.574	1.663	6.099	0.00108	0.00314	0.01150
세종	256.2	742.8	2,723.7	1.516	4.395	16.117	0.00214	0.00620	0.02275
경기	5,164.4	14,976.7	54,914.7	1.106	3.207	11.759	0.00166	0.00482	0.01768
강원	375.1	1,087.7	3,988.1	0.547	1.586	5.814	0.00120	0.00347	0.01273
충북	451.3	1,308.7	4,798.5	0.717	2.081	7.629	0.00134	0.00390	0.01430
충남	608.0	1,763.2	6,465.0	0.767	2.223	8.153	0.00131	0.00379	0.01388
전북	471.2	1,366.5	5,010.5	0.638	1.852	6.789	0.00124	0.00361	0.01323
전남	476.9	1,383.2	5,071.6	0.723	2.096	7.684	0.00144	0.00417	0.01529
경북	508.3	1,474.0	5,404.7	0.598	1.734	6.358	0.00116	0.00337	0.01235
경남	775.5	2,248.9	8,245.9	0.625	1.812	6.645	0.00112	0.00326	0.01194
제주	93.8	272.1	997.8	0.823	2.387	8.753	0.00221	0.00642	0.02354

출처: 국토교통부 공동주택관리정보시스템(2025, <https://www.k-apt.go.kr/web/main/index.do>); 기후에너지환경부 환경공간정보 서비스 (2025, <https://aid.mcee.go.kr/>); 행정안전부 주소기반산업지원서비스(2025, <https://business.juso.go.kr/>) 를 활용하여 연구진 작성

14) 국토교통부(2024) 2024년 정주지 부문 국가 온실가스 통계산정 및 탄소흡수 증진방안. p.144.

3. 지역별 아파트 녹지의 상대적 필요도 분석

1) 교차분석 결과

■ 건축물 용도별 에너지사용량

한국부동산원이 제공한 2023년 기준 전국 건축물 에너지 사용 통계를 기반으로 공동주택(아파트 포함)의 에너지 소비 특성을 살펴보았다.¹⁵⁾

2023년 기준, 전국 건물 전체의 연간 총 에너지 소비량은 35,888,375toe로 집계되었으며, 이 중 공동주택은 14,950,615 toe로 전체의 43.6%를 차지하였다. 이는 건물 용도별 에너지 사용 중 가장 높은 비중으로, 주거 부문이 도시 내 에너지 소비의 구조적 중심축임을 시사한다.

[표 2-14] 건물용도별 에너지 사용량

건물용도별	건물수 (동)	연면적 (㎡)	에너지사용량 (toe)				
			소계	전기	도시가스	지역난방	
전체	5,464,961	3,578,941,022	35,888,375	100.0%	19,505,367	13,703,969	2,679,040
단독주택	3,218,571	482,332,926	5,357,238	13.5%	2,552,326	2,799,073	5,839
공동주택	484,069	1,560,086,835	14,950,615	43.6%	5,509,050	7,252,554	2,189,011
제1종근린생활시설	446,117	195,832,769	2,588,683	5.5%	2,076,349	495,384	16,950
제2종근린생활시설	516,057	216,114,613	2,541,404	6.0%	1,900,627	622,362	18,415
문화및집회시설	11,751	22,012,514	202,771	0.6%	142,333	51,530	8,909
종교시설	32,372	29,204,144	175,049	0.8%	116,564	56,831	1,654
판매시설	10,039	62,202,369	804,579	1.7%	601,674	162,917	39,987
운수시설	2,789	12,143,620	183,788	0.3%	161,093	21,700	995
의료시설	6,785	34,124,062	714,655	1.0%	418,332	274,431	21,892
교육연구시설	69,861	215,607,657	1,787,916	6.0%	1,214,565	513,984	59,368
노유자시설	42,630	25,580,631	272,193	0.7%	174,614	89,099	8,480

15) 에너지 사용 단위는 석유환산톤(toe, ton of oil equivalent)을 기준으로 하였으며, 이는 국제에너지기구(IEA)가 정의한 바에 따라 원유 1톤이 갖는 발열량(107 kcal)을 기준으로 계산된다. 1toe = 연료발열량 (kcal) ÷ 107kcal

건물용도별	건물수 (동)	연면적 (㎡)	에너지사용량 (toe)				
			소계	전기	도시가스	지역난방	
수련시설	3,225	2,982,954	30,084	0.1%	21,223	8,127	734
운동시설	8,210	17,415,518	220,904	0.5%	152,367	60,273	8,264
업무시설	37,631	213,454,099	2,222,384	6.0%	1,403,635	599,204	219,544
숙박시설	38,851	54,187,845	713,628	1.5%	430,642	267,608	15,379
위락시설	5,527	4,702,185	61,764	0.1%	47,242	14,212	310
공장	131,303	221,763,132	1,299,017	6.2%	1,113,349	139,905	45,763
창고시설	163,314	70,328,868	333,903	2.0%	324,684	8,332	887
위험물저장및처리시설	22,437	4,644,101	115,837	0.1%	112,870	2,968	0
자동차관련시설	25,689	34,263,308	256,316	1.0%	206,534	43,648	6,134
동식물관련시설	140,695	57,906,400	58,744	1.6%	56,444	2,300	0
자원순환관련시설	10,815	7,004,997	359,762	0.2%	286,590	72,763	409
교정및군사시설	12,863	12,110,343	88,689	0.3%	32,320	54,882	1,487
방송통신시설	2,343	5,133,434	206,721	0.1%	192,499	7,801	6,421
발전시설	4,771	5,688,259	149,546	0.2%	110,417	38,800	330
묘지관련시설	881	671,719	14,375	0.0%	5,976	8,399	0
관광휴게시설	5,009	2,274,473	49,079	0.1%	42,153	6,924	2
장례식장	386	672,308	9,411	0.0%	6,749	2,661	0
야영장시설	1,761	123,469	3,663	0.0%	3,659	3	0
기타	8,213	8,371,472	115,658	0.2%	88,486	25,295	1,876

출처: 국가데이터처 국가통계포털 (2023, https://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=408&tblId=DT_408003_A000_0&conn_path=f2) 을 바탕으로 연구진 작성

■ 광역지자체별 아파트 에너지사용량

2023년 기준, 전국 건물 전체의 총 에너지 사용량은 35,888,375toe이며, 건물 1동당 평균 에너지 사용량은 6.57toe로 나타났다. 아파트 건물당 평균 에너지 사용량은 66.15 toe로, 타 용도 대비 매우 높은 수준을 보였다. 이는 아파트 단지가 국내 도시 내 건물 에너지소비의 핵심 거점임을 실증적으로 보여준다. 지역별로 살펴보면, 아파트 건물당 평균 에너지 사용량은 다음과 같이 수도권 및 대도시권에서 상대적으로 높은 값을 보였다.

- 서울특별시(78.78toe/동), 인천광역시(74.04toe/동), 경기도(73.32toe/동), 대전광역시 (68.64toe/동), 대구광역시 (67.92toe/동) 순

이는 인구 밀도가 높고 고층 아파트 비중이 높은 수도권과 대도시 지역일수록 난방·냉방·기계환기 등 설비 중심의 에너지 수요가 높음을 의미한다.

[표 2-15] 광역지자체별 아파트 에너지사용량

구분	아파트 녹지 면적 (km ²)	아파트 단지 수 (개소)	단지당 평균 아파트 녹지 면적 및 탄소흡수량		건물 전체 에너지사용량		공동주택 에너지사용량		아파트 에너지사용량	
			면적(ha)	탄소흡수량 (tC/yr)	소계(toe)	건물평 균(toe)	소계	건물평균 (toe)	소계	건물평균(toe)
전국	145.47	17,807	0.817	2.369	35,888,375	6.57	14,950,615	30.89	12,300,810	66.15
서울	19.36	2,514	0.770	2.233	7,778,944	14.59	3,109,798	23.95	2,205,365	78.78
부산	8.41	1,159	0.725	2.103	1,996,359	7.64	954,663	28.28	804,870	63.00
대구	4.58	981	0.467	1.353	1,546,240	7.26	683,069	40.14	624,387	67.92
인천	8.78	935	0.939	2.724	2,120,979	12.33	1,012,219	27.03	772,513	74.04
광주	5.49	786	0.699	2.026	951,535	8.16	447,204	52.15	430,621	62.72
대전	4.52	440	1.027	2.980	1,088,621	9.59	401,655	38.84	348,194	68.64
울산	2.54	442	0.574	1.663	787,759	7.54	312,031	38.57	280,014	58.21
세종	2.56	169	1.516	4.395	256,229	9.78	135,800	54.21	133,354	59.59
경기	51.64	4,670	1.106	3.207	9,832,926	10.44	4,416,747	32.47	3,512,094	73.32
강원	3.75	686	0.547	1.586	1,063,085	3.44	330,409	34.95	307,924	51.22
충북	4.51	629	0.717	2.081	1,074,957	3.77	401,315	40.35	374,252	60.47
충남	6.08	793	0.767	2.223	1,427,655	3.90	552,961	38.15	499,577	63.37
전북	4.71	738	0.638	1.852	1,113,327	3.38	425,607	42.56	395,998	59.06
전남	4.77	660	0.723	2.096	1,020,611	2.30	349,205	37.83	327,020	51.66
경북	5.08	850	0.598	1.734	1,551,928	2.71	571,866	32.27	512,829	52.99
경남	7.75	1,241	0.625	1.812	1,936,928	3.64	772,998	38.15	725,897	53.14
제주	0.94	114	0.823	2.387	340,292	2.37	73,070	7.81	45,900	20.88

*출처: 국가데이터처 국가통계포털(2025a, https://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=408&tblId=DT_408003_A033&conn_path=I2);
 국가데이터처 국가통계포털(2025b, https://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=408&tblId=DT_408003_A000_0&conn_path=I2);
 국가데이터처 국가통계포털(2025c, https://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=408&tblId=DT_408003_A000_1&conn_path=I2);
 를 바탕으로 연구진 작성

■ 광역지자체 단위 아파트 탄소흡수량-에너지소비량 기반 교차 분석 결과

지역별 아파트 단지의 탄소흡수 기능과 에너지소비 특성을 종합적으로 고려하여, 녹지 기반 탄소중립 전략의 정책 우선개입 지역을 도출하고자 하였다. 이를 위해 탄소흡수량(단지당, tC/yr)과 에너지 소비량(건물당, toe)을 지표로 교차분석을 수행하였다.

이원적 행렬 분석을 통해 17개 시도를 네 가지 유형(사분면)으로 분류하였으며, 각 유형은 탄소중립 달성에 있어 상이한 정책 전략을 필요로 한다.

[표 2-16] 사분면 유형 및 특징

구분	명칭	기준	특징
1사분면	전환우선지역	흡수량 ↑ / 소비량 ↑	• 탄소흡수 기반은 양호하나, 에너지 소비가 높아 저탄소 전환 전략(에너지효율화, 신재생 통합설계 등) 필요 지역
2사분면	복합취약지역	흡수량 ↓ / 소비량 ↑	• 흡수력 부족 + 고에너지 소비로 정책 개입이 가장 시급한 지역 • 녹지 확보 기준 강화, 설계 기준 개선 필요
3사분면	기초확충지역	흡수량 ↓ / 소비량 ↓	• 저소비 기반이지만 흡수력도 낮아, 중장기 기반 확충형 지원정책 필요
4사분면	선도관리지역	흡수량 ↑ / 소비량 ↓	• 구조적으로 우수한 성과를 유지하는 지역 • 정책 실험 및 모범 확산 대상지 적합

출처: 연구진 작성

• 전환우선지역(1사분면)

경기도, 인천광역시, 대전광역시가 해당한다. 아파트 녹지의 탄소흡수량은 전국 평균 이상이나, 건물당 에너지 소비량이 높은 지역이다. 녹지 기반은 일정 수준 확보되어 있으나, 건물 에너지 성능 및 운영 방식에서 온실가스 배출량이 높은 특징을 갖는다. 이들 지역은 제로에너지건축(ZEB), 패시브 설계, 스마트에너지 인프라 연계 사업 등 전환형 정책이 우선 도입될 필요성이 있다.

• 복합취약지역(2사분면)

서울특별시, 대구광역시, 광주광역시, 부산광역시, 충청북도, 충청남도가 해당한다. 아파트 에너지 소비량이 높고, 탄소흡수량은 전국 평균 이하인 지역이다. 고밀도 고층 개발 및 지상녹지 부족이 주요 원인인 것으로 판단된다. 이들 지역은 탄소배출 측면과 흡수 측면 모두 취약해, 복합적 정책 개입이 필요하다고 볼 수 있다. 대지의 조경 면적 기준 강화, 생태면적률 상향, 탄소중립형 아파트 설계 기준 적용 확대 등 아파트 녹지 관련 제도의 상향 적용이 필요한 지역이다.

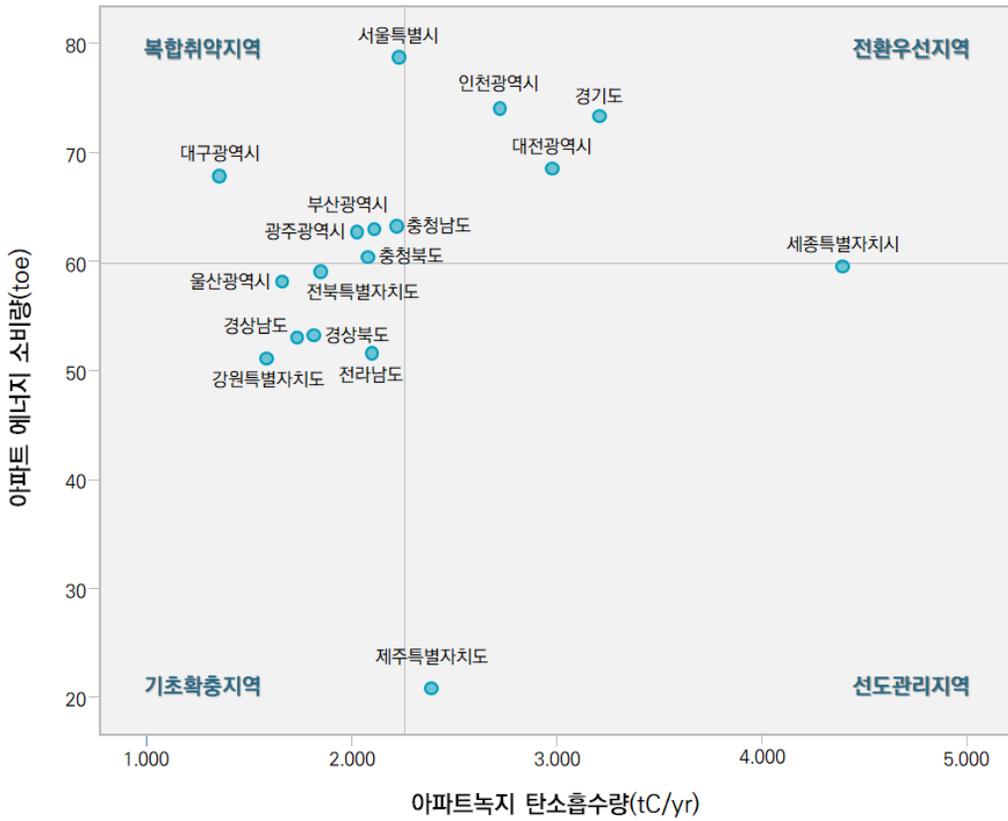
• 기초확충지역(3사분면)

전북특별자치도, 울산광역시, 강원특별자치도, 경상북도, 경상남도, 전라남도가 해당한다. 에너지 소비량과 탄소흡수량 모두가 낮은 지역이다. 도시 밀도가 낮고 단지 규모가 작아 기반 조성형 정책 대상에 해당한다. 지방·비수도권 중심으로, 국고 보조 중심의 탄소흡수원 기반 조성이 필요하다고 판단된다.

• 선도관리지역(4사분면)

세종특별자치시, 제주특별자치도가 해당한다. 아파트 녹지의 탄소흡수량이 높고, 에너지 소비도 상대적으로 낮은 지역이다. 계획도시 및 저밀도 고품질 주거지 기반 도시로 볼 수 있다. 이들 지역은 향후 정책 실험지구, 모범도시로서 확산 모델 설정이 가능하다.

[표 2-17] 광역지자체 단위 아파트 탄소흡수량-에너지소비량 기반 교차 분석 결과



구분	해당 지자체
1	전환우선지역: 경기도, 인천광역시, 대전광역시
2	복합취약지역: 대구광역시, 서울특별시, 부산광역시, 광주광역시, 충청남도, 충청북도
3	기초확충지역: 전북특별자치도, 울산광역시, 강원특별자치도, 경상북도, 경상남도, 전라남도
4	선도관리지역: 제주특별자치도, 세종특별자치시

*단지당 아파트 녹지 탄소흡수량 평균: 2.262tC/yr

*아파트 건물 당 에너지 소비량: 59.941toe

출처: 연구진 작성

2) 군집분석 결과

■ 광역지자체 군집분석 결과(K-평균 군집분석)

• 기초 통계량 분석 결과

탄소흡수량은 비교적 고르게 분포하고 있으며, 에너지소비량은 지역 간 편차가 큰 것으로 나타났다. 재정자립도 역시 지역 간 격차가 뚜렷하여, 지자체 재정 역량에 따라 자율적 대응 여건이 달라짐을 시사한다.

[표 2-18] 광역지자체 단위 기초 통계량 분석 결과

변수	N	최소값	최대값	평균	표준편차
아파트 녹지 탄소흡수량(단지당) (tC/yr)	17	1.353	4.395	2.262	.73410
아파트 에너지소비량(건물당) (toe)	17	20.883	78.780	59.941	12.917
재정자립도 (%)	17	23.8	75.4	41.435	14.6292
유효수 (목록별)	17				

출처: 연구진 작성

• 분산분석 결과

분산분석(ANOVA) 결과, 에너지소비량과 재정자립도는 군집 간에 통계적으로 유의미한 차이가 있고, 탄소흡수량은 군집 간 유의미한 차이를 보이지 않는다. 이는 전체 시도 평균의 편차가 작거나, 해당 변수로는 군집 간 선명한 구분이 어렵다는 것을 의미한다.

[표 2-19] 광역지자체 단위 분산분석 결과

구분	군집		오차		F	유의확률
	평균제곱	자유도	평균제곱	자유도		
아파트 녹지 탄소흡수량(단지당) (tC/yr)	.737	2	.511	14	1.444	.269
아파트 에너지소비량(건물당) (toe)	1064.976	2	38.537	14	27.635	.000*
재정자립도 (%)	1200.726	2	73.055	14	16.436	.000*

출처: 연구진 작성

• 군집 유형 및 중심값 (K=3)

군집1은 전반적으로 모든 지표가 높은 '고기능 도시형', 군집 2는 낮은 탄소흡수량 / 중간 에너지 소비 / 낮은 재정자립도의 특성을 지닌 '복합 취약형', 군집3은 높은 탄소흡수량 / 낮은 에너지 소비 / 중간 재정자립도를 가진 '저에너지 고효율형'으로 명명할 수 있다.

군집1(고기능 도시형)에 해당하는 9개 시도는 지자체 자체 역량을 기반으로 탄소중립도시 정책을 추진할 수 있는 지역이다. 아파트 녹지 확보 수준을 현재 수준으로 유지하며, 제로에너지건축(ZEB), 스마트 에너지시스템 등의 선도적 전략 적용이 가능하다. 군집2(복합취약형)의 7개 시도는 아파트 녹지 확충 및 탄소흡수 기능 향상을 위해 국가 차원의 재정 및 기술 지원이 필요한 지역으로 볼 수 있다. 군집3(저에너지 고효율형)의 1개 시도(제주특별자치도)는 정책 테스트베드 또는 확산 모델 대상으로, 탄소중립 성과 측정의 시범 적용이 가능한 지역으로 해석 가능하다.

[표 2-20] 광역지자체 단위 군집 유형 및 중심값

군집	아파트 녹지 탄소흡수량 (tC/yr)	아파트 에너지소비량 (toe)	재정자립도 (%)	시도수	시도명
1 고기능 도시형	2.520	67.357	52.6	9	서울특별시, 부산광역시, 대구광역시, 인천광역시, 광주광역시, 대전광역시, 울산광역시, 세종특별자치시, 경기도
2 복합 취약형	1.912	55.987	28.3	7	강원특별자치도, 충청북도, 충청남도, 전북특별자치도, 전라남도, 경상북도, 경상남도
3 저에너지 고흡수형	2.387	20.883	33.3	1	제주특별자치도

출처: 연구진 작성

■ 기초지자체¹⁶⁾ 군집분석 (K-평균 군집분석)

- 기초 통계량 분석결과

아파트 탄소흡수량과 에너지소비량, 재정자립도 모두 지역 간 분산이 크며, 특히 에너지소비량의 편차가 크다. 이는 시군구별 고층고밀도 아파트 분포, 난방 방식, 재정 역량에 따른 설비 투자 차이에서 기인한 것으로 볼 수 있다.

[표 2-21] 기초지자체 단위 기초 통계량 분석결과

변수	최소값	최대값	평균	표준편차
아파트 녹지 탄소흡수량(단지당) (tC/yr)	.000	7.578	1.800	1.190
아파트 에너지소비량(건물당) (toe)	10.455	98.367	55.595	19.595
재정자립도 (%)	6.2	61.1	20.136	11.914

출처: 연구진 작성

- 분산분석 결과

세 변수 모두 군집 간 통계적으로 유의미한 차이가 있으며($p < .001$), 특히 에너지소비량의 F값이 매우 높아 군집 구분력이 우수하다. 이는 단순한 행정 구분이 아닌 정량적 정책 유형화로서 군집 결과를 활용할 수 있음을 시사한다.

[표 2-22] 기초지자체 단위 분산분석 결과

구분	군집		오차		F	유의 확률
	평균제곱	자유도	평균제곱	자유도		
아파트 녹지 탄소흡수량(단지당) (tC/yr)	48.853	2	.983	219	49.679	.000
아파트 에너지소비량(건물당) (toe)	33952.845	2	77.411	219	438.607	.000
재정자립도 (%)	8951.835	2	61.487	219	145.588	.000

출처: 연구진 작성

16) 총 229개의 시군구 중 아파트 녹지가 도출되지 않은 경상북도 군위, 봉화, 울릉, 청송, 인천광역시 옹진군, 전라남도 곡성군, 신안군을 제외한 222개의 시군구를 대상으로 분석하였다.

• 군집 유형 및 중심값 (K=3)

군집1(평균형, 96개 시군구)은 3개 변수 모두 전국 평균 수준으로 정책적 강점은 없으나 대응 기반을 마련된 지역에 해당한다. 주로 중소도시, 광역시의 비중심구, 도시권 외곽지역이 포함되며, 고기능이나 고위험 특성을 없으나 자율적 역량 역시 제한적이다. 무대응 또는 저효율 설계가 누적될 경우 아파트 녹지 기반의 전국적인 감축 성과를 저해할 수 있는 구조적 사각지대로 전환될 수 있다. 중장기적으로는 아파트 녹지 설계 및 관리 가이드라인의 보급, 탄소흡수량 이행 관리 성과 지표 도입 등을 통해 점진적 개선이 필요한 지역으로 볼 수 있다.

군집2(고기능 도시형, 64개 시군구)는 고흡수고소비·고재정의 특성을 가진 지역으로 수도권 및 광역시의 중심구, 계획도시형 신도시가 포함되어 있다. 이 군집은 기후정책 전환에 있어 탄소중립형 아파트 녹지 관련 제도 개선안의 시범 운영·검증·확산 테스트베드 역할을 할 수 있는 지역군이다.

군집3(취약 기반형, 62개 시군구)은 저흡수저소비·저재정의 지역으로 대부분 농촌형 군 단위, 낙후지역, 해안·산간 소규모 지자체 등이 포함된다. 아파트 녹지 확보 수준이 열악하며, 동시에 에너지소비 총량이 낮아 정책우선순위 판단이 복잡한 지역이다. 장기적으로 도시 간 감축 격차를 완화하고, 녹색국토 조성을 위해 정책적 지원이 필요하다고 판단된다. 정부 및 공공기관 차원에서 아파트 녹지 확충 지원정책, 탄소중립형 아파트 녹지 설계 지원사업 등의 개입이 필요하다.

[표 2-23] 기초지자체 단위 군집 유형 및 중심값

구분	군집1 평균형 (96개 시군구)	군집2 고기능 도시형 (64개 시군구)	군집3 취약기반형 (62개 시군구)
아파트 녹지 탄소흡수량(단지당) (tC/yr)	1.768	2.692	.932
아파트 에너지소비량(건물당) (toe)	57.056	77.271	30.959
재정자립도 (%)	17.4	33.5	10.6

출처: 연구진 작성

[표 2-24] 기초지자체 단위 군집분석 결과

군집	시군구명
1 (96개)	<ul style="list-style-type: none"> • 서울특별시 강서구, 구로구, 서대문구, 은평구 • 부산광역시 강서구, 금정구, 기장군, 남구, 동래구, 부산진구, 북구, 사상구, 사하구, 서구, 수영구, 연제구, 영도구 • 인천광역시 강화군, 계양구, 동구, 미추홀구, 부평구 • 대구광역시 남구, 동구, 북구 • 광주광역시 광산구, 남구, 동구, 북구 • 대전광역시 대덕구, 동구, 중구 • 울산광역시 남구, 동구, 북구, 중구 • 경기도 가평군, 동두천시, 부천시, 양평군, 여주시 • 강원특별자치도 속초시, 원주시, 홍천군, 횡성군 • 충청북도 괴산군, 옥천군, 음성군, 제천시, 증평군, 진천군, 청주시, 충주시 • 충청남도 계룡시, 공주시, 금산군, 논산시, 당진시, 보령시, 서산시, 예산군, 태안군, 홍성군 • 전라북도 군산시, 김제시, 부안군, 완주군, 익산시, 전주시, 정읍시 • 전라남도 광양시, 나주시, 목포시, 무안군, 순천시, 여수시, 장흥군, 해남군, 화순군 • 경상북도 경주시, 고령군, 구미시, 김천시, 성주군, 안동시, 영주시, 영천시, 예천군, 칠곡군, 포항시 • 경상남도 김해시, 양산시, 진주시, 창원시, 통영시, 함안군

군집	시군구명
2 (64개)	<ul style="list-style-type: none"> 서울특별시 강남구, 강동구, 강북구, 관악구, 광진구, 금천구, 노원구, 도봉구, 동대문구, 동작구, 마포구, 서초구, 성동구, 성북구, 송파구, 양천구, 영등포구, 용산구, 종로구, 중구, 중랑구 부산광역시 해운대구 인천광역시 남동구, 서구, 연수구, 중구 대구광역시 달서구, 달성군, 수성구, 중구 대전광역시 서구, 유성구 울산광역시 울주군 세종특별자치시 경기도 고양시, 과천시, 광명시, 광주시, 구리시, 군포시, 김포시, 남양주시, 성남시, 수원시, 시흥시, 안산시, 안성시, 안양시, 양주시, 오산시, 용인시, 의왕시, 의정부시, 이천시, 파주시, 평택시, 포천시, 하남시, 화성시 강원특별자치도 춘천시 충청남도 아산시, 천안시 경상북도 경산시
	<ul style="list-style-type: none"> 부산광역시 동구, 중구 대구광역시 군위군, 서구 경기도 연천군 강원특별자치도 강릉시, 고성군, 동해시, 삼척시, 양구군, 양양군, 영월군, 인제군, 정선군, 철원군, 태백시, 평창군, 화천군 충청북도 단양군, 보은군, 영동군 충청남도 부여군, 서천군, 청양군 전라북도 남원시, 무주군, 순창군, 임실군, 장수군, 진안군 전라남도 강진군, 고흥군, 구례군, 담양군, 보성군, 영광군, 영암군, 완도군, 진도군, 함평군 경상북도 문경시, 상주시, 영덕군, 영양군, 울진군, 의성군, 청도군 경상남도 거제시, 거창군, 고성군, 남해군, 밀양시, 사천시, 산청군, 의령군, 창녕군, 하동군, 함양군, 합천군 제주특별자치도

출처: 연구진 작성

• 시사점

시군구 단위 군집분석은 단지 규모, 도시화 수준, 재정 역량의 격차를 반영해 정책 수단의 지역맞춤형 적용 필요성을 실증적으로 뒷받침한다. 특히, 향후 국토교통부가 ‘정주지 부문 2030 온실가스 감축 로드맵’ 실행함에 있어 자율형-지원형-시범형 지자체 전략을 명확히 구분하여 정책 자원의 효율적 분배 및 파급효과 극대화를 도모할 수 있을 것으로 판단된다. .

[표 2-25] 기초지자체 단위 군집별 정책 방향

군집 유형	자율 정책 역량	정부 개입 필요성	정책 전략
군집1(평균형)	중간	중간	표준가이드 기반 관리 체계
군집2(고기능 도시형)	높음	낮음	기술과 제도 복합 선도 전략
군집3(취약기반형)	낮음	높음	기반 조성형 공공지원 전략

출처: 연구진 작성

4. 소결

본 장에서는 전국 17,807개 아파트 단지를 대상으로 구축한 공간데이터셋과 IPCC 2006 지침(Tier 2a, 수관면적 기준)을 적용하여, 아파트 녹지의 규모·분포·탄소흡수 현황과 지역별 상대적 필요도를 분석하였다. 주요 분석 결과는 다음과 같다.

첫째, 전체 도시녹지에서 아파트 녹지가 차지하는 비중이 작지 않다. 2023년 기준 전국 아파트 단지의 녹지 면적은 145.47km²로, 「도시공원 및 녹지 등에 관한 법률」에 따라 도시계획시설로 조성된 공공공원녹지와 합산한 전체 도시녹지 면적(927.09km²)의 15.6%를 차지한다. 아파트 녹지는 사유지 기반이 약 80%임에도 도시 녹색인프라에서 작지 않은 비중을 형성하고 있다. 이는 정주지 탄소흡수원 정책에서 아파트 녹지를 주요한 축으로 다루어야 함을 시사한다. IPCC 2006 GL Tier 2a(수관면적) 방식을 적용해 산정한 결과, 전국 아파트 녹지는 연간 42,189 tC를 흡수하는 것으로 추정된다. 단지당 평균 녹지 면적은 0.817ha, 단지당 평균 흡수량은 2.37tC/yr 수준이다. 한편, 세대당 평균 아파트 녹지 면적은 12.80m²로, 거주민 1인당 환산 시 5.82m²로 법적 도시공원 최소기준(6m²/인)에 근접한다. 시·도 평균 녹지율은 제주(36.2%)·세종(35.7%)·경기(34.5%) 순으로 높고, 대구(18.9%)·경남(25.2%)·울산(25.7%)은 낮다. 시·군·구 상위 지역으로는 용인시 수지구(59.1%) 등이 확인되며, 이는 경기도의 생태면적률 적용이 높은 영향을 준 것으로 해석된다.

둘째, 탄소중립도시 조성을 위해 지역별 아파트 녹지의 상대적 필요도를 반영 정책 추진이 필요하다. 아파트는 건물용도 중 에너지소비 비중이 가장 높아(전국 건물 에너지소비 35,888,375 toe 중 공동주택 43.6%) '흡수(단지당 tC/yr)-소비(건물당 toe)' 2축 교차로 전환우선·복합취약·기초확충·선도관리의 네 유형을 도출하였다. 전환우선: 경기·인천·대전, 복합취약: 서울·부산·대구·광주·충북·충남, 기초확충: 전북·울산·강원·경북·경남·전남, 선도관리: 세종·제주로 분류되었다. 이는 지역별 흡수력·소비 구조에 맞춘 차등형 정책설계를 요구한다. 군집분석에서는 시·도 차원에서 고기능 도시형(서울, 부산, 대구, 인천, 광주, 대전, 울산, 세종, 경기)-복합취약형(강원, 충북, 충남, 전북, 전남, 경북, 경남)-저에너지 고흡수형(제주)이, 시·군·구 차원에서는 평균형(96)-고기능 도시형(64)-취약기반형(62)이 확인되어, 재정역량·도시화 수준·주거형태에 따른 지역맞춤형 수단 패키지의 필요성을 뒷받침한다.

정부 '정주지 부문 2030 온실가스 감축 로드맵(안)'이 공원녹지 확충을 통해 3,783ha·40,155 tC/yr 추가 흡수를 목표로 하는 가운데, 그 중 '재개발·재건축지'와 '택지개발' 합계는 7,891 tC/yr 수준으로 추정된다. 현 시점의 아파트 녹지 연간 흡수량(42,189 tC/yr)은 이 합계의 약 5.3배에 달하며, 공공녹지 확충만으로는 포착하기 어려운 상시·근접형 흡수원임이 확인된다. 따라서 아파트 녹지를 정주지 온실

가스 인벤토리의 별도 관리 항목으로 계량·관리하고, 국가 로드맵에 직접 반영할 필요가 크다. 또한 본 연구의 아파트 녹지 상대적 필요도 분석 결과를 반영하여 복합취약지역에는 면적기준 상향·생태면적률 강화 + 설계기준 개선을 병행하고, 전환우선지역에는 에너지효율·ZEB와 녹지 설계의 패키지형 전환 정책을, 기초확충지역에는 국고보조형 기반확충을 우선 적용하는 등 차등형 접근이 요구된다.

제2장은 전국 단위의 객관적 기준선과 지역별 유형화 프레임 제시함으로써, 아파트 녹지를 정주지 탄소흡수의 핵심 인프라로 격상시킬 정책 근거를 마련하였다. 이어지는 제3~제5장은 이 기준선을 현장 실측으로 보정(제3장)하고, 법·제도 수단을 구조화(제4장)한 뒤, 시나리오로 정책효과를 검증(제5장)하는 순서로 전개된다. 이에 따라 본 연구는 면적 확보-설계-조성-유지·관리에 걸친 전 과정 개선방향을 정합적으로 도출하고, 국가 '정주지 부문 2030 온실가스 감축 로드맵(안)'의 실효적 달성 경로를 구체화한다.

[표 2-26] 전국 아파트 녹지 현황 및 탄소흡수량 분석의 종합

구분	주요 결과	
전국 아파트 녹지 분포 현황	규모와 위상	<ul style="list-style-type: none"> • 2023년 기준 전국 아파트 녹지 면적은 145.47km²로, 도시지역 전체 공원 녹지(공원녹지법상)와 합산 시 도시녹지 927.09km²의 15.6% 차지 → 아파트 녹지는 대부분이 사유지 기반임에도 도시 녹색 인프라에서 차지 않은 비중임을 의미 • 아파트 녹지는 연간 42,189 tC(약 154,684 tCO₂)를 흡수하는 것으로 추정
	생활권 차원의 체감성	<ul style="list-style-type: none"> • 단지당 평균 녹지면적은 8.170m², 세대당 평균은 12.80m²이며, 2023년 세대당 평균 가구원수(2.20명)를 적용하면 주민 1인당 약 5.82m²의 아파트 녹지를 이용 → 도시공원 최소기준(6m²/인)에 상당히 근접한 생활권 녹지 공급원임을 시사
	지역적 편차와 제도 연계성	<ul style="list-style-type: none"> • 시·도별로는 경기(면적 51.64km²)와 서울(19.36km²)의 비중이 크고, 특히 서울은 공공녹지 대비 아파트 녹지 면적 비율이 40.5%로 높음 → 수도권에서 아파트 녹지가 공공녹지 부족을 보완하는 생활권 녹지로 기능함을 보여줌 • 시·군 구 상위권에 경기 지역이 다수 포함된 것은 생태면적률 등 높은 협의기준을 적용한 제도적 요인과 연동된 결과로 해석
시계열 및 사업주체별 녹지 현황	시계열 추세: U자형 변화	<ul style="list-style-type: none"> • 1970~80년대 중반 저·중층 저밀 개발기에는 녹지를 30% 이상이 일반적이었으나, 1980년대 후반~1990년대에는 주차장·기반시설 중심의 고밀 개발로 22~27% 수준까지 하락 • 2000년대 중반 이후 친환경 인증과 생태면적률 도입 등 제도 전환을 계기로 30% 중후반으로 회복·유지되는 U자형 추세가 확인
	사업주체별 차이	<ul style="list-style-type: none"> • 민간 단지는 평균 30.3%, 공공(정부형) 31.0%, NHF형(공공임대 리츠)은 39.1%로 가장 높았음 • 공공부문의 상대적으로 높은 녹지율은 저밀 배치 및 주거질 기준 적용에 기인하며, 민간은 수익성 극대화 과정에서 법정 최소 수준에 머무는 경향이 관찰
지역별 아파트 녹지 상대적 필요도	교차분석 (탄소흡수량-에너지소비량)	<ul style="list-style-type: none"> • 아파트는 건물용도 중 에너지소비 비중이 가장 높으며(전체의 43.6%), 건물당 평균 66.15 toe로 타 용도 대비 월등하며, 이를 아파트 단지의 단지당 탄소흡수량(평균 2.37 tC/yr)과 교차하면 4개 유형으로 구분 -전환우선지역(흡수 ↑/소비 ↑): 경기·인천·대전 → 에너지 효율화 ZEB 등 전환정책 우선 도입 -복합취약지역(흡수 ↓/소비 ↑): 서울·부산·대구·광주·충북·충남 → 녹지 기준 상향 + 설계개선 병행 필요 -기초확충지역(흡수 ↓/소비 ↓): 전북·울산·강원·경북·경남·전남 → 기반 확충형 공공지원 적합 -선도관리지역(흡수 ↑/소비 ↓): 세종·제주 → 모범사례 확산·정책 실험지로 적합
	군집분석	<ul style="list-style-type: none"> • 시·도 차원에서 고기능 도시형(9개)-복합취약형(7개)-저에너지 고흡수형(제주)으로 구분되며, 시·군·구 차원에서도 평균형(96)-고기능 도시형(64)-취약기반형(62)으로 구분 → 재정역량·도시화 수준·주거형태에 따라 정책수단의 지역맞춤 적용이 필요함을 의미

출처: 2장 내용을 바탕으로 연구진 작성

제3장

아파트 녹지 탄소흡수 및 저장량 실증 분석

1. 분석 개요
2. 실증 분석 결과
3. 소결

1. 분석 개요

1) 분석 목적

기후 위기 대응과 탄소중립 실현은 전 세계적인 과제로 대두되고 있으며, 우리나라 또한 2050 탄소중립 전략을 중심으로 다양한 분야에서 온실가스 감축 노력을 확대하고 있다. 이러한 흐름 속에서 도시는 더 이상 단순한 탄소 소비 공간이 아니라, 능동적인 탄소흡수원(carbon sink)으로 전환될 수 있는 가능성을 가진 공간으로 주목받고 있다. 특히, 도시의 고밀도 주거지역인 아파트 단지 내 조경 공간은 그동안 미관이나 휴식 기능에 초점을 맞춰 설계되어 왔지만, 최근에는 탄소를 저장하고 흡수하는 중요한 조경공간으로서의 역할이 강조되고 있다.

국내외 선행연구에 따르면, 도시내 조경공간은 교목 식재를 중심으로 상당한 수준의 탄소 저장 및 격리 능력을 보유할 수 있다. Churkina et al.(2009)은 도시화가 식생의 생산성을 높여 결과적으로 더 많은 탄소를 흡수할 수 있다고 밝혔고, Gao et al.(2023)은 도시공원의 식생 설계 변경이 도시열섬 완화와 에너지 소비 저감으로 이어질 수 있음을 제시하였다. 또한 Tian & An(2022)은 수종 선택이 탄소저장량에 결정적 영향을 미친다는 점을 실증하였으며, 최근에는 UAV(Unmanned Aerial Vehicle) 기반의 정밀 계측 기법(Wei & Chen, 2022)을 활용한 연구도 활발히 진행되고 있다.

도시공간의 탄소흡수 가능성에 대한 연구는 국내외에서 활발히 진행되고 있으나, 아파트 단지 조경 공간을 대상으로 한 탄소저장량 분석, 특히 설계도면에 기반한 계획 수목과 시공 이후 실제 성장한 수목을 정량적으로 비교 분석한 연구는 매우 드물다. 많은 아파트 단지에서는 설계 단계에서 계획된 수종, 식재 밀도, 공간 배치 등이 시공 및 유지관리 과정에서 변경되며, 시간이 흐를수록 수목의 생육 상태 또한 달라진다. 그럼에도 불구하고, 이러한 시공 전후의 식재 차이가 탄소 저장 기능에 미치는 영향을 실증적으로 검토한 사례는 거의 없는 실정이다.

이에 본 연구는 도시 지역의 아파트 단지를 대상으로 기존 설계 도면 내 수목 자료와 완공된 조경공간 실측 자료를 바탕으로 탄소 흡수저장량을 비교 분석하고자 한다. 탄소저장량 및 흡수량 분석을 알로메트리 방정식(allometric equation)을 적용해 개체별 바이오매스를 추정하고, 이를 탄소저장량으로 환산하였다. 이를 위해 본 연구는 도시숲, 가로수, 공원 내 수목들이 제공하는 탄소 흡수 및 저장량을 추정할 수 있는 모델링 도구인 i-Tree ECO를 활용하였다. 이를 통해 설계와 시공 결과 간 탄소 흡수 저장 기능의 차이를 정량적으로 파악하고자 하였으며, 분석 결과는 탄소중립형 조경 설계 기준 마련 및 녹색건축인증(G-SEED) 개선의 기초자료로 활용될 것이다. 또한 제5장의 아파트 녹지 설계·조경 관련 제도 개선안 적용에 따른 효과 분석의 비교 자료로 활용하고자 한다.

2) 분석 방법

■ 연구 범위

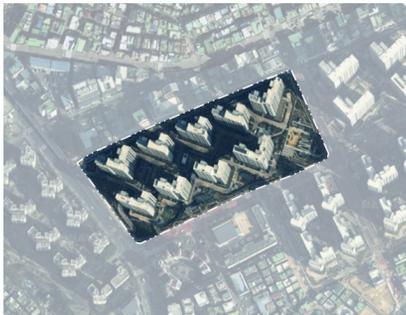
- 공간적 범위

본 연구의 공간적 범위는 경기도 성남시 중원구 금광동에 위치한 주택재개발정비사업 대상지(e편한 세상 금빛그랑메종 1단지) 내 조경 공간 중, 법정 식재면적에 해당하는 9,339.50㎡이다. 대상지의 전체 조경면적은 15,665.84㎡이나, 본 연구에서는 식재 의무가 부과된 실질적 탄소흡수 공간에 한정하여 분석을 수행하였다.

e편한 세상 금빛그랑메종 1단지를 실증 분석 대상지로 선정한 배경은 다음과 같다. 제2장 분석 결과, 경기도는 전국에서 아파트 녹지 면적과 탄소흡수량이 가장 크고(면적 51.64km², 탄소흡수량 14,976.7 tC/yr), 동시에 건물 에너지소비가 높은 '전환우선지역'으로 도출되어, 녹지 확충과 에너지 전환의 동시 성과 창출이 가능한 대표 권역이다. 또한 재개발(도심 고밀·노후지 정비) 맥락을 갖는 단지로, 향후 공급 물량이 큰 영역에 직접 적용 가능한 정책 시사점을 도출할 수 있고, 수도권 재개발형 단지의 보편적 프로토타입에 해당하여, 동일 유형 단지로의 적용이 용이하다는 특징이 있다.

[표 3-1] 실증분석 대상지 개요

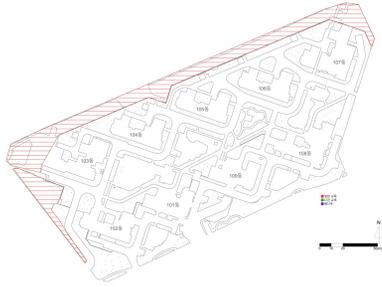
구분	내용	
대상지	• e편한 세상 금빛그랑메종 1단지 (경기도 성남시 중원구 금광동 1001)	
준공연도	• 2023년 6월	
세대 수	• 1,135세대	
규모	대지면적	• 39,164.60㎡
	조경면적	• 17,460.87㎡ (44.58%) (법정 면적: 15,665.84㎡)
	식재면적	• 9,399.50㎡ (법정 면적: 9,399.50㎡)
생태면적률	• 11,749.38㎡ (36.65%)	
식재수량	교목	• 3,997주
	교목 상록교목	• 1,607주
	지역특성수	• 617주
	관목	• 252,752주
	초화	• 73,640주



대상지 위성사진 (NAVER 항공사진)



생태면적률 산정도



실증분석 제외구역(접근 제약으로 LiDAR 활용 불가 지역) 현황도



현장 3D 스캐닝 지점 표시도

출처: (생태면적률 산정도) DL건설(2022)

• 시간적 범위

본 연구의 시간적 범위는 아파트 단지 도면 설계 시점(2023년), 준공 후 일정 기간이 경과하여 수목의 정착 및 생육이 진행된 실측 시점(2025년), 그리고 이를 기점으로 수목의 성장 변화를 고려한 준공 후 30년(2055년)까지의 기간을 포함한다. 특히, 2025년 5월에 수행된 현장 조사는 준공 직후의 상태가 아니라 식재 후 약 2년이 경과하여 실제 생육 환경에 적응한 상태를 반영한다는 점에서 중요한 의미를 가진다. 본 연구는 2023년 설계 도면에 기반한 ‘계획(설계)’ 수목 정보와 2025년 지상 LiDAR 측량을 통해 확보한 ‘실제 성과’ 현황을 비교함으로써, 수목 구성 및 탄소저장량·연간 탄소흡수량의 차이(괴리)를 정량적으로 분석하였다. 또한, 이러한 실제 생육 데이터를 기초로 수목의 성장 속도를 반영하여 향후 30년간의 누적 탄소저장량과 연간 탄소흡수량의 변화 추이를 추정하였다.

■ 분석 방법

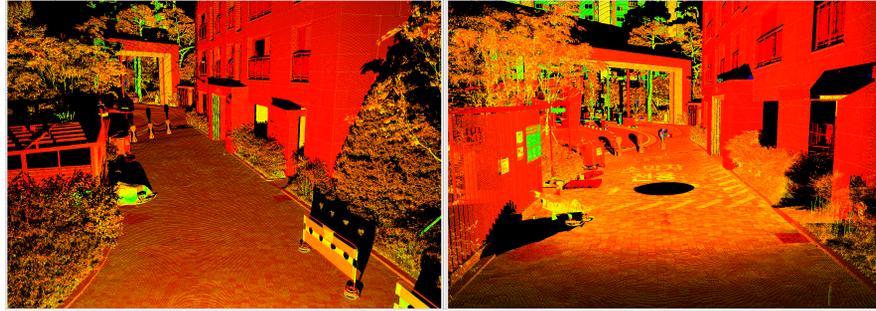
• 지상 LiDAR 조사 및 3D 데이터 구축

본 연구는 아파트 단지 내 조경 공간에 대한 고정밀 3차원 현황 데이터를 구축하기 위해 지상형 LiDAR(Leica RTC 360)를 활용하였다. 본 장비는 실외 조경지 내 수목과 지형·지물의 정밀한 위치 및 형상을 측정할 수 있으며, 수목의 구조적 특성(수고, 흉고직경 등)을 정량적으로 추출할 수 있는 고해상도 데이터를 수집할 수 있다. 이를 위해 현장 데이터 취득 - 데이터 정합 및 가공 - 데이터 분석(3D 모델링 기반 규격 측정) - 교목 현황도 및 목록 작성 등 4단계 과정을 수행하였다.

[표 3-2] 지상 LiDAR 조사 및 3D 데이터 구축 과정

구분	내용
(1단계) 현장 데이터 취득	<ul style="list-style-type: none"> • 대상 공간 <ul style="list-style-type: none"> - 아파트 단지 내 조경 공간 • 스캐닝 구간 <ul style="list-style-type: none"> - 수종, 위치, 구조적 특성이 다양한 구간 중심 • 시점 고려 <ul style="list-style-type: none"> - 지상 라이다 장비의 기상 민감성 반영 - 우천 직후 및 고온 시간대 회피 → 장비 안정성 및 데이터 품질 확보

구분	내용
	<ul style="list-style-type: none"> •스캔 방식 <ul style="list-style-type: none"> - 1회 스캔 범위 제한 → 주요 구역 복수 지점 중첩 스캔 수행 - 각 지점에서 고밀도 점군(Point Cloud) 데이터 수집 •부가 데이터 <ul style="list-style-type: none"> - 스캔과 동시에 360도 사진 이미지 취득 → 위치 확인 및 시각적 보조자료로 활용



〈지상 LiDAR 스캐닝을 통해 획득한 원시 데이터(Raw Data)〉

(2단계) 데이터 정합 및 가공	<ul style="list-style-type: none"> •원시 데이터(Raw Data) 특성 <ul style="list-style-type: none"> - 지상 LiDAR 스캐닝을 통해 취득된 데이터는 스캔 위치에 따라 독립적인 점군(Point Cloud) 데이터로 구성 - 동일 대상지를 다각도에서 스캔하므로, 일관된 3차원 모델 구축을 위해 개별 점군을 하나로 연결하는 정합(Registraion) 과정이 필수적 •정합(Registraion) 과정 <ul style="list-style-type: none"> - 스캔 데이터 간 중첩 영역에 존재하는 공통 특징점(건물 모서리, 구조물 등 고정 지형지물)을 기준으로 각 점군의 공간 좌표를 일치시킴 - 이를 통해 서로 다른 위치에서 측량된 개별 점군이 단일 좌표계로 통합되며, 대상지 전체를 포괄하는 연속적인 3D 점 데이터 모델이 구축됨 •데이터 가공 <ul style="list-style-type: none"> - 데이터 정밀도 및 분석 효율을 높이기 위해 오차 최소화, 노이즈 및 이상치 제거(불필요한 반사점 필터링), 중첩 데이터 병합, 클리핑(Limit Box 활용) 등을 수행 - 이 과정을 통해 데이터의 복잡도와 시각적 혼란을 줄이고, 분석에 최적화된 정제된 데이터셋 확보 •스캔월드(Scan World) 구축 <ul style="list-style-type: none"> - 정합 및 가공이 완료되어 즉시 분석이 가능한 상태의 통합 데이터셋을 '스캔월드'로 정의 - 스캔월드는 후속 단계인 3D 모델링 및 수목 규격 측정의 기초자료로 활용 •데이터 객체화 및 가공 <ul style="list-style-type: none"> - 분석 목적과 활용 범위에 따라 스캔월드를 객체 단위(수목, 건축물, 지형 등)로 분리하여 정리 - 유효한 분석 영역만 선별하여 모델링 프로그램에서 활용 가능한 형식으로 변환하고, 개별 파일로 추출하여 정밀 모델 제작 및 탄소흡수량 산정 등의 후처리에 활용
-------------------	--



〈정합 및 가공 과정을 통해 제작된 최종 점-구름 모델〉



〈분할 활용 1: 특정 구역의 상세 데이터 확인〉

(3단계) 데이터 분석(3D 모델링 기반 규격 측정)	<ul style="list-style-type: none"> •분석 도구 <ul style="list-style-type: none"> - Rhinoceros 8.0(대규모 점군 데이터 안정적 처리, 시각화정밀 측정 지원) •모델링 과정 <ul style="list-style-type: none"> - 수목 개체별 중심점(Point) 기준으로 공간 좌표 식별 - 주요 규격 측정 및 기록 <ul style="list-style-type: none"> · 흉고직경(DBH): 지면 1.2m 높이 줄기 직경 · 근원직격(R): 수간 하단부(근원부) 직경 · 수고(H): 지표면~수관 끝까지 수직 거리
-------------------------------	--

구분	내용
(4단계) 교목 현황도 및 목록 작성	<ul style="list-style-type: none"> •활용 방안 <ul style="list-style-type: none"> - 탄소저장량 산정 및 생장률 분석의 기초 자료 - 규격값 + 식재 위치 코드화 → 데이터베이스 구축 - 시각적 현황도 작성 및 수목 개체별 비교분석 활용
	<ul style="list-style-type: none"> •산출물 <ul style="list-style-type: none"> - 교목 현황도(도면) + 교목 리스트(데이터베이스) •교목 현황도 <ul style="list-style-type: none"> - 식재 위치 도면에 정확히 매핑 - 수관 형태에 따라 3개 그룹 분류 → 외관, 다관, 팽나무 - 탄소저장량 및 흡수량 분석과 현황 파악 기초자료로 활용 •수종 정보 파악 <ul style="list-style-type: none"> - 설계 도면의 식재계획 정보와 현황 비교분석을 통해 확인 •교목 리스트 구성 항목 <ul style="list-style-type: none"> - 그룹 분류(외관, 다관, 팽나무) - 수목 ID(고유 코드) - 수고(H), 흉고직경(DBH), 근원직경(R) - 수종명(계획 대비 현황 비교) •활용 방안 <ul style="list-style-type: none"> - 탄소흡수량 및 저장량 분석, 설계 이행도 검토, 제도 개선 시뮬레이션 기초자료, 동일 단지 내 확장 분석시 기준 자료



〈Rhinceros 8.0 프로그램을 활용한 수목의 위치 및 규격 파악(노란색은 수목의 임시코드와 규격을 기입, 보라색 기둥은 수목의 위치와 높이 확인)〉



〈지상 LiDAR 데이터를 활용한 교목 현황 파악〉

출처: 연구진 작성

• 탄소저장량 및 흡수량 추정 방법

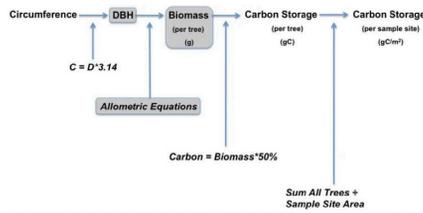
분석 방법으로는 수목별 흉고직경(DBH), 수관 높이, 수관 폭 등 생육 정보를 기반으로 알로메트리 방정식(allometric equation)을 적용하여 개체별 바이오매스(biomass)를 추정하였으며, 이를 탄소량으로 환산하여 시공 전(계획 시점)과 시공 후(실측 시점)의 탄소저장량(carbon storage)과 탄소흡수량(carbon sequestration)을 모두 비교·분석하였다. 이를 위해 수목의 흉고직경(DBH, cm)을 주요 입력 변수로 하여 개체별 지상부 바이오매스(biomass)를 계산한 뒤, 이를 탄소량으로 환산하였다. 개체별 탄소저장량(kg)은 다음의 일반식을 통해 산정하였다. 여기서 DBH는 흉고직경(cm), LN은 자연상수(e)의 지수함수이며, a와 b는 수종별 회귀 계수이다.

$$Carbon(kg) = EXP(a + bLN(DBH))$$

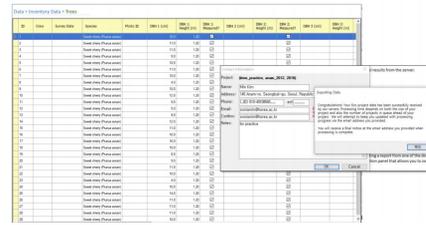
[수식 4-1] 알로메트리 방정식

분석된 탄소저장량과 연간 탄소흡수량을 바탕으로, i-Tree Eco 프로그램¹⁷⁾을 활용해 준공 후 30년간의 누적 탄소저장량과 탄소흡수량변화를 추정하였다. 장기 추정을 위한 기상 변수는 대상지와 가장 인접한 AWS(Automated Weather Station)의 기상 관측자료와 i-Tree에서 제공하는 2023년 최신 데이터셋을 함께 활용하였다.

또한 수천 그루에 달하는 수목의 개별 생육 상태를 정밀하게 파악하기 어려운 현실적 한계를 고려하여, 수관 고사율(dieback rate)은 87%로 설정된 기본값(default)을 적용하였다. 아울러 수종별 성장 특성과 생육 유형에 따라 적합한 알로메트리 방정식을 선택함으로써, 보다 신뢰도 높은 추정값 도출을 지향하였다.



바이오매스 기반 탄소저장량 분석 과정



i-Tree Eco 프로그램 인터페이스

[그림 3-1] 바이오매스 기반 탄소저장량 분석 과정(좌) 및 i-Tree Eco 프로그램 인터페이스(우)

출처: 연구진 작성

• 자료 수집

시공 전 자료는 설계도면을 바탕으로 수종, 수량, 식재 위치, 수고(H), 수관폭(W), 근원직경(R), 흉고 직경(DBH)등의 정보를 추출하였다. 시공 후 자료는 2025년5월에 지상LiDAR를 이용해 수집되었으며, 항목은 수종, 수고, 흉고직경, 수관폭 등이 있다. 분석된 주요 수종으로는 감나무(*Diospyros kaki*), 계수나무(*Cercidiphyllum japonicum*), 꽃복숭아(*Prunus persica*), 꽃사과(*Malus prunifolia*), 느티나무(*Zelkova serrata*), 대왕참나무(*Quercus palustris*), 마가목(*Sorbus commixta*), 매화나무(*Prunus mume*), 모감주나무(*Koelreuteria paniculata*), 모과나무(*Pseudocycdonia sinensis*), 배롱나무(*Lagerstroemia indica*), 백목련(*Magnolia denudata*), 복자기(*Acer triflorum*), 산딸나무(*Cornus kousa*), 산사나무(*Crataegus aestivalis*), 산수유(*Cornus officinalis*), 서양측백(*Platyclusus orientalis*), 선주목(*Taxus cuspidata*), 소나무(*Pinus densiflora*), 스트로브 잣나무(*Pinus strobus*), 왕벚나무(*Prunus yedoensis*), 이팝나무(*Chionanthus retusus*), 자엽자두(*Prunus cerasifera*), 전나무(*Abies holophylla*), 청단풍

17) i-Tree Eco는 미국 산림청(US Forest Service)이 개발한 공개 소프트웨어로, 수종, 흉고직경(DBH), 수고, 건강 상태 등 수목 구조 정보뿐 아니라 기후, 토양, 대기오염 같은 지역 환경 요소도 함께 반영하여 도시 수목의 생태계 서비스 가치를 정량화할 수 있도록 설계되었다. 특히 탄소저장량과 연간 흡수량을 자동으로 산출할 수 있어 정확성과 접근성이 모두 우수한 도구로 평가된다(i-Tree Tools, 2023).

2. 실증 분석 결과

1) 설계도면 및 실측도면 간의 식재 구조 비교

■ 식재 구조 비교

설계 기준과 실측 기준의 식재 구조를 비교한 결과, 다수의 수종에서 엽면적, 엽생체량, 수간건중량 모두 실측 기준이 설계 기준을 상회하거나 변화한 양상을 보였다. 특히 느티나무(*Zelkova serrata*)는 실측 시 총엽면적이 0.992ha에서 2.026ha로, 엽생체량은 0.642t에서 1.312t으로, 수간건중량은 12.297t에서 18.320t으로 증가하여 성장률이 두드러졌다. 배롱나무(*Lagerstroemia indica*) 또한 엽면적이 0.007ha에서 0.038ha, 수간건중량이 1.724t에서 5.032t으로 약 3배 가까이 증가하였다. 반면 스트로브 잣나무(*Pinus strobus*)는 식재 개체수가 213주에서 32주로 크게 감소했으며, 수간건중량도 1.325t에서 0.217t으로 줄어 전체적인 기여도가 낮아졌다. 서양측백(*Platycladus orientalis*)는 625주에서 117주로 급감하며 수간건중량 역시 11.702t에서 4.403t으로 줄어 고사 또는 제거가 있었음을 시사한다.

전체적으로, 엽면적과 생체량은 수종에 따라 증가와 감소가 혼재되어 있으나, 주요 교목 수종인 소나무(*Pinus densiflora*)와 느티나무(*Zelkova serrata*) 등에서 실측 기준의 수간건중량이 설계 기준보다 높게 나타난 경우가 많아, 실제 성장 상태가 양호하거나 계획된 식재 설계보다 높은 탄소저장 성능을 보이고 있는 것으로 해석된다. 반대로 개체 수 감소 또는 생장이 부진한 수종은 계획 대비 생태적 기능이 저하되었을 가능성이 존재한다.

[표 3-4] 설계 도면 및 실측 기준 식재 구조 비교 분석

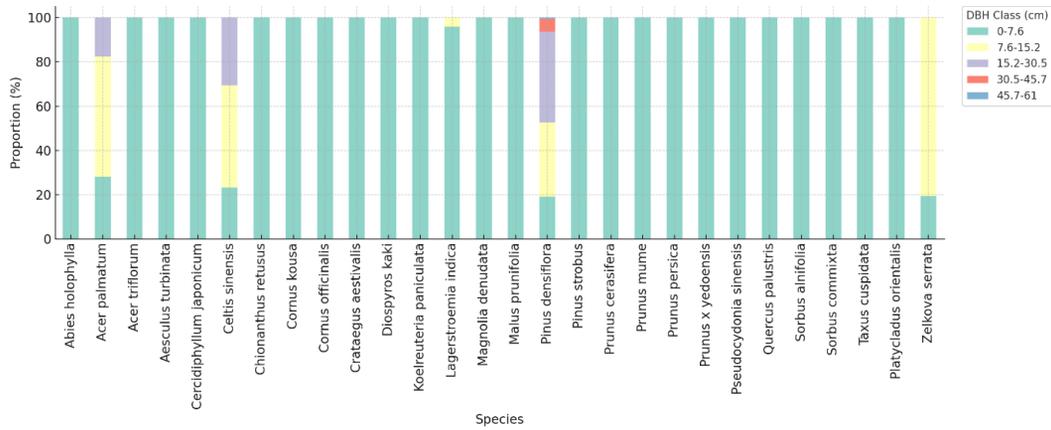
수종명	학명	설계 도면 기준				실측 기준			
		개체수 (주)	총 엽면적 (ha)	엽생체량 (t)	수간 건중량(t)	개체수 (주)	총 엽면적 (ha)	엽생체량 (t)	수간 건중량(t)
전나무	<i>Abies holophylla</i>	79	0.011	0.015	0.496	78	0.021	0.03	1.037
단풍나무	<i>Acer palmatum</i>	170	1.152	0.649	14.337	266	0.337	0.189	10.055
복자기	<i>Acer triflorum</i>	27	0.009	0.005	0.404	28	0.012	0.007	0.678
칠엽수	<i>Aesculus turbinata</i>	2	0.079	0.058	0.591	2	0.043	0.032	0.494
팽나무	<i>Celtis sinensis</i>	13	0.298	0.175	2.934	13	0.345	0.204	3.8

수종명	학명	설계 도면 기준				실측 기준			
		개체수 (주)	총 엽면적 (ha)	엽생체량 (t)	수간 건중량(t)	개체수 (주)	총 엽면적 (ha)	엽생체량 (t)	수간 건중량(t)
계수나무	<i>Cercidiphyllum japonicum</i>	29	0.028	0.014	1.169	28	0.122	0.06	1.25
이팝나무	<i>Chionanthus retusus</i>	70	0.261	0.203	9.762	70	0.451	0.35	8.875
산딸나무	<i>Cornus kousa</i>	75	0.007	0.004	1.054	75	0.03	0.018	2.423
산수유	<i>Cornus officinalis</i>	167	0.043	0.027	4.734	200	0.076	0.046	5.397
산사나무	<i>Crataegus aestivalis</i>	57	0.018	0.014	0.837	76	0.02	0.015	1.16
감나무	<i>Diospyros kaki</i>	20	0.061	0.041	0.887	27	0.057	0.038	3.593
모감주나무	<i>Koelreuteria paniculata</i>	36	0.023	0.019	1.742	67	0.021	0.017	1.489
백롱나무	<i>Lagerstroemia indica</i>	48	0.007	0.009	1.724	48	0.038	0.049	5.032
백목련	<i>Magnolia denudata</i>	24	0.044	0.029	2.545	24	0.068	0.046	2.459
꽃사과	<i>Malus prunifolia</i>	45	0.012	0.011	0.633	49	0.028	0.024	1.111
소나무	<i>Pinus densiflora</i>	139	2.155	2.077	47.256	173	1.815	1.749	35.17
스트로브 잣나무	<i>Pinus strobus</i>	32	0.068	0.044	1.325	213	0.003	0.002	0.217
서양측백	<i>Platycladus orientalis</i>	117	0.148	0.347	11.702	625	0.028	0.065	4.403
자엽자두	<i>Prunus cerasifera</i>	80	0.023	0.014	2.099	85	0.041	0.025	3.815
매화나무	<i>Prunus mume</i>	51	0.018	0.014	1.795	61	0.034	0.026	2.215
꽃복숭아	<i>Prunus persica</i>	25	0.009	0.007	0.735	43	0.006	0.005	0.541
왕벚나무	<i>Prunus yedoensis</i>	55	0.027	0.021	3.646	55	0.217	0.168	5.526
모과나무	<i>Pseudocydonia sinensis</i>	17	0.041	0.031	3.391	17	0.076	0.057	3.775
대왕참나무	<i>Quercus palustris</i>	8	0.312	0.282	5.572	8	0.295	0.267	5.138
팔배나무	<i>Sorbus alnifolia</i>	43	1.109	0.88	0.717	54	0.03	0.023	1.274
마가목	<i>Sorbus commixta</i>	40	0.008	0.006	1.031	45	0.03	0.024	1.749
선주목	<i>Taxus cuspidata</i>	50	0.021	0.025	0.445	51	0.027	0.032	2.101
느티나무	<i>Zelkova serrata</i>	167	0.992	0.642	12.297	171	2.026	1.312	18.32

출처: 연구진 작성

■ 흉고직경(DBH) 분포 비교

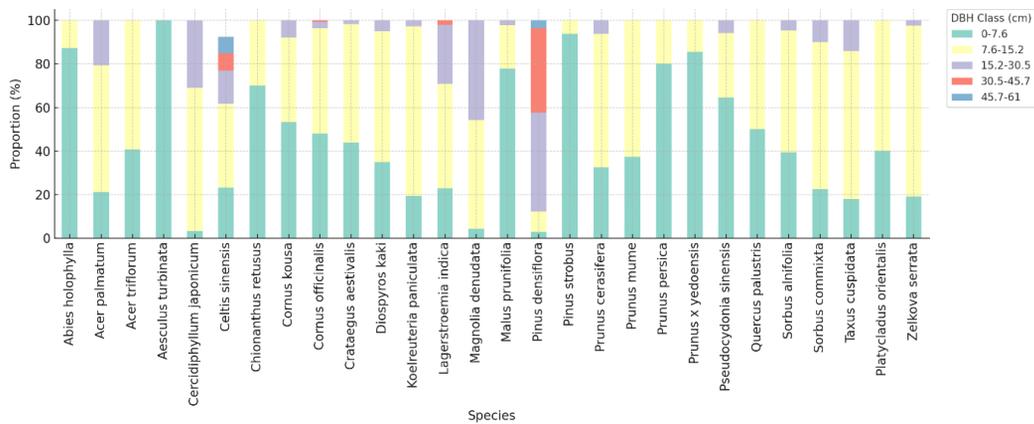
설계 기준 그래프에서는 대부분의 수종이 DBH 0 ~ 7.6cm 구간에 집중되어 있다(그림 3-2 참조). 이는 전체 식재가 계획 단계에서 유묘 또는 어린 나무 위주로 설계되었음을 보여준다. 예외적으로 단풍나무(*Acer palmatum*) 과 계수나무(*Cercidiphyllum japonicum*), 소나무(*Pinus densiflora*) 등 일부 수종에서 7.6 ~ 15.2cm 및 15.2 ~ 30.5cm 구간의 비중이 나타났으며, 소나무(*Pinus densiflora*)는 30.5 ~ 45.7cm 이상으로 구성된 개체도 일부 포함되어 있어 부분적인 중경목 또는 성목 식재도 설계에 반영되었음을 확인할 수 있다. 전체적으로는 계획 식재가 초기 단계의 생육 규모에 집중되어 있었으며, 고경목 비율은 매우 낮은 편이다.



[그림 3-2] 설계 도면 기준 흉고직경(DBH) 분포도

출처: 연구진 작성

실측 기준에서는 대부분의 수종에서 DBH 분포가 상위 구간으로 이동하였다. 특히 소나무(*Pinus densiflora*), 팔배나무(*Sorbus alnifolia*), 느티나무(*Zelkova serrata*), 감나무(*Diospyros kaki*), 배롱나무(*Lagerstroemia indica*) 등은 15.2 ~ 30.5cm 이상의 개체가 다수 존재하며, 소나무(*Pinus densiflora*)와 팔배나무(*Sorbus alnifolia*)는 45.7cm 이상의 대경목도 확인된다. 또한 계수나무(*Cercidiphyllum japonicum*), 꽃사과(*Malus prunifolia*), 산딸나무(*Cornus kousa*) 등의 경우 설계 당시에는 거의 전량이 유묘였으나, 실측 시 다양한 DBH 클래스로 분산되어 상대적으로 성장 편차가 크음을 알 수 있다. 반면 주목(*Taxus cuspidate*), 측백나무(*Platycladus orientalis*) 등은 여전히 DBH가 낮은 개체군에 집중되어 있으며, 이는 해당 수종의 성장 속도가 느리거나 이식된 개체의 성장 환경이 제한적일 수 있음을 시사한다.



[그림 3-3] 실측 기준 흉고직경(DBH) 분포도

출처: 연구진 작성

2) 탄소저장량 및 탄소흡수량 비교

■ 탄소저장량 비교

설계 도면 기준과 실측 기준의 탄소저장량을 비교한 결과, 전체 탄소저장량에는 큰 차이가 없었으나, 수종별 기여도와 분포 구조에서는 뚜렷한 편차가 관찰되었다. 총 탄소저장량은 설계 기준 68.0 톤, 실측 기준 66.5 톤으로 유사한 수준이었으며, 이산화탄소 환산량 또한 각각 248.0 tCO_{2e}, 244.0 tCO_{2e}로 큰 차이는 없었다. 그러나 개별 수종 차원에서는 일부 수종의 저장량이 증가하거나 감소하는 등 구성의 변화가 뚜렷하게 나타났다.

가장 높은 탄소 저장 기여도를 보인 수종은 소나무(*Pinus densiflora*)로, 설계 도면 기준에서는 전체의 34.8%(23.6 t), 실측 기준에서는 26.4%(17.6 t)를 차지하였다. 다만 실측 기준에서 저장량이 감소한 것으로 보아, 개체 수 감소 또는 생장 정체 등의 영향이 있었던 것으로 추정된다. 반면 느티나무(*Zelkova serrata*)는 실측 기준에서 13.8%(9.2 t)를 기록하며 설계 도면 기준(9.1%, 6.1 t)보다 탄소 저장 기여도가 상승하였다. 수간 생장이 활발하게 이루어졌거나 DBH가 상위 클래스 구간으로 이동한 결과로 해석된다.

일부 수종은 설계 도면 기준 대비 실측 기준에서 저장량이 두드러지게 증가하였다. 배롱나무(*Lagerstroemia indica*)는 설계 도면 기준 0.9 t에서 실측 기준 2.5 t으로 약 2.8배 증가하였고, 이산화탄소 환산량도 3.2 t에서 9.2 tCO_{2e}로 상승하였다. 왕벚나무(*Prunus × yedoensis*), 산딸나무(*Cornus kousa*), 감나무(*Diospyros kaki*) 등의 수종도 유사한 증가 경향을 보였다. 이는 해당 수종의 생장환경이 양호하거나 개체당 DBH 증가가 크게 나타난 것으로 판단된다.

반면, 서양측백(*Platycladus orientalis*)은 설계 도면 기준에서 탄소저장량이 5.9 t(8.6%)으로 나타났으나, 실측 기준에서는 2.2 t(3.3%)으로 감소하였다. 이는 조사 대상지 내 해당 수종의 개체 수 감소에 기인한 것으로, 결과적으로 전체 탄소저장량 기여도가 현저히 낮아진 것으로 분석된다. 또한 스트로브 잣나무(*Pinus strobus*) 역시 설계 도면 기준에서 0.7 t이었던 탄소저장량이 실측 기준에서는 0.1 t으로 감소하여, 저장량 기준에서의 상대적 기여도가 미미한 수준으로 확인되었다.

이러한 차이는 수종별 식재 규격, 생존율, 성장 상태, 또는 식재 위치에 따른 생장환경의 차이 등 다양한 요인에서 기인한 것으로 보인다. 동일한 수종이라 하더라도 실제 현장에서는 일조, 토양, 수분, 공간 경쟁 등 미세한 환경 조건에 따라 생장 속도나 생육 형태에 차이가 발생할 수 있다. 또한 설계 단계에서의 규격 정보와 실제 식재된 수목의 규격이 일치하지 않거나, 시공 과정에서 계획된 개체 수나 위치가 변경되었을 가능성이 있다. 나아가, 설계된 수종 자체가 현장에서 누락되었거나, 다른 수종이나 규격으로 대체된 사례도 일부 포함되었을 수 있다. 이러한 요인들이 복합적으로 작용하면서 설계 기준과 실측 기준 간의 탄소저장량 및 이산화탄소 환산량의 차이를 유발한 것으로 해석된다.

[표 3-5] 탄소저장량 비교 결과

수종명	학명	설계 도면 기준			실측 기준		
		탄소저장량 (t)	탄소저장 비율 (%)	탄소저장량 (tCO ₂ e)	탄소저장량 (t)	탄소저장 비율 (%)	탄소저장량 (tCO ₂ e)
전나무	<i>Abies holophylla</i>	0.20	0.40%	0.90	0.50	0.80%	1.90
단풍나무	<i>Acer palmatum</i>	7.20	10.60%	26.30	5.00	7.60%	18.40
복자기	<i>Acer triflorum</i>	0.20	0.30%	0.70	0.30	0.50%	1.20
칠엽수	<i>Aesculus turbinata</i>	0.30	0.40%	1.10	0.20	0.40%	0.90
팽나무	<i>Celtis sinensis</i>	0.60	0.90%	2.10	0.60	0.90%	2.30
계수나무	<i>Cercidiphyllum japonicum</i>	1.50	2.20%	5.40	1.90	2.90%	7.00
이팝나무	<i>Chionanthus retusus</i>	4.90	7.20%	17.90	4.40	6.70%	16.30
산딸나무	<i>Cornus kousa</i>	0.50	0.80%	1.90	1.20	1.80%	4.40
산수유	<i>Cornus officinalis</i>	2.40	3.50%	8.70	2.70	4.10%	9.90
산사나무	<i>Crataegus aestivalis</i>	0.40	0.60%	1.50	0.60	0.90%	2.10
감나무	<i>Diospyros kaki</i>	0.40	0.70%	1.60	1.80	2.70%	6.60
모감주나무	<i>Koelreuteria paniculata</i>	0.90	1.30%	3.20	0.70	1.10%	2.70
배롱나무	<i>Lagerstroemia indica</i>	0.90	1.30%	3.20	2.50	3.80%	9.20
백목련	<i>Magnolia denudata</i>	1.30	1.90%	4.70	1.20	1.80%	4.50
꽃사과	<i>Malus prunifolia</i>	0.30	0.50%	1.20	0.60	0.80%	2.00
소나무	<i>Pinus densiflora</i>	23.60	34.80%	86.60	17.60	26.40%	64.50
스트로브잣나무	<i>Pinus strobus</i>	0.70	1.00%	2.40	0.10	0.20%	0.40
서양측백	<i>Platycladus orientalis</i>	1.00	1.50%	3.80	1.90	2.90%	7.00
자엽자두	<i>Prunus cerasifera</i>	0.90	1.30%	3.30	1.10	1.70%	4.10
매화나무	<i>Prunus mume</i>	0.40	0.50%	1.30	0.30	0.40%	1.00
꽃복숭아	<i>Prunus persica</i>	1.80	2.70%	6.70	2.80	4.20%	10.10
왕벚나무	<i>Prunus yedoensis</i>	1.70	2.50%	6.20	1.90	2.80%	6.90
모과나무	<i>Pseudocypdonia sinensis</i>	2.80	4.10%	10.20	2.60	3.90%	9.40
대왕참나무	<i>Quercus palustris</i>	0.40	0.50%	1.30	0.60	1.00%	2.30
필배나무	<i>Sorbus alnifolia</i>	0.50	0.80%	1.90	0.90	1.30%	3.20
마가목	<i>Sorbus commixta</i>	0.20	0.30%	0.80	1.10	1.60%	3.90
선주목	<i>Taxus cuspidata</i>	5.90	8.60%	21.50	2.20	3.30%	8.10
느티나무	<i>Zelkova serrata</i>	6.10	9.10%	22.50	9.20	13.80%	33.60
총합		68.00	100.00%	248.00	66.50	100.00%	244.00

출처: 연구진 작성

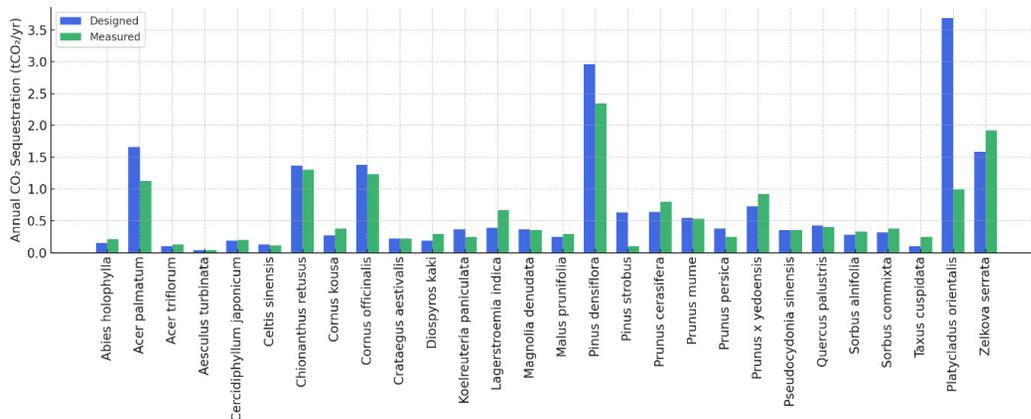
■ 탄소흡수량 비교

수종별 연간 탄소흡수량(tCO₂/yr)을 설계 도면 기준과 실측 기준으로 비교한 결과, 총량 수준에서는 대체로 유사한 경향을 보였으나 개별 수종 간에는 뚜렷한 차이가 확인되었다. 전체 흡수량은 설계 도면 기준에서 19.70 tCO₂/yr, 실측 기준에서 16.33 tCO₂/yr로 산정되어, 약 3.37 tCO₂/yr의 감소가 발생하였다. 이러한 차이는 생장 환경의 차이, 수종별 생장 속도, 시공 이행을 및 유지관리 수준 등 복합적인 요인에서 기인한 것으로 판단된다.

수종별로 살펴보면, 서양측백(*Platycladus orientalis*)은 설계 도면 기준에서 연간 3.68 tCO₂의 흡수량이 예상되었으나, 실측 기준에서는 0.99 tCO₂로 확인되어 약 73%의 감소율을 보였다. 이는 본 분석 대상 수종 가운데 가장 큰 절대 감소폭으로, 시공 이행률 저조, 고사 발생, 생장 부진 등의 복합적 요인에 따른 것으로 해석된다. 이와 유사하게 소나무(*Pinus densiflora*), 스트로브잣나무(*Pinus strobus*), 청단풍(*Acer palmatum*) 등도 설계 도면 대비 실측 기준 탄소흡수량이 뚜렷하게 낮게 나타나, 계획 단계에서의 기대 흡수량에 비해 실제 기여도가 저하된 수종으로 분류된다.

반면 실측 기준에서 설계 도면 기준보다 흡수량이 증가한 수종도 일부 존재하였다. 느티나무(*Zelkova serrata*)의 경우 설계 도면 기준 1.58 tCO₂/yr에서 실측 기준 1.92 tCO₂/yr로 약 21% 증가하였으며, 이는 수간 성장 촉진, 식재 시 규격 상향, 양호한 생육 환경 등이 복합적으로 작용한 결과로 분석된다. 또한 배롱나무(*Lagerstroemia indica*), 산딸나무(*Cornus kousa*), 왕벚나무(*Prunus x yedoensis*) 등도 실측 기준에서 설계 도면 기준 대비 높은 흡수량을 기록하여 상대적으로 우수한 성장성을 입증한 수종으로 평가된다.

종합하면, 수종별 연간 탄소흡수량의 변동은 단순한 설계치에 의존한 정적 추정만으로는 한계가 있음을 시사한다. 아파트 단지와 같은 생활권 녹지의 경우, 시공 정확도, 수목 생존율, 생육 환경 관리 수준이 흡수 성능에 직접적인 영향을 미치는 만큼, 향후 탄소중립형 녹지 관리 전략 수립 시에는 수종별 생장 특성에 기반한 실측 데이터 축적, 장기 모니터링 체계, 사후 관리 프로토콜의 병행 구축이 필요하겠다.



[그림 3-4] 연간 탄소흡수량 비교 그래프

출처: 연구진 작성

3. 소결

본 장에서는 아파트 단지 내 녹지 공간의 탄소흡수 및 저장 기능을 정량적으로 검증하기 위해, 대표 단지를 대상으로 지상 LiDAR 측량 및 3D 식생 모델링 기반의 실증 분석을 수행하였다. 이를 통해 설계 도면상 식재 계획과 실제 조성된 수목의 구조적 특성을 비교함으로써, 단지별 녹지 설계의 실효성과 수종 구성에 따른 탄소흡수 기여도를 체계적으로 평가하였다. 주요 분석 결과는 다음과 같다.

첫째, 분석 결과 전체 단지의 연간 탄소흡수량은 설계 도면 기준 대비 약 17% 감소(19.70 → 16.33 tCO₂/yr) 하였으며, 이는 성장 환경, 시공 이행률, 생존율 등 복합적 요인에 따른 결과로 확인되었다. 수종별로는 서양측백(*Platycladus orientalis*), 소나무(*Pinus densiflora*), 스트로브잣나무(*Pinus strobus*) 등 침엽수종의 감소 폭이 가장 컸으며, 반대로 느티나무(*Zelkova serrata*), 배롱나무(*Lagerstroemia indica*), 산딸나무(*Cornus kousa*) 등 활엽수종의 흡수량은 증가하는 추세를 보였다. 이는 도시형 단지 내 토양조건, 일조·습도 등 생육 환경에 따른 수종별 적응성 차이를 반영한다.

둘째, 단지 내 녹지 구성비와 수목의 성장 단계가 흡수량 변동에 직접적인 영향을 미치는 것으로 나타났다. 수종 선택, 식재 밀도, 관리 주기 등 설계 요소가 탄소흡수 기능과 밀접하게 연관됨을 확인하였다. 특히 설계 도면의 규격 기준에 의존한 정적 탄소흡수량 추정은 실제 현황과 괴리가 존재하며, 향후 실측 기반의 상시 모니터링 체계 구축이 필수적임이 검증되었다.

셋째, 실증 대상지의 녹지량 및 탄소흡수량을 GIS 분석, 설계 도면, 실측 기준으로 각각 산정한 결과, 녹지 면적과 단위 면적(1ha)당 흡수량에서 유의미한 차이가 나타났다. GIS 분석 기준 녹지율(55.57%) 설계 도면 기준(44.58%)보다 약 11% 높게 산정되었는데, 이는 토지피복도 분류 체계가 교목 식재 영역과 조경 경계의 세부 구성을 충분히 반영하지 못하는 한계에서 기인한다. 또한 1ha당 탄소흡수량은 실측 기준(4.77 tC/ha·yr)이 GIS 분석에 적용되는 IPCC 수관 면적 기본계수(2.9 tC/ha·yr)보다 높게 나타났다. 이는 미국 사례를 기반으로 한 IPCC 계수가 국내 아파트 단지의 높은 식재 밀도와 생육 특성을 충분히 반영하지 못함을 시사한다.

[표 3-6] GIS분석·설계도면·실측 기준 아파트 녹지 면적율 및 탄소흡수량 차이 분석 결과

구분	GIS 분석 기준 (제2장)	설계 도면 기준 (조경면적)	제3장 실증 분석 결과	
			설계 도면 기준 (식재면적)	실측 기준 (식재면적)
아파트 단지 면적(m ²)	38,414.26	39,164.60	39,164.60	39,164.60
아파트 녹지 면적(m ²)*	21,348.72	17,460.87	9,339.50	9,339.50
탄소흡수량(tC/yr)	6.19	5.06	5.37	4.45
1ha당 탄소흡수량(tC/ha·yr)	2.9	2.9	5.75	4.77
녹지율(%)	55.57	44.58	-	-

출처: 연구진 작성

이상의 분석을 통해 다음과 같은 정책적 시사점을 도출하였다. ① 아파트 녹지는 도시 내 탄소흡수원의 핵심 요소로서, 그 기여 규모가 상당한 수준임이 확인되었다. ② 설계·시공·관리 전 과정에서 수종별 성장 특성을 반영한 실증형 관리 체계로의 전환이 필요하다. 단순 조경 면적 확보 중심에서 탈피하여 흡수 성능 중심의 평가 체계로 개선해야 한다. ③ 공동주택단지 조경기준, 생태면적률, 녹색건축인증 등 기존 제도와의 연계를 강화하여, 설계 단계부터 탄소흡수 기능이 제도적으로 반영되도록 개편해야 한다. ④ 국내 수목 특성에 최적화된 표준 탄소흡수 계수 개발이 필요하다. ⑤ 건축물대장 및 K-APT 등을 연계한 정밀 식재 정보 통합 데이터베이스 구축이 요구된다. 마지막으로 실측 기반의 산정 체계는 제도 개선의 신뢰성을 담보하므로, 조경 성능의 '설계-준공-관리' 단계별 연계 체계 구축이 병행되어야 한다.

[표 3-7] 아파트 녹지의 탄소흡수 및 저장량 실증 분석의 종합

구분	주요 분석결과	시사점
식재 구조 변화	<ul style="list-style-type: none"> 설계 도면 대비 실측 기반 성장탄소 성능 변화 <ul style="list-style-type: none"> 수종별 성장 특성 차이 뚜렷(활엽수 강화, 침엽수 약화 경향) 느티나무(<i>Zelkova serrata</i>), 배롱나무(<i>Lagerstroemia indica</i>) 등은 엽면적과 수간중량이 크게 증가하여 성장 활력과 흡수 기여도 상승 스트로브잣나무(<i>Pinus strobus</i>), 서양측백(<i>Platycladus orientalis</i>) 등은 개체수가 급감하여 전체 탄소흡수 및 저장 기여도 저하 변화 원인은 시공단계 수종 변경, 활착 실패, 생육환경 부적합 등 복합적 요인에 따른 결과로 추정 	<ul style="list-style-type: none"> 설계-시공-관리의 연속적 품질관리체계 구축 필요
홍고직경 분포 변화	<ul style="list-style-type: none"> 설계 단계에서는 대부분 DBH 0~7.6cm 이하의 어린 수목 중심으로 계획되었으나, 실측 결과, 소나무(<i>Pinus densiflora</i>), 느티나무(<i>Zelkova serrata</i>) 등은 상위 DBH로 성장 일부 수종은 낮은 DBH 구간 유지 → 성장 부진·환경 제약 가능성 	<ul style="list-style-type: none"> 토양환경 개선 및 수종별 생육관리 강화 필요
탄소저장량 비교	<ul style="list-style-type: none"> 총 탄소저장량은 설계 기준 68.0 t, 실측 기준 66.5 t으로 전체 규모는 유사하나, 수종별 기여도 편차가 큼 소나무는 저장량이 감소하였으나, 느티나무는 실측에서 기여도 상승 배롱나무(<i>Lagerstroemia indica</i>), 왕벚나무(<i>Prunus × yedoensis</i>) 등은 저장량이 크게 증가하여 생육환경 적응력이 높음이 확인됨 서양측백과 스트로브잣나무는 저장량이 급감하여 시공 정확도·생존율·환경 차이의 복합 영향이 작용한 것으로 추정 	<ul style="list-style-type: none"> 수종별 성장 특성에 기반한 설계-시공-관리의 통합적 개선 필요
연간 탄소흡수량 비교	<ul style="list-style-type: none"> 연간 탄소흡수량은 설계 기준 19.70 tCO₂/yr → 실측 기준 16.33 tCO₂/yr로 약 3.37 tCO₂/yr(17%) 감소 서양측백, 소나무 등은 설계 대비 실측 흡수량이 크게 감소 느티나무, 배롱나무 등은 실측에서 오히려 증가하여 활엽수 중심의 흡수 효율 향상 경향 확인 	<ul style="list-style-type: none"> 설계치만으로는 실제 성능을 반영하기 어려우며, 실측 기반 평가의 중요성 부각 장기 모니터링 및 실측 데이터 기반 관리체계 구축 필요

출처: 연구진 작성

제4장

국내외 아파트 녹지 관련 법제도 현황 분석

1. 분석 개요
2. 국내 아파트 녹지 관련 법제도 분석
3. 해외 사례 분석
4. 소결

1. 분석 개요

1) 분석 목적

도시의 탄소중립 실현을 위해서는 도시 내 잠재적인 탄소흡수원을 적극적으로 발굴·활용하는 것이 필수적이다. 그중 아파트 녹지는 주민 생활권과 밀접하게 연계되어 있으면서도 상당한 탄소흡수 잠재력을 지닌 대표적인 생활권 녹지 유형이다. 제2장의 전국 단위 분석 결과에 따르면, 전국 아파트 녹지 면적은 약 14,547ha, 연간 탄소흡수량은 42,189톤(tCO₂)으로 추정되었다. 이는 도시공원 등 공공녹지와 별도로, 정주지 기반의 사유지형 녹지가 탄소중립도시 정책의 주요 기여원으로 작용할 수 있음을 실증적으로 보여주는 수치이다. 그러나 이러한 중요성에도 불구하고, 아파트 녹지는 현행 법체계상 독립적인 녹지 유형으로 정의되지 못해 제도적 관리 사각지대에 놓여 있는 실정이다.

현행 「주택법」에서는 단지 내 조경 공간을 ‘부대시설 또는 복리시설’의 일부로, 「건축법」에서는 ‘대지의 조경’으로 각각 규정하고 있으나, 「도시공원 및 녹지 등에 관한 법률」상 녹지체계에 포함되지 않아 공공녹지와 연계 관리가 불가능하다. 결과적으로 아파트 녹지는 도시 녹색인프라의 핵심 구성요소임에도 정책적 지원·관리체계가 미흡하며, 탄소흡수원으로서의 기능 또한 제도적으로 평가되지 못하고 있다. 이에 본 장의 목적은 다음과 같다. 첫째, 아파트 녹지의 법적 지위 및 관리체계의 현황을 체계적으로 진단하고, 현행 제도의 구조적 한계를 규명한다. 둘째, 국외 주요 국가(영국, 일본, 싱가포르 등)의 관련 법·제도 사례를 비교 분석하여, 아파트형 녹지 관리체계의 정책적 시사점을 도출한다. 셋째, 이를 토대로 면적 확보, 설계·조성, 유지·관리 및 정보체계 구축 등 세부 영역별 제도 개선방향을 제시함으로써, 아파트 녹지를 도시 차원의 탄소중립 전략에 통합할 수 있는 실질적 정책기반을 마련하는 것이다.

2) 분석 방법

본 연구에서는 탄소중립도시 구현을 위한 아파트 녹지의 법·제도 개선방향을 도출하기 위하여, 국내 법·제도 분석과 해외 선진사례 비교를 병행하는 다층적 분석체계를 적용하였다. 분석 절차는 ① 국내 법·제도 체계 분석 → ② 해외 사례 비교 분석 → ③ 국내·외 제도 비교 및 개선 방향 도출의 3단계로 구성된다.

국내 사례 분석은 아파트 녹지의 제도적 적용 구조를 파악하기 위해 면적 확보, 설계 및 조성, 유지·관리, 정보체계 구축 등 4개 영역을 중심으로 「주택법」, 「건축법」, 「공동주택관리법」, 「조경기준」, 「녹색건축물 조성 지원법」 등 주요 관련 법령을 검토하였다. 특히 하위 법령(시행령·시행규칙·고시) 및 세부 지침을 포함하여 조항별 내용을 체계적으로 분석하였다.

해외 사례 분석은 영국, 일본, 싱가포르의 3개 국가를 중심으로 선정하였다. 이들은 도시형 주거단지의 녹지 관리 제도가 안정적으로 정착되어 있고, 탄소흡수·기후적응 측면에서 정책적 선도성을 보이는 국가라는 점에서 비교 대상으로 적합하다. 각국의 도시계획·건축환경·조경 관련 법령 및 정책 문서를 중심으로, 공식 정부기관 및 지방정부 자료, 인증제도 문서(BREEAM, CASBEE, Green Mark 등)를 종합 검토하였다. 수집된 자료를 국내 제도와 비교 가능한 단위(면적 확보, 설계 및 조성, 유지·관리)로 구조화 하여, 법제 구조·관리주체·인센티브 체계·평가 방식 등 주요 비교 지표를 중심으로 분석하였다.

국내외 비교분석 및 제도 개선방향 도출은 국내·외 사례에서 공통적으로 다루는 항목을 기준으로 제도 구조, 규제·지원 방식, 운영 주체, 평가 체계 등을 비교·정리하였다. 비교 결과를 바탕으로, 국내 제도의 구조적 한계와 법적 미비점을 도출하였다. 이후, 아파트 녹지의 면적 확보 → 설계·조성 → 유지·관리의 3단계 개선 프레임 설정하고, 각 단계별로 법제 개선 방향을 제안하였다.

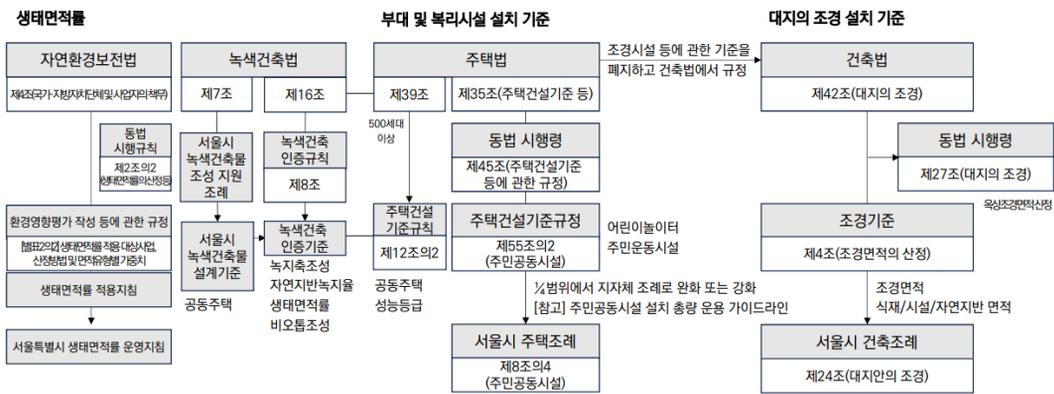
[표 4-1] 국내·외 아파트 녹지 관련 법제도 현황 분석 방법

구분	주요 내용
국내 사례 분석	<ul style="list-style-type: none"> • 「주택법」, 「건축법」, 「공동주택관리법」, 「조경기준」, 「녹색건축물 조성 지원법」 등 주요 관련 법령과 하위 고시·지침의 조항별 내용을 체계적으로 검토 • 아파트 녹지의 면적 확보, 설계 및 조성, 유지·관리, 정보체계 구축 등 영역별 구조와 법적 적용 범위 도출 • 서울시 등 주요 지자체의 조례, 환경영향평가 지침 등 지역별 차이를 포함하여 분석
해외 사례 분석	<ul style="list-style-type: none"> • 영국, 일본, 싱가포르 3개국을 대상으로 각국의 도시계획·건축환경·조경 관련 법제도와 정책자료, 인증제도 문서(BREEAM, CASBEE, Green Mark 등), 현지 정부기관 및 공식 홈페이지 자료를 중심으로 검토 • 국내와 비교 가능한 제도 단위로 정리(면적 확보, 설계 및 조성, 유지·관리로 구분하여 비교)
국내·외 사례 분석 결과 비교 및 관련 제도 개선 방향 도출	<ul style="list-style-type: none"> • 동일 항목별 제도 내용의 차이와 규범적 강제성(의무화 여부), 정책수단의 적용 방식(직접 규제, 인센티브 등), 운영 주체 및 평가 체계 등의 측면에서 비교·정리 • 국내 제도의 구조적 한계와 제도적 미비점을 도출하고, 개선방향 도출

출처: 연구진 작성

2. 국내 아파트 녹지 관련 법제도 분석

1) 면적 확보



[그림 4-1] 국내 아파트 녹지의 면적 확보 관련 법제도 현황

출처: 「자연환경보전법」, 「녹색건축법」, 「주택법」, 「건축법」 등 관계 법령 및 지침을 종합하여 연구진 작성

■ 대지의 조경 설치 기준

「건축법」은 대지의 조경 확보를 의무화하고 있다. 「건축법」 제42조 및 동법 시행령 제27조는 대지 면적이 200㎡ 이상인 부지에 건축물을 건축할 경우 일정 비율 이상의 조경을 반드시 설치하도록 규정하고 있으며, 그 비율은 지자체의 건축조례에서 정하도록 위임되어 있다. 일반적으로 대규모 건축물일수록 더 높은 비율의 조경면적을 확보해야 하며, 다수의 지자체는 건축 연면적 규모에 따라 대지면적의 5~15% 이상을 조경으로 조성하도록 단계별 기준을 설정하고 있다.

과거에는 「주택건설기준 등에 관한 규정」에서 “단지 면적의 30% 이상을 녹지로 조성”하도록 명문화한 바 있으나, 2014년 해당 조항이 삭제되면서 현재는 「건축법」 및 지자체 조례에 의한 탄력적 규정으로 대체되었다. 이에 따라 과거 일률적으로 적용되던 ‘30% 의무 기준’이 완화되어, 현행 제도하에서는 지역별·규모별로 5~15% 수준의 조경 확보만으로 법적 요건을 충족할 수 있다. 이러한 제도 변화는 결과적으로 아파트 단지 내 녹지 면적 축소를 초래할 가능성이 높으며, 이는 도시 내 탄소흡수원의 감소로 이어져 탄소중립 도시 구현에 부정적인 영향을 미칠 수 있다는 점에서 중요한 시사점을 제공한다.

[표 4-2] 지자체별 대지의 조경 설치 기준

구분	빈도 (지자체수)	대지의 조경 설치 기준	해당 지자체
합계	165	-	-
일반기준 (126개 지자체)	124	<ul style="list-style-type: none"> • 일반기준 · 연면적 1천㎡ 미만 : 대지면적 5% 이상 · 연면적 1천㎡ ~ 2천㎡ 미만 : 대지면적 10% 이상 · 연면적 2천㎡ 이상 : 대지면적 15% 이상 	서울 등 특광역시 포함 대부분 지자체
	2	<ul style="list-style-type: none"> • 일반기준 적용 + 특례기준 신설 · 도로에 접한 조경공간 면적 1.5배 산정 ※ 사유지 녹지의 공적 기능 부여 	경북(구미, 영천)
기준완화 (36개 지자체)	18	<ul style="list-style-type: none"> • 연면적 상향 및 녹지율 완화 · 연면적 2천㎡ 미만 5% · 연면적 2천㎡ 이상 10% 	경기(군포, 연천), 강원(고성, 영월, 인제, 정선, 평창, 화천, 횡성), 충북(충주), 전남(구례, 무안, 완도, 진도), 경북(김천, 문경, 의성, 합천)
	14	<ul style="list-style-type: none"> • 연면적 기준 동일 / 녹지율 완화 · 대지면적의 5/10% 또는 5/7/10% • 소규모 대지에 대한 녹지율 완화 · 대지면적 300㎡ 미만 시 녹지율 3~4% 적용 등 	경기(광주), 강원(양구), 충남(공주, 금산), 전남(보성, 장흥, 해남), 대구(군위), 경북(경주, 고령, 성주, 영양, 청송, 고성)
	4	<ul style="list-style-type: none"> • 연면적 기준 완화 / 녹지율 동일 · 연면적 1천5백㎡ 미만 : 대지면적 5% 이상 · 연면적 1천5백㎡ ~ 2천㎡ 미만 : 대지면적 10% 이상 · 연면적 2천㎡ 이상 : 대지면적 15% 이상 	경기(양평, 여주), 강원(강릉, 춘천)
기준강화 (4개 지자체)	4	<ul style="list-style-type: none"> • 대규모 건축물 유형 신설 · 연면적 5천㎡ 이상 : 대지면적 18% 등 • 녹지율 상향 조정(연면적 기준 동일) · 대지면적의 7/13/15% 녹지 조성 	경기(수원), 강원(원주), 전북(전주) 광주광역시

출처 : 윤은주 외 (2024, p.41)를 참고하여 연구진 작성

■ 생태면적률 기준

대규모 아파트 단지 개발사업에서는 환경영향평가 절차를 통해 녹지 확보의 타당성을 검토한다. 「자연환경보전법」 제4조(국가지방자치단체 및 사업자의 책무)는 개발사업자가 사업 부지 중 일정 비율 이상의 면적을 자연생태 기능을 갖춘 공간으로 확보하도록 규정하고 있으며, 이를 제도화한 것이 생태면적률 제도이다. 생태면적률은 개발 면적에서 생태적 기능 또는 자연순환 기능을 보유한 토양이 차지하는 비율을 의미하며, 환경영향평가 과정에서 사업자는 이 기준을 충족하기 위한 계획을 수립해야 한다.

환경부 「생태면적률 적용지침」과 「환경영향평가서등 작성 등에 관한 규정」 [별표 2의2]에 따르면, 도시지역 아파트 단지 개발사업의 경우 생태면적률 목표치는 일반적으로 구도심 지역은 30%, 구도심 외 지역은 40%로 권장된다. 이러한 권장 기준은 단지 개발 과정에서 최소한의 생태적 공간 확보를 제도적으로 담보하는 장치라 할 수 있으나, 실제 적용 및 관리 수준에 따라 녹지의 질적·양적 확보 효과에는 차이가 발생할 수 있다. 따라서 생태면적률은 아파트 단지 내 녹지 확보를 위한 중요한 정책 도구이면서도, 동시에 제도적 실효성을 높이기 위한 관리·운영 체계의 보완이 요구되는 영역이다.

[표 4-3] 생태면적을 적용 기준

개발사업 유형	권장달성목표	세부내용
1. 도시의 개발	30 이상	구도심개발사업
	40 이상	구도심 외의 개발사업
2. 산업입지 및 산업단지의 조성	20 이상	-
3. 관광단지의 개발	60 이상	-
4. 특정지역의 개발	20~80 이상	개발사업 유형별 기준 적용
5. 체육시설의 설치	80 이상	일반 체육시설(실외)
	50 이상	경륜·경정시설(실내)
6. 폐기물 및 분뇨처리시설의 설치	50 이상	매립시설
	40이상	소각시설 및 분뇨처리시설

* 구도심 개발사업은 "도시개발법" 및 "도시 및 주거환경정비법"에 의하여 추진되는 사업으로 도시재정비 등 구도심에서의 개발사업에 적용

* 해당 계획 또는 사업의 특성 · 내용, 지역적 특성, 권장달성목표 등을 종합적으로 고려하여 해당 계획 또는 사업에 적용할 생태면적률 달성목표를 최대 50퍼센트 범위내까지 감소하여 설정할 수 있다.

출처 : 「환경영향평가서 등 작성 등에 관한 규정」 [별표 2의2] 생태면적을 적용 대상사업, 산정방법 및 면적유형별 가중치(제7조의4 관련)

서울특별시와 경기도는 신규 아파트 개발사업에 대하여 생태면적률 기준을 조례로 엄격히 적용하고 있다. 이는 재개발·재건축 사업에서 발생하는 초과이익 규모가 상당하다는 지역적 특성을 반영한 것으로, 타 지역이나 공공 주도 사업과 비교할 때 상대적으로 높은 수준의 기준을 설정하고 있다(윤은주 외, 2024)¹⁸⁾. 이러한 강화된 규제는 수도권 고밀도 개발 환경에서 녹지 확보를 제도적으로 담보하기 위한 장치로 기능하고 있다.

[표 4-4] 서울특별시와 경기도의 생태면적률 적용 기준

구분	기준	서울특별시	경기도
		생태면적률	건축물 사업 일반지역 35% 이상 녹지지역 50% 이상
	정비사업(재개발·재건축)	일반지역 45% 이상 녹지지역 50% 이상	일반지역 45% 이상 녹지지역 50% 이상
자연지반녹지	건축물 사업	생태면적률의 30% 이상 또는 사업 부지 면적의 10% 이상	생태면적률의 30% 이상 또는 사업 부지 면적의 20% 이상
	정비사업(재개발·재건축)	생태면적률의 40% 이상	생태면적률의 40% 이상

출처: 서울시 건축물 및 정비사업(재개발·재건축)의 환경영향평가 항목 및 심의기준(환경영향평가서초안 작성 지침) 및 경기도 환경영향평가 협의기준(환경영향평가서 초안 작성지침)를 참고하여 연구진 작성

한편, 「기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법」 제23조와 동법 시행령 제15조에 근거하여 기후변화영향평가 제도가 도입되었다. 이에 따라 환경영향평가 대상이 되는 계획 및 개발사업 중 온실가스를 다량 배출하는 사업은 배출·흡수 영향을 평가하고 이에 대한 저감·상쇄 대책을 수립해야 한다. 다만 현행 제도는 세부 지침이 초기 단계에 머물러 있어 아파트 단지 내 녹지 추가 확보를 직접 의무화하기보다는 권고적 성격이 강하다. 그럼에도 불구하고, 향후 기후위기 대응 전략의 일환으로 아파트 녹지를 포함한 생활권 녹지 확보가 탄소흡수원 확충의 핵심 수단으로 제도화될 가능성이 높으며, 이는 도시개발 및 주거환경 정책 전반에 중요한 시사점을 제공한다.

18) 윤은주, 김명민, 채애리. (2024). 실질녹지 기반의 녹지지표 전환 연구. 한국토지주택공사 토지주택연구원.

■ 부대 및 복리시설 설치 기준

국내 아파트 단지의 녹지 면적 확보는 여러 법령에 의해 최소 기준이 요구된다. 「주택법」 및 관련 규정에 따르면, 아파트 단지는 부대시설로서의 조경시설¹⁹⁾과 복리시설로서의 주민공동시설(어린이놀이터, 주민운동시설 등)을 설치해야 한다. 구체적으로 150세대 이상 아파트 단지는 어린이놀이터 설치가 의무화되며, 500세대 이상 단지의 경우 주민운동시설도 필수적으로 설치해야 한다. 다만, 이들 시설의 세부적인 면적 기준은 법령에 직접적으로 규정되지 않고, 국토교통부가 제시한 「주민공동시설 설치 총량제 가이드라인」을 토대로 각 지자체의 조례로 정하도록 위임되어 있다.

[표 4-5] 어린이놀이터 및 운동시설 설치 기준

구분	최소면적기준	
어린이놀이터 (150세대 이상 필수)*	150~300세대 미만	지역여건, 단지특성 등을 고려하여 적정면적 설치
	300~1,000세대 미만	200㎡에 세대당 1㎡를 더한 면적
	1,000세대 이상	500㎡에 세대당 0.7㎡를 더한 면적
운동시설 (500세대 이상 필수)	「체육시설의 설치·이용에 관한 법률 시행령」에 따른 체육시설을 정하는 경우 해당 종목별 경기단체 경기장 규격에 따른 면적	

* 운동시설, 조경 및 녹지 등과 통합하여 설치하는 주택단지는 사업계획승인권자가 인정하는 바에 따라 어린이놀이터 설치면적 인정 출처: 「주민공동시설 설치 총량제 운용 가이드라인」 국토교통부공지(2013.7.22.)를 참고하여 연구진 작성

서울특별시의 경우 주민공동시설 설치 총량제에 따라 경로당·어린이집·작은도서관 등의 최소 설치 면적을 명확히 규정하고 있으나(「서울특별시 주택조례」 제8조의4), 외부공간에 해당하는 어린이놀이터와 주민운동시설의 경우 별도의 면적 기준은 제시하지 않는다. 따라서 해당 시설은 주민공동시설 총량에서 필수시설 면적을 제외한 나머지 범위 내에서 산정된다.

[표 4-6] 서울특별시의 주민공동시설 설치 면적 및 필수 시설 세부면적 기준

구분	세대수	최소면적기준			
		경로당	어린이집	작은도서관	
주민공동시설 총량	100 ~ 1,000	세대당 2.5㎡를 더한 면적 X 1.25			
	1,000 이상	500㎡에 세대당 2㎡를 더한 면적 X 1.25			
필수시설	150 ~ 300	99㎡ 이상	-	-	
세부면적	300 ~ 500	198㎡ 이상	198㎡ 이상	108㎡ 이상	
	500 ~ 1,000	330㎡ 이상	330㎡ 이상	158㎡ 이상	
	1,000 ~ 1,500	580㎡ 이상	580㎡ 이상	203㎡ 이상	
	1,500 ~ 2,000	725㎡ 이상	725㎡ 이상	298㎡ 이상	
	2,000 이상	725㎡ + 2,000세대를 초과 하는 세대당 0.2㎡ 이상	725㎡ + 2,000세대를 초과	725㎡ + 2,000세대를 초과	298㎡ + 2,000세대를 초과
			하는 세대당 0.2㎡ 이상	하는 세대당 0.2㎡ 이상	하는 세대당 0.1㎡ 이상

출처: 서울특별시 주택조례(서울특별시조례 제9136호)를 참고하여 연구진 작성

19) 2014년 이전에는 「주택건설기준규정」에서 부대시설인 조경시설과 복리시설인 주민공동시설을 함께 규정하였으나 2014년 10월 28일 「주택건설기준규정」에서 “단지면적의 30%에 해당하는 면적의 녹지를 확보하여 공해방지 또는 조경을 위한 식재 등의 조치”를 하도록 하는 기준을 폐지하고, 「건축법」에 따라 지자체 조례로 지역특성에 맞는 조경면적을 정하도록 하였다. (출처: 「주택건설기준 등에 관한 규정」 대통령령 제25676호(2014.10.28., 일부개정) 제정·개정이유)

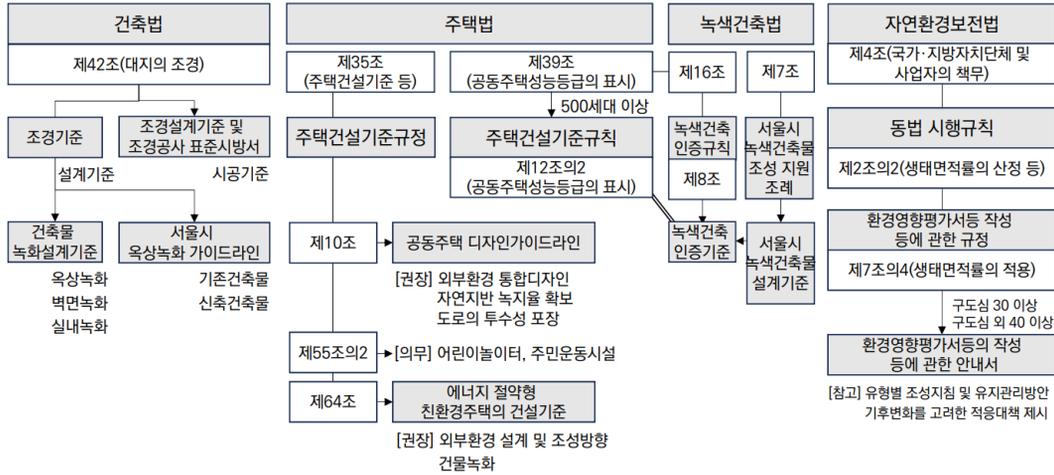
■ 소결

우리나라의 아파트 녹지 관련 제도는 면적 확보 차원에서 일정한 규정을 두고 있으나, 관련 규정이 여러 법령에 분산되어 있어 일관성과 체계성이 미흡한 실정이다. 「주택법」에서는 아파트 녹지를 주민공동시설의 일부로 규정하고, 「건축법」에서는 대지의 조경 차원에서 다루고 있어, 아파트 녹지가 독립적인 법적 지위를 확보하지 못한 상태로 남아있다. 이러한 구조적 한계로 인해 녹지 확보 기준이 지역별로 상이하게 적용되고 있으며, 제도의 본래 목적이었던 경관 개선과 휴식공간 제공에는 일정 부분 기여하고 있으나, 기후위기 대응 및 탄소흡수원으로서의 실질적 기능은 충분히 반영되지 못하고 있다. 즉, 현 제도는 단지의 미관과 생활 편의 중심으로 설계되어, 정주지 차원의 탄소흡수 기능을 제도적으로 보장하기에는 한계가 명확하다.

특히, 과거 「주택건설기준규정」에서 명시되어 있던 ‘단지 면적의 30% 이상 녹지 확보’ 조항이 삭제되면서, 현재는 단지별 5~15% 수준의 조경만으로도 법적 요건을 충족할 수 있는 상황이다. 이는 탄소흡수원 확보 및 도시 녹지의 기후위기 대응이라는 측면에서 보완이 필요한 지점이다.

따라서 국가 차원에서 아파트 녹지를 정주지 부문의 핵심 탄소흡수원으로 명확히 정의하고, 지자체별로 분절적으로 운영되는 조경 및 녹지 설치 기준을 통합·개선할 필요가 있다. 이를 위해 국가 단위의 아파트 녹지 확보 목표 설정, 지자체별 탄소중립 목표와 연계된 녹지율 제시, 녹지 면적 산정 방식에 탄소흡수 성능 반영 등의 제도 개선이 요구된다.

2) 설계조성



[그림 4-2] 국내 아파트 녹지의 설계-조성 관련 법제도 현황

출처: 「건축법」, 「주택법」, 「녹색건축법」, 「자연환경보전법」 등 관계 법령 및 지침을 종합하여 연구진 작성

■ 「건축법」 관련 기준

아파트 녹지의 설계 및 조성과 관련해서는 국토교통부 고시인 「조경기준」과 「조경설계기준 및 조경공사 표준시방서」가 주요 기술적 가이드라인으로 기능한다. 「조경기준」은 「건축법」 제42조에 따른 대지의 조경 의무를 이행하기 위한 세부 지침으로, 아파트 단지 조경 설계 시 고려해야 할 사항을 규정한다. 주요 내용에는 조경면적 배치, 식재 기준(수량·규격·수종 및 품질), 투수성 포장, 옥상조경 조성 등에 관한 세부 규정이 포함된다.

특히, 조경의무면적 중 10% 이상을 반드시 자연 지반 위에 확보되도록 규정하고 있으며, 옥상녹화는 녹화 면적의 3분의 2까지만 조경면적으로 인정하되 의무면적의 2분의 1 범위를 초과할 수 없다. 벽면 녹화의 경우에도 그 면적의 절반만을 인정하고, 전체 식재의무면적의 10% 이내에서만 산정할 수 있도록 가중치 기준을 두고 있다. 이는 수직적 녹화의 기여도를 일정 부분 제한하면서, 필수적으로 자연 지반 기반의 녹지를 확보하도록 유도하기 위한 것이다.

[표 4-7] 「조경기준」의 설계 기준

구분	세부사항	조	
배치	지반	• 조경의무면적의 10% 이상은 자연지반이어야 하며, 표면을 토양, 식재된 토양 또는 투수성 포장구조로 함 (단, 허가권자가 인정하는 경우 제외)	5
	배치	• 보행자전용도로·광장·공원 등의 시설이 있는 경우 연계하여 배치 • 2천㎡ 이상인 대지 안에 설치하는 조경이 너비 20m 이상 도로에 접한 경우 조경의무면적의 20% 이상을 가로변에 연접하게 설치(단, 허가권자가 인정하는 경우 제외)	5
식재	수량 및 규격	• 주거지역의 조경의무면적에서는 1㎡마다 교목 0.2주 이상, 관목 1.0주 이상 설치 • 식재할 교목은 흉고직경 5cm 이상이거나 근원직경 6cm 이상 또는 수관폭 0.8m 이상으로 수고 1.5m 이상이어야 함 • 낙엽교목 및 상록교목으로 일정 크기 이상인 경우 식재수량을 가중하여 산정	7

구분	세부사항	조
수종	<ul style="list-style-type: none"> • 교목 및 관목 중 수량 20% 이상 상록수로 식재 • 규정 식재수량 중 교목의 10% 이상을 지역 특성을 고려한 수종 식재 • 지역의 향토종을 우선으로 하며, 자연 조건에 적합한 것을 선택 • 대기오염 물질이 발생하는 지역에서는 대기오염에 강한 수종 식재 • 일조량이 부족할 것으로 예상되는 지역에는 양수 및 잔디 식재를 금하고, 음지에 강한 교목과 그늘에 강한 지피류(맥문동, 수호초 등)를 선정하여 식재 • 뿌리의 생육이 왕성한 수목의 식재로 인해 건물의 외벽이나 지하시설물의 피해가 예상되는 경우 방근 조치 실시, 방근 조치가 어려운 경우 식물과 건물을 최소 5m 이상 이격 	8
품질	<ul style="list-style-type: none"> • (상록교목, 상록관목, 낙엽교목, 낙엽관목) 줄기가 곧고 가지가 고루 발달한 것 • (초화류) 생육지속기간을 고려, 주변 경관과 쉽게 조화를 이룰 수 있는 향토 초본류 • (지피식물) 지표면을 빠르게 피복할 수 있고 뿌리 발달과 종자발아력이 우수한 것 	8조 의2
포장	<ul style="list-style-type: none"> 휴게공간 <ul style="list-style-type: none"> • 그늘식재 또는 차양시설 설치 • 바닥은 복사열이 적은 재료를 사용하고 투수성 포장구조 적용 보행로 <ul style="list-style-type: none"> • 투수성 포장구조 적용(단, 허가권자가 인정하는 경우 제외) 	10 11
육상조경	<ul style="list-style-type: none"> 식재 <ul style="list-style-type: none"> • 고열, 바람, 건조 및 일시적 과습 등 열악한 환경에 강한 식물종 선정 구조 <ul style="list-style-type: none"> • 수목·토양 및 배수시설 등이 건축물의 구조에 지장이 없도록 설치 토심 <ul style="list-style-type: none"> • 초화류 및 지피식물, 소관목, 대관목, 교목 등에 적용하는 토심 기준 제시 배수 <ul style="list-style-type: none"> • 관수 및 배수시설이 건축물이나 구조물의 하부시설에 영향을 주지 않도록 설치 방수 <ul style="list-style-type: none"> • 방수 및 방근 조치 유지관리 <ul style="list-style-type: none"> • (수목) 지지대 설치, 가지치기·비료주기 및 물주기 등 유지관리 • (안전) 이용자를 위해 안전구조물을 설치하고, 정기적으로 점검 및 유지관리 	13 14 15 16 17 18

출처 : 「조경기준」 국토교통부고시 제2021-1778호(2022.1.7., 일부개정)를 참고하여 연구자 작성

「조경설계기준 및 조경공사 표준시방서」는 조경 설계·시공의 세부 기술 매뉴얼로서, 수목 식재 방법, 자재 사양, 시공 절차, 유지관리 등 실무적 기준을 제시한다. 2013년에는 조경 및 건설산업 전반에 적용 가능한 녹색기술의 유형화 및 표준화를 위해 저탄소 녹색기술과 기후변화 적응을 고려한 온실가스 저감 요소를 반영하였으며²⁰⁾, 2019년에는 국가건설기준코드를 적용하여 「조경 설계기준(KDS 34 00 00)」과 「조경공사 표준시방서(KCS 34 00 00)」를 개정하였다²¹⁾.

구체적으로 「조경설계기준」은 일반지반식재기반, 인공지반식재기반, 특수지반식재기반, 수목식재, 조경동선시설, 입체녹화, 옥상녹화를 일반사항, 조사 및 계획, 재료(특성, 품질 및 성능시험), 설계의 4개 항목으로 구분하고 있다. 「조경공사 표준시방서」는 일반사항, 부지조성 및 대지조형, 식재기반조성, 식재, 조경시설물, 조경포장, 유지관리 등을 중심으로 일반사항, 자재, 시공의 3개 항목으로 구분하여 시공 단계별 고려사항을 제시한다. 이러한 기준들은 법적 의무조항이라기보다는 기술 표준의 성격을 가지지만, 실제 공공기관 발주 사업이나 녹색건축인증(G-SEED) 등 각종 인증과 연계되는 경우 사실상 준수 의무가 요구된다. 따라서 아파트 단지의 조경 설계 및 시공 단계에서 이들 기준은 녹지의 질적 수준과 탄소흡수 기능 확보를 담보하는 핵심적인 준거틀로 작동하고 있다.

20) 「조경 설계기준」 국토해양부고시 제2013-73호(2013.2.6., 일부개정) 제정·개정이유

21) 「조경 설계기준(KDS 34 00 00) 및 조경공사 표준시방서(KCS 34 00 00)」 국토교통부고시 제2019-387호(2019.7.26., 일부개정) 제정·개정이유

■ 「주택법」 관련 기준

「주택건설기준규정」은 아파트 단지 내 주민공동시설과 관련하여 어린이놀이터와 주민운동시설의 설치 기준을 규정하고 있다. 어린이놀이터의 경우 안전하게 접근 가능한 위치와 주변 환경과의 조화를 고려한 설계를 요구하며, 주민운동시설은 종목별 시설 기준에 적합하게 설치하도록 규정하고 있다.

[표 4-8] 어린이놀이터와 주민운동시설의 설계조성 기준

구분	세부사항
어린이 놀이터	주택건설 기준규정 제55조의2 제7항 제2호 · 일조 및 채광이 양호한 곳에 설치하거나 주택단지의 녹지 안에 어우러지도록 설치할 것 · 인접대지경계선과 단지 안의 도로 및 주차장으로부터 3미터 이상 이격
공동주택 가이드라인	디자인 II-1.3-나 · 주변 환경 및 건축물과 통합디자인 계획
주민운동 시설	주택건설 기준규정 제55조의2 제7항 제4호 · 체육시설은 해당 종목별 경기규칙의 시설기준에 적합할 것

출처: 「주택건설기준 등에 관한 규정」 대통령령 제35222호(2025.1.21., 일부개정); 「공동주택 디자인 가이드라인」 국토교통부고시 제2018-536호(2018.8.31., 일부개정); 를 참고하여 연구자 작성

「주택법」에 근거한 「공동주택 디자인가이드라인」과 「에너지절약형 친환경주택의 건설기준」은 아파트 단지의 환경친화적 설계를 장려하는 권장 기준을 제시한다. 「공동주택 디자인가이드라인」 II-1.3-나는 자연지반 녹지율 확보, 보행로 투수성 포장과 우수 저장·재활용 및 중수도 시설 설치 등을 권장 사항으로 제시한다. 이 가이드라인의 최소기준을 충족하고, 제시된 10개의 권장기준 중 8개 이상을 달성할 경우, 지자체 건축위원회 심의를 거쳐 ‘우수디자인 공동주택’으로 선정한다.(「공동주택 디자인가이드라인」 I-2.9-가)

「에너지절약형 친환경주택의 건설기준」은 친환경주택 건설을 위한 권장 기준으로 아파트 외부공간과 관련된 다섯 가지 사항을 제시한다. 구체적으로 ①토지의 원형 보존을 위한 자연지반 보존율 확보, ② 생태기능 확보를 위한 생태면적을 최대화, ③미기후의 개선을 위한 수자원 이용 및 생태녹지조성, ④ 빗물의 재활용을 위한 빗물순환시스템 구축, ⑤옥상·벽면 녹화의 도입을 권장하고 있다.(제6조·제10조) 그러나 같은 기준의 평가항목은 난방, 냉방, 급탕, 조명, 환기, 신·재생에너지 활용에 집중되어 있으며(제13조), 외부공간은 평가대상에서 제외된다. 이로 인해 녹지 확보 및 관리 기준은 권고 수준에 머물러 실질적인 제도적 유인 효과가 제한적이라는 한계가 존재한다.

[표 4-9] 에너지절약형 친환경주택 건설기준 중 아파트 녹지 관련 기준

구분	세부사항
토지의 원형 보존	· 기존 자연자원 보존율과 자연지반 녹지율을 최대한 확보 - 토지의 절·성토량을 최소화하고 토양의 특성을 고려한 계획 수립하여 자연파괴 최소화 - 기존 자연자원 보존율(%) = (기존 자연자원 보존 면적÷대지면적) × 100 - 자연지반 녹지율(%) = (자연지반 녹지면적÷대지면적) × 100
생태기능 확보	· 생태면적을 최대한 확보

구분	세부사항
미기후의 개선	<ul style="list-style-type: none"> • 단지 내 활용 가능한 수자원 활용 및 생태녹지 조성 - 생태연못을 빗물이용시설과 연계하고, 빗물관리시설을 조성하여 물순환기능 유지
빗물의 재활용	<ul style="list-style-type: none"> • 단지 내에서 최대한 저장하여 활용하거나 지반으로 침투 - 빗물이용시설: 빗물을 모아 생활용수, 조경용수, 농업용수 등으로 이용할 수 있도록 처리 - 빗물침투시설: 침투정, 침투트랜치 등을 설치하여 빗물이 토양에 유입
건물녹화	<ul style="list-style-type: none"> • 건물의 옥상이나 벽면 녹화 - 빗물저장 효과를 통해 강우 시 빗물의 흐름 지연 및 건축물 단열효과에 기여 - 에너지저감을 통한 탄소저감과 식생을 통한 탄소흡수 효과 발생 - 경관보다는 생태적 기능을 고려하여 생태적 기능이 우수한 식생으로 조성

출처: 국토교통부(2021, pp.44-78)를 참고하여 연구자 작성

■ 「녹색건축물 조성 지원법」의 녹색건축인증(G-SEED) 기준

「녹색건축물 조성 지원법」에 따른 녹색건축인증(G-SEED)은 아파트 녹지 설계에 중요한 영향을 미치는 제도이다. 2013년 1월 「주택성능등급 인증제」를 「녹색건축 인증제」로 통합하였으며²²⁾, 이를 통해 공동주택의 성능과 환경적 가치 평가를 단일 제도로 일원화하였다.

현행 제도에 따르면, 500세대 이상 공동주택을 공급하는 경우 「녹색건축물 조성 지원법」에 근거하여 공동주택성능에 대한 등급을 의무적으로 취득하고, 이를 입주자 모집공고에 표시해야 한다(「주택법」 제39조·「주택건설기준규정」 제58조·「주택건설기준규칙」 제12조의2). 또한, 「주택품질향상에 따른 가산비용기준」에 따라 가산비용을 적용받거나 「주택공급에 관한 규칙」에 따라 입주자 모집공고에 공동주택성능등급을 표시하는 경우, 필수항목에서 4등급 이상을 취득해야 하며, 이 과정에서 자연지반 녹지율 10%이상, 생태면적률 30% 이상 확보가 요구된다(「녹색건축 인증기준」 [별표 13]).

서울특별시의 경우, 자체 조례를 통해 한층 강화된 기준을 적용하고 있다. 「서울특별시 녹색건축물 설계기준」에 따르면, 30세대 이상의 공동주택은 일반(그린4등급) 이상, 300세대 이상은 우량(그린3등급) 이상, 1,000세대 이상은 우수(그린2등급) 이상의 인증을 의무적으로 취득해야 한다(제1조·제2조)²³⁾. 이러한 강화된 제도는 수도권외의 고밀 개발 여건 속에서 녹지 확보를 제도적으로 담보하기 위한 장치로 작용하고 있다.

[표 4-10] 공동주택성능등급과 녹색건축인증 심사의 생태환경 관련 필수 및 평가항목(●필수/○평가)

공동주택성능등급 인증서		녹색건축 인증심사기준	
○	20. 연계된 녹지축 조성	6.	○ 6.1 연계된 녹지축 조성
●	21. 자연지반 녹지율	생태	○ 6.2 자연지반 녹지율
●	22. 생태면적률	환경	● 6.3 생태면적률
○	23. 생물서식공간(비오톱) 조성		○ 6.4 비오톱 조성

출처: 「주택건설기준 등에 관한 규칙」 국토교통부령 제1282호(2023.12.11., 일부개정); 「녹색건축 인증 기준」 국토교통부고시 제2023-329호·환경부고시 제2023-172호(2023.7.1., 일부개정) [별표 1]·[별표 13]를 참고하여 연구진 작성

22) 국토해양부(2013), 1월 15일자 보도자료에 따르면 「주택성능등급 인증제」를 「녹색건축 인증제」로 통합하였다.

23) 녹색건축인증등급별 점수는 주거용 건축물의 경우 최우수(그린1등급, 74점 이상), 우수(그린2등급, 66점 이상), 우량(그린3등급, 58점 이상), 일반(그린4등급, 50점 이상)으로 구분된다.

녹색건축인증의 평가항목에는 '생태환경' 분야가 포함되어 있으며, 여기서 연계된 녹지축 조성, 자연지반 녹지율, 생태면적률, 바이오톱 조성 등이 점수화된다. 자연지반 녹지율은 단순 조경면적율과 달리 조성된 녹지의 생태적 건전성을 평가하는 지표로 전체 대지에서 자연지반 녹지가 차지하는 비율에 따라 평가된다. 수생 바이오톱과 옥상녹화는 자연지반 녹지율에 포함되지 않으며²⁴⁾ 등급에 따라 가중치가 부여되고, 이에 따른 평점이 산출된다.

$$\text{자연지반 녹지율 (\%)} = \frac{\text{자연지반 녹지면적 (m}^2\text{)}}{\text{전체 대지면적 (m}^2\text{)}} \times 100$$

[수식 4-2] 자연지반 녹지율 산출기준

출처 : 한국건설기술연구원(2016, p.216)

[표 4-11] 생태환경 관련 항목 면적 중복 가능 여부

구분	녹지축	자연지반 녹지	생태학습원		수생 바이오톱	육생 바이오톱	옥상녹화
			식재된곳	텃밭			
녹지축		○	×	×	×	×	×
자연지반녹지	○		○	50%	×	○	×
생태 학습원	식재된 곳	×	○		×	×	×
	텃밭	×	50%		×	×	○
수생바이오톱	×	×	×	×		×	×
육생바이오톱	×	○	×	×	×		×
옥상녹화	×	×	×	○	×	×	

출처 : 한국건설기술연구원(2016, p.218)

[표 4-12] 자연지반 녹지율 등급에 따른 가중치

구분	자연지반 녹지율(%)	가중치
1급	자연지반 녹지율이 25% 이상	1.0
2급	자연지반 녹지율이 20% 이상 25% 미만인 경우	0.8
3급	자연지반 녹지율이 15% 이상 20% 미만인 경우	0.6
4급	자연지반 녹지율이 10% 이상 15% 미만인 경우	0.3
5급	자연지반 녹지율이 5% 이상 10% 미만인 경우	0.1

출처 : 한국건설기술연구원(2016, p.216)

생태면적률은 대지의 피복 유형과 식재 유형을 구분하고, 유형별 면적에 계수를 곱해 산출한 생태면적의 합을 전체 대지면적과 비교하여 평가한다²⁵⁾. 구체적으로 피복면적은 ①자연지반녹지, ②수공간(투수기능), ③인공지반녹지, ④옥상녹화, ⑤투수포장(식재포함), ⑥벽면녹화, ⑦저류침투시설 연계면, ⑧식재면 등 8개 항목으로 구분되며, 식재면은 피복유형별 면적의 최대 20%까지 인정된다.

24) 한국건설기술연구원(2016), 「녹색건축인증기준해설서」, pp.216~219

25) 한국건설기술연구원(2016), 「녹색건축인증기준해설서」, pp.221~241

$$\text{생태면적률(\%)} = \frac{(\text{피복유형별 환산면적}^* + \text{식재유형별 환산면적}^{**})}{\text{전체 대지면적}} \times 100$$

* 피복유형별 환산면적 = 자연순환 기능면적 = $\sum(\text{피복유형별 면적} \times \text{개수})$

** 식재유형 환산면적 = 식재특성 면적 = $\sum(\text{식재개체수} \times \text{환산면적} \times \text{개수})$

[수식 4-3] 생태면적률 산출기준

출처 : 한국건설기술연구원(2016, p.221)

[표 4-13] 생태면적률 등급에 따른 가중치

구분	생태면적률(%)	가중치
1급	생태면적률이 55% 이상	1.00
2급	생태면적률이 45% 이상 55% 미만인 경우	0.75
3급	생태면적률이 35% 이상 40% 미만인 경우	0.50
4급	생태면적률이 30% 이상 35% 미만인 경우	0.25
5급	생태면적률이 10% 이상 30% 미만인 경우	0.10

출처 : 한국건설기술연구원(2016, p.221)

다만, 녹색건축인증은 점수 기반 제도이며 법적 의무사항은 아니라는 한계가 있다. 실제로 다수의 개발 사업자는 최저 점수를 확보하는 수준에서 설계를 수행하여 인증을 통과하는 데 그치는 경우가 많다. 더욱이 현행 인증 평가 항목은 탄소중립 관점에서 녹지와 수목의 탄소흡수 기능을 직접적으로 반영하지 않고 있어, 녹지를 단순한 환경적 편의 차원에서만 다루는 한계가 존재한다.

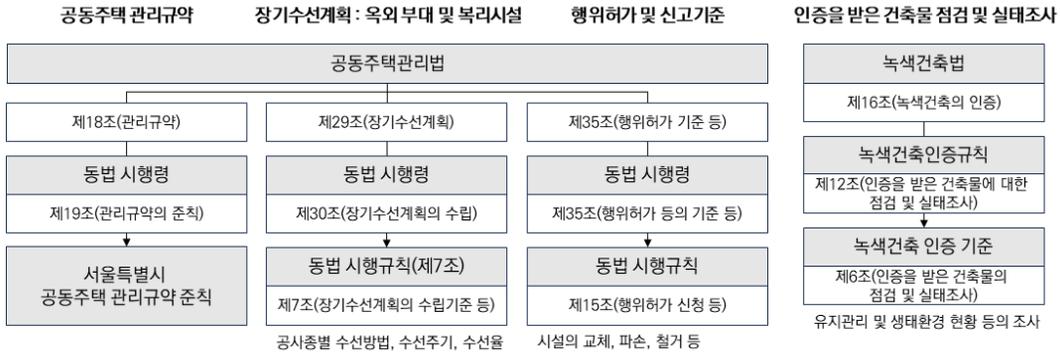
■ 소결

아파트 단지의 설계·조성 단계에서 적용되는 현행 법·제도는 녹지의 물리적·기능적 확보 기준은 제시하고 있으나, 탄소중립 관점의 성능 기준은 부재하다. 「조경기준」과 「조경설계기준 및 조경공사 표준시방서」는 수량·배치·기능 중심의 기술적 지침에 머물러 있으며, 탄소흡수량을 고려한 수종 선정·식재 밀도·수관 구조 설계 기준은 마련되어 있지 않다. 이로 인해 아파트 녹지는 경관·휴식 기능은 수행하고 있으나, 정주지 탄소흡수원으로서의 잠재력은 제도적으로 활용되지 못하는 구조가 지속되고 있다.

이러한 한계를 보완하기 위해서는 「조경기준」 개정을 통해 탄소흡수 성능 중심의 식재·관리 기준을 구체화하고, 녹색건축인증(G-SEED)에도 탄소흡수 기여도 평가항목 신설 또는 가중치 상향이 필요하다. 또한 「에너지절약형 친환경주택의 건설기준」 등 주택 분야 제도에서도 건축물의 에너지 성능뿐 아니라 단지 외부 녹지의 탄소흡수 기여도를 평가·관리하는 체계로 규범을 확장할 필요가 있다.

종합하면, 아파트 녹지는 단순한 경관요소가 아니라 정주지의 핵심 탄소흡수 인프라로 재정의되어야 하며, 이를 위해 설계·조성 단계부터 탄소흡수 최적화를 제도적으로 유도하는 법·제도 개선이 필수적이다.

3) 유지관리



[그림 4-3] 국내 아파트 녹지 유지·관리 관련 법제도

출처: 「공동주택관리법」 및 동법 시행령·시행규칙, 「서울특별시 공동주택관리규약 준칙」, 「녹색건축법」, 「녹색건축인증규칙」 및 「녹색건축 인증 기준」을 종합하여 연구진 작성

■ 「공동주택관리법」 관련 기준

아파트 녹지는 조성 이후에도 적절한 유지·관리를 통해 그 기능과 가치를 지속적으로 확보해야 한다. 그러나 현행 제도는 이에 대한 구체적 관리 기준이 미비하다. 「공동주택관리법」에 따라 아파트 단지는 입주자대표회의를 구성하고 관리규약을 제정하여 운영되며, 장기수선계획을 수립하여 건축물과 부대·복리시설을 주기적으로 보수하도록 규정하고 있다. 장기수선계획은 건물외부, 건물내부, 전기·소화·승강기 및 지능형 홈네트워크 설비, 급수·가스·배수 및 환기설비, 난방 및 급탕설비, 옥외 부대시설 및 복리시설, 피난시설 등 7개 분야로 구분된다(「공동주택관리법 시행규칙」 [별표 1]). 이 중 건물 외부에서는 지붕·외벽, 옥외 부대시설 및 복리시설에서는 어린이놀이터, 보도블록, 조경시설물 등의 수선 방법과 주기적 수선율이 규정되어 있으나, 수목의 전정 주기, 고사목 처리 등 식생 관리와 관련된 구체적 지침은 부재하다. 이에 따라 아파트 단지 내 수목과 잔디는 공동재산으로 분류되더라도 법적 관리 의무가 명확히 규정되지 않아, 관리 주체의 자의적 판단에 따라 소극적으로 관리되는 경우가 많다.

[표 4-14] 장기수선계획의 옥외 부대 및 복리시설 수선방법 및 주기

구분	공사종별	수선방법	주기 (년)	수선율 (%)	
건물외부	지붕	1) 방수	전면수리	15	100
		2) 금속기와 잇기	부분수리 전면교체	5 20	10 100
		3) 아스팔트 싱글 잇기	부분수리 전면교체	5 20	10 100
	외부 벽면	1) 돌 붙이기	부분수리	25	5
		2) 페인트칠	전면도장	8	100
		3) 벽면 보수	부분수리 전면교체	5 20	10 100
옥외 부대시설 및 복리시설	1) 아스팔트 포장	부분수리 전면수리	5 15	10 100	
	2) 울타리	전면교체	20	100	
	3) 어린이놀이시설	부분수리 전면교체	5 15	10 100	

구분	공사종별	수선방법	주기 (년)	수선율 (%)
	4) 보도블록	부분수리	5	10
		전면교체	15	100
	5) 정화조	부분수리	5	15
	6) 배수로 및 맨홀	부분수리	10	10
	7) 현관입구·지하주차장 진입로 지붕	전면교체	15	100
	8) 자전거보관소	전면교체	15	100
	9) 주차차단기	전면교체	10	100
	10) 조경시설물	부분수선	10	10
	11) 안내표지판	부분수선	10	30
	12) 전기자동차의 고정형 충전기	부분수리	5	10
		전면교체	10	100

출처 : 「공동주택관리법 시행규칙」 국토교통부령 제1428호(2024.12.27., 일부개정) [별표 1]을 참고하여 연구자 작성

■ 「건축법」 및 「녹색건축물 조성 지원법」 관련 기준

「건축법」은 건축허가 시 확보한 조경 면적과 시설을 준공 이후에도 유지하도록 규정하고 있으며, 이를 훼손하거나 용도를 변경할 경우 허가권자가 시정명령을 내릴 수 있다. 그러나 이는 녹지 불법 전용 후 주차장 설치 등의 극단적인 사례에 적용될 뿐, 일상적인 수목 교체나 고사목 처리 등에는 공적 규제가 미치지 않는다. 결국 아파트 녹지는 상당 부분 단지 자체 관리에 맡겨져 있는 실정이다.

한편, 녹색건축인증을 취득한 공동주택은 법적으로 추가적인 유지관리 의무가 부과된다. 인증의 유지 관리 항목에서는 운영·유지관리 매뉴얼, 녹색건축인증 관련 정보 제공 등을 평가하며, 이 과정에서 “조경관련 유지관리 매뉴얼”, “주민공동시설 등 부대시설 유지관리 매뉴얼”도 포함된다. 「녹색건축 인증에 관한 규칙」 제12조는 인증 건축물의 소유자 또는 관리자가 인증 당시 기준을 지속적으로 준수할 의무를 규정하고 있으며, 필요시 인증기관장이 유지관리 실태를 조사할 수 있다. 실제로 인증 이후 일정 기간이 지나면 사후관리 확인을 위해 인증기관에서 조사를 요청하는 경우가 있으며, 이 때 단지의 조경시설이 당초 설계대로 유지되고 있는지 여부도 확인 대상에 포함된다. 그러나 현재 점검은 에너지 설비 중심으로 이루어지는 경우가 많아, 녹지 관리 실태는 상대적으로 소홀히 다루어지고 있다.

[표 4-15] 녹색건축인증의 운영·유지관리 문서 및 매뉴얼 제공 산출기준

구분	세부사항	가중치	
등급	1급	필수도서 + 운영·유지관리 매뉴얼 중 8개 항목을 제공한 경우	1.0
	2급	필수도서 + 운영·유지관리 매뉴얼 중 7개 항목을 제공한 경우	0.8
	3급	필수도서 + 운영·유지관리 매뉴얼 중 6개 항목을 제공한 경우	0.6
	4급	필수도서 + 운영·유지관리 매뉴얼 중 1~5개 항목을 제공한 경우	0.4
필수도서	-준공도면(건축, 구조, 기계, 전기, 소방설비, 조경, 토목 등) -준공서류(지질조사보고서, 구조계산서, 시방서 등) -정기점검 목록에 의거한 정기점검 문서(안전점검 및 정밀안전진단 세부지침에 근거한 정기점검 매뉴얼		
운영·유지관리 매뉴얼	① 옥상방수의 유지관리 매뉴얼 ② 건축물의 구조체·비내력벽체의 유지관리 매뉴얼 ③ 냉난방열원 및 급탕설비의 운영 및 유지관리 매뉴얼		

구분	세부사항	가중치
	④ 승강기, 외부조명기기, CCTV, 주차관제시설의 운영 및 유지관리 매뉴얼 ⑤ 조명설비 및 조명기기에 관한 유지관리 매뉴얼 ⑥ 조경관련 유지관리 매뉴얼 ⑦ 급수 및 배수시설(우수, 중수 포함)의 유지관리 매뉴얼 ⑧ 지하주차장 및 공용부분에 대한 결로 유지관리 매뉴얼 ⑨ 신재생에너지 설비의 유지관리 매뉴얼 ⑩ 주민공동시설 등 부대시설 유지관리 매뉴얼 ⑪ 소방 및 소화설비 유지관리 매뉴얼	
포함사항	-현황 -점검방법 -상시 유지관리 점검사항 -해당 업체(공사참여자, 설비 설치업체 등), 유지관리 담당자의 연락처	

출처: 한국건설기술연구원(2016, p.184)을 참고하여 연구자 작성

■ 소결

국내 아파트 녹지의 유지·관리는 「공동주택관리법」, 「건축법」, 「녹색건축물 조성 지원법」 등 일부 법적 근거를 통해 규율되고 있으나, 그 범위는 조경시설물의 물리적 보전에 국한되어 있으며 탄소흡수원으로서의 기능적 유지와 생태적 품질 관리 체계는 부재하다. 주요 문제점은 다음과 같다.

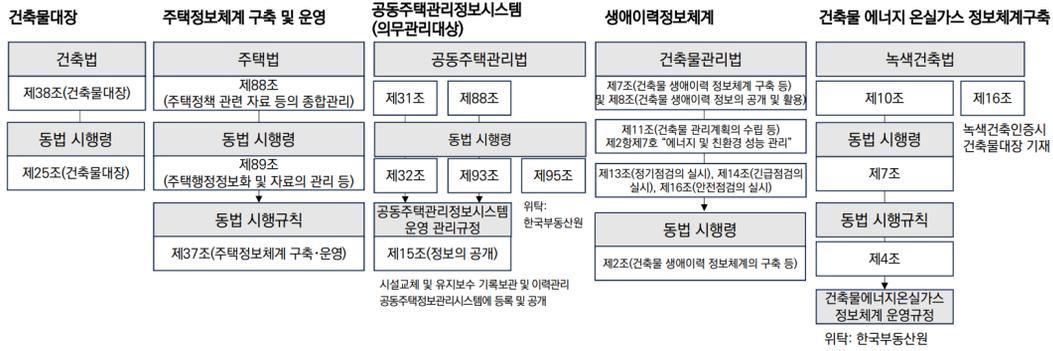
첫째, 식생 관리 기준의 부재이다. 「공동주택관리법 시행규칙」 [별표 1]의 장기수선계획 항목에는 조경시설물의 일부 수선 항목이 포함되어 있으나, 수목 전정 주기, 고사목 처리, 식재 갱신 등 녹지의 생태적 기능을 유지하기 위한 지침은 마련되어 있지 않다. 이로 인해 많은 단지에서는 관리 인력 및 예산 부족, 관리 주체의 인식 한계로 녹지가 비계획적·소극적으로 관리되고 있으며, 이는 경관 조성, 열섬 완화, 생물 서식지 제공, 탄소흡수 기능 등 녹지 본연의 효과를 저해하는 원인이 되고 있다.

둘째, 정책적 인식의 한계이다. 현재 아파트 녹지는 경관 미화와 휴식 공간 제공 등 ‘기능적 조정’으로 취급되는 경향이 강하며, 정주지 차원의 탄소흡수원으로서 관리해야 할 ‘녹색기반시설(Green Infrastructure)’로 인식되지 않고 있다. 그 결과 입주민, 관리주체, 행정기관 모두 녹지 공간을 탄소중립 달성을 위한 관리 자산으로 적극적으로 관리·투자하는 시스템이 부족하다.

셋째, 사후관리 체계의 미흡이다. 녹색건축인증을 취득한 공동주택이라 하더라도, 실제 사후점검은 에너지 설비 위주로 진행되고 녹지 관리 항목은 형식적으로 다루어지는 경우가 많다. 이는 제도의 실효성을 저하시켜, 녹지가 단지의 기후 대응 역량 강화에 기여할 수 있는 잠재력을 충분히 발휘하지 못하게 한다.

향후 아파트 녹지 유지·관리를 강화하기 위해서는 장기수선계획 내 식생 관리 항목의 구체화(전정 주기, 고사목 처리 지침 등), 녹지의 탄소흡수 기능을 고려한 관리 매뉴얼 개발, ICT 기반 모니터링 및 데이터 관리 체계 구축, 녹색건축인증의 사후점검 항목에 탄소흡수원 관리 의무 반영 등이 요구된다. 이를 통해 아파트 녹지를 단순한 경관 요소가 아닌 정주지 탄소중립 인프라로 인식·관리하는 체계 전환이 필요하다.

4) 정보체계 구축



[그림 4-4] 국내 아파트 녹지 정보체계 구축 관련 법제도

출처: 「건축법」, 「주택법」, 「공동주택관리법」, 「건축물 관리법」, 「녹색건축법」 등 관계 법령 및 지침을 종합하여 연구진 작성

■ 「건축법」 관련 기준

건축허가를 받으면 해당 건축물에 대한 건축물대장이 작성되며, 용도, 규모, 건폐율 등 기본 정보와 함께 조경면적도 기재된다. 다만 조경 항목은 통상 면적 수치만을 담을 뿐, 수목의 종류·수량·식재 배치도 등 세부 정보는 포함되지 않는다. 준공 이후 시간이 경과하여 조경이 변경되어도 대장이 갱신되지 않으면 최초 정보만 남는다는 점에서 현 체계는 “확보 여부”는 확인 가능하나, “이후의 관리·변화 상태”는 파악하기 어렵다는 한계가 있다.

■ 「주택법」 관련 기준

국토교통부장관 또는 시·도지사는 적절한 주택정책의 수립 및 시행을 위하여 주택의 건설·공급·관리, 관련 자금 조달, 주택가격 동향 등 제반 정보를 종합적으로 관리하고, 이를 관계 기관·단체 등에 제공할 수 있다. 이를 위해 사업 계획 승인, 착공 승인, 사용 검사 및 임시 사용 승인, 주택 공급 승인에 관한 사항을 데이터베이스화하여 주택정보체계를 운영할 수 있도록 하고 있다. 다만 주택정보체계는 입주자 모집공고, 청약, 공급 현황 등 주택 전반의 거시적 정보를 중심으로 하고 있어, 준공 이후 개별 단지의 시설 현황이나 조경·녹지 정보까지 상세하게 담고 있지는 않다. 그럼에도 「주택법」상의 주택정보체계는 향후 아파트 녹지 정보체계 구축을 위한 법적 근거로 기능할 수 있다.

[표 4-16] 주택정보체계 구축 및 운영

구분	세부사항
정보체계 구축운영	<p>주택법</p> <ul style="list-style-type: none"> ·(제88조) 주택정책의 수립 및 시행을 위하여 주택의 건설·공급·관리 및 이와 관련된 자금의 조달, 주택가격 동향 등의 정보를 종합적으로 관리하고 이를 관련 기관·단체 등에 제공 <p>시행령</p> <ul style="list-style-type: none"> ·(제89조 제1항) 주택정보의 종합적이고 체계적인 관리를 위해 주택정보체계 구축·운영 가능
제공정보	<p>시행규칙</p> <ul style="list-style-type: none"> ·(제37조) 사업계획승인(법 제15조), 착공승인(법 제16조), 사용검사 및 임시사용승인(법 제49조), 주택공급 승인(법 제54조)

출처: 「주택법」 법률 제20048호(2024.1.16., 일부개정); 「주택법 시행령」 대통령령 제35221호(2025.1.21., 일부개정); 「주택법 시행규칙」 국토교통부령 제1373호(2024.8.2., 일부개정)를 참고하여 연구자 작성

■ 「공동주택관리법」 관련 기준

공동주택의 체계적 유지관리를 위하여 의무관리대상 공동주택은 설계도서를 보관하고, 시설의 교체·보수 내역을 이력 관리하며, 이를 공동주택관리정보시스템(K-APT)에 등록해야 한다. 해당 업무는 한국부동산원에 위탁하여 운영된다(「공동주택관리법 시행령」 제95조). K-APT에서는 건물 외부·내부, 전기·소방·승강기, 급수·위생설비 등 다양한 시설물 유지관리 이력 정보를 확인할 수 있으나, 조정 시설에 관한 상세 정보는 상대적으로 미흡하다. 예를 들어 어린이놀이터 설비 교체 내역이나 소화전 교체는 비교적 체계적으로 관리되지만, 수목의 식재 연도, 전정 시기, 고사목 교체 여부 등은 집계되지 않는다.

따라서 아파트 녹지 정보체계를 구축하기 위해서는 「공동주택관리법」 및 K-APT의 개선·활용이 필수적이다. K-APT 내에 녹지 관리 모듈을 신설하여 단지별 수목 현황과 관리 이력을 입력·관리할 수 있도록 하고, 이를 제도적으로 뒷받침하기 위해 「공동주택관리법 시행규칙」을 개정하여 일정 규모 이상의 단지가 연 단위 또는 격년 단위로 아파트 녹지 현황과 관리실태를 보고하도록 의무화할 필요가 있다.

[표 4-17] 공동주택관리정보시스템의 등록대상 및 내용

구분	세부사항	
의무관리 대상	공동주택 관리법	제2조 제1항 제2호 · 300세대 이상의 공동주택 · 150세대 이상으로 승강기가 설치된 공동주택 · 150세대 이상으로 중앙집중식 난방방식(지역난방방식 포함)의 공동주택
	동법 시행령	제2조 · 공동주택 중 입주자등이 2/3이상 서면으로 동의하여 정하는 경우
기록 보관 유지	공동주택 관리법	제31조 · 공동주택의 설계도서 등 보관 및 시설의 교체·보수 등의 내용 기록·보관·유지
	시행규칙	제10조 제1항 · 공용부분 시설물의 교체, 유지보수 및 하자보수 등의 이력관리 관련 서류·도면 및 사진
시스템 등록정보	시행령	제32조 제2항 · 공용부분 시설물의 교체, 유지보수 및 하자보수 등의 시설별 이력관리 사항
	시행규칙	제10조 제2항 · 이력명세, 공사 전·후의 평면도 및 단면도 등 주요 도면, 주요 공사 사진

출처: 「공동주택관리법」 법률 제20385호(2024.3.19., 타법개정); 「공동주택관리법 시행령」 대통령령 제34961호(2024.10.25., 일부개정); 「공동주택관리법 시행규칙」 국토교통부령 제1428호(2024.12.27., 일부개정) 를 참고하여 연구자 작성

■ 「건축물관리법」 관련 기준

「건축물관리법」 제7조제1항제10호는 생애이력정보체계에 포함될 정보로 국토교통부장관이 고시하는 사항을 규정하고 있으며, 동법 시행령 제2조제1항제7호에 따르면 국토부장관이 인정하는 정보라면 조정면적, 수종 정보, 탄소흡수량 등도 포함할 수 있다.

또한 법 제11조제2항제7호는 건축물관리계획의 내용적 범위에 “에너지 및 친환경 성능 관리”를 명시하고 있어, 아파트 녹지의 탄소흡수 기능과 유지관리계획을 관리계획에 포함하는 것도 가능하다.

이와 함께 법 제13조 정기점검 항목에는 “에너지 및 친환경 관리”가 포함되어 있어, 아파트 녹지의 탄소흡수 기능을 평가할 수 있는 점검 지표 신설이 제도적으로 가능하다. 더불어 법 제20조(건축물관리 점검 결과의 보고)와 제8조(건축물 생애이력 정보의 공개 및 활용)에 근거하여, 아파트 녹지 관리점검 결과 및 생애이력 정보를 공개·활용하는 것도 제도적으로 뒷받침된다.

한편, 「건축물관리법」 제17조에 따라 2025년 1월 시행된 ‘건축물관리점검지침’(국토교통부고시 제2024-579호)의 세부사항을 정한 ‘건축물 정기점검 매뉴얼(안)’(2025년 2월)의 제3장 점검세부 항목별 점검내용 중 법규 유지(3.1) 항목에는 대지의 조경(3.1.1), 옥상의 조경(3.1.2), 공개공지 등의 확보(3.1.3), 대지안의 공지(3.1.8), 조경기준(3.1.14) 등이 포함되어 있다.²⁶⁾ 여기서는 해당 조경 공간의 면적 및 용도 등이 사용승인도면대로 유지되고 있는지와 범죄예방 건축기준 고시 관련 내용이 적용되었는지 여부를 점검하고 있다.

■ 「녹색건축물 조성 지원법」 관련 기준

「녹색건축물 조성 지원법」은 건축물의 에너지 및 온실가스 관리를 제도적으로 강화하기 위해 건축물 에너지·온실가스 정보체계의 구축과 운영을 규정하고 있다. 동법 제10조제1항은 국토교통부장관이 건축물의 온실가스 배출량과 에너지 사용량에 관한 정보를 개발·검증·관리하기 위하여 정보체계를 구축·운영하도록 하고 있으며, 제10조제3항은 공동주택의 관리주체가 관련 정보를 제출하도록 의무화하고 있다. 현재 이 체계는 한국부동산원에 위탁·운영되고 있다(「건축물 에너지·온실가스 정보체계 운영규정」 제3조의2).

현행 정보체계는 건축물의 에너지 사용량 및 온실가스 배출량 관리에 초점을 두고 있으나, 향후 아파트 녹지 정보체계가 구축된다면 탄소흡수량 등 녹지의 정량적 정보를 연계하여 통합 관리하는 것이 가능하다. 이를 통해 각 아파트 단지의 순온실가스 배출량(배출-흡수)을 산출하거나, 녹지를 통한 배출 상쇄량(offset)을 정량적으로 제시할 수 있으며, 이는 건물 부문의 온실가스 관리 패러다임을 “배출 최소화 + 흡수 극대화”로 전환하는 데 기여할 수 있다.

한편, 「녹색건축 인증에 관한 규칙」 제12조는 인증기준에 맞게 건축물을 유지·관리할 의무를 규정하고 있으나, 유지관리 이행 여부에 따른 인증 등급 조정이나 점수 반영 기준은 부재하다. 그 결과, 초기 인증 단계에서 우수한 조경계획을 통해 높은 등급을 받았다 하더라도, 이후 관리가 부실해질 경우 이를 재평가하거나 인증 취소로 연결할 수 있는 제도적 장치가 없는 실정이다.

■ 소결

현재 아파트 녹지 관련 정보관리 체계는 단계별·주체별로 분절된 구조로 인해 정합성과 통합성이 부족한 한계를 지니고 있다. 가장 큰 문제는 건설, 인허가, 유지관리 등 단계별로 서로 다른 기관과 시스템에서 별도로 정보가 관리되고 있으며, 이를 종합적으로 연계할 수 있는 통합 데이터베이스나 국가 단위의 정보관리 체계가 부재하다는 점이다.

26) 국토교통부(2025.2.) 건축물 정기점검 매뉴얼(안)

건설 단계에서의 조경 관련 정보는 주로 건축 인허가 도면이나 건축물대장에 일부 기록되지만, 이는 법정 최소 조경면적 준수 여부 등 정량적 요건 확인 수준에 그치고 있다. 건축법령과 지자체 조례는 대지면적 대비 일정 비율 이상의 조경공간 확보를 의무화하고 있으나, 법정 기준만 충족하면 추가 녹지 확충이나 질적 개선을 유도하는 인센티브가 부재하여 실질적 환경 성과로 이어지지 못한다. 또한 준공 이후 해당 정보가 갱신되지 않거나 관리체제로 이관되지 않아, 실제 운영 과정에서의 식재 변화, 고사, 훼손 등의 현황이 반영되지 않는 구조적 한계가 있다.

법령 측면에서도 아파트 녹지의 정의, 관리 범위, 책임 주체가 명확히 규정되어 있지 않다. 과거 「주택건설기준 등에 관한 규정」에서 일부 관련 조항이 존재했으나 2014년 개정으로 삭제되었고, 현재는 「건축법」의 대지의 조경 조항과 지자체 조례에 산발적으로 규정되어 있다. 「공동주택관리법」 또한 녹지를 독립된 관리 대상으로 다루지 않아 관리주체의 법적 책임 및 관리 기준이 불명확하다. 이로 인해 아파트 녹지는 법적 근거의 불명확성, 관리체계의 중복, 관리주체 간 책임 불명확 등의 문제가 상존한다.

정보의 표준화와 정합성 문제도 있다. 단지별 녹지 면적, 수목 현황, 관리이력 등의 정보가 부분적으로 존재하더라도 전국 단위의 표준화된 데이터 구조가 부재하여 단지 간·지역 간 비교나 종합적 분석이 어렵다. 또한 초기 조성 계획과 실제 현황 간의 차이 추적이 불가능하며, 녹지 훼손·감소를 장기적으로 모니터링할 수 있는 체계도 미비하다. 이러한 비표준적 관리체계는 국가 차원의 녹지 총량 파악, 탄소 흡수량 산정, 정책효과 분석을 어렵게 만드는 핵심 요인으로 작용하고 있다.

유지·관리 단계에서도 정보 관리의 한계는 분명하다. 「공동주택관리법」에 근거하여 관리이력이 K-APT(공동주택관리정보시스템)에 일부 등록되지만, 이는 주로 건축물·설비 중심의 항목으로 구성되어 있다. 따라서 수목의 식재 연도, 생육상태, 전정 및 교체 이력, 시기, 고사목 처리 내역 등 녹지관리의 핵심정보는 체계적으로 축적되지 않는다. 그 결과, 중앙정부나 지자체가 단지별 녹지 상태를 객관적으로 파악하거나, 지원·관리의 우선순위를 합리적으로 판단하는 것이 불가능하다.

이상의 문제를 바탕으로 향후에는 다음과 같은 제도적·기술적 개선이 필요하다.

- (통합 녹지정보체계 구축) 건축 인허가, 건축물대장, K-APT 등 기존 분절적 시스템을 연계하여 단지별 녹지정보를 통합 관리하는 국가 단위 데이터 플랫폼 구축
- (표준화된 녹지 인벤토리 구축) 단지별 수목의 수종, 식재연도, 생육상태, 관리이력 등을 표준화된 형식으로 데이터베이스화하고, 정기적 갱신 및 공공 공개체계 마련
- (상시 모니터링 및 정책 연계) 녹지 데이터의 실시간 업데이트 및 공공·민간 협력 기반 모니터링 체계를 구축하여, 도시 단위 탄소흡수량 평가, 열섬 완화 효과 분석, 정책 우선순위 설정 등에 활용

3. 해외 사례 분석

1) 영국

■ 면적 확보

영국은 2019년 의회 차원의 ‘기후 및 환경 비상사태’ 선언 이후, 모든 정부 정책에 탄소중립과 자연기반 해법(Nature-Based Solutions, NbS)의 적용을 의무화하는 체제로 전환하였다. 이와 같은 정책 기조는 법규와 계획 지침에 반영되어 민간 개발사업에서도 충분한 녹지 확보를 유도하는 방향으로 이어졌다.

2021년 개정된 국가계획정책 프레임워크(National Planning Policy Framework, NPPF)는 지속 가능한 개발의 핵심 요소로 그린인프라를 명시하고, 민간 개발사업자와 지방정부가 의무적으로 자연기반해법, 기후변화 적응 및 완화 전략, 녹지 연결성 강화를 고려하도록 규정하였다. 이를 구체적으로 실행하기 위해 UGF(Urban Greening Factor)가 도입되었다.²⁷⁾

2023년 영국 중앙정부는 생태·기후정책 이행 수단으로 그린인프라 프레임워크(Green Infrastructure Framework, GIF)를 마련하였다. GIF는 도시 주거단지를 포함한 지역의 녹지 면적 확보와 접근성 개선을 정책 목표로 설정하고 있으며, 특히 단지 단위의 녹화 수준을 정량적으로 평가하는 UGF를 핵심 도구로 활용한다. 중앙정부는 도시 주거지역의 녹지 피복률을 40% 이상으로 설정하였으며, 지방정부와 민간 개발자가 공동으로 이를 달성하도록 유도하고 있다.²⁸⁾

UGF는 개발 부지의 표면 피복 유형별 생태적 가치를 수치화하여 녹지 제공량과 질을 평가하는 지표이다. 구체적으로 토지 면적 대비 수목 식재면적, 녹지 피복도, 녹지의 질적 수준을 종합적으로 고려해 산출된다.²⁹⁾ 이를 통해 개발 초기 단계부터 녹지 계획을 설계에 통합하도록 하여, 도시 내 녹지 감소를 방지하고 오히려 기능적 녹지 확보를 촉진하는 효과를 거두고 있다.

런던시는 도시계획인 ‘런던 플랜(London Plan)’ 제5장 도시녹화(Policy G5: Urban Greening)에서 각 자치구가 지역 여건에 맞게 UGF를 적용하도록 권장하고 있다. 주거용 개발은 UGF 0.4 이상, 상업용 개발은 0.3 이상을 확보해야 한다.³⁰⁾ 이는 결과적으로 개발 부지의 약 40% 이상을 녹지 또는 수공간으로 확보해야 함을 의미한다.

27) Greater London Authority(2023, <https://www.london.gov.uk/programmes-strategies/planning/implementing-london-plan/london-plan-guidance/urban-greening-factor-ugf-guidance>)

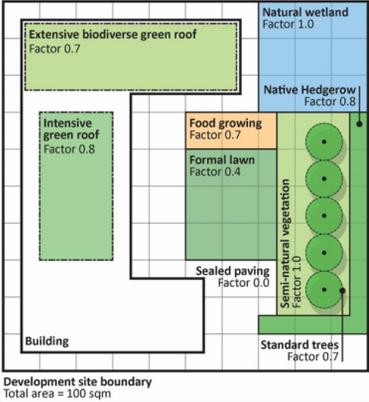
28) Natural England. (2023. <https://www.gov.uk/government/news/natural-england-unveils-new-green-infrastructure-framework>)

29) Natural England. (2023, Urban Greening Factor for England – Summary Report (Natural England Research Report NERR131))

30) 예를 들어, 해크니 자치구는 2033년까지의 지역 계획에서 UGF를 포함하였으며, 월섬 포레스트 자치구도 2020-2035년 지역 계획에 이를 반영(출처: Natural England, 2023, Urban Greening Factor for England – Summary Report.)

또한 런던시는 설계 초기 단계부터 조경 전문가 또는 생태학자의 참여를 권장하고 있으며, 계획안이 UGF 점수를 충족하지 못할 경우 옥상녹화, 벽면녹화, 테라스 조경 등 대체적 녹화 수단을 도입하도록 설계 프로세스를 조정할 수 있게 하고 있다.³¹⁾

[표 4-18] UGF(Urban Greening Factor) 적용 예시

구분	표면 피복 타입	면적 (sqm)	가중치	합계 (sqm)
	semi-natural vegetation	11.00	x 1.0	= 11.00
	Native hedgerow	4.25	x 0.8	= 3.40
	Standard trees	3.93	x 0.7	= 2.75
	Food growing/allotment	2.50	x 0.7	= 1.75
	Amenity grassland	7.50	x 0.4	= 3.00
	Intensive green roof	8.00	x 0.8	= 6.40
	Extensive green roof	12.00	x 0.7	= 8.40
	Wetland/open water	9.00	x 1.0	= 9.00
	Sealed paving	28.75	x 0.00	= 0.00
	Total			= 45.70
	Total Site Area			= 100
	UGF(45.7/100)			= 0.46

출처 : Urban Greening Factor for England User Guide(2023.1)

또한, 영국은 개발허가 과정에서 녹지 확보를 의무화하는 제도적 장치를 활용하고 있다. 지방자치단체는 개발 인허가 시 부지 내 목표 녹지율을 조건으로 부여하며, 이를 충족하지 못할 경우 설계 수정이나 외부 대체 조치를 요구한다.

영국 정부는 모든 정책에서 탄소중립과 자연기반해법의 적용을 의무화하기 위해 2018년 '25년 환경 계획(25 Year Environment Plan)'을 수립하였고, 이를 실행할 수 있는 법적 기반으로 2021년 「환경법 (Environment Act 2021)」을 제정하였다. 이 법에 근거하여 2024년부터 '생물다양성 순증(Biodiversity Net Gain, BNG)' 제도가 본격 시행되었다. 이에 따라 모든 신규 개발사업은 개발 전 대비 최소 10% 이상의 생태가치를 순증시켜야 하며, 동시에 지역 생태계 회복전략(Local Nature Recovery Strategies, LNRS) 수립도 법정화되었다.³²⁾

BNG 제도에 따라 개발사업자는 표준화된 생물다양성 지수를 산출하여 개발 허가 신청 시 제출해야 한다. 목표를 달성하지 못할 경우, 부지 인근이나 외부 지역에 대체 서식지를 조성하는 오프셋(offset)을 통해 보완하도록 규정된다. 이러한 제도를 통해 영국은 녹지 면적 확보에 그치지 않고, 생태적 가치의 질적 향상까지 법적으로 담보하는 체계를 구축하였다.

31) Greater London Authority (2021, <https://www.london.gov.uk/publications/urban-greening-factor>)

32) Department for Environment, Food & Rural Affairs. (2024, <https://www.gov.uk/government/news/new-housing-developments-to-deliver-nature-boost-in-landmark-move>)

■ 설계·조성³³⁾

영국은 건축물 녹지의 질적 수준을 제고하기 위해 친환경 건축 인증 제도인 BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method)을 활용하고 있다. BREEAM의 평가 항목 중 토지이용 및 생태계(Land Use & Ecology) 부문은 개발 전·후 대상 부지와 주변 지역의 생태적 가치를 정량적으로 평가하여, 기존 녹지 보존과 생물다양성 증진을 유도한다.

높은 인증 등급을 받기 위해서는 자격을 갖춘 생태학자(Suitably Qualified Ecologist)를 설계 초기 단계부터 참여시켜 현장 조사를 수행하고, 이를 바탕으로 생태보전 계획을 수립해야 한다. 이를 통해 개발사업자는 설계 단계에서부터 전문가의 조언을 반영하여 녹지공간의 질을 제도적으로 확보하도록 요구받는다.

생태보전 계획에는 옥상벽면녹화, 조류 서식지 조성, 비포장면적 비율 증가, 지역 자생 식물 활용, 자연채광 및 물 순환 시스템 통합 등 다양한 설계 요소가 포함된다. 이를 통해 단순한 녹지 확보를 넘어 생태계 향상에 기여하는 방향으로 공간을 조성한다.

또한 BREEAM은 개발 이후에도 최소 5년 이상의 장기 생태계 관리계획(LE05) 수립을 요구한다. 이 계획에는 조경 및 생태공간의 유지관리 방안뿐 아니라 입주자대표회의나 관리조합의 자율적 녹지 관리 체계 구축, 거주자의 생태환경 활동 참여 여부까지 평가에 반영된다. 이를 통해 준공 이후에도 녹지 공간이 지속적으로 관리·보전되도록 제도적 장치를 마련하고 있다.

나아가 BREEAM 인증 결과는 건축물 분양이나 임대 과정에서 시장 경쟁력 확보 수단으로 활용되므로, 민간 사업자 역시 높은 등급을 취득하기 위해 녹지의 양과 질을 적극적으로 개선하는 경향이 있다. 이처럼 BREEAM은 설계·시공 단계뿐 아니라 운영·관리 단계까지 녹지의 질적 수준을 담보하는 체계적 장치로 기능하고 있다.

[표 4-19] BREEAM 토지이용 및 생태계(Land Use and Ecology) 부문 주요 평가 항목

개발	항목	주요 평가 내용
LE01	부지 선택 (Site Selection)	· 개발 부지가 이전에 개발된 지역(브라운필드)인지 평가 · 기존 생태적 가치가 낮은 부지의 활용을 장려
LE02	생태적 가치 및 특징 보호 (Ecological Value of Site and Protection of Ecological Features)	· 적절한 자격을 갖춘 생태학자(SQE)에 의한 초기 생태학적 평가 수행 · 부지 내 기존 생태적 특징(동식물 서식지)의 보호 계획 수립
LE03	생태계에 미치는 영향 관리 (Managing Impacts on Ecology)	· 개발 과정에서 생태계에 미치는 부정적 영향 최소화 방안 마련 · 피해 회피, 보호, 영향 감소, 보상, 향상의 우선순위로 구성된 완화 계층 (Mitigation Hierarchy) 적용
LE04	현장 생태계 강화 (Enhancing Site Ecology)	· 개발 후 생태적 가치 향상을 위한 조치 토종 식물 도입, 서식지 복원 등) 계획 수립 · 생태적 가치 변화 계산기를 활용한 정량적 평가
LE05	장기적 생태계 유지 및 관리 (Long Term Ecology Management and Maintenance)	· 최소 5년 이상의 생태 관리 및 유지 보수 계획 수립 · 생태 및 생물다양성 관리 계획(Landscape and Ecology Management Plan) 작성 및 시행

출처 : Building Research Establishment Ltd. (2018, <https://kb.breeam.com/section/new-construction/uk/2018/08-land-use-and-ecology-2018/>)를 참고하여 연구자 작성

33) Building Research Establishment Ltd. (2018, <https://kb.breeam.com/section/new-construction/uk/2018/08-land-use-and-ecology-2018/>)를 바탕으로 재구성

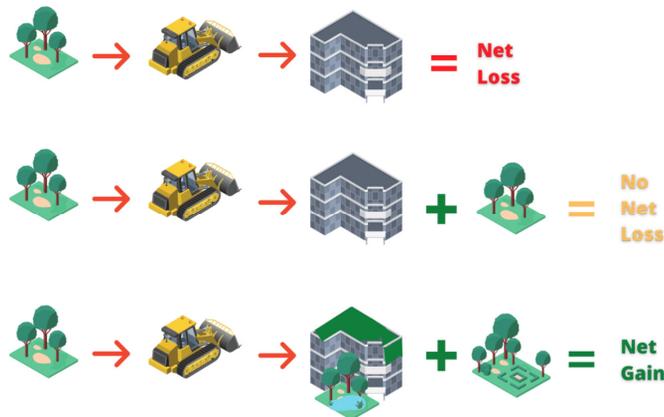
■ 유지관리³⁴⁾

영국은 시공 이후의 유지관리 단계에서도 법제도적 장치를 통해 녹지의 생태 가치를 보전·강화하고 있다. 2021년 제정된 「환경법」에 근거하여 2024년 2월부터 시행된 생물다양성 순증(Biodiversity Net Gain, BNG) 제도는 모든 개발사업이 개발 전 대비 최소 10% 이상의 생물다양성 가치를 순증을 달성하도록 의무화하고 있으며, 이를 입증하기 위한 생물다양성 지수를 개발 허가 신청 시 제출하도록 하고 있다.

생물다양성 가치 산정에는 Natural England가 개발한 공식 측정 도구인 Biodiversity Metric 4.0이 활용된다. 이 도구는 대상지 서식지의 면적, 유형, 질, 위치를 종합적으로 고려하여 Biodiversity Units를 산출하고, 개발 전·후의 값을 비교하여 순증 수치를 계산한다. 순증 달성을 위한 방법으로는 대상지 내부 생태복원 또는 개선(on-site), 인근 또는 별도 부지에서의 생태복원(off-site), 정부가 지정한 법정 생물다양성 크레딧(Statutory Biodiversity Credits) 구매 등이 인정된다.

특히 BNG 제도는 개발 완료 이후에도 최소 30년간 유지·관리 의무를 법적으로 부여한다. 즉, 개발 과정에서 식재한 수목이나 조성된 습지 등이 30년 이상 지속적으로 유지되지 않을 경우 법 위반에 해당하며, 개발자는 지방정부와의 약정을 통해 보전관리 계획서를 제출하고, 이를 이행하기 위해 플래닝 어그리먼트(Section 106) 또는 보전 계약서에 서명하여 장기 관리 의무를 명문화해야 한다.³⁵⁾ 지방정부는 정기적으로 이행 여부를 모니터링하고, 미준수 시 제재를 부과할 수 있다. 이러한 제도는 녹지 공간이 단기적 조성에 그치지 않고, 장기적으로 탄소흡수원 및 생태 서식지 기능을 안정적으로 수행하도록 보장한다.

아울러 영국은 주민 참여형 관리도 장려하고 있다. 예를 들어 BREEAM 평가 항목에서는 입주민의 커뮤니티 가드닝, 생태 프로그램 참여 여부 등을 가점 요소로 반영한다. 이를 통해 주민들이 단지 내 정원 가꾸기, 생태 모니터링 활동에 직접 참여하도록 유도하여, 단지 차원의 생태 관리에 대한 주민 애착과 자발적 관리 역량을 제고하고 있다.



[그림 4-5] 생물다양성 순증(BNG) 제도 개념

출처: Natural England. (2022, p.5)

34) Department for Environment, Food & Rural Affairs. (2024a, <https://www.gov.uk/guidance/biodiversity-net-gain>) 및 Natural England(2022)를 바탕으로 연구진 작성

35) Joe's Blooms(2024, <https://www.joesblooms.com/guide/biodiversity-net-gain>)

■ 소결

영국은 UGF → BREEAM → BNG로 이어지는 연속적 정책 수단을 통해 녹지 면적 확보, 생태적 질 향상, 장기적 유지·관리까지 포괄하는 다층적 제도를 구축하였다. 이러한 체계는 도시 내 민간 개발부지의 녹지에도 공공녹지에 준하는 생태적 가치를 부여하고, 나아가 기후변화 대응과 생물다양성 증진이라는 국가적 목표 달성에 기여한다.

영국 사례에서 도출할 수 있는 주요 시사점은 다음과 같다. 첫째, 전문지식의 활용이다. 개발 초기 단계부터 생태학자 등 전문가의 참여를 제도화하여, 설계 단계에서부터 탄소흡수 및 생태기능을 극대화할 수 있도록 지원한다. 둘째, 법적 의무와 인증제도의 병행이다. 법률에 의한 의무 규정(UGF·BNG)과 시장 기반의 인증제도(BREEAM)를 함께 운영함으로써, 녹지의 양(면적)과 질(생태적 가치)을 동시에 관리한다. 셋째, 책임 있는 장기 관리체계 구축이다. BNG 제도를 통해 개발 이후 30년간의 유지·관리 의무를 부과함으로써, 녹지가 단기적 성과에 그치지 않고 지속적으로 탄소흡수원 및 서식지로 기능하도록 보장한다.

이를 종합하면, 영국은 단순한 녹지 조성에서 나아가 생태적 가치 기반의 정량적 관리와 장기적 유지 체계를 결합한 선진적 모델을 제시하고 있다.

2) 일본

■ 면적 확보

일본은 「도시녹지법」을 통해 주거 단지를 포함한 건축물의 녹화 면적, 질적 수준, 유지·관리 등에 관한 사항을 규정하고 있으며, 세부 기준은 각 지자체의 조례를 통해 구체화되고 있다.

건축 관련 제도는 일반설계와 종합설계로 구분된다. 일반설계는 「건축기준법」상 법정 기준을 준수하는 통상적인 설계를 의미하며, 일률적인 규제에 따라 계획된다. 반면 종합설계는 일정 규모 이상의 대지에서 공공성이 있는 공간을 제공할 경우, 규제 완화를 통해 창의적인 설계와 도시환경 개선을 유도하는 제도이다.

도쿄도의 사례를 보면, 일반설계 기준에서는 지상 대지 면적의 20%, 옥상 면적의 20%를 녹화해야 하며, 종합설계 기준에서는 이 비율이 부지면적이 1,000~5,000㎡인 경우 30%, 5,000㎡ 이상인 경우 35%로 상향된다.

[표 4-20] 일본 도쿄도 건축물 녹화 기준

구분	일반설계 기준	종합설계 기준	
		부지면적 1,000㎡이상 5,000㎡ 미만	부지면적 5,000㎡ 이상
지상부 녹화기준	A : (부지면적 - 건축면적) × 20% B : {부지면적 - (부지면적 × 건폐율 × 0.8)} × 20% A와 B 중 작은 면적 이상	(부지면적-건축면적) × 30% 이상 단, 수목 식재 면적만 산입 가능하며 잔디나 화초만 있는 부문의 녹화면적은 인정되지 않음	(부지면적-건축면적) × 35% 이상 단, 수목 식재 면적만 산입 가능하며 잔디나 화초만 있는 부문의 녹화면적은 인정되지 않음
옥상부 녹화기준	옥상면적 × 20% 이상	옥상면적 × 30% 이상	옥상면적 × 35% 이상
접도부 녹화기준	접도부 녹화 길이 ≥ 접도 길이 × 접도부 녹화 기준율 접도부 녹화 기준율 : 1,000㎡이상은 50~80%, 1,000㎡미만은 30~60%		

출처 : 윤은주 외(2024a, p.56)을 참고하여 연구자 작성

「도시녹지법」 제34조 녹화지역제도(綠化地域制度)에 근거하여 녹지가 부족한 시가지 등에서 일정 규모 이상의 건축물을 신축 또는 증축할 경우 부지 면적의 일정 비율을 녹화하도록 의무화하고 있다.³⁷⁾ 적용 대상은 1,000㎡ 이상 건축물을 신축·증축할 경우이며, 증축의 경우 바닥면적이 20% 이상 증가할 때 해당된다. 다만, 지자체장은 조례를 통해 300~1,000㎡ 범위 내에서 적용 기준을 달리 설정할 수 있다. 원칙적으로 건축물에 적용되는 녹화율은 도시계획에서 제시하는 최소 기준 이상을 충족해야 한다. 이 최저한도는 부지면적의 25% 또는 (100-건폐율-10%) 중 작은 값을 적용한다. 특히, 녹화지역제도가

36) 고목은 성목(成木)의 높이가 3m 이상의 수목(식재시 2m 이상), 중목은 성목(成木)의 높이가 2m 이상의 수목(식재시 1.2m 이상), 저목은 식재시 0.3m 이상 수목(대나무는 저목에 포함)

37) 윤용한 외(2010), 「일본의 건축물 녹화 관련 제도 연구」; 원자료: 東京における自然の保護と回復に関する条例 施行規則 (www.kankyo.metro.tokyo.lg.jp/basic/guide/nature/protection_recovery1.html)을 참고하여 연구자 작성

적용되는 건축물의 경우 단순 면적이 아니라 식재 당시 수목이나 지피식물의 수관 투영면적을 녹화면적으로 산정한다. 이는 단순 녹지 면적이 아니라 수목 식재의 양적·질적 풍부함을 반영하는 제도로, 키 큰 나무를 심을수록 법적 요구 충족에 유리하도록 설계되어 있다.

이러한 제도적 장치로 인해 개발 사업자에게 일정한 부담이 발생하더라도, 도시환경 개선, 탄소중립, 열섬완화, 미세먼지 저감 등 공익적 가치를 창출한다는 사회적 합의가 형성되어 있다. 또한 「도시녹지법」 제39조에 근거한 지구계획 등 녹화율 조례 제도(地区計畵等綠化率條例制度)를 통해 기초자치단체는 구역 내 건축물 신축 시 일정 비율 이상의 녹화를 의무화할 수 있으며, 일부 지자체는 법정 기준을 강화하여 적용하고 있다.³⁸⁾

그 결과 일본의 대도시 신규 주거단지에서는 법정 최소기준인 20~25%를 상회하는 풍부한 녹지 공간 확보가 일반화되어 있다.

■ 설계·조성³⁹⁾

일본은 건축환경종합성능평가체계(Comprehensive Assessment System for Built Environment Efficiency, CASBEE)라는 독자적인 녹색건축인증 제도를 운영하여 주거단지 녹지의 질적 향상을 도모하고 있다. CASBEE는 건축환경효율을 의미하는 BEE 지표를 기반으로 건축물의 성능을 평가하며, 이는 건축환경 품질(Q)과 건축환경 부하(L) 항목으로 구성된다. Q/L 비율이 높을수록 우수한 건축물로 평가되며, Q는 건축물 내부 공간의 생활편의성과 쾌적성을, L은 건축물이 외부 환경에 미치는 부정적 영향을 각각 측정한다.

CASBEE는 일본 국토교통성이 개발 과정에 직접 참여하였으며, 현재는 일본 지속가능건축컨소시엄(JSBC)이 산·학·관 협력을 통해 운영을 담당하고 있다. 특히 지방자치단체 차원의 제도적 연계가 활발하여, 현재 24개 도시에서 건축환경계획 제도(SBRS)의 평가 기준으로 CASBEE를 공식 채택하고 있다. 이러한 지자체들은 일정 규모 이상의 신축 건물에 대해 CASBEE 자체평가 결과 제출을 의무화하거나, 인센티브 제도와 연계하여 계획 단계부터 녹지 조성 및 생태계 보전(Q3)을 고려하도록 유도하고 있다. 예를 들어 나고야시, 요코하마시는 건축허가 신청 시 CASBEE 평가 결과 제출을 요구함으로써 개발사업자가 자연환경 보전 및 녹화계획을 필수적으로 검토하도록 하고 있다.

CASBEE 평가 항목은 실내 환경(Q1), 서비스 품질(Q2), 외부환경(Q3)으로 구성된다. 이 가운데 Q3 항목은 건축물 부지 내에서의 외부 공간 환경 품질을 정량적·정성적으로 평가하는 항목으로, 생물서식 공간(비오톱)의 보전·창출, 주변 경관과의 조화, 옥상녹화 등 녹지조성, 야외 공간의 쾌적성 등을 종합적으로 포함한다. 이를 통해 CASBEE는 단순한 건물 단위의 친환경성을 넘어, 부지 차원의 녹지·생태적 가치 제고까지 평가하는 제도로 자리 잡고 있다.

38) 윤용한 외(2010), 「일본의 건축물 녹화 관련 제도 연구」를 참고하여 연구진 작성

39) Institute for Building Environment and Energy Conservation(2014, CASBEE for Building)를 바탕으로 연구진 작성

[표 4-21] CASBEE 건축물 부지 외부환경 품질(Q3) 평가 체계

구분	주요 내용	
운영 주체	• 일본 지속가능건축 컨소시엄(JSBC) / IBEC(국토교통성 지원)	
평가항목	Q3-1	비오톱의 보전 및 창출 • 토착 생물의 서식이 가능한 식생 환경 제공 여부 평가 • 신축 건물의 경우 잠재적 생물 서식 가능성에 중점
	Q3-2	경관 및 도시조직과의 조화 • 도시 맥락 내에서 경관을 해치지 않고 주변 지역과 조화되는 설계 여부 및 경관 지침 준수 여부를 평가
	Q3-3	지역성 및 외부 쾌적성 향상 • 지역문화, 역사, 커뮤니티 활동 지원을 위한 공간 제공 여부와 도시 열섬 저감 방안의 적용 수준을 평가
주요 평가 내용	생물환경 보전·창출	• 주변 생태계를 고려한 비오톱 계획, 기존 자연 보전
	경관 및 조화	• 배치, 형태, 생태가 주변 경관과 조화, 수목 식재를 통한 심미적 경관 형성
	옥상 및 벽면 녹화	• 외부 녹지율, 건물 녹화를 산정(녹지면적지수)
	야외 환경 쾌적성	• 일조, 바람길 고려, 휴식공간 및 옥외 편의시설 제공 등
평가 방식	• 정량적·정성적 평가 방식을 혼합하여 각 세부항목을 1~5단계로 평가	
정책 연계 및 특징	• 국토교통성 주도 개발, 지자체 건축환경계획과 연동 의무화 • 탄소중립·생물다양성 국가전략 반영(2050 탄소중립, 생물다양성 전략 2030 등) • 평가결과를 BEE 그래프로 시각화, LCCO2 산정 병행(전과정 탄소 배출 평가)	

출처 : Institute for Building Environment and Energy Conservation. (2014)를 참고하여 연구진 작성

■ 유지·관리

일본의 경우 아파트 단지 녹지 관리는 준공 이후 법적 강제보다는 관리 주체의 자율에 의존하는 구조를 갖고 있다. 국토교통성은 표준적인 「マンション管理 규약(공동주택 관리규약)」⁴⁰⁾을 제시하여, 각 콘도 미니엄 입주자들이 이를 토대로 자체 관리규약을 제정하도록 유도한다. 해당 표준안에는 단지 내 모든 공유시설은 관리조합의 유지·관리 책임에 포함된다고 명시되어 있으며, 조정공간 역시 관리조합의 관리 범위에 속한다. 그러나 전문적인 녹지 관리 조직의 설립 의무나 정부의 직접 개입은 규정하지 않고, 어디까지나 자율관리에 맡기는 체계이다.

그럼에도 불구하고 일본의 공동주택 단지들은 전문 관리회사에 조경관리를 위탁하는 경우가 많아, 녹지 유지관리 수준이 비교적 높은 편이다. 국토교통성은 관리조합을 지원하기 위해 맨션관리센터 등을 통해 조경관리 컨설팅 및 교육을 제공하고, 우수 관리사례를 발굴·공유하는 간접지원 정책을 운영한다. 일부 지자체(요코하마시)는 녹지관리 인증제를 시범 도입하여 단지의 유지관리 수준을 평가·인증하고 인센티브를 제공하는 제도를 실험적으로 시행하고 있다.

■ 소결

일본의 아파트 단지 녹지 제도는 다층적 관리체제로 요약할 수 있다. 첫째, 개발 단계에서는 「도시녹지법」 및 「건축기준법」을 통해 법적으로 녹지의 최소 확보량을 강제하여 충분한 녹지를 보장한다. 둘째, 설계·조성 단계에서는 CASBEE 등 인증제도와 지침을 통해 녹지의 질적 수준을 제고하고, 생태계 배려를 제도적으로 유도한다. 셋째, 유지·관리 단계에서는 관리조합의 자율적 책임을 전제로 하되, 정부는 표준규약·교육·컨설팅 등 간접적 지원을 제공하며, 일부 지자체는 인증제와 인센티브를 통해 관리 수준 향상을 촉진한다.

40) 国土交通省. (2016). マンション標準管理規約 (単棟型)

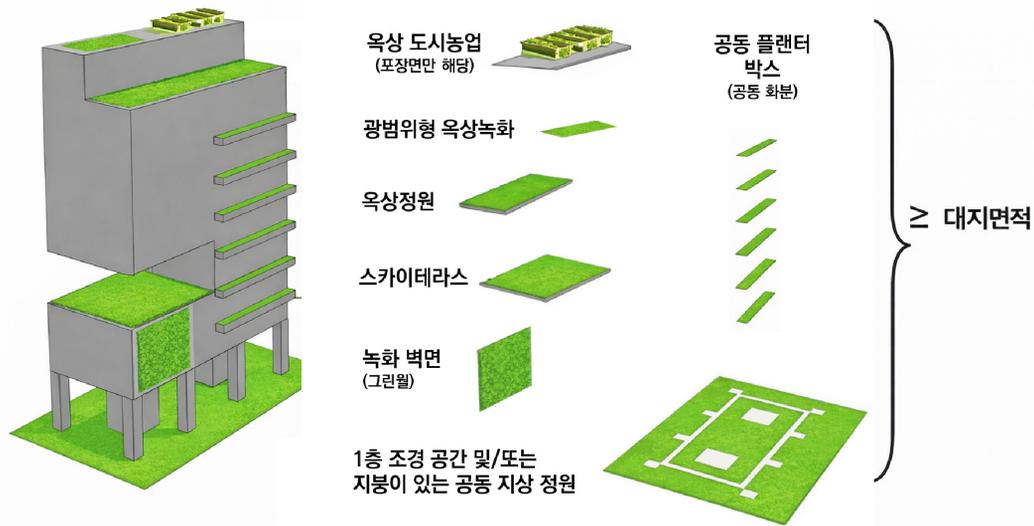
우리나라와 비교할 때, 일본은 녹지 면적 확보의 법적 강제성이 더 높다는 점에서 차별성을 가지며, 유지관리 단계에서는 자율 관리라는 점에서 유사하지만, 일본은 정부와 지자체가 가이드라인·교육·컨설팅·인증제도 등을 통해 지원 체계를 갖추고 있다는 점에서 한층 발전된 구조를 보이고 있다. 이는 우리나라가 향후 아파트 녹지 관리체계를 개선할 때, 단순 자율에 맡기는 방식을 넘어 정부의 정책적 지원과 제도적 유인책을 결합할 필요가 있음을 시사한다.

3) 싱가포르

■ 면적 확보⁴¹⁾

싱가포르는 초고밀도 도시환경에서도 충분한 녹지공간을 확보하기 위해 강력한 인센티브 정책과 엄격한 법정 기준을 병행하는 전략을 구사하고 있다. 대표적으로 2009년부터 시행된 LUSH (Landscaping for Urban Spaces and High-Rises) 프로그램은 민간 개발사업에 녹지 조성을 유도하는 제도이다. LUSH에 참여하는 개발사업은 옥상정원, 벽면녹화 등 추가적인 녹지를 조성할 경우 용적률 보너스를 받을 수 있어, 고층 건축물에서도 입체 녹화를 적극적으로 도입하도록 장려된다.

2017년 도입된 LUSH 3.0에서는 한층 강화된 기준을 마련하여, 개발부지 면적의 100%에 해당하는 조경공간 확보를 요구하고, 이 중 최소 40% 이상은 실제 식재가 이루어진 녹지로 조성하도록 의무화 하였다. 특히 경관대체구역(Landscape Replacement Area, LRA) 제도의 적용을 통해 옥상정원, 벽면녹화, 테라스 조경 등 건축물의 수직적 녹화 요소까지 합산해 녹지면적 산정이 가능하므로, 고밀·고층 개발에서도 부지 면적 상당의 녹지공간을 입체적으로 창출할 수 있도록 유도한다.



[그림 4-6] 경관대체구역(LRA) 녹지 유형

출처: Urban Redevelopment Authority. (2009, p.1)을 바탕으로 연구진 재작성

또한 싱가포르는 녹지의 질적 수준까지 체계적으로 관리하기 LRA를 제공하는 개발사업에 대해 녹지 밀도 지표(Greenery Provision Ratio, GnPR)를 도입하였다. GnPR은 개발부지에 조성된 조성된 총 식생 앞면적을 부지면적으로 나눈 값으로, 녹지가 얼마나 풍부하고 울창한지를 정량적으로 보여주는 지표이다. 총 앞면적은 수종별 입면적지수(LAI), 수관 면적, 식재 수량을 기반으로 산출되며, 개발지가 속한 지역의 GPR(Green Plot Ratio) 기준과 LRA 적용 여부에 따라 목표치가 달라진다.

41) Urban Redevelopment Authority. (2009)를 바탕으로 연구진 재구성

$$GnPR = \frac{\text{Total Leaf area of greenery counted as Landscape Replacement (softscape)}}{\text{Total site area of development}}$$

[수식 4-4] GnPR 계산 공식

출처: Urban Redevelopment Authority. (2009, p.3)

LUSH 3.0에 따라 도심 전략 지역 내 개발은 GnPR 4.0 이상을 달성해야 하며, 기타 지역도 개발 규모에 따라 3.0~3.5 이상의 기준을 충족해야 한다. 예를 들어 GnPR 4.0은 개발부지 면적의 4배에 해당하는 총 잎면적을 의미하며, 이는 단순한 녹지 면적 확대를 넘어 수직적 녹화의 양과 생태적 풍부함까지 정량화하여 관리할 수 있게 한다.

특히 싱가포르 주택개발위원회(Housing and Development Board, HDB)는 모든 주택단지에 양질의 녹지를 제공하기 위해 2016년부터 GnPR 기준을 4.5 이상으로 상향하고 의무화하였다. 2016년 이전에는 3.5~4.0 수준이 권장 기준이었으나, 이를 강화하여 모든 주택단지가 부지 면적의 4.5배 이상에 해당하는 총 잎면적을 확보하도록 한 것이다. 이러한 기준 강화는 초고밀 주거환경에서도 생태적 질을 담보한 녹지 조성을 제도적으로 보장하기 위한 조치라 할 수 있다.

[표 4-22] 싱가포르 개발사업 유형별 GnPR 요구사항 및 계산방식

개발사업 유형	총 잎면적 최소 요구사항	LUSH3.0 기준 최소 GnPR 요구사항
전략 지역 내 개발	40%	4.0
전략 지역 외부의 개발 (GPR ≥ 2.8)	40%	4.0
전략 지역 외부의 개발 (1.4 ≤ GPR ≤ 2.8)	35%	3.5
전략 지역 외부의 개발 (GPR ≤ 1.4)	30%	3.0

DECLARATION OF GREEN PLOT RATIO						
Category	Unit	Sub-category	LAI Value	Canopy Area/m ²	Qty/Planted area	LEAF Area
			(A)	(B)	(C)	(A)x(B)x(C)
Trees	no	Open Canopy	2.5	60	No.	
	no	Intermediate Canopy	3.0	60	No.	
	no	Dense Canopy	4.0	60	No.	
	no	Intermediate columnar canopy	3.0	12	No.	
Trees	m ²	Planted at ≤ 2.0m trunk to trunk	(as above)	NA	m ²	
Palms	no	Solitary	2.5	20	No.	
	no	Cluster	4.0	17	No.	
Palms	m ²	Solitary(trunk to trunk ≤ 2m)	2.5	NA	m ²	
Shrubs	m ²	Monocot	3.5	NA	m ²	
	m ²	Dicot	4.5	NA	m ²	
Turf	m ²	Turf	2.0	NA	m ²	
Vertical greenery	m ²		2.0	NA	m ²	
(X) Total Leaf Area (m ²)						
(Y) Site Area						
(X / Y) Green Plot Ratio						

출처: Urban Redevelopment Authority. (2009, p.3)

■ 설계·조성

싱가포르 건설청(Building & Construction Authority, BCA)은 2005년부터 건축물의 환경 성능을 종합적으로 평가하는 'BCA 그린 마크(Green Mark)' 인증 제도를 운영해왔다. 이 제도는 건축물의 전 생애주기에 걸쳐 에너지 효율, 환경적 영향, 지속가능성 등의 성과를 평가하여 인증 등급을 부여하는 시스템이다. 2008년부터는 연면적 2,000㎡ 이상의 신축 건축물에 대해 인증을 의무화함으로써 규제적 성격을 강화하였으며, 이를 통해 건축 부문의 지속가능성을 제도적으로 확대해왔다.⁴²⁾

2021년 BCA는 「Singapore Green Plan 2030」과 유엔 지속가능발전목표(SDGs)에 부합하도록 'BCA Green Mark 2021'을 발표하였다. 이는 기존 인증 기준을 대폭 개정하여, 건축물의 탄소중립적 설계와 기후변화 대응을 핵심 목표로 설정하였다. 특히 건물의 에너지 성능과 환경적 지속가능성에 대해 기존보다 한층 높은 수준의 기준을 요구하고 있다.

BCA Green Mark 2021은 국제적 친환경 건축 기준에 부합하도록 설계되었으며, 탄소 저감, 유지관리 용이성, 스마트 기술 도입, 기후변화 회복탄력성, 사용자의 건강 및 웰빙 등 다섯 가지 평가 요소를 중심으로 한다. 구체적으로 건축물의 생애주기 동안 환경 성능이 장기적으로 유지될 수 있는 설계를 요구하고, 설계 단계에서는 탄소발자국 최소화를 명확히 반영하도록 하고 있다. 또한 IoT 기반의 스마트 기술 도입, 실내환경 개선을 통한 건강 및 웰빙 증진 등을 강조하여 건축 설계의 질적 수준 향상을 촉진한다.

이와 함께 싱가포르 정부는 「Singapore Green Plan 2030」의 일환으로 'Singapore Green Building Masterplan(SGBMP)'을 수립하였다. 이 계획은 BCA와 싱가포르 그린빌딩협의회(Singapore Green Building Council, SGBC)의 공동 협력으로 마련되었으며, 2030년까지 싱가포르 건축물 연면적(GFA)의 최소 80%를 그린빌딩으로 전환한다는 목표를 제시하고 있다. 또한 신규 개발의 80% 이상을 초저에너지(Super Low Energy) 기준으로 건설하며, 최상위 등급 건축물은 80% 이상의 에너지 효율 성능을 달성하는 이른바 '80-80-80 목표'를 설정하여 적극적으로 추진하고 있다.⁴³⁾

[표 4-23] 싱가포르 Greem Mark 2021 주요 내용

구분	세부 평가 요소 및 내용	아파트 녹지와와의 관련성
에너지 효율 (Energy Efficiency-Operational Carbon)	<ul style="list-style-type: none"> 건축물 운영 과정에서의 탄소배출 저감을 위한 에너지 효율성 평가 에너지사용강도(EUI) 기준을 설정하고 최소 요구 사항을 충족하도록 요구 고효율 냉방설비, 고성능 조명 및 자연채광 설계 등으로 효율성 극대화 평가 	<ul style="list-style-type: none"> 녹지를 통해 아파트 단지의 미기후 개선 및 건물 에너지 효율 향상 식생을 통해 직사광선 차단, 주변 온도 저감으로 냉방에너지 수요 감소 유도 옥상 및 벽면 녹화 등 입체녹화로 건물 단열 성능을 강화하여 운영 에너지 효율 향상

42) Building and Construction Authority., Singapore (2021a, <https://www1.bca.gov.sg/buildsg/sustainability/green-mark-certification-scheme>)

43) Building and Construction Authority. (2021d, <https://www1.bca.gov.sg/buildsg/sustainability/sgbmp>)

구분	세부 평가 요소 및 내용	아파트 녹지와와의 관련성
지속가능성 (Sustainability Sections)	탄소 <ul style="list-style-type: none"> • 건축자재의 내재탄소 최소화 • 건축물 전 과정(사공 및 해체 포함)에서 탄소 발자국 저감 설계 및 관리 	<ul style="list-style-type: none"> • 녹지는 생애주기 전 과정에서 탄소흡수원을 제공하여 건물의 운영 탄소 배출량 저감 • 수목 선정 시 내재탄소가 낮고 탄소흡수능력이 우수한 토착 수종 선택 중요
	건강 및 웰빙 <ul style="list-style-type: none"> • 건물 이용자의 신체적, 정신적, 사회적 웰빙을 고려한 설계 및 실내환경 평가 	<ul style="list-style-type: none"> • 녹지공간은 거주자의 정신적, 신체적, 사회적 웰빙을 촉진하는 핵심 요소
	지능형 관리 <ul style="list-style-type: none"> • IoT 센서, 데이터 분석 및 빌딩관리시스템을 활용한 스마트 건축 관리 및 에너지 절감 	<ul style="list-style-type: none"> • 스마트 기술을 활용한 녹지 관리시스템 도입으로 효율적인 녹지 유지관리 가능
	유지·관리 <ul style="list-style-type: none"> • 유지보수의 용이성 및 경제성을 높이기 위한 설계(DfM) • 생애주기비용(LCC) 절감을 위한 구체적 유지관리 계획 수립 	<ul style="list-style-type: none"> • 유지관리 용이성을 고려한 조경설계를 통해 녹지 공간의 장기적 품질 및 기능 유지 • 관리 편의성을 고려한 내구성 있는 식재 기반 및 유지관리 용이한 수종 선택 필요
	회복탄력성 <ul style="list-style-type: none"> • 기후변화와 자연재해 등 외부 충격에 대한 건물의 대응능력 평가 및 자연기반솔루션(NbS) 적용 	<ul style="list-style-type: none"> • 녹지는 기후변화 대응 및 도시 회복력 향상에 핵심 역할 수행 • 자연기반솔루션을 녹지 설계에 반영하여 기후변화 적응력 제고

출처 : Building and Construction Authority. (2021a)

■ 유지·관리

그린마크 2021은 유지관리(Maintainability) 항목을 통해 건축물과 부지의 장기 관리계획을 종합적으로 평가한다. 여기에는 조경시설의 접근성과 보수 용이성, 유지관리 예산 계획 등이 포함된다. 특히 녹지가 풍부한 건축물에 대해서는 ‘유지관리 배지(Maintainability Badge)’를 별도로 수여하여, 일정 수준 이상의 장기 관리방안을 갖춘 경우 추가 가점을 부여한다. 이는 녹지를 단순히 조성하는 것에 그치지 않고, 체계적으로 관리할 수 있는 설계·운영 능력까지 확보하도록 유인하는 장치이다.⁴⁴⁾

싱가포르의 인센티브 제도 또한 유지관리와 연계하고 있다. 예를 들어 LUSH 프로그램을 통해 용적률 보너스를 부여받은 개발사업의 경우, 준공 이후 일정 기간 동안 녹지가 훼손되거나 관리 미흡이 확인되면 인센티브가 환수되거나 승인이 취소될 수 있다.⁴⁵⁾ 이를 통해 개발자에게 사후관리 책임을 부여하고, 녹지 관리의 지속성을 제도적으로 담보한다. 이러한 접근은 인증제도와 인센티브를 결합하여, 개발자로 하여금 녹지 조성을 단순 비용이 아닌 가치 창출 수단으로 인식하도록 전환시켰다. 실제로 2020년까지 LUSH 프로그램을 통해 민간 개발만으로도 약 130ha 이상의 추가 녹지공간을 확보하는 성과를 거두었다.

44) Building and Construction Authority. (2021c, https://www1.bca.gov.sg/docs/default-source/docs-corp-buildsg/sustainability/20211026_mt-section-rb-technical-guide.pdf)

45) Urban Redevelopment Authority. (2009, <https://www.ura.gov.sg/Corporate/Guidelines/Circulars/lushprogramme>)

[표 4-24] BCA green mark 2021 유지관리 평가 기준 중 섹션5 조경에 관한 세부 지침

구분	세부 평가 내용	관련 전문가
5.1 소프트스케이프 (Softscape)	• 자동 관개 시스템 도입 등으로 노동 집약적인 관개 작업을 줄여 유지관리 효율성 향상	조경 설계자
5.2 하드스케이프 (Hardscape)	• 수중 조명 시스템의 유지관리 접근성 확보 • 야외 조경 가구의 손상 방지 • 데크 하부의 유지관리 접근성 확보	건축가, 조경 설계자
5.3 수직 녹화 (Vertical Greenery)	• 식물 교체 및 유지관리를 위한 접근성 확보	건축가, 조경 설계자, 파사드 컨설턴트
5.4 옥상 및 스카이트라스 (Roof and Sky Terraces)	• 옥상 및 스카이트라스의 조경 유지관리를 위한 접근성 확보	건축가, 조경 설계자
5.5 수변 구조물 (Water Retaining Structures)	• 수영장 및 수변 시설의 누수 방지 및 유지관리 접근성 확보	건축가, 구조·시공 컨설턴트
5.6 독립 구조물 (Standalone Structures)	• 야외 독립 구조물의 물 고임 방지 및 천장 패널의 변형 방지	건축가, 조경 설계자

출처 : Building and Construction Authority(2021c)

■ 소결

싱가포르 사례는 다음과 같은 시사점을 제공한다. 첫째, 인센티브 기반 민간 참여 확대이다. 용적률 보너스 등 경제적 유인을 통해 민간 개발자가 자발적으로 녹지를 확보·조성하도록 유도하였다. 둘째, 법정 지표를 통한 질적 관리이다. GnPR(Greenery Provision Ratio)과 같은 정량 지표를 통해 단순 면적 확보를 넘어 녹지의 질적 수준까지 체계적으로 관리하였다. 셋째, 인증제도의 유지관리 연계이다. 그린 마크 인증에서 유지관리까지 평가하여, 조성된 녹지가 장기적으로 지속 가능한 탄소흡수원 및 생태 인프라로 기능하도록 보장하였다.

종합하면, 싱가포르는 설계-조성-유지관리에 이르는 전 과정에서 법적 지표·인센티브·인증제도를 상호 연계하는 다층적 관리체계를 구축함으로써, 초고밀도 도시환경에서도 민간 녹지를 효과적으로 확보·관리하는 모델을 제시하고 있다. 이는 우리나라가 아파트 단지 녹지 관리체계를 개선하는 과정에서, 단순 면적 기준을 넘어 질적 지표 도입, 인센티브와 사후관리 결합, 인증제도의 장기 관리 연계를 고려해야 함을 시사한다.

4. 소결

■ 면적 확보

우리나라는 「건축법」과 지자체 조례에 따라 대지면적의 5~15% 수준의 조경공간 확보를 의무화하고 있다. 대규모 개발사업의 경우 「환경영향평가법」에 따른 생태면적률 제도(구도심 30%, 신규개발지 40%)를 적용받고 있으나, 이는 정량적 기준에 국한되어 있고 정주지 탄소흡수 기능을 직접 고려하지는 못하고 있다.

반면, 해외 주요 국가는 탄소중립과 생물다양성 증진을 핵심 목표로 삼아 양적 확보와 질적 향상을 결합한 녹지 확보체계를 제도화하고 있다. 영국은 2019년 '기후 및 환경 비상사태'를 선언하고, 모든 개발정책에 탄소중립과 자연기반해법(NbS) 적용을 의무화하였다. 이를 구체화하기 위해 도시녹화지수(UGF) 제도를 도입하였으며, 런던은 주거 개발 시 부지 면적의 약 40% 이상을 녹지로 확보하도록 법적으로 강제하고 있다. 한편, 2024년부터 시행된 생물다양성순증(BNG) 제도를 통해 개발 전 대비 최소 10% 이상의 생태 가치 순증을 의무화하였으며, 이는 녹지의 양뿐 아니라 생태적 질까지 법적으로 담보하는 강력한 제도이다.

일본은 「도시녹지법」에 따라 일정 규모 이상 부지에 법정 녹지 확보 의무를 부과하고 있으며, '녹화지역제도'를 통해 수목의 수관 투영면적을 기준으로 녹지 면적을 산정한다. 잔디나 화초 위주의 공간은 인정되지 않아, 수목 중심의 입체적 녹지 조성을 유도한다. 이는 단순한 면적 확보를 넘어 녹지의 질을 평가하는 관리체계로, 탄소흡수 기능이 높은 식재를 유도하는 제도적 장치이다.

싱가포르는 2009년 도입된 LUSH 프로그램을 통해 민간 개발사업의 녹지 조성 시 용적률 인센티브를 제공함으로써 자발적 참여를 유도한다. 이와 함께 녹지밀도지표(GnPR)를 도입하여 단순 면적이 아닌 식생의 질과 입체적 풍부함을 관리하며, 주택단지의 경우 부지 면적의 4.5배 이상의 총 잎면적 확보를 요구한다. 이는 초고밀 도시환경에서도 생태적 가치가 높은 녹지를 확보하기 위한 정량적·정성적 관리 방식의 결합 사례이다.

요약하면, 국내 제도가 법정 비율 중심의 정량적 규제에 머무는 반면, 해외는 탄소흡수·생태가치 중심의 정성적 평가체계를 병행하며 법적 강제성과 인센티브를 결합하고 있다. 따라서 우리나라도 국가 차원의 아파트 녹지 확보 목표를 설정하고, 생태면적률을 탄소흡수 지표와 연동하는 방향으로 제도를 고도화할 필요가 있다.

■ 설계·조성

국내의 설계·조성 기준은 국토교통부 고시 「조경기준」에 따라 식재 수량, 옥상녹화 인정 범위 등 물리적 기준을 제시하고 있으며, 500세대 이상 공동주택은 녹색건축인증(G-SEED)을 통해 자연지반 녹지율과 생태면적률 등을 평가받는다. 그러나 이러한 제도는 탄소흡수 기능이나 생태적 가치 향상 측면의 고려가 부족하다.

영국은 친환경 건축인증제도 BREEAM을 통해 설계 초기 단계부터 자격을 갖춘 생태학자(SQE)의 참여를 의무화하고 있다. 이를 통해 개발계획 수립 전 생태조사와 보전·복원계획을 병행하며, 기존 생태계의 훼손 최소화 and 생태계 강화형 설계를 제도적으로 유도한다.

일본의 CASBEE는 지자체의 건축허가 절차와 연계되어 운영되며, '부지 외부환경 품질(Q3)' 항목을 통해 생물서식공간(비오톱) 보전 및 창출, 주변 경관과의 조화, 열섬현상 저감 등을 종합적으로 평가한다. 이를 통해 건축물 단위가 아닌 단지 전체의 생태적 품질을 향상시키는 설계 유도체계를 마련하고 있다.

싱가포르는 BCA 그린 마크 인증을 「Singapore Green Plan 2030」과 연계하여, 평가항목에서 탄소 저감, 기후변화 회복탄력성, 건강, 웰빙 요소를 통합적으로 고려한다. 특히 녹지를 건물의 냉방에너지 절감, 대기환경 개선, 주민 건강 증진 등과 연계함으로써, 녹지를 건물 성능의 핵심 인프라로 인식하는 통합 평가체계를 운영한다.

결과적으로, 해외의 설계·조성 제도는 단순 조경기준을 넘어 생태·기후적 성능 평가를 내재화하고 있으며, 전문가 참여와 인증 연계를 통해 설계단계에서 탄소흡수 기능을 제도적으로 보장하는 구조를 형성하고 있다. 우리나라도 향후 「조경기준」 개정을 통해 수종별 탄소흡수량, 생육밀도, 관리주기 등을 고려한 설계 가이드라인을 제시하고, G-SEED 평가체계에 탄소흡수 성능 항목을 추가하거나 가중치를 상향 조정하는 방향으로의 개선이 필요하다.

■ 유지관리

국내에서는 「공동주택관리법」에 따라 장기수선계획에 조경시설물 보수 항목이 포함되어 있으나, 수목 전정, 고사목 처리 등 식생 관리에 관한 세부 기준이 부재하다. 정보 관리 측면에서도 건축물대장과 K-APT 시스템에 조경 면적 및 일부 시설정보만 등록되어 있으며, 수종 구성, 식재 연도, 관리 이력 등 녹지 관련 정보가 누락되어 있어 실질적인 통합 관리가 어렵다.

반면 영국은 BNG 제도를 통해 개발 이후 최소 30년간의 녹지 유지관리 의무를 법적으로 부여한다. 개발자는 지방정부와 '플래닝 어그리먼트(Section 106)'를 체결하고, 장기관리계획 제출 및 정기 모니터링 의무를 이행해야 한다. 이 제도는 녹지가 일시적 조성에 그치지 않고 장기적 탄소흡수원으로 기능하도록 법적으로 보장하는 장치로 작용한다.

일본은 관리 조합의 자율관리 원칙하에, 정부가 표준 관리규약 제시 및 교육·컨설팅 지원을 통해 간접적으로 관리역량을 강화하고 있다. 일부 지자체는 '녹지관리 인증제'를 시범 도입하여 관리수준이 우수한 단지에 인센티브를 부여, 자율성과 제도적 유인을 결합하는 관리모델을 구축하고 있다.

싱가포르는 LUSH 프로그램 인센티브와 사후관리를 연계하여, 녹지 유지 미흡 시 용적률 보너스를 환수하는 제재조항을 운영한다. 또한 그린 마크 인증에서도 유지관리계획 평가와 '유지관리 배지' 부여 제도를 통해 지속적 관리 역량을 인증보상하는 체계를 마련하였다.

결국, 해외 사례는 주거지 녹지를 도시의 핵심 '녹색인프라(Green Infrastructure)'로 인식하고, 양적 확보, 질적 설계, 장기적 유지관리를 법제도적으로 연계한 통합 관리체계를 구축하고 있다. 특히 법적 강제성과 시장 인센티브의 결합, 탄소흡수 및 생물다양성 등 정량·정성 지표의 병행 도입, 전문가 참여 의무화, 30년 이상 장기 관리책임의 법제화 등은 우리나라의 제도 개선에 있어 시사하는 바가 크다.

[표 4-25] 국내외 아파트 녹지 관련 제도 비교 분석 결과

구분	한국	영국	일본	싱가포르
면적 확보	<p>분산된 법령과 완료된 기준</p> <ul style="list-style-type: none"> 「건축법」과 지자체 조례에 따라 대지면적의 5~15%를 조경으로 확보하도록 규정 과거 단지면적의 30% 녹지 조항 폐지로 기준 약화 대규모 개발사업 시에는 환경영향평가를 통해 생태 면적률(구도심 30%, 신규 40%) 적용 	<p>법적 의무화와 정량적 목표 설정</p> <ul style="list-style-type: none"> 도시녹화지수(UGF)를 도입하여 주거단지 개발 시 0.4 이상 확보 의무화(부지면적의 약 40%) 생물다양성순증(BNG) 제도로 개발 전보다 최소 10% 이상 생태가치 순증 의무화 	<p>법률 기반의 높은 녹화율 강제</p> <ul style="list-style-type: none"> 「도시녹지법」에 따라 자상부 대지 면적의 20~35% 녹화 의무화 녹화지역제도를 통해 수목의 수관 투영면적을 기준으로 산정하여 질적 확보 유도 	<p>강력한 인센티브와 정량 지표 활용</p> <ul style="list-style-type: none"> LUSH 프로그램을 통해 용적률 인센티브를 제공하며 녹지 조성 유도 녹지밀도지표(GnPR)를 도입, 주택단지는 부지면적 4.5배 이상의 총 유효면적 확보 의무화
설계·조성	<p>기술적 가이드라인 중심</p> <ul style="list-style-type: none"> 「조경기준」에서 식재 기준을 제시하나 탄소흡수 기능 고려 미흡 500세대 이상 공동주택은 녹색건축인증(G-SEED)을 통해 생태면적률, 자연지반 녹지율 등을 평가하지만, 탄소흡수 기능은 직접적으로 반영되지 않음 	<p>전문가 참여 및 생태 가치 중심</p> <ul style="list-style-type: none"> 친환경건축인증(BREEAM)을 통해 설계 초기부터 생태학자 참여를 유도하고 생태보전 계획 수립 요구 토지이용 및 생태계 부문 평가를 통해 기존 녹지보존과 생물다양성 증진을 유도 	<p>인증제도와 지자체 정책 연계</p> <ul style="list-style-type: none"> 건축 환경 종합 성능 평가(CASBEE)를 지자체 건축 허가와 연계하여 생물서식 공간(비오톱) 조성, 경관 조화 등을 유도 부지 외부 환경 품질(Q3) 평가를 통해 녹지의 생태적 가치 제고 	<p>탄소중립 목표와 연계된 인증</p> <ul style="list-style-type: none"> BCA 그린마크 인증을 통해 탄소 저감, 기후변화 회복 탄력성 등을 평가 신축 건물에 인증을 의무화 하고, 자연기반해법(NbS) 적용을 장려
유지관리	<p>법적 기준 미비 및 자율 관리</p> <ul style="list-style-type: none"> 「공동주택관리법」 상 장기 수선계획에 조경시설물 수선 항목 포함되어 있으나, 구체적인 식생 관리 지침 부재 G-SEED 인증 취득 시 유지 관리 의무가 있으나 실효성 부족 	<p>법적 의무 기반의 장기 관리</p> <ul style="list-style-type: none"> BNG 제도를 통해 개발 후 최소 30년간 유지관리 의무를 법적으로 부여 지방정부가 이행 여부를 모니터링하고 미준수 시 제재 주민참여형 관리(커뮤니티 가드닝 등)를 장려 	<p>자율 관리 기반의 간접 지원</p> <ul style="list-style-type: none"> 관리조합의 자율 관리를 원칙으로 하되, 정부가 표준규약, 컨설팅, 교육 등 지원 일부 지자체는 녹지관리 인증제를 시범 도입하여 인센티브 제공 	<p>인증 및 인센티브와 사후관리 연계</p> <ul style="list-style-type: none"> 그린마크 인증 시 유지관리 계획을 평가하고 '유지관리 배지' 부여 LUSH 프로그램을 통해 받은 인센티브는 사후관리 미흡 시 환수 가능

출처: 연구진 작성

제5장

아파트 녹지 관련 제도 개선방안 및 효과 추정

1. 아파트 녹지 관련 제도 개선방안
2. 제도 개선 효과 추정
3. 소결

1. 아파트 녹지 관련 제도 개선방안

1) 탄소흡수 기능 향상을 위한 아파트 녹지 관련 제도 개선방안

① 도출 과정

아파트 녹지 관련 제도 개선방안은 제2장~제4장의 실증분석 및 사례분석 결과를 연계하는 절차를 통해 도출하였다.

먼저 제2장에서는 전국 17,807개 아파트 단지를 대상으로 녹지 면적, 녹지율, 탄소흡수량을 정량 분석하고, 아파트 에너지 사용량·재정자립도와의 교차분석 및 군집분석을 통해 지역별 상대적 필요도를 도출하였다. 이를 통해 일부 지역에서는 아파트 녹지가 공공 공원녹지 면적의 20~40% 수준까지 비중을 차지함에도 불구하고, 정주지 부문 탄소흡수 정책과 제도에서 체계적으로 다뤄지지 못하고 있다는 점, 그리고 면적 확보 단계에서의 제도적 관리 미흡이 가장 기초적인 한계라는 점을 확인하였다.

제3장에서는 경기도 성남시 'e편한세상 금빛그랑메종 1단지'를 대상으로 지상 LiDAR와 i-Tree Eco를 활용하여 설계도면과 준공 후 실제 식재 구조·탄소저장·탄소흡수량을 비교·분석하였다. 이 과정에서 교목·관목 구성비, 수종 선택, 식재 밀도와 배치, 유지관리 수준에 따라 계획 단계에서 기대한 탄소 성능과 실제 성능 사이에 유의미한 차이가 발생함을 확인하였다. 이는 아파트 녹지가 단순히 "면적을 확보했는지" 여부를 넘어, 설계·조성 및 장기 유지관리 단계에서의 세부 기준이 탄소흡수 기능을 좌우한다는 것을 보여주었고, 제도 개선 항목을 '면적 확보'에만 한정할 수 없다는 근거가 되었다.

제4장에서는 「주택법」, 「건축법」, 「조경기준」, 「에너지절약형 친환경주택 건설기준」, 녹색건축인증제도(G-SEED), 공동주택관리정보시스템(K-APT) 등 국내 관련 법·제도와 행정지침을 검토하고, 영국 UGF·BNG, 일본 CASBEE·건축물 녹화제도, 싱가포르 GnPR·Green Mark 등 해외 제도 사례를 비교 분석하였다. 그 결과, 우리나라는 아파트 녹지에 대해 (1) 조경면적·생태면적률 등 면적 기준은 존재하지만 탄소흡수 성능과의 연계가 약하고, (2) 탄소흡수 관점에서 설계·조성 기준이 미비하며, (3) 장기 수선계획·건축물관리점검 등 유지관리 규정에는 식생 관리가 충분히 반영되지 않고, (4) K-APT·건축물 대장·인증정보가 통합된 녹지·탄소 정보체계로 운영되지 못하고 있음을 확인하였다.

이러한 2·3·4장의 분석 결과를 바탕으로, 아파트 녹지의 제도 개선 필요 영역을 '면적 확보-설계 및 조성-유지관리'의 세 축으로 구조화하였다.

② 부문별 제도 개선방안

■ 면적 확보

아파트 녹지의 면적 확보와 관련된 제도는 완화되는 방향으로 변화해 왔으며, 이 과정에서 지역 간 격차가 확대되는 문제가 나타나고 있다. 과거 「주택건설기준규정」에서 단지 면적의 30% 이상을 녹지로 확보하도록 규정하던 조항이 삭제된 이후, 녹지율에 관한 규정은 지자체 조례에 위임된 상태로 운영되고 있다. 현행 「건축법」상 대지의 조경 면적률은 지자체별로 자율적으로 정하도록 되어 있는데, 전국 지자체의 약 21.8%가 법에서 정한 기준보다 완화된 기준을 조례를 통해 적용하고 있어 같은 유형의 아파트임에도 입지에 따라 녹지 확보 수준이 크게 달라지는 실정이다.

생태면적률 역시 서울·경기 등 일부 광역지자체에서는 조례를 통해 비교적 엄격하게 운영되고 있으나, 상당수 지역에서는 권고 수준에 머물러 실질적인 규제력과 유인은 부족하다. 그 결과 서울(31.1%), 경기(34.5%), 세종(35.7%)과 같이 비교적 높은 아파트 녹지율을 보이는 지역과, 대구(18.9%), 울산(25.7%), 경북(26.3%) 등 녹지율이 낮은 지역 간의 격차가 심화되고 있다. 이러한 불균형은 정주지 부문의 탄소흡수원을 공간적으로 균형 있게 확충해야 한다는 탄소중립 정책의 방향과 괴리를 초래한다. 한편, 최근 국가 온실가스 인벤토리 상에서 정주지 부문 탄소흡수원에 아파트 조경녹지가 포함되기 시작했으나, 탄소흡수량과 직접 연계된 면적 기준이나 질적 관리 지표는 아직 미비하여, 제도 전반이 탄소중립 관점에서 한 단계 진화하지 못한 상태로 평가된다.

이러한 문제를 해소하기 위해서는 무엇보다 아파트 녹지의 최소 확보 기준을 상향 조정하는 것이 선결 과제이다. 우선 「건축법」에 규정된 대지의 조경 기준을 전국 공통의 하한선으로 재정립하고, 지자체 조례를 통한 완화가 가능하더라도 이 하한선을 하회할 수 없도록 하는 방향의 제도 개선이 요구된다. 동시에 녹색건축인증(G-SEED) 내 자연지반녹지율과 생태면적률 기준도 단계적으로 상향하여, 민간 개발사업이 일정 수준 이상의 녹지를 확보하도록 유도해야 한다.

또한 아파트 단지 조성 전·후의 탄소흡수량 변화를 평가하는 '탄소흡수량 순증(증가량)' 개념을 도입해, 단순 면적이 아닌 실질적 탄소 성능을 기준으로 계획안을 검토하는 체계를 구축해야 한다. 제2장에서 제시된 군집분석 결과를 활용하여 전환우선지역, 복합취약지역, 기초확충지역, 선도관리지역 등으로 유형을 구분한 뒤, 각 유형별 탄소배출·탄소흡수 특성에 따라 면적 확보 기준을 차등 적용하는 것도 효과적인 방안이 될 수 있다.

이와 함께 기준을 충족하거나 초과하는 사업에 대해서는 건폐율·용적률 완화, 녹색건축인증 가점 부여 등 구체적인 인센티브를 제공함으로써 민간 사업자의 자발적인 참여를 유도해야 하겠다. 지금까지 환경영향평가 대상이 아닌 소규모 사업에서는 녹지 확보에 대한 관리가 상대적으로 소홀했던 만큼, 이들 사업에도 생태면적률이나 UGF(Urban Greening Factor)와 같은 질적 지표를 의무화하여, 계획 초기 단계부터 일정 수준 이상의 녹지가 확보되도록 제도화하는 것이 필요하겠다.

■ 설계·조성

면적 확보와 더불어 설계·조성 단계에서의 품질 관리 또한 아파트 녹지를 탄소흡수원으로 전환하는 데

핵심적인 요소이다. 그러나 현행 「조경기준」은 수목의 수량, 규격, 배치 등 기술적인 요소를 중심으로 규정되어 있을 뿐, 수종별 탄소흡수 능력이나 수관 구조, 다층식재에 따른 탄소저장 효과와 같이 탄소흡수 성능과 직접적으로 연계된 기준은 사실상 부재하다. 그 결과 동일한 면적의 녹지라도 설계 방식에 따라 탄소흡수량이 크게 달라질 수 있음에도, 이를 제도적으로 관리·유도할 수 있는 장치는 마련되어 있지 않다.

기존의 인증제도 역시 탄소흡수 기능을 충분히 반영하지 못하고 있다. 녹색건축인증(G-SEED) 생태환경 분야는 녹지축 조성, 자연지반녹지율, 생태면적률, 비오름 조성 등 네 가지 항목으로 구성되어 있는데, 이들 항목은 주로 생태성·경관성에 초점을 두고 있어, 탄소흡수 기여도를 정량적으로 평가하고 설계안 간의 차이를 비교하는 데에는 한계가 있다. 또한 「에너지절약형 친환경주택 건설기준」은 난방·냉방·급탕·조명·환기·신재생에너지 등 건물 내부 설비의 에너지 효율을 중심으로 평가항목을 구성하고 있어, 단지 외부 녹지의 탄소흡수 및 냉방부하 저감 효과를 공식적으로 반영하지 못하고 있다.

따라서 향후에는 「조경기준」 개정을 통해 탄소중립과 관련된 별도의 항목을 신설할 필요가 있다. 구체적으로는 탄소흡수량이 우수한 수종 목록을 제시하고, 일정 비율 이상 의무 식재하도록 규정함과 동시에, 교목의 비종과 규격, 탄소흡수 우수 수종의 식재 비율, 수관투영면적 비율 등을 설계 단계에서 고려하도록 하는 기준을 마련해야 한다. 교목·관목·지피식물을 조합한 다층 식재 구조를 제도적으로 규정하여 단위 면적당 탄소저장량을 극대화하도록 유도하는 것도 중요하다.

녹색건축인증(G-SEED) 체계 역시 탄소흡수 관점에서 개편될 필요가 있다. 생태환경 분야에 ‘탄소흡수 잠재량’과 같은 세부 평가항목을 신설하고, 예상 탄소흡수량이 높은 설계안에 대해 가중치를 부여함으로써, 개발사업자가 탄소성능을 고려한 조경설계를 선택할 유인을 제공해야 한다. 설계 단계에서 단지 내 예상 탄소흡수량을 산정하고 이를 인증 점수와 연동하는 구조를 도입한다면, 탄소흡수 기능이 제도적으로 관리·평가되는 선순환 체계를 구축할 수 있을 것이다.

이와 함께 「에너지절약형 친환경주택 건설기준」 제13조(평가항목)에 아파트 외부 녹지의 탄소흡수·에너지 절감·미기후 개선 기능을 반영하는 항목을 포함시켜, 외부 공간 계획이 건물 에너지 성능과 직접적으로 연결되도록 해야 한다. 저영향개발(LID) 기법이나 미기후 개선형 식재 전략과 연계한 세부 평가 요소를 추가함으로써, 단지 수준의 설계가 에너지·탄소 관점에서 보다 통합적으로 평가될 수 있도록 하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

■ 유지관리

아파트 녹지의 유지·관리 체계는 탄소흡수 기능의 지속 가능성을 담보하는 관점에서 볼 때 여전히 여러 한계를 안고 있다. 우선 법·제도 측면에서 아파트 녹지의 위상이 명확하게 규정되어 있지 않다. 아파트 녹지는 「도시공원 및 녹지 등에 관한 법률」상 도시공원이나 녹지 범주에 포함되지 않고, 「주택법」에서는 단지의 부대·복리시설 중 하나로만 분류되고 있다. 이로 인해 아파트 녹지는 실제로는 정주지 내에서 상당한 면적과 탄소흡수 잠재력을 지니고 있음에도 불구하고, 공공녹지에 준하는 관리·투자 대상이 아닌, 개별 단지 관리주체에만 책임이 부여된 사적 공간으로 취급되는 경향이 강하다.

장기 유지관리 제도 역시 탄소흡수 기능을 유지·향상시키기에는 미흡하다. 「공동주택관리법 시행규칙」의 장기수선계획에는 조경시설물에 대한 부분수선 항목이 포함되어 있으나, 수목 전정 주기, 비료 시비, 고사목 교체, 식재 갱신 등 수목의 생육과 탄소흡수 기능 유지에 필수적인 식생 관리 항목과 주기가 구체적으로 제시되어 있지 않다. 그 결과 관리주체의 재량과 재정 여건에 따라 관리 수준이 크게 달라지며, 탄소흡수원으로서의 기능이 체계적으로 관리되지 못하고 있다.

또한 녹색건축인증(G-SEED) 제도의 사후관리 과정에서는 에너지 설비 점검이 상대적으로 강조되고, 녹지 관리 실태는 형식적인 수준에서 다루어지는 경우가 적지 않다. 설계 단계에서 산정한 탄소흡수량 추정치, 준공 직후 실측값, 준공 이후 일정 기간이 경과한 후의 식생 성장 상태를 연속적으로 비교·관리할 수 있는 체계가 부재하여, 식재 품질과 탄소성능을 장기적으로 검증·보완하기 어렵다.

정보 관리 측면에서도 여러 제도 간 연계 부족이 문제로 지적된다. 「건축법」 제38조에 따른 건축물 대장에는 인허가 시점의 조경면적 합계가 기재되지만, 자연지반 여부, 옥상녹화 여부, 수목의 종류·수량·배치 등 세부 정보는 포함되지 않는다. 공동주택관리정보시스템(K-APT) 역시 건물 내·외부 시설물의 유지관리 이력을 관리하고 있으나, 조경시설 및 수목 인벤토리를 체계적으로 입력·관리할 수 있는 항목은 상대적으로 미흡하다. 「건축물관리법」에 따른 생애이력정보 역시 아파트 녹지 관리점검 결과를 충분히 반영하지 못해, 단지별 녹지 관리정보가 분절적으로 관리되고 있는 실정이다.

이러한 한계를 극복하기 위해서는 먼저 아파트 녹지의 법적 지위를 명확히 하는 것이 필요하다. 아파트 녹지를 정주지 녹색인프라이자 탄소흡수원으로 정의하고, 「도시공원 및 녹지 등에 관한 법률」 내 녹지 유형에 포함시키거나 별도의 법적 근거를 마련함으로써, 공공녹지와 연계된 관리·지원 체계로 편입할 필요가 있다.

다음으로 「공동주택관리법 시행규칙」에 규정된 장기수선계획 항목을 개정하여, 전정 주기, 비료 시비, 고사목 교체, 수종 갱신 등 구체적인 식생 관리 항목과 주기를 명시하고, 이를 준수해야 할 의무로 규정할 필요가 있다. 매년 전체 교목의 일정 비율을 교체·보식하는 순환 갱신 제도를 도입한다면, 탄소흡수 기능을 장기적으로 유지·강화하는 데 도움이 될 것으로 판단된다.

녹색건축인증(G-SEED)의 사후관리 강화가 필요하다. 준공 직후 실측, 일정 기간 경과 후 재측정, 장기 생육 모니터링으로 이어지는 3단계 실측 평가체계를 도입하고, 흉고직경(DBH), 수관폭, 수간건중량 등 주요 생육지표를 정기적으로 측정·기록함으로써 설계 단계의 추정치와 실제 성능 간의 편차를 관리할 수 있어야 하겠다. 관리 수준이 미흡할 경우에는 인증 등급 조정이나 페널티 부과 등 실질적인 제재 수단을 함께 마련할 필요가 있다.

마지막으로 건축물대장, K-APT, 건축물 생애이력정보를 연계하는 아파트 녹지 통합 데이터베이스를 구축하여, 자연지반녹지·인공지반녹지·옥상녹화·식재 수종·수량·배치·관리이력을 일관되게 관리할 수 있도록 해야 하겠다. K-APT에는 ‘녹지 관리 모듈’을 신설하여 단지별 수목 인벤토리(수종, 수량, 식재 연도 등)의 입력을 의무화하고, 이를 정주지 탄소흡수 인벤토리와 연동함으로써 단지·지자체·국가 단위의 탄소흡수량을 상시 모니터링하고 정책적으로 활용할 수 있는 기반을 마련할 필요성이 있다.

[표 5-1] 국내 아파트 녹지 관련 제도의 현황과 개선방안

구분	현황 및 문제점	개선 방안
면적 확보	<ul style="list-style-type: none"> • 지속적 면적 기준 하향 및 지역별 격차 • 과거 단지면적의 30% 이상 녹지 확보 조항 삭제 등 탄소중립적 관점에서 제도 후퇴 • 지자체별 5~15% 수준만 확보하면 요건 충족 - 대지의 조경 면적율은 지자체 조례로 위임되어 있어 전국 165개 지자체 가운데 기준을 완화하여 적용하는 지자체 36개(21.8%) • 생태면적률은 서울, 경기 등 자체 조례로 운영하는 지역을 제외한 경우 권고 수준으로 강제력 부족 • 서울(31.1%), 경기(34.5%), 세종(35.7%) 등 아파트 녹지율이 높은 지자체와 대구(18.9%), 울산(25.7%), 경북(26.3%) 등 지역별 격차 발생 	<ul style="list-style-type: none"> • 아파트 녹지 면적 확보 기준 상향 <ul style="list-style-type: none"> - 최소 아파트 녹지 면적 확보 기준 상향 - 현행 「건축법」의 대지의 조경 기준 상향 - 「건축법」에 정하는 대지의 조경 면적율을 하한선으로 적용 - 녹색건축인증기준(G-SEED) 내 자연지반녹지율 및 생태 면적률 기준 상향 - 아파트단지 조성사업 전후 탄소흡수량 순증 기준 신설 • 지역별 탄소배출 및 탄소흡수 데이터 기반 면적 확보 기준 차등 적용 • 기준 충족 및 초과 시 건폐율·용적률 등 인센티브 제공
설계 조성	<ul style="list-style-type: none"> • 탄소흡수 성능 차원의 기준 미비 • 「조경기준」은 녹지의 수량, 규격, 배치 등 기술적 가이드 제시 → 녹지의 탄소흡수 능력을 고려한 기준 부재 • 녹색건축인증(G-SEED) 평가항목은 녹지축 조성, 자연지반 녹지율, 생태면적율, 비옴 조성 등 4개 항목으로 구성 - 탄소흡수를 고려한 세부 평가항목 부재 • 「에너지절약형 친환경주택 건설기준」은 아파트 외부공간과 관련된 권장 기준을 제시하나 실제 평가항목은 난방, 냉방, 급탕, 조명, 환기, 신재생에너지 활용에 집중되어 있으며, 외부 공간 관련 평가항목 부재 	<ul style="list-style-type: none"> • 「조경기준」에 탄소흡수 설계기준 반영 <ul style="list-style-type: none"> - 교목 비중 상향(식재수량 및 규격), 탄소흡수 우수 수종 식재비율 추가(식재수종), 수관투영면적 비율 신설(조경면적의 산정) • 녹색건축인증(G-SEED) 생태환경 분야 평가항목에 '탄소 흡수 잠재량' 항목 신설 • 「에너지절약형 친환경주택 건설기준」 제13조(평가항목)에 녹지 탄소흡수 성능 및 생태적 가치 등 아파트 외부공간 항목 포함
유지 관리	<ul style="list-style-type: none"> • 아파트 녹지의 법적 지위 불명확 • 아파트 녹지는 공원녹지법상 녹지의 범위에 포함되지 않음 → 정주지 탄소흡수원으로 공공녹지에 준하는 면적을 갖고 있음에도 제도의 사각지대에 놓여 있음 • 주택법상 부대 및 복리시설의 하나로 분류되어 독립적 법적 지위 부재 • 아파트 녹지 유지 관리 체계 미흡 • 「공동주택관리법」의 장기수선계획 항목에 조경시설물 부분 수선 항목이 포함되어 있으나 수목 전정 주기, 고사목 처리, 식재 갱신 등 탄소흡수원으로서 녹지의 생태적 기능 유지를 위한 지침 부재 • 녹색건축인증(G-SEED) 취득 아파트 단지의 사후점검은 에너지 설비 위주로 진행되고 녹지 관리 항목을 형식적으로 다루어지는 경우 다수 	<ul style="list-style-type: none"> • 아파트 녹지의 법적 지위 확보 <ul style="list-style-type: none"> - 아파트 녹지를 정주지 녹색인프라 및 탄소흡수원으로서의 법적 지위 명확화 - 공원녹지법 내 민간 녹지(아파트 녹지 등) 포함 • 장기수선계획 항목에 식생 관리 항목과 주기 명시 <ul style="list-style-type: none"> - 전정 주기, 비료 시비, 고사목 교체, 수종 갱신 등) - 매년 전체 교목의 일정 비율을 교체·보식하는 순환 갱신 제도 마련 • 녹색건축인증(G-SEED) 아파트 녹지 사후관리 강화 <ul style="list-style-type: none"> - 녹지 관리 실태 점검 강화(공공발주 사업의 경우 준공 직후 실측 의무화하고, 이를 기반으로 설계 대비 수목 성장 편차를 관리 지표화 → 시공 품질과 탄소성능 동시 확보) - 미이행 시 등급 조정 및 페널티 부과 - 설계추정치-준공 직후 실측치-준공 이후 일정기간 경과 후 추적치를 포함하는 3단계 실측 평가체계 도입 - 흉고직경, 수관폭, 수건중량 등 생육지표를 주기적으로 측정할 수 있는 장기 모니터링 체계 구축(G-SEED 내 포함)
	<ul style="list-style-type: none"> • 아파트 녹지 정보의 분절적 관리 및 입력 항목 미비 • 「건축법」 제38조에 따른 건축물대장에 인허가 시기의 조경 면적(대지의 조경, 공개공지, 공개공간) 합계 면적을 포함되나 자연지반 여부, 옥상녹화, 수목의 종류·수량배치 등 세부 정보 부재, 인허가 이후 정보체계 미비 • 공동주택관리정보시스템(K-APT)은 건물 내외부 시설물 유지 관리 이력 정보를 확인할 수 있으나 조경시설에 대한 상세 정보 상대적으로 미흡 • 「건축물관리법」 제7조에 따른 생애이력정보에 아파트 녹지의 관리점검 결과 및 생애이력 정보 공개·활용 가능 	<ul style="list-style-type: none"> • 아파트 녹지 관련 데이터베이스 고도화 <ul style="list-style-type: none"> - 건축물대장 데이터베이스(「건축법」), 공동주택관리정보 시스템(K-APT)(공동주택관리법), 생애이력정보(「건축물 관리법」) 입력항목 추가 - 조경면적, 자연지반녹지, 인공지반녹지, 기타녹지(옥상녹화 등), 공개공지, 식재 수량·종류·배치·관리이력 등

출처 : 연구진 작성

2) 전문가 설문 분석

① 분석 개요

■ 조사 목적 및 대상

본 조사는 탄소중립도시로의 전환을 위한 아파트 녹지 제도 개선방안을 도출하기 위한 근거 자료를 마련하기 위해 실시되었다. 조사 대상은 아파트 녹지 및 조경 관련 분야의 전문성을 보유한 21명을 선정하였다. 조사 기간은 2025년 10월 10일부터 10월 19일까지 10일간 온라인 설문조사 방식으로 진행하였다.

[표 5-2] 전문가 설문조사 개요

구분	내용
조사 대상	• 아파트 녹지 및 조경 관련 분야 전문가 21인
조사 방법	• 온라인 설문조사
조사 기간	• 2025년 10월 10일 ~ 2025년 10월 19일

출처: 연구진 작성

■ 조사 항목

조사 항목은 ‘국내 아파트 녹지 제도의 현황 및 개선방안’, ‘국내 아파트 제도 개선의 정책 우선순위 결정’, ‘기타 의견 수렴’ 등 세 개의 영역으로 구성하였다.

[표 5-3] 설문조사 항목

구분	설문 문항	분석 방법
국내 아파트 녹지 제도의 현황 및 개선방안	• 아파트 녹지 제도의 10가지 개선방안에 대한 탄소흡수 효과성 및 실행 가능성	IPA 분석
국내 아파트 제도 개선의 정책 우선순위 결정	• 아파트 녹지 제도의 개선방안(면적 확보, 설계·조성, 유지관리) • 아파트 녹지 제도 개선방안의 세부 정책대안	AHP 분석
기타 의견	• 아파트 녹지 관련 제도 개선에 대한 추가 자유의견	키워드 분석

출처: 연구진 작성

[표 5-4] 설문조사 세부 항목

제도 개선 방향	세부 정책대안
1. 면적 확보	• 1.1. 최소 아파트 녹지 면적 확보 기준 상향
	• 1.2. 지역별 탄소배출·흡수 데이터 기반 면적 확보 기준 차등 적용
	• 1.3. 기준 충족 및 초과 시 건폐율·용적률 등 인센티브 제공
2. 설계·조성	• 2.1. 「조경기준」에 탄소흡수 설계 기준 반영
	• 2.2. 녹색건축인증(G-SEED) 생태환경 분야 평가항목에 ‘탄소흡수 잠재량’ 항목 신설
	• 2.3. 「에너지절약형 친환경주택 건설기준」 제13조(평가항목)에 녹지 탄소흡수 성능 및 생태적 가치 등 외부공간 항목 포함
3. 유지·관리	• 3.1. 아파트 녹지의 법적 지위 확보
	• 3.2. 장기수선계획 항목에 식생 관리 항목과 주기 명시
	• 3.3. 녹색건축인증(G-SEED) 아파트 녹지 사후관리 강화
	• 3.4. 아파트 녹지 관련 데이터베이스 고도화

출처: 연구진 작성

■ 분석방법

• 아파트 녹지 제도 현황 및 제도 개선

현행 아파트 녹지 관련 제도의 개선 방향을 중심으로, 각 정책 대안이 탄소흡수 효과성과 실행가능성 측면에서 어느 정도의 정책 우선순위를 가지는지를 평가하였다. 이를 위해 10개의 주요 제도 개선 항목을 대상으로 탄소흡수 효과성과 실행가능성 두 가지 평가 지표를 각각 5점 리커트 척도로 구성하였다.

- (탄소흡수 효과성) 탄소흡수 및 생태적 성능 효과성 등을 종합적으로 고려해 평가
- (실행 가능성) 제도 개선 난이도, 비용 및 자원, 이해관계 수용성, 행정 소요 기간 등을 종합적으로 고려하여 평가

이후 두 지표를 교차 분석하여, 각 제도 개선 항목을 핵심 실행 영역, 전략적 선도 영역, 기반 구축 영역, 보완조정 영역 등 네 가지 정책 적용 영역으로 구분하였다.

[표 5-5] IPA 분석 정책 영역 구분

구분	정책 영역 명칭	주요 특성	정책 대응 방향
1사분면	핵심 실행 영역	<ul style="list-style-type: none"> • 탄소흡수 효과성과 실행가능성이 모두 높은 영역 - 즉시 정책화·제도화 가능한 과제 - 제도 간 연계성이 높고 행정적 저항이 낮음 - 단기 실현 가능한 '정책 효율형 과제' 	<ul style="list-style-type: none"> • 단기 집중 추진 - 제도 반영 및 시범사업 우선 추진 - 정책성과 창출 중심
2사분면	전략적 선도 영역	<ul style="list-style-type: none"> • 탄소흡수 효과성은 높으나 실행가능성이 낮은 영역 - 법·제도 정비, 이해관계 조정, 예산 확보 등 구조적 개선 필요 - 중·장기 관점에서 추진 기반 마련 필요 	<ul style="list-style-type: none"> • 중장기 제도개선 과제 - 법령 개정·재정지원 검토 - 인센티브 체계 연계
3사분면	기반 구축 영역	<ul style="list-style-type: none"> • 효과성과 실행가능성이 모두 낮은 영역 - 즉시 추진은 어려우나, 향후 제도 개선의 기반이 되는 요소 - 데이터·정보·관리체계 등 인프라 구축 중심 	<ul style="list-style-type: none"> • 기반 강화 중심 접근 - 연구·시범사업 수행 - 기술 및 정보체계 고도화
4사분면	보완조정 영역	<ul style="list-style-type: none"> • 효과성은 낮지만 실행가능성이 높은 영역 - 기존 제도 내 보완 또는 효율화 필요 - 인센티브·행정지침 등 세부운영 개선 중심 	<ul style="list-style-type: none"> • 관리 효율화 - 운영기준 정비, 인센티브 정교화 - 실행체계 관리 중심

출처: 연구진 작성

• 아파트 녹지 제도 개선의 정책우선순위 결정

아파트 녹지를 통한 정주지 부문 탄소흡수 기여 극대화 및 환경적 가치 증진을 목표로, 제도 개선방향의 상대적 중요도 및 정책 우선순위를 도출하였다. 이를 위해 계층적 분석법(AHP, Analytic Hierarchy Process)을 적용하였으며, 제도 개선방향을 계층 2(Level 2), 세부 정책대안을 계층 3(Level 3)으로 설정하였다. 각 항목 간 쌍대비교(1~9점 척도)를 수행하여, 개선방향별 상대적 중요도(Weight)와 세부 정책대안의 우선순위 가중치를 산출하였다.

② 분석결과

■ 응답자 일반현황

전문가 인식조사 결과 응답자는 총 21명으로, 조경 및 도시계획 등 관련 분야의 연구 및 실무 경험을 보유한 전문가들로 구성되었다.

- (연령대) 40대가 14명(67%)으로 가장 높은 비중을 차지하였으며, 50대가 5명(24%), 30대가 2명(10%)으로 나타났다.
- (전공 분야) 조경 분야가 16명(76%)으로 다수를 차지하였으며, 도시계획 2명(10%), 기타 분야(국토계획, 경제) 2명(10%), 환경공학 1명(5%)으로 나타났다.
- (소속기관) 학술·연구기관이 12명(57%)으로 가장 많았으며, 민간(설계·시공·컨설팅) 4명(19%), 공공기관·공기업 3명(14%), 지자체 2명(10%) 순으로 나타났다.
- (직무 및 역할) 연구 분야가 10명(48%)으로 가장 높은 비중을 보였고, 설계 5명(24%), 계획 3명(14%), 정책 1명(5%), 기타 2명(10%)으로 조사되었다.
- (관련 분야 근무 경력) 10~20년 미만이 12명(57%)으로 가장 많았으며, 20년 이상이 8명(38%), 5~10년 미만이 1명(5%)이었다.

[표 5-6] 응답자 일반현황

구분	조사결과	
연령대	• 30대	• 2명 (10%)
	• 40대	• 14명 (67%)
	• 50대	• 5명 (24%)
전공 분야	• 조경	• 16명 (76%)
	• 도시계획	• 2명 (10%)
	• 기타(국토계획, 경제)	• 2명 (10%)
	• 환경공학	• 1명 (5%)
소속기관 유형	• 학술/연구	• 12명 (57%)
	• 민간(설계, 시공, 컨설팅)	• 4명 (19%)
	• 공공기관/공기업	• 3명 (14%)
	• 지자체	• 2명 (10%)
현재 직무 및 역할	• 연구	• 10명 (48%)
	• 설계	• 5명 (24%)
	• 계획	• 3명 (14%)
	• 기타	• 2명 (10%)
	• 정책	• 1명 (5%)
관련 분야 업무 경력	• 5~10년 미만	• 1명 (5%)
	• 10~20년 미만	• 12명 (57%)
	• 20년 이상	• 8명 (38%)

출처: 연구진 작성

■ 국내 아파트 녹지 제도의 현황 및 개선방안(IPA 분석 결과)

아파트 녹지 제도 개선을 위한 10개 정책 대안을 대상으로 탄소흡수 효과성(Effectiveness)과 실행 가능성(Feasibility)을 각각 5점 척도로 평가하였다. 평균값(탄소흡수 효과성 3.89점, 실행가능성 3.59점)을 기준으로 4개 정책영역으로 구분한 결과, 각 제도 개선항목은 핵심 실행, 전략적 선도, 기반 구축, 보완·조정 의 네 가지 정책 추진유형으로 분류되었다.

• (1사분면) 핵심 실행 영역 (높은 탄소흡수 효과성, 높은 실행가능성)

이 영역은 정책적 효과와 실행력이 모두 높은, 단기적 실현이 가능한 핵심 과제군으로 구성된다. 해당 영역에는 「조경기준」에 탄소흡수 설계기준 반영(2.1), 녹색건축인증(G-SEED) 내 '탄소흡수 잠재량' 항목 신설(2.2), 「에너지절약형 친환경주택 건설기준」 제13조 외부공간 항목 내 탄소흡수 항목 포함(2.3) 등이 분류되었다. 이 세 과제는 모두 높은 효과성과 제도적 실행 가능성을 동시에 보유하고 있어, 단기 정책 추진 시 가장 실질적인 성과 창출이 가능한 분야로 평가되었다. 특히 「에너지절약형 친환경주택 건설기준」의 개정은 기존 주택정책과의 연계성이 높아, 법령 간 정합성 확보와 동시에 설계·조성 단계의 탄소흡수 기능 강화 효과를 기대할 수 있다. 이는 곧 설계·조성 단계에서의 제도 개선이 탄소중립 성과를 실현하는 가장 효율적인 경로임을 시사한다.

• (2사분면) 전략적 선도 영역 (높은 탄소흡수 효과성, 낮은 실행가능성)

이 영역은 탄소흡수 효과는 크지만 법·제도적 난이도와 이해관계 조정의 어려움으로 단기 실행이 어려운 과제군이다. 해당 영역에는 최소 아파트 녹지 면적 확보 기준 상향(1.1), 아파트 녹지의 법적 지위 명확화(3.1)가 포함되었다. 두 항목 모두 정주지 부분의 탄소흡수 잠재력을 근본적으로 확대할 수 있는 핵심 과제로 평가되었으나, 현행 규제 완화 기조 및 법체계 분산 구조와의 충돌 가능성으로 인해 단기적 제도화는 어려운 영역으로 나타났다. 따라서 해당 과제들은 법령 개정, 인센티브 설계, 관계부처 협력체계 구축 등을 병행하는 중장기적 전략적 접근이 필요하다. 즉, 향후 탄소중립도시기구현을 위한 제도적 인프라 강화의 선도적 과제군으로 볼 수 있다.

• (3사분면) 기반 구축 영역(낮은 탄소흡수 효과성, 낮은 실행가능성)

이 영역은 단기적 효과나 실행력은 낮지만, 장기적으로 아파트 녹지 관리체계의 기반을 강화하는 필수 요소로 구성된다. 해당 영역에는 지역별 탄소흡수 기준 차등 적용(1.2), 장기수선계획 내 식생관리 항목 명시(3.2), 녹색건축인증(G-SEED) 사후관리 강화(3.3), 아파트 녹지 데이터베이스 고도화(3.4)가 포함되었다. 이들 과제는 전반적으로 정책 인식 수준이 중간 이하로 나타났으나, 제도 지속성과 관리 효율성을 높이기 위한 구조적 기반으로서의 필요성이 인정된다. 특히 '녹지 데이터베이스 고도화(3.4)'는 단지별 식생 정보, 수목 상태, 관리 이력을 통합·표준화할 수 있는 장기 과제로, 정보기반 행정 체계 구축을 통한 탄소흡수 관리 효율화의 핵심 기반으로 평가된다. 따라서 이 영역은 연구개발(R&D) 및 시범사업을 통해 점진적으로 추진할 필요가 있다.

• (4사분면) 보완·조정 영역 (낮은 탄소흡수 효과성, 높은 실행가능성)

이 영역은 현행 제도의 실현 가능성은 높지만 탄소흡수 효과는 제한적인 과제군이다. 해당 영역에는 기준 충족 및 초과 시 건폐율·용적률 등 인센티브 제공(1.3)이 포함되었다. 인센티브 제도는 현실적

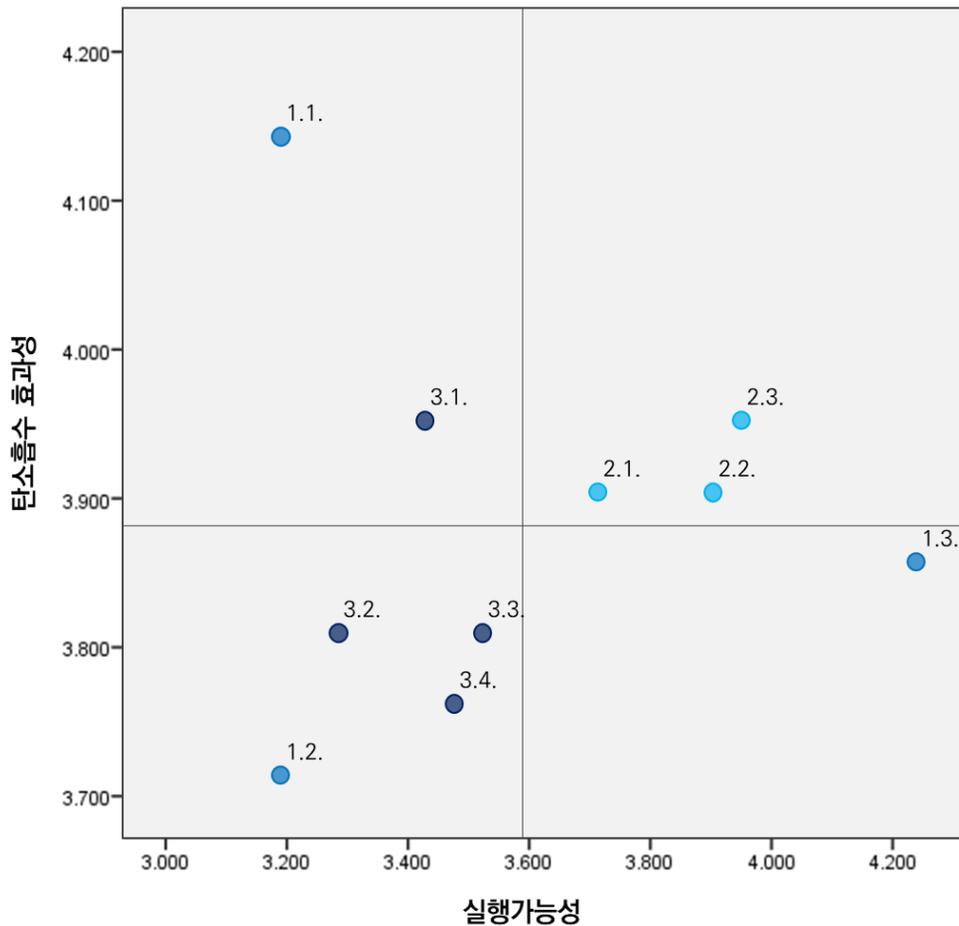
실행 가능성과 제도화 용이성 측면에서 긍정적으로 평가되었으나, 탄소흡수 기여도 측면에서는 상대적으로 낮은 효과를 보였다. 따라서 향후에는 단순한 면적 초과 인센티브가 아닌, 녹지의 질적 수준과 탄소흡수 성과를 연계한 정량평가체제로 개선할 필요가 있다. 이 영역은 제도 운영의 효율성을 높이는 세부 행정·운영 보완 과제로 관리할 필요가 있다.

• 종합 분석

IPA 분석 결과, '설계·조성' 단계의 제도 개선 항목이 전반적으로 높은 탄소흡수 효과성과 실행가능성을 동시에 보유하고 있어, 단기 정책성과 창출이 가능한 핵심 추진 분야로 도출되었다. 반면, '면적 확보' 및 '유지·관리' 관련 항목은 탄소흡수 기여도는 높지만 실행 가능성이 낮아, 법·제도 정비와 관리체계 개선을 병행하는 중장기 과제군으로 분류되었다. 따라서 향후 정책 추진은 다음과 같은 이원적 전략 체계로 접근하는 것이 필요하다.

- 단기(핵심 실행 중심): 설계·조성 단계의 제도 개선을 통해 가시적 탄소흡수 성과 창출
- 중장기(전략적·기반 중심): 법령 개정, 관리 인프라 구축, 데이터 고도화를 통한 제도 정착 기반 마련

[표 5-7] IPA 분석 결과



구분	제도 개선 항목	탄소흡수 효과성	실행가능성	영역
1. 면적 확보	1.1. 최소 아파트 녹지 면적 확보 기준 상향	4.143	3.190	2사분면
	1.2. 지역별 탄소배출·흡수 데이터 기반 면적 확보 기준 차등 적용	3.714	3.190	3사분면
	1.3. 기준 충족 및 초과 시 견폐용·용적률 등 인센티브 제공	3.857	4.238	4사분면
2. 설계·조성	2.1. 「조경기준」에탄소흡수 설계 기준 반영	3.905	3.714	1사분면
	2.2. 녹색건축인증(G-SEED) 생태환경 분야 평가항목에 '탄소흡수 잠재량' 항목 신설	3.905	3.905	1사분면
	2.3. 「에너지절약형 친환경주택 건설기준」 제13조(평가항목)에 녹지 탄소흡수 성능 및 생태적 가치 등 외부공간 항목 포함	3.952	3.952	1사분면
3. 유지·관리	3.1. 아파트 녹지의 법적 지위 확보	3.952	3.429	2사분면
	3.2. 장기수선계획 항목에 식생 관리 항목과 주기 명시	3.810	3.286	3사분면
	3.3. 녹색건축인증(G-SEED) 아파트 녹지 사후관리 강화	3.810	3.524	3사분면
	3.4. 아파트 녹지 관련 데이터베이스 고도화	3.762	3.476	3사분면

*평균 탄소흡수 효과성: 3.590, 평균 실행가능성 3.881

출처: 연구진 작성

[표 5-8] IPA 분석 결과 기반 정책적 시사점

구분	정책 영역 명칭	포함 제도 개선 항목	정책 특성	추진 방향
1사분면	핵심 실행 영역	• 조경기준 개정(2.1) • G-SEED 항목 신설(2.2) • 친환경주택 기준 개정(2.3)	• 높은 효과성·높은 실행성 • 단기 정책성과 창출 가능	• 단기 집중 추진
2사분면	전략적 선도 영역	• 최소 녹지면적 상향(1.1) • 법적 지위 명확화(3.1)	• 높은 효과성·낮은 실행성 • 제도 기반 강화 필요	• 중장기 제도 개선 과제
3사분면	기반 구축 영역	• 지역별 기준 차등(1.2) • 식생관리 항목 명시(3.2) • G-SEED 사후관리(3.3) • DB 고도화(3.4)	• 낮은 효과성·낮은 실행성 • 관리 인프라 구축 중심	• 시범사업·연구개발 중심 추진
4사분면	보완·조정 영역	• 인센티브 제공(1.3)	• 낮은 효과성·높은 실행성 • 세부 운영 보완 필요	• 제도 효율화 및 인센티브 정교화

출처: 연구진 작성

■ 국내 아파트 제도 개선의 정책 우선순위 결정(AHP 분석 결과)

아파트 녹지 제도 개선 항목 간의 상대적 중요도 및 정책 우선순위를 도출하기 위해 AHP(Analytic Hierarchy Process, 계층분석법)를 적용하였다. AHP 분석은 전문가 설문 응답을 기반으로, 정책 항목 간 상대적 중요도를 쌍대비교(1~9점 척도) 방식으로 평가하는 다기준 의사결정 기법이다. 분석 체계는 다음과 같이 구성하였다.

- 계층 1 (상위 목표): 탄소중립도시 구현을 위한 아파트 녹지 제도 개선
- 계층 2 (중간 수준): ① 면적 확보, ② 설계·조성, ③ 유지·관리
- 계층 3 (하위 수준): 각 영역별 세부 정책 대안

전문가들의 응답 결과를 바탕으로 일관성비율(Consistency Ratio, C.R.)을 검증한 결과, 모든 항목의 C.R. 값이 0.1 이하로 나타나 응답의 신뢰성이 확보되었다.

• 계층 2 분석 결과

계층 2 분석 결과, '유지·관리(0.386)'가 가장 높은 중요도를 보였으며, 다음으로 '설계·조성(0.351)', '면적 확보(0.263)' 순으로 나타났다. 이 결과는 전문가들이 아파트 녹지 제도 개선에 있어 단순한 면적 확충보다 기존 녹지의 체계적 관리와 지속적 운영체계의 정비를 더 중요하게 인식하고 있음을 보여준다. 즉, 단기적으로는 설계·조성 단계에서의 실질적 성과 창출이 가능하나, 장기적으로는 관리 체계의 안정화가 제도 개선의 핵심 과제임을 시사한다.

• 계층 3 분석 결과

계층 3에서 세부 정책 대안의 상대적 가중치를 산출한 결과, 총 10개 항목 중 우선순위 상위 3개 항목은 다음과 같다. 1순위(G-SEED 내 항목 신설)은 설계단계에서 탄소흡수 기능을 제도적으로 평가항목에 포함함으로써, 정책효과의 정량화와 인증제도의 실질화를 동시에 달성할 수 있는 방안으로 평가되었다. 2순위(장기수선계획 내 식생관리 항목 명시)는 아파트 단지의 지속적 유지관리 체계를 제도화함으로써 녹지의 장기적 탄소흡수 성능을 보전할 수 있는 기반 조성을 의미한다. 3순위(지역별 탄소흡수 기준 차등 적용)은 지역별 기후·토양·식생 여건을 반영한 맞춤형 제도 설계를 통해 제도의 실효성과 형평성을 동시에 확보할 수 있는 방안으로 제시되었다. 이외에도 「조경기준」 개정(0.098), 「에너지절약형 친환경 주택 건설기준」 개정(0.094) 등의 항목도 비교적 높은 가중치를 보여, 설계·조성 단계의 제도개선이 전반적으로 높은 우선순위를 차지함을 확인할 수 있다.

• 종합 분석

AHP 분석 결과는 전문가들이 아파트 녹지의 관리체계 강화와 제도 간 연계성 확보를 제도개선의 핵심 과제로 인식하고 있음을 보여준다. 특히, '유지·관리'와 '설계·조성'이 상위 두 영역으로 도출되었다는 점은, 한편으로는 정주지 녹지의 지속적 성능 관리, 다른 한편으로는 설계단계에서의 탄소흡수 최적화 유도가 향후 아파트 녹지 정책의 양대 추진 축이 되어야 함을 의미한다. 따라서 향후 정책 추진 전략은 다음과 같이 설정할 필요가 있다.

- 단기적(설계·조성 중심): G-SEED, 조경기준 등 기존 제도의 개선을 통해 실질적 탄소흡수 성과 창출
- 중장기적(유지·관리 중심): 장기수선계획, 관리 데이터베이스, 지자체 협력체계를 통한 지속 가능한 관리체계 정착
- 보완적(면적 확보 중심): 법·제도적 기반 정비 및 인센티브 연계 강화를 통한 장기적 녹지 확충 기반 마련

[표 5-9] AHP 분석 결과

항목 (계층2)	가중치	순위	CR (CI)	항목 (계층3)	가중치	순위	CR (CI)	종합 가중치	종합 순위
면적 확보	0.263	3		최소 아파트 녹지 면적 확보 기준 상향	0.228	3		0.060	10
				지역별 탄소배출·흡수 데이터 기반 면적 확보 기준 차등 적용	0.430	1	0.006 (0.003)	0.113	3
				기준 충족 및 초과 시 견폐율·용적률 등 인센티브 제공	0.342	2		0.090	7
				「조경기준」에 탄소흡수 설계 기준 반영	0.270	3		0.095	6
설계·조성	0.351	2	0.002 (0.001)	녹색건축인증(G-SEED)생태환경 분야 평가항목에 '탄소흡수 잠재량' 항목 신설	0.413	1	0.002 (0.001)	0.145	1
				「에너지절약형 친환경주택 건설기준」 제13조(평가항목)에 녹지 탄소흡수 성능 및 생태적 가치 등 아파트 외부공간 항목 포함	0.317	2		0.111	4
				아파트 녹지의 법적 지위 확보	0.176	4		0.068	9
유지·관리	0.386	1		장기수선계획 항목에 식생 관리 항목과 주기 명시	0.320	1	0.006 (0.005)	0.124	2
				녹색건축인증(G-SEED) 아파트 녹지 사후관리 강화	0.224	3		0.087	8
				아파트 녹지 관련 데이터베이스 고도화	0.280	4		0.108	5

출처: 연구진 작성

[표 5-10] AHP 분석 결과 기반 정책적 시사점

구분	주요 결과	정책적 시사점
계층 2 분석결과	• 유지·관리(0.386) > 설계·조성(0.351) > 면적 확보(0.263)	• 녹지 관리체계 강화가 제도개선의 핵심 방향
계층 3 분석결과	• ① G-SEED 내 탄소흡수 항목 신설(0.145) • ② 장기수선계획 식생관리 명시(0.124) • ③ 지역별 탄소흡수 기준 차등 적용(0.113)	• 설계·조성과 유지·관리가 제도개선의 양대 축
종합 분석	• 단기: 설계단계 제도개선 추진 • 중기: 관리체계 정비 및 제도 간 연계 강화 • 장기: 법·제도 기반 및 인센티브 확충	• 아파트 녹지를 정주지 탄소흡수 인프라로 전환하기 위한 단계별 추진 필요

출처: 연구진 작성

2. 제도 개선 효과 추정

1) 도시 차원

① 분석 목적

본 절에서는 아파트 녹지 관련 제도 개선이 정주지 부문 탄소흡수량에 미치는 파급효과를 정량적으로 분석하였다. 특히, 면적 확보 및 설계·조성 단계에서의 제도 개선이 도시 차원에서 탄소흡수량 확충에 기여할 수 있는 잠재력을 실증적으로 제시하는 데 목적을 두었다.

② 분석 방법

■ 개발 물량 예측

2025년부터 2030년까지의 신축 및 재개발·재건축 아파트 개발사업 물량을 예측하기 위해 세 가지 통계적 추세 분석 방식을 병행하였다.

- 전체 기간 추세선(1971-2023)
- 최근 10년 추세선(2014-2023)
- 최근 10년 단순 평균값

■ 제도 개선 시나리오 설정

기준 시나리오는 2023년 기준 전국 평균 아파트 녹지율인 30.5%를 적용하였다. 개선 시나리오는 각각 35%와 40%의 녹지율을 적용하여, 제도 개선에 따른 녹지 면적 확대 효과를 가정하였다. 각 시나리오별로 녹지율 상향에 따른 탄소흡수량(tC/yr) 및 이산화탄소흡수량(tCO₂/yr)을 추정하여 비교하였다.

■ 정책 기여도 평가

국토교통부는 2024년 '정주지 부문 2030 온실가스 감축 로드맵(안)'을 통해 개발제한구역 탄소흡수원 확충, 재개발·재건축 사업지 공원녹지 조성, 장기미집행 공원 조성, 택지개발사업 공원녹지 조성 등 4개 수단을 통해 2030년까지 3,783 ha의 녹지를 확충하고 40,155 tC/yr의 탄소흡수량 확보를 목표로 제시하였다. 본 분석에서는 제도 개선 시나리오별 추가 흡수량을 산정하고, 이를 정부 목표 대비 상대적 기여율(%)로 평가하였다.

[표 5-11] 도시 차원 제도 개선 효과 추정 방법

구분	방법
개발 물량 측정	• 2025~2030년 신축 및 재개발·재건축 아파트 개발사업 물량 추정
	• 추세 분석 방식
	- 전체 기간 추세선(1971~2023년) : 선형 회귀식 기반 연도별 단지수·면적·세대수 예측 - 최근 10년 추세선(2014~2023년) : 최근 공급 패턴 반영한 회귀 추세선 활용 - 최근 10년 단순 평균값 : 단지수, 면적, 세대수 평균값으로 연간 동일 증가 가정
제도 개선 시나리오 설정	• (기준 시나리오) 현행 평균 아파트 녹지율 30.5% • (개선 시나리오) 아파트 녹지율 35%, 40% 적용
정책 기여도 평가	• 국토부 '정주지 부문 2030 온실가스 감축 로드맵(안)'의 상대적 기여율 비교
출처: 연구진 작성	

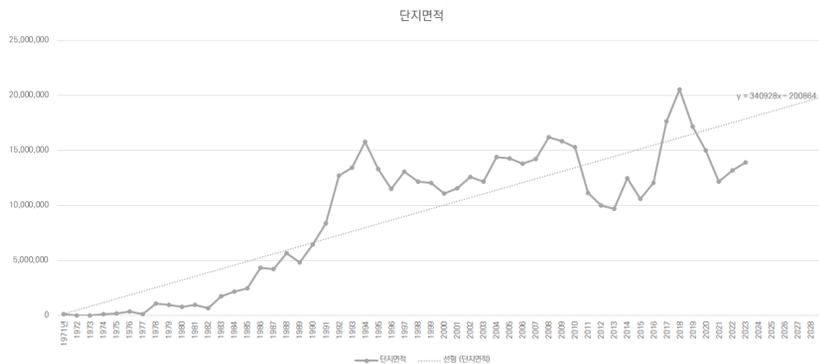
③ 분석결과

■ 전체 기간 추세선(1971~2023년) 기반

전체 기간 추세선을 기준으로 아파트 건설이 지속될 경우, 아파트 평균 녹지율을 30.5%에서 35%로 상향하면 연간 약 1,763 tC/yr의 탄소흡수량이 증가할 것으로 추정되었다. 녹지율을 40%로 상향할 경우에는 연간 약 3,715 tC/yr의 추가 흡수량이 확보될 것으로 분석되었다. 이는 정부의 '정주지 부문 2030년 온실가스 감축 로드맵(안)'이 제시한 탄소흡수원 추가 확보 목표(40,155 tC/yr) 대비 각각 34.0%, 38.9% 수준의 기여 효과를 의미한다.

[표 5-12] 아파트 녹지율 제도개선 시뮬레이션(전체 기간 추세선 기반)

연도별 (년)	평균 아파트 녹지율 적용						제도 개선안 적용					
	단지 수 (개소)	단지 면적 (ha)	아파트 녹지 면적 (ha)	녹지율 (%)	탄소 흡수량 (tC/yr)	이산화탄소 흡수량 (tCO ₂ /yr)	아파트 녹지율 35%			아파트 녹지율 40%		
							녹지 면적 (ha)	탄소흡수량 (tC/yr)	이산화탄소흡수량 (tCO ₂ /yr)	녹지 면적 (ha)	탄소흡수량 (tC/yr)	이산화탄소흡수량 (tCO ₂ /yr)
2024	611	1,821	555.08	30.5	1,610	5,903	637.32	1,848	6,776	728.37	2,112	7,744
2025	621	1,855	565.47		1,640	6,013	649.26	1,883	6,904	742.01	2,152	7,891
2026	631	1,889	575.87		1,670	6,123	661.19	1,917	7,029	755.64	2,191	8,034
2027	641	1,923	586.26		1,700	6,233	673.12	1,952	7,157	769.28	2,231	8,180
2028	651	1,957	596.65		1,730	6,343	685.05	1,987	7,286	782.92	2,270	8,323
2029	662	1,991	607.04		1,760	6,453	696.99	2,021	7,410	796.56	2,310	8,470
2030	672	2,025	617.44		1,791	6,567	708.92	2,056	7,539	810.19	2,350	8,617
소계	4,489	13,461	4,103.81		-	11,901	43,635	4,711.85	13,664	50,101	5,384.97	15,616



* 단지 면적 추세선 $y = 340928x - 200864$

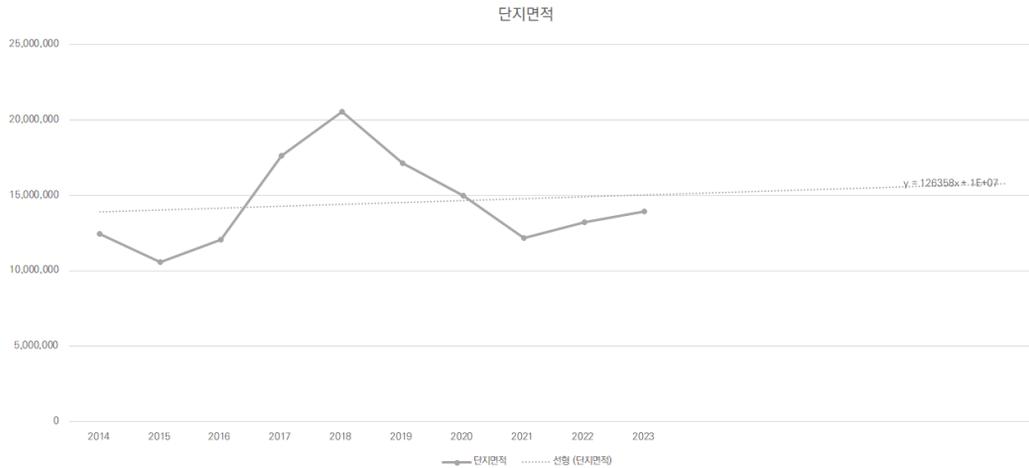
출처: 연구진 작성

■ 최근 10년 추세선(2014~2023년) 기반

최근 10년간(2014~2023년) 아파트 개발 추세를 반영하여 분석한 결과, 아파트 평균 녹지율을 30.5%에서 35%로 상향할 경우 연간 약 1,079 tC/yr의 탄소흡수 증가가 예상되었다. 또한 녹지율을 40%로 상향할 경우에는 연간 약 2,274 tC/yr의 추가 흡수량이 확보될 것으로 추정되었다. 이는 정부의 「정주지부 2030 온실가스 감축 로드맵(안)」이 제시한 탄소흡수원 확충 목표(40,155 tC/yr) 대비 각각 20.8% 및 23.8% 수준의 기여도에 해당한다.

[표 5-13] 아파트 녹지율 제도개선 시뮬레이션(최근 10년 추세선 기반)

평균 아파트 녹지율 적용							제도 개선안 적용						
연도별 (년)	단지수 (개소)	단지 면적 (ha)	아파트 녹지 면적(ha)	녹지율 (%)	탄소흡 수량 (tC/yr)	이산화 탄소 흡수량 (tCO ₂ /yr)	아파트 녹지율 35%			아파트 녹지율 40%			
							녹지 면적 (ha)	탄소흡 수량 (tC/yr)	이산화 탄소흡수 량 (tCO ₂ /yr)	녹지 면적 (ha)	탄소흡 수량 (tC/yr)	이산화 탄소흡 수량 (tCO ₂ /yr)	
2024	461	1,139	347.20	30.5	1,007	3,692	398.65	1,156	4,239	455.60	1,321	4,844	
2025	467	1,152	351.06		1,018	3,733	403.07	1,169	4,286	460.65	1,336	4,899	
2026	472	1,164	354.91		1,029	3,773	407.49	1,182	4,334	465.71	1,351	4,954	
2027	478	1,177	358.76		1,040	3,813	411.92	1,195	4,382	470.76	1,365	5,005	
2028	484	1,190	362.61		1,052	3,857	416.34	1,207	4,426	475.81	1,380	5,060	
2029	490	1,202	366.46		1,063	3,898	420.76	1,220	4,473	480.87	1,395	5,115	
2030	496	1,215	370.32		1,074	3,938	425.18	1,233	4,521	485.92	1,409	5,166	
소계	3,348	8,238	2,511.32		-	7,283	26,704	2,883.41	8,362	30,661	3,295.32	9,557	35,043



* 단지 면적 추세선 $y = 126358x + 10^7$

출처: 연구진 작성

■ 최근 10년 간 평균값 기반

최근 10년간(2014~2023년) 아파트 건설 실적의 단순 평균값을 적용한 결과, 녹지율을 35%로 상향할 경우 연간 약 1,291 tC/yr, 40%로 상향할 경우 연간 약 2,697 tC/yr의 탄소흡수량이 추가 확보되는 것으로 추정되었다. 이는 정부의 흡수원 확충 목표 대비 각각 24.5%와 28.0% 수준의 기여도에 해당한다.

[표 5-14] 아파트 녹지율 제도개선 시뮬레이션(최근 10년 평균값 기반)

연도별 (년)	단지수 (개소)	평균 아파트 녹지율 적용					제도 개선안 적용					
		단지 면적 (ha)	아파트 녹지 면적 (ha)	녹지율 (%)	탄소 흡수량 (tC/yr)	이산화 탄소 흡수량 (tCO ₂ /yr)	아파트 녹지율 35%			아파트 녹지율 40%		
							녹지면적 (ha)	탄소흡 수량 (tC/yr)	이산화 탄소흡수 량 (tCO ₂ /yr)	녹지면적 (ha)	탄소흡 수량 (tC/yr)	이산화 탄소흡수 량 (tCO ₂ /yr)
2024	429	1,449	441.56	30.5	1,281	4,697	506.99	1,470	5,390	579.41	1,680	6,160
2025	437	1,438	438.23		1,271	4,660	503.16	1,459	5,350	575.04	1,668	6,116
2026	454	1,447	441.03		1,279	4,690	506.37	1,468	5,383	578.71	1,678	6,153
2027	464	1,443	439.75		1,275	4,675	504.90	1,464	5,368	577.03	1,673	6,134
2028	462	1,384	421.87		1,223	4,484	484.38	1,405	5,152	553.58	1,605	5,885
2029	453	1,297	395.45		1,147	4,206	454.04	1,317	4,829	518.91	1,505	5,518
2030	450	1,246	379.78		1,101	4,037	436.05	1,265	4,638	498.34	1,445	5,298
소계	3,149	9,703	2,957.67		-	8,577	31,449	3,395.89	9,848	36,110	3,881.02	11,254

*2024년 = 2014~2023년 값의 평균
 *2025년 = 2015~2023년 값의 평균
 *2030년 = 2020~2023년 값의 평균
 출처: 연구진 작성

■ 소결

면적 확보 및 설계·조성 관련 제도 개선을 통한 아파트 단지의 녹지율 향상은 정부의 '정주지 부문 2030 온실가스 감축 로드맵(안)'이 제시한 탄소흡수원 확충 전체 목표(40,155 tC/yr)의 최대 39% 수준을 달성할 수 있는 잠재력을 지닌 것으로 나타났다. 이는 도시 내 탄소중립 실현을 위한 현실적이고 효율적인 민간부문 중심 대안으로서 아파트 녹지율 상향의 정책적 타당성을 강하게 뒷받침한다.

현재 정부 로드맵(안)에 포함된 주요 공공부문 감축수단, 예를 들어 장기미집행공원 조성(23,775 tC/yr), 개발제한구역 탄소흡수원 확충(8,491 tC/yr) 등은 부지 확보의 한계, 예산 제약, 절차적 지연 등으로 실질적인 실현 가능성에 제약이 존재한다. 이에 비해 아파트 녹지율 상향은 민간 개발사업의 설계·인허가 과정에서 제도적으로 반영이 가능하며, 도시계획·건축허가·녹색건축인증 등 기존 제도와의 연계도 용이하다. 따라서 민간 부문 중심의 아파트 녹지율 상향은 도시 차원의 탄소흡수원 확충을 위한 가장 실현가능하고 유연한 정책 수단으로 기능할 수 있다.

[표 5-15] 면적 확보 관련 제도 개선안 적용 시뮬레이션 종합 분석

구분	아파트 건설량 변화 기준								
	전체 추세선(1971-2023년)			최근 10년 추세선(2014-2023년)			최근 10년 평균		
아파트 녹지율(%)	30.5%	35%	40%	30.5%	35%	40%	30.5%	35%	40%
2024~2030년 아파트 녹지 면적(ha)	4,103	4,712	5,385	2,511	2,883	3,295	2,958	3,396	3,881
2024~2030년 아파트 녹지 탄소흡수량(tC/yr)	11,901	13,664	15,616	7,283	8,362	9,557	8,557	9,848	11,254
기준값(녹지율 30.5%) 대비 증가값	-	(+1,763)	(+3,715)	-	(+1,079)	(+2,274)	-	(+1,291)	(+2,697)
국토교통부 '정주지 부문 2030 온실가스 감축 로드맵(안)'의 2024~2030년 탄소흡수원 확충 목표 (40,155tC/yr) 기여도(%)	29.6	34.0	38.9	18.1	20.8	23.8	21.3	24.5	28.0

출처: 연구진 작성

2) 아파트 단지 차원

■ 분석 개요

본 절에서는 아파트 단지의 조경 식재 구조를 탄소흡수 및 저장 효율이 높은 형태로 재편할 경우의 효과를 정량적으로 검증하였다. 이는 앞서 제시한 설계조성 단계의 제도 개선 방안인 「조경기준」 개정 및 수종 선정 기준 강화가 실제 단지 수준에서 어느 정도의 탄소저장·흡수 향상 효과를 거둘 수 있는지 실증적으로 제시하기 위한 분석이다. 특히 단순 녹지 면적의 확대가 아니라 수종 구성, 식재 비율, 생장 특성 등 미시적 설계 요소의 변화가 탄소중립형 조경 설계의 실효성을 결정하는 핵심 요인임을 검증하는 데 초점을 두었다.

■ 시뮬레이션 설정 및 분석 방법

• 분석 대상

제3장에서 실증 분석 대상으로 설정한 아파트 단지(지상 LiDAR 및 3D 식생 모델링 기반 현장 조사 대상지)를 표본으로 활용하였다. 즉, 제3장의 실측 데이터를 바탕으로 구축된 수목별 수관 면적, 흉고 직경(DBH), 수고(H), 생육 상태 등의 실측 정보를 기초 자료로 하여, 동일 부지 내 식재 구조 개선 시의 탄소저장·흡수량 변화를 시뮬레이션함으로써 데이터의 정량적 타당성을 확보하였다.

• 식재 구조 조정

기존 조경 설계안에서 아교목 443주를 제거하고 동일 수량의 교목을 추가하여, 전체 식재 구조를 교목 70%, 아교목 30% 비율로 재구성하였다. 추가된 교목은 느티나무(*Zelkova serrata*), 대왕참나무(*Quercus aliena*), 이팝나무(*Chionanthus retusus*), 산수유(*Cornus officinalis*) 등 수관 발달이 크고 생장 잠재력이 높은 수종으로 구성하였다. 일부 수종은 다수 식재하여 주요 축을 형성하도록 설계함으로써, 입체적 수관 구조 및 생태적 연속성을 강화하였다.

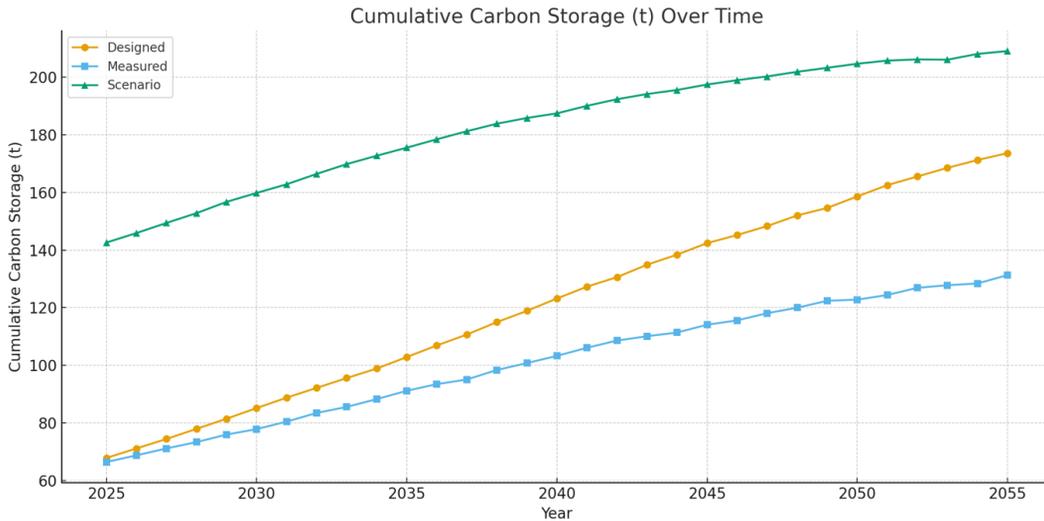
• 분석 절차

① 기준(설계) 시나리오, ② 실측 시나리오, ③ 개선 시나리오의 3가지 식재 구조를 대상으로 2025~2055년(30년간) 탄소저장 및 흡수량 변화를 예측하였다. 탄소저장량은 단위 생장당 생체량(biomass) 축적을 기반으로, 탄소흡수량은 연간 광합성량과 유지호흡량의 차이를 바탕으로 산정하였다.

■ 누적 탄소저장량 시뮬레이션 결과

시뮬레이션 결과, 개선 시나리오는 전체 분석 기간 동안 가장 높은 탄소저장량을 기록하였다(그림 5-11 참조). 2025년 기준, 설계 시나리오는 67.9 t, 실측 시나리오는 66.5 t으로 유사한 수준에서 출발했으나, 개선 시나리오는 142.6 t으로 두 배 이상의 초기 저장량을 확보하였다. 2055년 기준, 설계 시나리오 173.6 t, 실측 시나리오 131.3 t에 비해 개선 시나리오는 209.0 t에 도달하며 가장 큰 증가폭을 나타냈다. 실측 시나리오는 2040년 이후 증가세가 둔화되어, 최종적으로 설계 시나리오 대비 42.3 t, 개선 시나리오 대비 77.7 t 낮은 수준에 머물렀다. 이러한 격차는 연간 흡수량 차이가 누적된 구조적 결과로 해석된다.

실측 시나리오의 정체는 수목 성장 둔화, 고사 개체 증가, 수관 발달의 한계 등 현실적 제약 요인이 반영된 결과이며, 설계 시나리오는 이상적 환경조건을 가정한 모델이라는 점에서 한계가 존재한다. 반면, 개선 시나리오는 수관 면적 확대와 교목 중심의 구조 재편으로 인해 초기 저장량이 높았을 뿐 아니라, 장기적으로도 안정적인 증가세를 유지하였다. 이는 수종 선택과 식재 구조의 전략적 설계가 장기적인 탄소저장 효율을 실질적으로 향상시킬 수 있음을 입증한다.



[그림 5-1] 30년간 누적 탄소저장량 시뮬레이션 결과
출처: 연구진 작성

■ 탄소흡수량 시뮬레이션 결과

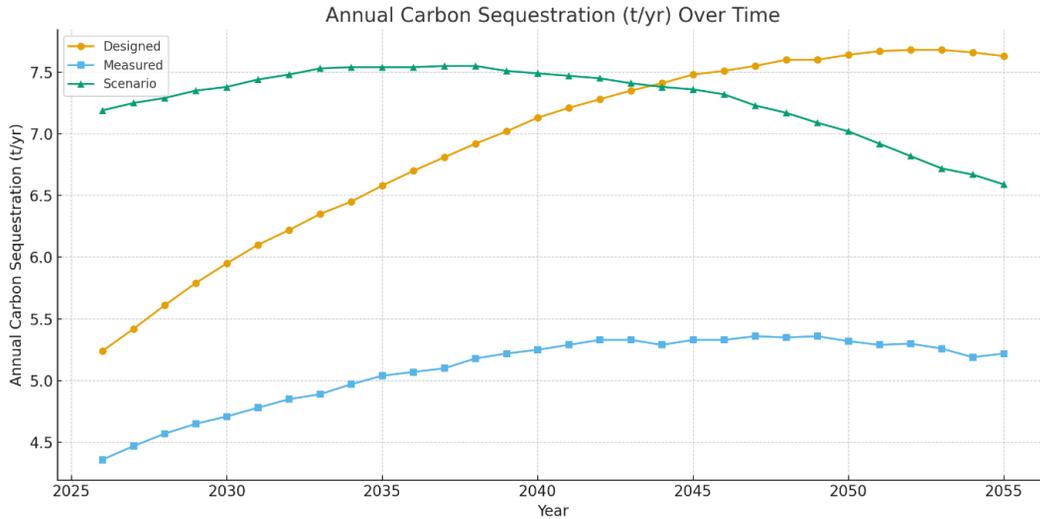
탄소흡수량 예측 결과, 세 가지 시나리오 모두 2026년 이후 흡수량이 본격적으로 증가하였으나, 증가 속도와 정점 이후의 변화 추세에서 뚜렷한 차이가 확인되었다(그림 5-2) 참조)

설계 시나리오는 2026년 5.24 t/yr에서 출발하여 완만하게 상승한 뒤 2040년 이후 약 7.6 t/yr 수준에서 안정화되었다. 이는 이상적 식재 구성과 밀도, 성장률을 전제한 결과로 해석된다. 실측 시나리오는 2026년 4.36 t/yr에서 시작하여 2040년 약 5.3 t/yr까지 증가한 후 정체되는 양상을 나타냈다. 이는 설계 대비 낮은 식재 이행률, 시공 단계에서의 수종 변경 및 누락, 유지관리 미흡, 수종 간 성장 경합 등 현실적 요인이 반영된 결과로, 일부 수종의 생장 부진이 전체 흡수량 증가를 제한한 것으로 분석된다.

개선 시나리오는 2026년 7.19 t/yr로 가장 높은 초기 흡수량을 기록하였으며, 2038년경에는 7.55 t/yr로 정점에 도달한 후, 2055년에는 6.59 t/yr로 완만히 감소하였다. 이는 교목 중심의 식재 구조로 초기 흡수량은 크게 확보되었으나, 수목 생장이 성숙기에 접어들면서 성장률 둔화, 유지 호흡 증가, 일부 개체의 고사, 수관 포화 현상 등 생태적 요인이 복합적으로 작용한 결과로 해석된다.

즉, 개선 시나리오는 단기적으로는 탄소흡수 효율이 가장 우수했으나, 장기적으로는 자연적 성장 한계에 도달하면서 점진적인 감소세를 보였다. 이러한 결과는 탄소흡수 중심의 식재 구조 재편이 단기적 효과뿐 아니라, 장기적인 관리 계획 병행의 중요성을 시사한다. 따라서 제도 개선 시, 단순히 교목 비율을 확대

하는 수준을 넘어 수종별 성장주기와 수관 경쟁, 관리주기 등을 반영한 생애주기 기반 식재 관리계획이 병행되어야 한다.



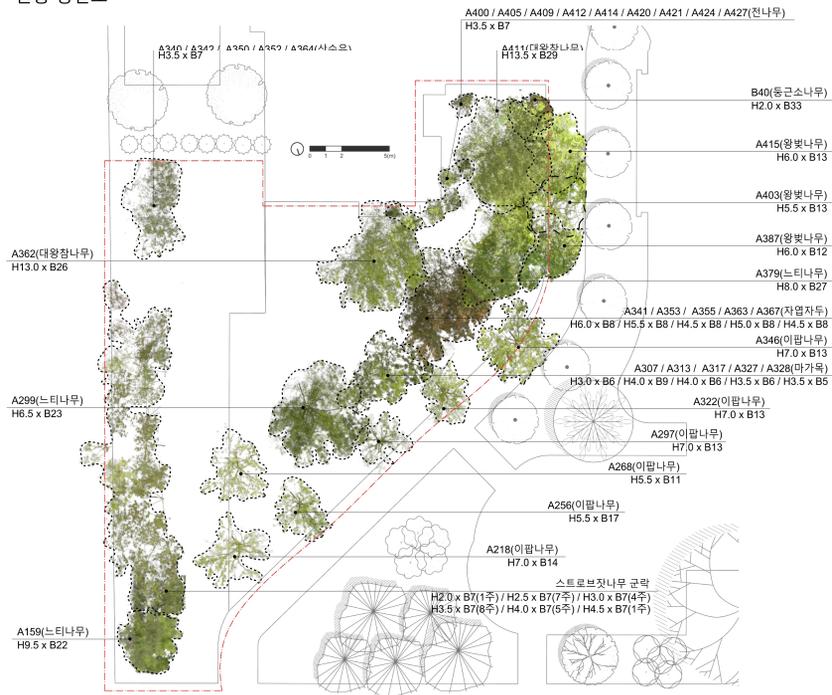
[그림 5-2] 30년간 탄소흡수량 시뮬레이션 결과
출처: 연구진 작성

■ 세부 공간(108동 주변지역) 시뮬레이션 결과

제3장에서 실증 분석 대상으로 설정한 아파트 단지 내 108동 북동측 조경 공간을 대상으로, 식재 구조 재편이 탄소흡수 성능에 미치는 영향을 검토하였다. 분석에서는 교목과 아교목의 비율을 기존 대비 약 7:3으로 조정하였다. 구체적으로 교목은 기존 16주에서 31주로 확대하였고, 아교목은 49주에서 8주로 축소하였다. 그 결과, 전체 식재 개체 수는 65주에서 39주로 26주 감소했음에도 불구하고, 연간 탄소흡수량은 86.5 kg/yr로 산출되어 현황(약 65.6 kg/yr) 대비 약 31.9% 증가하는 효과가 확인되었다. 이는 식재 구조의 양적 확대보다는 질적 재편(수종 구성과 성장특성 중심의 설계 조정)이 탄소흡수 효율을 실질적으로 개선할 수 있음을 입증하는 결과이다.

본 개선안은 탄소 성능 향상에만 초점을 둔 조경 계획이 아니라, 생활 환경의 쾌적성과 경관적 가치 제고를 함께 고려하였다. 교목 중심의 식재 구조는 장기적으로 안정적인 수관 형성과 그늘 제공을 통해 미기후 조절 및 열섬 저감에 기여하며, 아교목은 시각적 완충과 계절감 연출 등 경관적 보완 역할을 수행하도록 배치되었다.

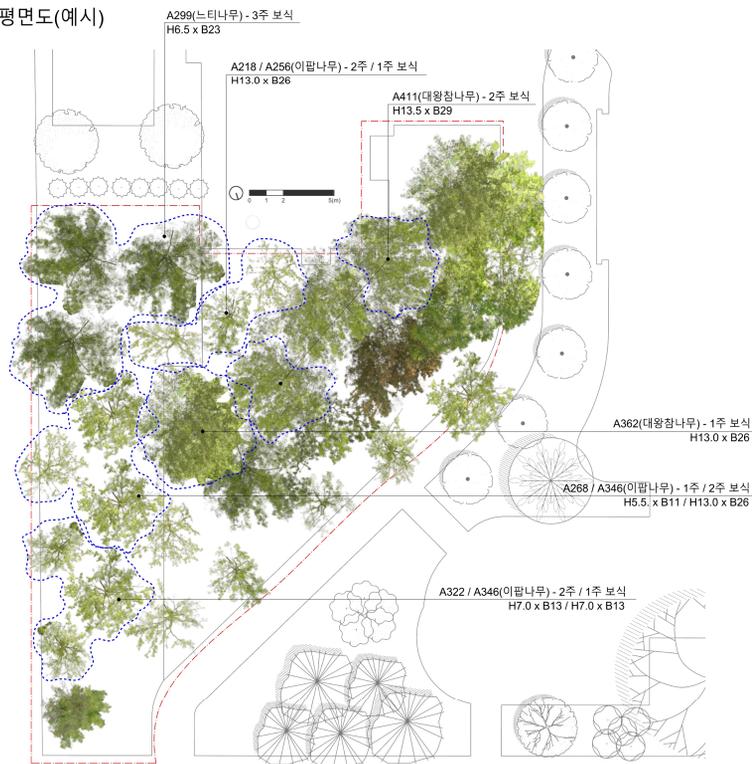
현황 평면도



[그림 5-3] 108동 북동측 조경 현황도

출처: 연구진 작성

개선안 평면도(예시)



[그림 5-4] 108동 북동측 조경 개선안 평면도

출처: 연구진 작성

[표 5-16] 현황도 범례

수종	코드	규격	EA	탄소흡수량 (kg/yr)	비고
이팝나무	A218	H7.0 x B14	1주	4.8	
	A256	H5.5 x B17	1주	2.2	
	A268	H5.5 x B11	1주	3.4	
	A297	H7.0 x B13	1주	4.4	
	A322	H7.0 x B13	1주	4.4	
	A346	H7.0 x B13	1주	4.4	
마가목	A307	H3.0 x B6	1주	1.3	
	A313	H4.0 x B9	1주	2.3	
	A317	H4.0 x B8	1주	1.3	
	A327	H3.5 x B6	1주	1.3	
	A328	H3.5 x B7	1주	1	
자엽자두	A341	H5.0 x B8	1주	2.1	
	A353	H5.5 x B8	1주	2.1	
	A355	H4.5 x B8	1주	2.1	
	A363	H5.0 x B8	1주	2.1	
	A367	H4.5 x B8	1주	2.1	
왕벚나무	A387	H8.0 x B12	1주	3.6	
	A403	H6.0 x B13	1주	4.1	
	A415	H5.5 x B13	1주	4.1	
동근 소나무	B40	H2.0 x B33	1주	5.1	
전나무	A400	H3.5 x B7	1주	0.8	
	A405	H3.5 x B7	1주	0.8	
	A409	H3.5 x B7	1주	0.8	
	A412	H3.5 x B7	1주	0.8	
	A414	H3.5 x B7	1주	0.8	
	A420	H3.5 x B7	1주	0.8	
	A421	H3.5 x B7	1주	0.8	
	A424	H3.5 x B7	1주	0.8	
대왕참나무	A411	H13.5 x B29	1주	12.7	
	A362	H13.0 x B26	1주	12.2	
느티나무	A159	H9.5 x B22	1주	3.7	
	A299	H6.5 x B23	1주	3.9	
	A379	H8.0 x B27	1주	4.8	
산수유	A340	H3.5 x B7	1주	1.6	
	A342	H3.5 x B7	1주	1.6	
	A350	H3.5 x B7	1주	1.6	
	A352	H3.5 x B7	1주	1.6	
	A364	H3.5 x B7	1주	1.6	
스트로브젯나무		H2.0 x B7	1주	0.5	
		H2.5 x B7	7주	6.3	
		H3.0 x B7	4주	3.6	
		H3.5 x B7	8주	7.2	
		H4.0 x B7	5주	4.5	
		H4.5 x B7	1주	0.9	
▼					
구분	총 수량	비율	총 탄소흡수량(kg/yr)		비고
교목		16주	24.6%		76.9
아교목		49주	75.4%		57.2 수고 5m 이하 수종
현재 총계		65주	100%		134.1

출처: 연구진 작성

[표 5-17] 개선안 범례

수종	코드	규격	EA	탄소흡수량(kg/yr)	비고
이팝나무	A218	H7.0 × B14	3주	14.4	2주 보식
	A256	H5.5 × B17	2주	4.4	1주 보식
	A268	H5.5 × B11	2주	6.8	1주 보식
	A297	H7.0 × B13	1주	4.4	
	A322	H7.0 × B13	3주	13.2	2주 보식
	A346	H7.0 × B13	4주	17.6	3주 보식
마가목	A307	H3.0 × B6	1주	1.3	
	A313	H4.0 × B9	1주	2.3	
	A317	H4.0 × B8	1주	1.3	
	A327	H3.5 × B6	1주	1.3	
	A328	H3.5 × B7	1주	1	
자엽자두	A341	H5.0 × B8	1주	2.1	
	A353	H5.5 × B8	1주	2.1	
	A355	H4.5 × B8	1주	2.1	
	A363	H5.0 × B8	1주	2.1	
	A367	H4.5 × B8	1주	2.1	
왕벚나무	A387	H8.0 × B12	1주	3.6	
	A403	H6.0 × B13	1주	4.1	
	A415	H5.5 × B13	1주	4.1	
등근 소나무	B40	H2.0 × B33	1주	5.1	
대왕참나무	A411	H13.5 × B29	1주	38.1	2주 보식
	A362	H13.0 × B26	1주	24.4	1주 보식
느티나무	A159	H9.5 × B22	1주	3.7	
	A299	H6.5 × B23	1주	15.6	3주 보식
	A379	H8.0 × B27	1주	4.8	
▼					
구분	총 수량	비율	총 탄소흡수량(kg/yr)	비고	
교목	31주	79.5%	163.4		
아교목	8주	20.5%	13.5	수고 5m이하 수종	
현재 총계	39주	100%	176.9		

출처: 연구진 작성

■ 소결

실증 분석 결과를 토대로 아파트 단지 내 탄소 흡수 및 저장 효율을 극대화하고 유지관리 가능성까지 고려한 탄소중립형 식재 전략을 다음과 같이 제안한다.

- 교목 중심의 수종 구성: 초기 효과와 장기 성장의 균형 확보

탄소저장량과 흡수량에서 가장 안정적인 성능을 보인 것은 수관 발달이 크고 생장 지속성이 우수한 교목류였다. 특히 느티나무(*Zelkova serrata*), 대왕참나무(*Quercus aliena*), 이팝나무(*Chionanthus retusus*), 산수유(*Cornus officinalis*) 등은 초기 생장이 빠르고 수관이 넓게 확장되어, 30년간의 시뮬레이션 전 기간 동안 지속적 탄소 저장 능력을 유지하였다. 따라서 아파트 단지의 식재 구조를 이러한 교목 중심으로 설계할 경우, 초기 저장 효과와 장기 성장 간의 균형을 동시에 확보할 수 있다.

- 단기 성능보다 생장 지속성과 도시 적응성을 우선 고려

일부 수종은 초기 생장이 빠르고 흡수량이 높게 나타나지만, 도심 환경에서의 생장 지속성, 내병성,

수관 발달성이 낮을 경우 장기적으로는 탄소 기여도가 감소한다. 예를 들어, 스트로브 잣나무는 성장률과 생존율 모두 낮게 나타나, 기대효과를 유지하지 못했다. 따라서 수종 선정 시에는 단기 성능 지표에 치우치지 말고, 기후·토양·공간 제약조건에서의 생존 가능성과 유지관리 난이도를 종합적으로 고려해야 한다.

- 아교목의 제한적 식재 및 보완적 활용

아교목은 일반적으로 성장 속도가 빠르고 공간 점유가 적으며 경관 연출에 용이하다는 장점이 있으나, 탄소 저장 기여도는 상대적으로 낮고, 교목과의 성장 경합 가능성이 존재한다. 따라서 아교목은 보완적 식재 요소로서 제한적으로 활용하는 것이 바람직하다. 특히 배롱나무(*Lagerstroemia indica*)와 같이 내병성이 높고 경관 효과가 우수한 수종을 중심으로, 교목 대비 20~30% 이내의 비율로 구성하는 것이 적정하다. 또한 햇빛·토양·수분 경쟁이 적은 완충부나 경계부 공간에 분산 식재함으로써 성장 경합을 최소화해야 한다.

- 세대교체를 고려한 성장주기 분산 식재 구조

수목은 일정 성장기를 지나면 흡수량이 감소하고, 고사 개체가 발생할 수 있다. 이를 방지하기 위해서는 성장 속도와 수명이 다른 수종을 혼합하여, 식생 군락 내 자연스러운 세대교체가 이루어지도록 설계해야 한다. 예를 들어 중·장기 수종(느티나무, 대왕참나무 등)과 단기 수종(산수유, 이팝나무 등)을 혼합 식재하고, 공간상 겹침이 적은 수형을 배치하는 방식으로 2단 구조(upper-lower layer)를 형성하는 것이 효과적이다.

- 아파트 조경공간에 특화된 탄소중립형 수종 선정

아파트 단지의 조경공간은 일반 산림이나 도시공원과는 달리, 얇은 토심, 인공토양, 고온·건조한 미기후, 지하 구조물 분포 등 복합적인 제약 조건을 지닌다. 따라서 전통적 선호 수종을 반복적으로 식재하기 보다는, 도시 구조와 기후변화에 적응력이 높고 탄소 저장 능력이 우수한 수종 중심의 맞춤형 식재 전략이 필요하다. 특히 팽나무(*Celtis sinensis*), 느티나무(*Zelkova serrata*), 대왕참나무(*Quercus dentata*) 등은 도시 열섬 저항성, 성장 속도, 수관 확대력, 병해충 내성이 모두 우수하여, 장기적으로 높은 탄소 저장 성능을 발휘할 수 있다. 이 중 팽나무는 성장 속도와 도시 적응성 모두 탁월하여, 아파트 단지의 주요 수종으로 활용할 경우 탄소중립형 경관 조성에 실질적으로 기여할 수 있다. 결국, 기후적응성과 구조적 제약을 함께 고려한 전략적 수종 배치가 아파트 조경 설계의 핵심이 되어야 한다.

3. 소결

본 장의 주요 분석 결과는 다음과 같다.

첫째, 제4장의 국내 아파트 녹지 관련 제도 및 해외사례 분석 결과를 토대로, IPA(중요도-실행도 분석)와 AHP(계층화 분석)를 결합하여 아파트 녹지 제도 개선방안의 효과성 및 실행가능성과 상대적 중요도를 도출하였다. IPA 분석 결과, 조경기준 개정, G-SEED 항목 신설, 친환경주택 기준 개정은 높은 효과성·높은 실행가능성(1사분면)으로 단기 정책성과 창출 가능성이 높은 과제로 분류되었다. 반면 최소 녹지면적 상향과 법적 지위 명확화는 높은 효과성·낮은 실행가능성(2사분면)으로 중장기 법·제도 기반 보강이 필요한 과제로 제시되었다. 기준 충족 및 추가 시 인센티브 제공은 낮은 효과성·높은 실행성(4사분면)으로 세부 운영의 정교화가 요구될 것으로 판단된다. 전문가 21명을 대상으로 한 AHP(모든 항목 일관성 지수 C.R. \leq 0.1) 분석 결과, 유지·관리(0.386), 설계·조성(0.351), 면적 확보(0.263) 순으로 중요도가 높게 나타나 '관리 체계 강화'가 제도 개선의 핵심 축임을 확인하였다. 세부 항목(계층3)에서는 G-SEED 내 '탄소흡수 잠재량' 항목 신설(0.145), 장기수선계획에 식생관리 항목·주기 명시(0.124), 지역별 탄소흡수 기준 차등 적용(0.113)이 상위 항목으로 도출되었다.

둘째, 제도 개선에 따른 도시 차원의 효과를 추정하였다. 제2장에서 산정한 전국 평균 아파트 녹지율 30.5%(2023년)를 기준 시나리오로 설정하고, 35%~40% 상향 시나리오를 구성하여 2024~2030년 신축·재개발·재건축 물량을 세 가지 추세(전 기간·최근 10년 추세선·최근 10년 평균)로 예측하여 추가 흡수량(tC/yr · tCO_2/yr)과 정부 로드맵 대비 기여율을 산정하였다. 분석 결과, 면적 확보 및 설계·조성 관련 제도 개선을 통해 '녹지율 40%'를 달성할 경우, 2030년까지 정주지 부문 흡수원 확충 목표의 최대 약 39%를 달성할 수 있는 잠재력이 확인되었다. 이는 공원 신설 등 공공수단의 부지·예산 제약 대비, 민간 개발 과정에서 제도적 반영 가능성이 높다는 점에서 실현 가능성이 높다고 판단된다.

셋째, 제도 개선에 따른 아파트 단지 차원의 효과를 추정하였다. 제3장의 실증 분석 대상지인 성남시 'e편한세상 금빛그랑메종 1단지'를 사례로 설계·조성 기준 개선 효과를 시뮬레이션한 결과, 개선 시나리오의 연간 흡수량은 2026년 7.19 t/yr 에서 2037~2038년 7.55 t/yr 로 정점에 도달한 후, 2055년 6.59 t/yr 로 완만하게 감소하는 추세를 보였다. 이는 초기 교목 중심의 흡수 효율 증대 이후 성숙기 성장 둔화 및 유지 호흡 증가 등 생태적 한계를 반영하는 결과로, 장기 관리계획 병행의 필요성을 실증한다. 또한 설계 시나리오와 실측 시나리오 간의 차이는 수종, 규격, 시공 이행률, 관리 수준 등 현실적 요인에서 기인함을 확인하였다.

제6장

결론

1. 연구의 주요 내용 및 결과
2. 정책 제언
3. 연구의 한계 및 향후 연구 과제

1. 연구의 주요 내용 및 결과

본 연구는 탄소중립도시 구현을 위한 아파트 녹지의 가치를 체계적으로 규명하고, 이를 극대화하기 위한 제도 개선 방안을 제시하는 것을 목표로 수행되었다. 특히 아파트 녹지의 탄소흡수원으로서의 기능에 주목하여, 전국적 규모의 정량평가와 실증사례 분석을 병행함으로써 정책적 활용 근거를 마련하고자 하였다. 연구 범위는 전국 아파트 단지를 대상으로 하였으며, 경기도 성남시의 아파트 단지를 실측 사례지로 선정하여 심층 분석하였다. 주요 연구 내용과 그 결과를 종합하면 다음과 같다.

첫째, 전국 단위 아파트 녹지 현황 및 탄소흡수량 분석을 통해 아파트 녹지가 도시 탄소중립에 기여할 수 있는 잠재력을 실증적으로 제시하였다. 전국 17,807개 단지의 위성·공간자료를 활용한 분석 결과, 2023년 기준 전국 아파트 단지 내 녹지 면적은 약 14,547 ha에 이르며 연간 탄소흡수량은 약 42,189 tCO₂로 추정되었다. 이는 도시공원 등 공공 녹지와 별개로, 정주지 영역의 사유지 녹지가 상당한 탄소흡수원 역할을 할 수 있음을 보여준다. 아울러 지역별 아파트 녹지 분포 특성과 건물에너지 소비 특성을 교차분석하여 복합취약지역, 전환우선지역, 기반확충지역 등 차별화된 유형을 도출하였다. 이를 통해 녹지를 상향, 친환경 리모델링, 국고 지원 등의 지역별 맞춤형 접근 전략의 필요성을 제시하였다. 다만 현재 법·제도상 아파트 녹지는 「도시공원 및 녹지 등에 관한 법률」 등의 녹지 체계에 포함되지 않고 주택단지 부대시설 정도로 취급되어, 탄소흡수원으로서 제도적 관리의 사각지대에 놓여 있다는 한계를 확인하였다.

둘째, 아파트 녹지의 탄소흡수 및 저장량 실증 분석을 실시하여, 단지 내 수목의 실제 탄소흡수 성능과 영향 요인을 정밀 검증하였다. 경기도 성남시 소재 아파트 단지를 대상으로 지상 LiDAR 측량과 3D 수목모델링을 활용한 현장조사 결과, 설계도면 상 산정된 수목 구성과 준공 후 실제 식재 현황 간에 상당한 차이가 있는 것으로 나타났다. 일부 수종의 경우 계획 대비 생존율 저하, 생장 부진 등으로 실측 탄소흡수량이 설계 예측치보다 최대 70% 이상 낮게 측정되었으며, 반대로 생육환경이 양호한 수종은 실측 흡수량이 오히려 증가하는 사례도 확인되었다. 이러한 결과는 단순 설계치에 기반한 정적 추정의 한계를 보여주는 것으로, 시공 품질과 식재 후 관리 수준 등 실행 요인이 탄소흡수 성능에 큰 영향을 미침을 시사한다. 또한 대상 단지의 수목 성장모델을 통해 준공 후 30년간 탄소흡수 추이를 시뮬레이션한 결과, 조성 초기에는 탄소흡수량이 증가하다가 수목이 성숙기에 접어들면서 서서히 감소세로 전환되는 생태적 성숙 및 포화 현상이 관찰되었다. 이는 장기적 관리 전략 부재 시 초기 조성 효과가 시간 경과에 따라 약화될 수 있음을 의미한다. 요약하면 실증 분석을 통해 아파트 녹지의 실제 탄소흡수량은 계획·조성 단계의 잠재력, 시공 적절성, 그리고 유지관리의 질에 의해 결정됨을 확인하였다.

셋째, 국내외 아파트 녹지 관련 법·제도 현황 분석을 수행하여 현행 제도의 구조적 한계를 진단하고 개선 방향을 도출하였다. 국내 법령 측면에서는 「주택법」, 「건축법」, 「공동주택관리법」, 「녹색건축물 조성 지원법」 등에서 아파트 녹지와 관련한 규정들을 검토하였으며, 녹지율 기준 완화, 관리 책임의 모호성, 탄소흡수 기능의 비반영 등 여러 한계점이 드러났다. 예를 들어 과거 의무사항이었던 ‘단지면적의

30% 이상 녹지 확보' 조항이 삭제되면서 현재는 5~15% 수준의 조경 면적만으로도 법적 요건을 충족할 수 있는 실정이다. 녹색건축인증제도(G-SEED)의 경우에도 탄소흡수 성능을 직접 평가하는 항목이 부재하여 녹지를 형식적으로 조성해도 인증 취득이 가능하다는 한계가 있었다. 국외 사례 분석을 통해서도 영국, 일본, 싱가포르 등 주요 국가들이 도시 녹지 확보와 성능 개선을 유도하기 위한 제도적 수단을 운용하고 있음을 확인하였다. 영국 런던은 도시녹화지수(Urban Greening Factor, UGF)를 도입하여 주거 개발에 0.4 이상의 녹화 지수를 의무화하고 있으며, 일본과 싱가포르는 주택단지 내 수목 식재 기준 및 장기 관리 지침을 법규나 가이드라인으로 명시하여 운영 중이다.

넷째, 아파트 녹지 제도 개선 방안 및 효과 추정을 통해 정책 대안들의 잠재 효과를 정량적으로 평가하였다. 아파트 녹지 제도 개선 방안을 면적 확보, 설계·조성, 유지·관리로 구분하여 아파트 녹지의 법적 지위 격상, 설계 기준 개선, 녹색건축인증 연계, 유지·관리 체계 강화 등의 세부 방안을 도출하였다. 또한 전문가 설문문을 통해 개선 방안의 효과성과 실행가능성을 평가한 결과, 조경기준 개정, 녹색건축인증 항목 신설, 친환경 주택기준 개정 등이 단기 우선 추진 과제로 선정된 반면, 최소 녹지율 상향, 법적 지위 명확화 등은 중·장기 과제로 분류되었다. 제안된 제도 개선 방안을 전국 단위로 적용했을 때의 탄소흡수 증대 효과를 추정한 결과, 녹지율을 40%로 상향 달성 시 2030년까지 정부의 정주지 부문 흡수원 확충 목표량의 약 39%를 달성할 수 있는 것으로 나타났다. 특히 민간 아파트 개발사업의 계획·인허가 단계에서 녹지율 상향을 내재화하는 방안은 토지와 예산이 제약된 공공 방식에 비해 비용 대비 효과가 높은 전략으로 평가되었다. 마지막으로 단지 차원의 시뮬레이션을 통해 초기 조성과 더불어 사후 관리가 병행되어야 정책 효과가 지속될 수 있음을 실증하였으며, 제도 개선 시 예상되는 온실가스 감축 기여율을 산정함으로써 국가 NDC 이행 전략에 활용할 수 있는 과학적 근거를 제시하였다.

이상의 연구 결과를 통해 아파트 녹지가 지닌 탄소흡수 잠재력과 정책적 활용 가능성을 실증하였으며, 이를 뒷받침할 법·제도적 개선 과제를 제시하였다. 다음 절에서는 이러한 연구 결과를 토대로 도출된 정책적 시사점을 정리하고 궁극적으로 추진해야 할 정책 방향을 제안한다.

2. 정책 제언

앞서 분석한 결과에 기반하여, 아파트 녹지를 정주지 부문의 탄소흡수 인프라로 활성화하기 위한 정책적 시사점을 다음과 같이 정리할 수 있다. 이는 제도 개선, 설계·관리 체계, 법령 연계, 인증·평가체계, 인센티브, 데이터 기반 관리 등 다양한 측면을 포괄하며, 종합적인 정책 방향과 실천 전략을 제안한다.

첫째, 아파트 녹지의 법·제도적 지위 명확화이다. 우선 아파트 녹지의 탄소흡수 기능을 공식적으로 인정하고 제도권에 편입시킬 필요가 있다. 이를 위해 공원녹지법을 포함한 주택·건축 관련 법령과 녹색건축인증 체계 등 관련 제도 전반에 아파트 녹지의 탄소흡수 역할을 명시하고, 해당 녹지의 관리 주체와 성과 책임을 분명히 해야 한다. 현재 아파트 녹지는 법적으로 독립된 녹지 유형으로 규정되지 않아 공공 녹지와 연계 관리가 불가능한 사각지대에 놓여 있으므로, 정부 차원에서 법령 및 하위 고시 개정 로드맵을 수립하고 단계적으로 추진할 필요가 있다. 이와 함께 아파트 녹지를 국가·지자체 온실가스 흡수원 통계와 관리 체계에 포함시켜 그 기여도를 공식적으로 산정 및 보고함으로써, 정책적 위상을 강화해야 한다.

둘째, 설계 단계에서의 탄소흡수 성능 반영이다. 아파트 녹지의 탄소흡수 능력을 설계 기준과 인증 제도에 내재화하여 초기 조성 단계부터 탄소중립 효과를 극대화해야 한다. 구체적으로, 녹색건축인증(G-SEED)에 '탄소흡수 잠재량' 평가항목을 신설하고, 에너지절약형 친환경주택 건설기준에는 단지 외부 공간의 탄소흡수 성능 요소를 포함시키며, 조경기준에는 탄소흡수에 유효한 수종 구성 및 식재밀도 기준을 반영하는 방안을 추진할 수 있다. 연구 결과에 따르면 이러한 조치들은 효과성과 실행가능성이 모두 높은 단기 우선 과제로 평가되었으므로, 관계 부처는 조속히 관련 고시와 세부 지침을 개정하여 설계 단계에서 녹지율 및 식재 구조의 탄소 성능이 정량적으로 평가 및 반영되도록 해야 한다.

셋째, 아파트 단지 녹지율 향상을 위한 정책 추진이다. 아파트 녹지율을 현행 평균 30%대에서 향후 40% 수준으로 향상하기 위한 제도 개선 노력이 요구된다. 전국 단위 시나리오 분석 결과에 따르면, 녹지율 40% 달성 시 2030년까지 정주지 부문 탄소흡수원 확충 목표량의 약 38.9%를 달성할 수 있는 것으로 나타나 녹지율 향상이 국가 탄소중립 목표에 상당한 기여 잠재력이 있음을 확인하였다. 특히 신규 아파트 사업의 인허가 조건에 녹지율 향상을 내재화하는 것은 공원 조성 등 공공 중심의 수단 대비 부지 및 예산 측면에서 효율적인 전략이다. 다만 녹지율 향상으로 인한 주택 공급 위축이나 사업성 저하 우려를 감안하여 지역별 여건을 고려한 단계적 목표 설정이 필요하다.

넷째, 장기 성능 확보를 위한 유지·관리체계 강화이다. 조성 후 장기간에 걸쳐 아파트 녹지의 탄소흡수 성능을 보장하려면 체계적인 유지·관리 방안을 마련해야 한다. AHP 결과에서도 ‘유지·관리’가 최우선 과제로 도출되었듯이, 탄소흡수량 증대 효과를 지속하려면 사후 관리 강화가 핵심이다. 구체적으로, 공동주택 장기수선계획에 수목 관리 항목과 주기를 신설하여 체계적 관리를 의무화하고, 녹색건축 인증 사후 관리를 내실화하며, 전국 단위 아파트 녹지 데이터베이스를 구축 및 고도화하여 탄소흡수 성과를 추적할 것을 제안한다. 본 연구의 단지 수준 시뮬레이션에서도 초기 조성 효과가 시간이 지남에 따라 생태적 포화로 감소하는 현상이 확인된 바, 이를 완화하기 위해서는 생애주기형 관리계약 제도, 전문기관의 정기 모니터링, 수목 교체·보식 프로그램 등의 장치가 뒷받침되어야 한다. 또한 입주자 대표회이나 위탁 관리 업체의 역량 강화를 위해 매뉴얼 개발 및 교육 제도를 마련하는 등 소프트웨어 측면의 지원도 중요하다.

다섯째, 지역별 차등 기준 및 인센티브 마련이다. 전국 일률적인 기준보다 지역별 여건에 부합하는 탄소흡수 기준과 지원책을 도입하여 실효성을 높여야 한다. 기후대, 지형, 개발밀도 등에 따라 녹지 조성 가능량과 탄소흡수 잠재력이 상이하므로, 지자체별로 차등화된 녹지율 기준이나 탄소흡수 목표를 설정할 필요가 있다. 이를 구현하는 과정에서 주택공급 위축이나 사업성 악화 방지를 위해 다양한 인센티브 제도를 함께 마련해야 한다. 예를 들어 녹지율 기준을 충족하거나 초과 달성할 경우 용적률 및 건폐율 완화, 기부채납 면제 등의 인센티브를 부여함으로써 민간 사업자의 자발적 참여를 유도할 수 있다. 다만 이러한 인센티브는 실측된 탄소흡수 성과와 사후 관리 이행에 연동되도록 설계하여 단순히 서류상 기준만 맞추고 실질적인 유지관리를 소홀히 하는 그린워싱을 방지해야 한다. 결국 지역 특성에 맞는 유인책과 규제의 정교한 조합을 통해 전국적 목표와 지역 현실을 조화시키는 전략이 요구된다.

여섯째, 데이터 기반 성과 평가 및 거버넌스 구축이다. 아파트 녹지를 지속가능한 탄소흡수원으로 관리하기 위해 데이터에 근거한 평가 체계와 협력 거버넌스를 구축해야 한다. 전국의 아파트 단지 녹지 면적 및 구성 데이터, 설계 및 인증 정보, 유지관리 이력 등을 통합한 데이터베이스(DB)를 마련하고, 이를 통해 녹지율, 탄소흡수량, 사후관리 이행률 등의 성과 지표를 상시 모니터링하는 체계를 제안한다.

한편, 본 연구 결과를 바탕으로 아파트 녹지를 정주지 부문 탄소흡수원으로 인정하고, 이를 ‘정주지 부문 2030 온실가스 감축 로드맵(안)’에 반영하기 위한 조치를 마련해야 한다. 제2장의 분석을 통해 전국 14,547 ha 규모의 아파트 녹지 면적은 연간 42,189 tC의 탄소를 흡수하는 핵심 자원임이 밝혀졌다. 정부는 향후 해당 로드맵(안)을 보완하는 과정에서 다음과 같은 방식으로 아파트 녹지를 정주지 부문 탄소흡수원으로 공식 포함하는 제도적 장치를 마련해야 한다.

첫째, 정주지 탄소흡수원 분류체계에 ‘민간 조경녹지(아파트 녹지 포함)’ 항목의 신설을 검토해야 한다. 현재 로드맵은 장기미집행 공원, 개발제한구역, 재개발·재건축 사업지 조성녹지, 택지개발지구 등 공공 중심 흡수원에 한정되어 있어 사유지 기반 흡수원이 누락되어 있다. 아파트 단지는 사유지임에도 정주지 내 녹지 총량에서 큰 비중(15.6%)을 차지하고 있으므로 정주지 부문 탄소흡수원 분류체계 내 독립 항목으로 편입할 필요가 있다.

둘째, 아파트 녹지의 탄소흡수량을 로드맵 이행 점검 지표에 포함시킬 필요성이 있다. 격년 단위 온실가스 인벤토리 보고서 작성 시, 공공 녹지와 동일하게 아파트 녹지의 탄소흡수량을 계산하여 로드맵 이행 관리 지표에 포함시켜야 하겠다. 또한 향후 국내 수목 기반 탄소흡수 표준계수 개발 시, 이를 아파트 녹지 산정에도 적용하여 정밀도를 제고해야 하겠다.

셋째, 영국의 BNG 제도를 참고하여 아파트 단지의 신축 및 재개발·재건축 시 인허가 과정에서 '탄소흡수량 순증' 요건을 반영할 필요성이 있다. 로드맵(안)의 기존 수단(장기미집행 공원 조성, 개발제한구역 흡수원 확충 등)과 달리 사유지 개발사업에도 적용 가능하도록 아파트 단지 '탄소흡수량 전후 비교 → 순증량 확보 → 인허가 요건화' 구조를 제도화할 필요가 있다. 이는 로드맵(안)의 정량 목표(면적·흡수량)를 시장 기반 개발사업 영역까지 확장시키는 중요한 수단이 될 수 있다.

넷째, 지자체의 정주지 탄소중립 관련 계획 내 아파트 녹지 반영이 필요하다. 지자체가 공공 녹지 중심의 기존 흡수원 계획에서 벗어나, 지역 내 아파트 녹지 면적·녹지율·녹지 분포를 기반으로 지역 특성별(전환우선·복합취약·기초확충·선도관리) 맞춤형 흡수원 확대 전략을 수립하도록 유도해야 하겠다.

이와 같은 아파트 녹지의 로드맵(안) 반영은 단순히 흡수원 통계를 확대하는 차원을 넘어, 정주지 부문의 탄소중립 전략을 공공 영역 중심에서 생활권 단위로 확장하는 구조적 전환이라는 점에서 의미가 크다. 나아가 아파트 녹지를 탄소흡수원이자 기후적응 기반시설로 관리하는 정책 일관성을 높여, 국가 차원의 탄소중립 목표 달성에도 직접적으로 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

3. 연구의 한계 및 향후 연구 과제

본 연구는 아파트 녹지의 탄소흡수 가치와 제도 개선방안을 종합적으로 도출하였으나, 몇 가지 한계가 존재한다. 이러한 한계는 기술적·정책적·실행적 측면으로 구분할 수 있으며, 각각에 대응하는 향후 연구과제를 제시하면 다음과 같다.

■ 기술적 한계

탄소흡수량 추정 데이터 및 모형상의 한계가 있다. 전국 단위 분석은 위성영상 기반의 간접추정에 의존하였고, 실증분석 역시 단일 단지 사례에 국한되어 있어 그 결과를 모든 지역에 일반화하는 데 제약이 있을 수 있다. 이와 함께 수목 생장률, 탄소함량 등의 파라미터 설정에서 국내 실측치 부족으로 일부 해외 연구값이나 기본값에 의존한 부분이 있다. 이러한 기술적 한계를 보완하기 위해, 다양한 입지와 수종을 대상으로 한 장기 모니터링을 통해 표준화된 탄소흡수 계수를 축적할 필요가 있다. 예를 들어 지역별 대표 수종의 생장특성과 연간 탄소흡수율을 지속 관측함으로써 모형의 정확도를 높여야 한다. 또한 LiDAR, 드론 등 첨단 계측기술과 인공위성 데이터를 결합한 혼합모형을 개발하여 대규모 단지들의 탄소흡수량을 보다 정교하게 산정하는 방법론적 연구가 요구된다. 이와 함께, 토양 탄소나 관목·초본 식생의 탄소저장 기여 등 본 연구에서 다루지 못한 요소들까지 포괄하는 탄소흡수량 평가 프레임워크 확장이 향후 과제로 남아 있다.

본 연구는 아파트 녹지의 탄소흡수량과 저장량을 중심으로 정량적 가치와 제도개선 방향을 도출하였으나, 조성·유지 단계에서의 배출 요인과 간접적 배출회피 효과는 정량 분석 범위에 포함되지 않았다. 실제로 녹지는 식재 및 관리 과정에서 자재 생산, 시공 장비 운용, 유지관리 활동 등에서 일정한 탄소배출을 유발하는 동시에, 포장면 축소와 수목의 음영 효과를 통해 냉방부하 저감 및 배출회피 기능을 수행한다. 그러나 현재 국내의 관련 통계 및 탄소배출인자 데이터베이스가 불완전하여, 이러한 상반 효과를 전과정평가(LCA) 관점에서 통합적으로 계량화하기는 어려웠다. 향후 연구에서는 녹지의 조성-운영-관리 전 단계를 포괄한 탄소수지(Net Carbon Balance)를 평가할 수 있는 통합 모형을 개발할 필요가 있다. 특히 조성단계의 자재·토양·시공 배출, 운영단계의 관리장비 및 에너지 사용, 그리고 유지단계의 온도저감·배출회피 효과를 모두 반영하는 LCA 기반 탄소중립 평가 프레임워크 구축이 필요하며, 이를 통해 녹지의 실질적 순배출 효과를 객관적으로 제시할 수 있을 것이다.

다음으로 본 연구는 설계 차원의 제도 개선 효과를 확인하기 위해 특정 실증단지에서 설계대안을 제시 하였으나, 수중·밀도·식재 구조·배치 조합을 체계적으로 최적화하여 적용 가능한 ‘프로토타입’ 수준으로 까지 고도화하지는 못하였다. 향후 연구에서는 1)지역별·단지 유형별 대표 수중, 생육규격, 성장모델, 유지관리 조건을 변수화한 파라메트릭 설계 도구 개발, 2)탄소흡수·저장, 냉방부하 저감, 미기후(일사·바람) 효과를 동시에 고려하는 다목표(탄소저감+기후적응) 최적 조합 산출 알고리즘 구축, 3)실제 단지 계획·설계 단계에 적용 가능한 표준화된 배치 패턴 및 실무 프로토타입 제시, 4)LiDAR/i-Tree Eco 기반 실측자료와 설계안 간의 편차를 반복 학습하여 설계-실증-검증이 순환하는 프로토타입 고도화 체계 구축이 필요할 것으로 판단된다.

■ 정책적 한계

제안된 정책수단들의 법·제도적 연계성 및 실효성 측면에서 극복해야 할 과제가 있다. 첫째, 여러 개선 방안이 실현되기 위해서는 「주택법」, 「건축법」, 「녹색건축물 조성 지원법」 등 다수의 법령 개정이 필요 하며, 부처 간 협의와 사회적 합의를 거쳐야 하므로 상당한 시간과 절차가 소요될 수 있다. 둘째, 녹지율 상향, 인센티브 제공 등의 정책이 실제 온실가스 감축 효과로 이어지는지를 정량적으로 입증하고 이해 관계자의 지지를 얻어야 하는 과제가 있다. 예를 들어 녹지율 요건 강화로 인한 건설비 증가나 주택 공급 감소 우려에 대해, 비용 대비 편익 분석이나 시범사업을 통해 정책의 정당성을 확보할 필요가 있다. 향후 연구에서는 제안된 개선방안을 실제 도시계획·건축 인허가 절차에 적용할 경우 예상되는 효과와 부작용을 면밀히 평가하는 정책 시뮬레이션 연구가 필요하다. 이와 함께 중앙정부의 로드맵과 연계하여 법령 개정 일정과 우선순위를 구체화하고, 관련 부처·지자체 간 협력 거버넌스 모델을 설계하는 등 실행 전략에 관한 연구도 중요할 것이다.

■ 실행적 한계

정책을 현장에 구현하는 단계에서의 제약과 이해관계자 조정 문제가 존재한다. 우선 지자체별로 행정 역량과 재정여건의 차이가 있어, 일률적인 정책 추진에 어려움이 있을 수 있다. 일부 지방자치단체는 전문인력이나 예산 부족으로 새로운 녹지관리 정책을 수행하기 힘든 만큼, 중앙 차원의 지원체계 또는 광역 단위 협력체계 마련이 필요하다. 다음으로 민간 부문의 참여를 이끌어내는 데 있어 경제적 유인과 제도적 강제 간의 균형이 과제가 된다. 예를 들어 시행사와 건설사 입장에서는 녹지율 상향이나 친환경 설계기준 준수가 비용 증가로 이어질 수 있어 반발이 예상되며, 입주민 또한 추가적인 관리비 부담 등에 민감할 수 있다. 따라서 향후 연구에서는 이해관계자별 비용-편익 분석, 인센티브 세부 설계 등이 심층적으로 다루어져야 한다. 특히 녹지 확보를 위한 추가 비용을 탄소크레딧 취득이나 세제혜택 등으로 보상 하는 시장기반 메커니즘을 검토하고, 녹지 관리를 잘 하는 단지에 포상이나 인증을 부여하는 등의 동기부여 수단을 마련할 필요가 있다. 마지막으로 기존에 조성된 노후 아파트 단지의 녹지 개선 문제도 실행 단계의 한계로 지적된다. 본 연구는 주로 신규 및 재개발 단지를 대상으로 했으나, 도시 내 상당수의 기존 단지들은 낮은 녹지율과 관리 미흡으로 탄소흡수 기능이 저하되어 있다. 향후 연구에서는 기존 단지에 대한 녹화 사업이나 커뮤니티 참여형 녹지개선 프로그램 등 실행 방안을 모색하고, 이를 통한 탄소흡수 증진 효과를 분석할 필요가 있다.

이상의 내용을 종합하면, 아파트 녹지를 탄소중립도시의 중요한 인프라로 활용하는 데에는 데이터·모형 측면에서의 정교화, 법·제도 측면에서의 단계적 개선, 현장 실행 측면에서의 협력적 거버넌스 구축이 모두 균형 있게 뒷받침되어야 함을 알 수 있다. 본 연구의 한계로 지적된 부분들은 향후 연구를 통해 지속 보완되어야 하며, 특히 정량평가 기법의 고도화, 정책 실험을 통한 검증, 이해관계자 참여방안 개발 등이 다음 과제로 도출되었다. 이러한 후속 연구와 노력이 뒤따를 때 비로소 아파트 녹지가 지닌 탄소흡수 잠재력이 온전히 실현되어, 국가 탄소중립 목표 달성에 기여하는 실효성 있는 정책수단으로 자리매김할 수 있을 것이다.

[단행본, 연구보고서]

- 국토교통부. (2021). 에너지절약형 친환경주택의 건설기준 해설서.
- 국토교통부. (2024). 2024년 정주지 부문 국가 온실가스 통계산정 및 탄소흡수 증진 방안.
- 권전오, 이승한. (2011). 공동주택(아파트) 단지 수목 식재 밀도 관리를 통한 생태적 안정성 강화방안. 인천발전연구원.
- 김용국, 이상민. (2017). 녹색인프라 구축을 위한 건축물 조경 제도 개선방향 연구. 건축도시공간연구소.
- 김한수, 김철웅, 황지현. (2022). 경기도 공동주택단지 녹지관리 현황과 정책방향. 경기연구원.
- 윤은주, 권오준, 채애리, 허복련. (2024a). 사회적 여건변화 대응을 위한 그린인프라 기반 공원녹지 조성방향 전환 연구. 한국토지주택공사 토지주택연구원.
- 윤은주, 김영민, 채애리. (2024b). 실질녹지 기반의 녹지지표 전환 연구. 한국토지주택공사 토지주택연구원.
- 이은엽, 강명수, 최민아, 임수현, 유영우. (2022). 포스트코로나 시대의 변화된 주거환경을 고려한 조경계획 방안 연구. 한국토지주택공사 토지주택연구원.
- 한국건설기술연구원. (2016). 녹색건축인증기준해설서. 한국건설기술연구원.
- Institute for Building Environment and Energy Conservation. (2014). CASBEE for Building (New Construction) Technical Manual 2014 Edition. [PDF] https://www.ibecs.or.jp/CASBEE/english/download/CASBEE-BD%28NC%29e_2014manual.pdf
- Natural England. (2022). Biodiversity Net Gain: An Introduction to the benefits. [PDF] https://naturalengland.blog.gov.uk/wp-content/uploads/sites/183/2022/04/BNG-Brochure_Final_Compressed-002.pdf
- Urban Redevelopment Authority. (2009). Guidelines for landscape replacement areas within new developments (Appendix 1). [PDF] <https://www.ura.gov.sg/-/media/Corporate/Guidelines/Development-control/Circulars/2017/Nov/dc17-06-Appendix-1.pdf>

[연속간행물]

- 강연주, 백규리, 정인경. (2024). 탄소흡수량 증대를 위한 아파트 외부 공간 식재 가이드라인 개발에 관한 연구. 한국조경학회지, 52(5), 65-82.
- 안병철, 서진민, 이동규. (2024). 도시공원에 대한 탄소중립 기여도 평가 항목 개발. 한국조경학회지, 52(5), 15-26.
- 윤용한, 주진희, 김원태. (2010). 일본의 건축물 녹화 관련 제도 연구. 한국환경과학회지, 19(12), 1397-1402.
- 이동욱, 이경재, 한봉호, 장재훈, 김종엽. (2012). 서울시 아파트 단지의 녹지배치 및 식재구조 변화 연구. 한국조경학회지, 40(4), 1-17.

- 하지아, 박재민. (2023). 탄소저감설계 지원을 위한 수목탄소 계산기 개발 및 적용. *한국조경학회지*, 51(1), 42-55.
- Churkina, G., Brown, D., & Keoleian, G. (2009). Carbon stored in human settlements: The conterminous United States. *Global Change Biology*, 16(1), 135-143. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2009.02002.x>
- Gao, J., Han, H., & Ge, S. (2023). Carbon-saving potential of urban parks in the central plains city: A high spatial resolution study using a forest city, Shangqiu, China, as a lens. *Land*, 12(7), 1383. <https://doi.org/10.3390/land12071383>
- Tian, R., & An, Y. (2022). A study of carbon storage in Beijing's parkland based on biomass method—Take Changyang Park as an example. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 966(1), 012002. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/966/1/012002>
- Wei, W., & Chen, C. (2022). Measuring the precise carbon sinks of green spaces in high-density urban areas based on UAV oblique photography: The case of Lujiazui CBD area, Shanghai. *ISOCARP*. <https://doi.org/10.47472/gbt6nztu>

[학위논문]

- 예태곤. (2018). 아파트 단지 녹지공간의 기후변화 완화효과 제고를 위한 녹색건축인증 생태환경분야 개선방안 [박사학위논문, 서울대학교].

[인터넷 자료]

- 국가데이터처 국가통계포털. (2025). 건물에너지사용량: 공동주택. https://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=408&tblId=DT_408003_A002&conn_path=I2 (검색일:2025.05.18.)
- 국가데이터처 국가통계포털. (2025a). 건물에너지사용량: 아파트. https://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=408&tblId=DT_408003_A033&conn_path=I2 (검색일:2025.05.18.)
- 국가데이터처 국가통계포털. (2025b). 건물에너지사용량: 용도별 건물에너지사용량(총괄). https://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=408&tblId=DT_408003_A000_0&conn_path=I2 (검색일: 2025.05.18.)
- 국가데이터처 국가통계포털. (2025c). 건물에너지사용량: 지역별 건물에너지사용량(총괄). https://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=408&tblId=DT_408003_A000_1&conn_path=I2 (검색일:2025.05.18.)
- 국가데이터처 국가통계포털. (2025). 도시계획현황: 공원. https://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=460&tblId=TX_315_2009_H1126&conn_path=I2 (검색일 2025.2.18.)
- 국가데이터처 국가통계포털. (2025). 도시계획현황: 녹지. https://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=460&tblId=TX_315_2009_H1037&conn_path=I2 (검색일 2025.2.18.)
- 국가데이터처 국가통계포털. (2025). 인구총조사: 인구, 가구 및 주택 - 읍면동(연도 끝자리 0, 5), 시군구(그 외 연도). https://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=101&tblId=DT_1I1502&conn_path=I2 (검색일 2025.04.20.)
- 국가데이터처 국가통계포털. (2025). 주택총조사: 주택의 종류별 주택 - 읍면동(연도 끝자리 0-5), 시군구(그 외 연도). https://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=101&tblId=DT_1JU1501&conn_path=I2 (검색일: 2025.11.17.)
- 국토교통부 공동주택관리정보시스템. (2025). 관리비공개의무단지 기본정보. <https://www.k-apt.go.kr/web/main/index.do> (검색일: 2025.05..09.)
- 기후에너지환경부 환경공간정보서비스. (2025). 2024 세분류 토지피복지도. <https://aid.mcee.go.kr/> (검색일: 2025.04.18.)
- 지표누리 e-나라지표. (2025) 주택 재고 수. (<https://www.index.go.kr/unity/potal/indicator/IndexInfo.do?cdNo=2&clasCd=10&idxCd=F0178&upCd=8>) (검색일: 2025.11.19.)
- 행정안전부 주소기반산업지원서비스. (2023). 도로명주소 전자지도 <https://business.juso.go.kr/> (검색일: 2025.03.24.)

- 東京における自然の保護と回復に関する条例 施行規則 www.kankyo.metro.tokyo.lg.jp/basic/guide/nature/protection_recovery1.html
- Building and Construction Authority. (2021a). BCA Green Mark 2021: Singapore's leading green building certification scheme. Building and Construction Authority. <https://www1.bca.gov.sg/buildsg/sustainability/green-mark-certification-scheme> (검색일: 2025.05.11.)
- Building and Construction Authority. (2021b). Green Mark 2021: Certification standard (2nd ed.). Building and Construction Authority. <https://www1.bca.gov.sg/buildsg/sustainability/green-mark-certification-scheme/green-mark-2021> (검색일: 2025.05.11.)
- Building and Construction Authority. (2021c). Green Mark 2021: Residential buildings technical guide .Building and Construction Authority. [PDF] https://www1.bca.gov.sg/docs/default-source/docs-corp-buildsg/sustainability/20211026_mt-section-rb-technical-guide.pdf (검색일: 2025.05.11.)
- Building and Construction Authority. (2021d). Singapore Green Building Masterplan (SGBMP). Building and Construction Authority. <https://www1.bca.gov.sg/buildsg/sustainability/sgbmp> (검색일: 2025.05.11.)
- Building Research Establishment Ltd. (2018). BREEAM UK New Construction 2018 – Section 08: Land Use and Ecology, <https://kb.breeam.com/section/new-construction/uk/2018/08-land-use-and-ecology-2018/> (검색일: 2025.05.19.)
- Greater London Authority. (2021.09.30.). Urban greening factor. <https://www.london.gov.uk/publications/urban-greening-factor> (검색일: 2025.05.19.)
- i-Tree Tools. (2023). i-Tree Eco User's Manual (Version 3) [PDF]. https://www.itreetools.org/documents/257/v3_i-Tree%20Eco%20Users%20Manual.pdf (검색일: 2025.12.22.)
- Joe's Blooms. (2024.08.01.). What is biodiversity net gain (BNG) and why does it matter? <https://www.joesblooms.com/guide/biodiversity-net-gain> (검색일: 2025.05.19.)
- Natural England. (2023). Urban Greening Factor for England – Summary Report. Natural England. <https://publications.naturalengland.org.uk/publication/4842738632884224> (검색일: 2025.05.19.)
- Natural England. (2023). Urban greening factor for England: User guide. Natural England. <https://designatedsites.naturalengland.org.uk/GreenInfrastructure/downloads/Urban%20Greening%20Factor%20for%20England%20User%20Guide.pdf> (검색일: 2025.05.19.)
- Urban Redevelopment Authority. (2009). Landscaping for Urban Spaces and High-Rises (LUSH) programme. <https://www.ura.gov.sg/Corporate/Guidelines/Circulars/lushprogramme> (검색일: 2025.12.22.)

[보도자료]

- 국토교통부. (2024.04.16.) 전국 건축물 총 7,391,084동 / 42억 27백만㎡ [보도자료]
- 국토해양부. (2013.01.15.), '친환경건축'과 '주택성능등급', 이제는 「녹색건축 인증」 하나로! [보도자료]
- 환경부. (2025. 4. 4.). 탄소흡수 뛰어난 국립공원 자생수목 10종 공개 [보도자료]
- Department for Environment, Food & Rural Affairs. (2024b). New housing developments to deliver nature boost in landmark move. GOV.UK. <https://www.gov.uk/government/news/new-housing-developments-to-deliver-nature-boost-in-landmark-move> (검색일: 2025.05.19.)
- Department for Environment, Food & Rural Affairs. (2024a). Biodiversity net gain: Guidance. GOV.UK. <https://www.gov.uk/guidance/biodiversity-net-gain> (검색일: 2025.12.22.)
- Natural England. (2023). Green Infrastructure Framework: Principles, Standards and Guidance for England. GOV.UK. <https://www.gov.uk/government/news/natural-england-unveils-new-green-infrastructure-framework> (검색일: 2025.12.22.)

[법률 및 조례]

건축법. 법률 제21065호.

건축법 시행령. 대통령령 제35082호.

건축물 및 정비사업(재개발·재건축)의 환경영향평가 항목 및 심의기준(환경영향평가서 초안 작성 지침). 서울 특별시고시 제2021-294호.

건축물 에너지·온실가스 정보체계 운영규정. 국토교통부고시 제2022-415호

공동주택 디자인 가이드라인. 국토교통부고시 제2018-536호.

공동주택관리법. 법률 제20385호.

공동주택관리법 시행령. 대통령령 제34961호.

공동주택관리법 시행규칙. 국토교통부령 제1428호.

경기도 환경영향평가 협의기준(환경영향평가서 초안 작성지침). 경기도 고시 제2021-84호.

기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법. 법률 제21122호.

기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법 시행령. 대통령령 제35822호

녹색건축 인증 기준. 국토교통부고시 제2023-329호 및 기후에너지환경부고시 제2023-172호.

녹색건축물 조성 지원법. 법률 제21065호.

도시공원 및 녹지 등에 관한 법률. 법률 제20309호.

서울특별시 녹색건축물 설계기준. 서울특별시고시 제2023-555호.

서울특별시 주택조례. 서울특별시조례 제9136호.

에너지절약형 친환경주택의 건설기준. 국토교통부고시 제2025-313호.

자연환경보전법. 법률 제21065호.

조경기준. 국토교통부고시 제2021-1778호

조경 설계기준(KDS 34 00 00) 및 조경공사 표준시방서(KCS 34 00 00). 국토교통부고시 제2019-387호.

주민공동시설 설치 총량제 운용 가이드라인. 국토교통부 공지 2013.7.22.

주택건설기준 등에 관한 규정. 대통령령 제25676호.

주택건설기준 등에 관한 규정. 대통령령 제35222호.

주택건설기준 등에 관한 규칙. 국토교통부령 제1282호

주택법. 법률 제20048호.

주택법 시행령. 대통령령 제35221호.

주택법 시행규칙. 국토교통부령 제1373호.

주택품질 향상에 따른 가산비용 기준. 국토교통부고시 제2023-331호.

환경영향평가서등 작성 등에 관한 규정. 기후에너지환경부고시 제2025-18호.

国土交通省. (2016). マンション標準管理規約 (単棟型)

[기타]

국정기획위원회. (2025.08.). 이재명정부 국정운영 5개년 계획(안)

국토교통부. (2025.2). 건축물 정기점검 매뉴얼(안).

환경부. (2016.07.25.). 생태면적률 적용지침.

DL건설. (2022). '22 성남시 금광1구역 주택재개발정비사업 아파트 건설공사 준공도서. 내부자료.

Summary

Quantifying and Enhancing Carbon Sequestration in Apartment-Complex Green Spaces: Design, Management, and Policy Integration for Carbon-Neutral Cities

Kim, Yonggook · Kim, Younghyun · Choi, Youngwoon

Cities striving for carbon neutrality must leverage all potential carbon sinks in the urban residential sector. Apartment-complex green spaces, which constitute a substantial portion of urban green infrastructure, have been under-recognized as carbon sinks in both research and policy. Existing studies and statistics focus primarily on public greenspaces (e.g., parks and urban forests), leaving the carbon sequestration potential of privately managed apartment landscapes largely unquantified. This study addresses that gap by scientifically evaluating the carbon sequestration capacity of apartment-complex greens and exploring how improved design and management practices can integrate these spaces into urban carbon-neutral strategies.

Using a GIS-based spatial analysis, we examined 17,807 apartment complexes nationwide to quantify their green space area and carbon uptake. Carbon sequestration was estimated following Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) 2006 guidelines (Tier 2a crown-area methodology), applying a temperate settlement vegetation uptake factor of 2.9 tC per hectare per year. We also conducted a cross-analysis of carbon uptake versus residential energy consumption, alongside a k-means cluster analysis, to identify regional patterns and prioritize areas for intervention. In addition, policy scenario simulations—such as increasing mandatory green coverage ratios and strengthening ecological area requirements in new developments—were performed to assess potential enhancements in carbon absorption.

The results demonstrate that apartment-complex greenspaces currently sequester a significant amount of carbon, confirming their role as an undervalued but important urban carbon sink. The proposed measures, including expanding on-site green space requirements

and incorporating vegetation management into long-term maintenance plans, could substantially increase this carbon sequestration capacity. Scenario estimates indicate that implementing these design and policy improvements would measurably boost carbon uptake in the residential sector, contributing to the achievement of the 2030 Nationally Determined Contribution (NDC) greenhouse gas reduction target. This study underscores the need to incorporate private residential greens into official carbon inventories and climate policies. By aligning planning regulations and green building certification systems (e.g., the Green Standard for Energy and Environmental Design, G-SEED) with carbon-neutral goals, city governments can leverage apartment landscapes as critical carbon sinks. The findings provide evidence-based guidance at the nexus of policy and spatial planning, highlighting how integrating apartment green space design and management into urban climate strategies can enhance the effectiveness of carbon-neutral city initiatives.

Keywords

Apartment Green Space, Carbon Sink, Landscape Planning, Carbon Neutral City

전문가 설문조사지

이 조사에 조사된 모든 내용은 통계목적 이외에는 절대로 사용할 수 없으며 그 비밀이 보호되도록 통계법(제33조)에 규정되어 있습니다.

ID -

탄소중립도시 구현을 위한 아파트 녹지 관련 제도 개선방향에 대한 전문가 인식조사

안녕하십니까?

국무총리실 산하 정부출연연구기관인 건축공간연구원(AURI)에서는 2025년 「탄소중립도시 구현을 위한 아파트 녹지의 가치 추정 및 설계·관리 개선 방안 연구」를 수행하고 있습니다. 본 조사를 통해 탄소중립 도시로의 전환을 위한 아파트 녹지 관련 제도 개선방향에 대한 전문가 의견을 수렴하고자 합니다.

귀하의 답변은 본 연구에 귀중한 자료가 되오니 바쁘시더라도 빠짐없이 설문에 응해주시면 감사하겠습니다. 귀하께서 응해주신 설문지의 내용은 통계분석 목적으로만 사용될 것이며, 개인의 응답 사항은 통계법 제33조(비밀의 보호)에 의해 철저한 비밀이 보장됩니다. 작성 중 궁금하신 사항이 있으면 아래의 연락처로 문의하여 주시기 바랍니다. 본 설문조사에 귀중한 시간을 내주신 것에 대해 진심으로 감사드립니다.

*** 설문 응답에 약 20분 정도 소요될 것으로 예상되며, 설문에 참여해 주신 분께는 감사의 의미로 전문가 자문비 10만원을 보내드립니다. 많은 관심과 참여를 부탁드립니다.**

- * 본 조사와 관련된 문의사항은 아래로 연락주시면 성심껏 답변해 드리겠습니다.
- ▶ 담당자 : 최영은 연구원(☎ 044-417-9869) / 김용국 연구위원
- ▶ 주 소 : 세종특별자치시 가로로 143, KT&G 세종타워B 8층 건축공간연구원

설명 자료

(추진배경 ①) 정부 2024년 「정주지 부문 2030 온실가스 감축 로드맵(안)」 제시

- 2030년까지 정주지 내 탄소흡수 공간을 총 3,783ha 확충하여 약 4만 톤의 탄소를 추가 흡수하겠다는 로드맵(안) 제시
- 개발제한구역 탄소흡수원 확충, 장기미집행공원 조성, 재개발·재건축 사업지 공원녹지 조성, 택지개발사업을 통한 공원녹지 조성 등 네 가지 탄소흡수 공간 확충 수단 제시
- 위에서 제시한 네 가지 수단은 부지 및 자원 확보, 불확실한 개발 수요 등을 고려할 때 한계가 있음
- 정주지 부문 탄소흡수량 증진을 위한 신규 수단 필요

[정주지 부문 2030 온실가스 감축 로드맵(안) 탄소흡수원 확충 목표]

구분	감축수단	지표단위	년도별 목표						
			'24	'25	'26	'27	'28	'29	'30
기존 사업 연계	개발제한구역의 탄소흡수원 확충		267 (2,833)	356 (3,776)	445 (4,270)	534 (5,663)	622 (6,607)	711 (7,550)	800 (8,491)
	재개발·재건축 사업지 공원녹지 조성	면적(ha) (흡수량(톤))	41 (437)	52 (547)	62 (656)	72 (765)	82 (875)	93 (984)	103 (1,098)
	장기미집행 공원 조성을 통한 흡수원 확충		747 (7,925)	996 (10,567)	1,245 (13,209)	1,493 (15,851)	1,742 (18,498)	1,991 (21,135)	2,240 (23,775)
신규 사업	택지개발 사업을 통한 공원녹지 조성		-	-	-	-	-	-	640 (6,793)
소계			1,055 (11,196)	1,403 (14,890)	1,751 (18,585)	2,099 (22,279)	2,447 (25,974)	2,795 (29,669)	3,783 (40,155)

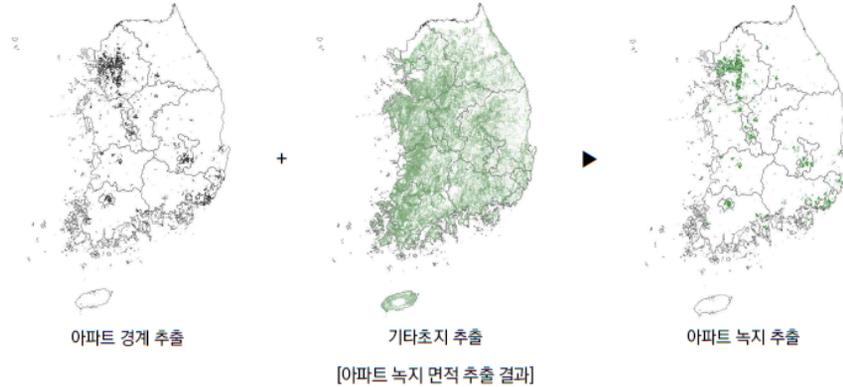
출처: 국토교통부(2024) 2024년 정주지 부문 국가 온실가스 통계산정 및 탄소흡수 증진방안.

부록
전문가 설문조사지

Page. 1

(추진배경 ②) 정주지 부문 탄소흡수원으로서 아파트 녹지의 잠재력

- 2023년 말 기준, 아파트는 국내 전체 주거용 연면적의 64.2% 차지, 연평균 2.6% 씩 증가하는 추세
- 분석 결과, 2023년 기준 전국 아파트 녹지 면적은 약 145.47㎢로 전체 도시녹지 면적의 약 15.6%를 차지하며, 이는 약 42,189tC/yr의 탄소를 흡수할 것으로 추정
 - * 약 2,100만 그루의 나무가 흡수하는 이산화탄소량에 상응하는 수준
- 대부분 사유지인 아파트 녹지는 법적 지위가 불분명하여 정주지 탄소흡수원으로서 공공녹지에 준하는 잠재력을 갖고 있으나 제도적 사각지대에 놓여 있는 실정



(추진배경 ③) 탄소흡수원으로서 아파트 녹지의 활용 및 기능 강화를 위한 관련 제도 개선 필요

- 면적 확보, 설계·조성, 유지·관리 등 세 가지 측면에서의 아파트 녹지 관련 제도 개선을 통해 정주지 부문 2030 온실가스 감축 로드맵(안) 달성에 기여하고, 아파트 녹지의 환경적 가치 증진

※ 아래 국내 아파트 녹지 제도의 현황·문제점 및 개선방향 자료를 검토한 후 IPA와 AHP를 위한 설문항목에 응답해주시길 바랍니다.

[국내 아파트 녹지 제도의 현황문제점과 개선방향]

구분	현황 및 문제점	개선방향
	지속적 면적 기준 하향 및 지역별 격차	
1. 면적 확보	<ul style="list-style-type: none"> •과거 단지면적의 30% 이상 녹지 확보 조항 삭제 등 탄소중립적 관점에서 제도 후퇴 •지자체별 5~15% 수준만 확보하면 요건 충족 - 대지의 조경 면적율은 지자체 조례로 위임되어 있어 전국 165개 지자체 가운데 기준을 완화하여 적용하는 지자체 36개(21.8%) •생태면적률은 서울, 경기 등 자체 조례로 운영하는 지역을 제외한 경우 권고 수준으로 강제력 부족 •서울(31.1%), 경기(34.5%), 세종(35.7%) 등 아파트 녹지율이 높은 지자체와 대구(18.9%), 울산(25.7%), 경북(26.3%) 등 지역별 격차 발생 	<ul style="list-style-type: none"> •1.1. 최소 아파트 녹지 면적 확보 기준 상향 <ul style="list-style-type: none"> -최소 아파트 녹지 면적 확보 기준 상향 -현행 「건축법」의 대지의 조경 기준 상향 -「건축법」에 정하는 대지의 조경 면적율을 하한선으로 적용 -녹색건축인증기준(G-SEED) 내 자연친화녹지율 및 생태면적률 기준 상향 •1.2. 지역별 탄소배출량 및 탄소흡수량 등의 데이터를 바탕으로 한 차등적 면적 확보 기준 적용 •1.3. 기준 충족 및 초과 시 견제용역률 등 인센티브 제공

구분	현황 및 문제점	개선방향
2.	<p>•탄소흡수 성능 차원의 기준 미비</p> <p>설계·조성</p> <p>「조경기준」은 녹지의 수량, 규격, 배치 등 기술적 가이드 제시 → 녹지의 탄소흡수 능력을 고려한 기준 부재</p> <p>•녹색건축인증(G-SEED) 평가항목은 녹지축 조성, 자연지반 녹지율, 생태면적율, 비오톱 조성 등 4개 항목으로 구성 - 탄소흡수를 고려한 세부 평가항목 부재</p> <p>•「에너지절약형 친환경주택 건설기준」은 아파트 외부공간과 관련된 권장 기준을 제시하나 실제 평가항목은 난방, 냉방, 급탕, 조명, 환기, 신재생에너지 활용에 집중되어 있으며, 외부공간 관련 평가항목 부재</p>	<p>•2.1. 「조경기준」에 탄소흡수 설계기준 반영 -교목 비중 상향(식재수량 및 규격), 탄소흡수 우수 수종 식재 비율 추가(식재수종), 수관투영면적 비율 신설(조경면적의 산정)</p> <p>•2.2. 녹색건축인증(G-SEED)생태환경 분야 평가항목에 '탄소흡수 잠재량' 항목 신설</p> <p>•2.3. 「에너지절약형 친환경주택 건설기준」 제13조(평가항목)에 녹지 탄소흡수 성능 및 생태적 가치 등 아파트 외부공간 항목 포함</p>
3.	<p>•아파트 녹지의 법적 지위 불명확</p> <p>유지·관리</p> <p>•아파트 녹지는 공원녹지법상 녹지의 범위에 포함되지 않음 → 정주지 탄소흡수원으로 공공녹지에 준하는 면적을 갖고 있음에도 제도의 사각지대에 놓여 있음</p> <p>•주택법상 부대 및 복리시설의 하나로 분류되어 독립적 법적 지위 부재</p> <p>•아파트 녹지 유지·관리의 체계 미흡</p> <p>•「공동주택관리법」의 장기수선계획 항목에 조경시설물 부분수선 항목이 포함되어 있으나 수목 전정 주기, 고사목 처리, 식재 갱신 등 탄소흡수원으로서 녹지의 생태적 기능 유지를 위한 지침 부재</p> <p>•녹색건축인증(G-SEED) 취득 아파트 단지의 사후점검은 에너지 설비 위주로 진행되고 녹지 관리 항목을 형식적으로 다루어지는 경우 다수</p> <p>•아파트 녹지 정보의 분절적 관리 및 입력 항목 미비</p> <p>•「건축법」 제38조에 따른 건축물대장에 인허가 시기의 조경면적(대지의 조경, 공개공지, 공개공간) 합계 면적을 포함되나 자연지반 여부, 옥상녹화, 수목의 종류·수량·배치 등 세부 정보 부재, 인허가 이후 정보체계 미비</p> <p>•공동주택관리정보시스템(K-APT)은 건물 내외부 시설물 유지관리 이력 정보를 확인할 수 있으나 조경시설에 대한 상세 정보 상대적으로 미흡</p> <p>•「건축물관리법」 제7조에 따른 생애이력 정보에 아파트 녹지의 관리점검 결과 및 생애이력 정보 공개·활용 가능</p>	<p>•3.1. 아파트 녹지의 법적 지위 확보 -아파트 녹지를 정주지 녹색인프라 및 탄소흡수원으로서의 법적 지위 명확화 - 공원녹지법 내 민간 녹지(아파트녹지 등) 포함</p> <p>•3.2. 장기수선계획 항목에 식생 관리 항목과 주기 명시 - 전정 주기, 비료 시비, 고사목 교체 수종 갱신 등) - 매년 전체 교목의 일정 비율을 교체·보식하는 순환 갱신 제도 마련</p> <p>•3.3. 녹색건축인증(G-SEED) 아파트 녹지 사후관리 강화 -녹지 관리 실태 점검 강화(공공발주 사업의 경우 준공 직후 실측 의무화하고, 이를 기반으로 설계 대비 수목 성장 편차 관리 지표화 → 시공 품질과 탄소성능 동시 확보) -미이행 시 등급 조정 및 페널티 부과 -설계추정치-준공 직후 실측치-준공 이후 일정기간 경과 후 추적치를 포함하는 3단계 실측 평가체계 도입 -홍고직경, 수관폭, 수건건중량 등 생육지표를 주기적으로 측정할 수 있는 장기 모니터링 체계 구축(G-SEED 내 포함)</p> <p>•3.4. 아파트 녹지 관련 데이터베이스 고도화 -건축물대장 데이터베이스(「건축법」), 공동주택관리정보시스템(K-APT)(공동주택관리법), 생애이력정보(「건축물관리법」) 입력항목 추가 -조경면적, 자연지반녹지, 인공지반녹지, 기타녹지(옥상녹화 등), 공개공지, 식재 수량·종류·배치관리이력 등</p>

□ 설명 자료 요약

본 설문은 Level2(면적 확보, 설계·조성, 유지·관리)와 Level3(세부 정책대안)을 중심으로 답변해 주시면 됩니다.

[국내 아파트 녹지 제도의 개선 방향]

Level1	Level2	Level3
아파트 제도 개선의 정책 우선순위 결정 (2030 청주시 부문 탄소흡수 기여 극대화)	면적 확보	최소 아파트 녹지 면적 확보 기준 상향
		지역별 탄소배출·흡수 데이터 기반 면적 확보 기준 차등 적용
		기준 충족 및 초과 시 간폐율·용적률 등 인센티브 제공
	설계·조성	「조경기준」에 탄소흡수 설계 기준 반영
		녹색건축인증(G-SEED)생태환경 분야 평가항목에 '탄소흡수 잠재량' 항목 신설
		「에너지절약형 친환경주택 건설기준」 제13조(평가항목)에 녹지 탄소흡수 성능 및 생태적 가치 등 아파트 외부공간 항목 포함
	유지·관리	아파트 녹지의 법적 지위 확보
		장기수선계획 항목에 식생 관리 항목과 주기 명시
		녹색건축인증(G-SEED) 아파트 녹지 사후관리 강화
		아파트 녹지 관련 데이터베이스 고도화

설문조사를 통해 각 제도 개선방향의 정책우선순위(IPA)와 상대적 중요도(AHP)를 알아보고자 합니다. 설문자료를 참고하여 질문에 답변 부탁드립니다.

DQ. 응답자 일반현황

DQ1. 귀하의 **연령대**는 어떻게 되십니까?

- ① 20대 ② 30대 ③ 40대 ④ 50대 ⑤ 60대 이상

DQ2. 귀하의 **전공 분야**는 다음 중 어디에 해당하십니까?

- ① 도시계획 ② 조경 ③ 건축
 ④ 토목 ⑤ 환경 공학 ⑥ IT/스마트 기술
 ⑦ 기후/에너지 ⑧ 기타()

DQ3. 귀하의 **소속기관 유형**은 다음 중 어디에 해당하십니까?

- ① 중앙정부 ② 지자체 ③ 공공기관/공기업
 ④ 학술/연구 ⑤ 민간(설계·시공·컨설팅 등) ⑥ 기타 ()

DQ4. 귀하의 **현재 직무/역할**은 다음 중 어디에 해당하십니까?

- ① 정책 ② 계획 ③ 설계
 ④ 시공 ⑤ 유지/관리 ⑥ 연구
 ⑦ 기타 ()

DQ5. 귀하의 **관련 분야 업무 경력**은 어떻게 되십니까?

- ① 1년 미만 ② 1-3년 미만 ③ 3-5년 미만
 ④ 5-10년 미만 ⑤ 10-20년 미만 ⑥ 20년 이상

A. 아파트 녹지 관련 제도 개선방향의 탄소흡수 효과성 및 실행 가능성 조사 (IPA 분석)

A1. 탄소중립도시 구현 관점에서 아래의 각 아파트 녹지 관련 제도 개선방향의 탄소흡수 효과성과 실행 가능성은 어느 정도라고 생각하십니까? (√)

(탄소흡수 효과성) 탄소흡수 및 생태 성능 효과성 등을 종합적으로 고려해 평가

(실행 가능성) 법제도 개선 난이도, 비용 및 자원, 이해관계 수용성, 행정 소요 기간 등을 종합적으로 고려하여 평가

구분		탄소흡수 효과성					실행 가능성				
		매우 낮음	다소 낮음	보통	다소 높음	매우 높음	매우 낮음	다소 낮음	보통	다소 높음	매우 높음
면적 확보	최소 아파트 녹지 면적 확보 기준 상향										
	지역별 탄소배출·흡수 데이터 기반 면적 확보 기준 차등 적용										
	기준 충족 및 초과 시 견제·유용적률 등 인센티브 제공										
설계·조성	「조경기준」에 탄소흡수 설계 기준 반영										
	녹색건축인증(G-SEED)생태환경 분야 평가항목에 '탄소흡수 잠재량' 항목 신설										
	「에너지절약형 친환경주택 건설기준」 제13조(평가항목)에 녹지 탄소흡수 성능 및 생태적 가치 등 아파트 외부공간 항목 포함										
유지·관리	아파트 녹지의 법적 지위 확보										
	장기수선계획 항목에 식생 관리 항목과 주기 명시										
	녹색건축인증(G-SEED) 아파트 녹지 사후관리 강화										
	아파트 녹지 관련 데이터베이스 고도화										

B. 아파트 녹지 관련 제도 개선방향의 정책우선순위 조사 (AHP 분석)

본 AHP 분석의 목적은 2030년 정주지 탄소흡수 기여 극대화를 위해 아파트 제도 개선안의 정책 우선순위를 결정하는 것입니다. 아래 표를 참고하여 어느 기준이 상대적으로 얼마만큼 더 중요한지 선택해주시시오.

Level1	Level2	Level3
아파트 녹지의 2030 정주지 부문 탄소흡수 기여 극대화 및 환경적 가치 증진	면적 확보	최소 아파트 녹지 면적 확보 기준 상향
		지역별 탄소배출·흡수 데이터 기반 면적 확보 기준 차등 적용
		기준 충족 및 초과 시 건폐율·용적률 등 인센티브 제공
	설계·조성	「조경기준」에 탄소흡수 설계 기준 반영
		녹색건축인증(G-SEED)생태환경 분야 평가항목에 '탄소흡수 잠재량' 항목 신설
		「에너지절약형 친환경주택 건설기준」 제13조(평가항목)에 녹지 탄소흡수 성능 및 생태적 가치 등 아파트 외부공간 항목 포함
	유지·관리	아파트 녹지의 법적 지위 확보
		장기수선계획 항목에 식생 관리 항목과 주기 명시
		녹색건축인증(G-SEED) 아파트 녹지 사후관리 강화
		아파트 녹지 관련 데이터베이스 고도화

B1. 탄소중립도시 구현을 위한 아파트 제도 개선의 정책 우선순위를 결정함에 있어, 아파트 녹지 관련 제도 개선의 세 가지 주요 부문(면적 확보, 설계 및 조성, 유지 및 관리) 중 어느 것이 더 중요하다고 생각하십니까? (✓)

A	A가 더 중요함				보통	B가 더 중요함				B
	1점	2점	3점	4점		5점	6점	7점	8점	
면적 확보										설계·조성
설계·조성										유지·관리
유지·관리										면적 확보

B2. 아파트 녹지 제도 개선 중 면적 확보와 관련하여, 아래의 세부 정책 대안들을 비교할 때, 어느 쪽이 더 중요하다고 생각하십니까? (해당되는 사항에 체크 ✓)

A	A가 더 중요함				보통	B가 더 중요함				B
	1점	2점	3점	4점		5점	6점	7점	8점	
최소 아파트 녹지 면적 확보 기준 상향										지역별 탄소배출·흡수 데이터 기반 면적 확보 기준 차등 적용
지역별 탄소배출·흡수 데이터 기반 면적 확보 기준 차등 적용										기준 충족 및 초과 시 건폐율·용적률 등 인센티브 제공
기준 충족 및 초과 시 건폐율·용적률 등 인센티브 제공										최소 아파트 녹지 면적 확보 기준 상향

B3. 아파트 녹지 제도 개선 중 설계·조성과 관련하여, 아래의 세부 정책 대안들을 비교할 때, 어느 쪽이 더 중요하다고 생각하십니까?
(해당되는 사항에 체크 ✓)

A	A가 더 중요함				보통	B가 더 중요함				B
	1점	2점	3점	4점		5점	6점	7점	8점	
「조경기준」에 탄소흡수 설계 기준 반영										「에너지절약형 친환경주택 건설기준」 제13조(평가항목)에 녹지 탄소흡수 성능 및 생태적 가치 등 아파트 외부공간 항목 포함
녹색건축인증(G-SEED) 생태환경 분야 평가항목에 '탄소흡수 잠재량' 항목 신설										「조경기준」에 탄소흡수 설계 기준 반영
「에너지절약형 친환경주택 건설기준」 제13조(평가항목)에 녹지 탄소흡수 성능 및 생태적 가치 등 아파트 외부공간 항목 포함										녹색건축인증(G-SEED) 생태환경 분야 평가항목에 '탄소흡수 잠재량' 항목 신설

B4. 아파트 녹지 제도 개선 중 유지·관리와 관련하여, 아래의 세부 정책 대안들을 비교할 때, 어느 쪽이 더 중요하다고 생각하십니까?
(해당되는 사항에 체크 ✓)

A	A가 더 중요함				보통	B가 더 중요함				B
	1점	2점	3점	4점		5점	6점	7점	8점	
아파트 녹지의 법적 지위 확보										장기수선계획 항목에 식생 관리 항목과 주기 명시
장기수선계획 항목에 식생 관리 항목과 주기 명시										녹색건축인증(G-SEED) 아파트 녹지 사후관리 강화
녹색건축인증(G-SEED) 아파트 녹지 사후관리 강화										아파트 녹지 관련 데이터베이스 고도화
아파트 녹지 관련 데이터베이스 고도화										아파트 녹지의 법적 지위 확보
아파트 녹지의 법적 지위 확보										녹색건축인증(G-SEED) 아파트 녹지 사후관리 강화
장기수선계획 항목에 식생 관리 항목과 주기 명시										아파트 녹지 관련 데이터베이스 고도화

C. 기타 의견

C1. 탄소중립 관점에서 아파트 녹지 관련 제도 개선 방향에 대하여 추가 의견이 있으시다면 아래에 의견을 기입해 주십시오.

▶

=====
 응답을 완료하신 분께는 감사의 의미로 소정의 사례비(10만원)를 보내드립니다.
 자문비 지급을 위해 해당 서류 작성이 필요합니다.
 붙임 서류 작성을 완료하신 후, 회신하실 때 함께 첨부 부탁드립니다.

♣ 끝까지 응답해 주셔서 대단히 감사합니다. 좋은 자료로 활용하겠습니다. ♣